

## 摘要.

藉由不同間距.深度.轉速等操縱變因，來研究雙強制漩渦間之交互作用，使我們更容易去發現應變變因的改變。而最後我們也發現了在相同轉速.深度下，雙強制漩渦的間距若越大，則其相互影響力越小；反之當雙強制漩渦的間距越大，則其相互影響力越小；而在相同間距.深度下，雙強制漩渦的轉速若越快，則其影響越大(吞併)；反之，當雙強制漩渦的轉速越慢，則其影響越小(共存)；且在相同轉速.間距下，整個水體的深度越深，則因水體總量過大使得雙強制漩渦結果越不明顯(彼此無法影響)反之；當整個水體的深度越淺，則其結構越明顯，所以相互影響的程度越大(合併或共存)。

## 壹.研究動機

在尋找本次作為我們科展之題目前，我們有先大致看過歷屆科展之作品，我們發現有很多人研究過漩渦，就連我們的學弟妹(國中部)也有人在研究漩渦，但都只是研究單一漩渦之現象，幾乎沒有人研究過多個漩渦間之交互作用，於是我們就決定著手於兩個漩渦間之交互作用，雖然老師覺得有關漩渦的題目好像已經有太多人做過，而且能研究的好像也都被研究完了，不過要是能從觀察兩漩渦之交互作用而有一點不同的發現，那這也不失為一個不錯的學習機會，又前面提到”幾乎沒有人”做過多個漩渦間之交互作用，所以我們便決定開始研究此題目。

## 貳.研究目的

- 一. 相同轉速. 深度下，雙強制漩渦之間距改變造成之影響
- 二. 相同間距. 深度下，雙強制漩渦之轉速改變造成之影響
- 三. 相同轉速. 間距下，水槽中水體之深度改變造成之影響
- 四. 在各種變因下兩強制漩渦之運動情形

## 參. 漩渦原理

### 一. 漩性流與非漩性流

非漩性流(Irrotational flow)指每一流體單元體不對其與運動面垂直支軸而轉動者。設在此面內，每一流體單元體內相互垂直兩線段之平均角速度為零，則非漩性流之條件可滿足。當流體沿直線或曲線流動時，由於運動關係將使流體單元體發生變形。其情形乃因於順時針方向轉動之水平線與向逆時針方向轉動之垂直線段速率相同所致，在此面上之淨轉動為零。漩性則因其兩線段均向順時針方向轉動，故流體單元體位變形。

### 二. 強制渦流運動與自由渦流運動

#### 1. 強制渦流








當流體受一定之扭力矩而旋轉時，即稱為強制渦流(Forced vortex)。受力渦流為漩性流之一例，因為此種流動中每一流體質點亦均對其自軸旋轉。此種流型不應用流網分析。實例上，離心式抽水機之葉板、水輪機之導獎、攪拌器之旋葉等均可有此效果。如將所加之扭力矩移去，則由於黏性與亂流之切力作用，流體最後必將停止轉動。

#### 2. 自由渦流

自由渦流(Free vortex)與強制渦流之動力情況迥然不同，流體沿曲線運動時，自然發生自由渦流運動，此種運動並不因外加之扭力矩而起，因此，自由渦流之角運動量時變率為零。此類運動合乎漩性流條件，因此自由渦流運動可應用於流網方法分析之。

除上述兩種還有另一種稱之為藍琴組合渦流(Rankine combined vortex)常可在自然界中見到，此種渦流由自由渦流與強制渦流連合而成，強烈旋風中氣流轉動情況即近於此種流動。(王叔厚[民 65])

## 肆.研究設備及器材

<p>壓克力箱(透明) 60cm x 75cm x 40cm</p>	<p>加溫攪拌器 x 2</p>	<p>自製攪拌棒 x 2</p>	<p>廢食用油 60ml(觀察)</p>
			
