

04

電與磁

重點整理

標示「★」者為 2 學分課程

4-1 電的認識

1. 富蘭克林規定絲絹摩擦過的玻璃棒所帶電荷為 正電 荷，毛皮摩擦過的塑膠棒所帶電荷為 負電 荷，摩擦過程只有電子在移動，整個過程中正負電荷總數固定，稱為電荷守恆定律。
2. 依據物質內所含自由電子數的多寡，或是物質導電的難易程度，可區分為 導體 與 絕緣體。
3. 使物體帶電的三種方式：摩擦 起電、感應 起電與接觸起電。
4. 經由實驗得知，真空中兩靜止電荷間的靜電力量值，與兩者的距離平方成 反比，與兩帶電體的電量乘積成 正比，力的方向在兩帶電體的連心線方向上。庫侖 定律，公式為：
$$F_e = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$
，其中 $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ，稱為真空中的庫侖常數。

4-2 直流電與交流電

1. 導線兩端有 電位差 或 電壓 時，可驅使導線內電荷流動形成 電流。定義電流強度為每秒流過導線某截面的 電量，其公式為：
$$I = \frac{q}{t}$$
，其中電荷單位為庫侖（C），時間單位為秒（s），電流的 SI 制單位為 安培（A）。
2. 金屬導體內主要是電子在流動，稱為 電子流，而電流的方向規定為 正電荷 的流動方向，因此電子流與電流方向 相反。

3. 溫度一定的情形下，金屬導體兩端的電位差與通過導體的電流成正比，兩者的比值稱為此導體的電阻，此關係稱為歐姆定律，其公式為：

$$R = \frac{V}{I} = \text{定值}$$
，其中電阻的 SI 制單位為歐姆（ Ω ）。
4. 金屬導體遵守歐姆定律，其電流與電壓為線性關係，稱為歐姆式導體，不遵守歐姆定律的電子元件，如二極體，其電壓與電流的比值（也就是電阻）不是定值，稱為非歐姆式導體。
5. 導線內的金屬原子緊密排列，電子移動過程會與原子碰撞，而產生阻力，並稱此阻力為電阻。
6. 金屬導線的電阻值與導線的材質有關，另外也跟導線長度 ℓ 成正比、導線截面積 A 成反比，關係式為： $R \propto \frac{\ell}{A}$ 。
7. 電流的方向維持不變的稱為直流電（DC），電流方向隨時間做週期性變化的稱為交流電（AC）。

4-3 生活中的電流熱效應及應用

1. 電路中的電池驅動電子流動，電子在電池內部從正極流向負極，電池的電壓就像抽水馬達一樣，提供電子所需能量。當 q 庫侖的電荷流經 V 伏特的電池，電荷獲得的電位能為 U 焦耳，其關係式為： $U = qV$ 。
2. 穩定電流 I 流過電器，電器的兩端電位差為 V ，在時間 t 內消耗的電位能 U ，則電器單位時間消耗的電位能稱為電功率 P ，關係式為：

$$P = \frac{U}{t} = \frac{qV}{t} = \frac{IV}{t} = \frac{I^2 R}{t} = \frac{V^2}{R}$$
，電功率的 SI 制單位為瓦特（W）。
3. 電子在導線內流動，撞擊在原地小幅度震盪的原子，電子將動能傳遞給原子，使其震盪加劇，巨觀而言導體溫度升高，此現象稱為電流的熱效應。

4-4 生活中的電流磁效應及應用

- 1820 年，厄斯特 發現載流導線的附近會使磁針偏轉，讓電與磁有了關聯。
- 安培右手定則 可判斷載流長直導線所產生的磁場，拇指 指向電流方向，四指 彎曲方向為磁場方向（磁針 N 極 的方向），故磁力線為環繞導線的 同心圓，愈靠近導線磁場強度愈大；磁場強度與 電流 量值成正比，與導線的 垂直距離 成反比。
- 載流圓形線圈：右手 四指 彎曲方向為電流方向，拇指 指向為線圈中央的磁場方向。
- 載流螺線管：電流、磁場方向與圓線圈的判斷方式相同，如果螺線管長度愈長，線圈匝數愈密，則管內的磁場量值與方向都相同，管外磁場幾乎可忽略，且管內磁場強度與 電流 大小成正比，與 單位長度 所繞的 匝數 成正比。

