

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081520

水中舞者 — 轉槳所成之漩渦的探討

學校名稱：臺北縣新莊市丹鳳國民小學

作者： 小五 李昱嫻 小五 李欣玫 小五 李有儀 小五 江翊銘	指導老師： 簡樹文 林俊成
---	-------------------------

關鍵詞： 漩渦

摘要：轉槳在水中旋轉會產生水流渦，轉槳的形態不同產生的漩渦形態也不同，本實驗透過自己設計的各種形態地轉槳來探究所產生的漩渦形態、下拉力量、旋轉力及水流形態。

壹、研究動機：

有一次我在浴室洗澡，閒閒沒事做，我在放滿水的圓形澡盆內，用手順著澡盆做圓弧狀的撥動，撥了一陣子竟然發現澡盆內的水形成漩渦快速的旋轉非常有趣，這使我想起老師教過我們的颱風，難道就像這樣嗎？

第二天我詢問老師時，老師說颱風和你的漩渦不太一樣，但是漩渦的旋轉很有趣，妳們不妨探討一下，於是我找了幾個麻吉的朋友一起做這項研究。

貳、研究目的：

- 一、探究轉槳與漩渦形態的關係。
- 二、探究水中漩渦的水流狀態。
- 三、探究如何以玩具小馬達為動力造就長而美的水中漩渦。

參、研究問題：

- 一、如何才能形成清晰且可供探究的水中漩渦？
- 二、單叉轉槳的角度和漩渦的形態有關係嗎？
- 三、雙叉轉槳的形態和漩渦的形態有關係嗎？
- 四、勻稱和不勻稱的轉槳形態和漩渦的形態有關係嗎？
- 五、轉槳入水深度和漩渦的形態有關係嗎？
- 六、漩渦的水流是如何流動的呢？
- 七、能畫出漩渦立體流速圖嗎？
- 八、傾斜的轉槳也能造成漩渦嗎？
- 九、能造就一個長又美的「水中舞者」嗎？

肆、研究設備及器材：

玩具小馬達、原子筆蕊、迴紋針、燒杯、直尺、保麗龍球、手錶、打氣小馬達、細空心塑膠管、縫衣線、竹筷、自製各種不同形態轉槳、木板、厚紙板、寶特瓶、整流器、自製 U 形管流速測定器。

伍、研究過程或方法：

問題一：如何才能形成清晰且可供探究的水中漩渦？

實驗一：

實驗方法：〈一〉我們以玩具小馬達為動力。

〈二〉用大型的迴紋針拉直後當做轉槳。

〈三〉自製能讓轉槳與馬達上下滑動、調整角度的基座。

〈四〉將轉槳放入裝有 1800cc 水的燒杯中。

〈五〉將轉槳調入水深 14cm 的位置，啟動馬達後觀察漩渦情形。

結果：我們發現漩渦無法形成，只有在轉槳周圍聚集很多氣泡而已。

實驗二：

實驗方法：同實驗一，但是我們將槳的末端 2cm 處折彎成 L 狀。

結果：我們發現形成了又大又清晰的水漩渦，真是令人興奮。

我們的思考：轉槳的末端要彎折才能形成漩渦，那麼如果彎折的角度不同，是否漩渦的形態也不同的呢？為解決心中的疑惑於是做問題二的探討。

問題二：單叉轉槳的角度和漩渦的形態有關係嗎？

實驗三：

實驗方法：〈一〉同實驗二，但是我們控制轉槳的角度從 10 度到 180 度。

〈二〉在同一個燒杯中裝入 1800cc 的水量，且入水深度固定在 10 公分處。

〈三〉分別觀察其行成漩渦時的形態。

〈四〉我們要觀察的項目有：

- 1、漩渦的直徑〈固定從水下 1 公分處用直尺量直徑〉。
- 2、漩渦實體下拉的長度。〈漩渦實體是指漩渦晶亮，沒有氣泡的部份〉
- 3、氣泡在漩渦中呈現的位置。
- 4、漩渦在水面旋轉的力量。〈保麗龍球和燒杯內壁有附著力，使它黏附在燒杯壁上，當漩渦形成時水流的力量會對抗附著力而拉著保麗龍球沿著燒杯壁旋轉，我們計時 10 秒的時間看保麗龍球旋轉行走的長度，即可表示漩渦旋轉的力量。〉
- 5、漩渦形態特性的描述。

結果：我們發現單叉轉槳的彎折角度和漩渦的形態變化有很大的關係。

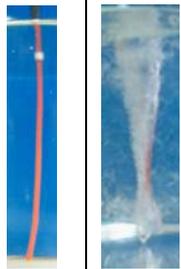
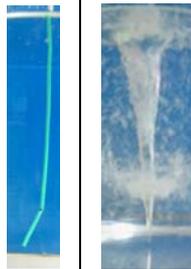
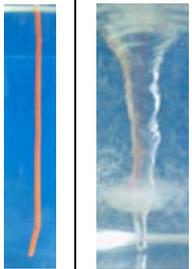
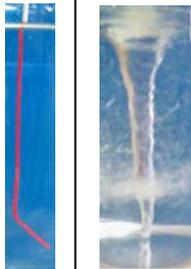
〈一〉漩渦的直徑隨著轉槳角度從 10 度到 80 度呈現出越來越大的趨勢，在水面下 1 公分處量得最大的直徑可達 4.5 公分。但是從 80 度以後直徑就逐漸縮小，到 180 度時只剩 0.8 公分。

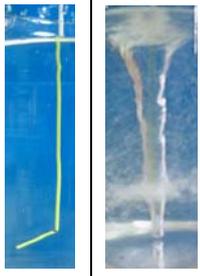
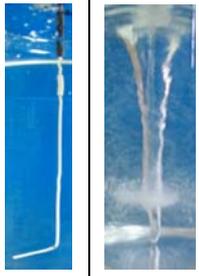
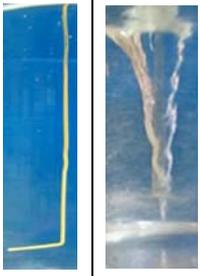
〈二〉以漩渦實體的長度而言：

