

# 電和磁 I

## 1 靜電學

### 1.1 電荷

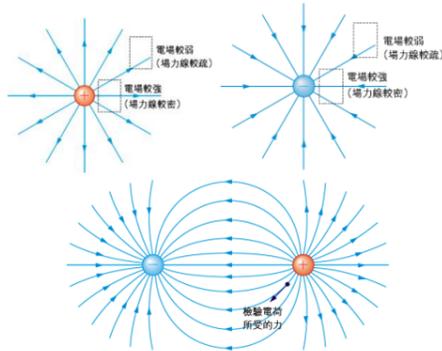
- 電荷分為兩種：正(+)與負(-)  
電量的單位：庫倫 (C)
- 同性電荷相斥，異性電荷相吸。
- 電子：帶負電 ( $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )  
質子：帶正電 ( $+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )  
中子：不帶電
- 各種物體的特性：

中性物體	質子數目 = 電子數目
帶負電物體	由其他物體獲得多餘的電子 ⇒ 電子數目 > 質子數目
帶正電物體	部分電子轉移到其他物體去 ⇒ 電子數目 < 質子數目

- 輕易讓電子流過的物體稱為導體；不輕易讓電子流過的物體稱為絕緣體。
- 庫倫定律： $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ，其中  $\epsilon_0$  是真空電容率，數值為  $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$ 。
- 在沒有其他帶電物體的影響下，導體接地後就會變為中性。

### 1.2 電場

- 帶電物體會在周圍建立電場，即使與其他物體或電荷沒有接觸，仍會對它們施加電力。
- 電場由場力線來表示。



- 場力線的方向表示正點電荷在電場中所受電力的方向，場力線的密度表示電場的強度。
- 電場強度  $E = \frac{F}{q}$
- 點電荷 Q 的電場強度是

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

### 1.3 電勢

- 考慮點電荷時，通常會把在無限遠處的電勢設定為零。
- 在某一點的電勢是每單位正檢驗電荷在該點的電勢能，即在某一點 A，

$$V_A = \frac{PE_A}{q}$$

- 與正點電荷 Q 相距 r 的電勢是

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- 如果帶電平行板之間的距離是 d，電勢差是 V，則電場強度 E 的量值是

$$E = \frac{V}{d}$$

- 電場強度是電勢的負梯度。

## 2 電路

### 2.1 電流

- 電流是電路中電荷的流動率。

$$\text{電流} = \frac{\text{電荷}}{\text{時間}} \quad (I = \frac{Q}{t})$$

- 電流的單位是安培 (A)，大小可用安培計量度。
- 在簡單電路中，電流處處相等。
- 傳統電流從電池組的正極(+)經電路走向負極(-)，與電子的流向相反。

### 2.2 電動勢和電勢差

- 橫跨兩點的電壓是指每個單位電荷經過這兩點時的電勢能轉換。

$$\text{電壓} = \frac{\text{能量}}{\text{電荷}} \quad (V = \frac{E}{Q})$$

- 電壓的單位是伏特 (V)，大小可用伏特計或電壓感應器量度。  
 $1 \text{ V} = 1 \text{ J C}^{-1}$
- 電動勢是電源給予每單位電荷的電勢能。
- 電勢差是每單位電荷通過電源以外某兩點時，轉換成其他形式能量的電勢能。
- 電動勢和電勢差都可稱為電壓。
- 串聯電池的總電動勢等於所有電池的電動勢之和；並聯電池的總電動勢等於單個電池的電動勢。

### 2.3 電阻

- 電阻是導體對電流的阻礙。  
電阻 = 導體兩端的電壓/通過導體的電流 ( $R = V/I$ )  
電阻的單位是歐姆 ( $\Omega$ )。  
 $1 \Omega = 1 \text{ V A}^{-1}$
- 歐姆定律指出，在導體的溫度及其他物理條件不變的情況下，導體兩端的電壓與通過導體的電流成正比。
- 非歐姆導體不遵從歐姆定律。
- 大部份金屬的電阻都會隨溫度升高而增加，而大多數半導體的電阻則隨溫度升高而減少。
- 金屬導線的電阻 R 與下列因素有關：
  - 長度 l
  - 截面積 A
  - 所用的物料。

$$R \propto \frac{l}{A}$$

- 電阻率顯示物料在某一溫度下對電流的阻力有多大，它的單位是  $\Omega \text{ m}$ 。

$$\rho = \frac{RA}{l} \quad \text{或} \quad R = \rho \frac{l}{A}$$

- 電阻器是具有已知電阻值的裝置，定值電阻器的電阻值是固定的，但可變電阻(如變阻器)的電阻值則可以改變。

### 2.4 串聯與並聯的電阻器

- 串聯電阻器的等效電阻  $R_{eq}$ ：  
 $R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$
- 並聯電阻器的等效電阻  $R_{eq}$ ：  
 $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

