

第 36 章 透鏡與光學儀器 本章習題 解答

1. (I) 大小為 2 m 的物體距會聚透鏡 4 m。已知焦距為：(a) 5 cm；(b) 20 cm，則在屏幕上的像大小為何？

答：

凸透鏡， $p = 4 \text{ m}$ ， $y_o = 2 \text{ m}$

$$(a) f = 0.05 \text{ m}, \quad \frac{1}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1}{0.05} \Rightarrow q = 0.05, \quad m = \left| \frac{0.05}{4} \right| = \frac{y_i}{2} \therefore y_i = 0.025 \text{ m}$$

$$(b) f = 0.2 \text{ m}, \quad \frac{1}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1}{0.2} \Rightarrow q = 0.21, \quad m = \left| \frac{0.21}{4} \right| = \frac{y_i}{2} \therefore y_i = 0.105 \text{ m}$$

2. (I) 大小為 1 cm 的物體投射至距透鏡 2 m 處的屏幕而形成大小為 5 cm 的像。(a) 物體的位置為何？(b) 透鏡的焦距為何？

答：

凸透鏡， $y_o = 1 \text{ cm}$ ， $q = 2 \text{ m}$ ， $y_i = 5 \text{ cm}$

$$(a) m = \frac{-q}{p} = -5 \Rightarrow p = 0.4 \text{ m}$$

$$(b) \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 0.33 \text{ m}$$

3. (I) 某簡單照相機具有一片焦距為 50 mm 的會聚透鏡。當要拍攝的物體(a) 距透鏡 2 m；(b) 距透鏡 0.5 m 時，底片和透鏡間的距離為何？

答：

凸透鏡， $f = 0.05 \text{ m}$

$$(a) p = 2 \text{ m}, \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{2} + \frac{1}{q} = \frac{1}{0.05} \therefore q = 0.0513 \text{ m} = 5.13 \text{ cm}$$

$$(b) p = 0.5 \text{ m}, \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{0.5} + \frac{1}{q} = \frac{1}{0.05} \therefore q = 0.0556 \text{ m} = 5.56 \text{ cm}$$

4. (I) 物體置於某發散透鏡前 12 cm，其所生的像之橫向放大率為 $-2/3$ 。(a) 像位於何處？(b) 此透鏡的焦距為何？

答：

凸透鏡， $p = 12 \text{ cm}$ ， $m = -2/3$

$$(a) m = -\frac{q}{p} = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{2}{3} = -\frac{q}{12} \therefore q = 8 \text{ cm}$$

$$(b) 1/8 + 1/12 = 1/f, \text{ 可求得 } f = 4.8 \text{ cm}$$

5. (II) 一會聚透鏡($f_1 = 10 \text{ cm}$) 和一發散透鏡($f_2 = -15 \text{ cm}$) 相隔 10 cm。一物體在第一片透鏡前 20 cm，求最後成像的位置。

答：

凸透鏡， $f_1 = 10 \text{ cm}$ ， $\ell = 10 \text{ cm}$ ；凹透鏡， $f_2 = -15 \text{ cm}$ ， $p_1 = 20 \text{ cm}$

畫圖求解 q_2

$1/20 + 1/q_1 = 1/10$ ，故 $q_1 = 20 \text{ cm}$ ，因此 $p_2 = -10 \text{ cm}$

$-1/10 + 1/q_2 = -1/15$ ，可求得 $q_2 = 30 \text{ cm}$

6. (II) 某物置於焦距為 8 cm 的會聚透鏡前 40 cm 。焦距為 12 cm 的另一會聚透鏡置於第一片透鏡後 20 cm 處。求最後成像的位置及橫向放大率。

答：

凸透鏡， $f_1 = 8 \text{ cm}$ ， $p_1 = 40 \text{ cm}$ ， $\ell = 20 \text{ cm}$ ，凸透鏡， $f_2 = 12 \text{ cm}$

畫圖求解 q_2 及 m

$1/40 + 1/q_1 = 1/8$ ，故 $q_1 = 10 \text{ cm}$ ，因此 $p_2 = 10 \text{ cm}$

$1/10 + 1/q_2 = 1/12$ ，可求得 $q_2 = -60 \text{ cm}$

$m = m_1 m_2 = (-1/4)(+60/10) = -1.5$

7. (I) 郵票上的一個細圖寬 1 mm 。一焦距為 4 cm 的會聚透鏡用來產生距透鏡（靠近眼睛） 40 cm 的虛像。求：(a) 此透鏡所成像的大小；(b) 角度放大率。

答：

凸透鏡， $y_o = 1 \text{ mm}$ ， $f = 4 \text{ cm}$ ， $q = -40 \text{ cm}$

畫圖求解 y_i 及 M

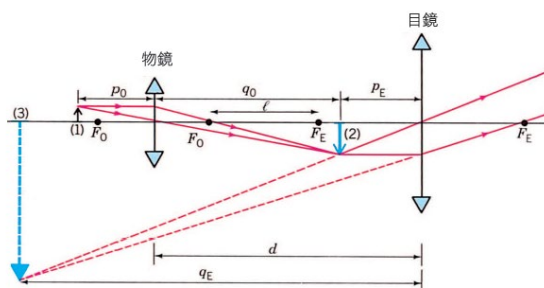
(a) $1/p - 1/40 = 1/4$ ，故 $p = 3.64 \text{ cm}$ 。由 $-q/p = y_i/y_o$ ，可求得 $y_i = 11 \text{ mm}$

