

老師的磁學探索的活動指南

探索磁學



美國加州大學柏克萊分校
太空科學研究所
太空教學中心製
國立中央大學太空科學研究所譯



目錄

課程一：磁學.....	1
活動一：繪製磁場線 (Magnetic Field Lines)	2
活動二：鐵粉和(2-3D)磁場線.....	5
習題 1.1	9
習題 1.2	10
習題 1.3.....	11
課程二：電磁學.....	12
活動一：在你周圍的環境中探索磁場 (Magnetic Fields)	13
活動二：把指南針放在一個簡單電路週圍.....	14
活動三：繪製磁場線.....	19
活動四：跳動的線圈.....	22
活動五：用移動磁鐵產生的電流.....	25
習題 2.1	28
習題 2.2	29
習題 2.3	30
習題 2.4	31

課程一：磁學

活動一：繪製磁場線

！！警告！！不可以將磁棒放靠近電腦、電腦銀幕、錄音帶或者其他的帶磁性的設備。強的磁鐵可以毀壞有磁性的物質。

1. 在課程的一開始，是與學生們做一些與磁學有關的介紹性討論。詢問你的學生們關於磁學的經驗，和他們關於什麼是磁學、以及它影響著什麼的知識與想法。發問地球是否有磁性，他們如何知道它有或沒有，是否有任何其它的天體是有磁性（像是太陽）的相關問題。你也可以詢問他們是否知道什麼是指南針和它的作用為何。

這個討論的重點目標是誘導出在學生心裡任何關於磁學的誤解。其中一個誤解像是磁學需要被一個介質來傳播。它不需要，它可以在一個完全真空中傳播。

2. 發給“習題 1.1”和兩個鋁鎳鈷合金磁鐵條給每一組(二到四個學生一組)。給學生一些時間自由地實驗磁鐵和他們身邊材料的作用，像是迴紋針、尺、銅或鋁的金屬線和鉛筆。你可以提出一些建議關於嘗試使用磁鐵去互相相吸或相斥和相吸或相斥其他的物品。讓學生在習題紙 1.1 記下他們的發現。

這裡的目標是讓學生去發現磁鐵可吸引含有鐵、鎳或鈷的金屬，但不是其他大部分的物質。你可以指導他們進一步去發現某些金屬碰磁鐵時，它們自己會變成有磁性的：也就是說，如果你拿著迴紋針的一端去處碰磁鐵，另一端會吸引其他的迴紋針。你或許也想準備一個不帶磁性的金屬，像是銅或鋁，去展示這些金屬是不帶磁性的。

3. 現在發給每位學生一個指南針和學生們討論關於他們對指南針的了解。讓每位學生拿著指南針，教導學生指南針如何操作，將指南針的圓盤放水平，S—N 的標記向上。下一步讓學生將在標示著“N”的線（為北）和指南針裡的箭頭對齊塑膠／玻璃上。談談關於如何在荒野中使用指南針。
4. 讓學生嘗試帶著指南針去靠近他們的磁鐵條，首先使用一個磁鐵條，然後再用數對隨意排列的磁鐵條。要求他們在習題 1.1 上記下並畫出他們的發現。

5. 最後，讓學生在一個磁鐵條的周圍放置他們的指南針，就像圖 1.1 中顯示的那樣。
6. 詢問學生：“指南針如何作用？”最後在充分的討論之後，指示指南針的指針是一個懸在一個樞軸上的細小磁鐵，所以如果加上一個磁力，它將會在最小的摩擦下轉向磁力的方向）。

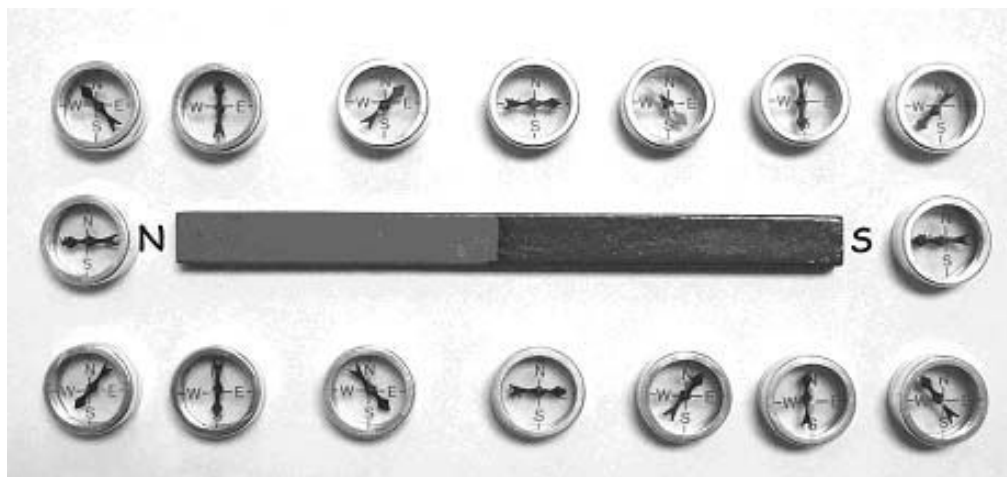


圖 1.1：磁指南針放置在磁鐵條的周圍。注意指南針的指針前端是如何指向磁棒的南極和避開磁棒的北極。

7. 下一步，發給習題 1.2。請學生把一些白紙黏貼在一起，然後在貼好的紙張中間放置磁鐵條在上面。告訴學生們他們現在將描繪環繞磁鐵條周圍的磁力線。要求他們去假設他們想的磁力線的樣子將會是如何，然後畫在習題紙 1.2 上。

請學生做以下的步驟來畫磁力線：

- a. 在某個靠近磁鐵的地方畫一個點，把指南針的中心放置在點上。
- b. 在指南針的針頭(或針尾)位置中畫一個點。
- c. 移動指南針的中心到這個新的點，然後在指南針指針頭(或針尾)畫一個點。
- d. 將指南針從紙張的中心移開畫些線條連接所有的點，也畫顯示在指南針的指向的箭頭。
- e. 繼續步驟 b - d，直到線碰觸到磁鐵或者紙張的邊緣。
- f. 挑選另一個接近磁鐵的點，然後重複前面的程序（步驟 a - e）。

請學生繼續直到他們畫好像圖 1.2 中顯示的環繞磁鐵的線：一個偶極場的形狀。介紹偶極（兩極）磁場這個名稱。

8. 如果時間允許，要求他們將兩個磁鐵並列，然後將畫磁場線的程序再執行一次。記得要求學生們先在習題紙 1.2 上畫他們預測的磁場，再用指南針和紙張去決定真正的形狀。

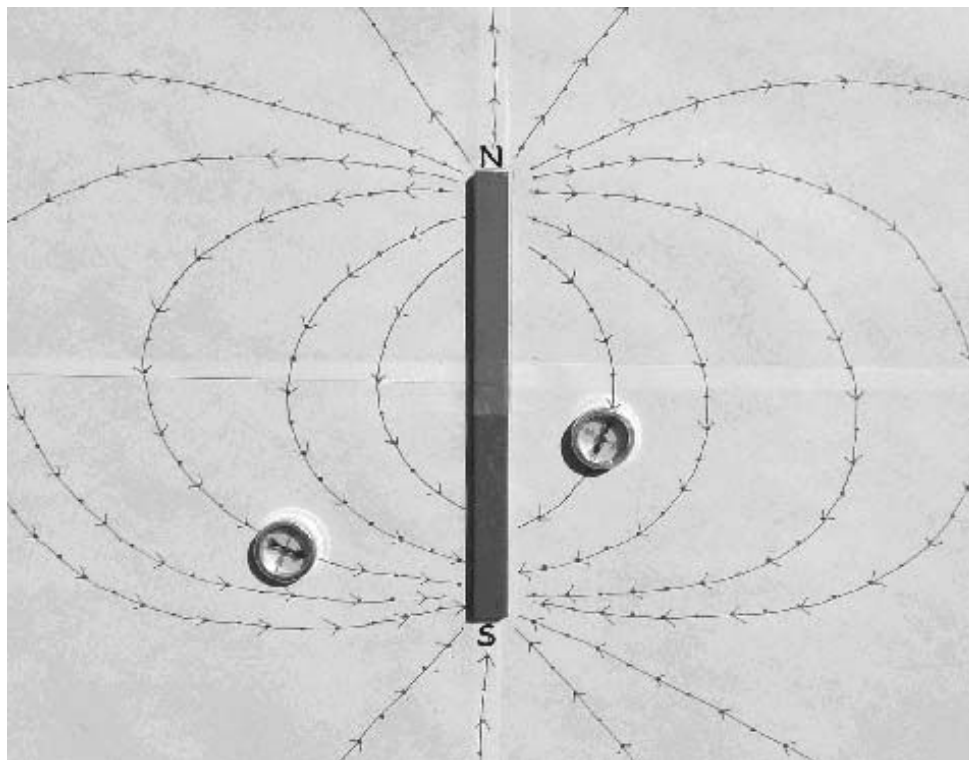


圖 1 . 2：使用指南針一個有偶極磁場的磁棒而畫出的磁力線形狀。

活動二：鐵粉和(2-3D)磁場線

[這些活動可選擇實施，或者它們可以在課堂前由老師示範給學生。假如是由老師示範，鐵粉應該被撒在投影機的透明片上。]

