

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082902

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

學校名稱：金門縣金湖鎮金湖國民小學

作者： 小六 陳光頡 小六 陳秀麗	指導老師： 莊珏姍 洪振益
-------------------------	---------------------

關鍵詞：丟水瓶、槓桿、瓶中水量

摘要

能夠成為一個適合拿去擺攤的遊戲器材，是這個實驗的最大目標。本次研究主要探討水瓶翻轉之後能順利直立落下所需的力道（重物放置高度）及水瓶中不同水量之間的關係，為了確保每次的施力不要落差太大，我們利用六下所教的簡單機械自製出一台蹺蹺板，作為擊打水瓶的工具，為了使這個蹺蹺板成為一個制式的工具，我們將抗力臂及施力臂的長度固定不變，並進行多次實驗。結果發現，以 550 毫升的寶特瓶（御茶園寶特瓶）為容器，瓶中水量高度為 8cm 的時候，1.5kg 的重物從 14cm 的高度落下，打翻水瓶後成功直立落下的機率最高，最大可以到 30%。

壹、研究動機

下學期開學日當天，學務主任因為知道我們班的鬼點子很多，就請我們幫忙想一下這學期的兒童節闖關活動，我們絞盡腦汁，天馬行空的七嘴八舌好一陣子。那時因為學校高年級正流行翻轉水瓶後使其成功直立落下的遊戲，於是靈機一動的我們想把這個遊戲變成可以擺設的遊戲攤子，然而正常翻轉水瓶的方式是抓住瓶蓋的地方使其轉動，生來顛覆的我們想反其道而行，想研究看看能不能翻轉水瓶底端並順利直立落下，又因為自然課剛好在上簡單機械，為了讓這擺攤遊戲更加精緻，我們就想設計一個槓桿工具，成為操作翻轉水瓶底端的穩定道具，最後決定使用蹺蹺板。

於是我們開始固定施力點跟抗力點的位置，將水量高度跟重物落下高度成為我們的操作變因，實驗看看在什麼情況之下，水瓶直立落下的機率會是最最高。


出版社	科目	年級	單元名稱
康軒	自然與生活科技	六年級下學期	第一單元 簡單機械

貳、研究目的

- 一、手動翻轉水瓶底端的動作分析及過程分析。
- 二、自製簡單機械（蹺蹺板）的設計與構造分析。
- 三、測出水瓶水量高度跟重物放置高度在什麼樣的關係下，擁有最高的成功率。
- 四、「瓶中不同的水位」及「固定重量的重物在不同的高度落下」對於翻轉水瓶能順利直立落下的研究。
- 五、蹺蹺板敲擊水瓶的位置是否會影響水瓶成功站立機率的研究。
- 六、不同瓶中的內容物是否會影響水瓶成功站立機率的研究。
- 七、蹺蹺板做為翻轉水瓶的工具是否有很高的可行性。

參、研究設備及器材

蹺蹺板本體：

1. 厚木條	2. 不鏽鋼筷	3. DWV 發泡管	4. 束帶	
				

擺放水瓶及蹺蹺板的基座：

1. 厚紙板	2. PP 板	3. 木材	4. 裝水寶特瓶	5. 菜瓜布
				

其他：

1. 美工刀.	2. 銼刀	3. 熱熔槍	4. 熱熔膠條	5. 重物（砝碼）
				
6. 不鏽鋼吸管	7. 膠帶	8. 簽字筆	9. 尺	10. 紅色墨水
				
11. 手機（攝影）				

肆、參考過去文獻

研究前，我們上網搜尋資料，想看看有沒有人跟我們一樣做過類似的研究，發現了以前也有科展作品研究丟水瓶，不過跟我們丟水瓶的方式是不太一樣的：

相同之處	都是拋出水瓶，並實驗成功站立的機率。	示意圖	
不同之處	其他作品：施力在瓶蓋上使寶特瓶旋轉。	示意圖	
	我們作品：施力在瓶底處使寶特瓶旋轉。	示意圖	
參考資料來源	<p>一、嘉義市第 36 屆中小學科學展覽會國小組物理科 作品名稱：瓶子...立正!!!</p> <p>二、嘉義市第 36 屆中小學科學展覽會 國中組物理科 作品名稱：瓶水相擲—探討拋擲水瓶站立成功率的影响因素</p>		

拜讀完先進們的作品之後，覺得我們丟水瓶的方法的確很值得挑戰看看，我們就進行了一連串的實驗與討論。

伍、研究過程或方法

一、手動玩翻轉水瓶底端的動作分析及過程分析：

(一) 動作分析：

		
1. 手掌攤開朝上	2. 手掌離水瓶適當距離	3. 以手指當施力點，將水瓶底端往上拍起

(二) 過程分析：

		
1. 手指給予瓶子往上的力，使其翻轉	2. 轉的過程中，水的空間成上下兩個位置	3. 水瓶即將落在桌面時，水分成上下兩部分更加明顯
		
4. 水瓶底部碰到桌面的瞬間，瓶蓋端的水要落下來	5. 瓶蓋端的水衝下來，給予水瓶一股向下的衝力，使其穩定站立	

(三) 資料搜尋&實驗討論：

我們試了五十幾次之後，發現從水瓶底端翻轉起來的確有可能讓水瓶順利直立落下，不過成功機率有些小，感覺比抓著瓶蓋翻轉還要難成功，所以我們找了老師討論，老師用慢動作攝影我們成功的一次，並讓我們細看翻轉過程，我們發現到說，翻轉的過程有一段時間水瓶中的水會一分為二，變成靠近瓶蓋端和靠近瓶子底端兩個部分（如上圖過程分析的圖三）。

而我們又發現到，水瓶成功站立之前，靠近瓶蓋端的水會先往下衝（如上圖過程分析的圖四），因為這股力量，導致原本會往前倒的水瓶，在這時候被往水瓶底部

衝下來的水給壓穩下來，重心往下以至於站立。

看到這，我們就想要了解，平時玩的丟水瓶，就是抓著瓶蓋翻轉的方式，不知道是不是也是一樣的過程，老師就讓我們看了一段國外的影片，並幫我們翻譯，影片的內容正是國外的專家分析丟水瓶之所以可以成功站立的原因（參考網址：<https://youtu.be/E98-GcJb4ql>），結果發現，影片中抓著瓶蓋翻轉，跟我們拍擊底端翻轉，翻轉中瓶子的水竟是一樣的過程！這也證明了，我們一開始想反其道而行的想法是真的可行的。

於是我們就開始思考，既然瓶中水流動的過程是一樣的，如果我們能每次都施以幾乎相同的力量在瓶子底端，說不定就能大大提升成功直立落下的機率了！所以我們討論出用手指往上施力，機率會不高的原因有二：

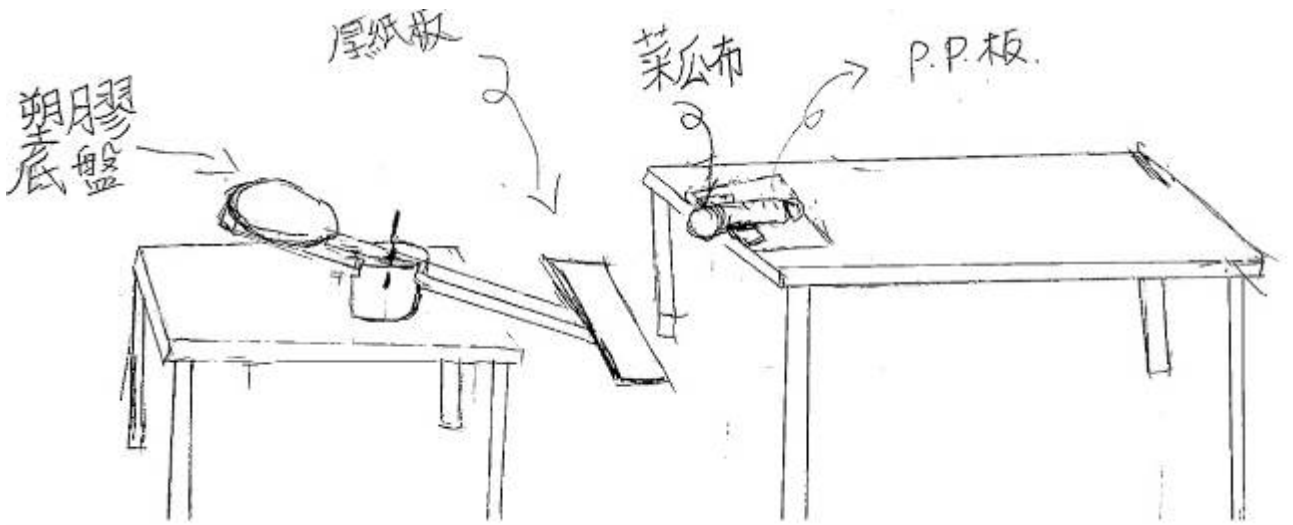
1. 手的力量無法精細的控制每一次都相同的程度。
2. 水瓶的水量或許是影響穩定直立的因素之一。

為了解決第一個原因，我們設計了一個蹺蹺板做為固定施力的工具。

二、自製簡單機械（蹺蹺板）的設計與構造分析：

（一）初期設計

我們交換彼此的意見，把腦中構思的東西給畫出來，產出了第一代的设计圖（如下圖）：



（二）依設計圖試做：



1. 將腦海中的物品先用設計圖呈現



2. 截一段紙筒當蹺蹺板底座，並量好木棍上下移動所需空間



3. 裁切木棍上下移動所需空間



4. 以筷子當作固定木棍的支架，需先在厚紙筒打洞。



5. 穿過竹筷之後，在上面塗熱熔膠，準備固定木棍



6. 木棍黏上後，雖已成形，但考量到日後會不斷使用它來實驗，需要再更牢靠些



7. 我們選擇束帶穩定支點



8. 蹺蹺板前端黏上紙板，作為敲擊水瓶底端的抗力點



9. 蹺蹺板後端黏上塑膠盤，作為放置重物的施力點



10. 截一塊 pp 板，上面黏兩塊菜瓜布，作為穩定放置水瓶的地方



11. 設計一個有高低差的平台，擺放蹺蹺板跟放置水瓶的 pp 板，前後高低相差 6.5 公分左右



12. 以三顆 500 公克的砝碼裝進盒子，作為固定 1.5 公斤的重物，並在不同的高度釋放到塑膠盤中

(三) 構造問題分析：

雖然第一版的蹺蹺板裝置，確實能擊中水瓶底端，並且讓水瓶翻轉，但是成功讓水瓶順利直立落下的機率實在太低了！不管裝水量的高度是 2cm、4cm、6cm、8cm、還是 10cm，將重物在不同的高度落到塑膠盤中，能使水瓶順利直立落下的機率，約莫 100 次會成功 1 次，甚至是 0 成功，這樣的機率實在太低，無法當成擺攤的遊戲，於是我們分析了幾個可能導致工具不穩定的因素：

因素 1：直接用尺在重物旁邊量高度容易造成不準確。

分析：我們量放置重物的高度時，都是拿尺直接在旁邊量，所以在放開重物使其落下時，很有可能早就不是原來所量的高度下進行實驗。

因素 2：砝碼在盒子中，落下時會互相撞擊。

分析：因為三顆 500 公克的砝碼，並無法裝滿盒子，導致砝碼在盒子有空間可以移動，因此從高處落下時，很有可能因為有移動的空間，進而互相撞擊而影響每一次的敲擊力量。

因素 3：塑膠盤太大，無法確實每次將重物擊中在同一點。

分析：因塑膠盤太大，導致重物落下時，很容易擊中到塑膠盤的邊，無法確實擊中在正中間，如此一來，就會影響每一次的敲擊力量，而且塑膠盤太容易被重物擊中而掉落，常常要補黏。

因素 4：蹺蹺板本體很容易因重物擊中而晃動。

分析：如上圖 12，每次進行實驗都需要有一個人力來握住蹺蹺板的紙筒，才不會因重物落下擊中蹺蹺板、力量過大使蹺蹺板移動，偏離原本的位置。即便有人握住，但是以我們的力氣，只要重物落下的力量夠大，我們還是無法固定好原本的位置，進而影響每一次擊中瓶子的抗力點。