(b) $M = 0.25/p = 6.87$

8. (II) 某顯微鏡的物鏡焦距為 8 mm 而目鏡焦距為 3 cm 。兩透鏡相隔 17.5 cm 。若最後的像距目鏡 40 cm ，求角度放大率。

答：

凸透鏡， $f_o = 8 \text{ mm}$ ， $f_E = 3 \text{ cm}$ ， $\ell = 17.5 \text{ cm}$ ， $q_E = -40 \text{ cm}$ 。畫圖求解



$1/p_E - 1/40 = 1/3$ ，故 $p_E = 2.79 \text{ cm}$

$q_o = 17.5 - p_E$ ，則 $q_o = 14.7 \text{ cm}$

由 $1/p_o + 1/14.7 = 1/0.8 \text{ cm}$ ，可求得 $p_o = 0.846 \text{ cm}$

故 $M = -(q_o/p_o)(25/p_E) = -157$

9. (I) 當眼睛放鬆地看時，一伽立略望遠鏡的角度放大率為 $8\times$ 。若物鏡的焦距為 36 cm ，則目鏡的焦距為何？

答：

$$M_{\infty} = 8, f_O = 36\text{ cm}$$

$$\text{由 } M_{\infty} = -36/f_E = 8 \Rightarrow f_E = -4.5$$

10. (I) 某天文望遠鏡的透鏡間相隔 65 cm 。若最後的像位於無窮遠，且角度放大率 $25\times$ ，求各透鏡的焦距。

答：

$$\ell = 65\text{ cm}, q_E = \infty$$

$$\text{最後的像位於無窮遠處，則 } f_O + f_E = 65\text{ cm 且 } f_O/f_E = 25$$

$$\text{可求得 } f_E = 2.5\text{ cm}, f_O = 62.5\text{ cm}$$

11. (II) 伽立略望遠鏡包含焦距為 24 cm 的會聚透鏡及焦距為 -8 cm 的發散透鏡，其間相隔 16 cm 。物體在 12 m 外。(a) 最後的像在何處？(b) 若要使最後的無窮遠處，則透鏡的間隔應為若干？

答：

$$f_O = 24\text{ cm}, f_E = -8\text{ cm}, \ell = 16\text{ cm}, p_O = 12\text{ m}$$

$$(a) \ 1/12 + 1/q_O = 1/0.24, \text{ 故 } q_O = 24.5\text{ cm 且 } p_E = 16 - 24.5 = -8.5\text{ cm}$$

$$-1/8.5 + 1/q_E = -1/8, \text{ 則成像距離物體 } q_E = -136\text{ cm}$$

$$(b) \text{ 因 } q = \infty, \text{ 需為 } p_E = -8\text{ cm} = \ell - 24.5, \text{ 所以需要間隔 } \ell = 16.5\text{ cm}$$

12. (I) 某人只能將 15 cm 至 40 cm 間的物體清晰地聚焦。你會指定什麼樣的眼鏡？

答：

$$15 \sim 40\text{ cm}$$

$$f = -40\text{ cm 或 } p = -1/0.4\text{ m} = -2.5\text{ D}$$

13. (II) 肉眼的遠點為 2 m 。若配戴眼鏡後近點為 28 cm ，則未戴眼鏡時為何？

答：

$$\text{遠點 } 2\text{ m}, \text{ 近點 } 28\text{ cm} = 0.28\text{ m}$$

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{-2} = \frac{1}{f}$$

$$\text{未戴眼鏡時, } 1/0.28 - 1/\text{近點}' = -0.5, \text{ 故未戴眼鏡時近點}' = 24.6\text{ cm}$$

14. (I) 某薄的平凸透鏡($n = 1.5$) 的曲面有一個 12 cm 的曲率半徑。已知面對物體的是：(a) 曲面；(b) 平面，求在空氣中置於無窮遠處的物體之成像位置。

答：

平凸透鏡 $n = 1.5$, $R = 12 \text{ cm}$

$$(a) \frac{1}{\infty} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{0.5}{12} \quad \therefore q = 24 \text{ cm}$$

$$(b) \frac{1}{\infty} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{-R} \right) = \frac{0.5}{12} \quad \therefore q = 24 \text{ cm}$$

15. (II) 雙凸薄透鏡(如圖 36.1a) 由玻璃($n = 1.5$)製成，兩面的曲率半徑為 12 cm 及 16 cm。物體在距透鏡 20 cm 處。像的位置及線性放大率為何？

答：

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = (1.5-1) \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{-16} \right) = 0.073 \quad \therefore q = 43.63 \text{ cm}$$

可求得 $m = -43.63/20 = -2.19$