！！ 警告！！ 磁鐵粉很麻煩會吸住磁鐵。有紙張或透明片放置在鐵粉和磁鐵之間是很重要的。

9. 給學生〈二到四人一組〉磁鐵粉和數張薄的紙張。讓學生放置紙張在其中一個磁鐵條之上，描繪磁鐵條的輪廓和標記哪一端是北邊，哪一端是南邊。均勻地在紙張上輕輕灑上鐵粉，然後輕拍紙張，讓鐵粉和磁場並列就像圖 1.3 照片裡的一樣。
10. 要求學生在習題 1.3 上紀錄他們的觀察。提問一些啓發性的問題讓學生去思考他們所看到的。他們能夠解釋什麼正在發生嗎？令他們有些想像（假設）關於為他們觀察到的什麼是可以被解釋的。他們有看到像是使用指南針在磁鐵條周圍做的描繪同樣的形狀嗎？學生們應該在他們的習題 1.3 上寫下問題的答案。如果你還沒有討論過鐵粉如何像是細小的磁鐵一般，或許現在有某些學生會推論出此點。

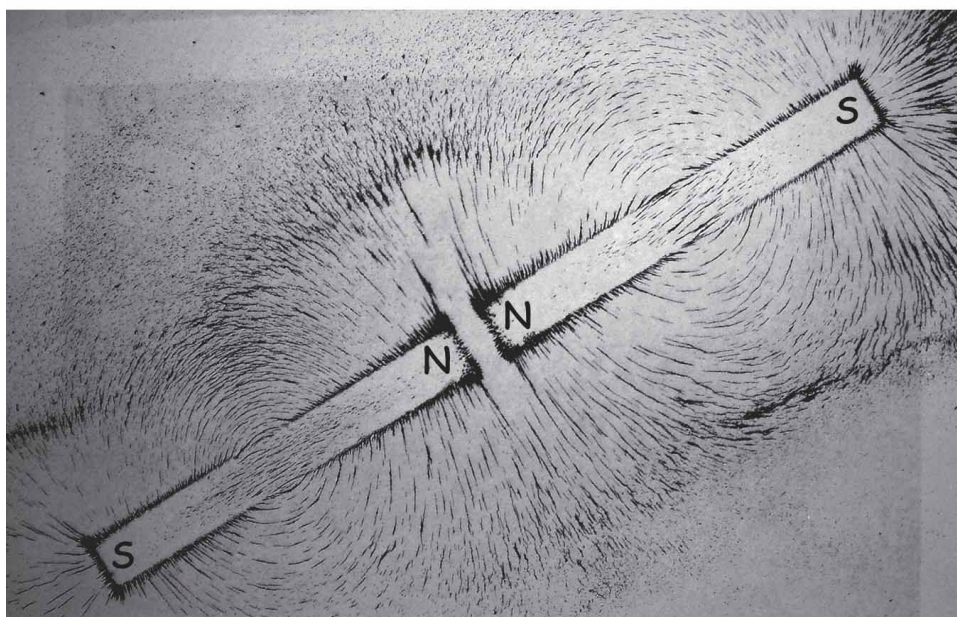
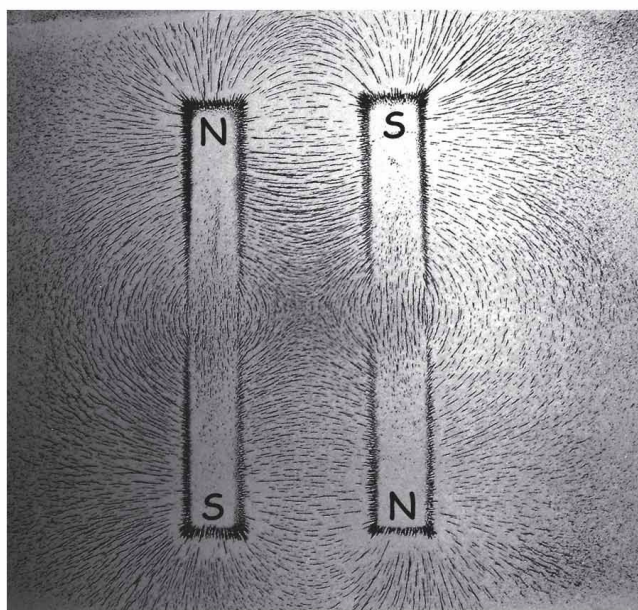
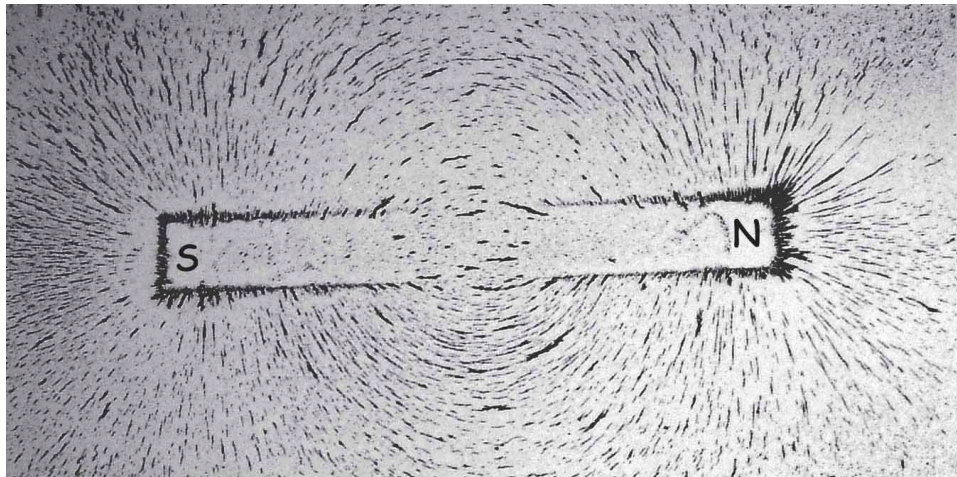


圖 1・3：置於磁鐵條之上薄的紙張上的鐵粉。

11. 小心的將紙張拿起來同時小心別將鐵粉灑落，然後在將它們倒回你的鐵粉罐。要求學生將兩個磁鐵條隨他們自己的選擇放置。在習題 1・3 上，要求學生們畫下他們所假設的磁場將會呈現的樣子，再將紙張放置在磁鐵條之上然後灑上一些鐵粉溫和地輕拍紙張使鐵粉與磁場並列。現在問他們看見了什麼？確定他們有小心的紀錄畫下他們觀察的結果，以及與他們的預測做比較。

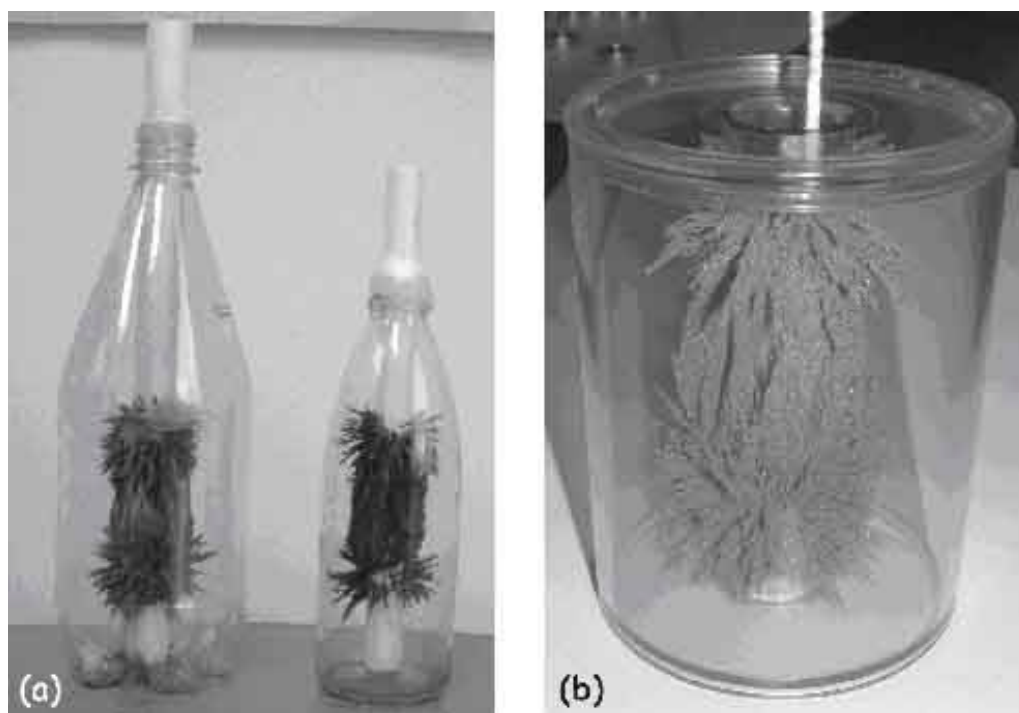


圖 1・4：觀看環繞一個母牛磁鐵的 3D 磁場：(a) 使用一個以簡單的材料製成的 3D 磁場觀測器，(b) 使用商店買的儀器。

12. 在這個步驟裡，老師可以為班上做一個簡單的示範。或者，如果你有足夠的材料，每一組都可以做一個3次元（3-D）的磁場觀測器。如同它的名稱所指，你將要做（或著是買如果你有預算）一個觀看環繞母牛磁鐵的3-D磁場結構的裝置。

