

## 實驗十四 電場電位量測實驗

### 【目的】

描出電場中的等電位線，然後依此繪出電力線。

### 【原理】

#### 1 電場 (Electric field)

在一個點亮的燈泡四周，有一個溫度的分布，靠近燈泡越近，溫度越高，越遠溫度越低。因此，在燈泡的四周範圍的空間內，每一個位置的溫度皆不同，吾人稱此空間有一個溫度場(Temperature field)的分布，如圖1-1(a)所示。「場」可以視為一個區域，存在一個物理量分布在此區域，形成一個所謂的該物理量的場，例如水在水管中流動考慮某一段區域，則有一個速度場分布，也有一個壓力場分布，如圖1-1(b)所示。

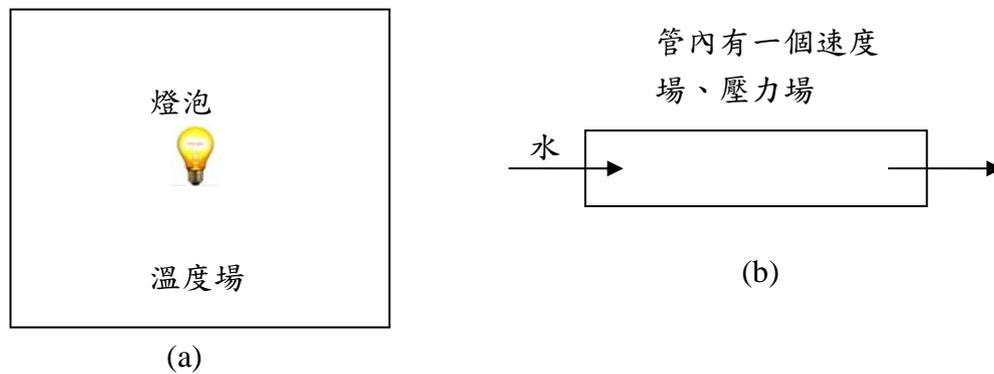


圖1-1 物理量的場分布示意圖

電場也是同樣原理，當有電荷存在時，在該電荷的四周，有一個電場(物理量)的分布，如圖1-2所示。電場的方向由正電荷到負電荷，越靠近電荷其電場越大，越遠離電荷其電場越小。電場的大小為

$$\vec{E} = \frac{kQ}{r^2} \quad k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

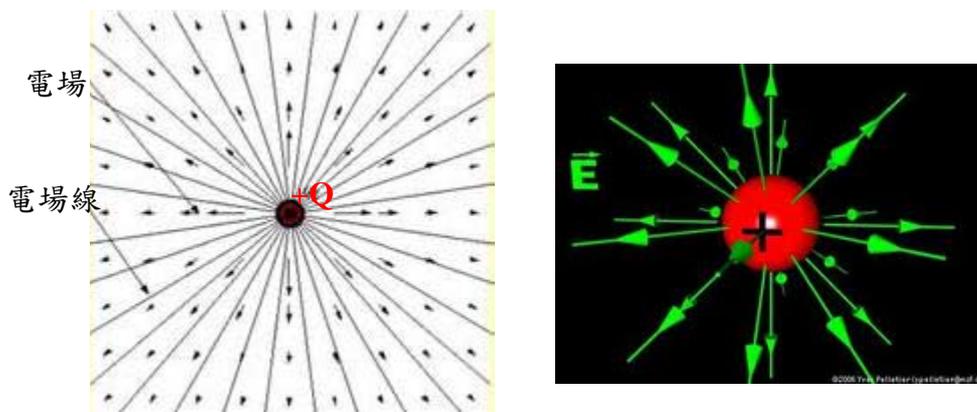


圖1-2 點電荷電場的分布

常見的電場分布如圖1-3所示：1 不同性質的點電荷、2 同性質的點電荷、3 不同性質的點電荷與平板電荷、4 不同性質的平板電荷。

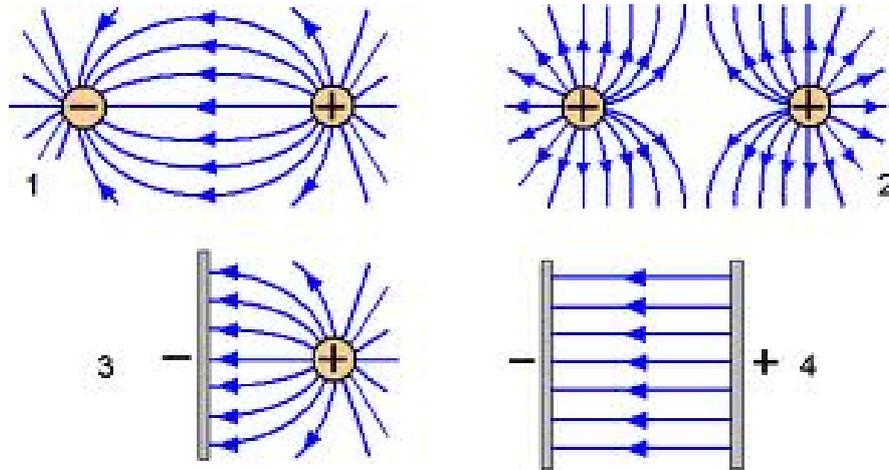


圖1-3 不同性質電荷所產生電場示意圖

## 2 電力 (Electric force)

假設一個具有  $+Q$  電荷存在時，其四周有一個電場分布。當另外一個帶有  $q$  的電荷靠近時，兩荷之間會有電力的產生，其力量的方向決定於  $q$  的正、負，同性電荷互相吸引，異性電荷互相排斥，如圖1-4所示，其中  $q$  為正電荷。

