

投稿類別：自然科學類

篇名：

磁力作用下鋼珠運動狀態之比較

作者：

陳譽中。縣立自強國中。八年五班  
洪昌佑。縣立自強國中。八年五班  
邱則育。縣立自強國中。八年六班

指導老師：  
郭千睿老師  
徐彥哲老師

## 壹●前言

### 一、研究動機

我在暑假科學營的時候做了一個東西叫做磁力砲。就是靠磁鐵的吸力以及能量的傳遞來讓小球可以快速射出的裝置。一開始我都打不快，經過了好幾次的嘗試與改良都得不到一個不錯的結果。我們改變了磁鐵的擺放方法、鋼珠的擺放位置等不同的變因，最後終於的到了一個滿意的速度。我們幾個都覺得很有趣，想看看射出來的球到底可以多快，於是開啟了我們的研究。

### 二、研究目的

- (一) 磁鐵磁力大小之探討
- (二) 鋼珠在軌道上運動情形之探討

### 三、研究方法

#### (一) 實驗設備與器材

- 1. 程式軟體：Microsoft Excel、Google 文件、小畫家、tracker。
- 2. 實驗器材：如表 1



強力磁鐵



鋼珠



軌道



手機



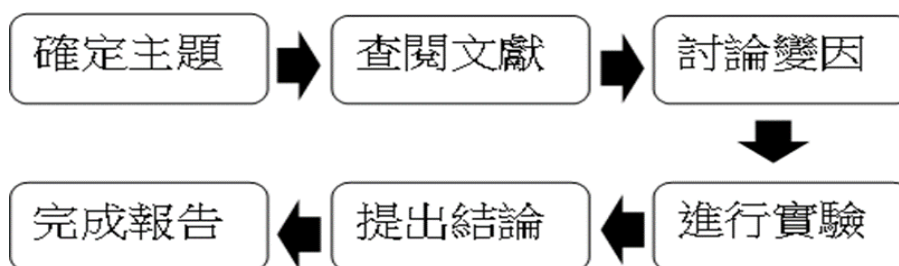
塑膠管



碼表

表 1：實驗器材

## (二)研究過程



- 1.確定主題：延續暑假科學營自製磁力砲方法，再改變其他實驗變因，以確定這次的實驗主軸。
- 2.查閱文獻：從網路和書籍中尋找資料，了解磁力砲原理及軌道模型製作方法。
- 3.討論變因：討論那些變因會影響磁力砲鋼珠射出的速度。
- 4.設計實驗：軌道材質選取及鋼珠撞擊磁鐵的方式設計。
- 5.進行實驗：紀錄鋼珠運動情形。

## 貳、正文

### 一、文獻探討

#### (一) 磁力砲的原理

磁力砲是一種利用磁力及力學能守恆原理的磁力加速器裝置。

#### 1. 能量傳遞

圖 1 是牛頓擺的裝置，當右邊第一顆球具有動能時，第一顆球會將動能傳遞給第二顆球，第二顆球獲得動能依序向右傳遞動能，而此時最左邊的球會獲得右邊球給予的動能，當最左邊的球無法將動能繼續傳遞時，就會以被彈出的運動方式進行能量轉換，也就是力學能守恆。

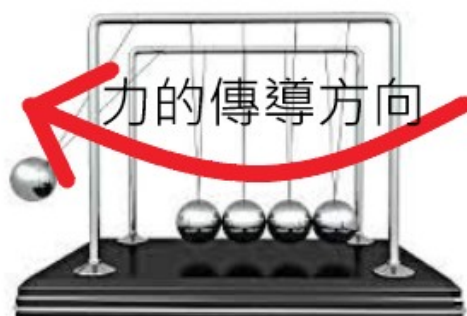


圖 1: 能量傳遞過程圖

## 2.線性加速

鋼珠在磁力砲中具有線性加速的現象，因此能使鋼珠加速的向前運動。過程如圖 2 所示，當輕輕推動最左邊鋼珠使其因為磁鐵磁力因素被吸引而向前運動並停在磁鐵前，這時鋼珠的動能傳遞給磁鐵另一側的鋼珠，磁鐵另一側鋼珠獲得動能，同時受到第二個磁鐵吸引而加速撞擊在第二個磁鐵上。相同過程一直傳遞到最後一個磁鐵的最後一個鋼珠。每經過一次磁鐵吸引的鋼珠速度會加快，因此最後一顆鋼珠的速度會比原先鋼珠的速度還要快，這就是線性加速運動。假設有三個磁鐵，理論上最後一個鋼珠的動能為第一個鋼珠撞擊到強力磁鐵時的三倍，而速度則大約為 1.71 倍。