〔註：母牛磁鐵是一種棒狀磁鐵，常用於畜牧業以預防乳牛的消化疾病。長八公分左右，直徑一公分，是給母牛吃進去後，讓母牛平常吃草，如果有誤食磁性東西時，會被胃內的母牛磁鐵吸住，防止母牛的消化疾病。〕

去構造你的觀測器，找一個小/中尺寸（就是 20 盎司的汽水瓶或水瓶）透明的塑膠或玻璃瓶。清除掉任何在瓶子上的標籤。

- 將一個文件夾剪開以便將它捲緊形成管狀：直徑大約像是你的母牛磁鐵，然後長度稍微比你的瓶子長一點。黏貼住管子使它保持捲緊。

- 用膠帶封住管子的一端，然後在開口的一端塞入一些紙張，以便當你嵌入母牛磁鐵到管子裡時它才不會整個掉到管子的底部。
- 注入一些鐵粉到瓶子裡；足夠覆蓋底部一層四分之一英吋的厚度就可以。
- 將管子嵌入瓶子裡，然後使用紙張和膠帶去封住瓶子與管子四周的開口。

現在將你的母牛磁鐵放到管子裡。使用鉛筆將它固定好位子然後搖晃瓶子，鐵粉將會黏住管子的外側以及形成環繞磁鐵磁場的形狀。在你實做之前要求學生假設場的形狀。

你可以用轉動與搖晃的方式將母牛磁鐵移出瓶外(鐵粉的磁力會對磁鐵造成拉扯)。或者你可以一條線綁著大型的迴紋針，垂入管子當中將磁鐵拉出來。觀看鐵粉被拖曳到管子上方，直到磁鐵消失後，鐵粉就像灰塵一樣往下掉落，是一個很有趣的現象。或者你也可以花大約美金 13 塊錢買現成的，已經封好的管和鐵粉以及一個母牛磁鐵。這在大部分的科學教室網路商店都有提供（參閱資源列表）。自製的管子的範例請見圖 1.4a)，商店買的管子請見圖 1.4b)。

一個另外觀看環繞一個磁鐵的 3D 場的力量方法，是在一個瓶子中裝入礦物油和兩大匙的鐵粉。將瓶子封住然後搖晃它。當鐵粉開始沉澱時，將一個磁鐵靠著瓶子的一邊（這個磁鐵越強力的越好，一般情況下同樣的尺寸母牛磁鐵比磁鐵條更加強力）。將瓶子拿起來朝著光的方向看，你將會看見鐵粉向著磁力線的力量方向移動。你應該可以看見從一個磁極到另一個磁極的整個迴路的力量。如果你有一個馬蹄鐵（一個磁鐵條彎成馬蹄的形狀就像是兩個磁極彼此互相靠近對方）它可以產生最生動的磁鐵的迴路示範。

13. 在完成前述的活動之後，老師應該和學生們討論些他們的觀察，以及讓他們說明他們的感想與結論。記住要提出對於相似的磁極相斥與相反的磁極相吸的觀念，和磁力有方向性的觀念。同時註明磁鐵可以吸引金屬但不吸引其他種類的物質。或許提出磁鐵粉就像是細小的磁條：它們以相反的方式排列。習題 1•1、1•2 與 1•3 可以你覺得適當的方式下使用，你也可以發展你自己的問題與答案。

習題 1 . 1

姓名：_____

日期：_____

1. 你注意到哪些你拿到的磁鐵條之間產生的交互作用？

2. 哪些物質會和磁鐵交互作用？以及它們如何交互作用？
與磁鐵交互作用：

不與磁鐵交互作用：

與磁鐵可產生交互作用的物質有什麼相同的特質？

3. 當你拿著指南針靠近磁鐵時發生了什麼情況？這些情況和指南針放置的位置有什麼相關性？（如果你需要更多空間的話可以使用紙張的背面）

習題 1 . 2

姓名：_____

日期：_____

1. 畫出你預測的磁場線環繞在一個磁鐵條周圍將會是什麼樣子。包括指南針箭頭指向北邊的方向（標示紅色的）。

2. 畫出你使用指南針測量後的磁場線形狀。

3. 畫出你預測環繞在兩個磁鐵條周圍的磁力線將會是什麼樣子？你可選擇一種(或多種)磁棒排列的形式。

4. 畫出你使用指南針測量後的磁場線形狀。

習題 1.3

姓名：_____

日期：_____

1. 當你在遮蓋住磁鐵條的紙上灑下鐵粉時你發現了什麼？畫下你的發現。
2. 你可以解釋為什麼鐵粉排列成這樣的形狀嗎？
3. 你有看見和使用指南針得出的磁力痕跡相同的結果嗎？
4. 畫下你預期鐵粉灑在兩條磁鐵條上所構成的形狀。
5. 畫出你事實上使用兩個磁鐵條做出來的樣子。你發現的結果，是與預期的一樣的或者是不同的呢？

課程二：電磁學

活動一：在你周圍的環境中探索磁場

1. 如果可能的話，將你的班級帶到戶外，遠離建築物，電線或者任何帶電的物品或金屬。要求他們帶著一個指南針和一本實驗室筆記。要求學生們散開來到四周走一下。當指南針平放時要求他們指出指南針所指的方向。在指出之前，確定學生只可緩慢地移動指南針，以及等指南針的指針停止擺動〈移動中會受到干擾〉。它們都應該同樣指向北方。〔註：它們將是指向地磁的北極，而此磁極是與地理上的北極偏離的。〕
2. 與學生們討論地球有磁場以及它表現出的效應就像是一個磁鐵條。
3. 發習題 2.1 給你的學生，要求學生們畫下他們想像中地球磁場的樣子。
4. 下一步，要求學生們使用指南針去探測在校園與他們的教室內是否有任何磁場的來源〈大或小〉。他們應該小心的在筆記記下他們發現到磁場的各種物體和地方。他們可以用習題 2.1 來做筆記。在他們探索學校磁場的尾聲時，老師應該拿出一個立體音響收音機，並讓學生探索其磁場。讓學生特別注意播放器〈它使用變動的磁場來運作〉以及使用以電磁馬達去轉動碟片的 CD 播放器。
5. 以學生的發現來舉行一個討論會並以詢問問題的方式進行：
 - a. 他們在哪裡發現磁場？
 - b. 磁場是複雜的〈像有好幾個磁鐵〉或者是簡單的〈像只有一個磁鐵〉？
 - c. 這些磁場是不隨時間改變的嗎？通常，他們應該在運作中的電器設備周圍也可能是金屬周圍發現有磁場環繞。

活動二：把指南針放在一個簡單電路週圍

！！警告！！家用電源插座的交流電與電壓有潛在的致命的危險，所以應該明確地指示學生們不可使用家用電源進行此實驗。但是，學生們在這個實驗課程中使用的電池與迴路是沒有危險的。即使由數個電池的串連提供的電壓可以使電線非常的熱，但不會產生對生命危險的電擊。

在活動期間，每組學生將會設置一個簡單的迴路（見圖 2·1）去實驗電的迴路在電器附近造成的磁場（有些是受電器本身磁鐵的影響，像是立體音響的喇叭）。

6. 用絕緣的鱷魚夾電線連接電池的正極與負極到開關（照片在圖 2.1），以設置一個最簡單的迴路。要求學生設置這個裝置，以及確定他們了解當開啓開關時，電將在電線中流動。讓學生在打開開關之前先探測磁指南針在電線旁的反應。然後要求學生打開開關然後再使用指南針探測電線一次。建議學生們拿起電線以及測量電線四周的磁場方向。要求他們紀錄所有的觀察。他們應該觀察當電流隨著電線時有個磁場正環繞著電線。確定他們有觀察磁場與指南針的指向。學生或許會感到驚訝磁場並沒有沿著電線指卻是與它垂直。與學生討論他們的觀察。

