

嘉義市第38屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：物理科

組別：國中組

作品名稱：鋼珠與磁鐵的邂逅—探討鋼珠發射速率的影響因素

關鍵詞：高斯槍、鋼珠撞擊距離、tracker

摘要

在不同的磁鐵、鋼珠組合下，會使發射速率大有不同，我們探討如何在不同組合下讓鋼珠跑的最快，分別使用腳架和高幅率的相機，並利用 Tracker 分析。當鋼珠數增加時，彈出速率會隨鋼珠數量增加而變快；當磁鐵的組數相同時，增加越多磁鐵，發射速率所能達到的最大值越小；不同鋼珠撞擊距離中，鋼珠撞擊距離越長，發射速率隨之減少；當磁鐵組數越多時，發射速率越快。

壹、 研究動機



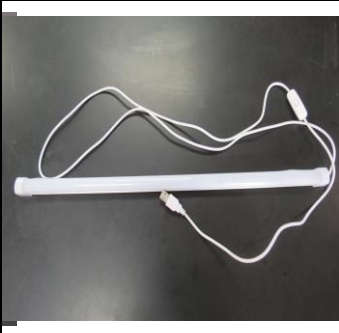
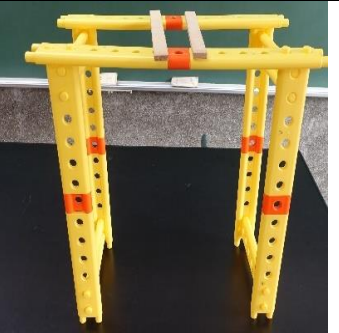







之前在 youtube 看到有人示範高斯槍的射擊並講解它的原理。影片的裝置是以磁鐵的吸引力，吸近一邊的鋼珠，使其與磁鐵碰撞後，讓另一端的鋼珠高速射出，這個現象令我們感到驚奇，沒想到這些質量很小的磁鐵和鋼珠一旦撞在一起竟能產生如此龐大的威力！因此我們進行了這次的實驗，想了解改變鋼珠、磁鐵數量、鋼珠撞擊距離長短以及高斯槍組數影響鋼珠的射出速率，找出能使發射速率最快的組合！

貳、 研究目的

- 一、 探討改變鋼珠數目對發射速率的關係
- 二、 探討改變磁鐵數目對發射速率的關係
- 三、 探討改變鋼珠撞擊距離對發射速率的關係
- 四、 探討改變高斯槍組數對發射速率的關係

參、 研究設備及器材

一、 實驗器材:

			
電子天平	紅色膠帶	燈管	相機座台
			
軌道	強力磁鐵	熱熔膠槍	黃色膠帶
			
鋼珠 (每顆 4.1g)	壓克力黏著劑	攝影機	

二、 分析軟體:

(一) Tracker (分析發射速率隨時間的變化)

(二) Excel (製作不同變因下發射速率的比較圖表)

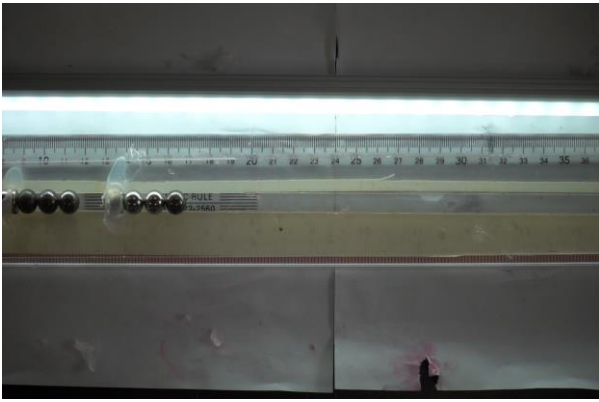
肆、 名詞解釋

一、 鋼珠撞擊距離：前一組的末端鋼珠到下一組的第一顆磁鐵間的距離

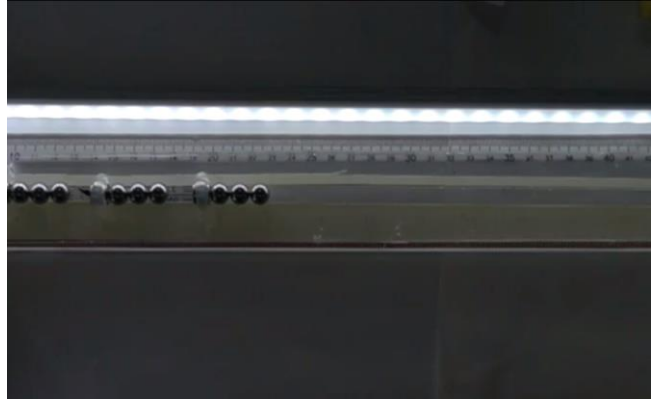
二、 磁鐵組數：如圖 (一)、(二)、(三)、(四)

