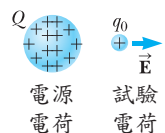


空間中某點的電場**方向 (direction)** 定義為置於該點的小正電荷所受之電力方向。



電荷 Q 作用於試驗電荷 q_0 之電力除以 q_0 即為 Q 在此處的電場 $\vec{E}$ 。

由點電荷 (point charge) q ，距離某點電荷 r 處之電場大小為：

$$E = k_e \frac{|q|}{r^2} \quad [15.6]$$

15.5 電力線

電力線 (electric field line) 對於電場的視覺觀察很有用。電力線上任何點之切線為在該點電場之方向。甚而，通過垂直於電力線之曲面其每單位面積之電力線數目，正比於在該曲面的電場強度。

15.6 靜電平衡的導體

處於靜電平衡之導體具有如下的性質：

1. 在導體材料內部電場為零。
2. 孤立導體上之任何過剩的電荷，必須停留在導體的整個曲面。
3. 帶電荷導體外面鄰近之電場垂直於該導體的曲面。
4. 在不規則形狀的導體上，電荷聚集在曲面曲率半徑最小的地方，例如尖端。

15.9 電通量與高斯定律

高斯定律 (Gauss's law) 說，通過任何封閉曲面之電通量，等於曲面內的淨電荷 Q 除以真空中的介電係數 ϵ_0 ：

$$EA = \Phi_E = \frac{Q_{\text{inside}}}{\epsilon_0} \quad [15.12]$$

對於高度對稱的電荷分布，可使用高斯定律來計算電場。



通過包圍電荷 q 之任意曲面之電通量 Φ 為 q/ϵ_0 。

概念問題 CONCEPTUAL QUESTIONS

1. 一玻璃物體藉由絲綢摩擦獲得 $+3 \text{ nC}$ 的正電量。在摩擦的過程中，是質子加入此物體中還是電子由此物體中移出？
2. 從原子的觀點，解釋為何電荷的轉移多為電子？
3. 一個人置於一個大的中空金屬球殼中，並且與地面絕緣。若大量的電荷置於球上，當此人接觸到球體內部時是否會受到傷害？
4. 為何當醫護工作人員在四周充滿氧氣的控制室工作時必須穿上特製的導電鞋？若此工作人員穿著橡膠鞋則會發生什麼狀況？
5. (a) 若電子帶正電荷而質子帶負電荷，生活將會有不同嗎？(b) 正負的選擇對化學與物理的交互作用會有不同嗎？解釋之。
6. 若一個懸浮的物體 A 接觸到另一個帶電物體 B ，我們可以說 A 物帶電了嗎？請解釋之。
7. 一學生站在一片厚的絕緣材料上，將手放在范德格拉夫發電機的頂部，然後再啟動發電機，他會被電擊嗎？
8. 在晴朗的天氣下，在地球表面有一個指向地面的電場。在此狀況下地面所帶電荷的符號為何？
9. 帶電的梳子會吸小乾紙片，一旦紙片碰到梳子，則該紙片不會被吸引，解釋之。
10. 為何接地你必須連接到電視天線上的金屬支撐桿？
11. 電場與重力場之間非常的相似，一個房間可以利用電磁屏障藉由圍繞導體隔絕屋內的電場。一個房間可以做到重力屏障嗎？請解釋之。
12. 一球面包圍點電荷 q ，描述通過該曲面之總通量如何了，如果 (a) 電荷成為三倍；(b) 球的體積成為兩倍大；(c) 球面變成立方體面；(d) 電荷移至曲面另外的位置；及 (e) 電荷移到曲面外。
13. 若電力線離開高斯曲面的比進入的為多，對於此曲面內所包含的淨電荷你可做出何種結論？