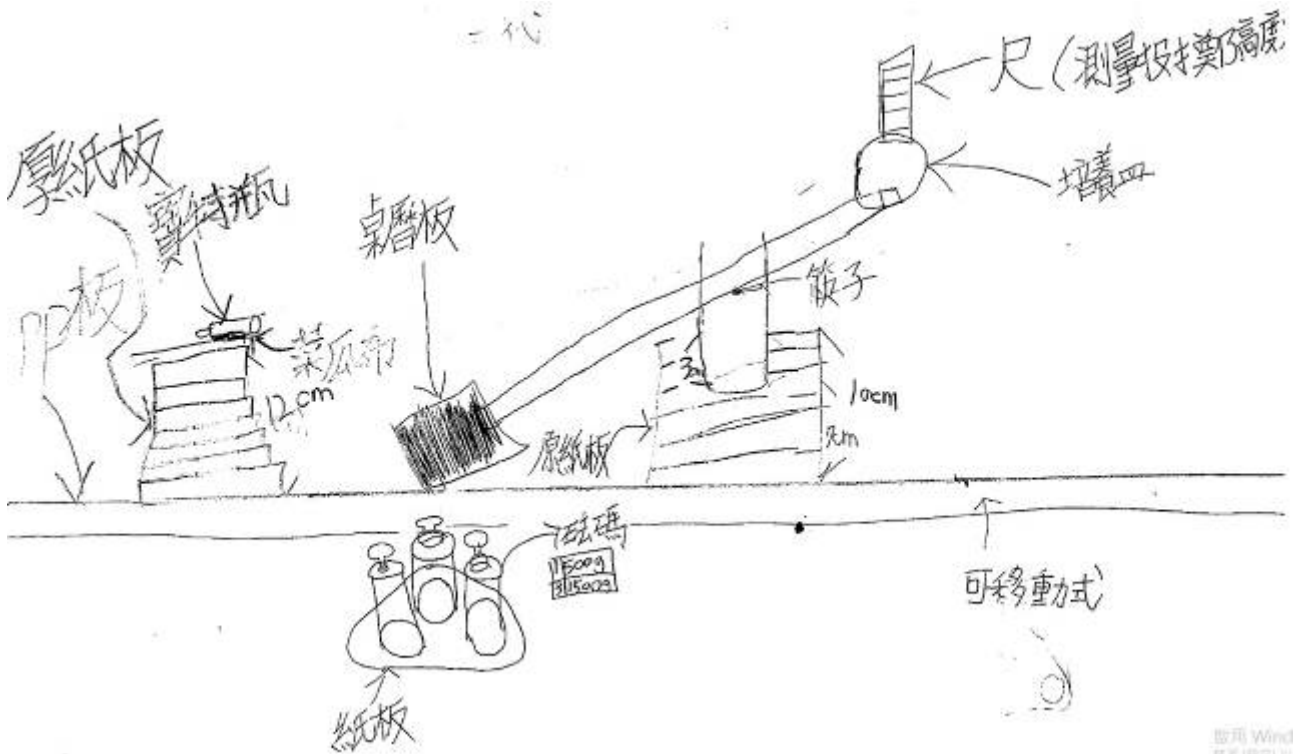
因素 5：容易受限於場地環境。

分析：如上圖 12，每次實驗我們都需要在桌子上執行，而且兩張桌子還需要有高度差，如果桌子本身就容易晃動，那麼執行實驗時，擊中到瓶子的點也會容易造成每一次的不同。

根據以上我們推論的五個因素，我們決定著手改造我們的裝置。

(四) 二期設計

我們根據上述所討論的問題點去克服，就誕生了我們的第二代設計圖（如下圖）：



(五) 改變的地方

改變 1：塑膠盤改成培養皿，培養皿上固定一把軟尺。

目的：縮小盤子大小，讓重物更好瞄準中心點，旁邊的尺已固定，不須再擔心手拿會抖而測不準的問題。

改變 2：砝碼重物改成三角狀。

目的：三個砝碼，用一塊三角紙板當底座，周圍用膠帶纏繞，因為沒有移動空間，之後不用再擔心落下時砝碼會互撞的問題

改變 3：製作出可移動式的實驗場地。

目的：用 pp 板做出一個長約 180cm 的底座，再用一堆紙板堆疊一起，創造出兩個具有高低落差的平台，放置寶特瓶的平台為 12cm 高，放置蹺蹺板的平台為 10cm 高，將兩個平台固定在 pp 板上，如此一來就不再受限於場地了！只要 pp 板拿起來，就能將實驗裝置帶著走。

改變 4：讓蹺蹺板本體不受外力影響而偏移位置。

目的：上述改變 3 提到，放置蹺蹺板的平台，我們在上面挖一個約 3cm 深的洞，剛好可以塞進蹺蹺板紙筒的洞，如此一來，既不用浪費人力固定蹺蹺板，也能讓蹺蹺板固定在原本的位置，不易偏移。

		
<p>1. 將想要改進的地方再用新的設計圖呈現</p>	<p>2. 製作可移動式的底座</p>	<p>3. 在紙板中間挖一個可以剛好塞進蹺蹺板紙筒的空間</p>
		
<p>4. 挖好洞的紙板，再用熱溶膠黏在已堆疊一起的紙板，做為固定蹺蹺板的作用</p>	<p>5. 三個砝碼，用一塊三角紙板當底座，周圍用膠帶纏繞，砝碼之間就不易互相干擾。</p>	

(六) 構造問題再分析：

當我們以為不穩定的因素已經解決，但實際測試之後發現還是有造成不穩定的因素存在：

因素 1：竹筷承受不住外力。

分析：竹筷的作用是固定木棍的支架，但是長期實驗下來，重物掉落所造成的外力，導致竹筷在實驗中斷掉，為了避免蹺蹺板搖晃影響實驗，就必須拆下整個蹺蹺板，重新丈量力臂的長度。

因素 2：固定蹺蹺板的厚紙板平台會晃動。

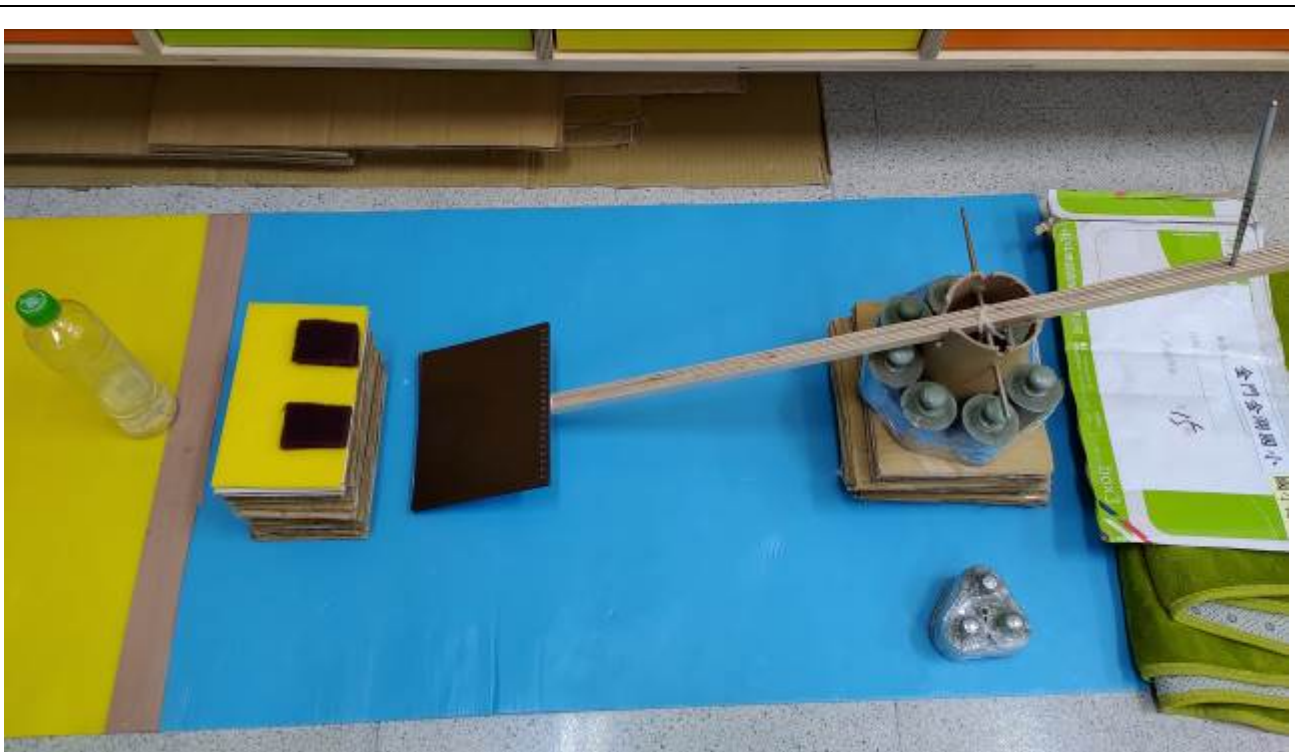
分析：平台如果不穩，那更不用說固定上面的蹺蹺板，所以我們需要換個方式將平台穩穩地黏在 pp 板底座上。

因素 3：重物掉落的位置依舊不固定。

分析：測試後，發現即便將盤子改成面積較小的培養皿，一樣無法每次都將重物擊中到固定的施力點上。我們討論後認為，畢竟重物還是得由我們人力拿著，而實驗次數只要拉長（100 次），我們容易因為沒力，放開重物時容易給予額外方向的力，導致重物掉落時無法直直落下，這是我們最難克服的不穩定因素。

經過密切討論之後，我們有了解決因素 3 的方向，但是這個改造對我們來說有些困難，所以我們尋求老師協助，決定再一次著手改造我們的裝置。

(七) 三期設計



1. 鋼筷取代竹筷，大大減少損害的機率。
2. 放置蹺蹺板的厚紙板平台，除了改用雙面膠黏在 pp 板底座之外，還放了七個 500 公克的砝碼（3.5 公斤）壓著，大大降低晃動的情形。



3. 我們所想的是，拿一支鋼筷固定在我們想讓重物擊打的施力點上，但是要將鋼筷穩穩地固定在上面，我們所能想到的，就是請老師幫我們穿一個剛好可以讓鋼筷尖端卡進去的大小。如此一來，每次放開重物，重物就都能沿著鋼筷的路徑往下掉，不怕再打歪了。
4. 鋼筷上也用簽字筆標記了公分數，就不用再拿尺在旁邊測量放置高度了！

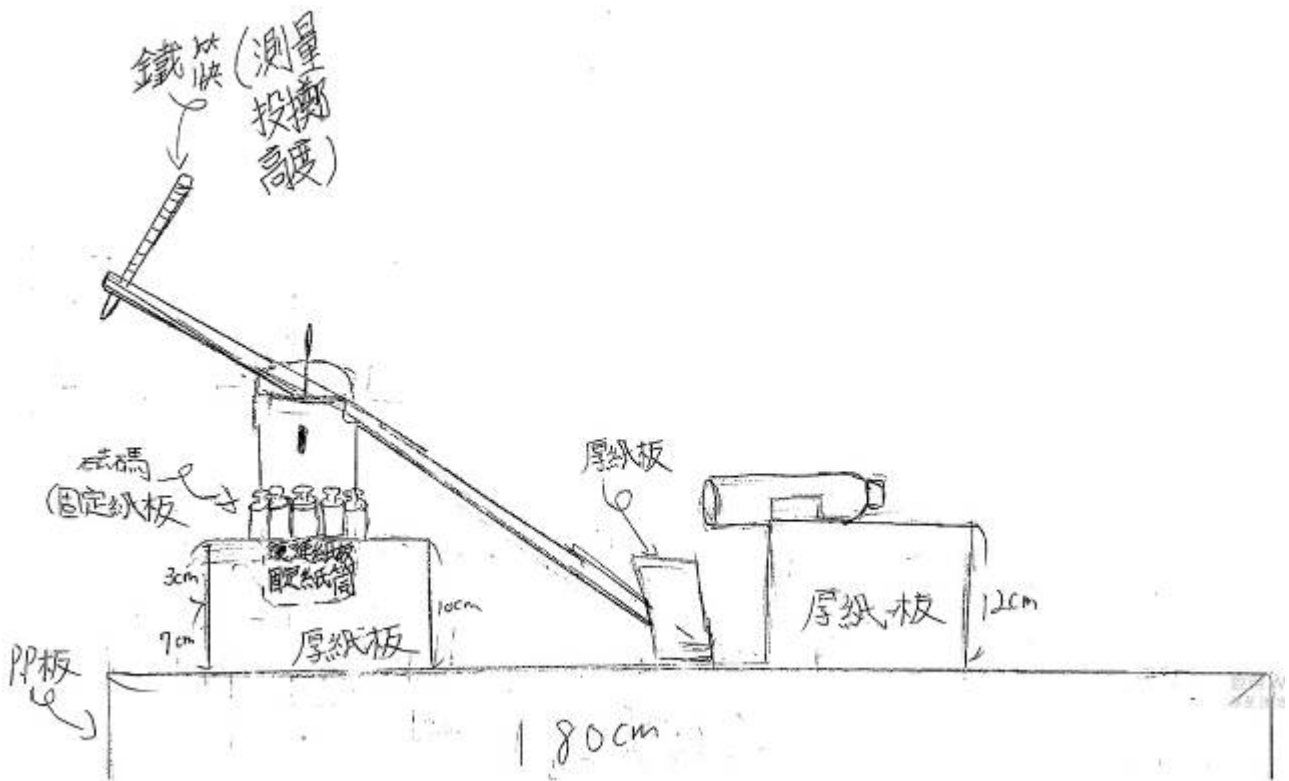


5. 由砝碼組成的重物，從鋼筷落下，可讓每次的落點一致。



6. 這裡裝了截短的塑膠筆管，目的是為了減少砝碼接觸鋼筷的摩擦力，讓重物每次從同樣高度落下的力量能盡量一致。

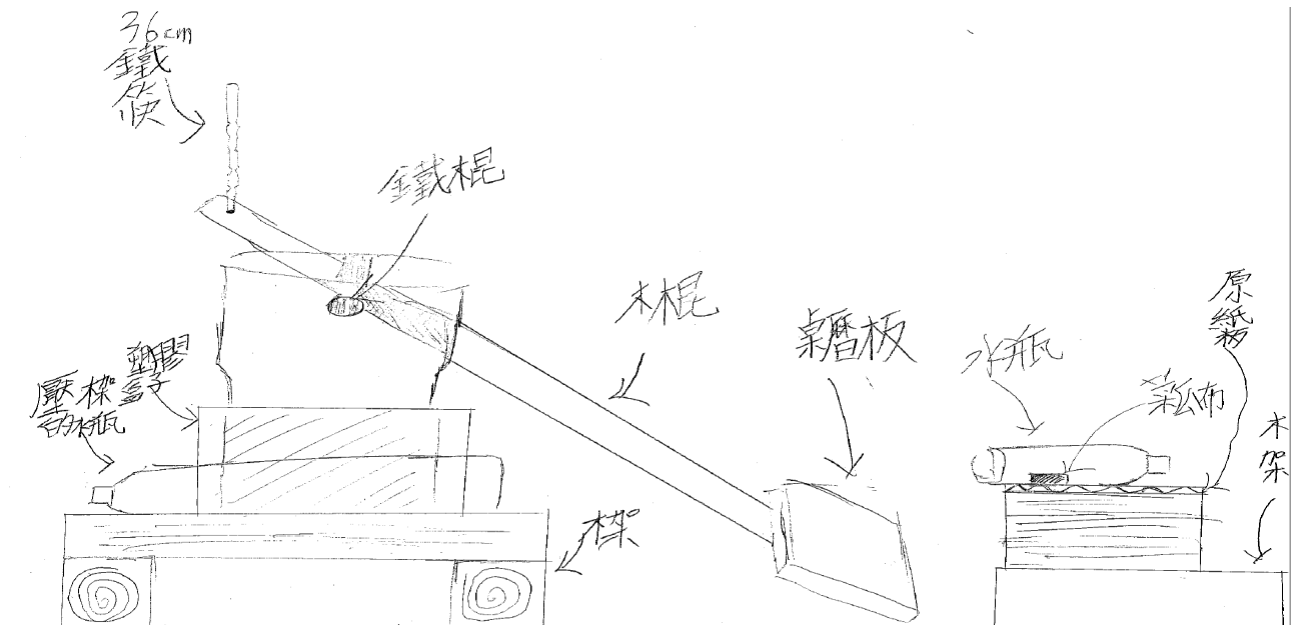
我們根據最新的設計圖（下圖），設計出了我們的完整版工具。接下來我們就要用我們的新工具來實驗「水瓶水量高度跟重物放置高度在什麼樣的關係下，擁有最高的成功率」，進而探討此蹺蹺板做為翻轉水瓶的工具是否有很高的可行性。



