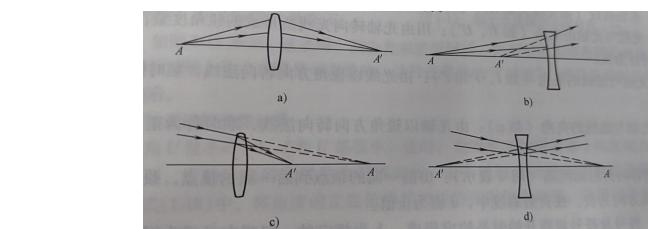
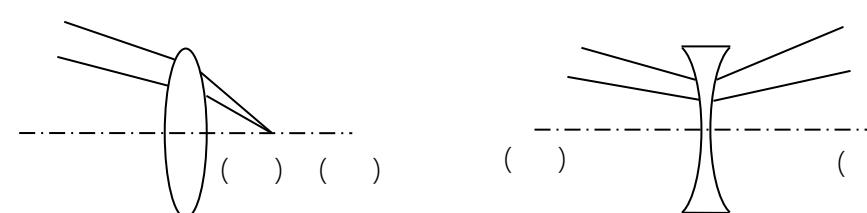


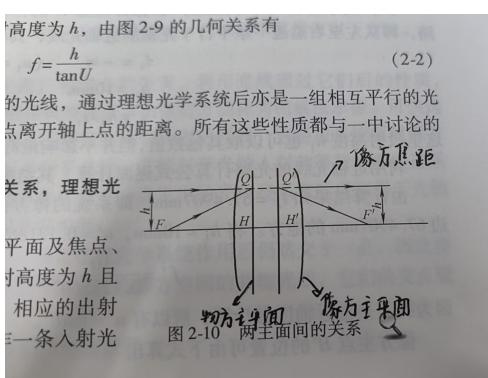
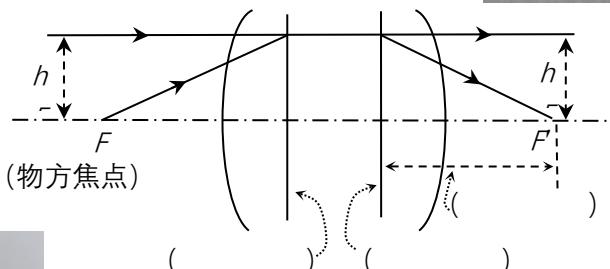
一、简答

(1) 名词解释、标注与说明。

- p5 费马原理：光从一点传播到另一点，中间无论经过多少次反射与折射，光传播的实际路径是光程取极值（极小值、极大值或恒定值）的路径
 - p314 ➤ 光强：辐射强度矢量大小的时间平均值。辐射强度矢量的方向是光的能量流动的方向，其大小等于单位时间垂直通过单位面积的能量
 - p69 ➤ 光学系统景深：在光学系统（如相机、望远镜）中，能清晰成像的物方空间的深度范围称为光学系统的景深
 - 391 ➤ 光的衍射：光遇到障碍物或小孔时，偏离直线传播方向，在障碍物后方形成明暗相间的条纹分布的现象
 - p5 ➤ 光程：光在介质中传播的几何路程与介质折射率的乘积
 - 光谱：复色光（如白光）经色散系统（棱镜、光栅）分解后，按波长（或频率）有序排列的光带图案，反映了光的波长（频率）
 - 354 ➤ 光的干涉：两束（或多束）频率相同、振动方向一致、相位差恒定的相干光叠加时，在叠加区域中某些点的振动始终加强，某些点的振动始终减弱，该区域内在观察时间里形成稳定的光强强弱分布的现象
 - 78 ➤ 发光强度：点光源在某一方向上，单位立体角内发出的光通量
 - 79 ➤ 亮度：单位面积的发光体，在单位立体角内辐射的光通量，反映了人眼感知到的光的明暗程度
 - 16 ➤ 理想光学系统：将光学系统在近轴区成完善像的理论推广到任意大的空间，以任意宽的光束都成完善像的光学系统称理想光学系统
 - 216 ➤ 常规光学系统的波长衍射限：由于光的衍射效应，常规光学系统的分辨率存在一个由波长决定的极限（无法通过提高放大倍数突破）
 - 光学近场与远场：光学近场：距离光源（或衍射屏）较近的区域，波前的曲率不可忽略，衍射场分布复杂（不符合远场衍射公式），也称为“菲涅尔衍射区”，也称为“夫琅禾费衍射区”
- 7 (2) 请用箭头标注光线传输方向，用图示法（虚线）确定物或像并将中文名称填充在括号内。

