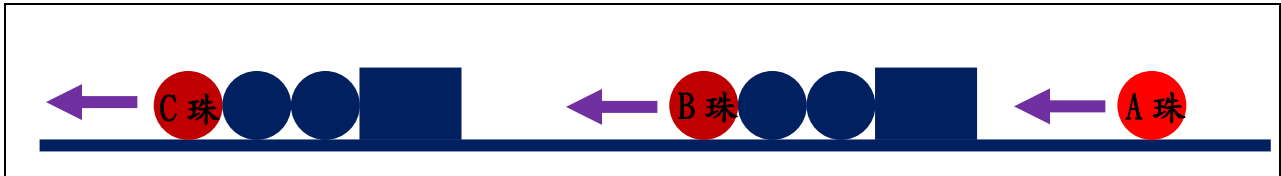


# 【2020 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 國中組 成果報告表單

|   |
|---|
| <b>題目名稱：磁軌砲簡易測速</b>   |
| <b>一、摘要：</b>  |
| 磁軌砲是利用磁鐵的磁力讓鋼珠加速而產生動能，再藉由鋼珠的正向磁撞的過程將動能一個接著一個傳遞出去。去年我們參加了一個使用科學原理製造玩具的比賽，那時我們拿平常容易看到的磁鐵當題目，之後我們又看到關於鋼珠和磁力的科學實驗，因此對這個題目產生了興趣，進一步對鋼珠與磁鐵做研究。透過不同的珠子串聯成加速器、和不同加速器的數量和間隔。這些都是土法練鋼的方式來操作，包含不同材質軌道、軌道的大小、加速系統鋼珠組合、加速系統距離.....等，都沒有一種可以快速達成高速的完美作法。後來我們藉由手機的拍攝讓我們可以利用手邊的工具將速度進行量化，讓我們可以更了解磁鐵和鋼珠間力的作用。  |
| <b>二、探究題目與動機</b>  |
| 我們利用簡易手機測速，探討磁軌砲不同鋼珠數量之平均速度差異。所利用手機拍攝原理則是「幀」(frame)，就是每一秒里的「照片」張數，現在手機的幀率( frame per second / fps)都有極好的表現，一般由肉眼產生連貫的動態感，大約 24 幀左右，肉眼就不會感到明顯的卡頓感。所以許多手機的功能都已接近相機的功能，備有「高幀率」可以獲得更多影像的細節。<br> <p>利用相機的功能可以獲得較大幀率的影片，只是檔案的容量通常相對是很大的。幸好我們所量測的碰撞效果是短暫的，若再配合微軟上所配置的影片編輯器，再將時間軸放大。雖然放大就造成卡頓感，但利用此卡頓的時間差和影像的微小變動就可以得到鋼珠的平均速度。</p> |
| <b>三、探究目的與假設</b>  |

由能量守恆定律得知，一個系統的總能量永遠保持固定，不會無中生有，也不會憑空減少或消失。在磁力槍的實驗中，A 鋼珠增加的動能從何而來？B 鋼珠為何又可以彈射出去？



一開始 A 鋼珠為靜止狀態，手放開後被第一顆強力磁鐵吸引而具有動能，當撞擊到第一個強力磁鐵時，A 鋼珠會被第一顆強力磁鐵吸住而靜止，動能隨即傳遞給另一邊三顆鋼珠，其中第一顆及第二顆被強力磁鐵吸引住而不動，而第三顆被彈射出去，所以在沒有摩擦力的情況之下，原本動能全部轉換到第三顆鋼珠身上而彈出。B 鋼珠受第二個強力磁鐵吸引而加速運動，速度及動能會比原本 A 鋼珠的增加，B 鋼珠在撞擊第二個強力磁鐵時，一樣在無摩擦力的情況之下，B 鋼珠全部的動能會全部轉換給 C 鋼珠，所以最後一顆鋼珠速度會比原本的 A 鋼珠快。