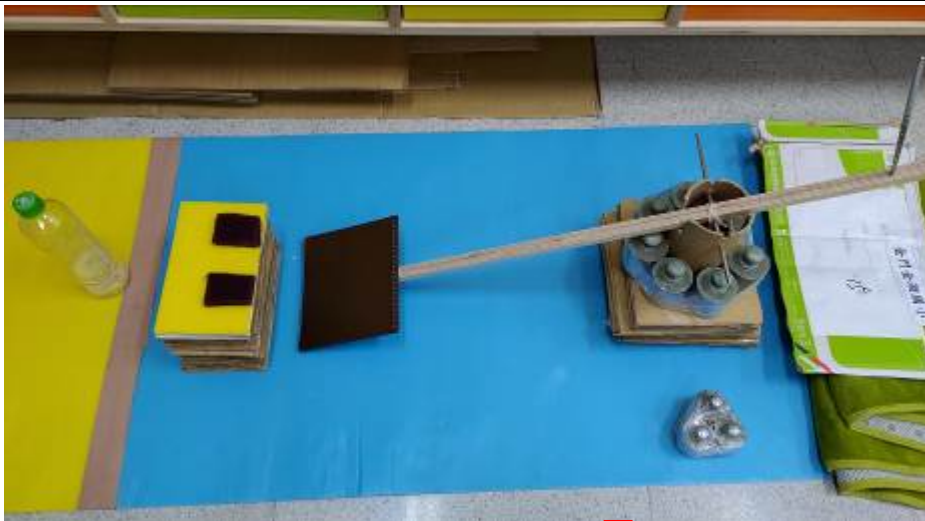
(八) 最終設計

說明一：正當我們已經在進行實驗，也覺得操作過程還滿順利的時候，我們的蹺蹺板的木條突然斷裂，我們只好再重做一個，把所有的材料換成比較穩固的材質，確保不易斷裂。

說明二：實驗過程中，我們還是有發現一些可能會影響成功率的因素存在，既然都要重做，我們打算一起改善那些可能影響成功率的因素。設計圖如下：

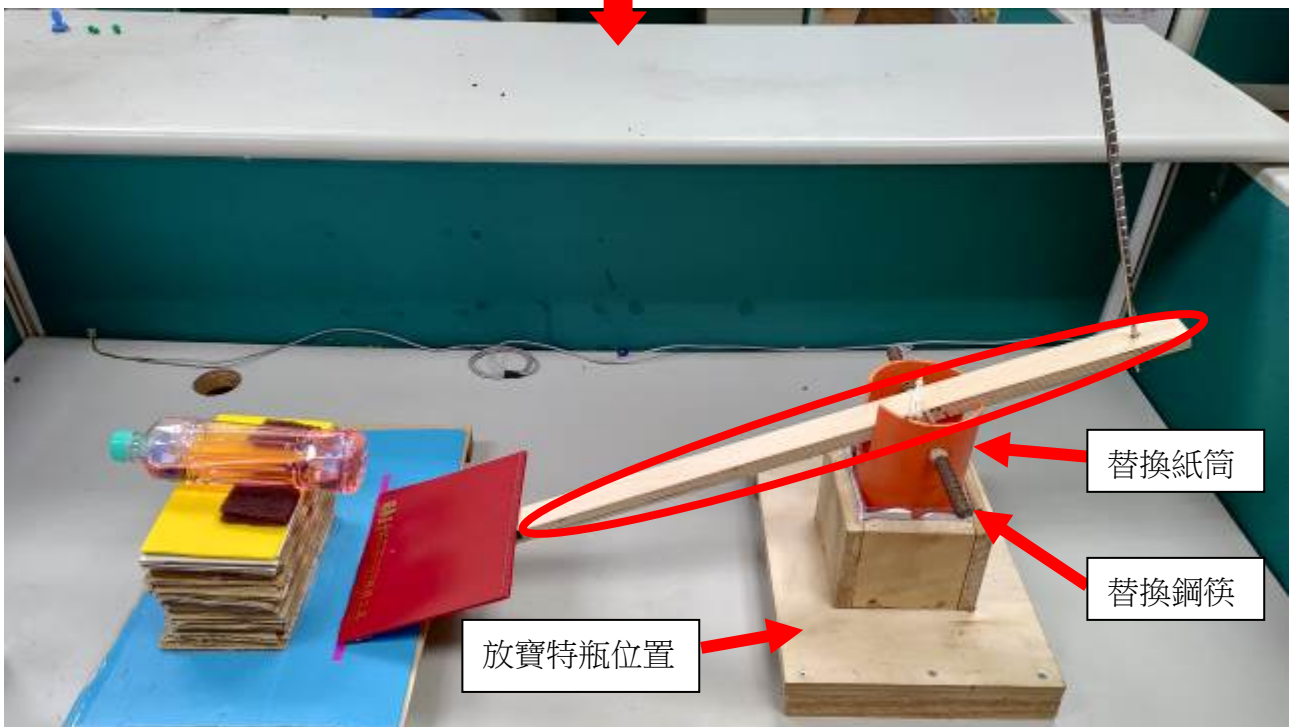


說明三：所做的改善如下說明



此為第三代，最終代改變如下圖

(改良為)



替換紙筒

替換鋼筷

放寶特瓶位置

1. 底座不再用 pp 版一體成形，而是用廢木材做成兩個底座，一個是放置蹺蹺板，一個放置水瓶，這樣一來攜帶方便，同時也能在任何一個平面上使用。
2. 底座我們製成有空間可以放置重物的寬度，屆時底座周圍可以放置數瓶裝滿水的 2200ml 寶特瓶，替換當初的砝碼充當重物，如此一來要玩的時候，再去裝水就好，攜帶方便。
3. 木條加粗，比較不容易受外力而斷裂。
4. 將紙筒換成 DWV 發泡管，比較不會晃。
5. 將鋼筷替換成實心的鐵條，完全不用擔心會斷。



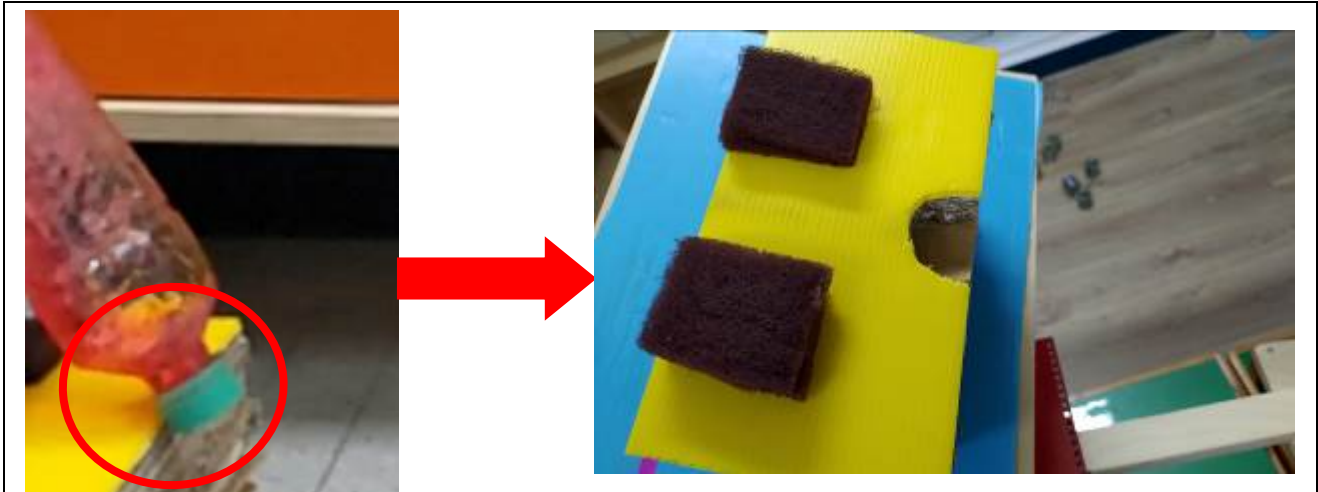
4. 即便鋼筷上有標記公分數，但是用手直接丟還是會有不穩定的情況，所以我們在不鏽鋼筷上直接用銼刀刻出凹痕，並用兩把尺當工具，將兩把尺嵌入想要丟的高度刻痕，重物放在尺上，要丟的時候直接將尺抽開，這樣就能避免因手不夠力而晃動的情形。



5. 這裡換成了截短的不鏽鋼吸管，因為我們發現之前裝的塑膠筆管也因承受不住 1.5 公斤砝碼的壓力而破裂。

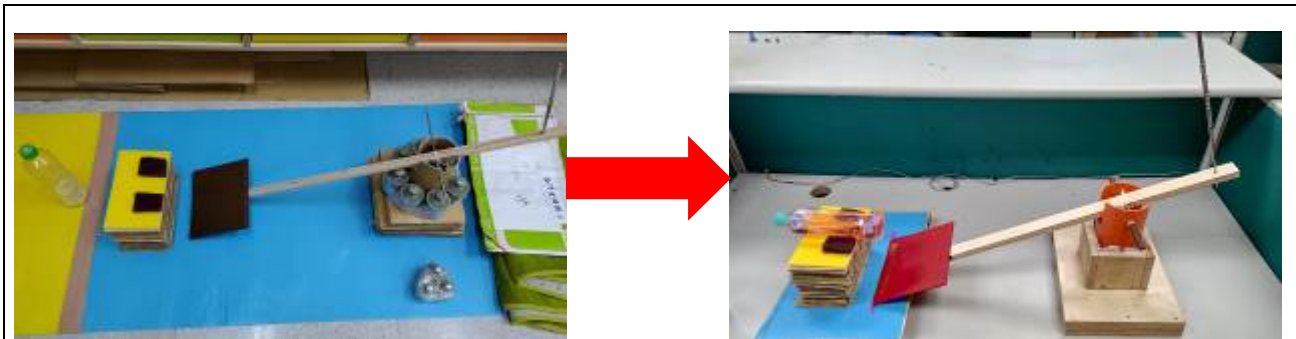


6. 為了再次的減少 1.5 砝碼重物落下時，與不鏽鋼筷之間的摩擦力，我們在每一次的實驗開始前，都會在鋼筷上沾針車油。



7. 第三代還沒壞、實驗還在進行的時候，我們用慢動作攝影紀錄，發現桌曆板打擊瓶底，使寶特瓶旋轉的時候，偶爾會遇到瓶蓋撞到放置的 PP 板，抵銷掉旋轉的力量，進而使力量變小而無法翻轉，如果瓶蓋沒有撞到，或許原本的旋轉力量能讓瓶子成功站立？所以藉這次改良，我們將放置水瓶的 PP 板前端挖了一個洞，讓水瓶旋轉的時候，瓶蓋不會集中到 PP 板而影響實驗結果。

說明四：直接比較第三代和最終代的外觀差異



從兩張圖的外觀，我們討論一下相同之處及不同之處。

相同之處：

1. 使用方式一樣，都是由砝碼重物，沿著鋼筷落下產生力量，敲擊水瓶的底端。
2. 外型一樣，蹺蹺板施力臂與抗力臂的長度也相同。

不同之處：

1. 使用更加堅固的材料製作蹺蹺板，砝碼重物落下時，比較不容易晃動。
2. 鋼筷上有刻痕，丟砝碼的方式採用尺嵌入刻痕並瞬間抽開的方式，減少手所帶來的誤差。
3. 放置水瓶的 PP 板，前端挖個洞，讓翻轉中的水瓶瓶蓋不再碰到 PP 板。

結論：總結以上的說明，我們估計改變了蹺蹺板材料、改變了砝碼重物落下的方式、從一體成形的 PP 板底座改變成用木板製成兩個分開的底座，都可能影響數字結果，所以我們決定捨棄做到一半的數據，用《最終設計》來進行相同的實驗。惟有改變的地方為：

改變 1：原本直接用手拿著砝碼重物丟。

改成：採用兩把尺嵌入刻痕，砝碼放在尺上，要讓砝碼落下時瞬間抽開的方式，減少直接用手拿所帶來的誤差。

改變 2：原本放置水瓶的 PP 板沒有洞口。

改成：放置水瓶的 PP 板，前端挖個洞，讓翻轉中的水瓶瓶蓋不易碰到 PP 板。

改變 3：原本砝碼重物是直接從鋼筷落下，未經過處理。

改成：鋼筷上沾針車油，減少砝碼重物落下時產生的摩擦力。

三、測出水瓶水量高度跟重物放置高度在什麼樣的關係下，擁有最高的成功率：

《實驗一》：測出水瓶水量高度、重物放置高度以及成功率之間的關係

說明：我們的目的是讓這套遊戲工具能成為兒童節的闖關活動之一，所以瓶子順利直立的成功率就不能太低，我們期望能找到成功率 50% 以上的位置。為了減少誤差，我們必須要設定好控制變因，此實驗的控制變因為：

