

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 物理科

第三名

030105

桐飛風舞—桐花旋轉之研究

學校名稱：新北市立土城國民中學

作者： 國二 侯品睿 國二 吳俊霖 國二 胡淨中	指導老師： 李家銘 柯宏儒
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：桐花、力矩、旋轉

壹、摘要

我們觀察到桐花落下的旋轉情形，設計實驗來分析旋轉的因素。吾以樂高機器人製作發射器，高 2.8 公尺，進行各種模型落下的實驗，發現：

1. 平面模型落下會亂飄，無法形成旋轉。
2. 利用花瓣彎曲或增加花萼重量(重量為花瓣總重量 2 倍以上)，讓模型穩定落下，形成氣流壓力差，成為旋轉的動力。
3. 發現花瓣越長，越易旋轉；三角形花瓣也優於長方形。
4. 花瓣俯視為右上左下重疊是順時針方向，左上右下是逆時針方向，我們也用氣流的分力來分析轉動因素。
5. 利用電扇，製作旋轉模擬器，以雷射光與光學感應器來記錄桐花模型旋轉的歷程，分析出 3 片花瓣的模型不易啟動，但轉動的末速度最快。

我們摘取櫻花、杜鵑花、雞蛋花、小雛菊，也發現它們都有順時針旋轉狀況。

貳、研究動機

五月雪--桐花是學校附近山區特色的景觀，文獻上我們知道雄花與雌花在花期過後落下的方式不一樣，我們觀察發現桐花落下時的翩翩飛舞，仔細可觀察到似有若無的旋轉。所以設計實驗來探討桐花落下是否旋轉以及影響桐花旋轉的因素。

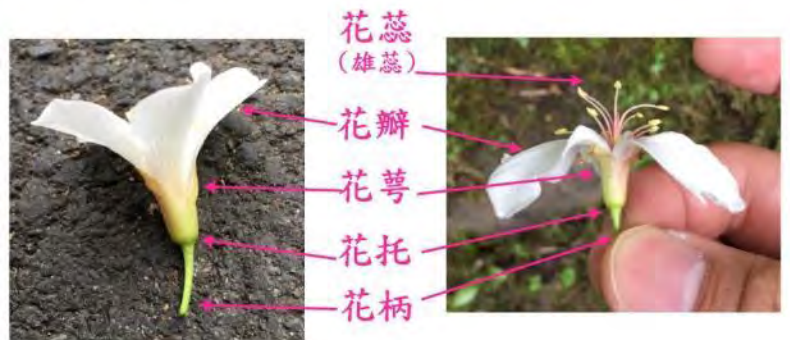
根據文獻蒐集發現，油桐花為雌雄異花，雌花只會掉花瓣，而雄花會整朵落花且邊下降邊旋轉。為了解旋轉之原因，我們仔細觀察油桐花朵構造，可看出幾個特徵：

1. 落下時具花梗、花萼，重心落於花梗之上，因此下落時，花梗朝下，穩定降落。
2. 5 片花瓣，呈瓦片狀覆蓋，多為一片一片重疊。
3. 5 片花瓣大小略為相同。

所以我們製作相關模型，來探究桐花旋轉的機制。

叁、研究目的

為了探究影響桐花旋轉的因素，我們首先到山區觀察桐花落下之情況，並研究桐花之構造，再進一步利用書面紙製作多種模型來進行分析：



圖一：桐花之構造

一、探討平面模型

落下時是否能旋轉？

二、探討花柄對圓錐模型

落下時能否旋轉之影響？

三、探討花蕊對圓錐模型

落下時能否旋轉之影響？

四、探討花瓣對圓錐模型

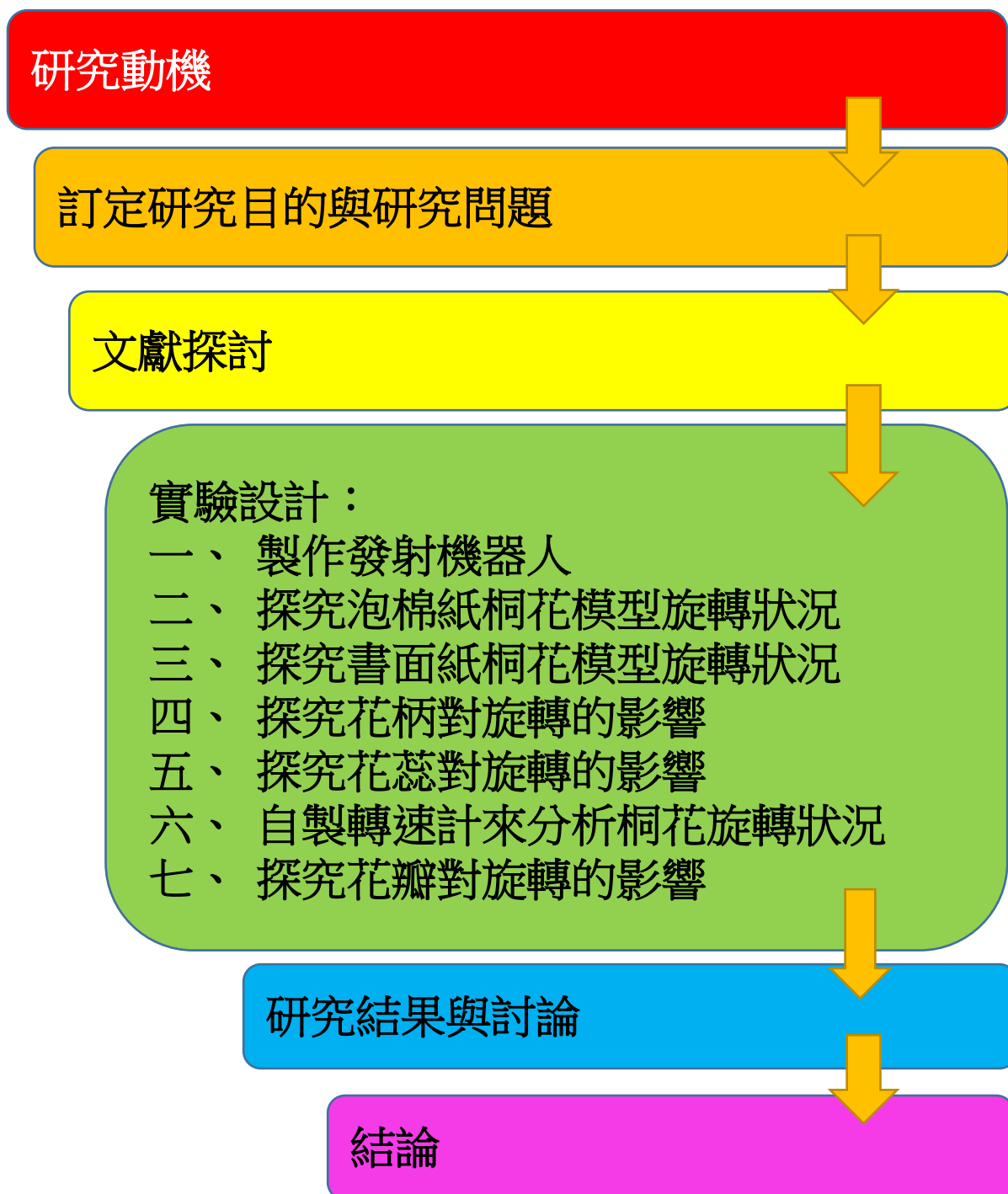
落下時能否旋轉之影響？



圖二：未成熟桐花與成熟桐花之花瓣差異

- (一) 花瓣張角對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
- (二) 花瓣數量對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
- (三) 花瓣斜角對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
- (四) 花瓣重量不平均對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
- (五) 花瓣位置分布不平均對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。

也為了盡量減少實驗操作的人為誤差，我們利用樂高機器人製作一台可以從 2.8 公尺自由落下桐花模型的發射器，並以此裝置測量花落下所需時間。也為了測量桐花模型旋轉速度的差異，我們利用樂高光感應裝置搭配雷射筆，設計一個能測量三秒內轉動次數的裝置，以此裝置測量桐花模型轉動的速率快慢。



圖三：本實驗之研究流程圖

肆、研究設備與器材

一、模型製作材料			
			
剪刀	美工刀	膠帶	瞬間膠
			
書面紙	泡綿紙	標籤貼紙	
二、發射器材料			
			
NXT 樂高機器人主機	樂高相關料件	USB 小型電風扇	PVC 塑膠水管
三、觀察與測量器材			
			
碼表	筆記型電腦	麵包板	光敏電阻

表一、本研究所需器材

伍、研究過程與方法

一、調查學校附近桐花狀況

依據荒野保護協會網站上資料，現有山區桐花 90%以上為千年桐，實際上到社區鄰近山區訪查，所看到的上百株都是千年桐。看到落下的花朵皆為雄花。以下為關於千年桐與三年桐之基本資料比較。

表二：千年桐與三年桐比較表

千年桐(<i>Aleurites Montana</i>)		三年桐(<i>Aleurites fordii</i>)	
又名皴桐、廣東油桐，壽命較三年桐長所以叫千年桐，千年桐較三年桐經濟壽命長。 花是單性花,雌雄異株或同株)，雌花少。 樹上看到的，掉落地上的大都是雄花。		又名光桐、桐油樹，栽種三年可收成故名之，數量較少。 也是單性花，雌雄同株，花較千年桐大	
未成熟的雄花，基部白色，雄蕊 8-10 枚。 	成熟雄花，雄蕊基部帶紅。 	雄花,雄蕊 8-12 枚 	
雌花,柱頭三枚各兩叉 		雌花,柱頭 4 枚,各兩叉 	
葉多是掌裂狀 		葉子常呈心形,亦有掌裂者 	
果外表皺 無果尖 		果外表光滑 有果尖 	



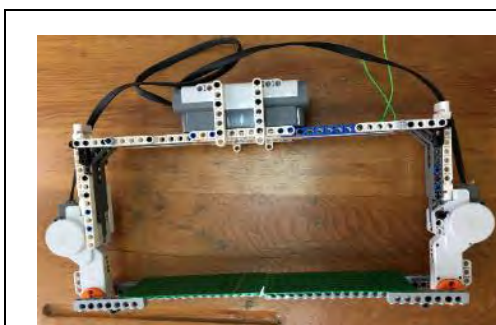
圖四、學校附近山區千年桐雄花落下旋轉之調查

二、發射器的製作

為減少測量上的人為誤差，研究團隊利用所學的樂高機器人改裝設計成桐花模型的發射台，設計方式如下。

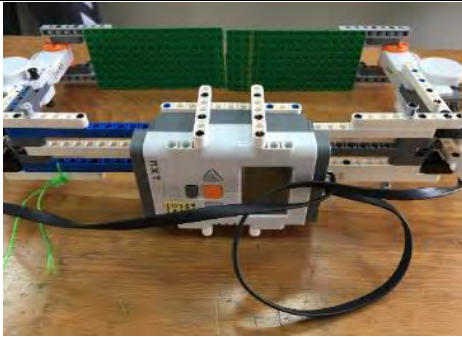
主材料：樂高 NXT 機器人主機一台

附屬材料：馬達兩顆、橫桿數條、插硝數顆、觸碰感應器一顆、電線三條、平板兩塊。

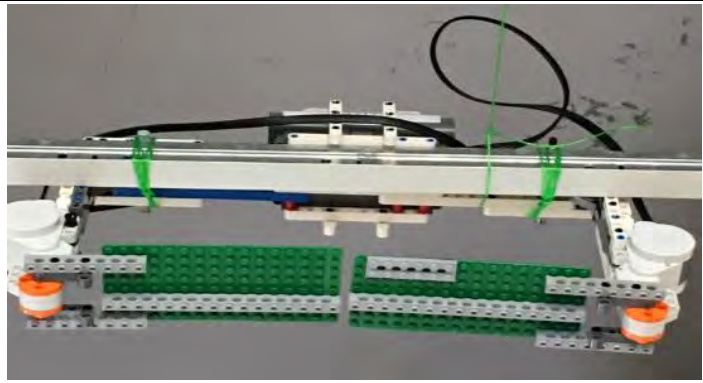


發射器側面照

製作方式：將兩塊平板分別裝在馬達上，再把兩顆馬達用橫桿固定，確認不會因活動而改變兩馬達相距距離後將主機安裝於橫桿上方最後裝上觸碰感應器方便控制，組裝完畢後下載程式。



發射器正面照



操作方式：用尼龍繩將整個發射器結構固定在天花板上方，將機器人裝上電池開機後進入要執行的程式中，接著放上實驗的桐花模型於發射板上，一切就緒後確認無其他氣流干擾就按下觸控感應器，兩馬達同時以逆時針方向快速旋轉 110° ，靜置一秒後收回發射板，以免因收回時，零件撞擊或氣流影響，改變實驗數據。

圖五、發射器之架設方法

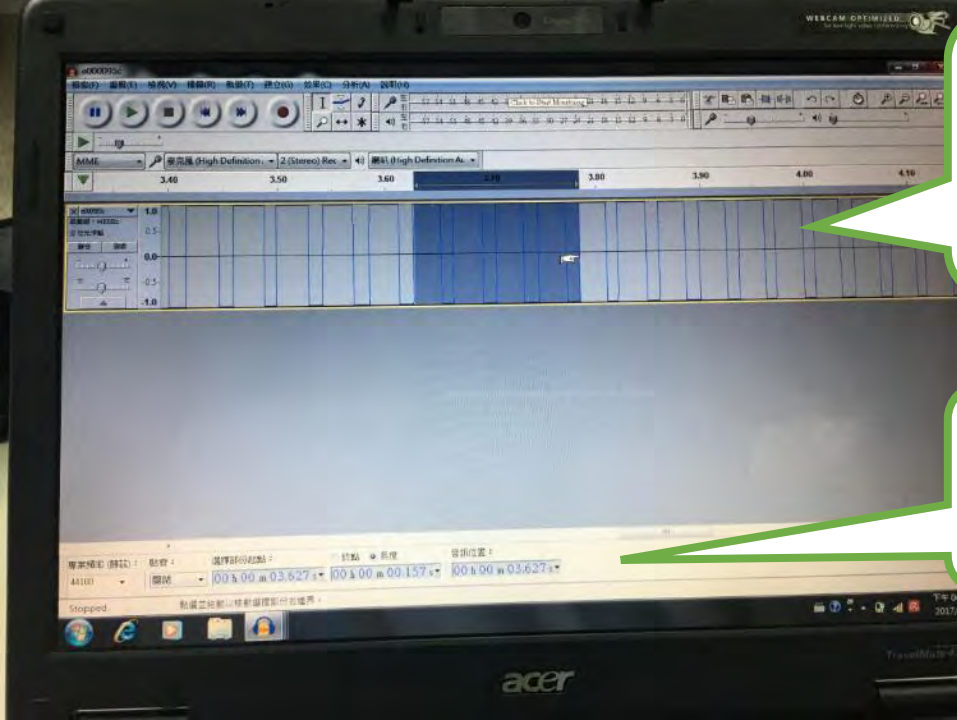
三、利用雷射光與樂高光學感應模組測量桐花模型每秒轉動圈數實驗



為了快速取得桐花模型轉動快慢的轉速，我們自行設計轉速計，利用樂高光學感應模組每三秒測量到的雷射光感應次數，進一步除以 3，再除以桐花花瓣數目 5，即可求出桐花模型每秒的轉速。

圖六、自製雷射光與樂高光學感應模組之裝置

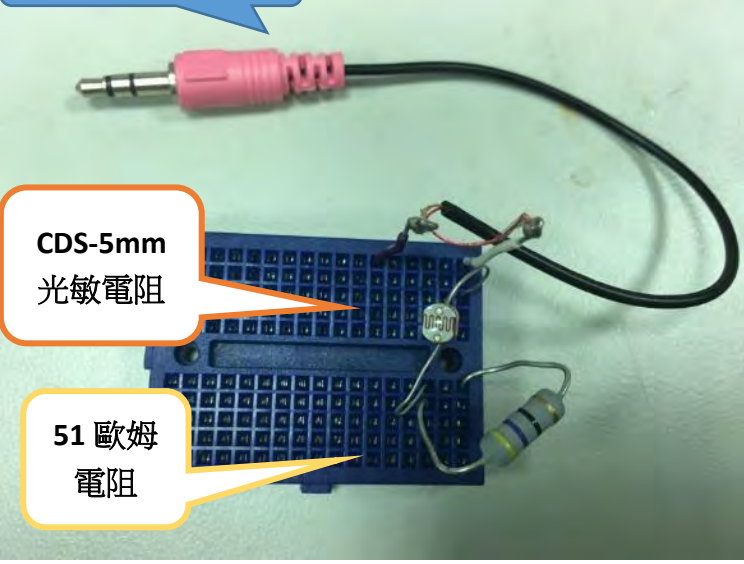
四、利用雷射光與光敏電阻模組測量桐花模型由靜止啟動之歷程實驗



五個花瓣的桐花模型，我們可以讀取五次雷射光被擋到的電流訊號。

可以讀到選取時間數值，與五次雷射光切斷的總時間。

3.5mm 音源接頭



CDS-5mm 光敏電阻

51 歐姆 電阻



我們發現桐花模型旋轉需要一段轉動能力的醞釀期，為了進一步了解轉動醞釀期的長短，我們利用紅色雷射光、CDS-5mm 光敏電阻串聯 51 歐姆電阻，自製光學感應裝置，再將測得的電流值用 Audacity 軟體分析，記錄桐花模型在整流風扇吹動下從靜止至穩定旋轉的歷程。

圖七、自製雷射光與光敏電阻之轉速計架設

陸、研究結果


一、實驗一：平面桐花模型落下時的旋轉狀況

(一) 泡綿紙平面桐花模型大小之旋轉比較

	
無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄



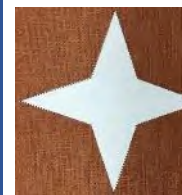
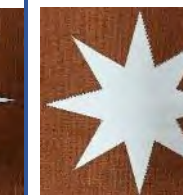
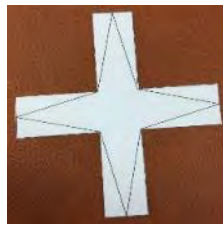
表三、泡棉紙平面桐花模型花瓣大小之旋轉比較

(二) 泡綿紙平面桐花模型與彎瓣桐花模型之旋轉比較

	
無法旋轉，亂飄	逆時針旋轉。所以花瓣彎曲是桐花旋轉的重要因素

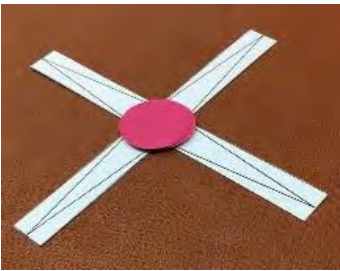
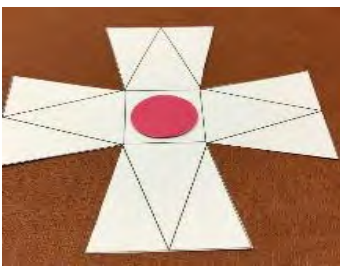
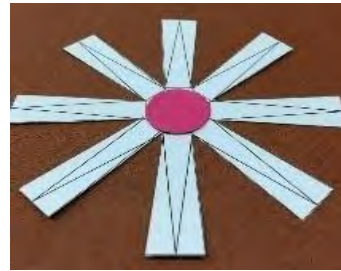
表四、泡棉紙平面桐花模型與彎瓣模型之旋轉比較

(三) 書面紙平面模型落下時的旋轉比較

					
四瓣細	四瓣中	四瓣粗	五瓣粗	八瓣細	八瓣粗
無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄
					
四瓣細長形	四瓣細長形	四瓣粗梯形	八瓣細長形	八瓣粗梯形	
無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	

表五、書面紙平面模型落下時之旋轉比較

(四) 書面紙平面模型增加重量落下時的旋轉狀況

		
模擬花萼加重到比花瓣重量重，才能穩定下降	模擬花萼加重到比花瓣重量重，才能穩定下降	模擬花萼加重到比花瓣重量重，才能穩定下降
明顯落下 1.5 公尺開始順時針旋轉，旋轉效果佳	僅有一點點順時針旋轉，旋轉效果較差	明顯落下 1 公尺即開始順時針旋轉，旋轉效果最佳

表六、書面紙平面模型增加重量之旋轉狀況

(五)書面紙摺角模型落下時的旋轉狀況(摺角 60 度)