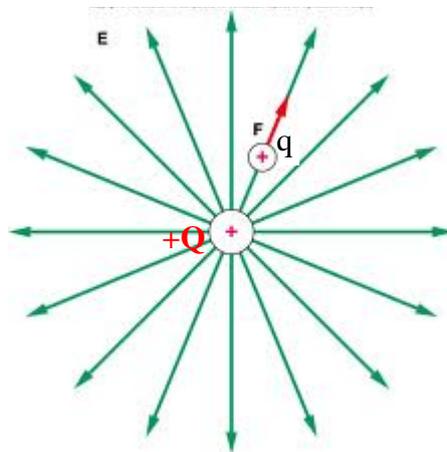


圖1-4  $+q$ 電荷在 $+Q$ 電場電力示意圖

其電力大小為

$$\vec{F}_e = \frac{kQq}{r^2} = q\vec{E}$$

因此，一旦我們知道某個點的電場  $\vec{E}$ ，則很容易可以計算出位置在該點的任何

點電荷  $q$  所受的電力  $\vec{F}_e$ 。

### 3 電位能 (Electric potential energy)

如圖1-5所示，當正電荷(q)在正電荷(Q)所產生的電場由 A 移動至 B，由於 Q 與 q 都帶正電，q 的電力向右，因此電力與位移方向相反。在 A 移至 B 的過程中，所做的功為負。反之若 q 為負電荷，由 A 移動至 B 所作的功為正。功是一種能量，當 A 至 B 所做的功不管正或負，在移動的過程中該能量要如何保持平衡。因此，將介紹另一個物理量稱為「電位能」，電位能是儲存在電場中的能量，也就是說當 q 電荷在一個 Q 電荷電場中有一個電位能的物理量。好比牛頓力學中，若將地面的位能設定為零，則越高位能越大。針對某一電荷而言，通常設定無窮遠處的位能為零。功與位能的定義為位能的改變量與由場所作的功是大小相等，但正、負相反，意即

$$U_B - U_A = \Delta U = -W_{\text{場}}$$

正功( $W_{\text{場}}$  為正)代表位能的改變量為負，表示  $U_B$  的位能比  $U_A$  的位能小。此負號代表著當場對物體作正功時，物體的能量增加  $W_{\text{場}}$ ，此能量是由所儲存的電位能供應。

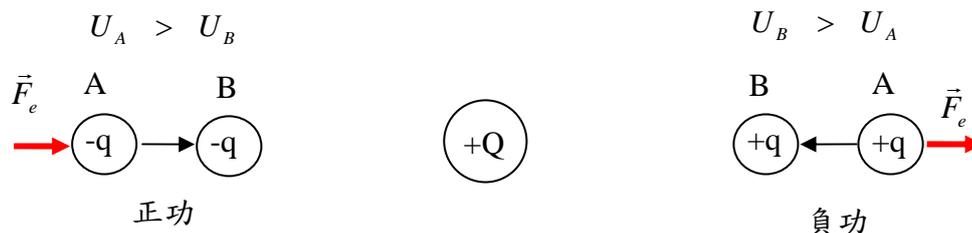


圖1-5 電位能示意圖

從另一角度而言 +q 由 A 移動至 B 與 -q 由 A 移動至 B，哪一個比較容易？+q 比較困難，因為移動的過程與  $\vec{F}_e$  方向相反，反之 -q 比較容易，由於移動的過程與  $\vec{F}_e$  同方向。+q 由 A 移動至 B 比較困難，可想像為在 B 點的電位能比較大，在 A 點的電位能比較小，兩者之間的差為電位能的差。因此，由高電位能位置移動到低電位能位置，由於電位能較高可提供能量做正功，導致能量消耗，最後到達低電位能位置。由低電位能位置移動到高電位能位置，由於電位能較低無法提供能量做正功，導致向高電位能位置借能量只能做負功，最後到達高電位能位置。因此 q 電荷在移動中電位能的改變轉換為所做的功。 $q_2$  電荷在  $Q_1$  電荷電場中的電位能

$$U_E = k \frac{Q_1 q_2}{r}$$

電位能由  $Q_1$  與  $q_2$  的電性來決定。當  $Q_1$  與  $q_2$  為正號， $q_2$  位於正電位能，如果向左移動，則電位能越大，電位能是  $q_2$  在  $Q_1$  的電場中所感知的物理量，若不考慮  $q_2$  則在  $Q_1$  的四周如同有一電位場分布，因此電位可定義為每單位電荷的電位能。

#### 4 電位 (Electric potential)

只要有  $Q$  電荷存在，一定有電場，當  $q$  電荷進入該電場即可感知彼此之間的力量。電場的定義是每單位  $q$  電荷的電力大小。電位能是當  $q$  電荷進入一個電場某一個位置所感知的一個能量，是否如同電場的定義，每單位  $q$  電荷的能量大小為何？此物理量是所謂的「電位」，也就是一般所稱的電壓，高電位能具有高電位，低電位能具有高電位，一個  $q$  電荷進入電場時可感之其電位能。在一個電荷的電場中，每一個位置  $r$  的電位為

$$V = k \frac{Q}{r}$$

電場線是一個很有用的電場視覺的表現。電位不是一個向量無法用方向性表示，它是有一個值得大小。但我們可以想像在一個場域中相同電位的大小，所繪製的結果稱為等電位面圖。等電位面與電場線是息息相關，假設你要將一個電荷朝一個方向移動，使得電位保持固定，位移必須垂直於力(如此電場不對電荷做功)。只要你一直將電荷朝垂直於電場的方向移動，電場所做的功為零且電位保持相同。因此，一個等位面上所有點是垂直於電場線。相反地，如果你要將一個電荷朝一個方向移動，使得電位的變化達到最大值，你必須平行或反平行於電場的方式移動。因此電場永遠指向電位減少最大的方向。圖1-6為等電位面示意圖。

