

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

佳作

030105

磁鐵在變動磁場中的舞動

學校名稱：臺北市立天母國民中學

作者： 國三 倪呈旭 國一 倪呈豪	指導老師： 王禮章 羅文杰
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：磁力震盪、磁鐵、震動

摘要

看到網路上有人利用不同顆磁鐵間的磁浮擺盪，玩起了磁鐵的律動操，從磁鐵間此起彼落，看似不規則的律動中，有著一股無形的默契，形成相互擺盪的有趣現象。為一探究竟，於是針對形狀、距離、數量與角度等變因，從自製儀器進行研究後發現：

- 1.改變夾角的不對稱偏斜，可以調整磁鐵擺盪的頻率
- 2.增加磁鐵數量、縮短外圍磁鐵間距與降低中央磁厚度，可延長磁力傳遞的效果
- 3.從震盪頻率平衡過程中的時間差，可推算力的來源方向與強度

過程中利用磁力震盪的特性，設計並製做出實驗所需的測量器具，再由磁力震盪變項的相互影響，可歸納傳遞磁力效能最佳的變項組合，最後利用磁力震盪的特性，設計出光感式磁力震盪的測震儀，可說是從小東西玩出大道理來！

壹、研究動機

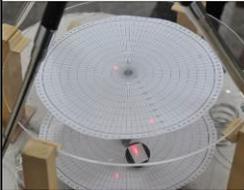
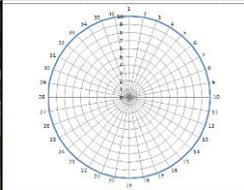
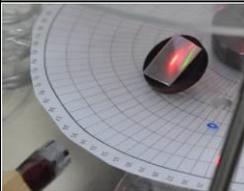
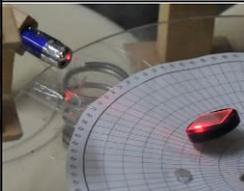
從國一接觸磁鐵磁力傳遞時的現象開始，每年都能看到有趣的新發現，原本只是三顆磁排列，以中間的磁鐵為中心，兩旁再斜放兩顆磁鐵，只要輕碰一下兩旁其中一顆磁鐵，另一顆磁鐵就跟著一起擺動一個的簡單現象。在投入研究後才發現，目前都找不到任何相關的研究可參考，所以每次為了實驗，只能不斷自行摸索，幸好在改進設計器材的過程中竟也找出更多可以操控的變項，就這樣持續了幾年，每年都有意外的新發現和創意的用途，而這次我們又有了新構想，希望再從改進實驗的器材中探索出更有趣的新發現來。

貳、研究目的

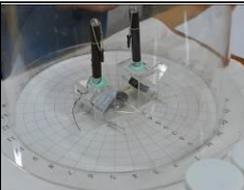
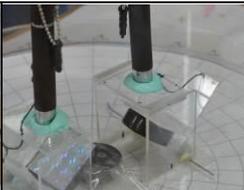
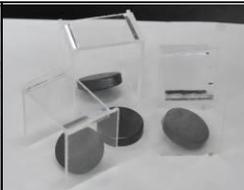
- 一、利用磁力震盪原理製作簡易精確的測量工具
- 二、探討影響磁力震盪的因素
- 三、探討磁力震盪變項間的交互作用
- 四、探討震動源對磁力震盪的相互影響

參、研究設備及器材

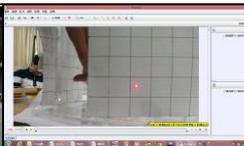
一、磁力震盪實驗組(之一)：

				
磁力震盪測試板	雷射投影板	定位投影底紙	雷射固定架	投影板固定架
				
CD 反光貼紙	雷射筆	鐵塊	強力磁鐵	鐵氧磁鐵(薄)

磁力震盪實驗組(之二)：

				
測試槽	方格紙	雷射固定架	磁鐵測試架	圓形磁鐵(厚)

二、實驗儀器：

				
筆記型電腦	相機/三腳架	錄影機	雷射光點投影	Tracker 4.84

肆、研究過程與方法

一、文獻收集：

在最早也是唯一找到有關磁力震盪的資料，是在 youtube 網站上看到「磁鐵的平衡與振盪」，提到：當第一個磁鐵受到壓迫時，外力介入改變原本的平衡，磁鐵的晃動也使磁力線的空間分佈呈現動態變化，進而影響另外兩個原先未受力的



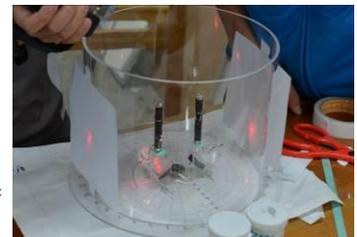
磁鐵，此時這兩個磁鐵的振盪是同步的。磁鐵的晃動程度當然會隨時間進行而逐漸變小，不過若是在第一塊磁鐵尚未完全靜止下來時，就對第二塊磁鐵施加外力，使得第二塊磁鐵的磁場分佈產生劇烈變化，進而影響第一塊及第三塊磁鐵。卻發現第一、三塊磁鐵振盪是不同步，想想看為什麼？

二、相關研究發現：

(一)第一階段實驗發現：主要是以相同尺寸的鐵氧磁鐵為主，磁力強度、大小與重量不可改變，所以針對厚薄形狀、排列間距、外圍磁鐵數量與排列夾角等變項來看振動頻率的改變，從震盪現象分析能量移轉形式，發現形狀、距離、數量與夾角間的相互影響

1.具體發現

- (1)改變夾角的不對稱偏斜，可以調整磁鐵擺盪的頻率
- (2)增加磁鐵數量、縮短外圍磁鐵間距與降低中央磁厚度，可延長磁力傳遞的效果



第一代磁力震盪測量器

- (3)從震盪頻率平衡過程的時間差，可推算力的來源方向與強度

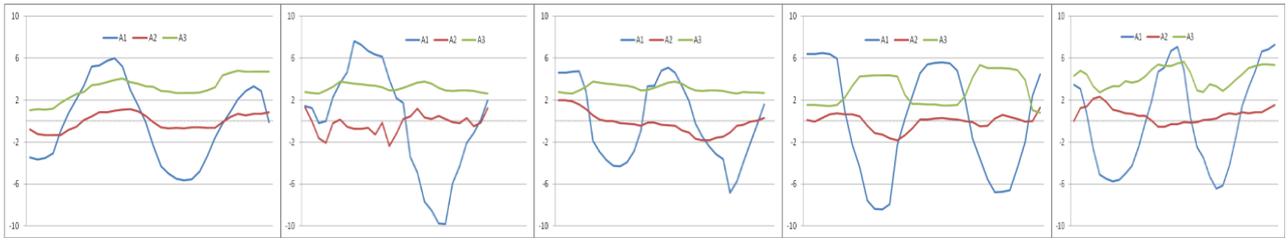
2.研究限制

- (1)所用的磁鐵全為鐵氧磁鐵磁力固定，若改變形狀磁力也跟著改變，無發操控想要的形狀與磁力



中央與外圍磁鐵

- (2)投影在側邊，常會造成不同側投影時基準點的誤差，不易進行同步比較
- (3)外圍磁鐵重量輕、慣性小、容易晃動，使許多細微的變化不易精準測量
- (4)周圍磁鐵固定架在磁鐵擺盪時會產生阻力，會耗損磁力震盪傳遞時的力量



間距 0.5cm

間距 0.75cm

間距 1cm

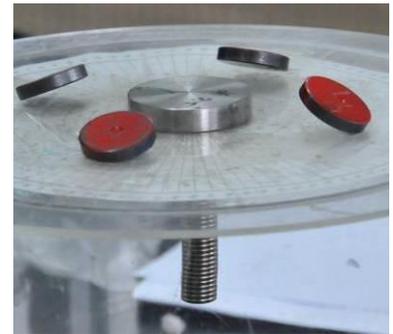
間距 1.25cm

間距 1.5cm

(二)第二階段實驗發現：主要是改變中央磁鐵的形狀與磁力強度，與外圍不同數量和距離的鐵氧磁鐵間所產生的交互作用，利用此現象特性成功設計出「光感磁震式測震儀」

1.器材改良

(1)中央磁鐵的形狀與磁力能獨立調控：把強力磁鐵透過壓克力隔板吸附在不同形狀的鐵塊上，只要調整強力磁鐵的數量與所搭配的鐵塊形狀，便能獨立調控磁鐵出想要的磁力強度與形狀



