2.解：由 $n=\frac{c}{v}$ 得：

$$光在水中的传播速度: v_{水}=\frac{c}{n_{水}}=\frac{3\times10^{8}(m/s)}{1.333}=2.25(m/s)$$

$$光在玻璃中的传播速度: v_{玻璃}=\frac{c}{n_{玻璃}}=\frac{3\times10^{8}(m/s)}{1.65}=1.818(m/s)$$

3.一高度为 1.7 米的人立于离高度为 5 米的路灯(设为点光源)1.5 米处，求其影子长度。

解：根据光的直线传播。设其影子长度为 x,则有 $\frac{1.7}{5}=\frac{x}{1.5+x}$ 可得 x=0.773 米

4.一针孔照相机对一物体于屏上形成一 60 毫米高的像。若将屏拉远 50 毫米，则像的高度为 70 毫米。试求针孔到屏间的原始距离。

解：根据光的直线传播,设针孔到屏间的原始距离为 x，则有 $\frac{70}{50+x}=\frac{60}{x}$ 可得 x=300（毫米）

5. 有一光线以 60°的入射角入射于 $n=\sqrt{3}$ 的磨光玻璃球的任一点上， 其折射光线继续传播到球表面的另一点上，试求在该点反射和折射的光线间的夹角。

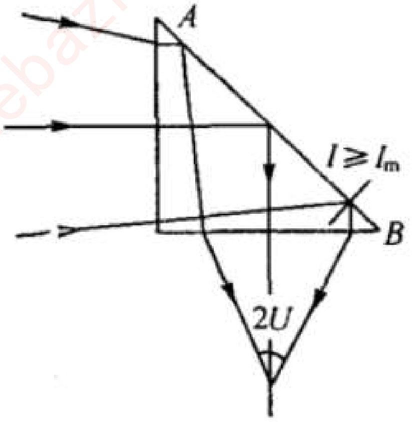
解：根据光的反射定律得反射角 I''=60°，而有折射定律 $n'\sin I'=n\sin I$ 可得到折射角 I'=30°，有几何关系可得该店反射和折射的光线间的夹角为 90°。

6、若水面下 200mm 处有一发光点，我们在水面上能看到被该发光点照亮的范围(圆直径)有多大?

解：已知水的折射率为 1.333,。由全反射的知识知光从水中到空气中传播时临界角为：$\sin I_m=\frac{n'}{n}=\frac{1}{1.333}$=0.75，可得 I_m=48.59°，$\tan I_m$=1.13389，由几何关系可得被该发光点照亮的范围(圆直径)是 2*200*1.13389=453.6(mm)

7、入射到折射率为 $n=1.5163$ 的等直角棱镜的一束会聚光束(见图1-3)，若要求在斜面上

发生全反射，试求光束的最大孔径角 $2U$



解：当会聚光入射到直角棱镜上时，对孔径角有一定的限制，超过这个限制，就不会发生全反射了。

由 $\sin I_m = \dfrac{1}{n}$，得临界角 $I_m = 41.26^\circ$

得从直角边出射时，入射角 $i = 180^\circ - I_m - 90^\circ - 45^\circ = 3.74^\circ$

由折射定律 $\dfrac{\sin i}{\sin U} = \dfrac{1}{n}$，得 $U = 5.68^\circ$ 即 $2U = 11.36^\circ$

8、有一光线 $A=\cos 60^\circ i+\cos 30^\circ j$ 入射于 $n=1$ 和 $n'=1.5$ 的平面分界面上，平面的法线为 $N=\cos 30^\circ i+\cos 60^\circ j$，求反射光线 A'' 和折射光线 A'。

解:

因为 $A\cdot N=n\cos I$

所以 $(\cos 60^\circ i+\cos 30^\circ j)\cdot(\cos 30^\circ i+\cos 60^\circ j)=\dfrac{\sqrt{3}}{2}=\cos I$

所以

$$P=\sqrt{n'^2-n^2+n^2\cos^2 I}-n\cos I$$

$$=\sqrt{1.5^2-1+(\frac{\sqrt{3}}{2})^2}-1\times\frac{\sqrt{3}}{2}=\sqrt{2}-\frac{\sqrt{3}}{2}$$

所以由矢量形式的折射定律 $A'=A+PN$

$$=(\cos 60^\circ i+\cos 30^\circ j)+(\sqrt{2}-\frac{\sqrt{3}}{2})(\cos 30^\circ i+\cos 60^\circ j)$$

$$=(\frac{2\sqrt{6}-1}{4})i+(\frac{2\sqrt{2}+\sqrt{3}}{4})j$$

矢量形式的反射定律

$$A''=A-2N(N\cdot A)$$

$$=(\cos 60^\circ i+\cos 30^\circ j)-2(\cos 30^\circ i+\cos 60^\circ j)\left[(\cos 60^\circ i+\cos 30^\circ j)\cdot(\cos 30^\circ i+\cos 60^\circ j)\right]$$

$$=-i$$

1. 有一直径为 100mm、折射率为 1.5 的抛光玻璃球，在视线方向可见球内有二个气泡，一个位于球心，另一个位于球心与前表面间的一半处。求二个气泡在球内的实际位置。

解：

由单折射面在近轴区域的物象关系公式 $\dfrac{n'}{l'}-\dfrac{n}{l}=\dfrac{n'-n}{r}$，可得

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

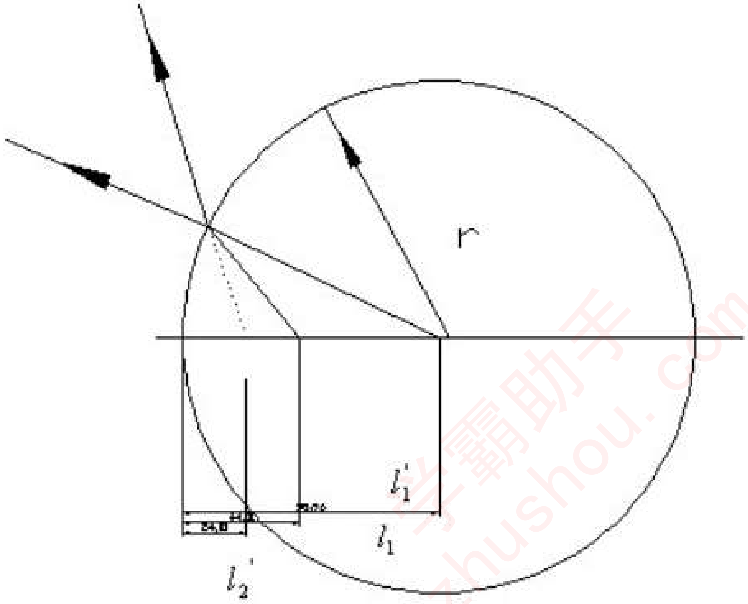
（1）像在球心时，即 $l'=r$，所以 $\dfrac{n}{l_1}=\dfrac{n'}{r}-\dfrac{n'-n}{r}=\dfrac{n}{r}$，即 $l_1=r$ 仍在球心，

物象重合。

（2）因为$l_2' = \frac{r}{2}$，所以$\frac{n}{l_2} = \frac{n'}{r/2} - \frac{n'-n}{r} = \frac{n'+n}{r}$

$$l_2 = \frac{nr}{n'+n} = \frac{nD}{2(n'+n)} = \frac{1\times100}{2(1.5+1)} = 20 \text{（mm）}$$

也即是距离前表明 30mm.



2. 有一折射率为 1.54 的玻璃棒，一端为半径为 30mm 的抛光凸球面，另一端为磨砂的平面。试问棒长为多少时，正好能于毛面上被球面形成远处物体的清楚像。

解：由单折射面在近轴区域的物象关系公式$\frac{n'}{l'} - \frac{n}{l} = \frac{n'-n}{r}$，可得

$\frac{n}{l} = \frac{n'}{l'} - \frac{n'-n}{r}$，由于物在无穷远处，所以$l' = \frac{n'r}{n'-n} = \frac{1.54\times30}{0.54} = 85.5556mm$

3、一折射球面，其像方焦距和物方焦距分别为 180mm 和－150mm，物方介质为折射率 4/3 的水，求球面的曲线半径和像方介质折射率 。

解：已知：$f'=180$mm，$f=-150$mm，$n=4/3$，由折射球面的焦距之间的公式：$\frac{f'}{n'}=-\frac{f}{n}$ 可得像方介质折射率 $n'=-\frac{f'\cdot n}{f}=-\frac{180\times 4/3}{-150}=1.6$

