

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學科

佳作

080818

化磁力為阻力－磁性流體的探討與應用

學校名稱：臺北市士林區天母國民小學

作者： 小六 黃丞皜 小六 韓子洋 小六 蘇采彤 小六 鄭茹云	指導老師： 羅文杰 鄭蕙蘭
---	-----------------------------

關鍵詞：磁性流體、阻尼、避震器

摘 要

三年級學到磁鐵單元時，利用水中鐵粉形狀可看到立體的磁力線，移動磁鐵還能控制磁力線的各種變化，想到若是能設計出可隨磁力控制的液體，一定會很有趣。於是便針對：管路口徑、鐵粉數量、磁力強度、磁極排列等變項設計實驗，發現

- 1.由磁性液體，對磁力變項產生的相互影響，可有效調控阻尼效能
- 2.透過油脂包覆，可使鐵粉均勻分布在油中，可提高磁性流體的控制
- 3.利用可控制的磁性流體，成功發展出自動感應強度的聰明避震器

利用機械感應壓力強度，連動改變管路外的磁鐵排列，來控制磁性流體的流速，達到聰明避震的效果，經測試發現：受到 1~5kg 五倍的壓力範圍，阻尼可自行反應並調整到 20~25 秒作用時間，可見遇強則強的避震器，可聰明的幫我們避免震動的危害

關鍵詞：磁性流體、阻尼、避震器

壹、研究動機

有一天老師用塑膠管連接兩個針筒，讓同學相互擠壓來玩針筒拔河遊戲，因為我每次都贏，後來老師便將兩匙黑色粉末加進針筒後，奇怪的事發生了！每當我擠針筒時，老師就把磁鐵靠近兩個針筒間的塑膠管，針筒突然就變得很難擠，換別人時把磁鐵拿開，就變得很好擠。後來知道黑色粉末是鐵粉後才恍然大悟，其實三年級曾用過鐵粉來觀察磁力線，沒想到把鐵粉加到水中，竟然可以用磁鐵來控制水流，這太有趣了！老師好詐！竟害我輸了，不過卻讓我更想知道，利用磁鐵來控制水流的奧秘，說不定還能利用它來設計有用的東西呢！

貳、研究目的

- 一、探討影響磁性流體流動的因素。
- 二、分析、歸納磁性流體流動變相間的相互影響。
- 三、利用實驗發現、提升磁性流體的避震效果。
- 四、利用機械反應調整磁鐵排列，設計出智慧型的液壓避震器。

參、研究設備及器材

一、磁阻尼實驗組

(一)磁阻尼變項實驗台

- 1.針筒液壓組：壓克力盤、塑膠針筒、塑鋼土
- 2.中端連接組：壓克力盤、壓克力管、矽膠防水墊
- 3.支撐固定座：木板、木條

(二)自製磁阻尼檢測儀器

- 1.計時感應器：微動開關、電線、電池盒、蜂鳴器
- 2.音效卡計時軟體：筆記型電腦、麥克風、GoldWave 5.06 軟體

(三)磁性液體

- 1.鐵粉：試劑級
- 2.油類：花生油、橄欖油、麻油、針車油、WD-40潤滑油
- 3.脂類：奶油、鋰基牛油

二、歷代阻尼器

- (一)一代測試機：可測試各種磁鐵排列組合的阻尼強度的試驗機
- (二)二代阻尼器：將磁性液體的水，以油脂代替使鐵粉均勻懸浮
- (三)三代阻尼器：根據阻尼強度實驗變項結果，將磁鐵排列的組合，調整到最佳狀態
- (四)四代阻尼器：利用槓桿原理，連動磁鐵控制磁性液體，發展聰明避震器


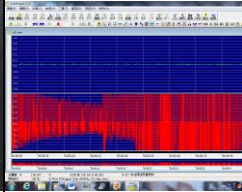



三、實驗儀器：筆記型電腦、磅秤

四、實驗器材規格照片

(一)磁阻尼變項實驗台

組件					
	實驗台	針筒液壓組	中端連接組	磁鐵固定環	支撐固定座

(二)磁阻尼檢測儀器

組件					
	計時感應器	GoldWave 5.06	微動開關	電池盒	蜂鳴器



(三)音效卡計時軟體

組件				
	計時感應器	麥克風	蜂鳴器	GoldWave 5.06

(四)磁性液體

組件					
	磁性液體	鐵粉	油類	脂類	玻璃罐

(五)實驗儀器

			
筆記型電腦	麥克風	磅秤	

肆、研究過程及方法

一、磁阻尼實驗組的設計與製作

(一)探討磁性液體流動的特性

1.由針筒改裝磁阻尼玩具，探討影響的變因

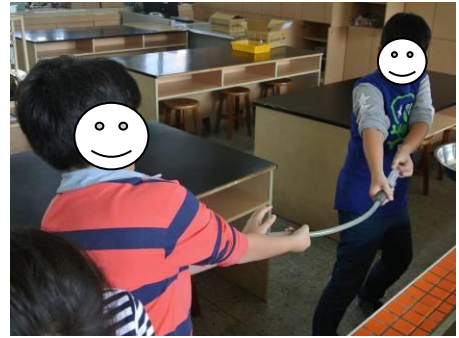
(1)兩位同學在針筒兩側擠壓針筒，玩拔河遊戲，由比賽過程中，推論可能影響針筒內磁性液體流速的因素

(2)從遊戲比賽中推論出可能影響的變因

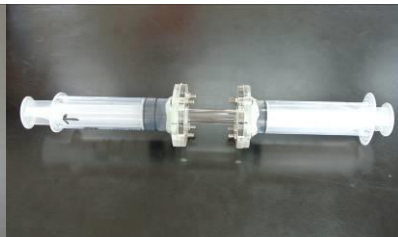
- a.擠壓針筒的力量/b.連接兩端針筒間的橡皮管口徑
- c.水中鐵粉的數量/d.鐵粉在水中均勻的程度
- e.針筒的口徑/f.磁力的強度/g.磁極的排列/h.磁鐵排列的數量

