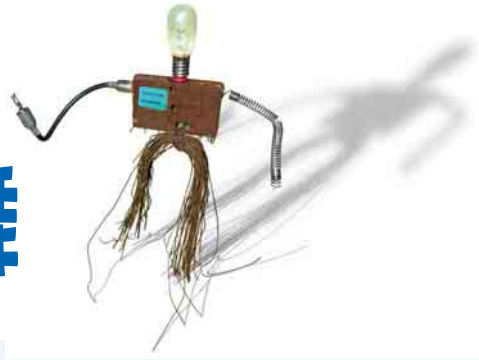
十月專輯

與磁共舞



文／台中縣自然科輔導團　林宣安

回想起當年唸小學時的印象，生活裡似乎除了玩，還是玩，不像現在的小學生，功課不但越來越多而且更加多元；參觀訪問、查資料、作報告、生態觀察這些作業若非父母協助，一個小學生實在很難獨立完成，所以我一直覺得好像是出給父母的作業，女兒才剛剛養完蠶，參觀過科博館，寫完媽祖的報告，又要開始養大肚魚了…

孝順的我只好又帶著女兒到水族館開始「我的」養魚生活，買完必要的東西，就開始回家組裝。

幸好曾經養過魚，上手還不難，只是似乎事情總是不會如想像中的順利。

「老爸，打氣機怎麼都沒有冒泡？」原本想說安排一些簡單的工作給女兒，也讓她有參與感，沒想到又出問題。

「我看看」我接過打氣機，摸了一下出風口，好像真的沒有風耶。

「你到底行不行啊？」可惡，每次都用這招激我，誰不知道妳在想什麼鬼主意？

我瞄了她一眼，「嗯，妳可以那妳自己來！」我順勢將打氣機推給她。

「我可以！那要老爸幹什麼！」她索幸直接坐到我大腿上撒嬌，天啊，這一招使出作老爸的如何抵擋得了。

「哼，都是妳的話，打氣機的出風口完全沒有空氣跑出來，所以問題一定是出在打氣機。」

「廢話，我也知道。」可惡！又打斷我的話。

「同學，麻煩妳聽我說完再評論好嗎？」也許是老師加處女座的職業病吧，我總是習慣「話說從頭」，然後那個「衝衝衝」的牡羊座總是耐不住性子聽我說完。

「一般市售的這種簡易型的打氣機通常是兩個零件組成的(圖一)我一邊說，一邊將打氣機拆開來，這下女兒的興致可來了，遺傳吧！跟她老爸一個樣。

「一邊是打氣機的主體，裡面是一個電磁鐵，不過通常廠商都會將它密封起來，以免不小心浸水。另一個零件是一

圖一／打氣機由兩個零件所組成，左邊是打氣機的主體（電磁鐵），右邊是打氣的橡皮

個橡皮　當橡皮壓縮時，空氣就會打出去了」我突然靈機一動，得好好利用這個機會再來上個理化課，所以故意漏掉了幾個重要的過程不說。

「電磁鐵…橡皮…」女兒接過這兩個拆下來的零件，自言自語的說。

「電磁鐵是不是就是那個(課本上教過的)電磁鐵。」這是什麼話！如果不是妳老爸還眞的聽不懂！

我笑著說，「沒錯！」她大概也沒注意到我在笑什麼。

「那爲什麼這樣(裝上電磁鐵後)橡皮就會被壓縮？」太好了！終於發現問題了。

「妳仔細觀察，」我一邊指給她看，一邊說道「橡皮上還裝了一個東西，看到了嗎？」

「好像是一塊鐵片耶　我知道了！」她興奮地從我腿上跳了起來，直接就從我的大腿蹬下去，好痛啊！

「對不起，對不起，我太興奮了！」她一臉愧疚的看著我，我咬著牙揮揮手，示意說沒事（眼淚都飆出來了，沒事才怪），要她繼續說下去。

「電磁鐵通電後會產生磁力，吸引鐵片，橡皮就會震動了」一副自信的樣子。