1. 施力臂和抗力臂的長度。
2. 做為力量來源的 1.5kg 重物。
3. 敲擊水瓶底端的點。
4. 都用同樣的瓶子當容器（御茶園 550ml）。

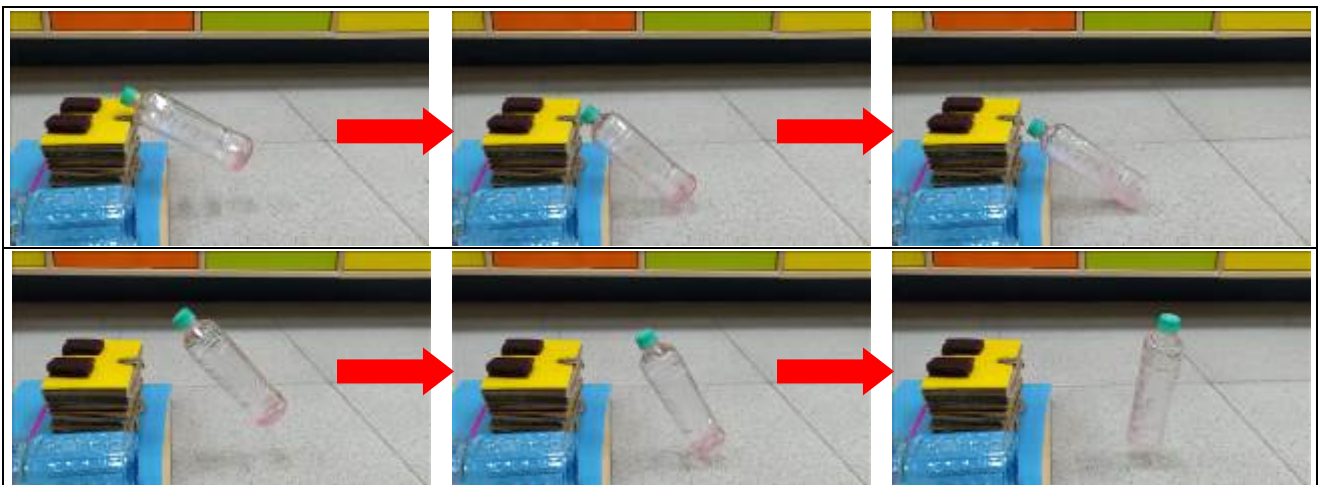
此實驗的操作變因為：

1. 瓶子中的水量（水位高度）。
2. 放置重物的起始高度。

以下是我們的實驗數據：

水位高度：2 公分

重物放置的起始高度	成功次數	20 次成功率
6 公分	0 次	0%
7 公分	0 次	0%
8 公分	0 次	0%
9 公分	0 次	0%



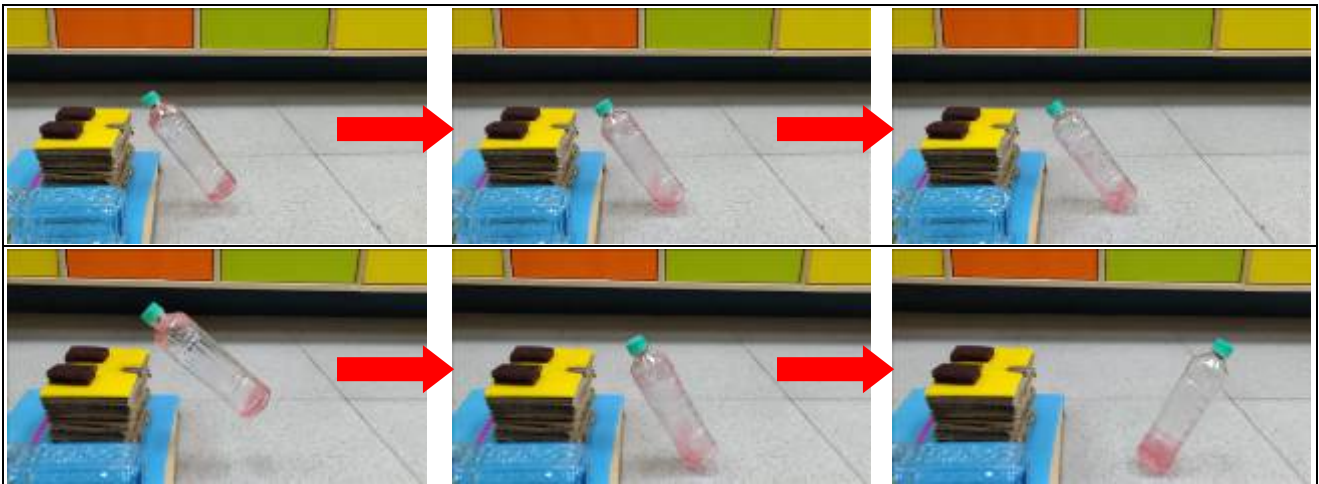
討論一：重物起始位置從 **7 公分** 以下的高度，力量對水位 2 公分高的水瓶明顯太輕，水瓶無法翻轉。

討論二：重物起始位置從 **8 公分** 以上的高度，力量對水位 2 公分高的水瓶明顯太大，水瓶會翻轉太多。

討論三：觀察翻轉中的水瓶，水的流動狀態，我們判斷應該是 2 公分高的水量太少，以至於無足夠的力量穩定水瓶。

水位高度：4 公分

重物放置的起始高度	成功次數	20 次成功率
8 公分	0 次	0%
9 公分	0 次	0%
10 公分	0 次	0%
11 公分	0 次	0%



討論一：重物起始位置從 9 公分以下的高度，力量對水位 4 公分高的水瓶明顯太輕，水瓶無法翻轉。

討論二：重物起始位置從 10 公分以上的高度，力量對水位 4 公分高的水瓶明顯太大，水瓶會翻轉太多。

討論三：觀察翻轉中的水瓶，水的流動狀態，我們判斷應該是 4 公分高的水量還是太少，以至於無足夠的力量穩定水瓶。

水位高度：6 公分

重物放置的起始高度	成功次數	20 次成功率
9 公分	0 次	0%
10 公分	0 次	0%
11 公分	1 次	5%
12 公分	0 次	0%
13 公分	0 次	0%



討論一：重物起始位置從 10 公分以下的高度，力量對水位 6 公分高的水瓶明顯太輕，水瓶無法翻轉。

討論二：重物起始位置從 12 公分以上的高度，力量對水位 6 公分高的水瓶明顯太大，水瓶會翻轉太多。

討論三：水位 6 公分高的水瓶，我們從慢動作分析，瓶蓋端的水量比較多一些（跟水位 4 公分高的水瓶比較），我們判斷或許是瓶蓋端的水，沖下來的力量足以平衡不同的外力大小（翻轉力量），以至於數據呈現的，在 **11 公分** 高的位置放置砝碼重物，有 5% 的機率可以成功讓水瓶站立。

水位高度：8 公分

重物放置的起始高度	成功次數	20 次成功率
11 公分	0 次	0%
12 公分	0 次	0%
13 公分	6 次	30%
14 公分	1 次	5%
15 公分	0 次	0%
16 公分	0 次	0%



討論一：重物起始位置從 12 公分以下的高度，力量對水位 8 公分高的水瓶明顯太輕，水瓶無法翻轉。

討論二：重物起始位置從 15 公分以上的高度，力量對水位 8 公分高的水瓶明顯太大，水瓶會翻轉太多。

討論三：水位 8 公分高的水瓶，重物在有兩個起始點都有成功的情形，分別是 **13 公分** 及 **14 公分**，我們推論，水位 8 公分高的水瓶，或許是翻轉成功站立機率最高的。

討論四：水位 8 公分高的水瓶，在重物起始點為 **13 公分** 時，是目前成功機率最高的組合。

水位高度：10 公分

重物放置的起始高度	成功次數	20 次成功率
14 公分	0 次	0%
15 公分	0 次	0%
16 公分	1 次	5%
17 公分	0 次	0%
18 公分	0 次	0%



討論一：重物起始位置從 15 公分以下的高度，力量對水位 10 公分高的水瓶明顯太輕，水瓶無法翻轉。

討論二：重物起始位置從 17 公分以上的高度，力量對水位 10 公分高的水瓶明顯太大，水瓶會翻轉太多。

討論三：水位 10 公分高的水瓶，在重物起始點為 16 公分時，打擊 20 次成功僅一次。

討論四：從上圖的影像及實驗數據中我們判斷，瓶蓋端的水量大，往下衝的力量也多，所以我們討論很有可能是瓶水的水量太多，重心偏移的幅度大，所以要順利站立就變得比較不容易。

水位高度：12 公分

重物放置的起始高度	成功次數	20 次成功率
16 公分	0 次	0%
17 公分	0 次	0%
18 公分	0 次	0%
19 公分	0 次	0%
20 公分	0 次	0%
21 公分	0 次	0%



討論一：物起始位置從 **17 公分** 以下的高度，力量對水位 12 公分高的水瓶明顯太輕，水瓶無法翻轉。

討論二：重物起始位置從 **18 公分** 以上的高度，力量對水位 12 公分高的水瓶明顯太大，水瓶會翻轉太多。

討論三：從上圖的影像及實驗數據中我們判斷，水瓶的水量已經過多了，導致重心不容易掌握，很容易力量過大而導致水瓶往前傾倒，或是力量過小而導致水瓶無法翻轉。

水位高度：14 公分

重物放置的起始高度	成功次數	20 次成功率
17 公分	0 次	0%
18 公分	0 次	0%
19 公分	0 次	0%
20 公分	0 次	0%
21 公分	0 次	0%



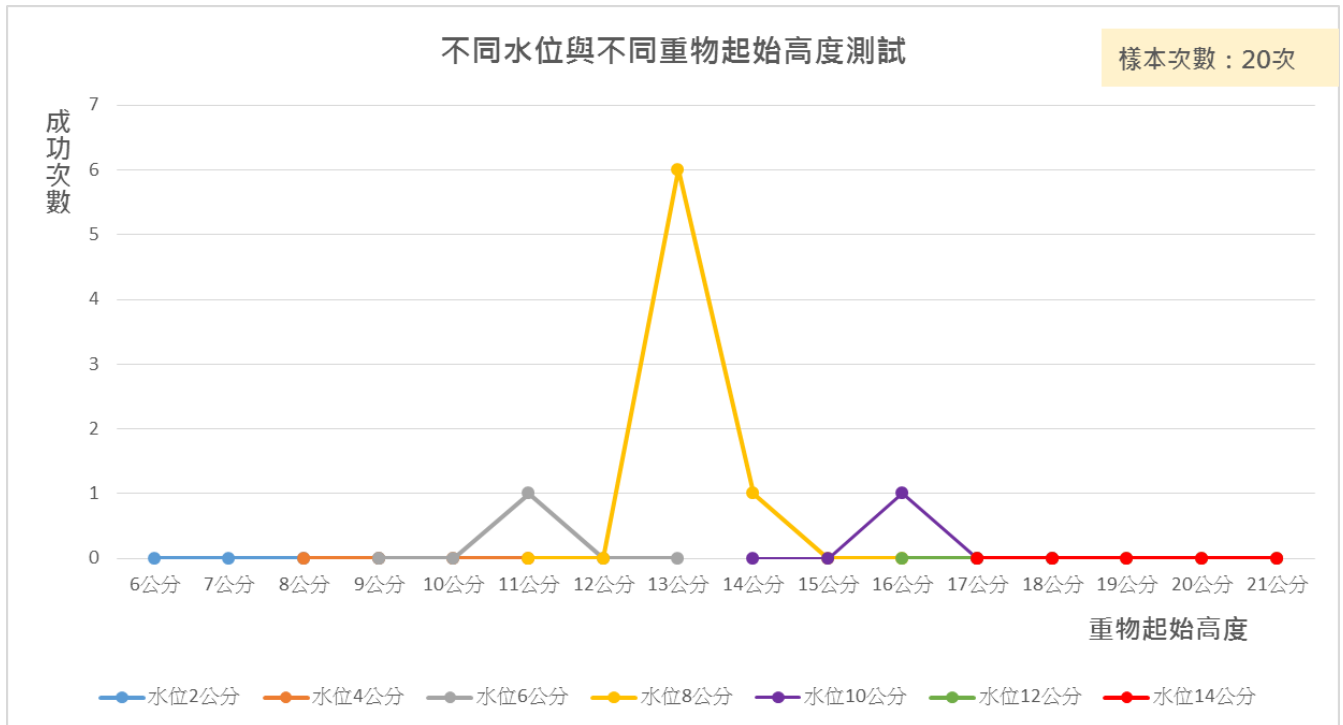
討論一：物起始位置從 **18 公分** 以下的高度，力量對水位 14 公分高的水瓶明顯太輕，水瓶無法翻轉。

討論二：重物起始位置從 **19 公分** 以上的高度，力量對水位 14 公分高的水瓶明顯太大，水瓶會翻轉太多。

討論三：跟水位 12 公分類似，重心已經不容易掌握，很容易力量過大而導致水瓶往前傾倒，或是力量過小而導致水瓶無法翻轉。而且因水量愈來愈多，水瓶翻轉後的落點，已經愈來愈靠近木板底座了！所以我們決定做到水位 14 公分就可以了！

四、「瓶中不同的水位」及「固定重量的重物在不同的高度落下」對於翻轉水瓶能順利直立落下的研究。

從以上的表格，可以彙整成如下表圖：



《實驗討論》：從以上表圖的實驗數據我們可以歸納出幾點一

1. 水瓶中不同的水位，的確會影響翻轉後成功直立落下的機率。
2. 以同樣水位的水瓶測試，重物如果從不同的高度使其落下，造成衝撞力量不一樣，的確會影響水瓶翻轉後直立落下的成功率，重物的高度稍微高一點，水瓶就會翻轉太多；重物的高度稍微低一點，水瓶就會無法翻轉。
3. 以目前的實驗來看，水瓶中的水位高度約在 8 公分，搭配重物高度約在 13 公分位置落下的組合，比較能夠讓翻轉後的水瓶成功直立落下，機率高達 30%。
4. 以目前的實驗來看，水瓶中水位 2 公分、4 公分的水量太少，水瓶容易翻過頭；12 公分、14 公分的水量太多，不容易使其翻轉。也就是說，水量太多或是太少，翻轉後的水瓶都不容易成功的直立落下。
5. 以目前的實驗數據來看，不同水位的水瓶都有一定比較適合的力量大小來擊打水，才會有成功的機率。要以固定的力量，使其不同水量的水瓶每一次都能穩定地成功直立落下，是不太可能的。

五、蹺蹺板敲擊水瓶的位置是否會影響水瓶成功站立機率的研究。

有一次上自然課時，老師講到支點的定義：「槓桿繞著轉動的固定點」我們下課就好奇地跑去問老師說：「是否我們翻轉水瓶實驗，水瓶被擊打後旋轉的過程，也是槓桿原理嗎？」聽完老師的解釋後，我們就有了一個大膽的想法：「如果把擊打水瓶底端的位置當作施力點，那打擊點的位置應該會影響水瓶翻轉的情形囉？」所以我們就有了以下的實驗發想：

《實驗二》：比較不同的蹺蹺板擊打水瓶的位置跟水平成功站立之間的關係

說明：我們當初在進行《實驗一》的時候，為了對齊方便，每次放水瓶時就會依水瓶底端的凹線為準線（如下圖一）。我們量了此凹線與瓶底的距離，約莫 6.1 公分，現在我們將重新實驗《實驗一》的內容，只是將水瓶放置的位置對齊在距離瓶底 7 公分的位置（如下圖二），好讓蹺蹺板擊中水瓶不同的地方，來比較實驗結果。