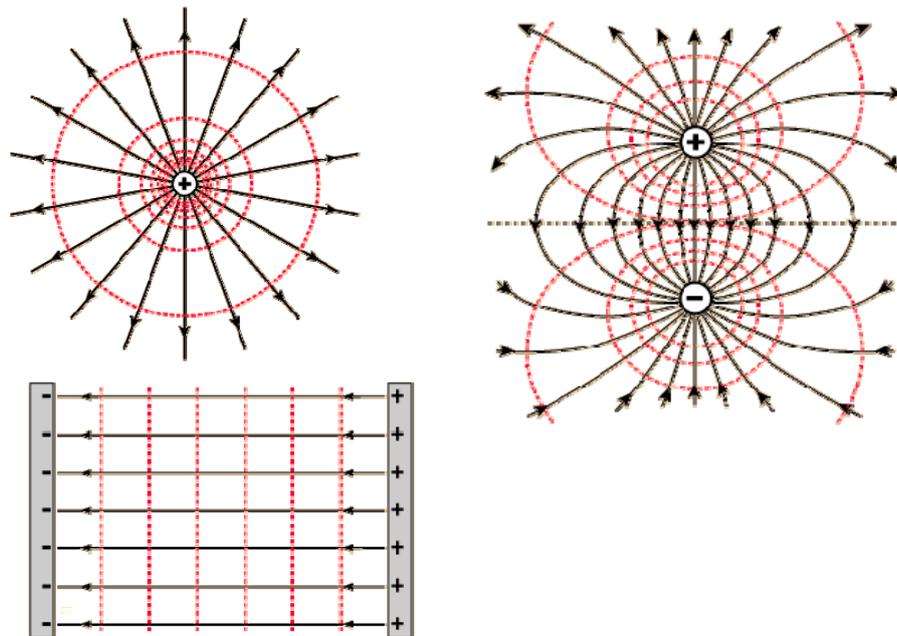


圖1-6 等電位面示意圖

## 【儀器】

直流(DC)電源供應器、三用電錶、銀膠筆、碳質畫紙、圖釘、單頭鱷魚夾角線、畫導電路徑的圓形模板。

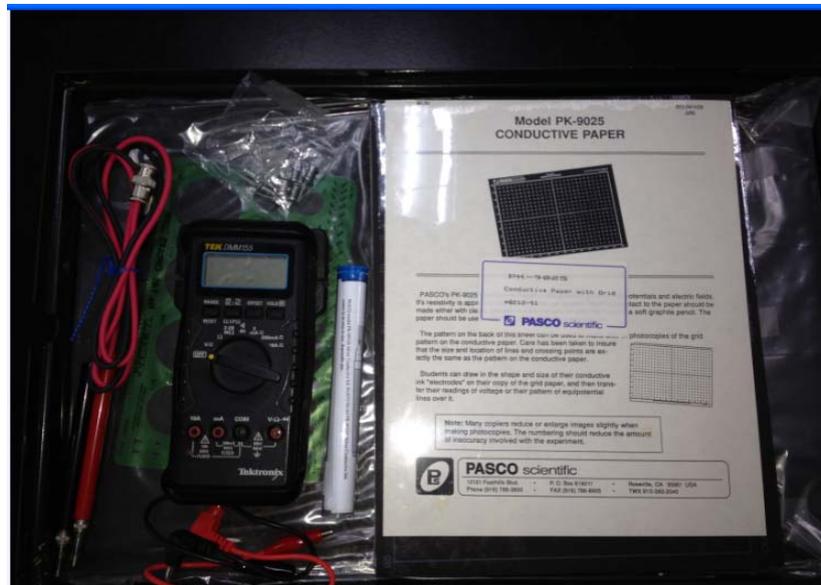


圖1-7 實驗設備

## 【實驗項次與步驟】

### 一、平面上兩電荷之等位線

1. 以銀膠筆繪製兩點，繪製在碳紙(約等3分鐘再做實驗)，相距 10 cm。

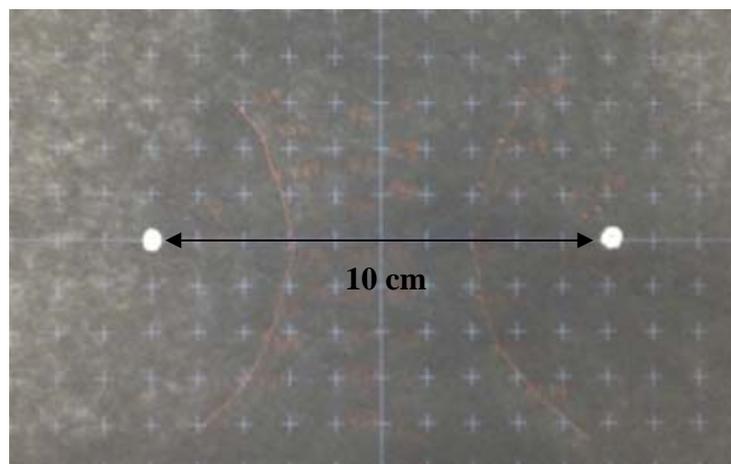


圖 1-8

2. 將圖釘，釘在銀膠筆繪製的點上。

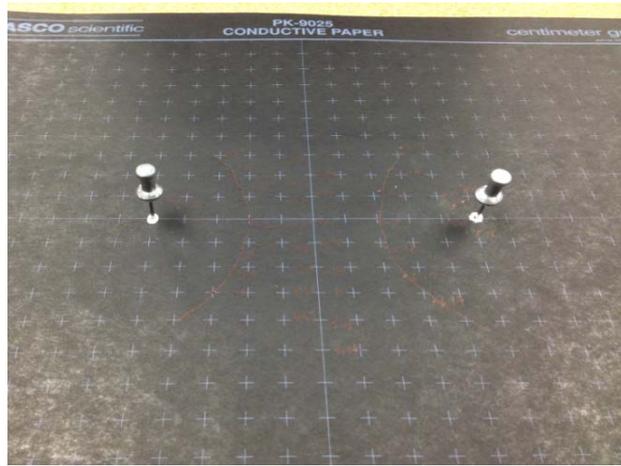


圖 1-9

3. 將直流電源供應器(10 V)正、負極接在圖釘上(正極紅色、負極黑色)。

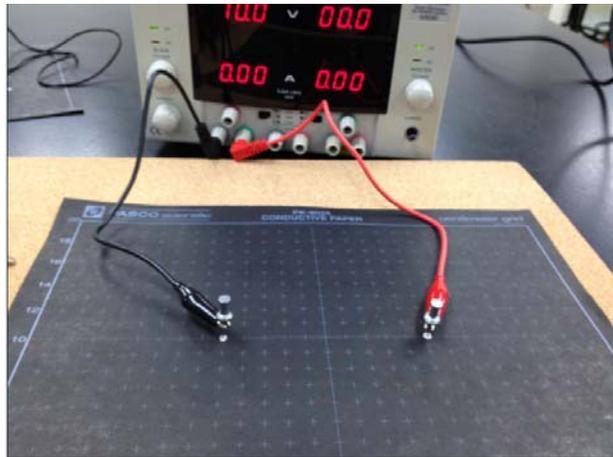


圖 1-10

4. 測量碳質畫紙裡黑線中(點電荷中心線)的電位變化，每 1 cm 紀錄一次。