「算答對了三分之一而已　」

「爲什麼？　」我瞪了她一眼，她倒是很識相的吐了吐舌頭，馬上就住嘴。

「妳們學校教的電磁鐵是利用電池(直流電)當作電源的，如果用來吸引鐵片…」我看了她一眼，她很機伶的接下我的話。「會吸住！」

「沒錯，因電磁鐵通電後產生磁力會吸住鐵片，但就這麼一下而已，會像妳說的「震動」嗎？」

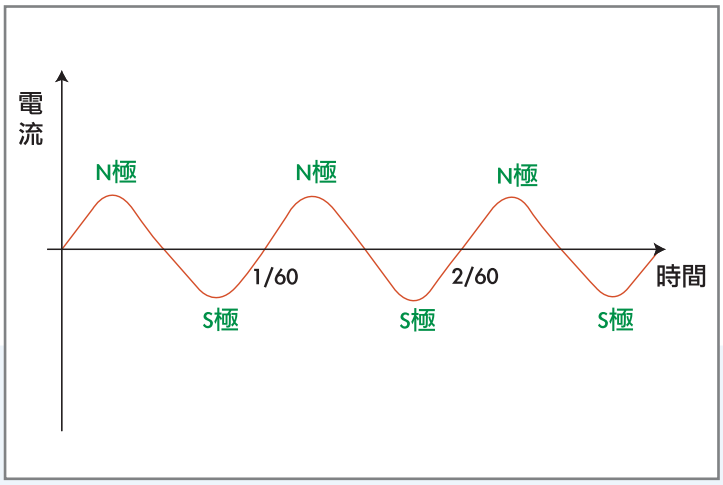
她皺了皺眉，我知道這個表情代表的意思。

「走，到實驗室！」

「耶！」她迫不及待的拉起我。

「輕點，輕點，我的大腿還在痛。」

女兒雖然個性急了些、脾氣大了些、動作粗魯了些，不過還是很貼心



圖二／一般交流電（市電）的頻率為60Hz，也就是說磁極（N、S極）每1/120秒交換一次

的，她攙扶著我起來慢慢走到屬於我的「秘密基地」（實驗室），我也所幸就讓她服務一下，享受這幾秒幸福的片刻。

我找到幾年前直接利用漆包線圈和電鑽頭作的電磁鐵和用整流變壓器改裝的「簡易直流電供應器」，以直流電通電後吸起桌上的鐵製盒子。

「妳看，鐵盒就直接吸起來而已，並沒有震動！」

女兒嘟著嘴，一臉喪氣的表情，我摸摸她的頭安慰說，「妳沒有答錯，只是不完整而已，我們的（打氣機）電磁鐵並不是通直流電，而是交流電；橡皮上的金屬也不是鐵片，是磁鐵」

我看了看她，等她插話，她反而學起我來，揮揮手示意我繼續說下去。

我再試著以她可以熟悉的語言解釋，「所謂交流電就是正負極會不斷交換的電，所以電磁鐵產生的磁極（N、S極）也會隨著不停轉換。」（圖二）

「當這樣磁極不停轉換的電磁鐵接近磁鐵時，妳猜會發生什麼事？」我試著丟問題給她，免得她又沒耐心了。

「我們老師教過，同性相斥（N極排斥N極，S極排斥S極）），所以　」我最喜歡看她思考的表情，也從小訓練她將思考的過程說出來，我才能知道她是怎麼想的。

我望著她笑了一下，鼓勵她繼續說下去。

「所以一下子吸、一下子斥？」她很沒信心的說。

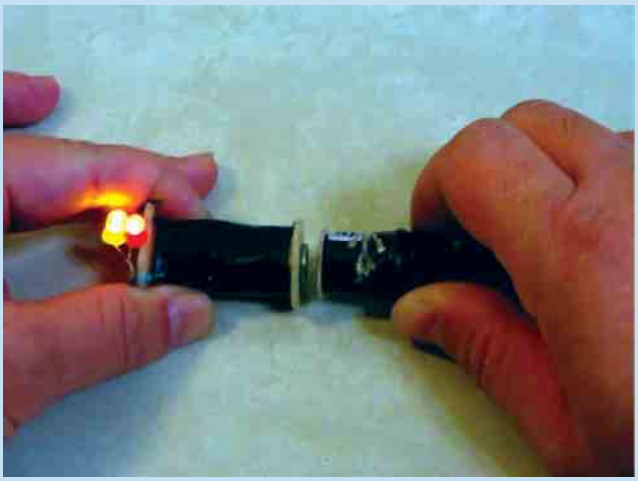
「答對了！」我故意提高的音調，嚇得她抖了一下。

她用力捶了我好幾下：「你很討厭耶！」

「好啦，我們來試試看！」

我將電磁鐵接上（低壓）交流電，一接近磁鐵，就看到磁鐵開始如跳舞般震動了起來。距離越近（不接觸），跳動越厲害，調整至適當的距離甚至可以使磁鐵開始繞圈圈跳舞。

「好玩，好玩，給我！」她興奮的狂叫起來，拿起我的電磁鐵開始與磁共



圖三／當通以交流電的電磁鐵接近串有LED的線圈時，因磁極不斷變化發生電磁感應的現象，因而產生感應電流點亮 LED 燈

舞！

這時當然得趁勝追擊，「所以當磁鐵和橡皮黏在一起　」我嘗試著問她。

「橡皮就會跟磁鐵一起震動了！」