★ 4-5 生活中的電磁感應現象及應用

- 法拉第提出 電磁感應 定律，證實了 變化 的磁場可以產生電流。
- 楞次 定律可以用來判斷應電流的方向，其內容為：應電流所產生的感應磁場會 抵抗 原來磁力線數目的變化。
- 變壓器可用來改變 交流電 電壓的高低，若一個理想變壓器主線圈纏繞匝數為 N_1 ，輸入電壓為 V_1 ，輸入電流為 I_1 ；副線圈纏繞匝數為 N_2 ，輸出電壓為 V_2 ，輸出電流為 I_2 ，其間的關係式滿足：
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$
。若 $N_1 > N_2$ ，則稱為 降壓 變壓器， $N_1 < N_2$ ，則稱為 升壓 變壓器。
- 發電廠輸送電力的電功率為定值，若將 電壓 提升，則電流會變 小，又輸送導線的電阻為定值，電流愈小則消耗的電功率也愈小。

4-6 家庭用電與安全

1. 保險絲是一種含錫合金，熔點較低，串聯在電源的火線端，但電流過大時，保險絲會過熱而燒斷造成斷路，保護電子元件。
2. 無熔絲開關是利用磁力使電流過大時，開關會自動跳開，造成斷路。
3. 電器老化或使用不當，造成火線與中性線連接在一起，形成短路，造成大量電流直接流經短路的接線，容易引起電線走火。
4. 度為能量單位， $1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \cdot \text{小時} = 10^3 \text{ 瓦} \times 3600 \text{ 秒} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$ 。

4-7 電磁波

1. 1865 年，馬克士威推論，隨時間變化的電場與磁場，會以波的形式在空間中傳播，且不須靠介質傳遞，稱此為電磁波。
2. 赫茲利用電磁振盪裝置發射出電磁波，確認電磁波為橫波，擁有光波的一切性質，驗證馬克士威的電磁理論。

評分欄

課後習題

一、選擇題

- (B) 1. 如圖所示為已封裝好的 IC，實際的電子電路是被包裹在外表呈黑色的環氧樹脂內，需要如此封裝的原因，除了防塵、防潮與增加機械性強度外，還有防止哪一項重大的影響？

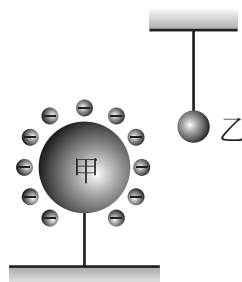


(A)防止吞食 (B)防止靜電衝擊
(C)防止觸電 (D)預防高溫高熱。

- (B) 2. 同上題，在使用時也應盡量避免接觸到 IC 的金屬接腳，其原因為何？

(A)避免受傷 (B)防止身上的靜電傳導至 IC 內部
(C)防止短路 (D)人的體溫造成 IC 內部元件損害。

- (D) 3. 一個輕而未帶電的金屬小球乙，用一絕緣細線掛著，如圖所示。若將一個帶電的金屬球甲靠近乙，則乙球會如何？（一開始甲球並沒有接觸乙球）



(A)不動 (B)一直被甲吸住
(C)被甲排斥 (D)先被甲吸引，再被排斥。

- (A) 4. 請比較兩個電子相距 1 公尺時，此兩電子間的靜電力與萬有引力的比值約為多少？（電子電量 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ ，電子質量 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，靜電常數 $k = 9 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ，重力常數 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ ）

