

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

第三名

081520

水中的殺手——漩渦

學校名稱：國立高雄師範大學附屬高級中學

作者： 小六 蔡宗育 小六 左伊心 小六 平震傑 小六 黃家偉	指導老師： 簡聿成 曾大衛
---	---------------------

關鍵詞：旋轉 水流方向 漩渦結構

水中殺手——漩渦

摘要

水中漩渦是個十分神秘的東西。根據我們的研究，一旦被捲入漩渦中轉速可達到1秒5圈的自轉速度。再利用紅色的色素水觀察漩渦的水流流動後，我們知道在水面沒有明顯旋轉現象時，水裡已經有旋轉的產生。水底孔徑越大的漩渦產生速度越快也越大，外加力量旋轉後，漩渦的形成速度也更快。在漩渦漏斗中間，部分以螺旋狀向下旋轉的水流會有反彈的現象，產生的原因之一可能是我們找出來的一股由漩渦底部逆流而上的水流所造成的。我們進一步利用小白菜種子代替紅色色素水後發現，這種像毛毛蟲般逆流而上的水流，他逆流而上的動力可能是來自漩渦結構快速旋轉時造成的。最後我們又利用旋轉石在底部沒有洞的容器中產生漩渦，結果一樣很特別，值得深入研究。

壹、研究動機：

日常生活中有許多漩渦形成的例子。例如：我們在水槽放水到最後都會有小小的漩渦出現，在海面常有人莫名的被捲進漩渦裡，在新聞也會聽到有人被看不見的漩渦捲到水裡，六上第一單元上課時老師也曾經播放過『龍捲風』的影片看過旋轉的破壞力。小蕃薯網站上的資料說：北半球的漩渦都是逆時針旋轉，但我們也在洗手台水槽發現順時針旋轉的漩渦。看不到漩渦的水面，是不是早就已經形成了漩渦而且在旋轉了？漩渦多大？轉速多快？如果能夠知道，就可以避免一些災難的發生。因此，我們決定展開有關漩渦的研究。

貳、研究目的：

- 一、研究水底下不同孔徑大小對漩渦形成過程的影響
- 二、研究水流加速對漩渦結構的改變。
- 三、設計實驗找出漩渦的結構
- 四、探討色素水在漩渦中的反彈現象其形成原因。
- 五、探討逆向水流的產生原因及對逃生的影響。
- 六、從容器底部打入不同液體觀察逆向水流的吸力。
- 七、設計實驗找出斜的漩渦在形成過程中與垂直的漩渦有何不同。
- 八、研究【膠水+水】與【太白粉+水】在不同濃度所產生漩渦的特性。
- 九、整理並討論實驗時的其他發現。

參、研究設備及器材：

- 一、容器：半徑 0.15、0.25、0.35 孔的杯子、水桶、水盆、
- 二、輔助工具：紅色色素、水、竹筷、浮物、鑷子、杓子、吸管切細數條
- 三、記錄工具：攝影機兩台、紀錄本、筆數枝
- 四、分析工具：ASUSTeK ASUSDVD、QuickTime Player Application

肆、研究過程及方法：

研究一實驗步驟：研究水底下不同孔徑大小對漩渦形成過程的影響

- (一)準備高 10cm、直徑 10cm 的圓形容器三個。杯底小洞的半徑分別為 0.35cm、0.25cm、0.15cm。在杯子上方及旁邊利用兩台攝影機錄影。
- (二)將杯子墊高使水能夠自由流動不受大氣壓力的影響。
- (三)將實驗水杯裝滿，水位降到 9cm 時開始攝影。
- (四)記錄旋轉方向、漩渦大小、水表面出現漩渦時間及漩渦連接到水底小孔的時間。並分析：時間、水位—中心轉速的關係。

研究二實驗步驟：研究水流加速對漩渦結構的改變

- (一)裝置如【研究一】，利用半徑孔 0.25cm 的容器做實驗。
- (二)實驗前測試發現杓子在容器中間旋轉的效果比在外圈旋轉效果明顯，因此本實驗以中間旋轉來加快水流轉動。
- (三)從滿水位開始旋轉，分成 3 秒轉一圈、轉六圈及轉九圈三種旋轉速度。
- (四)杯中水位降到 9cm 時開始記錄旋轉方向、漩渦大小、水表面出現漩渦時間及漩渦連接到水底小孔的時間。

研究三實驗步驟：設計實驗找出漩渦的結構

- (一)裝置如【研究一】，並以牙籤沾紅色食用色素 6 號點在水面上。
- (二)漩渦形成前：水位到 9cm 在漩渦範圍的外圈開始點色素，並以攝影機拍攝『俯視圖』及『側視圖』。
- (三)漩渦形成後：在漩渦的內圈或中心附近點色素，並以攝影機拍攝『俯視圖』及『側視圖』。觀察並記錄漩渦形成前後色素的流動軌跡。

研究四研究過程：探討色素水在漩渦中的反彈現象及形成原因。

- (一)實驗方法如【研究三】。並從下方以針筒慢慢注入紅色色素水。
- (二)找出『側視圖』中，關於水流擴散、集中等特殊現象的內容。根據影片討論並記錄。

研究五實驗步驟：探討逆向水流的產生原因及對逃生的影響。

實驗一：種子堵住出水孔

- (1)利用杯底小洞為半徑 0.15cm 的容器，並由下方加上管子。
- (2)用湯匙攪拌水形成漩渦，並觀察種子被捲上去的情形。
- (3)觀察漩渦形成後，種子堵住出水孔所產生的現象。

實驗二：轉種子（結果最清楚那一個的實驗步驟）

- (1)準備杯底無洞的容器放入種子（大小與有洞的容器大小一樣）。
- (2)用吸管先將種子打散。
- (3)利用針筒將綠色色素打入容器底部。
- (4)利用吸管在容器上方（中間位置）旋轉，旋轉帶動上方水流。

實驗三：蓋住漩渦

- (1)如實驗一
- (2)當實驗一的漩渦形成時，用杓子完全蓋住它的空氣柱。
- (3)當漩渦變得不完整時，將杓子立即拿開。

研究六實驗步驟、從容器底部打入不同液體觀察逆向水流的吸力。

- (一)裝置如【研究四】。但是以針筒(不加針)從下方灌入其他種類的液體。
- (二)分別以果醬、染色的洗髮精、較不黏稠的洗髮精、染色的洗碗精、及蜂蜜重複實驗四。

研究七實驗步驟：設計實驗找出斜的漩渦在形成過程中與垂直的漩渦有何不同

- (一)裝置如【研究一】，並在上方容器與下方接水容器中分別放入1枝尺、2枝尺、3枝尺來改變容器的傾斜角度。(逆時針方向旋轉的方式倒水)
- (二)記錄漩渦大小，並記錄每一次漩渦形成時漩渦底部接觸杯底小孔的時間及離開杯底小孔的時間。

研究八：研究【膠水+水】與【太白粉+水】在不同濃度所產生漩渦的特性。

【實驗1：膠水加水的過程及方法】

- (一)10%、30%、50%濃度膠水的製造方法如下：

- 1. 以不同比例的 25⁰C 膠水加入 90⁰C 熱水，將膠水+水的液體攪拌均勻。
- 2. 再以 25⁰C 冷水補到 1000c. c. 並攪拌到均勻。調配的比例如下：

步驟	混合內容	10%膠水	30%膠水	50%膠水
1	25 ⁰ C 膠水	10%	30%	50%
2	90 ⁰ C 熱水	45%	35%	25%
3	25 ⁰ C 冷水	45%	35%	25%

- (二)混合後，等到不同濃度膠水溫度降到 35⁰C 後，將膠水倒入容器中，開始進行實驗並記錄。

【實驗2：太白粉加水的過程及方法】

- (一)我們先裝好一杯 200c. c. 23⁰C 的冷水和一杯 800c. c. 79⁰C 的熱水。先將 3 克太白粉加入 200c. c. 冷水攪拌均勻，再將熱水全部加入就會變成滑滑的液體。
- (二)測量液體溫度約 53⁰C 後，將太白粉水倒入容器中開始實驗。
- (三)分別再以 5 克及 7 克的太白粉重複步驟(一)及步驟(二)並記錄。

研究九研究過程：整理並討論實驗時的其他發現

- (一)旋轉石是一個可以讓膠水加入水後，可以攪均勻的儀器。組員發現用外力出現泡泡，然後讓旋轉石轉動，在水中的泡泡被捲入因旋轉石轉動所形成的漩渦，並出現泡泡漩渦。
- (二)利用種子進行實驗之前，我們曾經利用大小不同的膠泥進行漩渦水流路徑的實驗，後來因為膠泥形狀常會改變也不容易控制大小而放棄。不過有次在已形成的漩渦中加入大膠泥，發現膠泥特別的路徑。
- (三)觀察漩渦中一顆特殊種子由外而內旋轉在旋轉離開漩渦本體的過程。
- (四)觀察並說明一顆上升的種子遇到旋轉向下的水流的過程。

伍. 研究結果及討論

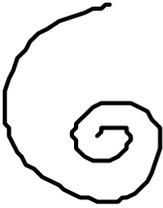
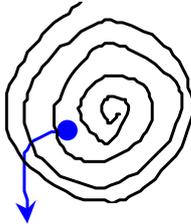
研究一結果：研究水底下不同孔徑大小對漩渦形成過程的影響

