

第 106 學年度清華大學普通物理實驗(21)

預報 或 結報 課程編號：10620PHY5 (02011)

實驗名稱：荷姆霍茲線圈

系 級：材料21 組 別：7

學 號：106031204, 106031209 姓 名：彭慧文

組 員：林曉亮

實驗日期：107年5月23日 補作日期： 年 月 日

◎ 以下為助教記錄區

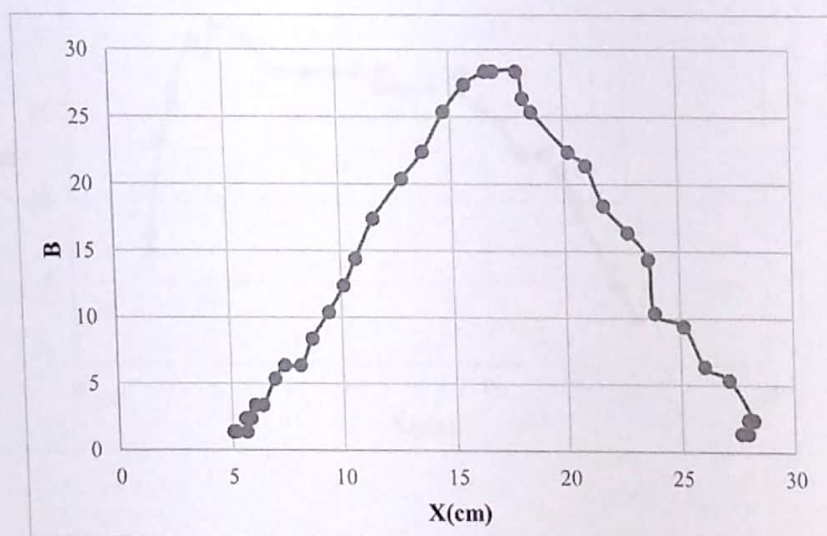
預報繳交日期	報告成績	助教簽名欄
	A	
結報繳交日期		
報告缺失紀錄		

一、結果與分析

(一) DC 測量

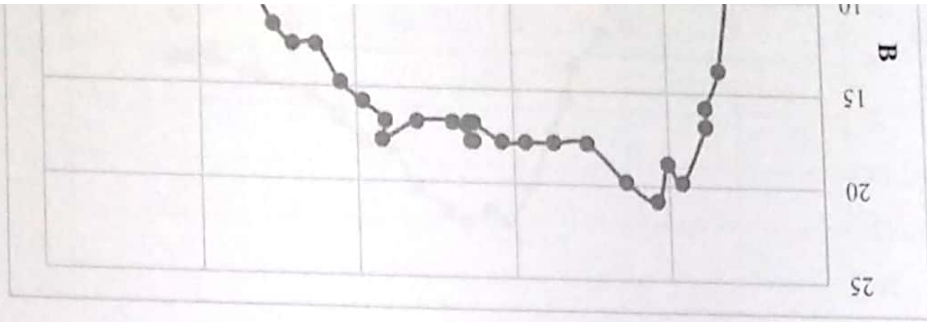
1. 單一線圈的磁場測量

X(cm)	B	X(cm)	B
27.62	1.4	14.73	25.4
27.93	1.4	13.76	22.4
27.93	2.4	12.81	20.4
27.93	2.4	11.5	17.4
28.18	2.4	10.68	14.4
27.13	5.4	10.14	12.4
26.05	6.4	9.44	10.4
25.15	9.4	8.67	8.4
23.89	10.4	8.13	6.4
23.64	14.4	7.41	6.4
22.77	16.4	6.96	5.4
21.72	18.4	6.39	3.4
20.97	21.4	6.05	3.4
20.22	22.4	5.6	2.4
18.61	25.4	5.85	2.4
18.25	26.4	5.65	1.4
17.99	28.4	5.15	1.4
16.94	28.4	5.05	1.4
16.6	28.4		
15.68	27.4		



