

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081523

不翼而飛~鋁箔小飛碟

學校名稱：嘉義縣太保市太保國民小學

作者：	指導老師：
小五 蔡文杰	謝邦基
小五 李政勳	錢美吟

關鍵詞：電磁波 重力 磁力

壹、 摘要

暑假與爸媽觀賞「幽浮展覽」，會場中看到美國羅斯維爾飛碟墜毀事件的模型，對於飛碟飛行的現象更是好奇，在無法親眼目睹飛碟的飛行的情況下，我們嘗試不用螺旋槳，而改用其他方式來模擬飛碟上升的狀況。



我們查了很多資料，發現有一個是利用鋁片藉由電磁爐上升的實驗，這薄薄的鋁片就如同神秘的飛碟一樣，緩緩升空。但是電磁爐產生的電磁波，對人體是有害的。所以必須檢測出電磁爐安全的距離與強度，在安全範圍的情況下，以固定的位置與高度，利用攝影機錄下遠處的實驗，再將影像以單槍放大顯示，以確保實驗安全與準確。同時，為了解釋本實驗的原理，我們也想出了一個自製的器材，可以讓我們一面觀察鋁箔上升現象，一面對照解說這個實驗。

透過實驗發現，在電磁爐上的鋁箔紙，如果範圍在電磁爐的線圈內部，同時重量輕、表面完全沒有撕裂、純鋁箔材質，這樣飛起來的效果比較好。

瞬間拍下的照片	用來解釋電磁爐與鋁箔上升磁力的模型，圖中顯示擺動的磁棒 不論是 N 極或 S 極都能讓鋁環對磁棒產生排斥力

貳、 研究動機

科幻小說中的飛碟，一直是遙不可及的飛行器。在我們收集的資料中【參考資料 (5)】，有個記載著電磁爐的實驗，裡面顯示在電磁爐的上方放著鋁箔紙，打開電源時會讓鋁箔飛起。但電磁爐的電磁波有害人體，這個實驗不能隨便亂玩。於是我們向學校老師表達我們想要做這項實驗的看法，最後在老師的協助下，完成初步實驗讓鋁箔紙飛起。隨後我們陸續收集各種材料，例如奶粉罐密封用的鋁片、包裝糖果用的錫箔紙與鋁箔紙、香煙盒內部的錫箔紙等等...，並利用假期或週三下午，跑到工廠去要不同厚度的鋁箔，最後終於看到鋁箔成功上升。

參、 研究目的

1. 我們想探討鋁箔紙在電磁爐上可以飛得高的最主要組合。
2. 我們觀察有哪些鋁箔紙特性，會影響這項實驗的結果。
3. 自己製作一個可以解釋這項實驗現象的安全玩具模型，並可避免電器與電磁波可能造成的危險。

肆、 研究器材

			
			
			
電磁波環境測定器、DV 攝影機、厚度量尺、高精度數字口袋電子磅秤、三用電錶、電磁爐、鋁箔紙、剪刀、圓規、直尺、黏土、筷子、沙拉油、空塑膠瓶、鐵粉、Silicone、強力磁鐵（圓形與長柱形）、白楊木			

伍、 研究過程與方法

根據瑞士防範電磁波暴露危險立法說明：『超過 1mG 長久暴露，罹患白血病機率增加、免疫力下降、易倦且運動神經受損等』。所以我們在進行這項實驗時，最重要的就是限制在安全的距離下，得到最佳的上升效果。最後我們採用民國 81 年出廠的上豪牌電磁爐進行實驗，因為它讓鋁箔紙飛的夠高，同時在距離它的邊緣 110cm 時，磁場的強度降到 0.9mG。在確定好電磁爐廠牌後，我們將器材放在固定位置上，並標上記號，隨後利用壁報紙劃上一個弧形界線，表示安全距離，於是我們在安全區域內進行這項實驗。

然後我們決定金屬薄片材質，我們從去年暑假就一直收集各類金屬薄片，例如：包裝糖果用的金屬薄片、香煙盒內部的錫箔紙、牛奶罐密封用的鋁箔片、茶葉包裝紙、烤肉用鋁箔紙、廚房防止油污用的鋁箔紙、其他一些防止受潮的包裝金屬紙。發現只有烤肉用純鋁箔紙效果最好，同時飛行的高度也夠，有些金屬薄片（例如錫箔紙）在電磁爐上動也不動，所以我們採用烤肉用的鋁箔紙作本實驗材料，同時為了測驗各項厚薄不同的鋁箔材質，我們也親自到工廠去詢問索取。我們用親自拜訪或電話查詢，幾乎都沒有得到廠商的回應，因為他們一般都自國外進口整捆鋁箔，然後再加工製成品，但最後皇天不負苦心人，終於在北部的一家廠商熱心免費提供不同厚度的實驗材質下，進行了厚薄不同的鋁箔上升實驗。

為了能在安全的距離觀測，我們利用 DV 攝影機拍下鋁箔飛行的高度，再利用單槍投射到大螢幕，以慢動作的播放方式，在大型的白板上標示高度。



圖 1-1 單槍將錄影投影在白板上

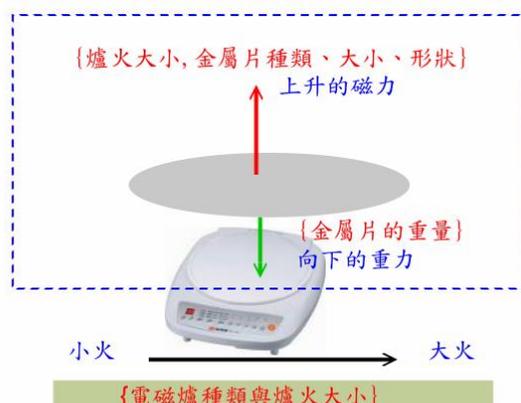


圖 1-2 影片清晰可見內容

在實驗「進行前」與「進行中」，我們一直反覆思考可能影響實驗的各項條件，我們整理成圖表如下：

1. 實驗因素狀況圖：

圖 2. 鋁箔上升狀態時的原因分析圖



在實驗初期，我們發現電磁爐的種類對於實驗結果影響很大，舊的機型（民國 81 年出產的上豪牌電磁爐）讓鋁箔紙上升的狀況較最近幾年出產的電磁爐明顯很多。這兩三年出產的電磁爐（我們試了尙朋堂、Panasonic、東元）發現鋁箔紙上升的高度非常有限，幾乎在直接觀察下不到 3 公分的高度內跳動，所以我們採用 81 年出產的上豪牌電磁爐做實驗。

2. 實驗因素

實驗因素	不同變數的組合	備註
電磁爐的爐火強度	100°C、150°C、200°C	（由於沒有太大變化，所以統以一 100 度 C 的爐火為準）
電磁爐的種類	尙朋堂、Panasonic、東元、上豪	由於 81 年出產的上豪牌電磁爐上升高度較明顯，所以採用這一台電磁爐
金屬形狀	正凸多角形	
金屬厚度	0.03mm~0.1mm	
金屬片的完整性	橫切面與點狀破壞	
金屬片的面積	不同的感應面積	

3. 本實驗的主要裝置如下圖 5~圖 7。

本實驗一開始發現，如果將鋁箔片剪成圓形放在電磁爐中央，發現電力一開啓，會將鋁箔紙彈開到電磁爐外，所以爲了易於觀察上升高度，我們經過幾次修正後，使用最方便的方式，將少量黏土放在電磁爐的正中央，用黏土將竹筷子直立。爲了確認電磁爐內部構造，老師教導我們將電磁爐拆開，



圖 3. 拆解電磁爐觀察內部結構

發現電磁爐內部主要是由線圈以同心圓的方式，環繞組成，整個線圈的直徑大約為20cm。

而使用非導體的黏土竹筷子架設在電磁爐中央，主要原因在於使用金屬導體作成的架子會產生熱能，甚至燒毀；考慮安全因素，我們才使用這樣的材質。如下圖5，我們在靠牆壁的地方以小白版畫好每隔0.5cm刻度的量表，同時用另外一張小白版標示實驗編號。我們在每一個實驗器材上，固定好距離與高度，然後再標上記號固定，以便在每次攝影時，拍攝的高度不會因為距離、高度的不同造成實驗誤差。