(一) 不同孔徑大小對漩渦形成的時間、大小浮體的路徑及漩渦範圍

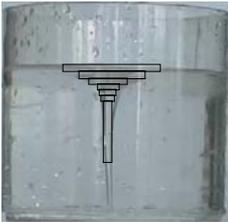
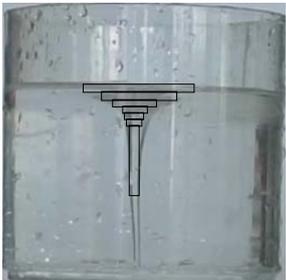
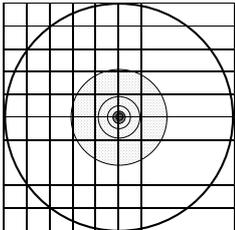
1. 記錄及分析總表

水底孔半徑		0.35cm			0.25cm			0.15cm		
項目		第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次
出現時間		6	4	4	6	12	5	3	2	3
旋轉方向		順	順	逆	逆	逆	順	逆	逆	逆
出現時水位		6.5	8	7	8.5	7	8	10	8.5	8.5
出現到完成時間		5	3	3	5	6	5	5	7	無法完成
漩渦大小	長(cm)	約 0.4	約 0.5	約 0.5	約 0.3	約 0.3	約 0.3	約 0.3	約 0.2	約 0.2
	寬(cm)	約 0.5	約 0.5	約 0.5	約 0.2	約 0.3	約 0.3	約 0.3	約 0.3	約 0.2
圖示	照片									
	側視圖									

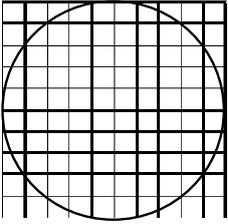
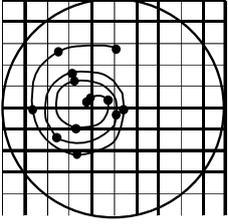
2. 不同浮體的路徑

丟入吸管的旋轉情形	重的 吸管 路徑		輕的 吸管 路徑		很輕的 吸管	轉到一半就粘 在旁邊無法動
<p>1) 重的吸管是一小段吸管，輕的吸管則是一小片(0.1cm*0.5cm)，輕的吸管有時候會轉一轉就轉出去跑到邊邊去</p> <p>2) 俯視圖的淺色區域為漩渦範圍，深色部分則是眼睛看到的那個漩渦小洞，也就是我們記錄表中所記錄的漩渦大小。</p>						

3. 半徑 0.35cm 漩渦形成的漩渦形狀分析圖 (以第 3 秒為例子)

	圖片	說明
區域圖		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 WORD【繪圖(R)】的功能來畫圖。 2. 漩渦分割成 7 個區塊，並由上到下直徑分別為： 5.18、3.48、2.05、1.15、0.84、<u>0.55</u>、0.33 3. <u>0.55</u> 的部分為上面記錄的漩渦大小。與實際大小相比 $5.18/0.55=9.4$
方塊圖		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 WORD【繪圖(R)】的功能來畫圖。 2. 漩渦呈現 Y 字型。
俯視圖		<p>※第 1. 3. 4. 6. 7 區塊畫出下圖</p> 

(二) 半徑 0.25cm 漩渦形成後，時間與漩渦路徑及中心旋轉速度關係表

1. 位置分析工具		<ol style="list-style-type: none"> 1. 先將照片全部列印出來。 2. 百格板放在照片上方。 3. 將漩渦路徑全部點出。 4. 連接每一個點後，即可完成繪製。 	
2. 40-52 秒路徑分析圖			
3. 時間與中心轉速關係：53 秒後吸管才轉到中間開始旋轉			
時間間隔	53-63 秒	63-73 秒	73-83 秒
水位	中	低	很低
計算	3/15 秒一圈	3.5/15 秒一圈	4/15 秒一圈

研究一討論：

(一)孔徑大小的影響

1. 我們發現，漩渦旋轉的方向不一定是逆時針或是順時針，是和我們倒水的方法有關。
2. 水底孔徑越大形成的漩渦大小(中間的氣洞)越大，水表面形成的漩渦也越會越快連接到水底的孔洞，形成完整的漩渦。
3. 孔徑小的容器在水表面出現漩渦的速度是最快的，但是會花比較多的時間才會連接到水底的小孔，有時甚至無法完成。
4. 比較大的物品(會漂浮的)，掉入漩渦後會比較快掉入漩渦中心。比較小的物品會一直繞圈圈最後才轉進去。
5. 我們從上面看見的漩渦(俯視)實際上只有真正漩渦範圍(側視圖)的 $1/9 \sim 1/10$ 。我們發現，斜斜的看漩渦是立體像漏斗的形狀，但是上面的部分比較平。
6. 我們試過用輕的保力龍球當漂浮物體來測試轉速，但是常常黏在容器邊緣，最後找到切細的吸管來當漂浮物體才解決這個問題。

(二)水位下降、漩渦形狀、旋轉路徑與中心轉速分析

1. 漩渦下降的過程中會維持類似的形狀，並不會因為水變少了就有很大的改變。
2. 我們把漩渦底部的長條形切掉後，再把Y字型(也有一點像T字型)漩渦切成6等份，我們發現漩渦的寬度占了整個容器的一半。而且第1部分(漩渦的實際範圍)是第6部分(我們從上面看到的漩渦)的9倍以上。其他0.25cm和0.15cm部分的漩渦，因為時間來不及沒有測量，但是用眼睛看，也有5倍以上。
3. 會漂浮的細長吸管(0.1cm*0.5cm)掉入漩渦後會以螺旋形的方式捲入漩渦中，而且在距離中心3公分的地方整整轉了將近一圈才繼續轉進去，我們討論後還是不知道為什麼會在這個地方轉了一圈。
4. 我們發現，被捲進去的細長的吸管在捲入中心後速度變得很快(沉不下去)，我們原本以為是越轉越快(眼睛看不出來)，經過影片停格與畫面擷取後發現吸管從：3/15秒轉一圈→3.5/15秒轉一圈→4/15秒轉一圈，這個結果證明水位越低吸管其實是越轉越慢的。

研究二結果：利用杓子旋轉探討水流加速對漩渦的改變

(一)在中心旋轉程度的不同對漩渦形成的影響表

旋轉程度		3秒3圈			3秒6圈			3秒9圈		
項目		第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次	第1次	第2次	第3次
出現時間		3	4	4	3	2	3	3	2	2
旋轉方向		逆	逆	逆	逆	逆	逆	逆	逆	逆
出現時水位		8.5	8.5	8.5	8.5	9	8.5	9	8.5	9
出現到完成(秒)		7	4	4	5	4	4	4	4	3
漩渦大小	長(cm)	約0.4	約0.3	約0.4	約0.5	約0.4	約0.3	約0.5	約0.4	約0.4
	寬(cm)	約0.3	約0.4	約0.3	約0.4	約0.3	約0.5	約0.3	約0.5	約0.4

研究二討論：加速實驗

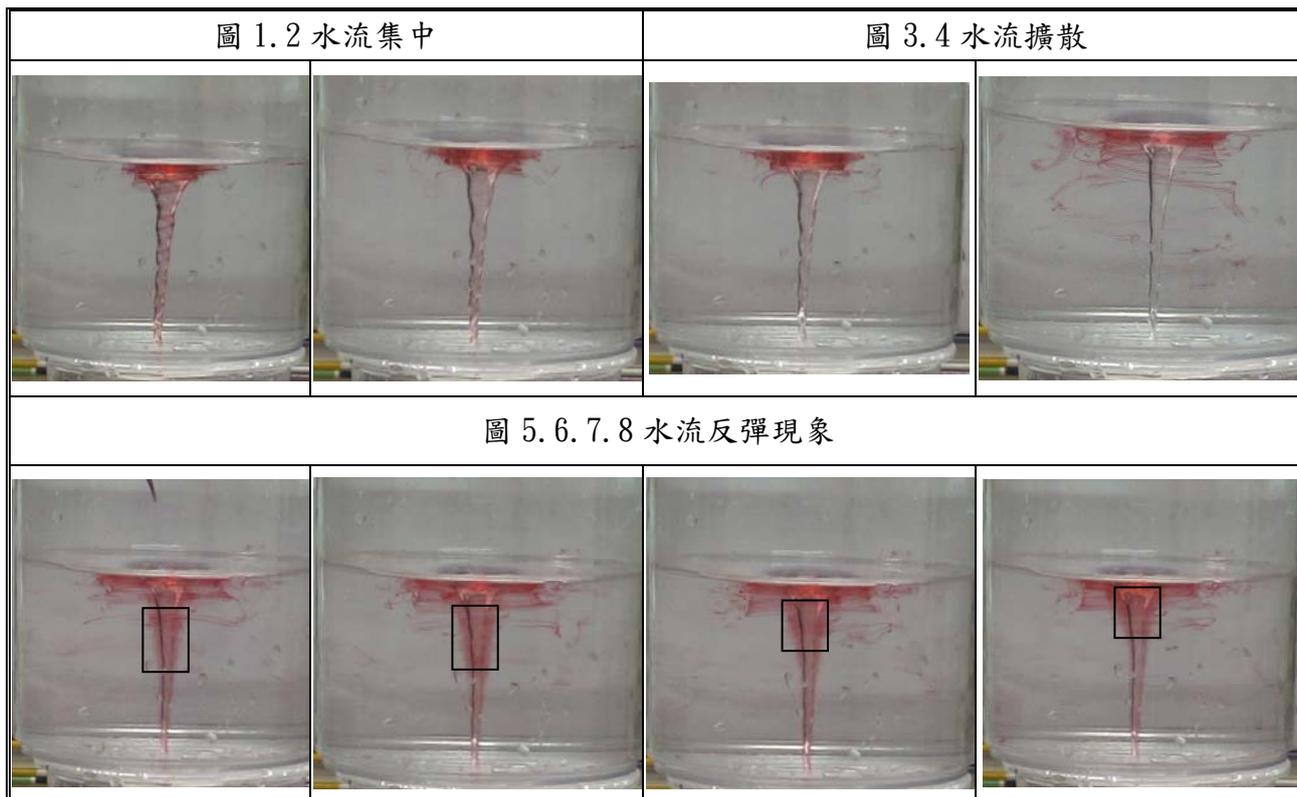
- (一) 實驗時，有時候還沒轉完就出現漩渦。我們依照漩渦出現的時間記錄，但是出現時間有可能更短。
- (二) 旋轉速度越快，水表面的漩渦形成速度越快甚至還在轉的時候就形成了。旋轉越快，漩渦中細長形的部分也會越快往下連到底部的小孔形成一個完整的漩渦。
- (三) 旋轉越快漩渦大小好像會變大，但是效果不明顯。
- (四) 我們覺得用杓子轉動時，雖然已經規定一秒轉 1 下、2 下或 3 下，但是轉的速度有時候會不太一樣，這一點還需要改進。

