

【2022 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：「瓶」起「瓶」坐-探討水瓶翻轉之原理及影響成功站立的因素
一、摘要：
<p>本探究目的在製作一個讓寶特瓶翻轉直立並使其成功率超過 60%的寶特瓶發射器，利用機械手臂消除人體手臂施力力道、角度等無法一致的變因。並利用此高成功率的裝置，找到施力大小與寶特瓶重量的關係。</p> <p>實驗結果表示：使用硬擋板（木條），無法帶來足夠的旋轉力；橡皮筋擋板，韌性太強會被撞開，寶特瓶擲出速度也會受到影響；熱熔膠條擋板雖然使旋轉力上升，但沒有足夠的穩定性；最後使用橡皮筋搭配熱熔膠條製作擋板以達到最佳的成功率。就此發現最佳的成功率水量會隨著橡皮筋數量改變，改變的量會越來越少，但是水量都還是在 1/3 瓶高至 2/5 瓶高之間。</p>
二、探究題目與動機
<p>平時在學校，同學常在下課時，使用空水瓶裝水來戲玩。同學利用丟擲水瓶使其於空中翻轉一圈落地正立。因為好奇此遊戲之中原理，並想探究如何增加其成功率。於是在 youtube 上看到國外知名 youtuber 在玩翻轉水瓶，當水瓶在空中旋轉時，水在瓶子裡的運動讓我們聯想到上課時老師有提到慣性這個字，於是我們就去試著翻轉水瓶，但是我們的成功率並不像那些 youtuber 一樣很高。所以我們想要利用科學原理來製作一個高成功率的水瓶發射器，並探討影響發射器成功率的因素。</p>
三、探究目的與假設
<p>(一) 研究目的</p> <p>本探究目的在開發一個讓寶特瓶翻轉直立使其成功率超過 60%的寶特瓶發射器，開發機械手臂消除人體手臂力道、角度等無法一致的變因，提升寶特瓶翻轉直立成功的機率，亦可提供各類寶特瓶在不同變因下的翻轉成功率做深入研究的重要依據。</p> <p>(二) 假設</p> <ol style="list-style-type: none">1. 測試的水瓶不宜裝太多水，水量定於適當高度時，可達最佳成功率。2. 測試的水瓶水量與施力的大小具有正向關係。
四、探究方法與驗證步驟
<p>一、實驗器材</p> <ol style="list-style-type: none">1. 製作發射器材料:木板、PVC 水管、鐵筷子、螺絲、電火布、水管鉗、熱熔膠槍2. 製作擋板材料:木板、橡皮筋、熱熔膠條3. 受測用的水瓶

二、探究方法

確定研究主題

製作出成功率 60% 以上的水瓶發射器。

收集相關資料

1. 嘉義市 36 屆科展: 瓶水相擲—探討拋擲水瓶成功率的影響
2. 嘉義市 36 屆科展: 瓶子...立正!!!

討論研究內容

1. 討論製作方法。
2. 修改各項變因。

製作實驗成品

製造水瓶發射器。

實驗

不停修改各項變因讓發射器有高成功率。

重新調整發射器

討論實驗結果

應用

藉由實驗結果，瞭解水瓶直立會被擋板的材質、橡皮筋的力度、擋板的位置皆會影響水瓶直立的成功與否。

三、驗證步驟

(一) 製作第一代水瓶發射器

我們嘗試用木條來製造發射器支架，利用手臂撞擊擋板產生慣性原理將寶特瓶擲出來達到翻轉的效果，利用 TinkerCAD 設計雛形 (圖 1)，並製作第一代水瓶發射器 (圖 2)，實驗結果如表 1 所示。

