

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080824

TOP—YOYO

學校名稱：臺中市南屯區惠文國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳裕傑	郭榮
小六 黃睦傑	陳俊明
小五 林郁家	
小五 莊譽呈	
小五 黃柏瑜	

關鍵詞：陀螺(top)、溜溜球(yoyo)、光碟

摘要：

我們利用廢棄的光碟作出溜溜球（Yoyo）與陀螺（Top）結合而成的 Top-Yoyo：由針筒做軸，廢光碟作輪，輕鬆即可做成我們設計的環保玩具。

「最佳組合」為：選擇棉線、輪軸比 8-1、間距 1cm、光碟數量 4+4、底盤高度 2cm 並在針筒內加油。可做出高效能的 Top-Yoyo：

反彈高度：77.80cm

陀螺旋轉秒數：58.58 秒

反彈次數：10.80 次

高點偏轉：18°

Top-Yoyo 不但能當作溜溜球玩，它比傳統陀螺更好操作！使用針筒活塞作握把，輕輕一拉線便能打陀螺，收線的時候只要當溜溜球回彈次數即可輕鬆完成。小組最後再將其升級為「色彩混色教具」，寓教於樂同時也能為環保盡心力！

壹、研究動機

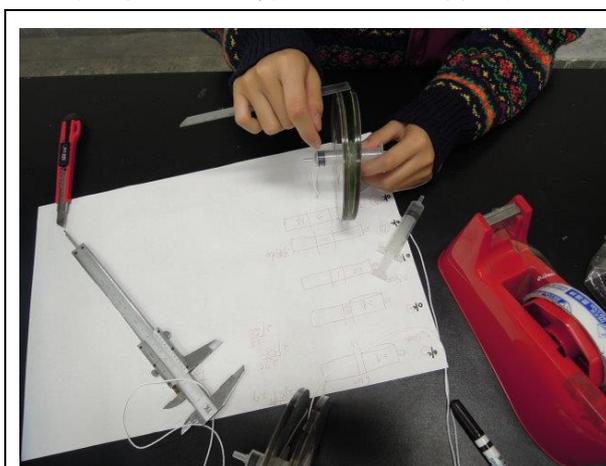
生活中處處有廢棄的光碟，我們查閱環保署的資料發現 2012 光碟回收為 2,237 公噸，最新資料顯示 2013 一月～十月光碟回收量為 1,820 公噸！我們小組想利用這隨手可得的材料製作玩具，希望在回收前能先再利用一下。圓圓的光碟片能拿來做什麼玩具呢？希望我們能研發出好玩又有趣的玩具並延長光碟的壽命，那該有多好啊！

貳、研究目的

研究目的	實驗設計
文獻探討	一、文獻探討。
製作 Top-Yoyo 原型	二、自製 Top-Yoyo 原型。
建立溜溜球 (Yoyo) 與陀螺 (Top) 的檢測標準	三、建立 Top-Yoyo 的檢測標準。
Top-Yoyo 原型改良	四、Top-Yoyo 一線種類的選擇。 五、Top-Yoyo 一輪軸比探討。 六、Top-Yoyo 一光碟間距探討。 七、Top-Yoyo 一光碟數量探討。 八、Top-Yoyo 一底盤高度研究。 九、Top-Yoyo 一針筒內是否加油。
應用與推廣	十、環保玩具與混色教具的研發。

參、研究設備與器材

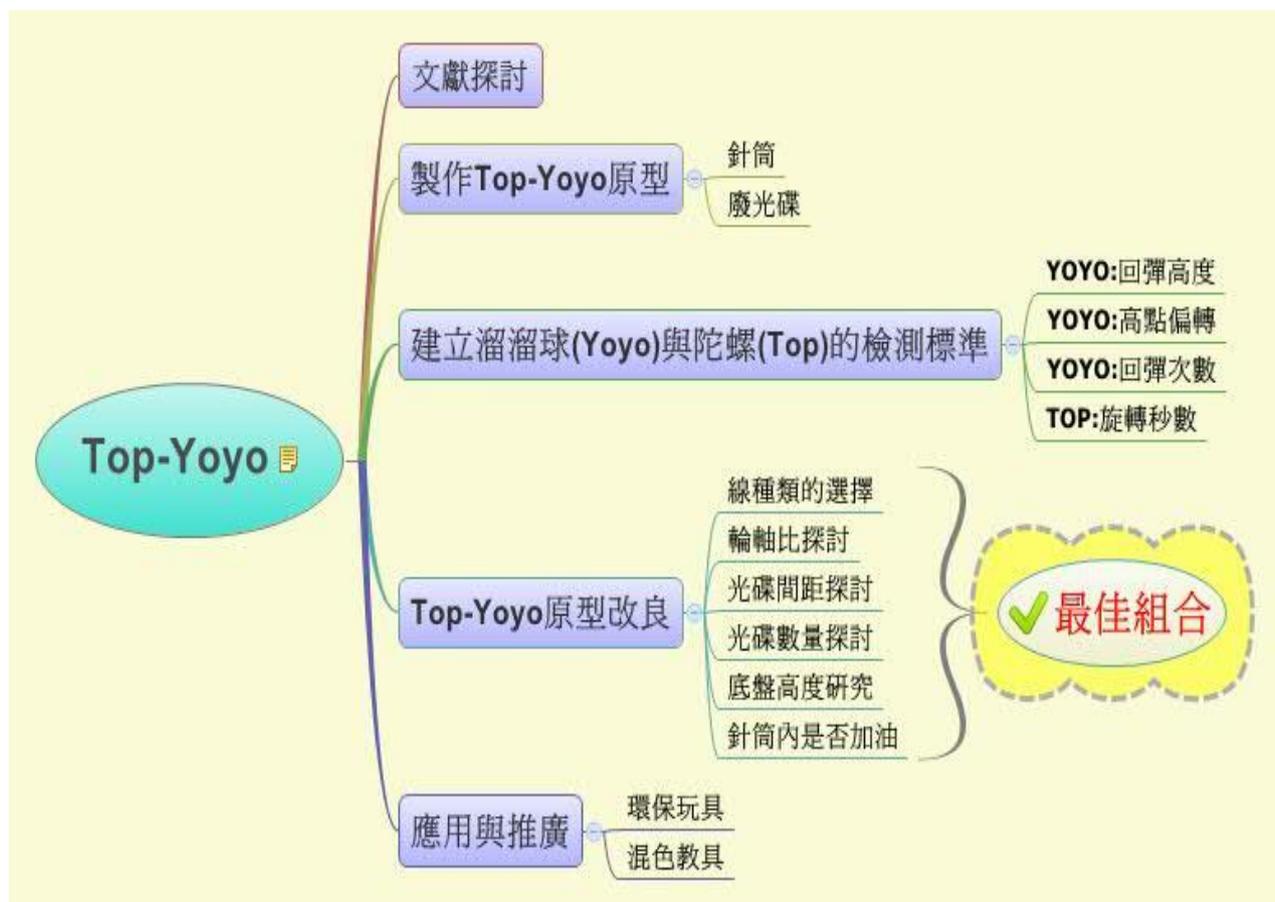
- 一、Top-Yoyo 材料：廢光碟、針筒 (6ml)、0.75 吋膠帶、棉線、塑膠水線、毛線、麻繩、啦啦隊彩球繩。
- 二、測量儀器：固定夾、支架、捲尺、自製方位盤、馬錶等。
- 三、其他：市售溜溜球、剪刀、游標尺、2cm 紙條、尺、色紙、奇異筆等。



利用廢光碟做玩具

肆、研究方法、結果與結論

實驗流程圖



文獻探討

實驗【一】文獻探討

我們查閱資料，整理如下：

- 一、**光碟**：生活中常見的有 CD、VCD、DVD、BD 等等，不同的光碟儲存量有差異，構造也有差異，基本上有塑膠與金屬層。光碟能儲存許多資料，價格也不高，因此在生活中處處可見；民國 95 年政府開始回收光碟，環保署的最新資料顯示 2013 一月~十月光碟回收量為 1,820 公噸。
- 二、**溜溜球**：溜溜球 (Yoyo) 受重力與繩子張力向下運動並旋轉，依照慣性原理，理想狀態到底端時因為沒有受到外力干擾而能繼續旋轉，沿繩子爬升，但因為線的摩擦力或其他干擾而反彈爬升會逐漸減少。
- 三、**陀螺**：世界各地都有陀螺 (Top)，陀螺是一種玩具，它可以繞著中心軸旋轉，也在許多考古遺跡裡被發現。宋朝時就有此玩具，較「千千」。現在流行於小朋友中間的是戰鬥陀螺，原理一樣，只是比較容易上手。

製作 Top-Yoyo 原型

實驗【二】自製 Top-Yoyo 原型

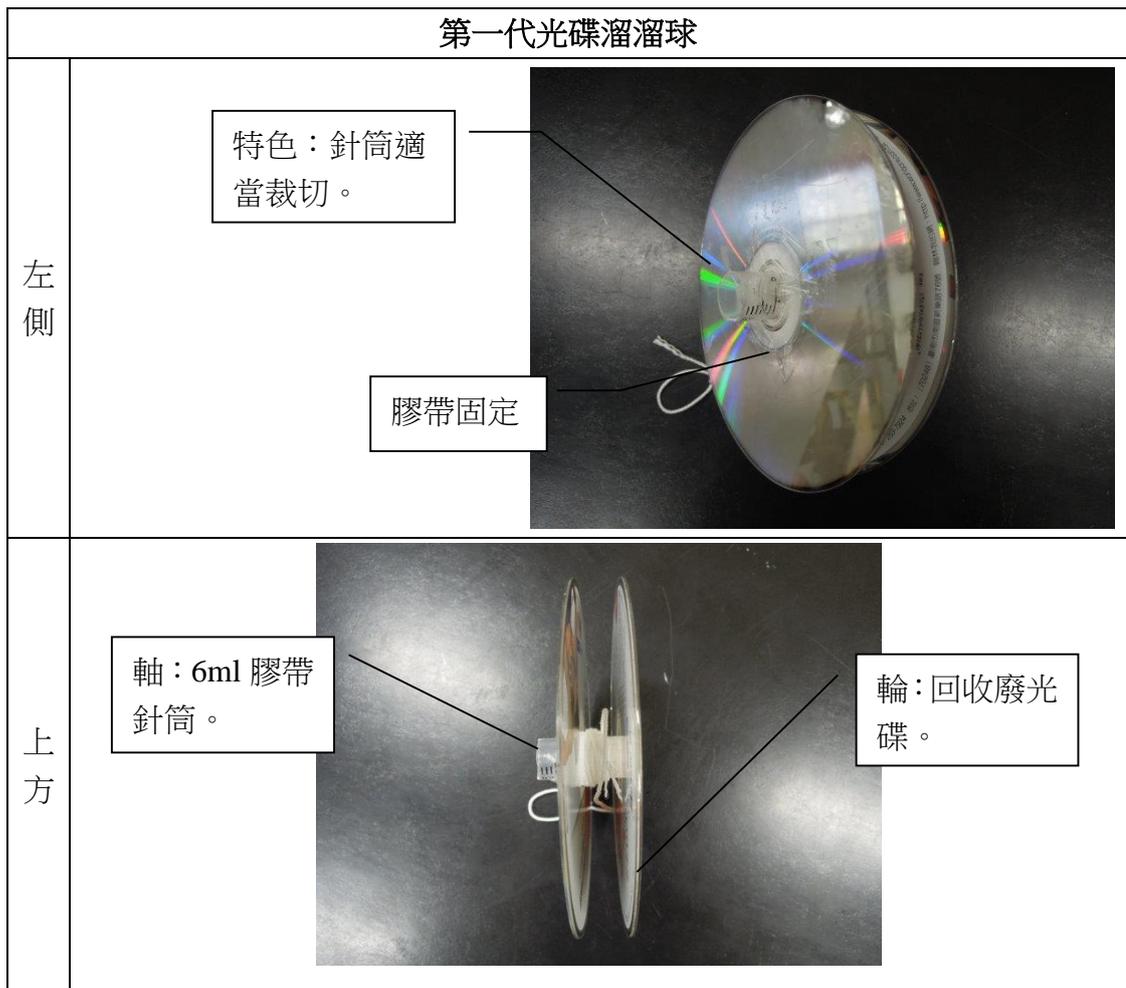
小組一開始是想利用廢光碟玩具，圓圓的形狀讓我們想到了溜溜球；一開始我們試做環保溜溜球（Yoyo），但經由反覆測試、討論，研發出溜溜球（Yoyo）與陀螺（Top）二合一的環保玩具！