研究三結果：利用加色素的方法利用水流找出漩渦的結構

(一) 在漩渦尚未形成之前開始點色素--俯視圖、側視圖之對照表

		0	2	4	6	
俯視圖						
		8	10	12	14	
						
	側視圖					
			8	10	12	14
						

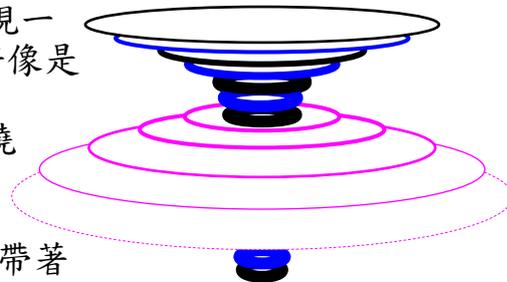
(二) 漩渦形成後點色素：水流的集中下降、擴散放大圖及水流反彈圖



研究三討論：漩渦結構

(一) 漩渦形成前與形成後點色素

1. 經由俯視圖及側視圖比對，我們發現在水表面漩渦尚未出現前，水底的色素以比表面水流還要快的速度繞著一個圓筒狀的範圍旋轉。
2. 我們發現，水表面漩渦剛形成時，就會出現一條細細的條連接到水底小孔，看起來漩渦好像是被這條線慢慢往下拉。
3. 完整漩渦形成後，色素水會用很快的速度繞著漩渦往下降。
4. 我們覺得漩渦很可怕，因為在表面水流很慢的時候，水底已經出現一條細細的線，會帶著紅線旁邊的水流快速的旋轉。

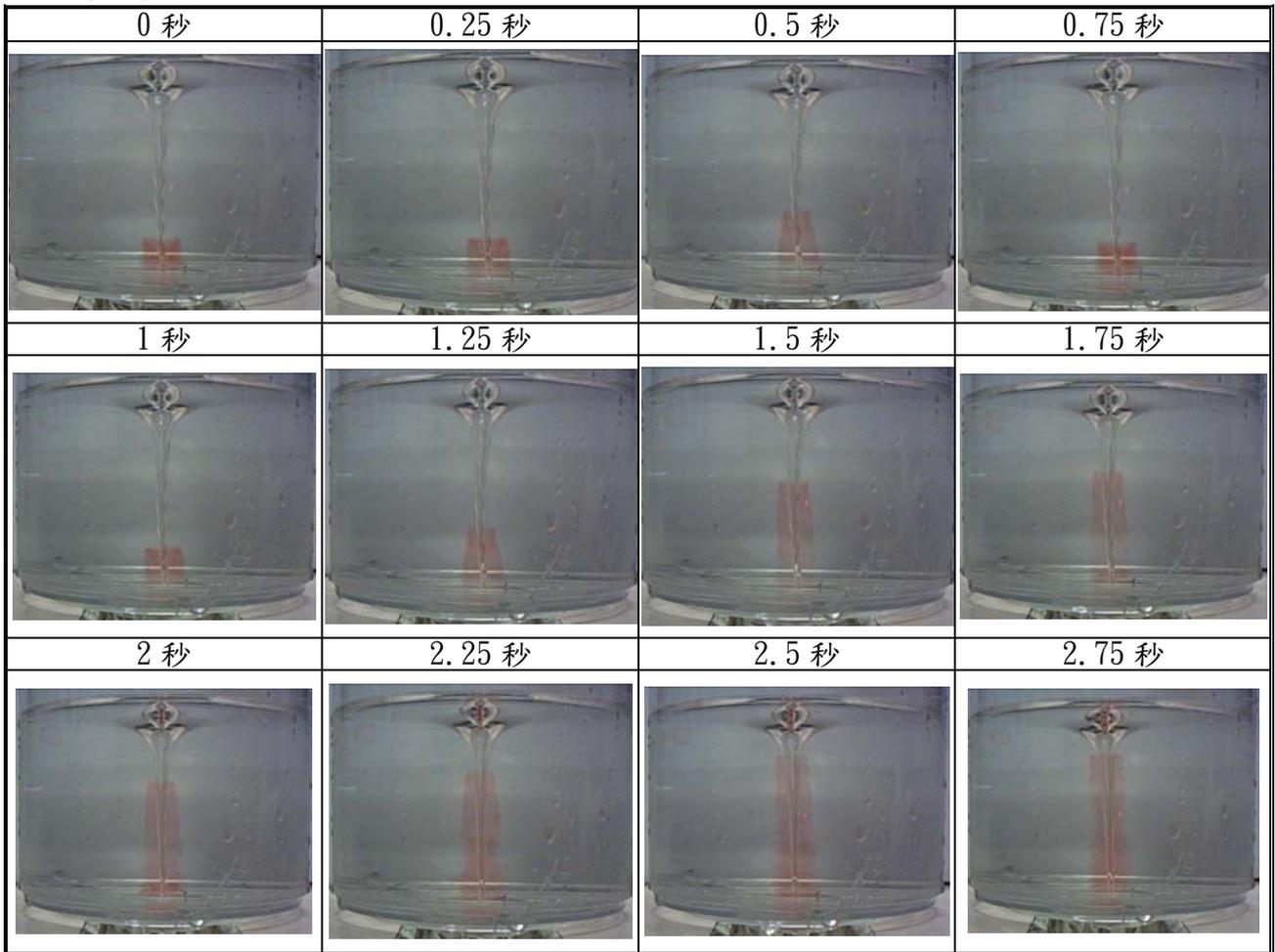


(二) 漩渦形成後點色素

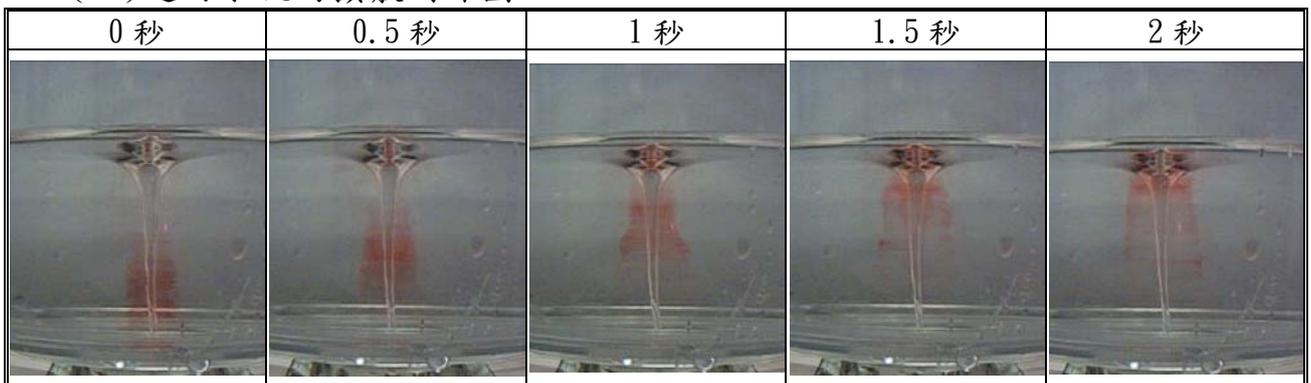
1. 我們現在知道的漩渦結構是水流會沿著漏斗狀的空氣洞，以螺旋狀的方式快速地(快到停格還看不清楚)往下流，並產生螺紋。
2. 漩渦下面細長部分的四周幾乎不會有紅色素的水跑進去，水很乾淨。漩渦的上面部分則是很雜亂的旋轉。
3. 漩渦上面部分的色素水會慢慢往外擴散，也會慢慢往下沉，而且離漩渦越遠速度越慢。擴散到下面的色素水顏色漸漸變淡最後不見了。
4. 右上圖中越粗的線旋轉速度越快，其中漩渦細長的部分當作相同。我們目前發現，漩渦本身的部分旋轉最快，從顏色水的流動來看，漩渦細長的部分，在漩渦外圍的速度像同心圓一樣越下面越慢。
5. 水流的反彈：從影片中可以看見像彈簧反彈的現象，從擷取下來的圖片只要仔細觀察框起來的部分，就能發現紅色水往回跑。