(二)根據變項實驗設計所需的裝置

- 1.針筒擠壓力：將水裝入塑膠桶中，用磅秤分別調整出1~5kg 的重量，可調整出 5 種不同重量，作為針筒標準的擠壓力。
- 2.口徑大小：以口徑 1~3cm 長 6cm 的壓克力管，可調整出 5 種不同的口徑，再透過兩端的接頭螺絲，便可固定兩個改裝過的塑膠針筒。
- 3.鐵粉數量：在流經針筒體積的水 75mL 中可分別加入 1~10g 的鐵粉，可調整出 10 種不同的鐵粉濃度。
- 4.磁力強度：將強力磁鐵分別以 1~10 重疊，來調整出 5 種不同的磁力強度。
- 5.磁鐵組數：將強力磁鐵分別以 1~6 組，環繞固定在壓克力管旁，來調整出 6 種不同的磁鐵組數。
- 6.磁極組合：將強力磁鐵分別以 1-N、2-(NS、NN)、3-(NNN、NSN)、4-(NNNN、NSNS、NNNS)、5-(NNNNN、NSNNN、NSNSN)、6-(NNNNNN、NSNNNN、NSNSNN、NSNSNS) 等 1~6;組數排列，環繞固定在壓克力管外，來調整出 15 種不同的磁極組合。



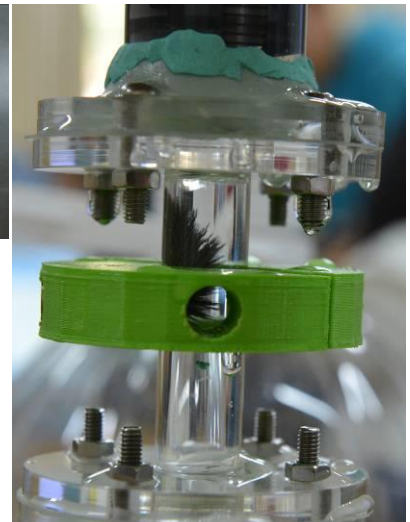
磁性液體



針筒改裝測試管

(三)流速計時裝置設計

由於針筒體積不大，針筒壓縮所需時間大約 10~30 秒要是想看出各變相間細小差異，光用手按碼表不易精準計時，用眼睛看的話誤差會過大。所以有必要設計出簡單又精確計時的自動裝置，於是我們便設計



1. **微動開關**：開關的電路連接可調整為**觸動啟動**與**觸動關閉**兩種，可分別裝置在載台上、下端，當重物擠壓針筒時，觸動上方開關成為**通路**後，針筒持續壓縮下降，當重物降到針筒底部結束時，觸動下方開關成為**斷路**。
2. **蜂鳴器**：連接電池透過兩端的微動開關，透過聲音的長度，便知針筒壓縮下降的時間。
3. **Goldwave 錄音軟體**：網路下載的免費軟體，安裝在筆電上透過麥克風便可錄音，經由錄音時間軸便可計算出作用時間，可精確到 0.001 秒。

二、器材製作與實驗過程照片



針筒改裝



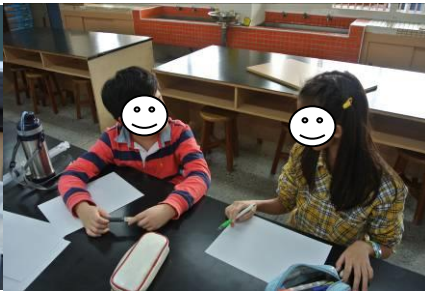
黏上管路連接片



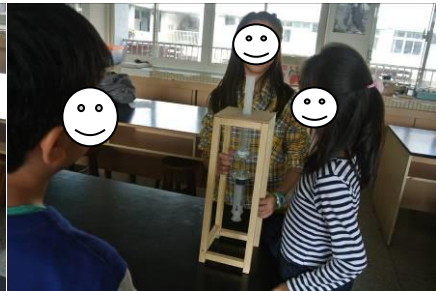
連接中端管路



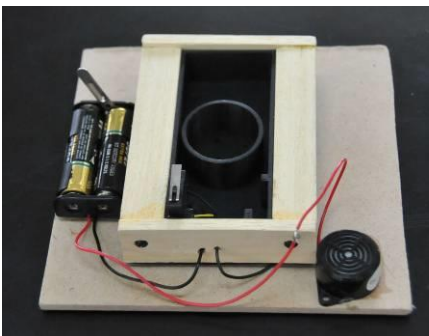
組合針筒液壓管路



討論器材設計



器材操作測試



流速計時感應器(正反面)



裝設計時感應器



實際測試流速



增加管路的鐵粉量



錄音計時



測量錄音計時結果

三、變項探討與實驗設計

在測試時感覺有很多變因，似乎都會影響磁性液體在管中的流速，像管徑、鐵粉數量和磁鐵排列等，這些還可能會相互影響，要是能瞭解這種關係，就可以控制液體的各種流速。

所以針對要探討的變項，設計磁阻尼實驗組與流速計時裝置，比較各變項間的細微差異。



(一)管路口徑變化對液體流速的影響

操作

- 1.將 **5cm** 長的 5 種壓克力管口徑 **1、1.5、2、2.5、3(cm)**，分別接在磁阻尼實驗組中的針筒上
- 2.分別以 **1、2、3、4、5(kg)** 的重物壓在上端的針筒上
- 3.以 Goldwave 錄音測量 25 種管路與壓力組合下流速**時間**

記錄：時間

分析：由**時間**所換算出來的**流速**，看出當**壓力增加**時，**增加管徑**會**降低阻尼**的效果，由阻尼降低的幅度，可找出適合阻尼流動的適當**口徑**



(二)鐵粉數量對磁性液體流速的影響

操作：

- 1.以 **N、NN、NS** 三種形式排列的磁鐵，分別固定在 **1.5cm** 口徑的壓克力管外
- 2.將 **1~10(g)** 10 種重量的鐵粉，分別加入 10 瓶裝有 **75mL** 水的瓶中
- 3.以 Goldwave 錄音測量 30 種磁極與鐵粉組合下流速**時間**

記錄：時間

分析：**磁鐵**對**鐵粉**的吸附有極限，增加不同的**磁極方向**，產生鐵粉的**加乘吸附(排斥)**，對阻尼所造成的影響，可找出適當的**鐵粉濃度比例**



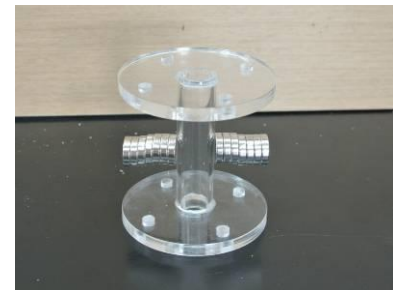
(三)磁力強度對磁性液體流速的影響

操作：

- 1.將 **5g** 重的鐵粉，加入裝有 **75mL** 水的瓶中
- 2.以 **N、NN、NS** 三種磁極排列的磁鐵，分別環繞固定在 **1.5cm** 口徑的壓克力管外
- 3.調整三種磁極磁鐵的數量 **2、4、6、8、10(顆)**
- 4.以 Goldwave 錄音測量 15 種磁極與磁力組合下流速**時間**