(一) 實驗方法：

1. 參考市售溜溜球結構。
2. 使用廢光碟（輪）與 6ml 的針筒（軸）為材料。
3. 測試適當的光碟數量。
4. 針筒長短的切割與調整。
5. 測試是否順手。
6. 重複實驗並討論研發環保溜溜球。

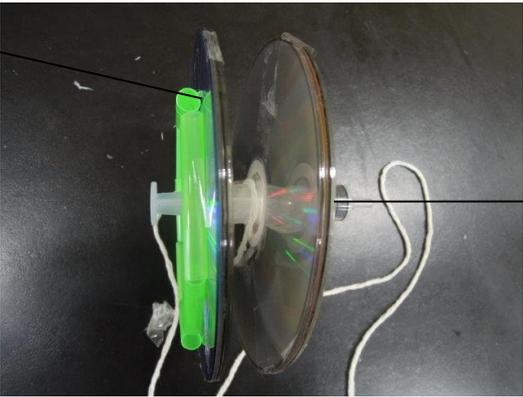
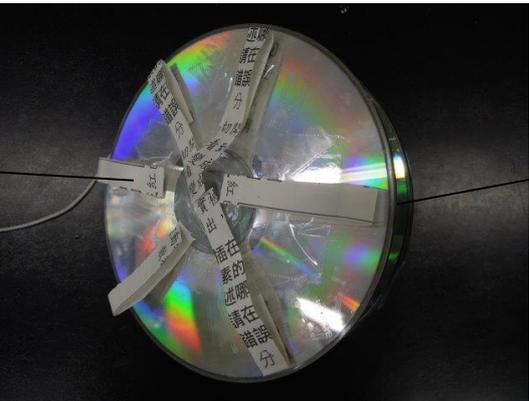
(二) 結果：

1. 第一代光碟溜溜球：

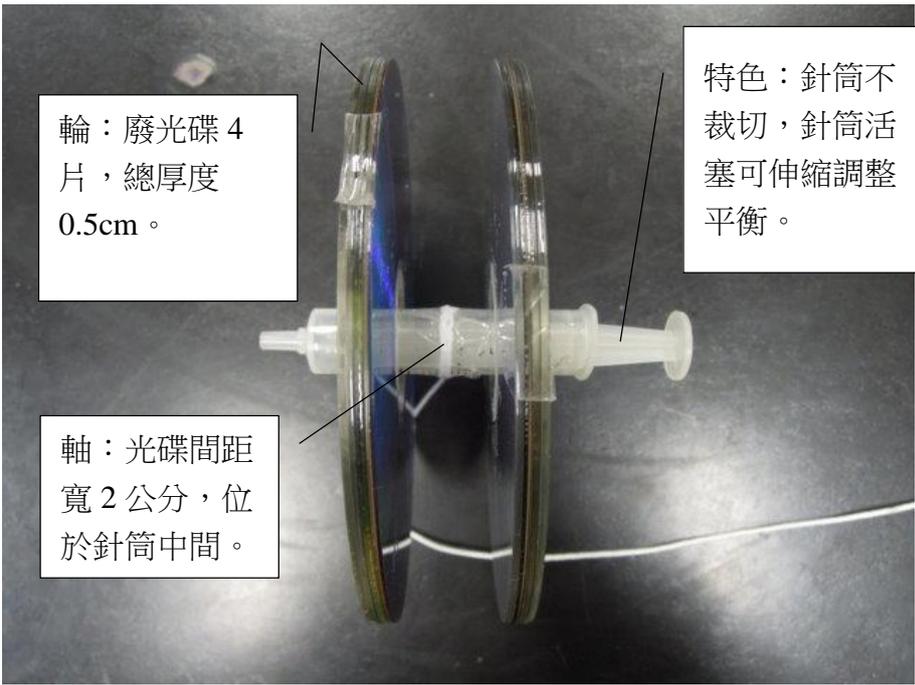
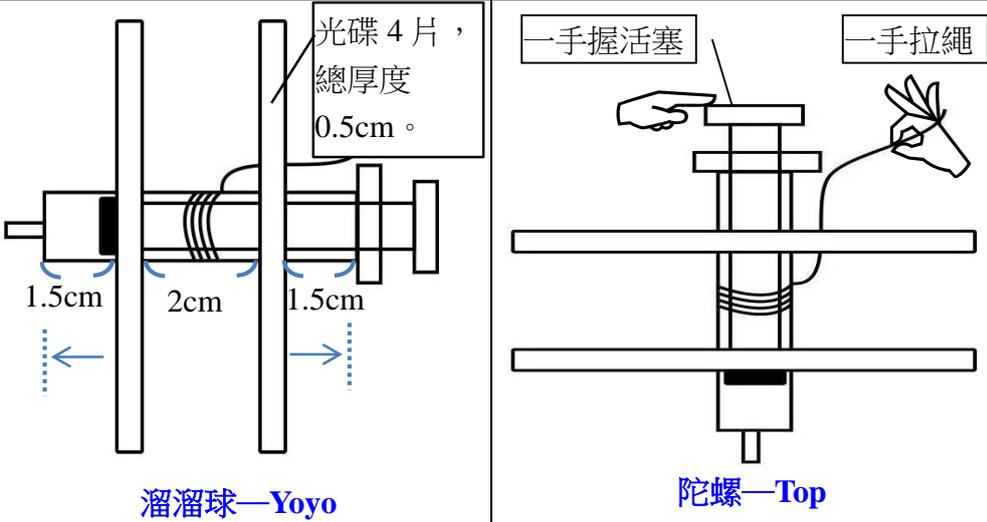


左側		光碟直接與針筒尾端貼穩，穩固性高。
說明	針筒軸 1.5cm 剛好能輕易放入光碟孔中，我們取針筒尾端可以輕鬆與光碟片結合，光碟片數可自行調整。	

2. 第二代光碟溜溜球：

第二代光碟溜溜球		
心聲系列	<p>特色：加裝吸管，希望發聲。</p>	 <p>針筒不裁切。</p>
花開富貴系列	<p>特色：花開富貴—旋轉時紙片會打開。</p>	 <p>光碟片數增加。</p>
說明	留下針筒不裁切，附上吸管希望能發出聲音；另外加裝紙片希望能在旋轉時增加開花的趣味感。	

3.Top-Yoyo 原型：

Top-Yoyo 原型	
照片	 <p>輪：廢光碟 4 片，總厚度 0.5cm。</p> <p>軸：光碟間距寬 2 公分，位於針筒中間。</p> <p>特色：針筒不裁切，針筒活塞可伸縮調整平衡。</p>
圖說	 <p>光碟 4 片，總厚度 0.5cm。</p> <p>1.5cm 2cm 1.5cm</p> <p>溜溜球—Yoyo</p> <p>一手握活塞 一手拉繩</p> <p>陀螺—Top</p>
說明	<p>Top-Yoyo 我們留下針筒不裁切，在當溜溜球使用時可以利用活塞伸縮來使其更加平衡；驚喜發現旋 90°即可當作陀螺玩。</p>

(三) 討論：

1. **第一代光碟溜溜球**：原本我們在製作環保光碟玩具時先想到溜溜球，經過嘗試發現教具室裡的 6ml 針筒恰好能用來做軸，因此誕生了第一代光碟溜溜球。
2. **第二代光碟溜溜球**：第一代完成後，發現有時溜溜球會不平衡，因此我們索性留

下完整針筒，因為如此一來可以利用活塞伸縮來使其更加平衡。但由於作品仍嫌單調，因此希望它能發聲，經過加裝吸管等測試，發現轉速不足而發聲困難；我們再嘗試貼紙條增加趣味感，旋轉時因離心力紙條會張開，因效果不錯而取名「花開富貴」。

2. **Top-Yoyo 原型**：雖說第二代已經不錯，但我們仍覺得創意不足，我們繼續研發時，一位組員在操作中發現留下的針筒竟然能當作陀螺的軸，活塞能用來當固定陀螺的握把！這樣的創意讓我們做出了陀螺與溜溜球二合一的環保玩具。因為陀螺的英文是 Top，溜溜球是 Yoyo，因此我們決定叫它 Top-Yoyo！

建立溜溜球(Top)與陀螺(Yoyo)的檢測標準

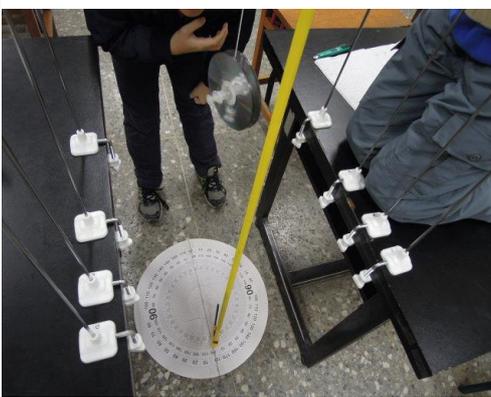
實驗【三】建立 Top-Yoyo 的檢測標準

(一) 實驗方法：

1. 查閱前人實驗報告，包含溜溜球與陀螺的檢測方式。
2. 小組討論並反覆操作市售溜溜球，觀察其他評量的向度。

(二) 結果：

1. 四項檢測：

四項檢測標準	解說
 <p data-bbox="507 1496 641 1536">回彈高度</p>	<p data-bbox="829 1115 1327 1155">定義與說明：此為溜溜球最主要檢測項目，目的在觀測溜溜球的回彈效率，我們將繩長定為 100 公分，測量溜溜球首次回彈的高度。回彈高度愈高，表示回彈效率較佳。</p> <p data-bbox="829 1355 1327 1485">操作方式：將溜溜球固定於支架上，將針頭朝左，朝外捲繩，至頂端時自由落下，測量首次回彈的高度。</p>
 <p data-bbox="507 1975 641 2016">高點偏轉</p>	<p data-bbox="829 1545 1327 1774">定義與說明：溜溜球有時在回彈到高點時會轉向，我們發現這和溜溜球的穩定度有關，故觀察溜溜球首次回到高點時的偏轉角度。小組定義只要偏轉不超過 45° 即為穩定。</p> <p data-bbox="829 1792 1327 2011">操作方式：先用鉛錘校正支架下的方位盤，再將溜溜球固定於支架上，將針頭朝左，朝外捲繩，至頂端時自由落下，測量首次回到高點時的偏轉角度。</p>

	<p>定義與說明： 目的在觀測溜溜球的穩定度，回彈次數愈多則較佳。</p> <p>操作方式： 同回彈高度測法，繼續記錄其回彈次數。</p>
<p style="text-align: center;">回彈次數</p>	
	<p>定義與說明： 這是測量陀螺的唯一項目，測量陀螺在地上旋轉的秒數，秒數愈多愈佳。</p> <p>操作方式： 固定的力道拉 90cm 繩長，紀錄陀螺離手到停止的時間。</p>
<p style="text-align: center;">陀螺旋轉秒數</p>	