研究四結果：探討色素水在漩渦中的反彈現象及形成原因

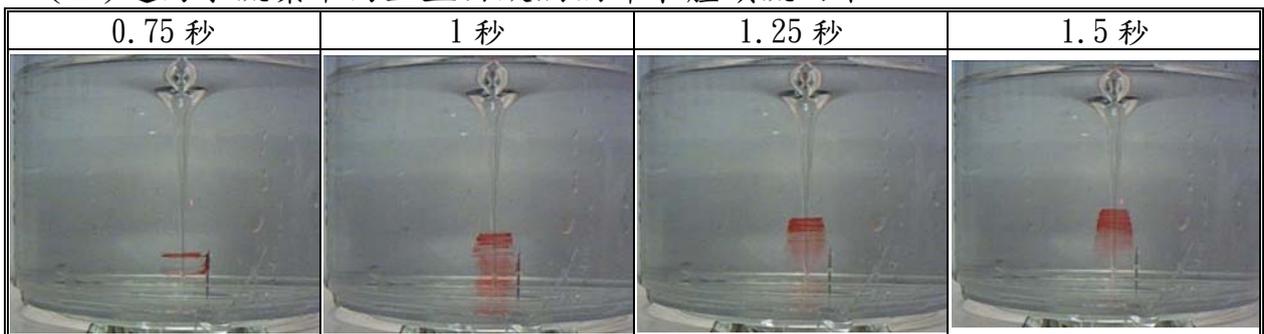
(一) 逆流的水

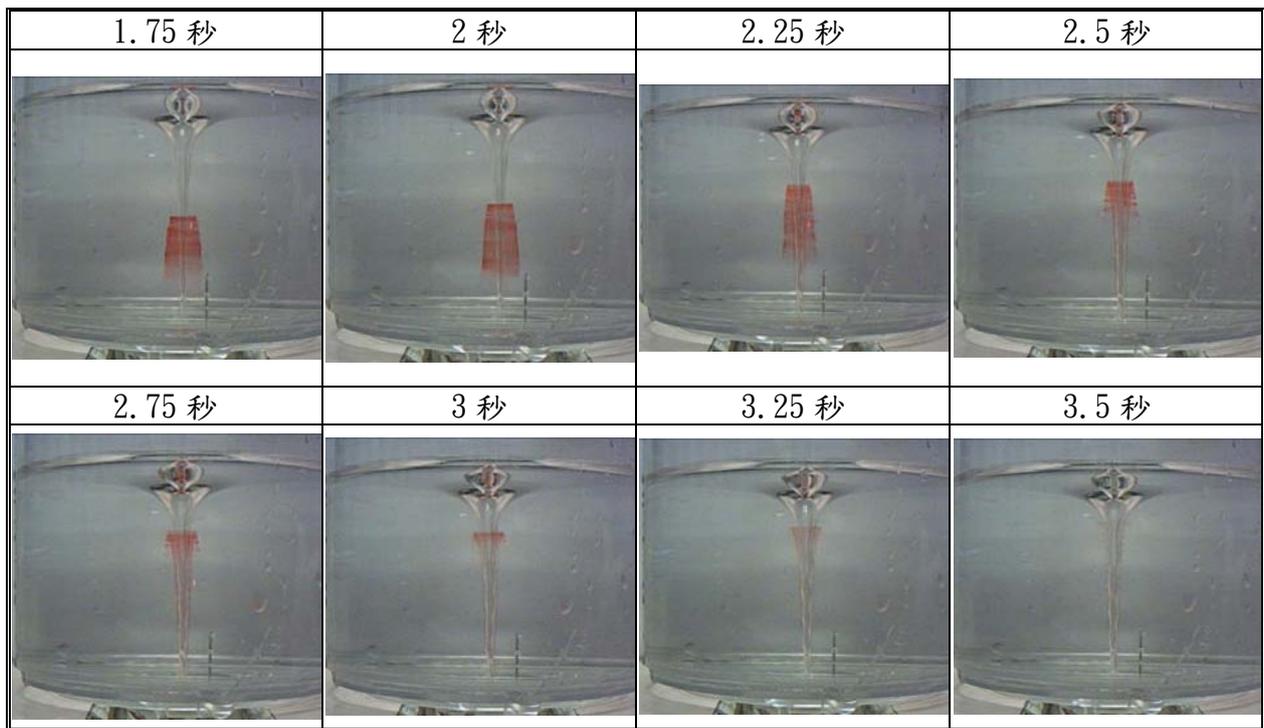


(二) 逆向水流的擴散到外圈



(三) 逆向水流集中向上並由漩渦漏斗本體順流而下

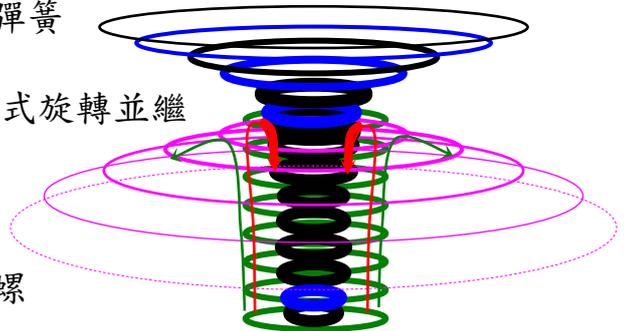




研究四討論：

(一)水流的反彈

1. 從影片中發現，在漩渦從上面算約 1/3 的地方，距離漏斗形漩渦很近的地方(不是漩渦本身)它的色素水會像彈簧一樣彈一下再往上，然後散開。
2. 色素水反彈散開後，會以同心圓的方式旋轉並繼續擴散。
3. 我們猜測在反彈的地方可能是旋轉速度改變造成的影響，但是真正原因根據後來的研究，應該是碰到右圖以螺旋狀方式逆向往上的水流所造成的。



(二)漩渦底部的水流流向

1. 我們在漩渦底部插入有針的注射筒，形成漩渦後慢慢將很濃的紅色色素水加進去，我們發現在漩渦底部的水流是以綠色或紅色箭頭的方向，利用旋轉的方式逆流而上。
2. 根據顏色水的判斷，水流的旋轉速度很快，但是上升速度很慢。
3. 根據紅色水的觀察，逆流而上的水分成兩種可能來流動，一個是上升到最後擴散(綠色箭頭向外跑的部分，這個結果很明顯)，另一個是上升到最後被漩渦本身細長的部分吸收了(紅色箭頭向內跑的部分，這個地方只能看見紅色水漸漸消失)。
4. 根據這個發現，漩渦的結構又多了一個複雜的部分—逆流、再被漩渦吸收，這個地方我們後來又有新發現。

研究五結果與討論：探討逆向水流的產生原因及對逃生的影響。

實驗一結果：種子堵住出水孔

形成漩渦	種子開始旋轉	部分種子堵住出水孔	漩渦不完整，種子持續上升
			
被吸上去的種子旋轉	種子持續旋轉	種子持續旋轉	漩渦變扁(種子堵住很多)
			
種子卡住，漩渦漸漸消失	種子卡住，漩渦漸漸消失	種子完全卡住	漩渦消失
			

實驗一討論：

1. 剛做實驗時沒加管子種子常馬上被吸入出水孔，加入管子後種子馬上被吸入的情形大為改善，變成在管子旁邊旋轉。
2. 一開始用 100 顆種子效果不明顯，最後倒入整包約 1000 顆後才有效果。
3. 漩渦的出水孔被堵起來的時候造成漩渦漏斗細長的部分縮回去了。
4. 不完整的漩渦中，底部的種子會被帶上去。
5. 我們討論結果是：空氣柱未接到底部時，這個未完整的漩渦上方還有很強的旋轉力量，所以種子才會被帶上去。
6. 我們想了解當水面上方旋轉速度快的時候，是否也會產生相似的結果。所以就做了下面的實驗來找出答案。