記錄：時間

分析：在三種基本**磁極排列**組合下，由磁力對鐵粉所產生**加乘吸附(排斥)**作用的最佳強度，可找出適當的**磁鐵用量**



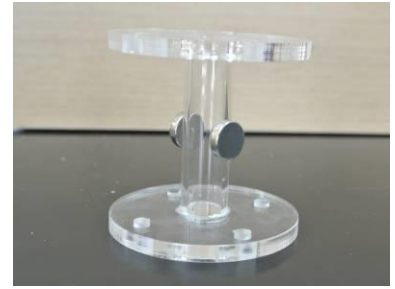
(四)磁極組合形式對磁性液體流速的影響

操作：

- 1.將 **5g** 重的鐵粉，加入 10 裝有 75mL 水的瓶中
- 2.以 **N、NS、NN、NNN、NSN、NNNN、NSNS、NNNS、NNNNN、NSNNN、NSNSN、NNNNNN、NSNNNN、NSNSNN、NSNSNS**，15 種磁極排列的磁鐵，分別環繞固定在 1.5cm 口徑的壓克力管外
- 3.以 Goldwave 錄音測量 15 種磁極組合下流速時間

記錄：時間

分析：在 15 種**磁極**排列組合下，可看出磁極排列的**強度**、**密度**與**方向**等三種變項間的相互影響



(五)油脂互融的相互影響

操作：

- 1.將**油類(花生油、橄欖油、麻油、針車油、WD-40 潤滑油)**與**脂類(奶油、鋰基牛油)**以 **4:1** 的比例調配後攪拌
- 2.攪拌後靜置**三天**，觀察油脂互融情形

記錄：油脂融合情形

分析：由融合情形可找出適當的**油脂種類**



(六)油脂比例對鐵粉懸浮效果的影響

操作：

- 1.將油脂以 **44:6、42:8、40:10、38:12、36:14、34:16、32:18、30:20** 等 8 種重量比例調配後，分別加入 **1g** 重的鐵粉
- 2.攪拌後靜止三天，觀察鐵粉懸浮情形

記錄：鐵粉沉澱量

分析：由沉澱量可算出適當的**油脂比例**



伍、研究結果

實驗一：管路口徑變化對液體流速的影響

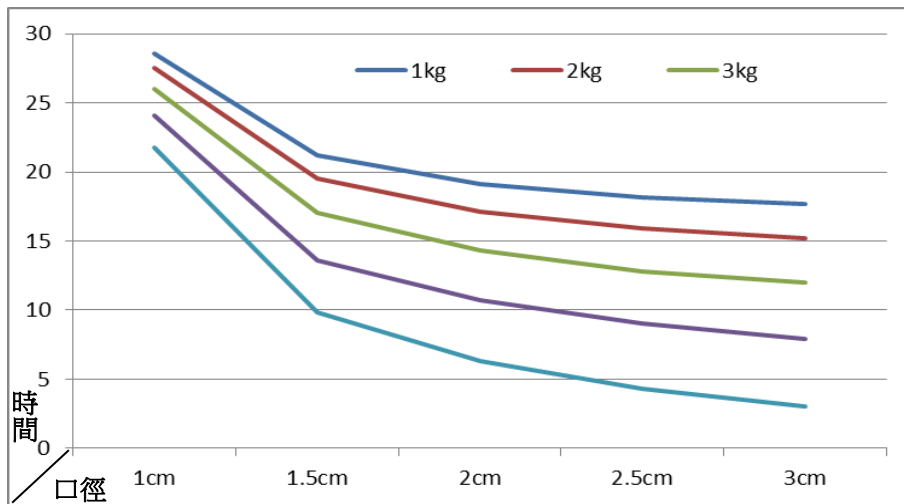
說明：以 1、2、3、4、5(kg)的液體壓力，分別在口徑 1、1.5、2、2.5、3(cm)的壓克力管中，測量液體在管中的**流速**

結果：

表：不同擠壓力作用在不同口徑的壓克力管的結果

管路口徑 cm	1	1.5	2	2.5	3	平均	
液體 擠 壓 力 kg	1	28.6	21.2	19.1	18.2	17.7	20.96
	2	27.5	19.5	17.1	15.9	15.2	19.04
	3	26	17	14.3	12.8	12	16.42
	4	24.1	13.6	10.7	9	7.9	13.06
	5	21.8	9.8	6.3	4.3	3	9.04
	平均	25.6	16.22	13.5	12.04	11.16	

單位：秒



圖：不同擠壓力作用在不同口徑的壓克力管的結果

發現：

- 1.相同擠壓力下，管路口徑越大流速越快 25.6→11.16(秒)
- 2.相同管路口徑下，擠壓力越大流速越快 20.96→9.04(秒)
- 3.管路口徑(25.6-11.16=14.44)對水的**流速**影響，比擠壓力(20.96-9.04=11.92)來得**明顯**
- 4.管路口徑在由 1→1.5cm 時，水流增加的**流速最快**，之後隨管路口徑增加，水流流速的增加幅度則趨緩

思考：

- 1.由水流口徑的增幅來看，口徑 1.5cm 對所需的液體體積增加不多，但流速**增幅**卻**最大**，在考慮液體體積及方便實驗操作下，決定以此管路口徑作為阻尼實驗的**標準口徑**
- 2.但在此口徑下，要有多少**鐵粉量**，才能達到有效的阻尼效果呢？