(三) 討論：

- 1. 回彈高度：**我們查閱教育部最新統計資料發現，101 學年度 10~12 歲國小生的身高在 138.5~151.6 公分，再加上文獻中說線長應該是肚臍到地板之距離為宜，我們小組成員經過討論與嘗試，決定將繩長定為 100 公分。除了方便記錄，操作也不錯。在自由落下的狀況，回彈高度則表示我們可以施力較少，因此回彈高度愈高則愈佳。
- 2. 高點偏轉：**造成的原因和溜溜球本身穩定度和施力有關，我們曾嘗試故意在拋下溜溜球時向左或右施力，溜溜球彈回高點時就更明顯且誇張。我們觀察溜溜球在高點偏轉的現象很普遍（些微結構或施力的不穩定即會造成），因此小組定義只要偏轉不超過 45° 即為穩定，因為偏轉不論是順時針或逆時針方向，只要在 45° 內均很容易再次握住。另外小組討論認為順時針或逆時針偏轉都代表不穩定，故偏轉角度均以正值計算。
- 3. 回彈次數：**我們觀察到回彈次數和穩定度關係密切，通常溜溜球偏轉太多，其能量消耗於和繩子之間的摩擦，回彈次數會較少。
- 4. 陀螺旋轉秒數：**陀螺在地上旋轉的秒數，秒數愈多代表愈穩定也愈好操作。
- 5. 總效能判定：**綜上所述，**各實驗結果以回彈高度和陀螺旋轉秒數為主要判定**。高點偏轉和回彈次數代表溜溜球的穩定程度，則作為 Yoyo 的次要參考標準。

Top-Yoyo 原型改良

實驗【四】Top-Yoyo 線種類的選擇

(一) 實驗方法:

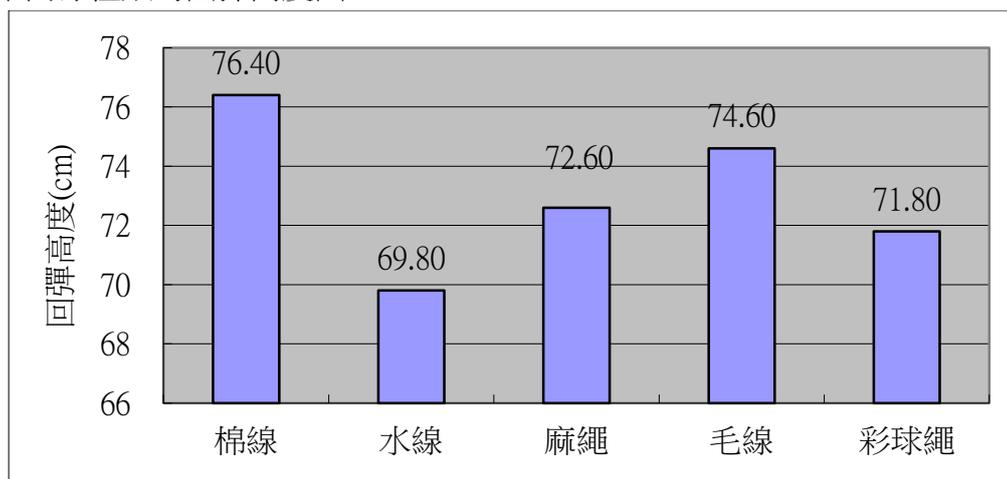
1. 選擇常見的線種:棉線,水線,麻繩,毛線,彩球繩。
2. 將其裝入 Top-Yoyo 原型(如實驗二)。
3. 並測試其性能(如實驗三),重複測試五次。

(二) 結果:

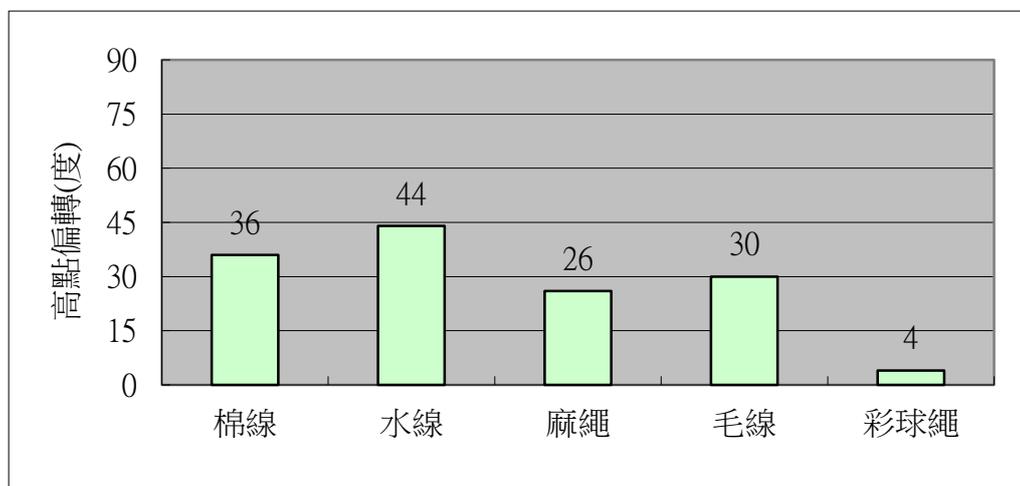
線規格記錄:

名稱	規格					
棉線	棉紗	棉線	毛線	麻線	水線	彩球繩
毛線	壓克力塑膠					
麻線	麻					
水線	塑膠					
彩球線	啦啦隊彩球用繩					

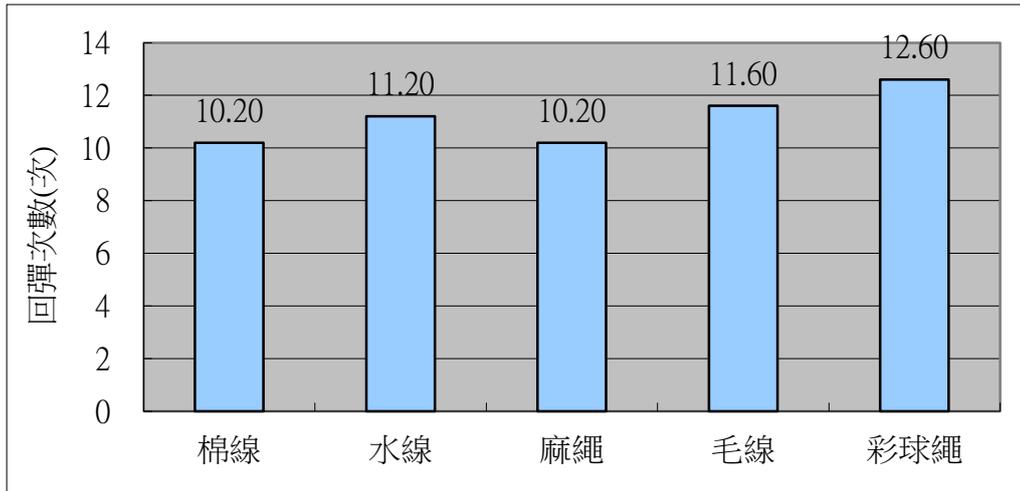
1. 不同線種類的回彈高度圖:



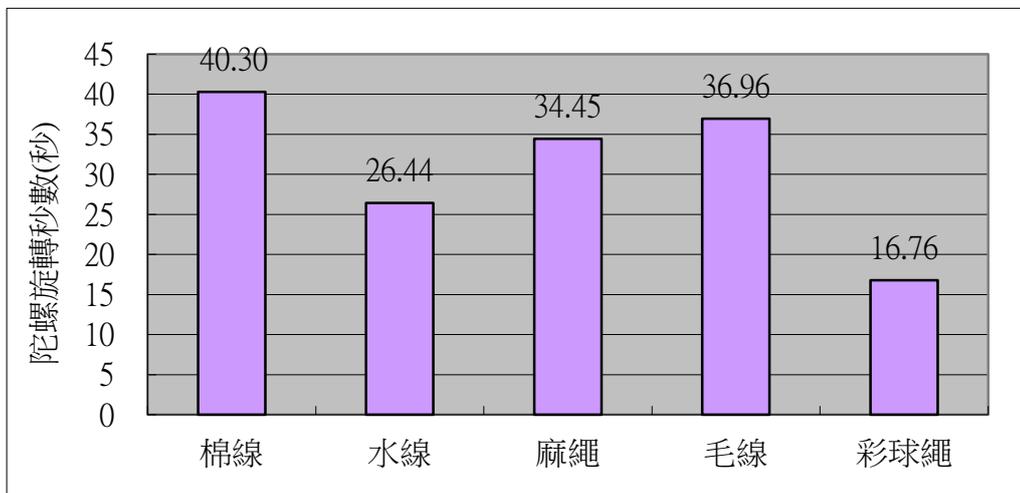
2. 不同線種類的高點偏轉圖:



3.不同線類型的回彈次數圖：



4.不同線類型的陀螺旋轉秒數圖：



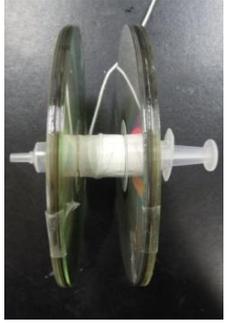
(三) 討論:

1. 我們發現棉線的回彈高度 76.40cm 與陀螺旋轉秒數 40.30 秒表現均最佳，棉線在高點偏轉合格 ($<45^\circ$) 回彈次數也尚可，故選擇棉線為 Top-Yoyo 用線。
2. 毛線效能雖屬第二，但與棉線差異不大:回彈高度略低 1.8cm，陀螺旋轉秒數略低 3.34 秒，**若不便取得棉線時，毛線也是不錯的選擇。**
3. 引起我們注意的是彩球繩的穩定度最佳：在高點偏轉與回彈次數均最佳，我們觀察到應該是因為繩子較寬（約 0.4~0.5cm 寬，）且扁，在光碟間距 2cm 下較能穩定整個結構。

實驗【五】Top-Yoyo—輪軸比探討

(一) 實驗方法：

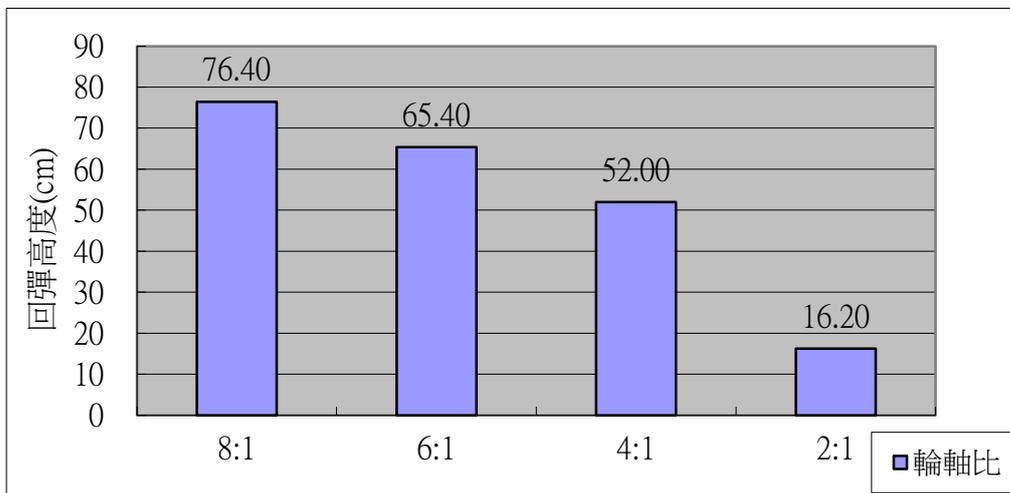
1. 選擇實驗四的最佳線種—棉線。
2. 原針筒直徑 1.5cm，光碟直徑 12cm。分別用 2cm 的紙條將 Top-Yoyo 原型的輪軸比改為：