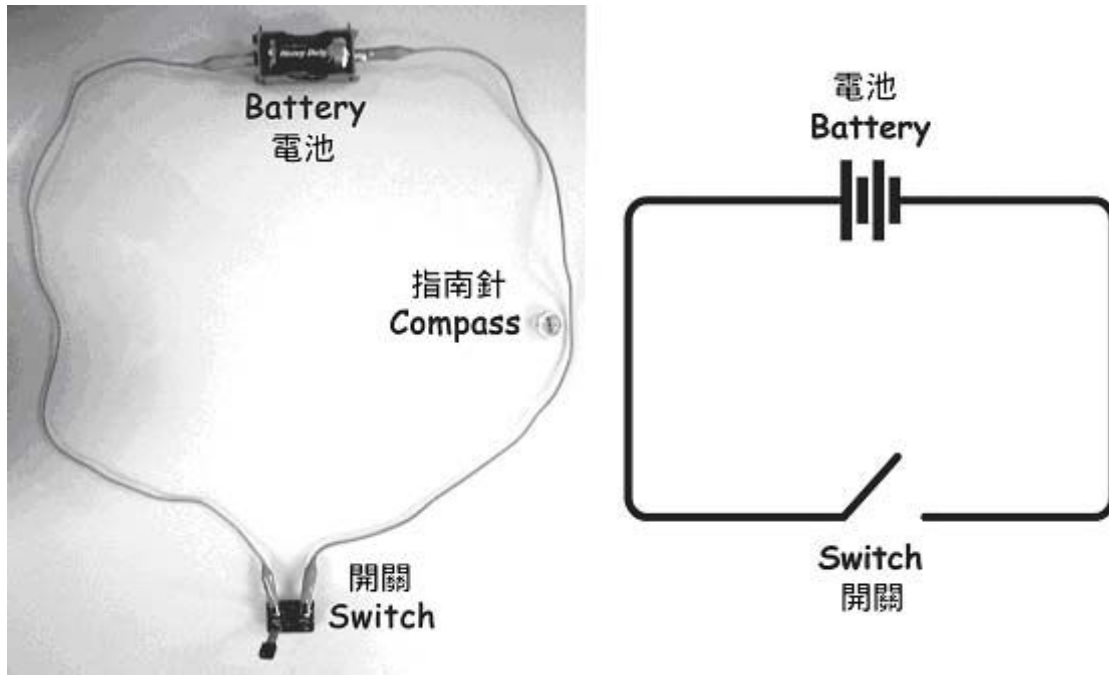


圖 2 · 1：一個簡單的電路

7. 強調電流會產生磁場。電子裝備使用電路，因此他們可產生磁場。視學生的級別，解釋（或不解釋）電流是一個移動的電荷：當一個電荷移動時，它產生一個環繞著它而變動的電場。這個變動的電場會表現像一個環繞電線的磁場。這是一個需要強調的重點。
8. 下一步，讓學生從銅線的線軸剪出 6 英尺和 24 英尺長的兩段電線。要求學生把這兩條電線繞成兩個線圈。這個線圈的直徑應該要大到可以讓磁鐵穿過（大概一英尺）。學生可以用膠帶將線圈固定住。線圈的範例在圖 2.2 中。

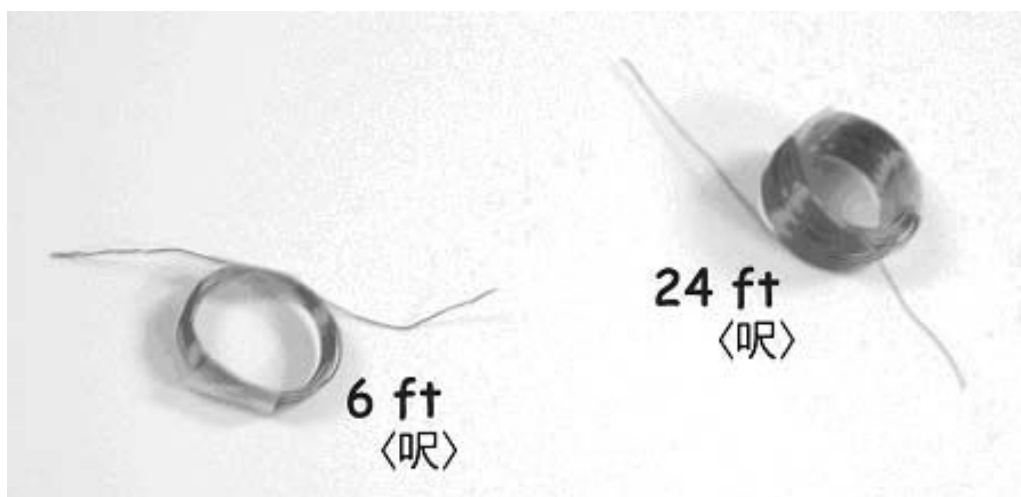


圖 2·2：用膠帶捆在一起的線圈。左邊的是一個 6 呎長的線段，右邊的是一個 24 呎長的線段。

9. 學生們首先應該像圖 2.3 一樣連接最小的線圈到他們的電路。註：他們將會需要在線路上加上一個附加的鱷魚夾電線。因為線圈的電線可能被包裹在絕緣的亮漆裡面，學生需要刮除介於鱷魚夾與它接處線圈點的亮漆。砂紙非常適合使用來磨除表面的亮漆。在放置線圈時，確認應將它靠側邊站立〈像照片拍的〉而不是靠底部站立。
10. 在打開電路〈即電流開始在電路流通〉開關之前，學生們應該放置數個磁鐵指南針在線圈周圍。然後當他們打開開關後，記下發生在指南針上的情況。指南針的指針應該會因為線圈電流產生新的磁場而轉向。
11. 關閉開關，以及下一步要求學生放置迴紋針只放在線圈內。要求他們打開開關。迴紋針有移動嗎？它們可以用線圈釣起迴紋針嗎？〔若使用一個 D-cell 電池，電磁的線圈將可能無法釣起迴紋針。放置兩個電池串聯在一起（去產生一個總共 3 伏特的電壓），若線圈是足夠大的，迴紋針將會被吸進線圈中。〕
12. 最後要求學生水平地握著一個母牛磁鐵或磁鐵條，以及將線圈掛在磁鐵條的末端（見圖 2.7），然後打開開關。線圈將會被磁鐵排斥而射出，或被磁鐵拉到它的中心。如果線圈被拉到磁鐵的中心，將磁鐵轉向，然後線圈將會被磁鐵排斥而射出。
13. 允許學生時間自由地使用磁鐵與開啓及關閉電源的線圈去探索。詢問他們如果銅線沒有通電是否帶有磁性？再問如果銅線有通電是否