圖 4. 實際裝置

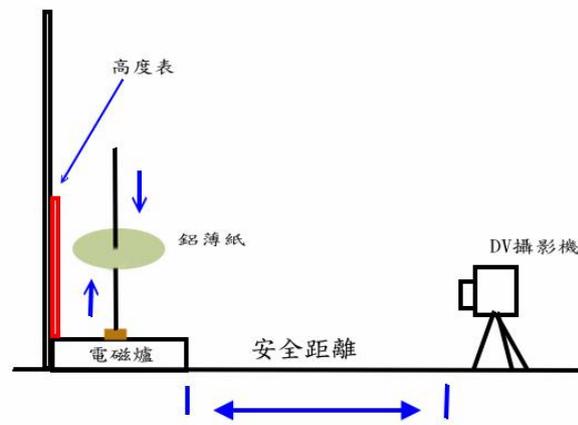


圖 5. 裝置簡圖



圖 6. 電磁爐後方的高度量表與編號白板



圖 7. 將所有位置劃上位置固定

爲了達到實驗的準確性，我們在每個實驗過程中，加上預備動作與後續動作，以便讓我們的每個實驗盡量一致化，降低實驗間的差異。

『預備動作』：

- 實驗儀器擺放時，先檢查電磁爐、高度表、攝影機的位置高度是否在標記的位置上。
- 淨空周遭事務，注意是否有微風吹襲，以免影響鋁箔片上升高度。

- 將實驗編號寫在小白版上面。
- DV 開機，準備好高度測量。
- 準備好紙筆，紀錄實驗狀況。
- 準備好相機，準備攝影。

『後續動作』：

- 檢查錄影狀況，確定畫面清晰，可以進行高度測量。
- 隨即紀錄實驗編號，相對應實驗內容，以便日後對照實驗資料。

綜合上面所說，我們可以將每項實驗的步驟表示如下：

先進行預備動作 → 進行實驗因素表中的操縱變因，進行實驗 → 檢查實驗器具是否故障或異常，若有則重新開始，若沒有問題則進行下一個步驟 → 進行後續動作 → 結束

研究一、探討不同直徑大小的圓形鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。

我們一開始想以不同大小的圓形鋁箔作觀察，因為電磁爐內部的線圈本身是圓形的，使用圓形鋁箔紙可以容易看出包含電磁爐感應區域的範圍。

1. 方法：我們使用中空的圓形，內部直徑（以下簡稱“內徑”如圖 8）都是 4 cm，測試不同的上升高度。

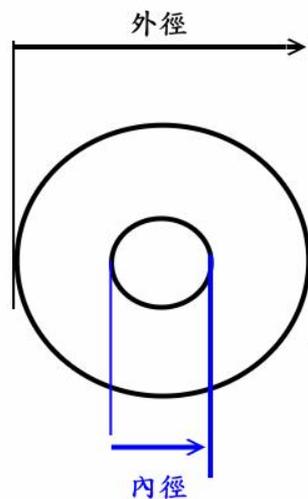


圖 8. 鋁箔紙 內徑與外徑示意圖

2. 實驗步驟：

- (1.) 先準備好下列鋁箔紙
 - 甲、鋁箔紙厚度：0.03mm
 - 乙、鋁箔形狀：圓形（內徑統一為：4cm），直徑從 5~25cm 不等
 - 丙、電磁爐的爐火強度：100 度 C
- (2.) 進行預備動作。
- (3.) 使用 DV 對所有鋁箔紙進行後續動作。
- (4.) 以投影機投射影像在大白板上，用慢動作紀錄上升高度的位置，然後繪製成表

格，得到下圖 9. 的趨勢。

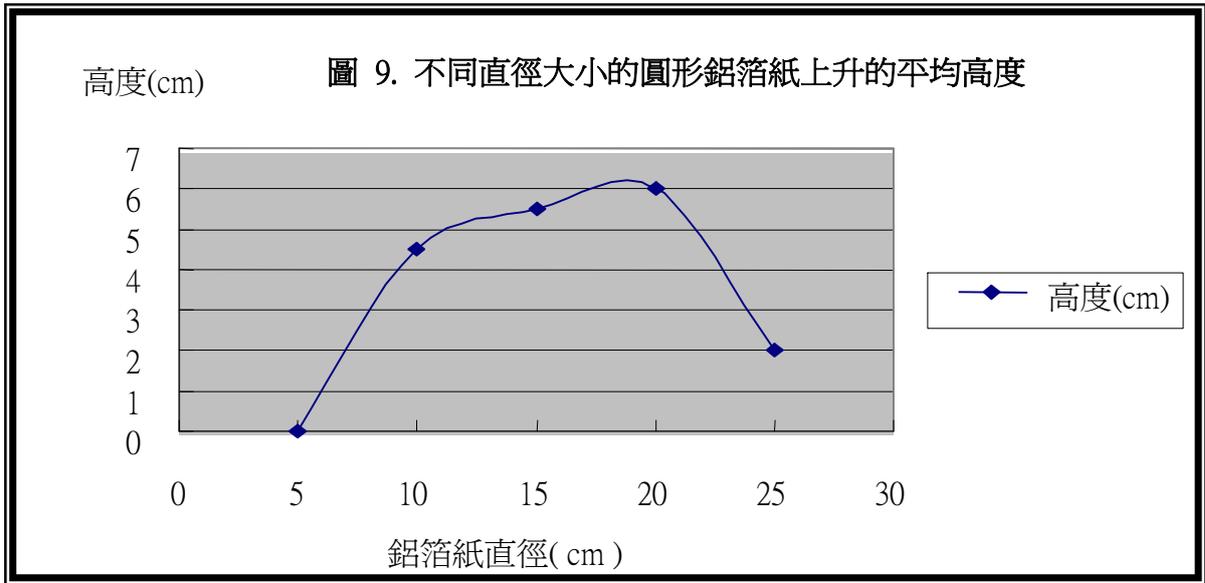


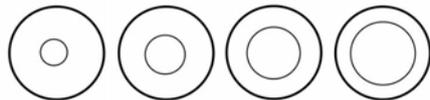
表 1. 不同直徑大小的圓形鋁箔紙上升高度

編號	直徑 (cm)	第一次實驗高度(cm)	第二次實驗高度(cm)	第三次實驗高度(cm)	平均高度(cm)
1-1	5	0	0	0	0
1-2	10	4.5	4.5	4.5	4.5
1-3	15	5.5	5.5	5.5	5.5
1-4	20	6.5	6	6	6
1-5	25	1.5	2	2	2

研究二、探討相同外徑、不同內徑下的圓形鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。

做完研究一之後，我們想換個方式，改變圓形鋁箔的內徑，而不改變外徑，如下圖 10. 看看結果如何。

圖 10.



1. 方法：我們使用中空的圓形，外部直徑均為 15 cm，內部直徑由 2cm 到 12cm 不等，測試不同的上升高度。
2. 實驗步驟：
 - (1)、先準備好下列鋁箔紙
 鋁箔紙厚度：0.04mm
 鋁箔形狀：外部直徑統一為 15cm，內部直徑由 2cm 到 12 cm。
 電磁爐的爐火強度：100 度 C
 - (2)、進行預備動作。

- (3)、 使用 DV 對所有鋁箔紙進行 後續動作。
- (4)、 以投影機投射影像在大白板上，用慢動作紀錄上升高度的位置，然後繪製成表格，得到下圖 11. 的趨勢。

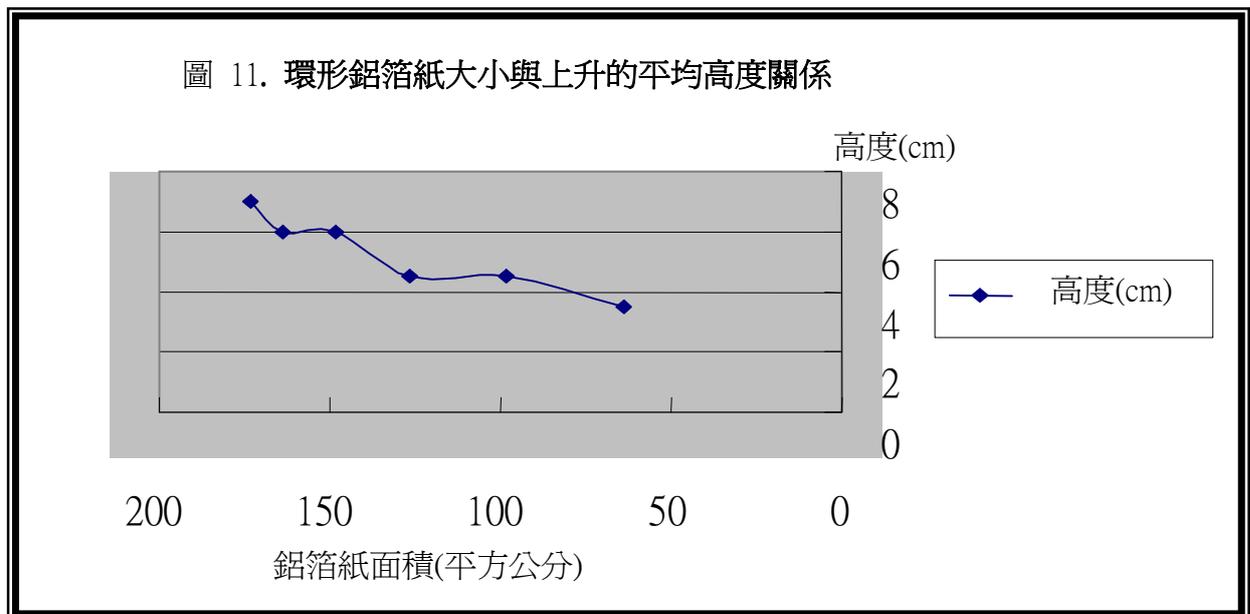


表 2. 環形鋁箔紙大小與上升高度關係

編號	直徑 (cm)	內徑 (cm)	面積(平方公分)	第一次實驗高度 (cm)	第二次實驗高度 (cm)	第三次實驗高度 (cm)	平均高度 (cm)
2-1	15	2	173.6	7	7.5	7	7
2-2	15	4	164.1	6	6	5.5	6
2-3	15	6	148.4	6.5	6	6	6
2-4	15	8	126.4	4.5	4.5	4.5	4.5
2-5	15	10	98.2	4.5	4.5	4.5	4.5
2-6	15	12	63.6	3.5	3.5	3.5	3.5