輪軸比	8:1	6:1	4:1	2:1
做法				
	原針筒 1.5cm	軸加厚至 2cm	軸加厚至 3cm	軸加厚至 6cm

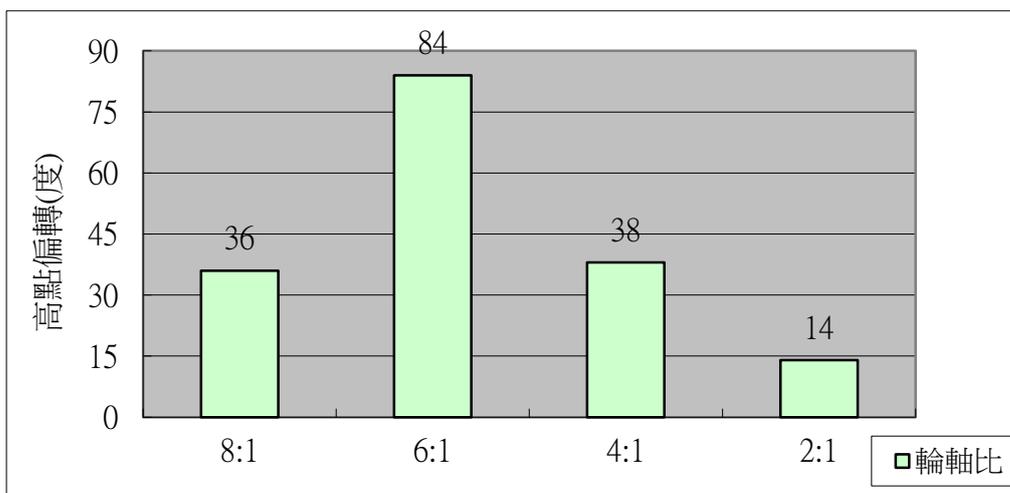
3. 分別測試其性能（如實驗三），重複試驗五次。

(二) 結果:

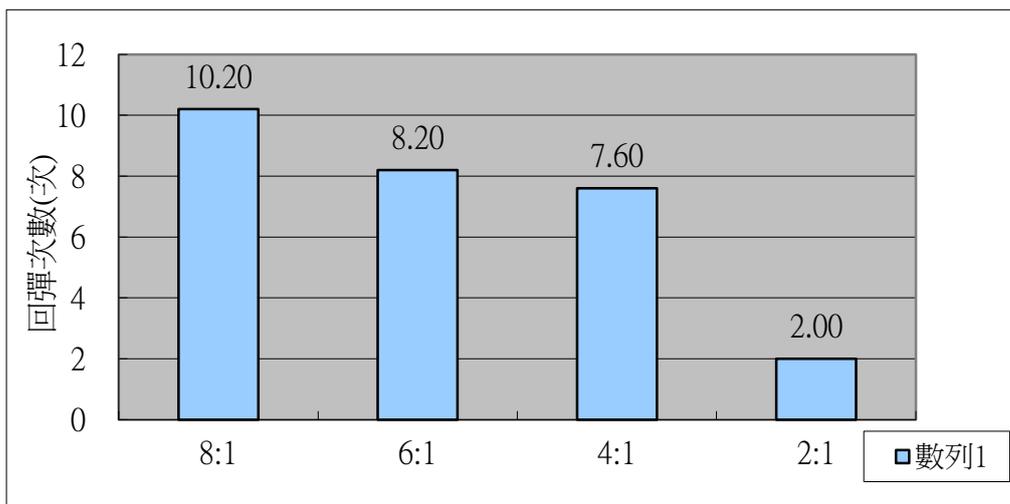
1. 不同輪軸比回彈高度圖：



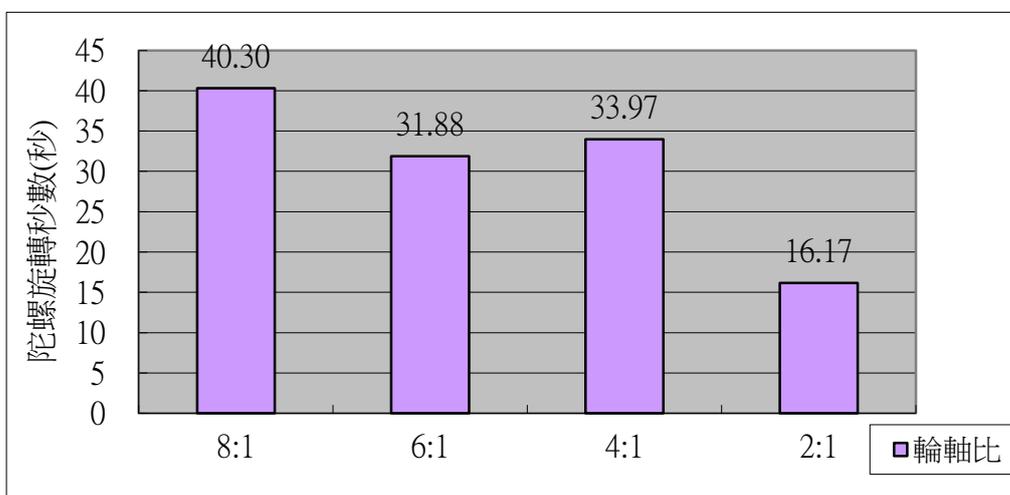
2. 不同輪軸比高點偏轉圖：



3. 不同輪軸比回彈次數圖：



4. 不同輪軸比陀螺旋轉秒數圖：



(三)討論：

- 我們發現輪軸比 8:1 的回彈高度 76.40cm 與陀螺旋轉秒數 40.30 秒表現均最佳，輪軸比 8:1 在高點偏轉合格 ($< 45^\circ$) 回彈次數最佳達 10.20 次，故選擇輪軸比 8:1 為 Top-Yoyo 輪軸比。
- 輪軸比之陀螺旋轉秒數的實驗數據如下：

陀螺秒數	8:1	6:1	4:1	2:1
1	40.7	30.03	33.66	14.67
2	40.58	31.77	37.50	14.85
3	40.69	30.79	36.15	18.25
4	41.47	32.42	34.88	16.91
5	38.67	34.39	27.67	16.16
平均	40.30	31.88	33.97	16.17

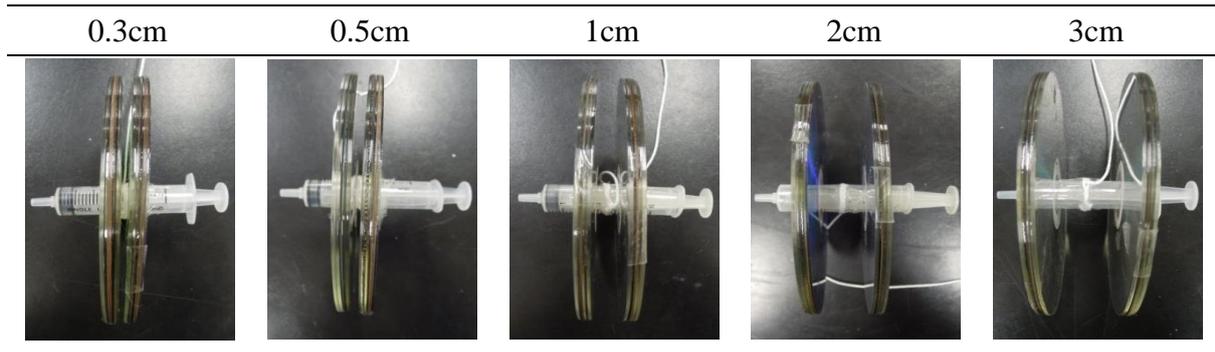
紅色數據表示在打陀螺時，陀螺會纏線，故將軸增大實屬不必要。

- 我們注意到軸愈大的溜溜球很難回彈，手一鬆就彷彿沒有線的束縛般快速下墜，即便手用力也很難拉回；輪軸小，溜溜球下墜時穩定旋轉，反彈力道也很順，操作容易。

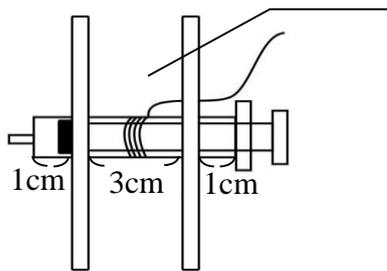
實驗【六】Top-Yoyo—光碟間距探討

(一)實驗方法：

- 選擇實驗四的最佳線種—棉線，與實驗五最佳輪軸比 8:1。
- 光碟間距設定為：



作法：



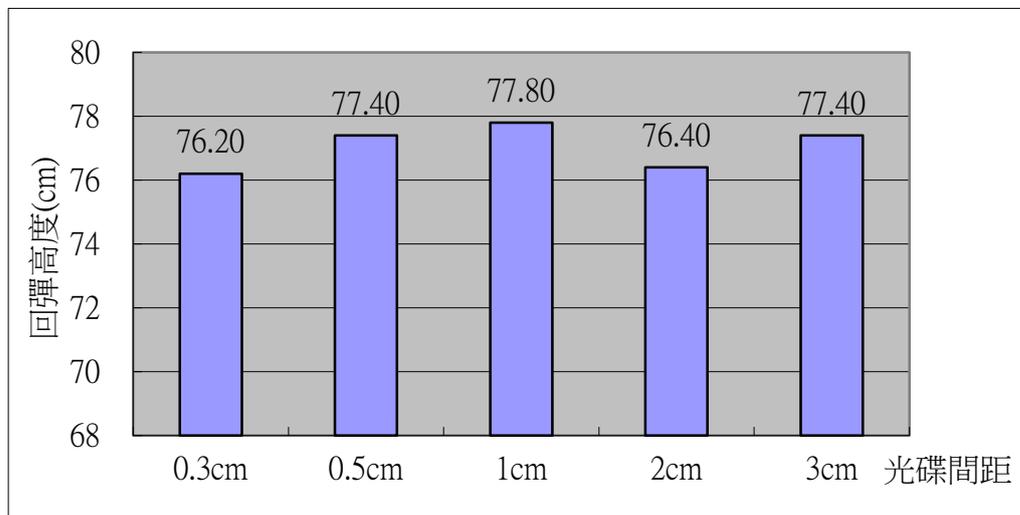
間距維持在針筒正中央，繩子綁在間距中間，針筒筒身長 6cm（不含針頭與活塞）。

例：若此間距是 3cm，則扣除兩旁光碟（各 0.5cm），剩下長度為 $(6 - 3 - 0.5 - 0.5) = 2$ ，表示針頭處仍留 1cm，針尾處也留 1cm。