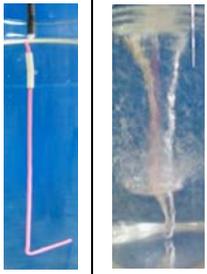
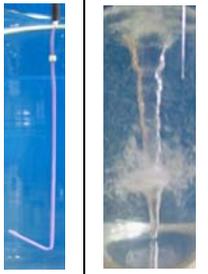
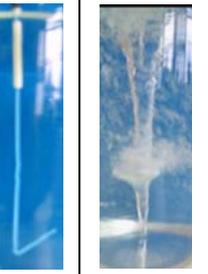
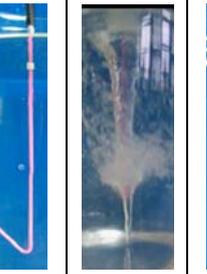
- 1、從 20 度到 140 度〈80 度除外〉如果形成氣環時，整個漩渦實體會被拉到燒杯底。
- 2、轉槳在 80 度時不會形成氣環，漩渦很平穩保持在 11 公分處，晶瑩剔透，且直徑最大達到 4.5CM。

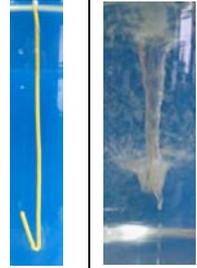
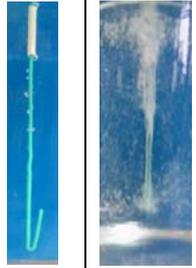
〈三〉漩渦旋轉的力量和轉槳的彎折度有很密切的關係：

- 1、旋轉力最強的是在 80 度時，10 秒內可拉動保麗龍球平均達 126 公分。
- 2、旋轉力最弱是在 10 度、20 度、160 度、170 度、180 度時，只拉動保麗龍球 1~12 公分。
- 3、在 20→30 度〈旋轉拉力瞬間提升〉、140→150 度〈拉力迅速下降〉的兩個區段，可以說是旋轉力變化差異最大的關鍵角度。

測量項目	角度	10	20	30	40	50
	照片					
漩渦 實體 直徑	1	看不清實體	2.3	3.0	3.5	3.8
	2	看不清實體	2.3	3.0	3.5	3.8
	3	看不清實體	2.3	3.0	3.5	3.8
	平均	看不清實體	2.3	3.0	3.5	3.8
漩渦 實體 長度	1	看不清實體	0→2 或 10→14	5→8 或 14	8→12	4→7 或 14
	2	看不清實體	0→2 或 10→14	5→8 或 14	8→12	4→7 或 14
	3	看不清實體	0→2 或 10→14	5→8 或 14	7→12	4→7 或 14
	平均	看不清實體	0→2 或 10→14	5→8 或 14	8→12	4→7 或 14
氣泡 呈現 位置	1	0→14	2→13	8→10	6→12	7→12
	2	0→14	2→13	9→10	6→12	8→12
	3	0→14	2→13	8→10	7→12	7→12
	平均	0→14	2→13	8→10	6→12	7→12
旋轉 力量	1	0.5	8.5	56	67	71
	2	1.0	9	56	70	71
	3	.0.5	10	55	65	68
	平均	0.7	9.5	56.3	67.3	70
狀態 的 描述		氣泡很多且和漩渦摻雜在一起，漩渦實體的長度看不清楚，在11.5公分處會甩出小氣泡，水面有水珠濺出杯外。	氣泡較10度少，漩渦實體分二段，在10公分處會出現氣環且甩出大量氣泡，氣環形成時伴隨著低吼聲。	漩渦實體更晶亮在8→10公分處有泡泡跟隨著漩渦如葡萄狀，且有時會在10CM處出現氣環，使漩渦實體拉長到14CM。	和30度相差不多，但直徑稍大一點，在6→12公分處有氣泡，有時在10公分處形成氣環，使漩渦下拉到14CM。	漩渦直徑更大，且容易在漩渦的10公分處形成很明顯如碟狀的氣環，當氣環產生時伴隨著低吼的聲音，且將整個漩渦著實的下拉到燒杯的底部。

測量項目	角度	60	70	80	90	100
	照片					
漩渦實體直徑	1	3.7	3.8	4.5	4.0	4.3
	2	3.7	3.8	4.5	4.0	4.3
	3	3.7	3.8	4.5	4.2	4.3
	平均	3.7	3.8	4.5	4.1	4.3
漩渦實體長度	1	5→6 或 14	6→7 或 14	10→11	7→9	6→7 或 14
	2	5→6 或 14	6→7 或 14	10→11	7→9	6→7 或 14
	3	5→6 或 14	6→7 或 14	10→11	7→9	6→7 或 14
	平均	5→6 或 14	6→7 或 14	10→11	7→9	6→7 或 14
氣泡呈現位置	1	6→12	7→12	10→13	7→13	7→13
	2	6→12	7→12	10→13	7→13	7→13
	3	6.5→12	7.5→12	10→12	7→13	7→13
	平均	6→12	7→12	10→13	7→13	7→13
旋轉力量	1	75	85	126	96	101
	2	70	83	126	95	109
	3	73	84	126	97	108
	平均	72.5	84	126	96	106
狀態的描述	和 50 度的漩渦形態相差不多，若沒有氣環時在 6→12 公分處有葡萄狀氣泡，若形成氣環時則漩渦被拉到底部，且有低吼聲。		完整的漩渦實體晶亮剔透很漂亮，有時形成氣環但比較容易消失。	漩渦實體很大且晶亮平穩偶而會在 10 公分處甩出小氣泡，在漩渦實體下有少量的葡萄狀氣泡，不會形成氣環漩渦下有小氣泡到底。	漩渦實體晶亮，大部分在 7→9 公分之間，在 10 公分處會甩出氣泡，有時會形成氣環。	晶亮平穩的實體，但有時在 9 公分處形成氣環，將漩渦下拉到底。

測量項目	角度	110	120	130	140	150				
	照片									
漩渦實體直徑	1	3.9	3.8	3.4	3.2	2.7				
	2	3.8	3.8	3.4	3.2	2.7				
	3	3.9	3.8	3.4	3.2	2.7				
	平均	3.9	3.8	3.4	3.2	2.7				
漩渦實體長度	1	7→8 或 14	6→7 或 14	14	5→6	12.5				
	2	7→8 或 14	6→7 或 14	14	5→6.5	12.5				
	3	7→8 或 14	6→7 或 14	14	5→6.5	12.5				
	平均	7→8 或 14	6→7 或 14	14	5→6.5	12.5				
氣泡呈現位置	1	7→13	6→12	沒有	6→11	12.5→14				
	2	7→13	6→12	沒有	6→10.5	12.5→14				
	3	7→13	6→12	沒有	6→11	12.5→14				
	平均	7→13	6→12	沒有	6→11	12.5→14				
旋轉力量	1	99	90	84	75	30				
	2	103	94	75	76	29				
	3	101	91	80	74	28				
	平均	101	92	80	75	29				
狀態的描述	<p>有時在漩渦實體 9 公分處形成氣環，但又會消失，有氣環形成時，漩渦實體直徑會稍微縮小。</p>		<p>形態的過程和 110 度差別不大，但較容易形成氣環，且產生的氣泡變得更大顆。</p>		<p>和 120 度比較漩渦實體的直徑又縮小一些，但持續形成氣環下拉漩渦到底，且在 9 公分處的氣環會甩出大顆的氣泡。</p>		<p>持續在 8.5 公分形成氣環，將漩渦實體拉到底，直徑又縮小一點，在 8 公分處甩出大顆氣泡。</p>		<p>直徑縮小許多，在 8 公分處持續形成氣環，但只將漩渦拉到 12 公分處，尤其是旋轉力量忽然減少很多，平均只達 29 公分。</p>	