第二代磁力震盪測量器

(2)周圍磁鐵在擺盪時能減少阻力：移除磁鐵固定架改用透明膠帶，黏貼在磁鐵翹起時與底板的接觸點，由擺動停止所需時間明顯拉長，證實此方法能有效降低阻力



(3)讓投影基準能一致方便同步比較：將投影在側邊的投影板改在上方，雷射筆也由上方改為側邊，如此便能在同一塊投影板上進行不同數量磁鐵的同步比較



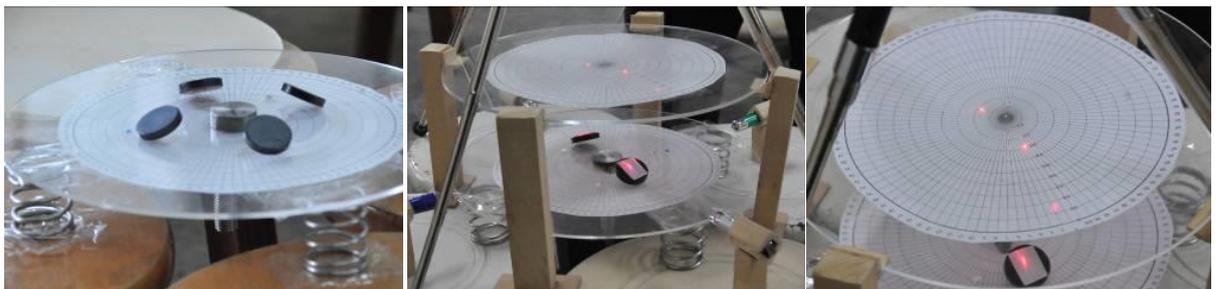
可調控磁力與形狀設計

(4)在磁力震盪測試板底部四週黏上緩衝彈簧，在敲擊測試板時，讓震波不會被擴散消失

(5)以影像軟體進行資料分析

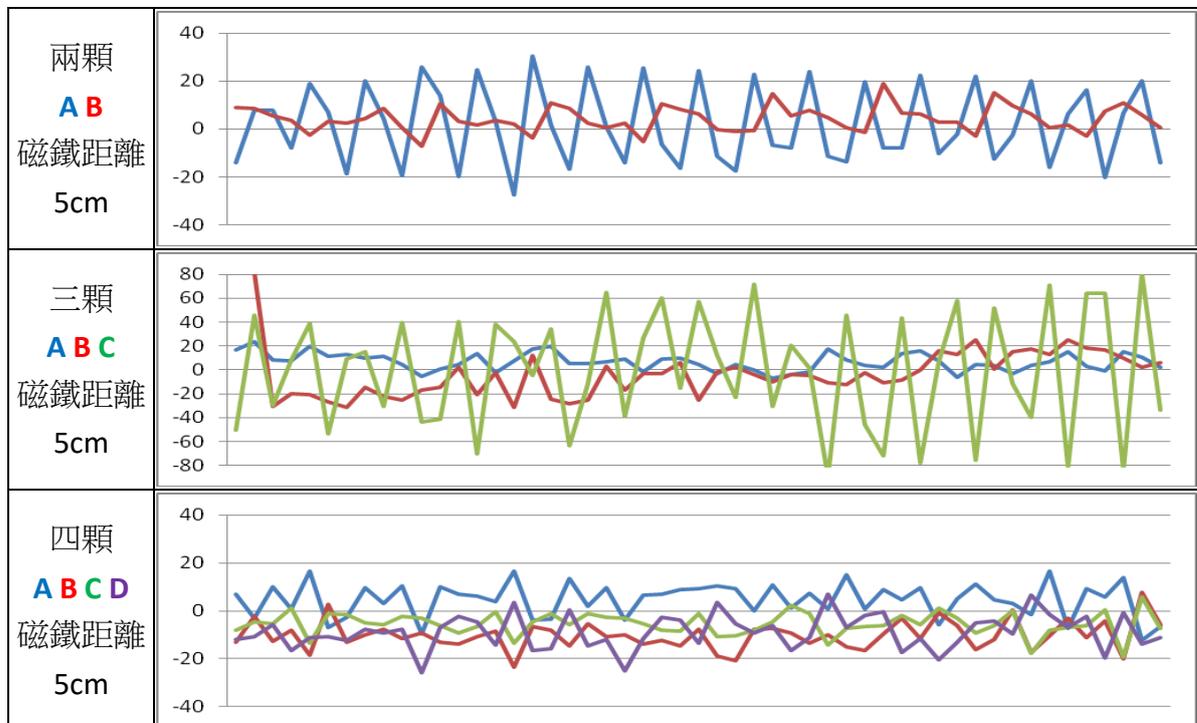
a.以手機錄影方式記錄雷射光點的移動變化

b.透過軟體 Tracker 4.84 將影片中的光點移動數值化，提供磁力震盪分析的數據



2.具體發現

- (1)中央磁鐵直徑對震盪幅度的影響，要比周圍磁鐵數量明顯
- (2)周圍磁鐵數量對震盪幅度的影響，要比中央磁鐵厚度明顯
- (3)外圍磁鐵數量增加，會使外圍磁鐵震盪擺幅縮小，而且頻率會增加
- (4)中央磁鐵厚度增加，會使外圍磁鐵震盪擺幅增加，但頻率不會改變
- (5)中央磁鐵直徑縮小
 - a.當與外圍磁鐵的磁力形成最佳角度時，外圍磁鐵震盪擺幅會加大，且頻率增加
 - b.當偏離與外圍磁鐵磁力形成的最佳角度時，外圍磁鐵震盪擺幅會縮小，且頻率降低
- (6)外圍磁鐵數量受限於外觀形狀，由於距離的限制外圍的間距不可能太大，於是對中央磁鐵的相斥(或相吸)，但外圍磁鐵本身彼此也會造成相斥(或相吸)，所以外圍磁鐵數量會有數量上限，否則會全部吸在一起，即使強行固定，也會成環狀而動彈不得。
- (7)外圍磁鐵數量增加，擺盪的幅度會降低，其實從外圍磁極排列、擺盪方向與幅度，三個變項不僅相互影響，還可以從任意兩個已知變項，來推算出另一個未知的變項



註：A 磁鐵、B 磁鐵、C 磁鐵、D 磁鐵

3.研究限制

(1)雖然中央磁鐵可以操控形狀與磁力強度，但外圍磁鐵則受限於需要擺盪，為提高靈敏度無法像中央磁鐵般能任意改變形狀與磁力強度

(2)磁鐵與固定板接觸點以膠帶黏貼與固定位置，依舊會有少許阻力

(3)外圍磁鐵重量輕、慣性小、容易晃動，使許多細微的變化不易精準測量

(三)第三階段實驗設計：

1.實驗器材改良

(1)外圍磁鐵形狀與磁力能獨立調控：把強力磁鐵與不同形狀鐵塊上直接堆疊吸附，只要調整強力磁鐵的尺寸與所搭配的鐵塊形狀，便能獨立調控磁鐵想要的磁力強度與形狀

(2)為保持外圍磁鐵在震盪時的穩定，於是將中央磁鐵位置換到壓克力板的下方

(3)周圍磁鐵在擺盪時能減少阻力：移除黏貼在磁鐵翹起時與

底板的接觸點的透明膠帶，改由長度與磁鐵直徑相同的，

鐵棒(2mm)，黏貼在外圍磁鐵所在的壓克力板位置的正下方，透過磁鐵與鐵棒的吸力來固定，由擺動頻率與停止所需時間明顯變慢與拉長，證實此方法能有效提高外圍磁鐵的穩定與降低阻力



第三階段實驗器材

2.實驗器材規格：經過反覆的排列配對與測試組合後，確定本階段實驗器材規格如下

(1)實驗基台：透明壓克力板(長 30cm、寬 30cm、厚 0.2cm)

(2)中央磁鐵：圓形鐵塊(直徑 5cm、高 0.5cm)吸附強力磁鐵(直徑 2cm、高 0.2cm)40 顆，以膠帶黏貼固定在實驗機台的正下方

(3)外圍磁鐵：以鐵塊+強力磁鐵+鐵塊的順序重疊成為三層構造，便能調整形狀、重量、重心位置與磁力強度

(4)投影幕：由於這次的外圍的磁鐵重量重、穩定性高、擺盪幅度廣，所以便加大所能投影的面積，讓雷射反射的光點不會跑出範圍

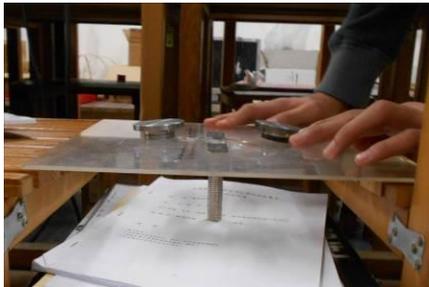
(5)雷射光：把雷射光筆固定架在雷射光固定上再把 CD 片剪成 2cm 平方的形狀，貼在

