

新竹市第四十二屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：磁浮筆魔法實驗室

關鍵詞：磁浮筆、平衡、懸浮

編號：

磁浮筆魔法實驗室

摘要

有次老師教我們做磁浮筆，有時很容易成功懸浮，有時卻怎麼也無法平衡，和老師討論後了解，這與磁力線的分布，以及磁鐵同極相斥、異極相吸的特性有關，只要將磁鐵放「對」位置，磁浮筆就能輕易的懸浮起來。後來找了同學一起設計實驗，希望能找到「平衡訣竅」。我們先找出影響磁浮筆平衡的因素，再試著設計出特殊造型的磁浮筆。我們發現：底盤磁鐵距離、底盤磁鐵數量、底盤磁鐵磁力大小及筆上的磁鐵數都會影響磁浮筆懸浮的狀況。掌握關鍵因素後，我們也開始發揮創意設計出特殊造型的磁浮筆，有：磁浮展示台、飛翔的大鵝、磁浮筆疊羅漢、磁浮雞爪、磁浮閃電及磁浮大廈。未來也期許我們能繼續改良，研發出更有創意的磁浮作品。

壹、研究動機

有一次在科學實驗補習班上課時，老師教我們做磁浮筆，做完後我覺得非常神奇，有時怎麼放筆都浮不起來，有時又能輕易浮起來。和老師討論後，才了解這與神奇的磁力線以及磁鐵同極相斥、異極相吸的特性有關，只要將磁鐵放在特定位置，磁浮筆就能輕易的浮起來。於是我們決定要研究磁浮筆，一起探討磁浮筆和磁力線之間的奧秘，找出使磁浮筆懸浮的關鍵因素，並根據這些因素，設計出特殊造型的磁浮筆。

貳、研究目的

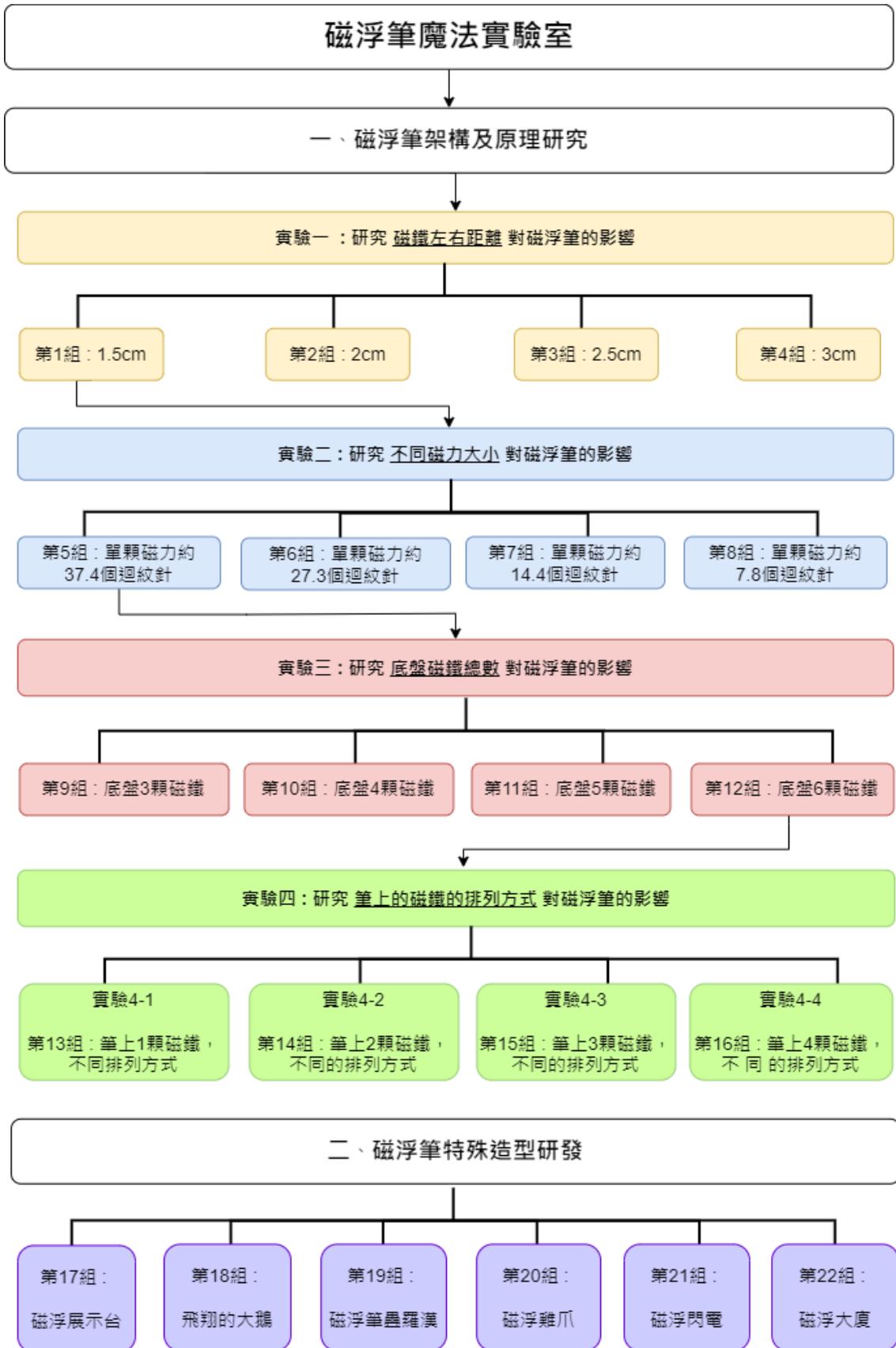
- 一、找出影響磁浮筆平衡的因素。
- 二、設計出特殊造型的磁浮筆。

參、研究設備及器材

					
飛機木	竹筷	迴紋針	熱熔膠	橡皮筋	各式磁鐵

肆、研究過程或方法

一、實驗架構圖



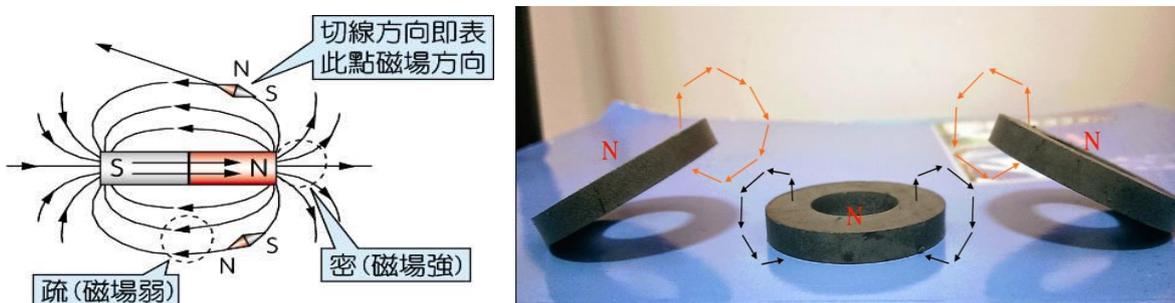
二、文獻探討

(一)磁鐵特性

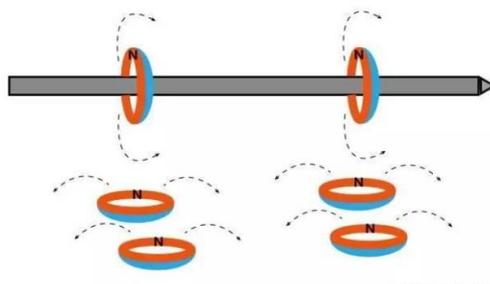
- 1.磁鐵：具有磁性的物質，皆可稱為磁鐵。
- 2.N 極：磁棒指向北方的一極，稱為指北極，簡稱 N 極。S 極：磁棒指向南方的一極，稱為指南極，簡稱 S 極。
- 3.N 極、S 極必定成對出現。
- 4.磁極的磁性愈強，磁力愈大。。
- 5.磁鐵怕受到敲擊、怕受到高溫；超過 700°C 時，磁鐵便失去了磁性，通電於磁鐵，會破壞磁性。