<p>數位相機(拍照)</p>	<p>筆記本(紀錄)</p>	<p>鉛筆+橡皮擦+尺(紀錄)</p>	<p>水 90L</p>
			

## 伍.研究過程或方法

由於本次實驗之操縱變因有三個，故將實驗分為三個部分獨立研究

### 一. 改變兩強制漩渦之間距

- (一)先將水倒入透明壓克力箱至水面 10cm 處
- (二)再將透明壓克力箱架到兩臺加溫攪拌器上
- (三)用課本或磚塊等墊高物固定好透明壓克力箱
- (四)將兩個自製攪拌棒放到相對於加溫攪拌器的正上方
- (五)將兩台加溫攪拌器的開關同時啟動
- (六)在兩強制漩渦間用墊板暫時隔開(避免直接影響，導致無法生成)
- (七)等待兩強制漩渦成型
- (八)將兩強制漩渦之轉速固定在 1200rpm(每分鐘轉幾個 360 度)
- (九)將兩強制漩渦之間距定在 10cm
- (十)將墊板緩緩抽離水中
- (十一)將兩強制漩渦之間距改為 12.5cm
- (十二)仿照(六)到(十)
- (十三)將兩強制漩渦之間距改為 15cm
- (十四)仿照(六)到(十)
- (十五)將兩強制漩渦之間距改為 17.5cm
- (十六)仿照(六)到(十)
- (十七)將兩強制漩渦之間距改為 20cm
- (十八)紀錄下兩強制漩渦間之交互作用並拍照紀錄

## 二. 改變兩強制漩渦之轉速

- (一) 先將水倒入透明壓克力箱至 10cm 處
- (二) 再將透明壓克力箱架到兩臺加溫攪拌器上
- (三) 用課本或磚塊等墊高物固定好透明壓克力箱
- (四) 將兩個自製攪拌棒放到相對於加溫攪拌器的正上方
- (五) 將兩台加溫攪拌器的開關同時啟動
- (六) 在兩強制漩渦間用墊板暫時隔開(避免直接影響，導致無法生成)
- (七) 等待兩強制漩渦成型
- (八) 將右邊之強制漩渦轉速定在 1200rpm
- (九) 將兩臺加溫攪拌器之間距固定在 10cm
- (十) 將墊板緩緩抽離水中
- (十一) 將左邊之強制漩渦轉速定在 1000rpm
- (十二) 仿照(六)到(十)
- (十三) 將左邊之強制漩渦轉速改為 800rpm
- (十四) 仿照(六)到(十)
- (十五) 將左邊之強制漩渦轉速改為 600rpm
- (十六) 仿照(六)到(十)
- (十七) 將左邊之強制漩渦轉速改為 400rpm
- (十八) 紀錄下兩強制漩渦間之交互作用並拍照紀錄

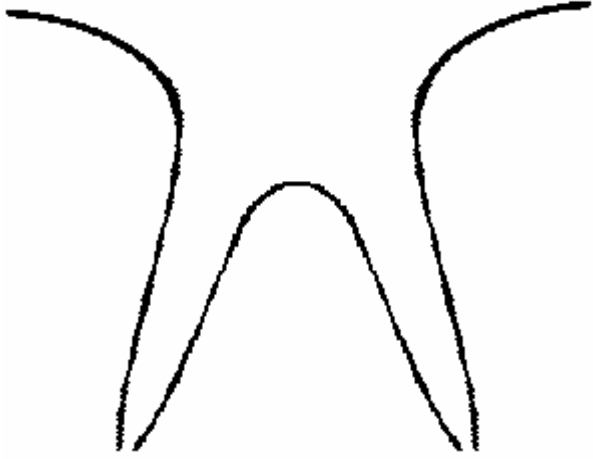

### 三. 改變水槽中水體之深度





- (一)先將水倒入透明壓克力箱至水面 10cm 處
- (二)再將透明壓克力箱架到兩臺加溫攪拌器上
- (三)用課本或磚塊等墊高物固定好透明壓克力箱
- (四)將兩個自製攪拌棒放到相對於加溫攪拌器的正上方
- (五)將兩台加溫攪拌器的開關同時啟動
- (六)在兩強制漩渦間用墊板暫時隔開(避免直接影響，導致無法生成)
- (七)等待兩強制漩渦成型
- (八)將兩強制漩渦之轉速固定在 1200rpm
- (九)將兩臺加溫攪拌器之間距固定在 15cm
- (十)將墊板緩緩抽離水中
- (十一)將透明壓克力箱中之水體抽離至水面降為 8cm
- (十二)仿照(六)到(十)
- (十三)將透明壓克力箱中之水體抽離至水面降為 6cm
- (十四)仿照(六)到(十)
- (十五)將透明壓克力箱中之水體抽離至水面降為 4cm
- (十六)紀錄下兩強制漩渦間之交互作用並拍照紀錄