外圍的磁鐵上，便能將雷射光點反射在投影幕上

(6)震動源：用比輕敲平衡後要測試的外圍磁鐵後，便可觀察其他外圍磁鐵的擺盪情形

(7)相機：利用相機的錄影功能紀錄投影板光點移動變化

(8)分析軟體：透過 Tracker 4.84 將影片中的光點移動數值化，提供磁力震盪分析的數據



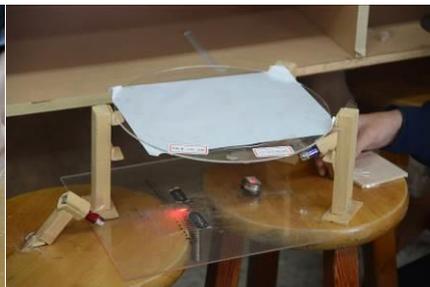
實驗基台



外圍磁鐵



器材測試



雷射光筆與固定座



錄影裝置

三、變項探討與實驗設計

在測試時感覺有很多變因，似乎都會影響磁鐵相互震盪的結果，像磁鐵大小、形狀和排列位置等，有些還可能會相互影響，例如測試時感覺到、當厚度改變、外圍磁鐵擺放的位置與距離也要跟著調整、否則磁鐵就會全部吸在一起，無法進行實驗。所以針對要探討的變項，設計了震盪實驗組與影像結果分析的流程，好比較各變項間的細微差異。

實驗用磁鐵規格：

中央磁鐵：鐵塊(直徑 2R=5cm、高 H=0.5cm) + 磁鐵(2cm、0.2cm)40 顆

外圍磁鐵 A=鐵塊(5cm、0.5cm)+磁鐵(3cm、0.5cm)+鐵塊(3cm、0.5cm)

外圍磁鐵 B=鐵塊(5cm、**0.25cm**) + 磁鐵(3cm、0.5cm) + 鐵塊(3cm、0.5cm)

外圍磁鐵 C=鐵塊(**3cm**、0.5cm) + 磁鐵(3cm、0.5cm) + 鐵塊(3cm、0.5cm)



外圍磁鐵 A



外圍磁鐵 B



外圍磁鐵 C

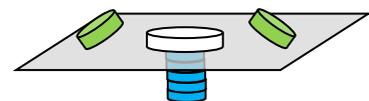
(一)比較中央磁鐵與外圍磁鐵形狀對磁力震盪頻率的影響

操作：在中央磁鐵磁力(直徑 2cm、高 0.2cm、40 顆)固定下，分別改變中央磁鐵(實驗 1-A)與外圍磁鐵(實驗 1-B)形狀，並比較兩種條件下磁力震盪的差異。

實驗 1-A：中央磁鐵鐵塊(直徑 5cm、高 1cm)、外圍鐵氧磁鐵(直徑 3cm、高 1cm)、中央與外圍間距 6cm

實驗 1-B：中央磁鐵鐵塊(無)、外圍強力磁鐵+鐵塊(直徑 **3cm**、高 **1.5cm**)、中央與外圍間距 6cm

實驗 1-A：外圍磁鐵形狀磁力固定，改變中央磁鐵形狀



實驗 1-B：中央磁鐵形狀磁力固定，改變外圍磁鐵形狀



鐵塊 鐵氧磁鐵 強力磁鐵

(二)比較中央磁鐵與外圍磁鐵形狀在不同距離下對磁力震盪頻率的影響

操作：在中央與外圍磁鐵各種間距下，比較三種實驗組合(2-A、2-B、2-C)，磁力震盪的差異。

實驗 2-A：



實驗 2-B：



實驗 2-C：



實驗 2-A：中央磁鐵(直徑 3cm、高 1cm)、外圍鐵氧磁鐵(直徑 3cm、高 1cm)、中央與外圍間距(**0.5 cm**、**0.75 cm**、**1.0 cm**、**1.25 cm**、**1.5cm**)

實驗 2-B：中央磁鐵鐵塊(直徑 5cm、高 1cm)、外圍鐵氧磁鐵(直徑 3cm、高 1cm)、中央與外圍間距(5 cm、6 cm、7cm)

實驗 2-C：中央磁鐵鐵塊(無)、外圍強力磁鐵+鐵塊(直徑 3cm、高 1.5cm)、中央與外圍間距(5 cm、5.5 cm、6cm)

(三)比較外圍磁鐵在距離不對稱下對磁力震盪頻率的影响

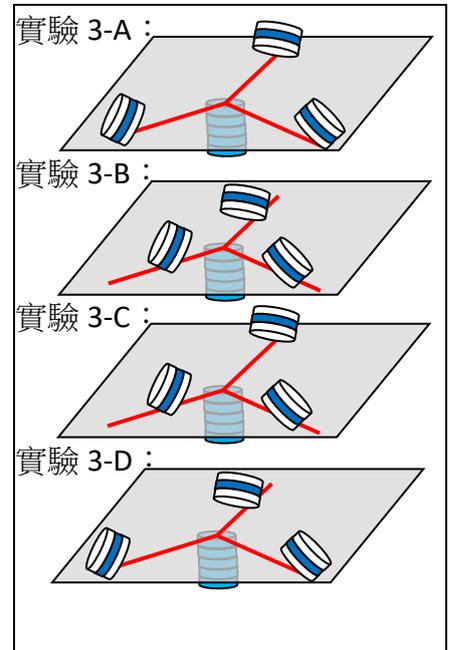
操作：在中央磁鐵磁力固定下，比較四種外圍磁鐵距離組合(3-A、3-B、3-C、3-D)，在中央與外圍磁鐵各種間距下，磁力震盪的差異。

實驗 3-A：三顆外圍磁鐵間距(三遠 6 cm、6 cm、6cm)

實驗 3-B：三顆外圍磁鐵間距(三近 5.5 cm、5.5 cm、5.5cm)

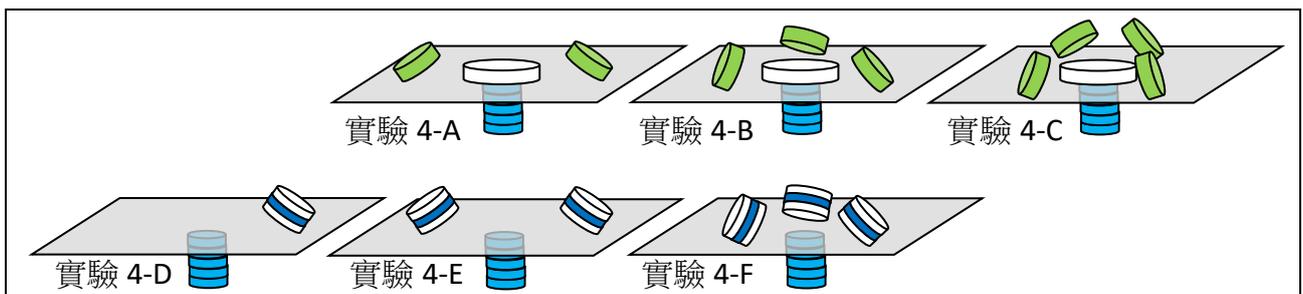
實驗 3-C：三顆外圍磁鐵間距(兩近一遠 5.5 cm、5.5 cm、6cm)

實驗 3-D：三顆外圍磁鐵間距(兩遠一近 6、6、5.5cm)



(四)比較外圍磁鐵在不同數量下對磁力震盪頻率的影响

操作：在中央磁鐵磁力固定下，比較六種外圍磁鐵數量組合(4-A、4-B、4-C、4-D、4-E、4-F)，在中央與外圍磁鐵各種間距下，磁力震盪的差異。



實驗 4-A：中央磁鐵鐵塊(5cm、1cm)、外圍鐵氧磁鐵(3cm、1cm)、數量(兩顆)

實驗 4-B：中央磁鐵鐵塊(5cm、1cm)、外圍鐵氧磁鐵(3cm、1cm)、數量(三顆)

實驗 4-C：中央磁鐵鐵塊(5cm、1cm)、外圍鐵氧磁鐵(3cm、1cm)、數量(四顆)

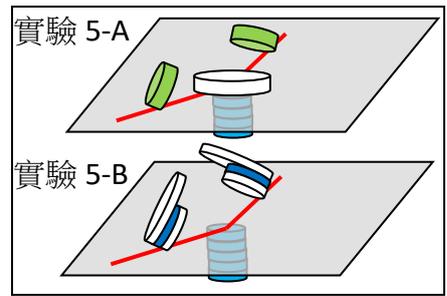
實驗 4-D：中央磁鐵鐵塊、外圍強力磁鐵+鐵塊((3+5)cm、1.5cm)、數量(一顆)

實驗 4-E：中央磁鐵鐵塊、外圍強力磁鐵+鐵塊((3+5)cm、1.5cm)、數量(二顆)

實驗 4-F：中央磁鐵鐵塊、外圍強力磁鐵+鐵塊((3+5)cm、1.5cm)、數量(三顆)

(五)比較兩種外圍磁鐵形狀在不同夾角下對磁力震盪頻率的影響

操作：在外圍磁鐵各種夾角下，比較兩種實驗組合(5-A、5-B)，磁力震盪的差異。



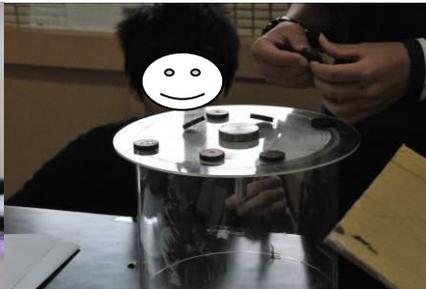
實驗 5-A：中央磁鐵鐵塊(直徑 5cm、高 1cm)、外圍鐵氧磁鐵(直徑 3cm、高 1cm)、外圍磁鐵夾角(90°、100°、110°、120°、130°)