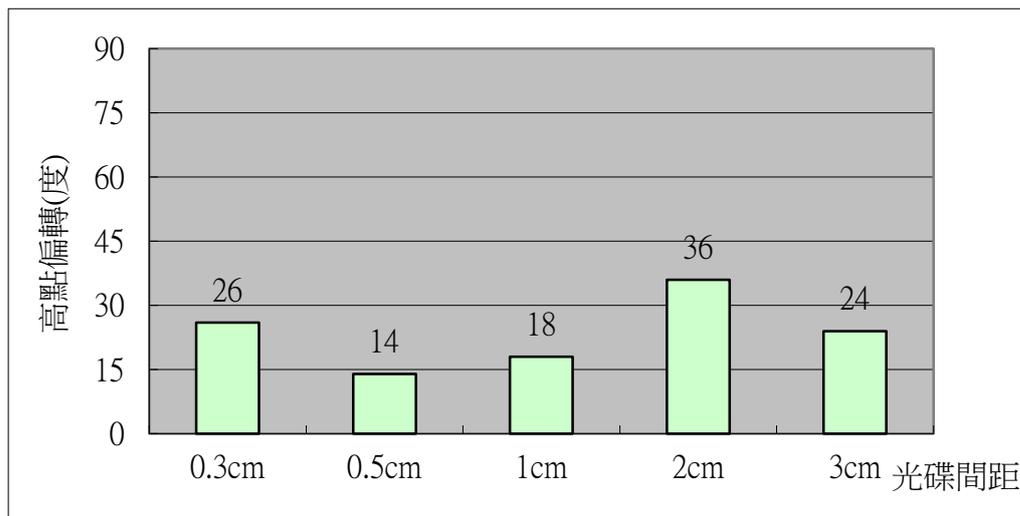
- 分別測試其性能（如實驗三），重複測試五次。

(二) 結果：

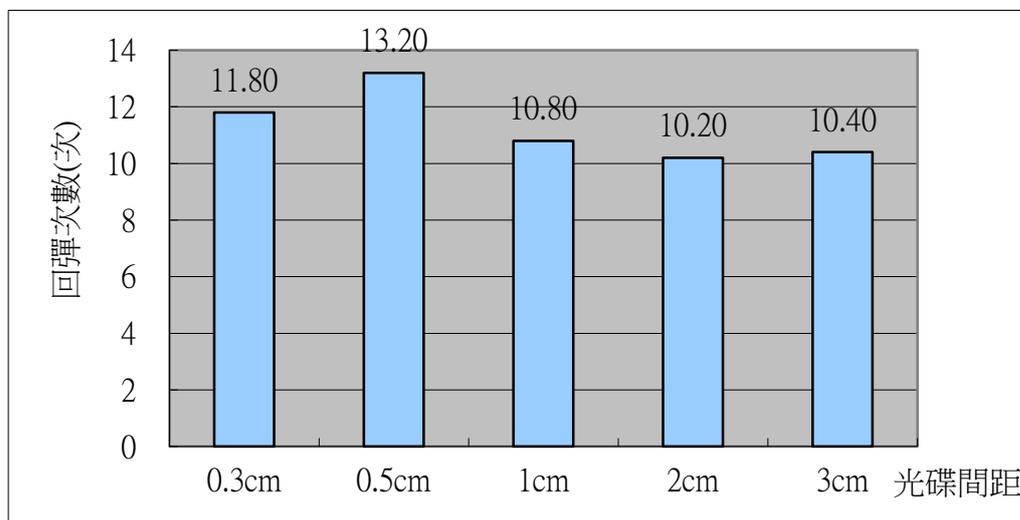
- 不同光碟間距的回彈高度圖：



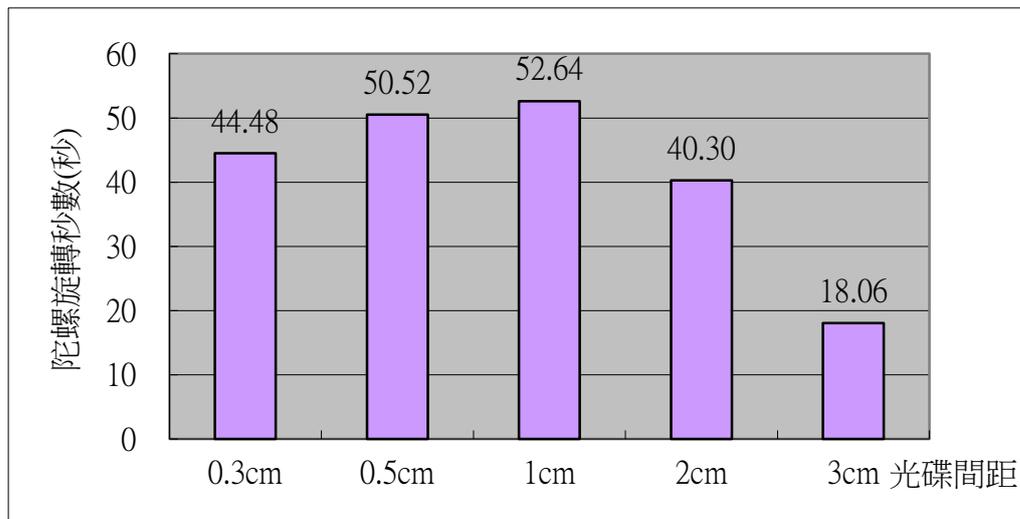
2. 不同光碟間距的高點偏轉圖：



3. 不同光碟間距的回彈次數圖：



4. 不同光碟間距的陀螺旋轉秒數圖：



(三) 討論：

1. 我們發現光碟間距 1cm 的回彈高度 77.80 cm 與陀螺旋轉秒數 52.64 秒表現均最佳，光碟間距 1cm 在高點偏轉合格 ($< 45^\circ$) 回彈次數普通，故選擇光碟間距 1cm 為 Top-Yoyo 之光碟間距。另一組數據值得我們注意，即光碟間距 0.5cm 者：

光碟間距	回彈高度	陀螺旋轉秒數	高點偏轉	回彈次數
1cm	77.80 cm	52.64 秒	18°	10.80
0.5cm	77.40 cm	50.52 秒	14°	13.20

小組討論亦認為光碟間距 0.5cm 亦為可選項目之一，但由於陀螺旋轉秒數中有數筆資料會纏線，故仍推薦光碟間距 1cm 為最佳。

2. 光碟間距之陀螺旋轉秒數的實驗數據如下：

陀螺秒數	0.3cm	0.5cm	1cm	2cm	3cm
1	44.6	48.81	48.99	40.07	10.81
2	47.11	51.43	59.15	40.58	43.7
3	47.83	56.31	56.11	40.69	12
4	41.3	49.27	48.35	41.47	12.98
5	41.57	46.76	50.59	38.67	10.8
平均	44.48	50.52	52.64	40.30	18.06

紅色代表纏線，藍色代表底盤刮地板：我們觀察到間距 0.3cm 與 0.5cm 者因為間距較小所以線不易收回去，在旋轉時會容易纏繞於針頭；間距太大的 3cm，因其底盤高度已縮小至 1cm，離地面太近，很容易在旋轉時刮地板。我們發現它不刮地板時其數據跟其他間距者差不多，可以高達 43.7 秒。

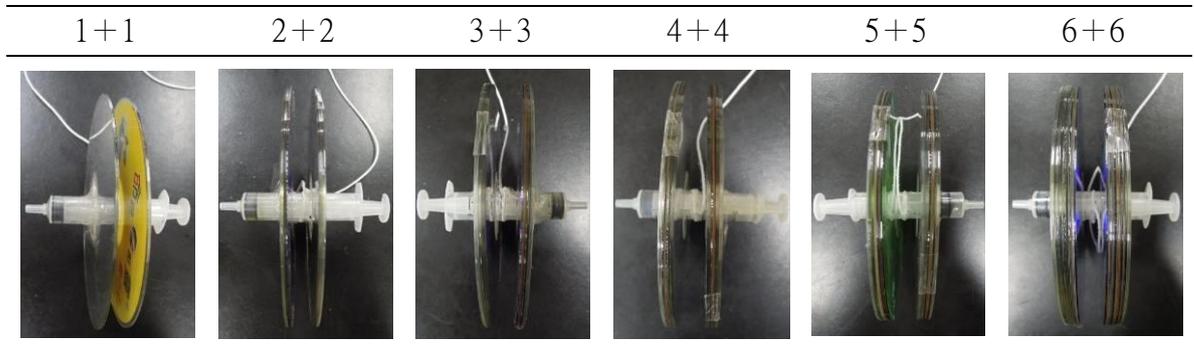


在利用廢光碟時，使用膠帶黏貼要注意：膠帶請貼在鏡面。若貼在印刷面就會如照片中容易將金屬層一起撕下來。

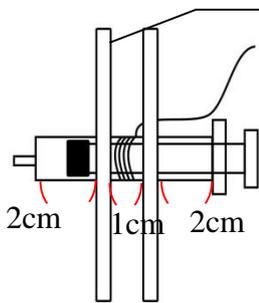
實驗【七】Top-Yoyo—光碟數量探討

(一) 實驗方法：

- 承以上實驗，選擇綿線、輪軸比 8:1 與間距 1cm 的設計。
- 光碟數量設定為：



作法：

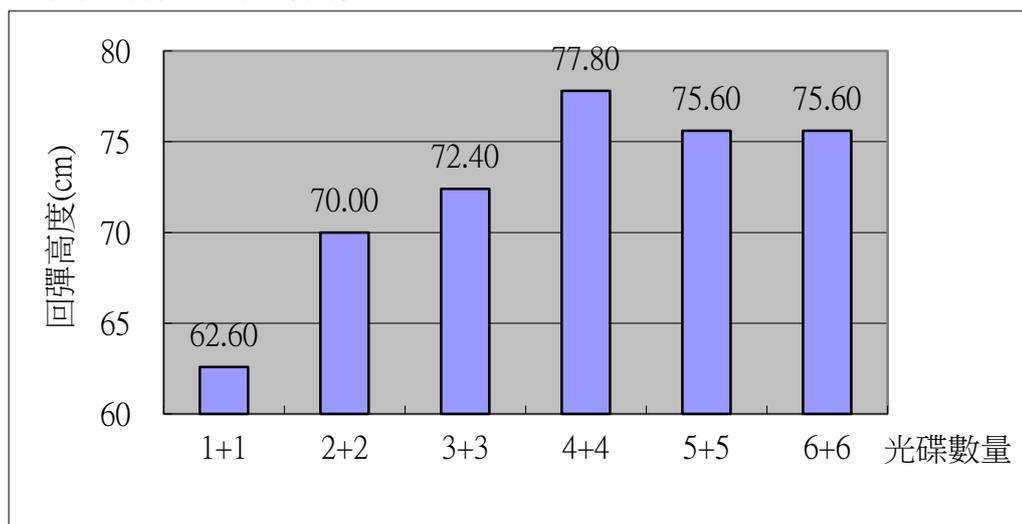


間距 1cm 維持在針筒正中央，光碟片由內往外加。
 例：若光碟數量是 4+4，則扣除兩旁光碟（4 片光碟厚 0.5cm），剩下長度為 $(6 - 1 - 0.5 - 0.5) = 4$ ，表示針頭處仍留 2cm，針尾處也留 2cm。

