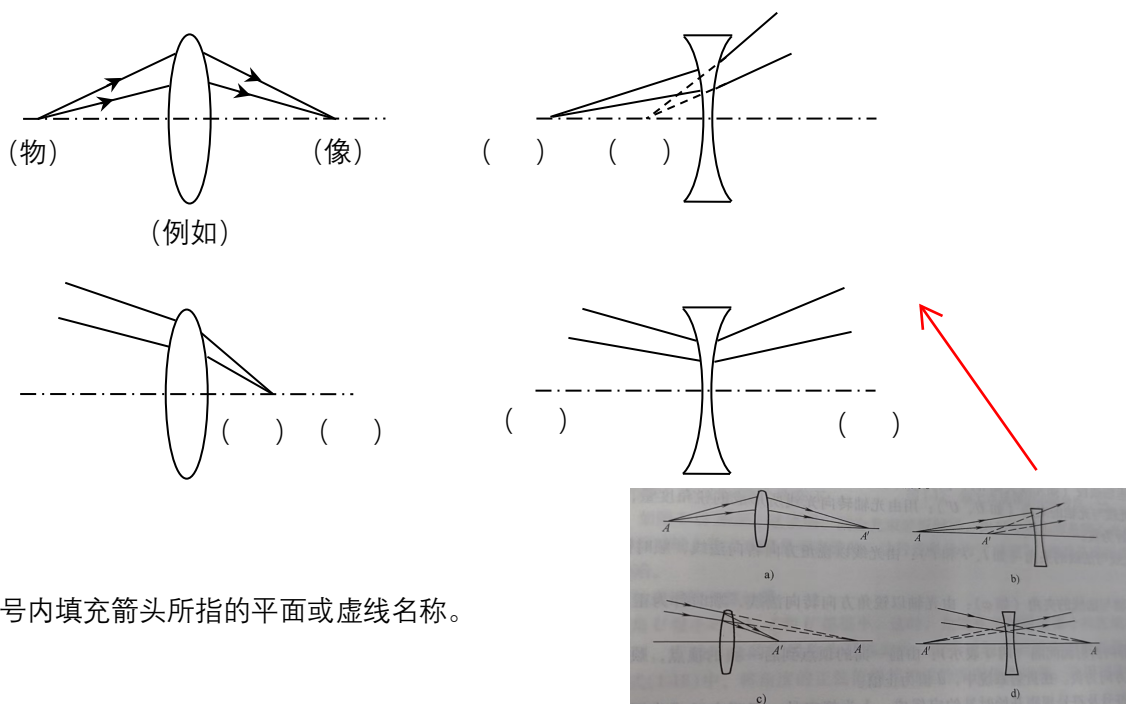


一、简答

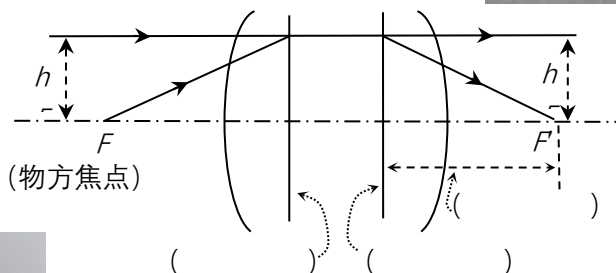
(1) 名词解释、标注与说明。

- 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
- 光谱分布：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）分布
- 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”。
光学远场：距离光源（或衍射屏）足够远的区域，波前可近似为平面波，衍射场分布符合远场衍射公式（如夫琅禾费衍射），也称为“夫琅禾费衍射区”

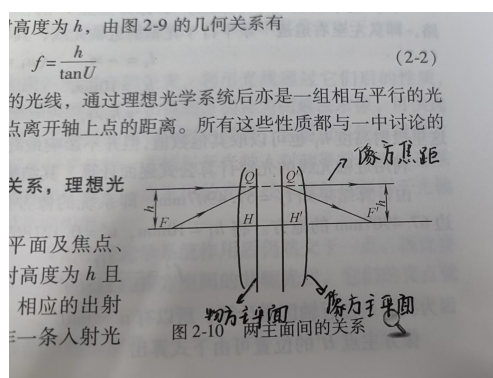
7 (2) 请用箭头标注光线传输方向，用图示法（虚线）确定物或像并将中文名称填充在括号内。



