

長直導線和螺線管的磁場

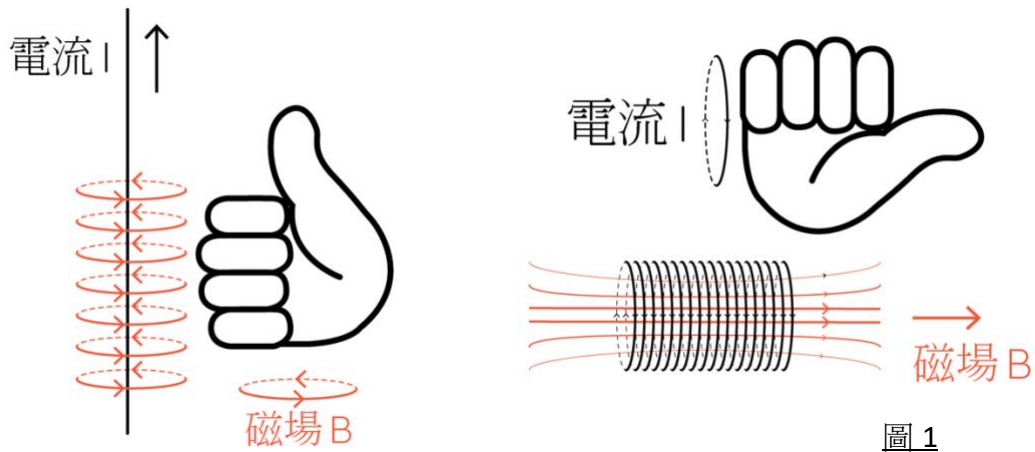


圖 1

目的

運用流動裝置的磁力計量度電流通長直導線和螺線管時所產生的磁場。

理論

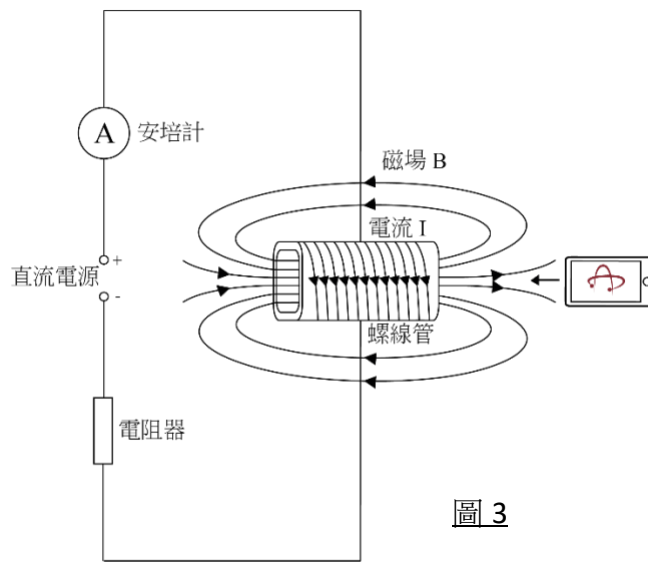
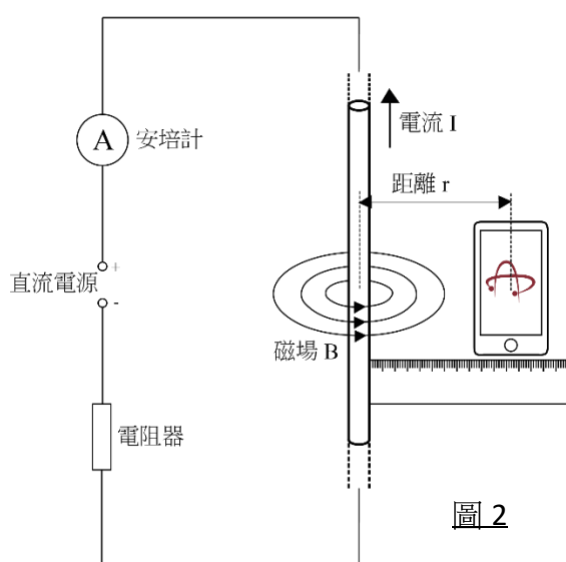
- 磁場由移動的電荷產生，用磁場線表達，磁場線愈緊密則磁場愈強，反之亦然。
- 電流 I 於長直導線內流動時產生的磁場強度為 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ， μ_0 是真空磁導率，數值為 $4.0 \times 10^{-7} \text{TmA}^{-1}$ ； I 是電荷流動所產生的電流； r 是導線的徑向距離。在固定電流 I 的情況下，可觀察磁場 B 和徑向距離 r 的關係；而在固定徑向距離 r 的情況下，則可觀察磁場 B 和電流 I 的關係(圖 1)。