實驗 5-B：中央磁鐵鐵塊(無)、外圍強力磁鐵+鐵塊(直徑 3cm、高 1.5cm)、外圍磁鐵夾角(125°、130°、135°、140°、145°、155°、160°)

四、器材製作與實驗過程照片



測量磁鐵規格



實驗操作調整



修改調整實驗器材



彈簧、測試板與雷射光源



操作實驗變項



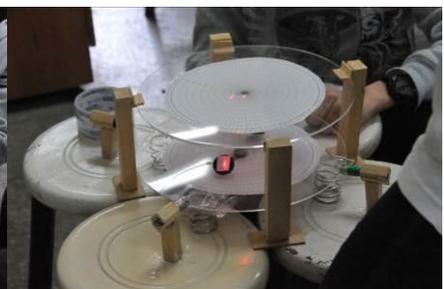
擺放實驗磁鐵



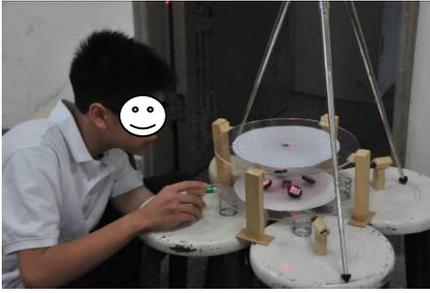
外圍磁鐵擺放完成



調整雷射光源



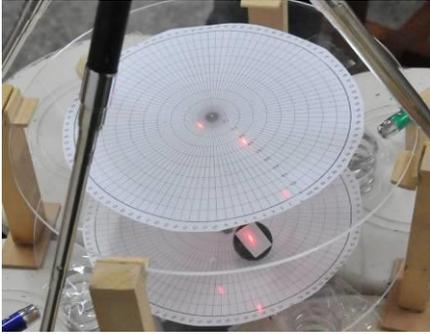
擺放雷射投影板



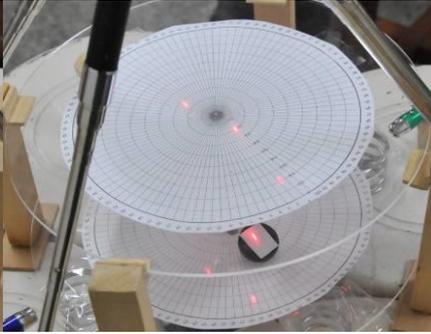
條整投影板上雷射光點位置



架設相機錄影



雷射光點移動反應外圍磁鐵磁力震盪的擺動

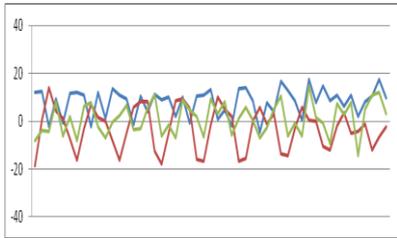


產生震源進行震動光點錄影

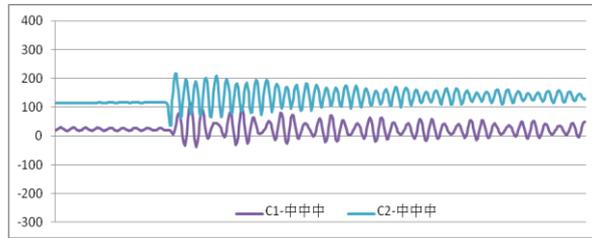
伍、研究結果

實驗一：比較中央磁鐵與外圍磁鐵形狀對磁力震盪頻率的影响

結果：



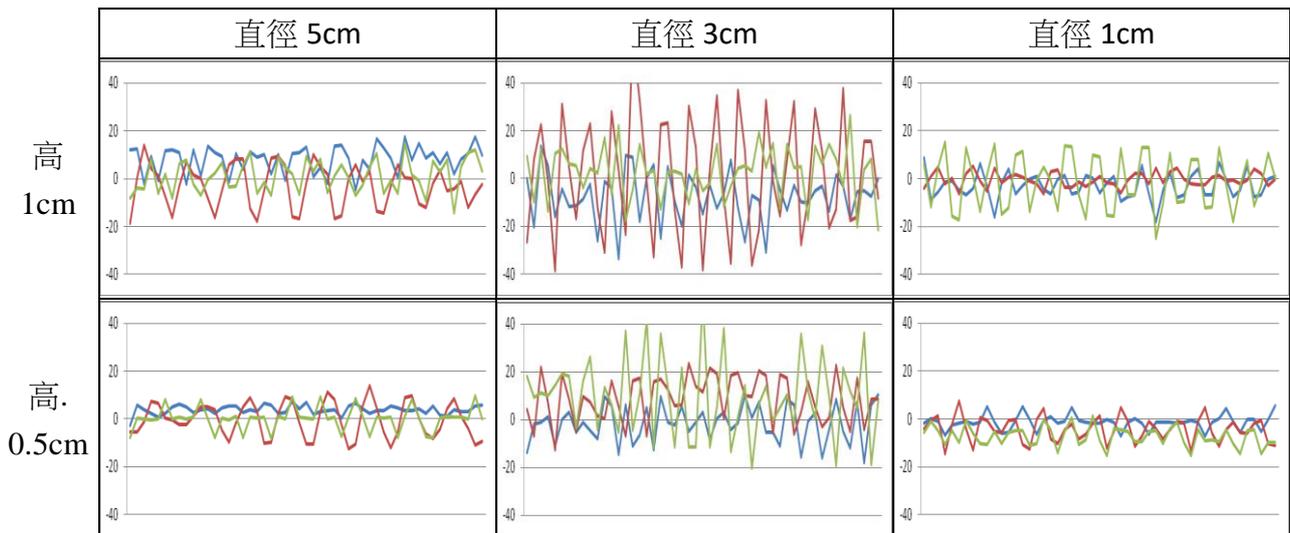
1A



1B

(1)當 1A 中的中央磁鐵 5cm 1cm 與 1B 的形狀相同，所以可以相互比較，發現兩者的外圍磁鐵都呈反向擺盪，但 1B 的擺盪由於重量較大，雖然靈敏度稍差但是穩定度明顯較高。

表：中央磁鐵形狀改變



(2)外圍磁鐵磁力震盪平衡時發現

- 中央磁鐵上方為北極，周圍三顆要以北、南、南極的方向才能平衡。
- 觸動一塊與中央磁鐵相吸的磁時，其他兩塊磁鐵相斥使震盪方向相反，但又同時與中央磁鐵與被觸動的磁鐵呈相吸，產生震盪的時間差，從震盪的頻率中，看到有趣複雜的平衡。

(3)中央磁鐵直徑由 5cm-->1cm 時周圍磁鐵磁力的震盪發現

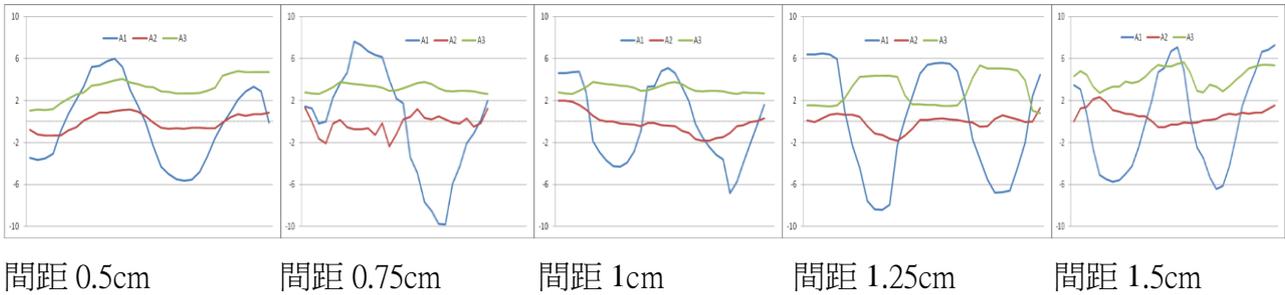
- 在 5cm-->3cm 時震幅變大，可能直徑縮小，使周圍磁鐵靠近和中央磁鐵所形成的磁力線，形成最佳角度與距離，造成彼此吸斥力增加。

- b.直徑 3cm-->1cm 時震幅縮小，推測中央磁鐵直徑幾乎縮成點狀，使得中央磁鐵對周圍磁鐵的作用力也會減少。
- c.高度 1cm-->0.5cm 擺幅縮小，推測高度降低使周圍磁鐵平衡時，傾斜的角度也降低。
- d.比較寬扁型(B：直徑 5cm、高 0.5cm)與窄厚型(E：直徑 1cm、高 1cm)磁鐵震盪差異
- (a)窄厚型磁鐵，外圍環繞磁鐵的磁極方向不同(S、N、N)；寬扁型磁鐵，外圍環繞磁鐵磁極方向則相同(N、N、N)。
- (b)寬扁型磁鐵，離中央的磁力作用點越遠，磁力傳遞差，但穩定性較高，容易平衡。
- (c)窄厚型磁鐵，外圍的磁鐵擺放時，距離磁鐵中央地磁力作用點較近，磁力傳遞效果較好。但因為形狀的限制，平衡時傾斜的角度較大，使得穩定性比較差。
- (d)實驗時我們發現，因為磁鐵要擺盪需要與中間的磁鐵形成相斥，但這樣一來，旁邊的磁鐵之間就也會形成相斥的結果，一旦相斥到某一個程度，磁鐵就無法繼續擺動。