三、 發射速率：最後一顆鋼珠的發射速率，取多次實驗的平均值

四、 最大速率：最後一顆鋼珠發射過程中的最大速率，取多次實驗的平均值



圖（一） 磁鐵組數 2 組



圖（二） 磁鐵組數 3 組



圖（三） 磁鐵組數 4 組



圖（四） 磁鐵組數 5 組

伍、 研究過程與方法

tracker 分析步驟：

<p>一、開啟 tracker 軟體</p> 	<p>二、輸入影片 (在此以 2 顆鋼珠作為範例)</p> 
<p>三、新增座標軸</p> 	<p>四、新增校正桿 (以尺做為已知長度的物體)</p> 
<p>五、設定影片的起始影格 (此範例為 556) 並設定影格率 (960fps)</p>	<p>六、新增質量 A 並設定物體質量 (鋼珠為 4.1g)</p>
	

七、定位鋼珠發射過程中每 1 影格的質點



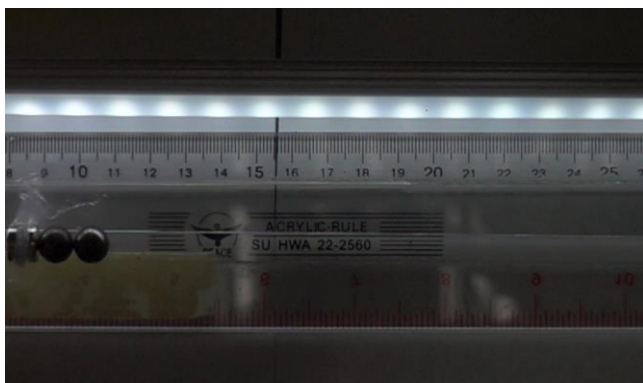
八、將 tracker 分析得出的資料轉貼到 excel

t (s)	x (m)	v _x (m/s)
0.000	1.538E-2	
0.001	1.689E-2	1.728
0.002	1.898E-2	2.028
0.003	2.111E-2	2.134
0.004	2.343E-2	2.081
0.005	2.545E-2	1.957
0.006	2.750E-2	2.116
0.007	2.986E-2	2.063
0.008	3.180E-2	2.028
0.009	3.408E-2	2.081
0.010	3.614E-2	2.063
0.011	3.838E-2	2.028
0.012	4.036E-2	2.098
0.014	4.275E-2	2.363
0.015	4.528E-2	2.134
0.016	4.719E-2	1.922
0.017	4.929E-2	2.098
0.018	5.157E-2	1.992
0.019	5.344E-2	2.204
0.020	5.616E-2	2.134
0.021	5.788E-2	

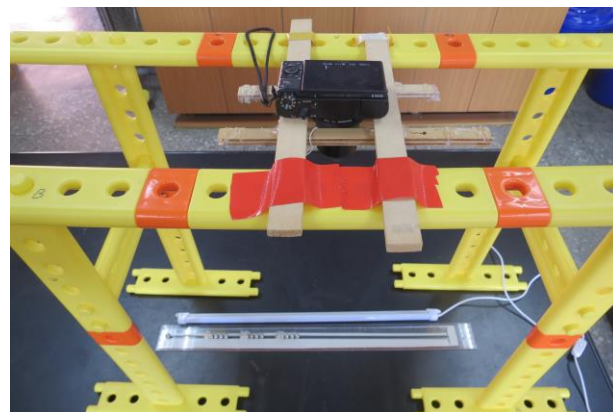
實驗一：藉由改變鋼珠的數量，觀察發射速率隨時間的變化，並比較不同鋼珠數中平均資料的最大速率。

過程與方法：

- 一、將 1 個強力磁鐵用熱熔槍黏在軌道上，其後放置 2 顆鋼珠，如圖（五）。
- 二、架好相機座台並在其上方放置相機，其中相機調成高幅率模式（960fps），如圖（六）。
- 三、使鋼珠自然受到磁鐵的吸引而撞擊磁鐵，讓另一端的鋼珠以高速射出，重複進行五次。
- 四、用相機攝影記錄，並用 tracker 分析發射速率對時間的關係。
- 五、重複以上實驗過程，將鋼珠數依序改為 3~5 顆進行實驗。



