中華民國第52屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　物理科

最佳創意獎

030115

翻滾吧！蓮霧

學校名稱：臺中市立福科國民中學

作者：	指導老師：
國二 陳憲宏 國二 陳新翰 國二 李　暐	何莉芳 洪碧霞

關鍵詞：重心、浮態、穩定平衡

翻滾吧！蓮霧

~非均質圓錐形浮體(蓮霧)的平衡與穩定

壹、摘要：

本研究以蓮霧為題材，探討非均質圓錐形浮體(蓮霧)的平衡與穩定。結果發現，蓮霧浮在水面上具有雙浮態，分別是直立式浮態(鈍端朝上)與橫臥式浮態。並透過自製蓮霧模型發現此類浮體的浮態與重心位置高低有關，重心越低則會產生直立式浮態。

實驗選用蓮霧為非均質圓錐體，重心位置經測量為 5/12h，較一般均質圓錐體 1/4h 高，且浮於水面時因重心低於浮心，使二種浮態呈現穩定平衡。並透過實驗證明直立式浮態穩定性較橫臥式浮態高。

並進一步研究蓮霧在水面下的翻轉。最終浮態受到入水方式、初速大小的影響，並與第一次落下最低點時蓮霧是否呈現穩定平衡有關。初速大的落水，蓮霧最終浮態多為橫臥式；而初速小的落水，最終浮態則傾向較穩定的直立式。

貳、研究動機：

一顆小蓮霧會有什麼好研究的？可曾想過在水盆中的蓮霧是浮是沉？如果是浮，又會是哪一種浮態？這與它圓錐狀的外表有沒有關係？某天中午好奇地將營養午餐的水果蓮霧丟到水中，卻發現這小小蓮霧在水中竟有不同的浮態，這一點使我們相當震驚，究竟只是普通現象？還是別有玄機呢？

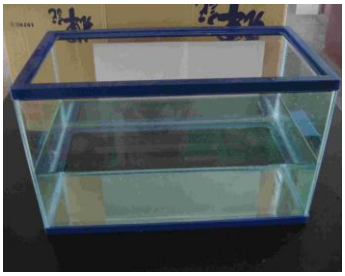
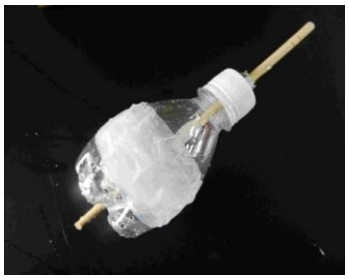
蓮霧是臺灣好吃的水果，多汁又甜美，特別是圓錐狀粉紅色的外型更是討喜。基於對蓮霧雙浮態現象的好奇，於是模仿『搞笑學物理』的精神，從生活中看似尋常的小事出發，設計了一連串的實驗，展開對不均質圓錐形浮體在水中的平衡與穩定態研究。

参、研究目的：

一、研究蓮霧的浮態，並與其他圓錐體的浮態進行比較。
二、探討蓮霧的雙浮態與橫向穩定度的關係。
三、探討蓮霧不同初速與入水方式在水面下翻轉變化與最終浮態。
四、找出蓮霧重心，探討非均質圓錐浮體的浮態與重心的關係，並以重心、浮心來解釋前述實驗結果。