帶有磁性？

14. 詢問學生們：“磁鐵和通電的線圈迴路是如何相像又如何不同？”以及與他們討論他們的答案。要求學生們關上開關，讓它一直關著直到回到活動四中這種設定。

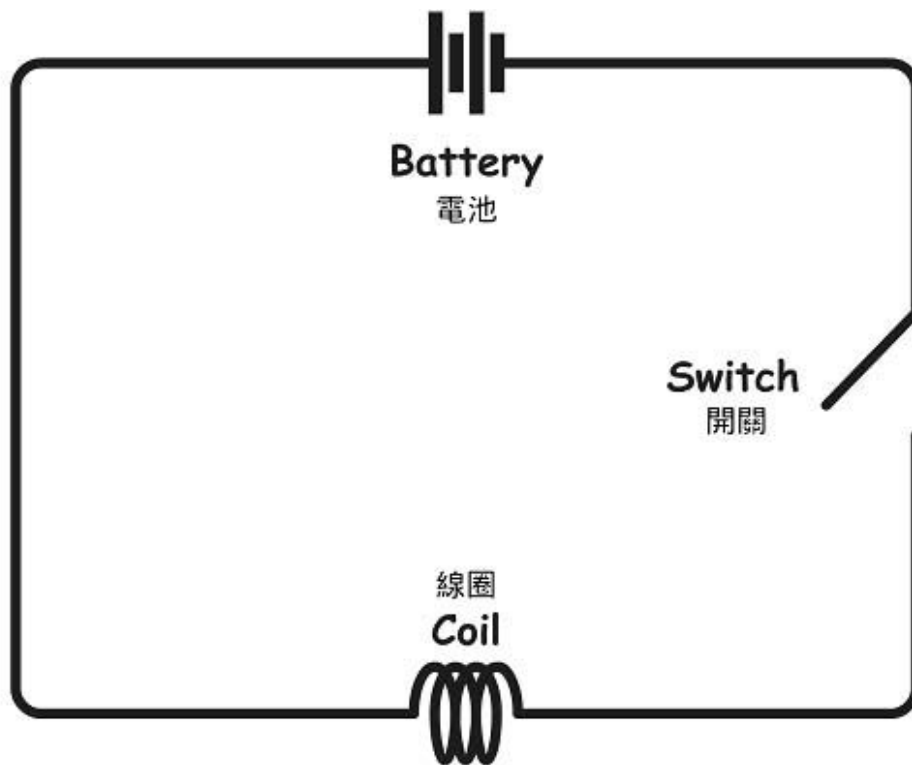
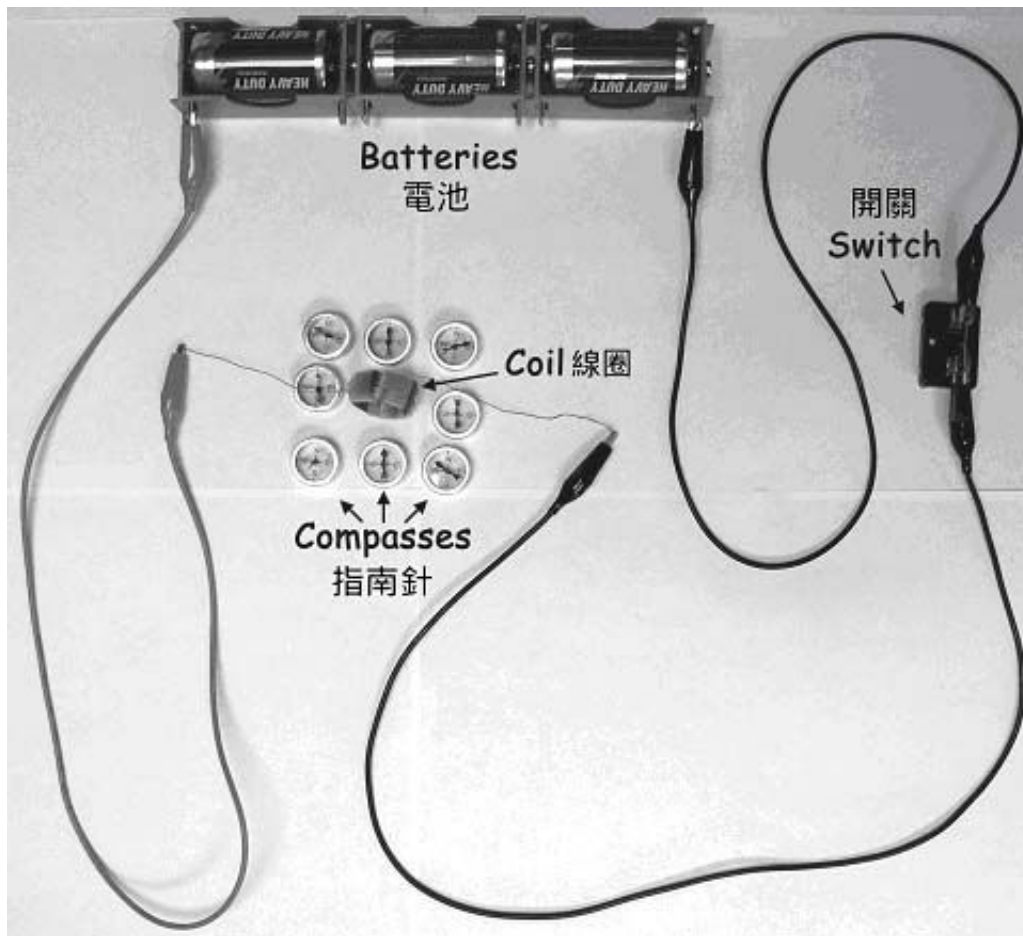


圖 2・3：一個有線圈及電線的迴路。被放置在線圈周圍的指南針會測量到電流產生的磁場。

活動三：繪製磁場線

！！警告！！家用電源插座的交流電與電壓有潛在的致命的危險，所以應該明確地指示學生們不可使用家用電源進行此實驗。但是，學生們在這個實驗課程中使用的電池與迴路是沒有危險的。即使由數個電池的串連提供的電壓可以使電線非常的熱，但不會產生對生命危險的電擊。

在這個活動中，學生將會使用指南針去描繪出在線圈周圍的磁場，就像是在課程一中他們使用磁鐵條做的一樣。若要有一個大到比較容易描繪的磁場會，你需要擁有一個中到大型電壓的大型線圈。如果你有足夠的線軸，每一組需要使用一整個線軸來當線圈（見圖 2.5）。並且，相較於化學電池可以提供的，你或許需要一個較穩定的電壓器。在學生們描繪磁場的時間裡，電池的電壓將會變動，這將會使磁場的形狀也變動，造成描繪磁場上的困難。有一個可能的做法是連接電路到交流電到直流電的轉接器，然後將轉接器接到教室裡的交流電源插座。轉接器產生的直流電電壓從大約 3 伏特到 12 伏特不等。見圖 2.4 如何用轉接器當電源來安裝迴路。

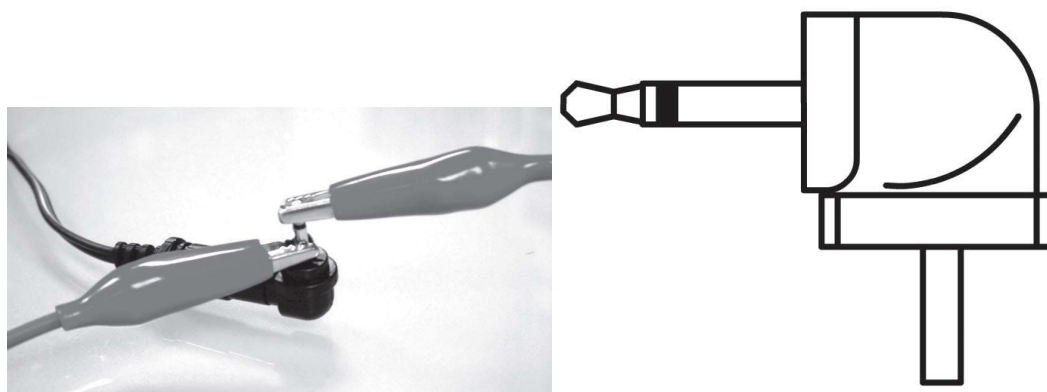


圖 2・4：使用一個交流電到直流電的轉接器當電源的安裝圖。安裝將會依轉接器插頭的類型而有所不同。圖中所示的轉接頭的正極與負極是在插頭的末端，而兩極被塑膠的絕緣體分開。

如果你擔心使用你房間的電源插座來做這個實驗的話那就使用至少 3 個串聯的電池來當做電源。化學電池可能無法長時間釋放出一致的電壓，但是如果學生們快速地描繪出磁場實施場，他們或許不會感受到太多的問題。

並且，使用的電壓若越高，線圈將會越快會變的過熱而無法觸碰。如果每一組都使用一個完整的電線軸，告知學生們避免去觸碰到線軸。大約 10 分鐘後告知學生們關掉電路使線圈冷卻。假如學生們需要更多的時間描繪磁場，他們應該在下次打開電路開關之前，小心不要去移動線圈或任何擺設。

關於此追溯磁場的活動，一個有效的做法是讓連結的電線離開桌面。照片在圖 2.5 中是一個合適的方式去達成它（使用塑膠的杯子和尺）。線圈也應該被貼在桌面的紙張上。也建議把紙張貼在一起再貼在桌面上。

〔**建議：**如果你的材料較少或不能讓每一組的學生們都可使用電插座，這個活動和下兩個在這節的課程中可以被設置成「站」。學生們可以輪流從一個站到下一個站。〕

15. 要求學生使用一支尺、數本書本、膠帶、一個線圈和鱷魚夾電線和紙張去製造一個繪圖的區域，就像圖 2.5 展示的。
16. 要求學生繪製磁場就像在課程一中做過的。請見細目活動七去複習如何追溯磁場。