（2）由公式 $f'+f=r$，得到球面的曲线半径 $r=f'+f=180+(-150)=30(mm)$

4、有一18mm高的物体位于折射球面前180mm处，球面的半径为30mm，物方为空气，像方介质折射率为1.52， 求像的位置、大小、正倒和虚实。

.解：已知 $y=18mm$，$l=-180mm$，$r=30mm$，$n=1$，$n'=1.52$。

（1）由公式 $\frac{n'}{l'}-\frac{n}{l}=\frac{n'-n}{r}$，并把已知数据带入，可得像的位置 $l'=129.057$ mm；

（2）由公式 $\frac{y'}{y}=\frac{nl'}{n'l}$，所以 $y'=\frac{nl'y}{n'l}=\frac{129.057\times 18}{1.52\times(-180)}=-8.49$ (mm)；

（3）由于 y' 与 y 异号，l' 与 l 异号，所以成倒立的实像。

6、曲率半径为200mm的凹面镜前1m处，有一高度为40mm的物体，求像的位置和大小， 并说明其正倒和虚实。

解：已知 $r=-200mm$，$l=-1m$，$y=40mm$

（1）由公式 $\frac{1}{l'}+\frac{1}{l}=\frac{2}{r}$，得到像的位置

$$l'=\frac{lr}{2l-r}=\frac{(-1000)\times(-200)}{2\times(-1000)-(-200)}=-111.11(mm);$$

（2）由公式 $\beta=\frac{y'}{y}=-\frac{l'}{l}$，得像的大小

$$y'=-\frac{yl'}{l}=-\frac{40\times(-111.11)}{(-1000)}=-4.44(mm)$$

（3） 由于y'与y异号，l'与l同号，所以成倒立的实像。

8. 缩小到1/5倍的实像位于半径为 r 的凹面镜前何处时，该实像 1) 被实物所成；2) 被虚物所成。

解：由公式$\frac{1}{l'}+\frac{1}{l}=\frac{2}{r}$和$\beta=\frac{y'}{y}=-\frac{l'}{l}$

（1） 被实物所成，则$l=5l'$，$\frac{1}{l'}+\frac{1}{5l'}=\frac{2}{r}$，解得 l'=0.6r；

(2) 被虚物所成，$l=-5l'$，$\frac{1}{l'}+\frac{1}{-5l'}=\frac{2}{r}$， 解得 l'=0.4r。

9、 实物与被球面镜所成的实像相距1.2米，如物高为像高的4倍，求球面镜的曲率半径。

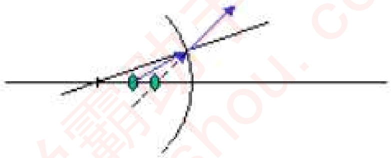
解：由公式$\frac{1}{l'}+\frac{1}{l}=\frac{2}{r}$和$\beta=\frac{y'}{y}=-\frac{l'}{l}$，并且$\beta=\frac{y'}{y}=-\frac{l'}{l}=-\frac{1}{4}$，$l'-l=1.2$，$\frac{1}{l'}+\frac{1}{l}=\frac{2}{r}$三式联立可得 r=-0.64m

10、一球面镜对其前面200mm 处的物体成一缩小一半的虚像，求其曲率半径。

解：由公式$\frac{1}{l'}+\frac{1}{l}=\frac{2}{r}$和$\beta=\frac{y'}{y}=-\frac{l'}{l}$，由于$l'=\frac{1}{2}l$，$l=200mm$，可解 r=400mm

11、人眼的角膜可认为是一曲率半径为7.8mm 的折射球面，其后是折射率为4/3的液体。如果看起来瞳孔在角膜后3.6mm 处，且直径为4mm，求瞳孔的实际位置和直径。

解：

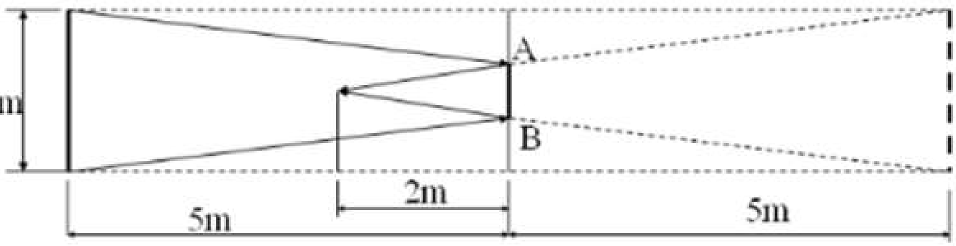


$$r=-7.8, n=4/3, n'=1$$
$$l'=-3.6, 2y'=4$$
$$\frac{n'}{l'}-\frac{n}{l}=\frac{n'-n}{r} \Rightarrow \frac{1}{l'}-\frac{4/3}{l}=\frac{1-4/3}{-7.8}$$
$$\therefore l=-4.16(\mathrm{mm})$$
$$2y=\frac{n'l}{nl'}\bullet 2y'=\frac{1\times(-4.16)}{4/3\times(-3.6)}\times 4=3.47(\mathrm{mm})$$

l=−4.16mm,　y=3.47mm

1.房间的一面墙上挂有一幅 1.5m×1m 的画，在相距 5m 的对面墙上挂有一平面镜，人站在镜前 2m 处正好能看到整幅画的反射像，求反射镜的大小。

解:



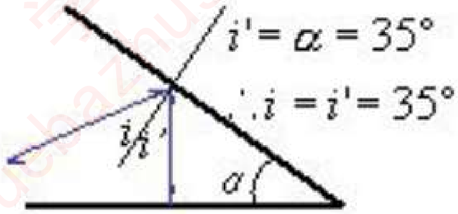
设平面镜的大小为 $AB\times CD$ 由平面镜成像原理，根据几何关系：$\frac{2}{7}=\frac{AB}{1.5}$ 和 $\frac{2}{7}=\frac{CD}{1}$,可解得 $AB=0.4286(m), CD=0.2857(m)$

即平面镜的大小为0.4286m×0.2857m

2.夹角为 35 度的双平面镜系统，当光线以多大的入射角入射于一平

面镜时，其反射光线再经另一平面镜反射后，将沿原光路反向射出？

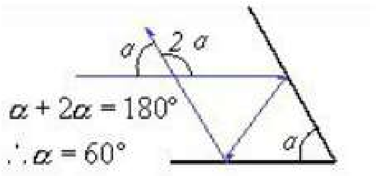
解：



入射角35度

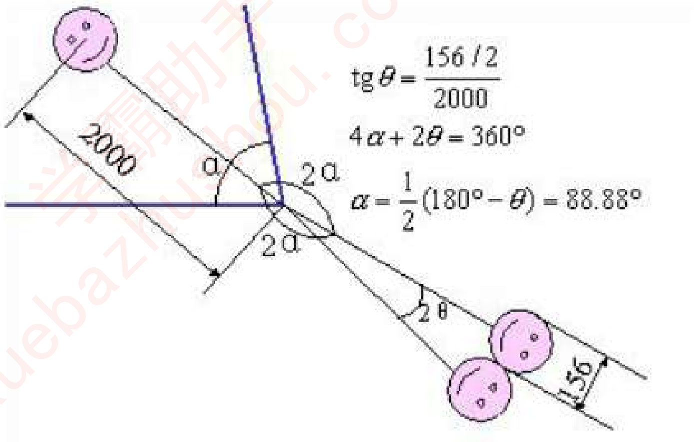
3.有一双平面镜系统，光线与其中的一个镜面平行入射，经两次反射后，出射光线与另一镜面平行，问二平面镜的夹角是多少？

解：



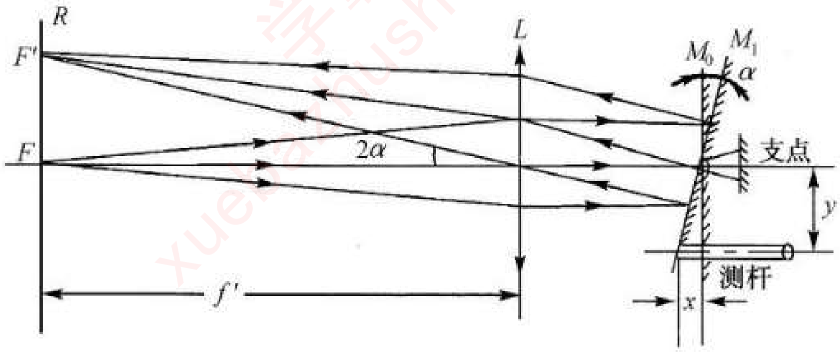
α=60 度

4.在夹锐角的双平面镜系统前，可看见自己的二个像，当增大夹角时，二像互相靠拢。设人站在二平面镜交线前 2m 处，正好见到自己面孔的二个像互相接触(设脸宽为 156mm)， 求此时的二平面镜的夹角为多少？



双平面镜夹角88.88度

5.如图 3-4 的装置，平行光管物镜的焦距为 550mm，当移动测杆导致平面镜倾斜而使物镜焦点 F 的自准直像相对于 F 移动 2mm 至 F'，求平面镜的倾斜角度。



