

列印磁場

類別：國中自然領域

篇名：

列印磁場

作者：

吳文琪。宜昌國中。7年7班

指導老師：

吳建銘老師

壹•前言

磁場很重要，因為它已經被廣泛地應用在許多高科技產品上，像是磁浮列車、映像管電視、自動化設備[1]，以及醫學上的核磁共振影像...等等。我們這篇小論文的目地，是要用D I Y（do it yourself）的方式讓磁場變得看得見，甚至用紙張列印出來，或其他技術顯示出來。我們蒐集資料，研讀後發現最常使用的方法是使用磁粉[2]，但是磁粉有缺點，就是它會傷害呼吸系統，家長通常不讓小孩使用，列為危險物品，而且它無法測出三度空間磁場。所以我們就動手設計製作小磁針，我們使用在文具行可以買到的簡單工具，動手來製作小磁針，小磁針在磁場中就可以指出方向，不僅可以測量平面磁場方向，也可以測量立體磁場方向，經過測試後，我們自製的小磁針就可以派上用場，幫助列印完整磁場方向。本文針對平面磁場方向進行測量與列印，但使用的方法可以延伸到立體磁場方向的測量與繪製。

因為磁場方向會隨著空間位置的改變而改變，平面空間中有無數的點位置，我們不可能在每一點位置進行測量，但是我們可以做稀疏點磁場方向的測量。我們使用量角器，量出每一稀疏點的磁場方向和水平軸的夾角，範圍在 0 度和 360 度之間，根據夾角可以用簡單三角函數公式[3]，算出代表磁場方向的單位向量在水平軸的投影長度，同樣方式也可以用來計算在垂直軸的投影長度，我們分別稱這兩個投影長度為磁場方向的水平分量及垂直分量。這時我們就已經完成了磁場方向的測量工作，在這個基礎上，我們就可以透過稀疏點的測量結果推測整體平面空間的磁場面貌，再將整個空間的磁場方向列印出來。

貳•正文

一．製作小磁針

在這個活動中我們要自己製作小磁針。小磁針需要可以自由旋轉，才不會影響到實驗的結果。

（一）．先準備材料，材料有：磁鐵、筆管、線、鐵絲。

（二）．步驟

列印磁場

- 1 · 先將細長小磁鐵的中心點綁上一條線。
- 2 · 再將綁上磁鐵的線穿過筆管。(如果很難穿過去，可以用鐵絲先綁在線上，再將鐵絲穿過筆管)
- 3 · 在穿好線的筆管上面用東西固定。
- 4 · 完成



圖一（小磁針完成圖）

二 · 測試小磁針

我們為了要做實驗時不要出差錯，所以我們要確定小磁針的指向是沒問題的，也就是小磁針靜止時，方向會轉到跟指南針一樣的方向。

(一) · 我們將小磁針懸空，等他靜止時再慢慢放下來，再將小磁針指出的方向做記號。

(二) · 我們再將指南針拿出來跟剛剛畫出的小磁針方向比對是否一樣。

(三) · 如果一樣就代表小磁針可以使用。

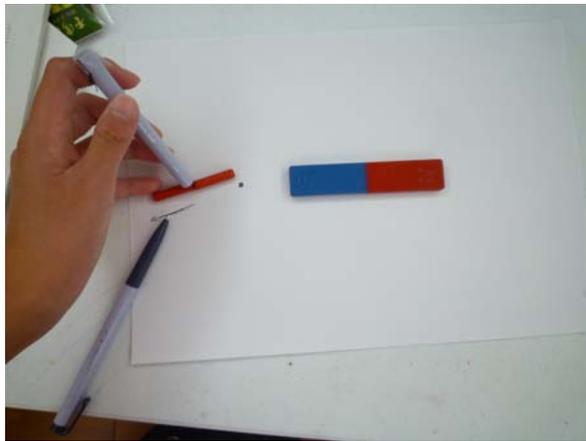
三 · 特定點的磁場方向測量

我們已經做出了小磁針了。我們現在想試著測出特定點的磁場方向。

列印磁場

因為我們想要之後再更進一步的測出稀疏點的磁場方向。

- (一)· 我們先將一個磁鐵擺好，再畫出想測的 A 點、B 點。
- (二)· 我們再將小磁針懸空在 A 點的上方，等磁針靜止時再緩緩放下，在沿著磁針畫出磁場方向。(磁場方向是有方向性的，所以我們要畫出箭頭，代表由北極(N)到南極(S))
- (三)· 在測出 B 點，做法一樣。
- (四)· 完成