測量項目	角度	160	170	180		
	照片					
漩渦實體直徑	1	2.3	1.3	0.8		
	2	2.3	1.3	0.8		
	3	2.3	1.3	0.8		
	平均	2.3	1.3	0.8		
漩渦實體長度	1	1→2 或 8→12	0→1 或 6→9	1→2		
	2	1→2 或 8→12	0→1 或 6→9	1→2		
	3	1→2 或 8→12	0→1 或 6→9	1→2		
	平均	1→2 或 8→12	0→1 或 6→9	1→2		
氣泡呈現位置	1	2→8	1→6	1→8		
	2	2→8	1→6	1→8		
	3	2→8	1→6	1→8		
	平均	2→8	1→6	1→8		
旋轉力量	1	10	3	1		
	2	13	3	1		
	3	12	2	1		
	平均	12	3	1		
狀態的描述	漩渦實體的直徑明顯縮短了許多，且分成二段，中間有很多葡萄狀泡泡，在 8 公分→10 公分處形成梯形氣環。		燒杯內很多氣泡，實體很細分成二段，中間有較大團氣泡，在 10 公分處會甩出小氣泡。	形成很細的漩渦，且水面會激烈晃動，氣泡成螺旋狀。		

我們的思考：如果我們將某一角度的單叉轉槳改為雙叉，那麼是否它所形成的漩渦是否更精彩呢？於是我們展開下一個探討。

問題三：雙叉轉槳的形態和漩渦的形態有關係嗎？

實驗四：

實驗方法：我們將轉槳折彎成雙叉型態 、、，分別放入燒杯中，觀測不同轉槳在水中形成的漩渦形態。

結果：我們發現  形態和  形態的轉槳所形成的漩渦是很平穩的，幾乎沒有氣泡，但漩渦的長度卻比較短，而  形態轉槳則有明顯的氣環，有時甚至形成上下兩個氣環，且發出了低吼的聲音，但漩渦旋轉的力量明顯的比  少了許多。

數 據 形	形 態	漩渦的直徑				漩渦的長度				氣泡到達長度				旋轉的力量				狀態的描述
		1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	1	2	3	平均	
 		4.0	4.0	4.0	4.0	7 ↓ 8	7 ↓ 8	7 ↓ 8	7 ↓ 8	沒有氣泡	沒有氣泡	沒有氣泡	沒有氣泡	163	160	167	163	完全沒氣泡，晶瑩剔透，非常平穩
 		3.2	3.1	3.2	3.2	5 ↓ 5.5	5 ↓ 5.5	5 ↓ 5.5	5 ↓ 5.5	沒有氣泡	沒有氣泡	沒有氣泡	沒有氣泡	112	115	111	113	完全沒氣泡，晶瑩剔透，非常平穩
 		3.5	3.5	3.5	3.5	12	12	12	12	12	12	12	12	94	92	97	94	明顯的氣環，有時可形成二個氣環，有低吼聲，從氣環中打出許多氣泡，形成許多氣環時將整個漩渦實體直拉到底。

我們的思考：原本我們以為型態的轉槳會最好，所形成的漩渦直徑會最大，下拉力量也最強，但是結果並非如此，他只是靜悄悄又很穩定的旋轉，因此，我們幾個臭皮匠動腦討論，最後我們得到這樣的假設，左右對稱的槳，只能形成平穩但較短的漩渦，而不對稱的槳才會產生下拉力量強，且能將氣體帶入水中的漩渦。爲了驗證假設，我們再做下一個探討。

問題四：勻稱和不勻稱的轉槳形態和漩渦的形態有關係嗎？

實驗五：

實驗方法：同實驗四，但是我們把轉槳改成勻稱的三叉和四叉和不勻稱的 ，觀測它們所產生漩渦。

結果：〈一〉我們發現果然和我們的假設一樣，勻稱的和轉槳產生的漩渦是平穩、無聲且短的。

〈二〉而不勻稱的和轉槳，產生的漩渦是會形成 2 個→最多 4 個氣環，且有低吼的氣泡聲，且旋轉的力量也都比和小。

〈四〉實驗情形如下表：

項目 \ 數據	轉槳形態								
		1	2	3	4	1	2	3	4
漩渦直徑	1	3.5		3.0		3.5		3.0	
	2	3.5		3.0		3.5		3.0	
	3	3.5		3.0		3.5		3.0	
	平均	3.5		3.0		3.5		3.0	
漩渦長度	1	6→7		12		5→6		12	
	2	6→7		12		5→6		12	
	3	6→7		12		5→6		12	
	平均	6→7		12		5→6		12	
氣泡呈現位置	1	沒有氣泡		在氣環的位置甩出氣泡		沒有氣泡		在氣環的位置甩出氣泡	
	2	沒有氣泡		在氣環的位置甩出氣泡		沒有氣泡		在氣環的位置甩出氣泡	

	3	沒有氣泡	在氣環的位置 甩出氣泡	沒有氣泡	在氣環的位置 甩出氣泡
	平均	沒有氣泡	在氣環的位置 甩出氣泡	沒有氣泡	在氣環的位置 甩出氣泡
旋轉的力 量	1	103	90	101	80
	2	105	85	105	82
	3	109	86	102	81
	平均	106	87	103	81
狀態的描述		晶瑩剔透非常平穩 都沒有氣泡。	有 2 個明顯的 氣環，有時甚 至形成 3 個氣 環，實體直接 拉到底，有低 吼聲。	有氣泡從氣環 中甩出，同  。	有 4 個明顯的 氣環，但是實體 的漩渦會轉來 轉去，有低吼 聲，也有氣泡從 氣環中甩出。