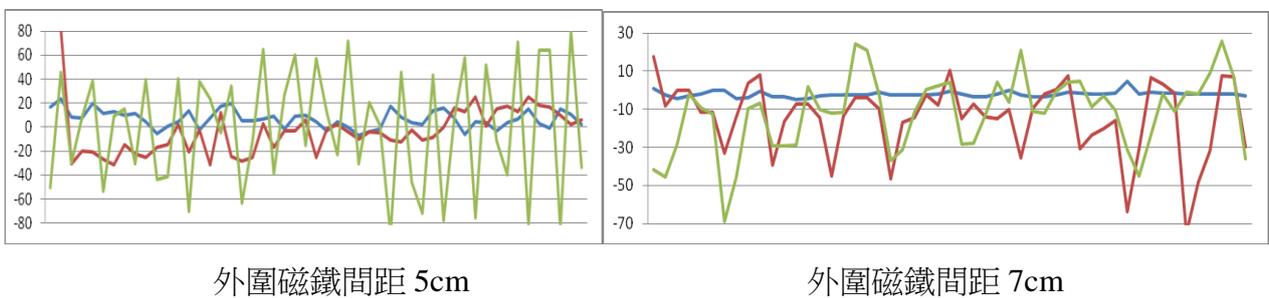
實驗二：比較中央磁鐵與外圍磁鐵形狀在不同距離下對磁力震盪頻率的影响

結果：

(1)2A 實驗結果



(2)2B 實驗結果



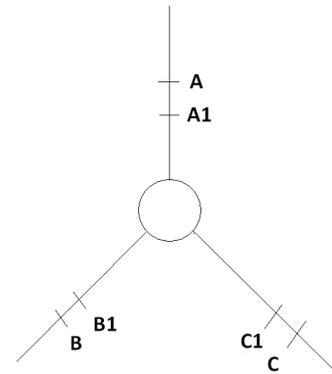
(3)磁力的傳遞效果和外圍磁鐵間的距離成正比

(4)2A 或 2B 三顆外圍磁鐵的擺盪幅度不管在任何間距下都是一大兩小的擺幅，但是在距離改變時兩者就產生明顯的差距，其中 2A 在距離近(0.5cm)時三顆外圍磁鐵的擺盪都呈現相同的方向，但一旦距離移遠後(>1cm)，其中一顆外圍磁鐵則呈現反向的擺盪，不過 2B 則不管遠近則是永遠有一顆保持反向擺盪的趨勢。

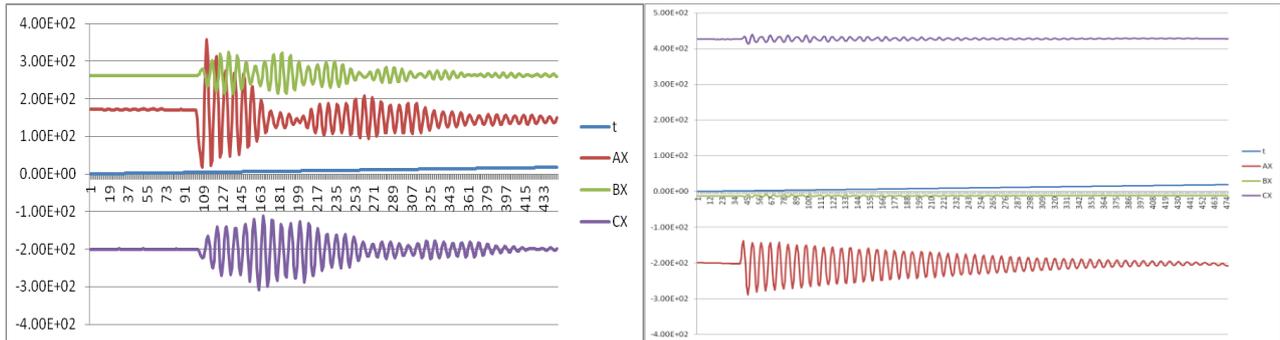
實驗三：比較外圍磁鐵在距離不對稱下對磁力震盪頻率的影响

結果：

(1) A、B、C 三者等距，距離中英磁鐵的接維 6cm，而 A1、B1、C1 也為等距，距離 A、B、C 皆是 0.5cm，而中英磁鐵則是加上 5 顆強力磁鐵。在實驗中 A 或 A1 端皆為震動源。



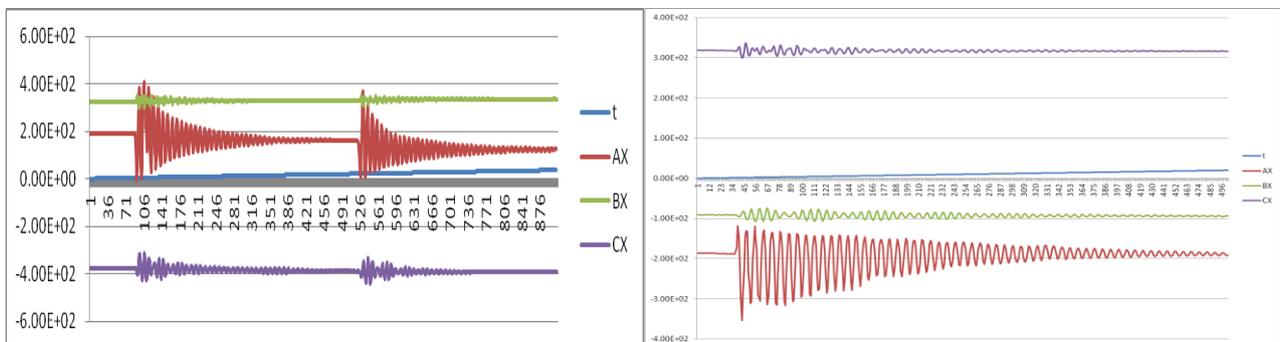
表：外圍磁鐵等距



外圍磁鐵位於 A、B、C

外圍磁鐵位於 A1、B1、C1

表：外圍磁鐵不等距



外圍磁鐵位於 A、B1、C

外圍磁鐵位於 A1、B、C1

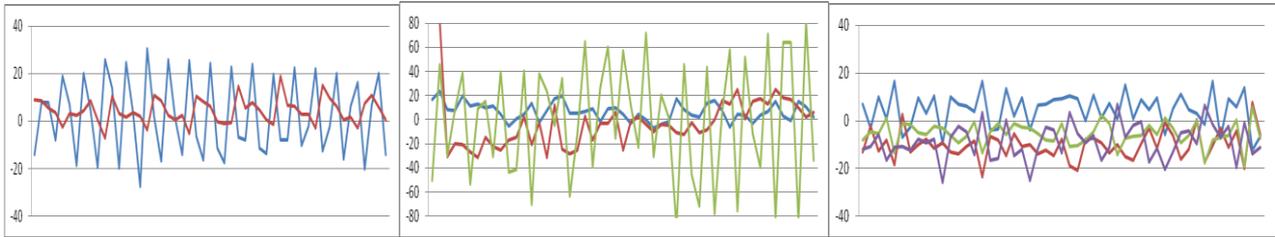
(1) 距離近的有 5.5cm 而距離遠的雖然只有 6cm，但由於最佳的距離呈現平衡的狀態，所以一但改變一點距離的話，靈敏度就會明顯的下降。此外由三顆外圍磁鐵對稱的遠近距離比較中發現，在最佳的距離下，能量才会有傳遞、移轉等消長的現象出現，一但距離改變後，打破這種平衡狀態後，能量的傳遞就會明顯的被破壞。

(3) 發現對稱距離 6cm 中震動源的擺幅通常最大，但從三遠的外圍磁鐵比較中發現，擺盪有呈現明顯的能量移轉現象，也就是說當震動源的擺幅能量移轉大其中另一顆外圍磁鐵後，震動源與接收端的擺幅會呈現消長的現象。