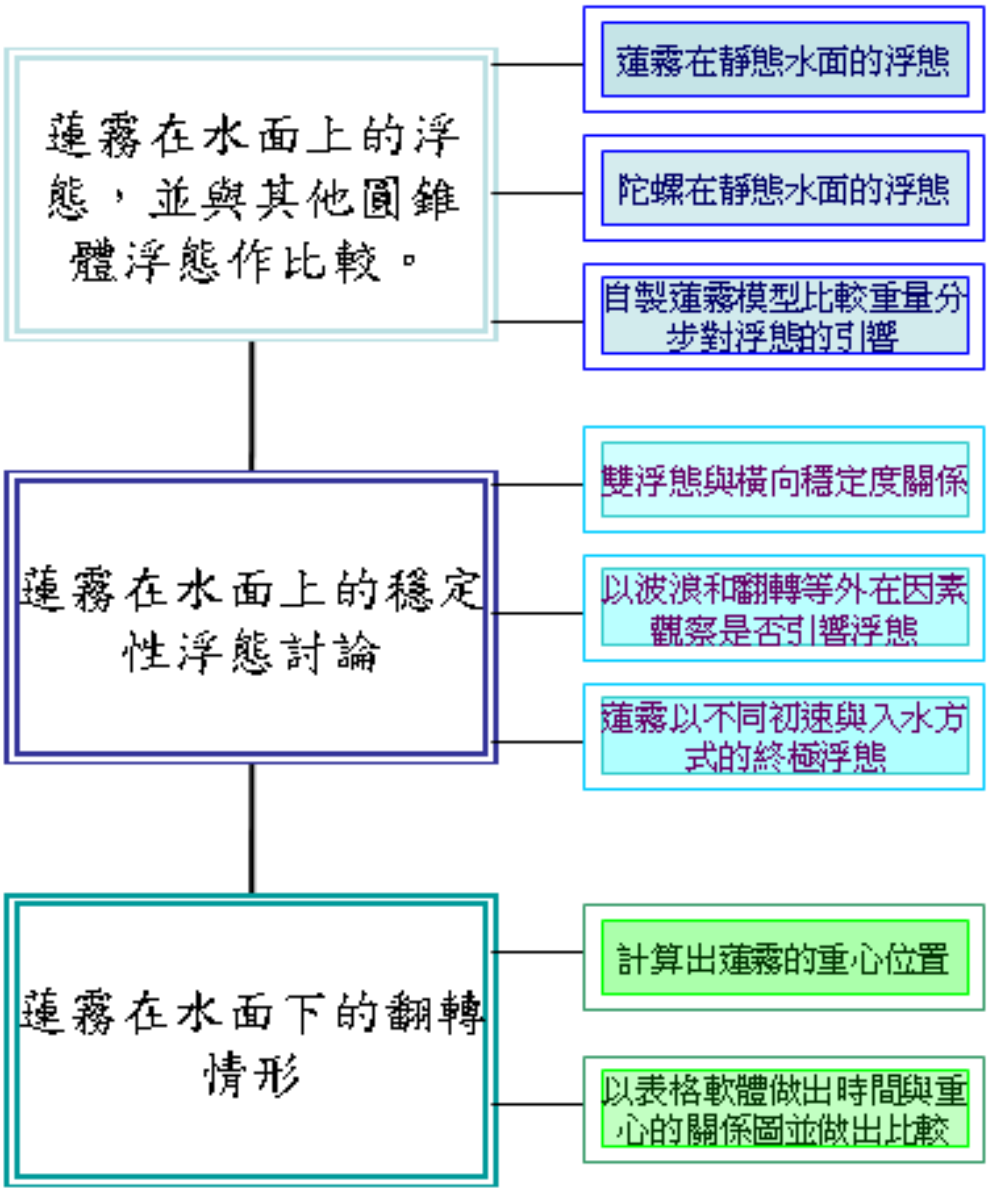
肆、研究器材：

黑珍珠蓮霧 5~8 顆(一、二月生產，59 元/斤等級)、大、小型水族箱一個(圖為大型)、自製蓮霧模型三個、陀螺一個、相機一台、腳架一支、電子秤一台。

伍、過程與方法：

一、研究架構：



二、預備實驗：

(一) 蓮霧的基本測量~蓮霧的密度：

臺灣的農業技術驚人，市售的水果在收成時多經過挑選，同一批水果外型相近，重量相似。我們去水果攤，挑選形狀與重量相近的黑珍珠蓮霧一批 (一、二月生產，59 元/斤等級)