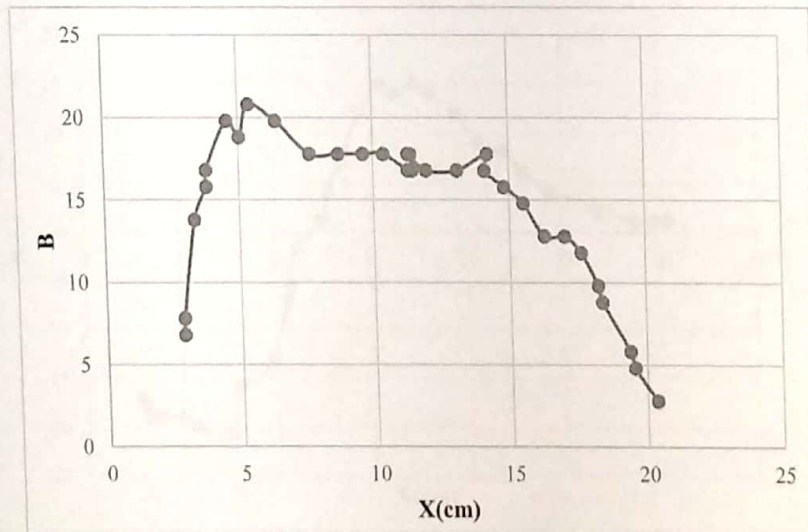
2. 亥姆霍茲線圖

X(cm)	B	X(cm)	B
20.37	2.8	8.72	17.8
19.56	4.8	7.65	17.8
19.4	5.8	6.41	19.8
18.4	8.8	5.41	20.8
18.25	9.8	5.05	18.8
17.64	11.8	4.59	19.8
17.04	12.8	3.79	16.8
16.29	12.8	3.79	15.8
15.53	14.8	3.33	13.8
14.83	15.8	2.87	7.8
14.12	16.8		
14.22	17.8		
13.11	16.8		
11.96	16.8		
11.29	17.8		
11.39	17.8		
11.45	16.8		
11.29	16.8		
10.39	17.8		
9.63	17.8		



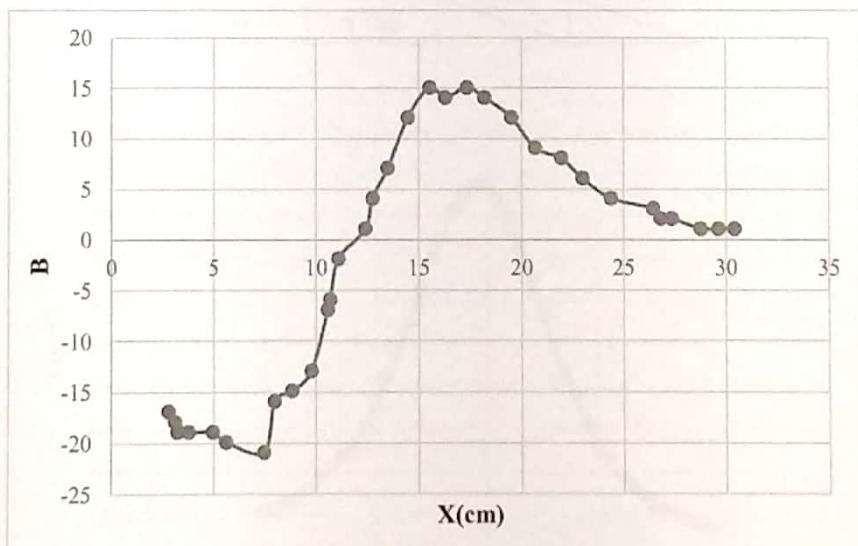
2. 亥姆霍茲線圈

X(cm)	B	X(cm)	B
20.37	2.8	8.72	17.8
19.56	4.8	7.65	17.8
19.4	5.8	6.41	19.8
18.4	8.8	5.41	20.8
18.25	9.8	5.05	18.8
17.64	11.8	4.59	19.8
17.04	12.8	3.79	16.8
16.29	12.8	3.79	15.8
15.53	14.8	3.33	13.8
14.83	15.8	2.87	7.8
14.12	16.8		
14.22	17.8		
13.11	16.8		
11.96	16.8		
11.29	17.8		
11.39	17.8		
11.45	16.8		
11.29	16.8		
10.39	17.8		
9.63	17.8		