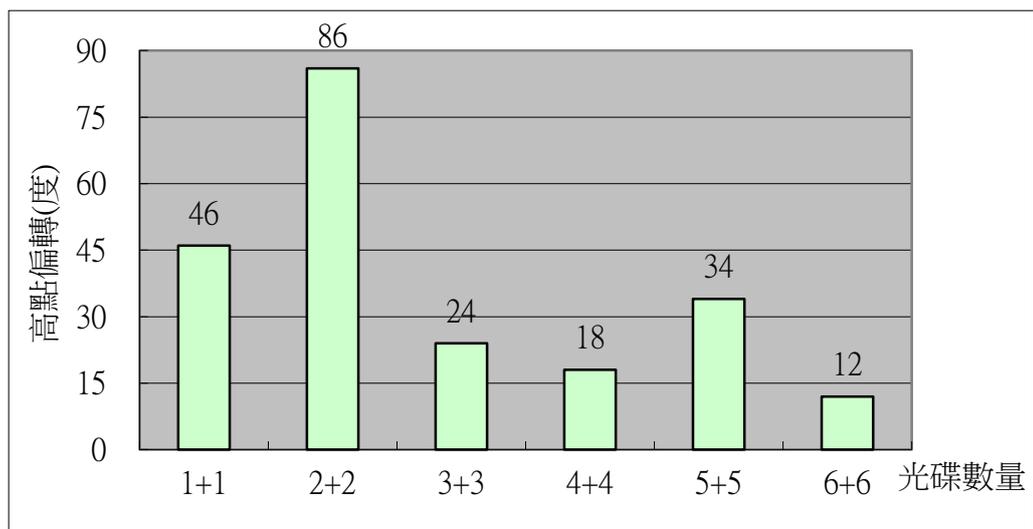
- 分別測試其性能（如實驗三），重複測試 5 次。

(二) 結果：

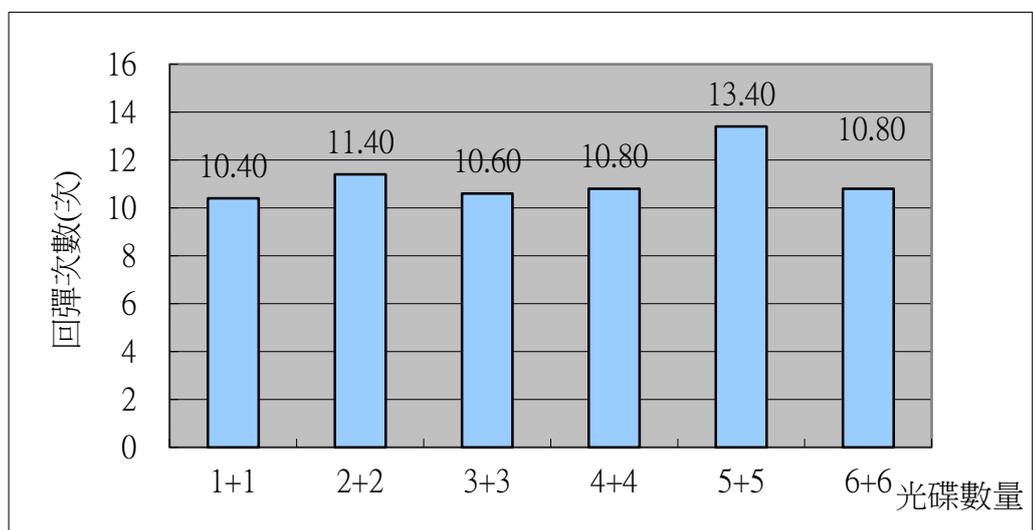
- 不同光碟數量之回彈高度圖：



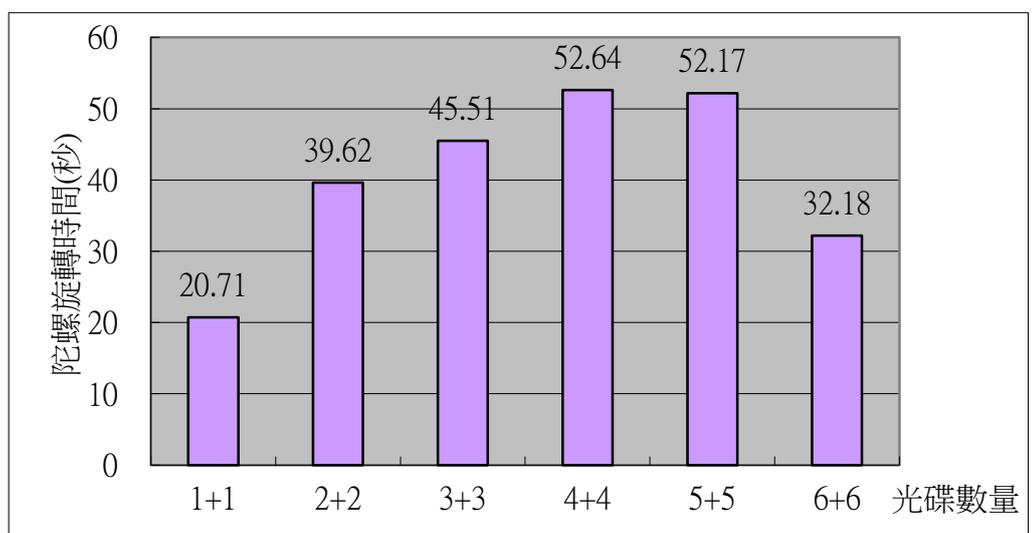
2. 不同光碟數量之高點偏轉圖：



3. 不同光碟數量之回彈次數圖：



4. 不同光碟數量之陀螺旋轉秒數圖：



(三) 討論：

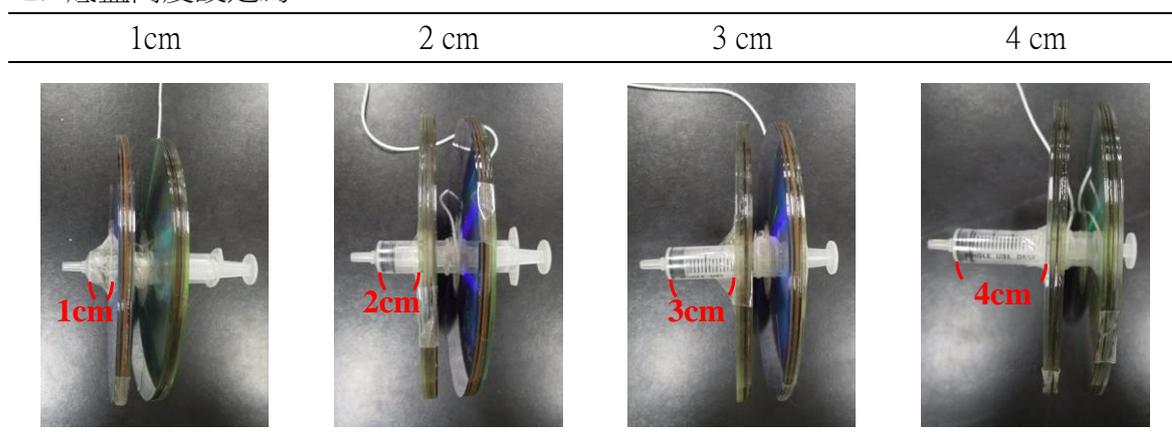
我們發現光碟數量 4+4 與 5+5 的數據非常接近，都值得大家試一試；但相較之下仍由光碟數量 4+4 勝出。

光碟數量	回彈高度	陀螺旋轉秒數	高點偏轉	回彈次數
4+4	77.80 cm	52.64 秒	18°	10.80
5+5	75.60 cm	52.17 秒	34°	13.40

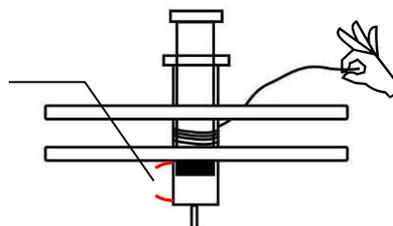
實驗【八】Top-Yoyo—底盤高度研究

(一) 實驗方法：

- 承以上實驗，選擇綿線、輪軸比 8:1、間距 1cm、光碟數量 4+4 的設計。
- 底盤高度設定為：



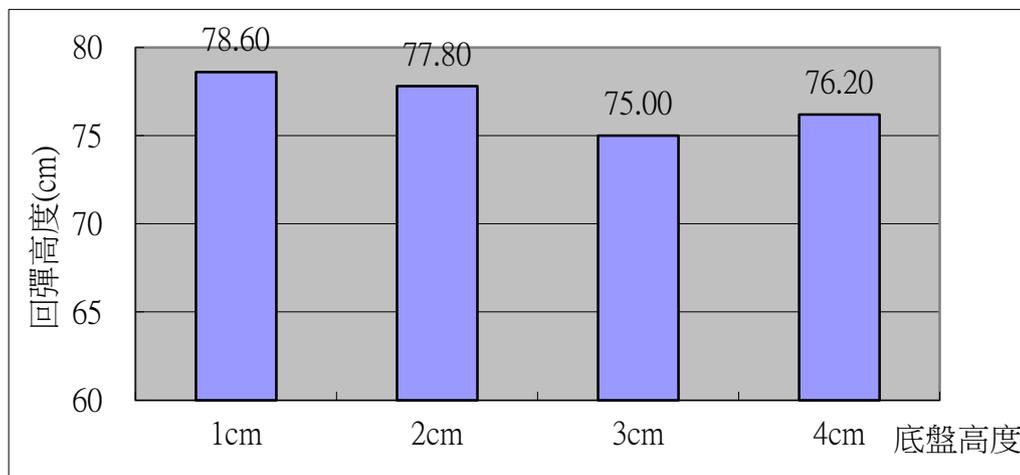
作法：底盤高度是指此處，不包含針頭，高度設定為 1cm、2cm、3cm 與 4cm。