實驗二：鐵粉數量對磁性液體流速的影響

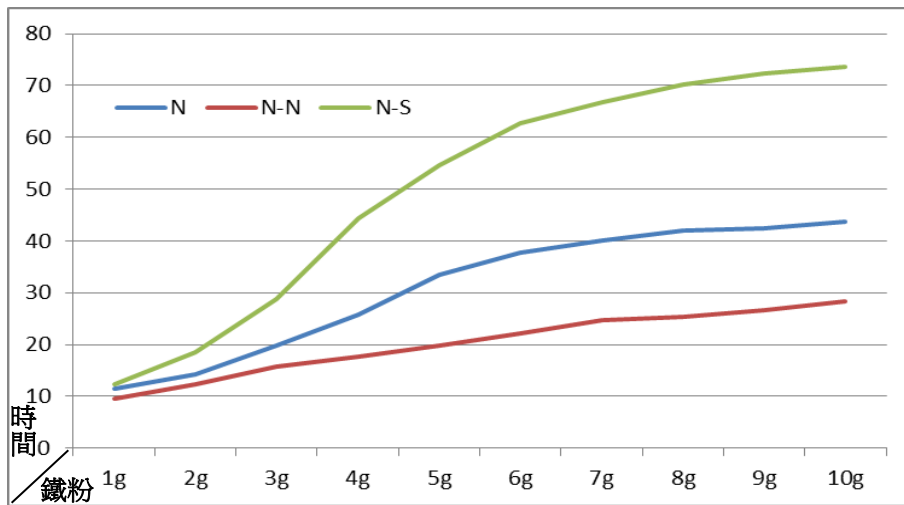
說明：將三種**磁極**形式排列的磁鐵(N、NN、NS)，對 10 種不同濃度(1~10g)的鐵粉液體，測量液體在口徑 1.5cm 壓克力管中的**流速**

結果：

表：三種磁極形式對不同濃度鐵粉的阻尼結果

鐵粉數量	1g	2g	3g	4g	5g	6g	7g	8g	9g	10g	平均	
磁極形式	N	11.4	14.3	19.8	25.7	33.5	37.8	40	42	42.5	43.8	31.08
	N-N	9.6	12.3	15.8	17.7	19.8	22.1	24.8	25.3	26.7	28.4	20.25
	N-S	12.3	18.5	28.7	44.3	54.6	62.7	66.8	70.2	72.3	73.6	50.4
	平均	11.1	15.03	21.43	29.23	35.97	40.87	43.87	45.83	47.17	48.6	

單位：秒



圖：三種磁極形式對不同濃度鐵粉的阻尼結果

發現：

1. **磁極排列**形式對阻尼影響程度：**N-S > N > N-N**
2. 鐵粉數量少時，磁極排列的**形式**對阻尼的影響不大
3. 磁極排列的形式，隨著**鐵粉**數量**增加**，阻尼也跟著增加，鐵粉數量在由 **4→6g** 時，阻尼增加的**幅度最大**
4. 鐵粉數量超過 **7g** 時，阻尼增加的**幅度變小**
5. 鐵粉**太少(<4g)**或**太多(>7g)**，對阻尼作用的幫助不大

思考：

1. **N-S** 磁極**相吸**，所吸附鐵粉數量最多阻尼作用**最明顯**；**N 單極**吸附鐵粉，效果不到兩極的一半；**N-N 同極相斥**，兩端鐵粉也相互排擠，使鐵粉吸附**大幅降低**
2. 在 1.5cm 口徑下，75mL 的水加入 5g 左右的鐵粉，為適合的磁性液體濃度(**6.25%**)
3. 若是只用磁極排列組合來控制水流，只能改變三種阻尼強度，變化好像不夠，要是也能改變每個磁極的磁力強度，對阻尼強度變化是否有幫助呢？

實驗三：磁力強度對磁性液體流速的影響

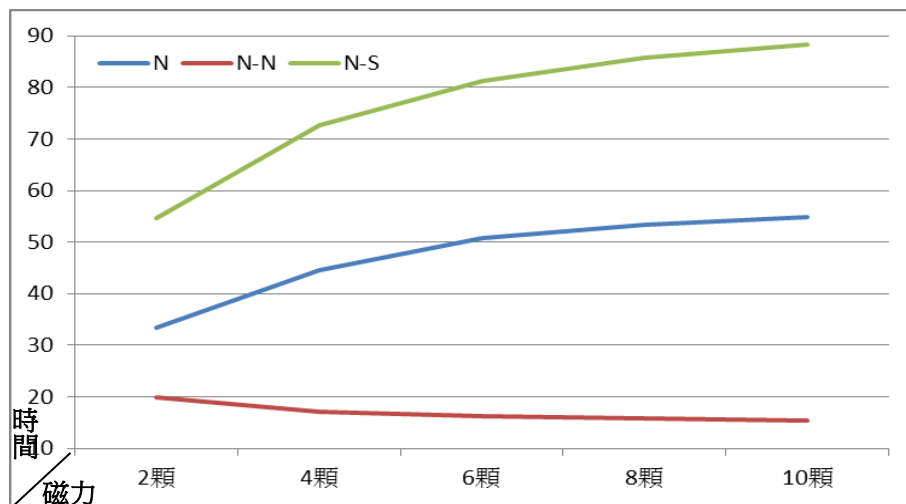
說明：將 **N**、**NN**、**NS** 3 種磁極形式排列的磁鐵，分別調整出 **2、4、6、8、10(顆)** 5 種**磁力強度**，測量濃度 **6.25%** 的磁性液體，在口徑 1.5cm 壓克力管中的流速

結果：

表：三種磁極形式對不同磁力強度的阻尼結果

磁鐵數量		2 顆	4 顆	6 顆	8 顆	10 顆	平均
磁極形式	N	33.5	44.6	50.7	53.3	54.8	47.38
	N-N	19.8	17.2	16.3	15.8	15.3	16.88
	N-S	54.6	72.7	81.2	85.8	88.4	76.54
	平均	35.97	44.83	49.4	51.63	52.83	

單位：秒



圖：三種磁極形式對不同磁力強度的阻尼結果

發現：

1. 增加**磁極排列**的磁力強度，對阻尼影響程度：**N-S > N > N-N**
2. 磁力越強阻尼強度越大，而 **6 顆**磁鐵的磁力，阻尼強度**增幅最大**
3. **N** 與 **N-S** 的磁極排列時，**增加磁鐵數量**可**提升**阻尼強度；**N-N** 的磁極排列，增加磁鐵數量，反而會**降低**阻尼的強度

思考：

1. 將磁極排列與磁力強度相合後，可調整出 **33.5~88.4 秒** 的硬阻尼，或降低為 **15.3~19.8 秒** 的軟阻尼
2. 但 **N、NN、NS** 三種磁極，只是磁極排列的基本組合，所能影響的管路範圍較少，要是能多加**磁極排列**的**組數**，對阻尼強度調整的範圍是否會更大呢？

實驗四：磁極組合形式對磁性液體流速的影響

說明：將磁鐵排列成 **N**、**NS**、**NN**、**NNN**、**NSN**、**NNNN**、**NSNS**、**NNNS**、**NNNNN**、**NSNNN**、**NSNSN**、**NNNNNN**、**NSNNNN**、**NSNSNN**、**NSNSNS** 15 種**磁極**的組合，測量在濃度 **6.25%**的磁性液體，及口徑 1.5cm 壓克力管中的流速