- 假設導線長度為「無限」，導線長度 ℓ 比導線徑向距離 r 極大(即 $\ell \gg r$)，則可忽略導線端的雜散場對磁場的影響。導線產生的磁場圍繞導線呈同心圓狀，強度與徑向距離 r 成反比。運用右手螺旋定則，當右手姆指指向電流流動的方向，其餘手指的指向就是電流產生的磁場的方向(圖 1)。
- 電流 I 流過長度為 L 的 N 圈螺線管時，產生的磁場強度為 $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$ 。在固定電流 I 的情況下，可觀察磁場 B 和每單位長度的線圈數 N/L 的關係；在固定每單位長度的線圈數 N/L 的情況下，可觀察磁場 B 和電流 I 的關係(圖 1)。
- 在螺線管內放置鐵芯可令磁場更集中而且更強。
- 螺線管內的磁場是均強的，管外的磁場則與磁石產生的磁場相似，在一端分散及在另一端匯集，磁場線的指向可用右手螺旋定則決定(圖 1)。
- 磁場強度的標準單位是特斯拉(T)，而此實驗所用的單位為微特斯拉 $\mu\text{T}(10^{-6}\text{T})$ 。
- 為防止短路，電路應連接一個具適當電阻的電阻器，亦可以用不同電阻值的電阻器產生不同電流，藉以觀察電流對實驗結果的影響。
- 把安培計連接到電路以觀察電流的大小，單位為安培(A)。