解：由图

可得 $\tan 2\alpha = \frac{FF'}{f'} = \frac{2}{550}$，解得 $\alpha = 0.1041$。

即平面镜的倾斜角度为 0.1041 度。

6、垂直下望池塘水底之物时，若其视见深度为 1m，求实际水深(水的折射率 n＝4/3)

解：设实际水深为 hm,则按费马原理，有 $s = nh = n'h'$

$\frac{4}{3} \times 1 = 1 \times h$

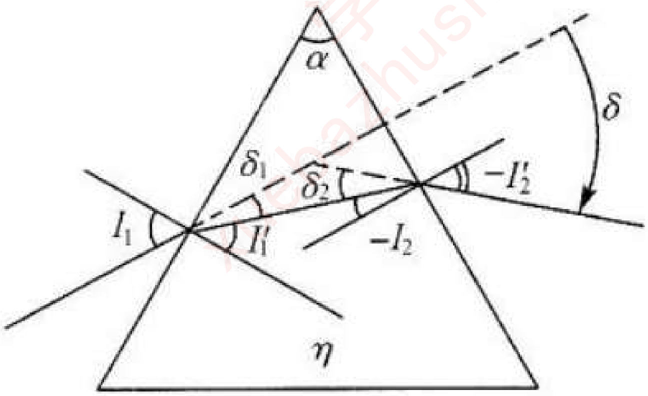
则$h=1.33m$

7.有一物镜，其像面与之相距150mm，若在物镜后置一厚度 d＝60mm，折射率 n＝1.5的平行平板，求 1)像面位置的变化数值和方向；2)若欲使光轴向上、向下各偏移5mm，平板应正、反转过多大角度？

解：（1）由图可知像面位置的变化为$\Delta l'=d(1-\frac{1}{n})=60\times(1-\frac{1}{1.5})=20$（mm），向左移动20mm.

(2)由$\Delta t'=d(1-\frac{1}{n})i_1$，得到$i_1=0.25rad$，即若欲使光轴向上、向下各偏移5mm， 平板应正、反转过0.25rad 角度.

8.有一等边折射三棱镜，其折射率为 1.65，求 1) 光线经该棱镜的二个折射面折射后产生最小偏角时的入射角；2)最小偏角值。



解：

（1）如上图，因为仅当$I_1=-I_2'$时，才产生最小偏向角，由公式$\alpha+\delta=I_1-I_2'$，可得 I_1=55.6 度

（2）如上图，根据折射定律，可得最小偏向角与α，n的关系$\sin(\frac{\alpha+\sigma_{min}}{2})=n\sin\frac{\alpha}{2}$，把$n=1.56$， $\alpha=60^\circ$带入上式，可解得最小偏向角δ_m=51.2 度。

9、有一光楔，其材料为 K9 玻璃(F 光折射率为 1.52196, C 光折射率为 1.51389)。 白光经其折射后要发生色散。若要求出射的 F 光和 C 光间的夹角 $\delta_{F,C}$<1'，求光楔的最大折射角应为多少？

解：当光线垂直入射或入射角很小时，有 $\delta=(n-1)\alpha$

对于 F 光，出射光线的偏角 $\delta_F=(n_F-1)\alpha$，

对于 C 光，出射光线的偏角 $\delta_C=(n_C-1)\alpha$

其夹角 $\delta_{FC}=\delta_F-\delta_C=(n_F-1)\alpha-(n_C-1)\alpha=(1.52196-1)\alpha-(1.51389-1)\alpha$
$=0.00807\alpha$

要使 $\delta_{FC}=0.00807\alpha<1'$，则 $\alpha<\dfrac{1'}{0.00807}=2度4分4秒$

即楔的最大折射角应为 2 度 4 分 4 秒。

2. 单薄透镜成像时，若共轭距(物与像之间的距离)为 250mm， 求下列情况下透镜应有的焦距：1)实物，$\beta=-4$；2)实物，$\beta=-1/4$；3)虚物，$\beta=-4$；4)实物，$\beta=4$；5)虚物，$\beta=4$。

解：由薄透镜的物象位置关系 $\dfrac{1}{l'}-\dfrac{1}{l}=\dfrac{1}{f'}$ 和 $\beta=\dfrac{l'}{l}$，共轭距 $l'-l=250mm$

3. 实物，$\beta=-4$。由 $l'-l=250mm$ 和 $\beta=\dfrac{l'}{l}=-4$，解得 $l'=200mm$，$l=-50mm$，代入

$\dfrac{1}{l'}-\dfrac{1}{l}=\dfrac{1}{f'}$ 得到焦距 $f'=40$mm

4. 实物，$\beta=-1/4$。由 $l'-l=250mm$ 和 $\beta=\dfrac{l'}{l}=-\dfrac{1}{4}$，解得 $l'=50mm$，$l=-200mm$，

代入 $\dfrac{1}{l'}-\dfrac{1}{l}=\dfrac{1}{f'}$ 得到焦距 $f'=40$mm

5. 虚物，$\beta=-4$。由 $l'-l=250mm$ 和 $\beta=\dfrac{l'}{l}=-4$，解得 $l'=-200mm$，$l=50mm$，代入

$\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 得到焦距 $f'=-40$ mm

6. 实物，$\beta=4$。由 $l-l'=250mm$ 和 $\beta=\frac{l'}{l}=4$，解得 $l'=-\frac{1000}{3}mm$，$l=-\frac{250}{3}mm$，代

入 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 得到焦距 $f'=111.11$mm

7. 虚物，$\beta=4$。由 $l'-l=250mm$ 和 $\beta=\frac{l'}{l}=4$，解得 $l'=\frac{1000}{3}mm$，$l=\frac{200}{3}mm$，代

入 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 得到焦距 $f'=-111.11$mm。

3. 一个 f'=80mm 的薄透镜当物体位于其前何处时，正好能在 1) 透镜之前 250mm 处；2) 透镜之后 250mm 处成像？

解：由薄透镜的物象位置关系 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$

（1）l'=-250 代入 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 得 l=-60.6061mm

（2）l'=250 代入 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 得 l=-117.647mm

4. 有一实物被成一实像于薄透镜后 300mm 处时，其放大率正好为 1 倍。问放大率为 50 倍时，实像应位于透镜后什么位置？

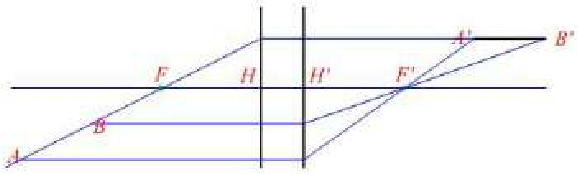
解：由薄透镜的物象位置关系 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 和 $\beta=\frac{l'}{l}$。

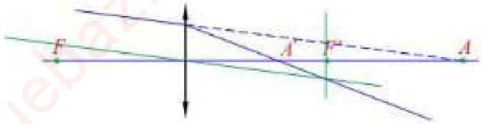
由 $\beta=\frac{l'}{l}=-1$ 和 $\frac{1}{300}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$，解得焦距 $f'=150$mm；

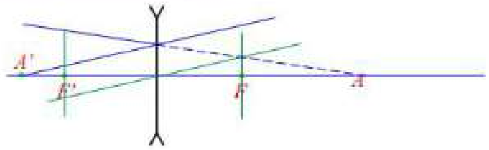
当 $\beta=\frac{l'}{l}=-50$ 和 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{150}$，解得 l'=7650mm