					
四瓣細	四瓣中	四瓣粗	五瓣粗	八瓣細	八瓣粗
下落 80 公分開始順時針旋轉，旋轉輕快	下落 100 公分開始順時針旋轉，旋轉普通	旋轉不明顯	旋轉不明顯	下落 100 公分開始順時針旋轉，旋轉最快	不旋轉，只有穩定下沉
					
不旋轉，只有穩定下沉	不旋轉，只有穩定下沉	不旋轉，只有穩定下沉	亂翻	旋轉不明顯	亂翻
					
下落 100 公分開始順時針旋轉，旋轉輕快	下落 200 公分開始順時針旋轉，旋轉慢	旋轉不明顯	下落 80 公分開始順時針旋轉，旋轉普通	下落 80 公分開始順時針旋轉，旋轉快速	

表七、書面紙摺角模型落下時之旋轉狀況

※心得一：花瓣彎曲可以導引空氣阻力的氣流，使得花瓣間穩定的壓力差產生旋轉動能。花的重量也是穩定桐花模型穩定落下的關鍵，當穩定落下時，花瓣間的氣流也能產生旋轉的動力。

※心得二：雖然泡棉桐花的模型十分仿真，但泡棉材質無法固定摺角，彎曲的花瓣會復原成圓形，因此針對摺角的問題，改由書面紙進行接續的研究。

※心得三：製作泡棉花瓣時採用雷射雕刻，發現藍光雷射在紅色與黑色泡棉紙上切割效果最佳，在白色泡棉紙上切割效果最差，使我們聯想到理化光學單元黑色物體能吸收所有色光的概念。紅色泡棉紙也剛好是不反射藍光的，所以吸收能量效果佳。

※心得四：單純只有平面書面紙，花瓣沒有足夠重力造成穩定下沉狀況，與泡棉紙相同都是亂翻得飄走。增加花萼的重量也是穩定桐花模型穩定落下的關鍵，當穩定落下時，花瓣間的氣流也能產生旋轉的動力。





※心得五：花瓣摺角可以導引空氣阻力的氣流，使得花瓣間穩定的壓力差產生旋轉動能。整個花瓣摺角才能造成明顯的旋轉動力，研究發現只摺一半長度，是無法有足夠旋轉力道的。

※心得六：書面紙摺角模型，所有的旋轉狀況都是順時針方向。

※心得七：花瓣越長，旋轉越明顯、越輕快。且三角形優於長方形。

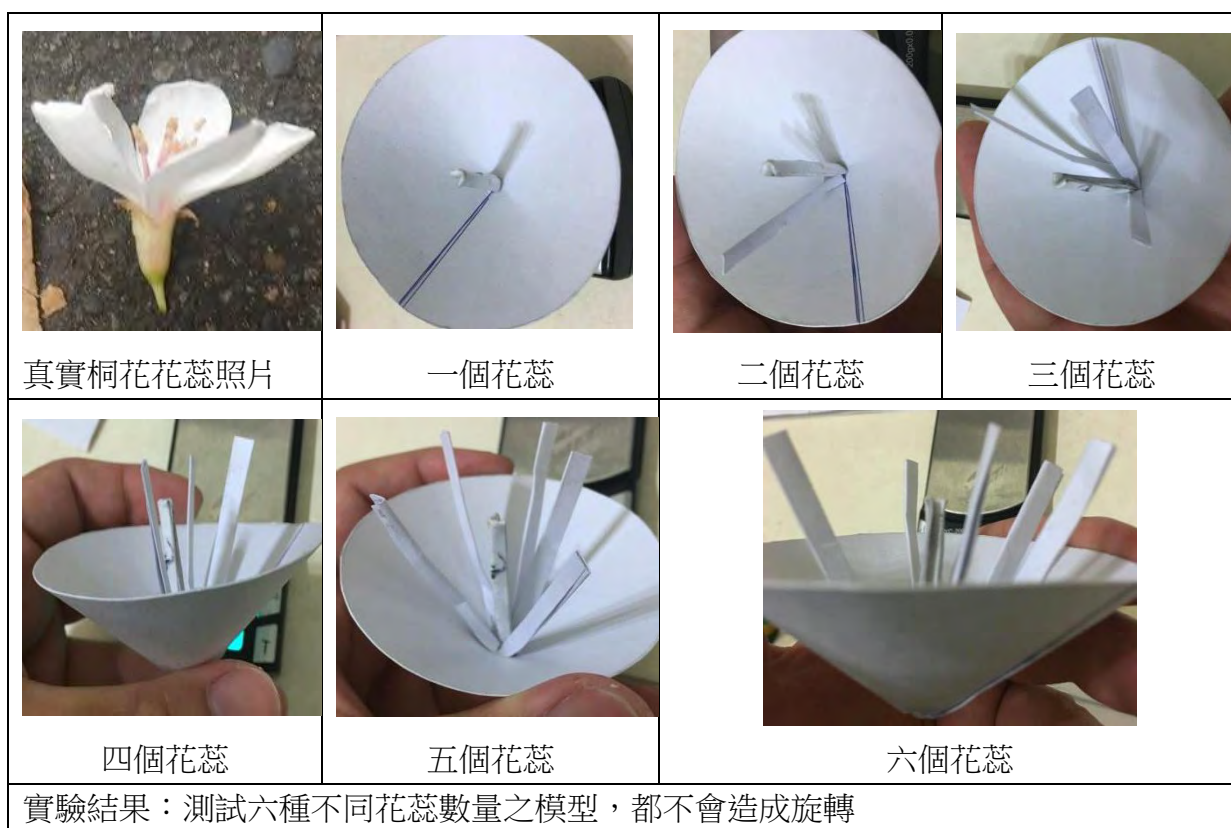
※心得八：八個花瓣優於四個花瓣，旋轉越明顯。

二、實驗二：花柄對圓錐模型落下時能否旋轉之影響

			
真實桐花花柄照片	自製花柄與圓錐模型 (花柄 0 度)	自製花柄與圓錐模型 (花柄 30 度)	自製花柄與圓錐模型 (花柄 60 度)
實驗結果：測試三種花柄角度，都不會造成旋轉			

表八、不同角度花柄對圓錐模型旋轉之影響

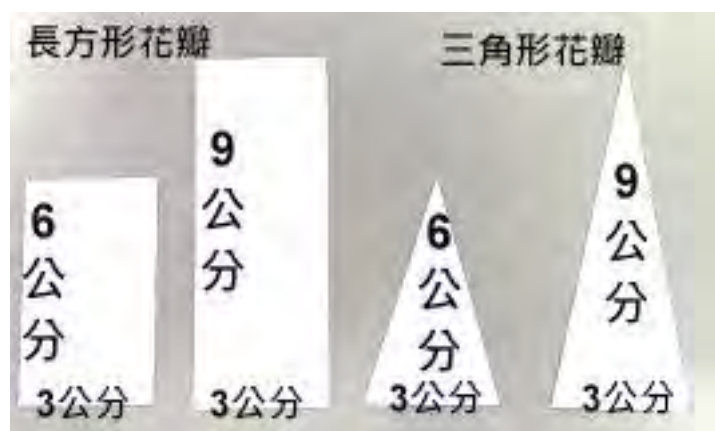
三、實驗三：花蕊對圓錐模型落下時能否旋轉之影響



表九、不同花蕊數量對圓錐模型旋轉之影響

四、探討花瓣對圓錐模型落下時能否旋轉之影響？

(一) 書面紙花瓣重疊模型落下時的旋轉狀況



圖八、固定形狀之花瓣尺寸

1. 長方形花瓣大小之落地時間比較

	花瓣重疊 1cm*1cm	花瓣重疊 1cm*1cm	花瓣重疊 1cm*0.5cm	花瓣重疊 1cm*0.5cm
次數 1	1.77	1.54	2.47	2.33
次數 2	1.82	1.76	2.46	2.44
次數 3	1.79	1.75	2.52	2.31
次數 4	1.82	1.63	2.37	2.46
次數 5	1.71	1.72	2.41	2.48
次數 6	1.90	1.59	2.39	2.39
次數 7	1.67	1.78	2.46	2.44
次數 8	1.85	1.93	2.38	2.41
次數 9	1.62	1.80	2.41	2.39
次數 10	1.91	1.82	2.46	2.54
平均	1.785	1.732	2.433	2.418

表十、長方形花瓣落地時間比較表

2. 三角形花瓣大小之落地時間比較

	花瓣重疊 1cm*1cm	花瓣重疊 1cm*1cm	花瓣重疊 1cm*0.5cm	花瓣重疊 1cm*0.5cm
次數 1	1.26	1.7	1.91	1.92
次數 2	1.23	1.47	1.94	1.9
次數 3	1.43	1.49	1.94	2.01
次數 4	1.31	1.56	1.84	2.02
次數 5	1.26	1.66	2.04	2.03
次數 6	1.4	1.47	1.83	1.97
次數 7	1.27	1.51	1.9	2.01
次數 8	1.25	1.41	1.97	1.96
次數 9	1.33	1.51	1.96	2.03
次數 10	1.35	1.45	1.87	2.05
平均	1.309	1.523	1.92	1.99

表十一、三角形花瓣落地時間比較表

※心得九：實驗觀察到，花瓣長度越長，越容易造成旋轉。

※心得十：花瓣重疊越多，造成花呈現錐狀越明顯(投影面積越小)，落下時速度越快，落下時間越長。(投影面積越大，空氣阻力越大)

※心得十一：觀察發現，花瓣重疊越多，造成花呈現錐狀越明顯，旋轉也越明顯。

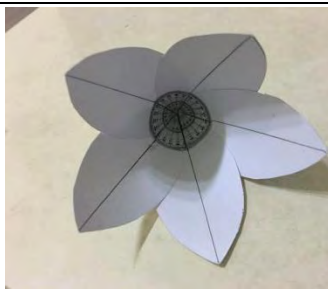

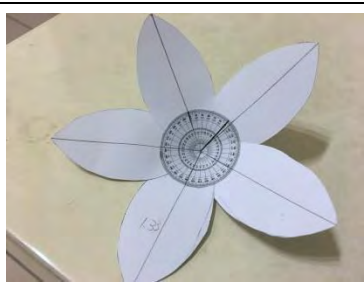



※心得十二：落下時間長方形 > 三角形。

※心得十三：三角形花瓣旋轉的比長方形花瓣好。

※心得十四：有封底，落下時間較短，旋轉的較差。

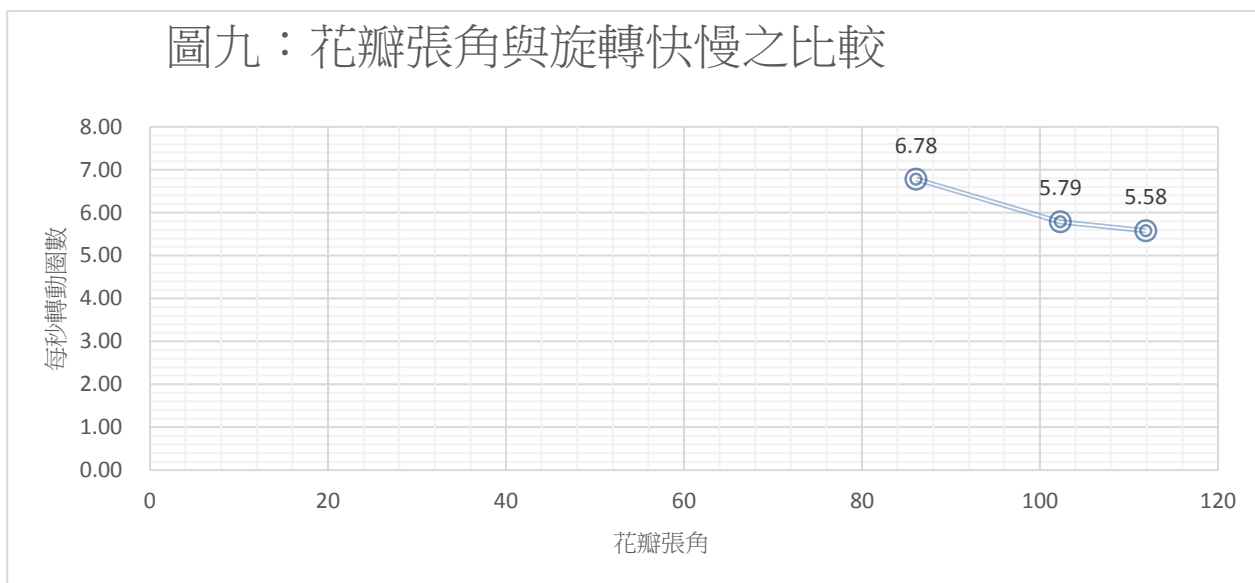
※心得十五：研究發現，當花瓣軸心線偏右，旋轉為順時針方向；花瓣軸心線偏左，旋轉為逆時針方向。

(二) 花瓣張角對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。

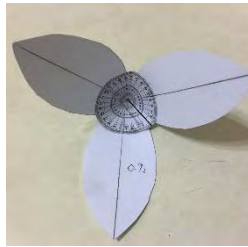
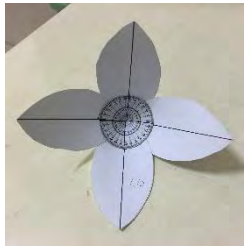
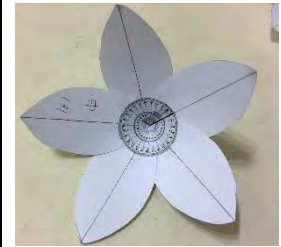
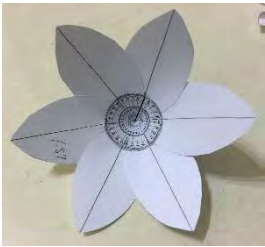
			
質量	1.40g	1.40g	1.40g
錐角	86.1	102.3	111.9
			
第 1 次	101	84	80
第 2 次	93	83	86
第 3 次	109	88	86
第 4 次	91	91	81
第 5 次	108	88	77
第 6 次	101	89	80
第 7 次	99	90	89
第 8 次	108	87	88
第 9 次	109	83	89

第 10 次	98	85	81
平均	101.70	86.80	83.70
3 秒圈數	20.34	17.36	16.74
每秒平均圈數	6.78	5.79	5.58

表十二、花瓣張角與旋轉快慢之比較表

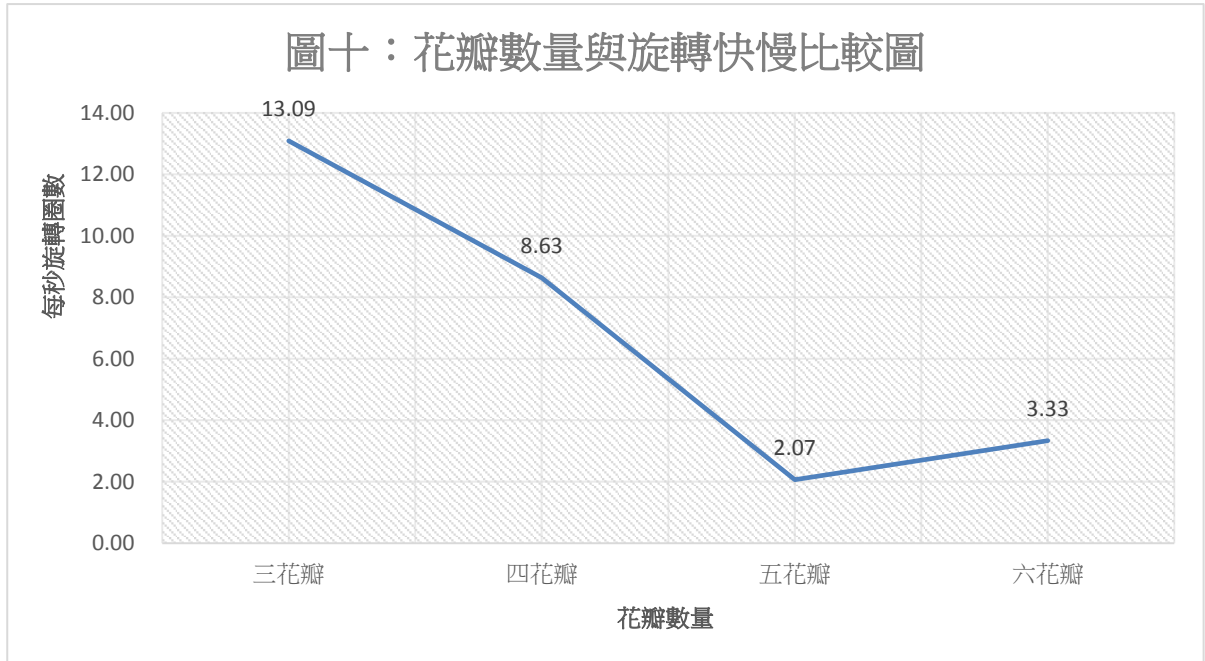


(三) 花瓣數量對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。

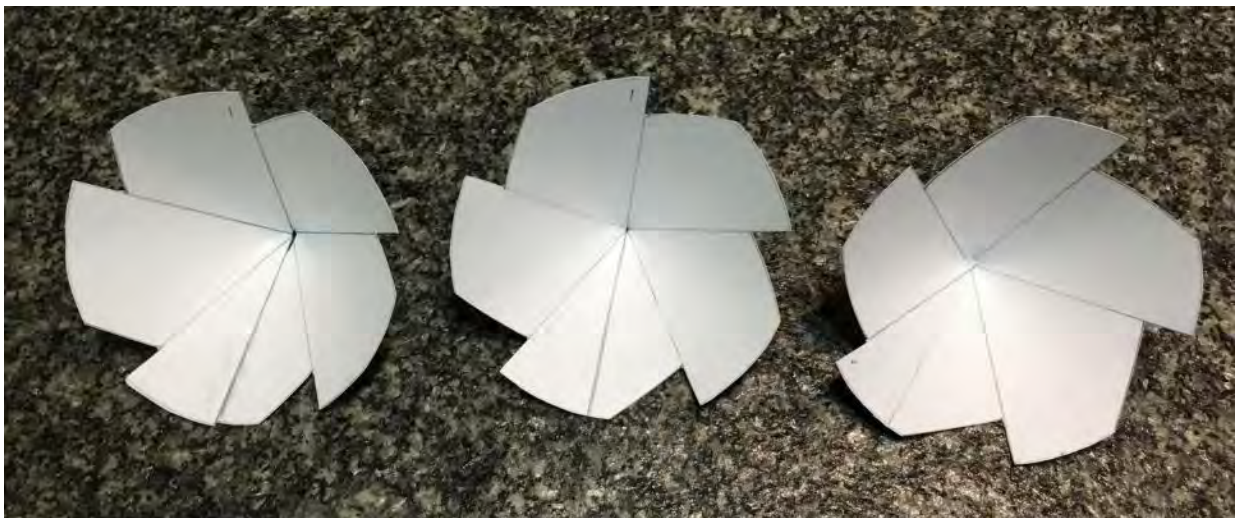
				
	三花瓣	四花瓣	五花瓣	六花瓣
第 1 次	123	107	31	59
第 2 次	116	100	30	62
第 3 次	116	103	31	58
第 4 次	120	100	29	63
第 5 次	120	105	32	60
第 6 次	114	103	31	57
第 7 次	116	102	32	58
第 8 次	129	105	30	59
第 9 次	112	105	32	65

第 10 次	118	106	32	59
平均	117.80	103.60	31.00	60.00
3 秒圈數	39.27	25.90	6.20	10.00
每秒平均 圈數	13.09	8.63	2.07	3.33