研究三、探討多角型的鋁箔紙，在不同凸角型、在同一電磁爐的爐火下的上升高度。

在前面兩個研究中，我們將重點放在圓形鋁箔片，但是我們更想知道，若形狀不是圓形，效果會如何？我們試了三角形、梯形、正方形、菱形、圓形；發現三角形上升的高度最佳。我們想知道，是否多邊形在凸角的數目比較多時，會使上升的高度較高。所以我們利用 20 x 20 cm 的正方形鋁箔紙，剪裁成三角、五角、八角、十二角的銳角多邊形【附錄 2】，以便觀察在凸角越多的狀況下是否上升的高度越高。

1. 方法：我們使用中空的正凸多角形，外部直徑均為 15 cm，內部直徑由 2cm 到 12cm 不等，測試不同的上升高度。

2. 實驗步驟：

- (1)、先準備好下列鋁箔紙
鋁箔紙厚度：0.04mm
鋁箔形狀：由 20 x 20 cm 的正方形鋁箔紙，摺剪成正凸角型，參考附錄 2 的作法。

圖 12. 本實驗的正凸多角形



電磁爐的爐火強度：100 度 C

- (2)、進行預備動作。
- (3)、使用 DV 對所有鋁箔紙進行後續動作。
- (4)、以投影機投射影像在大白板上，用慢動作紀錄上升高度的位置，然後繪製成表格，得到下圖 13 的趨勢。

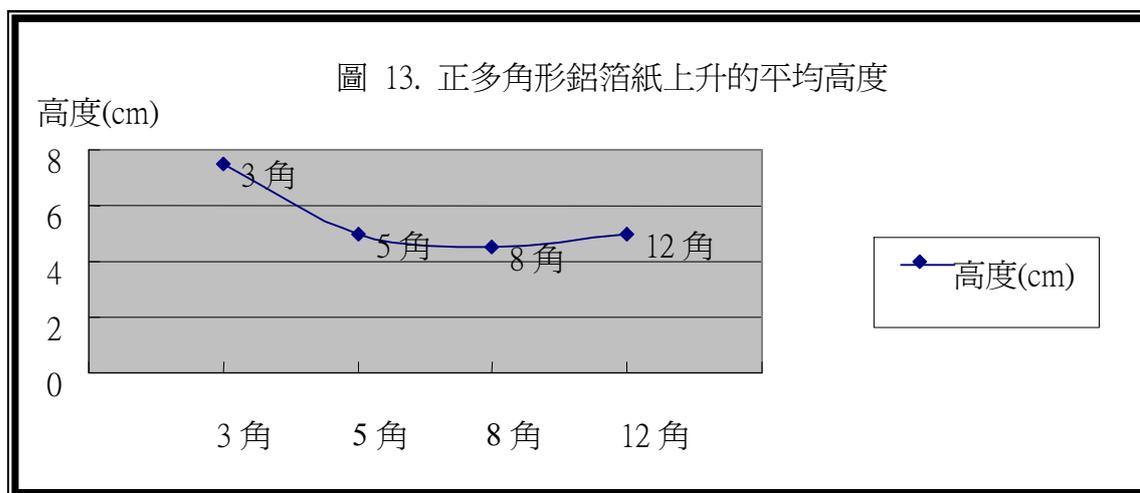


表 3 正多角形鋁箔紙上升高度.

編號	凸角數目	第一次實驗高度(cm)	第二次實驗高度(cm)	第三次實驗高度(cm)	平均高度(cm)
7-1	3 角	7.5	7.5	7.5	7.5
7-3	5 角	5	4.5	5	5
7-4	8 角	4.6	4.5	4.5	4.5
7-6	12 角	5	4.5	5	5

研究四、探討經過高溫燒烤後的鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。

在搜尋材料的過程中，有廠商送給我們一種經高溫燒烤過的鋁箔紙，他們利用這種鋁箔紙作大型空調的輸送管，我們很好奇這種材質在本實驗中的飛行狀況。

1. 方法：我們使用中空的圓形，內部直徑統一為 4cm，外部直徑由 10 到 20 公分不等的兩類鋁箔材質，一類為未經燒烤的鋁箔紙，一類為經過 200 度 C 高溫燒烤過的鋁箔紙，測試兩種不同的上升高度。

2. 實驗步驟：

- (1)、先準備好下列鋁箔紙
 鋁箔紙厚度：未經燒烤的鋁箔紙為 0.03mm，經過燒烤後的鋁箔紙為 0.2mm
 鋁箔形狀：內徑(內部直徑)統一為 4cm，外部直徑由 10cm 到 20cm 不等。
 電磁爐的爐火強度：100 度 C
- (2)、進行預備動作。
- (3)、使用 DV 對所有鋁箔紙進行後續動作。
- (4)、以投影機投射影像在大白板上，用慢動作紀錄上升高度的位置，然後繪製成表格，得到下圖 14.的趨勢。

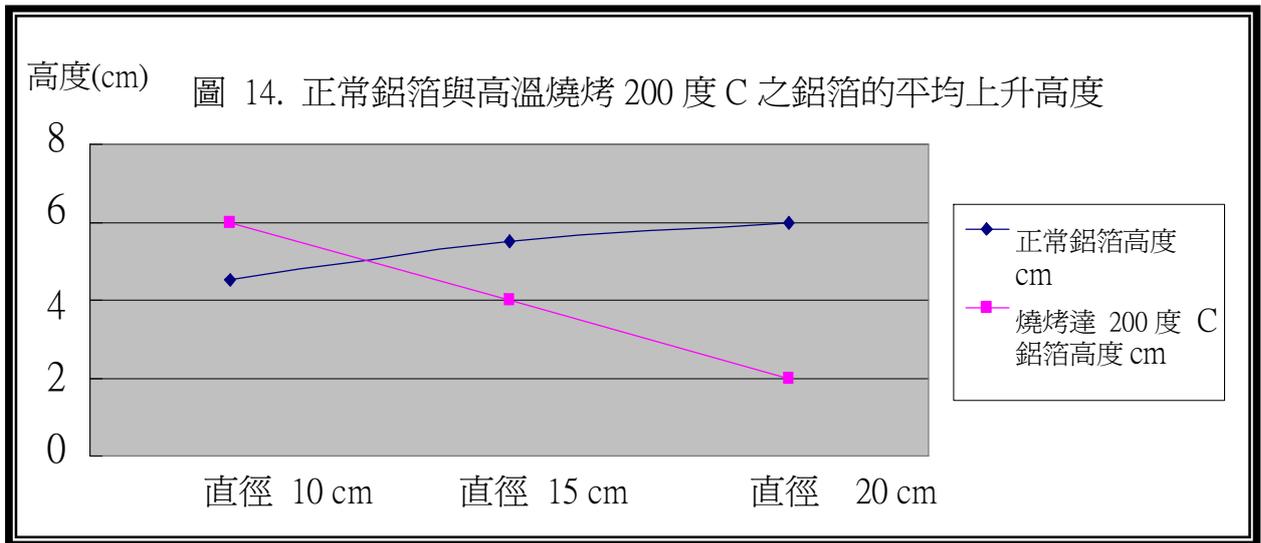


表 4. 正常鋁箔與高溫燒烤 200 度 C 之鋁箔上升高度

編號	直徑 (cm)	厚度 (mm)	第一次實驗高度 (cm)	第二次實驗高度 (cm)	第三次實驗高度 (cm)	平均高度 (cm)
4-1(平常)	10	0.03	4.5	4.5	4.5	4.5
4-2(平常)	15	0.03	5.5	5.5	5.5	5.5
4-3(平常)	20	0.03	6.5	6	6	6
4-4(200 度)	10	0.2	6	5.5	6	6
4-5(200 度)	15	0.2	3.5	4	4	4
4-6(200 度)	20	0.2	2	1.5	2	2

研究五、探討不同厚度鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。

我們在探討了鋁箔大小、形狀後，我們也想知道鋁箔厚度(右圖：使用厚度量尺)。對上升高度的影響；當然鋁箔越厚，能感應到的磁場應該越大，上升的力量增加，但相對的鋁箔重量加大，導致鋁箔紙向下的力量也隨著增加。



1. 方法：我們先將不同厚薄的鋁箔，按照由薄到厚排列，同時先剪出直徑為 15cm，內徑(內

部直徑) 為 4cm 的圓形紙片，然後利用這張紙片在不同厚薄的鋁箔片上描邊後剪下，依序作實驗。

電磁爐的爐火強度：100 度 C

2. 實驗步驟：

先將上述 直徑 15cm，內徑 4cm 的圓形紙張套在不同厚薄的鋁箔加以編號。

- (1)、 進行預備動作。
- (2)、 使用 DV 對所有鋁箔紙進行 後續動作。
- (3)、 以投影機投射影像在大白板上，用慢動作紀錄上升高度的位置，然後繪製成表格，得到下圖 15. 之趨勢。

