

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱:未來科幻武器-高斯磁力炮

一、摘要

這份研究主要研究的方向為:探討高斯磁力炮的原理、製作高斯磁力炮、調整個細節以強化高斯磁力炮的威力。高斯磁力炮的原理:一顆強力磁鐵的一端吸住三顆鋼珠,另一端則是在磁力作用的最遠距離放一顆鋼珠,利用磁力的吸引加速使它撞向磁鐵,進而導致另一端的鋼珠高速噴出。而我們在了解高斯磁力炮的原理後,製作了一把高斯磁力炮,我們發現有許多可以調整的變因,我們將以此為研究基礎,進而製作出子彈速度最快的高斯槍。

二、探究題目與動機

高斯槍的原理是利用磁鐵產生的位能轉換成使鋼珠射出的動能。在科幻電影或遊戲中,常常有一種叫「高斯槍」、「高斯來福槍」、「磁軌槍」等聽起來很酷的槍,不久又在社群媒體、購物網站上看到有人在賣已經做好的高斯槍,我透過網路資料發現這種槍的原理並非無法實現,我很好奇這種磁力槍的原理,希望可以透過這項研究來了解原理並自製一把「高斯槍」。磁力槍大致上分為三種,一種是用漆包線線圈纏繞於管子並且上通以直流電使線圈產生強大的磁力吸引磁性材料製成的子彈以高速射出、另一種則是將金屬子彈橫跨於兩條金屬軌道上,將金屬軌道通以直流電,子彈就會受到羅倫茲力的作用產生以推進力使子彈高速射出。而我們這次將製作的是高斯槍,高斯槍的原理是將磁鐵後方吸上三顆鋼珠,在磁鐵的前方磁場影響範圍最遠處放上一顆鋼珠,當鋼珠受磁力吸引而高速衝向磁鐵,使的另一端的鋼珠以高速射出。

三、探究目的與假設

一、探討高斯槍的原理

- (一)高斯槍是由一個磁鐵及幾個鋼珠組成的直線加速器。當一個鋼珠受磁力吸引朝磁鐵高速前進,磁鐵的吸引力加速了這顆鋼珠,鋼珠越接近磁鐵,吸引力越大,加速度也越大,當鋼珠撞擊到磁鐵時,能量經由碰撞傳遞至磁鐵另一側鋼珠上,碰撞後的鋼珠獲得能量,加速向前運動。
- (二)依據動量守恆原理,若磁鐵可自由活動,則磁鐵與鋼珠(包括入射鋼珠以及射出鋼珠以及始終被磁鐵吸附的鋼珠)可滿足動量守恆,但此時射出鋼珠速度與入射鋼珠末速度也不會相等,因磁鐵質量與鋼珠質量不相同,因此動量傳遞上會有衰減。另外,因磁鐵是固定的,因此碰撞系統需考慮至整個彈道的基座質量,甚至還有基座與桌面的摩擦力(因此動量不守恆),至於桌面與基座摩擦力在加速方面有正面或負面效益還有待討論。
- (三)首先,因此裝置可視為一維系統,又鋼珠與磁鐵在同距離的情況下,鋼珠所受磁力是相同的,因此在任一加速過程中,磁力對鋼珠所作的功是相同的,所以任一加速過程中,鋼珠獲得固定的動能。又因若要將速度增為 n 倍,所需動能為 n^2 倍,因此鋼珠的加速效果其實是隨速度增加而降低的。

二、自製一把高斯槍

在軌道上放一顆磁鐵,磁鐵的前方吸上三顆鋼珠,另一邊則在磁力可吸引的最遠距離放一顆鋼珠,並用厚塑膠牌隔開。(此為基本款)

三、調整各種變因並製作更大威力的高斯槍

- (一)改變測速方式，並觀察鋼珠速度差異以減少誤差。
- (二)改變前方的鋼珠數量，並觀察鋼珠最終速度。
- (三)改變磁鐵數量，並觀察鋼珠最終速度。
- (四)在高斯槍前方再增加高斯槍達到六組高斯槍，並觀察每段鋼珠的速度。
- (五)改變軌道材質，並觀察鋼珠最終速度。
- (六)改變撞擊的那顆鋼珠的質量，並觀察鋼珠最終速度。
- (七)改變射出的那顆鋼珠的質量，並觀察鋼珠最終速度。