並在實驗室秤重，挑選重量為 110 克上下，高度為 6 公分，且形狀較接近圓錐形的蓮霧 5 顆。採用計算浮力測質量與排水法測體積的方式來測量一顆蓮霧的平均密度。

1. 原始杯重 W_0
2. 將蓮霧放入水中，此時增加的重量讀數 W_1-W_0(即蓮霧重量)即代表排開的水重，因為水的密度是 1，也代表排開水的體積，即蓮霧液面下體積。根據浮力的觀念，浮體的浮力=排開的水重=蓮霧的重量 W_1-W_0
3. 而以細鐵桿將蓮霧恰壓入水面，測此時的水重為 W_2，因為水的密度是 1，所以排開的水量=蓮霧的體積=W_2-W_0
4. 如此可測得一顆蓮霧的平均密度。(W_1-W_0)/ (W_2-W_0)，並可算出蓮霧在液面下的體積占全體積的百分比。

	水杯 W_0	蓮霧浮 W_1	蓮霧沉 W_2	液面下體積 W_1-W_0 (即蓮霧重量)	液面上體積 W_2-W_1	蓮霧總體積 W_2-W_0	蓮霧密度 (沉的比例)
1	432	527	543	95	16	111	0.86
2	433	541	560	108	19	127	0.85
3	431	531	550	100	19	119	0.84
4	431	521	539	90	18	108	0.83
5	427	522	539	95	17	112	0.85

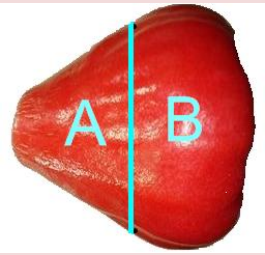
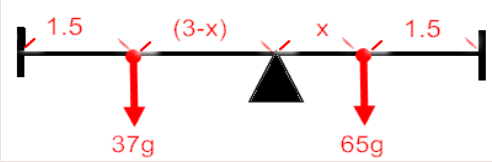
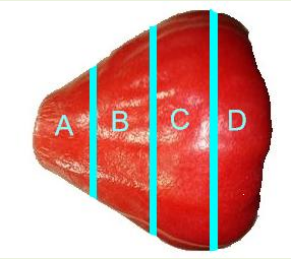
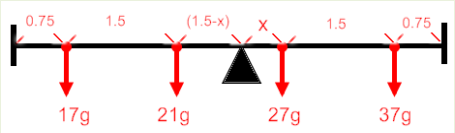
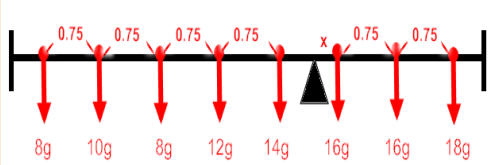
說明：用電子天平秤重來量測平均密度的優點是可以減少讀取量筒刻度的誤差。

經由上述測量後，以平均密度為 0.85，長度為六公分、重量約 110 克等條件，做為後續實驗用蓮霧篩選的標準。

(二) 蓮霧的基本測量~找出蓮霧重心：

我們用分割的方式秤出蓮霧各部份重量，並藉由槓桿原理找支點方式，求出蓮霧重心。

1. 挑選好的蓮霧經測量得垂直高度為 6cm。
2. 將蓮霧以同厚度分別切成 2 等份、4 等份、8 等份，並且以電子天秤測量每一等份的重量。
3. 利用槓桿原理計算出蓮霧的重心位置。

	示意圖	測量結果
二等分法		將蓮霧依相同厚度切成 A.B 等份 測量 A.B 的質量,得到: A : 37g　B : 65g  以槓桿原理列出算式 37(3-x)=65x , x=1.088 求出**重心位置距鈍端 ≒2.588**
四等分法		將蓮霧依相同厚度切 A.B.C.D 等份，得到: A : 17g、B : 21g　C : 27g、D : 37g  以槓桿原理列出算式 17(3-x)+21(1.5-x)=27x+37(1.5+x)　x=0.625 求出**重心位置距鈍端 ≒2.515**
八等分法		將蓮霧依相同厚度切成 8 等份,得: A :8g　B:10g　C:8g　D:12g　E:14g　F:16g　G:16g　H:18g  以槓桿原理列出算式: 14(0.75-x)+12(1.5-x)+8(2.25-x)+10(3-x)+8(3.75-x) =16x+16(0.75+x)+18(1.5+x)　x=0.602 並求出**重心位置距鈍端 ≒2.4777**