實驗二結果：轉種子

1. 小幅度快速轉動

一開始快轉，種子沒動	轉了約 2-3 秒種子開始起來	種子跟著旋轉的吸管跑	種子似乎被吸起來了
			
越來越高	撞擊上正在旋轉的吸管	吸管剛移走，還在上升	上面的種子開始散掉
			

2. 利用針筒當旋轉工具再打入色素

針筒旋轉	種子升高	注入色素水	針筒再繼續旋轉
			

3. 利用針筒加入一團綠色色素水邊在底邊再旋轉清晰版

底部先加入色素	針筒移開	快速旋轉	種子被吸起來
			

4. 利用針筒加入一團綠色色素水邊在底邊再用吸管旋轉水流帶動

底部注入色素水	針筒慢慢離開	針筒離開	吸管開始旋轉
			
綠色水先浮起來	種子跟著綠色水起來	綠色水和種子都往上跑	吸管移開
			
綠色水擴散，種子往下掉	種子和綠色水往下掉	種子和綠色水散開	種子掉回底部，綠色水下沉
			

實驗二討論：

1. 小幅度快速旋轉在一開始並沒看到種子移動，2-3 秒後看到了種子因為上方水流快速旋轉的影響，而被帶上去。
2. 利用針筒邊旋轉邊打入色素之後，我們發現色素散開看不見水的流動，水都綠綠的。
3. 上面的方法效果不明顯，於是有人先將綠色色素水打入底部再開始旋轉。效果不錯能看見水的流動，但是用針筒轉效果不明顯。
4. 我們最後利用針筒注入色素水後慢慢移開，再利用吸管快速旋轉後發現綠色水可能因為比較輕所以很快跑上來，種子比較重比較慢吸起來。
5. 從綠色色素水的流動方式來看，吸管小幅度快速旋轉時，吸管旋轉的範圍之內會產生了一個直筒狀的、旋轉的水流(從綠色水的樣子來看)，被捲上去的種子也在這個範圍內旋轉，一直到旋轉力消失了才散開。
6. 從綠色色素水散開的過程中我們發現，當旋轉力消失了水流會沒有規則的散開，種子也跟著這些綠色水的流動和散開。

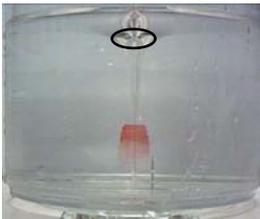
(實驗三)：蓋住漩渦

杓子蓋住，漩渦細長部分消失	杓子移走，種子上浮	種子持續上浮
		
種子被吸上來	種子堵住出水孔，漩渦變扁	出水孔堵住，漩渦變更扁
		

實驗三討論：

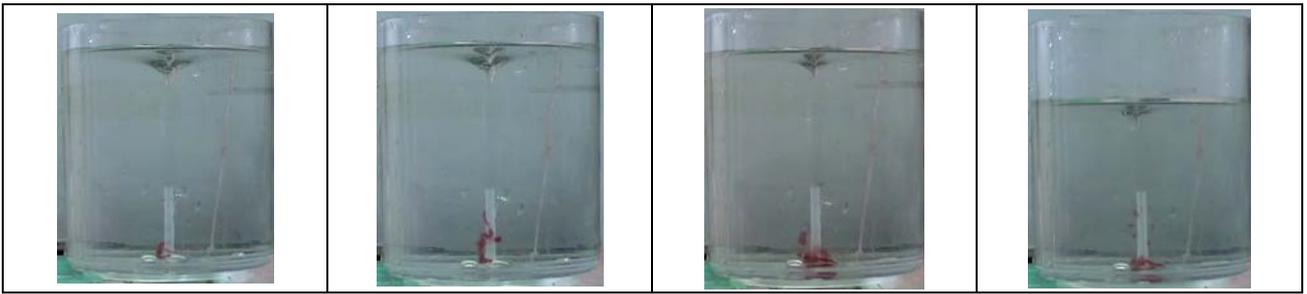
1. 利用一個東西蓋住漩渦時，漩渦的結構會被破壞，有時候還可以看到種子往上跑的現象
2. 我們得到一個救人的方法：如果我們可以用一個比空氣柱半徑還要大的東西，來破壞漩渦的構造，就可以讓溺水的人像種子一樣，被帶上去，而得以脫困。(像【實驗一】將出水孔堵住可以使漩渦消失，但是我們丟下去的東西也可能會砸中溺水的人)

研究五綜合討論

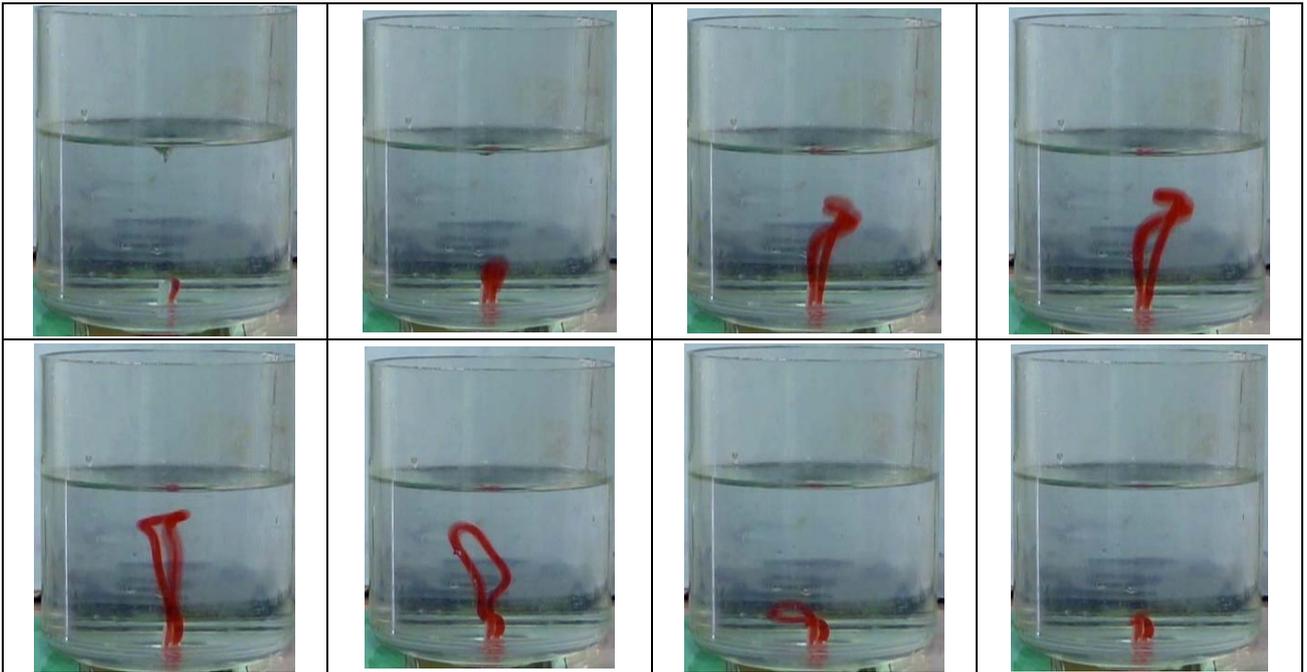
1. 漩渦形成時，漩渦空氣柱的中間細長的部位轉速較快，所以會將水流往下帶。所以我們本來推測造成逆向水流的原因也會是在這個部分。但是在【實驗二】所有實驗做完後發現，只要上面的水流轉速很快，是能夠讓種子上升。
2. 根據這個現象我們猜測，【研究四】逆向水流的產生原因可能是整個漩渦結構在旋轉時，我們用黑線圈起來的部分正快速旋轉。這個快速旋轉的結構產生了像我們利用吸管快速旋轉時相同的效果，於是將漩渦下方附近的水以直筒狀、快速旋轉的方式吸起來。(漩渦上半部的其他部分也會旋轉，但是比較慢) 
3. 根據實驗三我們發現剛剛破壞漩渦結構時，向上的旋轉力會比較明顯。

研究六結果：從容器底部打入不同液體觀察逆向水流的吸力

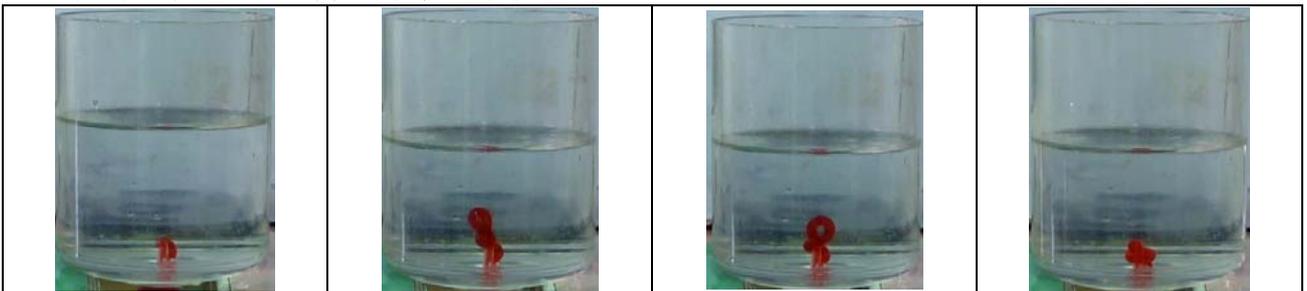
(一) 果醬



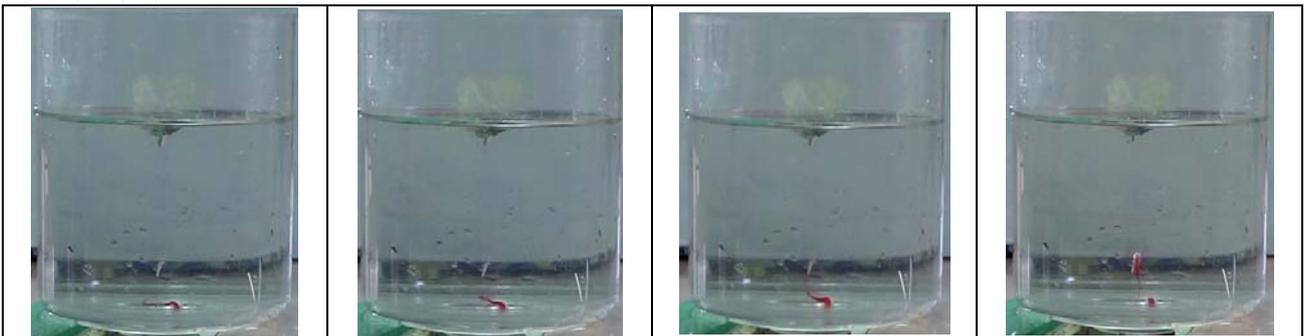
(二) 染色的洗髮精(無加管)