《實驗一》時
離水瓶底部約莫 6.1 公分

《圖一》

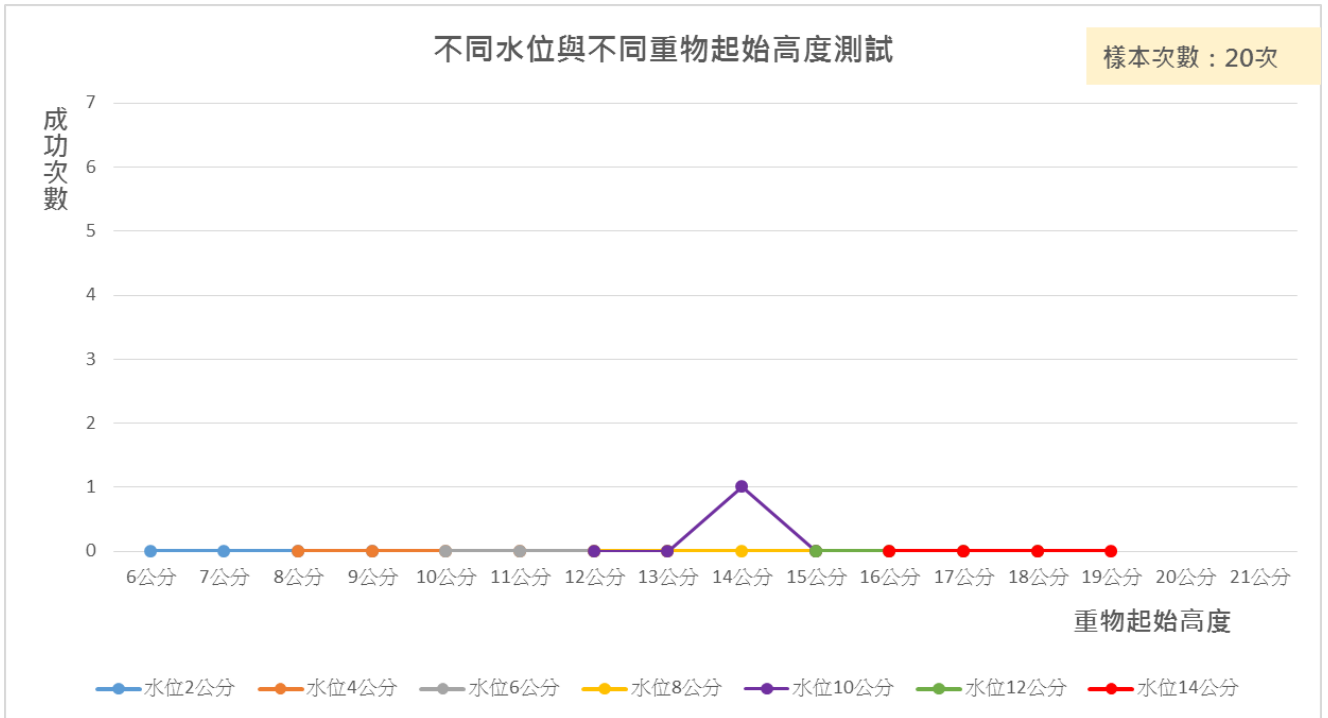


《實驗二》時
離水瓶底部約莫 7 公分

《圖二》

此實驗的操作變因為：蹺蹺板敲擊水瓶的位置

以下是我們的實驗數據圖表：



《實驗討論》：從以上表圖的實驗數據我們可以歸納出幾點：


1. 就算是以同樣水位高度、重物從同樣的高度落下，如果打擊水瓶的點不同，的確會影響水瓶翻轉後直立落下的成功率。
2. 全部的組合情況，只有水位 10 公分、重物從 14 公分落下，有出現一次水瓶成功站立的情況，但 20 次中只有一次成功。
3. 即便《實驗一》是 8 公分的水位、重物從 13 公分落下時，水瓶成功機率最高，但是一旦改變了打擊水瓶的位置，那情況就會不同，可見打擊水瓶的點也會影響整個實驗結果。

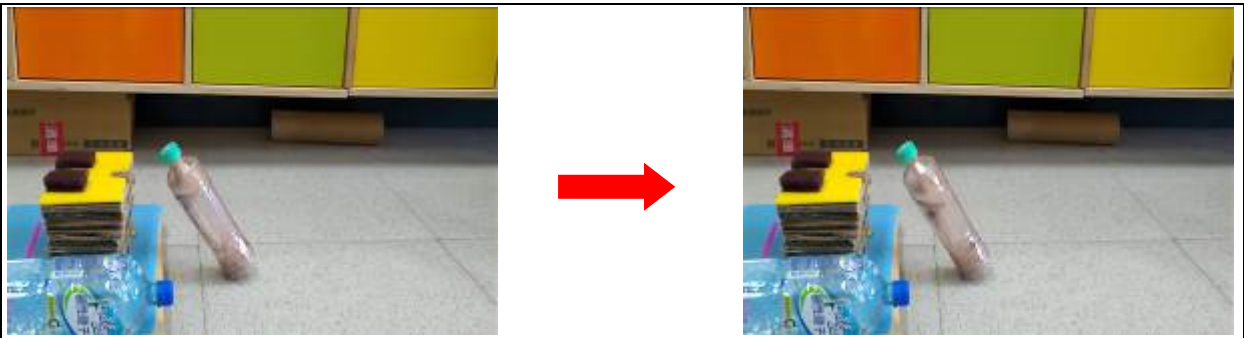
六、不同瓶中的內容物是否會影響水瓶成功站立機率的研究。

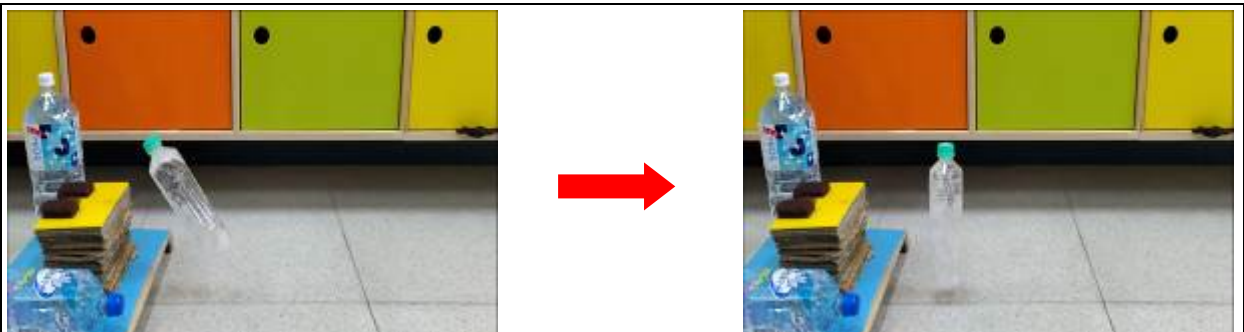
《實驗三》：不同瓶中的內容物與水瓶成功站立的關係

說明：有鑑於我們參考其他同類型的科展作品，有提到不同內容物的變因，所以我們也想試試看，我們的裝置如果打在不同內容物的保特瓶，也能夠達到 30% 的成功機率嗎？所以我們準備了以下內容物，並出現了以下結果。

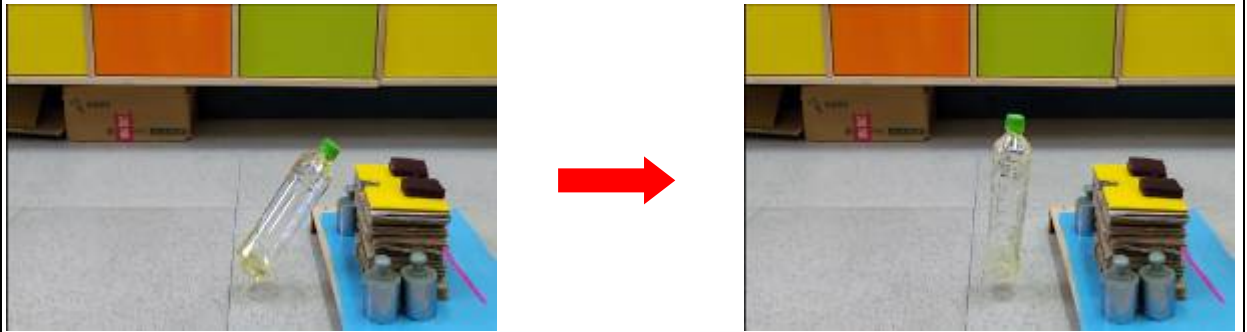
以下是我們的實驗結果與討論：

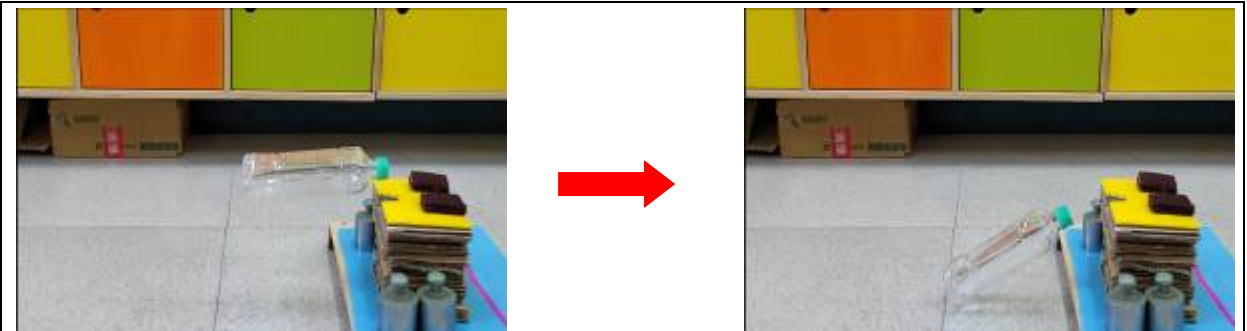
生米	
分析與討論	<p>分析：從上圖中，我們分析，雖然瓶子旋轉時，米也如同水一樣一分為二，但是如果力量稍微強一點，靠近瓶蓋的米會往下前方衝，導致重心偏前，瓶子都會往前倒；如果力量稍微小一點，瓶子就翻轉不了，直接平平的落下。</p> <p>推論：米作為翻轉水瓶的內容物來說，似乎過重了些。</p>
結果	<p>所有的組合都未成功過一次。</p>

細沙	
分析與討論	<p>分析：我們發現，沙子的情況跟米很類似，翻轉時沙也會一分為二，但是如果力量稍微強一點，靠近瓶蓋的沙會往下前方衝，導致重心偏前，瓶子都會往前倒；如果力量稍微小一點，瓶子就翻轉不了，直接平平的落下。</p> <p>推論：沙作為翻轉水瓶的內容物來說，似乎過重了些。</p>
結果	<p>所有的組合都未成功過一次。</p>

10% 膠水	
--------	--

分析與討論	<p>分析：10%膠水是我們令我們最意想不到的內容物。原本我們覺得 10%膠水搖起來跟水很像，感覺沒什麼黏稠感，應該會比較容易成功，但是我們發現，靠近瓶蓋的 10%膠水往下衝的力量，竟然跟沙還有米的情況類似，一樣會力量過大，導致重心偏前而使瓶子往前倒；如果力量稍微小一點又會使瓶子翻轉不了。</p> <p>而且我們還發現，當瓶子落地的瞬間，瓶中的膠水會到處亂飛濺，比水還要劇烈，我們分析或許這也是 10%膠水不易成功的因素吧。</p> <p>推論：10%膠水作為翻轉水瓶的內容物來說，似乎過重了些。</p>
結果	所有的組合都未成功過一次。

沙拉油	
分析與討論	<p>分析：油的情形跟 10%膠水很類似，當力量稍微大一點，就容易導致重心偏前而使瓶子往前倒；如果力量稍微小一點又會使瓶子翻轉不了。而且跟 10%膠水一樣，當瓶子落地的瞬間，瓶中的油會到處亂飛濺，比水還要劇烈，我們分析或許這也是沙拉油不易成功的因素吧。</p> <p>推論：沙拉油作為翻轉水瓶的內容物來說，似乎過重了些。</p>
結果	所有的組合都未成功過一次。

100%膠水	
--------	--

分析與討論	<p>分析：我們在實驗前認為，10%膠水的黏稠性那麼低，都不容易成功讓水瓶站立，更何況是黏稠度超高的 100%膠水，應該不會成功。果不其然，從圖中可以看出，黏稠度高的 100%膠水，瓶子翻轉時幾乎都沒有流動，於是就直接平平的落下來。</p> <p>推論：100%膠水作為翻轉水瓶的內容物來說，完全不適合。</p>
結果	所有的組合都未成功過一次。

七、蹺蹺板做為翻轉水瓶的工具是否有很高的可行性：

我們目前的實驗中，成功率最高的就是「水瓶的水量 8 公分，以 1.5 公斤的重物，從蹺蹺板上為 0 公分算起，將重物從 13 公分高的地方，使其落下，並擊打水瓶底端」的情況，成功率為 30%。

