

實驗三 螺線管與 U 型磁鐵磁場強度之量測

※ 此實驗之霍耳探計容易受損，購買高昂，接線完成打開電源前，務必請老師親自檢查。如因接線不當而導致損壞，須負賠償責任。

一、 實驗內容

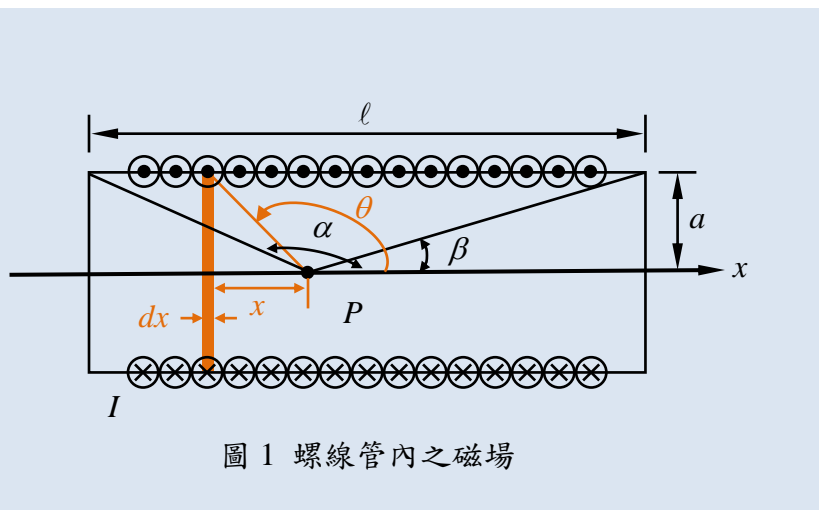
用霍耳探測棒（霍耳探針）與高斯計量測各種磁場產生源的磁場強度分佈。

二、 實驗器材（請參考附錄 I）

名稱	數量	名稱	數量	名稱	數量
高斯計	1	直流電源 (inSTEK)	1	膠帶	1
霍爾軸向探棒(附刻度)	1	U 形磁鐵組合	1	三用電表	1
螺線管組合	1	霍爾測試組合	1		

三、 理論

螺線管內之磁場



1. 有限長螺線管內磁場強度

一長度為 ℓ ，半徑為 a 之螺線管繞有 N 匝之線圈，如圖 2 所示，若 n 為每單位長度之匝數 ($n = \frac{N}{\ell}$)，則線元素 dx 所包含之電流數為 $nI dx$ ，這些電流對軸心上 P 點所產生的磁場 dB 為

$$dB = \frac{I\mu_0 a^2 n dx}{2(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

利用 $x = a \cot(\pi - \theta)$ 則 dB 可表為

$$dB = \frac{\mu_0 n I}{2} \sin\theta d\theta$$

於是管內 P 點之磁場為

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 n I}{2} \int_{\beta}^{\alpha} \sin\theta d\theta = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos\beta - \cos\alpha)$$

2. 無限長螺線管內磁場強度

當螺線管為無限長時， $\beta = 0$ ， $\alpha = \pi$ ，於是管內磁場成為

$$B = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos 0 - \cos \pi) = \mu_0 n I$$

為一均勻磁場。

註：一般所使用之磁場單位為 G (Gauss)， $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ 。