習題 PROBLEMS

1. 簡易題；2. 中等題；3. 挑戰題

BIO 生醫題

GP 導引題

QIC 解出數值與概念回答

S 公式推導

15.3 庫倫定律

- QIC** 一個 7.50 nC 的電荷置於一個 4.20 nC 的電荷量 1.80 m 處。(a) 求一個質點作用於另一個質點之靜電力大小；(b) 此力為吸引力或排斥力？
- 一帶電質點 A 作用於另一帶電質點 B 一個 2.62 N 朝右之力，此時兩帶電質點間的距離為 13.7 mm 。質點 B 做直線運動遠離 A 至相距 17.7 mm 處。則質點 B 作用在質點 A 之力為何？
- 鈹核子 ${}^8\text{Be}$ 含有 4 質子與 4 中子，很不穩定，且自發性地裂成兩 α 粒子（氦核，一氦核具 2 質子及 2 中子）。(a) 兩 α 粒子相距 $5.00 \times 10^{-15} \text{ m}$ 時，其間的力為何？(b) 由於此力 α 粒子的加速度為何？ α 粒子的質量為 4.0026 u 。
- S** 正方形邊長為 a ，有四個電荷其值與位置如圖 P15.4 所示，求 q 電荷所受之合電力的大小與方向，以 k_e, q 與 a 表示。
- 兩相同的導電球，其中心之間距為 0.30 m ，其一球具電荷 $12 \times 10^{-9} \text{ C}$ ，另一球為 $-18 \times 10^{-9} \text{ C}$ 。(a) 求兩球彼此所施之靜電力；(b) 球之間連以導線，在平衡後，兩球間的靜電力為何？
- 計算圖 P15.6 中這 3 個電荷，每一個電荷所受之庫倫力其大小與方向。

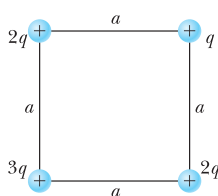


圖 P15.4

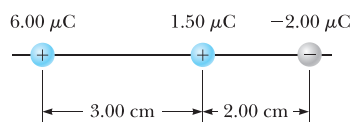


圖 P15.6 (習題 6 與 11)

- 三電荷如圖 P15.7 所示，求位於原點之電荷其靜電力的大小與方向。

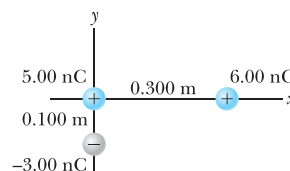


圖 P15.7

- 一正電荷電量為 $q_1 = 2.70 \mu\text{C}$ ，位於無摩擦力之水平面上連接一彈力常數為 k 之彈簧如圖 P15.8 所示。當一電荷 $q_2 = -8.60 \mu\text{C}$ 置於相距此正電荷 9.50 cm 處時，彈簧伸長了 5.00 mm ，兩電荷間的距離減至 $d = 9.00 \text{ cm}$ ，求出彈力常數 k 之值。

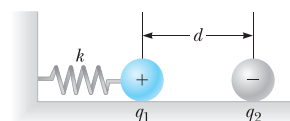


圖 P15.8

- 三個點電荷置於正三角形的三個頂點上，如圖 P15.9 所示。求作用在 $2.00 \mu\text{C}$ 這個電荷上之淨電力的大小與方向。

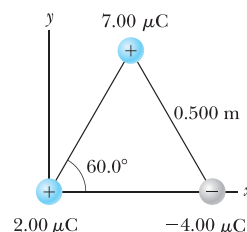


圖 P15.9

- 兩小金屬球，每一個質量 $m = 0.20 \text{ g}$ ，以輕線懸掛，如圖 P15.10 所示，因為兩球均具相同電荷，因此形成如圖示之位置。若兩球電荷相同，且在 $\theta = 5.0^\circ$ 時呈平衡，若線長為 $L = 30.0 \text{ cm}$ ，求每一球電荷的大小。

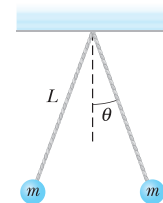


圖 P15.10

15.4 電場

- (a) 求圖 P15.6 中間電荷左方 1.00 cm 處之電場強度；(b) 若有電荷 $-2.00 \mu\text{C}$ 位於該點，施於它的力其大小與方向為何？