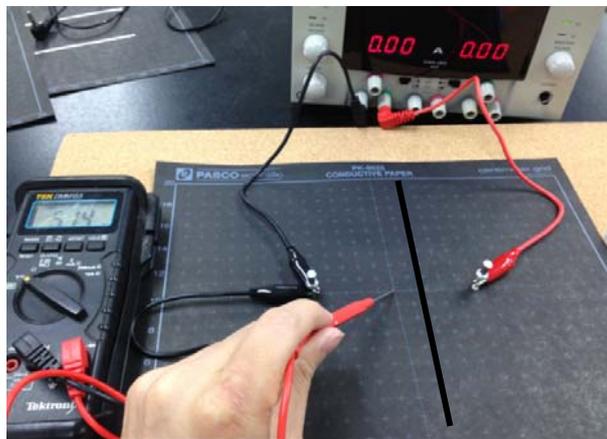


圖 1-11

5. 重複步驟 4 並記錄不同位置的電位以及找出其等電位線。

6. 記錄至少 3 組不同電位之等電位線，每組至少需記錄 7 個點。

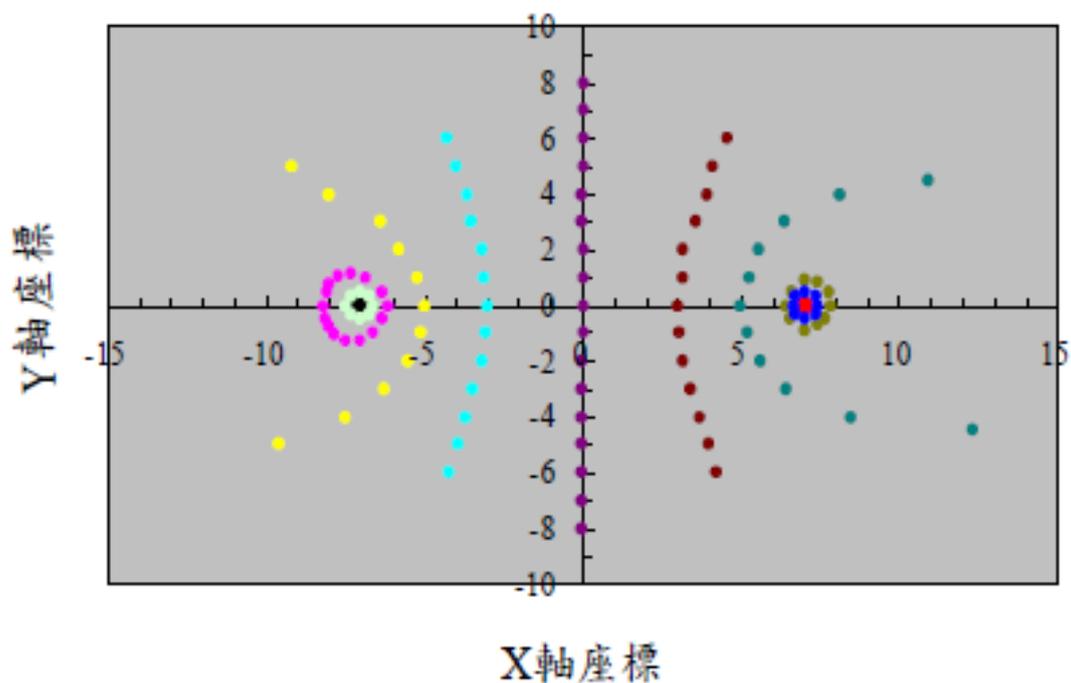


圖 1-12

## 二、 平行電板之等電位線

1. 以銀膠筆繪製兩條平行線相距 6 cm，約等 3 分鐘再做實驗。

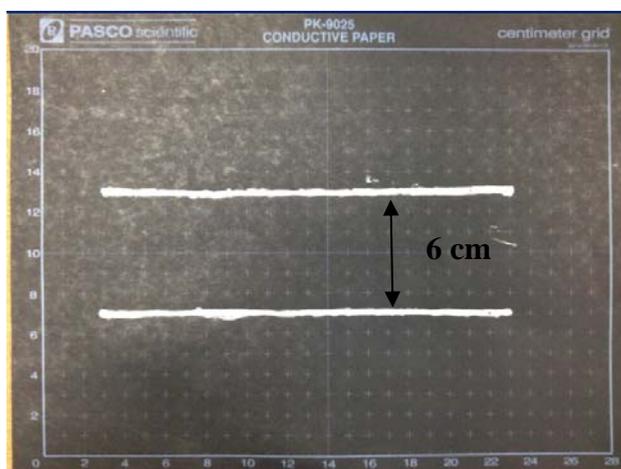


圖 1-13

- 將圖釘分別釘在平行線隨意位置上。

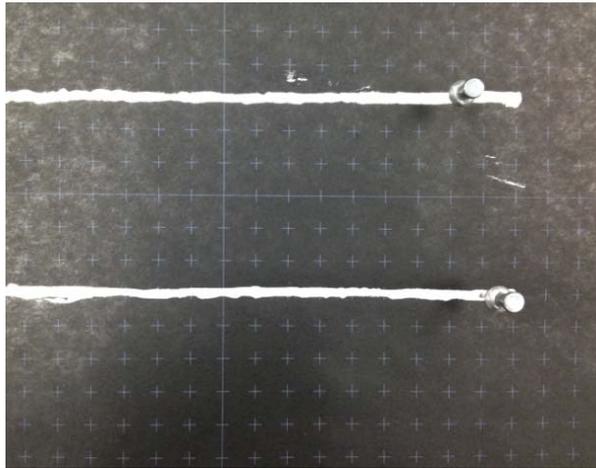


圖 1-14

- 將直流電源供應器(10V)正、負極接在圖釘上。

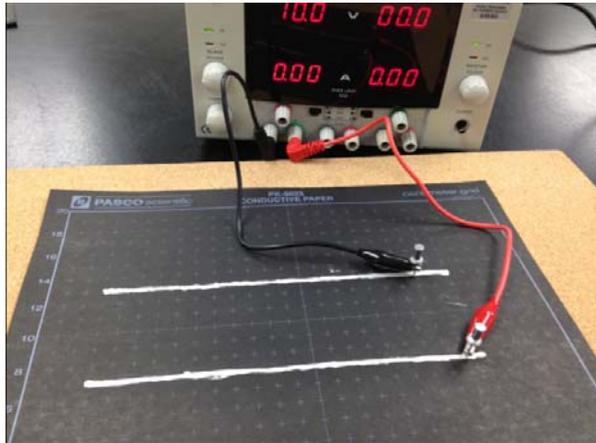


圖 1-15

- 量測正、負電極之間 A、B、C線上的電位變化，正電極距離 A線 5 cm、距離 B 線 3 cm、距離 C 線 1 cm。