圖(五) 2 顆鋼珠示意圖



圖(六) 相機拍攝情況圖

實驗二：藉由改變磁鐵的數量，觀察發射速率隨時間的變化，並比較不同磁鐵數中平均資料中的最大速率。

過程與方法：

- 一、將 1 個強力磁鐵用熱熔槍黏在軌道上，其後放置 3 顆鋼珠
- 二、同實驗一步驟二~四
- 三、重複以上實驗過程，將磁鐵數依序改為 2~5 個進行實驗。

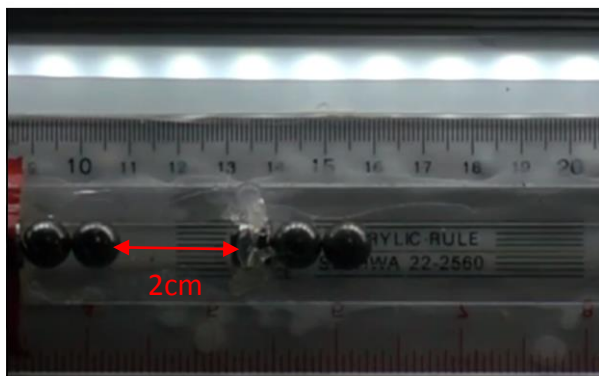
實驗三：藉由改變鋼珠撞擊距離，觀察發射速率隨時間的變化，並比較不同鋼珠撞擊距離中末端鋼珠發射過程中的最大速率。

過程與方法：

- 一、將 1 個強力磁鐵用熱熔槍黏在軌道上，其後放置 3 顆鋼珠，且組數固定為 2 組，2 間的距離為 2cm，如圖（七）

二、同實驗一步驟二～四

三、重複以上實驗過程，將鋼珠撞擊距離依序改為 3~6 cm 進行實驗



圖(七) 鋼珠撞擊距離示意圖

實驗四：藉由改變磁鐵組數，觀察發射速率隨時間的變化，並比較不同組數中平均資料的最大速率。

過程與方法:

- 一、將 1 個強力磁鐵用熱熔槍黏在軌道上，其後放置 3 顆鋼珠，設置 2 組高斯槍，且鋼珠撞擊距離固定為 2cm。
- 二、同實驗一步驟二～四
- 三、重複以上實驗過程，將組數依序改為 3~5 組進行實驗

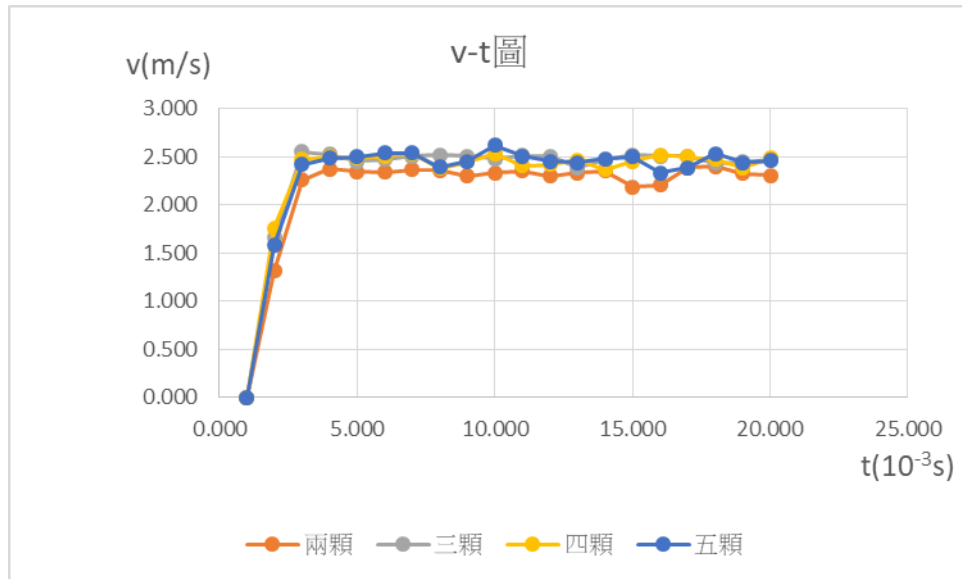
陸、研究結果與討論

實驗一研究結果:

- 一、 將用 tracker 分析得到的 2 顆鋼珠中的五組數據做平均，並找出平均資料中的最大速率
- 二、 3、4、5 顆同以上操作方式，整理後得表（一）、表（二）
- 三、 將表（一）、表（二）製成 excel 圖表可得圖（八）、圖（九）