表十三、花瓣數量與旋轉快慢之比較表



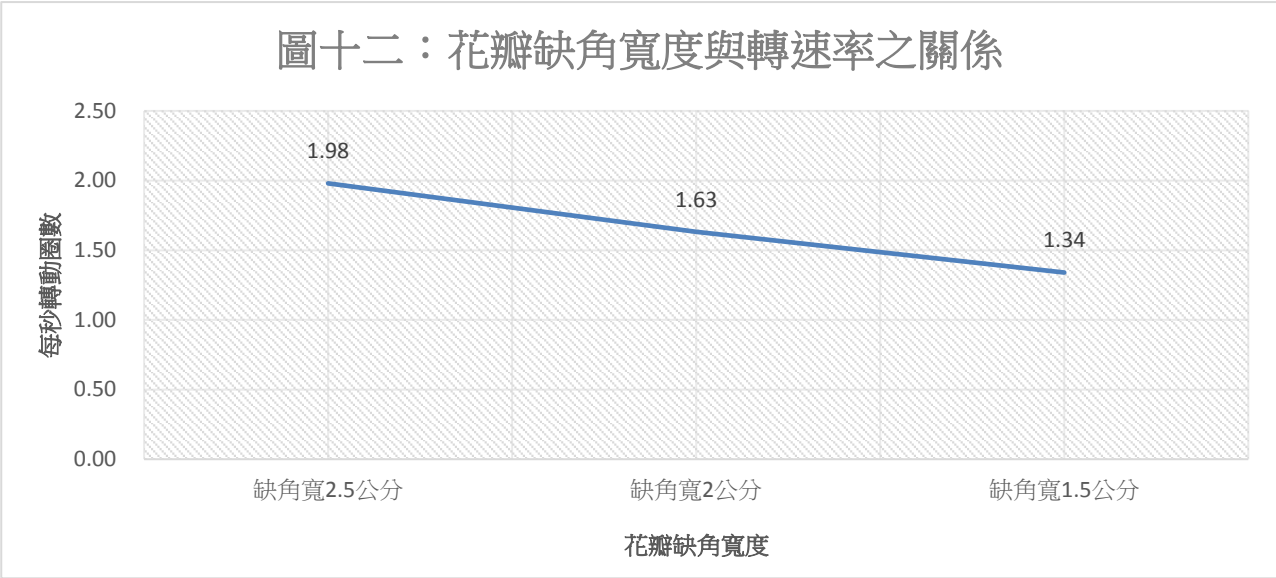
(四) 圓錐模型缺口寬度對旋轉快慢之影響。



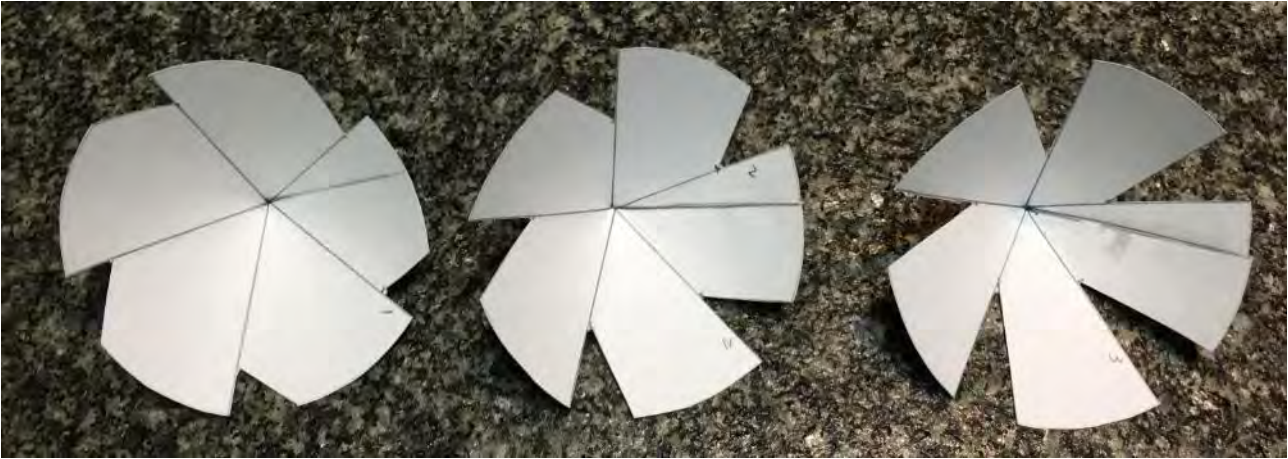
圖十一、不同缺口寬度之模型

	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均	3秒圈數	每秒圈數
缺角寬 2.5 公分	29	30	30	28	29	30	31	29	30	31	29.70	5.94	1.98
缺角寬 2 公分	24	24	26	23	25	25	27	24	22	25	24.50	4.90	1.63
缺角寬 1.5 公分	19	18	21	23	18	20	18	23	21	20	20.10	4.02	1.34

表十四、缺口寬度對旋轉快慢之比較表



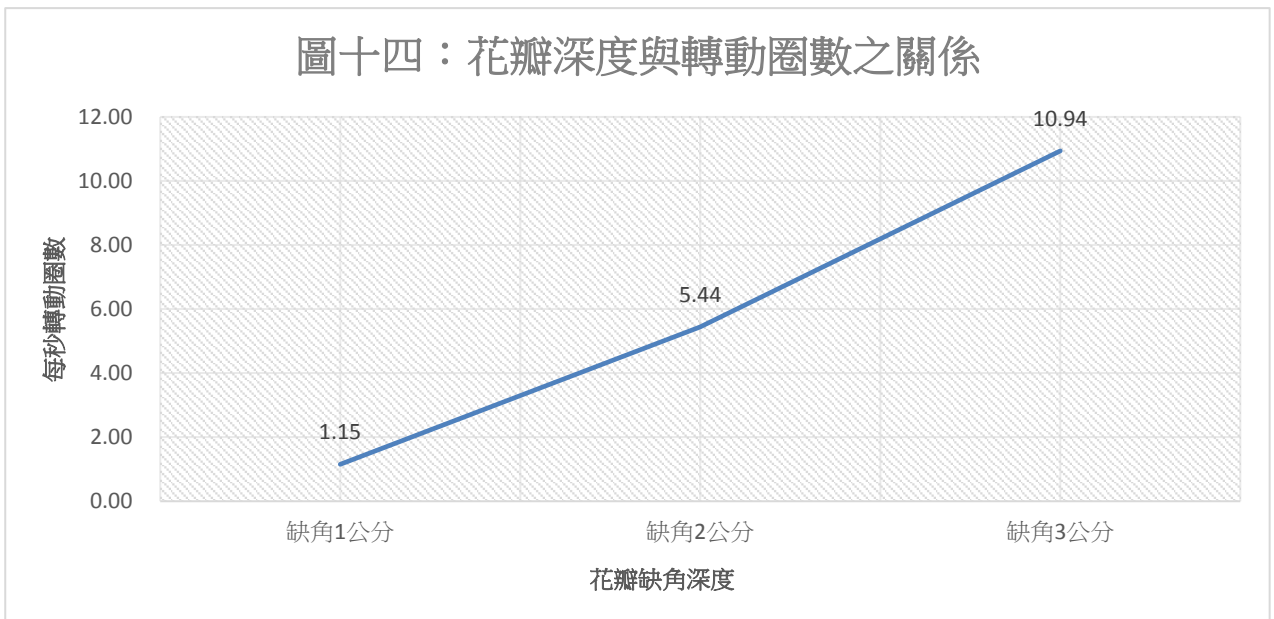
(五) 圓錐模型缺口深度對旋轉快慢之影響。



圖十三、不同缺口深度之模型

	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	平均	3秒圈數	每秒圈數
缺角1公分	19	16	17	16	18	16	17	18	18	18	17.30	3.46	1.15
缺角2公分	85	80	80	87	81	81	80	78	84	80	81.60	16.32	5.44
缺角3公分	164	170	170	166	161	160	162	161	166	161	164.10	32.82	10.94

表十五、缺口深度對旋轉快慢之比較表



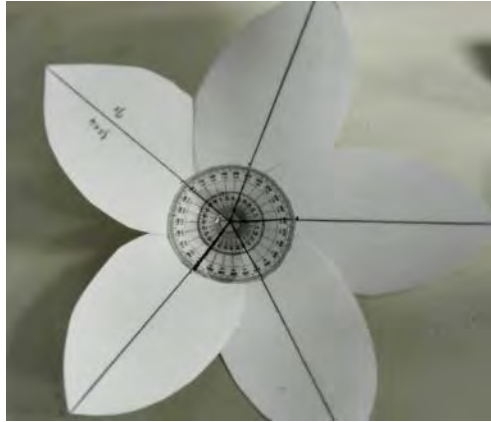
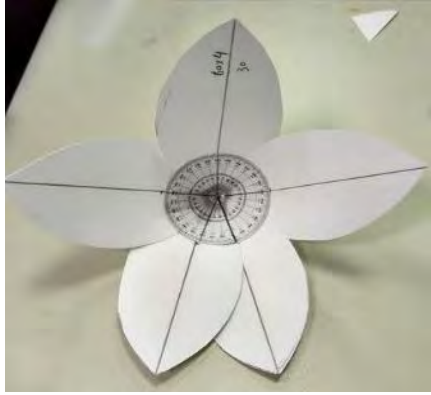
(五)花瓣重量不平均對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。

這片花瓣是以兩片花瓣重複黏結

實驗結果：在轉動測量器上極不穩定，但真實由高處落下會螺旋形落下

表十六、花瓣重量不平均對旋轉之影響

(六) 花瓣位置分布不平均對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。

		
花瓣間五個角度	50—50—50—50—70	60—60—60—60—30
實驗結果	仍會順時針旋轉，但晃動明顯。	仍會順時針旋轉，但旋轉狀況很差。

表十七、花瓣位置分布不平均對旋轉之影響

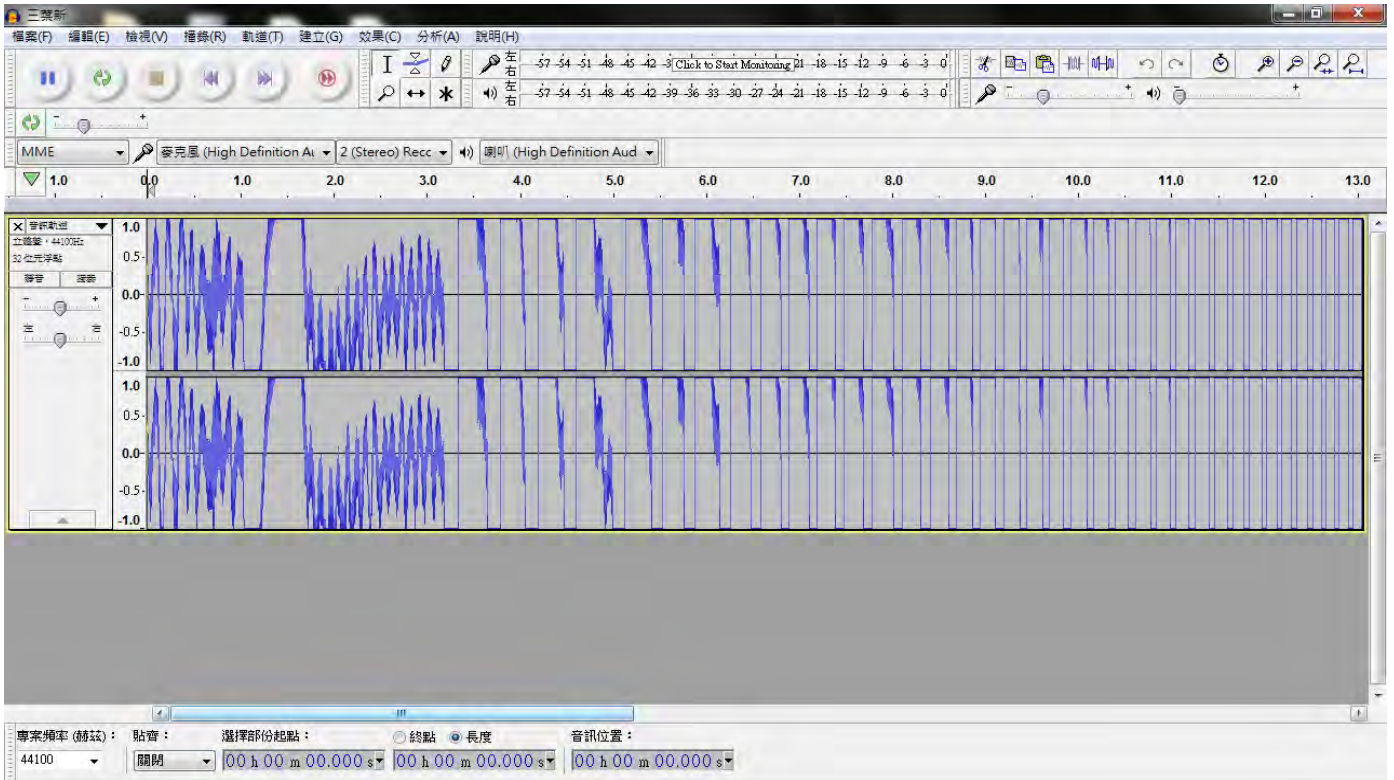
(七) 測試旋轉物體落下時間與非旋轉物體之比較：

模型狀況	1 實驗組：圓錐剪角 	1 對照組：圓錐無剪角 
質量	0.67g	0.67g
錐角	68.3	68.3
落下時間	0.97 秒	1.01 秒
是否旋轉	順時針	無旋轉
模型狀況	2 實驗組：圓錐剪角 	2 對照組：圓錐無剪角 
質量	0.28g	0.28g
錐角	95.2	95.2
落下時間	1.29 秒	1.33 秒
是否旋轉	順時針	無旋轉
模型狀況	3 實驗組：圓錐剪角 	3 對照組：圓錐無剪角 
質量	1.25g	1.25g
錐角	95.2	95.2
落下時間	1.45 秒	1.54 秒
是否旋轉	順時針	無旋轉

表十八、旋轉物體與非旋轉物體落下時間比較表

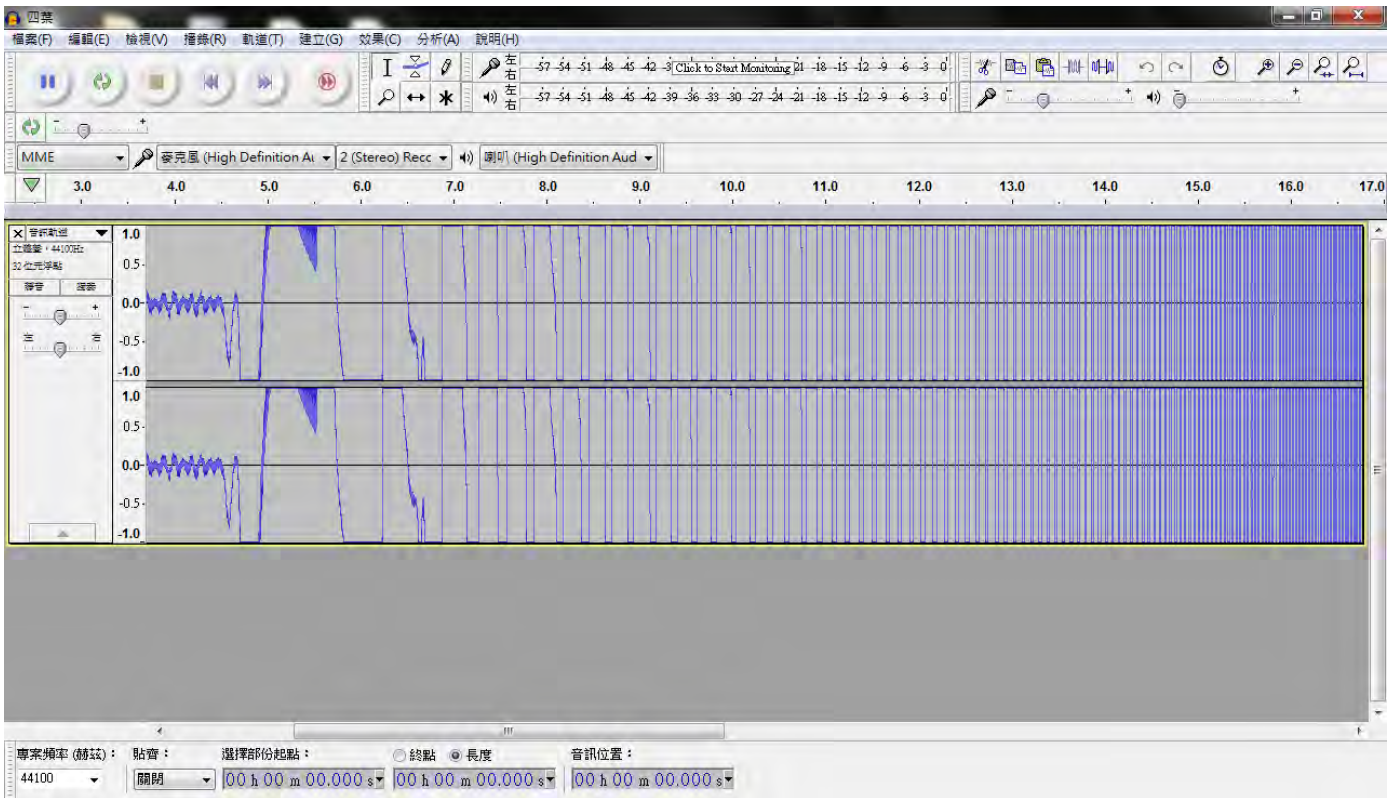
(八) 利用紅色雷射光射入花瓣間隔，再利用 CDS-5mm 光敏電阻感應，再將電流值用 Audacity 軟體分析，記錄桐花模型在整流風扇吹動下從靜止至穩定旋轉的歷程。

