

# 高雄市 112 學年度第 42 屆國民中小學科學園遊會右昌國小活動設計

## 彈珠冒險記

### 科學齊饗宴 雙語藝起玩

校名：右昌國小

指導老師：郭怡婷、李美昭

吳文得、張妙年

#### 一、旨趣

1. 利用小朋友對於彈珠的喜好，讓孩子去發想設計屬於自己的彈珠科學遊戲，激發孩子主動查閱科學書籍，搜集歷屆資料，甚至改良爸媽兒時童玩遊戲的興趣。藉此啟發孩子主動觀察科學現象、探索科學原理，培養其對科學自主學習的能力。
2. 利用簡單易得的材料，讓孩子從實作和遊戲過程中，認識物體旋轉時產生向心力、彈珠移動時的慣性、摩擦力，以及跳豆的重心位置的改變，會改變物體位置，使物體轉動或移動等科學原理。

#### 二、器材

第一關-彈珠龍捲風：玻璃彈珠、養樂多瓶、優酪乳瓶、切除瓶口的寶特瓶。

第二關-彈珠爬斜坡：彈珠、竹筷、回收紙箱的紙板、膠帶、白膠、剪刀。

第三關-跳豆翻筋斗：彈珠、跳豆模板、回收影印紙、膠帶、木板斜坡、剪刀。

#### 三、活動過程

##### (一) 第一關：彈珠龍捲風

1. 紙盒底部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。
2. 關主提問：「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？」請闖關者嘗試操作。
3. 關主示範：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。（如圖一）



圖一

##### (二) 第二關：彈珠爬斜坡

1. 由關主事先用紙板製作斜坡，斜坡上擺放竹筷作為通道，彈珠放置在下坡處，利用竹筷作為通道供彈珠通過。（如圖二）
  2. 關主提問：「如何讓彈珠沿著竹筷滾進紙板的洞裡？」闖關者雙手分別握著兩根竹筷，雙手拉開竹筷使寬度變寬，彈珠就會往前滾動，藉由控制兩根竹筷的距離，讓玻璃彈珠產生由下往上爬的視覺效果，掉入洞中即可過關。（如圖三、圖四）
- 進階玩法：將竹筷換成長筷，使坡道距離增加，難度亦增加。



圖二



圖三



圖四

### (三)第三關：跳豆翻筋斗

#### 1. 前置作業：準備大型斜坡、裁切好的紙片（跳豆紙模）

跳豆作法：(1)將回收的影印紙裁剪成兩張紙條，長寬分別為A:13cm×3cm、B:9cm×3cm。兩者皆留適當長度（約0.5~1.5cm）的黏著邊。

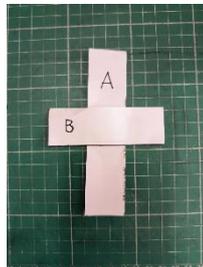
(2)將A、B紙條中點互相垂直交疊黏合，成為十字形的跳豆紙模。（如圖五）

(3)將A紙條黏成紙圈（圓柱體），置入彈珠，再將B紙條包住A黏著成紙圈，形成一類似長方體但上下底呈弧形的跳豆。

#### 2. 闖關方式：關主說明跳豆作法，闖關者經關主指導製作完成跳豆。

玩法一：使跳豆能夠從斜坡往下滾（如圖六），並滾過障礙物，滾到過關處即可過關。

玩法二：將跳豆放在一大紙板上端，手操縱紙板使它傾斜成不同角度，讓跳豆翻滾出的自己喜歡的路線和效果。



圖五



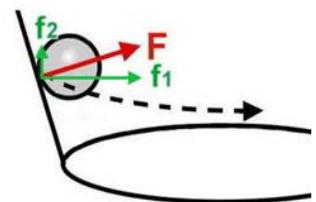
圖六

(四)綜合問答：將前三關的原理設計成問題，以平板 kahoot app 呈現，讓闖關者回答。

## 四、原理探討

### (一)第一關：彈珠龍捲風

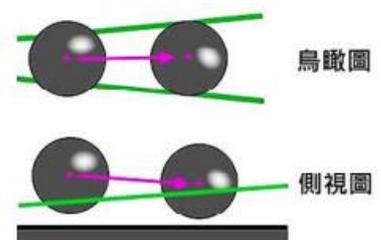
原理如右圖，當玻璃彈珠在罐內旋轉時，罐壁給予玻璃彈珠一作用力  $F$ （紅色箭頭），方向為垂直於罐壁並略朝上（因為罐壁是斜的）。作用力  $F$  可分解為二作用力（綠色箭頭），一為指向罐中心（圓周運動中心）的  $f_1$ ，一為略為朝上的  $f_2$ （ $f_1$  與  $f_2$  互相垂直）。 $f_1$  為使玻璃彈珠進行圓周運動的向心力；而分力  $f_2$  方向朝上，可以抵抗朝下的重力（玻璃彈珠的重量）。



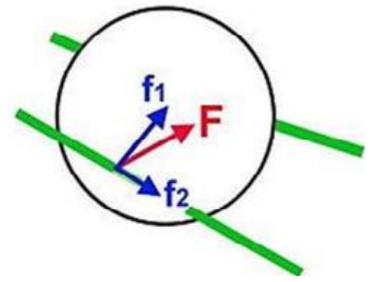
如果旋轉速度增加，會使向心力  $f_1$  增加（旋轉半徑會增加），同時  $f_2$  也增加，玻璃彈珠就會往罐子上緣爬升了。如果罐壁是垂直而不是斜的（例如平整的平口杯），則沒有  $f_2$  分力，玻璃彈珠只會沿著罐壁旋轉而不會上升，因此這個科學玩具必須用窄口杯（杯口小於杯肚）才能成功。