表（一） 不同鋼珠數中發射速率對時間的關係表

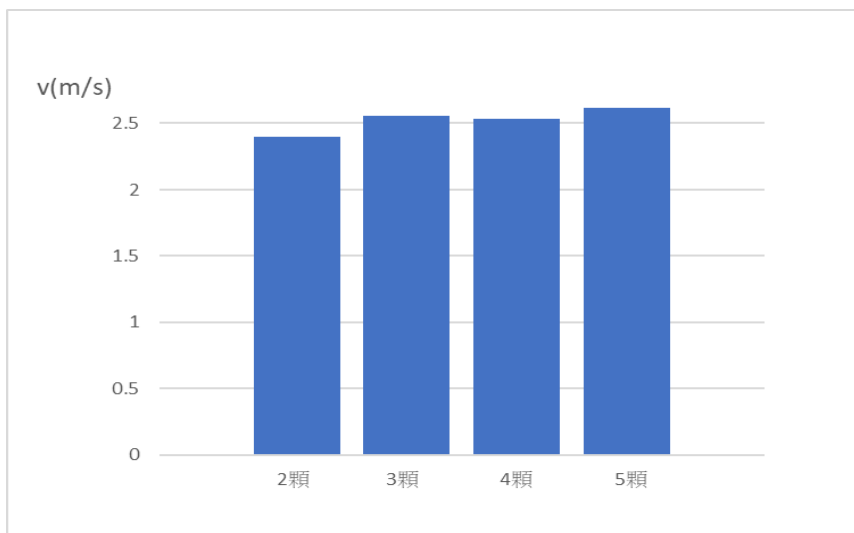
時間 (10^{-3} s)	2 顆 v(m/s)	3 顆 v(m/s)	4 顆 v(m/s)	5 顆 v(m/s)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.042	1.310	1.658	1.757	1.579
2.083	2.262	2.556	2.475	2.420
3.125	2.372	2.527	2.498	2.484
4.167	2.349	2.454	2.483	2.500
5.208	2.338	2.471	2.507	2.540
6.250	2.365	2.504	2.531	2.542
7.292	2.360	2.517	2.382	2.395
8.333	2.300	2.506	2.443	2.451
9.375	2.333	2.479	2.536	2.616
10.417	2.355	2.510	2.408	2.503
11.458	2.300	2.508	2.417	2.456
12.500	2.336	2.385	2.466	2.442
13.542	2.355	2.469	2.366	2.480
14.583	2.183	2.520	2.450	2.502
15.625	2.207	2.507	2.520	2.332
16.667	2.384	2.506	2.498	2.384
17.708	2.398	2.433	2.470	2.530
18.750	2.329	2.449	2.384	2.438



圖（八） 不同鋼珠數中發射速率對時間的折線圖

表（二） 不同顆數中的最大速率關係表

	2 顆	3 顆	4 顆	5 顆
最大瞬時速率 (m/s)	2.398	2.556	2.536	2.616



圖（九） 不同顆數中的最大速率比較圖

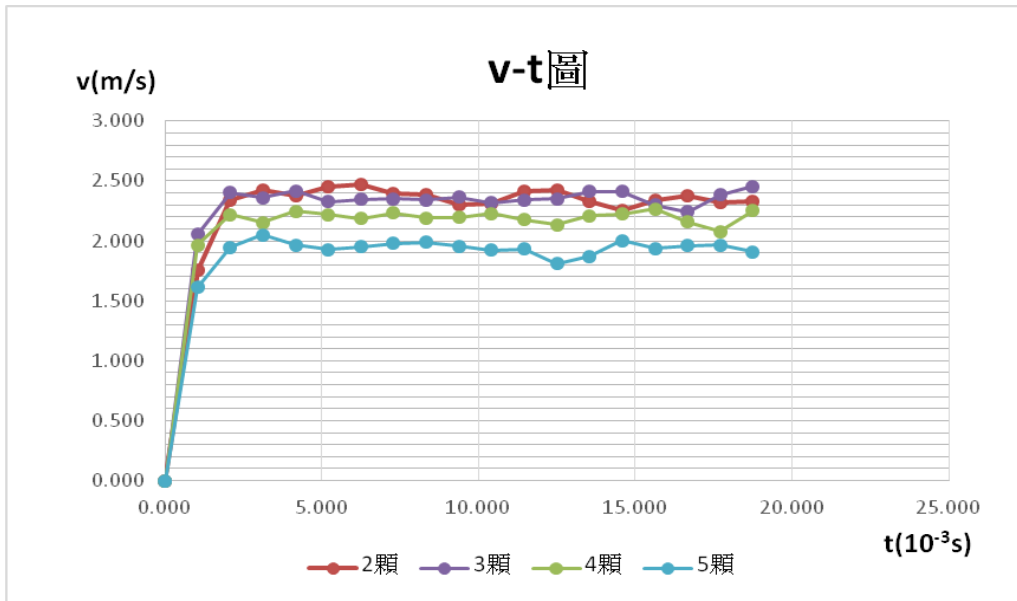
由以上圖表得知，鋼珠數量越多，發射速率越快。隨著鋼珠數量的增加，與磁鐵的距離變大，所受磁力也隨之變小，使得鋼珠的發射速率較快。

