

## 實驗遊樂園 磁力砲彈發射！

國中理化教師 蕭虹

### 一、主題導覽

《科學少年》實驗遊樂園〈磁力砲彈發射！〉

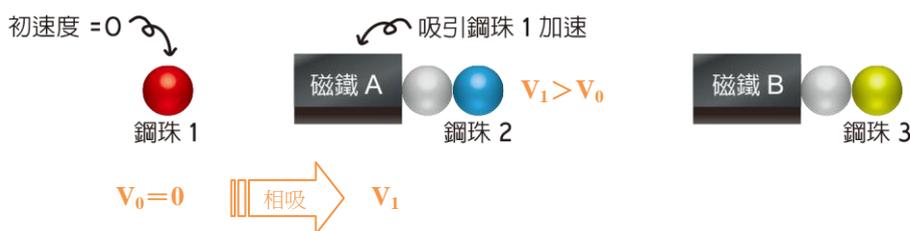
關鍵字：1.牛頓擺 2.彈性碰撞 3.能量轉換 4.動量守恆

只要在「磁力槍」一側輕輕放下一顆小鋼珠，接著就會見到鋼珠很快由另一側射出，是一個有趣的科學玩具。實驗遊樂園就是透過瞭解其中的科學原理，再經由「體驗」與「動手做」的主動參與，引發學生對科學的興趣和科學探究的學習。

#### 磁力槍加速原理大解密

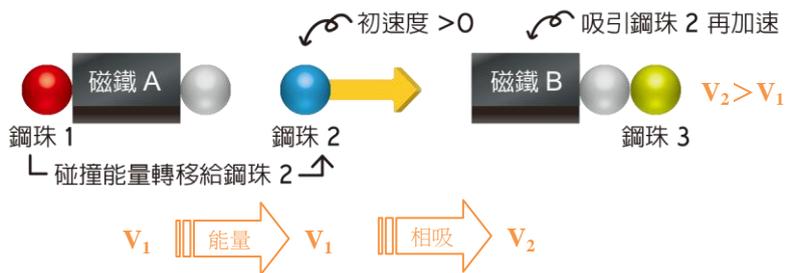
磁力槍又稱高斯槍，是利用磁力及力學能守恆原理的磁力加速器。

Step1：在軌道左端的鋼珠1( $V_0=0$ )，受到磁鐵A吸引會加速衝向磁鐵A( $V_1$ )。



圖一 磁力槍——第一次相吸磁力

Step2：鋼珠1( $V_1$ )撞擊磁鐵A後停止，並將能量轉移給吸附在磁鐵A右端的鋼珠2使其射出( $V_1$ )。被第一個鋼珠1撞擊而射出的鋼珠2( $V_1$ )，受到第二個磁鐵B吸引再度加速( $V_2$ )。



圖二 磁力槍——第一次能量轉移+第二次相吸磁力

Step3：鋼珠2( $V_2$ )撞擊第二個磁鐵B後停止，並將能量轉移給吸附在磁鐵B右端的鋼珠3( $V_2$ )使其射出。重覆多次以上過程，軌道最右端的鋼珠即以高速射出。



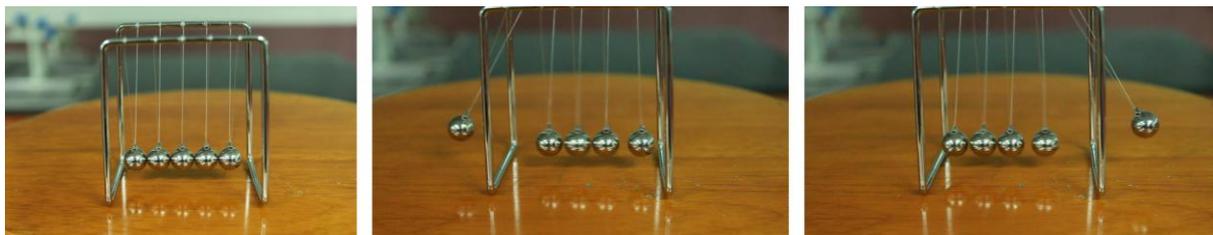
圖三 磁力槍——第二次能量轉移

Step1~3：磁力及動量守恆定律之關係

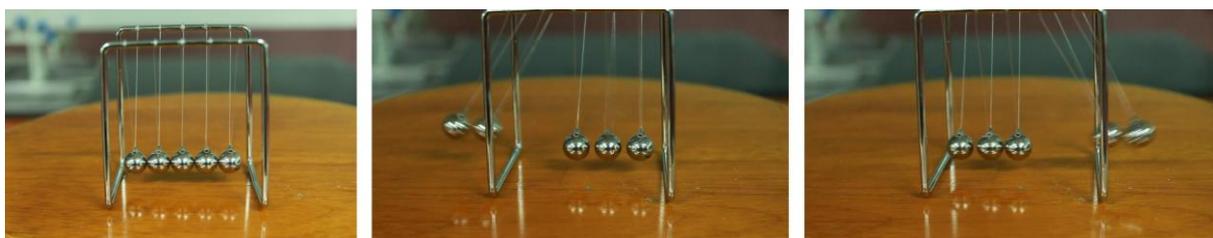
	外力因素		速度變化	速度關係
Step1	磁鐵吸引力 A	$F_1 = ma_1$	$V_0 = 0 \rightarrow V_1$	$V_1 > V_0$
Step2	動量守恆定律	$Ek_1 = 1/2(mV_1^2)$	$V_1 \rightarrow V_1$	$V_1 = V_1$
	磁鐵吸引力 B	$F_2 = ma_2$	$V_1 \rightarrow V_2$	$V_2 > V_1$
Step3	動量守恆定律	$Ek_2 = 1/2(mv_2^2)$	$V_2 \rightarrow V_2$	$V_2 = V_2$