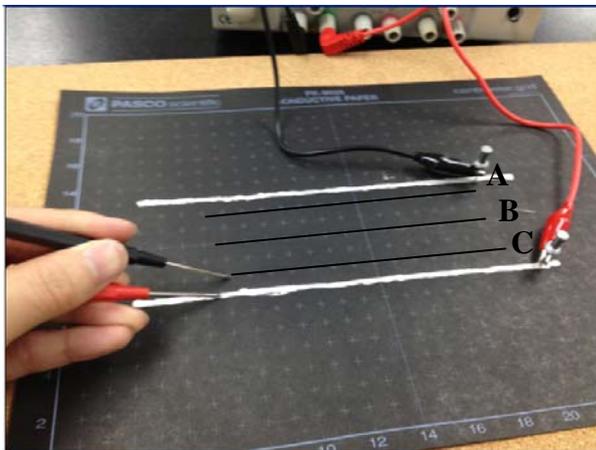


圖 1-16

5. 重複以上步驟，記錄至少3組不同電位之等電位線，每組至少需記錄5個點。

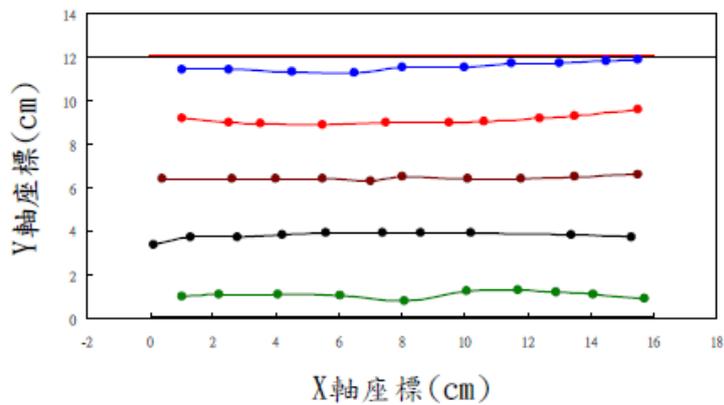


圖 1-17

### 三、繪製電力場

1. 在碳質畫紙上用銀膠筆畫上兩個點相距 8 cm，如圖 1-8。
2. 銀膠筆所畫上的點待乾 3 分鐘後通以 10 V 電壓，如圖 1-10。
3. 利用膠帶網綁三用電錶的兩枝量測棒。

#### ◆ 繪製正電荷至負電荷水平電力線

4. 在碳質畫紙中尋找正極左邊約 2 cm 處的 A 點為初始點。

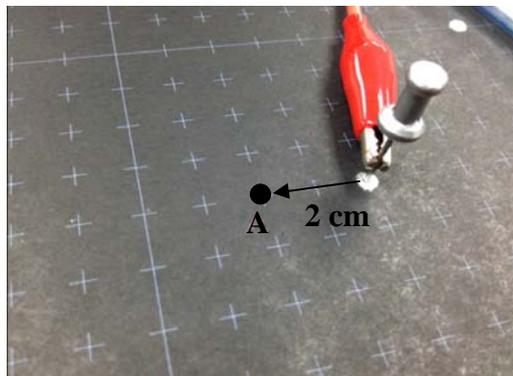


圖 1-18

5. 將網綁的三用電錶紅色量測棒，固定在 A 點上，另一端(黑色量測棒)環繞 A 點，尋找最大電位的位置(標示為  $A_1$  點)，並標記箭頭(A 點至  $A_1$  點)。再以  $A_1$  點為起始點，繼續畫出該電力線方向，至少 8 個點，如圖 1-19。