- 應用程式“AP-Sensor”運用流動裝置內的磁力計量度環境的磁場強度。
- 根據疊加原理，合成磁場的強度是背景雜散(多餘的)磁場和長直導線或螺線管產生的磁場的總和，找出多餘的背景磁場有助減少環境對實驗結果的影響。

實驗儀器

- 一部已安裝“AP-Sensor”應用程式的流動裝置
- 一條長直導線
- 一個螺線管
- 一個低電壓的直流電源
- 一個安培計
- 一把尺
- 不同電阻值的電阻器

實驗設置



實驗步驟

設置實驗

1. 按圖 2 所示設置電路。
2. 在流動裝置啟動應用程式“AP-Sensor”，按「實驗」欄，選「磁場 Vs 距離」開始實驗。
3. 將流動裝置放置於導線的中間部份。

圖 4



消除背景雜散磁場

4. 在直流電源仍處於關閉狀態前，按「點擊這裡計數」鍵以測量背景磁場的強度(圖 4)，錄得數字會於該位置顯示，並在餘下時間從量度的數據中扣減背景強度，再次按下可重設此功能(圖 5)。

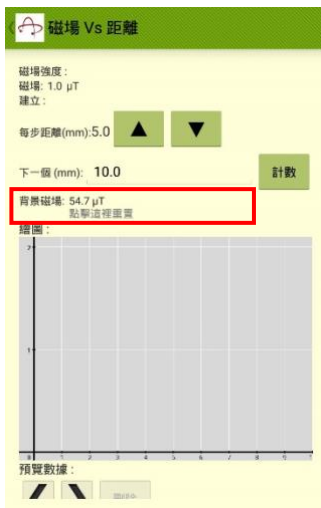


圖 5



圖 6



圖 7

第一部份：長直導線

5. 按「上/下箭咀」提高或降低「每步距離」0.1 毫米(圖 6)，可按照你所要求的數據間距另訂標準，建議「每步距離」可設為 5.0 毫米以合理間距觀察更明顯的磁場變化。
6. 第一步的距離預設為 5.0 毫米。假設磁場計在裝置的中心，量度裝置短邊的半長度，將此數據直接輸入到「下一個」鍵(圖 7)。(你不一一定要從最接近導線的位置開始量度，如果磁場達到一定強度，流動裝置應與導體保持適當距離，以免損害裝置內的電子零件。)
7. 開啟直流電源，閱讀安培計並記錄當前電流。
8. 按「計數」鍵記錄該距離的讀數，數據會同時記錄到圖表上，此時，應用程式會自動準備記錄下一數據點。
9. 把裝置沿著尺子移動一個間距，再按「計數」鍵記錄該讀數，重複此步驟直至所須數據均已記錄。
10. 已記錄的數據會在圖表及「預覽數據」表中顯示，指定的數據點以紅字顯示，可按「左/右」箭頭選擇數據點，選取欲刪除的數據點然後按「刪除」鍵，可將其刪除。圖 9 示範圖 8 中

的第 2 個數據點刪除。注意被刪除的數據不能復原。

註：如欲繼續讀取更多數據，刪除數據後須重設「下一個」。

11. 複製數據，並繪製磁場強度-距離倒數圖(1/r)。
12. 在固定距離 r ，透過改變電源電壓(如適用)或者使用不同電阻值的電阻器產生不同電流 I ，重複步驟 6 至 10。

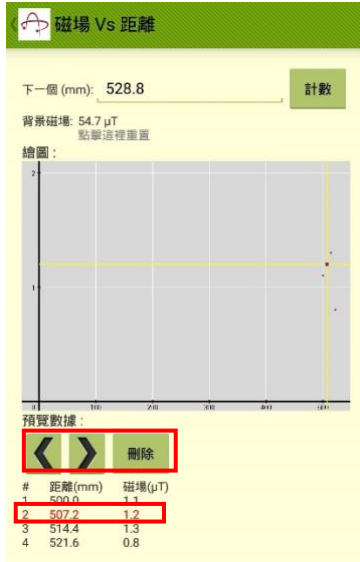


圖 8

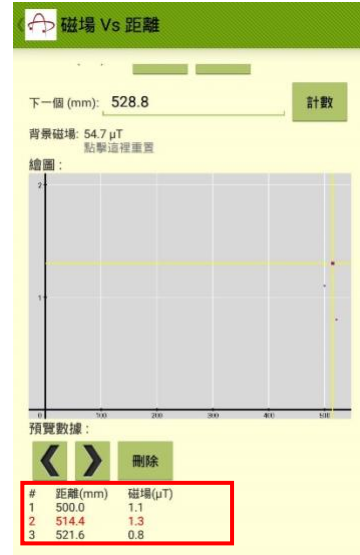


圖 9

第二部份：螺線管

13. 按照圖 3 設置電路，並記錄螺線管每單位長度的圈數。
14. 將流動裝置放置在螺線管內的中間位置。
15. 保持直流電於關閉狀態，按「點擊這裡計數」鍵以量度背景磁場強度。
16. 開啟直流電源，在安培計檢視及記錄電流 I 。
17. 在螺線管內某幾個位置按「計數」鍵，觀察其規律並記錄結果。
18. 將流動裝置固定在螺線管內的某個位置，透過改變電源電壓(如適用)或者使用不同電阻值的電阻器產生不同電流 I ，量度磁場強度的變化。
19. 以同一電流值，量度不同每單位長度的圈數 N/L 的螺線管所產生的磁場強度。