(1) 三片花瓣的紀錄



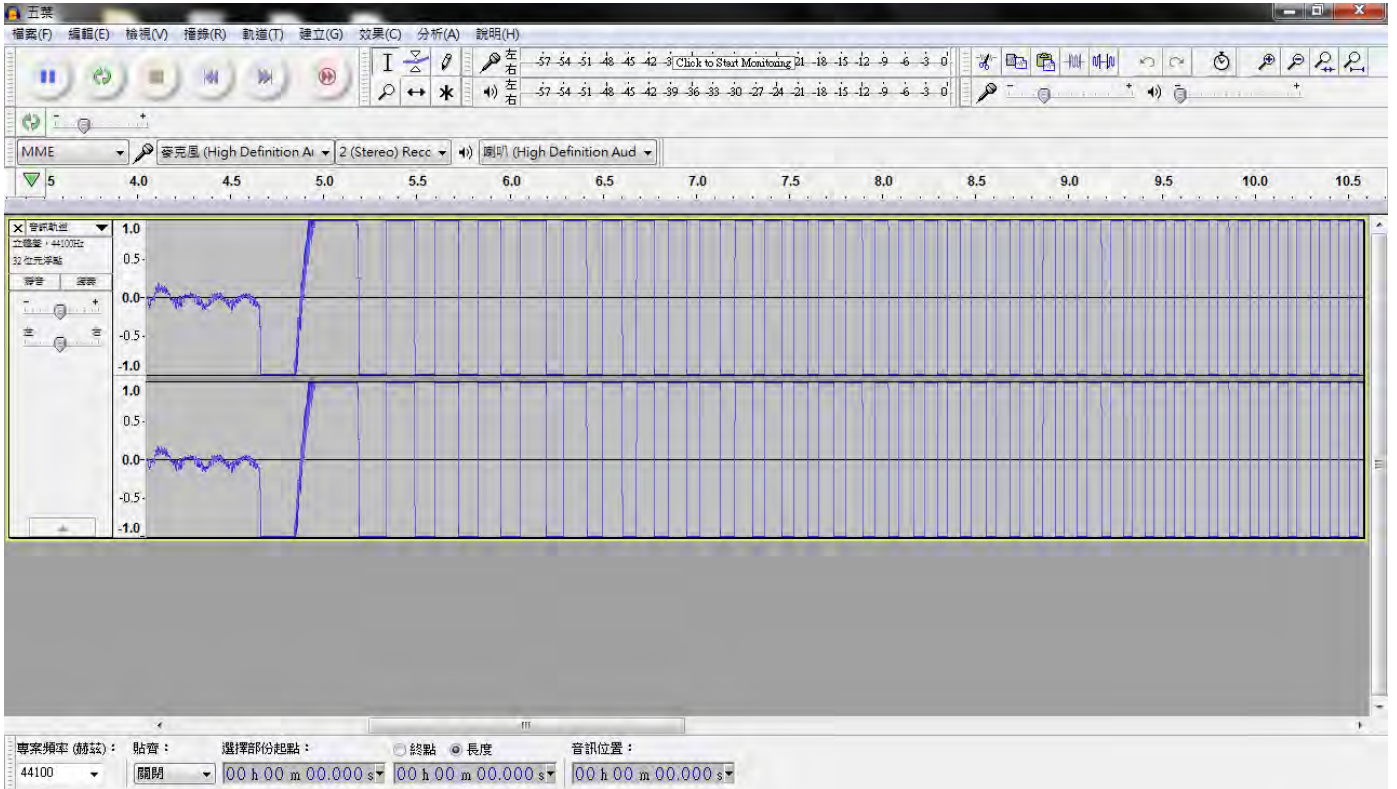
圖十五、三片花瓣桐花模型由靜止啟動旋轉的 Audacity 圖

(2) 四片花瓣的紀錄



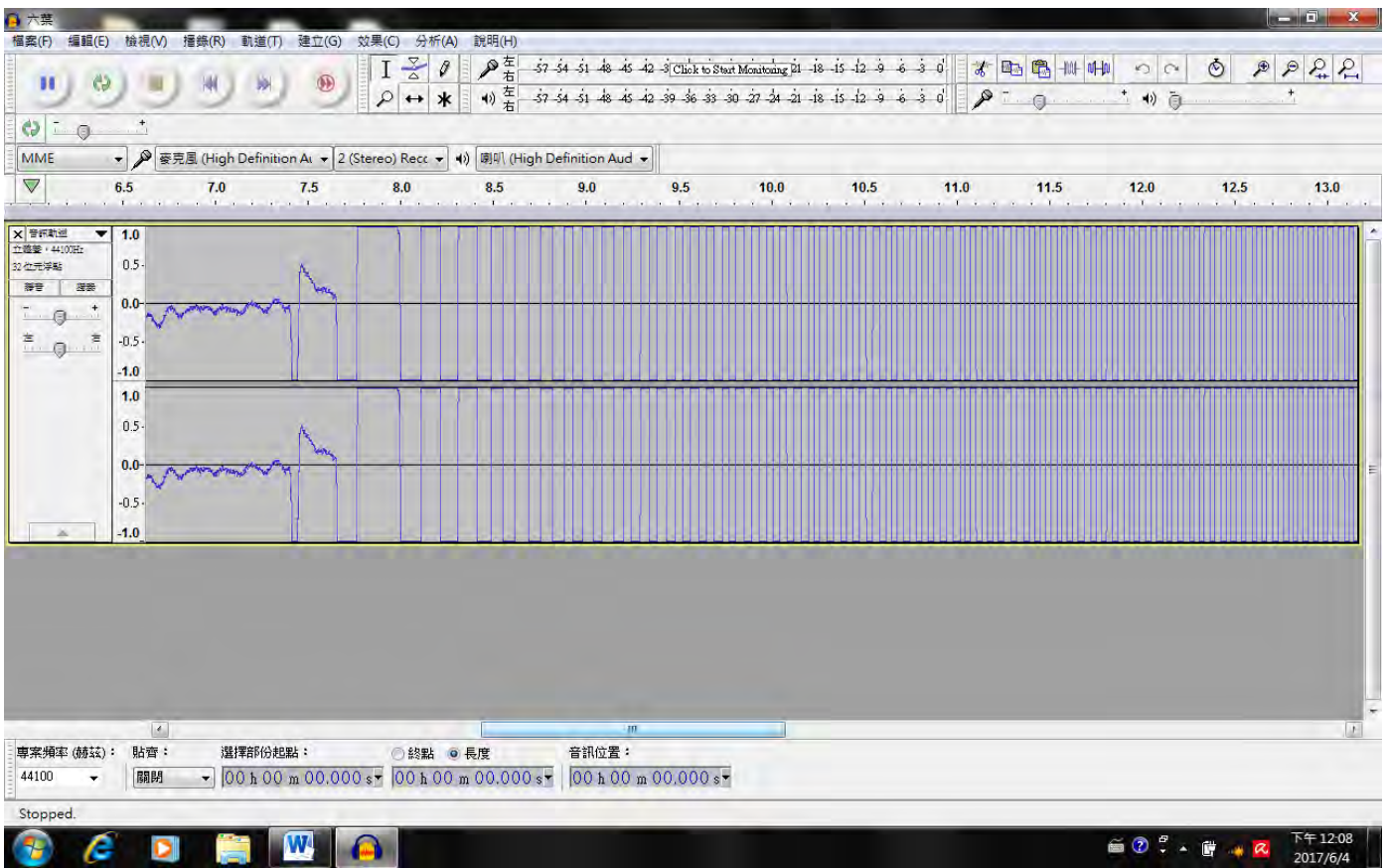
圖十六、四片花瓣桐花模型由靜止啟動旋轉的 Audacity 圖

(3)五片花瓣的紀錄



圖十七、五片花瓣桐花模型由靜止啟動旋轉的 Audacity 圖

(4)六花瓣的紀錄



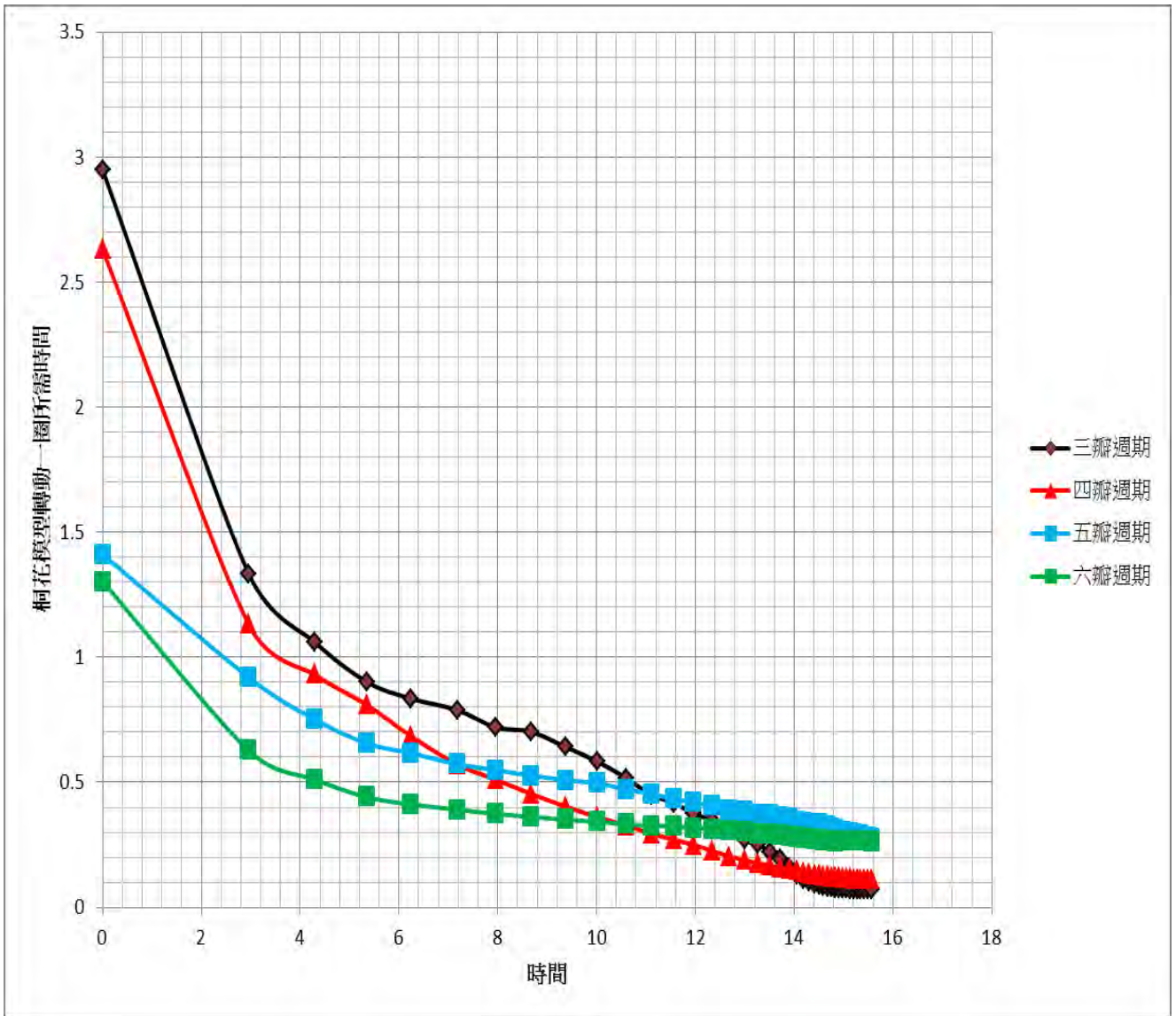
圖十八、六片花瓣桐花模型由靜止啟動旋轉的 Audacity 圖

接下來我們進一步解讀圖形中，桐花模型從靜止開始每轉度應圈所需時間：

編號	時間	三瓣週期	時間	四瓣週期	時間	五瓣週期	時間	六瓣週期
1	0	2.949	0	2.63	0	1.411	0	1.303
2	2.955	1.335	2.618	1.132	1.407	0.92	1.302	0.628
3	4.29	1.062	3.741	0.932	2.325	0.752	1.929	0.512
4	5.346	0.902	4.664	0.81	3.075	0.656	2.438	0.441
5	6.24	0.835	5.474	0.685	3.729	0.617	2.878	0.412
6	7.175	0.789	6.155	0.572	4.343	0.573	3.29	0.391
7	7.959	0.72	6.725	0.511	4.915	0.549	3.678	0.374
8	8.675	0.702	7.235	0.454	5.464	0.527	4.053	0.362
9	9.376	0.641	7.689	0.403	5.988	0.509	4.414	0.351
10	10.016	0.583	8.094	0.361	6.495	0.496	4.764	0.342
11	10.6	0.517	8.449	0.327	6.99	0.472	5.106	0.333
12	11.109	0.45	8.772	0.295	7.462	0.453	5.439	0.327
13	11.559	0.418	9.069	0.271	7.914	0.435	5.765	0.324
14	11.97	0.374	9.34	0.25	8.349	0.419	6.088	0.318
15	12.343	0.348	9.597	0.226	8.767	0.408	6.405	0.313
16	12.687	0.308	9.812	0.204	9.174	0.387	6.716	0.305
17	12.997	0.27	10.015	0.189	9.56	0.386	7.02	0.303
18	13.261	0.253	10.204	0.177	9.944	0.37	7.321	0.294
19	13.508	0.221	10.38	0.166	10.312	0.369	7.615	0.294
20	13.72	0.194	10.546	0.157	10.681	0.362	7.907	0.29
21	13.912	0.157	10.703	0.153	11.042	0.356	8.197	0.283
22	14.068	0.131	10.855	0.146	11.396	0.345	8.476	0.28
23	14.197	0.114	11.002	0.141	11.741	0.34	8.755	0.274
24	14.309	0.102	11.142	0.136	12.081	0.334	9.029	0.274
25	14.412	0.093	11.278	0.131	12.414	0.332	9.303	0.27
26	14.504	0.088	11.409	0.13	12.745	0.335	9.572	0.27
27	14.592	0.083	11.539	0.127	13.079	0.327	9.841	0.266
28	14.675	0.081	11.666	0.125	13.406	0.324	10.106	0.267
29	14.756	0.078	11.79	0.122	13.73	0.317	10.372	0.265
30	14.835	0.076	11.912	0.119	14.046	0.311	10.637	0.263
31	14.91	0.074	12.03	0.119	14.356	0.304	10.9	0.267
32	14.984	0.075	12.148	0.118	14.659	0.303	11.167	0.266
33	15.058	0.074	12.266	0.116	14.961	0.3	11.432	0.266
34	15.128	0.073	12.381	0.115	15.261	0.297	11.698	0.266

35	15.205	0.072	12.496	0.114	15.557	0.293	11.964	0.268
36	15.277	0.073	12.79	0.113	15.849	0.289	12.232	0.266
37	15.349	0.073	12.723	0.113	16.138	0.288	12.497	0.266
38	15.42	0.072	12.835	0.113	16.424	0.282	12.763	0.266
39	15.492	0.072	12.948	0.112	16.704	0.281	13.029	0.264
40	15.563	0.072	13.06	0.112	16.984	0.274	13.292	0.262

表十九、以 Audacity 圖形分析不同花瓣數量旋轉一圈所需時間表



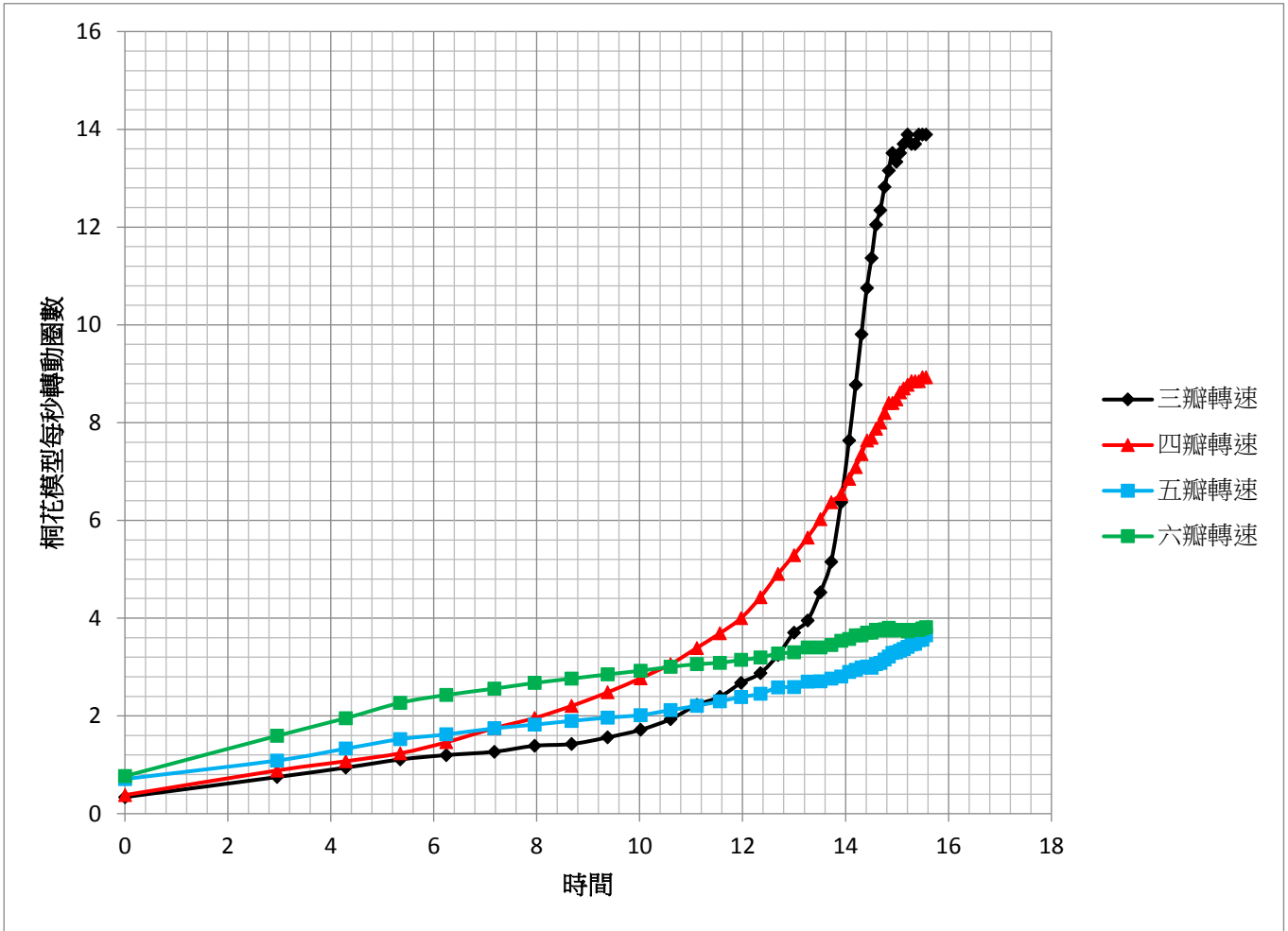
圖十九、不同花瓣數量旋轉一圈所需時間比較圖

再接下來我們進一步轉化，桐花模型從靜止開始每秒轉動次數的變化：

編號	時間	三瓣轉速	時間	四瓣轉速	時間	五瓣轉速	時間	六瓣轉速
1	0	0.339098	0	0.380228	0	0.708717	0	0.76746
2	2.955	0.749064	2.618	0.883392	1.407	1.086957	1.301	1.592357
3	4.29	0.94162	3.741	1.072961	2.325	1.329787	1.93	1.953125
4	5.346	1.108647	4.664	1.234568	3.075	1.52439	2.354	2.267574
5	6.24	1.197605	5.474	1.459854	3.729	1.620746	2.806	2.427184
6	7.175	1.267427	6.155	1.748252	4.343	1.745201	3.224	2.557545
7	7.959	1.388889	6.725	1.956947	4.915	1.821494	3.618	2.673797
8	8.675	1.424501	7.235	2.202643	5.464	1.897533	3.991	2.762431
9	9.376	1.560062	7.689	2.48139	5.988	1.964637	4.352	2.849003
10	10.016	1.715266	8.094	2.770083	6.495	2.016129	4.702	2.923977
11	10.6	1.934236	8.449	3.058104	6.99	2.118644	5.048	3.003003
12	11.109	2.222222	8.772	3.389831	7.462	2.207506	5.384	3.058104
13	11.559	2.392344	9.069	3.690037	7.914	2.298851	5.71	3.08642
14	11.97	2.673797	9.34	4	8.349	2.386635	6.034	3.144654
15	12.343	2.873563	9.597	4.424779	8.767	2.45098	6.351	3.194888
16	12.687	3.246753	9.812	4.901961	9.174	2.583979	6.663	3.278689
17	12.997	3.703704	10.015	5.291005	9.56	2.590674	6.968	3.30033
18	13.261	3.952569	10.204	5.649718	9.944	2.702703	7.271	3.401361
19	13.508	4.524887	10.38	6.024096	10.312	2.710027	7.563	3.401361
20	13.72	5.154639	10.546	6.369427	10.681	2.762431	7.858	3.448276
21	13.912	6.369427	10.703	6.535948	11.042	2.808989	8.145	3.533569
22	14.068	7.633588	10.855	6.849315	11.396	2.898551	8.428	3.571429
23	14.197	8.77193	11.002	7.092199	11.741	2.941176	8.709	3.649635
24	14.309	9.803922	11.142	7.352941	12.081	2.994012	8.982	3.649635
25	14.412	10.75269	11.278	7.633588	12.414	3.012048	9.256	3.703704
26	14.504	11.36364	11.409	7.692308	12.745	2.985075	9.526	3.703704
27	14.592	12.04819	11.539	7.874016	13.079	3.058104	9.795	3.759398
28	14.675	12.34568	11.666	8	13.406	3.08642	10.06	3.745318
29	14.756	12.82051	11.79	8.196721	13.73	3.154574	10.327	3.773585
30	14.835	13.15789	11.912	8.403361	14.046	3.215434	10.593	3.802281
31	14.91	13.51351	12.03	8.403361	14.356	3.289474	10.855	3.745318
32	14.984	13.33333	12.148	8.474576	14.659	3.30033	11.122	3.759398
33	15.058	13.51351	12.266	8.62069	14.961	3.333333	11.387	3.759398
34	15.128	13.69863	12.381	8.695652	15.261	3.367003	11.652	3.759398

35	15.205	13.88889	12.496	8.77193	15.557	3.412969	11.918	3.731343
36	15.277	13.69863	12.79	8.849558	15.849	3.460208	12.186	3.759398
37	15.349	13.69863	12.723	8.849558	16.138	3.472222	12.452	3.759398
38	15.42	13.88889	12.835	8.849558	16.424	3.546099	12.718	3.759398
39	15.492	13.88889	12.948	8.928571	16.704	3.558719	12.984	3.787879
40	15.563	13.88889	13.06	8.928571	16.984	3.649635	13.246	3.816794

表二十、以 Audacity 圖形分析不同花瓣數量旋轉快慢比較表

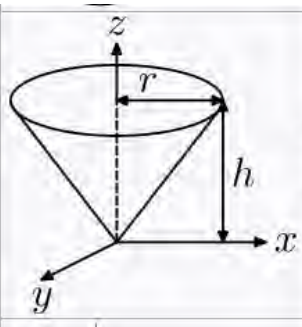


圖二十、不同花瓣數量旋轉快慢比較圖

分析：

1. 三花瓣雖啟動歷程較久，但最後轉速最快。
2. 六花瓣啟動歷程最快，但最後轉速較慢。
3. 啟動歷程快慢：六 > 五 > 四 > 三
4. 最後轉速快慢：三 > 四 > 六 > 五
5. 五花瓣最慢，值得深思！