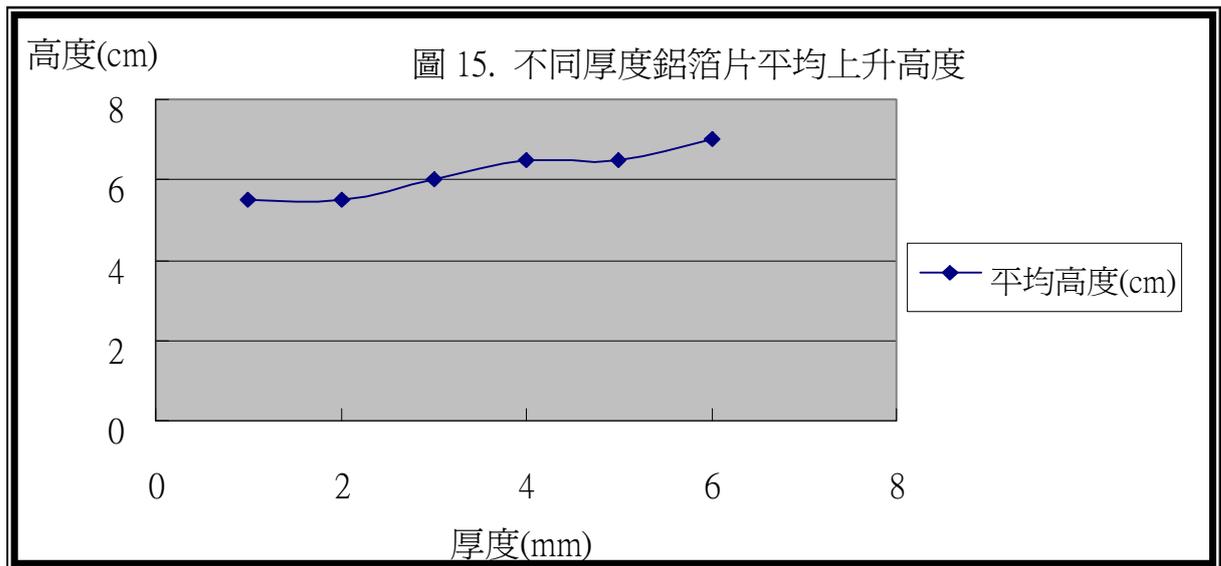


表 5. 不同厚度鋁箔片上升高度

編號	直徑 (cm)	厚度 (mm)	重量 (mg)	第一次實驗高度 (cm)	第二次實驗高度 (cm)	第三次實驗高度 (cm)	平均高度 (cm)
5-1	15	0.03	0.65	5.5	5.5	5.5	5.5
5-2	15	0.035	0.7	5.5	5.5	5.5	5.5
5-3	15	0.04	1.55	6	6	5.5	6
5-4	15	0.05	2.3	6.5	6.5	6.5	6.5
5-5	15	0.075	3.4	6.5	6.5	6.5	6.5
5-6	15	0.1	4.6	6.5	7	7	7

研究六、探討鋁箔紙不同切割破壞方式，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。

我們在閱讀的資料中【參考資料 (3)】，都有談到鋁箔片遭受破壞後（破洞、破損）會影響鋁箔上升，但對於破壞的程度與方式沒有仔細交代。針對鋁箔有裂縫破損，這樣還飛得起來嗎【參考資料 (3)】【參考資料 (8)】？我們在實驗過程中，利用大頭針與剪刀將鋁箔紙

戳破或剪破，結果發現不同的破壞方式，會造成不同的結果。

1. 方法：首先，我們將鋁箔紙固定在外徑為 15cm，內徑為 4cm 的圓上，鋁箔的厚度為 0.04cm。我們嘗試過將鋁箔紙以「大頭針」及「剪刀」作成兩大類的破壞工具【參附錄 1 照片】：大頭針的破壞方式是將鋁箔以點狀的方式，盡量均勻的將針孔紮在鋁箔紙上；至於剪刀的破壞方式，則是將鋁箔紙沿著半徑均勻的剪成扇形狀【參附錄一、】。

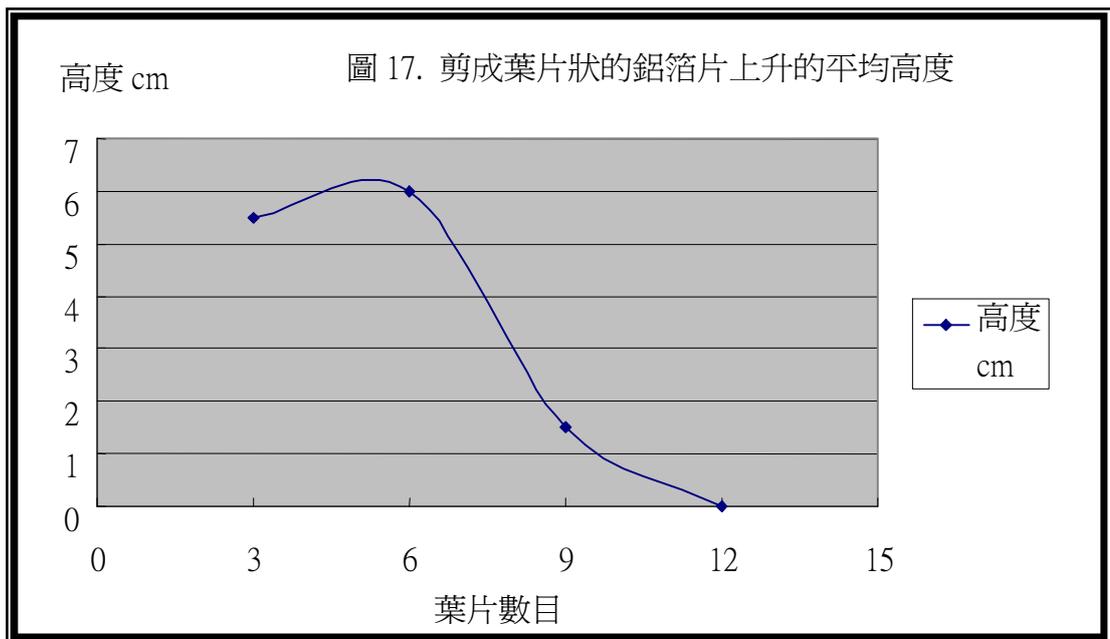
2. 實驗步驟：

先將扇形葉片狀的鋁箔分成 3、6、9、12 片，並在同一電磁爐的爐火下依序進行

- (1)、預備動作。
- (2)、使用 DV 對所有鋁箔紙進行後續動作。
- (3)、以投影機投射影像在大白板上，用慢動作紀錄上升高度的位置，然後繪製成表格，得到下圖 17. 的趨勢。

然後再將圓形鋁箔分成 4 等分，將針孔紮在 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{2}{4}$ 、 $\frac{3}{4}$ 、 $\frac{4}{4}$ 的圓形鋁箔片上如下圖 16，重複上面實驗步驟 (1)、(2)、(3)。

圖 16.黑色部分表示針孔紮孔的面積



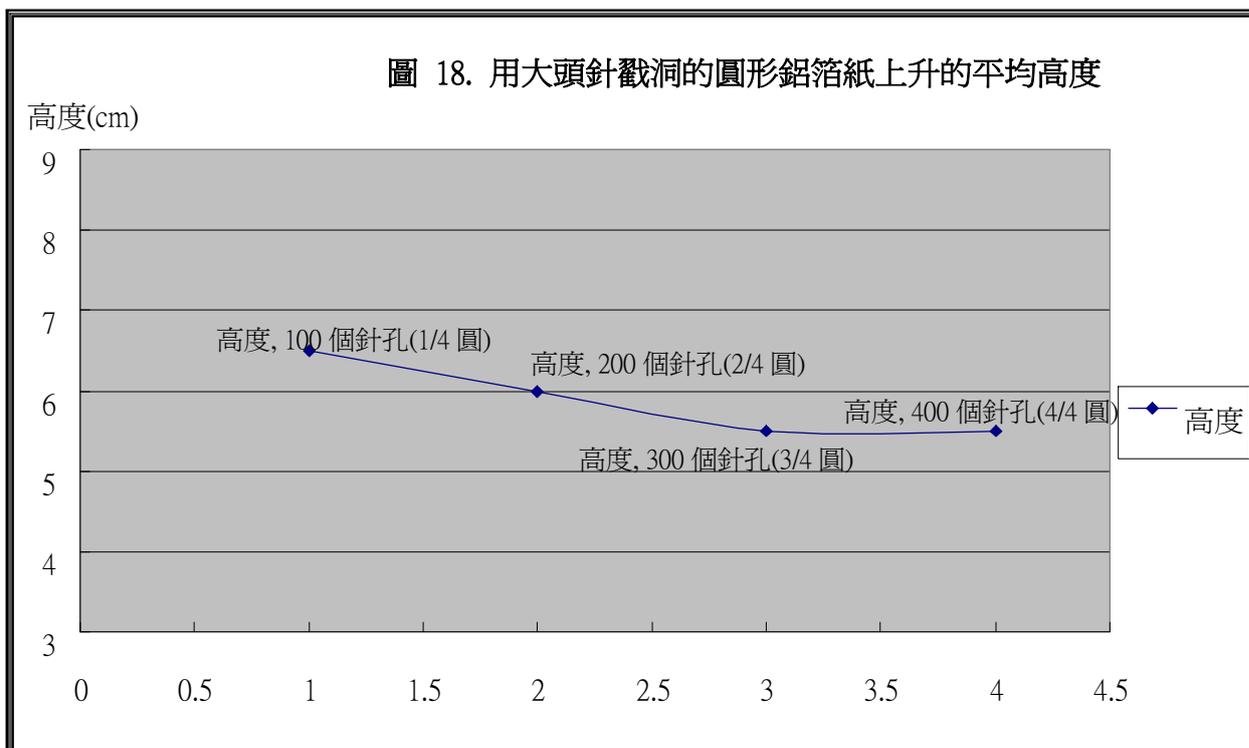


表 6. 剪成葉片狀的鋁箔片上升高度

編號	葉片狀	第一次實驗高度(cm)	第二次實驗高度(cm)	第三次實驗高度(cm)	平均高度(cm)
6-1	3	5.5	5.75	5.5	5.5
6-2	6	6	6	5.75	6
6-3	9	1.25	1.25	1.5	1.5
6-4	12	0	0	0	0