實驗二研究結果:

- 一、 將用 tracker 分析得到的 2 顆磁鐵中的五組數據做平均，並找出平均資料中的最大速率。
- 二、 3、4、5 個同以上操作方式，整理後得表（三）、表（四）。
- 三、 將（三）、表（四）製成 excel 圖表可得圖（十）、圖（十一）。

表（三） 不同磁鐵數中發射速率對時間的關係表

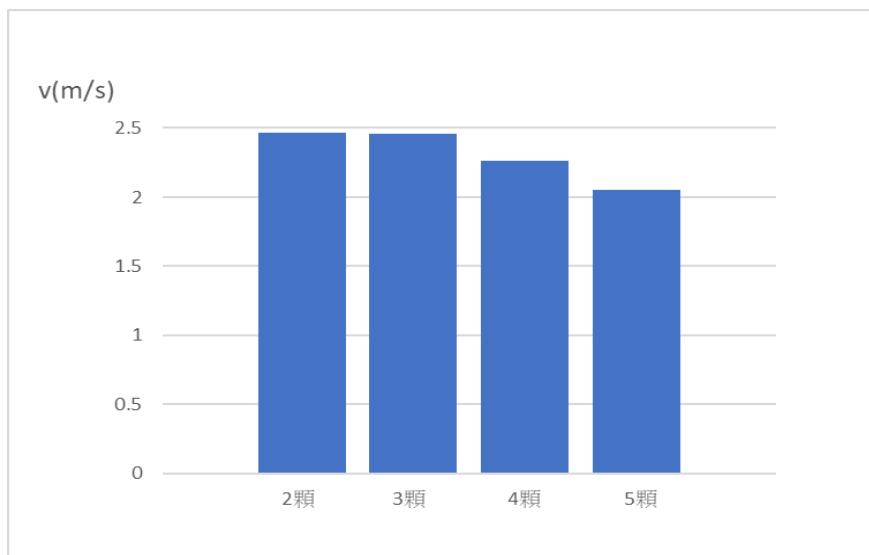
時間 (10^{-3} s)	2 顆 v(m/s)	3 顆 v(m/s)	4 顆 v(m/s)	5 顆 v(m/s)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.042	1.760	2.054	1.964	1.614
2.083	2.338	2.403	2.219	1.947
3.125	2.420	2.362	2.152	2.051
4.167	2.373	2.416	2.249	1.967
5.208	2.453	2.330	2.218	1.927
6.250	2.468	2.344	2.186	1.950
7.292	2.396	2.350	2.235	1.977
8.333	2.383	2.342	2.190	1.989
9.375	2.306	2.363	2.194	1.953
10.417	2.307	2.318	2.228	1.924
11.458	2.417	2.341	2.179	1.932
12.500	2.427	2.353	2.136	1.812
13.542	2.328	2.412	2.212	1.872
14.583	2.256	2.414	2.226	2.004
15.625	2.341	2.297	2.266	1.935
16.667	2.377	2.244	2.157	1.962
17.708	2.323	2.384	2.080	1.965
18.750	2.326	2.457	2.252	1.910