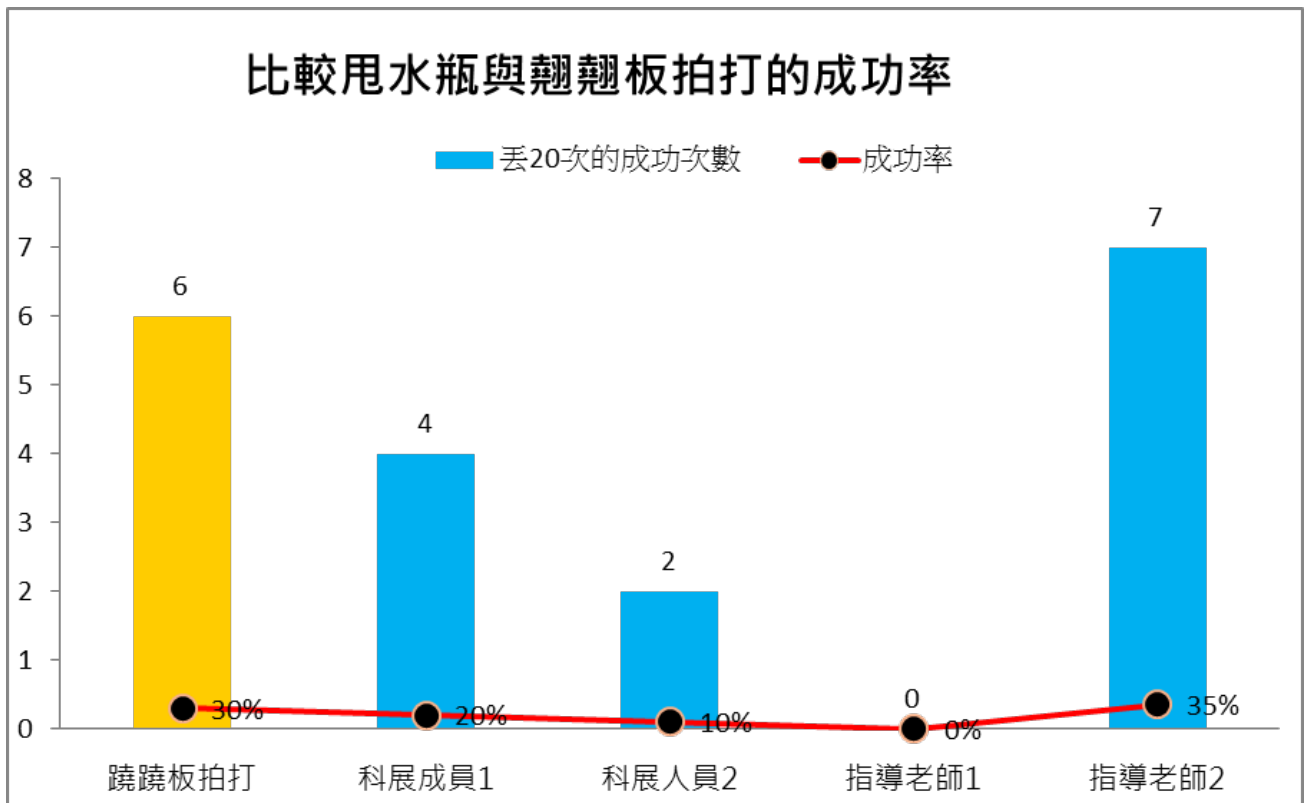
《實驗四》探討蹺蹺板做為我們執行丟水瓶的工具，是否具有可行性，

說明：

我們兩個成員加上兩位指導老師，要用手來試試看，如果就像一般大眾玩丟水瓶的方法，也就是抓著瓶蓋並讓水萍在空中翻轉一圈的方式，然後設定水瓶中的水位 8 公分、在投擲 20 次的條件之下，成功率會不會超過 30%呢？於是我們四位就分別丟丟看，以下表格中就是我們用手投擲 20 次的水量 8 公分高的水瓶，翻轉之後的成功數據：

執行人員	丟 20 次的成功次數	成功率
科展成員 1	4	20%
科展成員 2	2	10%
指導老師 1	0	0%
指導老師 2	7	35%

我們將上面的數據，以及用蹺蹺板當成工具時的數據，做成圖表：



可以很清楚看到，我們用手丟出來的成功率，多數人不及用蹺蹺板打出來的成功率，只有指導老師 2 比較厲害，超過了 30%，不過這也增加了我們對於蹺蹺板當成翻轉水瓶的工具是否有可行性的信心。

陸、研究討論

- 一、一般翻轉水瓶的遊戲裡，透過慢動作攝影，我們發現到，水瓶翻轉的過程會將水分為二，分別是瓶蓋端跟底端，在水瓶成功站立之前，靠近瓶蓋端的水會先往下衝，因為這股力量，導致原本會往前倒的水瓶，在這時候被往水瓶底部衝的水給壓穩下來，重心往下以至於站立。而這跟我們從底端擊打水，使其翻轉一圈後，穩穩的直立，其中的過程是一樣的。
- 二、水量過多，會因為翻轉不易而難以完成遊戲，而且水量愈多，翻轉後的水瓶落下的位置也愈靠近水瓶原來放置的位置；水量過少，會因為太容易翻轉而翻轉過頭，難以達成成功條件，而且水量愈少，翻轉後的水瓶落下的位置也愈遠離水瓶原來放置

的位置。

- 三、以我們的實驗器材蹺蹺板為工具，當水瓶水位 8 公分的高度，且將 1.5 公斤的重物，距離蹺蹺板約 13 公分的高度使其落下，擊打水瓶後水瓶翻轉一圈後成功直立落下的成功率為整個實驗中最佳，為 30%。
- 四、在我們的裝置中，水瓶的打擊點不一樣，會影響水瓶翻轉後成功站立的成功率。
- 五、在目前的實驗結果中，瓶子中的內容物如果為水、10%膠水、100%膠水、沙拉油、生米、細沙，這六種來比較的話，瓶子中還是裝水的成功機率比較高，其他五種內容物對翻轉水瓶來說似乎太重了些。
- 六、自製蹺蹺板做為丟水瓶遊戲的工具，跟我們用手丟的情況相比，同樣以投擲 20 次來說，自製蹺蹺板的成功機率是算高的，所以使用我們自製蹺蹺板做為丟水瓶遊戲的工具，是具有可行性的。
- 七、雖然我們的最終設計已經加強了設備的穩定性，也改善了用手丟的方法，但是我們還是無法找到能有成功率 80% 以上的情況，所以我們設計的裝置或許還有可以改良的地方，同時我們讓重物落下的方式或許可以設計成不用手也能丟情況，說不定誤差還會再降得更低也說不定。

柒、結論

在研究動機中有提到，我們這次的研究，主要是因為主任請我們班幫忙想一個兒童節闖關的活動，我們班七嘴八舌的拋出想法，而其中我們兩個最有行動力，把想法付諸行動並測試可行性，當學務主任聽到我們真的很認真在研究兒童節闖關活動的時候，還跟我們說：「其實主任只是隨口問問而已，想不到你們竟然這麼認真！」雖然我們聽到主任這番話時是有些傻眼，但是說實在的我們也玩出興趣來了！尤其東西都做到一半了怎麼能放棄呢？況且班上的同學都滿心期待我們的作品，當主任得知我們研究精神，也跟我們說：「如果這在兒童節闖關活動上是真的可行的話，就會考慮將這遊戲納入闖關活動之一。」這讓我們更有動力了！

實驗結果做出來之後，得知我們最佳的成功率是 30%，我們本來很懷疑 30% 的成功機率，真的會有人來玩嗎？他們不會覺得太低嗎？老師知道我們的疑慮之後，就算出期望值給我們看，老師跟我們說只要我們設定玩一次花費 10 元，成功讓水瓶站立就能得到 50 元獎品的話，

那花 10 元玩的人他的期望值會有 8 元，雖然我們還是聽不太懂什麼期望值，但老師說成功機率 30%的遊戲不會太低的，比夜市的套圈圈還要高很多，我們就鬆了一口氣。

令人感到可惜的是，就在我們確定我們的自製蹺蹺板，真的能玩丟水瓶的遊戲，成功率也不低，主任也說會再找我們討論詳細的玩法，就在這樣的一個令人興奮的時間點，學校突然宣布，兒童節闖關活動因疫情取消了.....

對我們來說，一開始研究這主題的動機消失了，雖然令人感到沮喪，但是我們從中學學習到，有時候我們的一點天馬行空的想法，不見得都是虛幻、不可行的，如果仔細去研究、找到邏輯性及規律性，那麼即便是天馬行空、前人沒有做過的東西，只要遵循著科學研究的精神去探討，搞不好真的能發現，其實我們的想法是有可行性的。

我們也發現說，我們的東西其實還是有問題在，是有缺陷的，或許我們再多加研究，或是老師讓後面的學弟妹繼續改良，雖然這次無法成功在兒童節闖關活動展出，搞不好經過改良後，就能在夜市上當作擺攤遊戲來營業也說不定呢！

捌、參考資料及其他

一、© 2018 American Association of Physics Teachers.

取自：<https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.5052441>

二、The physics behind the perfect ‘water bottle flip’ unravelled。

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=E98-GcJb4qI>

三、Best homemade bottle flip machine ever !

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=aKYRKJvg--I>

四、Bottle Flip Device -- Invention Rejections。

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=8Ze1BepAl0s>

【評語】 082902

本研究探討水瓶翻轉的運動力學，著力於建立並實現翻轉後水瓶可直立的條件，以提高成功的機率。做為擺攤的遊戲器材，對於與期望值的連結及討論仍有進步的空間。

摘要

能夠成為一個適合拿去擺攤的遊戲器材，是這個實驗的最大目標。本次研究主要探討水瓶翻轉之後能順利直立落下所需的力道（重物放置高度）及水瓶中不同水量之間的關係，為了確保每次的施力不要落差太大，我們利用六下所教的簡單機械自製出一台蹺蹺板，作為擊打水瓶的工具。

壹、研究動機

下學期開學日當天，學務主任因為知道我們班的鬼點子很多，就請我們幫忙想一下這學期的兒童節闖關活動，我們絞盡腦汁，天馬行空的七嘴八舌好一陣子。那時因為學校高年級正流行翻轉水瓶後使其成功直立落下的遊戲，於是靈機一動的我們想把這個遊戲變成可以擺設的遊戲攤子，然而正常翻轉水瓶的方式是抓住瓶蓋的地方使其轉動，生來顛覆的我們想反其道而行，想研究看看能不能翻轉水瓶底端並順利直立落下，又因為自然課剛好在上簡單機械，為了讓這擺攤遊戲更加精緻，我們就想設計一個槓桿工具，成為操作翻轉水瓶底端的穩定道具，最後決定使用蹺蹺板。

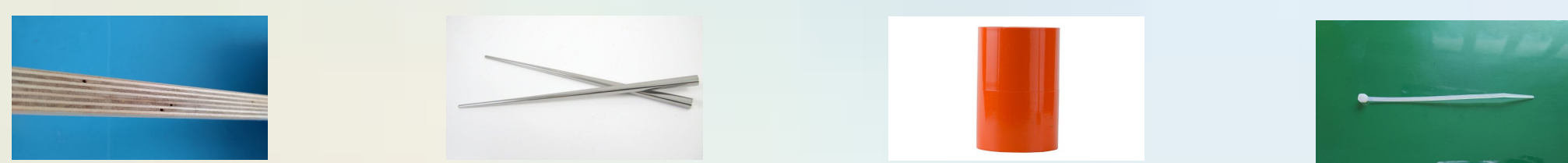
貳、研究目的

- 一、手動翻轉水瓶底端的動作分析及過程分析。
- 二、自製簡單機械（蹺蹺板）的設計與構造分析。
- 三、測出水瓶水量高度跟重物放置高度在什麼樣的關係下，擁有最高的成功率。
- 四、「瓶中不同的水位」及「固定重量的重物在不同的高度落下」對於翻轉水瓶能順利直立落下的研究。
- 五、蹺蹺板敲擊水瓶的位置是否會影響水瓶成功站立機率的研究。
- 六、不同瓶中的內容物是否會影響水瓶成功站立機率的研究。
- 七、蹺蹺板做為翻轉水瓶的工具是否有很高的可行性。

參、研究設備及器材

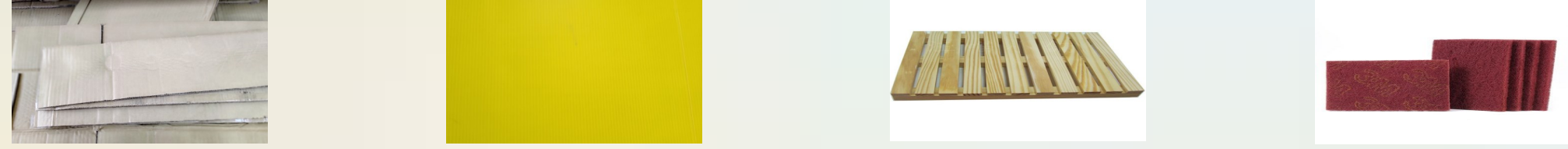
蹺蹺板本體：

1. 厚木條
2. 不鏽鋼筷
3. DWV 發泡管
4. 束帶



擺放水瓶及蹺蹺板的基座：

1. 厚紙板
2. PP板
3. 木材
4. 菜瓜布



其他：

美工刀、銼刀、熱熔槍、熱熔膠條、重物(砝碼)、不鏽鋼吸管、膠帶、簽字筆、尺、紅色墨水、裝水的寶特瓶、手機(攝影用)

肆、研究過程或方法

研究前，我們上網搜尋資料，想看看有沒有人跟我們一樣做過類似的研究，發現了以前也有科展作品研究，丟水瓶，不過跟我們丟水瓶的方式是不太一樣的：

相同之處	都是拋出水瓶，並實驗成功站立的機率。	示意圖	
不同之處	其他作品： 施力在瓶蓋上使寶特瓶旋轉。	示意圖	
	我們作品： 施力在瓶底處使寶特瓶旋轉。	示意圖	
參考資料來源	一、嘉義市第36屆中小學科學展覽會國小組物理科 作品名稱：瓶子…立正！！ 二、嘉義市第36屆中小學科學展覽會國中組物理科 作品名稱：瓶水相擲—探討拋擲水瓶站立成功率的影响因素		

拜讀完先進們的作品之後，覺得我們丟水瓶的方法的確很值得挑戰看看，我們就進行了一連串的實驗與討論。

伍、研究過程或方法

一、手動玩翻轉水瓶底端的動作分析及過程分析：

(一) 動作分析：

1. 手掌攤開朝上	2. 手掌離水瓶適當距離	3. 以手指當施力點，將水瓶底端往上拍起

(二) 過程分析：

1. 手指給予瓶子往上的力，使其翻轉	2. 轉的過程中，水的空間成上下兩個位置	3. 水瓶即將落在桌面時，水分成上下兩部分更加明顯
4. 水瓶底部碰到桌面的瞬間，瓶蓋端的水要落下來	5. 瓶蓋端的水衝下來，給予水瓶一股向下的衝力，使其穩定站立	

(三) 資料搜尋&實驗討論：

我們試了五十幾次之後，發現從水瓶底端翻轉起來的確有可能讓水瓶順利直立落下，不過成功機率有些小，感覺比抓著瓶蓋翻轉還要難成功，所以我們找了老師討論，老師用慢動作攝影我們成功的一次，並讓我們細看翻轉過程，我們發現到說，翻轉的過程有一段時間水瓶中的水會**一分為二，變成靠近瓶蓋端和靠近瓶子底端兩個部分**。