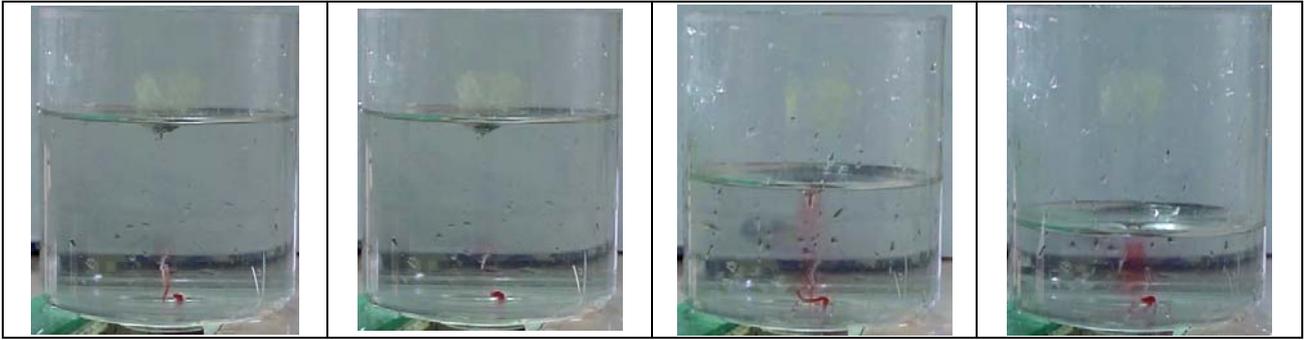


(三) 染色的洗髮精(有加管)

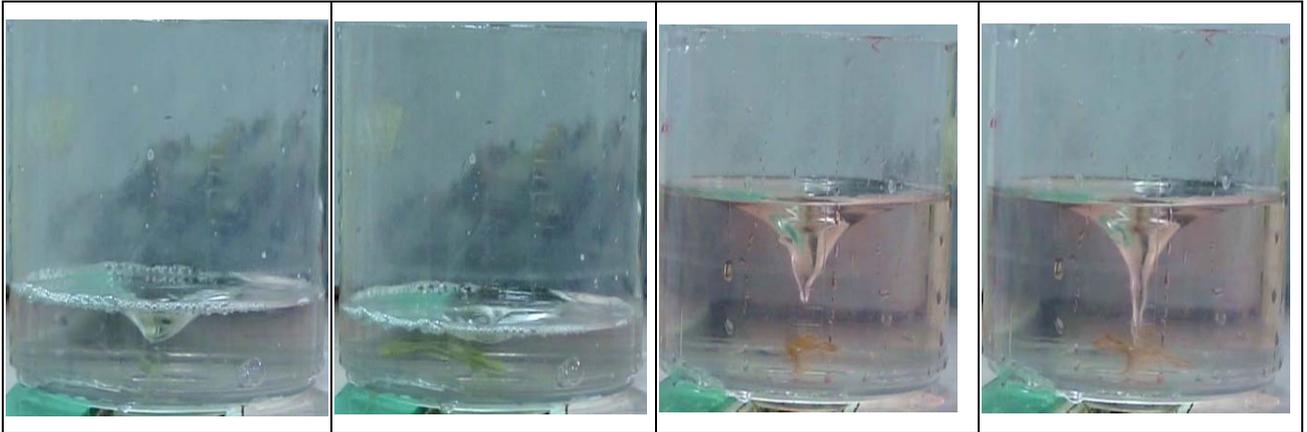


(四) 染色的洗碗精





(五)不同牌子的洗髮精(較不黏稠)和蜂蜜



研究六討論

1. 果醬：漩渦可以將果醬打散看見一顆顆果粒並且會有擴散的現象，這可以說明漩渦具有破壞力。
2. 染色洗髮精（未加管）：洗髮精從下方以針筒打入(把針頭拿下來)，因洗髮精較黏稠，漩渦不易被打散，我們認為洗髮精剛好跑到上下水流交錯處，加上洗髮精原本的重量，使得漩渦變得就像是橡皮筋一樣。最後我們看見所有的洗髮精都被吸到出水孔去。
3. 染色洗髮精（有加管）：洗髮精會黏在管子的周圍繞，高度超過管子的高度，因為洗髮精太重，所以掉下去了。
4. 洗碗精：(1) 洗碗精的量要夠多，否則無法觀察得到。
(2)發現它的情況和色素水的反彈現象一樣。
5. 洗髮精和蜂蜜：前二圖為不同牌子的洗髮精。發現因黏稠度較稀，所以無法觀察到。後二圖為蜂蜜加色素水。因為我們取樣的蜂蜜是從冰箱中拿出來使用，所以實驗時發現蜂蜜無法打出來，只能打出色素水。
6. 我們發現：利用有針頭的針筒(比較細)從底部注入液體時，漩渦都會形成。但是我們要打入比較黏稠的液體所使用的針筒(沒有針頭後比較粗)會從容器底部凸出去約0.2cm。在注射前等很久卻無法看見有完整的漩渦形成，這種漩渦一樣有很大的旋轉力但是卻是不完整的漩渦。

研究七結果：設計實驗找出斜的漩渦在形成過程中與垂直的漩渦有何不同

(一) 歪斜漩渦形成記錄表

傾斜程度		墊高 1 枝尺			墊高 2 枝尺			墊高 3 枝尺		
項目		第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 1 次	第 2 次	第 3 次
旋轉方向		逆	逆	逆	逆	逆	逆	逆	逆	逆
接觸時間		4	10	15	5	9	12	3	4	6
離開時間		8	11	16	8	10	14	4	5	7
漩渦大小	長 (cm)	約 0.4	約 0.5	約 0.3	約 0.4	約 0.3	約 0.4	約 0.3	約 0.3	約 0.4
	寬 (cm)	約 0.5	約 0.4	約 0.3	約 0.3	約 0.4	約 0.4	約 0.4	約 0.3	約 0.5

研究七討論：歪斜漩渦

- (一) 根據數據漩渦歪斜的角度不影響漩渦大小。
- (二) 歪斜漩渦形成的時候會斷斷續續的，一下子空氣洞會連接到水底的孔一下子又縮回去。圖表中的第 1 次、第 2 次、第 3 次就是代表有形成完整的漩渦(連接到底)又消失退回去的記錄
- (三) 實驗中最斜的容器產生完整漩渦的速度最快，形成第 2 個完整漩渦的時間間隔也最短，但是它和水底小孔接觸的時間也最短(都 1 秒)。我們覺得越斜的漩渦是一種很不穩定的漩渦。(第 1 次離開後馬上就又接回去了)。
- (四) 我們猜測，被捲入這種漩渦人的腳可能有一下子拉一下子放的感覺。

研究八結果：研究【膠水+水】與【太白粉+水】在不同濃度所產生漩渦的特性

(一) 不同濃度的膠水所產生漩渦特性紀錄表

項目 \ 濃度	濃度 10%			濃度 30%			濃度 50%		
	出現時間 (sec.)	8	8	5	6	7	5	無	無
出現水位 (cm)	5	6	7	6	5	6	1. 在濃度 50% 的條件下無法產生漩渦。 2. 流的速度很慢		
出現到入底時間	6	6	3	無	無	無			
旋轉方向	逆	順	順	順	順	順			
漩渦大小 (長) cm	0.3	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1			
漩渦大小 (寬) cm	0.3	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1			

(二) 不同濃度的膠水所產生漩渦特性紀錄表結果紀錄表

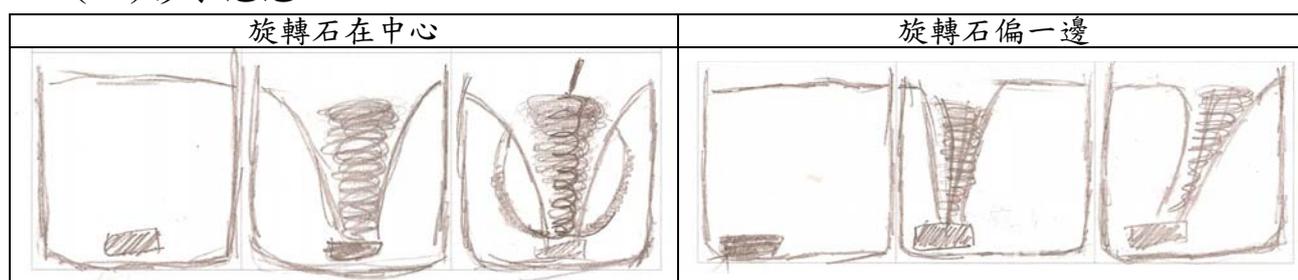
項目 \ 濃度	3 克			5 克			7 克		
	出現時間(sec)	3	4	2	2	3	2	3	2
出現水位(cm)	6	5	6.5	7	7	7	6.5	7	7
出現到入底時間	3	3	1	1	1	2	1	2	2
旋轉方向	逆	順	逆	順	逆	逆	逆	逆	逆
漩渦大小 (長) (cm)	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
漩渦大小 (寬) (cm)	0.2	0.2	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3

