中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　物理科

080122

磁力槍—鋼珠在磁力作用下的運動條件與應用

學校名稱：臺南市東區勝利國民小學

作者：	指導老師：
小六 劉彥宜	林啟鴻
小六 蔡明修	林尚玟
小六 趙宥騏	
小六 張哲銓	
小六 張恆恩	

關鍵詞：磁力、直線運動、碰撞

摘要

五年級自然課中學到有關磁力的單元，在討論科展題目時，我們討論以「磁力槍」為科展的題目，探討有關強力磁鐵對鋼珠運動條件有甚麼影響，首先我們討論磁鐵的磁力範圍有多大，以及磁鐵可以吸住多少的墊片與重量來計算磁力，接著我們探討磁鐵數量與鋼珠數量之間的關係，接著利用不同的方法觀察並計算鋼珠被撞擊之後的運動速度，接著我們想挑戰鋼珠在圓形軌道的運動條件，最後我們應用前面實驗的結果，製作簡易的防盜裝置，透過以上的實驗觀察，我們發現在磁力的作用下，可以加速鋼珠的運動條件，不必再利用其他的動力來源，在不會受磁場影響的運動條件下，是可以運用的一種能源。

壹、 研究動機

在翰林版「自然與生活科技」五下課程中有關磁力的課程，談到有關磁鐵吸引力及排斥力，在六下第一單元談到「力的效應」，力可以改變物體的形狀及改變物體的運動狀態，我們以磁鐵磁力中的吸引力為主體，探討鋼珠在磁力作用下的運動條件，探討不同磁鐵種類，不同磁鐵數量及磁鐵組數的組合，以不同的方法來觀察並計算鋼珠的運動速度，並挑戰以圓形軌道加強力磁鐵的運動條件，並應用實驗結果來製作簡易的防盜器，在不受磁力影響的環境，是可以考慮的動力來源。

貳、 研究目的

一、探討鋼珠在磁力作用下的運動條件：

二、測試鋼珠的運動條件及速度：

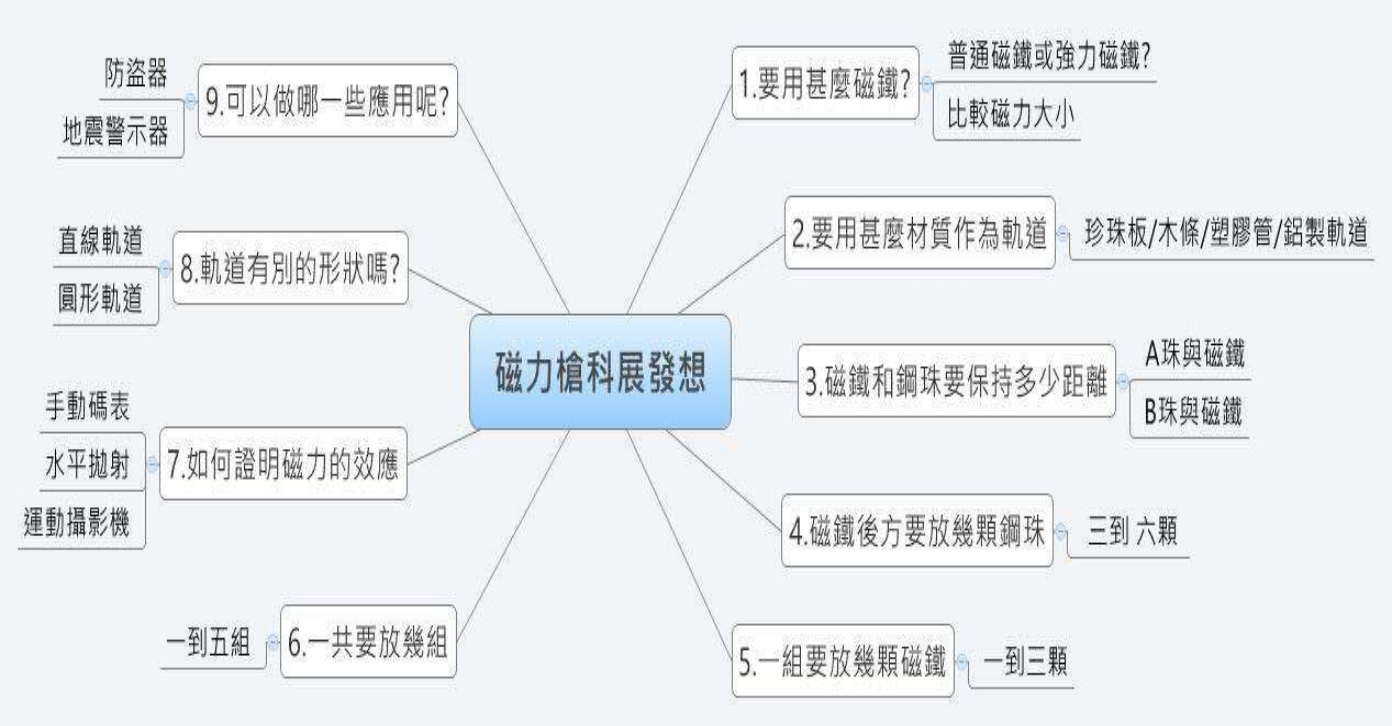
三、利用圓形軌道測試鋼珠的運動條件：

四、磁力槍的其他應用：

參、 研究設備及器材

不同尺寸的普通磁鐵、強力磁鐵、指北針、米尺、珍珠板、鋁製軌道、木條、鋼珠、碼表、動態攝影機、燈泡及燈泡座、電線、美工用具、臉盆、墊片、電子秤

肆、 研究過程及方法



實驗一、探討鋼珠在磁力作用下的運動條件：

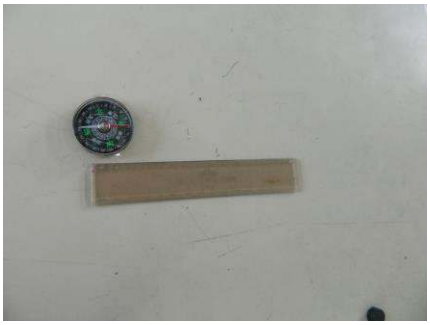
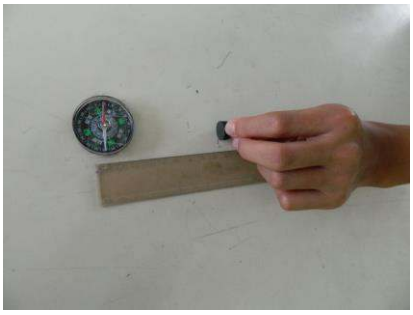
實驗一之 1：測試磁鐵可以吸引鋼珠運動的距離：

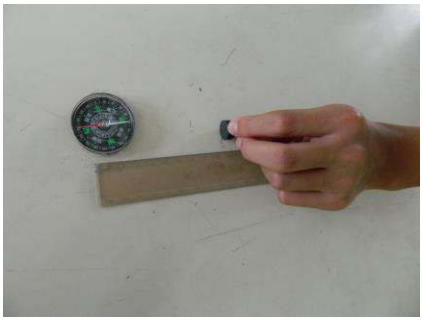
實驗一之 1-1：以指北針的方向來判斷磁鐵磁力的範圍（磁場的範圍）

實驗目的：測試磁場範圍

實驗步驟；

1. **測試磁場範圍：**在桌面上放置指北針，取不同尺寸的普通磁鐵（共計四種）及強力磁鐵，放置一條木尺，將磁鐵沿著木尺由遠而近慢慢靠近，觀察並記錄指北針指針開始偏轉的距離，視為磁場的範圍。
2. 將磁鐵數量逐漸增加，觀察並紀錄磁場的範圍。
3. 測定磁力大小：取不同數量及種類的普通磁鐵，在下方逐漸放置墊片，觀察並紀錄磁鐵可以吸住的墊片數量。**相片記錄：**

不同尺寸的磁鐵	指北針旁放置木尺	磁鐵沿著木尺慢慢前進
		

指北針偏轉	吸住墊片，可是非常不規則 所以重作	所有墊片都以一直線排列，方便 計算及認定實驗結果
		

實驗結果：

普通磁鐵：

磁鐵代號	磁鐵數量 單位：個	磁場範圍 單位：cm	吸住墊片數量 單位：個	重量/單位：克 一個墊片 0.61 克
一號	1	6.2	10	6.1
	2	8.3	17	10.4
	3	10.0	23	14.0
	4	12.4	26	15.9
	5	13.2	44	26.8
二號	1	8.7	6	3.7
	2	13.0	11	6.7
	3	16.4	20	12.2
	4	22.5	40	24.4
	5	28.4	47	28.7
三號	1	11.3	33	20.1
	2	22.0	35	13.4
	3	25.0	51	31.1
	4	28.0	53	32.3
	5	31.0	70	42.7
四號	1	8.0	15	9.2
	2	17.0	29	17.7
	3	17.0	35	21.4
	4	19.0	39	23.8
	5	28.0	53	32.3
強力磁鐵	1	21.5	38	23.2
	2	32.5	43	26.2
	3	34.5	69	42.1
	4	41.0	76	46.4
	5	43.0	87	53.1

實驗結果討論：

1. 磁鐵數量越多，磁場範圍越大，磁力也越大，但是沒有線性關係（沒有成正比）。
2. 普通磁鐵的磁力及磁場比較，以三號磁鐵的磁力最強。
3. 強力磁鐵的磁力及磁場範圍均較普通磁鐵為強。

實驗一之 1 結論：

選用強力磁鐵作為後續實驗的磁鐵

實驗一之 2：測試不同的軌道：

實驗目的：選擇測試用的軌道

實驗步驟說明：

1. 我們找了幾種不同材質的物體（珍珠板、塑膠棒、木條、鋁門窗軌道）作為鋼珠運動的軌道裝置。
2. 分別測試並比較鋼珠被磁鐵吸引時的運動條件。
3. 決定並選用軌道的材質。

實驗相片記錄：

將珍珠板裁剪成軌道	作了三條不同的珍珠板軌道	鋁製軌道

實驗結果及討論：

軌道材質	優點	缺點	決定
珍珠板	製作方便，只要裁剪黏貼即可	操作幾次就變形不堪使用	放棄不用
塑膠管	製作方便，只要切開黏貼即可	多操作幾次產生刮痕	第二選擇
木條	製作方便，木鋸鋸開黏貼即可	摩擦力太大	第三選擇
鋁門窗軌道	摩擦力小，不易變形	以鋼鋸鋸開，比較吃力	第一選擇

實驗結論：

以鋁門窗軌道為第一選擇

實驗一之 3：測試不同磁鐵可以吸引鋼珠運動的距離：

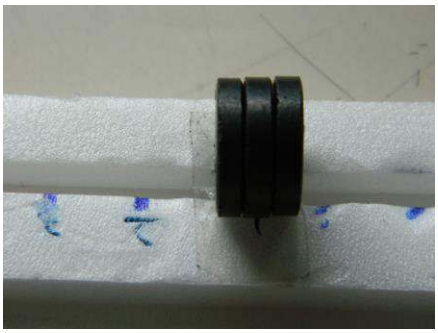
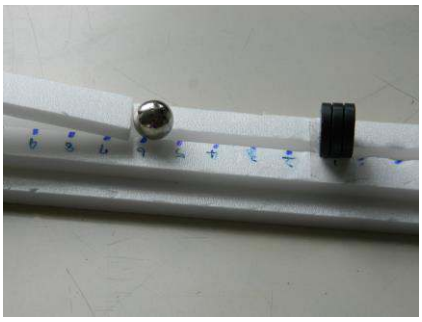
實驗目的：決定測試用的磁鐵及測試的距離