圖（十一）不同磁鐵數中末端鋼珠發射速率對時間的折線圖

表（四）不同磁鐵數中的最大速率關係表

	2 顆	3 顆	4 顆	5 顆
最大瞬時速率 (m/s)	2.468	2.457	2.266	2.051



圖（十二）不同磁鐵數中末端鋼珠射出的最大速率比較圖

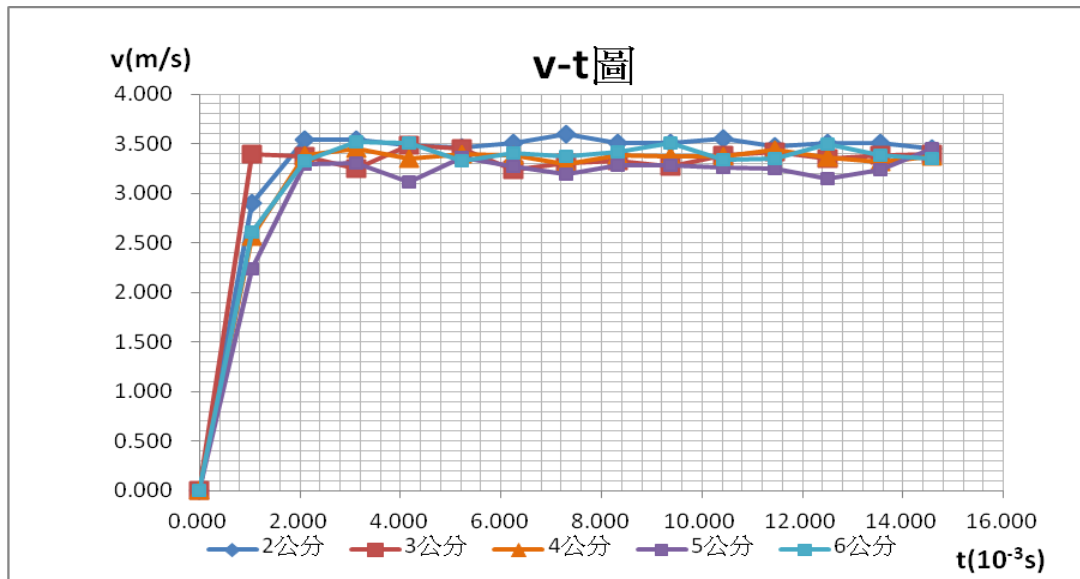
由以上圖表可以發現，當增加越多磁鐵時，發射速率所能到達的最大值越小，是因為當磁鐵數量增加時，磁鐵給予被撞擊出去的鋼珠較大的吸引力，而導致鋼珠射出的速率變慢。

實驗三研究結果:

- 一、 將用 tracker 分析得到的鋼珠撞擊距離 2cm 中的五次數據做平均，並找出平均資料中的最大速率
- 二、 3、4、5、6cm 同以上操作方式，整理後得表（五）、表（六）
- 三、 將表（五）、表（六）製成 excel 圖表可得圖（十三）、圖（十四）

表（五） 不同鋼珠撞擊距離中發射速率對時間的關係表

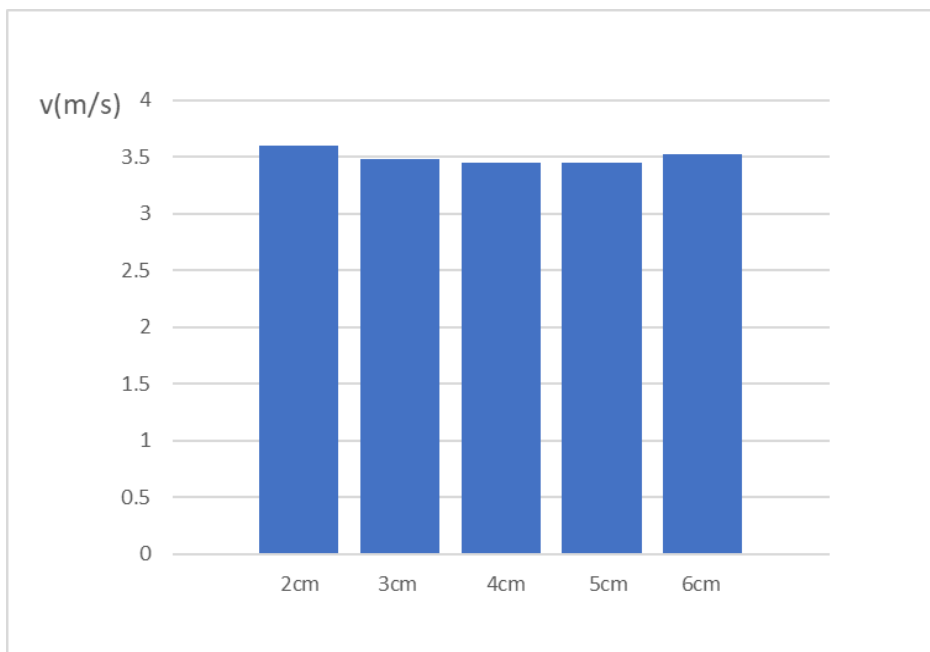
時間 (10^{-3} s)	2cm v (m/s)	3cm v (m/s)	4cm v (m/s)	5cm v (m/s)	6cm v (m/s)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.042	2.905	3.393	2.566	2.239	2.606
2.083	3.542	3.377	3.385	3.288	3.328
3.125	3.546	3.249	3.447	3.306	3.520
4.167	3.486	3.485	3.348	3.116	3.503
5.208	3.457	3.454	3.391	3.361	3.328
6.250	3.509	3.233	3.389	3.266	3.407
7.292	3.596	3.301	3.293	3.188	3.376
8.333	3.505	3.322	3.385	3.283	3.419
9.375	3.506	3.270	3.367	3.281	3.510
10.417	3.551	3.383	3.371	3.260	3.338
11.458	3.479	3.421	3.445	3.254	3.348
12.500	3.502	3.351	3.356	3.152	3.501
13.542	3.501	3.388	3.317	3.237	3.384
14.583	3.451	3.397	3.368	3.446	3.355