問題五：轉槳入水深度和漩渦的形態有關係嗎？

實驗六：

實驗方法：〈一〉我們以 90 度的轉槳來形成漩渦。

〈二〉操縱轉槳入水的深度從 11 公分逐漸上升至 3 公分。

〈三〉仔細觀察漩渦形態的變化，並紀錄。

結果：〈一〉我們發現在最深的 11 公分處，有晶亮的漩渦實體，且偶爾會在 10 公分處甩出小氣泡。

〈二〉當轉槳上升到 10→4 公分處時，都可形成明顯的氣環，尤其從 6 公分開始，在漩渦實體末端會出現小氣泡形成的細線延伸接近燒杯底部；轉槳上升到 4→3 公分處時，小細線更長了，可達 11 公分，但是水面搖晃厲害而且有水被濺出來。

〈三〉實驗情形如下表：

深度	11CM	10CM	9CM	8CM
漩渦形態				
形態描述	晶亮實體，甩出小氣泡。	有氣環產生，氣泡變粗，漩渦下方較粗。	有氣環、氣泡又變細些，漩渦下方尖細。	氣環很明顯，漩渦產生低吼聲，下方觸底。

深度	7CM	6CM	5CM	4CM
漩渦形態				
形態描述	有氣環，實體整體上移，露出漩渦尾部尖端。	有氣環，實體更短，在下方產生小氣泡的細線到底。	有氣環且變寬，實體又變短了，漩渦下方有氣泡產生的細線。	有粗壯的氣環，甩出粗大的氣泡，水面劇烈搖晃，有水濺出。
深度	3CM			
漩渦形態				
形態描述	粗壯的氣環已和水面的大氣泡互相激盪，水花四濺，下方有明顯細的氣泡線產生。			

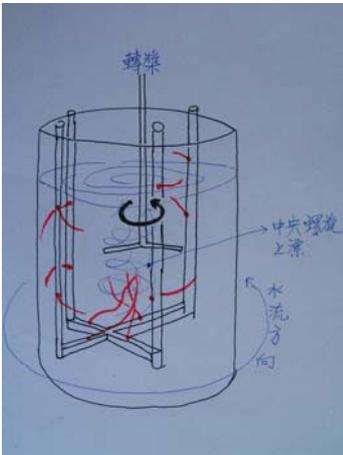
問題六：漩渦的水流是如何流動的呢？

實驗七：

實驗方法：〈一〉我們用紅色的線綁在竹架上。

〈二〉當  形轉槳形成漩渦時，仔細觀察紅線的漂動情形。

結果：實驗情形如下照片：

實驗照片	實驗說明示意圖	
		<p>〈一〉我們可以清楚的看到紅線隨著水流的流向而漂盪。</p> <p>〈二〉在外成層接近燒杯壁的紅線都是和水流同方向漂動。</p> <p>〈三〉然而在竹架中央的紅線，卻是稍微螺旋往上漂盪。</p>

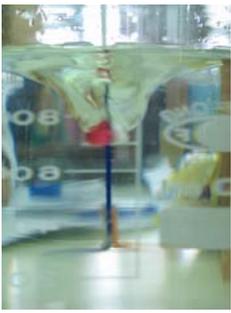
我們的思考：實驗七雖然可以清楚看到紅線的漂動方向，但太長的線會互相纏繞，太短的線又無法具體顯示水流旋轉的樣子，於是我們在以下列的實驗方式來驗證並觀測。

實驗八：

實驗方法：我們在轉槳形成漩渦後，將一顆紅色的保麗龍球從漩渦的內緣放入，讓保麗龍球隨著漩渦旋轉，我們馬上拍攝並觀察產生的結果。

結果：〈一〉實驗過程照片及結果說明如下：

實驗順序	1	2	3	4
實驗照片				
描述說明	漩渦逐漸形成	漩渦形成後放入紅球	紅球隨著漩渦旋轉	紅球隨著漩渦旋轉並加速中

實驗順序	5	6	7	8
照片				
描述說明	紅球循著漩渦的內緣旋轉而下中	紅球轉入漩渦的底部	紅球在漩渦的底部隨著水流上下浮動	紅球旋轉著又回到漩渦的最底部

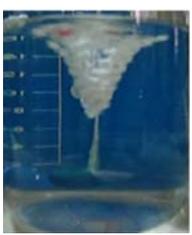
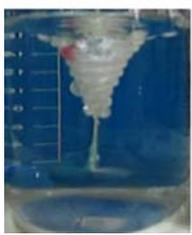
我們又思考：紅色保麗龍球從漩渦的入口到漩渦的底部，時間非常短暫，也無法讓我們以目視清楚看到旋轉的形態，於是我們運用新想法再做了實驗九的實驗。

實驗九：

實驗方法：〈一〉器材如實驗八。

〈二〉但是這次我們放入的是一大把的白色保麗龍球。

結果：〈一〉實驗過程照片及結果說明如下：

實驗順序	1	2	3	4	5
實驗照片					
描述說明	<p>1、撒下白色保麗龍球，並丟入一顆紅色保麗龍球，我們可以清楚看到，一顆接著一顆的保麗龍球，好像以漩渦實體末端為軸心，排列成螺旋漏斗狀的陀螺在不停的旋轉著，看起來很漂亮。</p> <p>2、旋轉的漏斗狀保麗龍球漩渦正表示了轉槳所形成的漩渦水流實體。</p>				

我們再思考：漩渦實體的轉動在實驗九裡可以清楚看到了，但是實體外的水流依舊無法明白顯現，於是我們使用討論出的新想法再做實驗十。

實驗十：

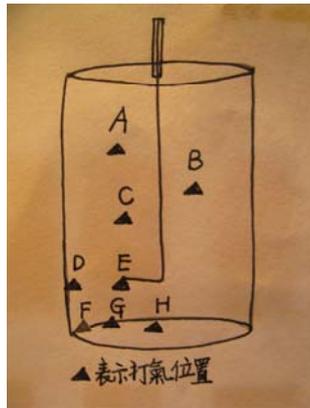
實驗方法：〈一〉實驗器材同實驗九。

〈二〉但是這次我們不再放入保麗龍球，而是在漩渦實體外的水中，以上、下、左、

右不同定點，以打氣馬達連接細的塑膠管連續的打入小氣泡。
 〈三〉仔細觀察小氣泡的漂動型態，並拍照紀錄。

結果：〈一〉實驗過程照片及結果說明如下：

● 〈下圖是我們的打氣位置表示圖〉



打氣位置	A	B	C	C	C
實驗照片					
打氣位置	C	D	E	E	E
實驗照片					
打氣位置	E	F	G	G	G
實驗照片					

打氣位置	G	G	G	G	G
實驗照片					
打氣位置	H	H	H		
實驗照片					
結果說明	<p>1、我們可以看到清楚且漂亮的水流形態。</p> <p>2、當打氣位置遠離轉槳時如：〈D、F〉，氣泡流向漩渦速度會變慢，而且氣泡與氣泡之間的距離較大，但仍以歪斜弧形的漂動路徑直往中心靠近並與漩渦結合。</p> <p>3、當打氣位置稍為接近轉槳時〈A、C、E、G〉，在A、C、E位置打氣時，氣泡會以較近間距並以斜向往上拉入漩渦並結合；但是在G的位置時，氣泡會先跑到轉槳正下方，再往上融入漩渦尾端，使漩渦形成到底的空氣柱。</p> <p>4、當打氣位置就在轉槳正下方時〈H〉，氣泡因速度加巨而串連成一條微微彎曲的空氣管，使得漩渦酷似一位穿著短裙跳芭蕾舞的舞者。</p>				