- 用導線直接連接電阻器的兩端，會出現短路。由於導線的電阻值幾乎為零，所以差不多全部電流都通過導線而不經過電阻器。如果市電電路發生短路，電線可因過熱而起火警。

### 2.5 安培計、伏特計和電源的電阻

- 良好安培計的電阻必須非常低。
- 良好伏特計的電阻必須非常高。
- 電源的內阻 (r) 令到它的端電壓 (V) 小於電動勢 (e.m.f.)。  
電源的電動勢 = 電源的端電壓 + 內電阻兩端的電壓  
 $e.m.f. = V + Ir$

## 3 家居電學

### 3.1 電功率與電能

- 電功率

$$P = \frac{E}{t} = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

P 的單位是 W。

- 額定值：電器標籤上的額定功率指該電器以額定電壓操作時，每單位時間所轉換的電能。
- 在時段 t 內，供給電器的電能或電器以額定電壓操作時，每單位所轉換的電能。
- 在時段 t 內，供給電器的電能或電器消耗的電能  
 $E = Pt = VIt = I^2Rt = \frac{V^2t}{R}$   
E 的單位是 J。
- 電力公司以千瓦小時 (kW h) 為單位去計算用戶所使用的電能。
- 1 千瓦小時相等於功率為 1 千瓦的電器啟動 1 小時所轉移的能量。  
 $1 \text{ kW h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$

### 3.2 市電和家居電路

- 交流電(a.c)：以某個頻率改變方向的電流，例如電源插座提供的電流。直流電(d.c)：電流不會改變方向，不過大小可隨時間而轉變，例如電池組提供的電流。
- 香港使用 220 V 的交流電，頻率為 50 Hz。  
額定值為 220 V 的電器如果接上 110 V 電源，便不能正常操作。由於 P 和  $V^2$  成正比，輸出的功率會遠小於額定值。
- 插頭和插座：



- 活線：電壓正負交替。
  - 中線：電勢為零(接地)。
  - 地線：把電器的金屬外殼接地，萬一電路故障，地線可防止電器的金屬外殼通電。
  - 保險絲：應安裝在活線上。如果電流超過保險絲的額定值，保險絲就熔斷。
  - 雙重絕緣：電器的所有通電部分都由絕緣的塑料保護層所包裹。
  - 特長地線插腳：(i)用來推開插座上活線和中線插孔的安全活門，以防止意外地插入金屬物；(ii)確保電器接地後才通電。
- 市電電纜由活線和中線兩根導線組成。這兩根導線經過千瓦時計後與供電箱連接，然後分成多條並聯的支路。
  - 在供電箱內，每條線路都裝有一個新斷路器，作用與保險絲相同。
  - 電源插座與環繞房屋的環形幹線連接。

## 應考心得

### 1. 靜電學

- 接地是指「地」是一個極大的「池 pool」，能吸收或提供大量的電荷，使導體處於零電勢 ( $V = 0$ )。
- 金屬是良好導體，電子能自由走動。木或塑膠是不良導體，電荷只留在原有的那一方。
- 把金屬接地，不論接在何處，效果一樣。電荷會留在經摩擦後的膠棒所吸引的地方。

### 2. 電路

- 懂得分辨電動勢  $emf$ 、電壓  $V$  和電勢差  $p.d.$
- 黃金方程： $V = IR$ ； $V$  為「電勢差」
- 電池的正極為該電池的最大電壓，負極為 0 伏特。
- 懂得怎樣計算每點的電壓和兩點的電勢差。
- 在接駁電路時，電流「流入」接駁正，「流出」接駁負。
- 安培計擁有很小的電阻值，伏特計擁有很大的電阻值。
- 在計算一個有很多電阻器的電路時，試將電路重新繪畫。
- 在並聯電路中，兩極的電勢差相同。串電路中，流經所有元件的電流相同。
- 各並聯電路中的電流是不會影響對方。
- 在計算家居用電時，額定值上的電功率值只會在提供足夠的電壓時，才會正確；否則必須由其元件的電阻值開始起計算。計算「真正」電功率是靠有多少電流流經該電器。