結果：

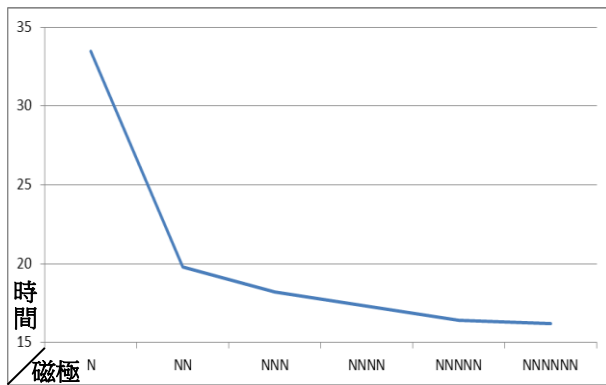
表：磁極組合形式與數量的阻尼效果

磁鐵數量		一顆	兩顆	三顆	四顆	五顆	六顆
磁極組合形式	相同磁極	N	NN	NNN	NNNN	NNNNN	NNNNNN
		33.5	19.8	18.2	17.3	16.4	16.2
	相異一顆		NS	NSN	NSNN	NSNNN	NSNNNN
			54.6	43.8	37.3	31.9	22.4
	相異兩顆				NSNS	NSNSN	NSNSNN
					87.4	82.7	85.8
相異三顆						NSNSNS	
						115.6	

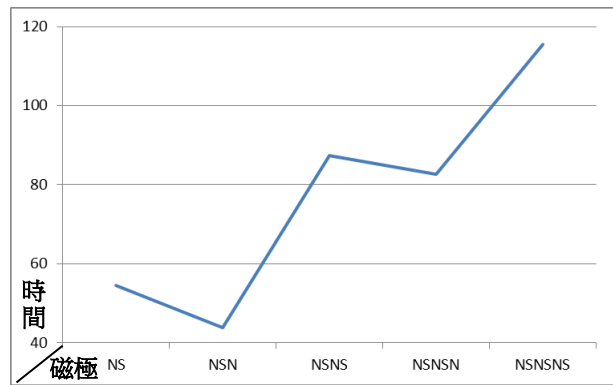
單位：秒

發現：

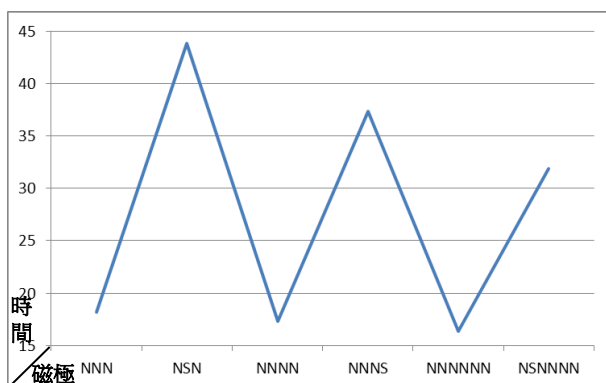
- 1.相同**磁極數量**越多，相互**排斥**的力量越大，反而使**阻尼降低**，但單一磁極的鐵粉，少了排斥力，容易集中在單側管壁，阻尼效果比較好
- 2.相異**磁極對稱**的阻尼效果比不對稱要好，相異磁極**對稱組數**越多阻尼效果也越好
- 3.相異**磁極的組數**越多，受到**不對稱**磁極的影響就越小



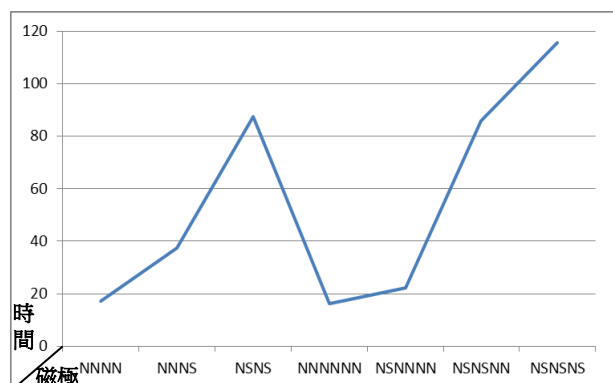
圖：相同磁極數量對阻尼的影響



圖：相異磁極組數對阻尼的影響



圖：多數磁極對單一相異磁極阻尼的影響



圖：相異磁極數量對阻尼的影響

- 4.相同且多數的磁極，一旦有**單一的相異磁極**加入，阻尼會**明顯增加**，不過隨相同且多數磁極的數量**越多**，這種阻尼明顯增加的效果會**降低**
- 5.不過相反的當相同且多數磁極的數量固定，**相異磁極**數量**增加**的話，阻尼除了會明顯增加外，相同且多數磁極的數量越多，對相異磁極數量增加的阻尼效果會更**明顯**

實驗五：油脂互融的相互影響

說明：將**油類**(花生油、橄欖油、麻油、針車油、WD-40 潤滑油)與**脂類**(奶油、鋰基牛油)以**4:1**的比例調配攪拌後靜置三天，觀察**油脂互融**情形

結果：

表：油脂互融結果

油:脂=40:10(mL)		油類				
		花生油	橄欖油	麻油	針車油	WD-40 潤滑油
脂類	奶油	✘	✓	✘	✓	✘
	鋰基牛油	✓	✓	✓	✓	✓

ps:「✓」表示做為磁性流體的油脂；「✓」表示互融效果好；「✘」表示互融效果差。

發現：

- 1.花生油、麻油與潤滑油在奶油中的溶解效果**不佳**，所以無法使用
- 2.橄欖油雖然在奶油與鋰基牛油中，溶解效果不錯，但時間久容易**變質**
- 3.**鋰基牛油**可以溶解到所有油類中且**不會變質**

思考：脂類選擇以**鋰基牛油**為主而油類則選擇**針車油**，作為磁性液體中鐵粉的融合物

實驗六：油脂比例對鐵粉懸浮效果的影響

說明：將油類與脂類以**44:6、42:8、40:10、38:12、36:14、34:16、32:18、30:20**等8種重量比例調配後，分別加入**1g**重的**鐵粉**，攪拌後靜止三天，觀察鐵粉懸浮情形