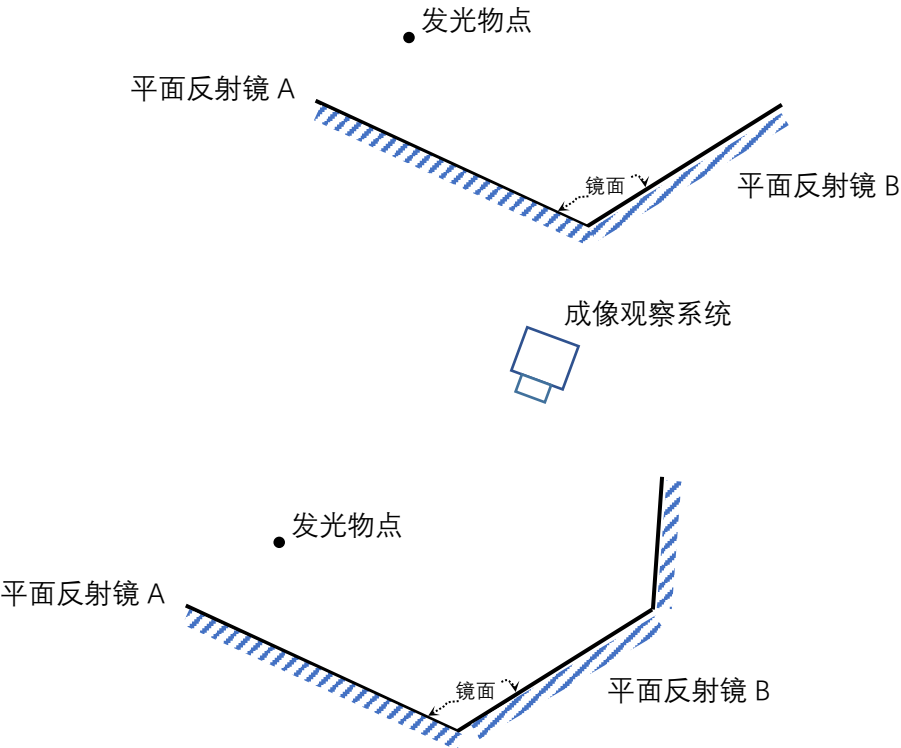
19 (3) 请在括号内填充箭头所指的平面或虚线名称。



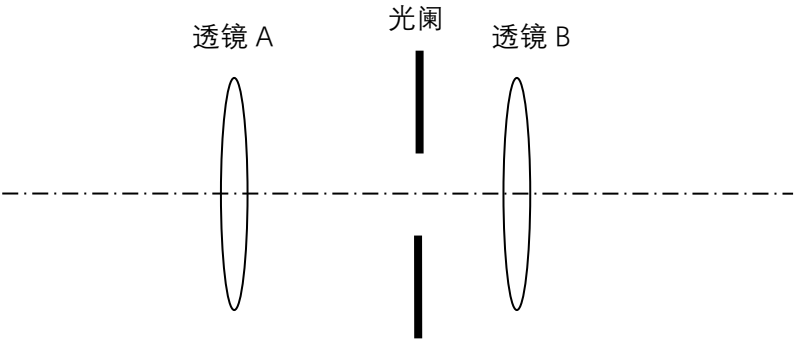
理想光学系统



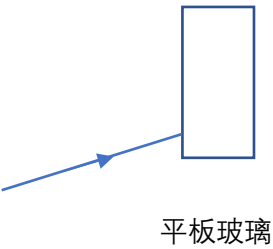
(4) 请画出像点及成像光路。



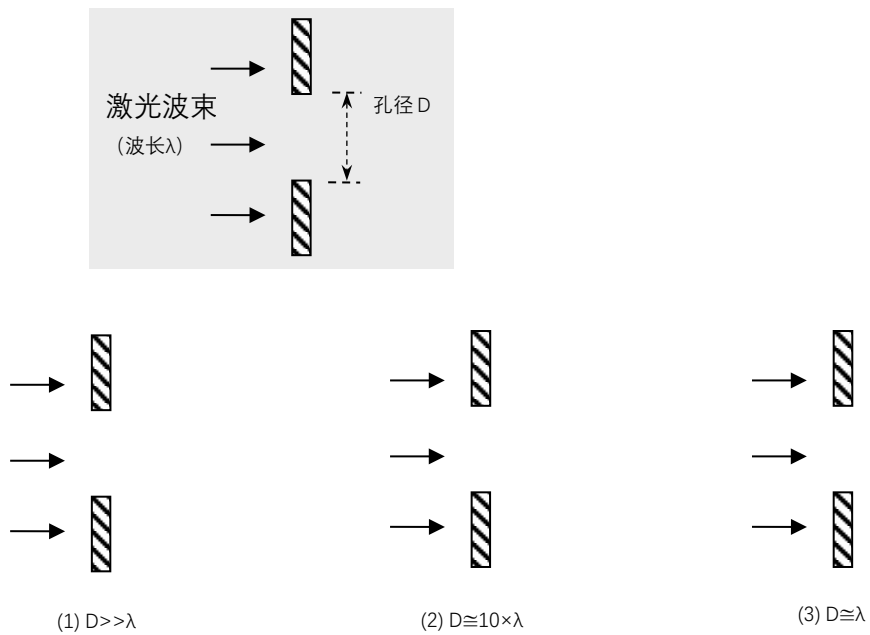
(5) 请画出入瞳和出瞳。



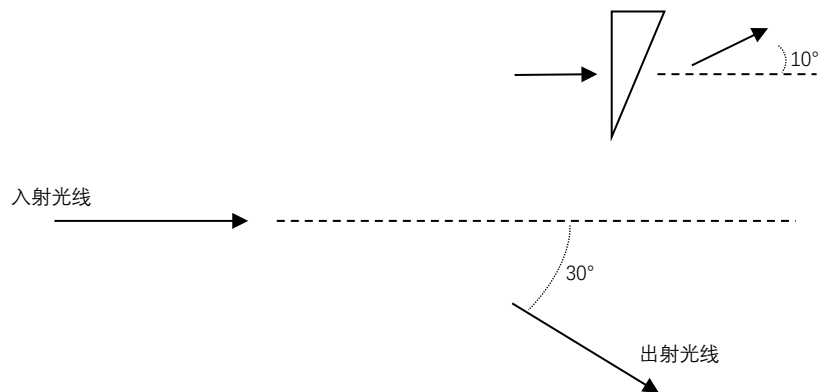
(6) 请画出在平板玻璃中行进和出射的光束。



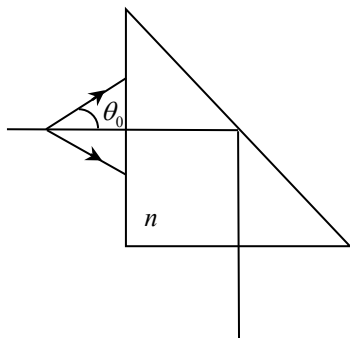
(7) 请画出从圆孔出射的激光波束的典型空间分布。



(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。



1. 平面波
作图说明
波面（等相位面）是平行平面，所有波面的法向一致（即波的传播方向，用波矢量 \vec{k} 表示）。
解析表征
沿波矢量 \vec{k} （方向余弦 $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$ ）传播的平面波，电场（横波）表达式为：
$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$$

• $\vec{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z$ ：场点位置矢量；