(A) 10^{43} (B) 10^{42} (C) 10^{41} (D) 10^{40} 。

- (B) 5. 下列有關載流導線所產生磁場的敘述，何者正確？

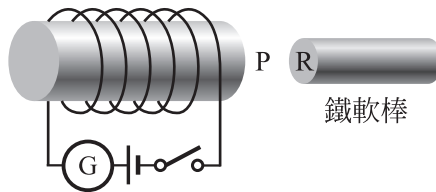
(A)長直導線所產生的磁場方向，平行於長直導線
(B)載流圓形線圈在圓心處產生的磁場垂直於線圈面
(C)螺線管外的磁場較管內的磁場強
(D)在螺線管中插入塑膠棒產生的磁場會增強。

- (C) 6. 阿飛家中冰箱的規格為 110 V、200 W，若連續使用 60 天，則消耗電能多少度？

(A) 144 (B) 200 (C) 288 (D) 300。

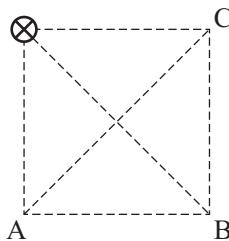
- (C) 7. 如圖所示，當開關接通時，圖上的 P、R 兩點的磁極分別為何？

(A) N 極、N 極 (B) S 極、S 極
(C) N 極、S 極 (D) S 極、N 極。



- (A) 8. 四條載流平行導線，排在正方形的四個角上，如圖所示，圖中左上角的電流方向為垂直射入紙面。已知每條導線的電流相同，欲使對角線的交點處磁場為零，則 A、B、C 各點的電流方向為何？

(A) 全部垂直射入紙面
(B) 全部垂直射出紙面
(C) A、B 垂直射出紙面，C 垂直射入紙面
(D) A、B 垂直射入紙面，C 垂直射出紙面。



- (D) 9. 下列有關各種電磁波應用的敘述，何者正確？

(A) 紅外線可用來消毒各種醫療器材
(B) 微波常用於傳送廣播訊號
(C) γ 射線可用來診斷骨骼
(D) 一般家庭所使用的遙控器（電視、冷氣等），大多利用紅外線。

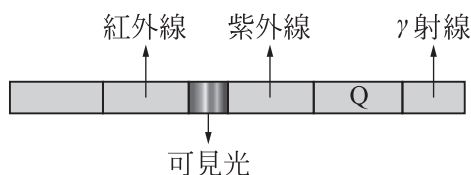
- (D) 10. [記者洪 XX / 恆春報導] 南風帶來海面充滿鹽分的溼氣，影響核三廠四條對外超高壓輸電線路的正常供電。核三廠兩部機組昨天凌晨因「鹽害」相繼解聯，發電機組隨即跳機，停止運轉，所幸未造成全臺電力供應失調。台電說，高壓鐵塔上的礙子受到鹽霧後發生絕緣不良，線路上的保護裝置偵測到異狀，即自動跳脫以保護發電設備安全。圖為高壓電的輸送線，其礙子的組成材料為何？

(A) 銅 (B) 鋁 (C) 鐵 (D) 陶瓷。



二、填充題

11. 富蘭克林把以絲絹摩擦後的玻璃棒上所帶的電命名為正電荷，而把用毛皮摩擦後的橡膠棒上所帶的電命名為負電荷。
12. 電流方向與大小隨時間做週期性的變化，稱為交流電。
13. 封閉迴線所圍面積上的磁力線數目發生變化，則線圈中會有應電流產生，此種現象稱為電磁感應。
14. 家庭用電常會因電器老化或使用習慣不良，造成火線與中性線直接連接在一起，形成短路。
15. 下圖為電磁波譜的示意圖(未按比例繪製)，圖中的 Q 部分為X 射線。