實驗四：比較外圍磁鐵在不同數量下對磁力震盪頻率的影响

結果：

(1)4A 實驗結果

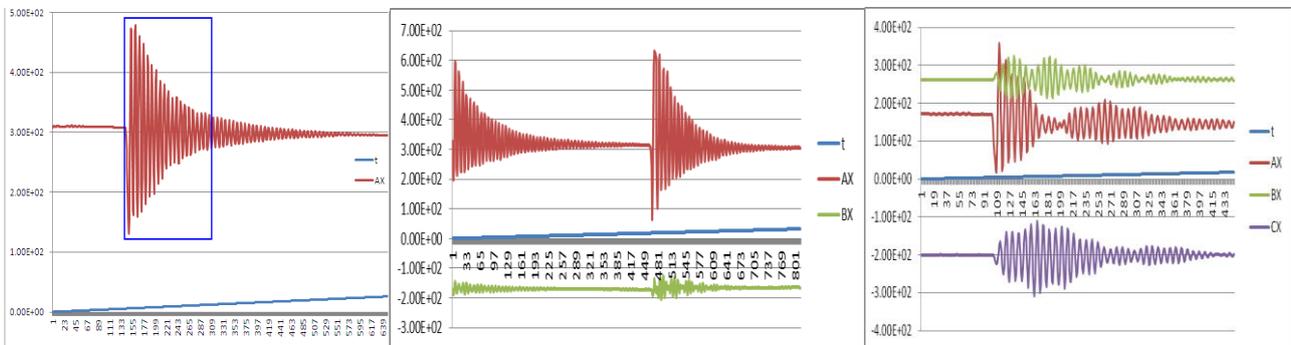


兩顆磁鐵

三顆磁鐵

四顆磁鐵

(2)4B 實驗結果



單顆磁鐵

三顆磁鐵

四顆磁鐵

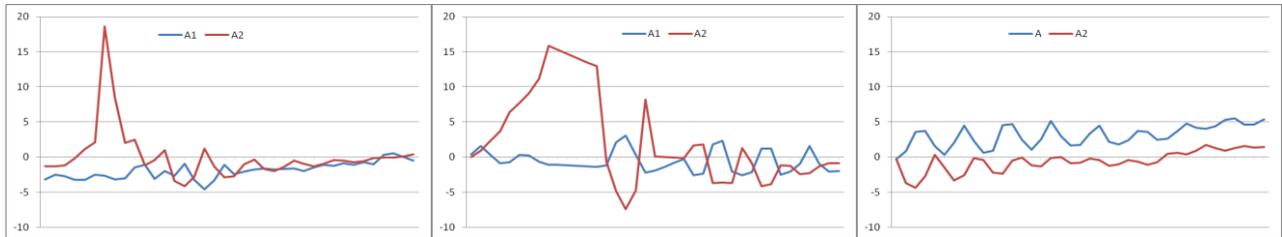
(3)由 4A 中外圍磁鐵的數量，從 2~4 顆發現，數量越多磁力傳遞效果越好，這可從比較外圍磁鐵擺幅的差距看出，數量少的時候擺幅的差距，表示能量的傳遞效果差，但數量一但增加之後，各顆外圍磁鐵間擺幅的差距就明顯縮小，而且還能看到有能量在傳遞過程中的消長現象。

(4)同樣的情況也發生在 4B 的趨勢中，但不同的則在於 4A 的外圍磁鐵重量比 4B 要輕，所以穩定性較差，但靈敏度較高，多顆外圍磁鐵之間的擺幅差距較小，但 4B 外圍磁鐵的重量較重，雖然靈敏度較差，但穩定度高，之外還能清楚的解析出個外圍磁鐵之間，能量傳遞過程時明顯的消長現象。

實驗五：比較兩種外圍磁鐵形狀在不同夾角下對磁力震盪頻率的影响

結果：

(1)5A 實驗結果

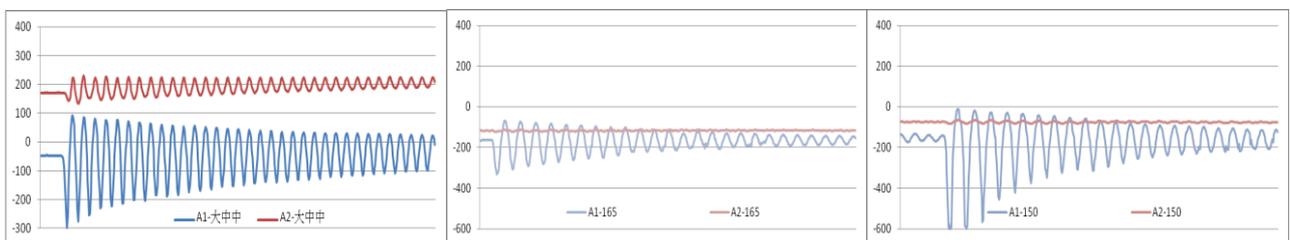


夾角 180°震盪頻率

夾角 165°震盪頻率

夾角 150°震盪頻率

(2)5B 實驗結果



夾角 180°相互擺盪

夾角 165°相互擺盪

夾角 150°相互擺盪

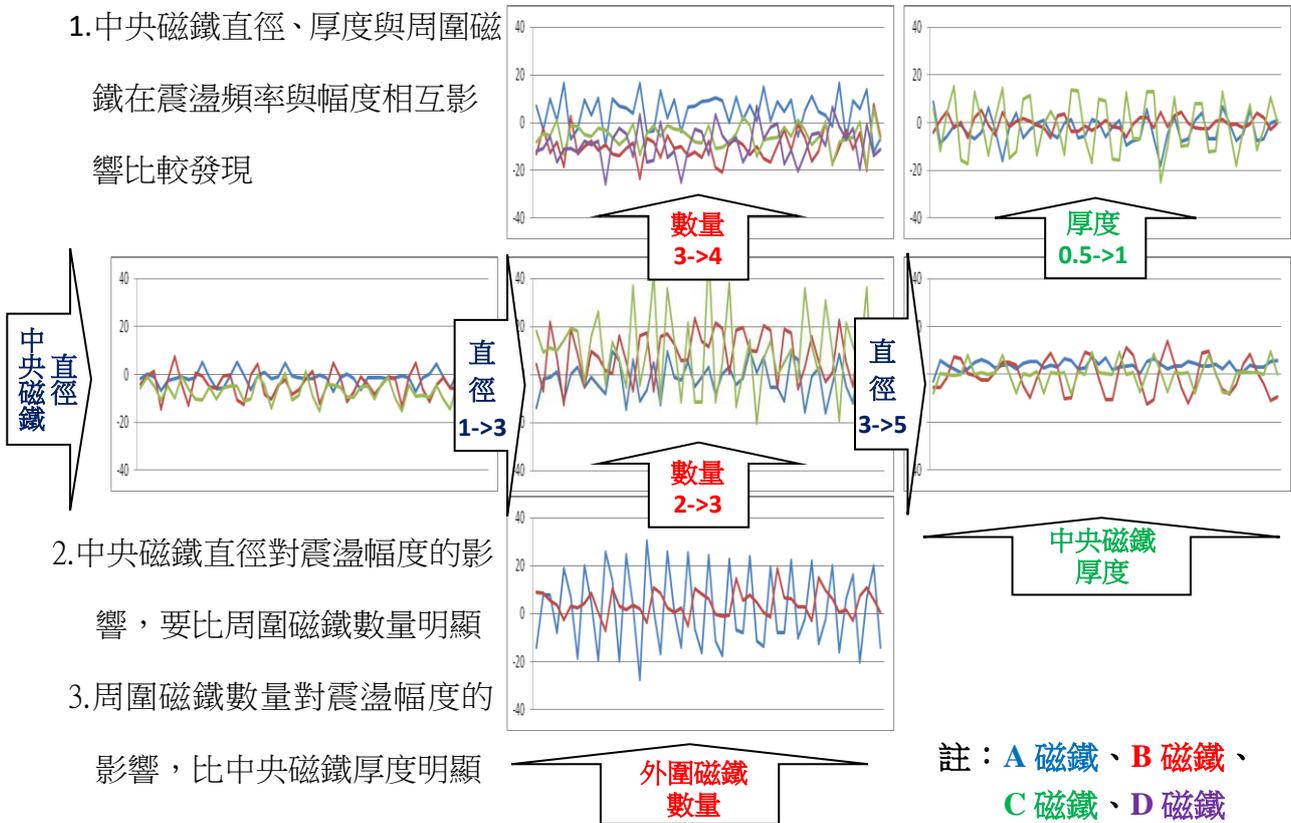
- (3)以實驗 5A 中，兩顆外圍磁鐵重量比較輕，當夾角越小時，能量的傳遞效果越好，但兩顆擺盪的方向則呈相反的趨勢；反之，5B 中兩顆外圍磁鐵的重量則比較重，當夾角越小時，能量的傳遞效果反而變差，而且兩顆外圍磁鐵的擺動方向還呈現同步一致的結果。
- (4)由 5A 與 5B 的比較中發現，外圍磁鐵的重量、距離與角度會影響磁力傳遞的效果，甚至還會改變兩顆外圍磁鐵的擺動方向。
- (5)同樣的，即使角度改變，依舊不會影響 5A 的外圍磁鐵，有較高的靈敏度與較差的穩定性。