在經過計算後我們發現蓮霧的重心位置大約是在距鈍端 2.5cm 處，以蓮霧高 6cm 為 h 計算得到**蓮霧重心位置約在 5/12h 處**，這與先前查到的均質圓錐體重心位於 1/4h(3/12h)不一樣，蓮霧的重心較高。蓮霧並不是均質的圓錐體。

三、實驗過程方法：

（一）研究蓮霧的浮態，並與其他圓錐體的浮態進行比較

實驗 A——蓮霧在靜態水面的浮態

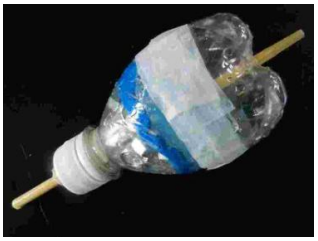
1 .將蓮霧放入水中，以手調整，找出可能的浮態，並記錄結果。

實驗 B——陀螺在靜態水面的浮態

1. 將外型相似的木製陀螺，在尖端沒有金屬柱的情況下，找出可能的浮態。
2. 重覆步驟，在木製陀螺尖端加入金屬柱，找出浮態，並與前面結果做比較。

實驗 C——自製蓮霧模型，比較重量分布位置對浮態的影響。

1. 將汽水瓶加工後製作成外形與蓮霧相似的模型，在其中心軸位置放入一根竹筷，以方便觀察。
2. 先測量其體積，再依照蓮霧的密度(約 0.85g/cm^3)配重。
3. 扣除模型瓶重量，須再加上 110g 的配重，以黏土與螺帽來配重，將它置於蓮霧模型的上、中、下端。改變內部重量分布 (重心配置)，在水中找出浮態，並與前面結果做比較。



（二）探討蓮霧的雙浮態與橫向穩定度的關係

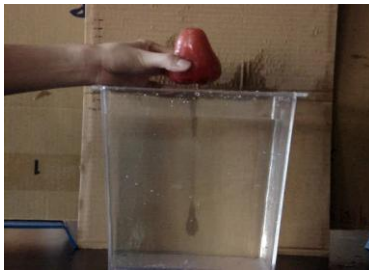
說明：希望求出蓮霧最為穩定的浮態，故將蓮霧漂浮於水面，施力及製造波浪觀察其變化。

1. 將蓮霧置於水面，直接對蓮霧特定點在不同方向施力（垂直、前後方及左右方），觀察蓮霧晃動及進行平衡運動時的情形。
2. 將蓮霧置於水面，自蓮霧不同方向製造水波（垂直、縱向及橫向），並觀察蓮霧受波影響後的改變。
3. 重複上述步驟，改用單浮態的陀螺(有金屬柱、無金屬柱)，來進行實驗，並與蓮霧做比較。

（三）探討蓮霧不同初速與入水方式的最終浮態。

1. 將蓮霧以鈍端朝上方式，自最低處與水面距離 0cm 高度落入水盆中，以錄影方式記錄結果，觀察在水中翻轉情形，並記錄最終漂浮狀態。
2. 改變不同高度，重複上述步驟，將蓮霧以最低處與水面距離 3cm 高度落入水盆中，觀察記錄結果。
3. 重複步驟 1、2，改變不同出手時擲入角度(尖端朝上、橫臥) ，觀察在水中翻轉情形，並記錄最終漂浮狀態，並進行比較。