(二)磁力線分圖

在磁鐵的周圍灑上一些鐵粉，鐵粉磁化後(小磁針)所串連成的曲線，就是磁力線。小磁針 N 極方向就是該處磁力線的切線方向。磁力線是一條封閉的平滑曲線，磁力線永不相交，磁力線的疏密程度代表該處的磁場強弱。磁力線在磁鐵的外部方向由 N 極指向 S 極，在磁鐵內部則是由 S 極指向 N 極。法拉第開創使用磁力線描述磁場的方式。下圖為：磁力線示意圖。



(三)磁浮筆裝置：「磁浮筆」的原理主要是利用磁鐵「同極相斥」的特性，讓那枝套上環型磁鐵的筆，可以在底座磁鐵的「斥力」與鉛筆本身的「重力」下，達到「懸浮」的狀態，筆本身的重力必須與四周磁鐵的斥力達到平衡，此平衡點不易尋找，需多次嘗試與思考才可以產生磁浮的效果。



三、實驗過程

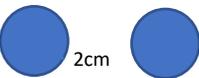
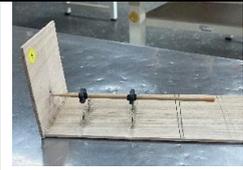
(一)實驗一

1.實驗目的：想了解底盤磁鐵左右距離對磁浮筆的影響

2.實驗裝置：

項目	規格	備註
1 底盤設計	長 30cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	控制變因
2 擋版樣式	長 11cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	
3 磁鐵前後距離	5cm	
4 底盤磁鐵形狀	圓形	
5 底盤磁鐵磁力	單顆磁鐵磁力約 37.4 個迴紋針	
6 底盤磁鐵數量	4 顆(S 極朝前)	
7 筆上的磁鐵數	2 顆 (S 極朝前)	
8 筆+2 顆環狀磁鐵的重量	約 3.8g	
9 筆的磁鐵位置	分別對應底盤第一列及第二列的磁鐵位置	
10 磁鐵左右距離	1 號裝置： 1.5cm 2 號裝置： 2cm 3 號裝置： 2.5cm 4 號裝置： 3cm	操作變因

3.實驗記錄：

裝置	1 號	2 號	3 號	4 號
磁鐵左右距離 (底盤磁鐵位置示意圖)	1.5cm 	2cm 	2.5cm 	3cm 
照片				
結果	有平衡 筆尖浮起高度落在擋板 2.4-3.6cm 之間	有平衡 筆尖浮起高度落在擋板 1.8-3.6cm 之間	有平衡 筆尖浮起高度落在擋板 1-3cm 之間	但沒有懸浮(磁鐵與底盤有接觸)

4. 實驗發現與討論：

(1)能讓磁浮筆平衡的位置，不是一個點，而是一個範圍，筆尖在這個範圍都能讓筆懸浮，只是筆平衡的狀態是斜的(如右圖)。若要让筆與底盤平行，則能讓筆平衡的位置就只剩很小的範圍。



(2)筆上的磁鐵位置要對應底盤的磁鐵，但筆上的前磁鐵位置要比底盤磁鐵位置前面一點點會更容易達到平衡。

(3)三個裝置有浮起來且達到平衡，底盤磁鐵的左右距離在 1.5-2.5cm 之間都能平衡。底盤磁鐵左右距離在 3cm 的時候，只能立在底盤上無法懸浮(如右圖)。



(4)磁鐵左右距離越近，磁力越大，筆浮的垂直高度越高，磁鐵左右距離越遠，磁力越小，筆浮的垂直高處越低，甚至可能無法懸浮，所以我們選擇 1 號裝置(底盤磁鐵左右距離為 1.5cm)為後續研究的標準。

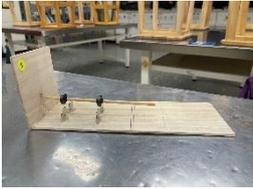
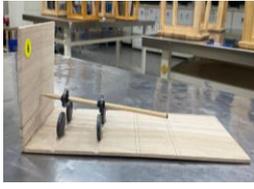
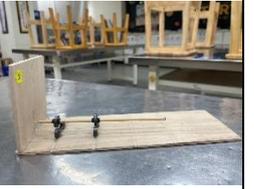
(二)實驗二

1.實驗目的：想了解不同**磁力大小**的磁鐵對磁浮筆的影響

2.實驗裝置：

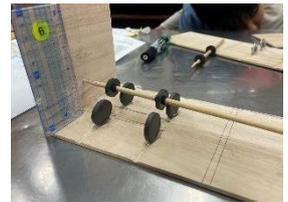
項目	規格	備註
1 底盤設計	長 30cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	控制變因
2 擋版樣式	長 11cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	
3 磁鐵前後距離	5cm	
4 底盤磁鐵形狀	圓形	
5 磁鐵左右距離	1.5cm	
6 底盤磁鐵數量	4 顆(S 極朝前)	
7 筆上的磁鐵數	2 顆(S 極朝前)	
8 筆+2 顆環狀磁鐵的重量	約 13.8g	
9 筆的磁鐵位置	分別對應底盤第一列及第二列的磁鐵位置	
10 底盤磁鐵磁力 (吸三次迴紋針，並算出平均值)	5 號裝置：單顆磁鐵磁力約 37.4 個迴紋針 6 號裝置：單顆磁鐵磁力約 27.3 個迴紋針 7 號裝置：單顆磁鐵磁力約 14.4 個迴紋針 8 號裝置：單顆磁鐵磁力約 7.8 個迴紋針 	操作變因

3.實驗記錄:

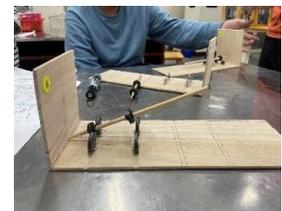
裝置	5 號	6 號	7 號	8 號
磁力大小	單顆磁鐵磁力 約 37.4 個迴紋針	單顆磁鐵磁力 約 27.2 個迴紋針	單顆磁鐵磁力 約 14.4 個迴紋針	單顆磁鐵磁力 約 7.8 個迴紋針
照片				
結果	能平衡 筆尖浮起來的高度 3.5-4.4cm	能平衡 筆尖浮起來的高度 0-3.2cm	能平衡 筆尖浮起來的高度 2.7-3.7cm	能平衡 筆尖浮起來的高度 2-2.5cm

4. 實驗發現與討論:

(1)四個裝置的磁浮筆都有浮起來。能讓磁浮筆平衡的位置，不是一個點，我們能用尺測量出一個範圍(如右圖)，筆尖在這個範圍都能讓筆懸浮，只是筆平衡的狀態有時是斜的，有時會與底盤平行。



(2)6 號裝置的筆尖能下壓到 0 公分的位置且達到平衡(筆是斜的) (如下頁右圖)，但其他裝置卻無法壓到這麼低就失去平衡了(筆上的磁鐵跟底盤的磁鐵相吸黏住或相斥歪掉)，可能其他裝置在製作或操作時，有些微的誤差導致無法壓到 0cm，或是應該調整筆上的磁鐵位置來達到平衡，是我們之後實驗要注意的地方。



(3)筆浮起來的最高高度與磁力大小有關，磁力越大，筆尖浮起來的高度越高，磁力越小，筆尖浮起來的高度越低。所以我們選單顆磁力最大的 5 號(單顆磁鐵磁力約 37.4 個迴紋針)作為後續研究的標準。並以能讓磁浮筆跟底盤平行為平衡標準，不再測量能讓筆懸浮的垂直距離。

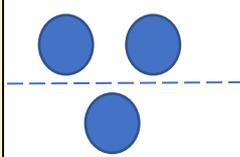
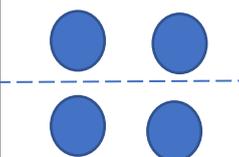
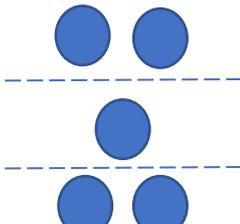
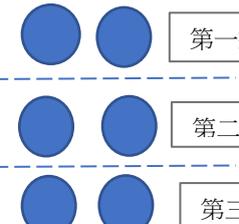
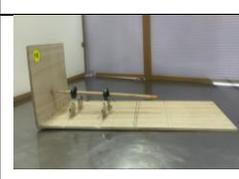
(三)實驗三

1.實驗目的：想了解底盤磁鐵總數對磁浮筆的影響

2. 實驗裝置：

項目	規格	備註
1 底盤設計	長 30cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	控制變因
2 擋版樣式	長 11cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	
3 磁鐵前後距離	5cm	
4 底盤磁鐵形狀	圓形	
5 底盤磁鐵磁力	單顆磁鐵磁力約 37.4 個迴紋針	
6 磁鐵左右距離	1.5 公分	
7 筆上的磁鐵數	2 顆(S 極朝前)，	
8 筆的重量+2 顆磁鐵	約 13.8g	
9 筆的磁鐵位置	分別對應底盤第一列及第二列的磁鐵位置	
10 底盤磁鐵總數	9 號裝置：3 顆磁鐵(S 極朝前) 10 號裝置：4 顆磁鐵(S 極朝前) 11 號裝置：5 顆磁鐵(S 極朝前) 12 號裝置：6 顆磁鐵(S 極朝前)	操作變因

3. 實驗紀錄

裝置	9 號	10 號	11 號	12 號
底盤磁鐵總數 (裝置示意圖)	3 顆 	4 顆 	5 顆 	6 顆 
照片				
結果	不能平衡	能平衡	不能平衡，	能平衡

4. 實驗發現與討論：

(1) 底盤 3 顆磁鐵及 5 顆磁鐵時，找不到平衡點可以平衡。

- (2)底盤 4 顆磁鐵及 6 顆磁鐵時，可以找到平衡點讓筆浮起來。
- (3)筆的前後磁鐵對應到底盤的磁鐵數量必須是 2 顆，才能平衡，若筆上的任一顆磁鐵對應到底盤的磁鐵數量為 1 顆時，就無法平衡。
- (4))底盤 5 顆磁鐵及 6 顆磁鐵須排成三排，但筆上只有兩顆磁鐵，在不改變筆上磁鐵位置的情況下，筆上的磁鐵只能對應到底盤的前兩排磁鐵，第三排的磁鐵似乎沒有作用，所以我們後續可以增加筆上的磁鐵總數繼續作研究。
- (5)底盤有 6 顆磁鐵比較特別(常見的磁浮筆底盤多為四顆磁鐵)，所以我們以底盤 6 顆磁鐵作為後續研究的標準配備。

(四)實驗四

1.實驗目的：

- (1) 實驗 4-1：想了解筆上一顆磁鐵時，不同排列方式對磁浮筆的影響。
- (2) 實驗 4-2：想了解筆上二顆磁鐵時，不同排列方式對磁浮筆的影響。
- (3) 實驗 4-3：想了解筆上三顆磁鐵時，不同排列方式對磁浮筆的影響。
- (4) 實驗 4-4：想了解筆上四顆磁鐵時，不同排列方式對磁浮筆的影響。

2.實驗裝置：

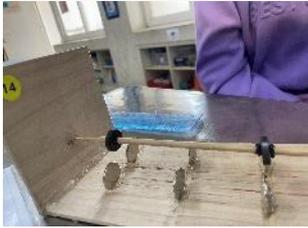
	項目	規格	備註
1	底盤設計	長 30cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	控制變因
2	擋版樣式	長 11cm、寬 11cm、厚 0.3cm，材質：飛機木	
3	磁鐵前後距離	5cm	
4	磁鐵形狀	圓形	
5	磁鐵磁力	單顆磁鐵磁力約 37.4 個迴紋針	
6	底盤磁鐵數量	6 顆(S 極朝前)	
7	磁鐵左右距離	1.5cm	
8	筆的重量	約 2.8g	
9	筆上的磁鐵數	【實驗 4-1】13 號裝置：1 顆磁鐵(S 極朝前) 【實驗 4-2】14 號裝置：2 顆磁鐵(S 極朝前) 【實驗 4-3】15 號裝置：3 顆磁鐵(S 極朝前) 【實驗 4-4】16 號裝置：4 顆磁鐵(S 極朝前)	
10	筆的排列方式	調整筆上磁鐵的前後位置	操作變因

3.實驗記錄：

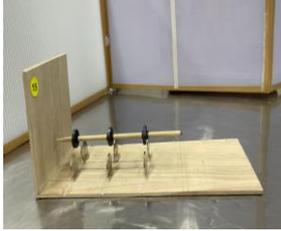
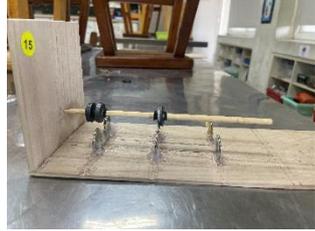
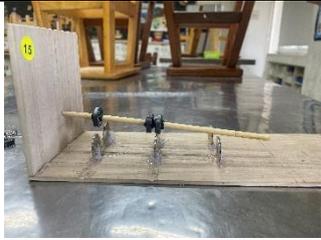
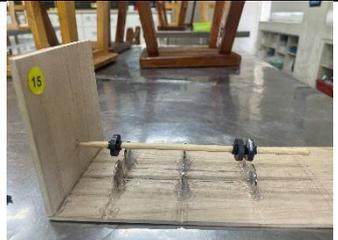
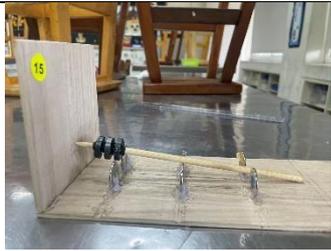
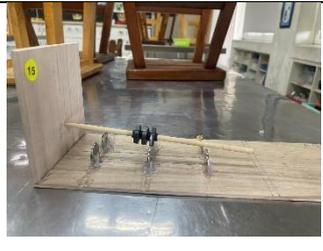
(1)實驗 4-1：