圖 1 第一代水瓶發射器設計圖

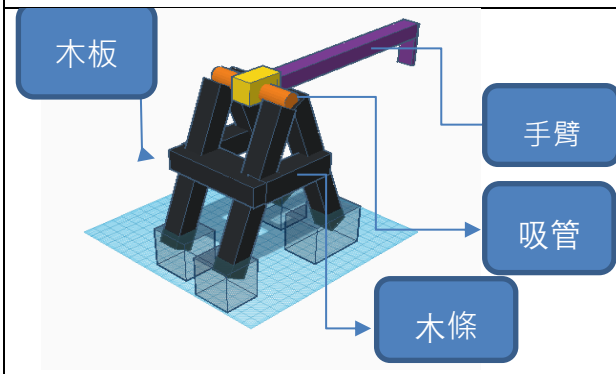


圖 2 第一代水瓶發射器完成照



表 1 第一代水瓶發射器實驗結果

實驗結果	成功	未成功
裝 230ml 的水	0%	100%
裝 220ml 的水	0%	100%
裝 210ml 的水	0%	100%
裝 200ml 的水	0%	100%

根據表 1 的實驗結果，我們發現使用木板來測試的話，會因為**木板太輕還有太細而導致支架搖晃**，會導致其變因增加。使成功率受到影響。

(二)製作第二代水瓶發射器

我們**改用水管來製作支架**，因為水管可以在**內部裝水增加重量**，也可以在上面放水瓶加重。進而解決因重量太輕而導致支架搖晃不穩的問題，來提升其成功率。我們還**使用橡皮筋來控制寶特瓶向前的力量減少手臂施力無法控制力道的變因**，由於橡皮筋的拉力我們加了一個盒子來讓底部更穩定也不讓支架變形以至於影響實驗結果。利用 TinkerCAD 改良設計 (圖 3)，完成製作第二代水瓶發射器 (圖 4)，實驗結果如表 2 所示。

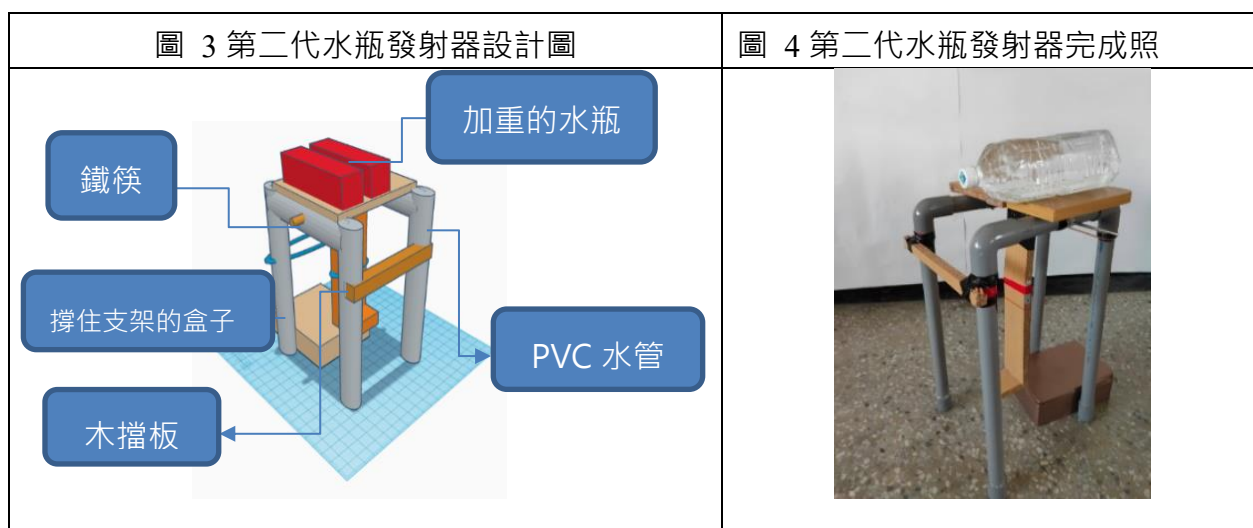


表 2 第二代水瓶發射器實驗結果

實驗結果	成功	未成功
裝 230ml 的水	20%	80%
裝 220ml 的水	10%	90%
裝 210ml 的水	0%	100%
裝 200ml 的水	10%	90%