橫式



尖端朝上

鈍端朝上

（四）深入探討蓮霧在水面下翻轉變化。

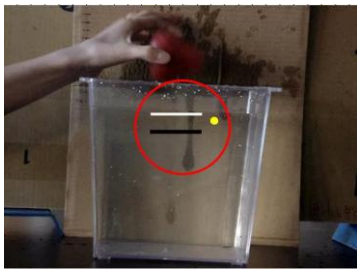
1.分析前述實驗所得之動態影片，以每 0.05 秒定格畫面。

2.以繪圖軟體定出重心座標位置，步驟如下圖範例。

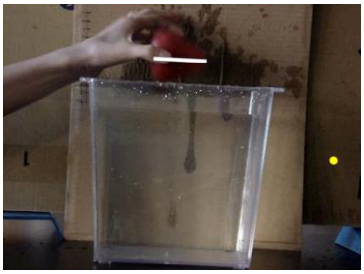
3.以 excel 做出時間與重心深度的關係圖。

4.利用定格畫面，觀察翻轉型態。

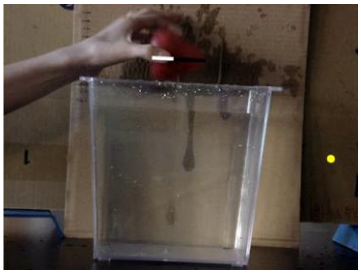
5.將翻轉型態、時間與重心深度關係圖結合，進行分析比較。



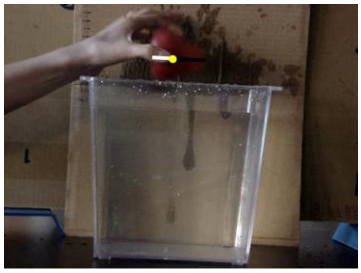
Step 1.先畫出一白一黑等長線段及一黃點(圖中紅圈內所示)，線段長度與蓮霧高度相同。



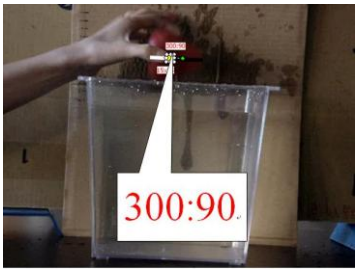
Step 2. 將兩線段移置於蓮霧中心軸的地方。



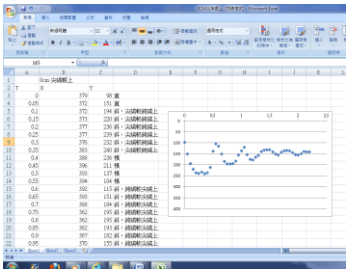
Step 3. 白色線段縮小為 5/12，並將它貼齊黑色線段靠近鈍端的地方。



Step 4. 將黃色小點置於白色線段與黑色線段開始無重疊處(即兩色交會處)。



Step 5.記錄下該點座標，即為重心所在，如圖中即為 x=300、y=90。



Step 6. 以 excel 做出時間與重心深度的關係圖。

陸、研究結果與分析：

研究一、找出蓮霧的浮態，並與其他圓錐體的浮態進行比較。

實驗 A　蓮霧在靜態水面的浮態

說明：蓮霧中有許多孔，還有許多空氣，經由測量(如附件)，可知蓮霧平均密度為 0.85g/cm^3，所以會浮在水面上，並約有 85%浸於水面下。經過實驗後發現每一顆都會浮，但浮的方式卻有著不同。可能產生的浮態有：

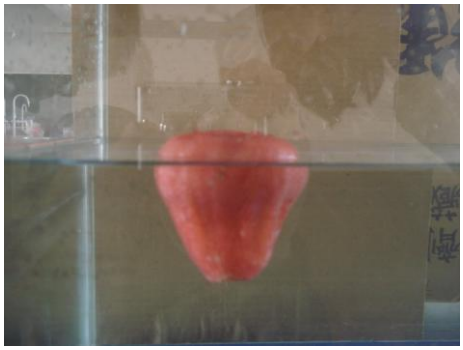
Type A 躺於水面

Type B 鈍端朝上

Type C 尖端朝上

在靜態水面上，我們用手嘗試將其擺出其他浮態，發現蓮霧能產生橫躺(形式 A)及鈍端朝上(形式 B)兩種浮態，而尖端朝上(形式 C)幾乎不曾出現！

圖：在水面上實際浮態(橫躺)