## 陸.研究結果



### 一. 改變兩強制漩渦間距

間距	12.5cm		15cm	
位置	左	右	左	右
圖示				
說明	<p>由於上圖兩強制漩渦距離相近到會相互影響，又因轉向相同使其在有水的黏滯力的條件下導致上圖中類似合併的現象。</p>		<p>上圖中因底部相距較左圖來的遠一點，故其類似合併的部分較靠近水面。水面上仍然看的出來表面水體是整個大方向順著兩強制漩渦的轉向流動。</p>	

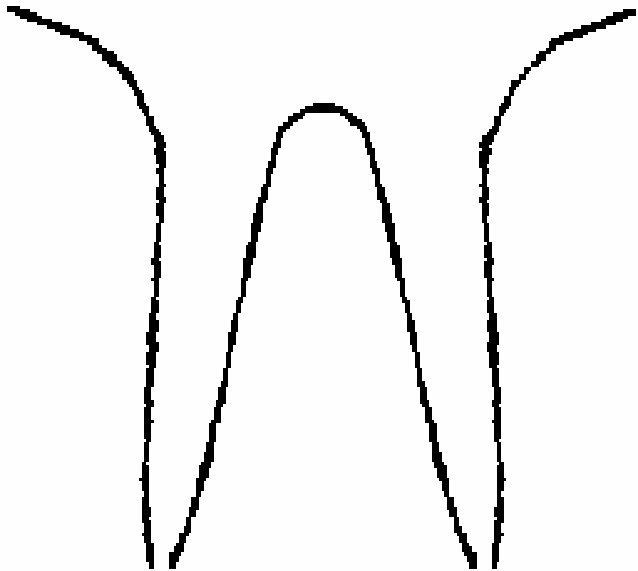

間距	17.5cm		20cm	
位置	左	右	左	右
圖示				
圖片				
說明	<p>上圖中因兩強制漩渦已過遠而使之看起來並沒有合併的部份。而其之間的水體也因兩漩渦是同向(使之靠近部份反向)而造成過渡帶。但兩漩渦並沒有因此而互相排斥，由於同向的條件不變造成其之間吸引力不變。也因過渡帶的產生使之會產生看似些微碰撞的現象。</p>		<p>上圖的兩強制漩渦已遠到相互影響的作用力並不明顯但加入油滴後(捌.未來展望之四)會發現表面水體仍不明顯的順著兩漩渦流動。而過渡帶也變的比較不明顯。使整體看起來兩漩渦之間似乎沒什麼影響力。</p>	



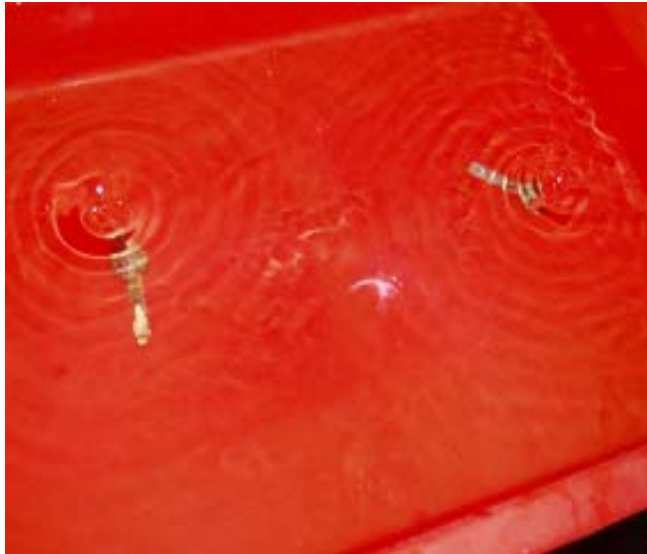

## 二.改變兩強制漩渦轉速

轉速	1000rpm	1200rpm	800rpm	1200rpm
位置	左	右	左	右
圖示				
說明	<p>上圖中由於兩強制漩渦轉速皆很快且其差距小所以兩漩渦很難合併，但仍能看出兩漩渦有些微靠近且傾斜的現象。而其過渡帶與整個水體的流動看起來皆比較明顯。</p>		<p>上圖因左漩渦轉速較小故其右半邊幾乎被右邊的大漩渦”吃掉”，且左漩渦因轉速較慢故其整個結構體會較短，底部也比右漩渦來的高。過渡帶較左圖不明顯。</p>	