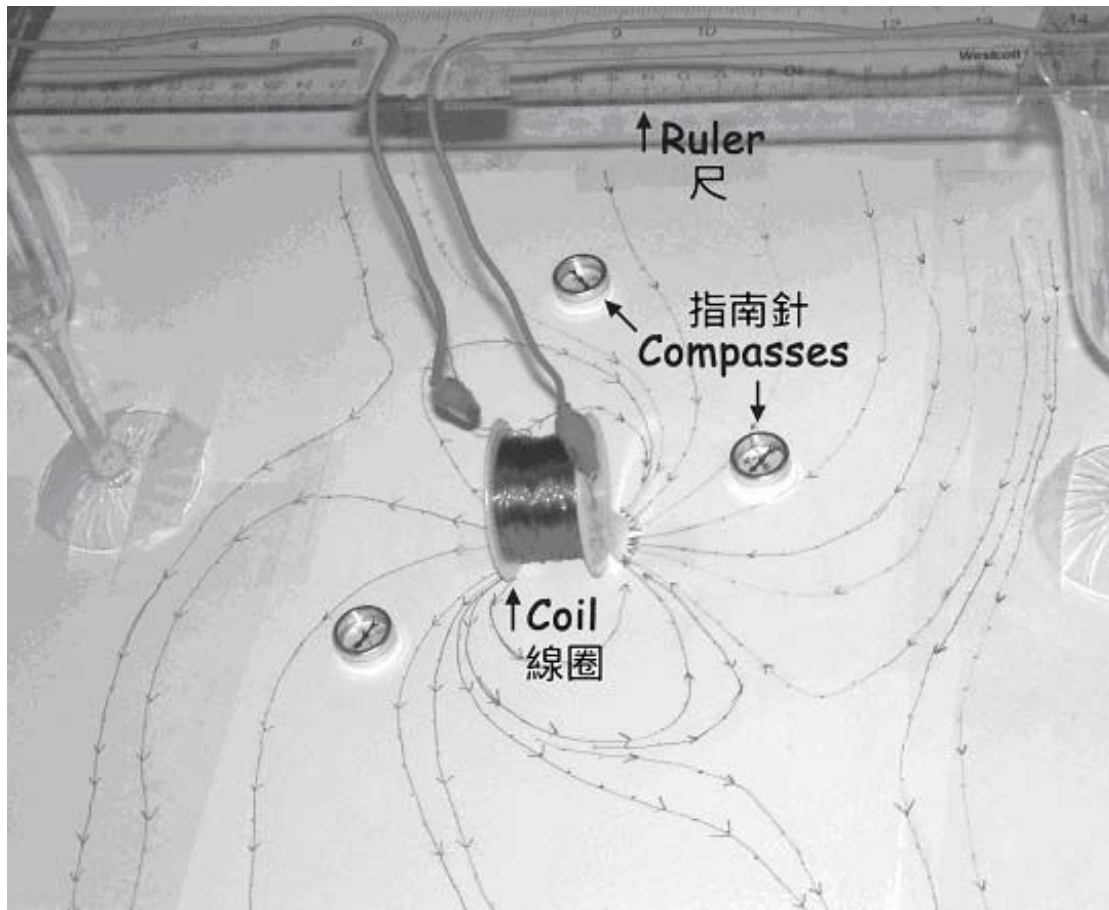


圖 2・5：此處整個電線軸被當電路中的線圈。玻璃與尺可讓電線與桌面隔開，以便將線圈附近的磁場畫在下方的紙上。

17. 與學生們討論繪製好的圖畫。他們如何與課程一磁鐵條的圖做比較〔學生們或許會發現並不是全部的磁力線都會追溯回到線圈上。某些線條或許會一起往同一方向延伸而且相互平行。這是地球的磁場。地球的磁場和線圈的場或會相加減，視場的方向測定，靠近線圈時，線圈的偶極場支配；遠離線圈時，地球的磁場支配。〕

活動四：跳動的線圈

！！警告！！家用電源插座的交流電與電壓有潛在的致命的危險，所以應該明確地指示學生們不可使用家用電源進行此實驗。但是，學生們在這個實驗課程中使用的電池與迴路是沒有危險的。即使由數個電池的串連提供的電壓可以使電線非常的熱，但不會產生對生命危險的電擊。

在這個活動中學生們將會研究有電流的線圈產生磁場的強度。

18. 要求學生們交回在課程二的活動二中圖 2.3 的線圈迴路。學生們將會使用習題 2.3 和活動 2 的裝置。學生們將會安裝 6 個不同的結構的迴路和線圈。6 英尺的線圈和 24 英尺的線圈迴路將會包括 1、2 或 3 個串聯的電池。對於每一個結構，學生們將會實施兩個實驗：
 - (1) 要求他們在線圈的一側沿著線圈軸的方向排列三個指南針，美兩個指南針間隔半公分的距離，並且放置一個磁鐵條在離線圈幾英吋遠的位子並與線圈軸垂直（請見圖 2.6）。當開關被打開時他們將會定性地測量每個指南針的針頭轉向多少（例如：完全沒有、稍微地、有些、許多）。放置磁鐵條是爲了確保指南針的指針最初不是和線圈中軸並排，但要確定磁鐵條不要太靠近指南針，否則它將會蓋過線圈的磁場。
 - (2) 要求學生水平的握著一個母牛磁鐵或磁鐵條，以及將線圈掛在磁鐵條一邊的末端上。當電路的開關打開時，讓學生測量線圈被彈出多遠的距離（見圖 2.7）。他們可以標示開始和結束的位在桌面的紙張上來測量距離。要確定有足夠的電線連接在介於線圈，開關與電池之間這樣才不會妨礙到可彈出的距離。

〔建議：對於這個步驟母牛磁鐵的效果極佳，推薦使用。但是，一般的磁鐵條同樣也可以使用。〕

在最後，他們應該從資料中總結一個較多圈的線圈，或來自較多串聯的電池的較強大電壓（因此會是較大的電流）會產生一個較強的磁場。他們同時也該記下場的力量會隨距離而削弱，是所有磁鐵的性質。

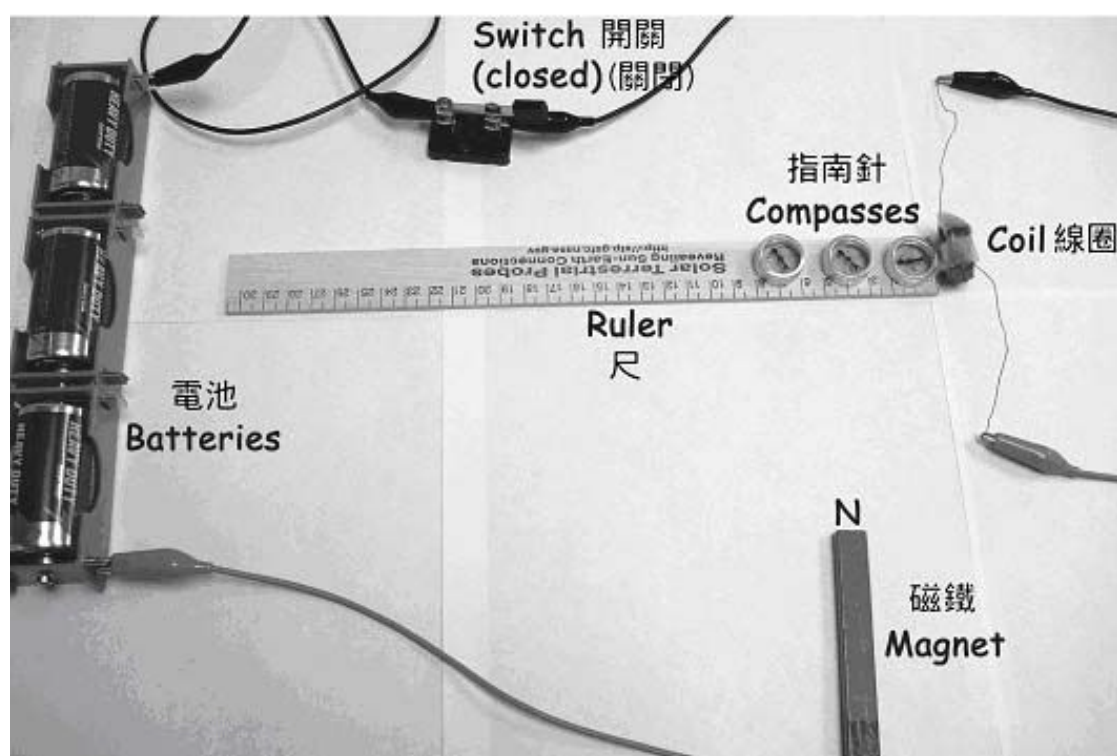
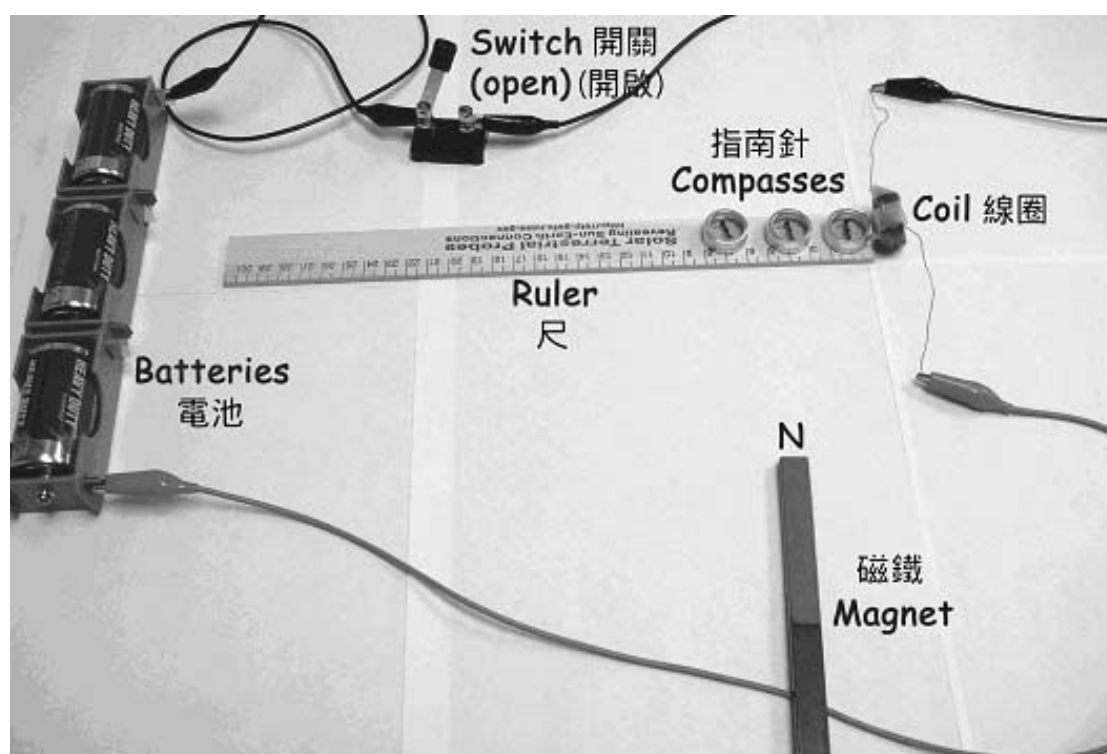