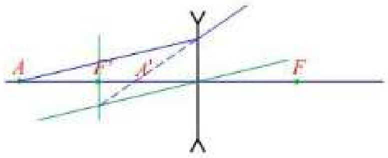
5. 用作图方法求解。

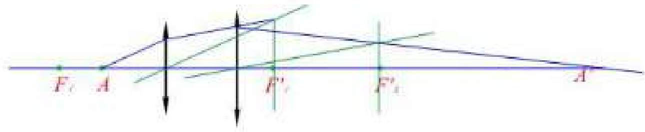
（1）求物点A的像或像对应的物

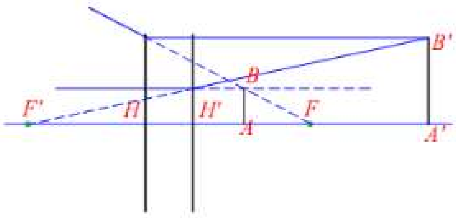


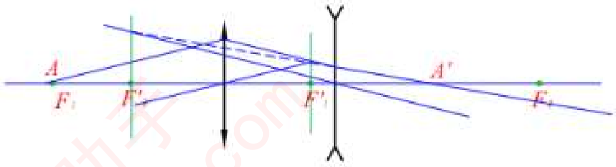




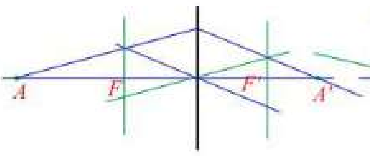


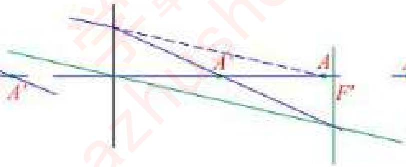


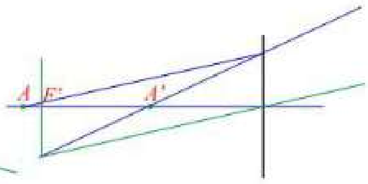


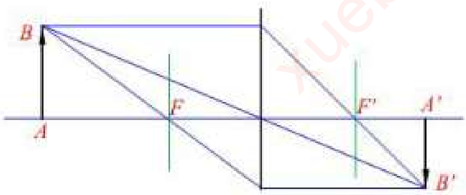


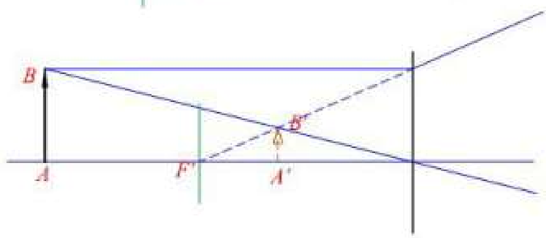
（2）求透镜的焦距，画出焦点F、F'的位置

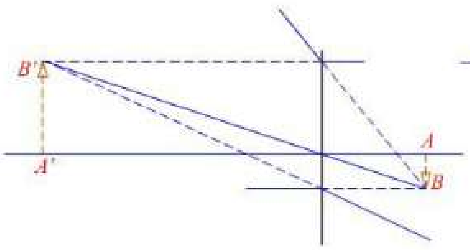


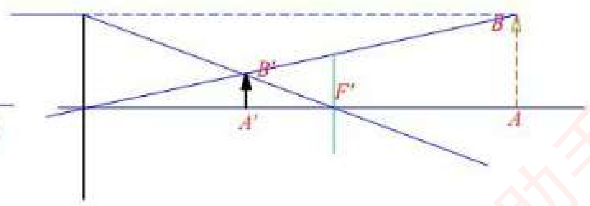




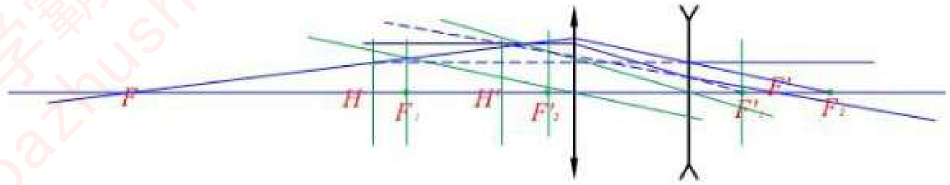


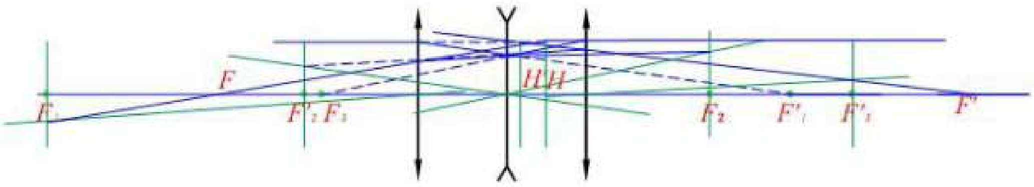






（3）求等效系统的基点的位置





6. 一透镜对无限远处和物方焦点前 5m 处的物体成像时，二像的轴向间距为 3mm， 求透镜的焦距。

解：由薄透镜的物象关系

$\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$，对于无限远 $l\rightarrow\infty$，则 $l_1'=f'$

对物方焦点前物体 l=-5+f， $l'=l_1'+3000$ l， $f'=-f$

代入 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 可得 f'=122.474mm

7. 位于光学系统之前的一个 20mm 高的物体被成一 12mm 的倒立实像。当物向系统方向移动 100mm 时，其像成于无穷远，求系统的焦距。

解：由公式 $f=\frac{\Delta x}{\frac{1}{\beta_1}-\frac{1}{\beta_2}}$，其中 Δx 为物体移动的距离，$\beta_1=-\frac{12}{20}=-0.6$ $\beta_2=-\frac{\infty}{20}=\infty$，

所以 $f=\frac{\Delta x}{\frac{1}{\beta_1}-\frac{1}{\beta_2}}=\frac{100}{-\frac{1}{0.6}}=-60$ mm

即系统的焦距为 60mm.

8. 用 135 照相机(物镜的焦距为 50mm)拍照时， 若要求对身高为 1. 7m 的人在底片上获得 17mm 高的像，物镜相对于焦平面的调焦量应为多少？人大致离照相机多少距离？。

解：由牛顿公式 $\beta=\frac{y'}{y}=-\frac{x'}{f'}$，所以 $\frac{-17}{1700}=-\frac{x'}{50}$，得 x'=0.5mm；

由 $\frac{1}{l'}-\frac{1}{l}=\frac{1}{f'}$ 和 $\beta=\frac{y'}{y}=\frac{l'}{l}=-\frac{17}{1700}=-\frac{1}{100}$，可解得 l=-5050mm

9. 一正薄透镜将物体成像于屏幕上时，测得其放大率 β=－3×，而当透镜向物体移近 180mm 时，屏上像的放大率为－4×，问该透镜的焦距为多少？

解：由 $f=\frac{\Delta x}{\frac{1}{\beta_1}-\frac{1}{\beta_2}}$，其中 Δx 为物体移动的距离，所以该透镜的焦距

$$f=\frac{\Delta x}{\frac{1}{\beta_1}-\frac{1}{\beta_2}}=\frac{180}{-\frac{1}{3}-(-\frac{1}{4})}=-2160\text{mm},\quad f'=2160\text{mm}$$

该系统的焦距为 2160mm

11. 一焦距为 10cm 的正薄透镜在某一共轭距时，二个成清晰像的透镜位置相距 15cm； 现若将共轭距加倍，问此时能成清晰像的二个透镜位置相距多少？

解：利用物像共轭对称性得 $f'=\frac{D^2-d^2}{4D}$

f'=10, d=15 代入 $f'=\frac{D^2-d^2}{4D}$ 可得 D=45(D=-5 舍去)

因为 D'=2D=90 所以 d'=67.082mm

12. 一薄透镜对某一物体成 β=－1 的像于屏上。当再用另一薄透镜紧靠于其上时，则见光屏需向透镜方向移近 20mm，且 β=－3/4，求二块透镜的焦距。

解：

由 $\begin{cases} l_2-l_2'=20 \\ \beta_2=\frac{3}{4}=\frac{l_2'}{l_2} \end{cases}$，解得：$l_2=80=l_1'$，$l_2'=60$

$\frac{1}{l_2'}-\frac{1}{l_2}=\frac{1}{f_2'}$，解得：$f_2'=240$

$\beta_1=\frac{l_1'}{l_1}=-1$，$l_1=-80$，$\frac{1}{l_1'}-\frac{1}{l_1}=\frac{1}{f_1'}$，解得：$f_1'=40$

两焦距分别为 40mm, 240mm

15. 有二个薄透镜，已知$f'_1=40mm, f'_2=30mm$，间隔$d=15mm$，求合成系统的焦距和基点位置，并以图示之。若在焦点F前 80mm 处有一 20mm 高的物体，求像的位置和大小，并要求回答物相对于第一透镜的主点H_1，焦点F_1和等效系统的主点 H 的距离l_1，x_1和 l；类似地写出在像方的l'_2，x'_2和 l'。

答案：
$f'=21.8182mm$
$l'_H=-8.1818mm \quad l_H=10.9091mm$
$l'_F=13.6364mm \quad l_F=-10.9091mm$
$x'=5.9504mm \quad y'=-5.4545mm$
$l_1=-90.9091mm \quad x_1=-50.9091mm \quad l=-101.8182mm$
$l_2'=19.5868mm \quad x_2'=-10.4132mm \quad l'=27.7686mm$

16. 一短焦距广角照相物镜的焦距$f'=28mm$，工作距离$l'_F=40mm$，总长度（第一透镜到物镜像方焦点的距离）$L=55mm$，求组成此系统的二个薄透镜的焦距f'_1, f'_2及其间隔d。

解：由总长度$L=l'_F+d=40+d=55$mm，所以间隔$d=15$mm；

$f'=-f=\dfrac{f'_1 f'_2}{f'_1+f'_2-d}$，$l'_F=f'_2+x'_F$，$x'_F=\dfrac{(f'_2)^2}{\Delta}$，$\Delta=d-f'_1+f_2=d-f'_1-f'_2$