數據

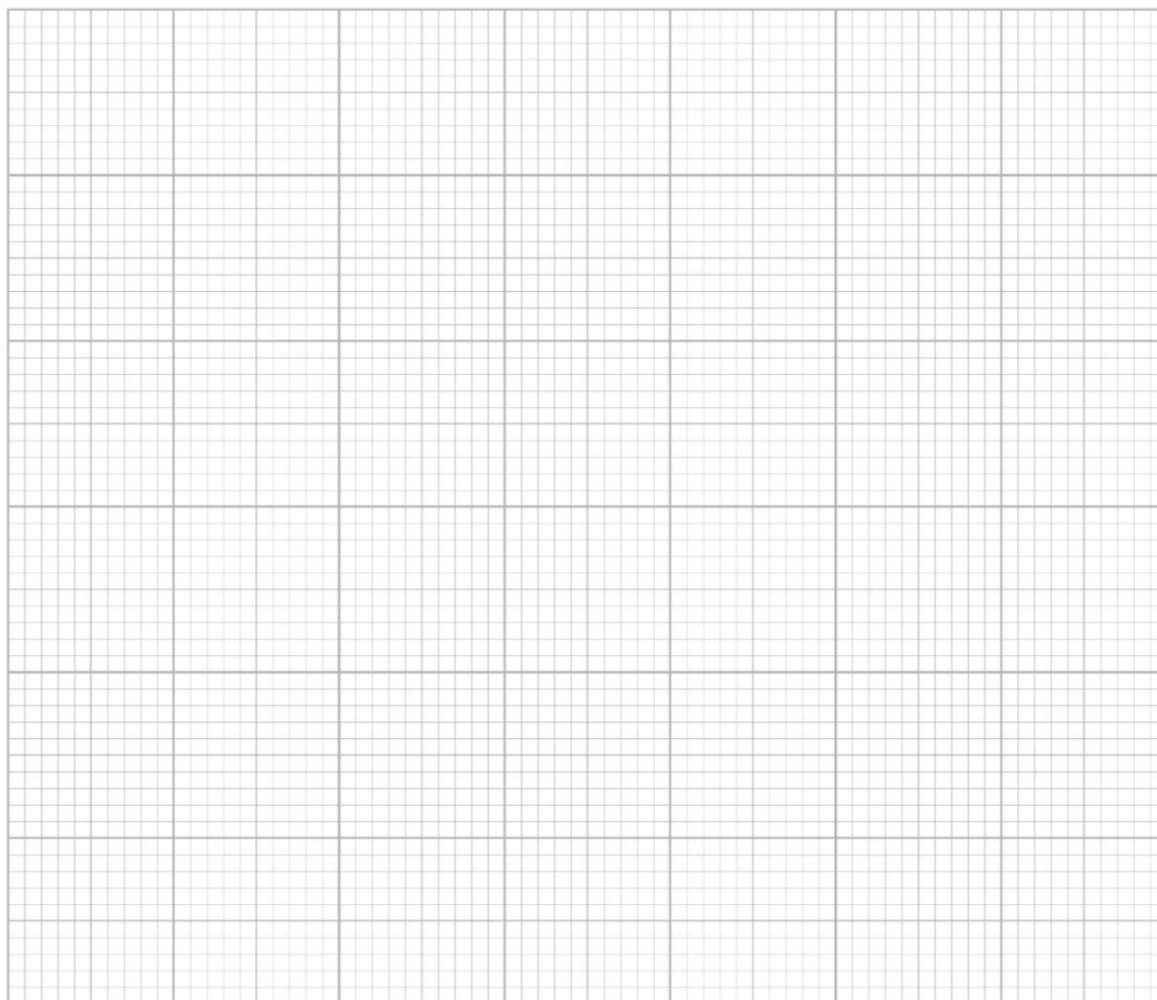
第 1.1 部份：與長直導線不同距離的磁場強度

背景磁場 = _____

電流 $I =$ _____

距離 r (米)	距離倒數 $1/r$ (米 ⁻¹)	磁場強度 B (特斯拉)