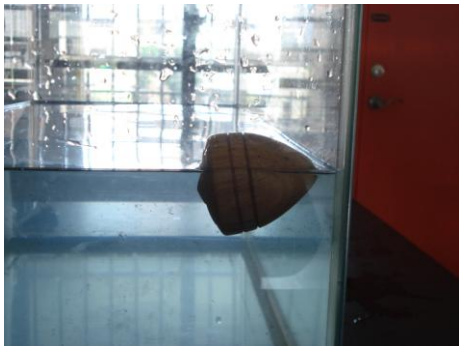
圖：在水面上實際浮態(鈍端朝上)

結論：蓮霧在水中有兩種浮態，橫躺及鈍端朝上。

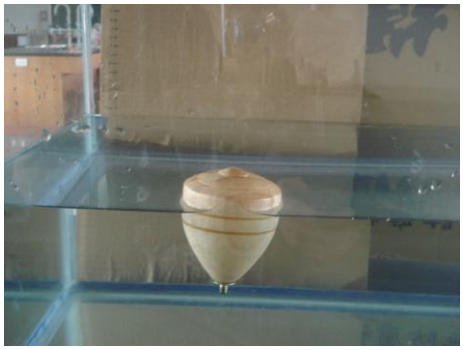
實驗 B　陀螺在靜態水面的浮態

陀螺的外型類似蓮霧，所以我們陀螺跟蓮霧來進行比較。以有金屬柱的陀螺與沒有金屬柱的陀螺觀察其在水中的浮態。

在我們將陀螺放入水族箱後，實驗結果發現陀螺與有兩種浮態的不同，僅有一種浮態，如圖所示，兩種陀螺都各只有一種浮態，拔除金屬柱的只能橫臥於水面；有金屬柱的只能鈍端向上的方式浮於水面。



圖：沒有金屬柱的陀螺，
僅有橫躺的單浮態

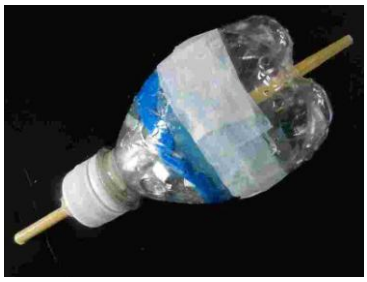
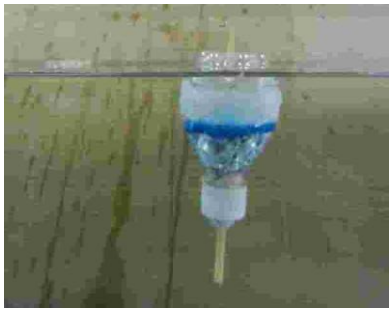


圖：有金屬柱的陀螺，
僅有直立式的單浮態

我們發現，浮態似乎與重心位置高低有關，若是重心低，則會產生直立式浮態。

實驗 C　比較重量分布位置對浮態的影響

關於重心位置對浮態的影響，我們以經過加工後外型較相似且較規則的汽水瓶來模擬。

	示意圖	實際成品	浮態
(1)重心位於上端			
(2)重心位於中間			
(3)重心位於下端			

重心位於上端，僅有一種浮態，直立於水面。

重心位於中間，僅有一種浮態，斜立於水面，鈍端較尖端低。

重心位於下端：僅有一種浮態，斜直立於水面

在這次的實驗裡，我們發現了許多意想不到了東西，像是蓮霧這隨手可得、取之不難的水果，竟然可以同時擁有雙浮態，形狀接近的木陀螺僅單浮態，甚至於我們加工後製作蓮霧模型也是單一浮態。蓮霧的雙浮態可真是一大奧妙，這使我們非常驚訝。也使我們更好奇，究竟哪一種浮態穩定呢？