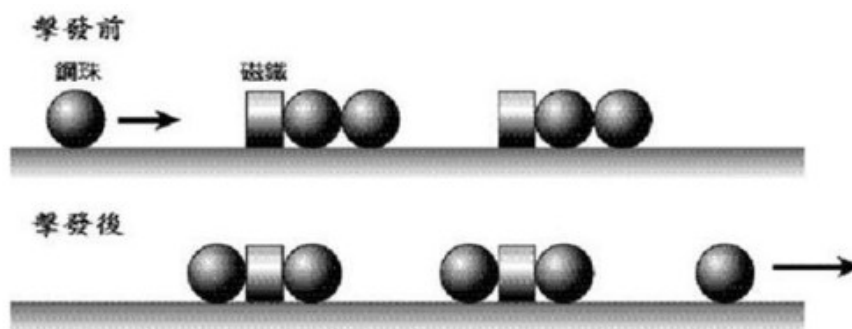


圖 2: 鋼珠線性加速示意圖

## 二、軌道模型

### (一) 軌道模型製作

	
鐵軌取得	黏貼塑膠管

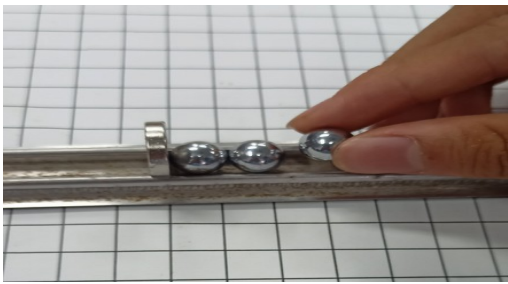


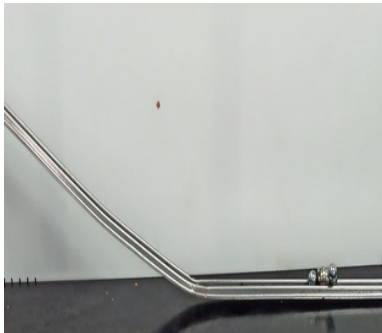

	
<p>放置磁鐵與鐵球</p>	<p>軌道模型</p>

表 2：斜面軌道模型製作過程

(二) 三代軌道模型比較

	<p>第一代塑膠軌道模型</p> <p>我們一開始使用它的原因是因為它看起來非常的筆直。後來我們發現，它的軌道寬度大於我們現有找到鐵球的寬度，會讓鐵球在運動時撞擊到軌道的側壁，讓鐵球減速，造成實驗誤差。</p>
	<p>第二代軌道模型</p> <p>我們使用了鐵條改善了原本塑膠條軌道過寬的問題。我們將鐵條前端往上折起做成投放鐵球的鐵球的軌道。我們還有將沙拉油塗抹在軌道上。可是後來我們發現，鐵條往上折起的地方有一個凸起，在鐵球加速時會造成鐵球彈飛，而且我們發現塗抹沙拉油反而會因為油具有黏滯力而形成阻力造成鐵球減速。</p>
	<p>第三代斜面軌道模型</p> <p>我們使用了塑膠管並且用木板支撐形成固定角度，改善了第二代軌道模型鐵條向上折起所產生的凸起的問題，並絕不使用沙拉油。</p>

### 三、研究內容

#### (一) 不同磁鐵數量及厚度的磁場強度比較

我們為了比較磁鐵數量以及厚度對磁場強度的影響，我們進行以下實驗。

##### (1) 利用指南針偏轉比較磁場強度的差異

方法：

1. 將磁鐵放置在木製直尺上
2. 先進行指南針方位校正
3. 將指南針放置距離木製直尺 7 cm 的距離處
4. 將磁鐵慢慢往指南針方位移動
5. 觀察指南針開始偏轉時，紀錄磁鐵與指南針的距離。