實驗步驟：

1. 將不同的磁鐵以膠帶固定在軌道上，並在磁鐵前方以尺標作記號。
2. 以珍珠板製成的長條，慢慢推進鋼珠，當鋼珠被磁鐵吸入而向磁鐵運動時，觀察並記錄鋼珠被磁鐵吸入的距離。
3. 重複以上步驟，完成紀錄並統計結果。

實驗相片紀錄：

普通磁鐵

固定磁鐵	以條狀物慢慢向前推	繼續推進
		
繼續推進	直到鋼珠向前運動	鋼珠被磁鐵吸住

實驗結果紀錄：

磁鐵號數	磁鐵個數	被吸引的距離 單位：公分	磁鐵號數	磁鐵個數	被吸引的距離 單位：公分
一號	1	2.0	二號	1	2.0
	2	3.0		2	3.0
	3	4.0		3	3.5
	4	4.5		4	4.0
	5	5.0		5	4.5
三號	1	2.5	四號	1	5.0
	2	3.0		2	5.5
	3	3.5		3	6.0
	4	4.0		4	6.5
	5	4.5		5	7.0

強力磁鐵

磁鐵個數	被吸引的距離
1	7.0
2	7.5
3	8.0
4	8.0

實驗結論：

1. 磁鐵越多，磁力越大，可以吸引鋼珠的距離越大。
2. 強力磁鐵磁力較強，一個強力磁鐵的吸引距離是 7.0cm，加到四顆時，吸引距離沒有增加很多。
3. 經過小組討論，基於成本及效果考量，**強力磁鐵的個數以三個為限。**

4. 強力磁鐵的作用距離以 7cm 為限。

實驗一之 4：測試普通磁鐵及強力磁鐵後方鋼珠或彈珠數量：

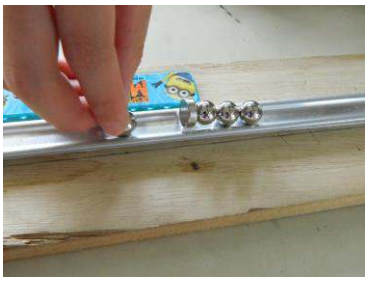
實驗目的：測試並決定磁鐵後方的鋼珠或但珠的組合方式

實驗步驟：

1. 在進行測試時，我們發現強力磁鐵的吸力很強，鋼珠受吸引撞擊到強力磁鐵時，磁鐵後方的鋼珠被吸引而無法彈出，我們逐漸增加彈珠，發現磁鐵後方放三顆鋼珠時，最後一顆鋼珠才會被撞出，所以我們嘗試變換鋼珠或彈珠的組合，觀察最後一顆珠子的運動條件。
2. 名詞說明：我們以**撞擊磁鐵的鋼珠稱為 A 珠，最後一顆被撞出的鋼珠稱為 B 珠**。

實驗相片紀錄：

鋼珠距離磁鐵 3cm，磁鐵後方 3 顆鋼珠

將鋼珠及磁鐵放置好以手固定	將手放開，A 珠前進	A 珠向前進撞擊磁鐵，B 珠撞出
		

鋼珠距離磁鐵 4cm，磁鐵後方 3 顆鋼珠

將鋼珠及磁鐵放置好以手固定	將手放開，A 珠前進	A 珠向前進撞擊磁鐵，B 珠撞出

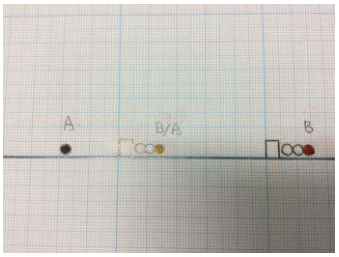
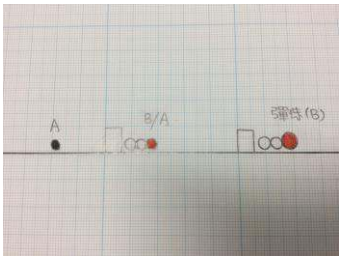
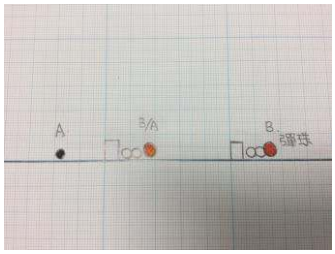
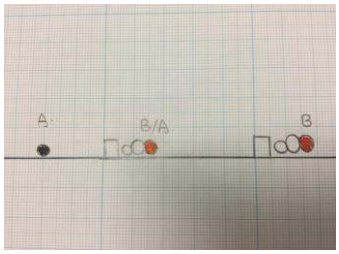
鋼珠距離磁鐵 5cm，磁鐵後方 3 顆鋼珠

將鋼珠及磁鐵放置好以手固定	將手放開，A 珠前進	A 珠向前進撞擊磁鐵，B 珠撞出

鋼珠距離磁鐵 3cm，磁鐵後方 1 顆鋼珠 2 顆彈珠

將長條板移開，A 珠前進	兩顆彈珠都彈出	

實驗裝置示意圖：

實驗結果紀錄：

A 珠	磁鐵配置	第一組配置	第二組配置	B 珠	可否撞出	說明
1 顆鋼珠	一顆磁鐵一組兩組	三顆鋼珠	三顆鋼珠	鋼珠	可以	在軌道上直線前進
		三顆鋼珠	二顆鋼珠 一顆彈珠	彈珠	可以	彈珠在軌道上會偏移
		二顆鋼珠 一顆彈珠	二顆鋼珠 一顆彈珠	彈珠	可以	彈珠在軌道上會偏移
		一顆鋼珠 二顆彈珠	二顆鋼珠 一顆彈珠	彈珠	不可以	彈珠在軌道上會偏移

實驗結果說明：

在磁鐵後方放置鋼珠時，B 珠彈出時會直線前進，將部分鋼珠改成彈珠時，運動速度較慢，且彈珠軌跡會偏移。

實驗結論：強力磁鐵後方放置三顆強力磁鐵

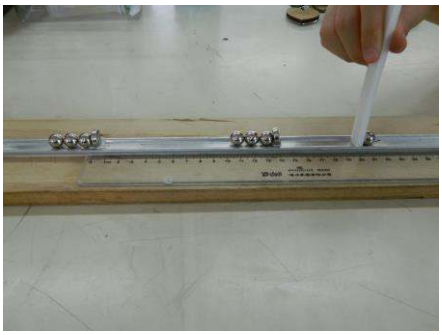
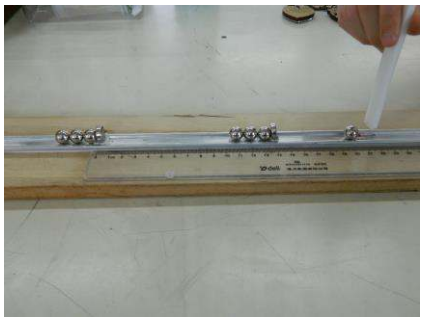
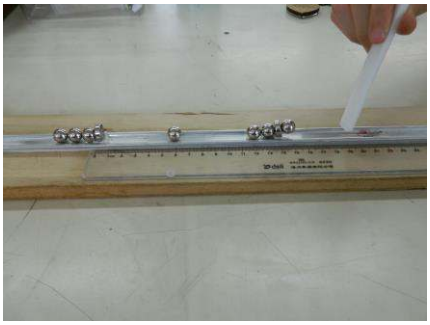
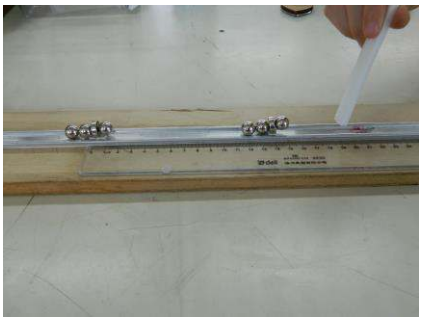
實驗一之 5：測試兩組數磁鐵及不同距離下的作用：

實驗目的：測試兩組磁鐵之間的距離

實驗步驟：

1. 實驗一之 4 決定了磁鐵後方的鋼珠組合，接下來我們要測試兩組磁鐵之間的距離。
2. 兩組磁鐵距離分別為 10cm 及 7cm，並測量第二組磁鐵的 B 珠前進 20cm 的時間。

操作步驟如圖說明

兩組磁鐵距離 10cm	在第一組磁鐵前方 7cm 處 將 A 珠放出	A 珠受吸引向前運動
		
A 珠撞擊磁鐵，將第一組磁鐵的 B 珠撞出	第一組的 B 珠變成第二組磁鐵的 A 珠，將第二組的 B 珠撞出	將兩組磁鐵的距離改成 7cm，在測試一次
		

實驗結果說明：

磁鐵距離	B 珠前進 20cm 的時間，共計十次（單位：秒）	平均時間	說明
10cm	0.28/0.25/0.25/0.25/0.31/0.28/0.31/0.31/0.31/0.22	0.277	較慢
7cm	0.19/0.25/0.16/0.25/0.25/0.22/0.25/0.25/0.25/0.25	**0.232**	**較快**
6cm	0.31/0.28/0.25/0.32/0.28/0.31/0.25/0.25/0.28/0.25	0.278	

實驗結論：

兩組磁鐵之間的距離保持 10cm 時，扣除鋼珠的直徑，B 珠與磁鐵距離 7cm 時，B 珠的速度較快，所以後續的實驗安排

兩組磁鐵之間的空隙距離固定為 7cm

實驗一之 6：確定實驗裝置：

透過實驗一之 1 到實驗一之 5 的測試，我們得到以下結論：

實驗一之 1：使用強力磁鐵

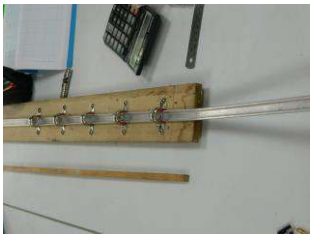
實驗一之 2：使用鋁製軌道

實驗一之 3：A 珠與磁鐵的距離為 7cm

實驗一之 4：強力磁鐵後方放三顆鋼珠

實驗一之 5：兩組磁鐵之間的空隙距離固定為 7cm

接下來我們要確定實驗裝置，在之前的測試，磁鐵以雙面泡棉固定，不易操作，我們找到固定水管的固定環，先固定一顆強力磁鐵在固定環下，環與環之間的距離取 10cm，共計完成五組固定環在鋁製軌道上，如下圖說明：

一個固定環	共計五組固定環	
		

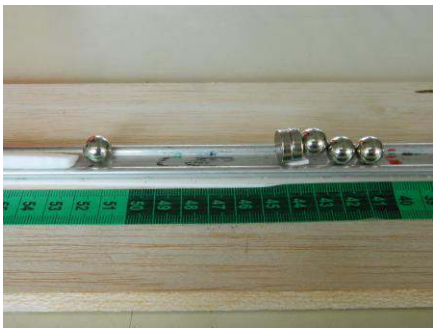
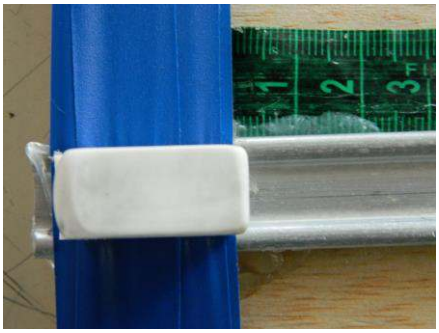
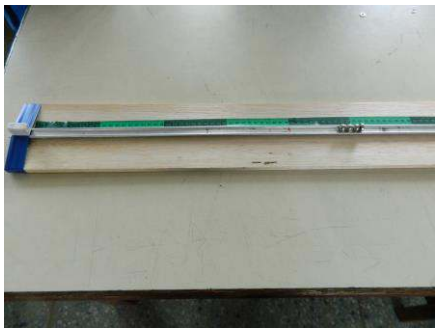
實驗二、測試鋼珠的運動條件及速度：