3. 反亥姆霍茲線圈

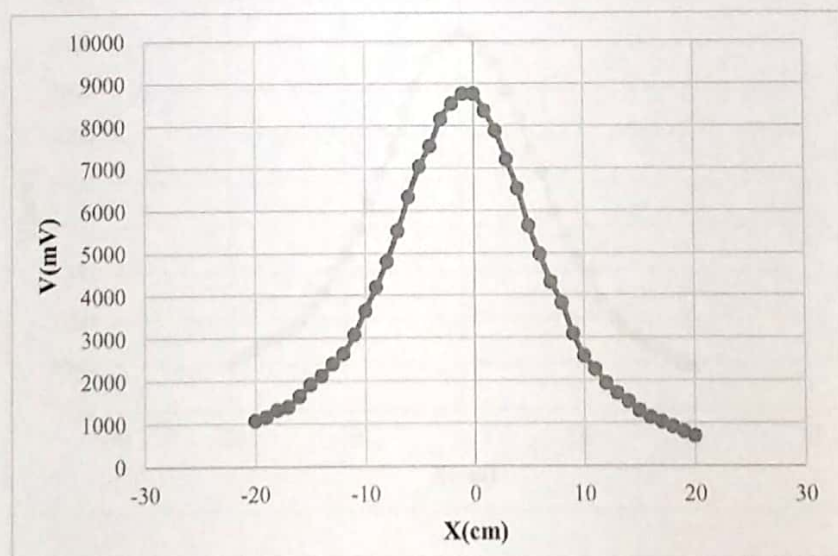
X(cm)	B	X(cm)	B
30.43	1.1	10.7	-5.9
29.64	1.1	10.58	-6.9
28.78	1.1	9.78	-12.9
27.36	2.1	8.83	-14.9
26.82	2.1	7.98	-15.9
26.46	3.1	7.47	-20.9
24.39	4.1	5.61	-19.9
22.99	6.1	4.95	-18.9
21.94	8.1	3.78	-18.9
20.66	9.1	3.1	-17.9
19.51	12.1	3.23	-18.9
18.2	14.1	2.79	-16.9
17.35	15.1		
16.29	14.1		
15.53	15.1		
14.47	12.1		
13.5	7.1		
12.76	4.1		
12.41	1.1		
11.09	-1.9		