我笑了，很驕傲的笑了！

不過，這才上了半節課。

「還有更有趣的，」我找出「電磁感應發電機—水平型」教具（詳見「發電高手」，作者：林宣安，刊載於科學研習雜誌四十五卷第二期），並從女兒手中拿回電磁鐵。

「當電磁鐵通上交流電時，磁極不停轉換（磁場變化）時會使另一個電磁鐵產生感應電流，所以當通以交流電的電磁鐵接近這個串有 LED 燈泡的電磁鐵時　」我一邊說著，一邊將電磁鐵接近電磁感應發電機教具。（圖三）

「亮了耶！」只見她眼睛如LED般閃亮的起來，女兒似乎從小對自然科學就特別感興趣，老爸與環境使然吧。

「妳再看，距離越近， LED 燈就越亮；距離越遠， LED 燈就越暗，跟我們剛剛接近磁鐵時的感覺是不是很像？」

「如果將打氣機的主體取代我們自製的電磁鐵，來！試試看和剛剛的實驗結果有何不同？」

女兒手腳俐落的將打氣機插上電源，一接近磁鐵，正如預期的開始跳舞；一接近串有 LED 燈的電磁鐵，也開始乖乖的發亮！

「跟剛剛的都一樣耶！」

「所以　」我試著引導她。

「所以打氣機裡面也是一個通有交流電的電磁鐵」

我在她頭上親了一下，「乖女兒，眞聰明！」

「所以打氣機的本體沒有壞囉！」

「到目前的結果看來應該是這樣。」我很保守的說。

「那問題是出在橡皮上了喔？」女兒望著我，一邊拿起打氣機的另一個零件端詳著。

「大概吧！」

女兒一臉無奈的說：「那還是沒結

論？」

我帶著詭異的笑容（這是她事後跟我說的），再將橡皮拆解下來，賓果！

「妳看，橡皮的邊緣破了一個裂痕，氣就從這邊跑出來了！」我指著這個「新買的」打氣機說。

「那我們趕快拿去換！」女兒焦急的拉著我的衣服說。

「別急，既然我們已經知道的打氣機的構造，我們自己動手作一個如何？」

知女莫若「父」，我就知道正中她的下懷，只見她眼神一亮，一轉身一副裝乖巧的樣子，馬上在實驗桌前作好；這是我規定的，進實驗室作實驗安全第一，嚴格禁止嬉戲。

「我們利用氣球取代橡皮，再拿這個底片盒當作氣室，把氣球繃緊後黏在底片盒上。」

父女倆七手八腳的，終於將氣球固定在底片盒上，並在氣球中央以彈性黏膠固定上強力磁鐵，再將底片盒另一端的底部鑽了一個洞，塞入塑膠管。

「好了！」女兒喘了一口氣說

「好了？」我反問她，並沒有給她一個答案，「那妳自己試試看囉！」

女兒迫不及待地將塑膠管放入水中，再將通以交流電的電磁鐵接近氣球上的強力磁鐵，只見磁鐵一如預期的帶動氣球開始快速震動，但卻不見水杯裡冒出任何氣體！

「怎麼會這樣？」女兒很失望的說

我反倒是急忙安慰她，「別急，妳再仔細觀察，整個底片盒只有一個出口（連接塑膠管），當塑膠管又放在水中時，是不是相當於整個底片盒（氣室）是一個密閉的環境，當然不會有氣體持續冒出來了啊！」我不知道這樣的解釋是否她可以理解。