實驗二之 1：以手動方式測試鋼珠的運動條件及速度：

實驗目的：以手動碼表紀錄並測試 B 珠的運動速度。

實驗步驟說明：

1. 製作緩衝裝置：因為 B 珠向前進會衝出軌道，所以我們在鋁製軌道的末端將橡皮擦以雙面泡棉及膠帶固定，做成緩衝裝置。

A 珠距離磁鐵 7cm	製成緩衝裝置	緩衝裝置全圖
		

2. 測試裝置放好，B 珠對齊米尺的刻度，將 A 珠置於磁鐵前方 7cm 處，以珍珠板條略向前推，讓 A 珠

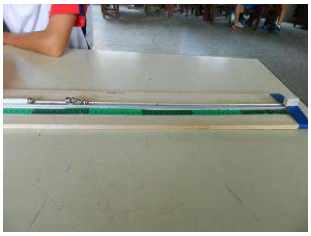
被磁鐵吸引後前進，當 B 珠彈出時，紀錄 B 珠前進 20cm 的秒數。

3. 重複上述步驟十次，取平均值。

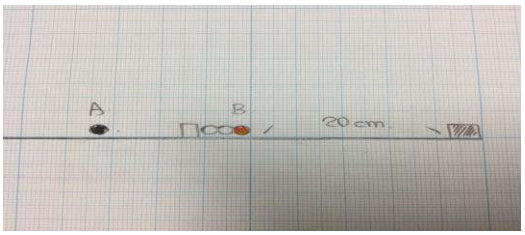
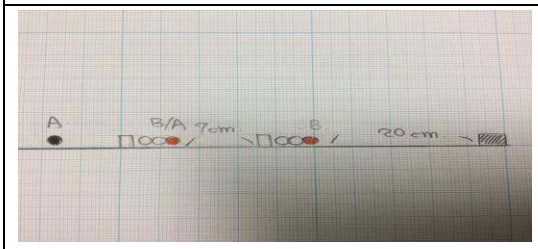
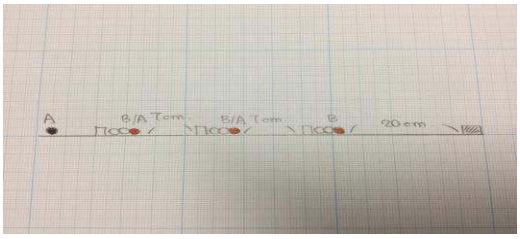
4. 依實驗一的結論，兩組磁鐵距離 10cm，加上鋼珠後距離 7cm，逐次增加磁鐵組數至三組，都重複十次取平均值。

實驗相片說明：

測試運動速度

以珍珠板條慢慢推進 A 珠	A 珠慢慢前進	A 珠被磁鐵吸引前進
		
A 珠前進撞擊磁鐵，B 珠彈出	B 珠前進 20cm，紀錄秒數	

實驗結果說明：

實驗步驟示意圖	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組一顆磁鐵	1	3
	鋼珠移動 20cm 的時間： 0.32/0.34/0.29/0.30/0.28/0.30/0.28/0.31/0.30/0.31		
	平均時間：0.303 秒		
	平均速度：66.0cm/s		
實驗步驟示意圖	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組一顆磁鐵	2	3
	鋼珠移動 20cm 的時間： 0.29//0.31/0.26/0.27/0.25/0.28/0.27/0.26/0.29/0.27		
	平均時間：0.275 秒		
	平均速度：72.7cm/s		
實驗步驟示意圖	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組一顆磁鐵	3	3
	鋼珠移動 20cm 的時間： 0.19/0.18/0.22/0.21/0.22/0.21/0.23/0.22/0.21/0.20		
	平均時間：0.209 秒		
	平均速度：95.7cm/s		

實驗結果說明：

磁鐵組數	平均運動 20cm 時間	平均速度	備註
一組	0.303 秒	66.0cm/s	最慢
二組	0.275 秒	72.7cm/s	
三組	0.209 秒	95.7cm/s	最快

實驗討論：

1.在一開始要測試 B 珠的運動速度時，小組成員討論測試的距離，我們準備的鋁製軌道長度約 70cm，扣除 A 珠的運動距離，磁鐵及鋼珠的空間，測試距離決定取 20cm。

2.在只有一組磁鐵實紀錄 B 珠運動時間時，我們曾經將運動距離拉長來測試時間，發現平均速度越來越接近，討論後判斷是摩擦力造成的結果，所以小組之間有一個共識是~~測試距離不可以超過 20cm。

3.以手動碼表的方式記錄 B 珠的運動時間，因為運動距離短，運動時間也短，在記錄秒數時發現數值落差較大，跟老師討論後，老師建議多做幾次，取數值在誤差範圍內的十組數值來平均，實際上每一組實驗我們都操作了 20 次以上，取約略的平均值，再取誤差範圍內的十組數值平均，作為實驗數值。

4.雖然採用平均法降低誤差，但是摩擦力的問題仍然沒有解決，我們希望可以有更精確的數據來計算 B 珠彈出的初速度，跟老師討論後，建議我們可以利用水平拋射的方式來計算 B 珠的水平運動速度，而且不會受到摩擦力的影響，跟老師討論相關的細節後，我們利用實驗一之 6 的裝置，放置在長條桌邊，將 B 珠對齊桌子邊緣，配置不同磁鐵組數，觀察並記錄 B 珠的水平移動距離，比較 B 珠彈出的初速度。

實驗結論：

磁鐵組數越多（三組以內），B 珠彈出的平均速度（運動 20cm）越快

實驗二之 2：以水平拋射的方式測試鋼珠的運動條件及速度：

實驗目的：運用水平拋射的原理，測試並計算 B 珠彈出的初速度

實驗前提說明：在實驗二之 1 的觀察與紀錄中，我們發現磁鐵組數越多，B 珠的速度越快，但是手動碼表會有人為的誤差，我們希望減少實驗誤差，所以經由老師的建議採用水平拋射的方式進行實驗，同時增加磁鐵的組數，觀察如果繼續增加磁鐵，B 珠的速度是否會增加，同時有小組成員提出，如果實驗空間允許，增加每一組的磁鐵數量，觀察 B 珠的速度會不會更快，也有組員提出，如果不是以珍珠板條推進鋼珠，利用其他方法增加 A 珠的速度，所以我們利用多出來的軌道，以盒子墊高軌道的末端，讓 A 珠從斜面落下，增加 A 珠出發的速度，觀察 B 珠彈出的速度會不會增加，因此在實驗二之 2 的實驗安排中，我們增加磁鐵的組數，並在每一組增加一顆磁鐵，其次提高 A 珠出發位置的高度，觀察並紀錄 B 珠藉由紀錄水平拋射的水平移動距離，計算 B 珠彈出的初速度。

實驗程序：

實驗二之 2-1：每組一顆磁鐵，依次增加到五組。

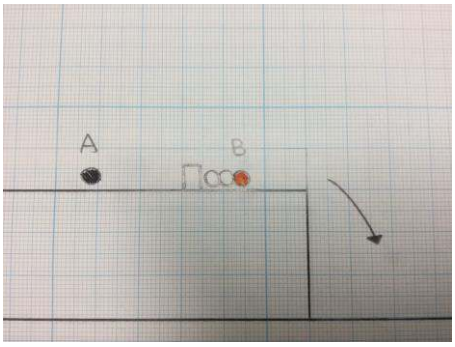
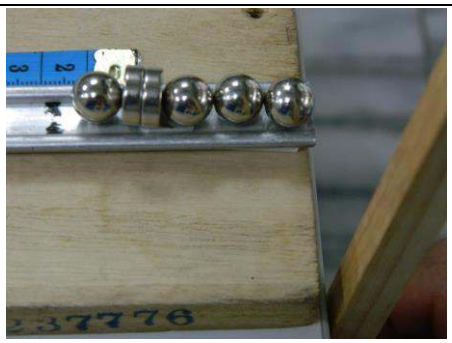
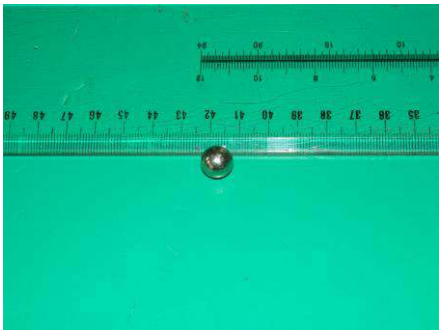
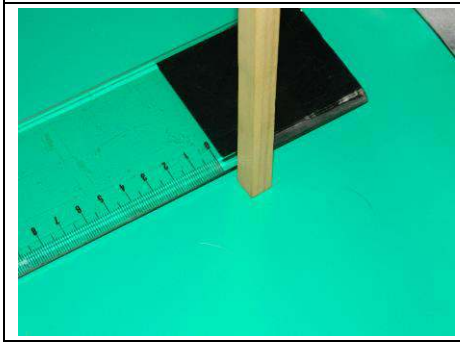
實驗二之 2-2：每組二顆磁鐵，依次增加到五組。

實驗二之 2-3：每組二顆磁鐵共五組，將 A 珠出發位置分別提高到 5cm、7cm、9cm。

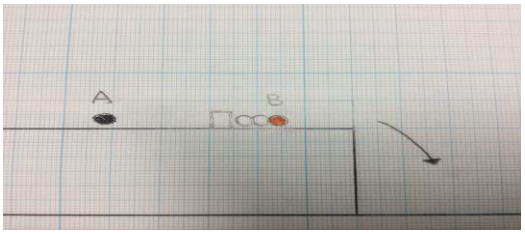
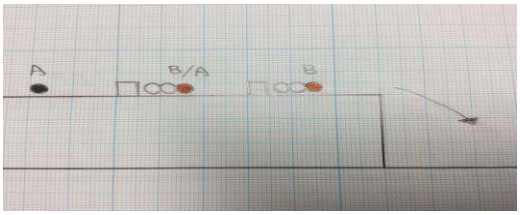
實驗步驟說明：

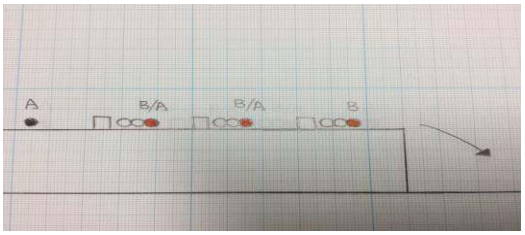
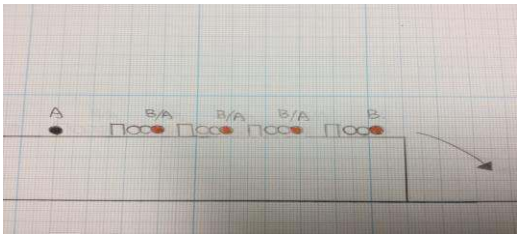
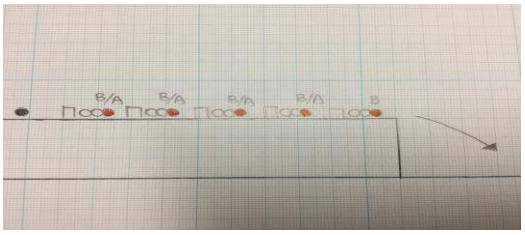
1.將實驗一之 6 完成的測試裝置，放置在桌邊，在軌道末端原本設置緩衝裝置的地方拆掉，再加一組磁鐵，讓最後一組磁鐵的 B 珠對準軌道邊緣，軌道邊緣再對準長條桌邊緣，依照實驗二之 1 的操作步驟，將 A 珠慢慢推進，被磁鐵吸引後撞擊磁鐵，彈出桌子邊緣的 B 珠，讓 B 珠以水平拋射的路徑掉落，在地面拋上軟墊，觀察並紀錄 B 珠著地時，掉落位置與桌子邊緣的水平距離，這個數值視為 B 珠的水平移動距離，桌子高度為 77cm，老師用自由落體的公式算出著地的時間為 0.4 秒，再將水平移動距離除以 0.4，計算 B 珠彈出的初速度。