問題七：能畫出漩渦立體流速圖嗎？

實驗十一：

實驗方法：我們用玻璃管、透明塑膠管和橡膠管自製一組 U 形管測速器，管內放入藍色墨水，根據 → **流速愈快壓力愈小、流速愈慢壓力愈大** 的原理來測定漩渦之同樣水層〈如：表層、中層、深層〉的不同位置的水流流速，並以 U 形管中的藍墨水產生的高低差異數值，來表示漩渦體的立體流速圖。



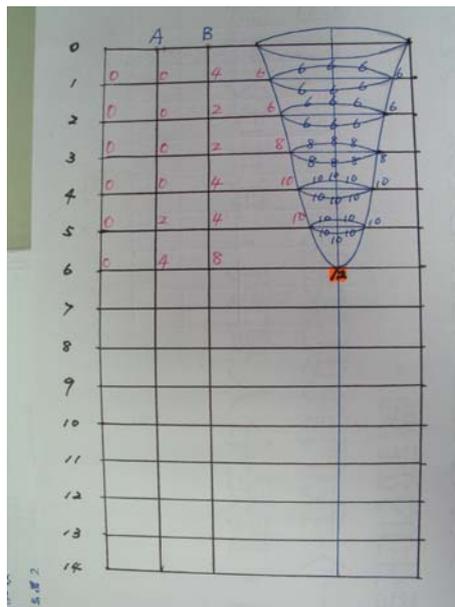


結果：〈一〉水流愈靠近漩渦實體轉速愈快，離漩渦越遠則轉速越慢。

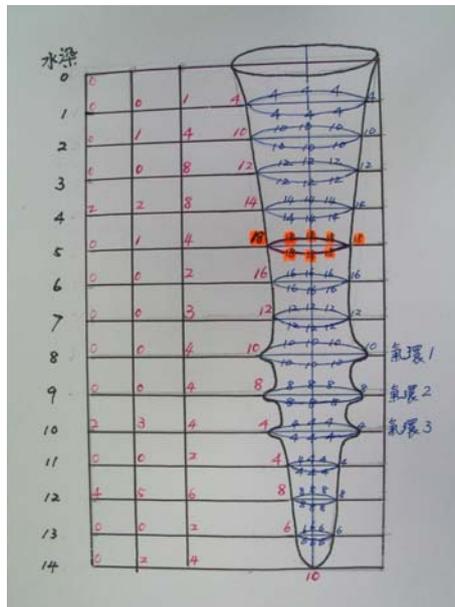
〈二〉**勻稱轉槳**產生的漩渦比**不勻稱轉槳**產生的漩渦的轉速快。

水層	勻稱轉槳漩渦	不勻稱轉槳漩渦
最上面表層〈水下 1 公分處〉	6	4
最下面底層〈漩渦的末端〉	12	10

〈三〉由**勻稱轉槳**  所行成的平穩漩渦，轉速最快的位置是在漩渦的底端，U 形管內墨水高度差達到 12 公分。



〈五〉由不勻稱轉槳所形成的有氣環的漩渦，轉速比較快的區域是在水的中層深度〈水下 3 公分到 7 公分處〉，其中最快的流速出現在水下 5 公分漩渦邊上，U 形管內墨水高度相差達 18 公分。



問題八：傾斜的轉槳也能造成漩渦嗎？

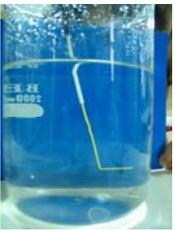
實驗十二：

實驗方法：〈一〉我們使用 80 度的轉槳來形成漩渦。

〈二〉我們讓轉槳和水面傾斜成 90 度、80 度、70 度形成漩渦。

〈三〉仔細觀察漩渦形態並拍照。

結果：〈一〉實驗過程照片及結果說明如下：

		90 度	80 度	70 度
轉槳角度及照片				
				
漩渦直徑	1	2.4	2.0	沒有實體
	2	2.5	2.1	沒有實體
	3	2.5	2.0	沒有實體
	平均	2.5	2.0	沒有實體
漩渦	1	10→12	2→2.5	0
	2	10→12.5	2→3	0

長度	3	10→11.5	2→3	0
	平均	10→12	2→3	0
氣泡位置	1	10→11	2.5→5.5	0→7.5
	2	10→11	3→5.5	0→6
	3	10→11.5	3→6	0→8
	平均	10→11	3→5.5	0→7.5
旋轉力量	1	157	68	0
	2	152	71	0
	3	159	66	0
	平均	156	68	0
狀態描述	有時會形成氣環，甩出氣泡並有吼聲。		漩渦會歪一邊，且明顯漩渦實體縮短許多但是很平穩，底下產生很多小氣泡。	無法產生實體的漩渦，只看見少許氣泡在旋轉。

問題八：能創造出又長又美的「水中舞者」嗎？

創造的依據：〈一〉根據實驗三和實驗五得知不均勻的轉槳，在很多角度都能使漩渦產生氣環，那充滿朝氣，有活力的舞者令人興奮，希望能造出產生更長且有更多氣環的漩渦。
 〈二〉根據實驗五得知勻稱的轉槳能產生晶瑩透明且平穩的漩渦，那好像是溫柔滑順的舞者，希望能造成更長且一樣平穩晶瑩的漩渦。