四、實驗步驟

1. U 型磁鐵間 B 場大小之量測

(a) 不具圓盤之柱狀鐵心

參考圖 2 所示將儀器架設完成。

(1) 如附錄 II，先將高斯計歸零。

(2) 如圖 2 所示，將線路連接好。請老師檢查線路無誤，完成表 1 所列實驗。

(b) 具圓盤之柱狀鐵心

(1) 如圖 3 所示，將線路圖連接好。請老師檢查線路無誤，完成表 2 所列實驗。

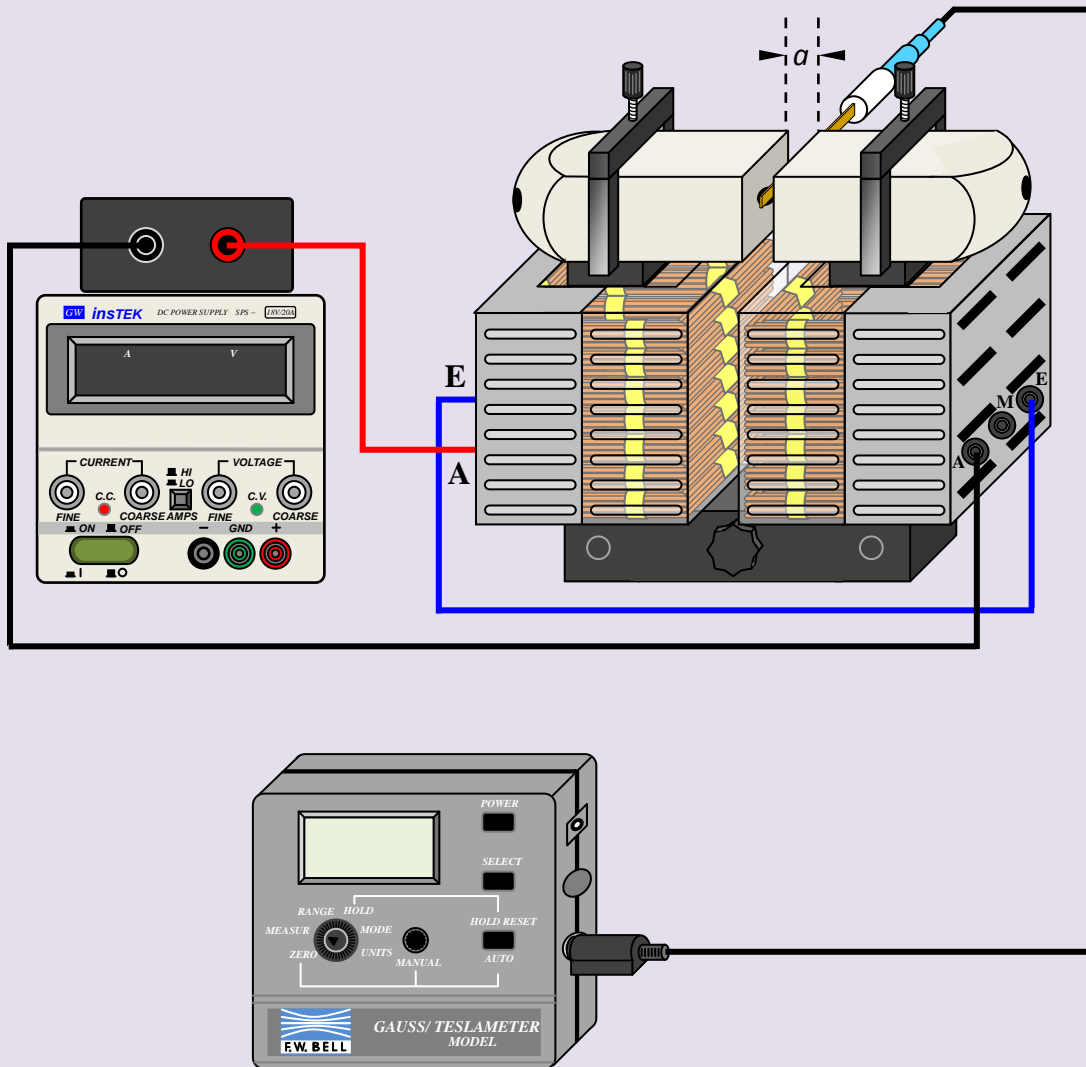


圖2. U型磁鐵間無圓盤 B 場大小之量測裝置圖

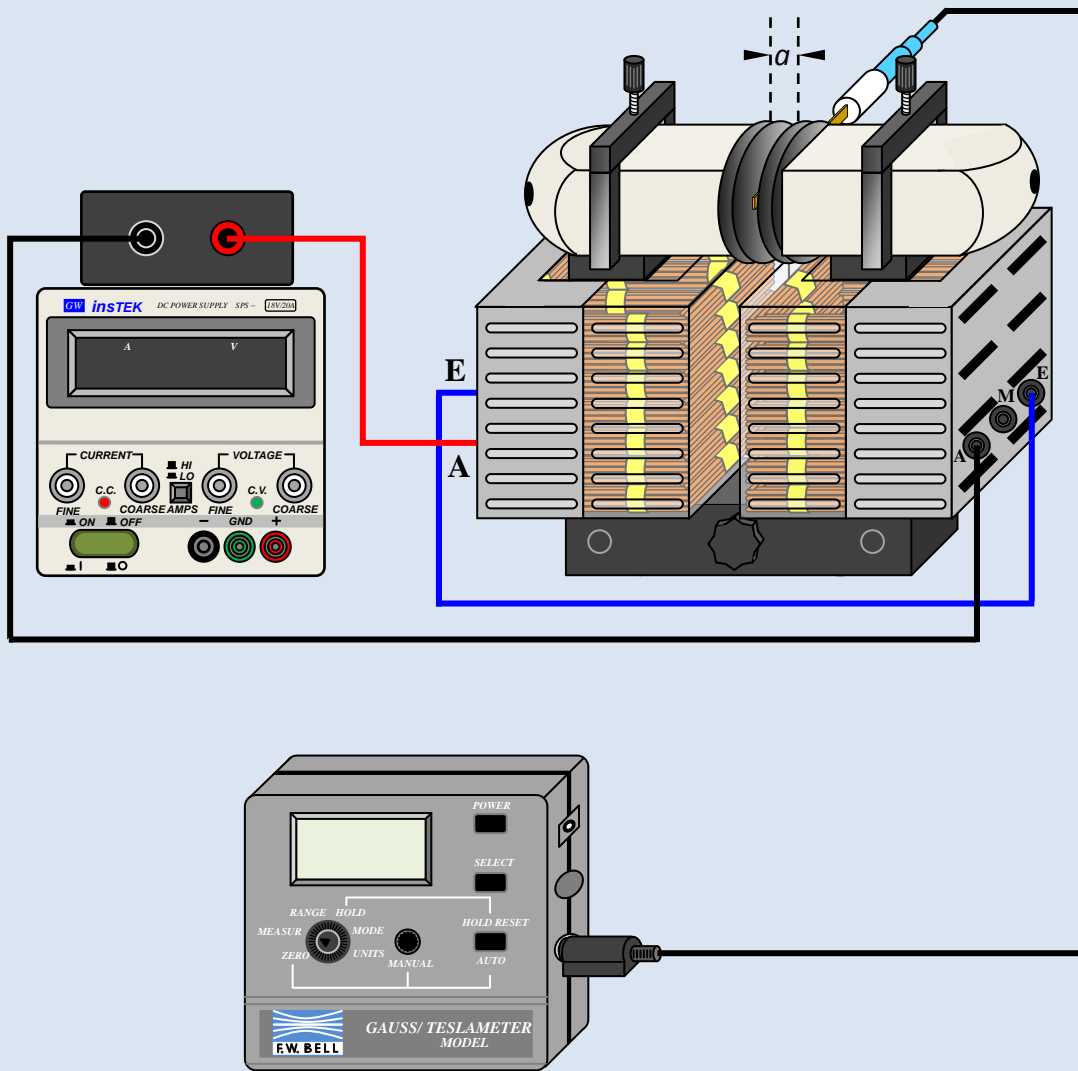


圖 3. U型磁鐵間有圓盤 B 場大小之量測裝置圖

2. 螺線管內 B 場大小量測：

參考圖 4 所示將儀器架設完成。

1. 如附錄 II，以標準線圈校正霍耳測試組合（用軸向測試棒置於軸心）。
2. 如裝置圖 4 所示，將線路連接好，請老師檢查確定無誤後，使電流 I 為 5 A，計算螺線管(粗管)線圈單位長度之匝數為 _____，以管中心位置為 0，完成表 3 實驗。
3. 以高斯計測試棒穿進孔穴，到達軸中心點，測量 B 為 _____ (I 亦為 5A)。
4. 線圈外磁場為 0 之位置 _____，_____。
5. 將螺線管(粗管)換成細管，重複步驟 2~4，完成表 4 實驗。