四、探究方法與驗證步驟

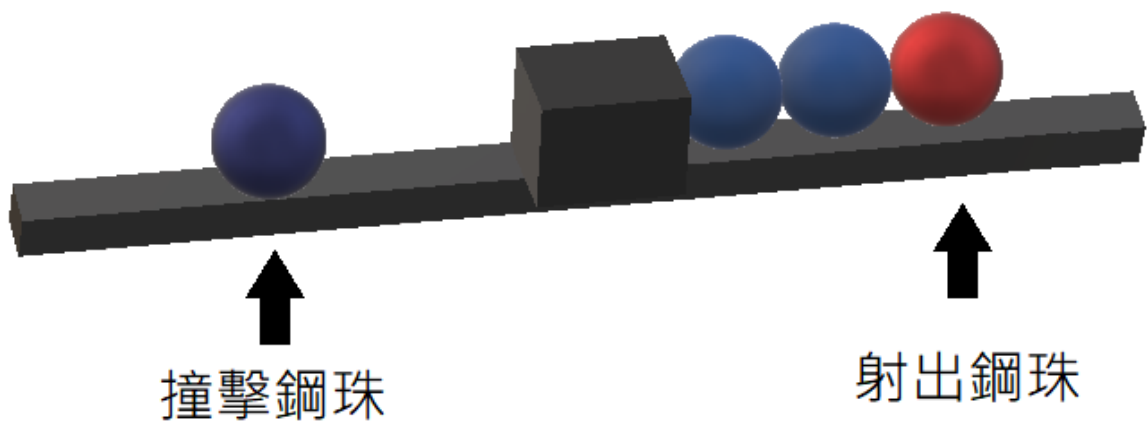
一、器材與用具:軌道、鋼珠、磁鐵、arduino主機板與數據線、鋁箔紙與導電膠帶、透明膠帶、測速分析工具(Tracker、Excel、arduino)

二、探究過程:

- (一)上網路和圖書館查看相關書籍和資料。
- (二)透過基本款尋找改變鋼珠速度的因素，再一一測試、修改。
- (三)觀察這種高斯槍的優點及缺點，在評估可以做成哪種工具。

三、下列為各項實驗的探討變因：

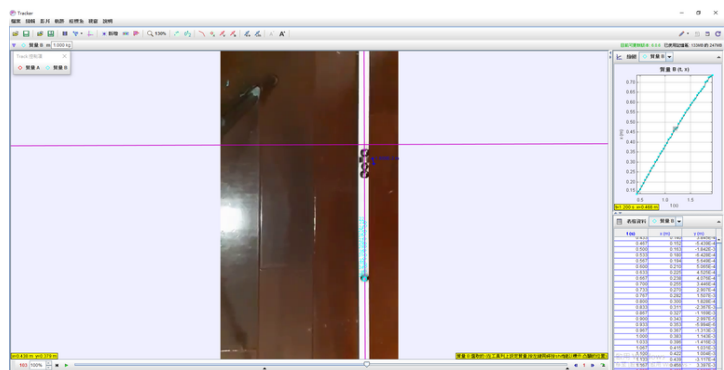
鋼珠的質量、磁鐵的數量、鋼珠的數量、磁鐵與三顆鋼珠為一組，增加組數、軌道的材質、利用砝碼測試滾動距離與滑動距離、測速方式



圖一 高斯槍基本款範例

四、高斯槍的架設與探究方法：

- (一)第一種方式:軌道在最下面，前面由磁鐵吸住三顆鋼珠，在磁鐵的另一側放較大顆的鋼珠，距離拉到鐵球受磁鐵吸引的最遠距離即可，在最前端的鋼珠塗上紅色以方便Tracker影像追蹤辨識，Tracker影像追蹤方法如圖六。