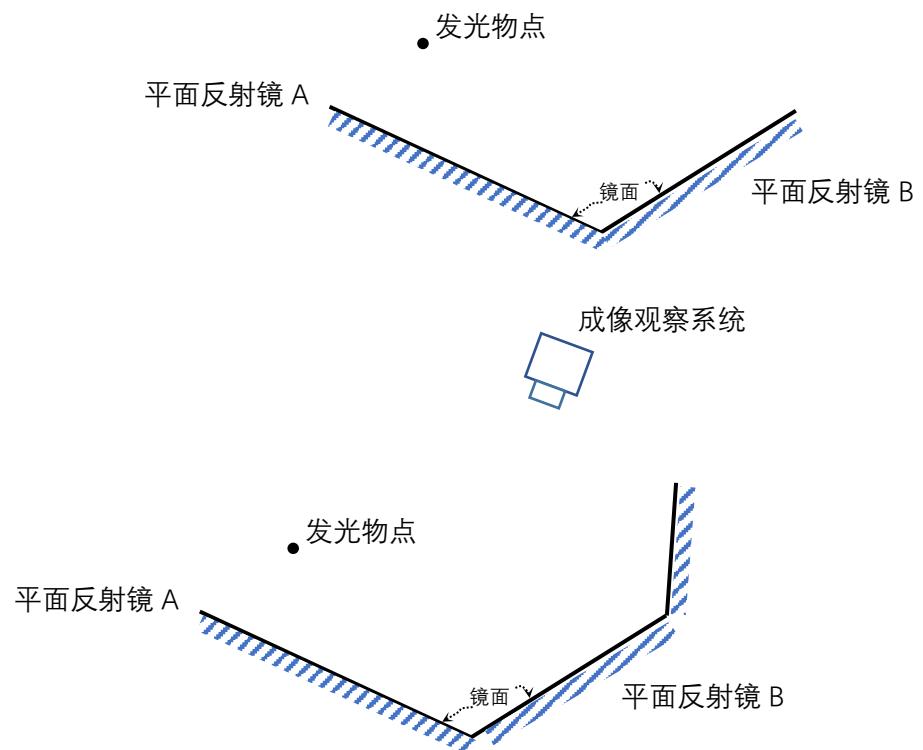


- 19 (3) 请在括号内填充箭头所指的平面或虚线名称。

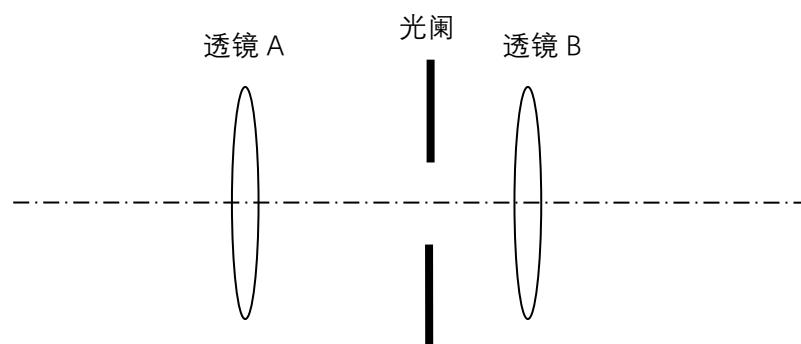


理想光学系统

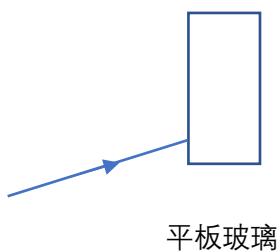
(4) 请画出像点及成像光路。



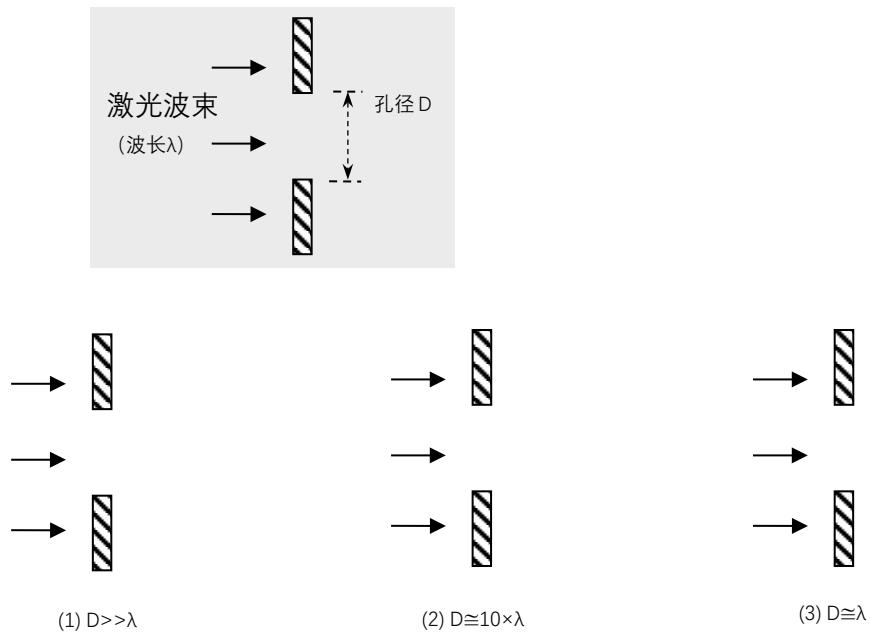
(5) 请画出入瞳和出瞳。



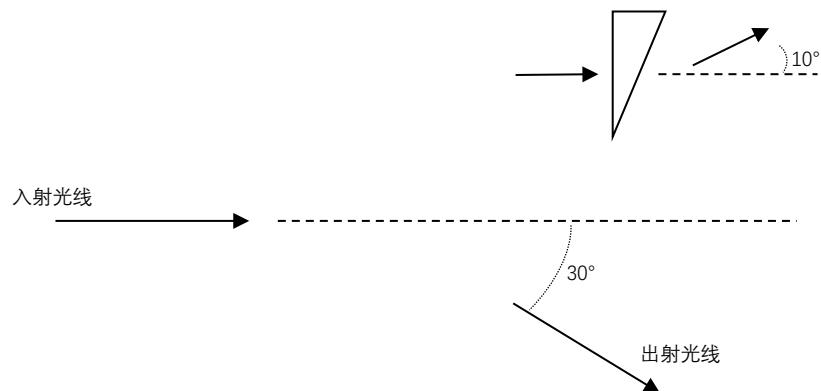
(6) 请画出在平板玻璃中行进和射出的光束。



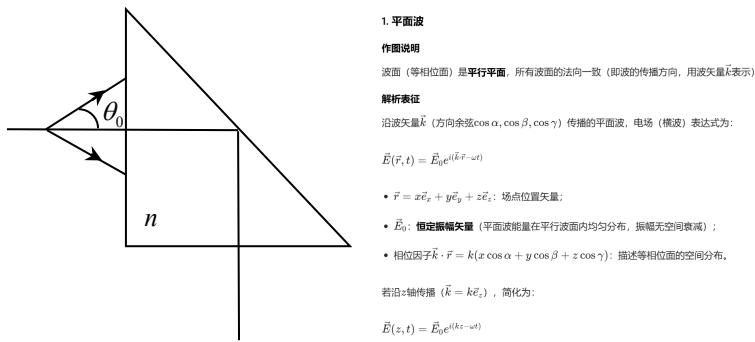
(7) 请画出从圆孔出射的激光波束的典型空间分布。



(8) 若右图中的光楔可将入射光方向改变 10° , 则将入射光方向改变 30° 需要使用几个光楔并画出光楔配置图。



二、有一直角棱镜如图所示，其折射率为 n ，当光线以多大的孔径角 θ_0 入射时，正好能够经其斜面全反射后出射。如果棱镜用冕牌玻璃 K9 制造 ($n=1.5163$)，试计算 θ_0 的值。



2. 球面波

作图说明
波面是以点波源（或汇聚点）为中心的同心球面，传播方向沿球的径向。