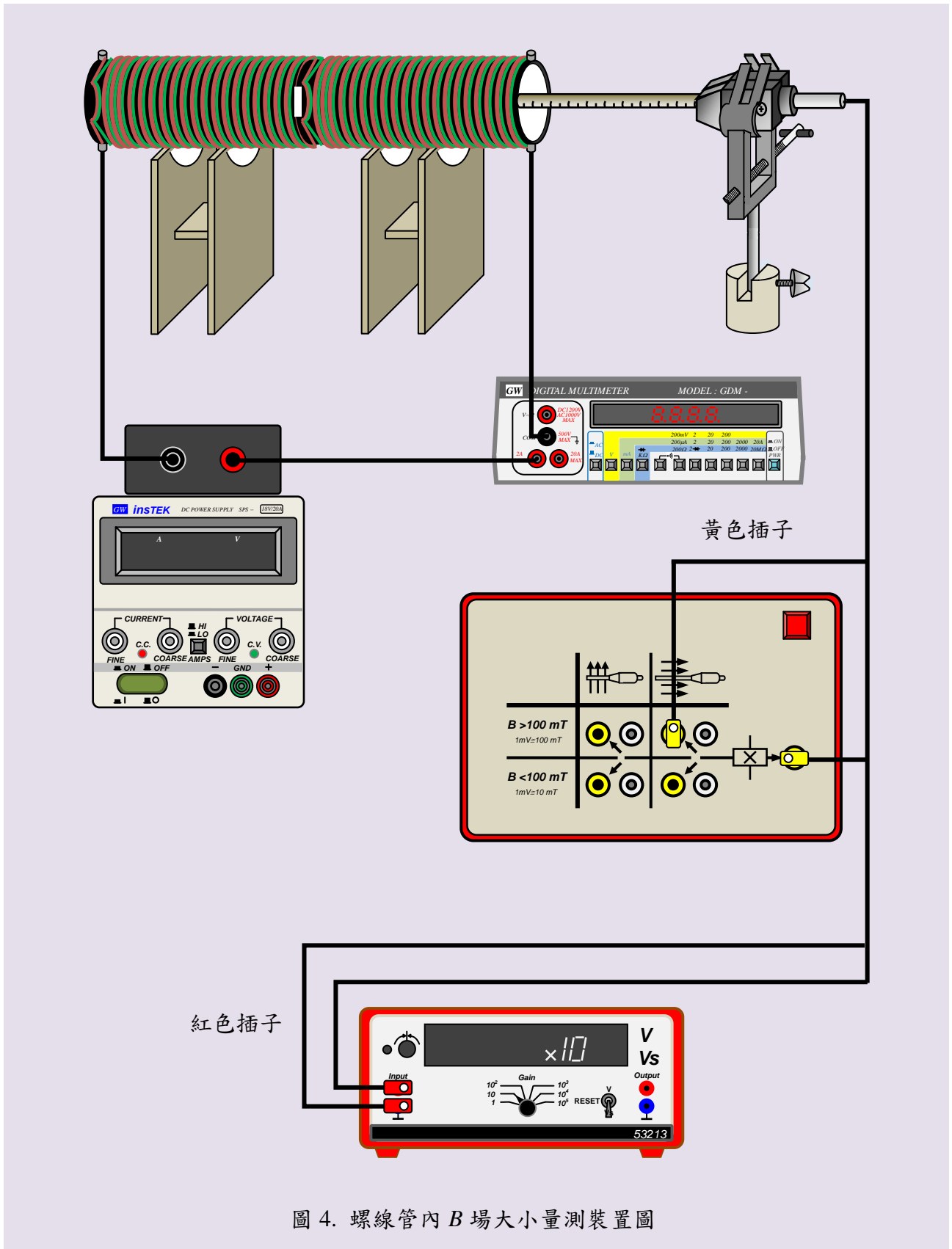


圖 4. 螺線管內 B 場大小量測裝置圖

實驗三 螺線管與 U 型磁鐵磁場強度之量測

組別：_____ 姓名：_____ 同組同學姓名：_____

日期：_____ 教師簽署：_____

實驗記錄

(一) U 型磁鐵間 B 場大小之量測

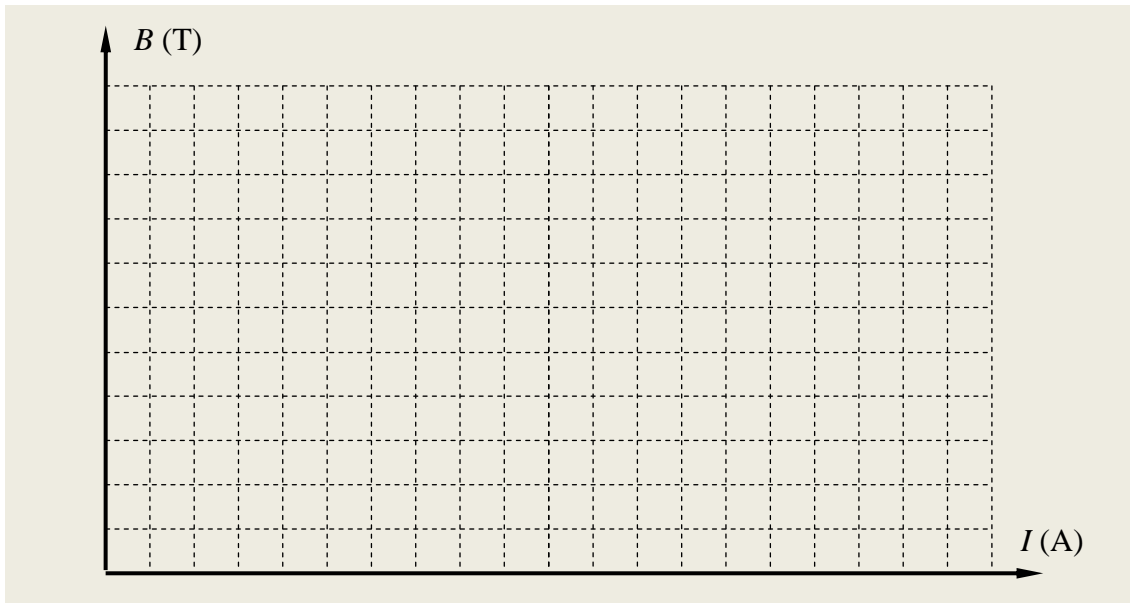
表 1. U 型磁鐵間不具圓盤之柱狀鐵心 B 場大小

a (mm)	I (A)	1	2	3	4	5	6
	B (T)						
4							
8							
12							
16							
20							

表 2. U 型磁鐵具圓盤之柱狀鐵心間 B 場大小

a (mm)	I (A)	1	2	3	4	5	6
	B (T)						
4							
8							
12							
16							
20							

3. 做不同 a 值之 $B-I$ 圖



問題

1. 解釋 $B-I$ 圖曲線發生之原因。
2. 圓盤對實驗結果有無影響？試述你的理由。

(二) 螺線管內 B 場大小量測

表 3. 螺線管 (粗管)內 B 場

$x(\text{cm})$	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	
實驗值																						
理論值																						
誤差																						