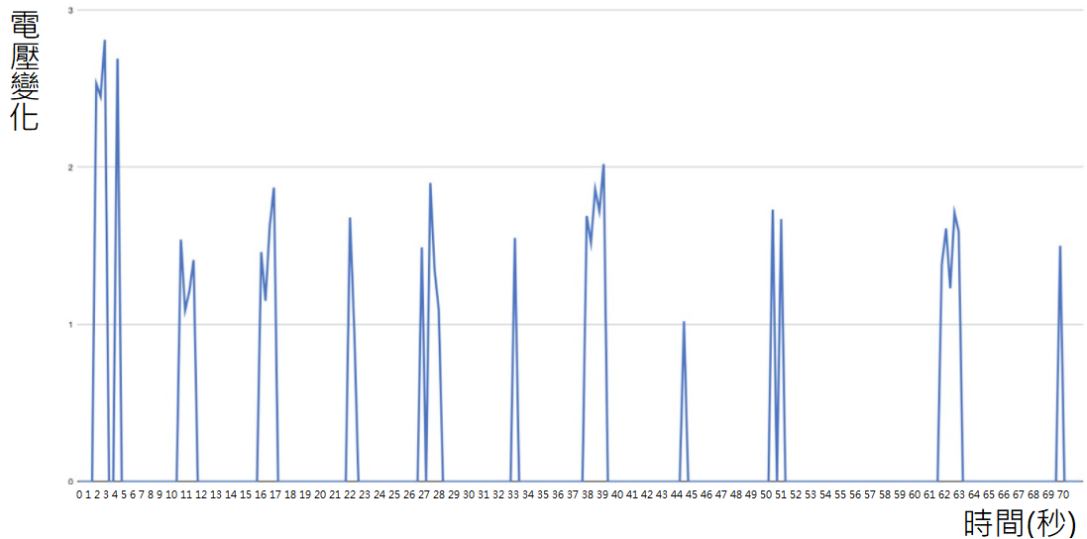
圖二Tracker影像追蹤

- (二)第二種方式:將鋁箔紙貼於軌道上，中間不接觸(如圖七)，使鋁箔紙呈現斷路狀態，當鋼珠從軌道滾過時，同時觸碰到兩邊的鋁箔紙導致通路，將鋁箔紙每隔3公分貼一組，軌道的側端貼上導電膠帶使每一組相連，寬0.5公分，並使用

arduino軟體紀錄通電的間隔時間。測出時間與電壓變化(如圖八)。



圖三 arduino專用軌道(側邊用導電膠帶相連)

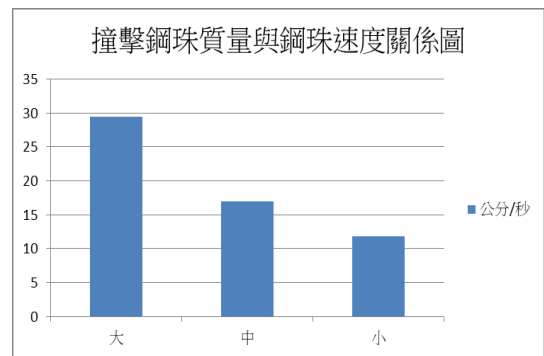


圖四 arduino軌道測得的電壓變化

研究結果:

一、撞擊鋼珠質量與鋼珠速度的關係

公分/秒	大		中		小	
	前	後	前	後	前	後
初始速度	0	31.68	0	19.2	0	12.8
最終速度	31.68	29.44	19.2	16.96	12.8	11.84

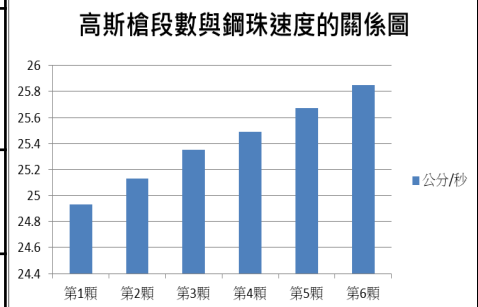


(一) 撞擊鋼珠質量越大, 受到磁力吸引而撞向磁鐵的能量較大, 被撞擊出去的鋼珠得到的能量越大, 速度較快。

(二) 撞擊鋼珠質量越小, 受到磁力吸引而撞向磁鐵的能量較小, 被撞擊出去的鋼珠得到的能量越小, 速度較慢。

二、高斯槍組數與鋼珠速度的關係

公分/秒		五組					
		第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	第五顆	第六顆
平均	初始速度	0	24.4	25.05	25.15	25.21	25.34
	最終速度	24.93	25.13	25.35	25.49	25.67	25.85