繪畫磁場強度 B 與距離倒數 $1/r$ 的關係。

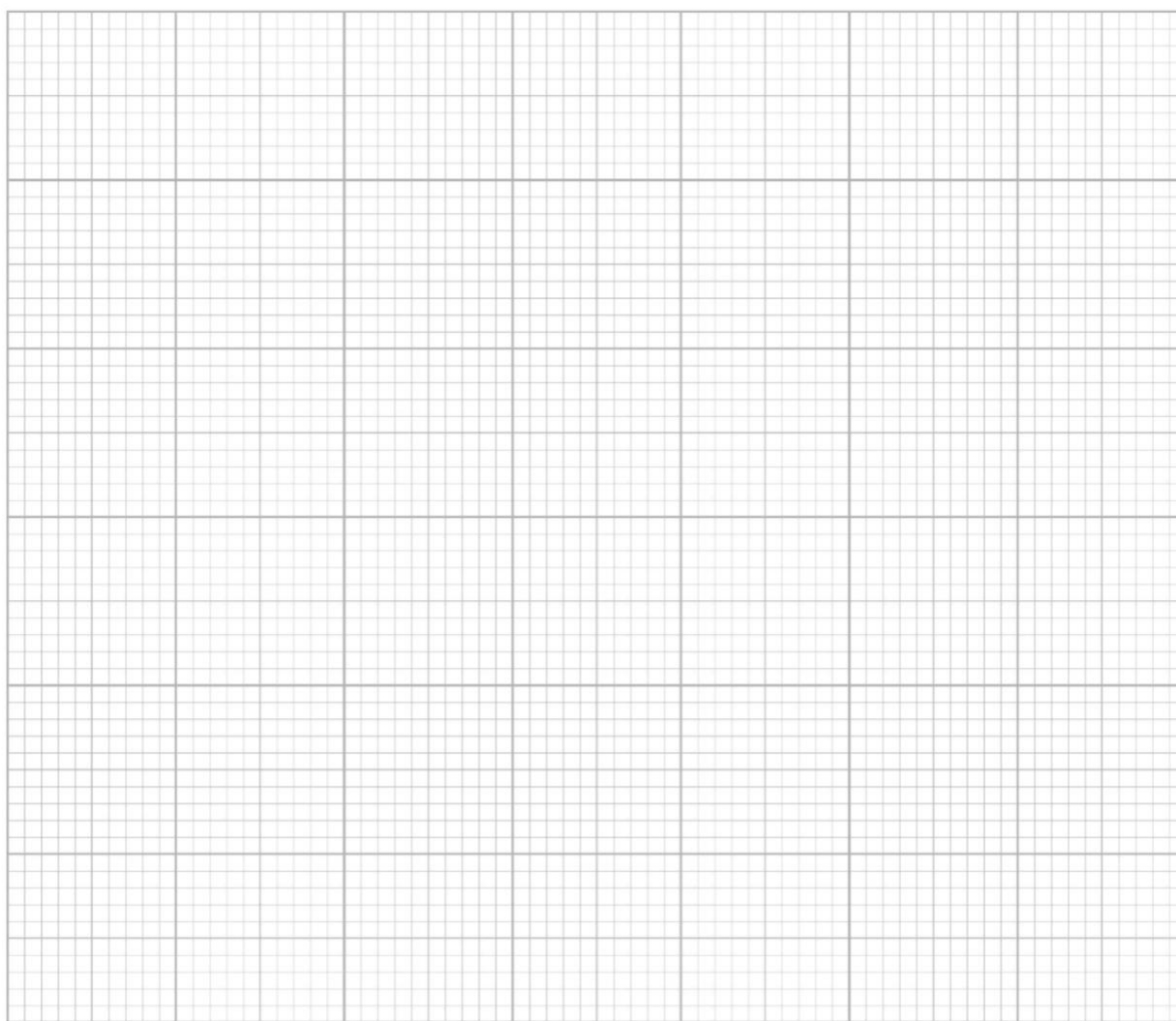


第 1.2 部份：長直導線由不同電流產生的磁場強度

距離 $r =$ _____

電流 I (安培)	磁場強度 B (特斯拉)