而我們又發現到，水瓶成功站立之前，**靠近瓶蓋端的水會先往下衝因為這股力量，導致原本會往前倒的水瓶**，在這時候被往水瓶底部衝下來的水給壓穩下來，重心往下以至於站立。

看到這，我們想知道平時甩水瓶是不是也是這樣，於是老師就讓我們看了一段國外的影片，並幫我們翻譯，影片的內容正是國外的專家分析丟水瓶之所以可以成功站立的原因結果發現，影片中抓著瓶蓋翻轉，跟我們拍擊底端翻轉，翻轉中瓶子的水竟是一樣的過程！這也證明了，我們一開始想反其道而行的想法是真的可行的。

於是我們就開始思考，既然瓶中水流動的過程是一樣的，如果我們能每次都施以幾乎相同的力量在瓶子底端，說不定就能大大提升成功直立落下的機率了！所以我們討論出用手指往上施力，機率會不高的原因有二：

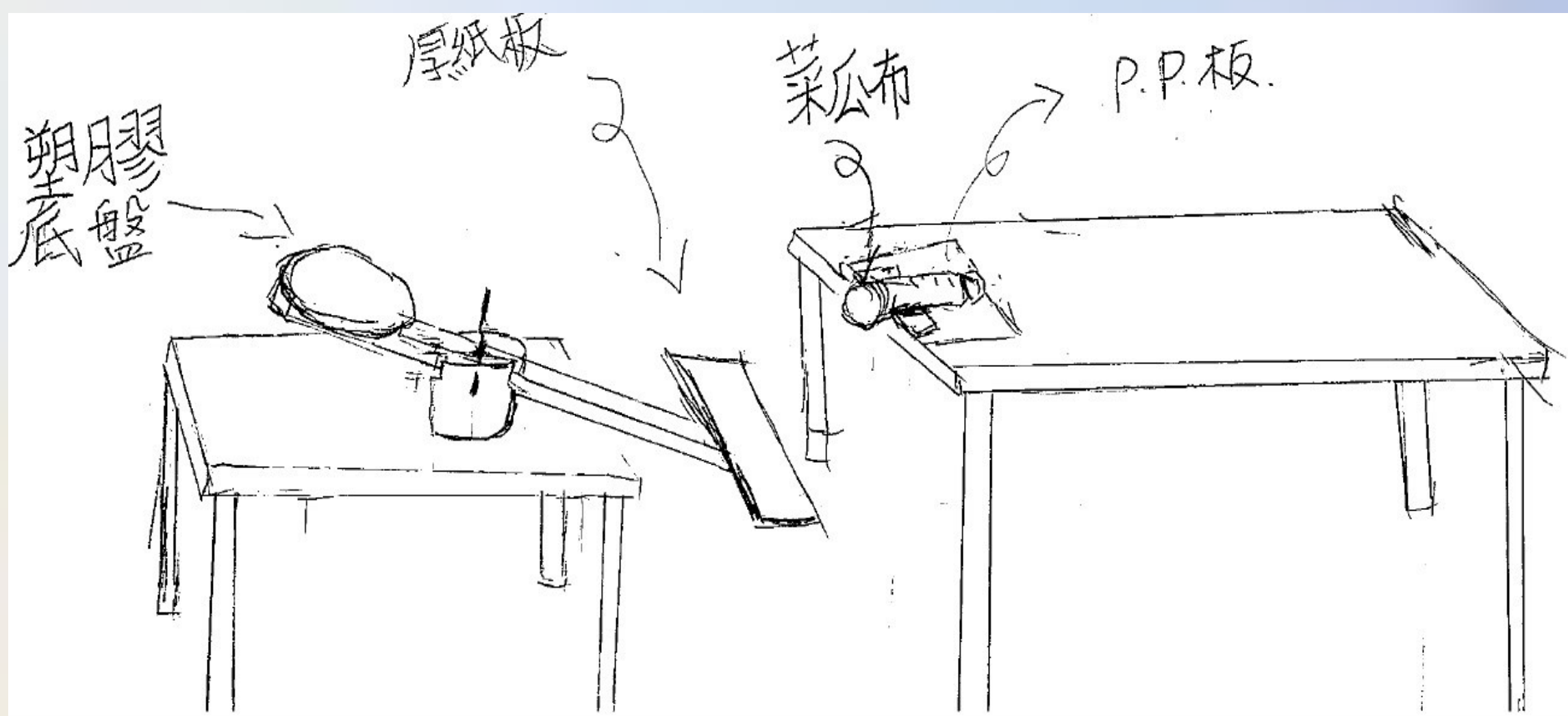
1. 手的力量無法精細的控制每一次都相同的程度。
2. 水瓶的水量或許是影響穩定直立的因素之一。

為了解決第一個原因，我們設計了一個蹺蹺板做為固定施力的工具。

二、自製簡單機械（蹺蹺板）的設計與構造分析：

(一) 初期設計

我們交換彼此的意見，把腦中構思的東西給畫出來，產出了第一代的設計圖：



(二) 依設計圖試做：



(三) 構造問題分析：

雖然第一版的蹺蹺板裝置，確實能擊中水瓶底端，並且讓水瓶翻轉，但是成功讓水瓶順利直立落下的機率實在太低了！不管裝水量的高度是2cm、4cm、6cm、8cm、還是10cm，將重物在不同的高度落到塑膠盤中，能使水瓶順利直立落下的機率，約莫100次會成功1次，甚至是0成功，這樣的機率實在太低，無法當成擺攤的遊戲，於是我們分析了幾個可能導致工具不穩定的因素：

因素1：直接用尺在重物旁邊量高度容易造成不準確。

因素2：砝碼在盒子中，落下時會互相撞擊。

因素3：塑膠盤太大，無法確實每次將重物擊中在同一點。

因素4：蹺蹺板本體很容易因重物擊中而晃動。

因素5：容易受限於場地環境。

根據以上我們推論的五個因素，我們決定著手改造我們的裝置。

五、蹺蹺板敲擊水瓶的位置是否會影響水瓶成功站立機率的研究。

有一次上自然課時，老師講到支點的定義：「槓桿繞著轉動的固定點」我們下課就好奇地跑去問老師說：「是否我們翻轉水瓶實驗，水瓶被擊打後旋轉的過程，也是槓桿原理嗎？」聽完老師的解釋後，我們就有了一個大膽的想法：「如果把擊打水瓶底端的位置當作施力點，那打擊點的位置應該會影響水瓶翻轉的情形囉？」所以我們就有了以下的實驗發想：

《實驗二》：比較不同的蹺蹺板擊打水瓶的位置跟水平成功站立之間的關係

說明：現在我們將重新實驗《實驗一》的內容，只是讓蹺蹺板擊中水瓶不同的地方，比較實驗結果。



《實驗一》時
《圖一》
離水瓶底部約
莫 6.1 公分



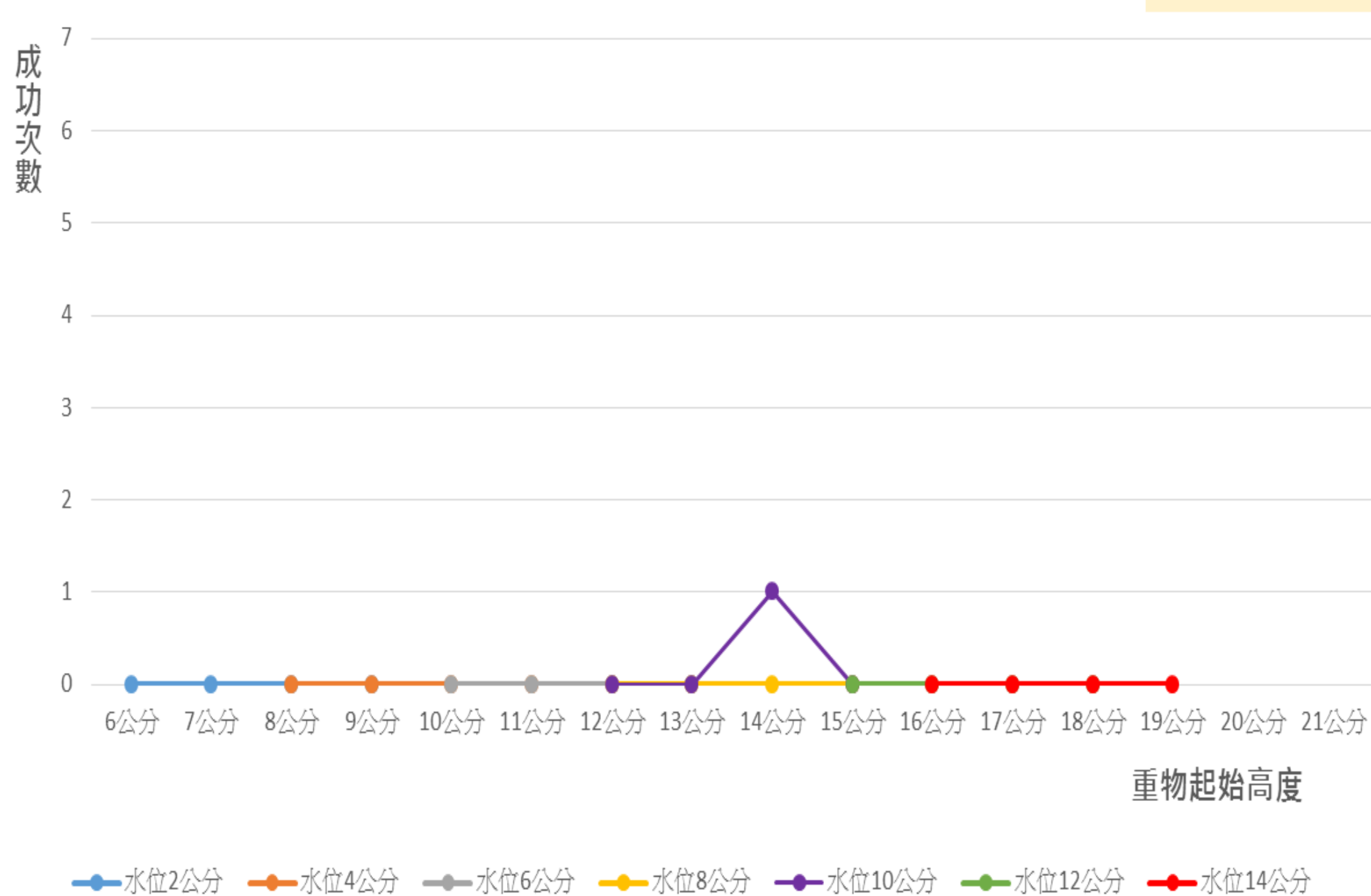
《實驗二》時
《圖二》
離水瓶底部約
莫 7 公分

此實驗的操作變因為：蹺蹺板敲擊水瓶的位置

以下是我們的實驗數據圖表：

不同水位與不同重物起始高度測試

樣本次數：20次



《實驗討論》：從以上表圖的實驗數據我們可以歸納出幾點：

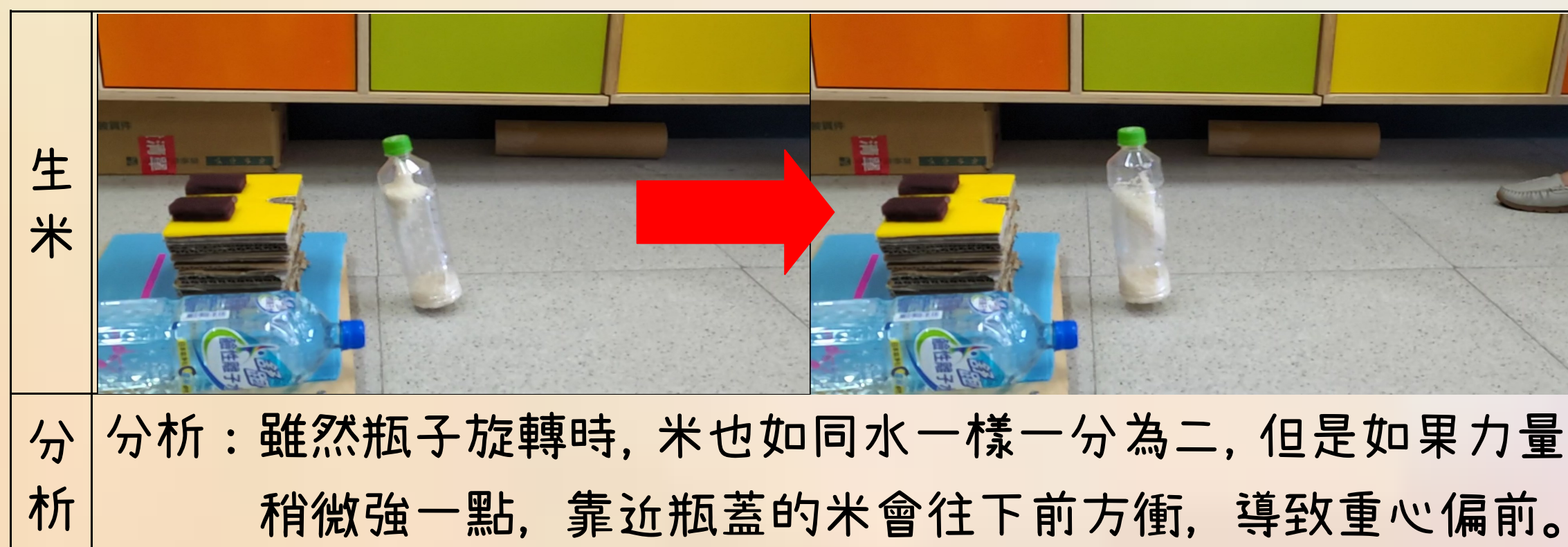
1. 就算是以同樣水位高度、重物從同樣的高度落下，如果打擊水瓶的點不同，的確會影響水瓶翻轉後直立落下的成功率。
2. 全部的組合情況，只有水位 10 公分、重物從 14 公分落下，有出現一次水瓶成功站立的情況，但 20 次中只有一次成功。
3. 即便《實驗一》是 8 公分的水位、重物從 13 公分落下時，水瓶成功機率最高，但是一旦改變了打擊水瓶的位置，那情況就會不同，可見打擊水瓶的點也會響整個實驗結果。