討論：圓錐形的轉動慣量：

<p>圓錐，半徑為r，高h，質量m</p>		$I_z = \frac{3}{10}mr^2$ $I_x = I_y = \frac{3}{5}m\left(\frac{r^2}{4} + h^2\right)$
--------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

$$\boxed{\text{力矩 } \tau} = \boxed{\text{力臂 } r} * \boxed{\text{力 } F} = \boxed{\text{轉動慣量 } I} * \boxed{\text{角加速度 } \alpha}$$

1. 在電風扇的吹力 F 為固定值，花瓣越長的桐花模型，電風扇風力所造成得力矩越大，所以花瓣長的模型比花瓣短的模型轉動明顯。
2. 花瓣大多呈現圓錐形，所以轉動慣量與半徑 r 平方成正比關係，與質量也成正比關係。所以花瓣數目越多，轉動慣量越大，轉動加速度比花瓣數目少的小。

柒、結論

經過一連串的實驗，發現花組成的結構若有任何的不平衡，就會產生旋轉的機制，而飄落穩定的花遠比飄落不穩的花旋轉更快速。花朵飄落時旋轉需要較明顯的重心、滯空時間長、花瓣重量與分佈平均等條件。經過本實驗發現只要改變花瓣任意一點微小的變因，轉速就會有非常明顯的改變。

綜觀以上實驗結果與心得，我們發現：

1. 花的結構主要分成五個部分：花蕊、花瓣、花萼、花托、花柄，其中花蕊、花萼、花托及花柄由於質量過輕，影響花的旋轉極小，主要是由花瓣控制花的轉向與轉速。泡棉、書面紙花瓣平面模型擁有花瓣兩倍重的重心或有摺角就能夠穩定的飄落旋轉，花瓣張角 86.1 度，花瓣數量三瓣，圓錐型模型缺口寬度 2.5 公分，缺口深度 3 公分，以上為使花能旋轉的最穩、最快的組合要件。

2. 花瓣旋轉一樣是受花瓣重疊方式不同而影響，觀察時一律以花瓣正上方觀察，左花瓣疊壓右花瓣則以逆時針旋轉，右壓左則以順時針旋轉；花瓣軸心偏右則以順時針旋轉，偏左則以逆時針旋轉，其中一花瓣若以相反方向排列則會相抵消旋轉力量，造成旋轉速度減緩甚至不轉。
3. 花瓣分佈不平均也會造成花掉落時的振動與不穩定性，其中重量不平均更使花朵形成螺旋形軌跡落下（公轉、自轉兩種旋轉）。
4. 有旋轉之物體，比無旋轉物體落下時間快。這可應用於飛行體與炸彈的設計。
5. 我們觀察到花朵落下，在開始旋轉之前須有一段醞釀期。醞釀期時間長短則牽扯到轉動慣量($I=MR^2$)，花瓣愈長力矩變大重量也就愈大相對轉動慣量也就大，因此醞釀期也相對長。但花瓣數越多，或花瓣偏角越大，都是簡短醞釀期的變因。
6. 後來，我們利用小型電扇自行設計可判讀桐花模型落下順時針與逆時針旋轉的儀器，這可取代由高處落下判斷的方式，更佳的便利實驗。
7. 我們利用樂高光學感應器自己製造能夠計算桐花模型每3秒轉種的圈數。也自行利用光敏電阻搭配 Audacity 軟體，更能讀取桐花模型從靜止啟動到穩定旋轉的歷程。
8. 從我們所讀出的數據分析，三片花瓣桐花模型雖然啟動慢，但最後旋轉速度最快；但六片花瓣的桐花模型，啟動速度快，但後繼卻礙於本身轉動慣量大，無法達到高速旋轉。
9. 也發現五片花瓣的桐花模型，轉動速度卻低於六片花瓣的桐花模型，這值得進一步深入研究。

我們也發現不只桐花落下有旋轉的現象，我們利用花季拆取樹上的櫻花、杜鵑花、雞蛋花、小雛菊，也發現它們從高處落下都有順時針旋轉狀況，進一步發現櫻花與杜鵑花正常時都會在枝頭上凋謝，花自然凋謝下時無法觀察到整株花落下順時針飛舞的景象。雞蛋花俯視花瓣都是右上左下，落下時都是順時針旋轉。



表二十一、生活中由高處落下也能發生旋轉的花種

捌、參考資料及其他

1. 小白花呀小白花!何時才能到我家?(油桐開花之預測初探)。取自

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/080308.pdf>

2. 中央研究院數位典藏--五月雪，千年桐，來去賞桐花吧。取自

http://digiarch.sinica.edu.tw/content/subject/resource_content.jsp?oid=16777599&queryType=qc

3. 油桐花飛舞的秘密。取自

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2011/10/2011102414033003.pdf>

4. 桐花旋轉之謎。取自

<http://blog.xuite.net/music.lai/ScienceFun/313945437->

<http://blog.xuite.net/music.lai/ScienceFun/313945437-%E6%A1%90%E8%8A%B1%E6%97%8B%E8%BD%89%E4%B9%8B%E8%AC%8E>

【評語】 030105

花瓣落下的研究課題是近年來頗為受歡迎的題目，研究團隊以桐花落下為發想相當有創意。同學也製作了相當完整的實驗裝置，整合了光機電的偵測裝置頗有創意，各種花瓣的組合所產生得落下效果也進行了系統系的研究。除了原理與現象的探討，鼓勵研究團隊可發展出相對應的流體力學裝置的應用。

作品海報

摘要

我們觀察到桐花落下的旋轉情形，設計實驗來分析影響旋轉的因素。並以樂高機器人製作發射器，高2.8公尺，進行各種模型落下的實驗，發現：

1. 平面模型落下會亂飄，無法旋轉。
2. 利用花瓣彎曲或增加花萼重量(重量為花瓣總重量2倍以上)，讓模型穩定落下，形成氣流壓力差，成為旋轉的動力。
3. 發現花瓣越長，越易旋轉；三角形花瓣也優於長方形花瓣。
4. 花瓣俯視為右上左下重疊是順時針方向旋轉，左上右下是逆時針方向旋轉，我們也用氣流的分力來分析轉動因素。
5. 利用電扇，製作旋轉模擬器，以雷射光與光學感應器來紀錄桐花模型旋轉的歷程，分析出3片花瓣的模型不易啟動，但轉動的末速度最快。

我們摘取櫻花、杜鵑花、雞蛋花、小雛菊，發現它們也都有落下旋轉的狀況。

研究動機

五月雪-桐花是台灣山區的特色景觀，文獻上我們知道雄花與雌花的花期過後落下的方式不一樣，我們觀察發現雄花落下時似有若無的旋轉。為了解旋轉之原因，所以設計實驗及製作模型，來探討桐花落下是否旋轉以及影響旋轉的因素。

研究目的

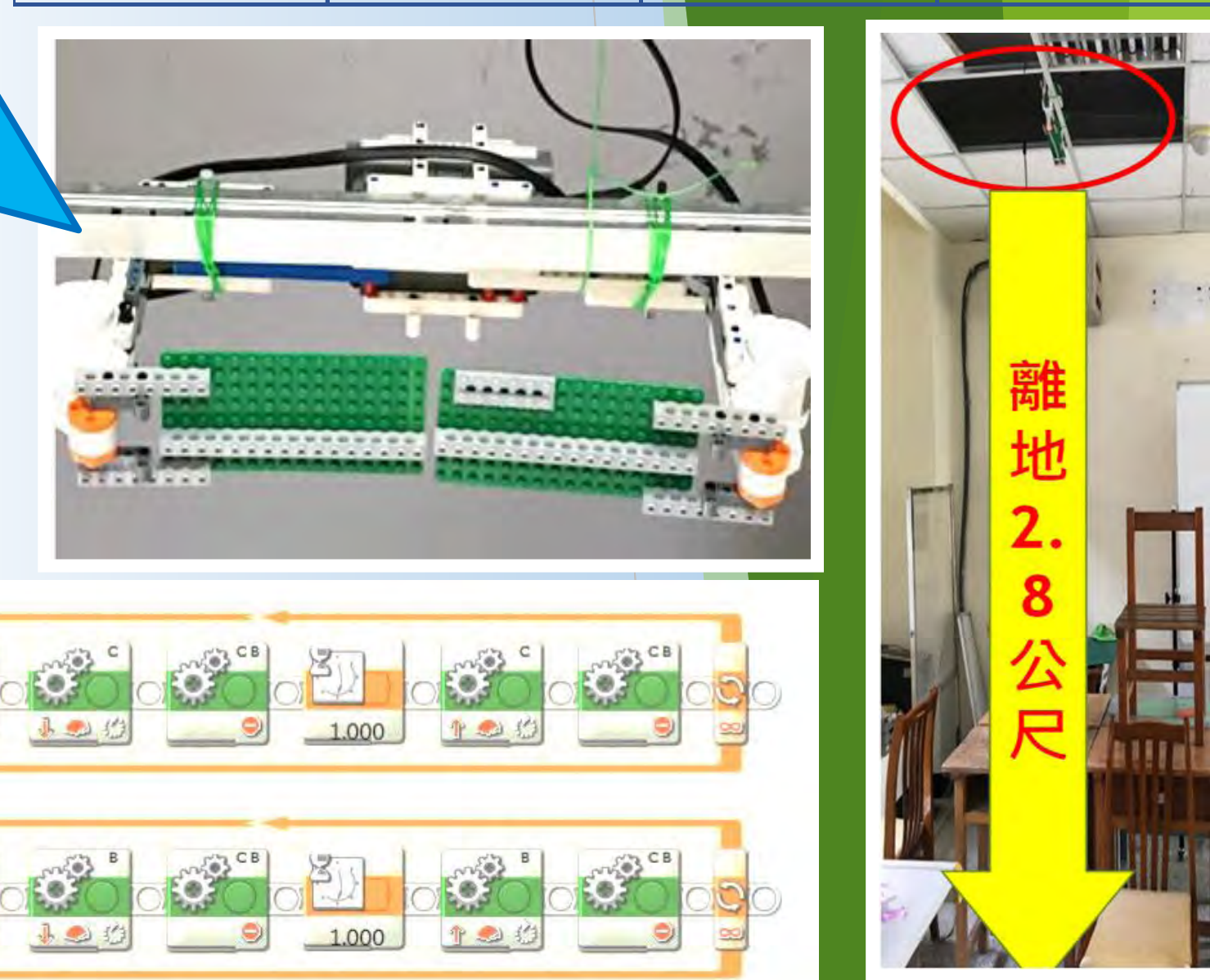
為了探究影響桐花旋轉的因素，我們製作多種模型來進行分析：

- 一、探討平面模型落下時是否能旋轉？
- 二、探討花柄對圓錐模型落下時能否旋轉之影響？
- 三、探討花蕊對圓錐模型落下時能否旋轉之影響？
- 四、探討花瓣對圓錐模型落下時能否旋轉之影響？
 - (一) 花瓣張角對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
 - (二) 花瓣數量對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
 - (三) 花瓣斜角對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
 - (四) 花瓣重量不平均對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。
 - (五) 花瓣位置分布不平均對圓錐模型落下時能否旋轉之影響。

實驗裝置設計：在密閉空間中，確保無氣流干擾，以樂高機器人製作發射平台。

表一、本實驗使用之材料

一、模型製作材料			
書面紙	泡綿紙	雷射切割機	瞬間膠
二、發射器材料			
樂高機器人	樂高料件	USB電風扇	PVC水管
三、觀察與測量器材			
碼表	筆記型電腦	麵包板	光敏電阻



實驗過程與方法

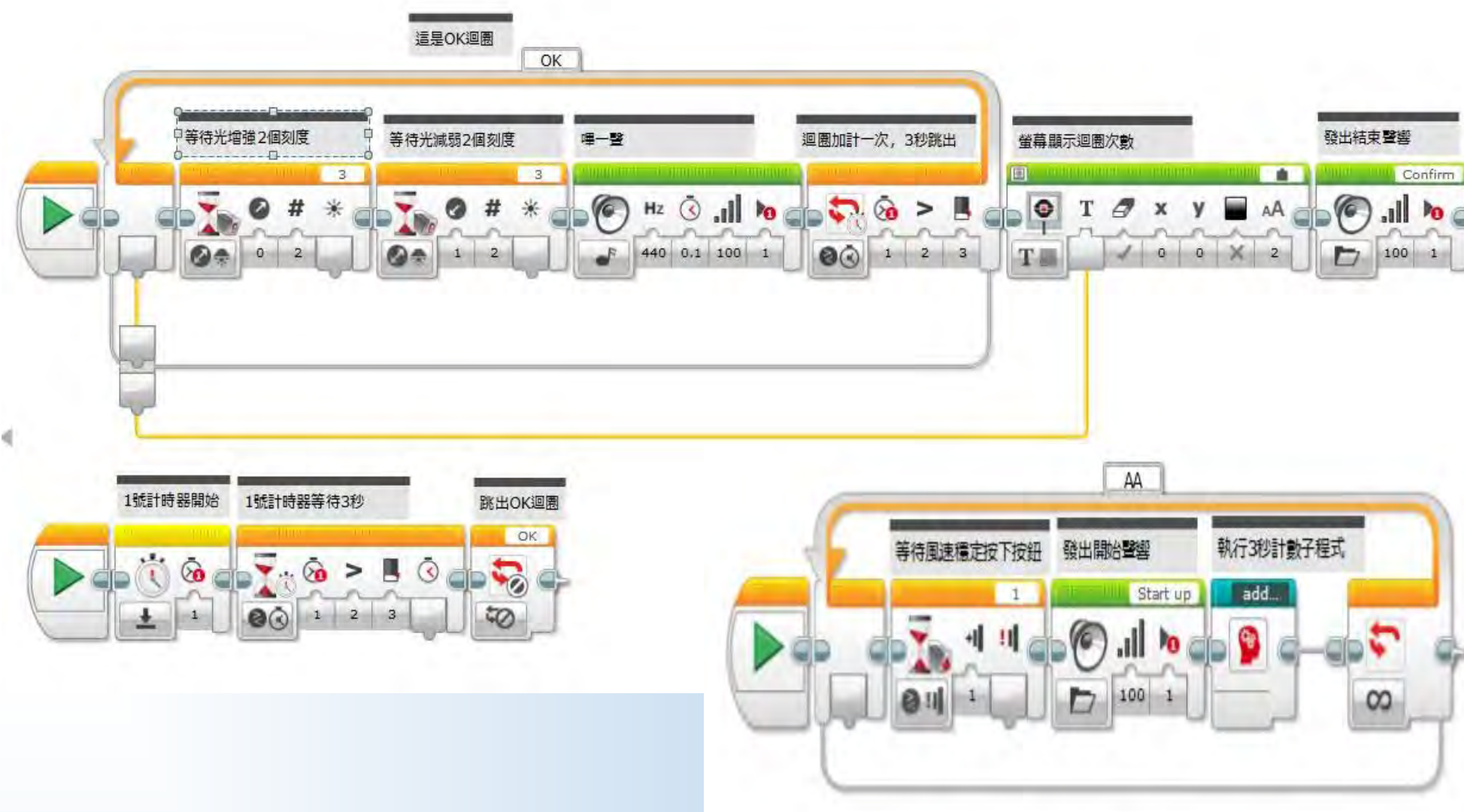
一、發射器的製作

為減少測量上的人為誤差，利用樂高機器人設計桐花模型的發射台。將機器人固定在離地2.8公尺的天花板上，按下觸控感應器的按鈕，兩馬達同時以逆時針方向快速旋轉110度角。發射平台打開後靜置一秒後，再行收回發射板，以免產生氣流影響實驗數據。

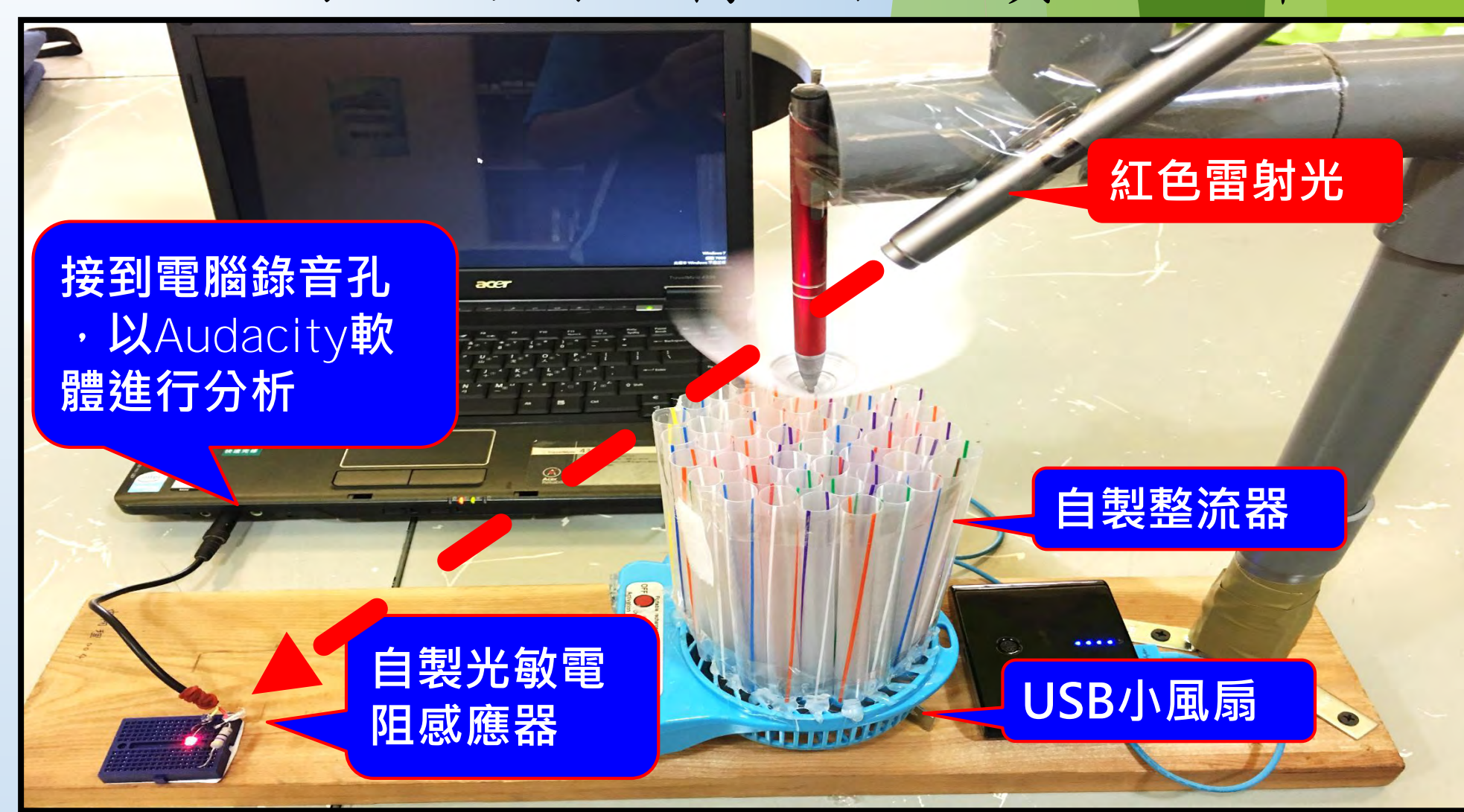
二、測量轉速之實驗設計



為了快速取得桐花模型轉動快慢的轉速，我們自行設計轉速計，利用樂高光學感應模組每三秒測量到的雷射光感應次數，進一步除以3，再除以桐花花瓣數目5，可求出桐花模型每秒的轉速。



三、紀錄啟動到旋轉歷程之實驗設計



結果與討論

實驗一：學校附近千年桐雄花落下旋轉之調查

實驗二：平面型桐花模型落下時的旋轉狀況

(一) 泡棉紙平面桐花 (二) 泡棉紙平面與彎瓣模型之比較

3cm花瓣	6cm花瓣	3cm花瓣	3cm花瓣
無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	逆時針旋轉，所以花瓣彎曲是桐花旋轉的重要關鍵



(三) 書面紙平面模型落下時的旋轉比較

四瓣細	四瓣中	四瓣粗	五瓣粗	八瓣細	八瓣粗
無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄
四瓣細長形	四瓣細長形	四瓣粗梯形	八瓣細長形	八瓣粗梯形	
無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	無法旋轉，亂飄	