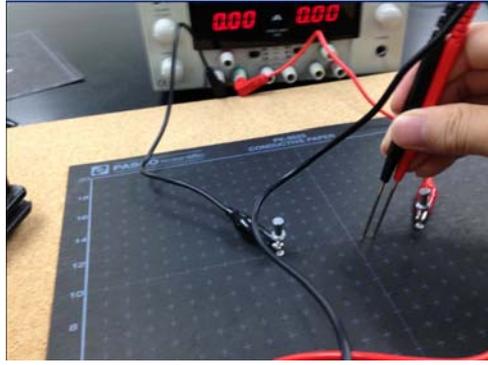


圖 1-19

◆ 繪製任意初始點的電力

6. 重複步驟 4~5，在 A 點向上、下移 2 cm 尋找以 B、C 兩點為初始點的電力場，如圖 1-22、1-23，每條電位線至少要有 8 個點。

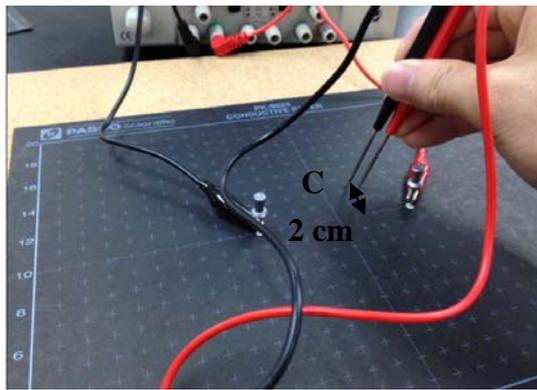


圖 1-20

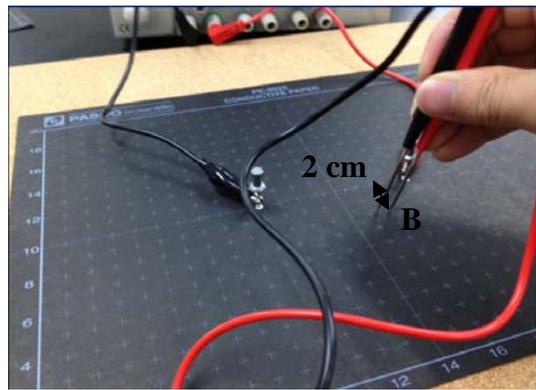


圖 1-21

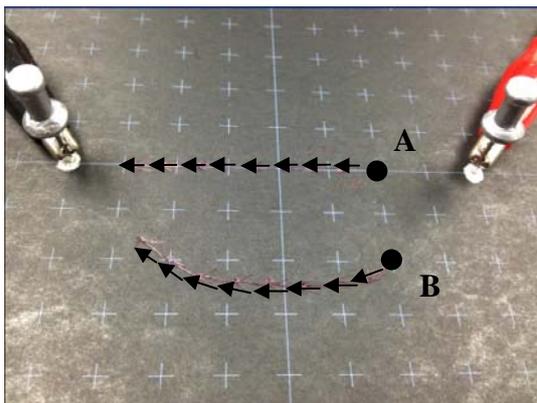


圖 1-22

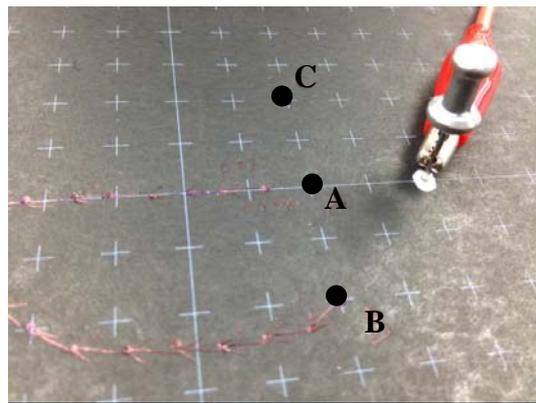
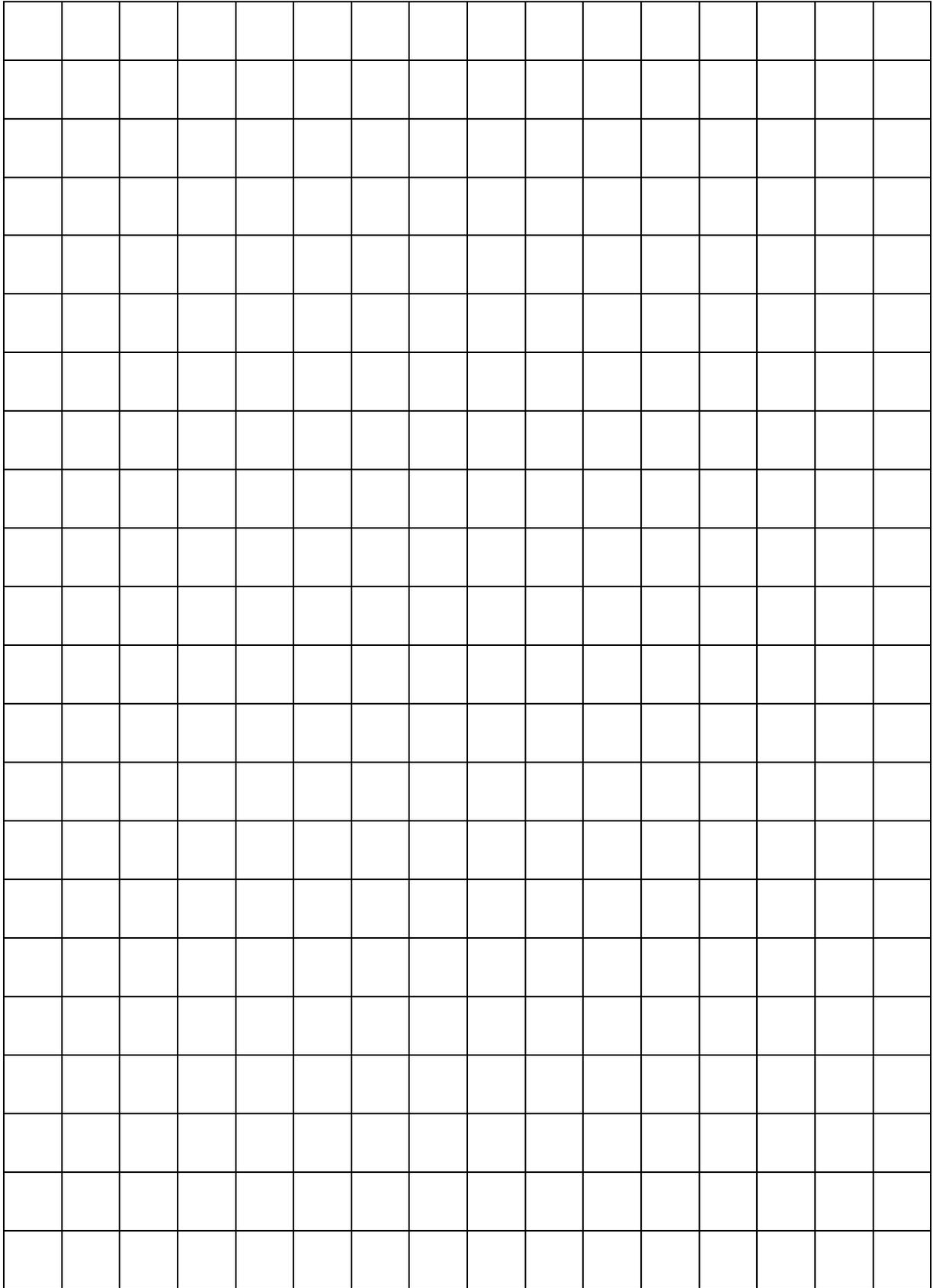