解析表征

以原点为点波源的发散球面波，电场表达式为：

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \frac{\vec{E}_0}{r} e^{i(kr - \omega t)}$$

• $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$: 场点到点波源的距离；

• 振幅 $\propto \frac{1}{r}$ ：因球面面积 $S = 4\pi r^2$ ，能量守恒下能流密度 $\propto \frac{1}{r^3}$ ，故振幅随 $\frac{1}{r}$ 衰减；
• 相位因子 kr ：描述径向的相位变化。

汇聚球面波的相位因子为 $-kr$ ，表达式为：

3. 柱面波

作图说明
波面是以无限长直线为轴的同轴圆柱面，传播方向沿圆柱的径向。

解析表征

以 z 轴为线波源的发散柱面波，电场表达式为：

$$\vec{E}(\rho, t) = \frac{\vec{E}_0}{\sqrt{\rho}} e^{i(k\rho - \omega t)}$$

• $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$: 场点到轴线的距离；

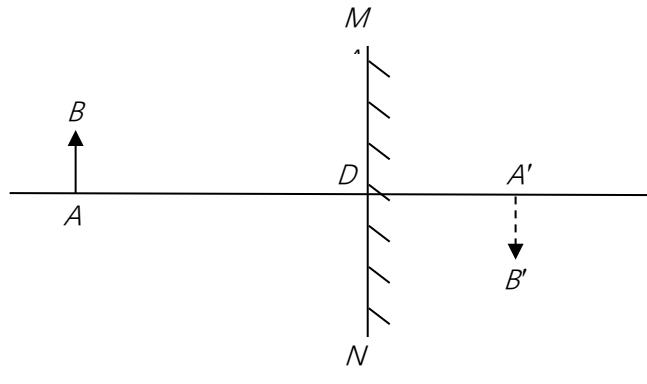
• 振幅 $\propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$ ：因圆柱面面积 $S = 2\pi\rho L$ ，能量守恒下能流密度 $\propto \frac{1}{\rho}$ ，故振幅随 $\frac{1}{\sqrt{\rho}}$ 衰减；
• 相位因子 $k\rho$ ：描述径向的相位变化。

308/311/312 三、作图并计算说明平面波、球面波和柱面波的解析表征。

78

四、给出发光强度的解析表征。

五、如图所示，一光学系统由一透镜和平面镜组成。平面镜 MN 与透镜光轴交于 D 点，透镜前方离平面镜 700mm 处有一物体 AB ，经过透镜和平面镜后，所成虚像 $A'B'$ 至平面镜的距离为 130mm，且像高为物高的一半，请确定透镜的位置和焦距，画出光路图。



设：

- 透镜到平面镜（ D 点）的距离为 x （单位：mm）；
- 物体 AB 到平面镜的距离为 700mm，因此物体到透镜的物距 $u = 700 - x$ ($u > 0$, 实物)；
- 透镜像 I 到透镜的像距 $v = x - 130$ ($v > 0$, 实像, 因 I 在透镜右侧)。