(四) 書面紙平面模型增加花萼重量落下時的旋轉狀況

模擬花萼加重到比花瓣重量重才能穩定下降	模擬花萼加重到比花瓣重量重才能穩定下降	模擬花萼加重到比花瓣重量重才能穩定下降
明顯落下1.5公尺開始順時針旋轉，旋轉效果佳	僅有一點點順時針旋轉，旋轉效果較差	明顯落下1公尺即開始順時針旋轉，旋轉效果最佳

(五) 書面紙摺角模型落下時的旋轉狀況(摺角60度)

四瓣細	四瓣中	四瓣粗	五瓣粗	八瓣細	八瓣粗
下落80公分開始順時針旋轉，旋轉輕快	下落100公分開始順時針旋轉，旋轉普通	旋轉不明顯	旋轉不明顯	下落100公分開始順時針旋轉，旋轉最快	不旋轉，只有穩定下沉
不旋轉，只有穩定下沉	不旋轉，只有穩定下沉	不旋轉，只有穩定下沉	亂翻	旋轉不明顯	亂翻
下落100公分開始順時針旋轉，旋轉輕快	下落200公分開始順時針旋轉，旋轉慢	旋轉不明顯	下落80公分開始順時針旋轉，旋轉普通	下落80公分開始順時針旋轉，旋轉快速	

實驗三：花柄對圓錐模型落下時能否旋轉之影響

真實桐花花柄照片	自製花柄與圓錐模型(花柄0度)	自製花柄與圓錐模型(花柄30度)	自製花柄與圓錐模型(花柄60度)

實驗結果：測試三種花柄角度，都不會造成旋轉

實驗四：花蕊對圓錐模型落下時能否旋轉之影響

真實桐花花蕊照片	一個花蕊	二個花蕊	三個花蕊
四個花蕊	五個花蕊	六個花蕊	

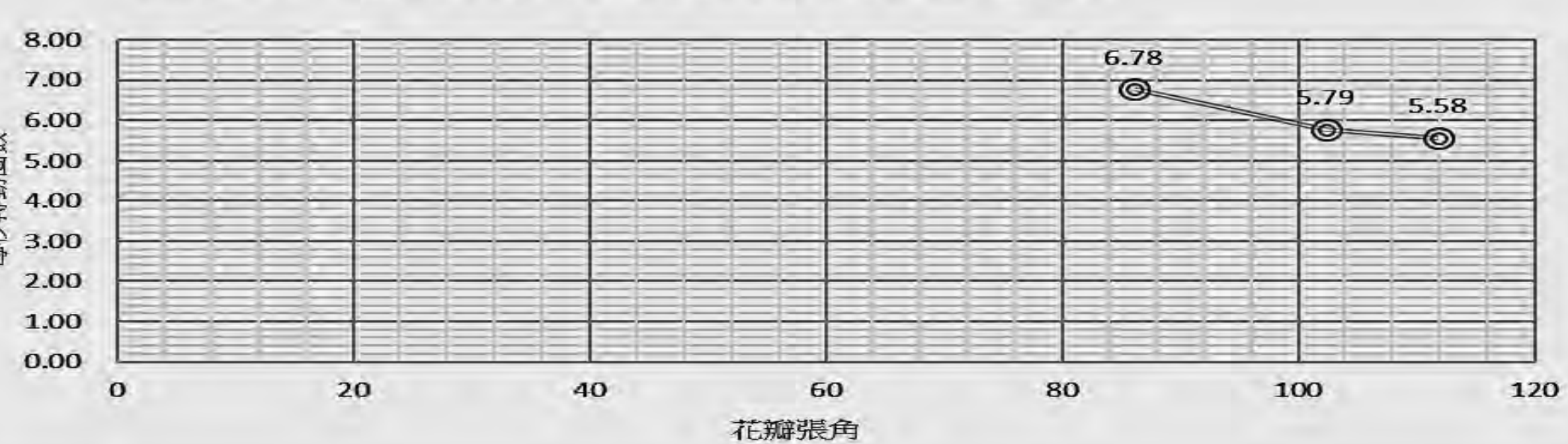
實驗結果：測試六種不同花蕊數量之模型，都不會造成旋轉

實驗五、花瓣對圓錐模型落下時旋轉之影響

(一) 花瓣張角對圓錐模型落下時旋轉之影響。

質量	1.40g	1.40g	1.40g
錐角	86.1	102.3	111.9
10次平均	101.70	86.80	83.70
3秒圈數	20.34	17.36	16.74
每秒平均圈數	6.78	5.79	5.58

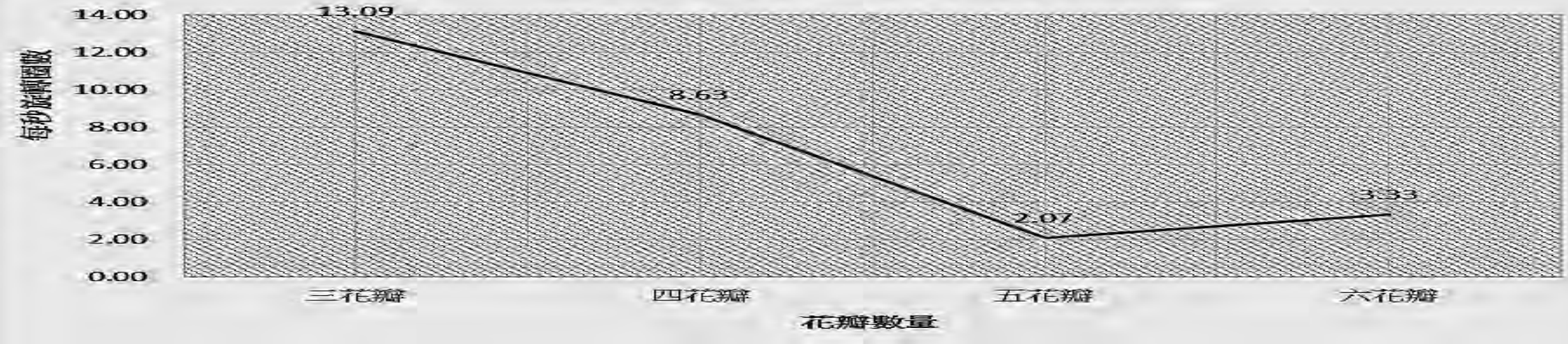
圖九：花瓣張角與旋轉快慢之比較



(二) 花瓣數量對圓錐模型落下時旋轉之影響

10次平均	117.80	103.60	31.00	60.00
3秒圈數	39.27	25.90	6.20	10.00
每秒平均圈數	13.09	8.63	2.07	3.33

圖十：花瓣數量與旋轉快慢比較圖



(三) 圓錐模型缺口寬度對旋轉快慢之影響



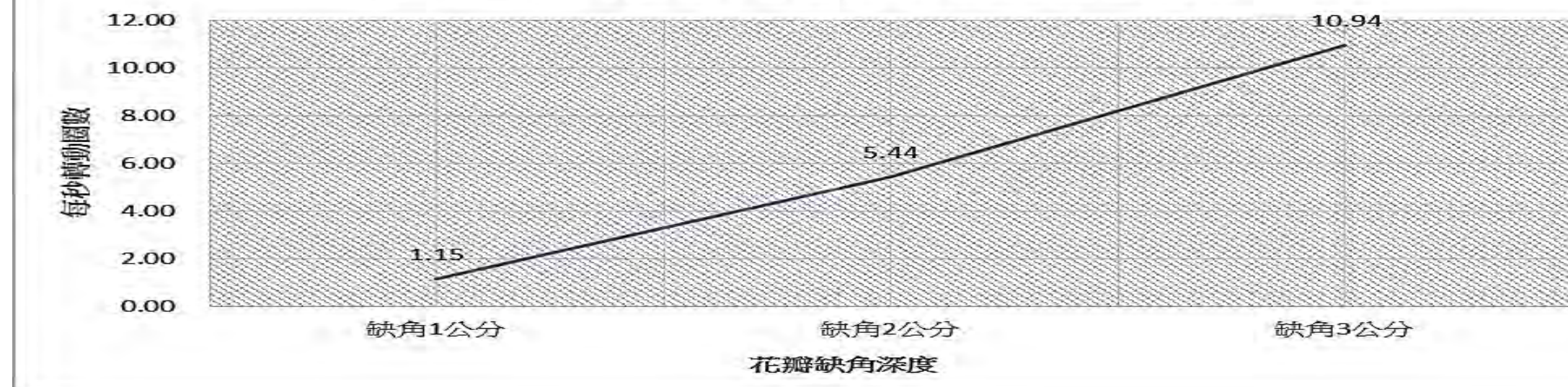
圖十二：花瓣缺角寬度與轉速率之關係



(四) 圓錐模型缺口深度對旋轉快慢之影響



圖十四：花瓣深度與轉動圈數之關係



(五) 花瓣重量不平均對圓錐模型落下時旋轉之影響

這片花瓣是以兩片花瓣重複黏結一起

實驗結果：在轉動測量器上極不穩定但真實由高處落下會螺旋形落下

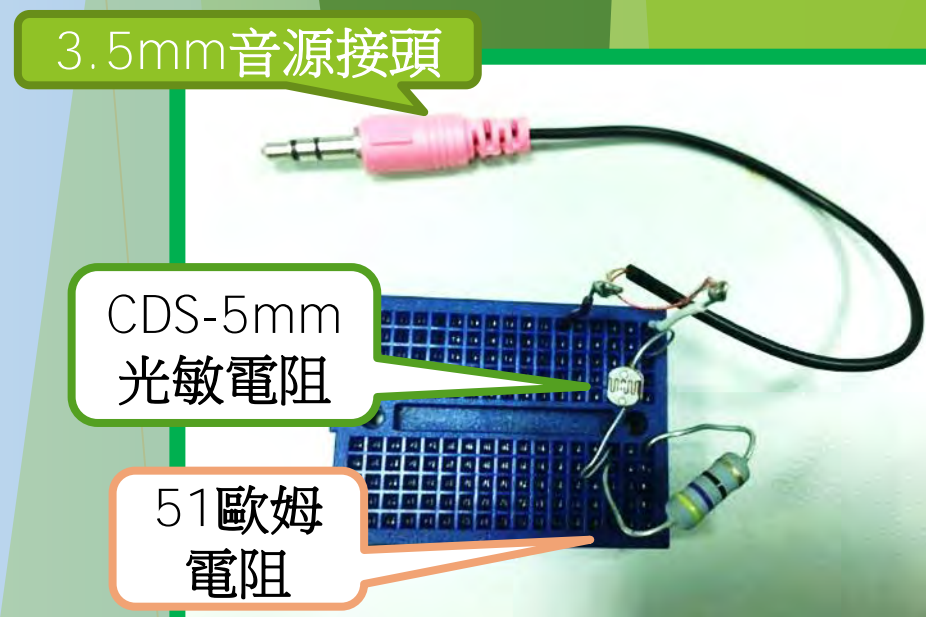
花瓣間五個角度

實驗結果 仍會順時針旋轉，但晃動明顯。

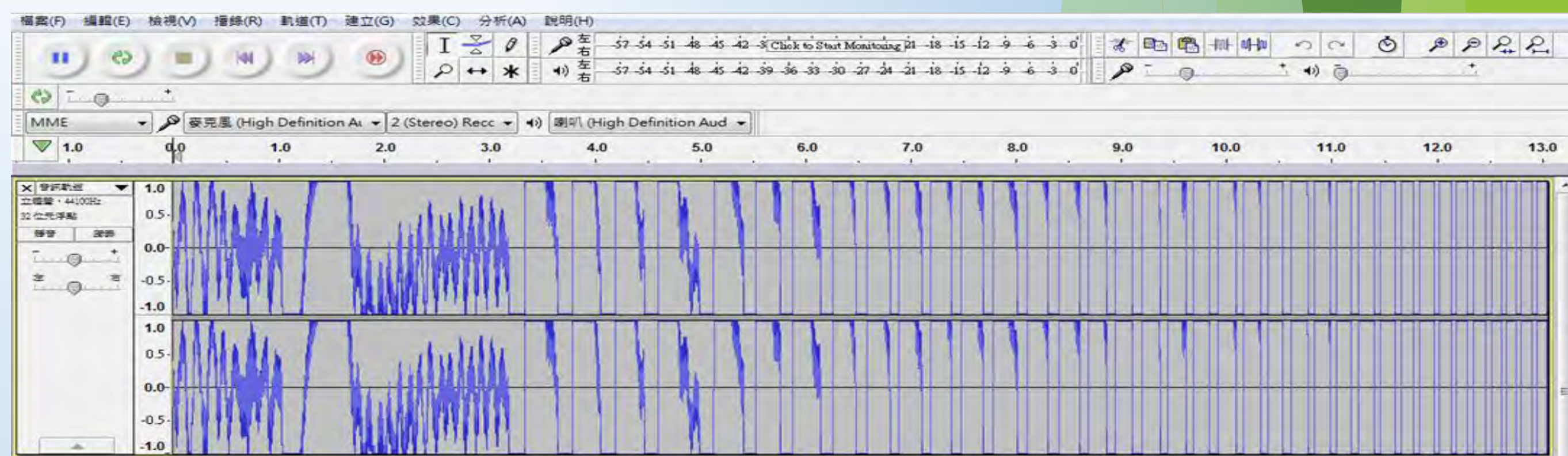
60-60-60-60-30

實驗結果 仍會順時針旋轉，但旋轉狀況很差。

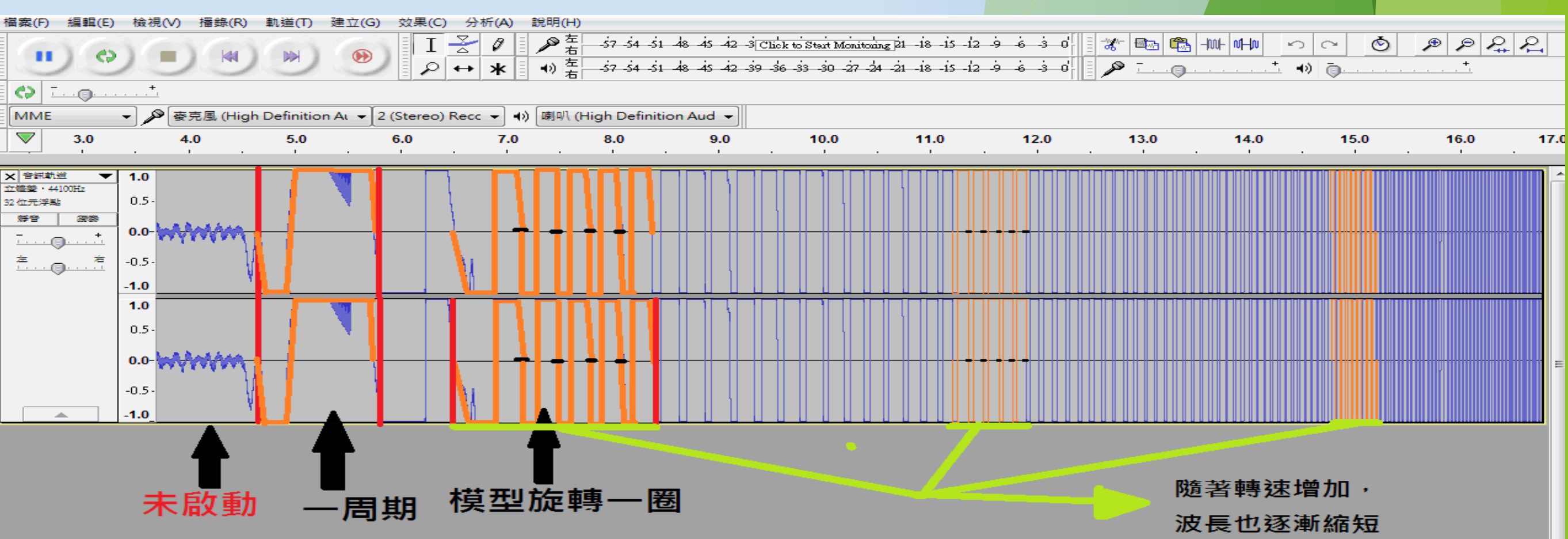
(六) 利用紅色雷射光射入花瓣間隔，再利用CDS-5mm光敏電阻感應，再將電流值用Audacity軟體分析，紀錄桐花模型在整流風扇吹動下從靜止至穩定旋轉的歷程。