轉速	600rpm	1200rpm	400rpm	1200rpm
位置	左	右	左	右
圖示				
說明	<p>上圖因兩漩渦轉速相差近一倍故整個結構體左漩渦看起來也比右漩渦整整少了一大截。左漩渦的傾斜與被吃掉的情況看來更是明顯。</p>		<p>上圖兩漩渦因其轉速之差距更大故使轉速較慢的漩渦其結構體與右漩渦差距更加明顯，但也因如此而造成轉速較慢的漩渦其傾斜角度與被吃掉的情況更加彰顯出其與左圖之差異</p>	

### 三.改變水槽中水體深度

水體深度	10cm		8cm	
位置	左	右	左	右
圖示				
說明	<p>上圖中因底部相距較遠一點，故其類似合併的部分較靠近水面。水面上仍然看的出來表面水體是整個大方向順著兩強制漩渦的轉向流動。</p>		<p>上圖中亦因底部相距較遠一點，且因深度較左圖淺，故整體結構縮小上移。水面上仍然看的出來表面水體是整個大方向順著兩強制漩渦的轉向流動。</p>	

水體深度	6cm		4cm	
位置	左	右	左	右
圖示				
圖片				
說明	<p>上圖中亦因底部相距較遠一點，且因深度較上圖更淺，故整體結構些微縮小上移。水面上仍然看的出來表面水體是整個大方向順著兩強制漩渦的轉向流動。</p>		<p>上圖中亦因底部相距較遠一點，且因深度已降至極淺，故整體結構大幅縮小上移。水面上仍然看的出來表面水體是整個大方向順著兩強制漩渦的轉向流動。</p>	

## 柒.討論

### 一. 兩強制漩渦之間距對結果之影響

根據實驗結果，當兩強制漩渦間之間距過小到足以相互影響時，會因其兩者之轉向相同，使得週遭之水體以同轉向運轉，導致兩強制漩渦產生合併之現象；反之，當兩強制漩渦之間距過大而無法相互影響時，會因兩強制漩渦週遭之水體會先流經過渡帶(或稱緩衝帶)，即兩強制漩渦間之水體(運動較不明顯)，使得兩種水體在此區先行互相抵銷，導致兩強制漩渦較難互相影響到而產生共存之現象

### 二. 兩強制漩渦之轉速對結果之影響

根據實驗結果，當兩強制漩渦其中一個漩渦之速度改變時，若兩者間之轉速差過大，則因為整個水體流動被轉速較大之強制漩渦所主導，使得轉速較小之強制漩渦結構遭受破壞，導致較小之強制漩渦被較大之強制漩渦”吸引”過去，進而合併；反之，若兩者間之轉速差過小，會因整個水體無較明顯之主導中心，使得轉速較快之強制漩渦難以將轉速較小之強制漩渦”吸引”過來進而合併，導致強制漩渦仍是以共存之型態繼續運轉

### 三. 水槽中水體之深度對結果之影響

根據實驗結果，當整個水體之深度越低時，則因為強制漩渦所要主導之水

體總質量減少，亦即強制漩渦所要帶動之水量減少，使得兩強制漩渦可以發展成結構體更穩定之系統，導致兩強制漩渦間之相互影響(合併)更明顯；反之，當整個水體之深度越深時，則因為強制漩渦所要主導之水體總質量增加，亦即強制漩渦所要帶動之水量增加，使得兩強制漩渦較難發展成結構體更穩定之系統，導致兩強制漩渦間之相互影響(合併)較不明顯

#### 四. 意外發現之大型漩渦

根據事後初步觀測，兩強制漩渦一開始會共存(參考一. 後段+二. 後段)，再靜至一段時間後，由於整個水體左右兩半部分皆為同轉向之渦流，使得左半部之水體在流經過渡帶(或稱緩衝帶)後繼續受到右半部之強制漩渦所產生之力矩影響，再以右半部之強制漩渦為中心作圓周運動；反之，當右半部之水體在流經過渡帶(或稱緩衝帶)後繼續受到左半部之強制漩渦所產生之力矩影響，再以左半部之強制漩渦為中心作圓周運動，在前期整個大型漩渦系統之結構並不完整，且兩強制漩渦流至過渡帶(或稱緩衝帶)之兩股渦流並未達到完全平衡，使得兩強制漩渦並未”消散”，等到兩強制漩渦流至過渡帶(或稱緩衝帶)之兩股渦流達到完全平衡時，整個大型漩渦之結構也趨於完整，但由於加溫攪拌器還是繼續在運轉，故此大型漩渦中還之水體還是會略微受到攪拌器之影響，產生小型之自由漩渦，但因為整個大型漩渦之結構已趨於完整，所以這些自由漩渦在產生後幾秒隨即被大型漩渦”吃掉”，接著整個系統就一直維持著此種平衡關係(產生小型自由漩渦→大型漩渦”吃掉”小型自由漩渦→產生小型自由漩渦… …)