陸、討 論

討論一：探討磁力震盪變項間的相互影響

(一)中央磁鐵形狀與周圍磁鐵數量間的相互影響

1.中央磁鐵直徑、厚度與周圍磁鐵在震盪頻率與幅度相互影響比較發現



2.中央磁鐵直徑對震盪幅度的影響，要比周圍磁鐵數量明顯

3.周圍磁鐵數量對震盪幅度的影響，比中央磁鐵厚度明顯

4.外圍磁鐵數量增加，會使外圍磁鐵震盪擺幅縮小，而且頻率會增加

5.中央磁鐵厚度增加，會使外圍磁鐵震盪擺幅增加，但頻率不會改變

6.中央磁鐵直徑縮小

(1)當與外圍磁鐵的磁力形成最佳角度時，外圍磁鐵震盪擺幅會加大，且頻率增加

(2)當偏離與外圍磁鐵磁力形成的最佳角度時，外圍磁鐵震盪擺幅會縮小，且頻率降低

7.數量又受限於外觀形狀，由於距離的限制外圍的間距不可能太大，於是對中央磁鐵的相斥(或相吸)，但外圍磁鐵本身彼此也會造成相斥(或相吸)，所以外圍磁鐵數量會有一個數量上的極限，否則會全部吸在一起，即使強行固定，也會成環狀而動彈不得。

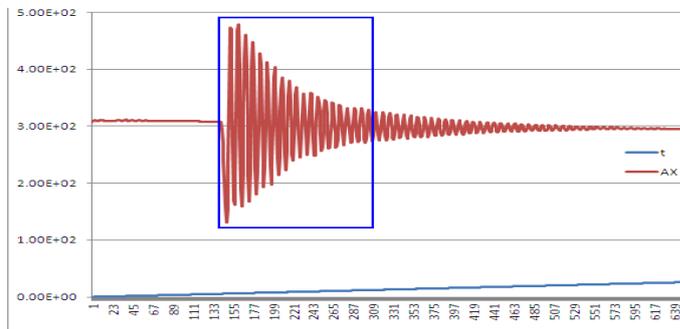
8.外圍磁鐵數量增加，擺盪的幅度會降低，其實從外圍磁極排列、擺盪方向與幅度，三個變項不僅相互影響，還可以從任意兩個已知變項，來推算出另一個未知的變項

討論二：歸納磁力震盪變項間的相互影響

(一) 比較外圍磁鐵距離對磁力震盪頻率的影響



40 顆強力磁鐵 距離 5cm

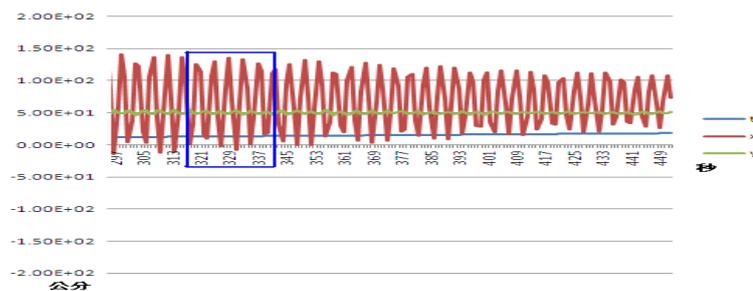


50 顆強力磁鐵 距離 6cm

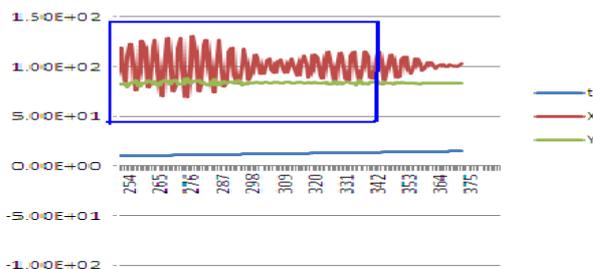
- 1) 在 5cm 時，可以看到磁力傳遞的效果較好，能量的遞減較小，且擺盪十分規律。而 6cm 時能量遞減快速

(二) 比較外圍磁鐵數量對磁力震盪頻率的影響

40 顆強力磁鐵 - 單顆 vs 2 顆



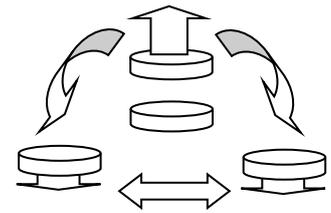
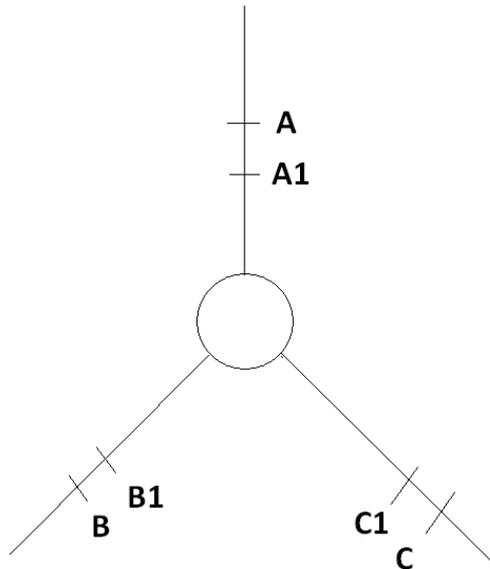
單顆



2 顆

- 1) 在單顆時，擺幅的變大或變小的差異沒有很明顯，在 2 顆時就變得相當明顯，且皆規律性
- 2) 再單顆時能量的遞減較沒有 2 顆明顯

(三) 比較距離與數量之間的關係



1. 只要距離相等的外圍磁鐵頻率就會一致，在 A、B1、C 和 A1、B、C1 的組合時，距離相等的 A、C 磁鐵頻率一致，而 B 磁鐵則是想辦法要同向，但三角形的間錯作用卻無距離皆相等的 A、B、C 和 A1、B1、C1 來的明顯。
2. 在三顆外圍磁鐵的情況下 A、B、C 三點的效果最好，雖然 A1、B1、C1 三點的距離較近但卻不在磁力線最佳的作用點上。

討論三：利用磁力震盪的相互影響設計測震儀器

構想：利用實驗發現，設計**光感磁力式**的測震儀

理由：1.磁力震盪變項間的相互影響發現，只要一點小震動，磁鐵就會開始擺盪

2.磁鐵擺盪的幅度雖不明顯，但可透過**雷射光反射**的**光槓桿放大**作用看到些微變化

3.利用**錄影**及 **Tracker** 軟體影像分析的方式，可比對出每顆磁鐵間，**震盪頻率與週期、擺幅與時間差**

4.由實驗發現震盪頻率平衡過程中的**時間差**，可推算力的來源方向與**強度**

5.由實驗操作發現增加磁鐵**數量**、縮短外圍磁鐵**間距**與降低中央磁**厚度**，可延長磁力傳遞的效果

做法：

1.中央磁鐵(三種做法)

(1)厚度降低變薄

(2)或厚度增加，然後再中央挖相同尺寸的洞，再把磁鐵埋在底下

(3)厚度變薄，範圍增加為環狀排列

2.外圍環狀排列磁鐵(三種做法)