研究二、探討蓮霧的雙浮態與橫向穩定度的關係

實驗 A 蓮霧雙浮態平衡運動進行的情形

第一階段：

我們將蓮霧以不同浮態置於水面，並插旗子方便觀察，**以不同方向(垂直、前後方及左右方)施力**，觀察蓮霧晃動及進行平衡運動時的情形，以探討其最穩定的浮態，研究及探討何者最可能為最穩定的浮態。

結果：

(1) 直立浮態：用筷子於凹陷處將蓮霧垂直往下壓：蓮霧僅上下晃動了 2~3 下，很快的只剩水波造成的左右晃動，在水箱中移動距離短，穩定性高。用筷子將蓮霧橫推，發現：橫推蓮霧時晃動時間、次數明顯較垂直壓下時來的長，移動距離普遍也明顯增加，穩定性大不如遭垂直受力時的穩定。

(2) 橫向浮態：用筷子將蓮霧(以頭部為前端，鈍端後方)左右推：蓮霧不耐受力，經受力後容易往左右方翻覆，翻覆後平衡時多為旗子 180 度向下。用筷子將蓮霧(以頭部為前端，鈍端後方)前後推：蓮霧不耐受力，經受力後容易翻覆為鈍端向上，穩定性不佳。用筷子將蓮霧垂直往下壓：壓中間點到前端時，蓮霧雖會晃動及移位，但而後只剩水的波晃動，穩定性中；但若壓鈍端緣處時，容易因無法平衡而翻覆。

第二階段：

同樣將蓮霧以不同浮態於水面，**自蓮霧不同方向(垂直、縱向及橫向)製造水波**，並觀察蓮霧受波影響後的改變。

結果：

(1) 浮態為直立時，於任一方向(因底面為圓)製造波浪：蓮霧雖會移動位置、旋轉及上下晃動以平衡，但仍能維持鈍端朝上，製造更大的波浪時也是如此。

(2)浮態為橫向時，於左右方製造波浪：蓮霧雖會受波浪而進行左右位移，但不易因浪的振動而翻覆。於前後方製造波浪：蓮霧不耐受力，受力後容易無法平衡而翻覆。

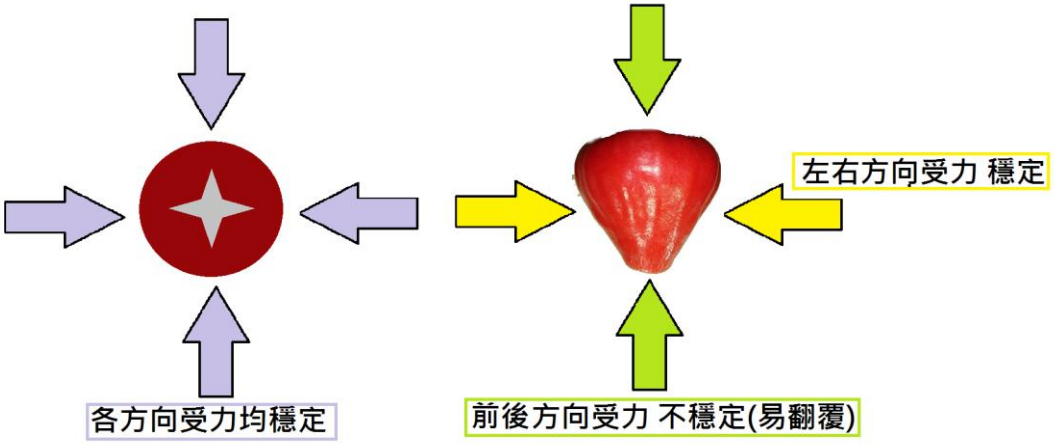
實驗 B 陀螺單浮態平衡運動進行的情形

結果：

在觀察陀螺與蓮霧的反應後，發現蓮霧的橫向浮態在受到較大的力時較容易翻轉為鈍端在上的直立浮態，而陀螺不管有多大的浪，無金屬柱的浮態皆為橫向；有金屬柱的浮態皆為直立，我們認為造成二者陀螺穩定浮態的原因是因為陀螺為均質的類圓錐體，重心位置與質量分部較為平均，因此陀螺的穩定浮態不管如何施加外力，最終還是會回到在靜止水面的穩定浮態。