(一)五組高斯槍的鋼珠最終速度每一組的鋼珠最終速度與前一組比較，每組高斯槍的鋼珠最終速度都高於前一組高斯槍的鋼珠最終速度。

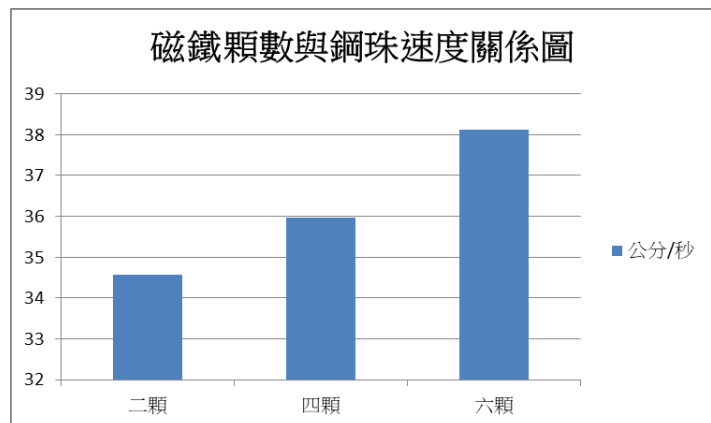
(二)每組高斯槍的鋼珠最終速度的倍率與前一組高斯槍的鋼珠最終速度的倍率比較，因磁力加速並無加成性，所以每組高斯槍的的鋼珠最終速度並沒有到前一組高斯槍的鋼珠最終速度的兩倍，鋼珠最終速度只有獲得百分率加乘，約1.008倍。

三、磁鐵顆數與鋼珠速度的關係

公分/秒		二顆		四顆		六顆	
		前	後	前	後	前	後
平均	初始速度	0	35.2	0	36.74	0	38.25
	最終速度	35.52	34.56	36.96	35.97	38.45	38.12

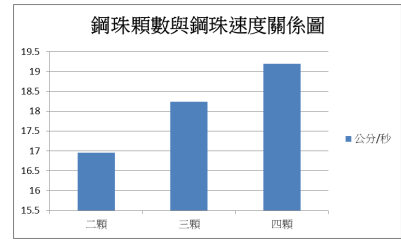
(一)磁鐵越多，鋼珠最終速度越快。

(二)二顆磁鐵的鋼珠最終速度的倍率與四顆磁鐵的鋼珠最終速度的倍率比較，磁力加速並無加成性，所以四顆磁鐵的的鋼珠最終速度並沒有到二顆磁鐵的鋼珠最終速度的兩倍，鋼珠最終速度只有獲得百分率的加乘。



四、鋼珠顆數與鋼珠速度的關係

公分/秒	2顆		3顆		4顆	
	前	後	前	後	前	後
初始速度	0	19.2	0	19.52	0	19.52
最終速度	19.2	16.96	18.24	18.24	19.52	19.2

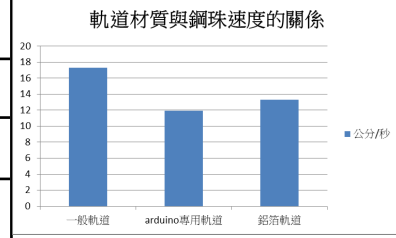


(一)顆數越多，因鋼珠受到之引力較小，故速度較快。

(二)顆數越少，因鋼珠受到之引力較大，故速度較慢。

五、軌道材質與鋼珠速度的關係

公分/秒	一般		arduino專用		鋁箔	
	前	後	前	後	前	後
初始速度	0	17.6	0	14.31	0	16.84
最終速度	17.76	17.28	14.54	11.9	17.15	13.31