(1)提高固定架上轉軸的靈敏度

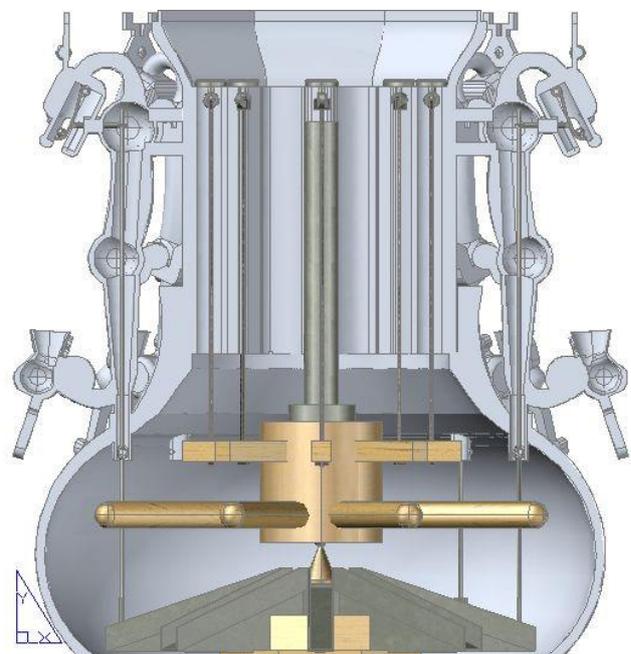
(2)縮短與中央磁鐵間的距離

(3)增加磁鐵的磁力強度並減低厚度

(4)增加外圍環狀磁鐵排列的數量

3.外側環形投影面

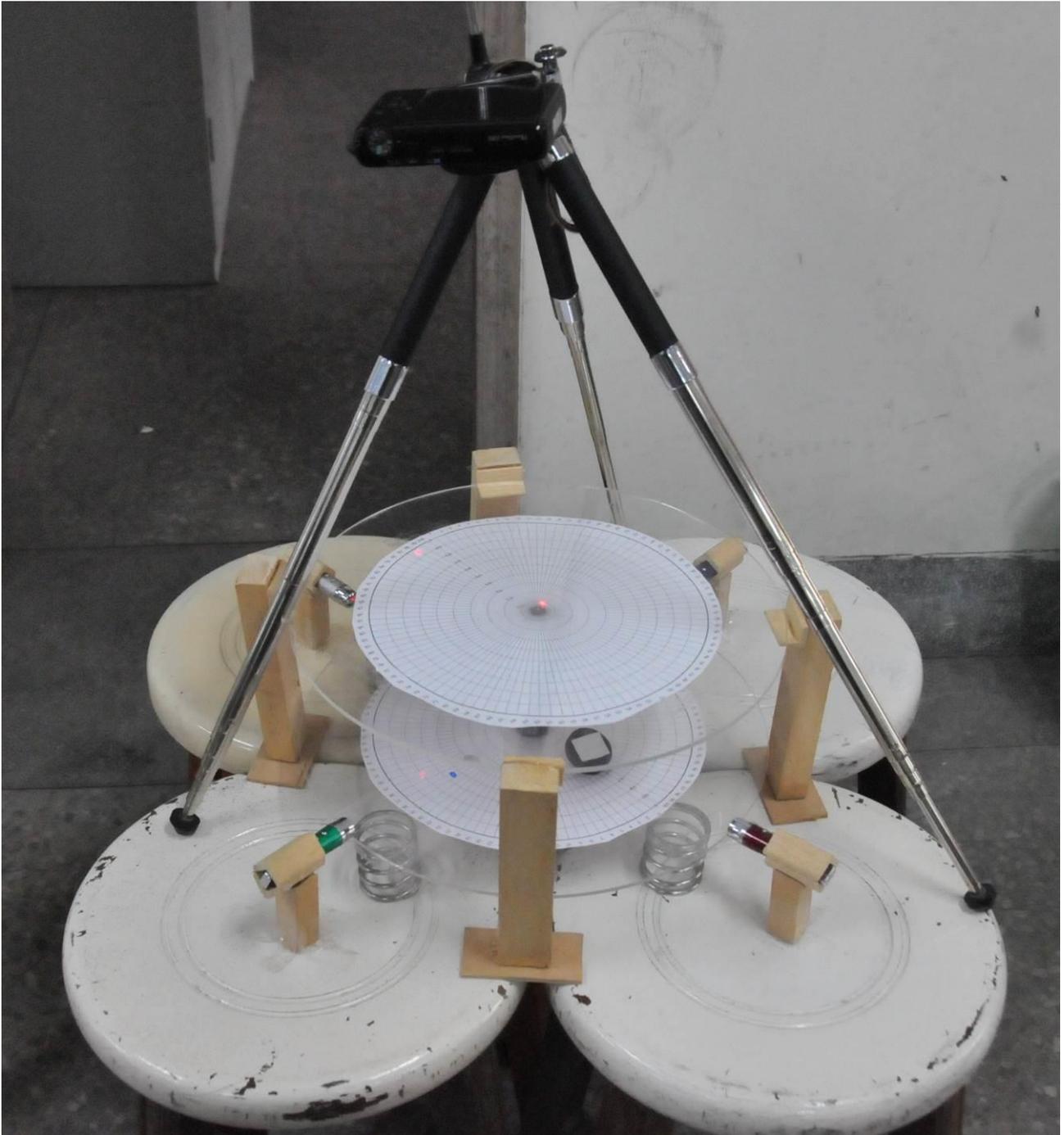
(1)以網路攝影機取代相機錄影的方式



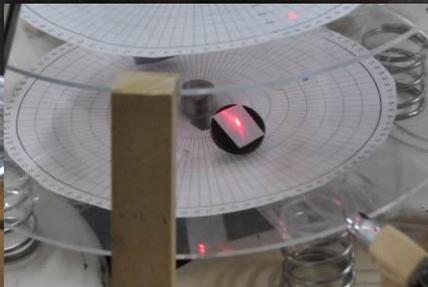
侯風地動儀構造

(2)增加環形投影面的距離，提高光槓桿的放大作用

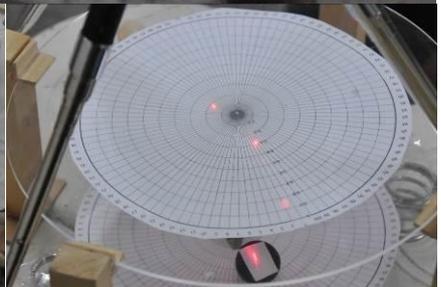
自製光感磁震式測震儀



測震板感應震動
支撐彈簧放大震動
外圍磁鐵擺動反應震動



雷射光槓桿把多個光點集中
投影板高度可調整靈敏度
非接觸式測震誤差小



自製簡單且靈敏度高
磁力震盪原理+光點投影工具
=光感磁震式測震儀

柒、結 論

一、利用歸納各種影響磁力震盪的變項，推論出調控磁鐵擺盪的可行方法，加上利用簡單簡單材料，加上一些巧思與不斷嘗試，成功設計出磁力震盪測量器，還看到意外的驚喜與發現。透過實驗證明：磁鐵的直徑、厚度、離中心點距離、外圍排列磁鐵數量與相應夾角等，各變項間都有會相互影響。

二、研究發現整理

(一)磁鐵形狀對磁力震盪頻率的影響

- 1.磁鐵寬度固定，厚度越厚越難平衡
- 2.磁鐵厚度固定，寬度越寬越易平衡
- 3.磁力震盪的傳遞效果：窄厚 > 寬扁
- 4.磁鐵擺放平衡效果：寬扁 > 窄厚
- 5.磁鐵磁力密集效果：窄厚 > 寬扁

(二)外圍磁鐵距離對磁力震盪頻率的影響

- 1.磁鐵寬度固定，厚度與距離成反比
- 2.當磁鐵厚度固定，寬度與距離成正比
- 3.磁力震盪的傳遞效果：距離近 > 距離遠
- 4.磁力震盪擺幅的平衡：兩小一大
- 5.磁力震盪方向的平衡：兩正一反

(三)外圍磁鐵數量對磁力震盪頻率的影響

- 1.磁鐵形狀固定，數量與擺幅成反比
- 2.形狀對震盪頻率的影響要比數量明顯
- 3.磁力震盪的傳遞效果：兩顆 > 三顆
- 4.磁鐵擺放平衡效果：兩顆 > 三顆 > 四顆
- 5.磁鐵形狀的平衡數量：寬扁 > 窄厚

(四)外圍磁鐵夾角對磁力震盪頻率的影響

- 1.震盪頻率與磁鐵夾角平均分布成正比
- 2.磁鐵偏斜角度越大，震盪頻率差異越大
- 3.磁鐵偏斜數量越多，震盪頻率差異越大
- 4.磁鐵數量對偏斜影響：兩顆 > 三顆
- 5.震盪幅度對偏斜影響：兩顆 > 三顆

(五)比較形狀、距離、數量與夾角之間的相互影響

- 1.改變夾角的不對稱偏斜，可以調整磁鐵擺盪的頻率
- 2.增加磁鐵數量、縮短外圍磁鐵間距與降低中央磁厚度，可延長磁力傳遞的效果
- 3.從震盪頻率平衡過程中的時間差，可推算力的來源方向與強度

三、光感磁力式測震儀的實用性

沒想到一個實驗後發現的小創意，能為我們這段時間的努力，找到一個實用的方向。原本是不起眼的科學小玩具，竟能將原理用來偵測細微的震動，而且磁鐵磁力在平衡後，每一種變項都會相互影響，還可做因果推論，如此不用花大錢又能提高靈敏度，真可說是小兵立大功啊！

四、研究的重要性

- (一)利用磁鐵的排列組合，以簡單的材料，突破器材、技術限制，進行磁力震盪的實驗
- (二)利用手邊的材料與工具，自製簡單又準確的磁力震盪的實驗測量儀器
- (三)根據實驗發現，歸納變項的相互影響，並能推算外力來源方向與強度
- (四)結合並延伸課堂所學，設計出實用的測震儀

五、心得感想

在做完了這次的實驗後，我們不但了解到了科學的奧妙，知道了許多有關磁力震盪擺動的知識，更重要的是，我們了解到了團隊合作的精神。在實驗的過程中，我們時常遇到一些一個人無法解決的問題，如：拍攝擺動影片時，需要一個人拿著相機拍照，一個人負責讓磁鐵擺動，這種時候就只有相互合作才有可能完成了。如果我們沒有團隊合作的精神，這件科展作品是絕對不可能完成的。

參考資料

白允禎、羅乙珊、吳亞如、孔令宇、胡博仁(2008)：磁中乾坤--探討磁力的特性及其應用。中華民國第 48 屆中小學科學展覽會。

科學玩具柑仔店(Darling の 優) (2009)：科學玩具-磁學-金屬史萊姆。

網址：http://kingdarling.blogspot.tw/2013/01/blog-post_9904.html

【評語】 030105

精巧的實驗裝置，實驗技巧也十分成熟。能從很單純的磁鐵交互行為中發掘出有趣的物理現象。所發展的實驗裝置有機會可以運用在目前物理研究中的多體物理的模擬中。唯，所衍出的物理可能過於複雜不是國中學生可以掌握的。建議利用已完成的裝置，儘量簡化系統變因，以與理論相互印證。未來應有相當豐富的成果。