

National Tsing Hua University

Department of Physics

PHYS3320

$$\frac{2}{-60} + \frac{3}{60}$$

Optics I
Final Exam

2021 Fall

注意：每個答案皆要有嚴謹的推導過程或詳細的推論理由。考題總分為 130 分。

常數：In SI units, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$, c (真空光速) $= 3 \times 10^8$, h (Planck constant) $= 6.6 \times 10^{-34}$.

- (24 points) An object locates at $z = 0$, three thin lenses $L1$ ($f = 100$ mm), $L2$ ($f = 300$ mm), and $L3$ ($f = -200$ mm) locates at $z = 200, 300$, and 580 mm, respectively. The height of the object is 10 mm. What are the position (the value of z) and height of the image after $L1$? (b) What are the position and height of the image after $L2$? (c) What are the position and height of the image after $L3$? (d) With respect to the object at $z = 0$, are the first, second, and third images inverted or non-inverted?
- (20 points) Figure 1 顯示二個薄透鏡，焦距分別為 -30 cm 及 20 cm，二者間距為 10 cm，(a) 請寫下這二個薄透鏡的二個 matrixes，以及寫下從一個透鏡到另一個透鏡之間的 matrix。 (b) 將二個薄透鏡視為一個厚透鏡，此厚透鏡的焦距(f)是多少？ O_1 可視為厚透鏡的左頂點，從 O_1 到厚透鏡的 first principle point H_1 之距離(x)是多少？ O_2 可視為厚透鏡的右頂點，從 O_2 到厚透鏡的 second principle point H_2 之距離(y)是多少？
- (10 points) 橢圓偏振光的長軸電場振幅大小為 E_1 ，短軸電場振幅大小為 E_2 ，橢圓長軸與 x 軸的夾角為 30° ，此橢圓偏極光分解為左旋(L state)及右旋(R state)偏極，則二種偏極的能量百分比是多少？二者的相位差是多少？
- (15 points) Figure 2 顯示的光學元件是一個 variable retarder，上下二個晶體是相同的材料，但光軸(OA)分別是平行 y 與 x 軸，若折射率 n_1 (平行光軸)與 n_2 (垂直光軸)分別為 1.49 與 1.66 。若將波長 500 nm 的線偏振光變為圓偏振光，則 d_1 與 d_2 分別是多少？垂直射入的線偏振光要如何安排？射出的圓偏振光是右旋或左旋？
- (Total 22 points) (a) [4 points] 線偏振光的電場振幅大小為 E_0 ，偏極方向與 x 軸的夾角為 60° ，請寫下 Stokes 及 Jones vectors。 (b) [8 points] 考慮入射光為線偏極光，請證明 Figure 3 的 Mueller matrix 所對應的光學元件為偏極片。此偏極片的偏極方向與 x 軸的夾角是多少？ (c) [10 points] 證明 Figure 4(a)及 Figure 4(b)的二個 Jones matrixes 所對應的光學元件分別為 quarter-wave plate (fast axis along the y axis) 及 homogeneous circular polarizer (right)。
- (Total 18 points) (a) [3 points] 什麼是 the homogeneous right-circular polarizer? (b) [3 points] 什麼是 the right-circular polarizer made out of a linear polarizer plus a quarter-wave plate? (c) [12 points] 若分別輸入 L -state、 R -state、線偏振(平行 linear polarizer 的偏極方向)的三種偏振光，每種偏振光通過上述二個光學元件後，衰減程度(輸出與輸入的功率或能量比值)是多少？

7. (Total 21 points) 請以中文(專有名詞或數學符號可用英文)回答下列的問題：(a) [3 points] 解釋光纖的原理(即光波可被限制於光纖內部傳播的原理)。(b) [6 points] 什麼是光纖的 NA? 什麼是單模光纖? 什麼是多模光纖? (c) [3 points] 說明 paraxial approximation 是什麼? 為什麼 paraxial approximation 是 the first-order approximation? (d) [6 points] 什麼是 spherical aberration? 什麼是 GRIN lens? (d) [3 points] 說明 GRIN lens 消除 spherical aberration 的原理。

$$(1+i)^2 = 1-1$$

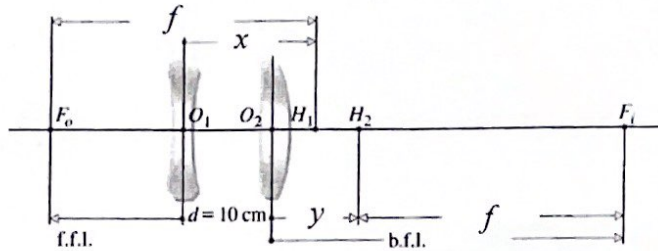


Figure 1

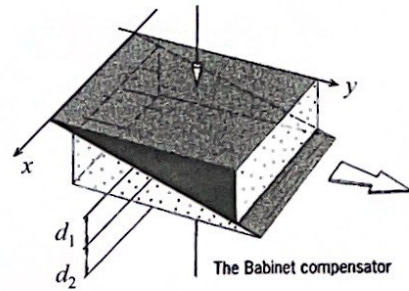


Figure 2

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ \cos \theta & \cos^2 \theta & \cos \theta \sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \sin \theta \cos \theta & \sin^2 \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figure 3

$$\begin{bmatrix} \frac{1+i}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & \frac{1-i}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

Figure 4(a)

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{i}{2} \\ -\frac{i}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

Figure 4(b)

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$



$$E_o^2 \cos^2 + E_o^2 \sin^2 = E_o^2$$

$$E_o^2 \left(\frac{1}{4} - \frac{3}{4} \right) =$$



$$\frac{1}{100} - \frac{1}{300} = \frac{1}{Si}$$

$$\frac{1}{100} - \frac{1}{300} = \frac{1}{Si}$$

$$\frac{1}{130} - \frac{1}{200} = \frac{-13-20}{2600} = -\frac{33}{2600}$$