表 7. 用大頭針戳洞的圓形鋁箔片上升高度

編號	針孔數目	第一次實驗高度(cm)	第二次實驗高度(cm)	第三次實驗高度(cm)	平均高度 (cm)
6-5	100 個針孔(1/4 圓)	6.5	6.5	6.25	6.5
6-6	200 個針孔(2/4 圓)	6	6	6	6
6-7	300 個針孔(3/4 圓)	5.5	5.75	5.5	5.5
6-8	400 個針孔(4/4 圓)	5.25	5.5	5.25	5.5

研究七、製作一個玩具模型，讓我們可以藉由模型運動的現象來解釋鋁箔上升狀況。

原本我們將本實驗定位在觀察與歸納，將鋁箔與電磁爐之間的關係視為「黑盒子」來處理，但我們不以此為滿足，更想知道飛碟上升的原因，為了補足這方面的說明，經與老師討論後，**決定製作一個可以產生相同物理現象的模型來代替原理解釋。**

我們在進行本次科展時，曾在**一本書中**^{【參考資料 (9)】}發現類似的實驗，經過稍微改良後，作成下列科學模型，我們將他取名為「迷人圈套」圖 19。

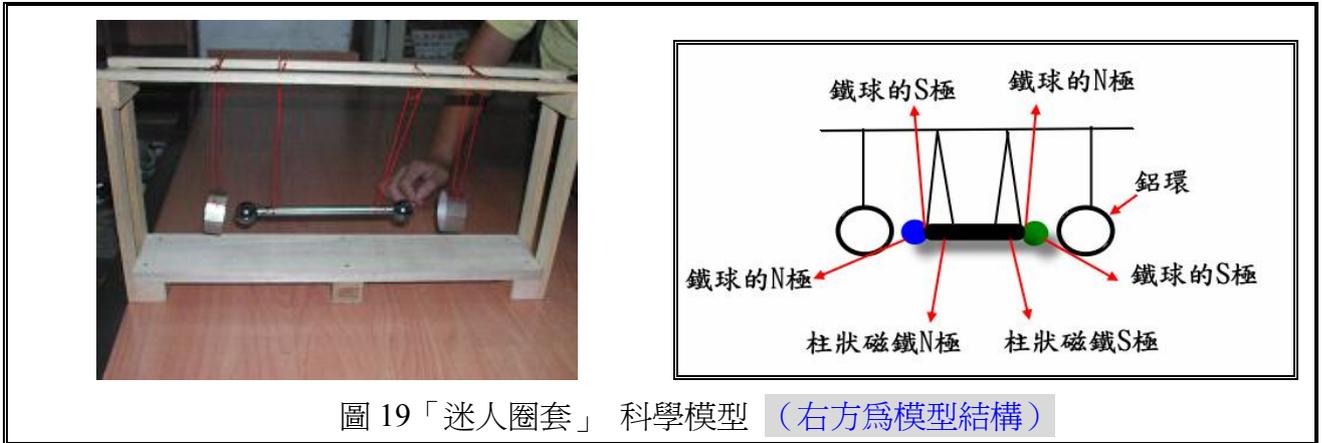


圖 19 「迷人圈套」科學模型 (右方為模型結構)

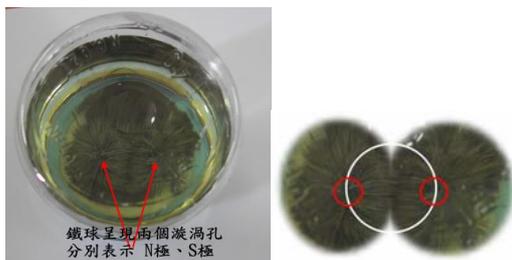
「迷人圈套」是使用 白楊木、鋁環、強力磁鐵球兩顆（書局有販售，兩顆 20 元）、與兩端為 N、S 極的磁鐵柱一條作為材料，磁鐵柱的 N、S 極各吸引一顆強力磁鐵球，我們稱這兩顆磁鐵球與這一條磁鐵柱為 **整組磁鐵**（）。

為了確定磁鐵球是以 N、S 極的結構呈現，我們改良一般磁力線的觀察限制^{【參考資料 (7)】}，而自行製作了「**覆蓋型立體磁力線觀察盒**」（下圖 20），使用它來觀察「迷人圈套」中使用的磁鐵球後，確定它一端為 S 極，對面一端為 N 極（下圖 21），我們就可以知道「迷人圈套」中的 N 極與 S 極的分佈，如上圖 19 右方。

圖 20 覆蓋型立體磁力線觀察盒



圖 21. 磁鐵球的磁力線分佈



作法: 拿一個大小適合的塑膠罐（可以包覆整個磁鐵球），將塑膠蓋的上方挖空，再將沙拉油倒滿，放入**少量鐵粉**（不可以多，只要一小湯匙就夠了，太多會不容易觀察），然後在瓶蓋口以氣球套上，再用斯利康(Silicone)密封，等斯利康乾了之後就可以使用。

我們將塑膠罐倒立，將磁鐵球壓在皮球下方，這時磁鐵球整個塞入到塑膠罐子內，鐵粉可以很清楚將磁鐵球磁力線分布的狀況，表示出來，圖 21. 可以清楚看到鐵球磁力線的環繞情況。

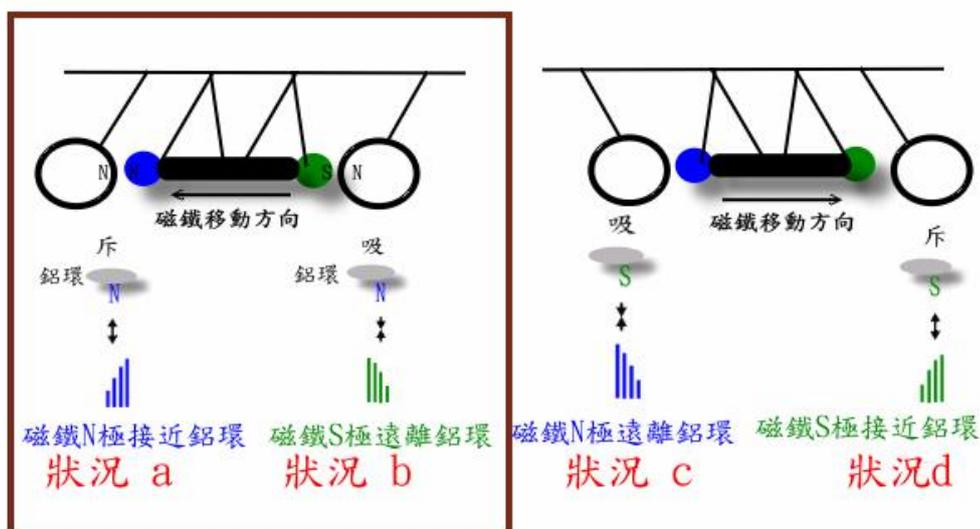
當我們的磁鐵球緩慢接近鋁環時，依據經驗，由於鋁環是**非磁性導體**，所以不會被吸引，可是當我們將磁鐵球穿過鋁環，輕輕一放，當磁鐵球逐漸遠離鋁環時，鋁環這時候會明顯吸向磁鐵球，當磁鐵球再次接近鋁環時，鋁環卻又會產生斥力而離開磁鐵球，看到的人無不稱奇。如下圖



我們將這個物理現象用一句口訣來形容，就如愛情像一個「迷人圈套」，當一開始接近對方時，對方會害怕不敢靠近，等到雙方有感情後，遇到離別時，對方又離情不捨黏住對方。我們可以將這樣的現象以 圖 22 表示。