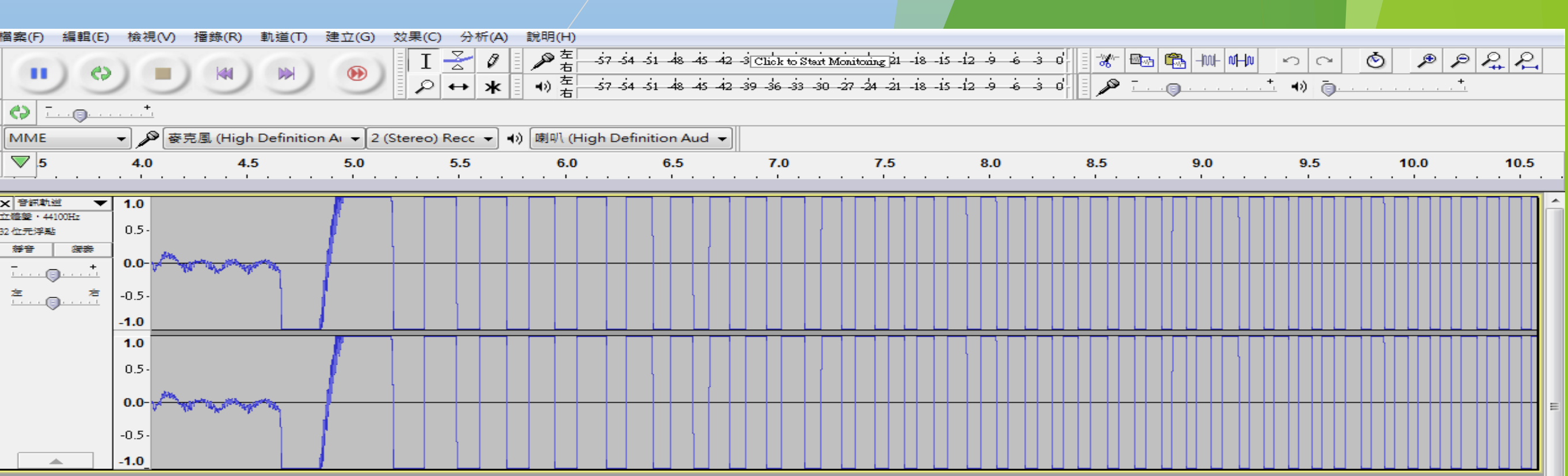
(1) 三片花瓣的紀錄



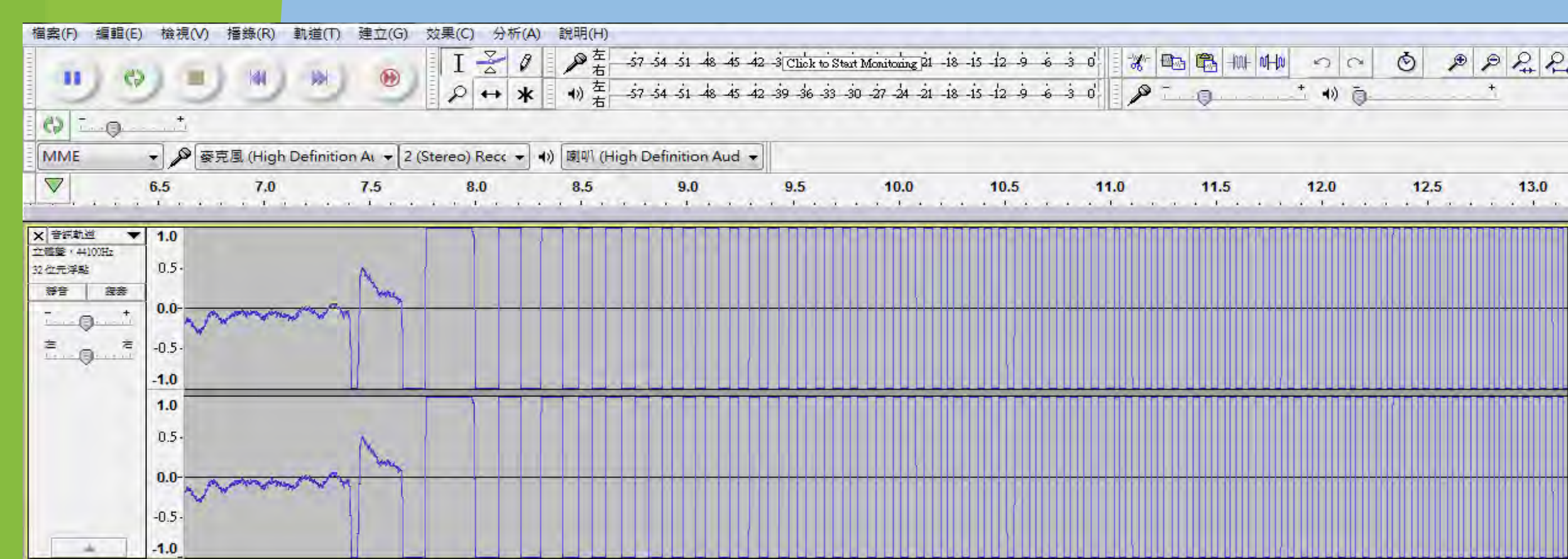
(2) 四片花瓣的紀錄



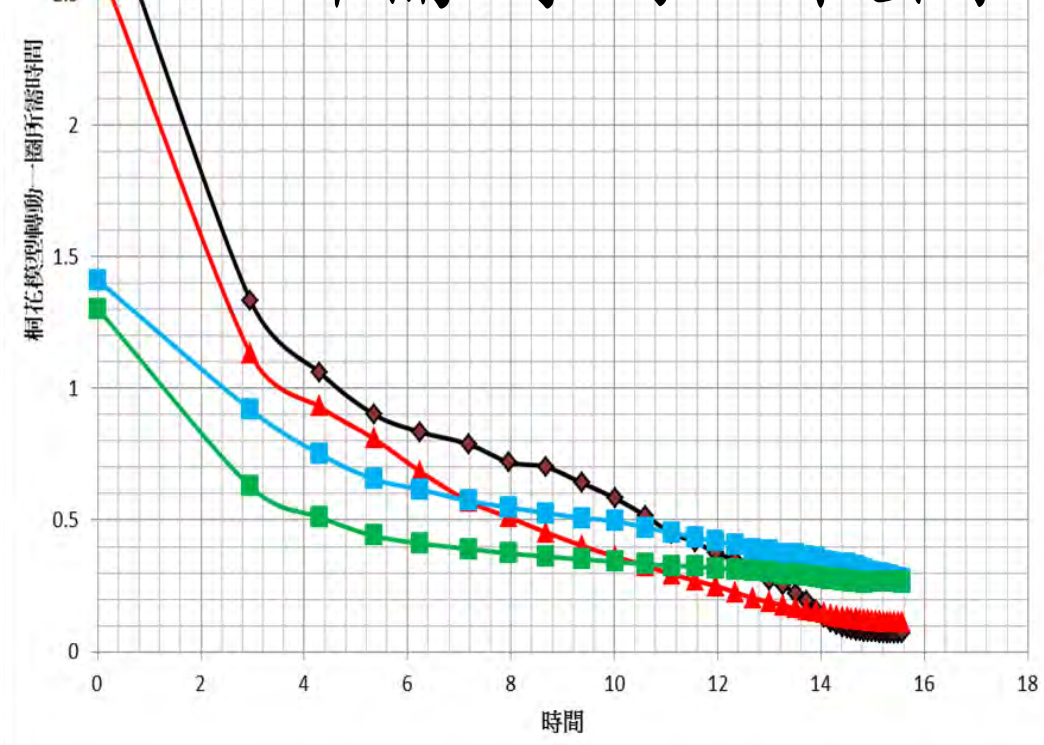
(3) 五片花瓣的紀錄



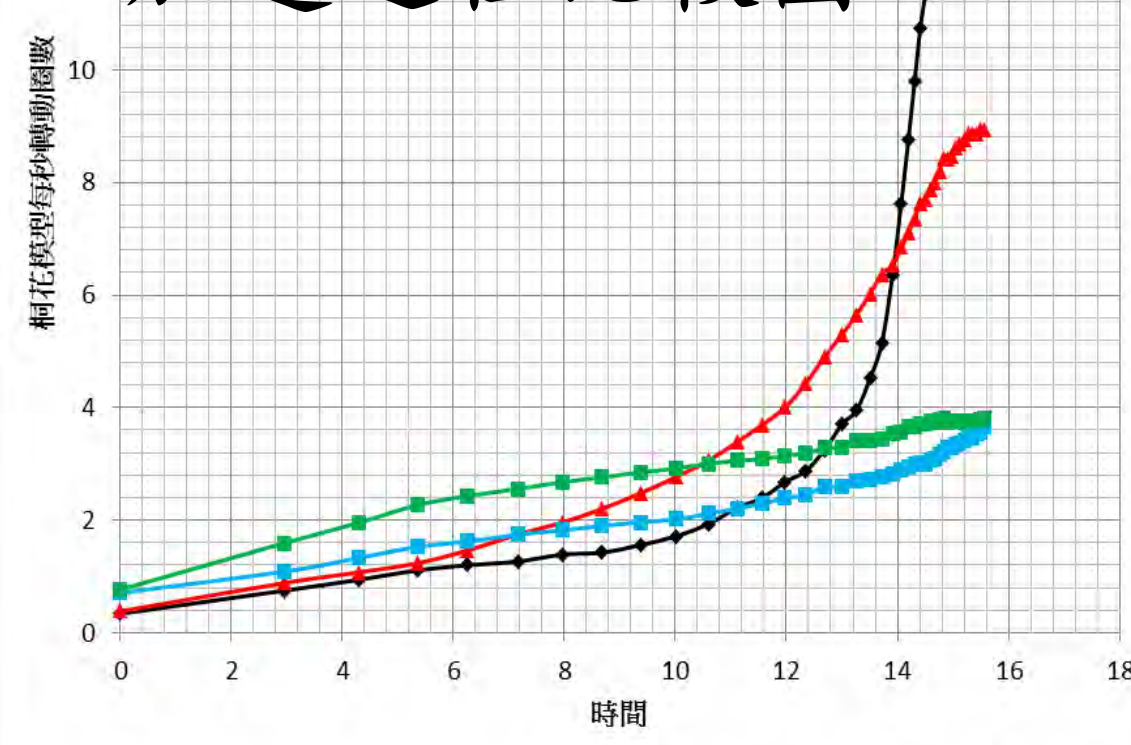
(4)六片花瓣的紀錄



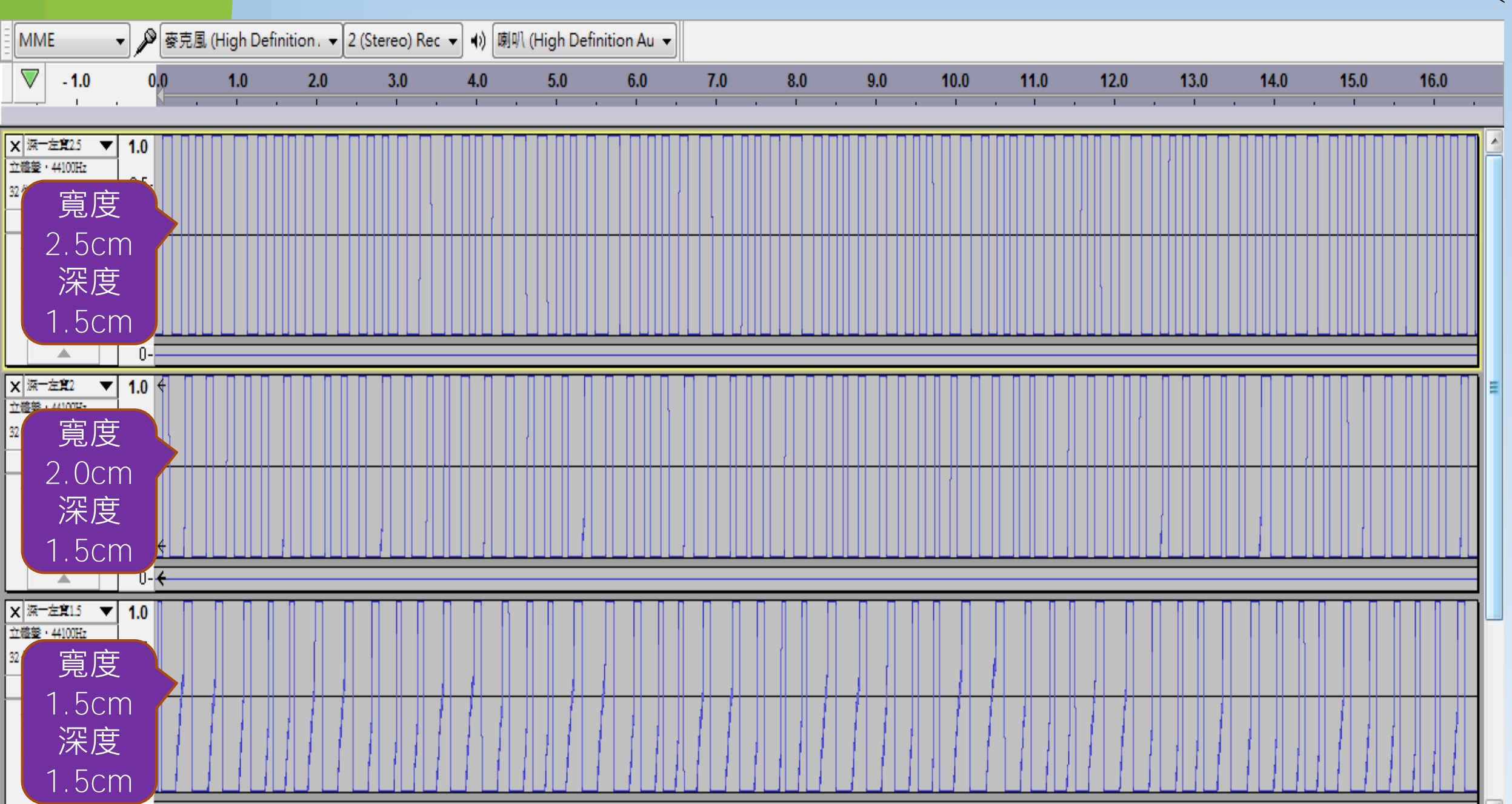
(5)不同花瓣數轉一圈所需時間比較圖



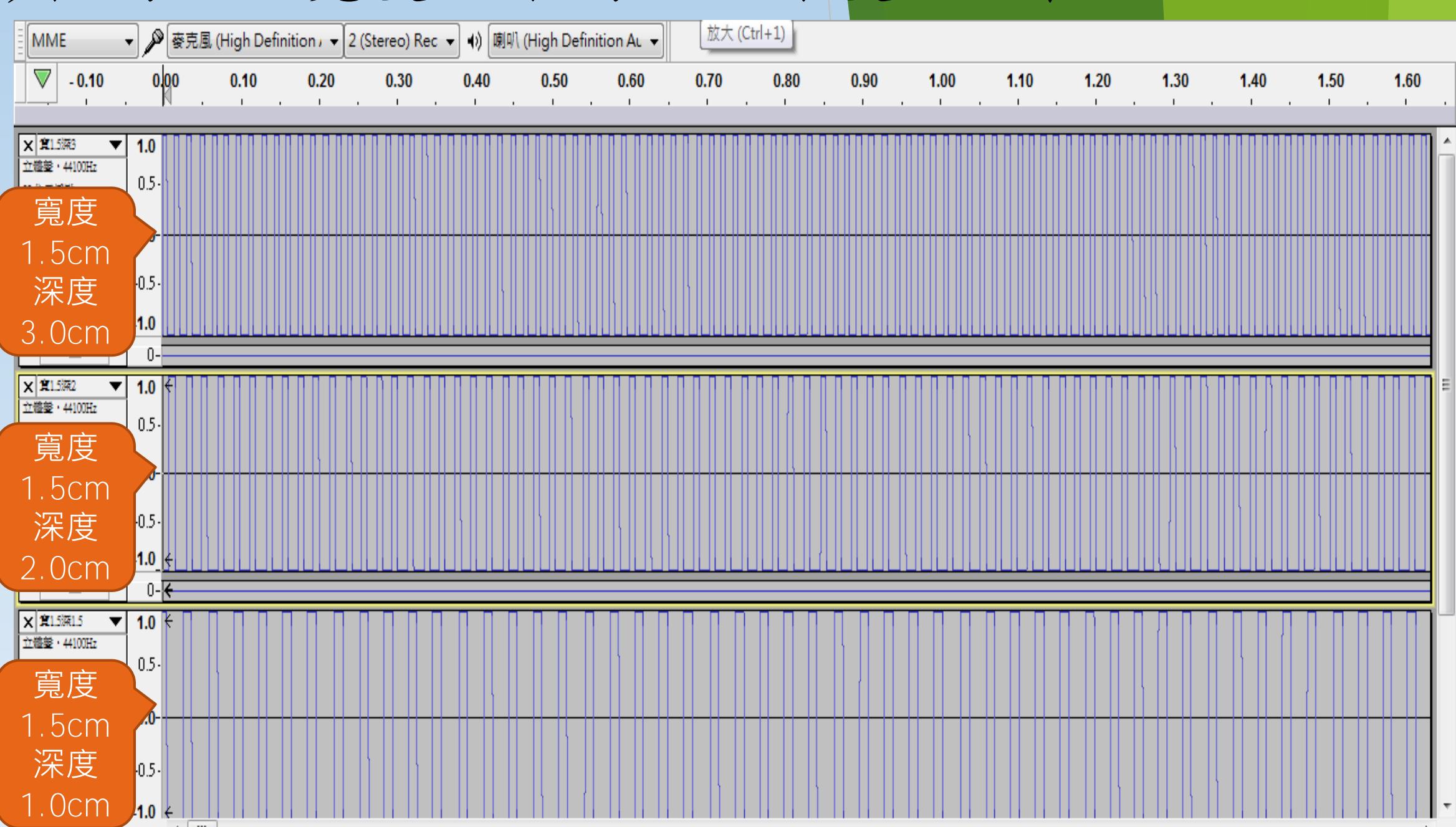
(6)不同花瓣數加速過程比較圖



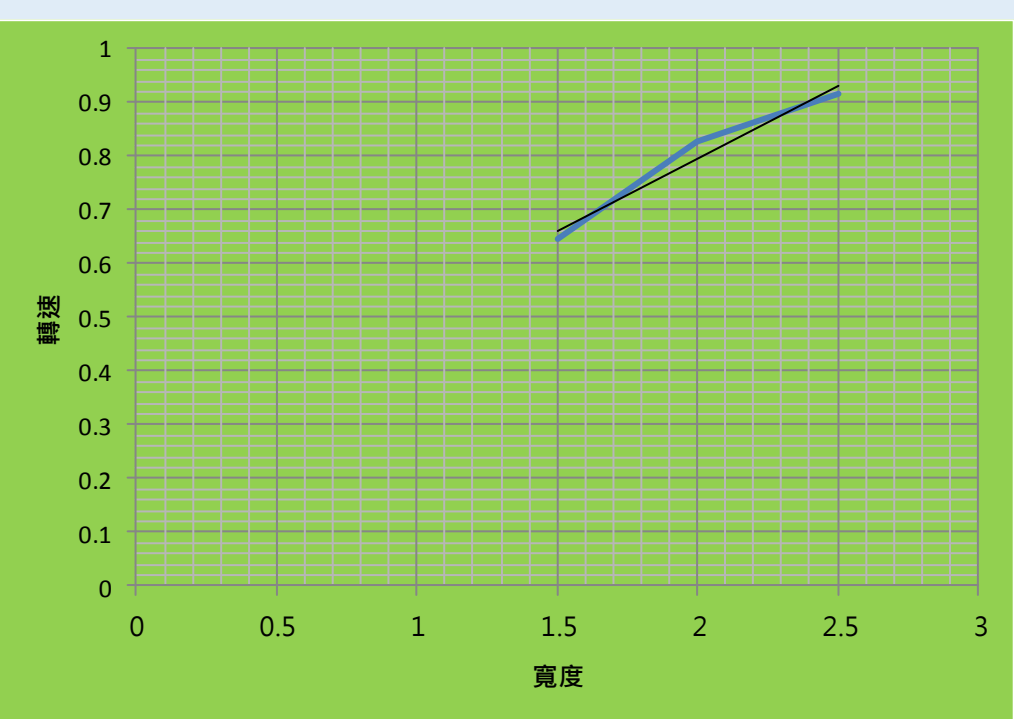
(7)相同缺口深度，不同缺口寬度之比較



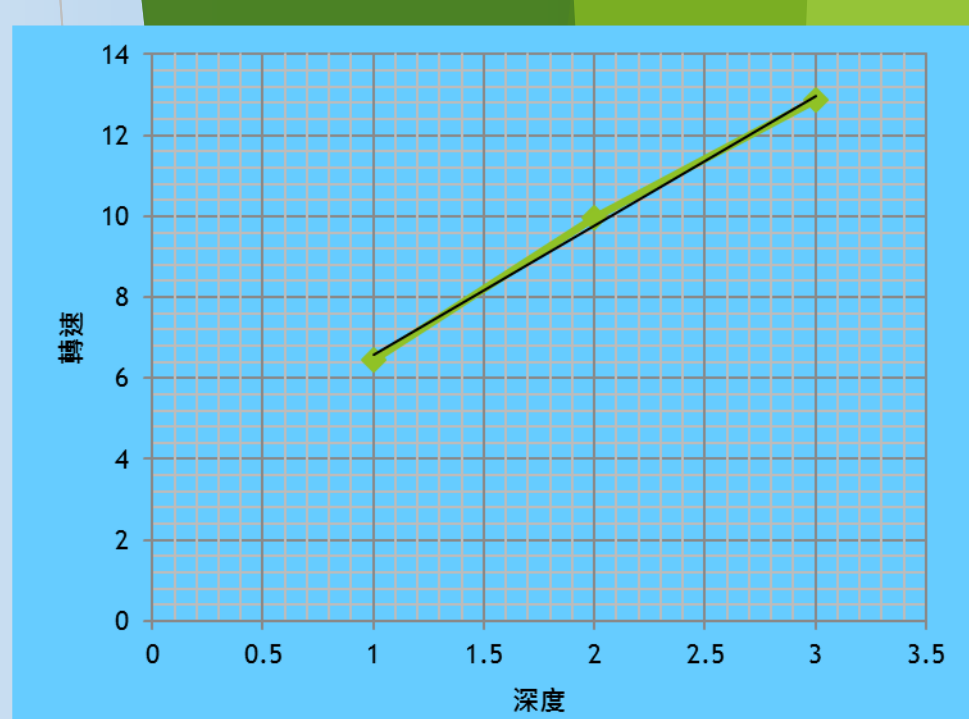
(8)相同缺口寬度，不同缺口深度之比較



寬度越寬，轉動速率越大，由數值分析為接近線性關係。



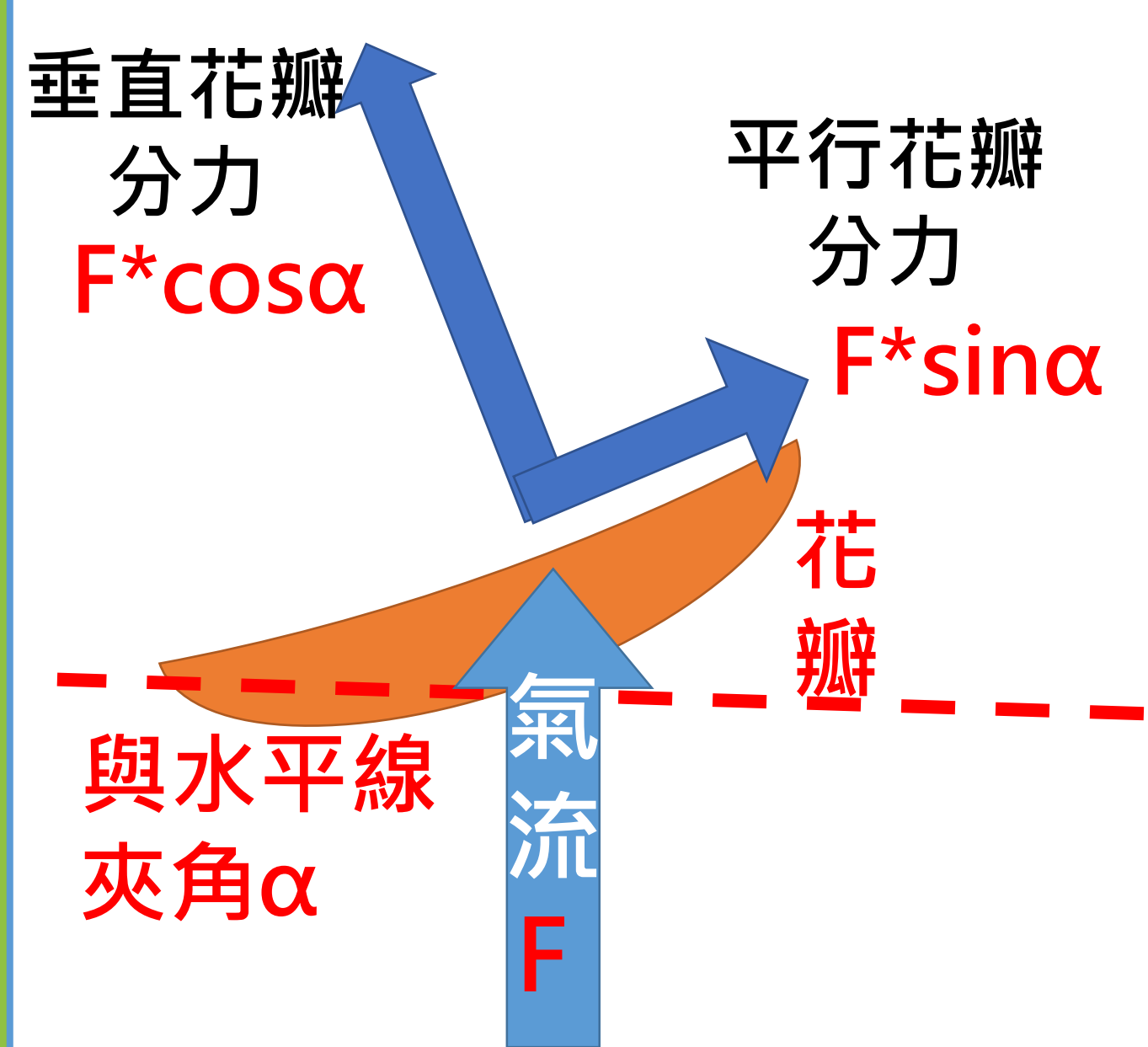
深度越深，轉動速率越大，由數值分析為線性關係，且深度對轉速影響大於寬度。



心得與討論

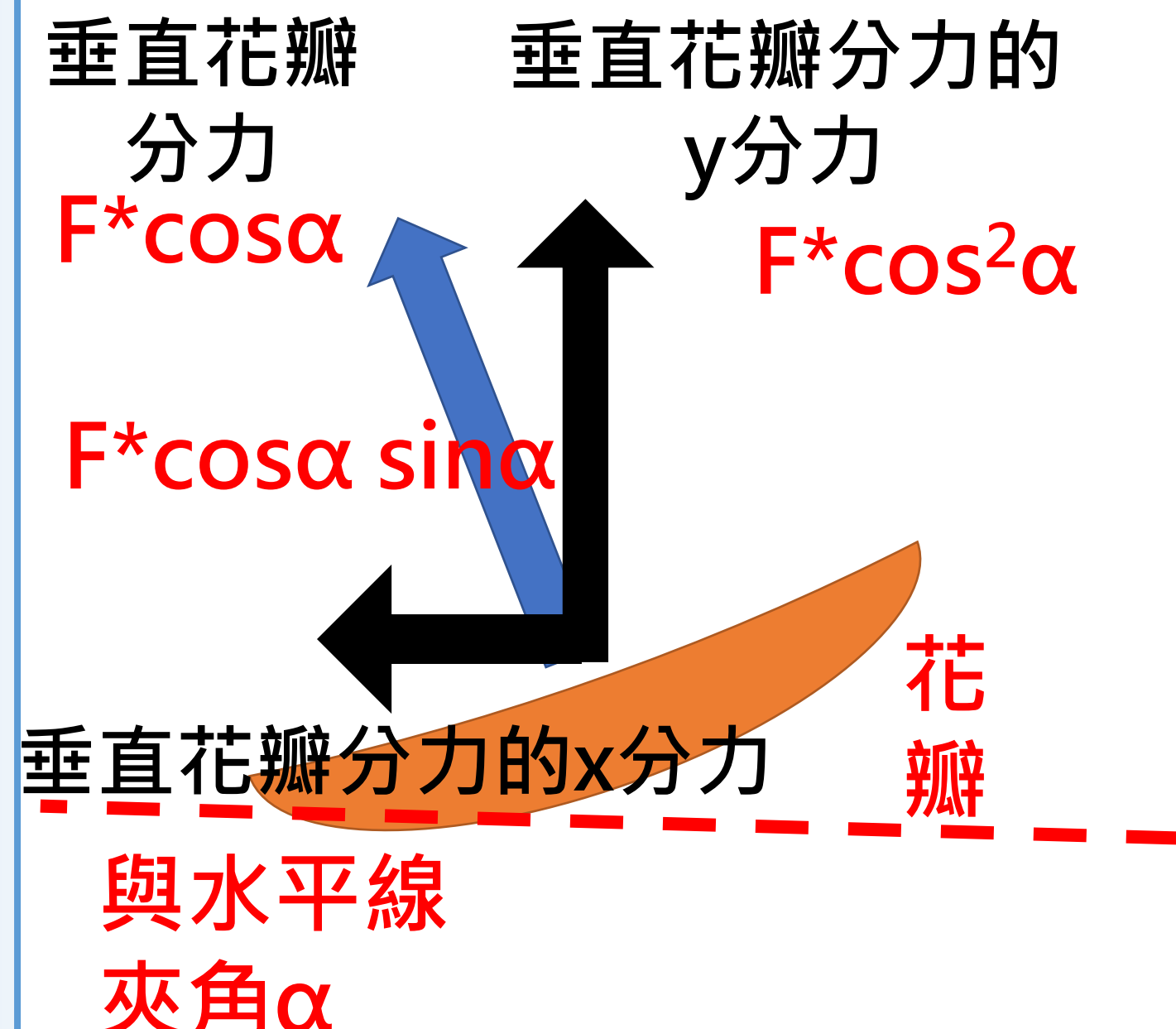
一、當花瓣右壓左為順時針方向旋轉，當花瓣左壓右為逆時針方向，其力學分析如下。

氣流造成花瓣旋轉的力學分析

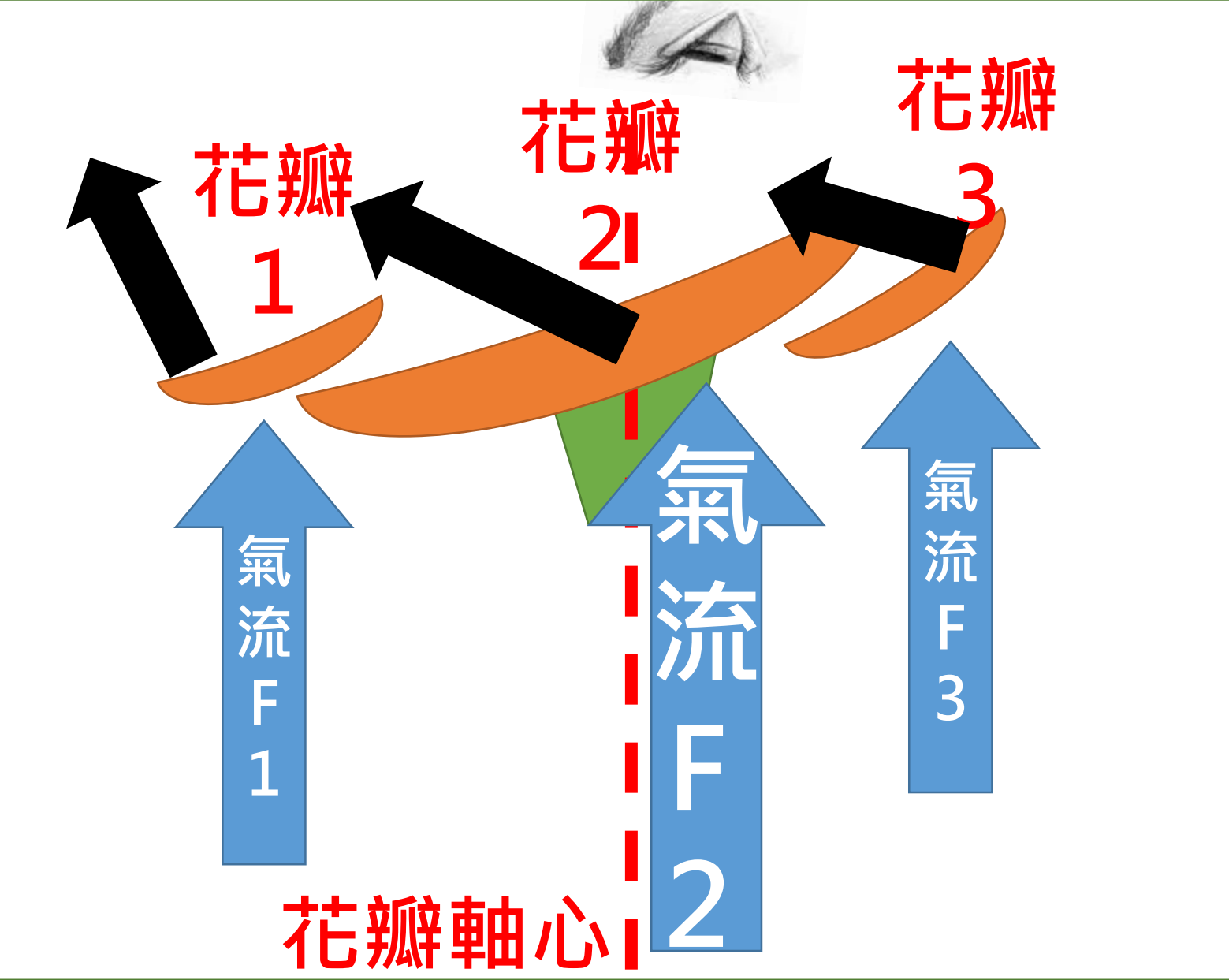


花瓣右壓左時

X軸分力形成花瓣旋轉



造成花朵俯看時為順時針旋轉



花瓣越多，造成旋轉之總力越大

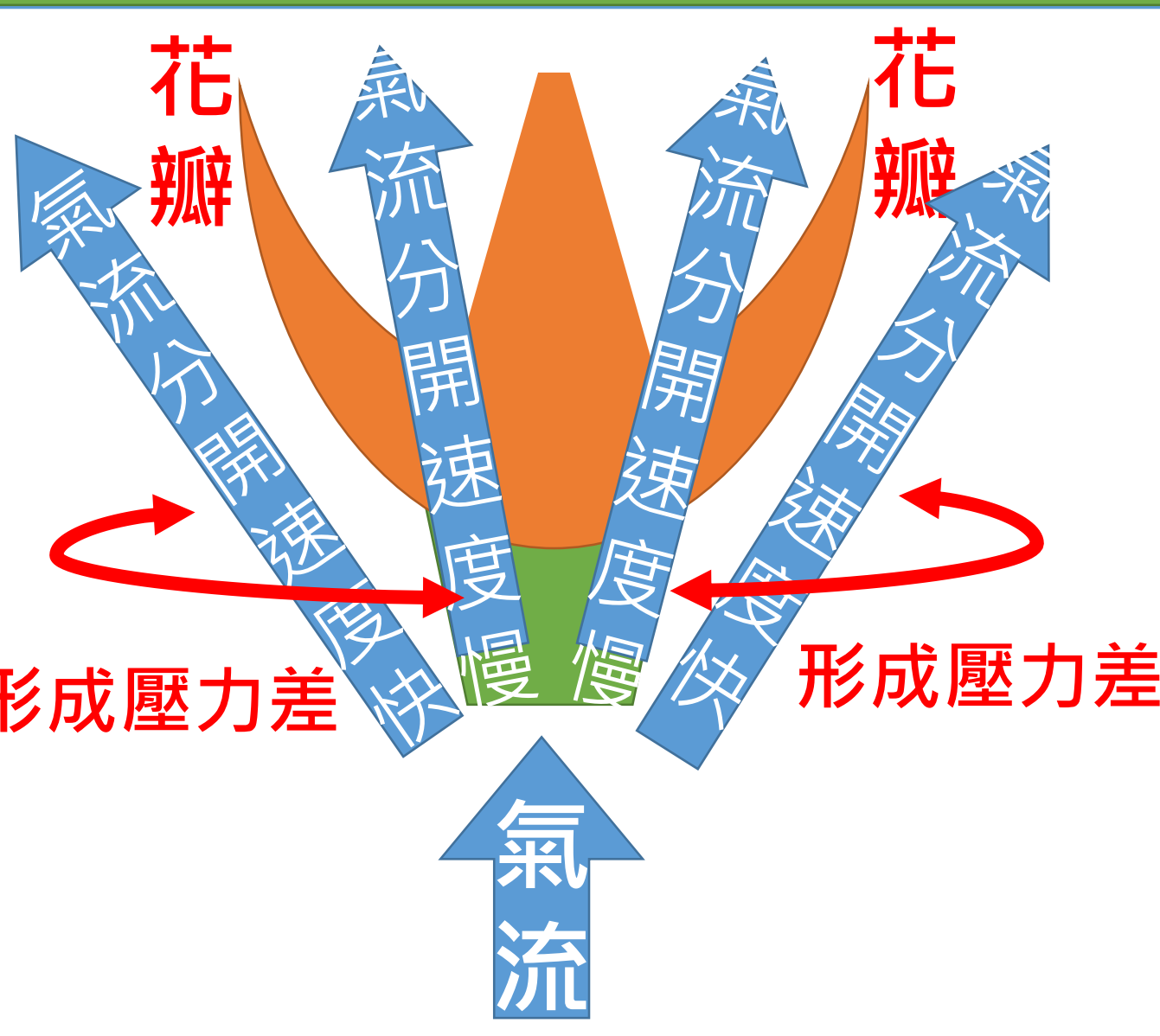