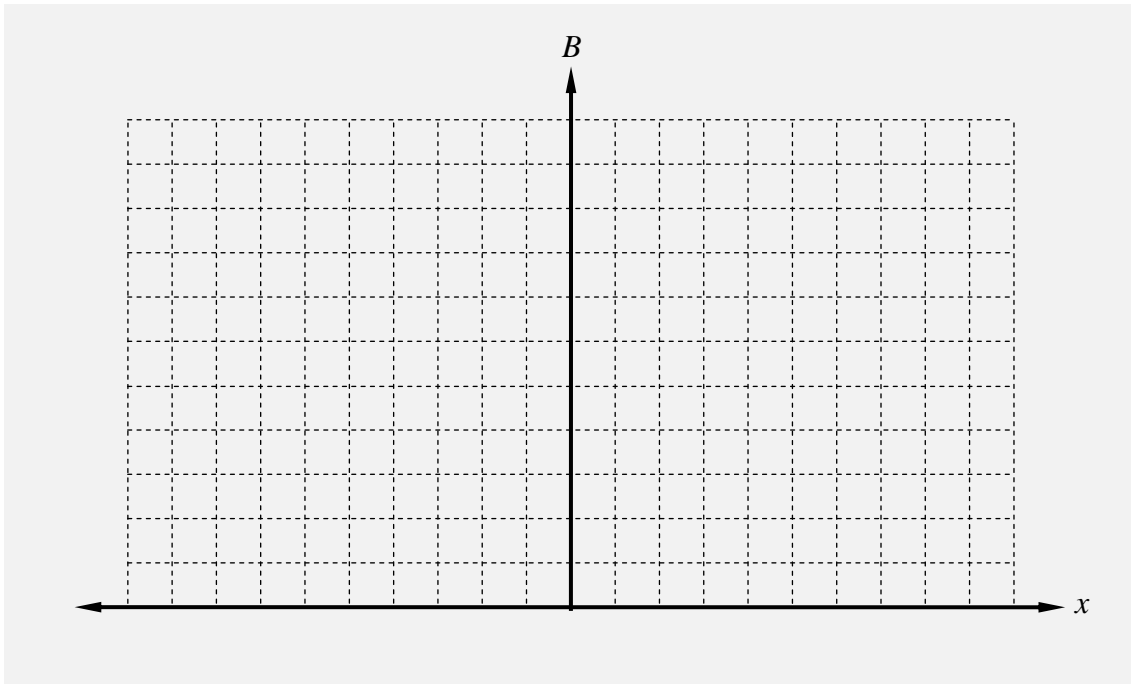
1. 線圈單位長度之匝數為 _____。
2. 以高斯計測試軸中心點 B 為 _____，與上表 $x=0$ 處之數據比較。
3. 線圈外磁場為 0 之位置 _____，_____。

表 4. 螺線管 (細管)內 B 場

$x(\text{cm})$	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	
實驗值																						
理論值																						
誤差																						

1. 線圈單位長度之匝數為 _____。
2. 以高斯計測試軸中心點 B 為 _____，與上表 $x=0$ 處之數據比較。
3. 線圈外磁場為 0 之位置 _____，_____。

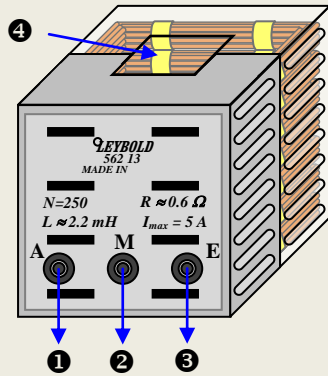
4. 做粗管與細管之 B - x 圖



問題

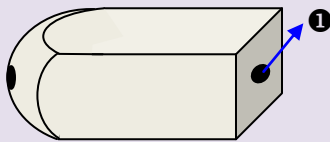
1. 解釋 B - x 圖曲線行為之原因。
2. 粗管與細管哪一個較趨近於無線長螺線管?為什麼?
3. 除了用霍耳測試棒的方法量 B 場外,還有什麼方法可以量 B 場?請詳細說明原理?試繪出簡單的裝置圖。

