

第 22 章 靜電 本章習題 解答

1. (I) 四個點電荷置於四方形的角落上，示於圖 22.11。令 $Q = 4 \text{ nC}$ 。在(a) $-2Q$ 及(b) $-3Q$ 上的總力為何？

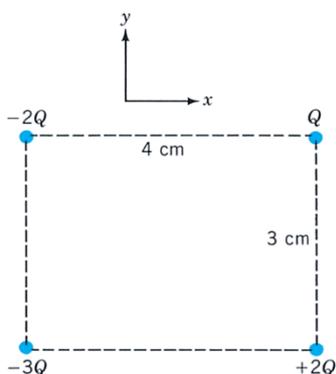


圖 22.11

答：

利用庫倫定律做向量分解，再求總力

$$(a) F_x = kQ^2[2/16 + 0.8(4/25)] \times 10^4 = 3.64 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_y = kQ^2[6/9 - 0.6(4/25)] \times 10^4 = 8.22 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$(b) F_x = kQ^2[6/16 + 0.8(3/25)] \times 10^4 = 6.78 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_y = kQ^2[-6/9 + 0.6(3/25)] \times 10^4 = -8.57 \times 10^{-4} \text{ N}$$

2. 一電中性的金屬球靠近一點電荷，兩者間有電力的作用嗎？

答：略

3. 卡車和轎車經常在車尾垂掛一條鐵鏈，並拖行於路面。此種做法目的為何？

答：略

4. (I) 位於一直線上的三個點電荷，如圖 22.12 所示。計算作用於(a) $-2 \mu\text{C}$ 電荷；(b) $+5 \mu\text{C}$ 電荷上的總力。

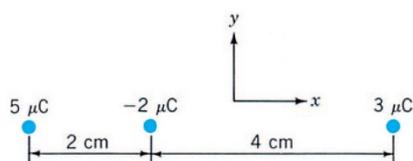


圖 22.12

答：

利用庫倫定律做向量分解，再求總力

$$(a) \mathbf{F} = 9 \times 10^9 \left(-\frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{0.02^2} + \frac{2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{0.04^2} \right) \mathbf{i}$$

$$\mathbf{F} = 90(6/16 - 10/4)\mathbf{i} = -191\mathbf{i} \text{ N}$$

$$(b) \mathbf{F} = 9 \times 10^9 \left(\frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{0.02^2} - \frac{5 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{0.06^2} \right) \mathbf{i}$$

$$\mathbf{F} = 90(10/4 - 15/36)\mathbf{i} = 188\mathbf{i} \text{ N}$$

5. 考慮圖 22.13，試求 q_1 受到的淨力。已知 $q_1 = -5 \mu\text{C}$ ， $q_2 = -8 \mu\text{C}$ ， $q_3 = 15 \mu\text{C}$ 及 $q_4 = -16 \mu\text{C}$ 。

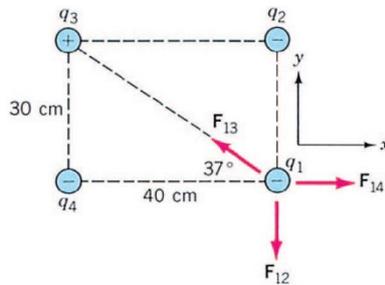


圖 22.13

答：

q_1 受力的方向如圖所示。 q_2 在 q_1 上造成的力量大小為：

$$F_{12} = \frac{k|q_1 q_2|}{r^2} = \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(5 \times 10^{-6} \text{ C})(8 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3 \times 10^{-1} \text{ m})^2} = 4 \text{ N}$$

同樣地，我們求得 $F_{12} = 2.7 \text{ N}$ 及 $F_{14} = 4.5 \text{ N}$ 。淨力的分量為：

$$F_{1x} = 0 - F_{13} \cos 37^\circ + F_{14} = 2.3 \text{ N}$$

$$F_{1y} = -F_{12} + F_{13} \sin 37^\circ + 0 = -2.4 \text{ N}$$

q_1 上淨力為 $\mathbf{F}_1 = 2.3\mathbf{i} - 2.4\mathbf{j} \text{ N}$ 。

6. (I) 三個點電荷置於正三角形的頂角上，如圖 22.14 所示。令 $Q = 2 \mu\text{C}$ 且 $L = 3 \text{ cm}$ 。求作用於(a) $3Q$ ；(b) $-2Q$ 電荷上的總力？