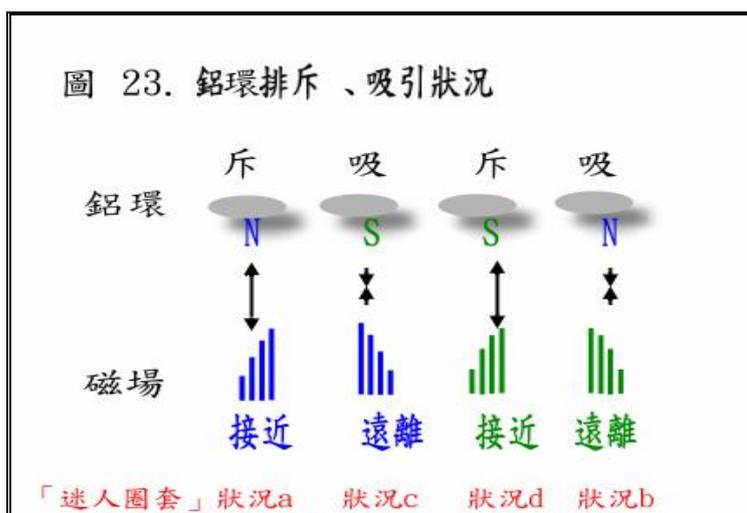
圖 22 表示「迷人圈套」科學模型左右搖晃時，鋁環被吸引與排斥的狀況；圖中下方藍色長柱狀表示『整組磁鐵』(●——●)的 N 極，下方綠色長柱狀表示『整組磁鐵』的 S 極。以下圖左(咖啡色邊框之圖)為例，當『整組磁鐵』的 N 極向左方移動，鋁環靠近磁鐵的那一端，會產生與『整組磁鐵』相同的 N 極，相互排斥；此時下圖左的右方，『整組磁鐵』的 S 極因為遠離鋁環，所以鋁環靠近磁鐵的那一端，會產生與磁鐵相反的 N 極，相互吸引。

圖 22 「迷人圈套」運動分析圖（圖中 稱磁鐵就表示『整組磁鐵』）



我們觀察上圖 22 可以知道，當整組磁鐵 N 極 接近左方鋁環時會使鋁環排斥，稱狀況 a；當整組磁鐵 N 極 遠離左方鋁環時會使鋁環引力，稱狀況 c；當整組磁鐵 S 極 接近右方鋁環時會使鋁環排斥，稱狀況 d；當整組磁鐵 S 極 接近右方鋁環時會使鋁環引力，稱狀況 b；根據 圖 22. 我們可以將「迷人圈套」的運動現象，排列成 圖 23。這樣的排列結果可以清

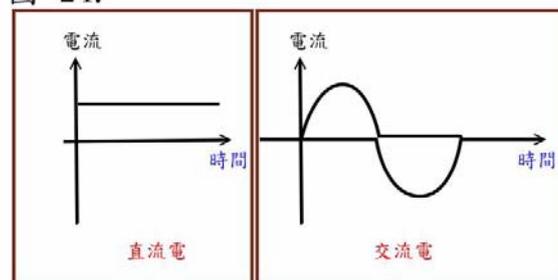
楚看到當磁鐵 N 極與 S 極接近鋁環與遠離鋁環，所產生鋁環對磁鐵的排斥與吸引現象。



再來討論電磁爐的部份，電磁爐是使用交流電（參考圖 24. 交流電部份），它的電流大小與方向會在一定時間內改變，而電磁爐的磁場會伴隨著電流產生，同時隨著電流大小與方向而改變。

我們將電流與磁場的週期劃分為四等分，分別代表 1/4 週期、2/4 週期、3/4 週期、4/4 週期以便說明，如圖 25、圖 26。

圖 24.



將電磁爐產生的磁場 圖 26 對照著「迷人圈套」的運動現象 圖 23，我們可以發現，「迷人圈套」的狀況 a 與電磁爐磁場的 1/4 週期一樣，當磁場越來越大時，表示磁鐵越來越接近鋁環，鋁環就被彈開，這時與電磁爐上的鋁片被彈開是一樣的道理；相反的當磁場越來越小，就如同磁鐵遠離鋁環，所以鋁環就會被吸引，這時與電磁爐上的鋁片被電磁爐吸引一樣。我們可以從以上的結果得知，當電磁爐在 1/4 週期與 3/4 週期時鋁片與電磁爐是屬於排斥的現象，而 2/4 週期與 4/4 週期是吸引的狀況。我們將這樣的結果表示如下圖 27。

圖 25. 電磁爐電流

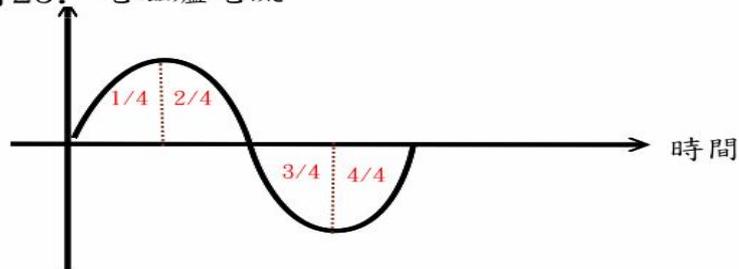


圖 26. 電磁爐產生的磁場

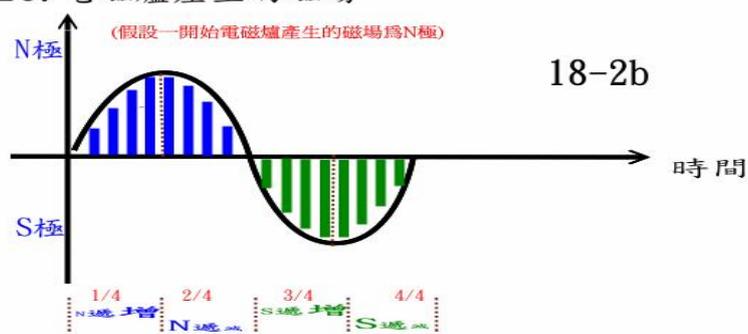
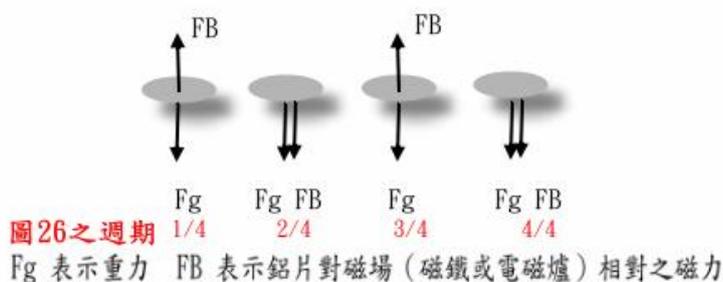


圖 27. 鋁片在電磁爐上重力與磁力分析



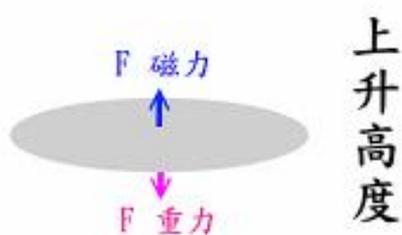
陸、 研究結果

1. 研究一、探討不同直徑大小的圓形鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度
 - (1) 鋁箔紙的直徑在 10 公分到 20 公分之間，鋁箔紙上升高度幾乎同為 5 到 6 公分左右。
 - (2) 鋁箔紙的直徑在到達 25 公分時，上升高度已經降低到 2 公分。
 - (3) 鋁箔紙的直徑在最剛開始的 5 公分時，上升高度幾乎為 0 公分。
2. 研究二、探討相同外徑、不同內徑下的圓形鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度
 - (1) 我們發現當鋁箔紙受電磁爐感應的面積越大時，上升高度越高。
 - (2) 當圓形鋁箔紙的直徑 15 公分、內部挖空的小圓直徑在 2 到 6 公分時，鋁箔紙的上升高度維持在 6 公分。
 - (3) 當圓形鋁箔紙的直徑 15 公分、內部挖空的小圓直徑擴大成 12 公分時，鋁箔紙的上升高度降為 3.5 公分。
3. 研究三、探討多角型的鋁箔紙，在不同凸角型、在同一電磁爐的爐火下的上升高度。
 - (1) 三角形較其他正 5、8、12 角多邊形的上升高度較高。
 - (2) 當角度越大，上升高度幾乎在 5 公分左右。
4. 研究四、探討經過高溫燒烤後的鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。
 - (1) 在直徑為 10 到 20 公分的一般鋁箔紙（未經燒烤），鋁箔上升的高度維持在 4.5 到 6 公分左右。
 - (2) 在同樣直徑 10 到 20 公分經過熱處理（200 度 C）的鋁箔紙，鋁箔紙越大，上升高度越低。
5. 研究五、探討不同厚度鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。
 - (1) 同樣直徑與內徑的鋁箔紙，厚度越高，重量雖然增加，但是上升高度維持卻沒有