联立以上方程，可解得 $f'_1=-35$mm；$f'_2=22.22$mm；间隔$d=15$mm。

17. 有一双透镜系统，已知$f'_1=100mm, f'_2=-50mm$，要求总长度(第一透镜至系统像方焦点的距离)为系统焦距的 0.7 倍，求二透镜的间隔和系统的焦距。

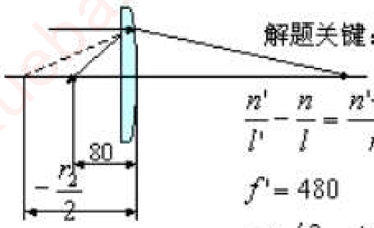
解：由 $f'=-f=\dfrac{f'_1 f'_2}{f'_1+f'_2-d}$，总长度$L=l'_F+d=0.7f'$，$l'_F=f'_2+x'_F$，$x'_F=\dfrac{(f'_2)^2}{\Delta}$，

$\Delta=d-f'_1+f_2=d-f'_1-f'_2$，解此方程组可得

$f'=158.114$mm，$d=81.6228$mm，或 $f'=-158.114$mm，$d=18.3772$mm。

（4）　一平面朝前的平凸透镜对垂直入射的平行光束会聚于透镜后 480mm 处。如此透镜的凸面为镀铝的反射面，则使平行光束会聚于透镜前 80mm 处。求透镜的折射率和凸面的曲率半径。(计算时，透镜的厚度忽略不计)。

解：



解题关键：反射后还要经过平面折射

$$\frac{n'}{l'}-\frac{n}{l}=\frac{n'-n}{r}\Rightarrow\frac{1}{480}-\frac{n}{\infty}=\frac{1-n}{r_2}$$

$$f'=480$$

$$\frac{-r_2/2}{80}=\frac{\tan i'}{\tan i}=\frac{i'}{i}=n\Rightarrow r_2=-160n$$

$$\therefore n=1.5$$

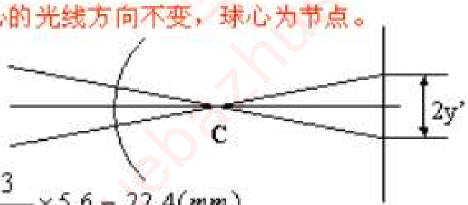
$$r_2=-240$$

19. 人眼可简化成一曲率半径为 5.6mm 的单个折射球面，其像方折射率为 4/3。 求远处对眼睛张角为 1° 的物体在视网膜上所成像的大小。

解：

本题关键：通过球心的光线方向不变，球心为节点。

$$2y'=2(f'-r)tg0.5^\circ$$



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

$$\therefore f'=\frac{n'}{n'-n}r=\frac{4/3}{4/3-1}\times5.6=22.4(mm)$$

$$2y'=2(22.4-5.6)tg0.5^\circ=0.293(mm)$$

20. 有一 5D 的眼镜片(即光焦度为 5 屈光度)，其折射率为 1.5，第一面为 600 度(即 $\varphi_1=6D$，厚度忽略不计，求二面的曲率半径。(分别就 $\varphi=5D$、$\varphi=-5D$ 计算之)。

解：对薄透镜，有 $f'=\frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)}$，$f'=\frac{1}{\varphi}$

（1）当 $\varphi=5D$ 时，由 $\varphi_1=6D$ 和 $\varphi=\varphi_1+\varphi_2$，得 $\varphi_2=-D$。所以 $r_2=6r_1$；$f'=\frac{1}{\varphi}=\frac{1}{5}$

代入 $f'=\frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)}$，得到 r_2=500mm，r_1=83.3333mm；

当 $\varphi=-5D$ 时 $f'=\dfrac{1}{\varphi}=-\dfrac{1}{5}$，由 $\varphi_1=6D$ 和 $\varphi=\varphi_1+\varphi_2$，得 $\varphi_2=-11D$，所以 $\dfrac{r_1}{r_2}=\dfrac{11}{6}$，

代入 $f'=\dfrac{1}{(n-1)\left(\dfrac{1}{r_1}-\dfrac{1}{r_2}\right)}$，可得 r_1=83.3333mm，r_2=45.4545mm。

21. 试回答如何用二个薄透镜或薄透镜组组成如下要求的光学系统。

1) 保持物距不变时，可任意改变二镜组的间距而倍率不变；

2) 保持二镜组的间距不变时，可任意改变物距而倍率不变。

答：(1) 物位于第一透镜的物方焦面

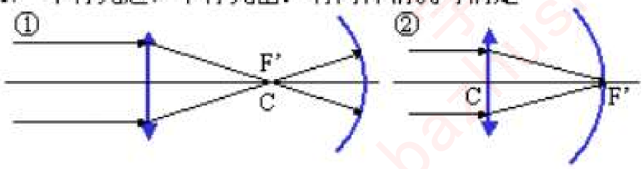
(2) 使△=0。

7、一个折反射系统，以任何方向入射并充满透镜的平行光束，经系统后，出射光束仍为充满透镜的平行光束；并且当物面与透镜重合时，其像面也与之重合。试问此折反射系统的最简单的结构在怎样的？

解：

折反射系统的最简单结构：透镜＋反射镜

1. 平行光进，平行光出：有两种情况可满足

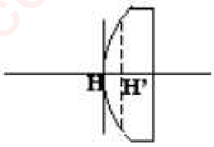


2. 物面与透镜重合时，像面也与之重合：只能选②

2. 一块厚度为 15mm 的平凸透镜放在报纸上，当平面朝上时，报纸上的文字的虚像在平面下 10mm 处；当凸面朝上时，像的放大率为 β=3，求透镜的折射率和凸面的曲率半径。

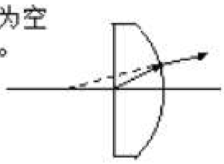
解：

平面朝上，报纸在透镜的前主面，应成像于后主面。



$$l_H'=-\frac{d}{n}=-10, \therefore n=1.5$$

凸面朝上，物方为玻璃，像方为空气，报纸经单个折射球面成像。



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

$$n=1.5, n'=1, \beta=\frac{nl'}{n'l}=3, l=-15(mm)$$

$$\therefore l'=\frac{3n'l}{n}=-30(mm)$$

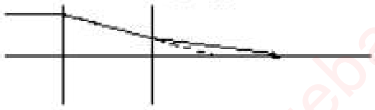
$$\therefore r=-7.5(mm)$$

26. 某望远镜物镜由正、负分离的二个薄透镜组组成，已知

$f'_1=500mm, f'_2=-400mm, d=300mm$，求其焦距。若用此望远镜来观察前方 200m 处的物体时，仅用第二个负透镜组来调焦以使其像仍位于物镜的原始焦平面上，问该镜组应向什么方向移动多少距离？此时物镜的焦距为多少？

解：

$$f'=-\frac{f_1'f_2'}{\Delta}=-\frac{f_1'f_2'}{d-f_1'-f_2'}=1000(mm)$$



观察有限距离物时，第二透镜的物位置变了，但像的位置不变，为已知共轭距求透镜位置的情况

原始焦面位置：可求得 $l_2'=400mm$

到第一透镜的距离400+300=700mm

对第一透镜 $l_1=-200000, \Rightarrow l_1'=501.2531(mm)$

第二透镜共轭距=700-501.253=198.7469mm

$$(2-\beta_2-\frac{1}{\beta_2})f_2'=198.7469 \Rightarrow \beta_2=1.99582$$

$$l_2'=(1-\beta_2)f_2'=(1-1.99582)\times(-400)=398.328$$

第二透镜应向右移动400-398.328=1.672mm

27、　有一由三个薄透镜组成的系统，已知

$f'_1=60mm, f'_2=-45mm, f'_3=70mm$，$d_1=15mm, d_2=20mm$，计算此组合系统的焦距和基点位置，并以图示之。

解：正切计算法。由公式 $\tan U' = \tan U + \frac{h}{f'}$， $h_i = h_{i-1} - d_{i-1}\tan U'_{i-1}$ （$i = 2,3$），

$U_i = U'_{i-1}$， $f' = \frac{h_1}{\tan U'_3}$， $l'_F = \frac{h_3}{\tan U'_k}$， $l'_H = l'_F - f'$， $l_H = l_F - f$

由于是用来计算基点位置和焦距的，令 $\tan U_1 = 0$

并令 $h_1 = 1$ mm, 由上诉公式可求得

$\tan U_1' = \tan U_1 + \frac{h_1}{f_1'} = \frac{1}{60}$， $h_2 = h_1 - d_1 \tan U_1' = 0.75$ mm， $\tan U'_2 = 0$， $h_3 = 0.75$ mm，

