

彈珠嬉遊記

培養 STEAM 新素養，玩轉創意科學腦

校名：右昌國小

指導老師：李美昭、李旺昇

莊振雄、郭怡婷

一、旨趣：

- 1.藉由發現問題，引起孩子探索科學原理的興趣，培養對勇於嘗試科學實驗及解決問題的態度。嘗試融入 S T E A M 教學理念，讓學生藉由動手做學習科學、技術、數學和藝術的內涵。經由團隊合作激盪腦力，激發創意及解決問題、探究科學原理的欲望，及對失敗勇於檢討修正的勇氣。
- 2.利用簡單的材料，讓孩子從實作過程中，體驗向心力對物體運動位置或運動狀態的影響，以及能量之轉換，進而認識向心力及能量守恆原理。

二、實驗器材：玻璃彈珠、養樂多罐(或切除瓶口的寶特瓶)、尼龍線、夾鏈袋、吸管、泡綿積木(或紙球)、鋼珠、強力磁鐵、竹筷、木板、改裝彎道。

三、活動過程：

(一) 第一關：飄浮的彈珠

1.桌上畫一直徑約十公分的圓圈圈，中央有一玻璃珠（直徑 0.5~1.5 公分皆可），以及一個養樂多罐。

解說者提問:「如何在罐口朝下時，不用手碰觸到玻璃珠，就讓玻璃珠進入罐中呢？」

說明規則：

規則① 雙手只可接觸養樂多罐，身體任何部位都不可以碰觸到玻璃珠。

規則② 玻璃珠不可以離開圓圈圈。

規則③ 養樂多罐不可以有破裂、損壞的可能性。

2.請闖關者嘗試操作。

3.解說者示範：將養樂多罐口蓋住玻璃珠之後，開始旋轉，讓玻璃珠在罐內旋轉。旋轉得越快，玻璃珠就會沿罐緣上升。。

(二) 第二關：升降彈珠

1.取一吸管，將尼龍線穿過吸管，一端綁上一個泡綿積木，另一端綁上夾鏈袋，並將 4 或 5 個玻璃彈珠放進夾鏈袋中。手握吸管，此時袋裝彈珠會因為重量而掉下去。

2.解說者提問：「如何不用手拉繩，就能讓繩子下方的彈珠上升而不會掉下去？」
解說者示範並解說：拿著吸管旋轉，讓泡綿積木開始繞圈旋轉，旋轉速度增加到某個程度，袋裝彈珠就會上升囉！

(三) 第三關：磁力砲彈闖天關

1.磁力砲彈作法：取二枝竹筷，在一板子上並排，寬度與強力磁鐵相同。以膠帶將兩個強力磁鐵黏貼在竹筷上，強力磁鐵之間的距離約4~5公分。注意：(1)強力磁鐵之間互相面對的磁極為相異，亦即靠近時相吸。(2)膠帶只要黏貼強力磁鐵，並連同竹筷一起固定，其他位置不要黏貼膠帶。(如圖一)

2.在每個強力磁鐵前面放置二個小鋼珠，鋼珠的大小選用與強力磁鐵直徑接近的。最後，將磁力砲彈放在彎道起點，在彎道終點（最前端）放置一紙盒，準備擋住鋼珠砲彈。

3.準備發射磁力砲彈。取一小鋼珠放在強力磁鐵無鋼珠側一段距離（圖二最右邊），距離以小鋼珠能被強力磁鐵吸引過去即可。準備好後，鬆手釋放小鋼珠，小鋼珠被吸引而撞擊強力磁鐵，並且傳導到最後一個強力磁鐵的小鋼珠，到達彎道終點就算成功！

+



圖一

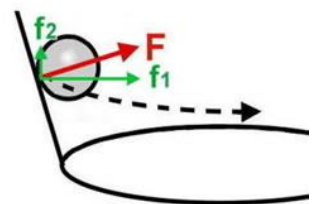


圖二

四、原理探討：

(一) 第一關—飄浮的彈珠：原理如下圖，當玻璃珠在罐內旋轉時，罐壁給予玻璃珠一作用力 F （紅色箭頭），方向為垂直於罐壁並略朝上（因為罐壁是斜的）。作用力 F 可分解為二作用力（綠色箭頭），一為指向罐中心（圓周運動中心）的 f_1 ，一為略為朝上的 f_2 （ f_1 與 f_2 互相垂直）。 f_1 為使玻璃珠進行圓周運動的向心力；而分力 f_2 方向朝上，可以抵抗朝下的重力（玻璃珠的重量）。