實驗相片說明：

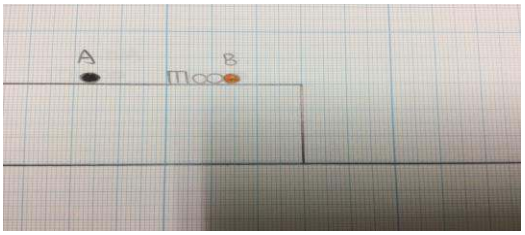
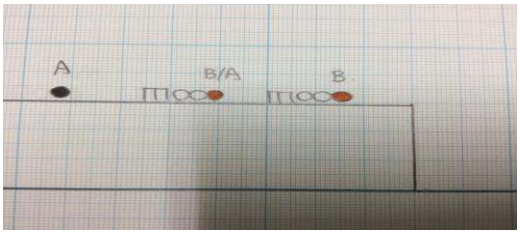
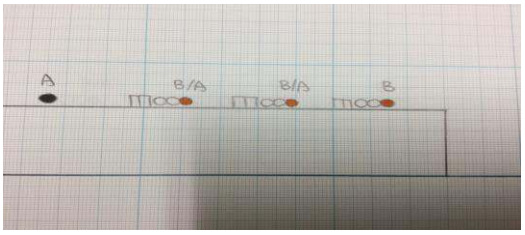
實驗裝置示意圖	最後一組磁鐵的 B 珠對齊桌邊	B 珠著地，標示著地位置
		
測量 B 珠的水平移動距離		
		

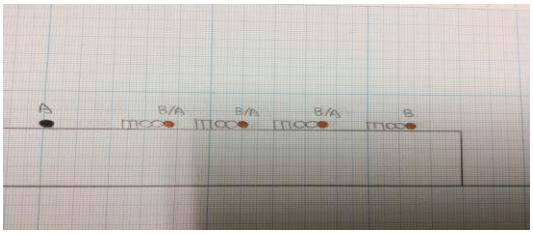
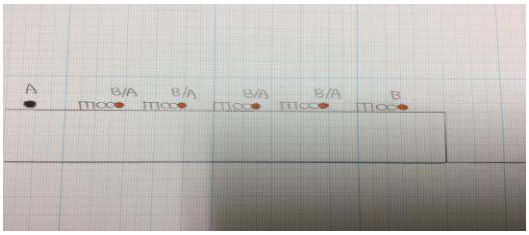
實驗結果說明：實驗二之 2-1：

實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組一顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動的距離： 23/24/25/23/23/26/25/27/24/25		
	平均移動距離：24.5cm		
	平均速度：61.3cm/s		
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	**一組一顆磁鐵**	**2**	3
	鋼珠水平移動的距離： 25/23/24/25/23/24/25/23/24/25/24		
	平均移動距離：24.2cm		
	平均速度：60.5cm/s		

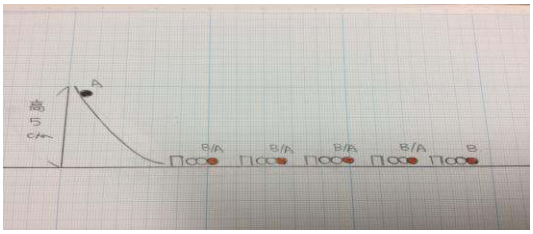
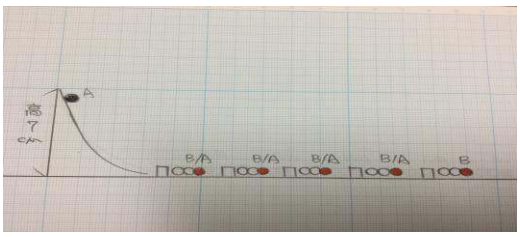
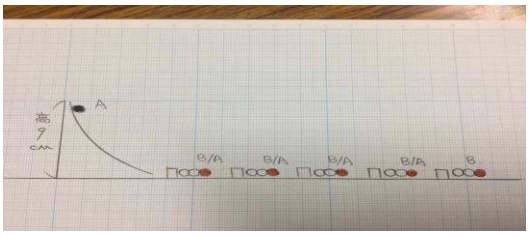
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組一顆磁鐵	3	3
	鋼珠水平移動的距離： 28/29/28/29/24/27/27/25/29/30		
	平均移動距離：27.9cm		
	平均速度：55.8cm/s		
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組一顆磁鐵	4	3
	鋼珠水平移動的距離： 31/31/30/32/34/33/31/32/34		
	平均移動距離：31.8cm		
	平均速度：79.5cm/s		
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組一顆磁鐵	5	3
	鋼珠水平移動的距離： 35/35/35/38/38/39/39/35/39/38		
	平均移動距離：37.1cm		
	平均速度：92.8cm/s		

實驗二之 2-2：每組兩顆磁鐵，依次增加到五組

實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動的距離： 40/41/41/41/44/44/43/44/44/42		
	平均移動距離：42.4cm		
	平均速度：106.0cm/s		
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	2	3
	鋼珠水平移動的距離： 40/40/42/41/41/43/42/44/42/43		
	平均移動距離：41.8cm		
	平均速度：104.5cm/s		
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	3	3
	鋼珠水平移動的距離： 44/46/47/43/47/47/45/47/46/45		
	平均移動距離：45.7cm		
	平均速度：114.3cm/s		
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數

	一組二顆磁鐵	4	3
	鋼珠水平移動的距離： 47/50/49/47/47/46/47/48/49/48		
	平均移動距離：47.8cm		
	平均速度：119.5 cm/s		
實驗步驟示意圖（鋼珠水平 7cm 出發）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	5	3
	鋼珠水平移動的距離： 48/50/49/50/50/49/53/54/53/51/51/52		
	平均移動距離：50.8 cm		
	平均速度：127.0cm/s		

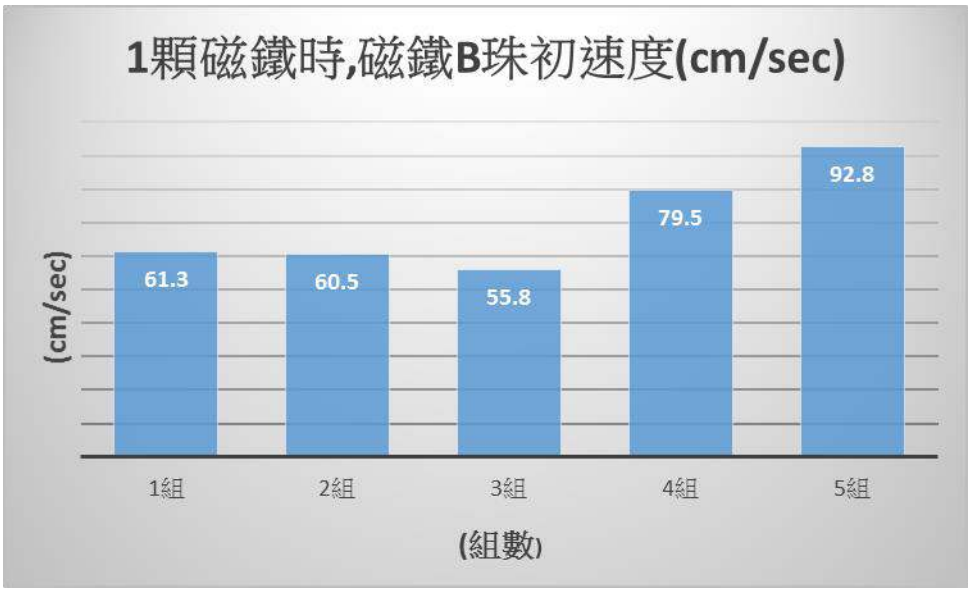
實驗二之 2-3：每組兩顆磁鐵共五組，A 珠出發位置提高到 5cm、7cm、9cm

實驗步驟示意圖（出發鋼珠 5cm 高）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	5	3
	鋼珠水平移動的距離： 53/52/56/52/55/52/55/53/54/54		
	平均移動距離：53.6cm		
	平均速度：134.0cm/s		
實驗步驟示意圖（出發鋼珠 7cm 高）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	5	3
	鋼珠水平移動的距離： 58/54/56/54/56/52/55/54/58/55/56		
	平均移動距離：55.6cm		
	平均速度：139.0cm/s		
實驗步驟示意圖（出發鋼珠 9cm 高）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	5	3
	鋼珠水平移動的距離： 59/55/56/58/60/55/55/56/55/57		
	平均移動距離：56.6cm		
	平均速度：141.5cm/s		

實驗結果統計：

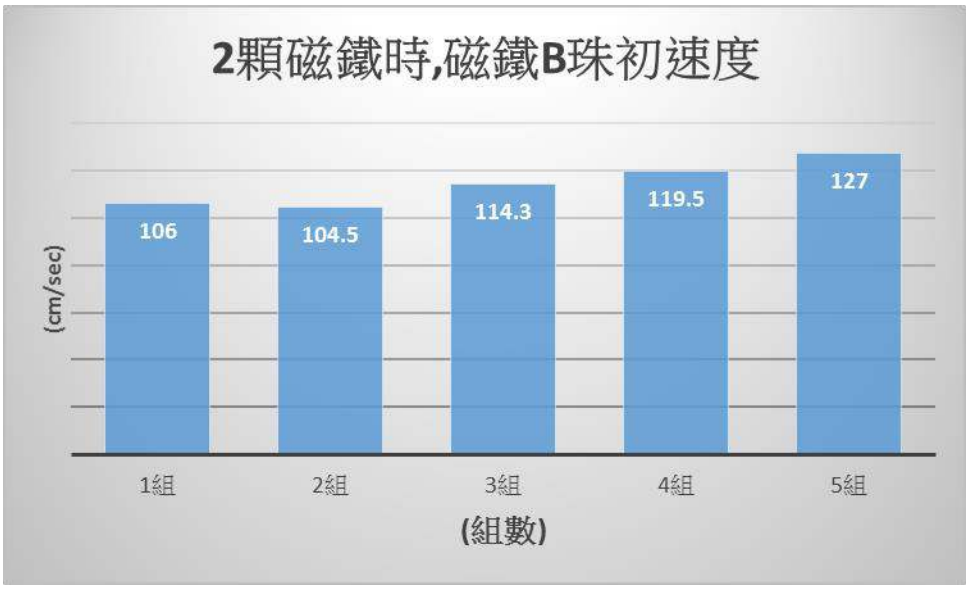
磁鐵組數	每組一個磁鐵		每組二個磁鐵	
	水平移動距離：cm	出發初速度：cm/s	水平移動距離：cm	出發初速度：cm/s
一組	24.5	61.3	42.4	106.0
二組	24.2	60.5	41.8	104.5
三組	27.9	69.8	45.7	114.3
四組	31.8	79.5	47.8	119.5
五組	37.1	92.8	50.8	127.0