三、計算題

16. 現有一個 6 V 的直流電源，一個標示為 12 V、3 W 的小燈泡，若將燈泡接上此直流電源，求其所消耗的功率為多少瓦特？

答：0.75 W

17. 某變壓器其輸出：18 V、3.5 A，將變壓器插入 120 V 的用電插座，若變壓器為理想變壓器，主線圈 100 匝，試求：

(1) 變壓器輸入電流為多少安培？

(2) 變壓器副線圈數為多少匝？

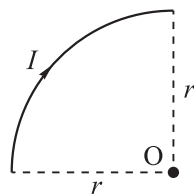
答：(1) 0.525 A (2) 15 匝

補充試題

一、單選題

- (B) 1. 寒冷的冬天，穿著厚重的衣服，當夜晚睡覺前，脫下外衣時，常會發生帶有閃光的爆裂聲，此現象為何種作用造成的？
(A)冷、熱空氣分子間的撞擊現象
(B)衣服之間因摩擦產生的電荷，產生正負電中和現象
(C)衣服與空氣產生的聲波
(D)熱的傳導作用
(E)氣體分子的動能轉換成光能的現象。
- (D) 2. 利用帶正電玻璃棒以靜電感應的方式，使絕緣不帶電的金屬棒帶電。
a：移除接地的手或接地線。
b：將金屬棒帶正電的一端以手或金屬線做接地動作。
c：將帶正電的玻璃棒，靠近絕緣的金屬棒。
d：將玻璃棒移開，金屬棒帶有負電。
以上步驟，正確的順序為何？
(A) abcd (B) bcda (C) cdba (D) cbad (E) dacb。
- (E) 3. 下列生活中的產品，何者不是靜電現象的應用？
(A)避雷針 (B)工廠煙囪的靜電除塵器 (C)影印機
(D)雷射印表機 (E)電蚊拍。
- (E) 4. 已知兩個靜止的點電荷其帶電量分別為 q_1 、 q_2 ，距離為 r ，兩點電荷間的靜電力為 F 。將兩點電荷的距離變成 $\frac{r}{2}$ ，其餘不變，則兩點電荷間的靜電力為何？
(A) $\frac{F}{4}$ (B) $\frac{F}{2}$ (C) F (D) $2F$ (E) $4F$ 。
- (B) 5. 阿梅到電子商店選購手機的行動電源時，見到 a、b 兩款不同的行動電源，外殼上面分別標示 8000 mAh 及 16000 mAh。則有關於 a、b 這兩款行動電源的敘述，下列何者正確？
(A)充電時的電壓比為 1：2 (B)充滿時所儲存的電量比為 1：2
(C)充電時的電流比為 1：2 (D)放電時的電流比為 1：2
(E)放電時的電壓比為 1：2。

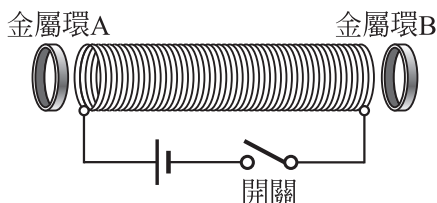
- (C) 6. 一顆鋰電池表面標示為 3400 mAh，已知鋰電池充飽電時，電池正負兩端的電壓為 4.0 伏特，則一顆充飽的鋰電池，其所儲存的電能為多少焦耳？
(A) 850 (B) 13600 (C) 48960 (D) 54400 (E) 81600。
- (D) 7. 一個半徑為 r 的四分之一圓弧導線，如圖所示。已知導線內有電流流經，則圖上 O 點所受的磁場方向為何？
(A) 向左 (B) 向右 (C) 垂直射出紙面
(D) 垂直射入紙面 (E) 向下。
- (E) 8. 一顆未知的電阻，當電阻兩端接上 12.0 伏特的電壓源時，流經電阻的電流為 3 毫安培，則此時這顆電阻的電阻值為多少歐姆？
(A) 0.036 (B) 4.0 (C) 36 (D) 48 (E) 4000。
- (B) 9. 已知一個理想的變壓器，其輸入端為 120 伏特，輸出端為 12 伏特。若主線圈的線圈數為 100 匝，則副線圈的線圈數為多少匝？
(A) 1 (B) 10 (C) 100 (D) 500 (E) 1000。
- (D) 10. 已知從太陽表面射出的光線，經 500 秒後抵達地球表面。若光速為 3.0×10^8 公尺 / 秒，則地球與太陽的距離為多少公尺？
(A) 1.5×10^8 (B) 1.5×10^9 (C) 1.5×10^{10} (D) 1.5×10^{11} (E) 1.5×10^{12} 。