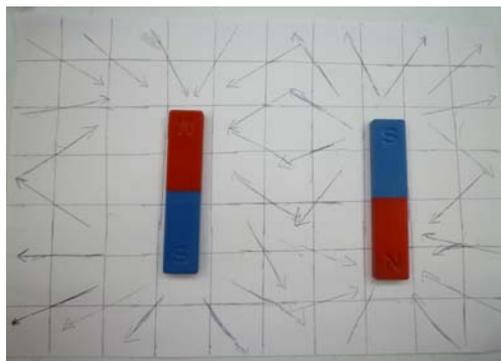
圖二（特定點的磁場方向測量）

四· 稀疏點的磁場方向測量

我們想要測出多個稀疏點的磁場方向。

- (一)· 我們先將一張紙上畫出格子。
- (二)· 再將紙上線與線的交叉處用小磁針測量磁場方向。(測量方法就跟特定點磁場方向測量一樣)

列印磁場

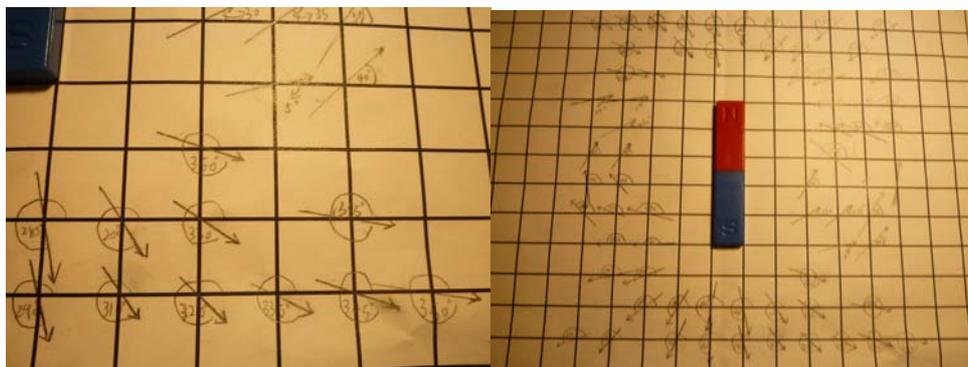


圖三（完成稀疏點磁場方向的測量）

五·畫出角度

因為我們是測稀疏點的磁場方向，實際上並沒有進行高密度點的磁場方向測量，所以我們需要將稀疏點的磁場方向以角度為單位輸入電腦，再分別以 \cos 及 \sin 三角函數[4]，算出稀疏點磁場方向的水平分量及垂直分量。

- (一)·將每一個測出方向標示為向量夾角，也就是由橫軸(水平軸)往逆時針旋轉到向量線段間的夾角。
- (二)·量出所有畫出的向量角度，並將成對的格子位置及向量角度輸入電腦。



圖四（畫出角度放大圖）

圖五（畫出角度完成圖）

六·電腦數學軟體（Matlab）[5]指令

- (一)·計算向量角度,例如 167 度的水平分量,可以使用 $\cos(167/(2*\pi))$, 同樣角度的垂直分量可以使用 $\sin(167/(2*\pi))$ 。
- (二)·二度空間單點位置,例如 (1,0) 的繪圖指令, `plot (1,0,'.')`。
二度空間位置,例如 (1,0) 到位置 (3,4) 線段的繪圖指令, `line ([1 3], [0 4])`。三度空間單點位置,例如 (1,0,0.3) 的繪圖指令, `plot3 (1,0,0.3,'.')`。
- (三)·使用迴圈指令(for), 可以使用相同的指令畫出不同位置的向量線段, 或不同位置上的水平分量高度或垂直分量高度。只要我們會畫單點位置的磁場方向, 使用 for 迴圈就會畫所有稀疏點位置的磁場方向。