• \vec{E}_0 ：恒定振幅矢量（平面波能量在平行波面内均匀分布，振幅无空间衰减）；
• 相位因子 $\vec{k} \cdot \vec{r} = k(x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma)$ ：描述等相位面的空间分布。
若沿 z -轴传播 ($\vec{k} = k\vec{e}_z$)，简化为：
$$\vec{E}(z, t) = \vec{E}_0 e^{i(kz - \omega t)}$$

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 $\propto \frac{1}{r^2}$ ，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：

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。

发光强度 I 是点光源在某一方向上，单位立体角内发出的光通量，解析表达式为：
$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

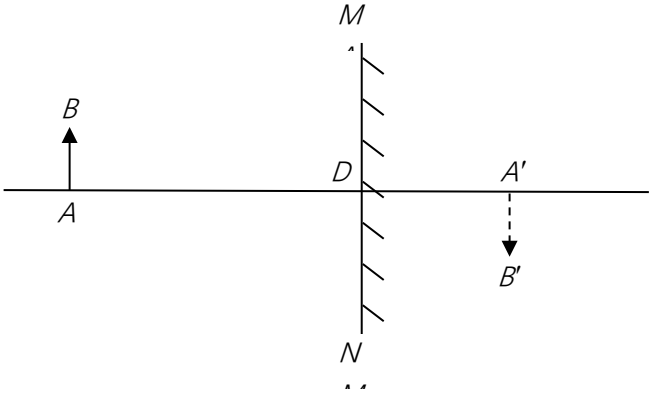
2. 物理量说明
• $d\Phi$ ：点光源在微小立体角 $d\Omega$ 内辐射的光通量，单位为流明（符号：lm）；
• $d\Omega$ ：包含该方向的微小立体角，单位为球面度（符号：sr）；
• I ：发光强度，单位为坎德拉（符号：cd），且 $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$ 。