繪畫磁場強度 B 與電流 I 的關係。



第 2.1 部份：不同電流的螺線管所產生的磁場

背景磁場 = _____

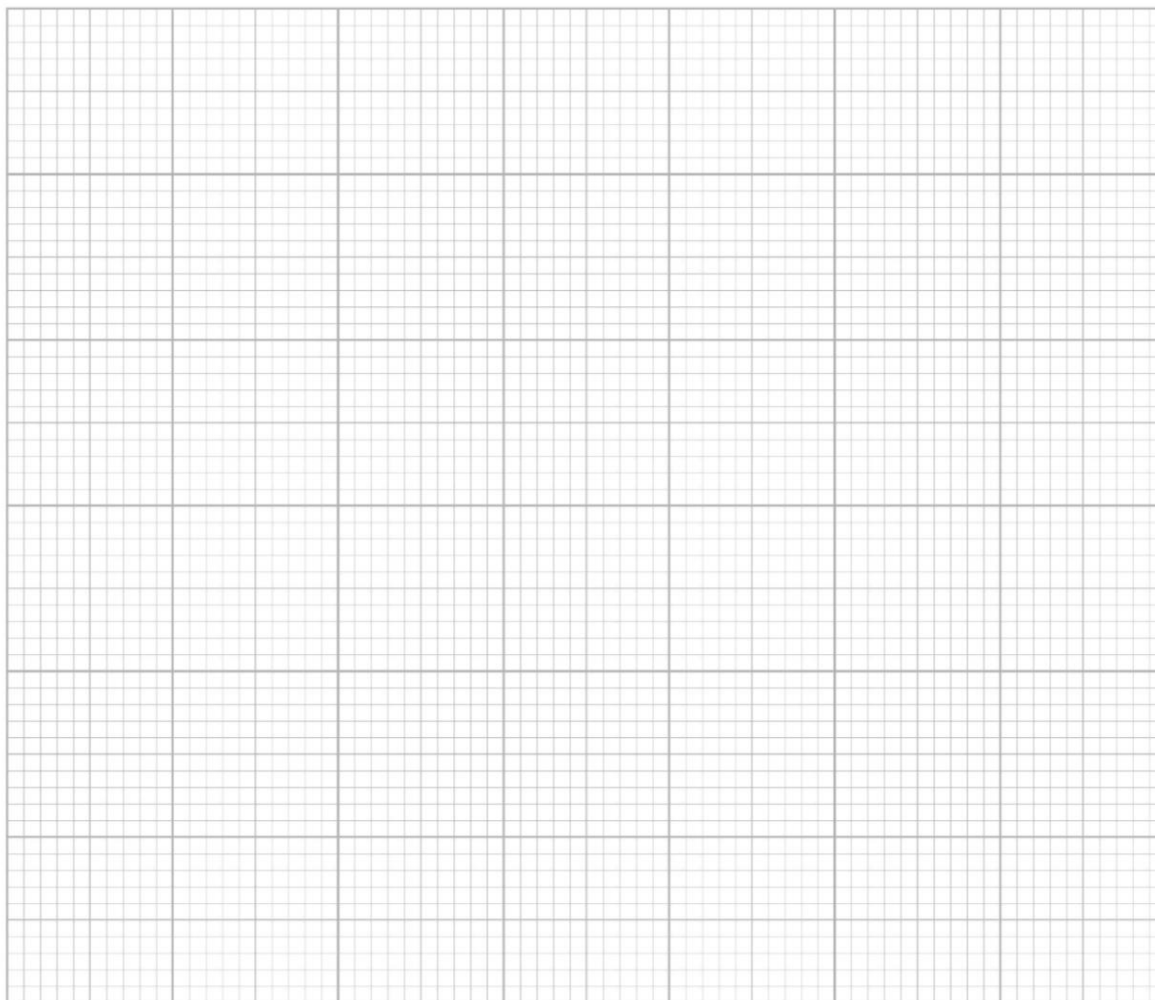
螺線管圈數 $N =$ _____

螺線管長度 $L =$ _____

每單位長度的圈數 $N/L =$ _____

電流 I (安培)	磁場強度 B (特斯拉)