結果：

表：鐵粉在油脂比例中融合結果

	1	2	3	4	5	6	7	8
油脂比例	44:6	42:8	40:10	38:12	36:14	34:16	32:18	30:20
脂濃度%	12	16	20	24	28	32	36	40
油脂融合	✓	✓	✓	✓	△	△	△	✘
鐵粉懸浮	△	✓	✓	✓	✓	△	△	△

ps:1.油類-針車油、脂類-鋰基牛油

2.油脂融合：「✓」表示互融效果好；「△」表示液體較濃稠；「✘」表示液體不易流動

3.鐵粉懸浮：「✓」表示鐵粉懸浮效果好；「✓」表示鐵粉較快沉澱；「△」表示鐵粉不易均勻分散；「✘」表示鐵粉結塊不易分散

發現：鐵粉在油脂比例中融合，以**42:8~38:12**效果較好，脂類過高鐵粉不易分散與流動，太稀則鐵粉容易產生沉澱

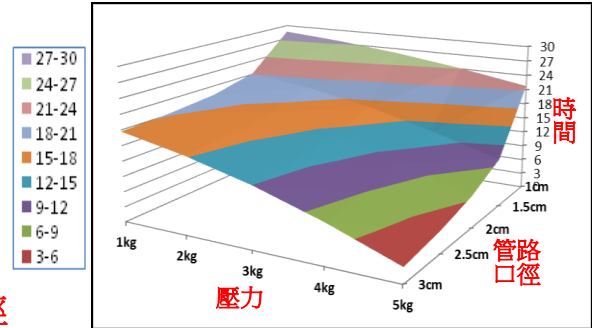
陸、討 論

討論一：歸納磁性液體流動變項間的相互影響

歸納：

1. 比較壓力與管路口徑對流速的影響

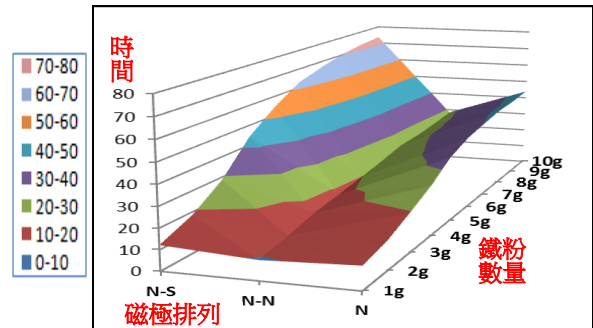
- (1) 當**壓力**固定，管路口徑和**流速**成正比
- (2) 當管路口徑固定，**壓力**和**流速**成正比
- (3) 當**流速**固定，管路口徑和**壓力**成反比
- (4) 對流速的影響：管路口徑 > 壓力
- (5) 口徑 1→1.5cm，流速增幅最快
- (6) 以管路口徑 1.5cm 作為阻尼實驗的標準口徑



圖：壓力與管路口徑對流速的影響

2. 比較鐵粉數量與磁極排列對流速的影響

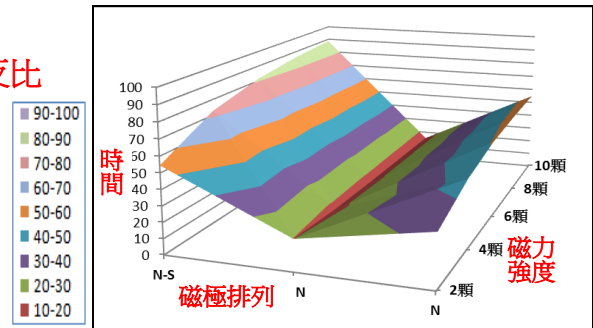
- (1) **磁極排列**形式影響：N-S > N > N-N
- (2) 當**磁極排列**固定，**鐵粉數量**和**流速**成反比
- (3) 當**鐵粉數量**固定，**磁極排列**影響不變
- (4) 對流速的影響：**鐵粉數量** > **磁極排列**
- (5) 鐵粉數量 4→6g，流速降幅最大
- (6) 以鐵粉數量 5g 作為阻尼實驗的標準濃度



圖：鐵粉量與磁極對流速的影響

3. 比較磁極排列與磁力強度對流速的影響

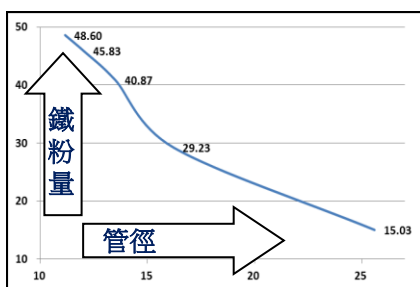
- (1) 當**管徑**、**鐵粉量**固定，**磁鐵數量**和**流速**成反比
- (2) 當**磁極排列**固定，**磁鐵數量**和**流速**成反比
- (3) 當**磁鐵數量**固定，**磁極排列**影響不變
- (4) 對流速的影響：**磁極排列** > **磁鐵數量**
- (5) 磁鐵數量 6 顆，流速降幅最大
- (6) 以鐵粉數量 6 顆作為阻尼實驗的基準數量



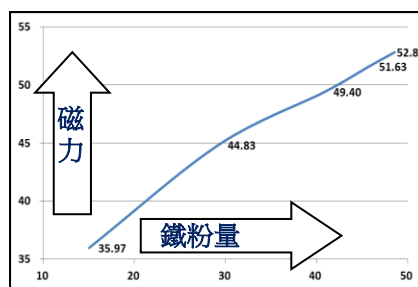
圖：磁力強度對流速的影響

4. 比較管徑、鐵粉數量與磁力強度之間的相互影響

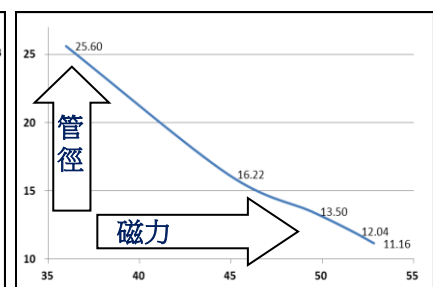
- (1) 縮小管徑可以節省鐵粉的用量
- (2) 增強磁力可以提高鐵粉的吸附作用
- (3) 管徑太大會抵消磁力的作用