實驗裝置圖：



實驗數據：

與指針偏轉時距離(cm)	強力磁鐵數量(顆)				
	1	2	3	4	5
18mm*2mm	5	9	10	12	13
18mm*4mm	8	12	14	16	18

結果：

1. 厚度一樣的磁鐵，數量越多，使指南針偏轉時的距離越遠。
2. 磁鐵數量一樣，厚度越厚，在距離指南針較遠處，就會使指針開始偏轉。

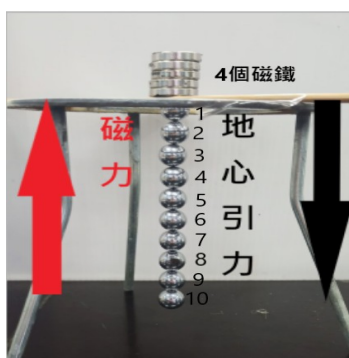
##### (2) 利用磁鐵可以吸附多少顆鋼珠的程度來比較磁場強度的差異

方法：

1. 將竹筷固定在三角架上，使之不晃動。

2. 將磁鐵放置在兩根竹筷上。
3. 改變磁鐵數量及磁鐵厚度。
4. 觀察磁鐵可以吸附多少鋼珠，並記錄鋼珠數量。

實驗裝置：



實驗數據：

吸附鋼珠數量(顆)	強力磁鐵數量(顆)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18mm*2mm	4	6	7	7	8	8	8	9	9	9
18mm*4mm	7	8	9	9	10	X	X	X	X	X

結果：

1. 相同尺寸的磁鐵，磁鐵數量越多，可以吸附的鋼珠數量越多。
2. 厚度 2mm 的磁鐵，磁鐵 3 顆和 4 顆可以吸附的鋼珠數量是一樣的，都是 7 顆鋼珠。
3. 厚度 4mm 的磁鐵，磁鐵數量最多 5 顆，可吸附 10 顆鋼珠。
4. 磁鐵厚度會影響可以吸附鋼珠的數量。
5. 可吸附的鋼珠數量越多，代表磁鐵的磁力越強。

## (二) 鋼珠在軌道上運動情形之探討

### (1) 塑膠軌道

方法：

1. 將強力磁鐵放置於塑膠溝槽
2. 強力磁鐵右端吸附一顆鋼珠
3. 左端手動發射一顆鋼珠，觀察右端鋼珠運動情形。

實驗裝置：磁鐵數量 1 顆



結果：

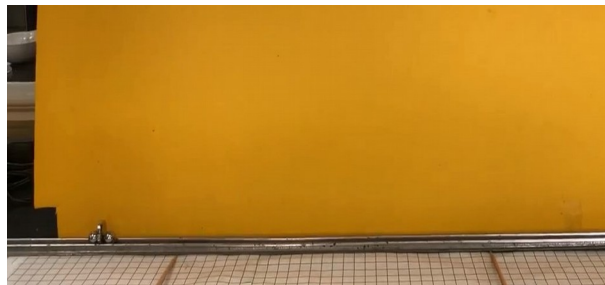
1. 因為塑膠溝槽與強力磁鐵大小不符，當左端鋼珠發射時，被強力磁鐵吸引後，強力磁鐵與鋼珠都一起吸附。

(2) 直線鐵製軌道

方法：

1. 將強力磁鐵放置於鐵製軌道
2. 強力磁鐵右端吸附不同數量鋼珠
3. 左端手動發射一顆鋼珠，觀察右端鋼珠運動情形

實驗裝置：



實驗數據：磁鐵數量 1 顆

	磁鐵右端鋼珠數量				
	1	2	3	4	
行進時間(s)	X	0.333	0.333	0.333	
鋼珠行進距離(cm)	X	29	30	30	
鋼珠平均速度(cm/s)	0	87.08	90.09	90.09	