### 牛頓擺(Newton'sCradle)

「牛頓擺」可以解釋彈性碰撞與動量守恆，在沒有外力作用的時候，整個系統撞擊前後的動量是保持定值的。



若鋼珠撞擊其他四個鋼珠的時候，動量完全傳遞給最右側的鋼珠，將只有一顆鋼珠會以相同速度彈起。



若提起兩顆鋼珠放手撞擊其他三個鋼珠的時候，動量完全傳遞到右側的鋼珠，所以另一側就會有兩顆鋼珠會以相同速度彈起。

「牛頓擺」依據動量守恆定律，幾顆鋼珠撞擊後，另一側就會有幾顆鋼珠被推送出來，當這些鋼珠旁邊沒有可以傳遞能量的物質時，會再返回撞擊回來；如此保持碰撞，直到摩擦力與空氣阻力使其停止下來。當左邊提高而放下的鋼珠數與右邊彈起的鋼珠數一樣多時，有均勻的撞擊力量，能量傳遞效果好。大小不一的鋼珠所組成的牛頓擺，能量傳遞效果差。材質都一樣的球，比較容易擺動成功，越堅硬的材質，能量傳遞果越好。牛頓擺裝置中，如果有一個非鋼體的球，會起不規律的振動，很容易把能量耗損掉，因



此碰撞次數會大幅減少。

### 牛頓擺+磁力加速器裝置

在牛頓擺中放一顆磁鐵，當最左側鋼珠鬆手時，落下的過程中，除了重力位能轉變成動能之外，還受到強力磁鐵吸引加速，使得能量比原先還大，類似磁力加速器效果，因此讓最右側的鋼珠會彈得比原先位置還要高。

## 二、相關教材連結

利用日常生活中隨手可得的材料，設計製作簡易的實驗玩具，不僅可連結「磁力及力學能守恆」等原理，更可寓教於樂，使學生於快樂中學習科學原理。

- 1.南一版 自然與生活科技三上： 3-2 位能與動能  
自然與生活科技三下： 2-1 磁鐵與磁場
- 2.翰林版 自然與生活科技三上： 3-4 能量守恆定律  
自然與生活科技三下： 2-1 磁鐵、磁力線、磁場
- 3.康軒版 自然與生活科技三上： 3-2 動能、位能、能量守恆  
自然與生活科技三下： 2-1 磁鐵與磁場

\*相關聯的主題內容：

1. 由「力」的觀點看到交互作用所引發物體運動的改變。改用「能」的觀點，則看到「能」的轉換。
2. 認識「能」有不同形態，而且能的形態可以轉換。
3. 知道對物體施力作功，也是一種能量的轉換。
4. 察覺磁鐵會吸引含鐵的物體，且能隔空或透過紙、木片、玻璃來吸引鐵釘。
5. 察覺磁鐵具有兩極，同性極相斥，異性極相吸。

### 三、挑戰閱讀王（奪得 10 個以上的👉，閱讀王就是你！）

看完實驗遊樂園〈磁力砲彈發射！〉後，一起來挑戰下列的幾個問題，加油！

- ( 4 ) 1. 在〈磁力砲彈發射！〉中的牛頓擺，下列哪一項是牛頓擺的擺動因素？  
（這一題答對可得到 2 個 👉 哦！）  
(1)鋼珠重量一樣 (2)鋼珠大小一樣 (3)鋼珠擺動大小 (4)動量守恆定律
- ( 1 ) 2. 含有 5 顆鋼珠的牛頓擺，若將其中一顆鋼珠換成不同質量的鋼珠，下列哪一項是牛頓擺的狀況？  
（這一題答對可得到 2 個 👉 哦！）  
(1)擺動不穩 (2)擺得更快 (3)擺得更高 (4)擺都不動
- ( 1 ) 3. 含有 5 顆鋼珠的牛頓擺，若將其中一顆改成材質不同的珠子（大小相近，但材質不同），下列那一項是牛頓擺的狀況？  
（這一題答對可得到 2 個 👉 哦！）  
(1)擺動不穩 (2)擺得更快 (3)擺得更高 (4)擺都不動
- ( 3 ) 4. 在〈磁力砲彈發射！〉中的磁力槍，下列哪一項是磁力槍磁力加速原理？  
（這一題答對可得到 2 個 👉 哦！）  
(1)彈性原理 (2)位能原理 (3)磁力及動量守恆原理 (4)磁力原理
- ( 2 ) 5. 在「磁力槍」一側輕輕放下一顆小鋼珠( $V_0=0$ )，接著就會見到另一顆鋼珠很快由另一側射出( $V$ )的敘述，下列何者正確？  
（這一題答對可得到 2 個 👉 哦！）  
(1) $V_0=V$  (2) $V_0<V$  (3) $V_0>V$  (4)不一定

### 四、延伸思考

能由科學遊戲中對科學產生興趣，培養學生靈活思考、應用日常生活科技和解決問題的能力，進而提昇學生創意思考的能力。

1. 應用牛頓擺的設計，使用硬幣來代替鋼珠。把五個大小重量相同的十元硬幣放在光滑的平面上排成一直線。如下圖所示：



- 再在這一排十元硬幣的右方放一枚相同的十元硬幣，然後用手把這一枚十元硬幣彈向一排十元硬幣會有什麼現象？
2. 假設在牛頓擺的鋼珠其中有一顆鋼珠高度略低於（或略高於）其他四顆，這樣牛頓擺是否會遵守動量守恆？