根據表 2 的實驗結果，我們發現這麼做的**成功率非常低**，並不符合我們所預期，於是，我們經過思考後嘗試另一種擋板，以製作第三代水瓶發射器。

(三)製作第三代水瓶發射器

我們認為**瓶子旋轉並直立的原因是橡皮筋帶來的旋轉力**，因此，把前方木頭擋板更換成用橡皮筋來擋板，使其旋轉力達到更佳的效果，進而影響發射器的成功率。利用 TinkerCAD 改良設計 (圖 5)，完成製作第三代水瓶發射器 (圖 6)，實驗結果如表 3 所示。

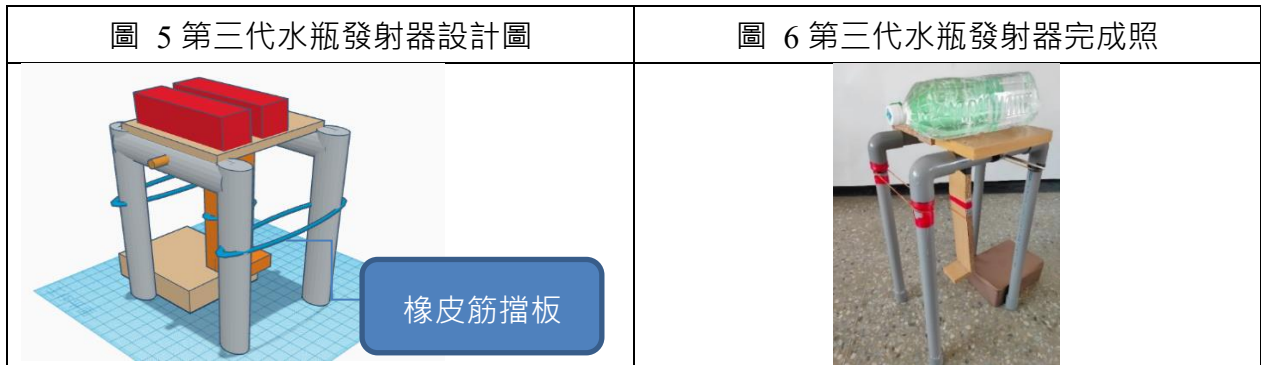


表 3 第三代水瓶發射器實驗結果

<p>實驗結果</p>	<p>成功</p>	<p>未成功</p>
<p>裝 230ml 的水</p>	<p>40%</p>	<p>60%</p>
<p>裝 220ml 的水</p>	<p>30%</p>	<p>70%</p>
<p>裝 210ml 的水</p>	<p>30%</p>	<p>70%</p>
<p>裝 200ml 的水</p>	<p>30%</p>	<p>70%</p>

根據表 3 的實驗結果，發現當**橡皮筋的韌性太強，撞擊時會被撞開而無法好好的勾住寶特瓶**，使其無法產生足夠的迴旋力，橡皮筋還會因為撞擊而產生位移，使此實驗的變因增加，而且寶特瓶擲出速度也會受到影響，據此改良，以製作第四代水瓶發射器。

(四)製作第四代水瓶發射器

因為**橡皮筋受到寶特瓶撞擊會位移**，我們換成熱熔膠條來當作擋板，因為**熱熔膠條比較好固定，而且不會因為撞擊而產生位移**，也不會被撞開，速度也不會減少。利用 TinkerCAD 改良設計 (圖 7)，完成製作第四代水瓶發射器 (圖 8)，實驗結果如表 4 所示。