實驗十三：

實驗方法：〈一〉我們以隨手可得的塑膠片、漆包線、細竹棒、大頭針、細塑膠管等材料做成各種轉槳。

〈二〉我們將轉槳依形狀和材質分類成七大類，分別是：

- 1、長片狀
- 2、螺旋片狀
- 3、短片狀
- 4、束狀
- 5、分叉狀
- 6、曲狀漆包線
- 7、支狀

〈三〉我們以透明寶特瓶連接透明玻璃杯，做成能裝 28 公分深水量的圓狀桶，當成產生漩渦的容器。

〈六〉其於裝置如前面實驗，分別觀測各種轉槳產生的漩渦。

〈七〉

結果：〈一〉我們發現某些轉槳確實能產生又長又美的漩渦，真是令人高興，其中我們認為最好看的漩渦是：

1、支狀類的  和  及  轉槳所形成的。

〈二〉實驗過程照片及結果說明如下：

類別	長片狀轉槳			漩渦形態描述
項次	A	B	C	
轉槳照片				<p>1、此類轉槳剛開始旋轉時會左右搖晃，等漩渦形成且下拉後就能平穩旋轉，而且漩渦形成時聲音很小，氣泡也很少，在漩渦中段有時會中斷在接續，比較好的是 B 號轉槳形成的漩渦，實體長可達 20 公分，漩渦時體直徑可達 3.5 公分。</p> <p>2、轉槳 C 所形成的漩渦長度有 28 公分，但是漩渦直徑比較窄，只有 2.5 公分。</p>
轉槳形成漩渦照片				

類別	短片狀轉槳			漩渦形態描述
項次	A	B	C	
轉槳照片				<p>1、這類轉槳形成的漩渦差異很大，轉槳 B 形成的漩渦很短，而且沒有聲音。</p> <p>2、轉槳 A 形成的漩渦實體則有 13 公分長，當空氣被拉下時被圓形片狀轉槳打到，因而形成螺旋式躍進的漩渦，會甩出很多的氣環真是好看。</p> <p>3、轉槳 C 形成的漩渦實體比轉槳 B 長一些，下方會形成斷斷續續的氣泡細線。</p>
轉槳形成漩渦照片				
類別	螺旋片狀轉槳			漩渦形態描述
項次	A	B	C	

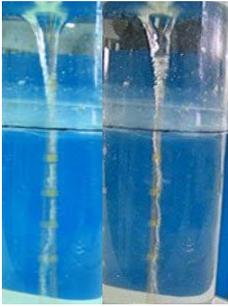
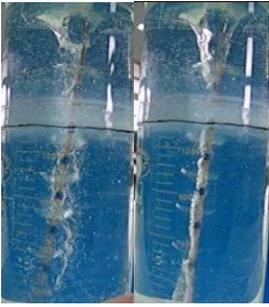
轉槳 照片				<p>1、這類轉槳的漩渦完全沒有聲音。</p> <p>2、非常平穩，漩渦長度只有 10 公分左右，好像在跳圓舞曲般的平順旋轉。</p>
轉槳 形成 漩渦 照片				

類別	曲狀漆包線轉槳				漩渦形態描述
項次	A	B	C	D	
轉槳 照片					<p>1、這類轉槳形成的漩渦都會有氣環產生，從氣環中甩出很多得氣泡，且有很大的聲音，向跳搖滾般的充滿活力。</p> <p>2、其中表現最好的是轉槳 A，可使漩渦下拉 16 公分，漩渦實體直徑有 2.5 公分，而且能形成 4 個氣環。</p>
轉槳 形成 漩渦 照片					

類別	束狀轉槳		漩渦形態描述
項次	A 長	B 短	

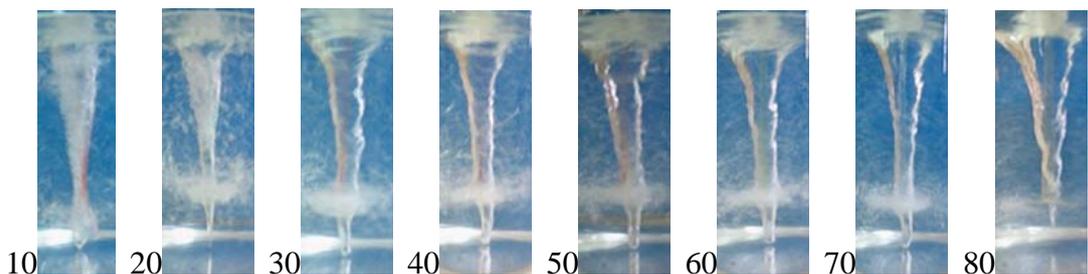
轉槳 照片			這類的轉槳產生的漩渦會發出很大的聲音，也會產生很多氣泡，氣泡會被漩渦甩出形成螺旋狀，但是漩渦實體只有 10 公分，漩渦實體直徑也只有 2 公分。
轉槳 形成 漩渦 照片			

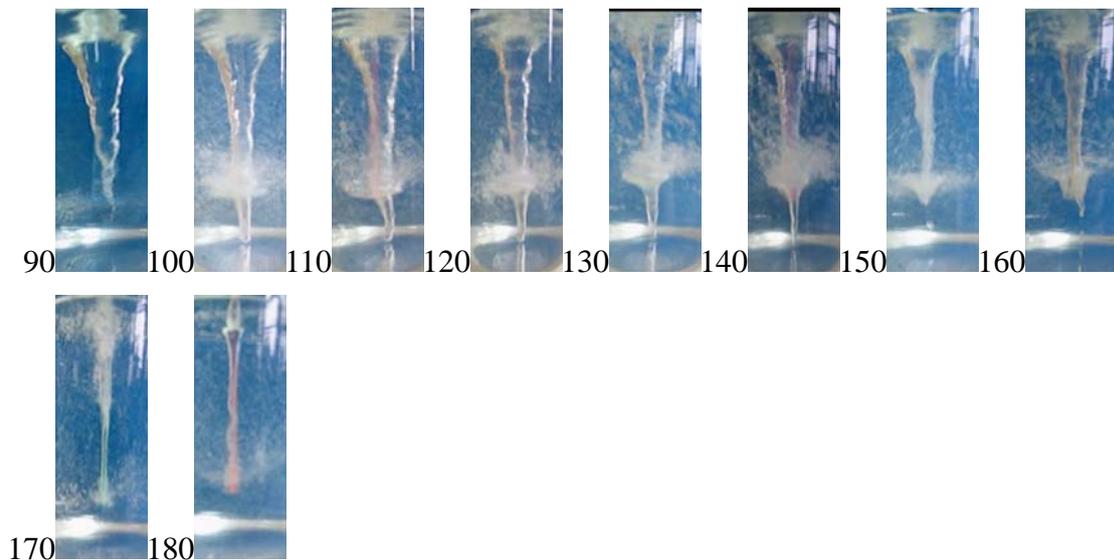
類別	分叉狀轉槳				漩渦形態描述
項次	A	B	C	D	
轉槳 照片					<ol style="list-style-type: none"> 1、這一類轉槳形成漩渦時聲音不大，而且漩渦的氣泡集中在末端。 2、而且漩渦末端的氣泡排列的細線可被下拉到燒杯底。 3、表現最好的是轉槳 B，可使漩渦下拉 15 公分長，漩渦實體直徑 2.5 公分。
轉槳 形成 漩渦 照片					