78 四、给出发光强度的解析表征。

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。

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

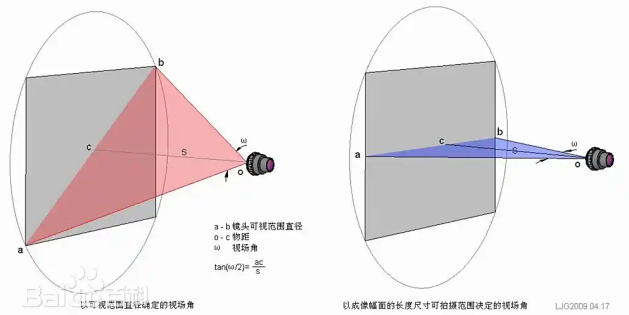
解方程：
$$2(x - 130) = 700 - x \implies 3x = 960 \implies x = 320 \text{ mm}$$

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。



a-b 镜头可成像范围直径
o-c 物距
 ω 视场角
 $\tan(\omega/2) = \frac{a-b}{2f}$
以视场角直接决定的视场角
以成像面的长度尺寸可成像范围决定的视场角
LJG2009.04.17

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 $E_x = 0, E_y = 2 \cos \left[2\pi \times 10^{14} \left(\frac{z}{c} - t \right) + \frac{\pi}{2} \right], E_z = 0$ ，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？

解：(1) 平面电磁波 $E = A \cos \left[2\pi \nu \left(\frac{z}{c} - t \right) + \varphi \right]$

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

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， $\therefore B_y = B_z = 0$

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

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MM'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。

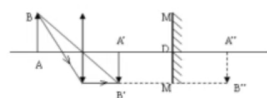


图 3-1 习题 3 图

解：平面镜成 $\beta=1$ 的像，且分别在镜子两侧，物像虚实相反。

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

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



第五大题

七、一氦氖激光器。发射波长为 $6.328\times10^{-7}\text{m}$ 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 $1.0\times10^{-3}\text{rad}$ ，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。

一、基本参数整理

- 激光波长 $\lambda=6.328\times10^{-7}\text{m}$
- 光谱光效率函数 $V(\lambda)=0.238$
- 辐通量 $\Phi_e=5\text{mW}=0.005\text{W}$
- 光束发散角 $\theta=1.0\times10^{-3}\text{rad}$
- 光束截面直径 $d=1\text{mm}=0.001\text{m}$
- 最大光谱光视效能 $K_m=683\text{lm/W}$ (国际标准值)

二、计算光通量 Φ

光通量是辐通量的“视觉等效量”，单色光的光通量公式为：

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

代入数值计算：

$$\Phi=683\times0.238\times0.005\approx0.813\text{lm}$$

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 。

对于小发散角的圆锥形光束 ($\theta\ll1$)，立体角近似为：

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

代入发散角 $\theta=1.0\times10^{-3}\text{rad}$ ：

$$\Omega\approx\pi\times\left(\frac{1.0\times10^{-3}}{2}\right)^2\approx7.854\times10^{-7}\text{sr}$$

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

$$I=\frac{0.813}{7.854\times10^{-7}}\approx1.03\times10^6\text{cd}$$

四、计算光亮度 L

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 $d=0.001\text{m}$ ：

$$A=\frac{\pi\times(0.001)^2}{4}\approx7.854\times10^{-7}\text{m}^2$$

由光亮度定义 $L=\frac{I}{A}$ ，代入数值：

$$L=\frac{1.03\times10^6}{7.854\times10^{-7}}\approx1.31\times10^{12}\text{cd/m}^2$$

1. 光通量：

$\approx 0.813\text{ lm}$

2. 发光强度：

$\approx 1.03\times10^6\text{ cd}$

3. 光亮度：

$\approx 1.31\times10^{12}\text{ cd/m}^2$