七·電腦繪製密集的磁場方向圖

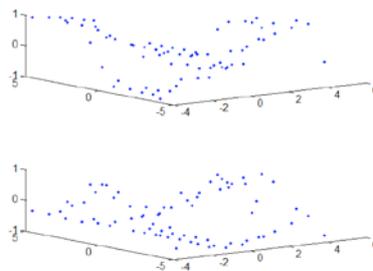
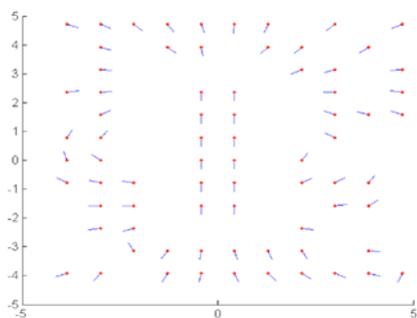
- (一)·稀疏點的磁場方向,(用手動測量的,共測量了 62 個點)長條磁鐵位置有 12 點,是我們補上去的,方向是北而南。藍色線段的長度是固定,紅色點的位置代表測量位置,紅色點為方向的起始點,藍色方向代表指向。(圖六)
- (二)·圖九分別顯示,稀疏點的磁場方向的水平分量與垂直分量。(圖七) 水平分量與垂直分量是將向量角度代入三角函數 \cos 及 \sin 計算得到的,圖中的點高度代表分量長度,平面位置就是方格位置。
- (三)·我們使用東華大學應用數學系資訊技術實驗室所發展的智慧型計算軟體,這是軟體工具網站[6]改良版,就可以將圖七的稀疏點水平分量及垂直分量分別轉換成連續曲面。(圖八)有了連續曲面,我們才有可靠的高密度點磁場方向。

應用這兩張連續曲面圖,我們可以查到平面上任何一點位置的磁場方向的水平分量及垂直分量。

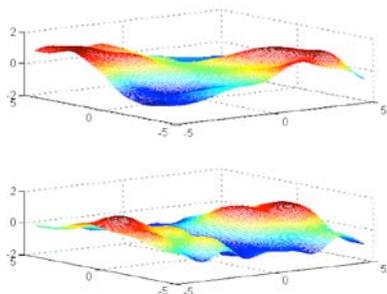
- (四)·重構後的空間密集點的磁場方向(圖九)。圖上總共有 $32 \times 32 = 1024$ 個點位置,將每一個點位置的坐標代入兩個連續曲

列印磁場

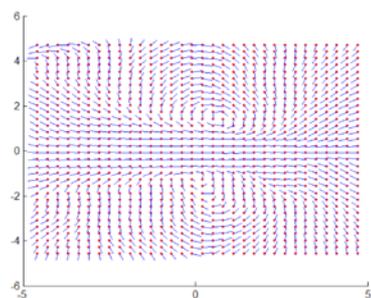
面函數，就可以得到兩個高度，分別代表該點的磁場水平分量與垂直分量，合起來就是圖上每一個點的磁場方向。



圖六（我們自己畫出的稀疏點磁場方向） 圖七（水平分量與垂直分量稀疏圖）



圖八（應用了軟體，讓水平分量與垂直分量變連續曲面圖）



圖九（密集的磁場方向圖）

參●結論

在我們研究過程中製作了小磁針，當我們直握小磁針時我們發現了如果要讓小磁針指向磁場的南極方向，就必須要讓小磁針自由旋轉，靜止後的指向是由北極到南極，這是我們作了多個版本後，才定案的設計。我們為了要確定小磁針

指出方向的正確性，我們做了一個測試實驗，通過測試後，我們做特定點的磁場方向測量，並進一步作許多稀疏點的磁場方向測量。但是我們最後要列印的是密集點的磁場方向，如果要一個一個慢慢測量，再畫出來實在太累人了，所以我們使用電腦來幫我們完成後續的工作，我們將代表稀疏點磁場方向的向量角度都量出來，再輸入電腦，求稀疏點磁場方向的水平分量及垂直分量。

我們使用大學實驗室發展的智慧型計算軟體有兩項功能，第一是將稀疏點分量高度轉換為連續曲面，第二是連續曲面高度查詢。其他的繪圖指令及計算指令相當簡單，我們已經在正文（實驗六）中介紹了。我們成功的列印了 1024 個密集點的磁場方向，當然列印的解析度還可以更高，因為我們已經得兩個投影分量的連續曲面，密集點的解析度不受限制。

我們希望未來可以做出三度空間的磁場測量，也可以讓三度空間的磁場變得看得見。我們同時也希望手動測量部分能自動化，磁場向量角度判讀也能自動化，這樣就可以發展全自動的二度空間磁場列印機，及三度空間的磁場顯示機器。

肆•引註資料

[1]. 電。英文漢生出版有限公司

[2]. 磁鐵與磁場——探究竟 <http://pei.cjhh.tc.edu.tw/~pei/>

[3][4] 國高中數學公式總整理

<http://everfavrtom.xxking.com/%E5%9C%8B%E9%AB%98%E4%B8%AD%E6%95%B8%E5%AD%B8%E5%85%AC%E5%BC%8F%E7%B8%BD%E6%95%B4%E7%90%86.htm>

[5]. Matlab 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

[6]. 軟體工具 <http://www.iau.dtu.dk/research/control/nnsysid.html>