實驗結果討論：



實驗討論：

以一顆磁鐵為一組，利用 A 珠撞擊，計算 B 球彈出的初速度，比實驗二之 1 測得的數據更小，實驗二之 1 以目測方式記錄，實驗二之 2 以水平拋射來計算，水平拋射的方法會較精準，因為實驗二之 1 三組磁鐵的平均速度為 95.7cm/s，考慮摩擦力的因素，初速度會更快，所以實驗二之 1 的數據需要再修正。

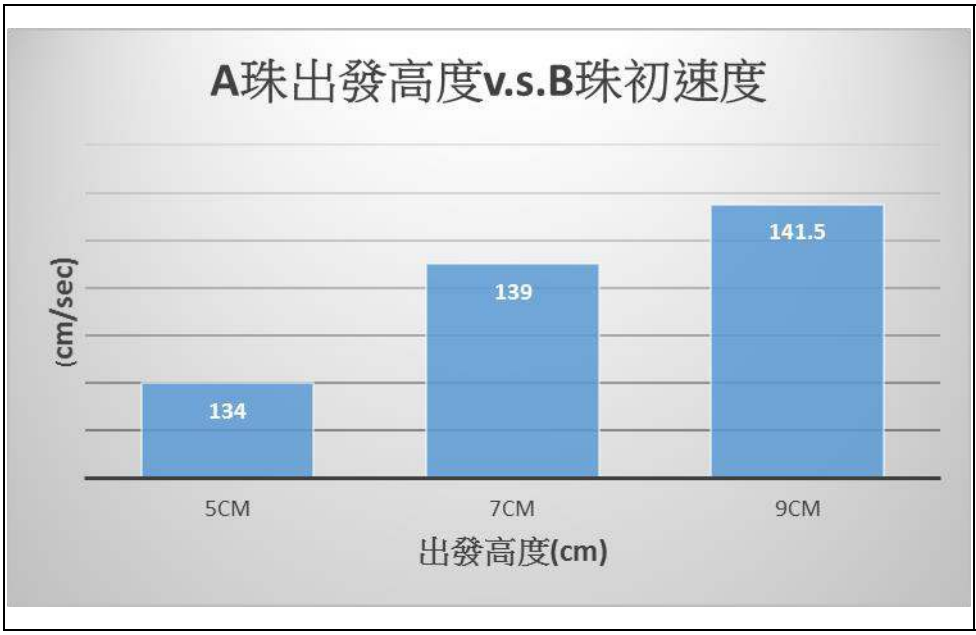


實驗討論：

以二顆磁鐵為一組，實驗結果發現 B 珠彈出的初速度均大幅增加，也較實驗二之 1 的數據增加，所以增加磁鐵數量可以增加吸引力，在 B 珠可以彈出的條件下，可以增加 B 珠的出發初速度，我們測試過再增加磁鐵數量，若要順利彈出 B 珠在磁鐵後方要增加鋼珠數量，如此一來整個裝置會加長，磁鐵與磁鐵之間的作用距離會再縮短，經過討論後決定以兩顆磁鐵為限。

A 珠出發高度	每組二個磁鐵	
	水平移動距離 單位：cm	出發初速度 單位：cm/s
5cm	53.6	134.0
7cm	55.6	139.0
9cm	56.6	141.5

實驗討論：



實驗討論：
將 A 珠從較高的高度放下，原本我們期望 B 珠彈出的初速度會大幅增加，實驗結果顯示，B 珠的初速度增加，但是增加幅度有限，高度 5cm 的初速度只增加 3cm/s，因為增加球的高度會壓縮 A 珠的運動條件，在比較相關的運動條件以及和老師討論過後，後續的實驗設計，A 珠在水平軌道距離磁鐵 7cm 處慢慢推進讓鋼珠被磁鐵吸引前漸進，再撞擊磁鐵讓 B 珠彈出。

實驗二結果說明：

1. 實驗二之 1：以水平拋射的方式測試並計算 B 珠彈出的初速度，磁鐵的組數越多，B 珠彈出的初速度越大。
2. 實驗二之 2-1：每組一顆磁鐵，依次增加到五組，磁鐵組數越多，B 珠彈出的水平移動距離越大，彈出的初速度越大。
3. 實驗二之 2-2：每組二顆磁鐵，依次增加到五組，磁鐵組數越多，B 珠彈出的水平移動距離越大，彈出的初速度越大。
4. 每組配置二顆磁鐵，與配置一顆磁鐵的實驗條件，在磁鐵組數相同的條件下，配置二顆磁鐵時，B 珠彈出的水平距離較大，表示 B 珠彈出的初速度較大。
5. 實驗二之 2-3：增加 A 珠的出發高度，B 珠彈出的初速度增加，但是增加幅度不大。
6. 經由以上實驗數據的討論，要增加 B 珠的彈出速度，**以二顆磁鐵一組來配置，B 珠的彈出速度較大**，增加磁鐵數量，鋼珠至少要增加一到二顆，實驗空間會更小，裝置會更長，操作較不方便，以目前的實驗裝置，鋼珠與磁鐵空隙只有 7cm，不適合增加磁鐵數量，每一組的磁鐵數量以兩顆為限。

實驗二結論：

以二顆磁鐵一組，共計五組，A 珠以水平推進至 7cm 處，由磁鐵吸引後，經過五次加速及撞擊，可以讓 B 珠產生較佳的出發速度，經過計算約為 127cm/s。

實驗二之 3：以動態攝影機測試鋼珠的運動條件及速度：

實驗目的：利用運動攝影機驗證實驗一結果觀察 B 珠的運動速度：

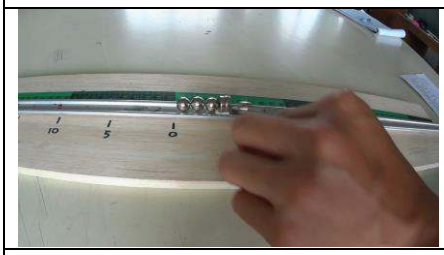
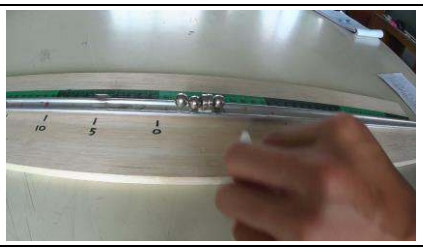
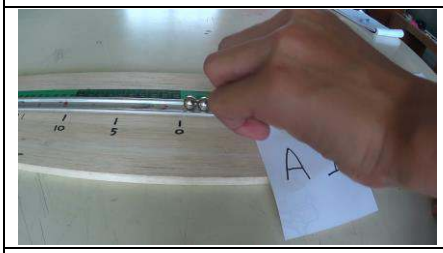
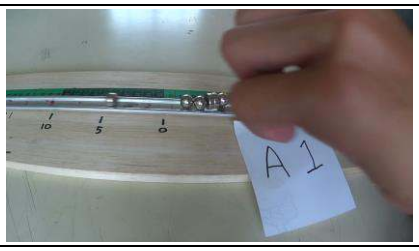
實驗步驟說明：

1. 利用運動攝影機，將磁鐵配置好，用手拿著 A 珠，讓 A 珠分別從距離磁鐵 1cm 到 7cm 的地方放出，並啟動運動攝影機，讓磁鐵吸引 A 珠，將 B 珠彈出，關閉運動攝影機，完成一次的紀錄。
2. 每一個不同的距離都操作二次。
3. 檢查運動攝影機的檔案，以一秒 120 格的方式檢查影片，分別記錄 B 珠出發秒數，B 珠經過 5cm 處的時間秒數，以及 B 珠經過 10cm 處的秒數，透過更精準地計算時間，計算 B 珠的彈出速度，可以讓我們更清楚觀察 B 珠的運動條件。
4. **特別說明：**因為運動攝影機為 120 分割，也就是一秒鐘可以分割成 120 格畫面，在記錄相關秒數時，如果出現 0.115，代表是 115/120 秒，為忠實紀錄實驗數據，在下列表格紀錄時，以運動攝影機的數字紀錄，為了避免混淆，在記錄秒數時，在小數點後方加上" /120 "，表示為 120 分割下運動攝影機的紀錄數值，在計算平均時間及平均速度時，再將 120 分割的數值換算為十進位的數值。

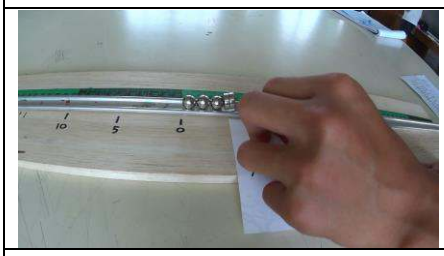
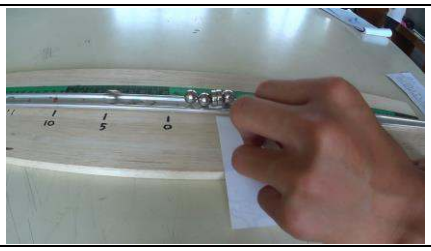
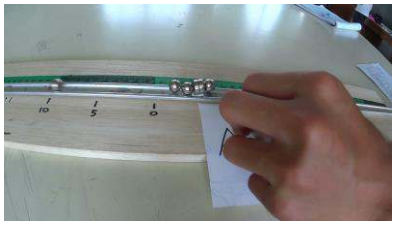
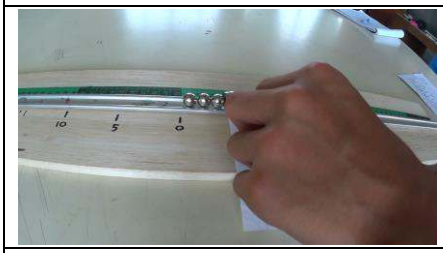
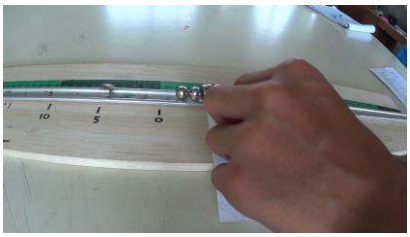
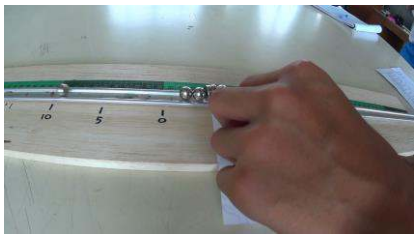
實驗相片記錄：