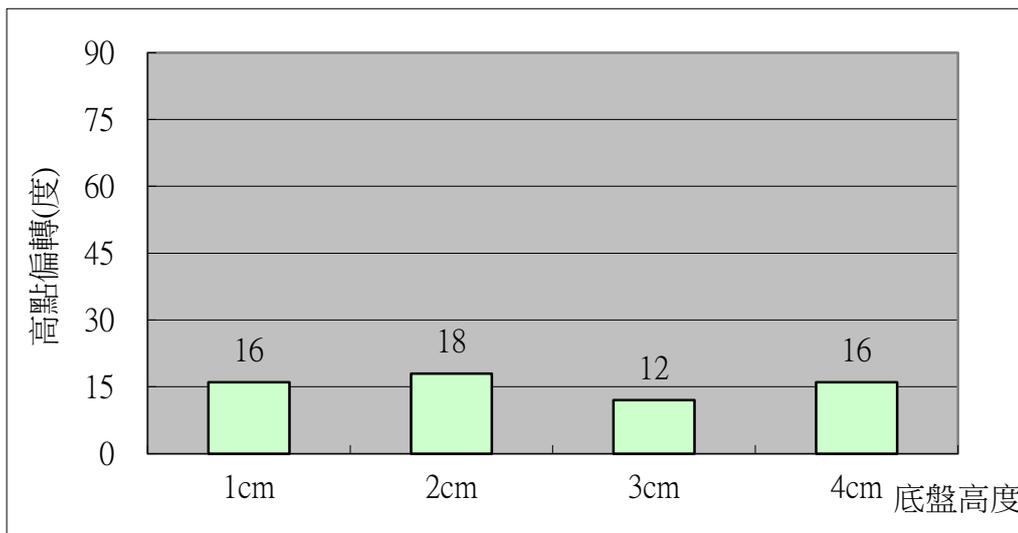
- 分別測試其性能（如實驗三），重複測試 5 次。

(二) 結果：

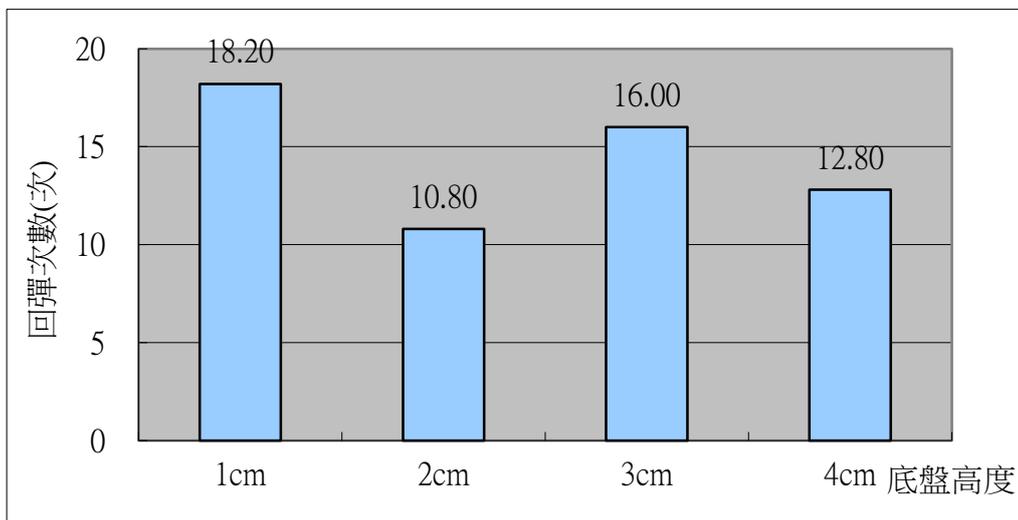
- 不同底盤高度的回彈高度圖：



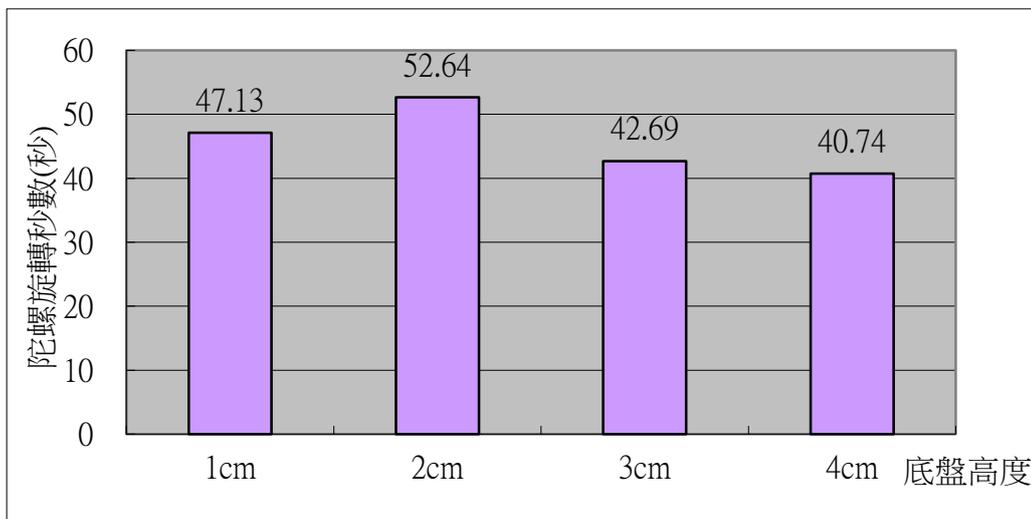
2. 不同底盤高度的高點偏轉圖：



3. 不同底盤高度的回彈次數圖：



4. 不同底盤高度的陀螺旋轉秒數圖：



(三)討論：

1. 到了後面的實驗，可以發現數據愈來愈接近，各組表現均優異：

底盤高度	回彈高度	陀螺旋轉秒數	高點偏轉	回彈次數
1cm	78.60cm	47.13 秒	16°	18.20
2cm	77.80cm	52.64 秒	18°	10.80
3cm	75.00cm	42.69 秒	12°	16.00
4cm	76.20cm	40.74 秒	16°	12.80

小組推薦底盤高度 2cm 為最佳，雖然回彈高度略輸底盤高度 1cm，但只差 0.8cm，陀螺旋轉秒數仍為最佳。

- 2.底盤高度之陀螺旋轉秒數的實驗數據如下：

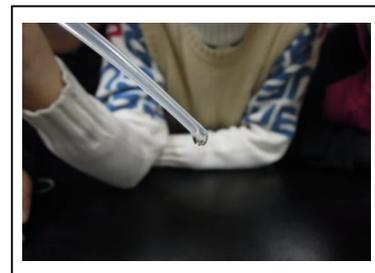
陀螺秒數	1cm	2cm	3cm	4cm
1	39.96	48.99	34.18	40.1
2	47.05	59.15	48.2	38.98
3	52.7	56.11	41.95	38.91
4	51.84	48.35	47.78	45.86
5	44.11	50.59	41.36	39.83
平均	47.13	52.64	42.96	40.74

紅色代表纏線，我們觀察到底盤高度太低或太高(1cm 與 4cm)在旋轉時會容易纏線於針頭；可見並非底盤愈低愈佳。

實驗【九】Top-Yoyo—針筒內是否加油

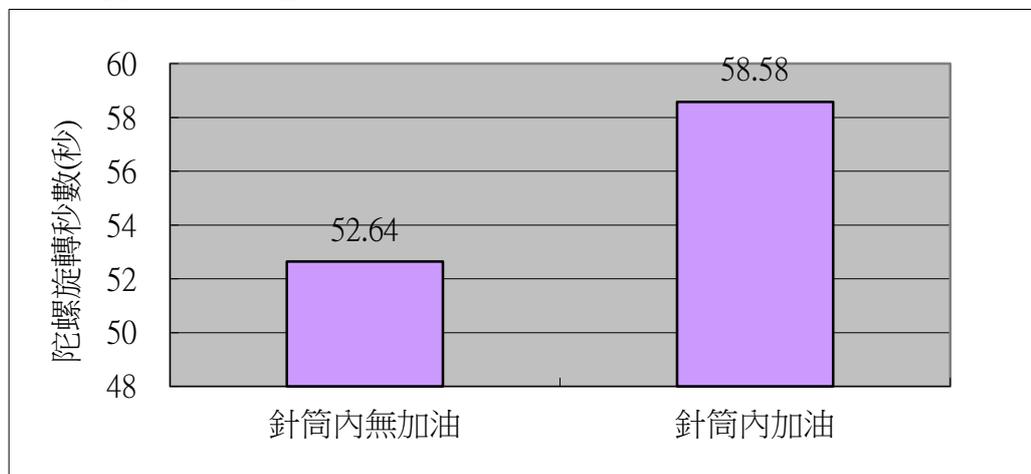
(一) 實驗方法：

- 承以上實驗，選擇棉線、輪軸比 8:1、光碟數量 4+4、底盤高度為 2cm 的設計。
- 針筒內分加油與不加油（只加一滴沙拉油）：
- 分別測試陀螺旋轉秒數,重複測試 5 次。



(二) 結果：

1. 針筒內是否加油的陀螺旋轉秒數圖：



(三) 討論

1. 針筒內加一滴油，拉起陀螺來輕鬆又好拉；沙拉油減少活塞和針筒的磨擦力，可以增加陀螺的旋轉效能達 58.58 秒。

應用與推廣

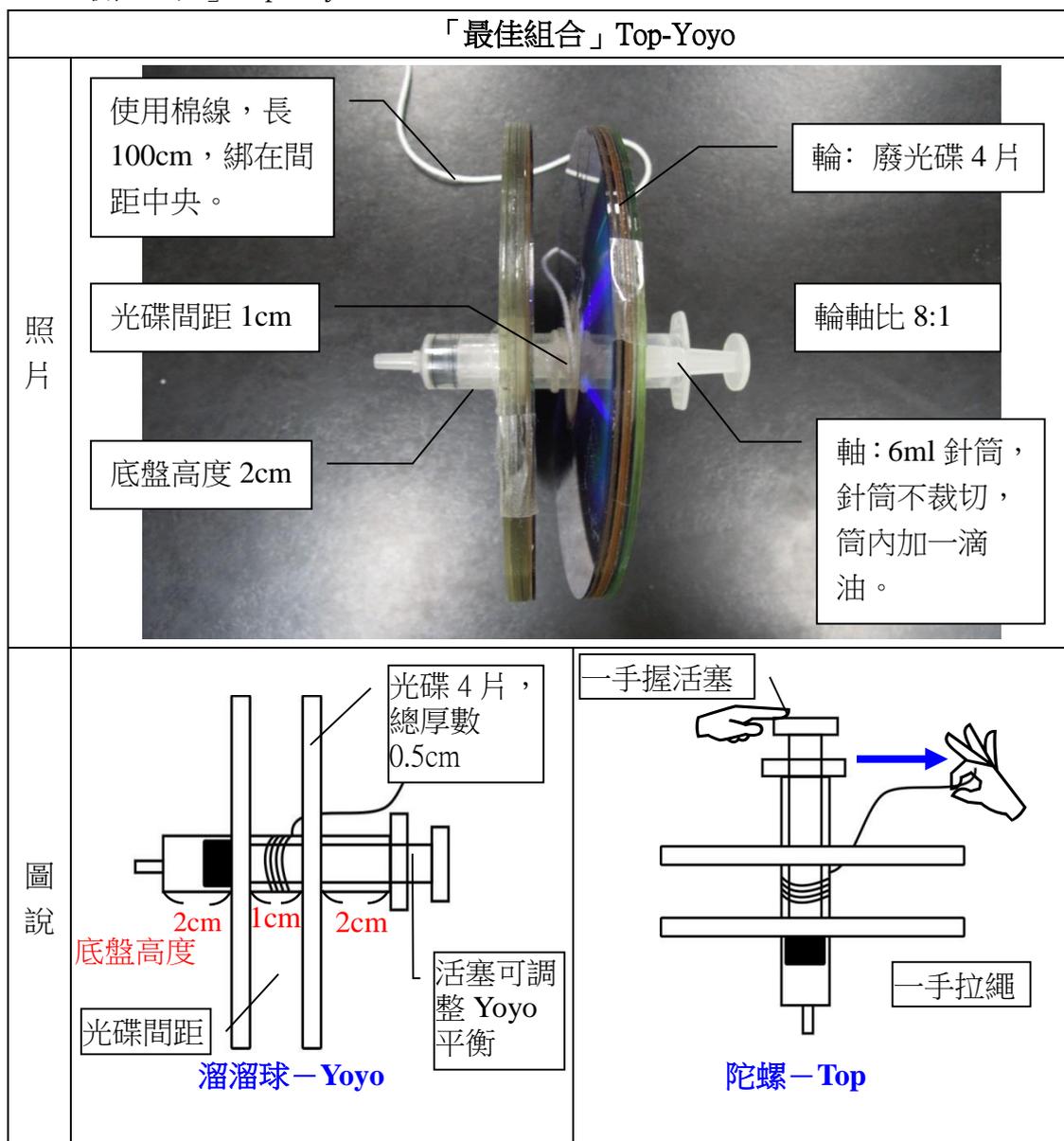
實驗【十】環保玩具與混色的研發

(一) 實驗方法：

1. 承以上實驗，選擇棉線、輪軸比 8:1、間距 1cm、光碟數量 4+4、底盤高度為 2cm 並在針筒內加油的「最佳組合」製作 Top-Yoyo。
2. 在 Top-Yoyo 的表面貼上不同顏色的色紙，製作色彩混色教具。