12. 在一個特定位置上之電場大小為 5.25×10^5 N/C 指向正南方，若在此位置上有一個 $-6.00 \mu\text{C}$ 之電荷，求其所受之力的大小與方向。
13. 一電子被固定電場大小 300 N/C 所加速，(a) 求電子的加速度；(b) 若電子從靜止開始， 1.00×10^{-8} s 後，電子的速率為何？
14. 一個質子在一個大小為 640 N/C 的均勻電場中加速，經過一段時間後，其速率為 1.20×10^6 m/s。(a) 求此質子加速度的大小；(b) 經過多少時間此質子才達到此速率？(c) 此質子在此時間內移動多少距離？(d) 最後其動能為何？
15. **S** 兩個相同的正電荷位於一個梯形的對角處，如圖 P15.15，求 P 點電場各分量的表示式。
16. 在圖 P15.16 中，求總電場為零，但非無窮遠處之點。
17. 三電荷位於等邊三角形的三頂點，如圖 P15.17 所示，求在 x 軸上兩電荷的中點處之電場。

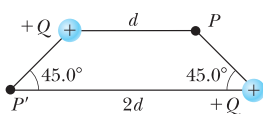


圖 P15.15

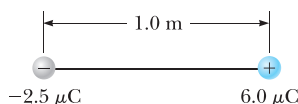


圖 P15.16

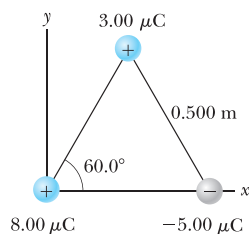


圖 P15.17

15.5 電力線

15.6 靜電平衡的導體

18. 圖 P15.18 表示出兩個分開一小段距離之點電荷其電力線。(a) 計算 q_1/q_2 之比值；(b) q_1 與 q_2 的電性為何？
19. (a) 繪出兩個非常接近，電量為 $1 \mu\text{C}$ 之正點電荷其四周的電場圖形；(b) 繪出兩個非常接近，電量為 $-2 \mu\text{C}$

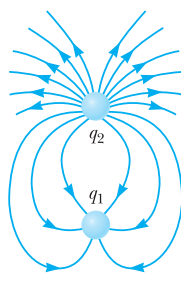


圖 P15.18

之負點電荷其四周的電場圖形；(c) 繪出兩個非常接近，電量各為 $+1 \mu\text{C}$ 與 $-2 \mu\text{C}$ 之點電荷其四周的電場圖形。

15.8 范德格拉夫發電機

20. 范德格拉夫發電機的罩子得電荷 2.0×10^{-4} C，求如下電場強度 (a) 在罩內；(b) 在罩表面，罩半徑 1.0 m；及 (c) 距罩中心 4.0 m (提示：見第 15.6 節複習處於靜電平衡之導體性質，在表面的點為在球形對稱電荷分布之外面，總電荷的位置得視為位於球心)。
21. 如果在空氣的電場超過 3.0×10^6 N/C，空氣成為導體。使用此事實，求半徑 2.0 m 的金屬球所能攜帶之最大電荷 (見習題 20 的提示)
22. 在密利根油滴實驗，一噴霧器使用於產生兩相反電荷板間的油滴。油滴所具之電子數可能是一個或多個，而極板也調整到電力抵消重力。理念是找出具有最小電力之油滴，並假設只帶一個過剩電子，此策略可使觀察者量度電子的電荷。假設使用了電場 3×10^4 N/C，一電子的電荷約為 1.6×10^{-19} C，油密度 858 kg/m^3 ，估計油滴半徑。

15.9 電通量與高斯定律

23. 一個均勻電場大小為 $E = 435$ N/C 與一個面積為 $A = 3.50 \text{ m}^2$ 的平面夾角 $\theta = 65.0^\circ$ ，如圖 P15.23，求通過此平面的電通量。

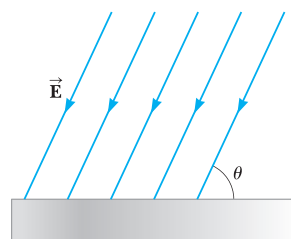


圖 P15.23

24. **Q|C** 在一個半徑為 0.230 m 的帶電球體，其曲面上任何位置的電場大小為 575 N/C，其方向為由球心輻射朝外。(a) 球體上的淨電量為何？(b) 你能對球體內部的電荷本質與分布做一結論嗎？
25. **S** 四個封閉曲面， S_1 至 S_4 ，同電荷 $-2Q$ ， Q 與 $-Q$ ，如圖 P15.25 所示。求通過每一個曲面的電通量。