附錄 I



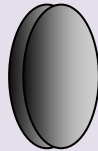
線圈：

- ① 線圈插孔 (A: Begin)
- ② 線圈插孔 (M: Middle)
- ③ 線圈插孔 (E: End)
- ④ U 形鐵心插入孔

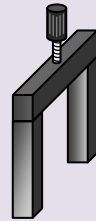


柱狀鐵心

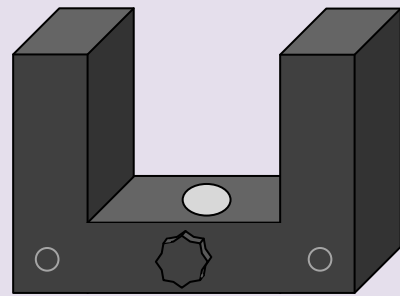
- ① 圓盤插入孔



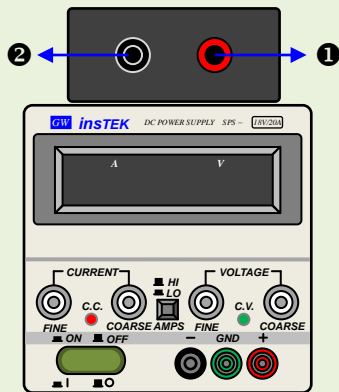
圓盤



柱狀鐵心
固定夾

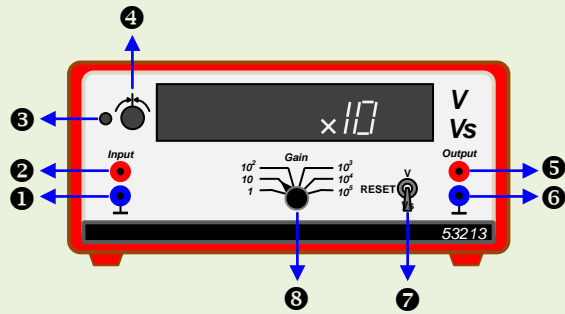


U 型鐵心



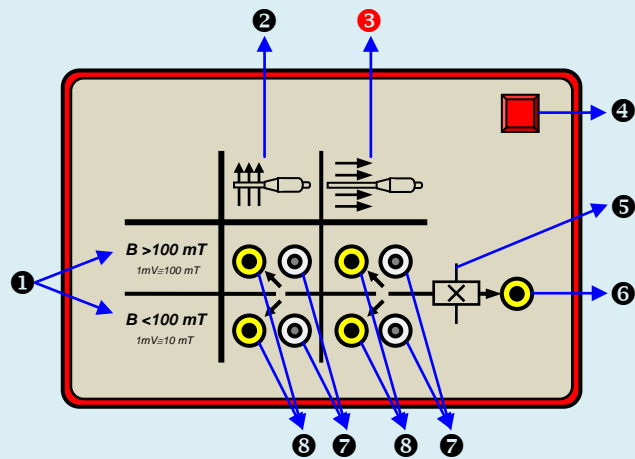
inSTEK 直流電源

- ① “+” 輸出插孔
- ② “-” 輸出插孔



微伏計

- ① “-” 輸入端插孔
- ② “+” 輸入端插孔
- ③ 補償鈕
- ④ 歸零鈕
- ⑤ “+” 輸出端插孔
- ⑥ “-” 輸出端插孔
- ⑦ 功能選擇鈕
- ⑧ 放大倍率選擇鈕



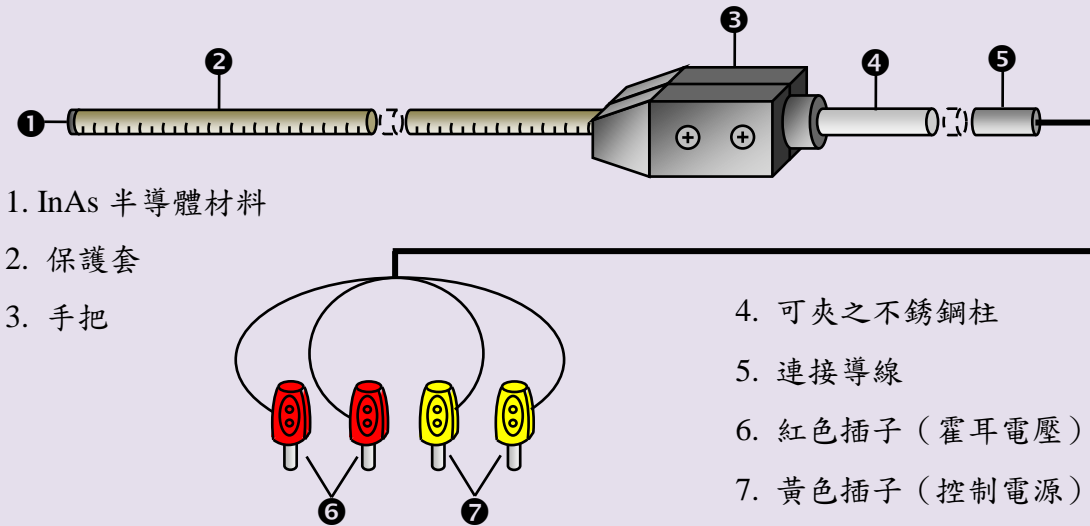
霍耳測試電源供應器

- ① 測量 B 場大小範圍指示
- ② 切線方向測試棒使用區
- ③ 軸向測試棒使用區
- ④ 電源指示燈
- ⑤ 霍耳產生器的符號
- ⑥ 控制電流輸出控制 “-” (共同端)
- ⑦ 可調電流鈕
- ⑧ 控制電流輸出 “+”。

