



彈珠滾滾滾～軌道球製作

製作者：劉秉勳

指導老師：鄭綺瑩老師

壹、緒論

一、製作動機

從小時候到現在，我都非常喜歡科教館門口前的軌道球(滾球裝置)。而在四年級，我也嘗試做了一個簡易版的軌道球，但是，我覺得之前做的軌道球有點小而且在玩了一陣子後，有一些地方損壞得很嚴重，所以這次，我想製作一個既好玩又大的軌道球。

二、製作目的

1. 嘗試製作一個大型軌道球
2. 探討各種機關所使用的科學原理

貳、文獻探討

一、科學原理

(一)摩擦力

摩擦力，是指兩個表面接觸的物體相對運動或存在相對運動的趨勢時阻礙它們的相對運動的力，是力學的一個名詞。另外，物體在液體和氣體中運動時也會受到摩擦力影響，在軌道球的應用為：全部。

(二)慣性

慣性，是指不受外力的物體都保持靜止或等速直線運動，在軌道球的應用為：雲霄飛車。

二、彈珠

彈珠是由玻璃製成的彩色小球。彈珠的直徑大約是一公分左右，普通多半是純色透明的。但有些彈珠裏面會有一些小氣泡，有的裏面則是嵌入各種圖案，有類似樹葉花瓣的，也有如彎月般的，也有數條綵線的，在陽光照射下就能折射出繽紛的光澤。

彈珠最早的材質包括廉價的石頭和昂貴的大理石。19世紀初，出現了用陶瓷製成的彈珠。1890年，從丹麥移民美國的Martin F. Christensen發明了能大量生產玻璃彈珠的機器，而他也在1905年申請了專利。

參、製作方法與步驟

一、製作材料

材料	應用
厚、薄紙箱	底座、軌道、機關
厚紙箱、薄紙箱、竹筷、細吸管、粗吸管、寶特瓶	機關
A4 紙、毛根	雲霄飛車機關
彈珠(直徑 1.5cm)	主要運行物體、機關(配重)

二、製作工具

黏貼類：膠帶、保麗龍膠、熱熔膠

標記類：長尺、短尺、鉛筆、簽字筆、橡皮擦

裁切類：美工刀、剪刀



三、製作方法

(一)製作外箱(底座)

1. 將紙箱裁切成 50x50cm 的紙板 x4 塊
2. 組裝四塊紙板使其成為一個無蓋且無正面的正方體
3. 在外箱的右或左側紙板上裁切一個約 6x5cm 的小洞(彈珠出口連接上升機關處)

(二)製作軌道

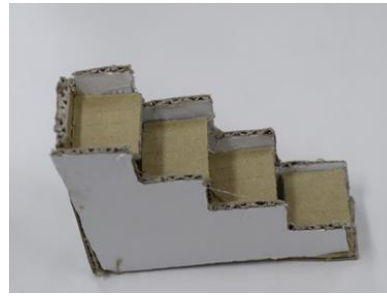
1. 在紙板上用鉛筆及直尺畫線
2. 用美工刀或剪刀沿著線切割(如果紙板較小使用剪刀，如果紙板較大則使用美工刀)
3. 用保麗龍膠黏貼紙板 x3(一片放底部，另外兩片黏在底部紙板的兩側)
4. 放置在空桌面或地板等膠凝固



(三)製作「階梯」機關



1. 製作階梯狀紙板 x2 (如右圖)
2. 將小紙板黏在兩塊階梯紙板的中間
3. 黏貼一塊底板即完成



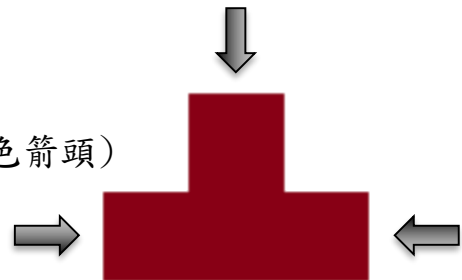
(四)製作雲霄飛車機關

1. 取一張 A4 紙
2. 將 A4 紙裁切成 29.7 (A4 紙長度) x3cm 的大小
3. 將兩根毛根分別黏在紙條的兩端 (如圖)
4. 將黏上毛根的紙條轉成一個紙環
5. 裁切一塊紙板黏在軌道的開頭
6. 再裁切一塊紙版黏在軌道的末端
7. 在兩塊紙板的兩端黏上護欄