二、多選題

- (BDE) 11. 下列哪些是正確的用電安全常識？
(A) 身體潮濕時可以接觸電器
(B) 電器的金屬外殼需接地
(C) 大功率的電器可以接在同一個延長線上
(D) 隨手關閉電源
(E) 安裝保險絲要注意其電流的安培數。
- (CDE) 12. 下列關於電磁波的特性及應用，哪些正確？
(A) 電磁波需要靠介質來傳遞
(B) 電磁波屬於縱波
(C) 無線電波常應用於廣播及電視訊號
(D) 家中的遙控器使用紅外線來傳遞訊號
(E) γ 射線常見於癌症的放射性治療。

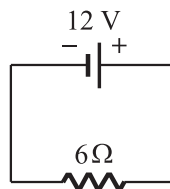
- (BC) 13. 接上電池及開關的螺線管，其兩端分別放置 A、B 兩封閉銅環，如圖所示。銅環與螺線管的中心軸位在一直線上。下列敘述，哪些正確？



- (A) 當開關突然接通時，兩銅環皆受到螺線管的吸引力作用
 (B) 當開關接通一段時間後，兩銅環不會受到螺線管的磁力作用
 (C) 當開關突然斷開時，兩銅環皆受到螺線管的吸引力作用
 (D) 兩銅環受到螺線管的作用力，與接通或斷開的瞬間速度大小無關
 (E) 將金屬環切開一條縫隙，使其不再是封閉圓環，則接通或斷開的瞬間，螺線管仍然會對銅環產生磁力作用。
- (BDE) 14. 馬蓋先在追查某個案子時，來到一個堆滿舊電器的回收場。當時他正需要一個電源，可是身上無任何電源設備，則他在回收場找到的以下哪些電器，可以使用人力製造出簡易的電源？
 (A) 白熾燈泡 (B) 電扇 (C) 電磁爐 (D) 揚聲器 (E) 電動馬達。
- (DE) 15. 下列關於電磁學於生活中的應用，哪些正確？
 (A) 電烤箱是電流磁效應的應用 (B) 電磁門鎖是電磁感應的應用
 (C) 電風扇是電流熱效應的應用 (D) 電磁爐是電磁感應的應用
 (E) 燈泡是將電能轉換成光能。

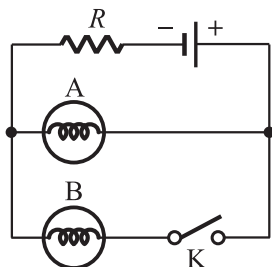
三、非選題

16. 如圖電路，一個 6 歐姆的電阻與 12 伏特的理想電池（內電阻為零）形成一個簡單的迴路。求
- (1) 通過電阻的電流為多少安培？
 - (2) 電阻所消耗的電功率為多少瓦？
 - (3) 需使用多久的時間，電阻所消耗的電能恰為一度電？



答：(1) 2 A (2) 24 W (3) 1.5×10^5 秒 = 2500 分

17. 一般家用電器均與電源並聯相接，而連接的導線也有少許的電阻。若現在有兩個完全相同的 A、B 燈泡與一個電池 V 並聯，如圖所示。導線自身的電阻以電源旁的電阻 R 表示。一開始燈泡 A 已接通，燈泡 B 連接的開關 K 尚未接通。若將開關 K 接通，則燈泡 A 的亮度會如何變化？試說明其原因？



答：變暗，見解析。