繪畫磁場強度 B 與電流 I 的關係。

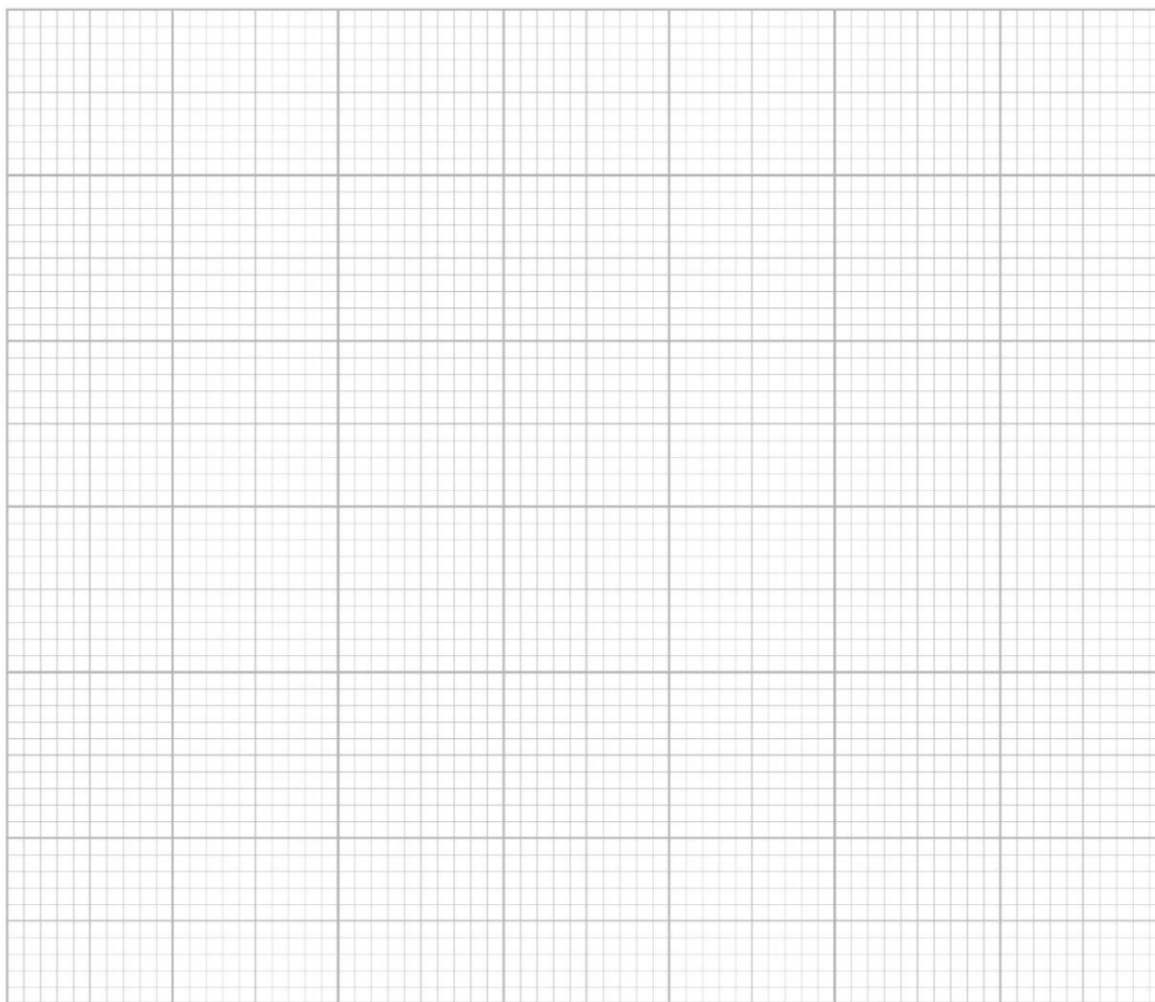


第 2.2 部份：不同每單位長度的圈數的螺線管所產生的磁場

電流 $I =$ _____

圈數	螺線管長度(米)	每單位長度的圈數 (米 ⁻¹)	磁場強度 B (特斯拉)

繪畫磁場強度 B 與每單位長度的圈數 N/L 的關係。



討論

1. 背景磁場有甚麼源頭？對實驗的影響明顯嗎？
2. 在長直導線的實驗中，磁場強度 B 與導線的距離 r 有何關係？磁場強度 B 與電流 I 的關係又如何？
3. 在螺線管的實驗中，磁場強度 B 與電流 I 有何關係？磁場強度 B 與螺線管每單位長度的圈數 N/L 又有何關係？
4. 螺線管內不同位置的磁場有何變化？
5. 從以上圖表的斜率可以計算出真空磁導率 μ_0 的實驗數值，其數值是多少？試比較是次實驗的值與理論值。
6. 實驗存在甚麼誤差？有甚麼可行方法減少這類誤差？