降低，保持在 6 公分上下。

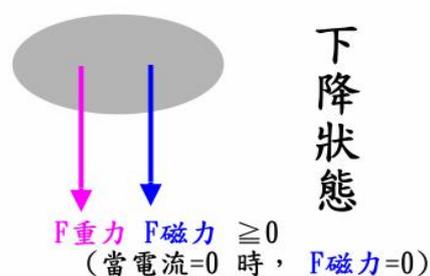
6. 研究六、探討各種不同葉片數目的鋁箔紙，在同一電磁爐的爐火下的上升高度。
- (1) 同樣直徑與內徑的鋁箔紙，使用剪刀剪成葉片狀的鋁箔紙，鋁箔葉片數目越多，上升高度越低。
 - (2) 在葉片數目達 12 時，鋁箔紙上升高度為 0。
 - (3) 同樣直徑與內徑的鋁箔紙，使用大頭針將鋁箔表片均勻的戳上針孔，數目從 100 個針孔增加到 400 個針孔，高度則從 6.5 公分 稍微 下降到 5.5 公分。
 - (4) 針孔鋁箔片即使戳的密密麻麻(400 個針孔)，幾乎維持在某個高度範圍，但是葉片狀鋁箔片在葉片數越多時，幾乎不再上升。
7. 研究七、製作一個玩具模型，讓我們可以藉由模型運動的現象來解釋鋁箔上升狀況
- (1) 在「迷人圈套」科學模型中，當磁鐵(不論是 N 極與 S 極)接近鋁環時，會讓鋁環與磁鐵間產生斥力。
 - (2) 在「迷人圈套」科學模型中，當磁鐵(不論是 N 極與 S 極)遠離鋁環時，會讓鋁環與磁鐵間產生引力。
 - (3) 在電磁爐上的鋁箔與「迷人圈套」兩相對照下，電磁爐的電流在 1/4 週期與 3/4 週期時，鋁箔與電磁爐之間產生斥力，使鋁箔上升。
 - (4) 在電磁爐上的鋁箔與「迷人圈套」兩相對照下，電磁爐的電流在 2/4 週期與 4/4 週期時，鋁箔與電磁爐之間是產生引力，使鋁箔下降。
 - (5) 由這個「迷人圈套」模型可以更清楚解釋 鋁片在電磁爐 上升與下降之間的關係，如圖 28、圖 29
 - (6) 所以本實驗所要討論的鋁箔上升高度，只要考慮圖 28 即可。

圖 28. 鋁薄紙上升高度 所受向上磁力與重力簡圖



註: 上升高度=0 時 表示當重力大於磁力

圖 29. 鋁薄紙下降時，所受向下磁力與重力簡圖



柒、 討論

1. 我們將實驗數據對照圖 28 討論之後，可以利用向上磁力與向下重力，來合理解釋鋁箔上升高度的問題。
2. 鋁箔紙在電磁爐感應線圈範圍（這項實驗的線圈直徑 20 公分）以內時，只要是鋁箔紙感應區域夠大，鋁箔是很容易上升。
3. 當鋁箔紙的大小超出電磁爐感應線圈範圍（直徑 20 公分）以上時，由於向下的重量增加，但是向上的感應區域沒有增加，導致向上的磁力沒有增加，所以發現上升高度明顯降低。
4. 當鋁箔紙凸角的數目越多，上升的高度卻沒有太大變化，顯示凸角的尖端，對於上升高度，影響不大。
5. 燒烤過的鋁箔紙，本身背部有一層黑黑類似積碳的物質，導致鋁箔變重，這樣很符合向上的磁力沒有增加但是向下的重力變大，所以上升高度也就下降。
6. 越厚的鋁箔紙，向上的磁力比較大，但是向下的重量也增加，所以即使厚度遞增，但是上升的高度卻維持在一定範圍。
7. 我們發現去年全國科展的某項實驗^{【參考資料(8)】}，由於切割方式只有四刀葉片狀，可惜沒有切割更多葉片狀，不然也會發現其中差異性。
8. 葉片狀的鋁箔紙，它的表面是以切割方式破壞，而針孔狀（或圓孔狀）的鋁箔紙，它的表面是以點狀方式破壞，我們推測點狀的鋁箔紙它能形成封閉型的感應電流機會較葉片狀的鋁箔紙要大的多，但這個封閉型的感應電流在討論上已經超出我們的瞭解範圍，只能讓有興趣的人繼續討論了。
9. 「迷人圈套」用作鋁箔紙在電磁爐上的上升與下降，可以做合理而簡單的解釋，更讓我們觀察到特殊的物理現象，免於電力、磁場等危險，值得推薦使用。
10. 本實驗所要討論的鋁箔上升高度可以使用圖 28. 所受向上磁力與向下重力作解釋。

捌、 結論

1. 本實驗主要的發現有下列 3 點：
 - (1) 鋁箔紙在電磁爐的上升高度主要可以用向上相斥磁力與向下物體重力的消長來解釋^{【參圖 28】}
 - (2) 本實驗上升狀況若要明顯，以下幾點是我們的建議：
 - 甲、電磁爐建議採用舊機（本實驗採用 81 年 出廠的上豪牌電磁爐）
 - 乙、鋁箔紙必須是純鋁箔
 - 丙、鋁箔紙的感應區域必須比電磁爐線圈來的小
 - 丁、建議在 0.9 毫高斯以下的安全磁場範圍作實驗，在遠端架設攝影機觀察
 - (3) 被刻意破壞的鋁箔紙（戳成孔狀與剪成葉片狀），它的上升效果由於涉及到封閉型感應電流的形成方式，已經超出我們小學的知識範圍，所以可以留給大哥哥姊姊們繼續討論。

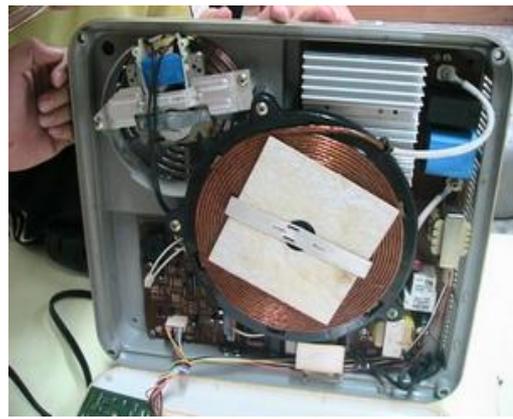
玖、 參考資料

- (1) 台灣環境保護聯盟。認識電磁波及推動立法防制 Q&A (2006 年 01 月 01 日)。
<http://www.tepu.org.tw/event20060102.html>
- (2) 黃福坤(1999)。電磁爐主要構造及使用原理。2005 年 03 月 01 日。取自：
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=11413>
- (3) 雅虎知識學堂 (無日期)。利用無損探傷技術、渦電流法、X 射線檢測等技術探測飛機隱患。2006 年 02 月 25 日。取自：
<http://ks.cn.yahoo.com/question/1307022503405.html>
- (4) 創意教學 (2006)。法拉第的神奇傑作—電磁爐(2006 年 03 月 12 日)。取自
<http://163.32.156.8/~kenn/950312/003/index.htm>
- (5) 中央大學物理演示實驗(無日期)。鋁片飄浮。無日期。取自
<http://demoexp.phy.ncu.edu.tw/experiment/electromagnetics/flying-aluminum-foil/>
- (6) 周鑑恆 (民 94)。輕鬆學物理的第一本書(167 - 171 頁)。台北市:如何。
- (7) 中華民國第四十四屆中小學科學展覽會。國小組。物理科。打造一個有趣的磁力樂園。
- (8) 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會。國小組。物理科。跟電磁爐玩遊戲 (第 6 頁)。
- (9) 張嘉升博士審定、陳文明博士翻譯 (民 88)。電與磁 輕鬆有趣玩科學 (119-122 頁)。台北市：豐德科教。