$\tan U'_3 = \frac{3}{280}$， $f' = \frac{h_1}{\tan U'_3} = 93.333$ mm；

$l'_F = \frac{h_3}{\tan U'_k} = \frac{0.75}{3/280} = 70$ mm；

$l'_H = l'_F - f' = 70 - 93.333 = -23.333$ mm；

8. 已知照相机物镜的焦距为 50mm，相对孔径 $D/f' = 1:2.8$，底片尺寸为 $24\times36mm^2$，求最大的入瞳直径和视场角。若选用 $f' = 28mm$ 的广角镜头和 $f' = 75mm$ 的远摄镜头，其视场角分别为多少？

解：

1）将 f’ =50mm 代入 $D/f' = 1:2.8$

得 D=17.86

像面尺寸 R

$$R=\sqrt{(\frac{24}{2})^2+\left(\frac{36}{2}\right)^2}$$

$$\tan W = R / f'$$

视场角 2W=46.793 度

（2）f’=28mm　　2w=75.3806 度

　　f’=75mm　　2w=32.1798 度

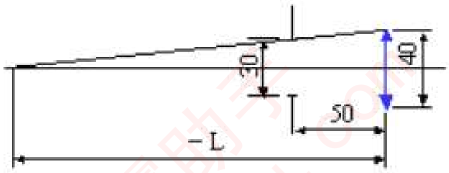
9. 有一 $f'=140mm$ 的薄透镜组，通光直径为 40mm，在镜组前 50mm 处有一直径为 30mm 的圆形光孔。问实物处于什么范围时，光孔为入射光瞳？处于什么范围时，镜组本身为入射光瞳？对于无穷远物体，镜组无渐晕成像的视场角和渐晕一半时的视场角各为多少？

解：

若圆形光孔为入瞳，则

$$\left|\frac{30}{-L-50}\right| < \left|\frac{40}{-L}\right|$$

$$\therefore \frac{30}{-L-50} < \frac{40}{-L} \qquad L < -200$$



当实物在距透镜组200mm以远时，圆形光孔为入瞳；
距透镜组200mm以近时，透镜组为入瞳。

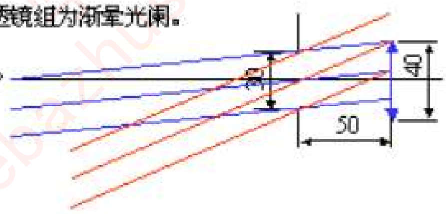
当物在无穷远时，圆形光孔为入瞳，透镜组为渐晕光阑。

无渐晕

$$|\mathrm{tg}W| = \frac{(40-30)/2}{50} \qquad \therefore 2W = 11.42°$$

半渐晕

$$|\mathrm{tg}W| = \frac{40/2}{50} \qquad \therefore 2W = 43.6°$$



答：实物在透镜前200mm 以远时，光孔为入瞳；
在透镜前200mm 以内时，镜组本身为入瞳。
无渐晕时2W=11.4212度，半渐晕时2W=43.6028度

10. 有一焦距为 50mm 的放大镜，直径 $D=40mm$，人眼（指瞳孔）离放大镜 20mm 来观看位于物方焦平面上的物体，瞳孔直径为 4mm。1）问此系统中，何者为孔径光阑？何者为渐晕光阑？并求入瞳、出瞳和渐晕光阑在物方、像方的像的位置和大小。2）求能看到半渐晕时的视场范围。

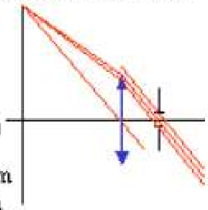
解：

本题在像方做较为方便。位于物方焦面上的物成像于无穷远，由像方无穷远轴上点判断，瞳孔为孔阑，放大镜为渐晕光阑。

入瞳：瞳孔经放大镜所成的像

$l'=20, f'=50 \Rightarrow l=33.3333$

$2y'=4mm, 2y=\frac{l}{l'}\times 2y'=6.6667\,(mm)$



入瞳在镜后33.3333mm处，直径6.6667mm

出瞳为眼瞳，在镜后20mm处，直径4mm

渐晕光阑即为放大镜本身，其像亦为其本身。大小40mm。

当看到半渐晕时，从像方考虑：

$$|\mathrm{tg}W'|=\frac{40/2}{20}=1 \qquad 2y=2f'|\mathrm{tg}W'|=100(\mathrm{mm})$$

答：1)瞳孔为孔阑，其像为入瞳、出瞳。

入瞳在镜后33.3333mm 处，大小6.6667mm

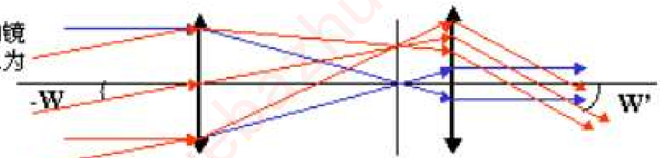
出瞳为眼瞳本身，放大镜为渐晕光阑。

(2)半渐晕时2y=100mm

11.一个 20 倍的望远镜，视场角 $2W=3.2°$，物镜的焦距 $f'_o=500mm$，直径 $D'_o=62.5mm$，为系统的入射光瞳。在物镜与目镜的公共焦面上设有视场光阑。设目镜为单个正薄透镜组，求 1)整个系统的出瞳位置和大小；2)视场光阑的直径；3)望远镜的像方视场角 $2W'$。

解：

物镜为入瞳，物镜经目镜所成的像为出瞳。



$(1) f'_o=500,$

$$\Gamma=-20=-\frac{f'_o}{f'_e} \quad \therefore f'_e=25(\mathrm{mm})$$

对目镜使用高斯公式 $l_p=-(500+25)=-525 \quad l_p'=26.25\mathrm{mm}$

$$D'=\frac{26.25}{525}\times D=3.125(\mathrm{mm})$$

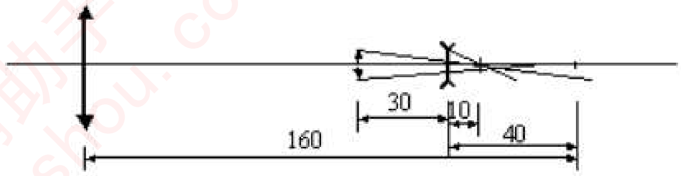
$(2) 2y'_F=2f'_o\,\mathrm{tg}\,W=2\times500\,\mathrm{tg}1.6°=27.9325\,(\mathrm{mm})$

$(3) |\Gamma|=\left|\frac{\mathrm{tg}W'}{\mathrm{tg}W}\right|=20 \quad \therefore 2W'=2\times\mathrm{tg}^{-1}(20\mathrm{tg}1.6°)=58.3799°$

12.有一4倍的伽利略望远镜(目镜焦距为负的望远镜)，物镜的焦距 $f'_o=160mm$，直径 $D'_o=40mm$；眼瞳在目镜后10mm，直径为5mm，是系统的出射光瞳，目镜的直径为10mm。

1) 确定何者为系统的渐晕光阑？并求它在物空间和像空间的像的位置和大小；2)无渐晕时的视场角为多少？3)半渐晕时的视场角为多少？

解：



$f_1' = 160mm,\ f_2' = f_1'/4 = -40(mm)$

(1)物镜经目镜成像于像空间，根据高斯公式， $l = -120, f' = -40, \therefore l' = -30(mm)$

经放大率计算，可得物镜的像大小为 $D_0' = 10(mm)$

计算物镜的像和目镜对眼瞳中心的张角，可见物镜为渐晕光阑。其在物空间的像为物镜本身，在像空间的像在目镜前30mm处，为虚像。

(2)无渐晕时 $\tan W' = \dfrac{(10-5)/2}{30+10} = \dfrac{1}{16}, \tan W = \dfrac{\tan W'}{\Gamma} = \dfrac{1}{64}, 2W = 1.79°$

(3)半渐晕时 $\tan W' = \dfrac{10/2}{30+10} = \dfrac{1}{8}, \tan W = \dfrac{\tan W'}{\Gamma} = \dfrac{1}{32}, 2W = 3.58°$

（1） 有一钨丝白炽灯，各方向的平均发光强度正好与灯泡的功率(瓦数)相同，问该灯泡每瓦电功率的发光效率为多少？

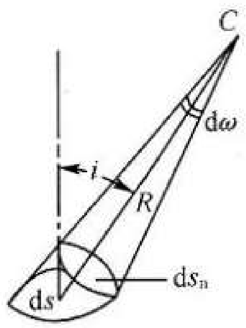
解：发光效率 $\eta = \dfrac{\phi}{W} = \dfrac{4\pi I_0}{I_0} = 12.57$ (lm/W)