類別	支狀				
項次	A	B	C	D	E
轉槳照片					
轉槳形成漩渦照片					
漩渦形態描述	<p>1、這類轉槳形成的漩渦也是會形成氣環，而且氣環大小不同。</p> <p>2、有時會間歇性的從氣環處甩出小氣泡。</p> <p>3、能將漩渦下拉最長的是轉槳 B，可下拉到 28 公分，漩渦實體直徑有 2.8 公分，而且可看到 4 個充滿活力的氣環。</p> <p>4、轉槳 C 是用細塑膠管製造的，會向天女散花般的將氣泡撒滿玻璃容器，真是美麗。</p> <p>5、轉槳 E 在未穩定時漩渦會從水面以螺旋式旋轉而下也非常美麗，會形成 6 個氣環，美麗極了。</p>				

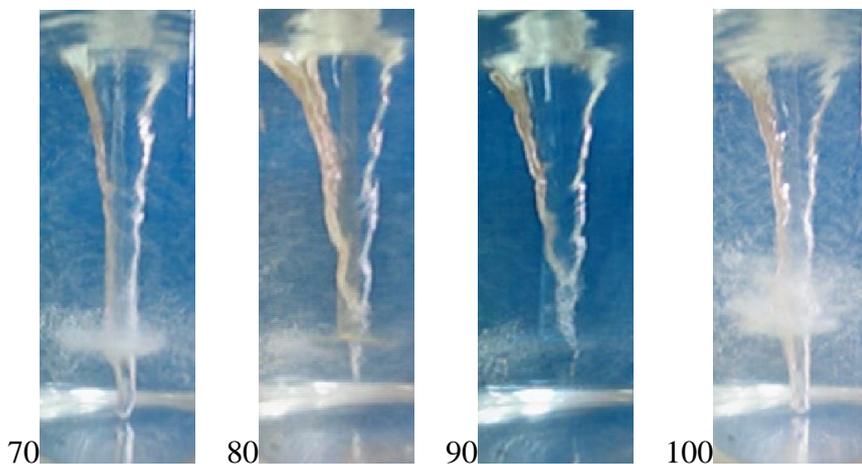
陸、結論：

- 一、單支直狀的轉槳即使在馬達的帶動下，也不易形成漩渦，要形成明顯的漩渦，須將迴紋針折彎，才容易形成漩渦。
- 二、單叉轉槳彎折的角度不同時，所形成的漩渦不論在漩渦實體的大小、漩渦實體的長度或漩渦旋轉的力量，都有很大的差異。當彎折角度是 80 度時能形成直徑最大〈4.5 公分〉，而且旋轉力量最強〈10 秒拉動保麗龍球平均 126 公分〉的漩渦。





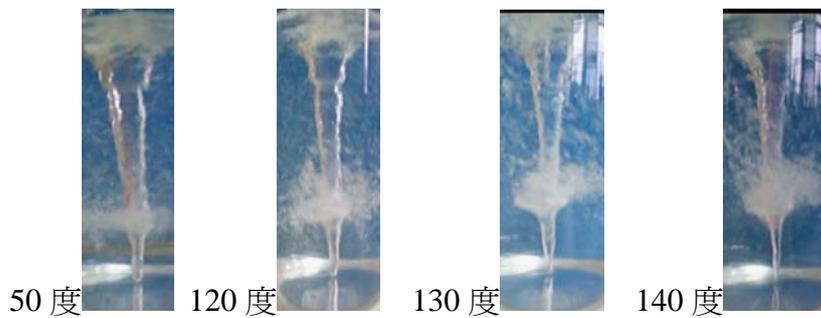
三、若要看到晶亮平穩的漩渦，那麼轉槳須彎折再 70 度到 100 度之間。



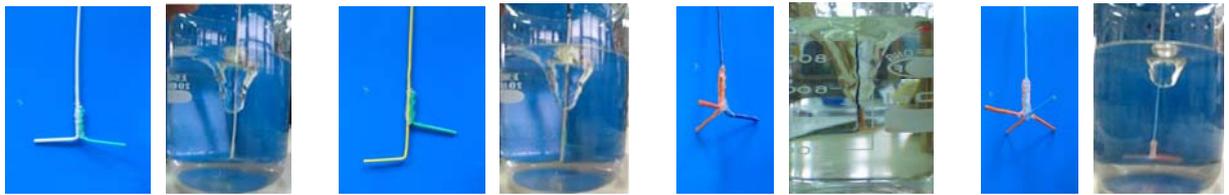
四、漩渦在旋轉時，當下拉的力量很強時會將空氣下拉到轉槳的彎折處，隨著轉槳的轉動而形成氣環。形成氣環時會出現三項特徵：

- 〈一〉會使漩渦下拉更深。
- 〈二〉會從氣環中甩出氣泡，甚至帶有低吼的聲音。
- 〈三〉當轉槳高速旋轉而形成氣環的形態時比沒有氣環的形態，會下拉更多的空氣到水中，因為持續下拉著空氣，這時過多的空氣就會被甩出成小氣泡。因為轉槳的力量大多用在控制空氣的旋轉和下拉深度，加上大量的小氣泡在水中漂盪，以致於減弱了轉動水的力量。

五、我們發現在實驗三中，當角度是 50 度、120 度、130 度、140 度時都很容易或能持續形成氣環。



六、勻稱的轉槳不管是雙叉槳、三叉槳或四叉槳，所形成的漩渦都是：
 〈一〉平穩晶亮。〈二〉沒有聲音。〈三〉直徑較大。〈四〉旋轉力量強。
 但漩渦的實體都不長〈平均約 5→8 公分〉。