結果：

1. 磁鐵右端吸附 1 顆鋼珠時，當左端鋼珠受磁力影響撞擊磁鐵，右端鋼珠會原地停止不動。
2. 隨著右端鋼珠數量增加，最右邊的鋼珠速度有些微的變快。

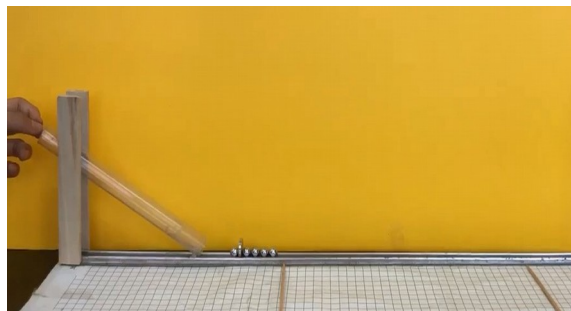


### (3) 斜面鐵製軌道

方法：

1. 將強力磁鐵放置於鐵製軌道
2. 強力磁鐵右端吸附不同數量鋼珠
3. 利用自製斜面裝置，將鋼珠由斜面頂端靜止釋放，鋼珠沿斜面加速進入水平軌道
4. 觀察右端鋼珠運動情形

實驗裝置：

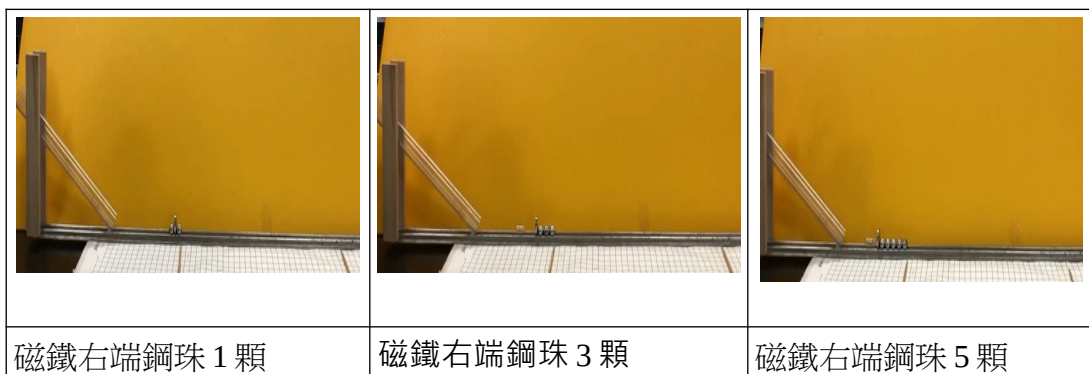


實驗數據 A：磁鐵數量 1 顆

	磁鐵右端鋼珠數量(顆)				
	1	2	3	4	5
行進時間(s)	X	0.033	0.033	0.033	0.034
鋼珠行進距離(cm)	X	6	6	6	7
鋼珠平均速度(cm/s)	0	181.82	181.82	181.82	205.88

結果：

1. 磁鐵右端吸附 1 顆鋼珠時，當左端鋼珠受磁力影響撞擊磁鐵，右端鋼珠會原地停止不動。
2. 右端鋼珠數量 5 顆時，最右邊的鋼珠速度有變快一些。



磁鐵右端鋼珠 1 顆

磁鐵右端鋼珠 3 顆

磁鐵右端鋼珠 5 顆

實驗數據 B：磁鐵數量 2 顆、磁鐵間距 10cm、左端磁鐵鋼珠 2 顆

	磁鐵右端鋼珠數量(顆)				
	1	2	3	4	5
行進時間(s)	X	0.033	0.034	0.033	0.034
鋼珠行進距離(cm)	X	7	7	7	7
鋼珠平均速度(cm/s)	0	212.2	205.88	212.2	205.88

結果：

1. 鐵製軌道上放置 2 顆相距 10cm 的強力磁鐵，第 1 顆強力磁鐵放置 1 顆鋼珠，右端放置 1 顆鋼珠，發射鋼珠撞擊磁鐵時，發現座右端鋼珠會被磁鐵吸引原地靜止不動。
2. 第 2 顆磁鐵右端放置不同數量鋼珠時，我們發現最右邊的鋼珠速度有些許差異，可能的誤差應該是時間的讀取產生的誤差。
3. 鋼珠受 2 顆磁鐵產生的磁力會造成鋼珠有加速的現象。