附錄一、實驗實況照片



將電磁爐拆卸，觀察內部構造



電磁爐內部由線圈環繞，總直徑約 20 公分



稱鋁箔紙重量



使用磁波環境測定器測試電磁爐磁場



將所有實驗設備用簽字筆定位作紀錄



在危險距離以外進行攝影



葉片狀的鋁片切割狀況



隊員討論如何利用單槍投射影片



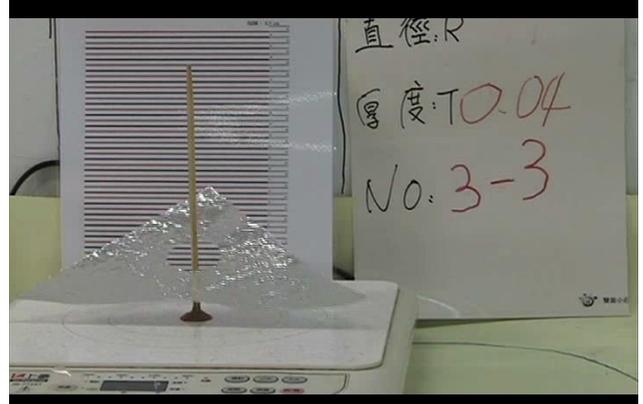
單槍將錄影投影在白板上



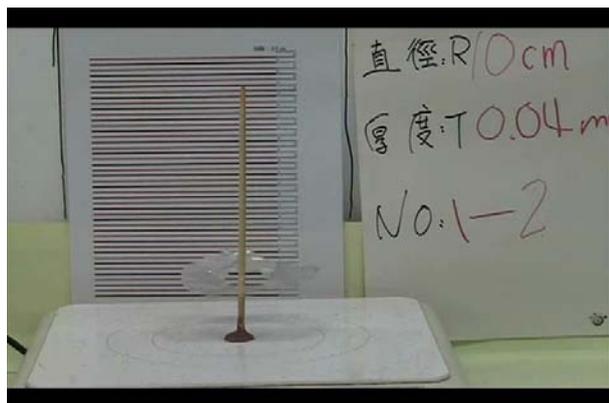
量鋁片厚度



直徑 20 公分的鋁箔飛碟飛起英姿



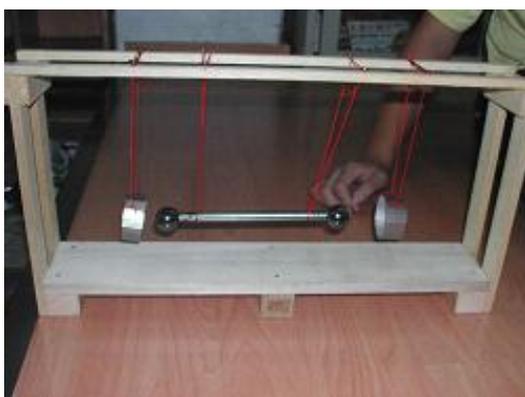
三角形飛碟飛起的英姿



10 公分小型飛碟也飛的不錯



將鋁箔紙剪成六片葉片狀也可以起飛



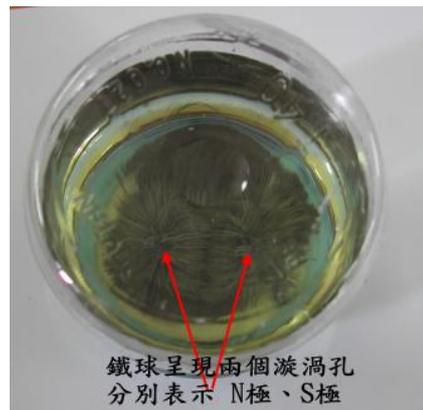
擺動中的磁棒 不論是 N 或 S 極，在接近鋁環時，都讓鋁環對磁棒產生排斥力



改良式的立體磁力線觀測器



製作「迷人圈套」

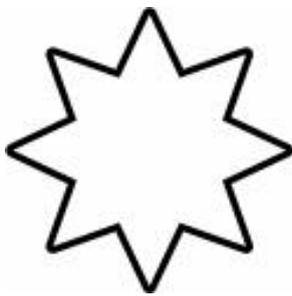
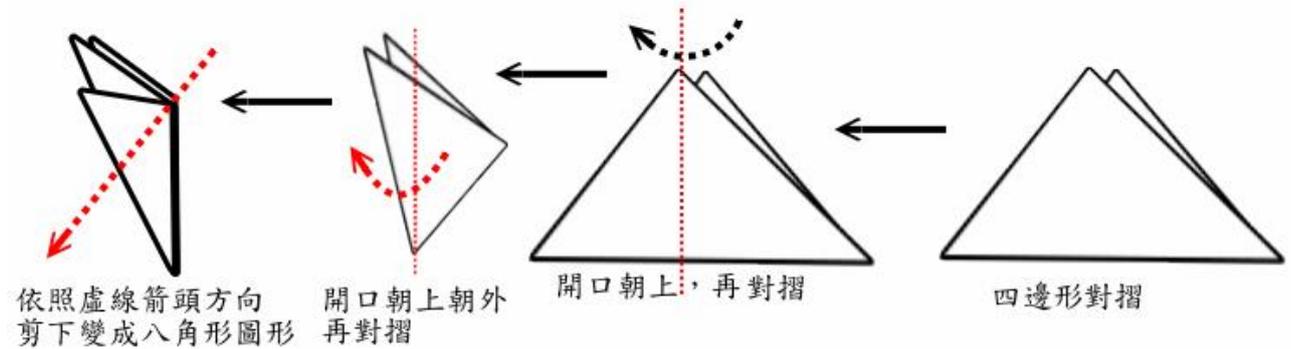


覆蓋型立體磁力線觀察盒

附錄二、多邊凸角型的製作流程

製作流程

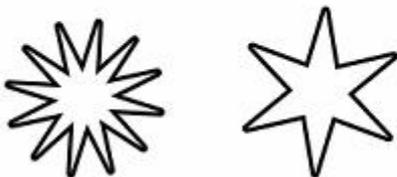
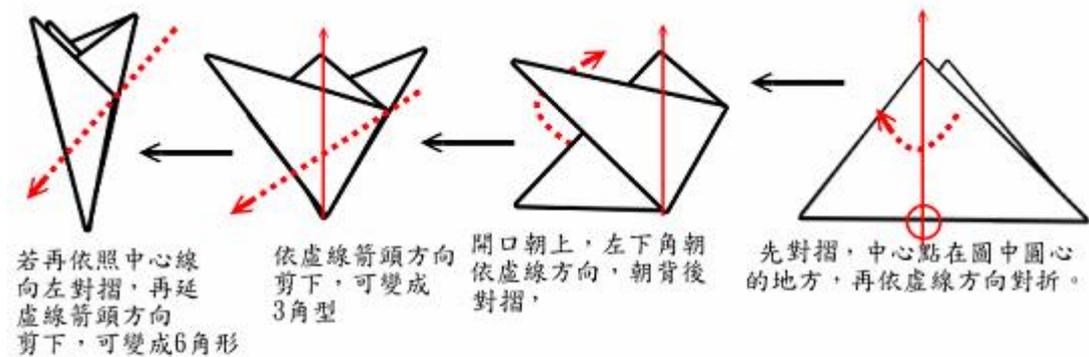
材料：正方形大小紙張（例如色紙、自行切割的白報紙）、小型剪刀一把
四角型倍數的圖型（例如 4 角形、8 角形、16 角形 四的倍數為主的形狀）



展開結果

若要需要變成 16 角形，只要再將上列作後一個圖形再對摺一次，之後沿著虛線箭頭方向剪下。

三角形倍數的圖形（例如 3 角形、6 角形、12 角形 3 的倍數為主的形狀）



若要需要變成 12 角形，只要再將上列作後一個圖形再對摺一次，之後沿著虛線箭頭方向剪下
至於五的倍數角形，它的折法更複雜，平面圖形很難顯示。

附錄三、動態影片檔案操作（由於電磁波輻射的原因，會場必須有相當距離與空間才能展示
實驗實況，所以將實驗過程以遠距離 DV 錄下，製作成光碟，以電腦播放代替實體操作）

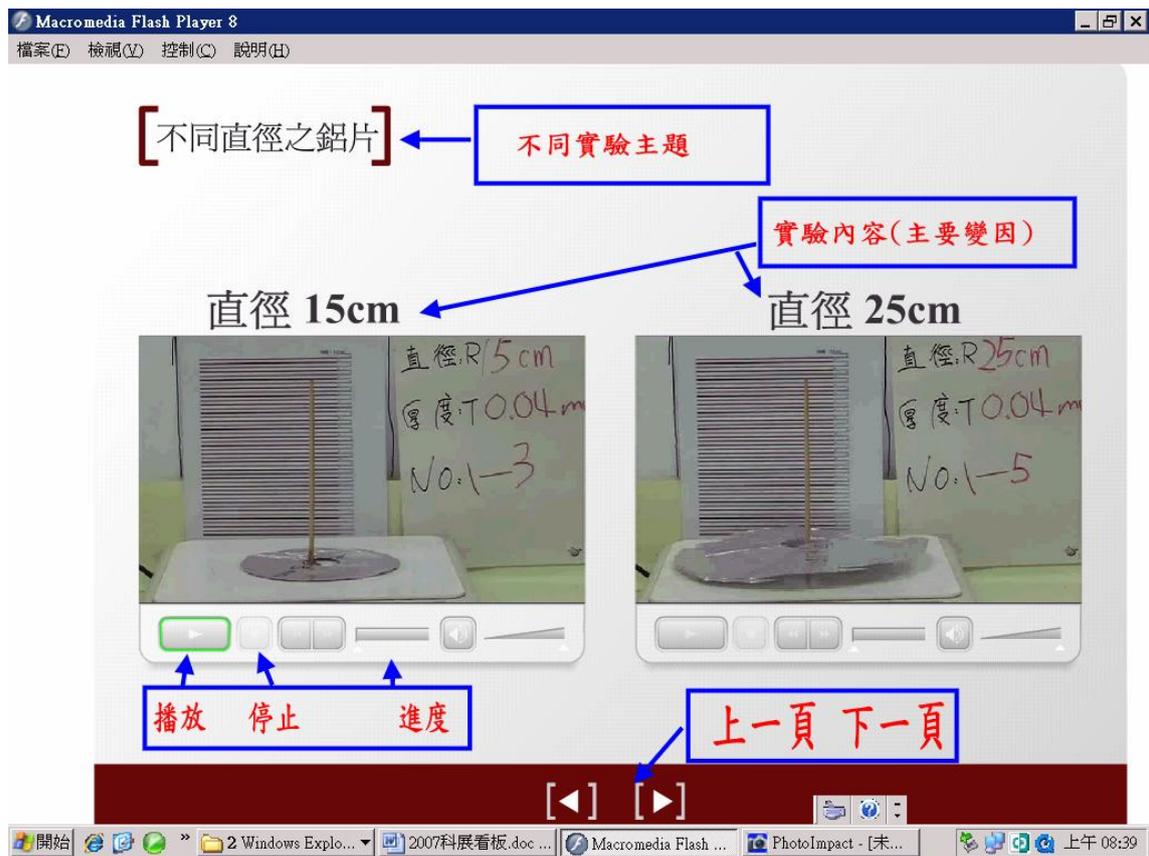
放入光碟，自動執行本畫面



畫面中出現紅色標題，表示特殊狀況



畫面中的各項操作項目



【評語】 081523 不翼而飛~鋁箔小飛碟

優：

1. 觀察方法設計的不錯。
2. 研究內容的相關原理，似乎對兒童而言稍難一些。

缺：

1. 結果過度推論。
2. 實驗過程有點亂，應將文獻部份抽離。
3. 變因掌握的不好。