運動攝影機	將手機與運動攝影機連線	

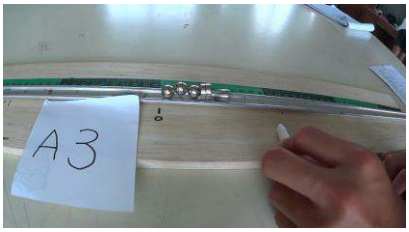
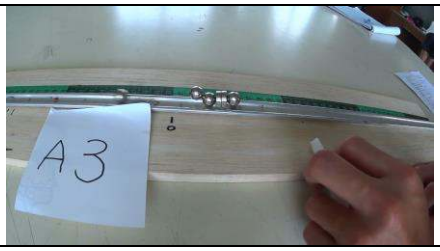
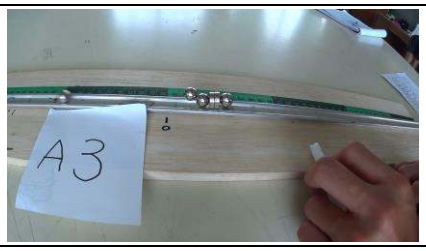
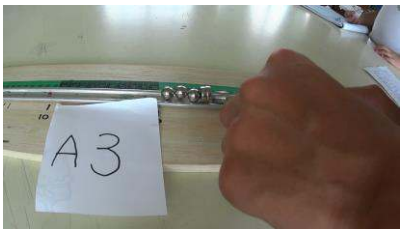
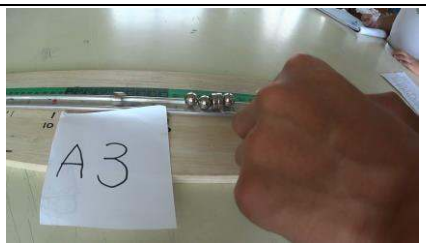
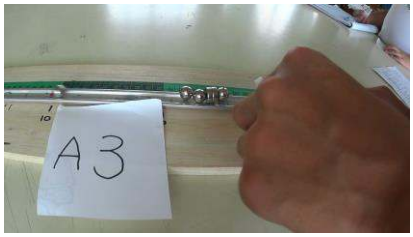
A1 第一次（代表 A 珠距離磁鐵一公分的第一次測試）**附註：時間記錄數值為 120 分割**

開始	出發	到達 10cm
		
秒數 1.048/120	1.054/120	1.058/120
A1 第二次/開始	出發	到達 10cm
		
秒數 2.025/120	2.035/120	2.046/120

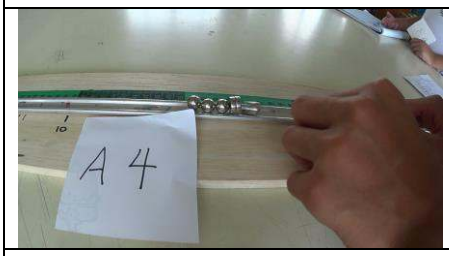
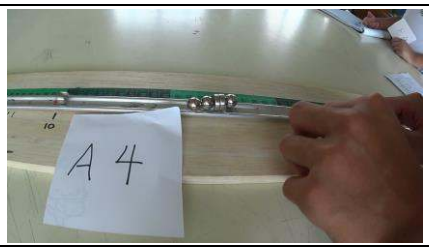
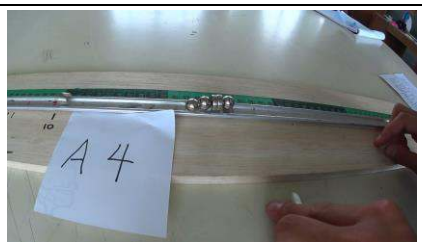
A2 第一次

開始	出發	到達 10cm
		
秒數 2.117/120	3.005/120	3.012/120
A2 第二次/開始	出發	到達 10cm
		
秒數 1.063/120	1.071/120	1.079/120

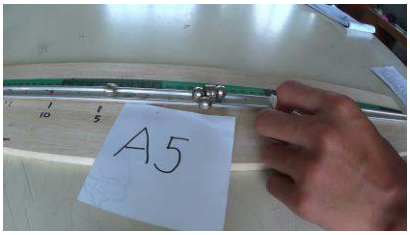
A3 第一次

開始	出發	到達 10cm
		
秒數 1.034/120	1.043/120	1.053/120
A3 第二次/開始	出發	到達 10cm
		
秒數 2.100/120	2.107/120	2.115/120

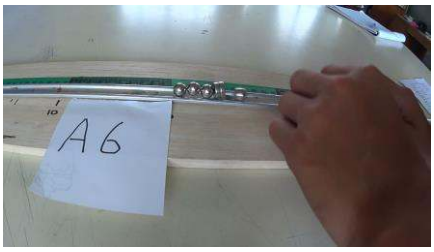
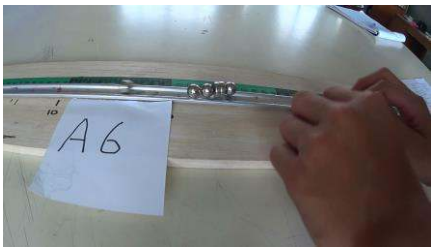
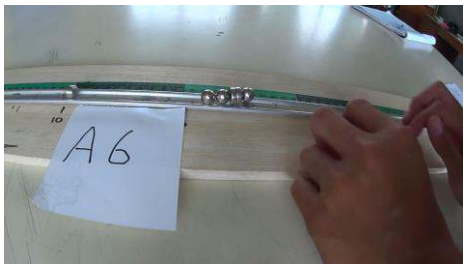
A4 第一次

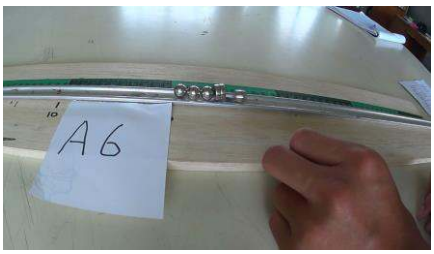
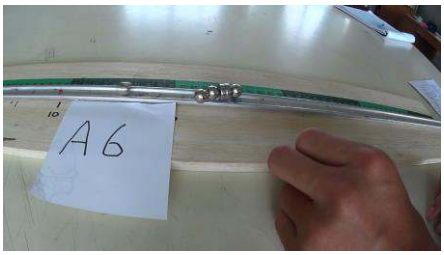
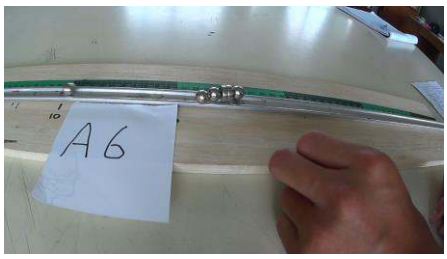
開始	出發	到達 10cm
		
秒數 2.105/120	2.112/120	3.000/120
A4 第二次/開始	出發	到達 10cm
		
秒數 2.085/120	2.091/120	2.097/120

A5 第一次

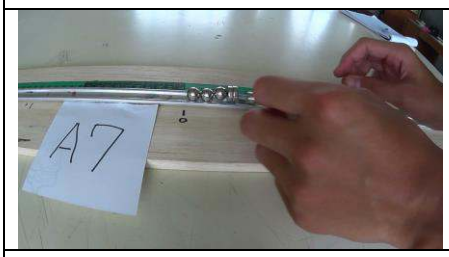
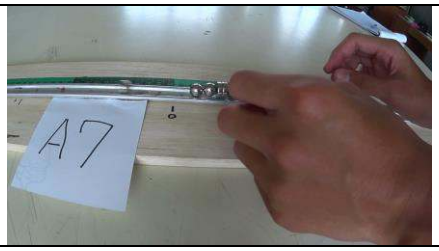
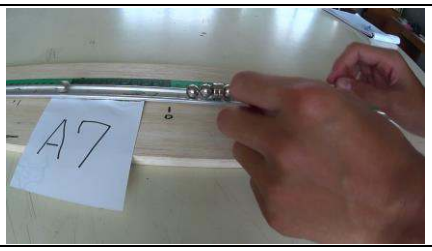
開始	出發	到達 10cm
秒數 2.052/120	2.060/120	2.068/120
A5 第二次/開始	出發	到達 10cm
		
秒數 2.096/120	2.105/120	2.114/120

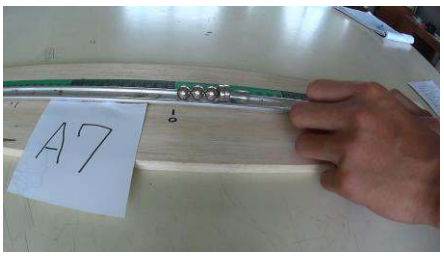
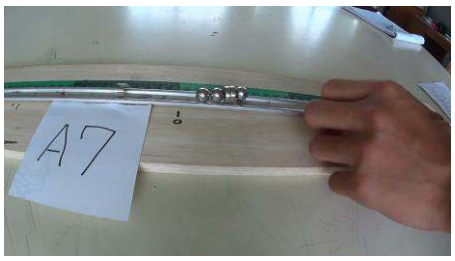
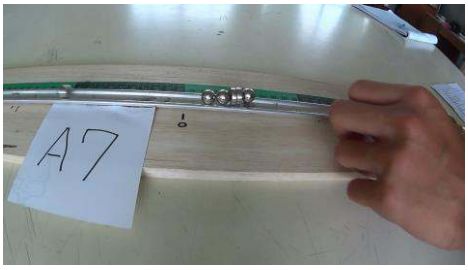
A6 第一次

開始	出發	到達 10cm
		
秒數 4.069/120	4.077/120	4.089/120

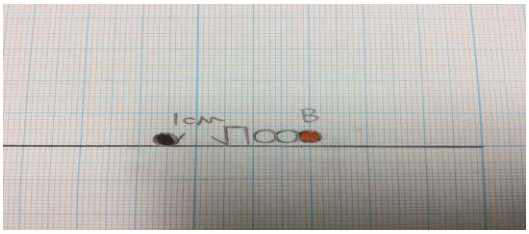
A6 第二次/開始	出發	到達 10cm
		
秒數 1.104/120	1.112/120	2.001/120

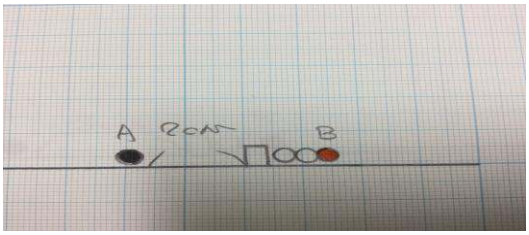
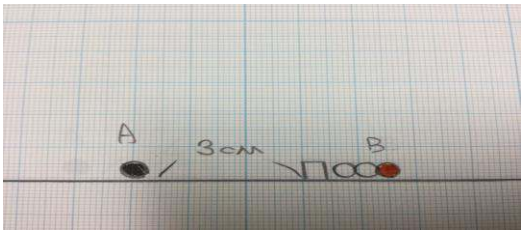
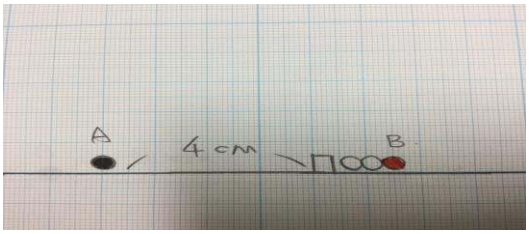
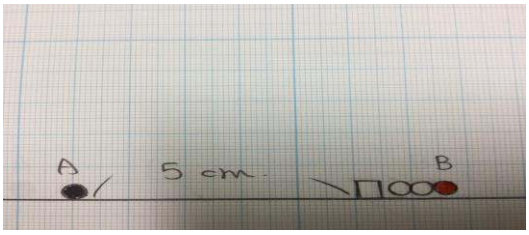
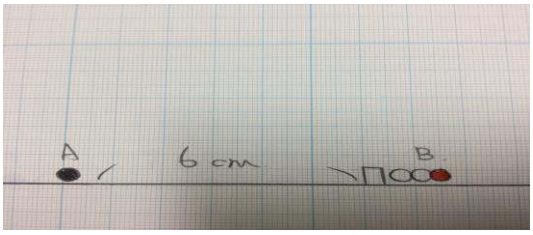
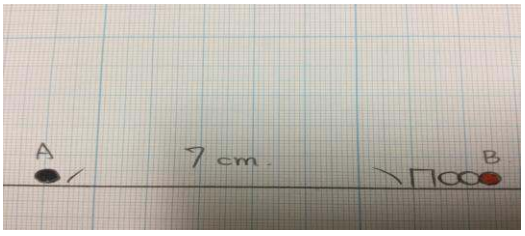
A7 第一次