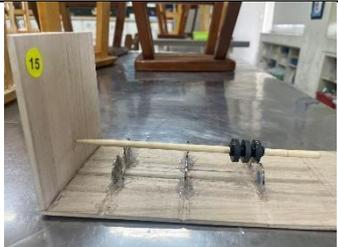
裝置	13 號		
筆上的磁鐵數	1 顆		
筆的排列方式	13-1	13-2	13-3
			
說明	筆上磁鐵對應到底盤前排磁鐵，能平衡。	筆上磁鐵對應到底盤中排磁鐵，能平衡。	筆上磁鐵對應到底盤後排磁鐵，能平衡。

(2)實驗 4-2：

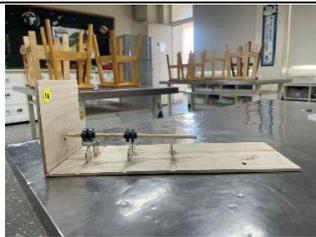
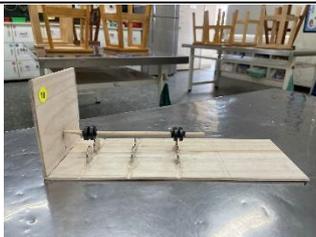
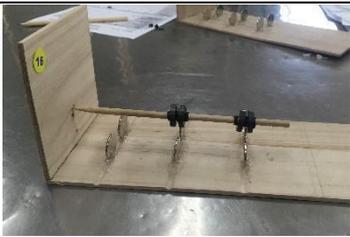
裝置	14 號		
筆上的磁鐵數	2 顆		
筆的排列方式	14-1	14-2	14-3
			
說明	筆上磁鐵對應到底盤前排+中排磁鐵，能平衡。	筆上磁鐵對應到底盤前排+後排磁鐵，能平衡。	筆上磁鐵對應到底盤中排+後排磁鐵，能平衡。
筆的排列方式	14-4	14-5	14-6
			
說明	將筆上磁鐵靠攏，對應到底盤前排磁鐵，能平衡。	將筆上磁鐵靠攏，對應到底盤中排磁鐵，能平衡。	將筆上磁鐵靠攏，對應到底盤後排磁鐵，能平衡。

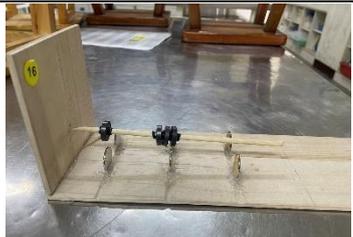
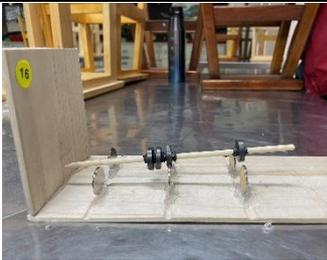
(3)實驗 4-3：

裝置	15 號		
筆上的磁鐵數	3 顆		
筆的排列方式	15-1	15-2	15-3
			
說明	將筆上的磁鐵，分別對應到底盤前、中、後排的磁鐵，能平衡。	將筆上磁鐵其中兩個 靠攏 對應底盤前排磁鐵，筆上單顆磁鐵對應底盤 前排 磁鐵，能平衡。	將筆上磁鐵其中兩個 靠攏 對應底盤前排磁鐵，筆上單顆磁鐵對應底盤 後排 磁鐵，能平衡。
筆的排列方式	15-4	15-5	15-6
			
說明	將筆上的其中兩顆磁鐵對其，分別對應到底盤前、中、後排的磁鐵，能平衡。	將筆上磁鐵其中兩個 靠攏 對應底盤 中間 磁鐵，筆上單顆磁鐵對應底盤 後排 磁鐵，能平衡。	將筆上磁鐵其中兩個 靠攏 對應底盤 後面 磁鐵，筆上單顆磁鐵對應底盤 前排 磁鐵，能平衡。
筆的排列方式	15-7	15-8	15-9
			
說明	將筆上磁鐵其中兩個 靠攏 對應底盤 後面 磁鐵，筆上單顆磁鐵對應底盤 中排 磁鐵，能平衡。	將筆上的磁鐵三顆 靠攏 ，對應到底盤前排的磁鐵，能平衡。	將筆上的磁鐵三顆 靠攏 ，對應到底盤中間的磁鐵，能平衡。

筆的排列方式	15-10
	
說明	將筆上的磁鐵三顆靠攏，對應到底盤後排的磁鐵，能平衡。

(4)實驗 4-4：

裝置	16 號		
筆上的磁鐵數	4 顆		
筆的排列方式	16-1	16-2	16-3
			
說明	將筆上的磁鐵兩兩靠攏，分別對應到底盤前、中排的磁鐵，能平衡。	將筆上的磁鐵兩兩靠攏，分別對應到底盤前、後排的磁鐵，能平衡。	將筆上的磁鐵兩兩靠攏，分別對應到底盤中、後排的磁鐵，能平衡。
筆的排列方式	16-4	16-5	16-6
			
說明	將筆上的磁鐵其中兩個靠攏，對應到底盤前排的磁鐵，筆上另兩個單顆磁鐵則分別對應到底盤的中、後排磁鐵，能平衡。	將筆上的磁鐵其中兩個靠攏，對應到底盤中排的磁鐵，筆上另兩個單顆磁鐵則分別對應到底盤的前、後排磁鐵，能平衡	將筆上的磁鐵其中兩個靠攏，對應到底盤後排的磁鐵，筆上另兩個單顆磁鐵則分別對應到底盤的前、中排磁鐵，能平衡

筆的排列方式	16-7	16-8	16-9
			
說明	筆上的磁鐵其中三個靠攏，對應到底盤 前排 的磁鐵，筆上另一個單顆磁鐵則對應到底盤的 中排 磁鐵，能平衡。	筆上的磁鐵其中三個靠攏，對應到底盤 前排 的磁鐵，筆上另一個單顆磁鐵則對應到底盤的 後排 磁鐵，能平衡。	筆上的磁鐵其中三個靠攏，對應到底盤 中排 的磁鐵，筆上另一個單顆磁鐵則對應到底盤的 前排 磁鐵，能平衡。
筆的排列方式	16-10	16-11	16-12
			
說明	筆上的磁鐵其中三個靠攏，對應到底盤 中排 的磁鐵，筆上另一個單顆磁鐵則對應到底盤的 後排 磁鐵，能平衡。	筆上的磁鐵其中三個靠攏，對應到底盤 後排 的磁鐵，筆上另一個單顆磁鐵則對應到底盤的 前排 磁鐵，能平衡。	筆上的磁鐵其中三個靠攏，對應到底盤 後排 的磁鐵，筆上另一個單顆磁鐵則對應到底盤的 中排 磁鐵，能平衡。