(二) AC 測量

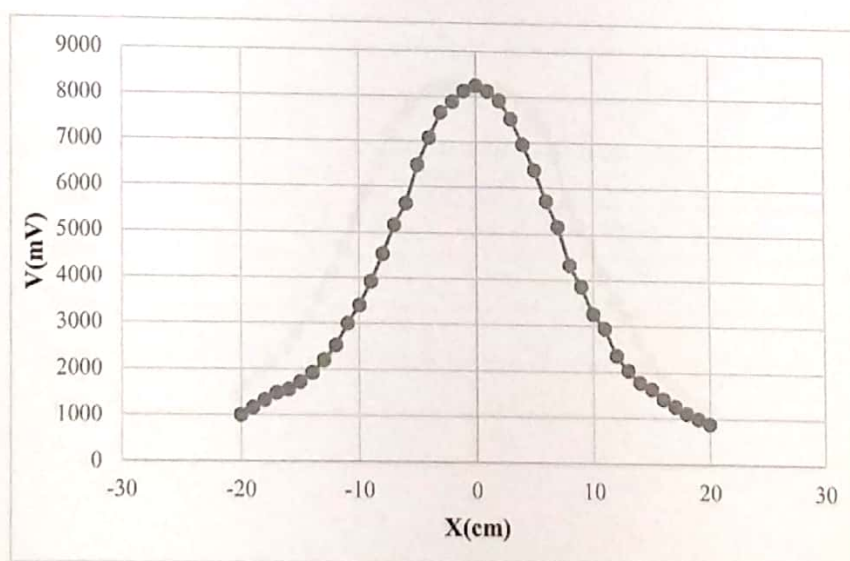
1. 單一線圈的磁場測量

X(cm)	V(mV)	X(cm)	V(mV)
20	700	-1	8760
19	800	-2	8520
18	920	-3	8160
17	1030	-4	7520
16	1140	-5	7040
15	1290	-6	6320
14	1510	-7	5520
13	1700	-8	4800
12	1940	-9	4200
11	2260	-10	3640
10	2580	-11	3080
9	3100	-12	2640
8	3820	-13	2400
7	4320	-14	2120
6	4960	-15	1920
5	5640	-16	1640
4	6520	-17	1400
3	7200	-18	1320
2	7880	-19	1160
1	8360	-20	1080
0	8760		



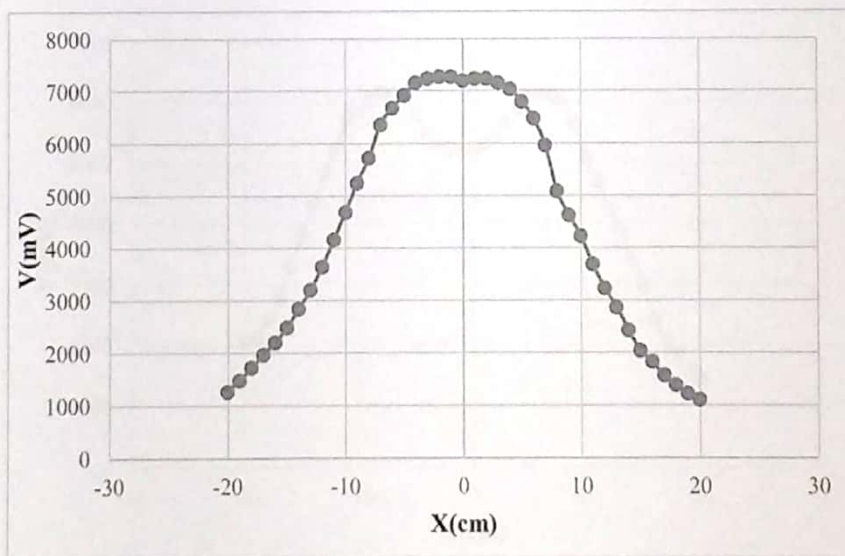
2. 亥姆霍茲線圈：d=0.5R

X(cm)	V(mV)	X(cm)	V(mV)
20	888	-1	8120
19	1000	-2	7880
18	1110	-3	7640
17	1260	-4	7080
16	1420	-5	6480
15	1630	-6	5640
14	1770	-7	5160
13	2030	-8	4520
12	2360	-9	3920
11	2940	-10	3400
10	3260	-11	3000
9	3860	-12	2520
8	4320	-13	2200
7	5160	-14	1920
6	5720	-15	1720
5	6400	-16	1560
4	6960	-17	1480
3	7520	-18	1320
2	7920	-19	1160
1	8120	-20	1000
0	8240		