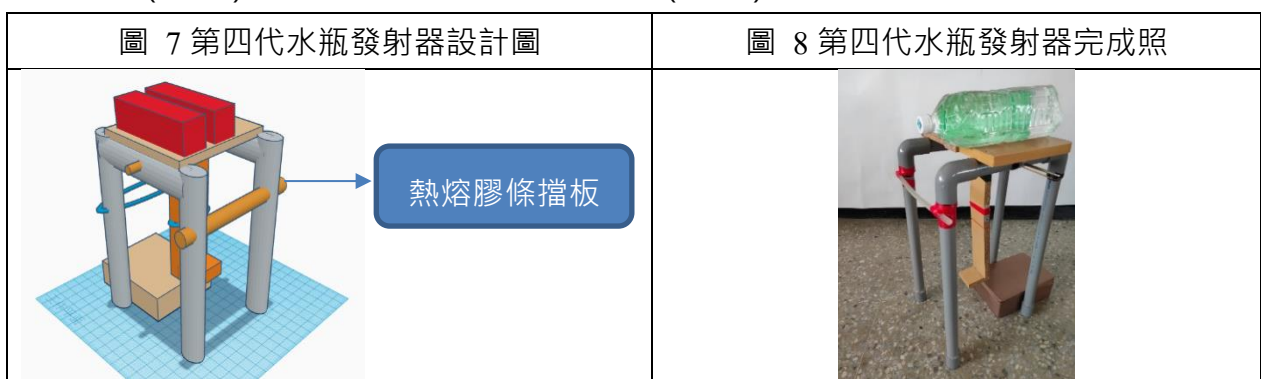


表 4 第四代水瓶發射器實驗結果

裝水量 \ 實驗結果	成功	未成功
裝 230ml 的水	30%	70%
裝 220ml 的水	20%	80%
裝 210ml 的水	20%	80%
裝 200ml 的水	30%	70%

根據表 4 的實驗結果，我們發現，雖然**熱熔膠不會像橡皮筋一樣產生位移**。但是它帶來的**旋轉力沒有比橡皮筋的多**，所以並沒有達到我們預設的效果，據此改良，以製作第四代水瓶發射器。

(五)製作第五代水瓶發射器

綜合**第三代旋轉力強**和**第四代固定性強**的優點，我們嘗試著把他們都結合在一起，讓**熱熔膠條與橡皮筋合在一起**，試著彌補這兩代的缺點。利用 TinkerCAD 改良設計 (圖 9)，完成製作第三代水瓶發射器 (圖 10)，實驗結果如表 5 所示。

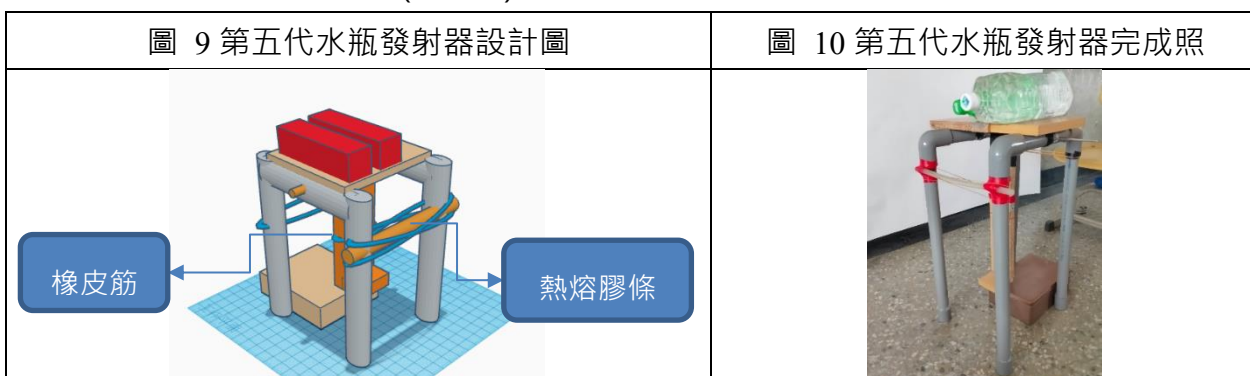


表 5 第五代水瓶發射器實驗結果

裝水量 \ 實驗結果	成功	未成功
裝 230ml 的水	80%	20%
裝 220ml 的水	60%	40%
裝 210ml 的水	70%	30%
裝 200ml 的水	70%	30%

