

6 電力線分佈實驗

- 【1】目的：描繪並觀察靜電場的電力線與等位線。
- 【2】儀器：電力線分佈實驗箱、U形探針、導線數條、碳質畫板六片、三用電錶、方格紙。
- 【3】原理：

庫倫在 1784 年由實驗得知，兩個點電荷 q_1 、 q_2 之間力的作用

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \dots\dots\dots (1)$$

其中 r 為兩點電荷之間的距離而 k 為比例常數， $k = 8.99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ 稱為庫倫常數，此關係式稱為庫倫定律。而後法拉第 (Michael Faraday, 1791~1867) 提出電場的觀念：在電荷周遭的空間存在著能傳遞電荷與電荷之間相互作用的物理場，稱之為電場。帶電粒子 q 進入電場分佈的範圍就會與其所在位置的電場 \vec{E} 產生作用，而受力 \vec{F}

$$\vec{F} = q\vec{E} \dots\dots\dots (2)$$

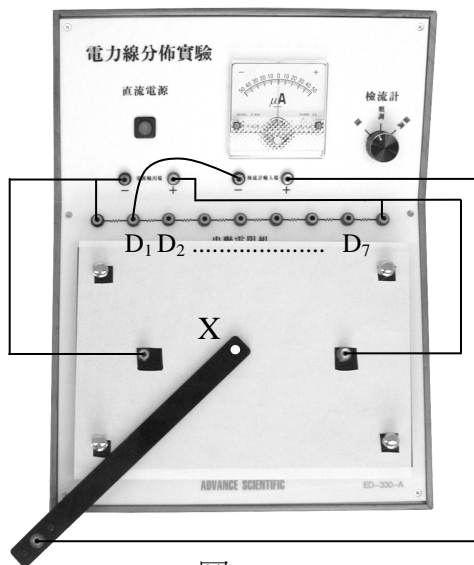
電荷 q 於電場中將受到力的作用，所以要移動電荷從電場的一點 \vec{r}_i 到另一點 \vec{r}_f 需要做功 W ，此功與移動的路徑無關，只與此兩點位置有關。所以定義兩點間的電位差 ΔV 為

$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{1}{q} \int_{\vec{r}_i}^{\vec{r}_f} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{\vec{r}_i}^{\vec{r}_f} \frac{\vec{F}}{q} \cdot d\vec{r} = \int_{\vec{r}_i}^{\vec{r}_f} \vec{E} \cdot d\vec{r} \dots\dots\dots (3)$$

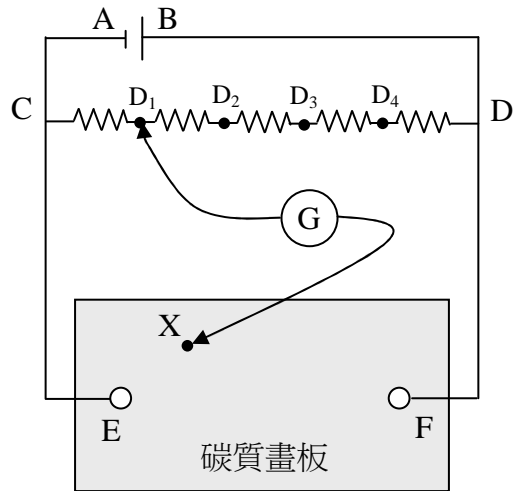
由所有電位相同($\Delta V=0$)的點所連成的面(或線)就稱為等位面(或線)。

電力線(或稱電場線)就是電場的強度與方向在空間中大致的分布情況：電力線較密的地方表該處電場較大；電場於某處的方向即為該處電力線的切線方向。實際上要利用自由電荷描繪出電力線有困難，但由(3)式可得出等位線與電力線垂直的特性，故利用電路上等電位的概念繪出等位線即可得出電力線。

實驗時將碳質畫板的兩個電極連接直流電源的正負極以產生一個靜電場，此時碳質畫板上不同位置即有不同的電位，以正極電極(F點)處的電位最高，依序往負極電極處降低，負極電極(E點)處的電位最低。電極兩端若並聯一組串聯的電阻如圖一所示，依惠斯同電橋的原理，當移動X位置使檢流計上的電流為零時，表示EX間的電位差與CD₁間的電位差相同，移動X找出數點等位點將其連接畫成等位線。同理，若檢流計一邊連接到D₂即可得出另一個電位的等位線。



圖一



圖二

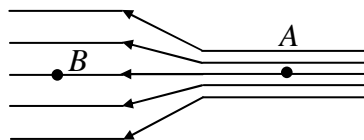
【4】步驟：

- (1) 將碳質畫板置於電力線分佈實驗箱上，注意有碳紙的那面朝下，接著放上白紙後將螺絲鎖上固定。
- (2) 連接線路如圖所示。打開電源、將檢流計調到粗調，移動 U 型探針的位置直到檢流計指針在 0 附近；將檢流計調到細調，仔細移動 U 型探針直到檢流計指示為 0，利用筆在白紙上作記號。改變不同的位置得出 10 點等位點。
- (3) 將檢流計負端依序由 D_1 移到 $D_2 \cdots D_7$ ，重複步驟(2)描繪出其他的等位點。
- (4) 將白紙和碳質畫板取下，在白紙上畫出電極的形狀。仔細連接實驗所得的等位點為等位線，再描繪出與等位線垂直的電力線。利用三用電錶量取電源的電位差與串聯電阻的電阻值，計算相鄰等位線的電位差，並在紙上標示出電場的大小與方向。
- (5) 換上不同電極形狀的碳質畫板與新的白紙，重複步驟(3)~(4)。

【5】記錄：記錄在方格紙上。

【6】問題：

- (1) 為何電力線不可以相交？
- (2) 如圖所示，若 B 處電力線的間格為 A 處的 2.5 倍寬，且 A 點的電場大小為 40 N/C 則(a)一質子在 A 點所受之力為何?(b) B 點電場的大小為何？



- (3) 在步驟(2)中，為何要移動探針使得檢流計上的電流調為零？
- (4) 請畫出下圖相鄰兩電荷的電力線及等位線分佈圖。



【7】結果與討論：