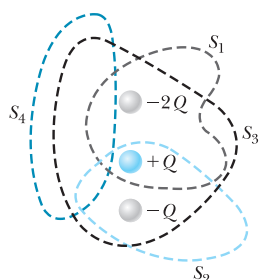


圖 P15.25

26. 一電荷 $q = +5.80 \mu\text{C}$ 位於正四面體 (tetrahedron) 的中心，如圖 P15.26 所示。求 (a) 通過此正四面體的總電通量；(b) 通過此四面體其中某一個面的電通量。

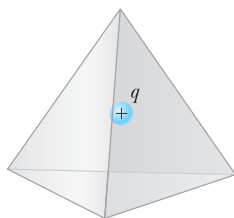


圖 P15.26

27. 一點電荷 q 位於半徑 a 之球殼心，球殼的表面具電荷 $-q$ 均勻地分布。(a) 球殼外所有的點；及 (b) 距球心為 r 之一點 (在球殼內) 其電場為何？

附加習題

28. 在外太空兩個半徑為 5.00 m 的球體由一條長 $3.00 \times 10^2 \text{ m}$ 的絕緣繩所連接，若每個球體的表面均有一個均勻分布的電量 35.0 mC ，計算繩中的張力。
29. 三個點電荷沿 x 軸上直線排列，如圖 P15.29 所示，求在 $x = +2.0 \text{ m}$, $y = 0$ 處的電場。

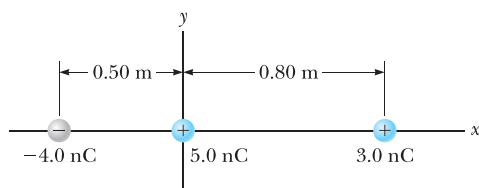


圖 P15.29

30. 一個小塑膠球質量為 $m = 2.00 \text{ g}$ ，且由 $L = 20.0 \text{ cm}$ 長線懸於均勻電場中，如圖 P15.30 所示。若有圖示之 $\theta = 15.0^\circ$ 角度時，且球處

於平衡，求球上的淨電荷。

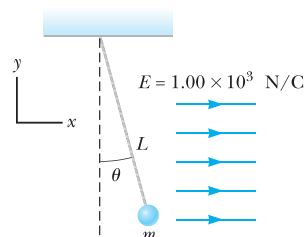


圖 P15.30

31. **S** 電子束中的每一個電子的動能為 K ，愈使這些電子於行進一距離 d 後停止，求所需的電場大小。請以 K, e 與 d 來表示結果。電場的方向必須與電子運動相同的方向，還是相反的方向？

32. **S** 一個點電荷 $+2Q$ 位於原點，另一點電荷 $-Q$ 位於 x 軸上 $x = d$ 處，如圖 P15.32 所示。求第三個位於 y 軸上 $y = d$ 處的點電荷 $+Q$ 其所受的淨電力表示式。

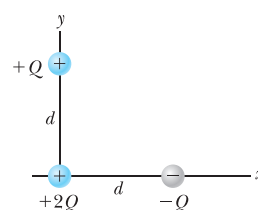


圖 P15.32

33. 兩個 2.0 g 的圓球懸掛於長 10.0 cm 的輕繩上 (圖 P15.33)，沿 x 方向施加一均勻電場。若兩個圓球各帶 $-5.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 與 $+5.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的電量，求可使兩球在 $\theta = 10^\circ$ 時達成平衡所需的電場強度。

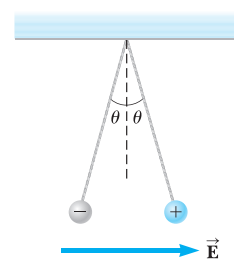


圖 P15.33

34. 三個相同的點電荷，每個質量均為 $m = 0.100 \text{ kg}$ ，由三條繩子懸掛，如圖 P15.34 所示。若左右兩條繩子的長度各為 $L = 30.0 \text{ cm}$ ，同時若角度 θ 為 45.0° ，求電量 q 之值。

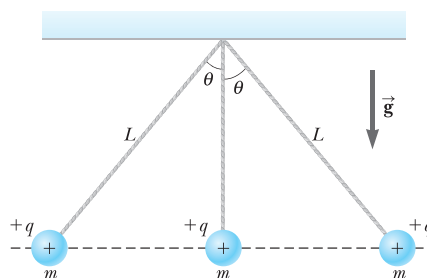


圖 P15.34