七、不勻稱的轉槳能將漩渦的實體下拉較長〈達到 12 公分〉，而且能形成氣環和吼聲，
 但直徑和旋轉力量就比勻稱的轉槳少了許多。



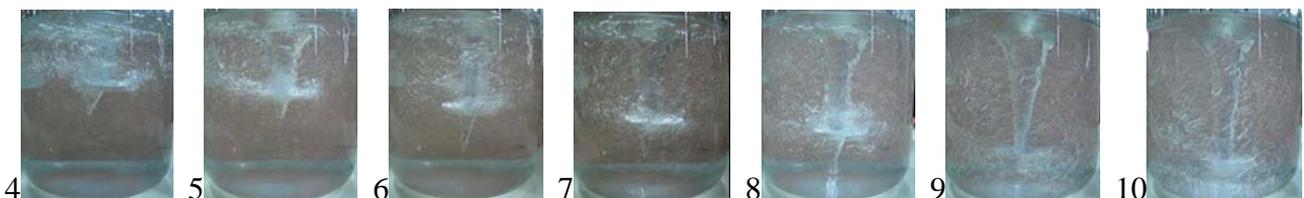
八、轉槳入水的深度和漩渦的形態也有很大的關係：

〈一〉入水較深所形成的漩渦實體也較深，但是因為下拉的力量不夠，所以無法形成

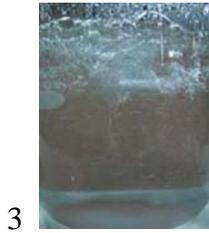


氣環。〈如 11 公分時〉

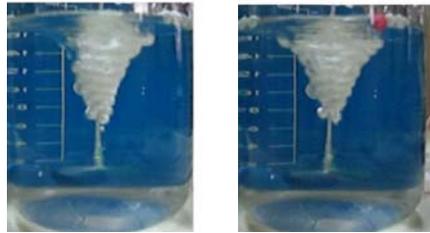
〈二〉入水深度在 4→10 公分時都可以形成明顯的氣環。



〈三〉但是入水深度若小於 4 公分時，氣環已經看不清楚了，反而是轉槳使得水面搖晃不穩定而且水花四濺。此時在漩渦體的下方卻可看到由小氣泡連接而成的長細線深入水底。

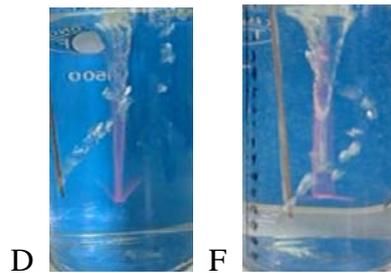


九、用多顆白色保麗龍球投入漩渦中，可以清楚的看到漩渦體的水流型態，是以漩渦體的末端為軸心，呈螺旋狀如陀螺般的轉動。

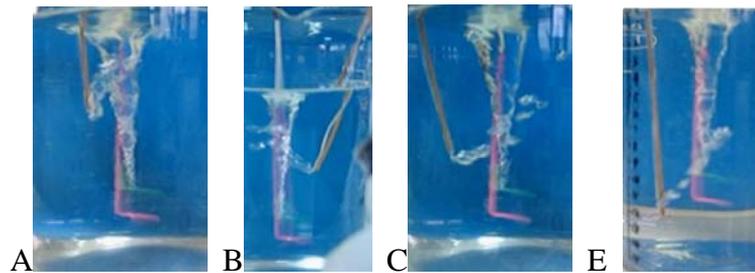


十、將小氣泡打入漩渦的不同位置，就可以清楚看到漩渦附近不同的水流型態。

〈一〉在離較遠的位置打氣〈D、F〉時，氣泡流向漩渦速度較慢，氣泡與氣泡間距較大，且以長弧線路徑匯入漩渦。



〈二〉在較近的位置打氣〈A、C、E〉時，氣泡和氣泡間距較小，以斜上路徑匯入漩渦。



但是在位置〈G〉時，會先跑向漩渦正下方，再往上匯入漩渦底部。



〈三〉如果打氣位置在漩渦正下方〈H〉時，氣泡速度因為變快而串成一條彎曲的空氣管，使得漩渦酷似一位穿著短裙跳芭蕾舞的舞者。



H

十一、藉由 U 形管兩邊的墨水高低差異值，可表示出漩渦的立體流速圖。

不勻稱轉槳漩渦立體流速圖	流速 數值	漩渦 水層	流速 數值	勻稱轉槳漩渦立體流速圖
	4☹	1cm	6☹	
	10	2 cm	6☹	
	12	3 cm	8	
	14	4 cm	10	
	18☺	5 cm	10	
	16	6 cm	12☺	
	12	7 cm		
	10	8 cm		
	8	9 cm		
	4☹	10 cm		
	4☹	11 cm		
	8	12 cm		
	6	13 cm		
	10	14 cm		

〈一〉越靠近漩渦實體的流速越快，離越遠流速就越慢。

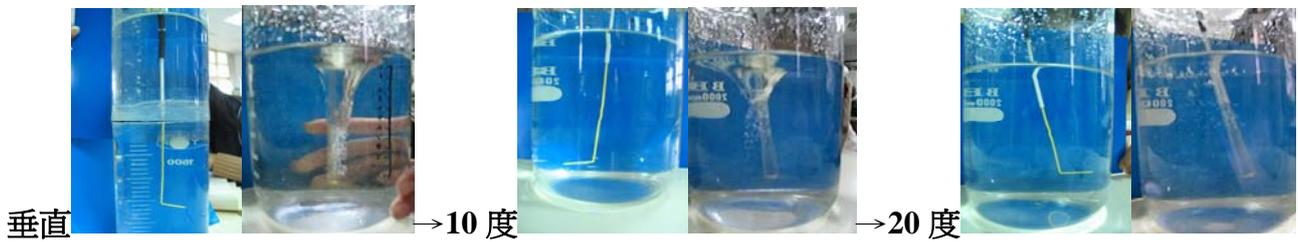
〈二〉勻稱轉槳形成的漩渦，在表層、底層流速比較快。

不勻稱轉槳在中層的流速表現比勻稱轉槳要快了許多。。

水層	不勻稱轉槳漩渦流速	比較大小	勻稱轉槳漩渦流速
漩渦最上面表層〈水下 1 公分處〉	4	◀	6☺
漩渦中層	18☺	▶	8
漩渦最底層〈漩渦的末端〉	10	◀	12☺



十二、轉槳的傾斜度對漩渦的影響很大，**垂直**的時候能形成**10→12公分**的漩渦實體。
傾斜 10 度時漩渦體馬上縮減成**2→3公分**。若**傾斜 20 度**時，就無法形成漩渦了，只會下拉少數氣泡。



十三、以實驗三、四、五的實驗結果為依據，我們設計新轉槳的理念是：

- 〈一〉轉槳加長
- 〈二〉改變材質
- 〈三〉增加彎折處
- 〈四〉以凹洞、打孔代替轉槳
- 〈五〉轉軸分岔
- 〈六〉加入螺旋形式

雖然以小小的玩具馬達為動力，我們依舊能創造出又美又長且不同型態的水中舞者。



柒、心得與感想：

我對漩渦的研究一向是充滿著既期待又好玩的心態，經過了這次的探討，我們從自製轉槳、製作器材，又經過轉槳的改變與創造，呈現出有時晶瑩剔透，有時虎虎生風的漩渦，內心一下子感受到寧靜與細緻，一下子又感受到奔騰的活力。那種悸動真是難以忘懷。

【評語】 081520

1. 創意佳。
2. 海報之製作應力求美觀整齊。
3. 應整合結果，呈現可清晰的結論。
4. 器具製作精緻。