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### 一、研究步驟

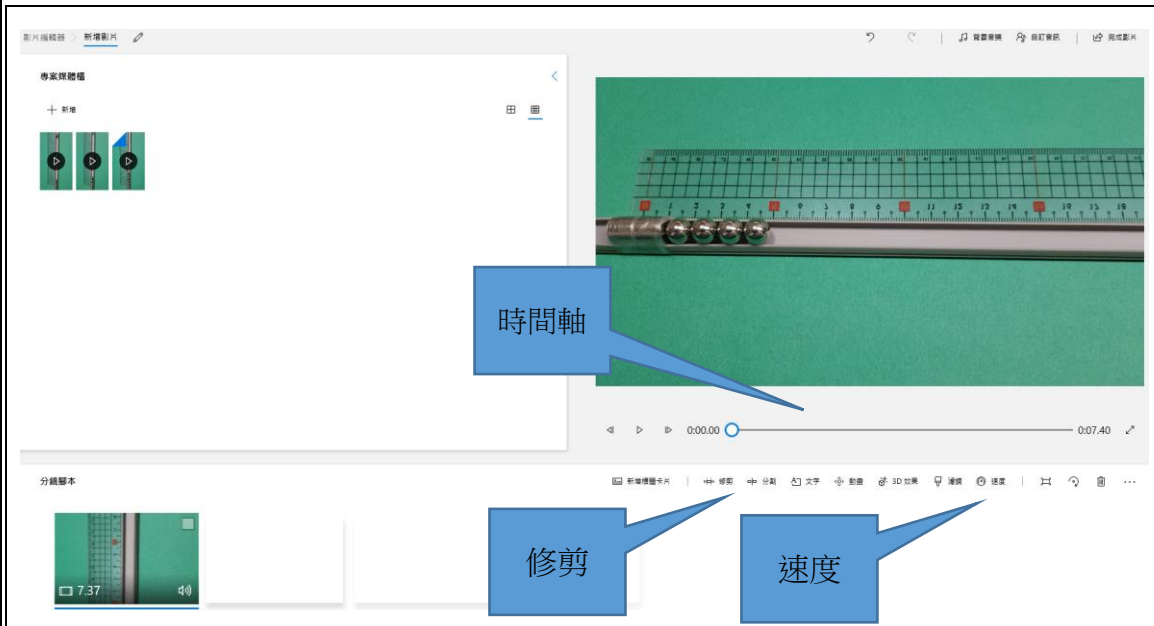
- 1.不同變項:加速器鋼珠數量。
- 2.鋁合金做為鋼珠運動的軌道裝置，並選擇強力磁鐵直徑 1cm，厚度為 2cm，加速系前端分別為 2 顆、3 顆、4 顆鋼珠做組合，觀察並記錄鋼珠的彈射平均速度。
- 3.手機設置為錄影模式，並將鏡頭的位置定在磁鐵的位置，旁邊放置直尺，直尺的原點為兩顆強力磁鐵的中間處。所得影像為 MP4 檔案，相關設置如圖所示：

##### 視訊

|       |            |
|-------|------------|
| 長度    | 00:00:07   |
| 畫面寬度  | 1920       |
| 畫面高度  | 1080       |
| 資料速度  | 14795kbps  |
| 總位元速率 | 15064kbps  |
| 框架速度  | 29.83 畫面/秒 |

- 4.利用微軟的影片編輯器處理檔案，首先從專業媒體櫃新增所需編輯的影片檔，再將影片檔連結拉至下方的分鏡腳本中進行影片的編輯。可從功能鍵上修剪合適的影片長度，再修改播放的速度至 0.02 倍即可收看珠子移動的情形。
- 5.記錄時間軸和珠子所在的座標，利用平均速度的定義來計算珠子移動時的速度。

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x-x_0}{t-t_0}$$



## 二、研究結果

### 1. 前端分別為 2 顆

| 位置(cm) | 時間軸(s*50 倍) | 時間(s)  | 平均速度(cm/s)  |
|--------|-------------|--------|-------------|
| 3.5    | 1.9         | 0.038  | 58.68544601 |
| 6      | 4.03        | 0.0806 | 38.63636364 |
| 7.7    | 6.23        | 0.1246 | 35.71428571 |
| 9.2    | 8.33        | 0.1666 | 23.4741784  |
| 10.2   | 10.46       | 0.2092 | 16.12903226 |
| 10.9   | 12.63       | 0.2526 | 16.43192488 |
| 11.6   | 14.76       | 0.2952 | 16.35514019 |
| 12.3   | 16.9        | 0.338  | 13.88888889 |
| 12.9   | 19.06       | 0.3812 | 16.35514019 |
| 13.6   | 21.2        | 0.424  |             |