圖 2・6：為實驗裝置與線圈的軸線並排的指南針。

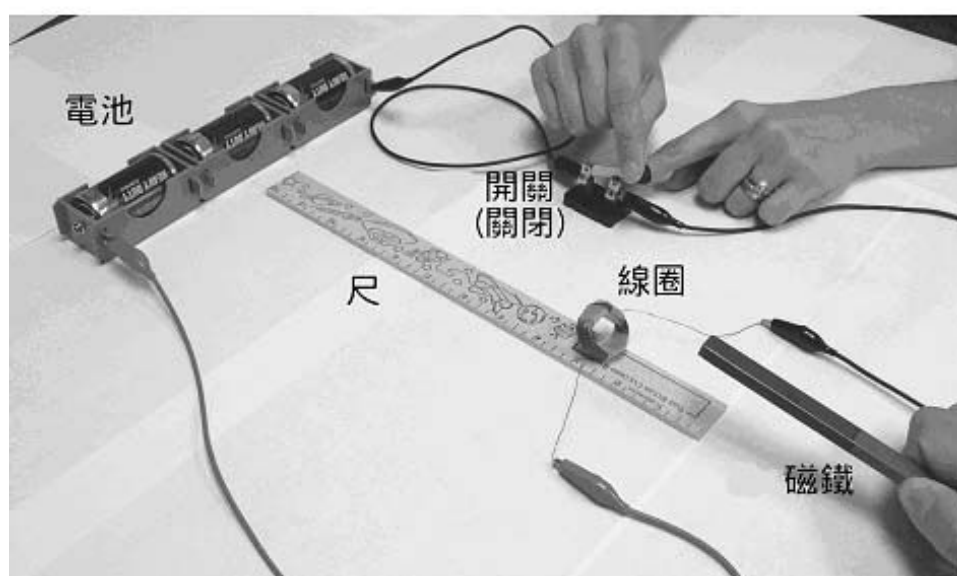
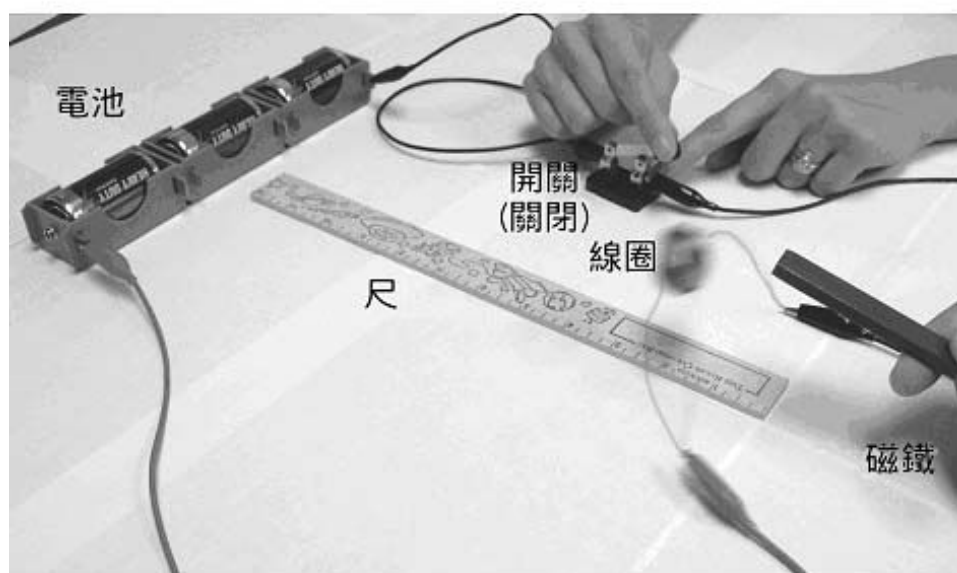
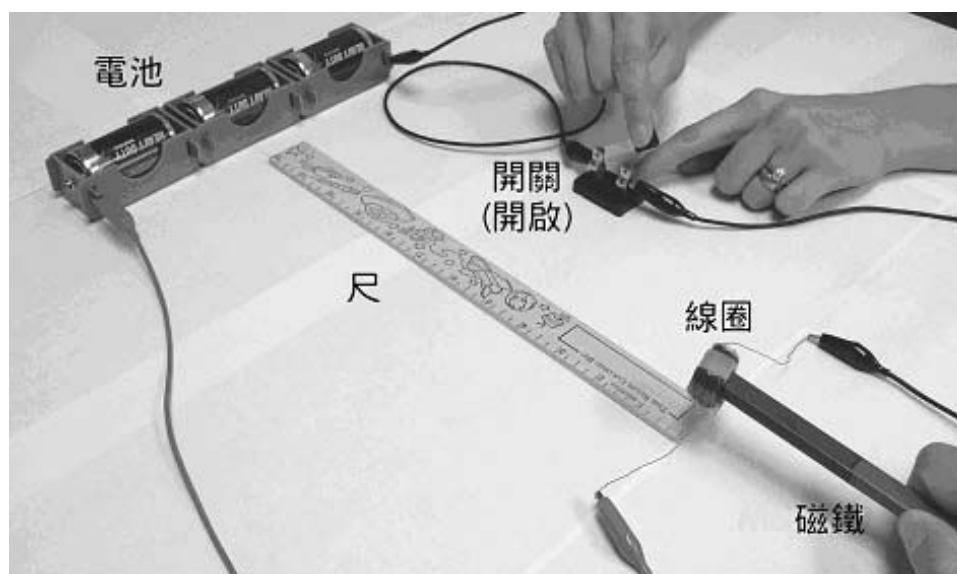


圖 2·7：跳躍的線圈的實驗裝置。

活動五：用移動磁鐵產生的電流

〔這是課程二的最後一個活動，是一個適合給高中生的延續課程。這些步驟的目的是讓學生們發現什麼是磁性的來源。美國國家科學教育規範不建議對較低年級的國中學生使用微量物質的性質去解釋電磁現象，因為他們或許還沒有準備好去學習這個概念。〕

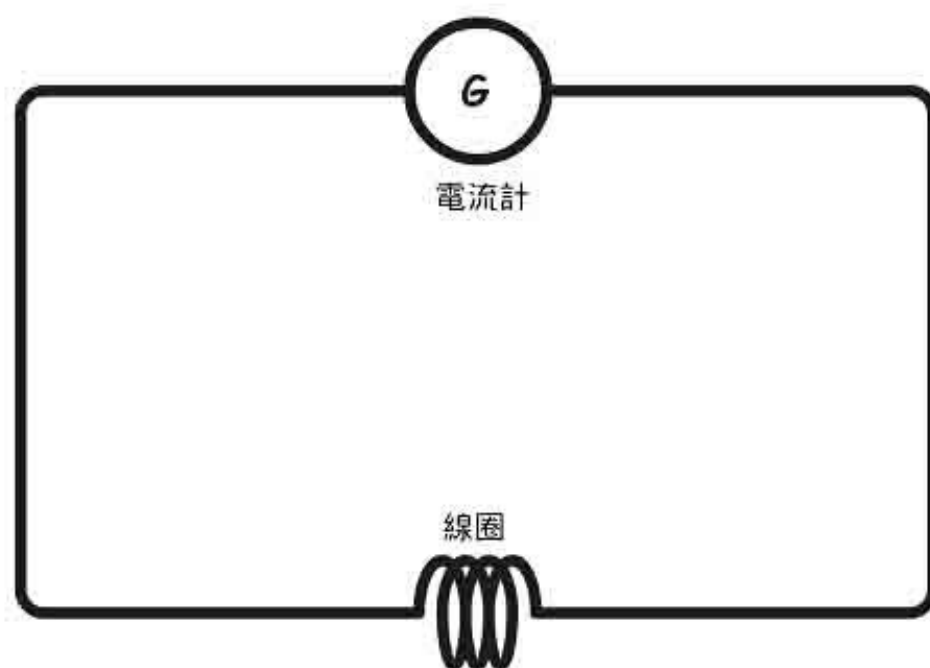
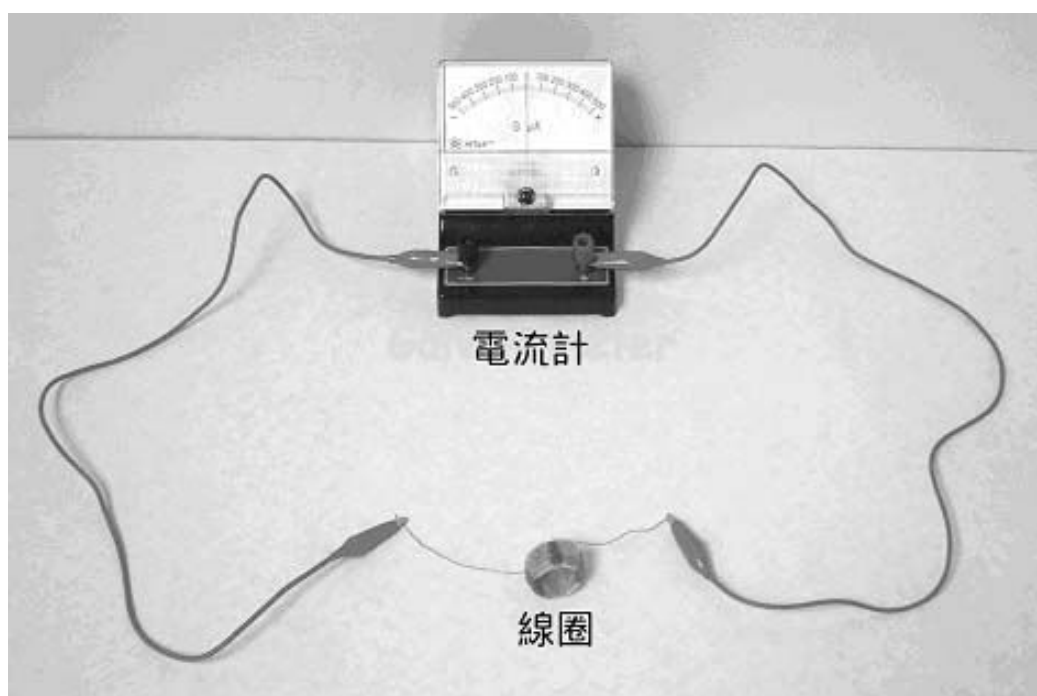