「那你爲什麼不早說？」

「耶，怎麼反而變成我的錯了！是妳自己說已經做好了的哇。」遇到這個「番婆」我實在有苦說不出。

不過她倒是沒注意到我的情緒反應，自顧自的說著：「那如果在底片盒上再搓一個洞，就可以有空氣補充進去，可是這樣打氣的時候也會從這個洞跑出去啊。」

我順勢接著她的話：「那如果讓底片盒上另外一個洞只能讓空氣進去，塑膠管上的洞只能讓氣體出來。」

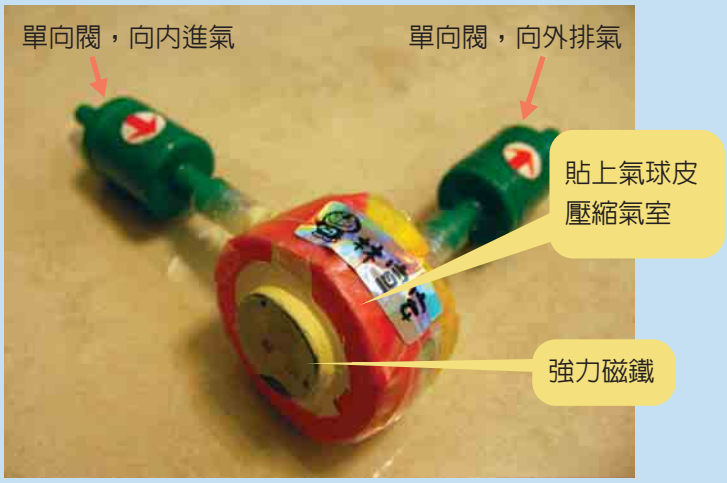
「啊！」她突然狂叫起來。「對，對，對！就是這樣！快點，你教我怎麼做！」

「別急！總得讓我找看看啊。」

我在實驗室裡翻箱倒櫃，記得以前曾經留下幾個水族箱用的「單向閥」，只是實驗室東西實在太多，又沒時間整理，只見女兒又在那裡嘀咕。

「就叫你找時間把實驗室的東西收一收，你就每次都這樣，你看，東西又找不到了。」

天啊，現在到底誰是父母，誰是小



圖四／市售打氣機上的橡皮上也有兩個利用塑膠薄片(綠色部分)做成的單向閥

孩？

「好啦！找到了！」

「這個東西叫做單向閥，只能讓氣體或液體單一方向通過，所以我們如果將底片盒旁邊的孔裝上「向內的單向閥」，塑膠管前端裝上「向外的單向閥」」我一邊說，一邊將單向閥裝在氣室上。（圖四）