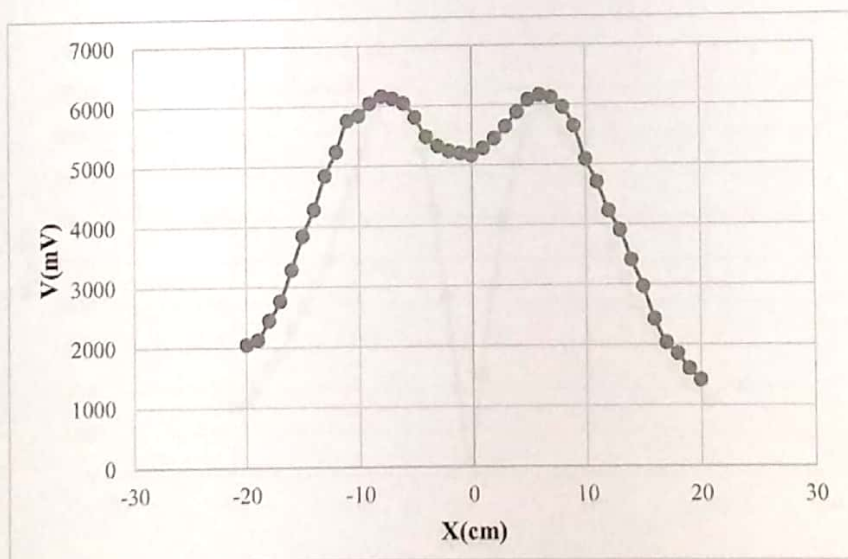
3. 亥姆霍茲線圈：d=R

X(cm)	V(mV)	X(cm)	V(mV)
20	1100	-1	7280
19	1220	-2	7280
18	1380	-3	7240
17	1560	-4	7160
16	1820	-5	6920
15	2030	-6	6680
14	2420	-7	6360
13	2860	-8	5720
12	3220	-9	5240
11	3680	-10	4680
10	4220	-11	4160
9	4620	-12	3640
8	5080	-13	3200
7	5960	-14	2840
6	6480	-15	2480
5	6800	-16	2200
4	7040	-17	1960
3	7160	-18	1720
2	7240	-19	1480
1	7240	-20	1260
0	7200		



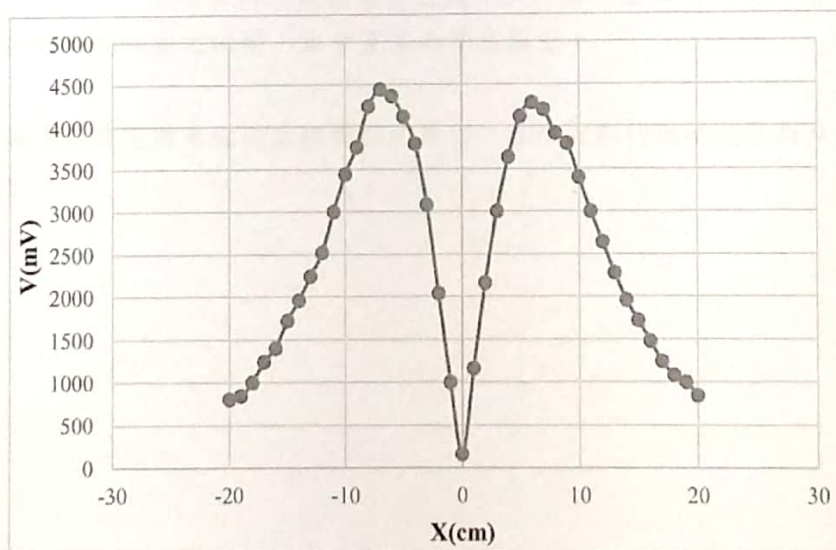
4. 亥姆霍茲線圈：d=1.5R

X(cm)	V(mV)	X(cm)	V(mV)
20	1410	-1	5200
19	1600	-2	5240
18	1850	-3	5320
17	2030	-4	5480
16	2420	-5	5800
15	2960	-6	6040
14	3400	-7	6120
13	3900	-8	6160
12	4220	-9	6040
11	4700	-10	5840
10	5080	-11	5760
9	5640	-12	5240
8	5960	-13	4840
7	6120	-14	4280
6	6160	-15	3840
5	6080	-16	3280
4	5880	-17	2760
3	5640	-18	2440
2	5440	-19	2120
1	5280	-20	2040
0	5160		



5. 反亥姆霍茲線圈

X(cm)	V(mV)	X(cm)	V(mV)
20	840	-1	1000
19	1000	-2	2040
18	1080	-3	3080
17	1240	-4	3800
16	1480	-5	4120
15	1720	-6	4360
14	1960	-7	4440
13	2280	-8	4240
12	2640	-9	3760
11	3000	-10	3440
10	3400	-11	3000
9	3800	-12	2520
8	3920	-13	2240
7	4200	-14	1960
6	4280	-15	1720
5	4120	-16	1400
4	3640	-17	1240
3	3000	-18	1000
2	2160	-19	840
1	1160	-20	800
0	160		