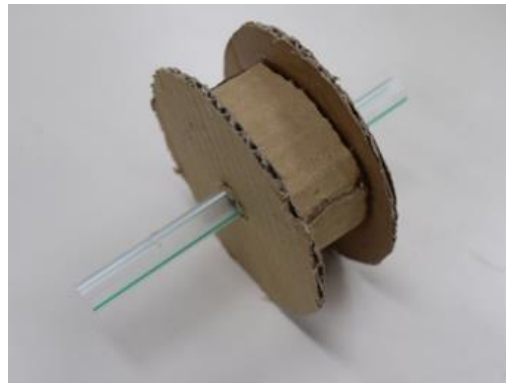
(五)製作「分道」機關

1. 製作 T 形紙板 x1 (如右圖)
2. 將小紙板黏在 T 形紙板的周圍留下三個邊 (黑色箭頭) 不黏 (如右圖)
3. 稍微將紙板的兩端折彎形成一個拱門的形狀
4. 裁剪一段吸管並黏在它的中心點
5. 裁切一塊長形紙板並將吸管、兩個拱門末端黏在上面即完成



(六)製作水車機關

1. 裁切直徑 10cm 的圓形紙板 x2(使用圓規)並在圓心穿一個直徑 1.5cm 的洞
2. 裁切一塊長條紙板並將它捲成圓形(紙環直徑需小於步驟(1)約 1~2cm)
3. 將步驟(2)的圓環黏在步驟(1)的圓形紙板中間
4. 裁切多塊小紙板黏在紙環外圍
5. 取一粗吸管穿過(1)的洞
6. 裁切一塊直徑大於吸管直徑的紙板並穿過吸管
7. 將水車穿入吸管
8. 再重複一次(6)的動作即完成



(七)製作轉盤機關

1. 裁切一直徑 10cm 的圓形紙板
2. 裁切一個直徑 2cm 的同心圓
3. 將圓形紙板捲成一個漏斗狀
4. 裁剪一塊長條紙板並捲成圓筒狀
5. 將圓筒黏在漏斗的洞口
6. 在漏斗下方圓筒裁一個正方形的洞口
7. 在圓筒內部連接一條軌道出正方形洞口即完成



(八)製作寶特瓶隧道

1. 取一寶特瓶裁切頭尾，只留瓶身
2. 將瓶身剖半
3. 將剖半後的寶特瓶片捲成圓筒狀
4. 在寶特瓶圓筒上方割一個正方形小洞即完成



(九)製作螺旋機關

1. 裁切一個直徑 8cm 的圓形
2. 在(1)的圓心裁切一個 4cm 的圓形洞
3. 將圓環剪開(如右圖)
4. 裁切一塊約 $25\text{cm}(8 \times \pi) * 10\text{cm}$ 的長方形紙板並捲成圓筒狀
5. 裁切一塊長方形紙板並環繞在(3)上
6. 將(5)環繞黏貼在(4)上即完成



(十)組裝成品

1. 將軌道黏貼在底座上
2. 將各機關連接軌道
3. 細部調整各個機關、軌道
4. 將上升機關黏貼在結尾處
5. 測試運行





肆、結論與建議

一、結論

1. 在黏貼及固定紙板時，使用熱熔膠可較快凝固，減少中間不小心移動或破壞到成品的風險。
2. 裁切紙板時，順著紙板的紋路切，不但較好切割，切出來的紙板也較硬，較直。

二、給未來研究者的建議

如果未來有學弟妹要使用「創作法」來進行獨立研究的話，建議要精確量測各個物品/零件的長度，不然最後在組裝的時候可能會效果不彰且不美觀，另外，如果有學弟妹要使用到「彈珠」的話，除非想要製造「隨機」的路徑，不然建議都選用相同直徑，以免彈珠路徑不一。

三、心得

在這次的獨立研究中，我非常開心能夠使用我最喜歡、最擅長的東西作為製作題目，也很高興能運用到之前五年級教的內容，「雲霄飛車的起始高度須為圓圈直徑的 1.25 倍」，為在資優班的最後一年做一個最好的結尾。

伍、參考資料

一、網頁

1. 索尼科學創意大賞。檢自：
<https://csr.sony.com.tw/CreativeAward/Index/creative-science>
2. Xuite 日誌-你知道彈珠是怎麼發展而來的嗎。檢自：
<https://blog.xuite.net/alfa2331/blog/477821754>

二、書籍

1. 創趣閣(2020)：用紙箱做機關玩具。臺灣：萬里機構。
2. 謝政佑(2019)：闖關吧！DIY彈珠迷宮：動手做培養創造力、邏輯力與思考力，玩出專注力與反應力。臺灣：教育之友。
3. 日本轉動創意研究所(2017)。用紙箱做立體機關玩具。臺灣：八方出版股份有限公司。
4. 日本學研編輯部(2017)：跟著達人動手做創意機關玩具。臺灣：八方出版股份有限公司。

三、影片

1. 科教館外的滾球機關。摘自：
<https://www.youtube.com/watch?v=SR1015c62Pw>
2. 台北市立科學館前的滾珠裝置。摘自：
<https://www.youtube.com/watch?v=CSnqU1IuLP4>
3. 大愛電視-遊樂園的奇幻科學。摘自：：
<https://www.youtube.com/watch?v=UgIRBfuMCYs>

