

指南車不指南-----以 Helmholtz 線圈測量地球磁場

梁立國

輔英科技大學 環境與生命學院

壹、前言

依據(陳瓊森,2008 物理教學研討會)在工作坊的活動中得知：3 伏特的電壓，200 歐姆的可變電阻，以及 30 圈的螺線管可得到與地球磁場相仿的磁場強度；本文則改以 Helmholtz 線圈，電熱絲作為可變電阻，以不同的方式呈現地磁力與線圈磁力作用。

活動中我們可輕易清楚的觀察地磁力與線圈磁力的作用並算出地球磁場的強度所測之地球磁場與參考書籍所列相近；活動中歐姆定律的應用 Helmholtz 線圈磁場的計算都是物理相關課程的重要單元；此外，本活動同時呈現自然現象的發現(指南針)，人為磁力的產生(Helmholtz 線圈組)，是作品對科學史描述的一種趣味表現。

貳、科學概念

1. 地球磁場
2. 線圈磁場
3. 磁力的作用

參、磁場強度的計算

一、Helmholtz 線圈組：

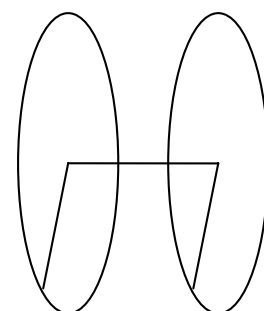


圖 1：Helmholtz 線圈

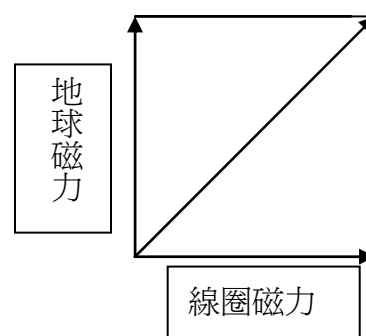


圖 2：磁場的向量合

如圖 1，兩個半徑與圓心相距均為 R 的線圈組稱之為 Helmholtz 線圈組，其中心均勻磁場

$$B = (4/5)^{3/2} \mu_0 N I / R$$

N：線圈數

I：電流強度

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$$

二、地磁力與線圈磁力：

地球磁場強度約為 0.3-0.5 gauss 間變化，地磁力與線圈磁力的合力作用磁針偏轉方向如圖 2 所示

$$\tan\theta = F_E / F_H = B_E / B_H$$

F_E ：地磁力

F_H ：線圈磁力

B_E : 地球磁場

B_H : 線圈磁場

肆、材料的取得與組合

一、需要使用的器材：(如表 1)

二、組合說明：

(一) Helmholtz 線圈

1. 將兩個玩具車輪去除橡膠外層各纏繞 15 圈漆包線，纏繞時可利用雙面膠或熱熔膠防止線圈脫落。
2. 車輪輪心距離與輪半徑 R 相等，固定於塑膠製底盤，中心放置指南針。

(二) 電流供應

1. 將電熱絲在塑膠製底盤拉長固定，作為可變電阻。
2. Helmholtz 線圈兩端一端接電池另一端接可變電阻。
3. 電線的一端以焊錫接 1.3 mm 漆包線，另一端接電池，漆包線另一端刮去漆包。如圖 3。
4. 圖 4 為作品完成圖。

表 1：需要使用的器材

序號	品名(規格)	數量	備註
1	車輪	2 個	半徑 6 cm
2	漆包線	1 條	0.5 mm 12 尺長
3	指南針	1 個	
4	電熱絲	1 條	0.1 mm 40 公分 30Ω
5	漆包線	1 條	1.3 mm 10 公分
6	充電電池	2 個	1.2 V
7	塑膠製底盤	1 片	13CM*24CM
8	指南針支架	2 支	非鐵磁
9	螺絲	若干	鋁製 固定用
工具	熱熔膠、雙面膠、三用電表		