圖（十三） 不同鋼珠撞擊距離中發射速率對時間的折線圖

表（六） 不同鋼珠撞擊距離中的最大速率關係表

	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm
最大瞬時速率 (m/s)	3.596	3.485	3.447	3.446	3.520



圖（十四） 不同鋼珠撞擊距離中最大速率比較圖

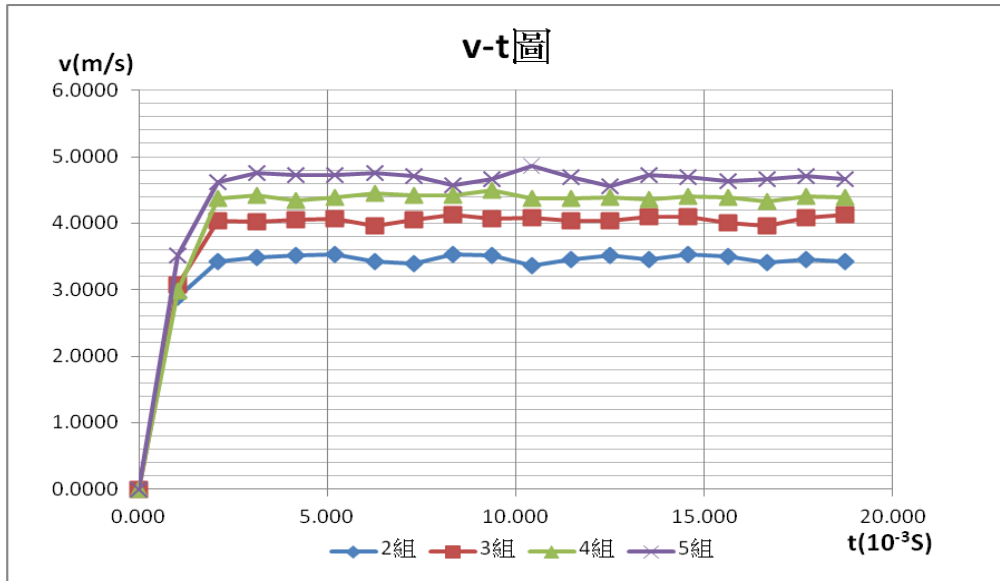
由以上圖表可得知，鋼珠撞擊距離的長短對鋼珠發射速率的影響，速率會隨著間距變長而稍微減慢。因為磁鐵間距越長，軌道與鋼珠間摩擦力所做的負功量值越大，鋼珠的動能耗損越多，速率就越小。

實驗四研究結果：

- 一、 將用 tracker 分析得到的 2 組中的五次數據做平均，並找出平均資料中的最大速率
- 二、 3、4、5 組同以上操作方式，整理後得表（七）、表（八）
- 三、 將表（五）、表（六）製成 excel 圖表可得圖（十五）、圖（十六）