## 捌. 結論

- 一. 當兩強制漩渦之間距越小，則兩者間之交互作用越明顯(合併)；反之，當兩強制漩渦之間距越大，則兩者間之交互作用越不明顯(共存)。
- 二. 當兩強制漩渦間之轉速差越大，轉速較大之強制漩渦就會將轉速較小之強制漩渦”吸引”過來並合併，也就是俗稱的”吃掉”；反之，當兩強制漩渦間之轉速差越小，轉速較大之強制漩渦並不會將轉速較小之強制漩渦”吃掉”，而是共存。
- 三. 當水槽中水體之深度越淺，則兩強制漩渦之規模會越大，且交互作用會越明顯(合併)；反之，當水槽中水體之深度越深，則兩強制漩渦之規模會越小，且交互作用會越不明顯(共存)。
- 四. 當兩強制漩渦處在相同轉速. 相同轉向的情況下，若無其他外力影響，且中途不改變任一強制漩渦之轉速，則整個系統在靜置數分鐘後，會產生一個與先前兩強制漩渦之轉向相同之大型漩渦，且此大型漩渦中不時會有較小之自由漩渦產生，並隨著此大型漩渦之轉向作圓周運動。

## 玖.未來展望

### 一.轉向的不同:

由於器材方面受限導致所生之強制漩渦皆為同方向(逆時針),假如未來我們能突破其旋轉方向的瓶頸,則可繼續研究當兩強制漩渦轉向相反時(一正一逆),兩強制漩渦間之交互作用

### 二.漩渦的大小:

在器材方面受限於所使用之儀器,其轉速的限制導致我們無法帶動出轉速極快.規模夠大.結構又很穩固之強制漩渦,希望在未來能夠自製出漩渦產生裝置(防水馬達.大型加溫攪拌器... ..等),這樣我們就可以設計更多有關轉速之實驗,而不會受限在轉速過小而使得對照組相對減少

### 三.型態的觀察

由於水是透明的,故光是用肉眼直接觀察很難準確的判斷出兩強制漩渦實際之運轉情形,目前所想到之因應方案是將回鍋油(顏色較水深且與水不互溶)倒在水面上,藉由觀察回鍋油之運動狀況粗略判斷出”表面”水體之運動形式,但由於只是觀察表面,故觀察結果免不了誤差,為解決此項問題,目前想到之因應方案為將數個大小極小.密度與水接近且不溶於水之物體置入水中,則當強制漩渦運轉時即可藉由觀察這些粒子之運動狀態,判斷出”內部”水體之運動型態,但由於加入這些粒子的干擾,導致實驗結果可能與實際情況有所出入,故我們還在設想其他之應變機制

#### 四. 意外的發現

當我們在實驗完後，馬上開始整理資料，等到整理完要收器材時，意外的發現到，水中的兩個強制漩渦竟消失了(當時加溫攪拌器還在運轉，且轉速相同，距離為 20cm)，於是我們就向別組借來廢食用油倒到水面上，接著我們發現，其實兩強制漩渦並沒有消失，而是合併成一個巨大但結構體不明顯的漩渦(由於不知成因為何，所以無法判斷其為自由漩渦或強制漩渦)，因為當我們仔細觀察廢食用油的運動路線時，發現廢食用油是繞著整個水箱在運轉的，而中心點正好是位於兩台加溫攪拌器中心點的連線上，更驚人的是，整個大型漩渦中還不時有小型漩渦(由於此種漩渦是偶然生成的，且不會一直持續，故推斷為自由漩渦)自原強制漩渦生成之位置產生，產生後幾秒又隨即消失，且在消失前的運動路徑竟是繞著整個大型漩渦的中心點作逆時針運動，這是我們重未想像過的情況，但礙於設備不足，希望能在以後用以精確的設備繼續研究

### 壹拾. 參考資料及其他

#### 一. 文獻

(一)流體力學/王叔厚著.--再版.--台北市：三民，民 65[1976]

(二)第 47 屆全國科展佳作-“漩”機重重-林可涵. 廖子萱-新竹女中