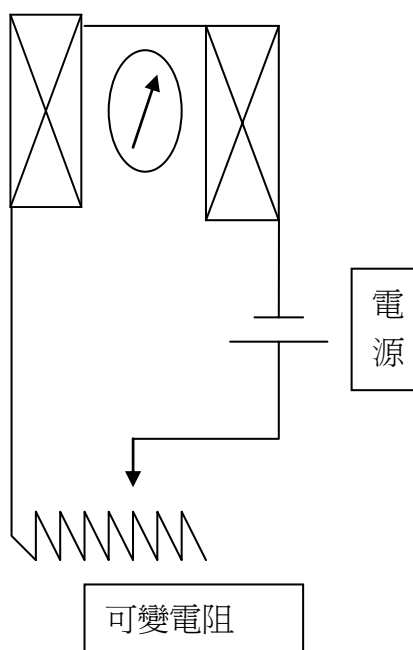


圖 3：電路圖

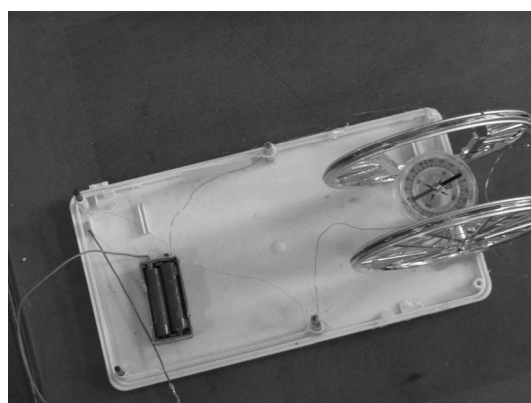


圖 4：指南車完成圖

表 2：電阻的測量及所測得的地球磁場強度

磁針轉動角度	熱絲電阻	電流 (Amp)	中心磁場強度	測得地球磁場強度
60	13Ω	0.2	0.45 gauss	0.26 gauss
45	21Ω	0.12	0.27 gauss	0.27 gauss

伍、教具的操作與教學應用

1. 指南車放置的地點附近不可有鐵磁性物質，並將指南車指針朝向南方
2. 將 1.3 m m 漆包線刮去漆包的一端碰觸可變電阻，改變電阻線長度觀察指針轉動角度。
3. 取指針轉動 60 度與 45 度時，測量電路中的電阻值。
4. 測量值及相關數據如表一所示。

陸、結論與建議

1. 地球磁場強度隨著地方的不同約為 0.3-0.5 gauss 間變化，與此次作品所得結果相近。而指針轉動 60 度與 45 度時的測量值亦相近。
2. 指南針在 Helmholtz 線圈組中，受地磁力與線圈磁力的作用簡單而明瞭的表現出來，學習者可輕易體會地磁與線圈磁力的合力作用。
3. 作品中以電熱絲的長度變化敘述電阻與電流強度是歐姆定律的應用；Helmholtz 線圈磁場強度的計算皆可強化物理課程中其他單元的認識。
4. 指南針置於兩個輪子（線圈）間，同時呈現自然現象的發現（指南針），人為磁力的產生（Helmholtz 線圈組）竟然相隔達四千年之久，是作品對科學史描述的一種趣味表現。
5. 如果能將本次作品大型化(車輪加大)，除了可得到更均勻的磁場，增加測量值的準確性，亦可對地磁力與線圈磁力有更深刻的映像。

參考文獻

1. 朱達勇等譯, Harris Benson 普通物理學“專題探討：地球的磁場”，歐亞書局 Ch.30 pp805-810
2. 陳瓊森, 地球磁場的測量---磁學教學示範工作坊講義學, 2008 物理教學研討會
3. Halliday/ Resnick, Fundamentals of Physics, 8th edition, 2008 John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, Ch.29 pp787,790



2008 物理教學活動報導

編輯室

2008 年下半年的物理教學活動有二：

1. 2008 第十一屆中華民國科學教育學術研討會
2. 2008 第二十四屆中華民國物理教學及示範研討會

壹、2008 物理教學及示範研討會報導

「第十一屆中華民國物理教學及示範研討會」於 2008 年 8 月 21 日至 8 月 22 日在國立彰化師範大學進德校區舉辦。此活動由國