4. 實驗發現與討論：

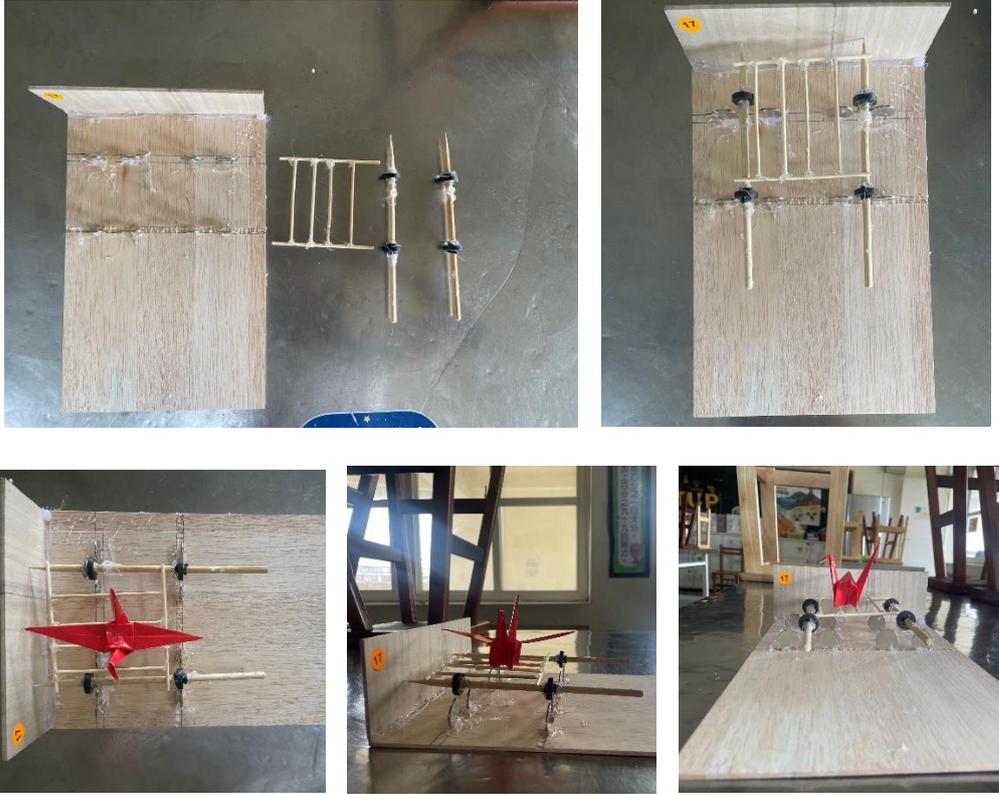
- (1) 13 號裝置(筆上有 1 顆磁鐵)有 3 種平衡方式，筆上的磁鐵只要對應到底盤的磁鐵(前、中、後)就能平衡，但要花點磁間找到平衡位置。
- (2) 14 號裝置(筆上有 2 顆磁鐵)有 6 種平衡方式，筆上的磁鐵對應到底盤的磁鐵(前+中、前+後、中+後)有 3 種平衡方式。以及將筆上的兩顆磁鐵靠攏，分別對應底盤前、中、後排磁鐵，也有三種平衡方式。
- (3) 15 號裝置(筆上有 3 顆磁鐵)有 10 種平衡方式，筆上的磁鐵，不管單獨一顆、兩兩靠攏或三顆靠攏，只要能對應到底盤的磁鐵，都能輕易的找到平衡位置。
- (4) 16 號裝置(筆上有 4 顆磁鐵)有 12 種平衡方式，筆上的磁鐵，不管單獨一顆、兩兩靠攏或三顆靠攏，只要能對應到底盤的磁鐵，都能輕易的找到平衡位置。

(五)統整實驗一至實驗四的研究發現：

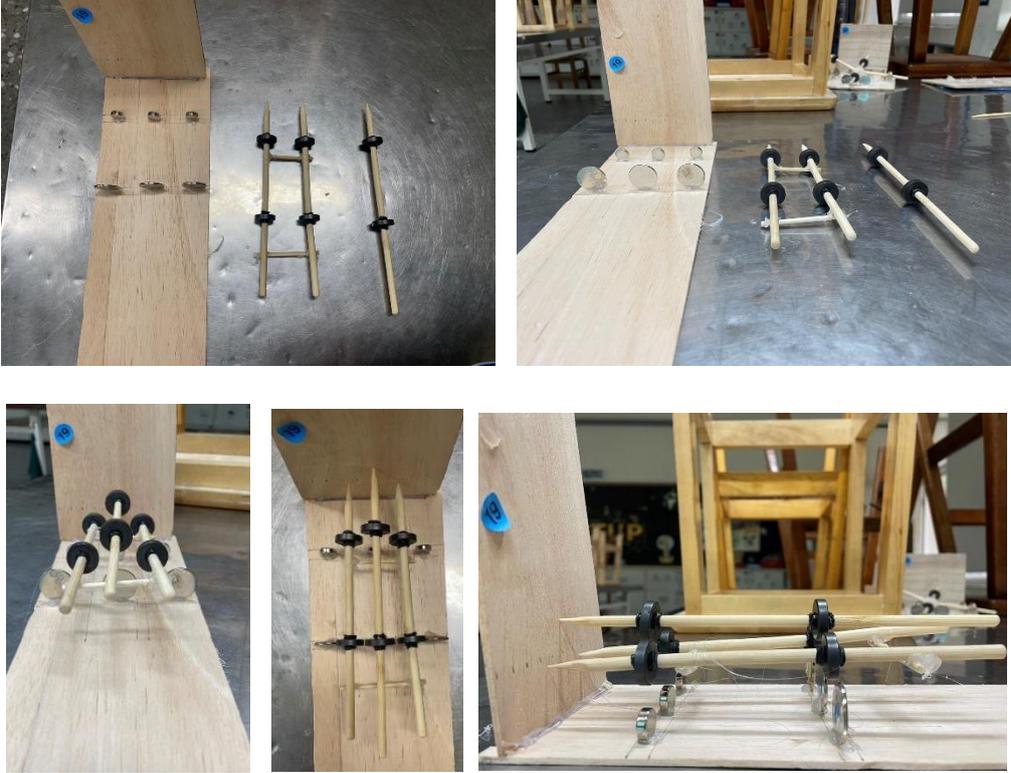
若要製作一個容易達到平衡的磁浮筆，要將底盤磁鐵的**左右距離要近**(建議 1.5cm)，用熱熔膠固定好，挑選**磁力大的磁鐵**會讓筆浮得較高，**底盤磁鐵數量要 4 顆以上**，**筆上的磁鐵要跟底盤磁鐵位置對應**，筆的磁鐵磁極和對應的底盤磁鐵磁極方向要一致(如都是 S 極朝前方)且**筆上的磁鐵位置要比底盤磁鐵位置前面一點點**。若能依循以上重點製作磁浮筆，就能做出能輕易平衡的磁浮筆。