研究八討論：

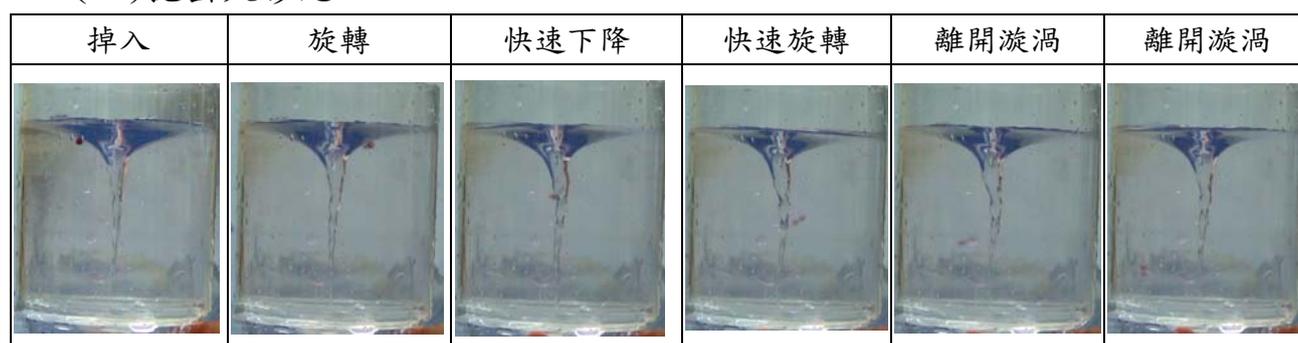
- (一)我們發現膠水需要溫度很高的熱水中才會溶解。
- (二)我們觀察到，從外表不容易看出漩渦，但是從在容器底部可以發現有漩渦的形狀產生。在濃度 50% 和濃度 100% 全部都是膠水的實驗中發現，雖然它們完全看不見漩渦，但是從泡泡往下吸的過程中可以推測，這時候應該有我們看不見的漩渦形成了，只不過旋轉很慢不容易發現。
- (三)水中加入白膠與太白粉現象討論
 1. 我們發現不論是要製造不同濃度的膠水或是太白粉水，都需要利用熱水來增加溶解度或是製造出滑滑的效果。
 2. 加入膠水後，因為液體的黏性太大，濃度越大越不容易形成漩渦(以 50% 為例)，即使形成了，也不容易形成完整的結構(以 30% 為例)。而且黏性越大漩渦就會越小。
 3. 從三公克、五公克和七公克的實驗中，我們發現太白粉加越多形成漩渦的時間越短，機率也越高、漩渦也越大。
- (四)比較
 1. 一開始我們以為太白粉較滑也具有黏性，沒想到太白粉加越多竟然是越滑而不是越黏，所以漩渦出現的機率反而變高。以太白粉和膠水的表格來比較，膠水應較黏稠，所以漩渦出現的機率較低。
 2. 最快出現漩渦的是加太白粉的時候，速度最慢的是加入膠水。不過，出乎意料之外的是，太白粉加水後產生出來的漩渦，竟然比水產生出來的漩渦的流速還要快。

研究九結果：整理並討論實驗時的其他發現

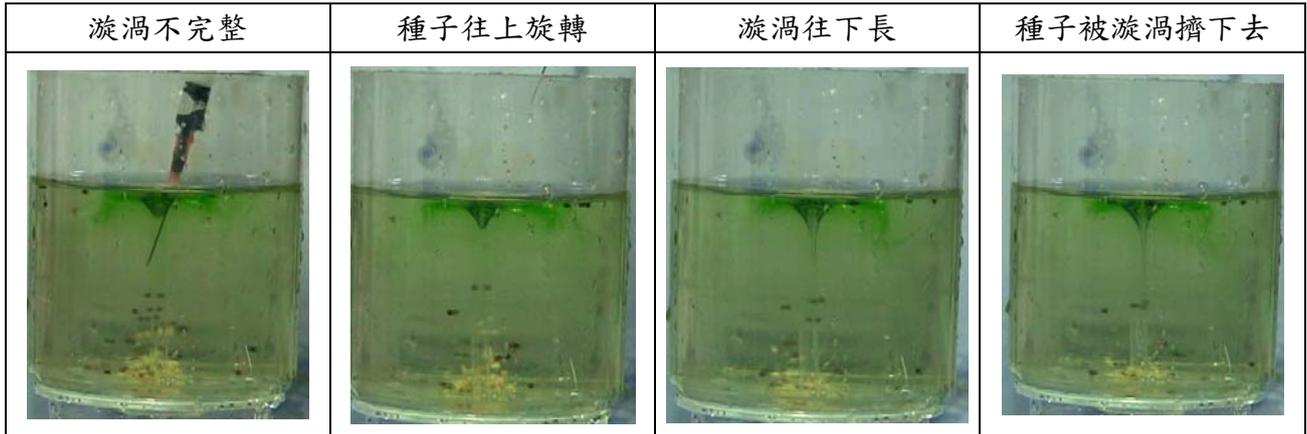
(一)膠水泡泡



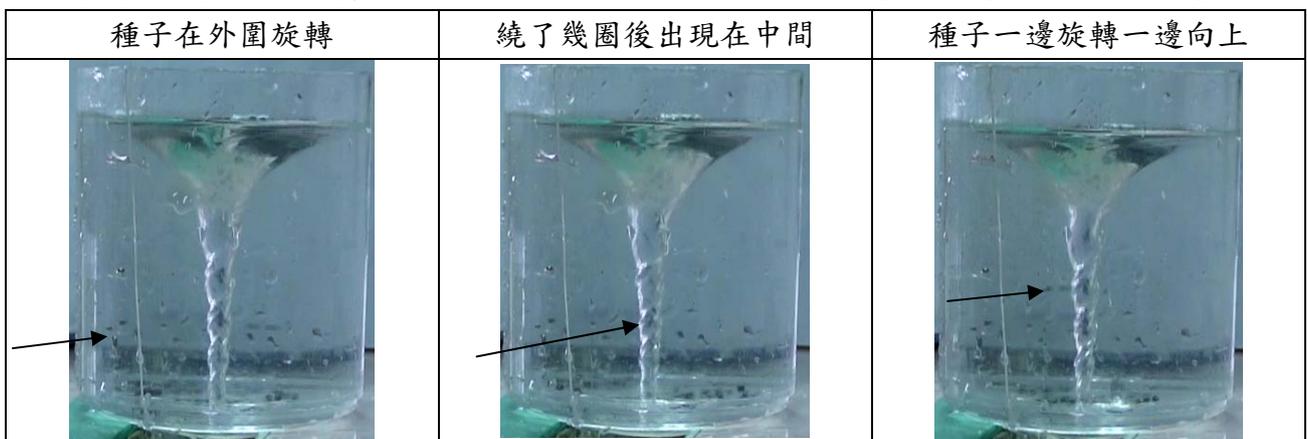
(二)拋出大膠泥



(三) 針筒堵住後正漩渦遇上逆水流



(四) 繞著容器旋轉中的種子被捲入之後又被旋出 (不容易從圖片觀察)



研究九討論：

(一) 旋轉石所製造的泡泡對漩渦的影響

1. 我們先攪拌產生許多泡泡，形成過程中，漩渦一樣由上方形成。利用旋轉石所製造的沒有孔洞的漩渦可以改變漩渦的大小，轉越快漩渦越大，而且可以從泡泡部分看出循環過程。
2. 漩渦形成過程時所形成的泡泡是一段一段的跑，擋住了漩渦時中心的線，所以會影響漩渦的形成。
3. 我們猜想因為漩渦是跟著旋轉石在裝置中間產生的，所以容器上方大漩渦中心點和被旋轉石吸引到旁邊的漩渦底部並沒在一條線上，使漩渦一開始是直的，一下子就變成歪斜的。利用旋轉石所做出來的歪斜漩渦比我們將容器傾斜所製造的容易形成漩渦。

(二) 大膠泥的出現：比較小的膠泥通常會被吸入水底，但是我們卻發現這個大膠泥在漩渦快速旋轉後沒被吸到水底卻離開了這個漩渦。我們覺得人被吸漩渦吸進去之後如果把身體張開變大，或許也有可能離開漩渦。

(三) 正漩渦與逆水流：從拍下來影片中發現，被捲上去的種子遇到正在形成中的漩渦時，它的上升力量是比不過下沉的力量。

(四) 在外圍旋轉中的種子通常不會被捲入漩渦的漏斗結構，但是我們從影片中卻看到了這顆神出鬼沒的種子，突然跑進去(看不清楚)又突然跑出來。

陸、結論：

研究一發現：

(一)孔徑大小的影響

1. 我們發現，漩渦旋轉的方向不一定是逆時針或是順時針，是和我們倒水的方法有關。水底孔徑越大形成的漩渦大小(中間的氣洞)越大，水表面形成的漩渦也越會越快連接到水底的孔洞形成完整的漩渦。孔徑小的容器在水表面出現漩渦的速度是最快的，但是會花比較多的時間才會連接到水底的小孔，有時甚至無法完成。
2. 我們從上面看見的漩渦(俯視)實際上只有真正漩渦範圍(側視圖)的 $1/9\sim 1/10$ 。我們發現，斜斜的看漩渦是立體像漏斗的形狀，但是上面的部分比較平。