可調電流之範圍

1. $B < 100 \text{ mT}$: 5 ~ 15 (mA)
2. $B > 100 \text{ mT}$: 50 ~ 150 (mA)

軸向霍爾測試棒



1. InAs 半導體材料

2. 保護套

3. 手把

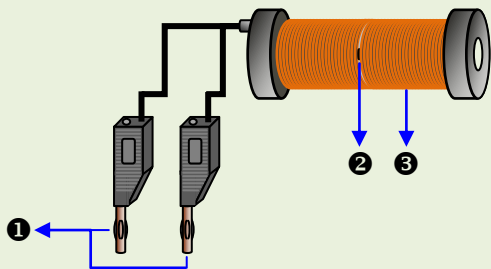
4. 可夾之不銹鋼柱

5. 連接導線

6. 紅色插子 (霍耳電壓)

7. 黃色插子 (控制電源)

※ 測試範圍：0.3 mT~1 T



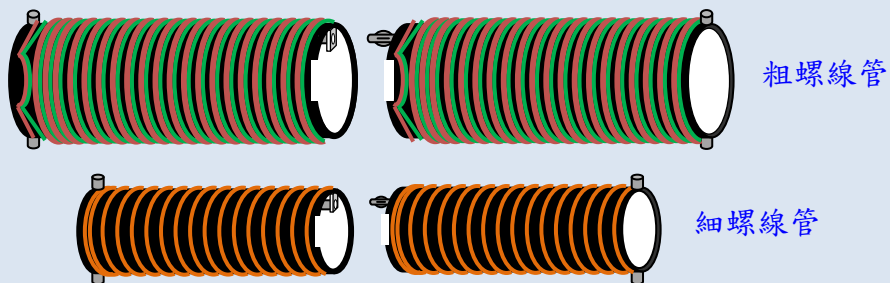
軸向霍爾測試棒校正標準線圈

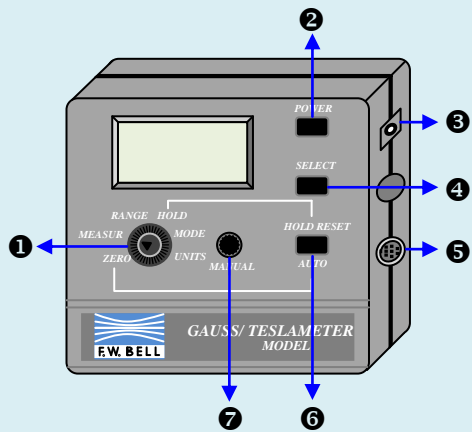
① 電源供應 (給線圈) 插子

② 空隙

③ 線圈

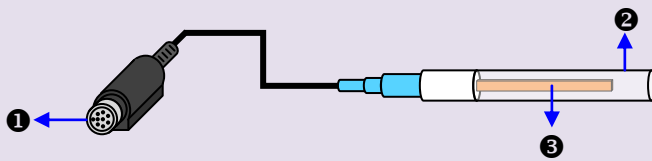
※ 線圈通過 1A 電源時，空隙中心 $B=10 \text{ mT}$





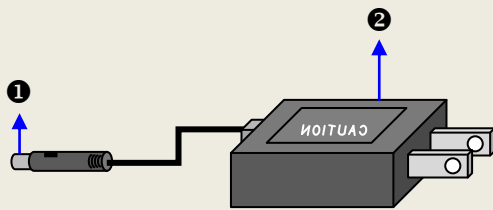
高斯計

- ① 功能選擇鈕
- ② 電源按鈕
- ③ DC 電源線插孔
- ④ 選擇鈕
- ⑤ 探棒插孔
- ⑥ 自動量測鈕
- ⑦ 手動選擇鈕



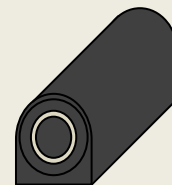
高斯計探棒

- ① 訊號連接插頭
- ② 保護套
- ③ 探棒



高斯計電源供應器

- ① DC 電源輸出插頭
- ② AC 電源插頭



高斯計歸零校正腔

附錄 II

高斯計操作步驟：

1. 將高斯計探棒之訊號連接插頭插入高斯計之探棒插孔
2. 將高斯計電源供應器之 DC 電源輸出插頭插入高斯計 DC 電源線插孔
3. 按下電源按鈕
4. 設定探棒編碼(CAL. NO.)：
依”千-百-十-個”之順序，每設定好一位數，按一次”ENTER”，完成時連按兩次”ENTER”。
5. 歸零：
將探棒放入高斯計歸零校正腔後按 ZERO“PB”鍵。待顯示出數值，即可開始測量。

**注意：換裝探棒時，按住黑色鈕直接拔起，
切勿扭轉！！**

軸向霍爾測試組合之校正步驟:

1. 如霍耳測試組合校正裝置圖 5 之連接路線，因為線圈磁場為 10 mT，故測試棒電源供應器應選擇下方 ($B < 100 \text{ mT}$) 之黃色插孔。
2. 標準線圈通以 1A 之電流，將軸向霍耳測試棒小心插入線圈中如圖 6 所示。
3. 依測試棒電源供應器的指示 $10 \text{ mT} = 1 \text{ mV}$ ，所以微伏計讀數須為 1mV，如果讀數超過或不足 1 mV，則調整可調電流鈕使至此值即校正完畢。
4. 校正完畢後所有霍耳測試組合儀表上的可調電流鈕，不能再有變化，保持此情況去完成所要做的實驗。

六、注意事項

1. 直流電壓信號放大器的使用方法必須詳讀，不懂之處務必請帶課老師指導，禁止隨意亂

調，否則損壞必須負責；一支測試棒價錢 NT\$20,000。

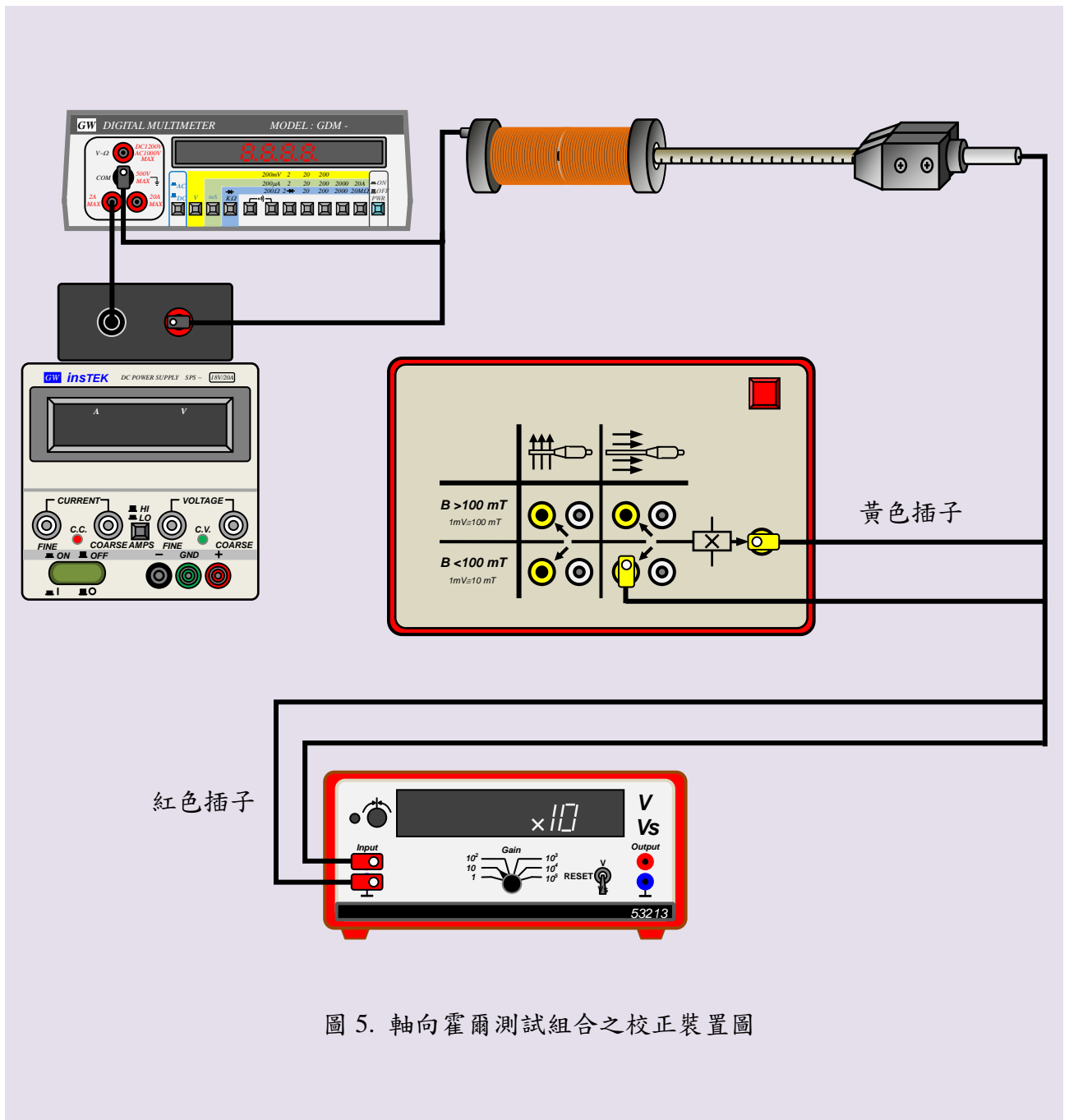


圖 5. 軸向霍爾測試組合之校正裝置圖