管徑與鐵粉數量的關係圖



鐵粉數量與磁力的關係圖



磁力與管徑的關係圖

討論二：利用實驗發現提昇避震器的效能

聰明避震器---可測量壓力大小自動調整避震強度

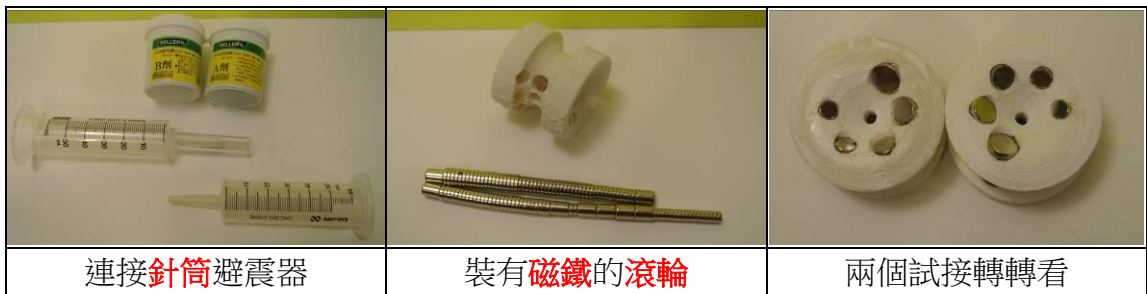
原理：由實驗發現，透過管路口徑、磁性液體中鐵粉濃度、磁力強度與磁極排列等方式，來控制管路中磁性液體的流速，達到緩衝避震的效果

目的：利用手邊常用的材料，改裝出可根據壓力大小來自動調整避震強度的聰明避震器

設計過程：

想法：

- 1.以**鋰基牛油**與**針車油**，依**4:1**的比例充分混合，作為避震器內部的**磁性流體**
- 2.將**直徑 1.5cm**、**長 5cm**的**壓克力管**兩端各連接兩個**50mL**的**塑膠針筒**
- 3.在壓克力管兩側裝上**滾輪**，並在滾輪接的面，挖上能裝各種強力**磁鐵**的洞
- 4.轉動滾輪使滾輪上**不同強度**的**磁鐵**，接觸壓克力管時就能改變液體**流速**



問題：

- 1.要如何將兩個輪固定在壓克力管兩側？
- 2.就算能固定，之後又要用甚麼方式來**推動**及**控制滾輪**？

思考及試做：



問題：

1. 要用甚麼方式感應**壓力大小**？
2. 如何將感應到的**壓力**，**連動齒條**來**推動滾輪**轉動，進而調整磁力大小？
3. **壓力感應**的**連動**，要能夠設計出**壓力大(小)→阻力大(小)**的聰明裝置

思考及試做：



避震測試過程：



避震測試結果：

	1kg	2kg	3kg	4kg	5kg
時間	20.3	23.6	24.5	25	25.6
滾輪感應	✓	✓	✓	✓	✓

發現：

1. 壓力變化從 **1~5kg 五倍**的範圍，但緩衝作用的時間卻能壓縮到 **20~25 秒**之間
2. 感應的範圍有限，使得滾輪的連棟沒有轉到最強磁力的角度，預估若固定架能夠承受的話，應該能夠承受 **20kg** 以上的壓力
3. 所以從滾輪感應壓力大小，能順利滾動調整磁力強度，證明此設計可**成功運作**

聰明避震器作用圖解說明



壓力感應(上)與避震器上端主體(下)



避震回彈(左)與壓力感應傳遞(右)



磁鐵滾輪控制磁性流體原



磁鐵滾輪連動裝置理

討論三：聰明避震器的實際應用

(一)大樓防震模擬試驗

問題：

- 1.既然設計的避震器能感應壓力調整阻尼強度，那麼要如何證明它**實際**的**效果**呢？
- 2.設計的避震器要能**普遍應用**在重要的場合

思考：考慮用在**建築**的**防震設計**上

理由：

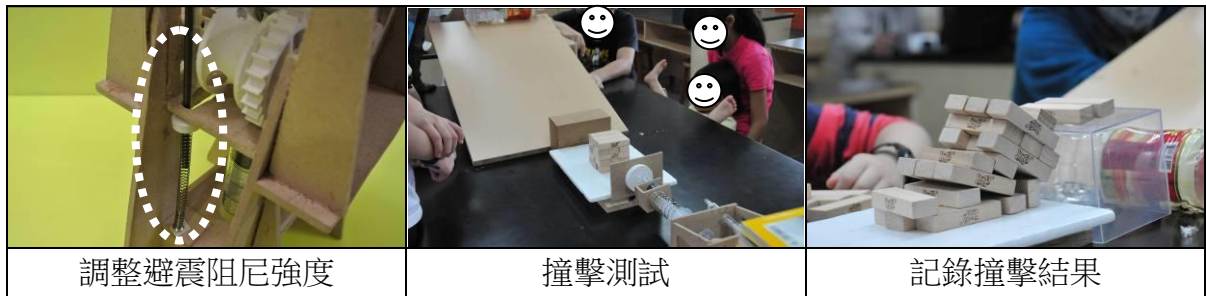
- 1.通常只看過鋼樑強或保整個房子樑柱抽換掉→工程很大
- 2.或者像 101 大樓有個專屬的阻尼裝置→一般房子不可能做到
- 3.設計的避震器不用電磁鐵控制磁性流體(**不耗電**)，且**體積小**適合**所有建築**

困難：

- 1.無法以實際的房子做實驗，而且設計的避震器太小
- 2.用房屋模型模擬，設計的避震器太大，又無法縮小

思考解決做法：

- 1.**房子**模型→以玩具**疊疊樂**疊出**高、中、低**樓層的房子
- 2.避震**阻尼**→改變避震器中小針筒的彈簧強度，來調整出**軟、中、硬**的阻尼強度
- 3.**震動**強度→以**保特瓶**裝水從**低、中、高**的**斜板**高度滾下

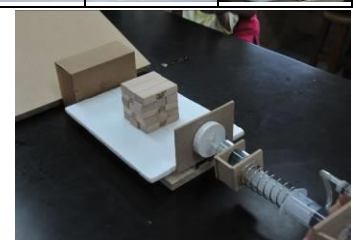


觀察記錄：

樓層 撞擊 阻尼	高樓層			中樓層			低樓層		
	強	中	弱	強	中	弱	強	中	弱
硬									
中									
軟									
無									

測試結果：

- 1.**阻尼**強度越**強**，能夠**吸收**的**震度**也越**強**，越能保護較**高**的樓層
- 2.**低**樓層的**耐震**程度比**高**樓層要好，若有**避震器**吸震效果會**更好**
- 3.凡有避震裝置，不論阻尼軟硬，耐震效果都比沒有裝避震器好
- 4.**撞擊**力越**大**所需的**阻尼**就要越**大**，對越**高**樓層**阻尼**效果越**明顯**