(二)水位下降、漩渦形狀、旋轉路徑與中心轉速分析

1. 漩渦下降的過程中會維持類似的形狀，並不會因為水變少了就有很大的改變。我們再把漩渦Y字型漩渦上半部切成6等份，我們發現漩渦的寬度占了整個容器的一半。而且第1部分(漩渦的空氣柱)是第6部分(我們從上面看到的漩渦)的9倍以上。
2. 會漂浮的細長吸管掉入漩渦後會以螺旋形的方式捲入漩渦中，而且在距離中心3公分的地方整整轉了將近一圈才繼續轉進去，體積比較大的則一下子就被捲入漩渦中。細長的吸管在捲入中心後速度變得很快(沉不下去)，經過影片停格與後發現吸管從： $3/15$ 秒轉一圈→ $3.5/15$ 秒轉一圈→ $4/15$ 秒轉一圈，這個結果證明水位越低吸管其實是越轉越慢的。

研究二發現：外加的旋轉速度越快，水表面的漩渦形成速度越快。形成完整漩渦也越快，當漩渦無法產生時，稍微旋轉一下也可形成漩渦。

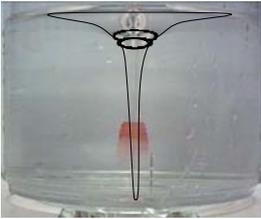
研究三發現：

- (一)我們發現水中的水流已經開始轉動時，水的表面根本看不出來(所以我們到水邊遊玩時要更小心才是)。而且漩渦形成後，速度會快速的增加，這讓我們想到上自然課時看過的【龍捲風】的影片。
- (二)漩渦的旋轉結構以漩渦本體為主，水流會沿著本體以螺旋狀的方式快速地下降。我們發現經由圖片中的螺紋可以找出下降及旋轉的速度。但是需要更好的軟體來分析。漩渦的其他部分則是以同心圓的方式旋轉並慢慢擴散並下降。所滴入的色素不會接近漩渦底部的外圍區域，漩渦底部外圍附近的水很乾淨。

研究四發現：

- (一)影片中的色素水經過某一個部分時會像彈簧一樣彈一下再往上，然後散開。似乎，水中有某一種因素阻止水流下降。
- (二)我們發現在漩渦底部的水流會逆流而上，上升速度不快但是旋轉的速度很快。並且上升到色素水會反彈的地方，有的水流會擴散，有的水流則會被吸入漩渦的本體並快速下降。
- (三)研究到最後發現，我們從上面注入色素水時也會發現逆流水的出現，但是這個方法做出來的逆向水流附近比較渾濁不易觀察清楚。

研究五發現：

- (一)我們最後找到逆向水流的形成原因：根據我們利用吸管、色素水、種子的實驗結果討論後。我們發現逆向水流的動力來源是在整個漩渦結構上半部和漏斗細長部分中間的部分。這個部份以非常快的速度旋轉帶動了下方的水以逆流的方式往上流。實際的位置我們無法確定，但是根據逆向水流旋轉的範圍，我們預估是做記號的這個部分造成的。
- 
- (二)把漩渦上方或下方蓋住或堵住時，種子會有上升的情形。這個現象給我們對幫助捲入漩渦中的人有一些啟示：破壞漩渦的結構就可以使漩渦不完整，可以利用這時產生的向上的動力將人救出來。我們的方法有兩個，一個是丟入一個不會被漩渦旋轉的、比漩渦空氣柱大的東西將漩渦蓋起來，漩渦結構就會被破壞，另一個方法是丟一些東西進入漩渦將漩渦底部的出水孔堵住。
 - (三)我們發現漩渦不完整時，越像漏斗的旋轉力越大，越扁的旋轉力越小也越難將種子旋轉上來。
 - (四)在研究五一實驗二中發現：小幅度快速轉動色素水，會使色素水像一層薄膜一樣，繞在種子外圍旋轉，這代表旋轉中的水流有能力帶動物體，並且將物體侷限在這個範圍之內，這個就是漩渦可怕之處。
 - (五)用杓子把漩渦口堵住時，就發現上面的水流轉速會比下面的水流轉速快，產生像逆向水流的吸力，雖然這不是真正的逆向水流，我們卻因此發現真正逆向水流的秘密。

研究六發現：從底部打液體

- (一)逆向水流所形成的橡皮筋，是因為兩個水流交錯，和它原本的重量所形成的。這些液體會隨著它本身的黏稠度和重量的不同，而產生不同的效果。愈濃稠的液體，所做出來的結果愈特殊（如果醬、洗髮精）：愈重的液體，打上去的量愈多，實驗時向上跑的機率愈大，和利用種子實驗時產生的效果相似。
- (二)漩渦出水孔附近同時有向上及向下兩股水流出現，一股可能是逆向水流造成的，一股則是漩渦向下旋轉的力量造成的。發現愈稀疏而有重量的液體，做出來的結果，和紅色色素實驗出來的結果較接近。
- (三)漩渦出水孔旁邊有針筒時（只凸出去 0.2cm）漩渦就無法完整形成。

研究七發現：

- (一)當斜的容器產生完整漩渦時，漩渦本身會彎曲，而且一下子形成一下子又縮回去，而且越斜的漩渦越不穩定。
- (二)歪斜的漩渦是斷斷續續的，傾斜度越高的漩渦，空氣柱與洞口的連接頻率比較高，傾斜度越低的漩渦，空氣柱與洞口的連接頻率比較低，但是形成完整的漩渦的時間比較久。
- (三)歪斜漩渦的漩渦形成是斷斷續續的。根據我們研究五的發現，漩渦形狀改變也會成生旋轉力的改變，在歪斜漩渦中的人可能會覺得自己的腳一下子被拉一下子又被放掉，像水鬼拉一樣。

研究八發現：

(一)膠水要溶在水中必須使用熱水才能溶解。膠水濃度越重的漩渦產生速度越慢，膠水濃度小的漩渦產生速度比較快。但是他的旋轉速度比水慢，也會花比較多的時間才能形成。

(二)太白粉水則是濃度越大的越容易形成漩渦，濃度越大漩渦形成越快。一般而言，漩渦在不同液體中的表現是：

【會滑的液體→太白粉 > 水 > 膠水→比較黏的液體】

研究九發現：

(一)旋轉石製造漩渦時比利用有孔洞容器所製造的速度更快。但是它會出現許多泡泡，而且會影響形成完整漩渦的時間。但是也因為有泡泡的關係，我們發現了泡泡會有循環的現象，這表示利用在封閉的容器中，有向下流的水就會有水向上形成循環的現象。而且利用旋轉石的歪斜漩渦和之前的歪斜漩渦比較起來比較穩定，而且看起來比較大。一開始漩渦比較直，但是受限於容器的中心點及形狀，最後漩渦上方的中心只偏離容器中心一些，最後變成歪斜漩渦。

(二)漩渦是一個奇怪的物理現象。其中和我們實驗結果有一些不同的現象是：一下子旋轉快將物體旋轉吸進去，一下子又將在漩渦中的東西拋出來。

(三)漩渦中有向下水流及逆向水流，實驗中發現，逆向往上的水流力量和向下水流的力量是相差很多的。常常看見東西往下捲，要往上跑卻讓我們想了許多方法才出現，而且逆向往上的水對於種子或是其他液體的帶動力不夠。

捌、展望與改進：

一、實驗時，我們曾經感覺到有一股風從漩渦的氣洞中流出來，因為不在預定的項目內(時間不太夠)，我們沒有研究。如果有時間我們想找出風的風速和漩渦旋轉的關係。

二、我們從實驗中發現大小會使物體產生不同的流動方式(大膠泥的實驗)，那麼形狀會不會影響呢？我們很想再多加研究。

三、我們曾在電視看過雙颱風現象，我們也曾經利用透明塑膠水族箱實驗過底部兩個小孔的容器，但是每次都是在快沒水的時候才會出現2個漩渦，這讓我們很好奇如何在水多的時候利用我們的方法研究雙漩渦現象。

四、我們太白粉最多只用到7公克，我們很好奇如果加入更多太白粉是不是旋轉速度會更快，也想知道漩渦形成的機率在何種濃度最高。

五、比較多孔式形成的漩渦和一般的漩渦有什麼不同。

六、容器底部孔徑形狀不同，對形成的漩渦是否一樣？(我們現在都用圓的)

七、我們最希望能模擬出自自然界中河流、水潭或海中的漩渦，找出自然界中漩渦形成的原因。

【評語】 081520 水中的殺手——漩渦

- 1.報告中的**陳述**語句尚待加強。
- 2.題材很好，唯其中物理太深，不易探討，可針對內容再加強改進。
- 3.實驗內容皆能整理很好，同時記錄及傳達內容頗佳。
- 4.表達能力佳。