如果旋轉速度增加，會使向心力 f_1 增加（旋轉半徑會增加），同時 f_2 也增加，玻璃珠就會往罐子上緣爬升了。如果罐壁是垂直而不是斜的（例如平整的平口杯），則沒有 f_2 分力，玻璃珠只會沿著罐壁旋轉而不會上升，因此這個科學玩具必須用窄口杯（杯口小於杯肚）才能成功喔。



(二) 第二關—升降彈珠：如同第一關，向心力維持圓周運動。

泡綿積木繞圈旋轉時會有「向心力」，即尼龍繩的張力，只要到達一定的旋轉速度，向心力夠大，就可以平衡彈珠的重力。向心力的大小與旋轉速度平方成正比，與旋轉半徑成反比。積木旋轉速度越快，向心力越大，下方彈珠就會上升。但當旋轉半徑變大，向心力變小，彈珠反而會下降。

(三) 第三關—磁力砲彈闖天關

磁力砲彈是利用磁力及能量守恆原理的磁力加速器。磁力砲彈中小鋼珠的運動過程具有「線性加速」的現象，所以能飛快的運動。過程如圖三所示：

1. 在軌道右端的小鋼珠 1 為靜止，釋放後鋼珠 1 (速度 $V_0=0$)，受到第一個磁鐵 A 吸引會加速衝向磁鐵 A (速度 V_1 ， $V_1 > V_0$)。

2. 鋼珠 1 撞擊磁鐵 A 後停止，並將能量 (第一次相吸磁力) 轉移給吸附在磁鐵 A 左側的鋼珠 2，使它射出 (V_1)。被第一個鋼珠 1 撞擊而射出的鋼珠 2，受到第二個磁鐵 B 吸引再加速 (速度 V_2)。鋼珠 2 撞擊第二個磁鐵 B 後停止，並將能量 (第一次能量轉移 + 第二次相吸磁力) 轉移給吸附在磁鐵 B 左側的鋼珠 3 (速度 V_2)，使它射出。 ($V_2 > V_1$)。

鋼珠 1 被強力磁鐵吸引而具有動能，當撞擊到第一個強力磁鐵時，假設動能為一個單位 ($1E$)。鋼珠 1 被強力磁鐵吸住而靜止，動能傳遞給另一邊第二個鋼珠 2，此鋼珠得到 $1E$ 的動能，而且被第二個強力磁鐵吸引而加速運動，在撞擊第二個強力磁鐵時，動能增加一單位為 $2E$ ，以此類推，若增

加磁鐵，相同過程一直傳遞下去動能亦依此增加。理論上 (距離相等、沒有摩擦力等等) 最後一個小鋼珠 3 的動能為起始鋼珠 1 撞擊到強力磁鐵時動能的二倍。

五、資料來源:

1. 許良榮：「以杯取珠」，臺中教育大學(NTCU)科學應用與推廣學系-科學遊戲實驗室，2010 年 4 月。<http://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-022.html>
2. 許良榮：「慣性與向心力實驗」，臺中教育大學(NTCU)科學應用與推廣學系-科學遊戲實驗室，2010 年 4 月。<http://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-039.html>
3. 許良榮：「磁力砲彈」，臺中教育大學(NTCU)科學應用與推廣學系-科學遊戲實驗室，2010 年 4 月。<http://scigame.ntcu.edu.tw/electric/electric-032.html>
4. 中央大學物理演示實驗：
<http://demo.phy.tw/experiments/kinematics/centripetal-force/>
5. 蕭虹：〈實驗遊樂園 磁力砲彈發射！〉，《科學少年》<http://ys.ylib.com/upload/learnPDF/10-081L.pdf>