二、數據分析

(一)DC 測量

1. 單一線圈

由圖可發現，磁場在單線圈中央時最大，越往左右兩側移動磁場越小。大致上為對稱圖形。符合公式 $B = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$ ，在線圈中心點所測得的磁場的絕對值為最大值。

2. 亥姆霍茲線圈

因 $d=R$ ，由原理知此時中心空間處之磁場分布達到最佳均勻度，故在圖形中可發現在中心區域磁場強度幾乎相同。

3. 反亥姆霍茲線圈

反向相接時，中心點因為左右兩線圈製造的磁場相抵銷而為 0。

我們的圖形沒有很平滑，可能是在移動線圈時偏離了中心點，或是感應器造成的誤差，產生了不規則的跳動。此外，線圈盡量不要接近感應器 3 公分以內，因感應器在此範圍不太靈敏，容易產生誤差。

(二)AC 測量

亥姆霍茲線圈在相距 $1.5R$ 時，圖形會出現兩個峰值。這是因為此時兩線圈相距過遠，故在感應器通過第一個磁場後，另一線圈在此位置產生的磁場並不明顯，直到 x 值慢慢增加後，接近連心線中心處才同時受兩線圈磁場之疊加作用，使磁場分佈較為均勻；漸漸往第二個線圈靠近後，第一個線圈之磁場變得不明顯，故又只感應到一個線圈之磁場，故會產生兩峰值圖形。

而反亥姆霍茲線圈因為磁場互相疊加的原因，在中心點的磁場幾乎為 0，圖形有兩峰值出現。

三、問題討論

1. 線圈的半徑越大是否可得到越寬廣的均場空間？磁場的均勻度會如何變化？變好還是變差？請以 $R = 5.0, 7.5, 10.0, 20.0$ cm 的條件，帶入理論公式比較 $B(x)$ 的變化和單位長度內的磁場均勻度。

答：是。半徑越大，線圈的距離就越大，即有寬廣的均勻場空間。根據單線圈磁場強度隨距中心 x 的變化公式為 $B(x) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$ ，若 $\lim_{R \rightarrow \infty} B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$ 為一定值，

因此我們可知道當半徑愈大時，可得到愈寬廣的均場空間。由於磁場的形式在不同的線圈半徑中是一樣的，因此不論線圈多大只要將電流調好必可使磁場的均勻度相同，因此只要調整適當的電流，不管線圈半徑多少，便可使中央均勻磁場的空間比例相同。

半徑越大，由公式可知 $B(x)$ 的變化是遞減。但單位長度內的磁場均勻度卻隨著 R 愈大而趨於均勻。


2. 亥姆霍茲線圈和螺旋管線圈是常被用以提供均勻磁場的裝置，對於具有相同線圈半徑和相同尺寸比例(aspect ratio)的亥姆霍茲線圈和螺旋管線圈，請比較兩類線圈沿著軸向所產生之磁場的分佈情形。並比較何者所產生的磁場的均勻度較佳。可考慮亥姆霍茲線圈內的兩線圈之半徑為 R ，間距為 d ；螺旋管線圈的半徑亦為 R ，管長度 $L=d$ 時；兩磁場產生器在中心軸上的磁場變化情形。

答：

3.比較直流量測和交流量測的優缺點。

答：以直流電測量時，產生的磁場方向單一，方便儀器測量；然而輸出的電壓、電流不太穩定，測量到的數據容易變動。

以交流電測量時，數據由正弦波峰值測得，其大小較穩定；然而方向不斷改變，需調整共振頻率以維持觀察圖形。



四、心得

本來以為這次實驗會很快就結束了，但我們做 DC 測量超級久，都快要崩潰了。幸好後來有順利做出來，而且後面的實驗很快，讓我們不必在實驗室過夜。

五、參考資料

清大普物實驗室：亥姆霍茲線圈講義