(一)鋁箔軌道的摩擦力較一般軌道大，所以鋼珠速度較慢。

(二)arduino專用軌道因為有貼鋁箔產生的高低差造成減速，所以鋼珠速度較慢。

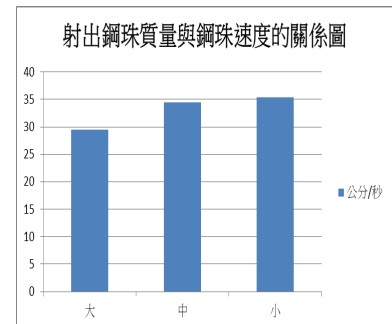
六、測速方法與鋼珠速度的關係

公分/秒	tracker影像追蹤		arduino電流感應	
	前	後	前	後
初始速度	0	14.31	0	21.96
最終數度	14.54	11.9	11.9	50

兩種測速方式並沒有直接關連，但我們發現tracker一秒只能測120張，而arduino一秒則能測155次，所以arduino測出的速度較快，可能也較準確。

七、射出鋼珠質量與鋼珠速度的關係

公分/秒		大		中		小	
		前	後	前	後	前	後
平均	初始速度	0	31.68	0	34.65	0	35.55
	最終速度	31.68	29.44	34.96	34.52	35.82	35.39



(一)撞擊鋼珠質量固定，被撞擊出去的鋼珠越小，吸收的能量較少，被撞擊出去的鋼珠速度較快。

(二)撞擊鋼珠質量固定，被撞擊出去的鋼珠越大，吸收的能量較多，被撞擊出去的鋼珠速度較慢。

八、砝碼滾動與滑動的距離與速度

滑動速度	滑動距離	滾動速度	滾動距離	轉動速度
16.1cm/s	5.5cm	12.1cm/s	12.8cm	3.01圈/秒

砗碼平均滑動5.5公分, 速度是16.1公分/秒, 平均滾動12.8公分, 速度是12.1公分/秒, 平均一秒能滾3.01圈。

五、結論與生活應用

結論:

- 一、射出鋼珠質量愈小, 鋼珠最終射出速度愈快; 射出鋼珠質量愈大, 鋼珠最終射出速度愈慢。
- 二、撞擊鋼珠質量愈大, 鋼珠最終射出速度愈快; 撞擊鋼珠質量愈小, 鋼珠最終射出速度愈慢。
- 三、磁鐵數量愈多, 鋼珠最終射出速度愈快; 磁鐵數量愈少, 鋼珠最終射出速度愈慢。
- 四、鋼珠顆數越多, 鋼珠最終射出速度愈快。
- 五、一般軌道的磨擦力較鋁箔軌道小, 而arduino軌道因為有鋁箔與軌道的高低差, 所以速度最慢。
- 六、tracker一秒只能測120張, 而arduino一秒則能測155次, 所以arduino測出的速度較快, 可能也較準確
- 七、平均滑動5.5公分, 速度是16.1公分/秒, 平均滾動12.8公分, 速度是12.1公分/秒, 平均一秒能滾3.01圈。
- 八、高斯槍組數愈後組, 鋼珠移動速度愈快。

生活應用:

根據我們的實驗數據, 只要將磁鐵威力增加、軌道摩擦力盡量減少, 而做的組數多一點, 便可以真的做成武器, 只不過高斯槍的概念其實還能結合到日常生活裡, 例如要將釘子釘到木頭, 用槌子慢慢敲很費力, 把高斯槍對準釘子, 一發下去釘子就釘上了, 十分方便。

參考資料

https://www.youtube.com/watch?v=xhhNdSFH_vU&t=20s

高斯磁力炮

<https://www.youtube.com/watch?v=xTEhMdII84A&t=4s>

【Fun科學】真·高斯槍的實彈射擊(鐵釘的穿刺力)

<https://docs.google.com/document/d/1qd0hOioK7IE-Tsdljvq9RFPe7AghjL2v2k6TPRsNTmU/edit>

磁力砲-磁力與能量的探討

<https://docs.google.com/document/d/1R9fkeFlp2NY0Dj5K9HDie6jGPek21HIg-yI4NywywMw/edit>

[https](https://www.youtube.com/watch?v=xhhNdSFH_vU&t=20s)軌道上的急速—磁力炮