六、不同瓶中的內容物是否會影響水瓶成功站立機率的研究。

《實驗三》：不同瓶中的內容物與水瓶成功站立的關係

說明：有鑑於我們參考其他同類型的科展作品，有提到不同內容物的變因，所以我們也想試試看，我們的裝置如果打在不同內容物的保特瓶，也能夠達到 30% 的成功機率嗎？

以下是我們的實驗結果與討論：



生米

分析

分析：雖然瓶子旋轉時，米也如同水一樣一分為二，但是如果力量稍微強一點，靠近瓶蓋的米會往下前方衝，導致重心偏前。



細沙

分析

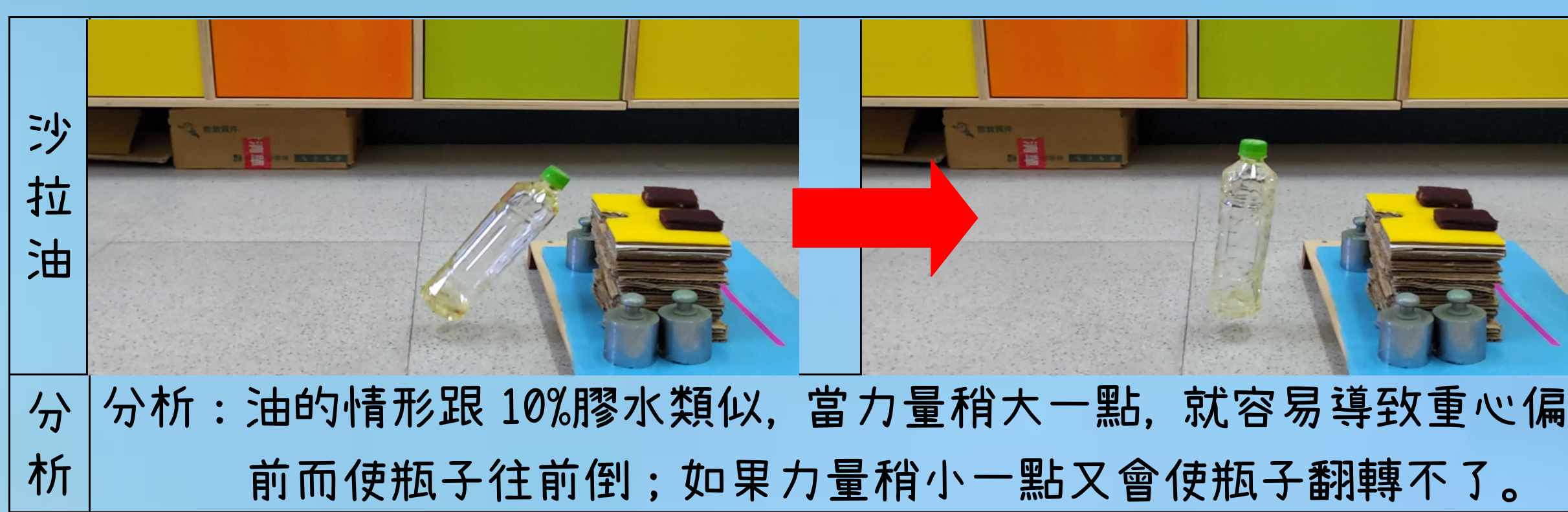
分析：我們發現，沙子的情況跟米很類似。



10% 膠水

分析

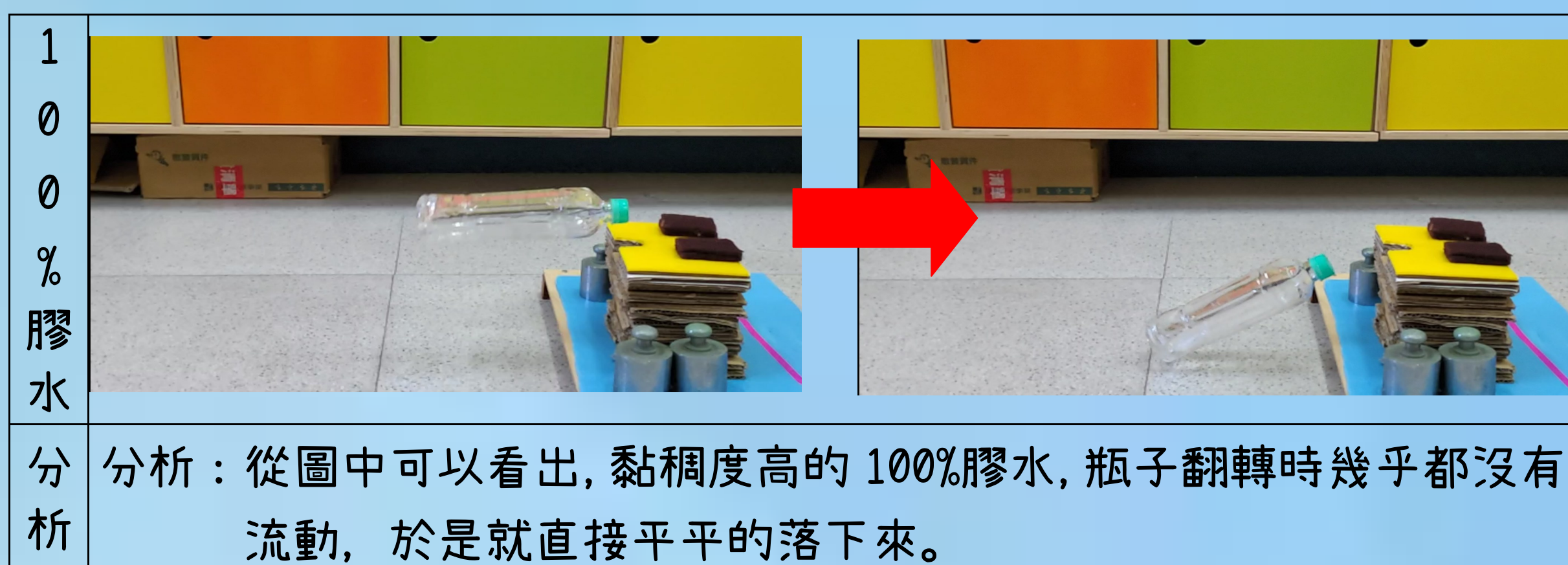
分析：原本我們覺得 10% 膠水搖起來跟水很像，感覺沒什麼黏稠感，應該會比較容易成功，但是我們發現，靠近瓶蓋的 10%，竟然跟沙還有米的情況類似，一樣會力量過大。



沙拉油

分析

分析：油的情形跟 10% 膠水類似，當力量稍大一點，就容易導致重心偏前而使瓶子往前倒；如果力量稍小一點又會使瓶子翻轉不了。



100% 膠水

分析

分析：從圖中可以看出，黏稠度高的 100% 膠水，瓶子翻轉時幾乎都沒有流動，於是就直接平平的落下來。

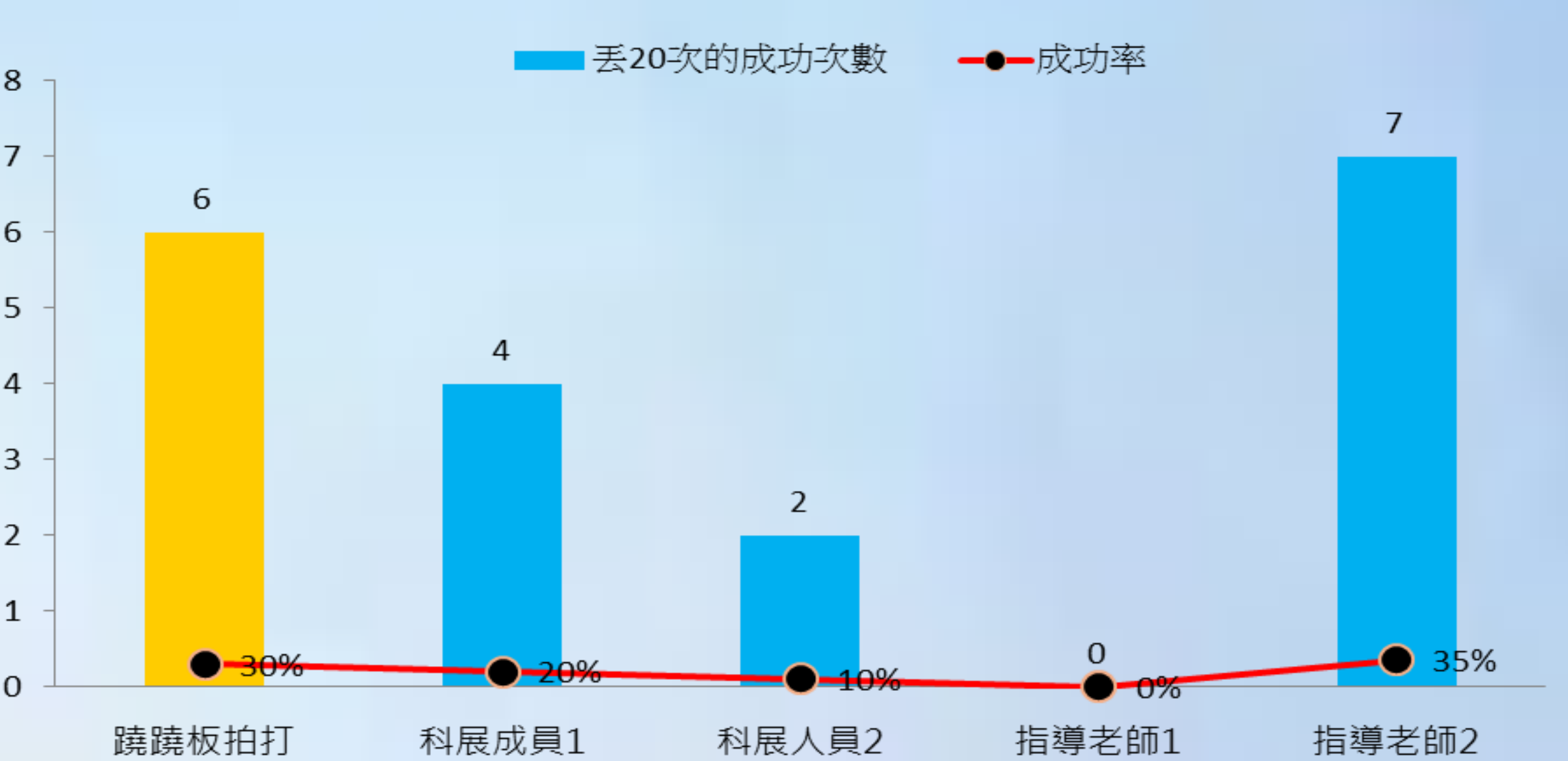
七、蹺蹺板做為翻轉水瓶的工具是否有很高的可行性：

我們目前的實驗中，成功率最高的就是「水瓶的水量 8 公分，以 1.5 公斤的重物，從蹺蹺板上為 0 公分算起，將重物從 13 公分高的地方，使其落下，並擊打水瓶底端」的情況，成功率為 30%。

《實驗四》探討蹺蹺板做為我們執行丟水瓶的工具，是否具有可行性，說明：

我們兩個成員加上兩位指導老師，要用手來試試看，如果就像一般大眾玩丟水瓶的方法，也就是抓著瓶蓋並讓水瓶在空中翻轉一圈的方式，然後設定水瓶中的水位 8 公分、在投擲 20 次的條件之下，成功率會不會超過 30% 呢？

比較甩水瓶與翹翹板拍打的成功率



陸、研究討論

- 一、透過慢動作攝影，我們發現到，水瓶翻轉的過程會將水一分為二，分別是瓶蓋端跟底端，在水瓶成功站立之前，靠近瓶蓋端的水會先往下衝，因為這股力量，導致原本會往前倒的水瓶，在這時候被往水瓶底部衝的水給壓穩下來，重心往下以至於站立。
- 二、水量過多，會因為翻轉不易而難以完成遊戲，而且水量愈多，翻轉後的水瓶落下的位置也愈靠近水瓶原來放置的位置；水量過少，會因為太容易翻轉而翻轉過頭，難以達成成功條件，而且水量愈少，翻轉後的水瓶落下的位置也愈遠離水瓶原來放置的位置。
- 三、以我們的實驗器材蹺蹺板為工具，當水瓶水位 8 公分的高度，且將 1.5 公斤的重物，距離蹺蹺板約 13 公分的高度使其落下，擊打水瓶後水瓶翻轉一圈後成功直立落下的成功率為整個實驗中最佳的 30%。
- 四、在我們的裝置中，水瓶的打擊點不一樣，會影響水瓶翻轉後成功站立的成功率。
- 五、在目前的實驗結果中，瓶子中的內容物如果為水、10% 膠水、100% 膠水、沙拉油、生米、細沙，這六種來比較的話，瓶子中還是裝水的成功機率比較高，其他五種內容物對翻轉水瓶來說似乎太重了些。
- 六、自製蹺蹺板做為丟水瓶遊戲的工具，跟我們用手丟的情況相比，同樣以投擲 20 次來說，自製蹺蹺板的成功機率是算高的，所以使用我們自製蹺蹺板做為丟水瓶遊戲的工具，是具有可行性的。
- 七、雖然我們的最終設計已經加強了設備的穩定性，也改善了用手丟的方法，但是我們還是無法找到能有成功率 80% 以上的情況，所以我們設計的裝置或許還有可以改良的地方，同時我們讓重物落下的方式或許可以設計成不用手也能丟情況，誤差還會再降得更低也說不定。

柒、結論

我們本來懷疑 30% 的成功機率，真的會有人來玩嗎？他們不會覺得太低嗎？老師特別算出期望值跟我們說明，只要我們設定玩一次花費 10 元，成功讓水瓶站立就能得到 50 元獎品的話，那花 10 元玩的人他的期望值會有 8 元，雖然我們聽不太懂什麼期望值，但老師說玩家的成功報酬率會比夜市的套圈圈還要高很多，我們就鬆了一口氣。

我們也發現說，我們的東西其實還是有問題在，是有缺陷的，或許我們再多加研究，或是老師讓後面的學弟妹繼續改良，雖然這次無法成功在兒童節闖關活動展出，搞不好經過改良後，就能在夜市上當作擺攤遊戲來營業也說不定呢！