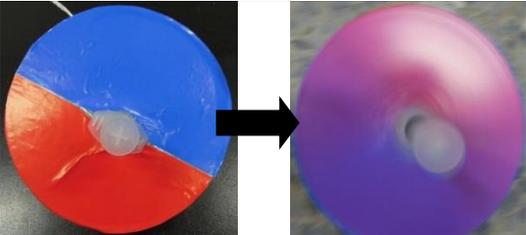
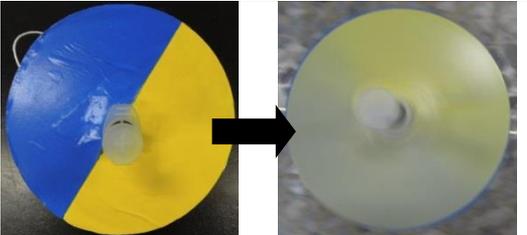
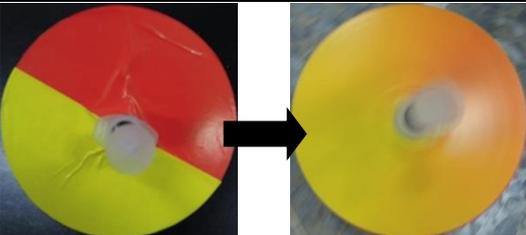
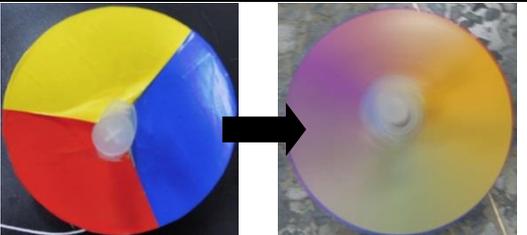
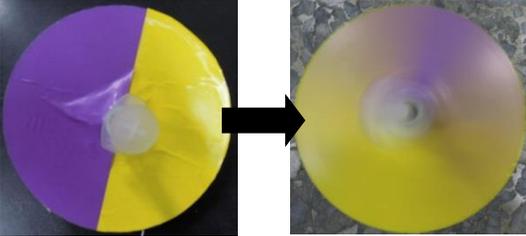
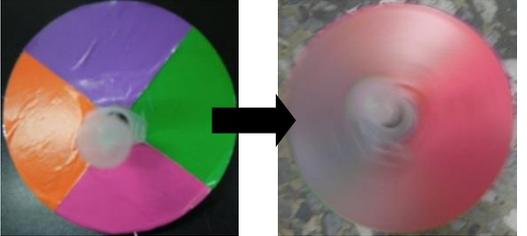
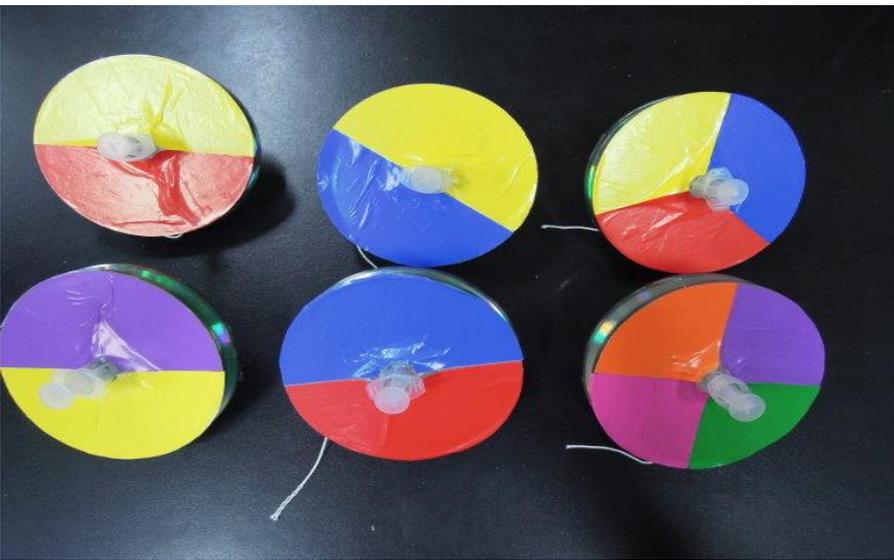
(二) 結果：

1. 「最佳組合」Top-Yoyo：



說明	在組裝「最佳組合」Top-Yoyo 時，棉線長度要再預留 20~40cm，以便打結和套繞手指。在當溜溜球使用時可以利用針筒活塞伸縮來使其更加平衡；當作陀螺來玩時要注意不要把線拉到底，不然會停止。
----	---

2. Top-Yoyo 之「色彩混色教具」

Top-Yoyo 之「色彩混色教具」	
	
紅藍混色	黃藍混色
	
黃紅混色	黃紅藍混色
	
黃紫（對比）混色	創意混色
	

(三) 討論：

1. 「最佳組合」Top-Yoyo：在製作時建議可以將針筒用膠帶增厚一些，約增厚 0.5mm，在裝光碟時會卡得較穩。在黏貼光碟時也建議以鏡面來黏貼，鏡面有厚塑膠保護，印刷面則很容易剝落，連帶金屬層也很容易剝離。雖說我們覺得光碟片數 4+4 很不錯，但有的組員喜歡再加重，因為個人不同，操作也有差異，建議大家不妨試試，找出適合自己的重量。
2. Top-Yoyo 之「色彩混色教具」：利用相機拍攝效果更加，也許是因為轉速不足，在實際操作時較為閃爍。

伍、結論

一、從文獻與實作中建立測驗標準：

- (一) 當我們做出第一代溜溜球，如何評量便是很重要的一環。我們查閱資料並實際操作，發現溜溜球的「穩定度」不易描述，有的報告以文字來描述。經過大量的嘗試與討論，我們建立了「高點偏轉」與「回彈次數」來描述穩定度。
- (二) 溜溜球 (Yoyo)：我們以「回彈高度」為主要標準。代表不施力自由落下時溜溜球的反彈能力，若反彈愈高則愈省力；「高點偏轉」與「回彈次數」則描述穩定度，是次要標準。其中「高點偏轉」是我們觀察到的現象，我們查的文獻中沒有提及。我們不斷的測試，發現我們的溜溜球反彈至高點時會偏轉。經過多次實驗，小組發現「高度偏轉」和施力或溜溜球本身的平衡有關，我們拋下溜溜球時偏向施力，溜溜球彈回高點時偏轉就更明顯。高點偏轉的現象很普遍（些微結構或施力的不穩定即會造成），因此小組定義只要偏轉不超過 45 度即為穩定，因為偏轉不論是順時針或逆時針方向，只要在 45 度內均很容易再次握住。
- (三) 陀螺 (Top)：由文獻和小組討論，我們認為對陀螺的期待在於秒數，故以秒數為其評量標準。
- (四) 總效能判定：各實驗結果以回彈高度和陀螺旋轉秒數為主要判定。高點偏轉和回彈次數代表溜溜球的穩定程度，作為 Yoyo 的次要參考標準。

二、Top-Yoyo 的研發需一再測試

- (一) Top-Yoyo 原形研發：我們先用光碟與針筒做出第一代光碟溜溜球，發現第一代溜溜球的缺點是容易不平衡；第代光碟溜溜球將整個針筒留下，不但能利用活塞協助平衡，還省去切割針筒的麻煩。Top-Yoyo 原型誕生是由一位組員發現留下的針筒竟然能當陀螺的軸，針筒活塞能用來當固定陀螺的握把！這樣的創意讓我們做出了陀螺 (Top) 與溜溜球 (Yoyo) 二合一的環保玩具。
- (二) 線種類的選擇：我們測試常見的棉線、水線、麻繩、毛線、彩球繩。發現棉線表現最佳：回彈高度 76.40 cm 與陀螺旋轉秒數 40.30 秒。毛線效能為第二且與棉線差異不大，若不便取得棉線時，毛線也是不錯的選擇。彩球繩的穩定度最佳：在高點偏轉與回彈次數均最佳，我們觀察到應該是因為繩子較寬(約 0.4~0.5 cm 寬。)

且扁，在光碟間距 2cm 下較能穩定整個結構。

- (三) **輪軸比**：我們測試 8:1、6:1、4:1、2:1。發現**輪軸比 8:1 表現最佳**：回彈高度 76.40cm 與陀螺旋轉秒數 40.30 秒。6:1、4:1、2:1 在做陀螺旋轉秒數測試時均會纏線。**軸愈大的溜溜球很難回彈，手一鬆就彷彿失速般快速下墜，即便手用力也很難拉回；輪軸小，溜溜球下墜時穩定旋轉，反彈力道也很順，操作容易。**
- (四) **光碟間距**：我們測試 0.3cm、0.5cm、1cm、2cm、3cm。發現**光碟間距 1cm 表現最佳**：回彈高度 77.80cm 與陀螺旋轉秒數 52.64 秒。在測陀螺旋轉時我們觀察到間距 0.3cm 與 0.5cm 者因為**間距較小所以線不易收回去，會容易纏繞於針頭；間距太大的 3cm，因其底盤高度已縮至 1cm，離地面太近，很容易旋轉時刮地板。**
- (五) **光碟數量**：我們測試 1+1、2+2、3+3、4+4、5+5、6+6。發現**光碟數量 4+4 表現最佳**：回彈高度 77.80cm 與陀螺旋轉秒數 52.64 秒。另外 5+5 的數據非常接近光碟數量 4+4，值得大家試一試。
- (六) **底盤高度**：我們測試 1cm、2cm、3cm、4cm。發現**底盤高度 2cm 表現最佳**：回彈高度 77.80cm 與陀螺旋轉秒數 52.64 秒。我們觀察到**底盤高度太低或太高（1cm 與 4cm）在旋轉時會容易纏線於針頭；可見並非底盤愈低愈佳。**
- (七) **針筒內是否加油**：果不其然發現**針筒內加油表現最佳**：陀螺旋轉秒數 58.58 秒。加油可以減少摩擦力，使操作更順手。

三、應用與推廣

- (一)「最佳組合」Top-Yoyo：選擇棉線、輪軸比 8:1、間距 1cm、光碟數量 4+4、底盤高度為 2 cm 並在針筒內加油。做起來十分容易，並可依個人喜好加以調整。
- (二) Top-Yoyo 之「色彩混色教具」：可依教學目標設定顏色，旋轉陀螺時即可看到混色效果，有趣又實用。

總結：Top-Yoyo 是我們很喜愛的作品，它由溜溜球 (Yoyo) 陀螺 (Top) 結合而成。本來只是想做成溜溜球，但組員發揮創意，竟然能同時當作陀螺，最後可當作「色彩混色教具」！在我們認識的環保玩具中，Top-Yoyo 真的很好玩，它更是比傳統陀螺好上手！多了針筒活塞作握把，只要輕輕一拉，便能優雅的打陀螺，收線的時候也只要當溜溜球回彈一二次就能輕鬆收線。寓教於樂同時也能對地球環保盡些心力，希望大家能夠試試看！

陸、參考資料與其他

一、溜溜球

<https://www.youtube.com/watch?v=ht4-PD8XtTM>

二、愛到最高點不讓你溜走—溜溜球回彈高度的研究和應用。中華民國 32 屆全國科展。高小組應用科學科。

三、爆轉！最強的戰鬥陀螺！中華民國 42 屆全國科展。國小組應用科學科。

四、魔力？摩力！---我的陀螺會倒立。中華民國 42 屆全國科展。國中組物理科。

五、轉不轉不一樣。中華民國 44 屆全國科展。國小組物理科。

六、陀螺大「倒」~就是要「翻」！中華民國 50 屆全國科展。國中組生活與應用科學科。

七、挑戰爺爺的戰鬥陀螺。中華民國 44 屆全國科展。國中組物理科。

八、維基百科—角動量、溜溜球、光碟、陀螺

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A7%92%E5%8B%95%E9%87%8F>

九、環保署統計資料一月報-廢棄物及資源回收類（含費光碟資料 300 期、301 期）

<http://www.epa.gov.tw/ch/DocList.aspx?unit=24&clsone=501&clstwo=178&clsthree=145&busin=4177&path=9610>

十、【物理】溜溜球原理??

<http://www.student.tw/forum443/thread81278.html>

十一、為什麼溜溜球丟下去後會旋轉，而且還可以拉上來？

<https://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1510090108419>

十二、溜溜球是如何對齊的？

http://leedesigncollection.blogspot.tw/2012/12/blog-post_28.html

十三、溜溜球的弦理論

<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=columns&id=558>

十四、廢光碟片及廢行動電話如何回收？

<http://recycle.epa.gov.tw/recycle/epa/ShowPage2.aspx?sno=1009&subsno=31>

十五、黃紹華，廖建智，陳永興。光碟發展與應用。

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2005/10/2005102310284646.pdf>

十六、BD 光碟片的構造

<http://www.hd.club.tw/thread-10318-1-5.html>

十七、光碟片的構造

<http://www2.nsysu.edu.tw/physdemo/2012/C3/100%E6%BC%94%E7%A4%BA%E7%9C%8B%E6%9D%BF.pdf>

十八、陀螺/教育部數位教學資源入口網

<http://content.edu.tw/local/kaushoun/chinnan/9/menu203.html>

十九、旋轉奇蹟-陀螺軌跡的探討

<http://203.64.119.16/office/Academic/equip/1/1-1/1-1-1.htm>

【評語】 080824

運用廢棄材料製作玩具，頗具巧思，作者設計各式檢測方法，測驗所設計的成品之效能，且有考慮應用推廣之可能性，但製作程序的標準化和簡易化，也應是推廣的重要途徑。