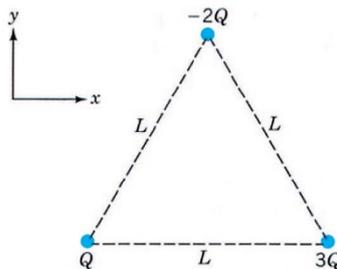


圖 22.14

答：

利用庫倫定律做向量分解，再求總力

$$(a) F_x = 9 \times 10^9 \left(-\frac{3 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 2 \times 10^{-6}}{0.03^2} \cos 60^\circ + \frac{3 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0.03^2} \right) \mathbf{i}$$

$$F_y = 9 \times 10^9 \left(\frac{3 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 2 \times 10^{-6}}{0.03^2} \sin 60^\circ \right) \mathbf{j}$$

$$F_x = 0, \quad F_y = F_{32} \sin 60^\circ, \quad \text{so } \mathbf{F} = 208 \mathbf{j} \text{ N};$$

$$(b) F_x = 9 \times 10^9 \left(\frac{3 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 2 \times 10^{-6}}{0.03^2} \cos 60^\circ - \frac{2 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0.03^2} \cos 60^\circ \right) \mathbf{i}$$

$$F_y = 9 \times 10^9 \left(-\frac{3 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 2 \times 10^{-6}}{0.03^2} \sin 60^\circ - \frac{2 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{0.03^2} \sin 60^\circ \right) \mathbf{j}$$

$$F_x = (F_{23} - F_{21}) \cos 60^\circ, \quad F_y = -(F_{21} + F_{23}) \sin 60^\circ, \quad \text{so } \mathbf{F} = 80 \mathbf{i} - 277 \mathbf{j} \text{ N}.$$

7. (I) 一點電荷 $q_1 = 27 \mu\text{C}$ 被放置在 $x = 0$ 處，而 $q_2 = 3 \mu\text{C}$ 位於 $x = 1 \text{ m}$ 處。

(a) 第三個點電荷放於何處，所受淨力將為零(不是無窮遠處)? (b) 若(a)中 $q_2 = -3 \mu\text{C}$ ，重做上述問題。

答：

(a) q_3 須置於兩者之間，假設位於 $x \text{ (m)}$ 處，化簡後得：

$$27/x^2 = 3/(1-x)^2, \quad \text{可得 } x = 0.75 \text{ m}$$

(b) q_3 須置於 q_2 之外側，假設位於 q_2 之外側 $d \text{ (m)}$ 處，化簡後得：

$$27/(1+d)^2 = 3/d^2, \quad \text{可得 } d = 0.5 \text{ m 或 } x = 1.5 \text{ m}$$

8. (II) 兩點電荷 Q 及 $-2Q$ 的位置示於圖 22.15。(a) 一位於原點之電荷 q 的受力為何? (b) 放置一點電荷 $+2.5Q$ 於何處時，使得 q 上的淨力為零?

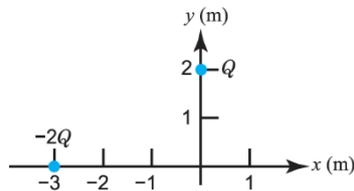


圖 22.15

答：

利用庫倫定律做向量分解，再求總力

$$(a) \mathbf{F} = \left(-k \frac{2qQ}{9} \right) \mathbf{i} - \left(k \frac{qQ}{4} \right) \mathbf{j} = kqQ (-0.22 \mathbf{i} - 0.25 \mathbf{j})$$

(b) $2.5Q$ 須置於 F 力之線上，且 $2.5Q$ 與 q 之庫倫力必須與 F 力大小相等、方

向相反，才可使 q 所受之淨力為 0。假設 q 與 $2.5Q$ 相距 r (m) 處(位於第三象限)，化簡後得：

$$|F| = 0.334kqQ, \theta = -48.8^\circ, \Sigma F = 0, 0.334kqQ = k \frac{2.5qQ}{r^2}$$

$$r = 2.73 \text{ m}, (-2.73 \cos 48.8^\circ, -2.73 \sin 48.8^\circ) = (-1.8, -2.05) \text{ m}$$

9. (I)(a) H_2 分子中的兩個質子相距 $0.74 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。其間的靜電力為何？(b) 在 NaCl 晶體中， Na^+ 及 Cl^- 離子相距 $2.82 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。其間的電力為何？

答：

兩帶正電質子，會產生排斥力。帶正電 Na^+ 及帶負電 Cl^- 離子，會產生吸引力

$$(a) F = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(0.74 \times 10^{-10})^2} = 4.21 \times 10^{-8} \text{ N (排斥力)}$$

$$(b) F = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(2.82 \times 10^{-10})^2} = 2.9 \times 10^{-9} \text{ N (吸引力)}$$