開始	出發	到達 10cm
		
秒數 0.110/120	0.117/120	1.005/120

A7 第二次/開始	出發	到達 10cm
		
秒數 1.069/120	1.076/120	1.083/120

實驗結果說明：　　附註：所有實驗記錄秒數已改為十進位表示的秒數

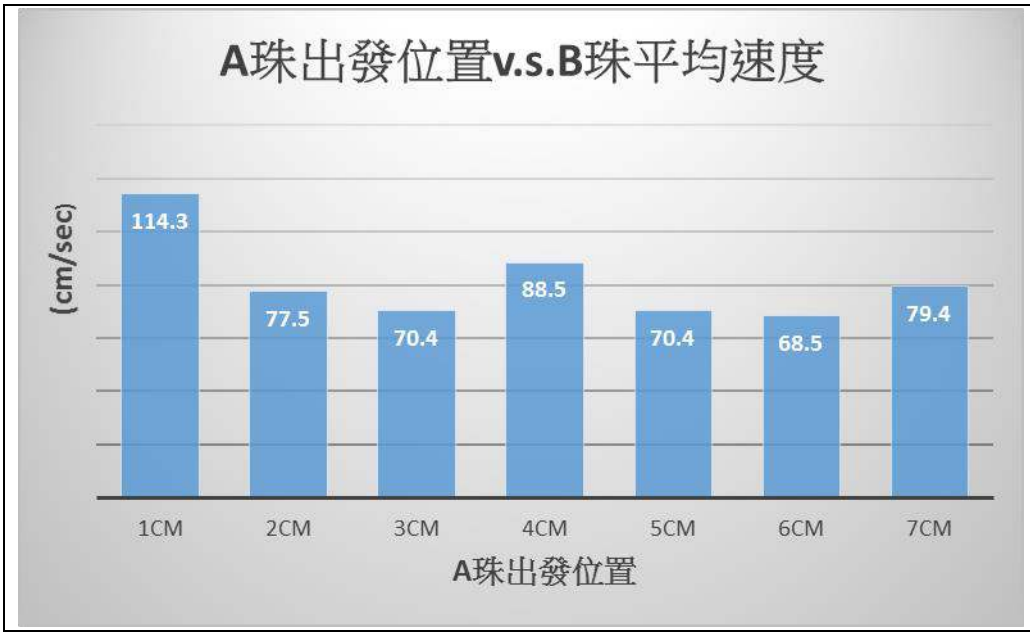
實驗步驟示意圖（出發鋼珠距離磁鐵 1cm）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動 10cm 的時間： 第一次：0.083/第二次：0.092		
	平均移動時間：0.0875		
	平均速度：114.3cm/s		

實驗步驟示意圖（出發鋼珠距離磁鐵 2cm）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動 10cm 的時間： 第一次：0.125/第二次：0.133		
	平均移動時間：0.129		
	平均速度：77.5cm/s		
實驗步驟示意圖（出發鋼珠距離磁鐵 3cm）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動 10cm 的時間： 第一次：0.158/第二次：0.125		
	平均移動時間：0.142		
	平均速度：70.4cm/s		
實驗步驟示意圖（出發鋼珠距離磁鐵 4cm）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動 10cm 的時間： 第一次：0.125/第二次：0.100		
	平均移動時間：0.113		
	平均速度：88.5cm/s		
實驗步驟示意圖（出發鋼珠距離磁鐵 5cm）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動 10cm 的時間： 第一次：0.133/第二次：0.150		
	平均移動時間：0.142		
	平均速度：70.4cm/s		
實驗步驟示意圖（出發鋼珠距離磁鐵 6cm）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動 10cm 的時間： 第一次：0.150/第二次：0.142		
	平均移動時間：0.146		
	平均速度：68.5cm/s		
實驗步驟示意圖（出發鋼珠距離磁鐵 7cm）	磁鐵配置	磁鐵組數	每一組鋼珠數
	一組二顆磁鐵	1	3
	鋼珠水平移動 10cm 的時間： 第一次：0.125/第二次：0.117		
	平均移動時間：0.126		
	平均速度：79.4cm/s		

實驗結果統計：

實驗代號	A 珠距離 1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
平均速度	114.3	77.5	70.4	88.5	70.4	68.5	79.4

實驗討論：



實驗討論：

在距離 1~7 公分處 A 珠被吸引撞擊磁鐵再彈出 B 珠的實驗中，距離 1cm 時 B 珠彈出速度最快，距離太近不符實驗要求不採用，速度次快為距離 4cm，但距離仍太近，實驗空檔必須整理磁鐵，4cm 的空間太小，與實驗一之 3 的實驗結果比較，距離 7cm 是較佳的實驗距離，與實驗一之 3 的結果相符

實驗二結論：

1. 實驗二之 1：磁鐵組數越多，以手動碼表計算 B 珠運動 20cm 的時間越短，運動速度越快。
2. 實驗二之 2-1：每組一顆磁鐵，在五組以內，磁鐵組數越多，利用水平拋射原理計算，B 珠出發的初速度越大。
3. 實驗二之 2-2：每組二顆磁鐵，在五組以內，磁鐵組數越多，利用水平拋射原理計算，B 珠出發的初速度越大，每組兩顆磁鐵 B 珠的初速度，比只配置一顆磁鐵的初速度更快，經過一次磁鐵吸引 A 珠撞擊磁鐵後，擔任 B 珠角色的鋼珠會加速前進，成為下一次撞擊中的 A 珠，如果 A 珠以更快的速度撞擊磁鐵，撞擊後的 B 珠會有更快的初速度，結果最後一組的 B 珠會產生較大的初速度，但是這樣的推論在五組以內的磁鐵成立，我們相信磁力的作用應該有其極限。
4. 實驗二之 2-3：墊高軌道，讓 A 珠從 5cm、7cm、9cm 的高度下滑，讓 A 珠有更快的初速度，實驗結果發現，經過五次撞擊後的 B 珠有更快的初速度，但是增加幅度有限，也間接說明我們在結論 3 的最後推論，鋼珠的加速有其極限。
5. 實驗二之 3：利用運動攝影機計算 B 珠被撞擊後的平均速度，與實驗一之 3 的結論相符，磁鐵與鋼珠距離 3cm 時，有叫好的操作空間及叫好的平均速度（**註：不是最快的速度，是最適當的配置**）。

綜合實驗二，我們推論鋼珠較適當的配置及運動條件如下：

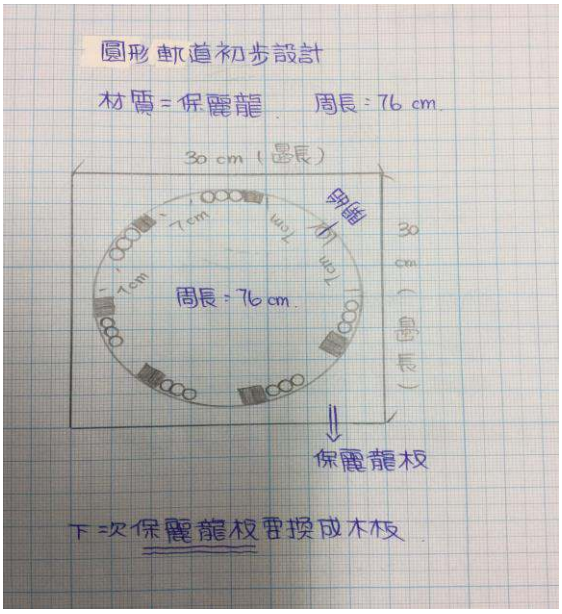
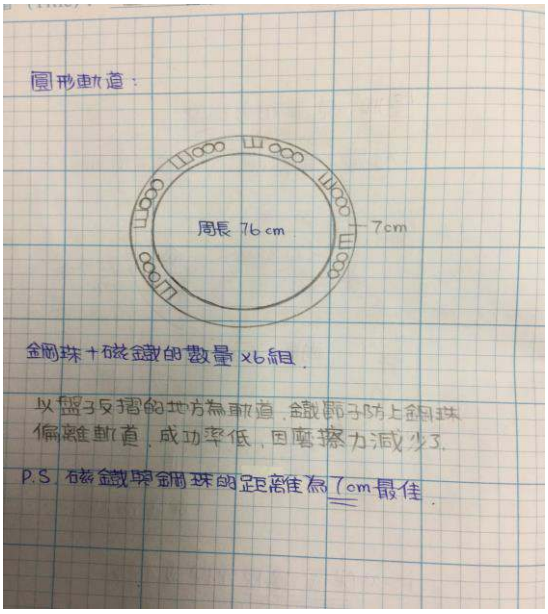
每組兩顆磁鐵，磁鐵後方配置三顆鋼珠，磁鐵後方第三顆鋼珠與下一組磁鐵距離 7cm，共計五組，第一顆 A 珠距離第一組磁鐵 7cm，以珍珠板條狀物慢慢推進，讓 A 珠水平推進，被磁鐵吸引後撞擊第一組磁鐵，重複撞擊動作及轉換 A/B 珠五次，過程中鋼珠的速度從 79.4cm/s，逐步增加到 127.0cm/s。

實驗三、利用圓形軌道測試鋼珠的運動條件：

實驗目的：測試鋼珠加磁鐵是否可以進行圓周運動及可以繞行圓周幾圈

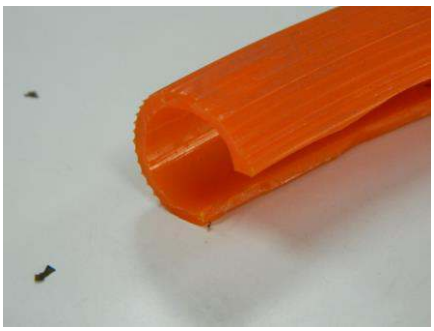
實驗前提說明：在實驗二的結論，我們了解了鋼珠在直線軌道中的運動條件，接著我們想挑戰圓形軌道，觀察鋼珠在圓形軌道中與在直線軌道中有何不同，因為珍珠板較好裁切，所以我們先利用珍珠板製作圓形軌道，再搭配不同的磁鐵數量及鋼珠數量，觀察鋼珠可以繞行幾圈？因為每一次實驗後都必須把被吸引的鋼珠拿出來，珍珠板經過幾次實驗後，形狀及軌道寬度都變形了，我們思考是否有其他替代的用具，中間試過麵粉篩網，大垃圾桶蓋子 ，最後我們找到臉盆，將臉盆反面，就是一個現成的圓形軌道，塑膠材質也不被磁鐵影響，我們利用臉盆背面來觀察圓形軌道中鋼珠的運動條件。

實驗發想與設計：

圓形軌道設計圖（第一版）	圓形軌道設計圖（修正版）
	

實驗步驟說明：

1. 尋找軌道材質：

利用軌道車軌道，放棄 因為寬度太寬	利用水管，放棄 因為無法彎成完整的圓型	最後只好自己來，利用珍珠板裁成一個大的空心圓及一個較小的實心圓，組合成寬 1cm 的圓形軌道。
		

2. 依照實驗二的實驗條件，不過我們還是實驗一組一顆磁鐵的運動條件，每一組的距離都是 7cm，多出來的距離約 8~9cm，作為第一顆 A 珠的出發緩衝距離 ，我們一共測試每組一顆磁鐵，每組兩顆及每組三顆磁鐵的實驗條件，以手動碼表的方式計算繞行一圈的時間，取十次數值計算平均時間。