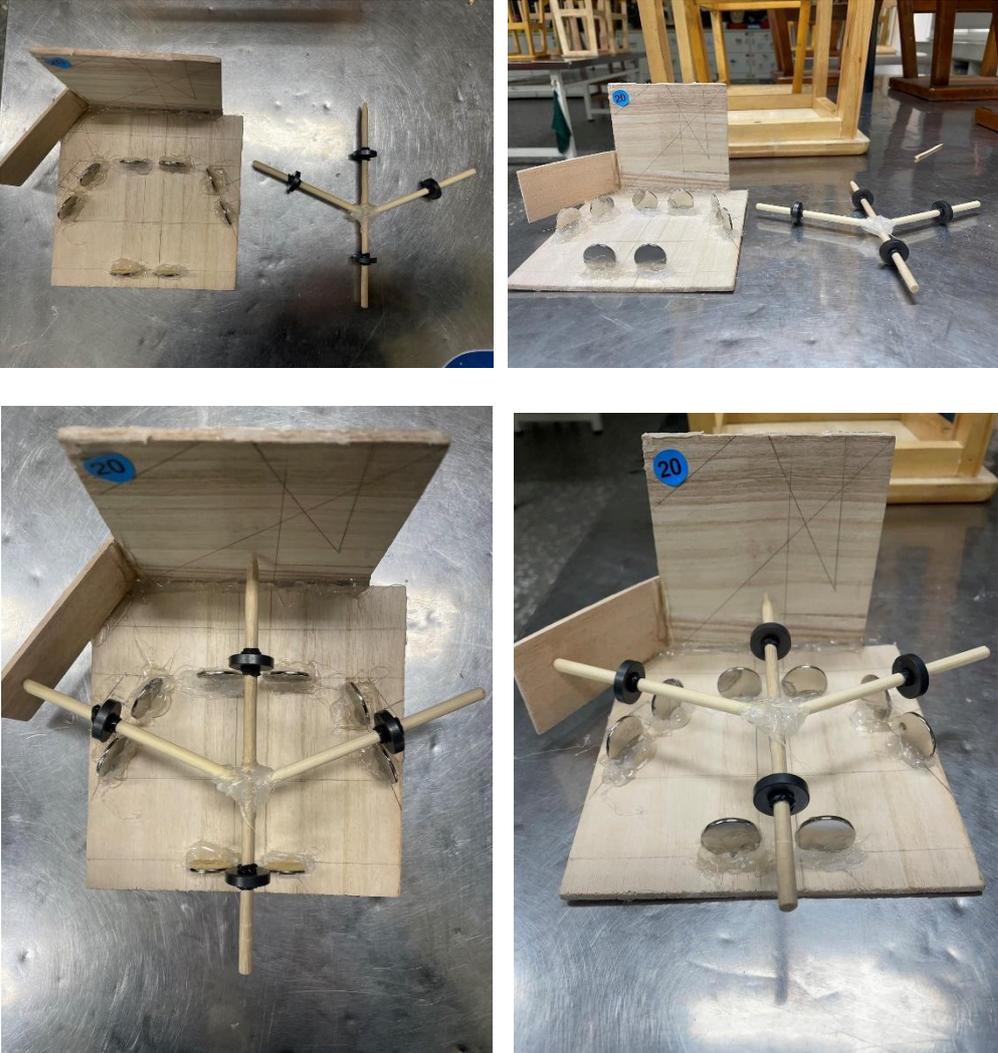
(六)特殊造型的磁浮筆：

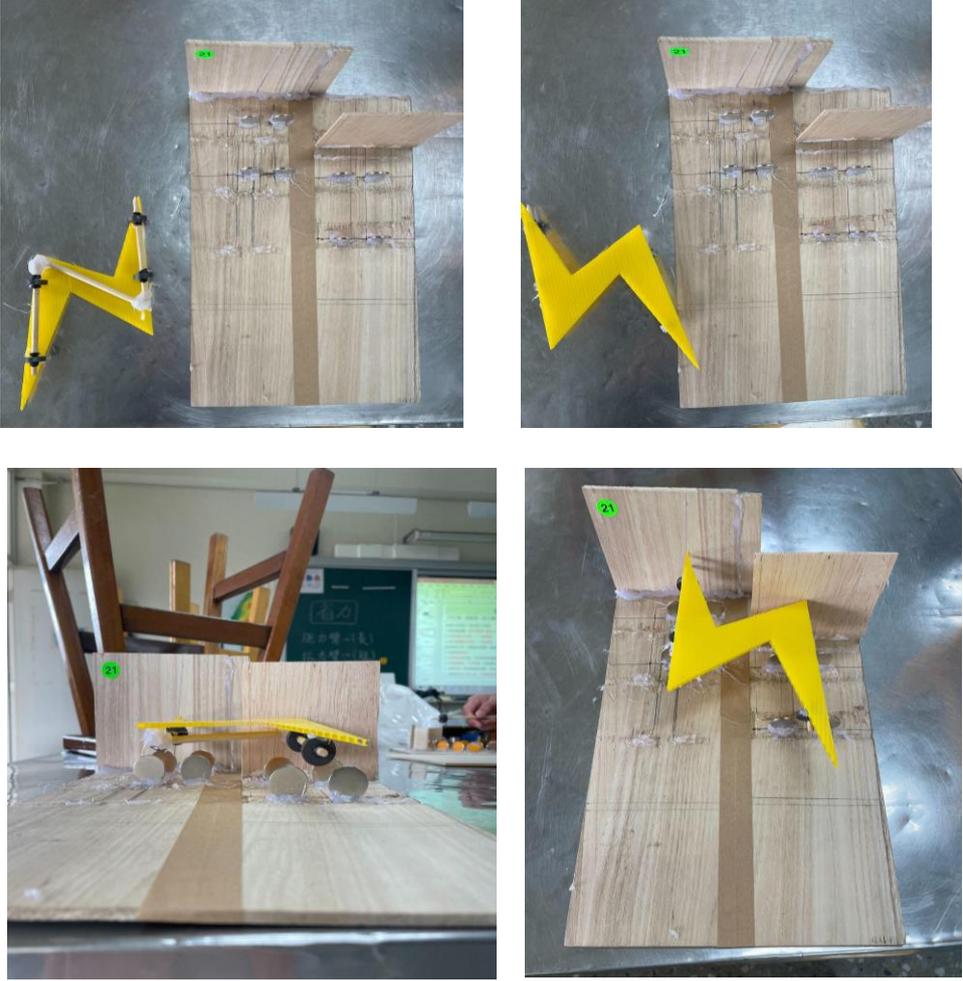
我們根據上述研究結果，研發出特殊造型的磁浮作品，以下裝置 17：磁浮展示台、裝置 18：飛翔的大鵝、裝置 19：磁浮筆疊羅漢、裝置 20：磁浮雞爪、裝置 21：磁浮閃電及裝置 22：磁浮大廈，皆為學生作品。