「好了！妳直接用手壓壓看氣球。」

女兒照著我的指示在氣球上壓了幾下：「冒泡了，冒泡了！」

她連忙再將電磁鐵直接靠近氣球上的磁鐵，果然看到水中不斷冒出氣泡，就如同市面上買的打氣機一樣。

「哇，好棒喔！這樣我們就不用買了，就用這個就好了。」她一轉身就要將自己作的打氣機拿去水族箱，我連忙阻止他。

「等等，別急！我們自己作的充其量只是一個教具，如果要長時間通電使用還是買廠商做好的比較安全！」

他有點失望的說：「好吧！哪我們拿去跟老板換。」

我苦笑著：「你認爲老闆會給我們換嗎？」

只見她望著桌上拆卸下來的打氣機，狠狠瞪著我：「老爸！」

救命啊！我可是用心良苦耶！

《科學動手做》

自製電磁鐵

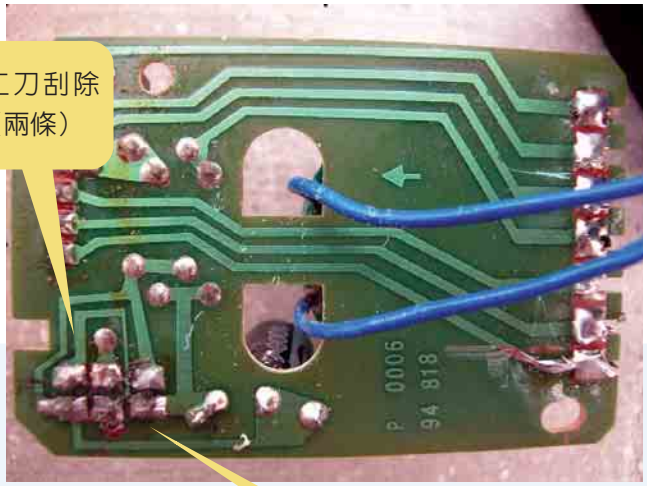
一、器材

小漆包線圈（0.45mm）、8mm 電鑽頭、絕緣膠帶、銲槍、銲錫、線材

二、製作方法

1.將兩個市售的小漆包線圈依同方向焊接在一起，再將漆包線兩端焊接出兩條接線，最後外層以絕緣膠布包裹。

2.中間插入電鑽頭（選擇合適漆包



圖五／電磁鐵成品圖

線中間圓孔的的電鑽頭，一般使用 8mm 的電鑽頭剛好），若無法完全密合，可在電鑽頭外層貼上適量的絕緣膠帶，使其剛好塞入孔中。

3．最後將接線固定於電鑽頭上即可。

三、使用方法

◎配合大漆包線圈、感應電流發電機及簡易直交流電供應器等可作多種電磁方面的實驗。

1.將電磁鐵放入大漆包線圈中，連接上檢流計，將直流電源的鱷魚夾在電磁鐵的接頭處來回摩擦，觀察是否有感應電流產生。

2. 將電磁鐵接上交流電；檢流計換成 6V 的小燈泡，觀察燈泡是否會亮。

3. 再將大漆包線圈上的小燈泡換成馬達，但因其感應電流亦爲交流電，故須先整流後再接上，觀察馬達是否會旋轉？再換上蜂鳴器，「聽」到電了嗎？

小提醒：
整流的方法；可從電子零件行購買封包好的橋式整流器，一般有四個接點，中間爲 AC 輸入，兩側爲 DC 輸出。

4. 將接有交流電的電磁鐵靠近原本設計的「感應電流發電機」，觀察 LED 是否發亮，再將電磁鐵與感應電流發電機的距離稍作調整，觀察距離對感應電流大小的影響。

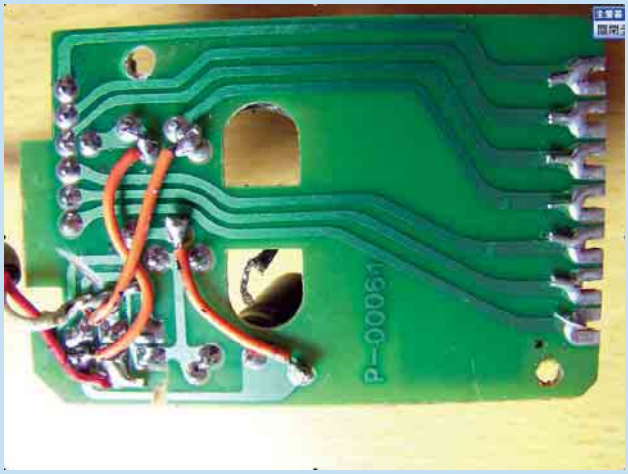
5.單獨將電磁鐵連接交流電（將電壓調至最小），試試看是否能吸起鐵片？和利用直流電所吸起鐵片的情形有何不同。

四、成品圖：圖五

自製簡易直交流電供應器

一、器材

可變電壓整流變壓器（需可拆開者）、紅黑鱷魚夾、銲槍、銲錫、線材



圖六／交流電供應器成品圖

二、製作方法

1.將整流變壓器的接頭剪掉，露出內部正負極的導線，可先以三用電表檢驗正負極，再接上紅黑兩色的鱷魚夾擊完成直流電供應器。

2.將整流變壓器拆開，在整流之前（亦即在通過二極體之前）引出兩條導線，極爲低壓交流電。

3.整流變壓器的電路板依不同廠牌及型號會有所不同，建議老師可在接出導線之前，先以三用電表檢驗確定。

4.或直接利用可切換極性的整流變壓器，如圖五、圖六改裝。

三、成品圖：圖六

自製打氣機

一、器材

自製電磁鐵、自製簡易直交流電供應器、底片盒、氣球、單向閥、強力磁鐵（直徑 10mm）、彈性黏膠、塑膠管

二、製作方法

1.將底片盒裁下一半備用，可使氣室體積較小，增強壓縮氣體的效果。

2.將氣球剪開以兩層包覆在底片盒開口處，中央再以彈性黏膠固定上強力磁鐵。

3.在氣室(底片盒)底部及外圍鑽一圓孔，使其可以剛好塞入塑膠管，必要時可再利用彈性黏膠固定。

4.裝上單向閥，底部的向外（出氣口），外圍的向內（進氣口）。

三、使用方法

1.將通以低壓交流電的電磁鐵接近氣室，調整至適當距離，即可看到出氣口冒出氣泡。

2.注意不要將磁鐵吸住，會變成無法震動，且通電時間不宜過長。

3.強烈建議：本實驗裝置僅供教學講解用，不宜實際用於水族箱或長時間通電使用。