### 2. 前端分別為 3 顆

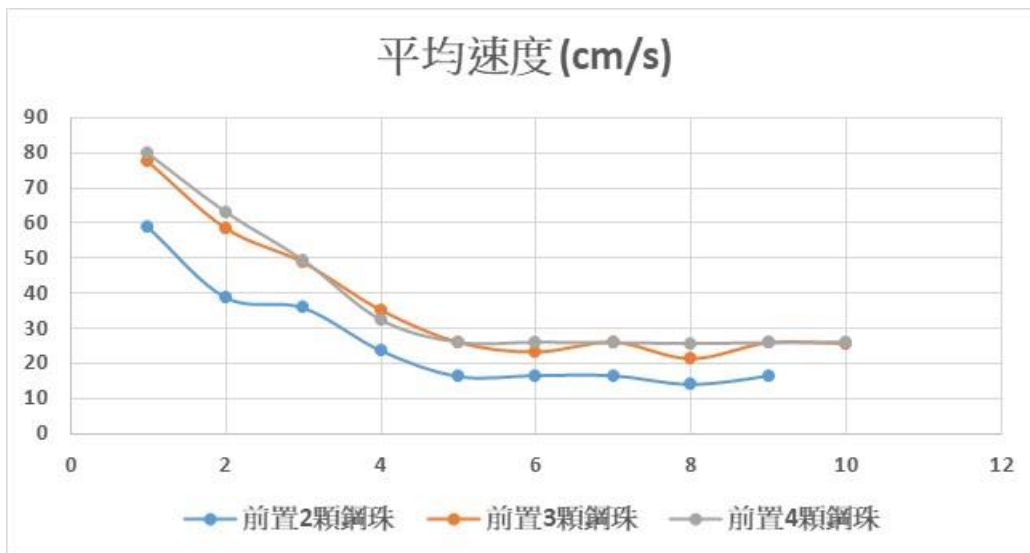
| 位置(cm) | 時間軸(s*50 倍) | 時間(s)  | 平均速度(cm/s)  |
|--------|-------------|--------|-------------|
| 10.2   | 25.93       | 0.5186 | 77.46478873 |
| 13.5   | 28.06       | 0.5612 | 58.41121495 |
| 16     | 30.2        | 0.604  | 48.61111111 |
| 18.1   | 32.36       | 0.6472 | 35.04672897 |
| 19.6   | 34.5        | 0.69   | 25.82159624 |
| 20.7   | 36.63       | 0.7326 | 23.04147465 |

|      |       |        |             |
|------|-------|--------|-------------|
| 21.7 | 38.8  | 0.776  | 25.82159624 |
| 22.8 | 40.93 | 0.8186 | 21.12676056 |
| 23.7 | 43.06 | 0.8612 | 25.70093458 |
| 24.8 | 45.2  | 0.904  | 25.46296296 |
| 25.9 | 47.36 | 0.9472 | 27.91878173 |
| 27   | 49.33 | 0.9866 | 22.42152466 |
| 28   | 51.56 | 1.0312 |             |

3. 前端分別為 4 顆

| 位置(cm) | 時間軸(s*50 倍) | 時間(s)  | 平均速度(cm/s)  |
|--------|-------------|--------|-------------|
| 11.8   | 1.23        | 0.0246 | 79.81220657 |
| 15.2   | 3.36        | 0.0672 | 63.08411215 |
| 17.9   | 5.5         | 0.11   | 49.29577465 |
| 20     | 7.63        | 0.1526 | 32.25806452 |
| 21.4   | 9.8         | 0.196  | 25.82159624 |
| 22.5   | 11.93       | 0.2386 | 25.82159624 |
| 23.6   | 14.06       | 0.2812 | 25.70093458 |
| 24.7   | 16.2        | 0.324  | 25.46296296 |
| 25.8   | 18.36       | 0.3672 | 25.70093458 |
| 26.9   | 20.5        | 0.41   | 25.82159624 |
| 28     | 22.63       | 0.4526 |             |