圖 1-23

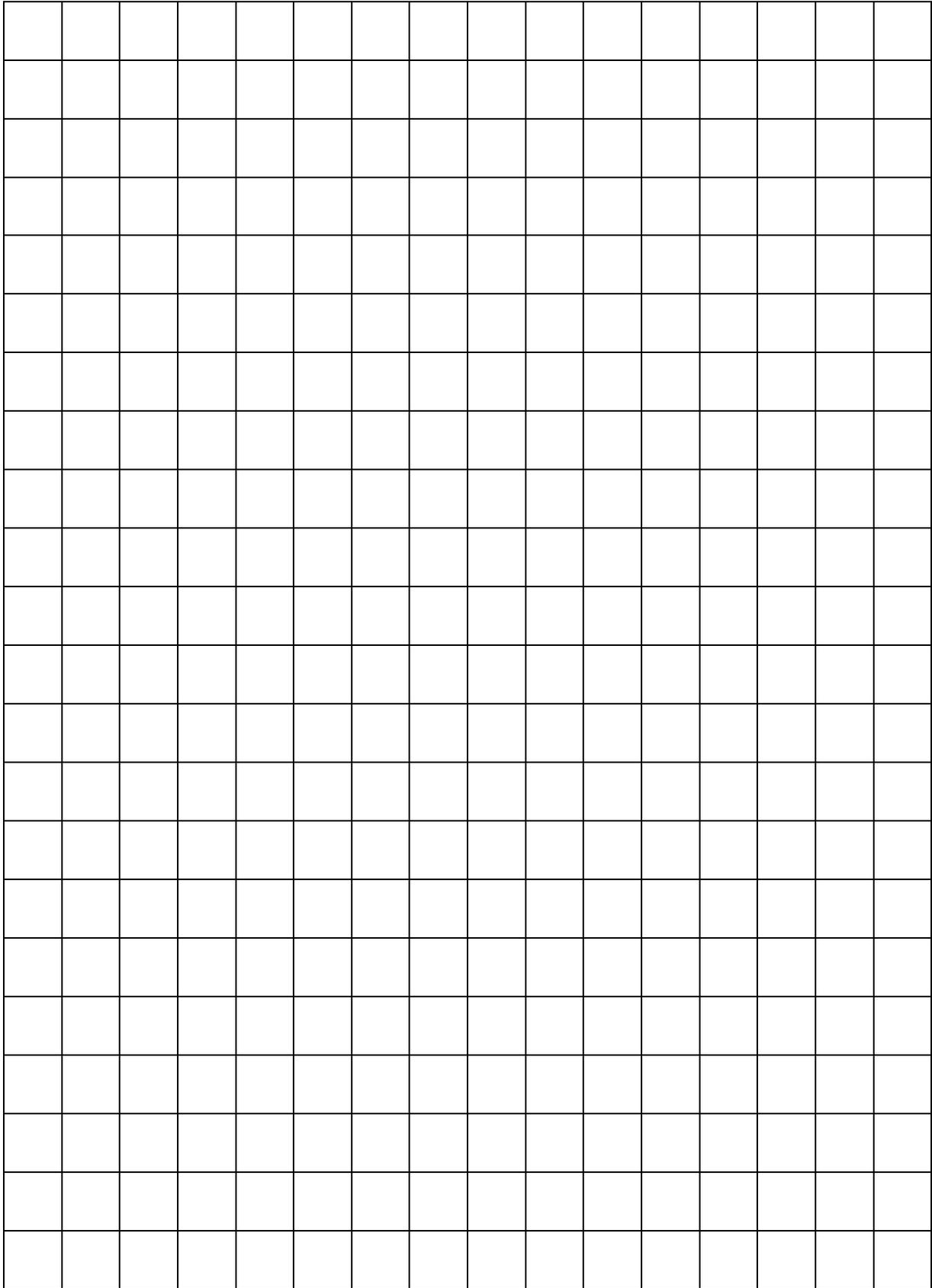
### 【問題與討論】

- 1 在實驗裝置中，當電源電壓改變時，電場強度和電位是否變化？電力線和等位線的形狀是否變化？
- 2 能否從你繪製的等位線或電力線圖中，判斷哪些地方電場較強？哪些地方電場較弱？
- 3 分析類比裝置與理論上的要求的符合與不足之處，指出影響結果的主要因素？