四、利用放大率确定透镜位置

最终像高是物高的 $\frac{1}{2}$ ，且像倒立。由于平面镜不改变像的大小，因此透镜的放大率 $|m| = \frac{1}{2}$ ；

透镜成实像时像倒立，故放大率 $m = -\frac{v}{u}$ ，结合 $|m| = \frac{1}{2}$ 得：

$$\frac{v}{u} = \frac{1}{2} \implies \frac{x-130}{700-x} = \frac{1}{2}$$

解方程：

$$2(x-130) = 700 - x \implies 3x = 960 \implies x = 320 \text{ mm}$$

五、计算透镜的焦距

由物距 $u = 700 - 320 = 380 \text{ mm}$ ，像距 $v = 320 - 130 = 190 \text{ mm}$ ，代入透镜成像公式 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ ：

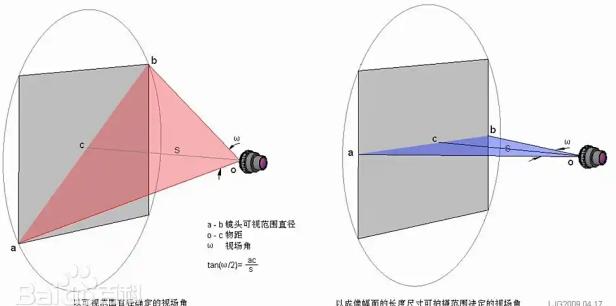
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{380} + \frac{1}{190} = \frac{3}{380} \implies f = \frac{380}{3} \approx 126.7 \text{ mm}$$

156

六、用图说明视场角定义。若某一照相物镜的焦距为 80mm，底片尺寸为 50mm×50mm，求该照相物镜的最大视场角。

107、78 七、一氦氖激光器。发射波长为 $6.328 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的激光束，其光谱光效率函数 $V(\lambda) = 0.238$ ，辐通量为 5mW，光束发散角为 $1.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$ ，求此激光束的光通量及发光强度。又此激光器输出光束的截面直径为 1mm，求其光亮度。

八、双光束干涉的解析表征与评估。



351 九、一个平面电磁波可以表示为 $E_x = 0$, $E_y = 4 \cos \left[2\pi \times 10^{14} \left(\frac{z}{c} - t \right) + \frac{\pi}{2} \right]$, $E_z = 0$,

- 求: (1) 该电磁波的频率、波长、振幅、初相位和光强;
 (2) 波的传播方向和电矢量的振动方向;
 (3) 相应的磁场 B 的表达式及能流密度。

431 十、点光源 S 向开有两个近邻小孔的平面镜 M 发出球面波, 图示写出球面波表达式; 用惠更斯作图法求出反射波和透射波的波前; 在该平面镜后的较远处设有一个观察屏, 试画图并定性或定量说明在该屏上会出现何种光学现象; 如果将入射光换成光子波, 说明会出现什么现象。

392-397 十一、用简单计算说明: 惠更斯原理、菲涅尔光强计算、基尔霍夫衍射场计算等, 所主要针对的问题及解决问题的思路与脉络?

第九大题

1. 一个平面电磁波可以表示为 $E_x = 0$, $E_y = 4 \cos \left[2\pi \times 10^{14} \left(\frac{z}{c} - t \right) + \frac{\pi}{2} \right]$, $E_z = 0$, 求(1)该
 电磁波的频率、波长、振幅和原点的初相位? (2) 波的传播方向和电矢量的振动方向?
 (3) 相应的磁场 B 的表达式?

$$E = A \cos \left[2\pi v \left(\frac{z}{c} - t \right) + \varphi \right]$$

解: (1) 平面电磁波

$$A = 2, v = 10^{14} \text{ Hz}, \varphi = \frac{\pi}{2}, \lambda = 3 \times 10^{-8} \text{ m}$$