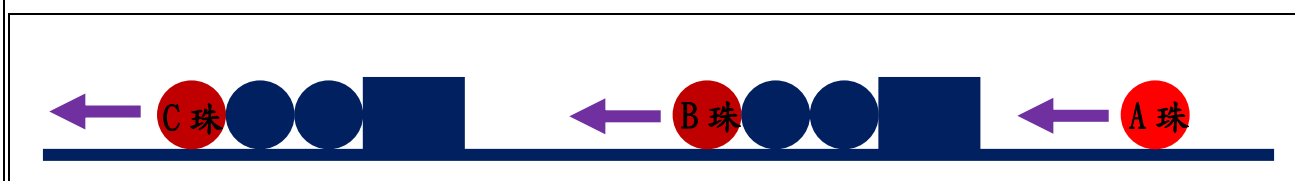
實驗結果，再以 Excel 作圖分析。數列分別為前端為 2 顆、3 顆、4 顆。



數據顯示，加速系統組合為 2 顆時，因吸力作用讓珠子的初速度僅有 59cm/s，再加上磁鐵會吸引珠子造成負的加速度讓珠子 6cm 的範圍內再受磁力減弱，遠離磁鐵後則以等速度

運動。加速系統組合為 3-4 顆時，因吸力作用較弱讓珠子的初速度有 77-80cm/s，及後續負的加速度作用，但較快到達等速度運動。

若選擇加速系統為 3 顆的鋼珠，則距離下一組加速系統應該在 6cm 之外，即扣除 3 個珠子的距離為 3cm，每組加速系統應該距離為 3cm、4cm、5cm 以上，其彈射距離皆會隨著加速系統的組數而增加，其中以 1 組增為 2 組的彈射距離增加比例最好，到了 3 組、4 組、5 組就沒這麼明顯。

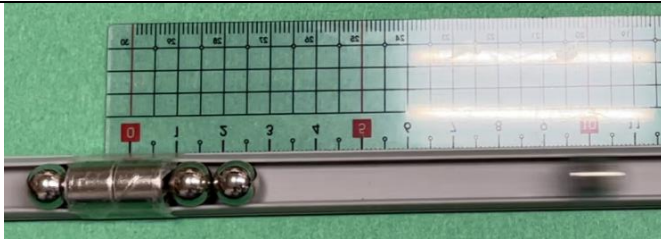


## 五、結論與生活應用

拍攝數據顯示，加速系統組合為 2 顆時，珠子的初速度僅有 59cm/s，且磁鐵會吸引珠子造成負的加速度讓珠子 5cm 的範圍內再受磁力減弱，遠離磁鐵後則以等速度運動。加速系統組合為 3-4 顆時，因吸力作用較弱讓珠子的初速度有 77-80cm/s，及後續負的加速度作用，但較快到達等速度運動。

高幀率拍攝，有它的優勢，也同時有著各種不足；拍攝時，最好就按自己需求來使用。高幀率拍攝會降低拍攝的清晰度，應該使用高幀率拍攝的場景包含需要使用慢動作播放的場景、需要突出拍攝對象的立體感、和需要突出動作的連貫性時。所以拍攝電影有其固定的幀率否則會喪失電影的真實感。還有高幀率可以用來手機測速，許多應用軟體 APP 都有利用手機的功能來設計測速，非常實用。利用手機可以改變不同的幀率，若幀率不同，較高的幀率對於動態的珠子影像會更加明顯，對於我們要得到的平均速度就會更準確。





60fps

#### 參考資料

<https://www.youtube.com/watch?v=oHtf8dVSB9M>

註：

1. 報告總頁數以 6 頁為上限。
2. 除摘要外，其餘各項皆可以用文字、手繪圖形或心智圖呈現。
3. 沒按照本競賽官網提供「表單」格式投稿，不予錄取。
4. 建議格式如下
  - 中文字型：微軟正黑體；英文、阿拉伯數字字型：Times New Roman
  - 字體：12pt 為原則，若有需要，圖、表及附錄內的文字、數字得略小於 12pt，不得低於 10pt
  - 字體行距，以固定行高 20 點為原則
  - 表標題的排列方式為向表上方置中、對齊該表。圖標題的排列方式為向圖下方置中、對齊該圖