(二)汽車防撞模擬試驗

問題：

- 1.避震器只在往下壓時，壓力感應才作用改變阻尼強度，但地震時卻是很多方向的壓力同時作用，需要在不同方向裝避震器才行？
- 2.設計的避震器要能應用在單向、單次撞擊的場合

思考：考慮用在汽車的防撞設計上

理由：

- 1.能感應撞擊力大小，調整阻尼強度，有效吸收撞擊力→適合單次防撞、吸震時機
- 2.利用撞擊變形吸收撞擊力，加上避震器阻尼作用→可縮小變形區域
- 3.設計的避震器不用電磁鐵控制磁性流體(不耗電)，且體積小適合所有汽車

困難：

- 1.無法以實際的車子做實驗，而且設計的避震器強度不足
- 2.用紙盒模擬車子變形，設計的避震器太大，又無法縮小

思考解決做法：

- 1.車子模型→以大盒內裝不同尺寸的小盒子模擬軟、中、硬強度的車體
- 2.避震阻尼→調整避震器中小針筒的彈簧強度，來自動感應軟、中、硬的阻尼強度
- 3.震動強度→以保特瓶裝水從低、中、高的斜板高度滾下



調整避震阻尼強度

撞擊測試

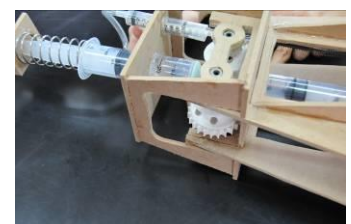
整理紙盒撞擊結果

觀察記錄：

撞擊車體	強	中	弱	無阻尼避震器
硬				
中				
軟				

測試結果：

- 1.阻尼強度越軟，能夠吸收的撞擊力越少，對車體的保護越小
- 2.阻尼強度越硬，車體吸收的撞擊力越多，對車體的保護越小
- 3.阻尼和車體強度接近，可平均吸收撞擊力，對車體保護最大
- 4.利用阻尼減少車體吸震潰縮空間，可有效增加空間與安全性



柒、結 論

一、利用歸納各種磁性液體流動的變項，推論出調控磁性液體的有效方法，加上利用簡單機械所學到的知識，成功設計出聰明避震器，還看到意外的驚喜與發現。透過實驗證明：磁性液體的管路口徑、鐵粉濃度、磁力強度、磁極排列，與液體中油脂種類、比例等，各變項間都有會相互影響

二、研究發現整理

(一)壓力與管路口徑對流速的影響

- 1.當壓力固定，管路口徑和流速成正比
- 2.當管路口徑固定，壓力和流速成正比
- 3.當流速固定，管路口徑和壓力成反比
- 4 對流速的影響：管路口徑 > 壓力
- 5.口徑 1→1.5cm，流速增幅最快

(二)鐵粉數量與磁極排列對流速的影響

- 1.當磁極排列形式影響：N-S > N > N-N
- 2.當磁極排列固定，鐵粉數量和流速成反比
- 3.當鐵粉數量固定，磁極排列影響不變
- 4.對流速的影響：鐵粉數量 > 磁極排列
- 5 鐵粉數量 4→6g，流速降幅最大

(三)比較磁極排列與磁力強度對流速的影響

- 1.當管徑、鐵粉量固定，磁鐵數量和流速成反比
- 2.當磁極排列固定，磁鐵數量和流速成反比
- 3.當磁鐵數量固定，磁極排列影響不變
- 4.對流速的影響：磁極排列 > 磁鐵數量
- 5 磁鐵數量 6 顆，流速降幅最大

(四)比較管徑、鐵粉數量與磁力強度之間的相互影響

- 1.縮小管徑→可以節省鐵粉的用量
- 2.增強磁力→可以提高鐵粉的吸附作用
- 3.管徑太大→會抵消磁力的作用

(五)磁極排列對阻尼的影響

- 1.N、NS 磁極，增加磁力可提升阻尼；NN 磁極排列，增加磁力反而會降低阻尼
- 2.NN 磁力越強，相斥越大而降低阻尼；只有 N 極，鐵粉聚集單側管壁，阻尼效果較好
- 3.對稱相異磁極阻尼比不對稱要好，相異磁極對稱組數越多阻尼效果也越好
- 4.相異磁極的組數越多，受到不對稱磁極的影響就越小

(六)磁性液體成份對阻尼的影響

- 1.鋰基牛油(脂類)可以溶解到所有油類中且不會變質
- 2.鐵粉在油脂比例 42:8~38:12 效果較好，脂類過高鐵粉不易分散，太稀則容易沉澱

三、聰明避震器的實用性

老舊磚房面臨撞擊時，除非全用鋼架包住，否則會在沒包住的部分產生裂痕，而避震緩衝則在減緩震動程度。而對汽車的安全防護，車體硬雖能減少變形，但撞擊力會傳到乘客造成傷害，車體軟雖能吸收撞擊力，但需較大空間作為吸震潰縮。要是能偵測震動或撞擊強度，調整阻尼軟硬，讓房子震動能維持在一定的安全範圍，也能讓小車增加使用空間並提高安全性，如此不用花大錢又能適用所有建築及汽車，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，進行磁性流體的實驗
- (二)利用手邊的材料與工具，自製簡單又準確的磁性流體時間測量儀器
- (三)根據實驗發現，歸納變項的相互影響，並有效調控阻尼效能
- (四)結合並延伸課堂所學，設計並成功改良實用的聰明避震器

五、心得感想

在一開始的實驗模型中，只要按針筒就會發出「噗」的聲音，好有親切感，所以我們都真的很喜歡。可是在做實驗的時候，實驗的器具因為是自己親手努力的做出來的，所以很容易爆掉，很恐怖，要很注意，不然又要重新弄一次，很辛苦。最後，我們用網路錄音，所以實驗很順利，我們都很開心。當成果真的被做出來後，大家都很高興，老師還露出微笑。在經過很多努力以後，我們真的成功了，真是令人高興呀！

參考資料

蕭季威(2008)：磁力的緩衝作用。中華民國第 48 屆中小學科學展覽會。

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

郭文化，王亞平，林永建，韓麗龍、陳信合(2009)：智慧型磁流變液避震器之研製。台灣製造工程與自動化科技協會產學合作成果專刊，Vol.2，pp206-210。

【評語】 080818

1. 作品主題由日常生活發想，作品符合科學方法，值得鼓勵。
2. 作品宜針對與過去類似作品之異同做比較說明。
3. 作品宜針對相關原理做說明，並根據相關原理對於實驗結果作分析與解釋。