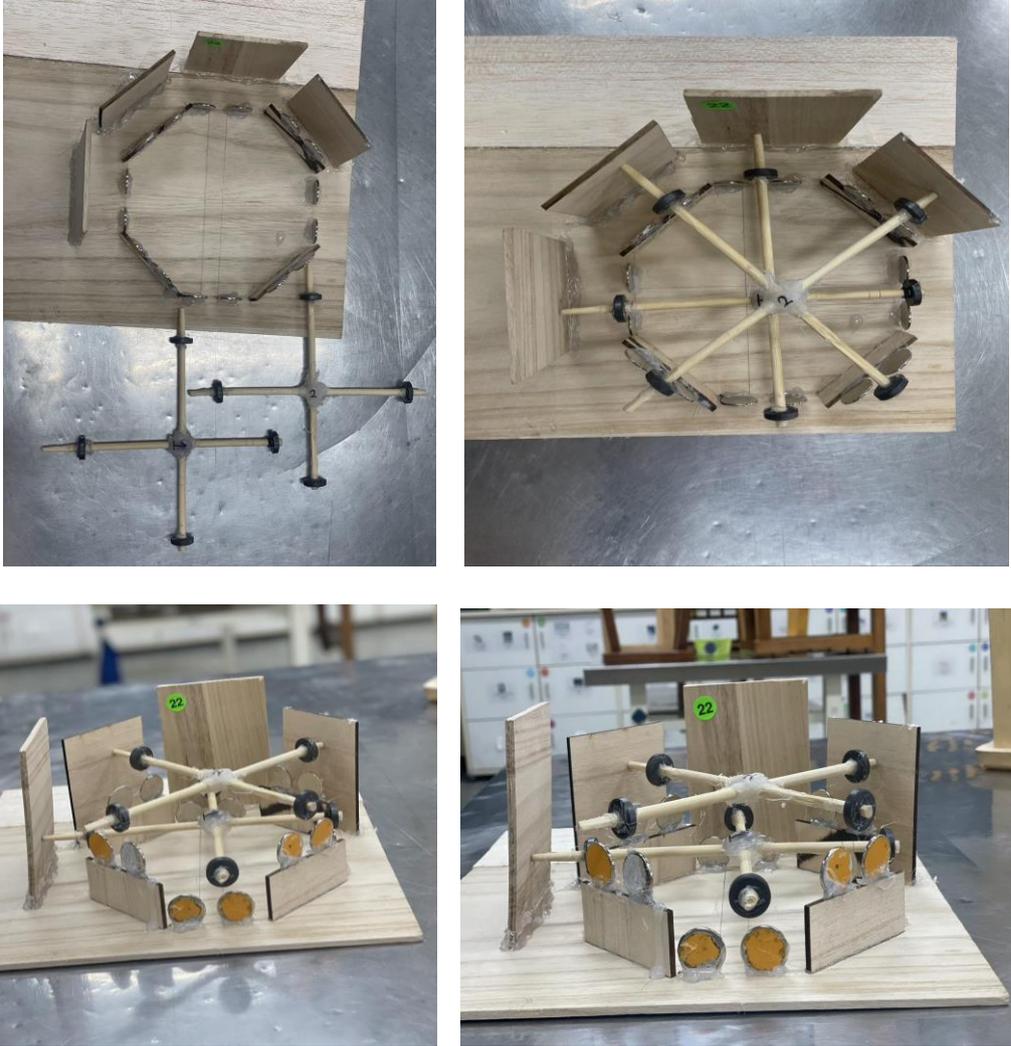
裝置	17 號：磁浮展示台
筆上的磁鐵數	4 顆
底盤的磁鐵數	8 顆
照片	
說明	<p>我的設計理念，是以一個四邊形作為磁浮的物體，並在上面放上展示品。因為之前做的實驗，是筆狀，比較好浮。後來，我希望能製作出特殊造型的磁浮筆，上面照片所展示的，就是我的成品。在平衡的過程，我先組裝好我的展示台，但是在平衡的過程遇到很大的困難，經過多次的嘗試，仍無法找到平衡點。後來，我發現要將筆分開平衡，再放上展示架及展示作品，才能成功。若先將筆跟展示台組裝好，會非常難找到平衡點，因為不知道破壞平衡的是哪一組磁鐵，而其他原本平衡好的也會被影響而歪斜，只能一次平衡一支筆。</p>

裝置	18 號：飛翔的大鵝
筆上的磁鐵數	4 顆
底盤的磁鐵數	8 顆
照片	
說明	<p>我一開始先將筆的造型改成了正三角形，並在每個邊上裝一顆磁鐵，但底盤的磁鐵要跟筆對應，我認為底盤的磁鐵磁力太強會互相干擾，導致找不到平衡點可以浮起來。這時老師提醒了我，一開始都是從一支筆開始浮的，於是我想到了可以用兩隻筆交叉做造型，有點類似十字架。經過多次的嘗試，我們發現還是得將十字架的兩支筆分別平衡再組裝才容易找到平衡點，成功浮起來。後來我在十字架上貼上我繪製的大鵝，看著大鵝懸浮在空中，感覺十分有趣。值得一提的是，有次我用熱溶膠固定磁鐵，固定完後要去平衡，卻發現筆浮不起來，就像沒有磁力一樣，後來才發現是因為熱溶膠的高溫導致磁鐵磁力減弱，只好更換一組磁鐵後，並注意不要讓磁鐵接觸高溫。</p>

裝置	19 號：磁浮筆疊羅漢
筆上的磁鐵數	6 顆
底盤的磁鐵數	6 顆
照片	
說明	<p>我認為只有一支筆太單調，所以打算用三支筆讓磁浮筆疊羅漢。一開始我以為很簡單，很快的就把底盤磁鐵黏好，並讓第一層的兩支筆懸浮起來。沒想到困難的是第二層，只要第二層的筆一靠近第一層的磁鐵，第一層的筆就會因相斥而失去平衡，試了很多次之後，我決定把第一層的兩支筆用細竹籤固定住，有了竹籤的幫忙，第二層的筆就順利的懸浮在第一層上面了。</p>

裝置	20 號：磁浮雞爪
筆上的磁鐵數	4 顆
底盤的磁鐵數	8 顆
照片	
說明	<p>我一開始是想做三叉戟造型的磁浮筆，沒想到但最後做出來的形狀像雞爪。我先讓主軸的磁浮筆先平衡，再黏上兩根短的竹筷，接著先在左邊短竹筷上放上一顆磁鐵使之平衡後，才再右邊短竹筷放上另一顆磁鐵並調整使之平衡。我覺得最困難的固定底盤的磁鐵，因為角度跟距離都必須測量得非常精準，只要有一點偏差，雞爪就會一直倒，所以我經過無數次的調整，才找到平衡點。</p>

裝置	21 號：磁浮閃電	
筆上的磁鐵數	4 顆	
底盤的磁鐵數	8 顆	
照片		
說明	<p>一開始我想不到要做什麼造型，後來想到磁浮必須離開地面，決定從天空找答案，又想到ㄥ跟閃電很像，所以我就決定嘗試做磁浮閃電。我先用竹筷及熱熔膠做好ㄥ型筆，後來發現想要一次平衡非常困難。只好改成先平衡一支筆，再平衡另一支筆，且一支筆要有一個檔板做支撐點。最後再用熱溶膠跟短竹籤連結兩支筆固定成ㄥ字形。平衡好後，我用塑楞版剪了一個閃電造型貼在上面，看起來就像一個懸浮在空中的閃電，讓我覺得相當有趣。</p>	

裝置	22 號：磁浮大廈
筆上的磁鐵數	8 顆
底盤的磁鐵數	16 顆
照片	
說明	<p>磁浮大廈的底盤是我覺得製作上最困難的部分，要先精準的畫出八邊形，又因為十字架要懸浮在不同的高度，所以底盤的磁鐵就必須黏在不同高度，大廈的每一層樓也都必須要有一個檔板給予支撐點。每一個步驟計算都要相當精準，磁鐵及檔板黏貼時也要注意是否垂直，這樣才會容易找到平衡點並懸浮起來。</p>