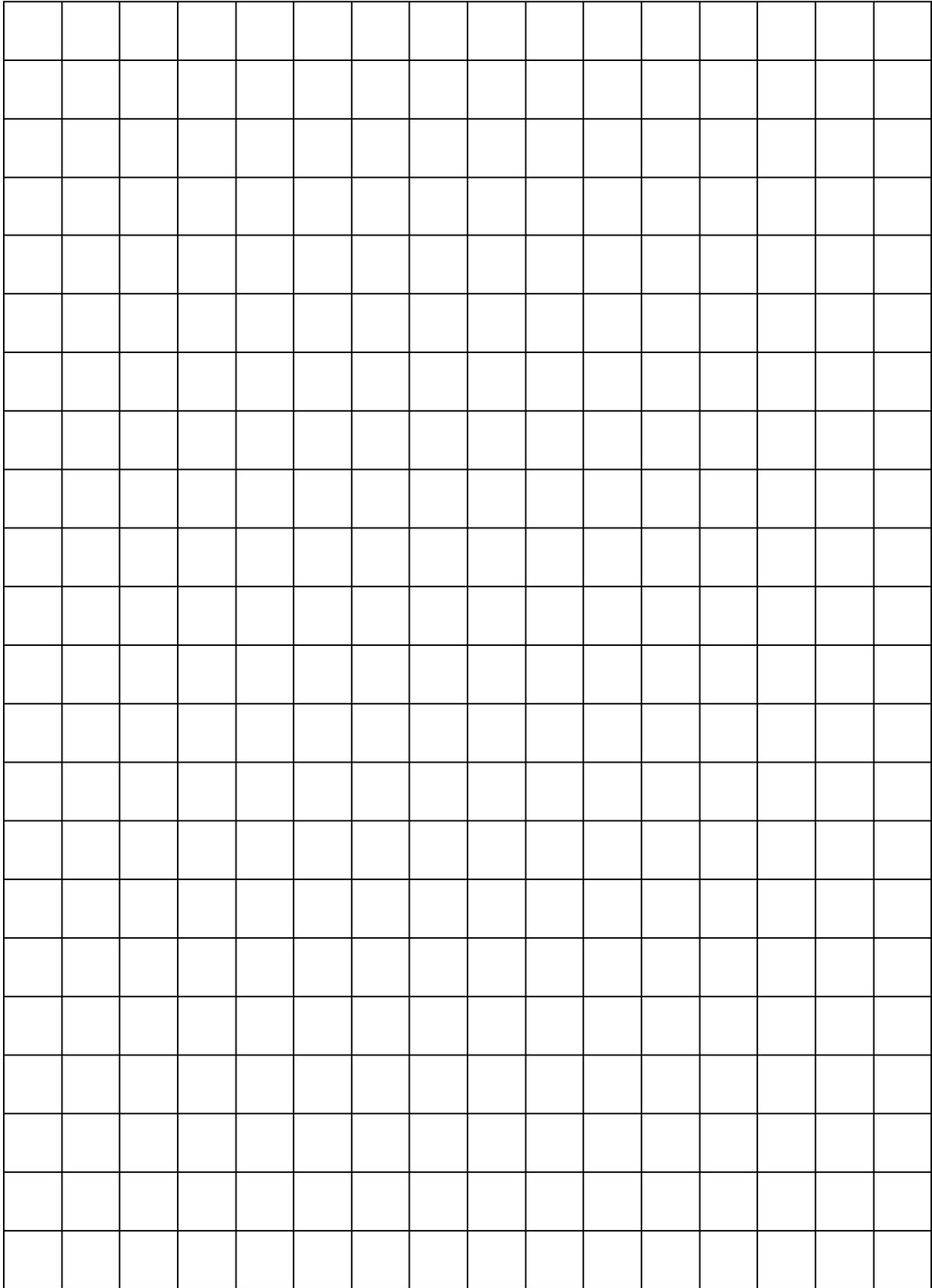
## 實驗十四 平面上兩電荷之等位線



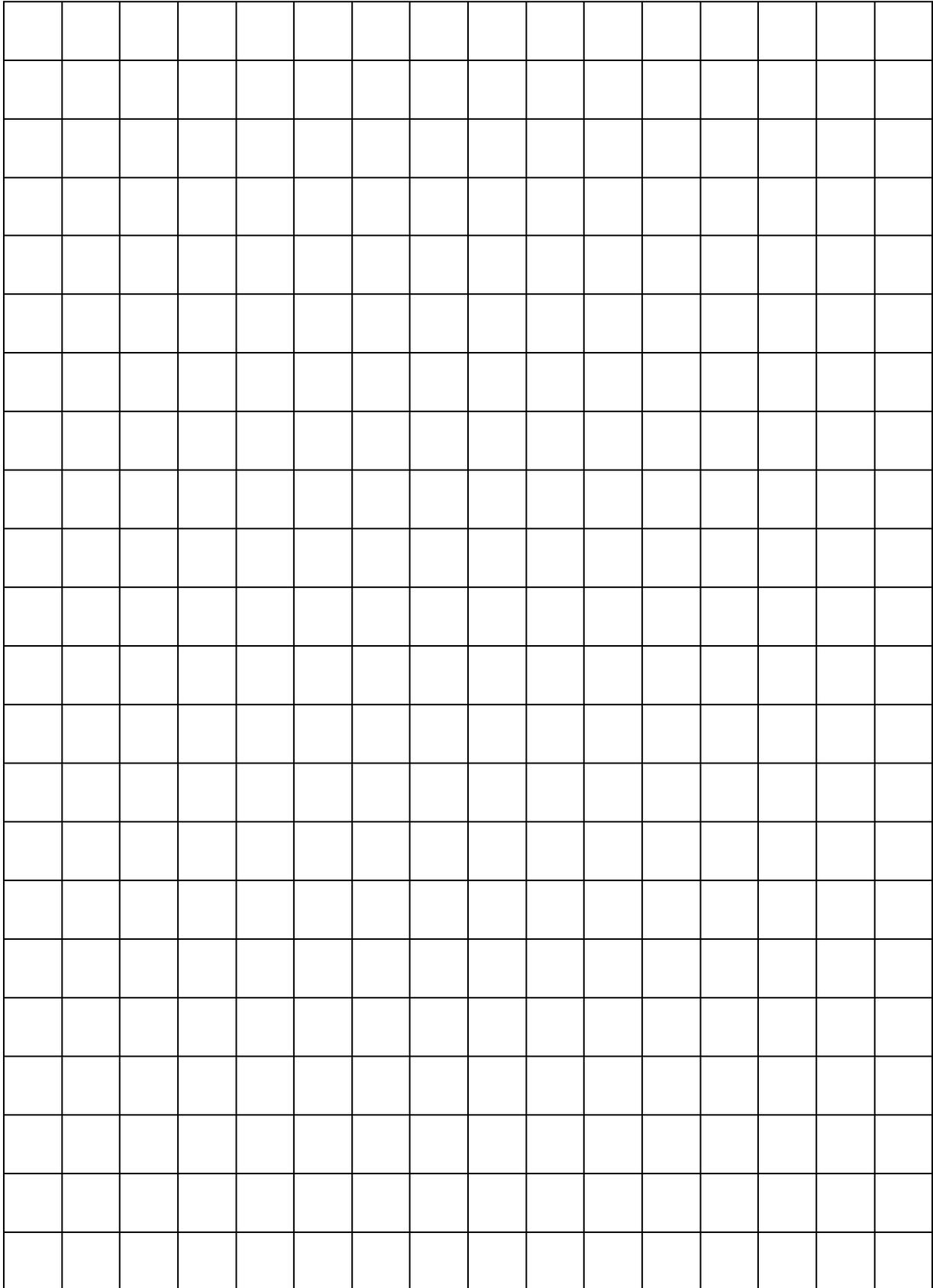
# 實驗十四 平行電板之等電位線



# 實驗十四 起始 A 點水平方向電力線



# 實驗十四 起始 B 點電力線



# 實驗十四 起始 C 點電力線