表（七） 不同磁鐵組數中發射速率對時間的關係表

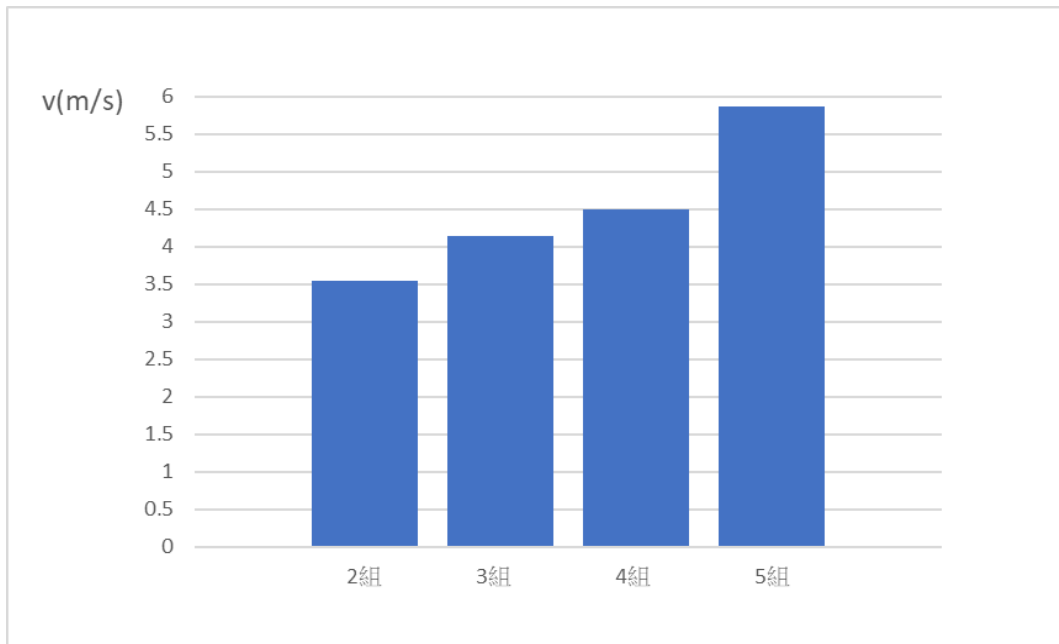
時間 (10^{-3} s)	2 組 v(m/s)	3 組 v(m/s)	4 組 v(m/s)	5 組 v(m/s)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.042	2.880	3.077	2.985	3.518
2.083	3.425	4.043	4.378	4.625
3.125	3.488	4.016	4.413	4.751
4.167	3.515	4.058	4.345	4.731
5.208	3.530	4.067	4.384	4.731
6.250	3.428	3.958	4.455	4.749
7.292	3.393	4.048	4.422	4.715
8.333	3.524	4.133	4.426	4.579
9.375	3.514	4.067	4.488	4.660
10.417	3.359	4.078	4.367	4.866
11.458	3.452	4.039	4.379	4.692
12.500	3.514	4.043	4.384	4.564
13.542	3.452	4.092	4.356	4.725
14.583	3.537	4.091	4.402	4.689
15.625	3.496	4.012	4.390	4.626
16.667	3.413	3.964	4.325	4.657
17.708	3.461	4.082	4.409	4.707
18.750	3.423	4.128	4.381	4.670



圖（十五）不同磁鐵組數中發射速率對時間的折線圖

表（八） 不同磁鐵組數中的最大速率關係表

	2 組	3 組	4 組	5 組
最大瞬時速率 (m/s)	3.537	4.133	4.488	5.866



圖（十六）不同磁鐵組數中的最大速率比較圖

由以上圖表得知，當磁鐵組數越多時發射速率越快，我們藉由參考文獻資料後，推論導致此結果的原因是鋼珠在傳遞過程中會受到高斯槍的不斷加速而使速率越來越快，因此當組數越多時，發射速率越快。

柒、結論

- 一、由實驗一得知，發射速率會隨著鋼珠數量增加而變多。因為鋼珠數量越多離磁鐵越遠，所受磁力也越小，使得撞擊後的發射速率較大。
- 二、由實驗二得知，當增加越多磁鐵時，發射速率越來越慢。因為磁鐵數量越多，鋼珠所受磁力越大，撞擊後的發射速率受吸引力作用而減少。
- 三、由實驗三得知，當增加鋼珠撞擊距離時，發射速率隨著距離增加而減少。雖然實驗中的間距差異比較小，但是仍然能得到速率會稍微減少的實驗結果，因為磁鐵間距越大，鋼珠的滑行距離就越長，摩擦力消耗的能量也越多，使得發射速率變小。
- 四、由實驗四得知，當高斯槍組數越多時，發射速率越快，在兩組到五組磁鐵的實驗中，五組的速率最大，因為每一組磁鐵都給予鋼珠加速的能量，所以磁鐵組數越多鋼珠速率越快。
- 五、從以上的實驗數據中，我們可以得知，如果要增加磁鐵的速率，最有效的方式就是增加磁鐵的組數。磁鐵組數改變造成的速率變化比磁鐵間距、鋼珠顆數、磁鐵個數還要明顯。

捌、參考資料及其他

- 一、 佑來了 高斯槍影片:<https://www.youtube.com/watch?v=xTEhMdII84A>
- 二、 國立台中教育大學 科學教育與應用學系 科學遊戲 磁力砲彈
<http://scigame.ntcu.edu.tw/electric/electric-032.html>