10. (II) 兩相同保麗龍球各帶電荷 Q ，質量均為 $m = 2 \text{ g}$ 。它們各由長度為 $L = 1 \text{ m}$ 的絲線懸吊著，如圖 22.16 所示。因兩球間的電力互斥，絲線與鉛垂線成 15° 夾角，求 Q 為若干？

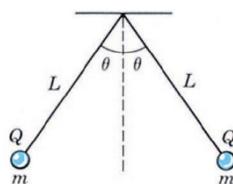


圖 22.16

答：

$$\Sigma F_x: T \sin \theta = kQ^2/d^2, \text{ 其中 } d = 2L \sin \theta$$

$$\Sigma F_y: T \cos \theta - mg = 0$$

$$\text{求 } Q^2 = mgd^2 \tan \theta / k, \text{ 因此 } Q = 0.0395 \mu\text{C}$$

11. (II)(a) 一點電荷 Q 在 $x = 0$ 處，而另一點電荷 $9Q$ 在 $x = 4 \text{ m}$ 處。則第三個電荷 q 應放於何處，可使得三個電荷間的淨力均為零？又 q 值為何？(b) 以 $-9Q$ 取代 $+9Q$ 重新回答(a) 部分的問題。

答：

$$(a) kqQ/x^2 = k(9qQ)/(4-x)^2, \text{ 故 } x = 1 \text{ m.}$$

$$\text{若電荷 } 9Q \text{ 淨力為零: } 9Q^2/16 = 9Qq/9, \text{ 因此 } q = -9Q/16$$

$$(b) 1/d^2 = 9/(4+d)^2, \text{ 故 } d = 2 \text{ m 或 } x = -2 \text{ m.}$$

$$\text{若電荷 } Q \text{ 淨力為零: } qQ/4 = 9Q^2/16, \text{ 因此 } q = -9Q/4$$

12. (II) 假設 1 g 的氫中之電子及質子被分離開來且分別放置於地球及月球上。

試比較地球及月球間的靜電力及重力(1 g 的氫原子的數目為亞佛加厥數 N_A ，氫原子中有一電子及一質子)。

答：

一莫耳的電子與質子分別放置於地球與月球上，其靜電力與重力(為地球與月球之萬有引力)之比

$$F_{\text{elec}}/F_{\text{grav}} = kQ_1Q_2/GM_1M_2 = 2.85 \times 10^{-18}$$

13. (I) 兩保麗龍球相距 4 cm，且其間的互斥力為 0.2 N。若一球的電荷為另一球的兩倍，求此兩球的荷電量。

答：

$$k(q)(2q)/r^2 = 0.2, \text{ 因此 } q = \pm 133 \text{ nC}, 2q = \pm 267 \text{ nC}$$

14. (I) 一點電荷 $q_1 = 2 \mu\text{C}$ 置於(2 m, 1 m)，另一電荷 $q_2 = -5 \mu\text{C}$ 位於(-2 m, 4 m) 處。求 q_1 作用於 q_2 上的力量。

答：

$$F = 9 \times 10^9 \left(\frac{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{5^2} \right)$$

$$F = k(10^{-11})/25 = 3.6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_x = 0.8F = 2.88 \times 10^{-3} \text{ N}; F_y = -0.6F = -2.16 \times 10^{-3} \text{ N}$$

15. (I) 三個點電荷 q_1 、 q_2 及 q_3 ，分別放置於邊長 10 cm 之正三角形的頂角上。其間的力量為 $F_{12} = 5.4 \text{ N}$ (相吸)， $F_{13} = 15 \text{ N}$ (相斥)，及 $F_{23} = 9 \text{ N}$ (相吸)。已知 q_1 為負，則 q_2 及 q_3 各為若干？

答：

利用庫倫定律得

$$100 kq_1q_3 = 15, \quad 100 kq_2q_3 = 9, \quad 100kq_1q_2 = 5.4$$

$$\text{由 } q_1/q_2 = 15/9, \text{ 求 } q_2^2 = (5.4/15)10^{-11}, \text{ 因此 } q_2 = 1.90 \mu\text{C}$$

$$\text{故可求得 } q_1 = -3.16 \mu\text{C}, \quad q_3 = -5.27 \mu\text{C}$$

16. (II) 要利用靜電的互斥來平衡重力的吸引，則地球上及月亮上需要多少等值電荷？

答：

$$M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}, \quad m = 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$\frac{kQ^2}{r^2} = \frac{GmM}{r^2} \Rightarrow kQ^2 = GmM \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{GmM}{k}} = 5.72 \times 10^{13} \text{ C}$$