圖 2·8：在有電流計的電路中的線圈。

這個活動展示在一個關閉的線圈中移動磁鐵將會產生電流。在你和學生們開始之前，安裝一個不同的裝置在電路中。取一個線圈將它連接到一個安培計或電流計（見圖 2.8）。

19. 發給你的學生習題 2.4 要求他們在電流計迴路實驗時回答問題。
20. 指導學生去嘗試使用線圈與磁鐵讓電流計的指針移動。讓他們在小組實驗時發現，他們需要去移動磁鐵穿越過線圈。
21. 要求學生拿磁鐵條或者母牛磁鐵穿越過線圈並紀錄他們的發現。他們應該會發現移動的磁鐵會在電線中產生電流（圖 2.9）。學生們應該使用不同的線圈與不同的磁鐵做實驗。哪一種結構產生較多的電流？

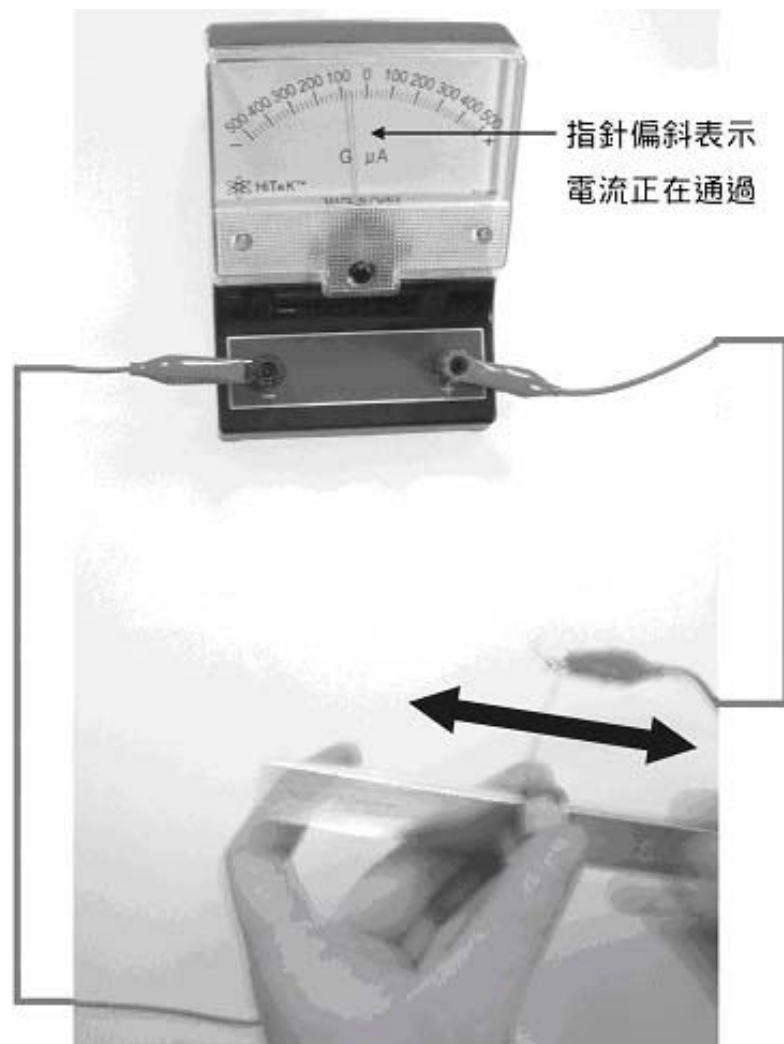


圖 2·9：移動一個磁鐵貫穿線圈來產生電流。在圖片中模糊的部分是拍攝時受到動作的影響。

22. 與學生們討論他們發現了什麼。〔一個移動的磁鐵如何可推動電荷？只有電場可以推動電荷，所以變動中的磁場必會產生一個電場，就像是在前面的步驟裡變動移動電荷的電場會產生磁場一般。在 19 世紀，電力和磁力是發現是一個相同的力的兩個表象，這一個力叫做電磁力。〕
23. 討論自然界中產生的磁場來總結這個活動。要求學生對於他們曾經體驗到或聽過的自然界存在的磁場做腦力激盪。例如：極光、閃電、天然磁石、地球、行星、太陽、太陽風、星際介質、星系。老師可以開始討論電場的波動會產生磁場的波動，依次引導更多電場的波動，導致所謂的電磁波。電磁波可以在真空中（以及電導質中）以光速（300,000 公里/秒或 186,000 哩/秒）傳輸。這個領悟引導 James Clark Maxwell 建立一個理論說事實上光是電磁輻射的一種形式，而這個理論之後被證實。電磁輻射的其他形式有無線電波、微波、紅外線、紫外線、X 光和伽瑪射線。
24. 發給習題 2.2 評估你的學生們對於他們觀察的了解。

習題 2・1

姓名：_____

日期：_____

1. 畫下你想像中地球磁場的樣子。
2. 在你的學校與教室的探索當中，你在哪裡發現了磁場？
3. 磁場的形狀像什麼？你如何知道？
4. 磁場是保持不變的嗎？
5. 什麼造成強力的磁場？你如何測定？

習題 2 • 2

姓名：_____

日期：_____

1. 解釋在電路有電流之前及之後，你對靠近電路的指南針的觀察。
2. 當開關打開而電流進入迴路時，放置在線圈旁的指南針發生了什麼變化？畫下你所見的。
3. 線圈有像磁鐵一樣吸住迴紋針嗎？
4. 當線圈放在磁鐵上然後將電門打開後，發生了麼情況？
5. 磁鐵與電路線圈有何相通又有何不同？

習題 2 • 3

姓名：_____

日期：_____

在以下的表中，記下活動 2 步驟 6 中六種不同線路擺設下的觀測結果。例如：在兩個電磁串聯以及短線圈下的結果。對指南針指針移的描述可以是定性的。你可以簡單的陳述最靠近線圈的指南針（指南針 1）在某種線路擺設下，指針偏移多、少、或完全沒有。使用一只尺去量線圈彈出的水平距離。

	低電壓 (1 個電池)	中電壓 (2 個電池)	高電壓 (3 個電池)
短的線圈	指南針的偏度： 1. 2. 3. 線圈距離：	指南針的偏度： 1. 2. 3. 線圈距離：	指南針的偏度： 1. 2. 3. 線圈距離：
長的線圈	指南針的偏度： 1. 2. 3. 線圈距離：	指南針的偏度： 1. 2. 3. 線圈距離：	指南針的偏度： 1. 2. 3. 線圈距離：

什麼擺設會產生最強的磁場？

什麼因素影響線圈產生磁場的強度？與線圈之間的距離會造成任何不同的結果嗎？

習題 2 • 4

姓名：_____

日期：_____

1. 你需要怎麼做才能讓到電流計/安培計上的指針移動，顯示是有電流流動的？

2. 假如你觀察到一個電流，這個電流有多強？

3. 不同的磁鐵會造成不同大小的電流嗎？如果會的話，那些磁鐵之間有何不同？

4. 不同的線圈會造成較多或較少的電流嗎？這些線圈又有何不同？

5. 你覺得是什麼因素影響線圈中產生的電流的大小？以什麼方法？