### (二)第二關：彈珠爬斜坡

剛開始竹筷張開彈珠會往上滾動（距離較寬的位置），是由於彈珠在較寬的位置時，因為可以沉下去而比較低（如側視圖），所以彈珠還是往低的位置滾動。亦即雖然竹筷（綠色線）是爬坡，但是由於竹筷在較寬的位置時，可以讓彈珠沉下去，所以彈珠本身是往低處滾動！



另外竹筷靠攏可以讓彈珠繼續往上滾動，是因為竹筷靠攏時（注意：是彈珠沉下去時才靠攏竹筷），竹筷給予彈珠  $F$  的力（如圖 8），力  $F$  可分解為  $f_1$  與  $f_2$  的分力，其中分力  $f_2$  即是推動彈珠往右的力，因此彈珠繼續往右（竹筷高處）滾動。彈珠滾動後，靠慣性可以繼續滾動一小段距離，直到位能（潛能）及摩擦力抵消了彈珠的動力。



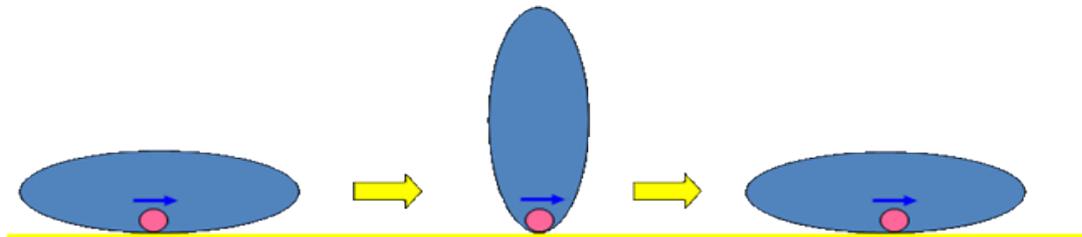
彈珠並沒有違反重力往下（地心）的原則，而是由於構造造成的錯覺。彈珠重心在中心點。當彈珠放在低處（右邊）時，與木棍的接觸點較為遠離重心，在高處時（左邊）由於木棍開口較大，彈珠與木棍的接觸點接近重心。因此雖然由右到左，木棍高度增加，但是彈珠的重心是由高至低。

### （三）第三關：跳豆翻筋斗

跳豆外殼為紙包覆，當內部質量較大的彈珠在滾動時，會連帶使紙筒看起來像是站立、倒下的樣子。（如下圖）。

利用跳豆重心轉移的原理，將彈珠放在紙筒裡面讓它往下滾，裡面的彈珠會一直改變方向，導致整體重心不同，整體的滾動方式就會不同。

跳豆表面的不同材質、接觸的斜面的材質都會影響滾動摩擦力的大小，造成跳豆滾動速度，甚至滑動的變化。



## 五、資料來源

### （一）第一關：彈珠龍捲風

1. 許良榮：「以杯取珠」。國立臺中教育大學(NTCU)科學教育與應用學系-科學遊戲實驗室。上網日期 2023 年 9 月。取自：[https://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-022\\_solution.html](https://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-022_solution.html)

### （二）第二關：彈珠爬斜坡

1. 許良榮、周偉苓、彭婷莉(2013 年 9 月)：「玩具的設計與整合」，科學教育月刊第 362 期。上網日期 2023 年 9 月。取自：  
[https://www.sec.ntnu.edu.tw/uploads/asset/data/6256404b381784d09345bb5b/02-102011-%E7%A7%91%E5%AD%B8%E7%8E%A9%E5%85%B7%E7%9A%84%E8%A8%AD%E8%A8%88%E8%88%87%E6%95%B4%E5%90%88\(%E6%9C%88%E5%88%8A%E4%BF%AE%E6%94%B9\).pdf](https://www.sec.ntnu.edu.tw/uploads/asset/data/6256404b381784d09345bb5b/02-102011-%E7%A7%91%E5%AD%B8%E7%8E%A9%E5%85%B7%E7%9A%84%E8%A8%AD%E8%A8%88%E8%88%87%E6%95%B4%E5%90%88(%E6%9C%88%E5%88%8A%E4%BF%AE%E6%94%B9).pdf)
2. 許良榮：「爬坡雙錐體」，臺中教育大學(NTCU)科學應用與推廣學系-科學遊戲實驗室，上網日期 2023 年 9 月。取自：<https://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-017.html>

(三)第三關：跳豆翻筋斗

- 1· 許良榮：「跳豆」。國立臺中教育大學(NTCU)科學教育與應用學系-科學遊戲實驗室。上網日期 2023 年 9 月。取自：<https://scigame.ntcu.edu.tw/power/power-016.html>
- 2· 楊允文、游明珠：「滾動的彈珠圓筒」。小實驗的大啟發 3。人類文化公司，民 72 年 5 月，頁 114-115。
- 3· Angela Hsu 物理小實驗 “跳豆-「重心改變」造就生命力。上網日期 2023 年 9 月。取自：<https://www.youtube.com/watch?v=TOLH0IgEgfQ>