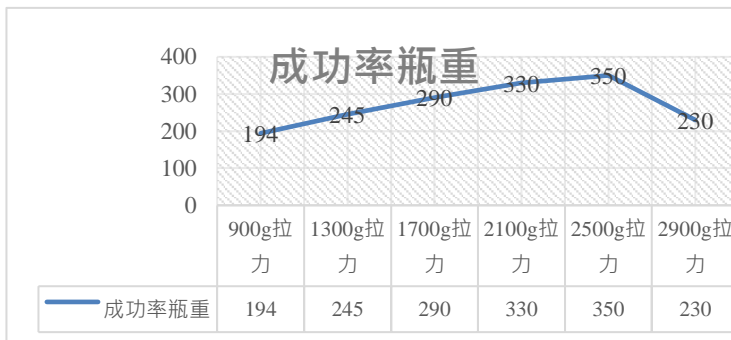
根據表 5 的實驗結果，發現**熱熔膠條擋板彌補了橡皮筋會因撞擊而移動的缺點**，**橡皮筋彌補了熱熔膠條擋板旋轉力不足的缺點**，使水瓶可被橡皮筋帶動達到旋轉的效果。

(六)探討施力與瓶重之關係

在製作出第五代水瓶發射器之後，我們想藉此用來實驗施力與瓶重之關係：

在實驗時，我們將寶特瓶擲出並**翻轉一圈**正立定義為成功；倒下則定義為失敗。我們每組的實驗數據皆會測驗過十次之後，在將其取平均值轉換成百分率（圖 11）。

圖 11 施力與瓶重之關係圖



根據圖 11 結果，發現水量與拉力有正向關係，但在測量拉力 2900g 的時候，水量超過 2/5 瓶身，以至於寶特瓶無法成功直立，所以我們重新設定瓶重。發現此時調整瓶重為 230g 時，**可旋轉 2 圈站立**。

五、結論與生活應用

(一) 結論

根據以上實驗發現，翻轉水瓶要成功與這些因素有關係：

- 提高成功率與水瓶發射器的擋板有很大的關聯。**比如：硬擋板（木板），無法帶來足夠的旋轉力；橡皮筋韌性太強會被撞開，速度也會減少；熱熔膠條也沒有足夠的旋轉力，最後我們使用橡皮筋搭配熱熔膠條以達到最佳的成功率。
- 成功率與水瓶重量橡皮筋數量有正向的關係。**例如：900g 的力量可以讓 194g 的水產生最大的成功率，1300g 的力量可以讓 245g 的水產生最大的成功率，1700g 的力量可以讓 290g 的水產生最大的成功率，2100g 的力量可以讓 330g 的水產生最大的成功率，2500g 的力量可以讓 350g 的水產生最大的成功率。**但所需水量若超過 2/5 瓶身，則必須增加旋轉次數以維持高成功率。**
- 未來可以做關於瓶底形狀面積、瓶身（不同種類的瓶子）、不同內容物（例如：油、膠水、非牛頓流體或蜂蜜等）來探討更多的操縱變因，對應變變因的影響。

(二) 生活應用

我們可以運用我們製造的水瓶發射器來翻轉水瓶，使同學在玩擲水瓶遊戲時，不會因為技術不足而導致水瓶無法翻轉正立，可以使用我們的發射器來使其翻轉正立，從中獲取樂趣。一方面玩得開心；一方面又可以探討之中的科學原理。集結了寓教於樂的部分，可說是一舉兩得。

參考資料

- 李易澂、陳書毅、賴鼎元（2018）。**瓶水相擲—探討拋擲水瓶站立成功率的影响因素**。嘉義市第36屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 陳盈璉、柯珮蓁、朱芷葳、蕭婉仔、林庭羽、李佑紋（2018）。**瓶子...立正!!!**。嘉義市第36屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 陳光頡、陳秀麗（2020）。**瓶水相逢的擺攤人生-研究蹺蹺板成為翻水瓶工具的可能性**。中華民國第60屆中小學科學展覽會作品說明書。