伍、研究結果與討論

一、基本裝置研究(實驗一至實驗四的研究結果)：

- (一)能讓磁浮筆平衡的位置，不只是一個點，而是一個範圍，筆尖在這個範圍內都能讓筆懸浮，只是筆平衡的狀態有可能是斜的或是與底盤平行。
- (二)在調整筆上磁鐵使之平衡時發現：筆上的磁鐵位置要對應底盤的磁鐵，但筆上前排的磁鐵位置要比底盤磁鐵位置前面一點，而筆上後排磁鐵則剛好對應底盤磁鐵，會更容易達到平衡。
- (三)底盤磁鐵左右距離越近，筆浮得越高，若距離太遠，則無法懸浮。
- (四)底盤磁鐵的磁力越大，筆浮得越高，磁力越小，浮得越低。
- (五)磁浮筆的平衡與底盤磁鐵的數量有關，若筆上的磁鐵有任何一顆對應到底盤的磁鐵數為單數時，則無法平衡，若筆上的磁鐵對應到底盤的磁鐵數皆為雙數時，則能平衡。
- (六)底盤磁鐵數為 6 顆時，筆上的磁鐵數量為 1 至 4 顆，有多種能讓磁浮筆平衡的組合，變化相當多元。

二、特殊造型的磁浮筆

- (一) 磁浮展示台：磁浮展示台有兩支筆要平衡，必須一次平衡一支。然後再使用五根竹籤組裝成一個平台，把平台輕輕放在已經平衡的兩支筆上，平台要盡量靠近檔板，筆才不容易下垂，最後擺上展示品(如摺紙作品)，展示品的重量要小於磁鐵的斥力，才會有懸浮的效果。
- (二) 飛翔的大鵝：要讓它浮起來的話，十字架的兩支筆都要分別給予一個檔板，讓它有兩個支撐點，才會比較好浮。
- (三) 磁浮筆疊羅漢：磁浮筆要疊羅漢時，有三枝筆要平衡，必須一次平衡一支。先把第一層的兩枝筆分別平衡，並用竹籤及熱熔膠將兩支筆固定成一個平面，再平衡第二層的筆，才能成功。如果第一層的兩支筆沒有固定成一個平面，就放第二層的筆，第一層的筆就會因斥力失去平衡而垮掉，但固定起來後就不容易失去平衡。
- (四) 磁浮雞爪：想要做出磁浮雞爪，要分三次將筆平衡，首先讓主軸那支筆平衡，再依次平衡左右兩根短竹筴。還有，雞爪的三隻腳因為彼此間的夾角不是直角，使得底盤對應的磁鐵有特殊的角度，因此角度的測量要相當精準，筆上的磁鐵也要精準跟底盤對齊，最後記得加裝兩個檔板，有了支撐點，就更容易懸浮了。若只有一個檔板就不會成功。

(五)磁浮閃電：想要做出磁浮閃電，就要先平衡一支筆，再平衡另一支筆。這兩支有磁鐵的筆是相互平行的，只是檔板的位置有前後距離的差距，所以製作時只要注意底盤時鐵是否有跟底盤的飛機木垂直或平行即可，相當容易測量。最後再把平衡好的兩支筆加上一館短竹筷固定成L字形，並貼上閃電圖案，就完成了。

(六) 磁浮大廈：八角型的底座中，先選四個邊黏上八顆磁鐵(一個邊黏磁鐵，相鄰的邊就不黏)，接著平衡長竹筷上的磁鐵，再分別接上兩根短竹筷並平衡，作出一個十字架的形狀。第二層也用相同方式製作就行了，只是每一層底盤的磁鐵位置的高度都要增加，才會有大廈的感覺。

三、討論：(後續延伸或改良的想法)

(一) 磁浮展示台：我希望我的展示台可以展示更重的物品，未來可以考慮把強力磁鐵改成電磁鐵，以產生更強的磁力。

(二) 飛翔的大鵝：如果想讓它更變化多端，可以畫你喜歡的東西或圖案，再取個你喜歡的名字，就會有各式各樣有形狀的磁浮筆。

(三) 磁浮筆疊羅漢：如果要改良磁浮筆了話，我會讓它浮更多層，例如:浮三層、浮四層，讓它變得更有趣。我想要用更強的磁鐵，可以懸浮得更高。

(四) 磁浮閃電：如果要改良磁浮筆，我會想辦法把讓閃電立起來旋轉，或用更強的磁鐵讓它浮得更高。

(五) 磁浮大廈：如果我有更多時間的話，我想挑戰做出更多層且更高得磁浮大廈，讓它變更高。

陸、結論

一、底盤裝置的注意事項：

(一)底盤磁鐵的左右距離：要小一點(1.5 公分)，筆才能浮得比較高。

(二)底盤磁鐵的磁極：要朝向同一個方向，如:全部磁鐵的 S 極朝前。

(三) 底盤磁鐵的磁力：使用磁力大的磁鐵，筆才能浮得比較高。

(四) 底盤磁鐵的磁鐵：磁鐵要黏牢在底盤，且垂直於底盤。

(五) 底盤磁鐵的總數：磁鐵總數必須是雙數。

(六)磁鐵遇熱磁力會減弱，在使用熱溶膠固定磁鐵時要特別注意，或著可以使用其他黏著劑。

二、磁浮筆的注意事項：

- (一)筆上的磁鐵磁極：筆的磁極方向要與底盤的磁鐵磁極同方向。
- (二)筆上的磁鐵位置：筆上的磁鐵位置，要對應到底盤的磁鐵。筆上的前排磁鐵要對應到底盤磁鐵的前方一點點，筆上的後排磁鐵則與底盤磁鐵位置相同即可，會比較容易找到平衡點。
- (三)筆上的磁鐵總數：筆上磁鐵總數在 1~4 顆都能懸浮，數量不是影響平衡的重要因素。

三、製作特殊造型磁浮筆的注意事項：

- (一)磁鐵間距離及角度的測量要很精準，否則會因為小小的誤差就不能平衡。
- (二)可以先分別將筆平衡，再進行組裝，適當的加上擋板會比較容易找到平衡位置。

柒、參考文獻資料

一、高中物理 - 磁力線。翰林雲端學院。2023 年 11 月 3 日，取自：

<https://www.ehanlin.com.tw/app/keyword/%E9%AB%98%E4%B8%AD/%E7%89%A9%E7%90%86/%E7%A3%81%E5%8A%9B%E7%B7%9A.html>

二、磁力讓這支筆違抗地心引力，奇蹟懸浮！(2017 年 8 月 15 日)。2023 年 11 月 3 日，取自：<https://kknews.cc/zh-tw/science/3m5ypza.html>

三、電流與磁場(一):磁鐵與磁場。2023 年 11 月 3 日，取自：

https://www.phyworld.idv.tw/Nature/Jun_3/B6_CH2/B6_CH2-1_POINT.pdf

四、動手玩科學-磁力懸浮筆(2015 年 1 月 13 日)。苗栗縣三灣鄉大坪國小網站。2023 年 11 月 3 日，取自：https://ecodaping.blogspot.com/2015/01/blog-post_13.html