二、花瓣彎曲、花瓣摺角、花萼的重量都是桐花模型穩定落下的關鍵。穩定落下可以導引空氣氣流，使得花瓣間穩定的壓力差產生旋轉力。

三、花瓣越長，旋轉越明顯。這是因為氣流造成的旋轉力臂較長，力矩較大。

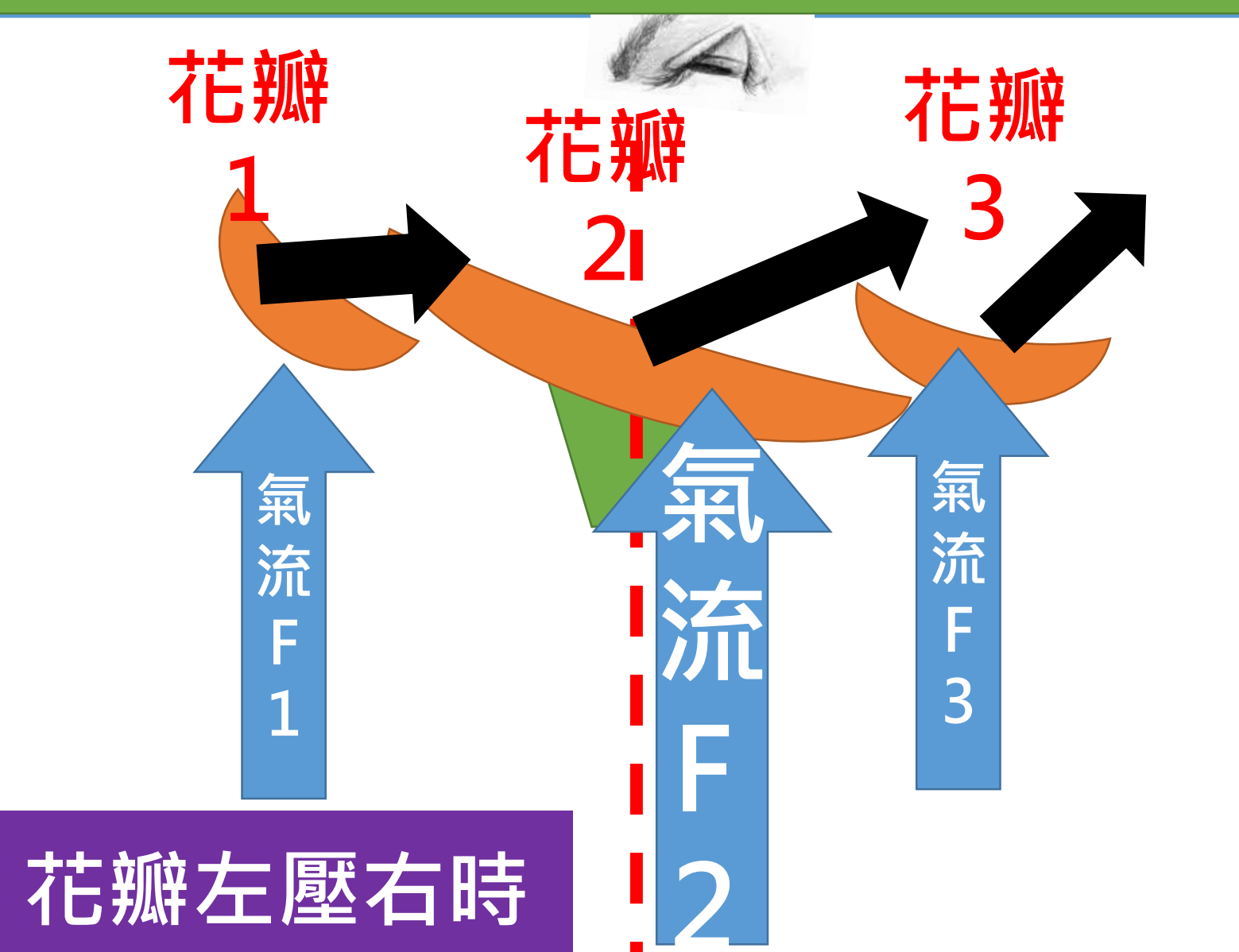
四、三角形花瓣的旋轉情形優於長方形花瓣。這是因為三角形花瓣的斜邊在氣流中形成的壓力差大，所以旋轉較為明顯。

五、八個花瓣旋轉優於四個花瓣，這是因為氣流造成的旋轉力較多，形成旋轉的力矩較大。

花瓣彎曲造成穩定壓力差



造成花朵俯看時為逆時針旋轉



花瓣左壓右時

結論

一、花的結構五個部分：花蕊、花瓣、花萼、花托、花柄，其中主要是由花瓣控制花的轉向與轉速。

二、泡棉、書面紙花瓣平面模型擁有花瓣兩倍重的重心或有摺角就能夠穩定的飄落旋轉，花瓣張角86.1度，花瓣數量三瓣，圓錐型模型缺口寬度2.5公分，缺口深度3公分，以上為使花能旋轉的最穩、最快的組合要件。

三、花瓣旋轉一樣是受花瓣重疊方式不同而影響，左花瓣疊壓右花瓣則以逆時針旋轉，右壓左則以順時針旋轉；花瓣軸心偏右則以順時針旋轉，偏左則以逆時針旋轉，其中一花瓣若以相反方向排列則會相抵消旋轉力量，造成旋轉速率減緩。

四、花瓣分佈不平均也會造成花掉落時的不穩定性，其中重量不平均更使花朵形成螺旋形軌跡落下。

五、花朵落下在開始旋轉之前須有一段醞釀期。醞釀期時間長短則牽扯到轉動慣量($I=MR^2$)，花瓣愈長力矩變大重量也就愈大相對轉動慣量也就大，因此醞釀期也相對長。但花瓣數越多，或花瓣偏角越大，都是減短醞釀期的變因。

六、我們創新以樂高光學感應器計算轉速，及利用光敏電阻來量測從啟動到穩定旋轉的歷程。

七、校園中，山櫻花、富士櫻、波斯菊、桃花、杜鵑花，發現它們從高處落下也都有旋轉的狀況。

八、我們發現有旋轉之物體，比無旋轉物體落下時間稍短。這可應用於飛行體與空投炸彈的設計。