珍珠板圓形軌道實驗結果紀錄：

每組磁鐵數量	繞一圈的時間	平均	備註
一顆磁鐵	0.38/0.43/0.38/0.38/0.42/0.39/0.40/0.41/0.38/0.39	0.396	最慢
二顆磁鐵	0.28/0.28/0.32/0.27/0.31/0.31/0.28/0.29/0.28/0.28	0.290	
三顆磁鐵	0.25/0.25/0.25/0.25/0.25/0.28/0.25/0.26/0.28/0.28	0.260	最快

實驗討論：

以珍珠板製成圓形軌道測試鋼珠的運動條件，依照實驗二結論的配置方式，鋼珠都可以順利繞行一圈，但是繞了一圈後，磁鐵後方的鋼珠剩下兩顆，會被強力磁鐵的吸引力吸住，無法彈出第二顆鋼珠，所以在實驗二的配置條件下，圓形軌道只能繞行一圈，加了第三顆磁鐵，繞一圈的速度雖然變快，但是磁鐵的吸引力也增加了，增加的速度無法擺脫磁鐵的吸引力，再增加磁鐵的效益應該有限，於是我們往增加鋼珠的方向思考，因為珍珠板軌道多操作幾次軌道就變形，我們決定利用臉盆，圓周較長，軌道也是現成，嘗試更換磁鐵組數及增加鋼珠數量，觀察並紀錄鋼珠可以繞行幾圈。

3. 利用臉盆的背面測試鋼珠的運動條件：

臉盆的背面	每組兩顆磁鐵加五顆鋼珠 以圓周長平均配置三組	每組兩顆磁鐵加六顆鋼珠 以圓周長平均配置三組
每組兩顆磁鐵加六顆鋼珠 以圓周長平均配置五組	每組兩顆磁鐵加五顆鋼珠 以圓周長平均配置五組	每組兩顆磁鐵加五顆鋼珠 以圓周長平均配置六組

實驗結果紀錄：

每組磁鐵數量	磁鐵後方鋼珠數量	磁鐵配置組數	繞行圈數	備註
二顆	五顆	三組	2 圈	
		四組	2 圈	
		五組	2.5 圈	
		六組	2.5 圈	
	六顆	三組	2 圈	
		四組	2.5 圈	
		五組	3 圈	
		六組	2.5 圈	

實驗討論：

在圓形軌道中，增加磁鐵後方的鋼珠數量，可以增加鋼珠繞行的圈數，但是如果增加太多鋼珠，B 珠彈出的速度會降低，無法有效增加圈數，如果增加磁鐵的組數，鋼珠與磁鐵的距離變小，B 珠彈出的速度效應不夠，繞行圈數也無法增加，經過幾次反覆的測試，每組兩顆磁鐵，磁鐵後方配置六顆鋼珠，共配置五組磁鐵時，鋼珠繞行圈數最多，可以完整繞行三圈。

實驗結論：

每組兩顆磁鐵，磁鐵後方配置六顆鋼珠，共配置五組磁鐵時，鋼珠繞行圈數最多，可以完整繞行三圈。

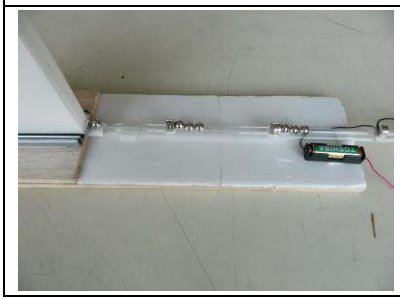
實驗四、磁力槍的其他應用：

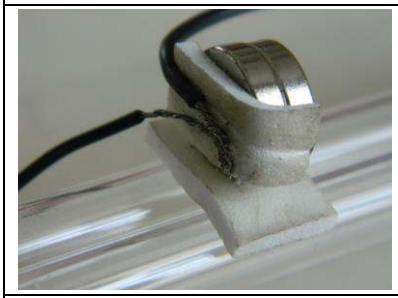
實驗前提說明：

在完成有關磁力與鋼珠在直線軌道與圓形軌道上的運動條件的實驗後，小組成員討論有關磁力的應用，我們想到利用磁力作為驅動裝置及鋼珠作為導體，利用鋼珠（B 珠）前進到定位，接通原本為斷路裝置的燈泡或蜂鳴器，讓電器裝置發揮作用，可作為防盜器或警示器，如果裝置在窗戶邊，可以做為防盜器，如果將 A 珠以單擺方式固定，如果有輕微震動，A 珠落下撞擊磁鐵，也可以對震動發出警示，例如地震發生，所以我們構思並完成設計圖，開始製作。

實驗步驟說明：

實驗結果說明：

完成的防盜器裝置全圖	利用可滑動的鋁門窗軌道，貼上珍珠板（代替窗框），將 A 珠放在窗邊	因為要配合實際窗戶的寬度，還要配置電器裝置，以二顆磁鐵為一組，磁鐵後方放三顆鋼珠，共配置二組磁鐵。
		

在最後一組磁鐵後方，再配置一組磁鐵，後方不放鋼珠，單純用來吸引最後的 B 珠，在磁鐵上黏住兩條電線，電線是從原本已形成通路的電路裝置中剪開電線，再重組為一個斷路裝置	有小偷侵入，慢慢推開窗戶，防盜器尚未作用，小偷發現沒事，繼續推開窗戶	小偷膽子越來越大，窗戶越開越大
		
窗戶開到一個距離，鋼珠前進，撞擊磁鐵，B 珠彈出，裝置開始作用	鋼珠經過兩次撞擊，撞擊接有斷路裝置的鋼珠，鋼珠的撞擊面接觸線路，形成通路，電器裝置發生作用，發出警示。	小偷落網

實驗結果：

經過實驗測試，我們的實驗裝置可以作用，如果再將裝置設計得更精緻，簡化不必要的裝置，將斷路裝置設計得更穩固，啟動裝置設計更敏銳，應該可以增加防盜器或警示器的效益，保護居家的安全。

伍、 結論

一、使用的磁鐵以強力磁鐵最佳。

二、鋼珠直線運動使用的軌道以鋁門窗鋁製軌道，因為硬度夠，直線不易變形，不與磁鐵作用，為適合的測試軌道。

三、受撞擊彈出的 B 珠與下一顆磁鐵的距離，考慮 B 珠的速度，手活動的空間，抽換鋼珠的操作空間，B 珠與下一顆磁鐵的距離以 7cm 較佳。

四、考慮磁鐵的吸力及 B 珠彈出的速度，如果只完成一次撞擊，磁鐵後方放三顆鋼珠最佳。

五、一組一顆磁鐵，依次增加為五組，磁鐵組數越多，B 珠彈出的速度越快。

六、如果增加每一組磁鐵數量為兩顆，可以增加 B 珠彈出的速度。

七、將第一顆 A 珠的出發位置抬高，可以增加 B 珠的彈出速度，但是增加幅度不大，效益有限。

八、以運動攝影機計算 A 珠與磁鐵的距離，以 7cm 較佳，符合實驗一的結論。

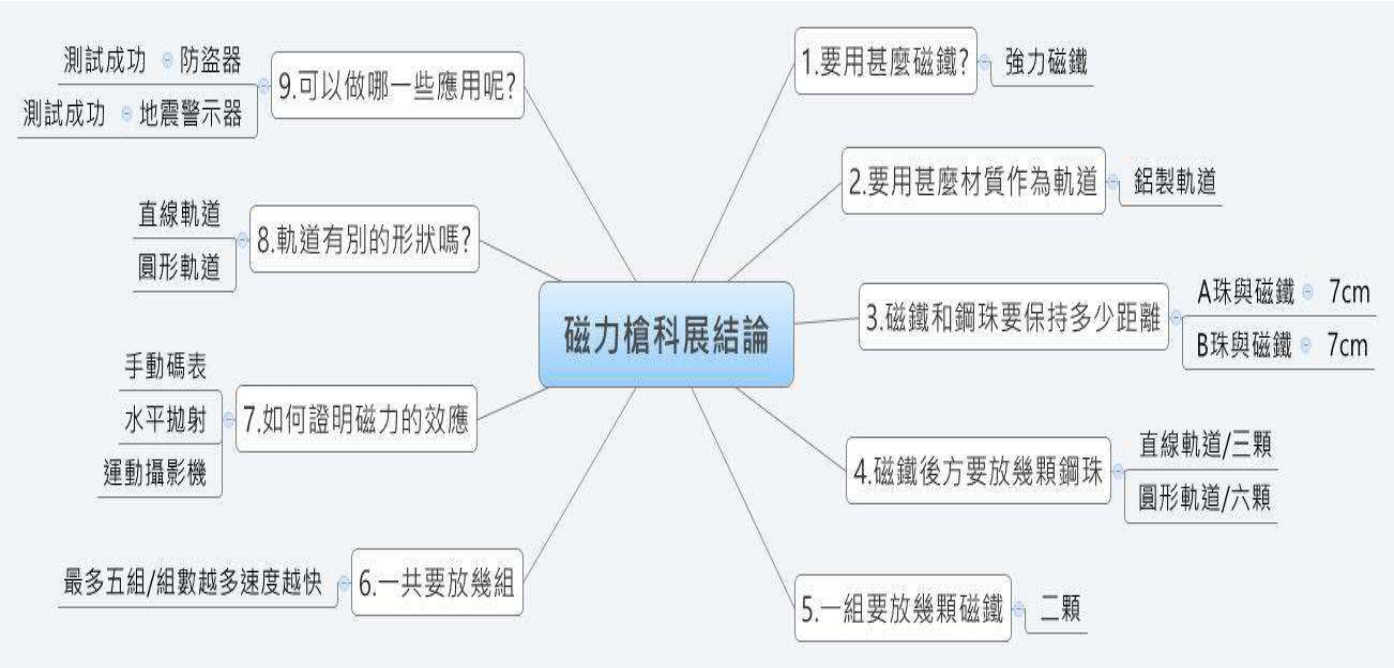
九、鋼珠在直線軌道上的運動條件如下，每組兩顆磁鐵，磁鐵後方配置三顆鋼珠，磁鐵後方第三顆鋼珠與下一組磁鐵距離 7cm，共計五組，第一顆 A 珠距離第一組磁鐵 7cm，以珍珠板條狀物慢慢推進，讓 A 珠水平推進，被磁鐵吸引後撞擊第一組磁鐵，重複撞擊動作及轉換 A/B 珠五次，過程中鋼珠的速度從 79.4cm/s，逐步增加到 127.0cm/s。

九、在圓形軌道的測試中，以每組兩顆磁鐵，磁鐵後方配置六顆鋼珠，共配置五組磁鐵時，鋼珠繞行圈數最多，可以完整繞行三圈。

十、利用實驗結果，設計防盜器及警示器，測試結果可行。

十一經過以上實驗，我們發現磁力在生活中可以應用的地方還有很多，因為不需充電，不必更換電池，在生活中的一些用品，可以利用磁力裝置，讓磁鐵與鋼珠成為啟動或開關的 一部分，讓電器發揮更多的效用，增加生活的安全與便利性。

實驗結論心智圖：



陸、參考資料

1.網路文章：磁鐵/維基百科
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E9%90%B5
2.網路文章：磁場/維基百科
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E5%A0%B4
3.網路文章：磁力槍/youtube
https://www.youtube.com/watch?v=3AmAVBsz8AM
4.網路文章：磁力砲彈/國立台中教育大學　科學教育與應用學系
http://scigame.ntcu.edu.tw/electric/electric-032.html
5. 網路文章：磁力槍原理/youtube
www.youtube.com/watch?v=k9L6jhlAPd8

【評語】080122

實驗報告討論完整，內容撰寫完整，建議可探討 A 珠與 B 珠在不同數量上或大小的彈射結果。