### 參、結論

- 一、在利用指針偏轉比較磁場強度的差異實驗中，我們發現磁鐵厚度會影響磁場強度，厚度越厚，磁場強度越強，會在距離指針越遠處就開始偏轉。而 2 顆厚度 2mm 的磁鐵會跟 1 顆厚度 4mm 的磁鐵磁力差不多。
- 二、在利用磁鐵可以吸附多少顆鋼珠的程度來比較磁場強度的差異實驗中，我們發現隨著磁鐵的增加，雖然鋼珠數量也會跟著增加但是增加的數量逐漸趨緩。我們認為是因為磁力會隨著距離越遠越弱，但是重力卻隨著鋼珠數量增加而增加。磁鐵厚度越厚，可吸附的鋼珠數量也越多，代表磁力越強。
- 三、在第一代的塑膠軌道模型中，我們發現塑膠軌道太寬以致很難固定磁鐵，而且會造成所有磁鐵都吸再一起。在第二代的直線鐵製軌道模型中，可以將磁鐵固定，但用

手將鋼珠射出時的力道不均勻，會造成發射鋼珠的初速度會不一致。於是我們設計斜面軌道，讓鋼珠每次從斜面相同高度發射出來，減少鋼珠進入水平軌道時的速度誤差。

- 四、在直線鐵製軌道實驗中，磁鐵右端吸附 1 顆鋼珠時，用手將鋼珠從左邊水平射出，鋼珠受磁力影響撞擊磁鐵，右端鋼珠會原地停止不動，猜測原因是磁鐵的磁力大於往右方向運動的力，以致鋼珠會原地靜止不動。從實驗中我們發現，增加磁鐵右端鋼珠的數量，並不會增加最右邊鋼珠射出的速度，原因是數顆鋼珠彼此緊靠一起，只是將能量快速傳遞出去，並且最外邊的鋼珠所受磁力會小於第 1 顆，因此可以快速撞擊出去。
- 五、在斜面軌道實驗中，我們發現手動發射鋼珠會因為力道不同而產生實驗誤差，因此我們就改良製作出斜面發射鋼珠的軌道模型，每次都將鋼珠從斜面高度靜止射出。實驗發現磁鐵右端吸附 1 顆鋼珠時，左端鋼珠射出受磁力吸引，右端鋼珠仍會原地停止不動，猜測原因是磁鐵的磁力大於往右方向運動的力，以致鋼珠會原地靜止不動。
- 六、在斜面軌道實驗中，我們發現斜面軌道運動，會讓磁鐵右端的鋼珠射出的速度變快，是因為鋼珠從斜面下滑時速度是加快的，比手動射出速度來的快。從實驗數據中顯示，磁鐵右端鋼珠數量有造成最外邊鋼珠射出的速度改變，推測是最外端受磁力較弱，以致鋼珠可以較快速度射出。
- 七、在斜面軌道實驗中，我們發現 2 顆磁鐵會比 1 顆磁鐵讓最右邊的鋼珠速度更快射出。我們設計 2 顆磁鐵間距 10cm，和 1 顆磁鐵的數據比較，發現 2 顆磁鐵的鋼珠速度是 212.2cm/s 是 1 顆磁鐵的鋼珠速度 181.82cm/s 的 1.16 倍。
- 八、未來建議，從實驗中我們發現兩顆磁鐵可以讓鋼珠射出去的速度大於 1 顆磁鐵，可是我們還沒有掌握到讓鋼珠速度最大化的方法，所以我們之後會進行磁鐵數量、磁鐵間距或者改變軌道的材質，試著找到一個讓鋼珠射出速度更快的方法。

#### 肆、參考資料及其他

- 一、維基百科牛頓擺 [牛頓擺- 維基百科，自由的百科全書](#)
- 二、國立台中教育大學科學遊戲實驗室 [NTCU 科學遊戲 Lab：磁力砲彈](#)