（2）一个 $3\times4m^2$ 的房间被一挂在房顶天花板中间的 100W 吊灯(相当于 100 坎德拉的发光强度)所照明。灯泡离地板的高度为 2.5m，求灯下地板上和房间角落地板上的照度。

解：(1)、 灯下地板上的照度：

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{4\pi I_0}{4\pi r^2} = \frac{100}{2.5^2} = 16\ \text{(lx)}$$

4.、房间角落地板上的照度：



如图可知，灯到地板的距离为 $R = \sqrt{2.5^2 + 2.5^2} = 3.5355\,\text{m}$

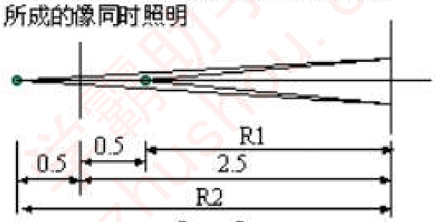
$$\cos i = \frac{2.5}{R} = 0.7071$$

点光源的光照度 $E = \dfrac{I\cdot\cos i}{R^2} = \dfrac{100\times0.7071}{12.5} = 5.6569$ （lx）

（3）与一平面镜相距 2.5m 处有一与之平行的屏幕，其间距平面镜 0.5m 处有一发光强度为 20 坎德拉的均匀发光点光源，设平面镜的反射率为 0.9，求屏幕上与法线交点处的照度。

解：

相当于屏幕被点光源和点光源经平面镜所成的像同时照明



$$E = E_1 + E_2 = \frac{I_1}{R_1^2} + \frac{I_2}{R_2^2}$$
$$= \frac{I_1}{R_1^2} + \frac{\rho I_1}{R_2^2} = \frac{20}{(2.5-0.5)^2} + \frac{0.9\times 20}{(2.5+0.5)^2}$$
$$= 7(lx)$$

（4）拍照时，为获得底片的适度曝光，根据电子测光系统指示，在取曝光时间为 1/255 秒时，光圈数(即相对孔径的倒数)应为 8。现在为了拍摄快速运动目标，需将曝光时间缩短为 1/500 秒，问光圈数应改为多少？反之，希望拍照时有较大的景深，需将光圈数改为 11，问曝光时间应为多少？

解：

像面照度E与相对孔径平方成正比，
曝光量＝E×曝光时间，光圈数＝相对孔径倒数

$$Q = Et \propto \left(\frac{D}{f'}\right)^2 t \quad \text{为定值}$$

$$t_1 = 1/255, \left(\frac{D}{f'}\right)_1 = \frac{1}{8}; \quad t_2 = 1/500, \therefore \left(\frac{D}{f'}\right)_2 \approx 5.7$$

$$\left(\frac{D}{f'}\right)_3 = \frac{1}{11} \therefore t_3 \approx 1/135(s)$$

（5）有二个发光强度不同的点光源分立在光具座的二端，相距 2 米。当光屏位于距亮光源 1.4m 时，正好二光源在屏的二边产生相同的照度。现在于亮光源之前放一中性滤光片，正好使在相反位置(即离较暗光源 1.4m)时的光屏上具有相同的照度。求所加滤光片的透过率。

解：当点光源垂直照射时，距离 r 处的光照度为

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2}$$

设亮光源和暗光源的发光强度分别为 I_1，I_2，距离光具座的距离分别为 r_1，r_2，滤光片的透过率为 x.

根据题意则有：

$$\frac{I_1}{1.4^2} = \frac{I_2}{0.6^2} \text{ 和 } \frac{I_1 \cdot x}{0.6^2} = \frac{I_2}{1.4^2}$$

有此可解得：x=3.374%

7.在一个仪器的照明系统中，光源为 6 伏 25 瓦的仪器用钨丝灯泡，发光效率为 14 流明/瓦，设其为在光轴上的均匀发光的点光源，且对聚光镜所张的孔径角为 $U=30^\circ$。求灯泡发出的

总光通量以及能进入聚光镜的光通量。

解：$\Phi = \eta W = 25 \times 14 = 350lm$

$$\phi = 4\pi I_0 \sin^2(U/2) = \Phi \sin^2(U/2) = 350 \sin^2 15^0 = 23.45lm$$

9.一个光学系统，对 100 倍焦距处的物面成一缩小到 1/50 倍的像，物方孔径角为 $\sin U \approx u$ $=0.005$，物面的照度为 1000 勒克斯，反射系数为 $\rho = 0.75$，系统的透过率为 $K = 0.8$，求像面的照度。

解：

$$L = \frac{M}{\pi} = \frac{\rho E}{\pi}$$

$$E' = \frac{1}{\beta^2} K\pi L \sin^2 U$$

$$= 50^2 \times 0.8\pi \bullet \frac{\rho E}{\pi} \sin^2 U$$

$$= 50^2 \times 0.8 \times 0.75 \times 1000 \times 0.005^2$$

$$= 37.5(lx)$$

11、对远物摄影时，要求曝光量 $Q = Et = 0.4$ 勒克斯.秒，被摄物体的表面亮度为 0.36 坎德拉/cm^2，物镜的透过率 $K = 0.9$，如取曝光时间为 1/100 秒，问应选用多大光圈数？ 设物镜为对称型系统，$\beta_p = 1$。

解：

$$E' = \frac{1}{4} K\pi L \left(\frac{D}{f'}\right)^2 \bullet \frac{\beta_p^2}{(\beta_p - \beta)^2}$$

$$\because \beta = 0, \beta_p = 1, L = 0.36cd/cm^2, t = 1/100s$$

$$\therefore E' = \frac{1}{4} K\pi L \left(\frac{D}{f'}\right)^2, \quad E't = Q = 0.4$$

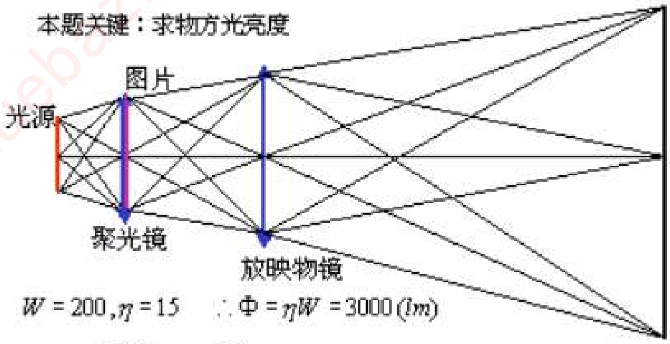
$$\therefore \frac{f'}{D} = \sqrt{\frac{K\pi Lt}{4Q}} = \sqrt{\frac{0.9\pi \times 0.36 \times 10^4 \times 0.01}{4 \times 0.4}} = 8$$

12.如图 13-77 的放映系统，聚光镜 L_1 紧靠物镜(为一 $24 \times 36mm^2$ 的幻灯片)，放映物镜 L_2 把幻灯片成一 50 倍的像于银幕上。光源为 200W 的放映灯泡，发光效率为 15 流明/瓦， 灯丝

面积为 $1.2\times1.2\mathrm{cm}^2$，可看作是二面发光的余弦辐射体， 它被聚光镜成像于放映物镜的入瞳上，并正好充满入瞳，物镜的物方孔径角为 $u=0.25$，整个系统的透过率为 0.6，求像面的照度。

解：

本题关键：求物方光亮度



$W=200,\eta=15\quad\therefore\Phi=\eta W=3000(lm)$

$$M=\frac{0.5\Phi}{S},L=\frac{M}{\pi}$$

$$\therefore E'=K\pi L\sin^2 U\bullet\frac{1}{\beta^2}=K\pi\frac{\frac{0.5\Phi}{S}}{\pi}\sin^2 U\bullet\frac{1}{\beta^2}$$

$$=0.6\times\frac{0.5\times3000}{1.2\times1.2\times10^{-4}}\times0.25^2\times\frac{1}{50^2}=156.25(lx)$$

13.阳光直射时，地面的照度约为105勒克司，现经一无像差的薄透镜组($f'=100mm$，$D/f'=1/5$)来聚焦时，所得照度为多少？已知太阳对地面的张角为32'，光组的透过率为1。

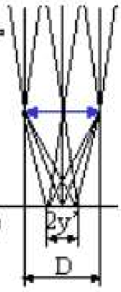
解：

经透镜后，原照到D范围内的光通量被聚焦到2y'范围内。

$$y'=f'\mathrm{tg}\,16'$$

$$E_1\bullet\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2=E_2\bullet\pi y'^2,\ E_1=10^5,\ D=\frac{f'}{5}=20$$

$$\therefore E_2=\frac{E_1\bullet(D/2)^2}{y'^2}=\frac{10^5\times10^2}{(100\,\mathrm{tg}16')^2}=4.616\times10^7(lx)$$