对应有

(2) 波传播方向沿 z 轴, 电矢量振动方向为 y 轴。

(3) $\vec{B} \perp \vec{E}$ 垂直, 传播方向相同, $\therefore B_y = B_z = 0$

$$B_x = \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} E_y = C E_y = 6 \times 10^8 \left[2\pi \times 10^{14} \left(\frac{z}{c} - t \right) + \frac{\pi}{2} \right]$$

3. 一光学系统由一透镜和平面镜组成, 如图3-1所示, 平面镜M与透镜光轴垂直交于D点, 透镜前方离平面镜600 mm 有一物体AB, 经透镜和平面镜后, 所成虚像A''B''至平面镜的距离为150 mm, 且像高为物高的一半, 试分析透镜焦距的正负, 确定透镜的位置和焦距, 并画出光路图。

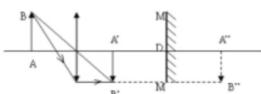
第五大题



图 3-1 习题 3 图
 解: 平面镜成 $\beta = -1$ 的像, 且分别在镜子两侧, 物像虚实相反。

$$\begin{cases} l' - l = 600 - 150 = 450 \\ \beta = -\frac{1}{2} \end{cases} \quad \text{解得: } \begin{cases} l' = 150 \text{ mm} \\ l = -300 \text{ mm} \end{cases}$$

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'} \quad \text{解得: } f' = 100 \text{ mm}$$



七、一氦氖激光器。发射波长为 $6.328 \times 10^{-7} \text{ m}$ 的激光束，其光谱光效率函数 $V(\lambda) = 0.238$ ，辐通量为 5 mW ，光束发散角为 $1.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$ ，求此激光束的光通量及发光强度。又此激光器输出光束的截面直径为 1 mm ，求其光亮度。

一、基本参数整理

- 激光波长 $\lambda = 6.328 \times 10^{-7} \text{ m}$

三、计算发光强度 I

发光强度是“单位立体角内的光通量”，需先计算光束的立体角 Ω 。

- 光谱光效率函数 $V(\lambda) = 0.238$

对于小发散角的圆锥形光束 ($\theta \ll 1$)，立体角近似为：

- 辐通量 $\Phi_e = 5 \text{ mW} = 0.005 \text{ W}$

$$\Omega \approx \pi \left(\frac{\theta}{2} \right)^2$$

代入发散角 $\theta = 1.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$:

- 光束截面直径 $d = 1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m}$

$$\Omega \approx \pi \times \left(\frac{1.0 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \approx 7.854 \times 10^{-7} \text{ sr}$$

- 最大光谱光视效能 $K_m = 683 \text{ lm/W}$ (国际标准值)

再由发光强度定义 $I = \frac{\Phi}{\Omega}$ ，代入数值：

$$I = \frac{0.813}{7.854 \times 10^{-7}} \approx 1.03 \times 10^6 \text{ cd}$$

1. 光通量： $\boxed{\approx 0.813 \text{ lm}}$

2. 发光强度： $\boxed{\approx 1.03 \times 10^6 \text{ cd}}$

3. 光亮度： $\boxed{\approx 1.31 \times 10^{12} \text{ cd/m}^2}$

二、计算光通量 Φ

四、计算光亮度 L

光通量是辐通量的“视觉等效量”，单色光的光通量公式为：

$$\Phi = K_m \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_e$$

光亮度是“单位发光面积、单位立体角内的发光强度”，需先计算发光面面积 A ：

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

代入直径 $d = 0.001 \text{ m}$ ：

$$A = \frac{\pi \times (0.001)^2}{4} \approx 7.854 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

代入数值计算：

$$L = \frac{I}{A} \text{，代入数值：}$$

$$L = \frac{1.03 \times 10^6}{7.854 \times 10^{-7}} \approx 1.31 \times 10^{12} \text{ cd/m}^2$$

$$\Phi = 683 \times 0.238 \times 0.005 \approx 0.813 \text{ lm}$$