8、一个光学系统，知其只包含初级和二级球差，更高级的球差很小可忽略不计。 已知该系统的边光球差＝0，0.707 带光球差＝－0.015，求(1)表示出此系统的球差随相对高度的展开式，并计算 0.5 和 0.85 带光球差；(2)边缘光的初级球差和高级球差；(3)最大剩余球差出现在哪一高度带上，数值多少？

解：

$$\delta L' = A_1\left(\frac{h_1}{h_m}\right)^2 + A_2\left(\frac{h_1}{h_m}\right)^4$$

$$(1)\begin{cases} A_1 + A_2 = 0 \\ A_1 \times 0.707^2 + A_2 \times 0.707^4 = -0.015 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_1 = -0.06 \\ A_2 = 0.06 \end{cases}$$

$$\therefore\ \delta L'_{0.85} = -0.012,\ \delta L'_{0.5} = -0.01125$$

$$(2)\ \delta L'_{m0} = A_1 = -0.06,\ \delta L'_{m\text{高}} = A_2 = 0.06$$

(3)最大剩余球差在 0.707 带，为 -0.015

9、上题的系统，如果改变结构参数（保持系统焦距不变）调整初级球差使边光 球差与带光球差等值异号，并假设改变结构参数时高级球差不变，求出此时的球差展开式以及边光和带光的球差值，并回答在哪一高度带上球差为 0， 哪一高度带上剩余球差最大，数值为何？

解：

$$\delta L'_m = -\delta L'_z$$

$$\begin{cases} A_1 + A_2 = -(A_1 \times 0.707^2 + A_2 \times 0.707^4) \\ A_2 = 0.06 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_1 = -0.05 \\ A_2 = 0.06 \end{cases}$$

$$\therefore \delta L' = -0.05\left(\frac{h_1}{h_m}\right)^2 + 0.06\left(\frac{h_1}{h_m}\right)^4 \Rightarrow \delta L'_m = 0.01, \delta L'_z = -0.01$$

如 $\delta L' = 0 \quad -0.05\left(\frac{h_1}{h_m}\right)^2 + 0.06\left(\frac{h_1}{h_m}\right)^4 = 0, \Rightarrow h_1 = 0.91287 h_m$

由 $\dfrac{d\delta L'}{d\left(\dfrac{h_1}{h_m}\right)} = -0.1\left(\frac{h_1}{h_m}\right) + 0.24\left(\frac{h_1}{h_m}\right)^3 = 0, \Rightarrow h_1 = 0.6455 h_m$

此时 $\delta L'_{max} = \delta L'_{0.6455} = -0.01042$

3. 如果把第 1 题中系统的相对孔径提高一倍，边光的初级球差、高级球差和实际 球差各为多少？如果改变结构参数使初级球差在边

缘带重与高级球差（仍假定 不随结构参数而变）平衡而使边光球差为零，问此时的带光球差为多少？

解：

当$h_1=2h_m$时

$$\delta L'_m = A_1\bullet 2^2 + A_2\bullet 2^4 = 0.72,\begin{cases}\delta L'_{m0}=-0.24\\ \delta L'_{m高}=0.96\end{cases}$$

若$\delta L'_{m高}=0.96$不变且$\delta L'_m=0$,

则$4A_1=-0.96\Rightarrow A_1=-0.24$

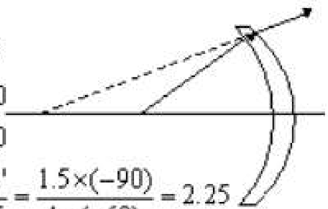
$$\therefore\ \delta L'=-0.24\left(\frac{h_1}{0.5h_{mnew}}\right)^2+0.06\left(\frac{h_1}{0.5h_{mnew}}\right)^4$$

当$h_1=0.707h_{mnew}$时 $\delta L'_z=-0.24$

5. 已知会聚折射球面的一对齐明点相距 30mm，球面二边介质的折射率分别为$n=1.5$以及$n'=1$求此折射球面的曲率半径及齐明点的位置和放大率。如将其组成一个无球差的透镜，厚度为 5mm，写出此透镜的结构参数。如将此透镜用于一个系统的像方会聚光束中， 其光束孔径角$u'=0.25$， 问经此透镜后，光束的孔径角将为何值？

解：

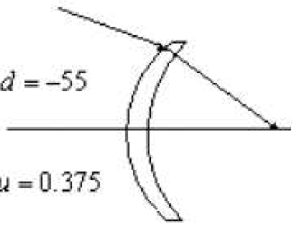
$$(1)\begin{cases}L'=\dfrac{n'+n}{n'}r\\ L=\dfrac{n'+n}{n}r\\ |L'-L|=30\\ r<0,n=1.5,n'=1\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}r=-36\\ L'=-90\\ L=-60\\ \beta=\dfrac{nL'}{n'L}=\dfrac{1.5\times(-90)}{1\times(-60)}=2.25\end{cases}$$



$(2)d=5,r_2=-36,L_2=-60$

$L_1=L_1'=r_1,L_1'-d=L_2\ \therefore r_1=L_2+d=-55$

$\therefore r_1=-55,r_2=-36,d=5$



$$(3)u=0.25,\beta=\frac{nu}{n'u'}=\frac{1}{2.25}\ \therefore u'=1.5u=0.375$$

6、透镜的焦距一定时，其初级球差随形状而异，并且球差为最小时

的最佳形状也因折射率的不同而不同，试求焦距为 100mm 的透镜（略去厚度），对无穷远物体成像时的最佳形状，即二个面的半径值。分别对 n=1.5, 1.6, 1.7, 2, 3, 4 计算之。

解：由 $\rho_{10}=\frac{(2n+1)n}{2(n+2)(n-1)}\varphi$， $\varphi=\frac{1}{f}=\frac{1}{100}=0.01$ 和 $\frac{\rho_1}{\rho_2}=\frac{n(2n+1)}{2n^2-n-4}=\frac{r_2}{r_1}$

对于 n=1.5，求得 $\rho_{10}=0.017$， $r_1=57.47\,\text{mm}, r_2=-344.82\,\text{mm}$

对于 n=1.6，求得 $\rho_{10}=0.0156$， $r_1=64.1\,\text{mm}$, $r_2=-897.4\,\text{mm}$

对于 n=1.7，求得 $\rho_{10}=0.0144$， $r_1=69.444\,\text{mm}, r_2=6493.014\,\text{mm}$

对于 n=2， 求得 $\rho_{10}=0.0125$， $r_1=80\,\text{mm}$, $r_2=400\,\text{mm}$

对于 n=3， 求得 $\rho_{10}=0.0105$， $r_1=95.238\,\text{mm}$, $r_2=181.818\,\text{mm}$

对于 n=4， 求得 $\rho_{10}=0.01$， $r_1=100\,\text{mm}$, $r_2=150\,\text{mm}$

7. 单正透镜恒产生负球差，而平行平板恒产生正球差。有一折射率为 1.666 的单透镜， 它对无穷远物体成像时的最小球差形状，正好是凸面朝向物体时的平凸形状。据理回答在其后面加上尽可能厚的平行平板，能否以其正球抵消了透镜的负球差。

解：

$$\delta L'_0=-\frac{1}{8}\frac{h^2}{f'}\frac{n(4n-1)}{(n-1)^2(n+2)}$$

$$\delta L'_{p0}=\frac{n^2-1}{2n^3}du_1^2=\frac{n^2-1}{2n^3}d\left(\frac{h}{f'}\right)^2=-\delta L'_0$$

$$\therefore \frac{n^2-1}{2n^3}d\left(\frac{h}{f'}\right)^2=\frac{1}{8}\frac{h^2}{f'}\frac{n(4n-1)}{(n-1)^2(n+2)}$$

$d\approx 3.63f'>nf'$

若能抵消，必须 $f'+(1-\frac{1}{n})d\geq d$, 即 $d\leq nf'$

$\therefore$ 不能校

8. 有二块朝向物体的平凸透镜各自对无穷远物体成像，焦距和孔径均相同，但二块透镜的折射率不同，一块为 1.5，另一块为 1.8，试问：1) 为尽可能减小它们的球差，透镜应向什么方向作整体弯曲？ 2) 二块透镜相比，那一块的球差值小些？为什么？ 3) 计算折射率为 1.5163 的单透镜对无穷远轴上点成像时球差为最小的形状，即二个面的半径(设 $f'=100mm$)。

解：（1）n=1.5 时，应增大 ρ_1，减小 ρ_2；n=1.8 时，应增大 ρ_2，减小 ρ_1。

（2）n =1.8 的小些

（3）由 $\frac{1}{f'}=(n-1)(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$ 和 $\frac{r_1}{r_2}=1-\frac{2(n+2)}{n(2n+1)}$，解得

r_1 =59.381，r_2 =-395.54。