本研究綜合結果：

蓮霧受力實驗中，**蓮霧於水中不論以何方式漂浮，垂直受力時最為穩定，很快的就與水面平衡。**



如示意圖：直立(鈍端向上方)時，不論以垂直及橫推，蓮霧雖都會移動，但皆不易翻覆，穩定性佳。橫躺時，除於中間點垂直受力較為穩定外，以橫向(前後、左右方)推法時，蓮霧易受力而無法平衡直接翻覆，穩定性略為遜色。

於製造波浪實驗中，橫躺時，受前後方來的浪較左右方的浪影響大，易經浪沖擊後而翻覆，因此受左右方來的浪後蓮霧較為穩定。而在直立中，承受於各方來的浪後，雖會移動位置，但極為不易翻覆，非常穩定。

總結：

(1) 陀螺的最終穩定浮態由是否有金屬柱決定，有金屬柱得穩定浮態為直立，無金屬柱的穩定浮態為橫向，二者均為各自最穩定浮態。

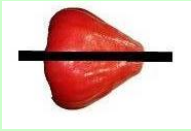
(2) 而具雙浮態的***蓮霧直立浮於水中時，穩定性較橫躺時穩定，也是最為穩定的浮態。***

研究三、探討蓮霧不同初速與入水方式的最終浮態

我們將蓮霧自以 0cm、3cm 不同的高度(取蓮霧最低處與水面距離)落入裝水的水盆中，固定三種抓法讓它自由落下，以攝影機錄製過程，並記錄結果。

1.操作變因:蓮霧於水盆中水面上方的高度(0cm、3cm) 蓮霧在手中擲入前的方位(鈍端朝上、尖端朝上、橫臥)。

2.控制變因:水量、水在水盆中的高度、水盆、同顆蓮霧、、同一人拿取、蓮霧上抓取位置（鈍端緣處一固定點上）。

入水方式	落水高度	浮態(直立)	浮態(橫臥)	結果描述
	初速小(0cm)	0	2	以尖端在上入水時， 初速小、初速大時的結果為橫臥。
	初速大(3cm)	0	5	
	初速小(0cm)	5	0	以鈍端朝上入水時， 初速小的結果呈現直立。 初速大的結果呈現直立<橫臥。
	初速大(3cm)	2	3	
	初速小(0cm)	5	0	以橫向入水時， 初速小時的穩定後浮態均為直立 初速大的穩定後浮態度均為橫臥。
	初速大(3cm)	0	5	

綜合結果：

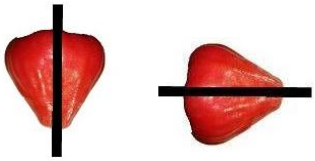
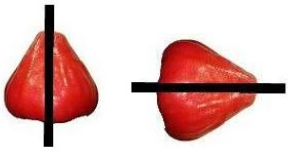
不考慮入水方式	直立浮態	橫臥浮態
初速小(距水面 0cm)	10	2
初速大(距水面 3cm)	2	13

如不考慮入水方式的影響來比較此三種蓮霧的穩定浮態後發現：初速小的的穩定後浮態皆為直立>橫臥；初速大的穩定後浮態為橫臥>直立。初步推論這與初速有關，初速大則落水動能多，能進入較深的深度，在浮起過程中翻轉次數多，因而呈現橫臥式的結果。

結論：初速較大的落水，蓮霧浮出後是多為臥式的浮態；而初速較小的落水方式，其最終浮態則傾向直立式。

研究四　深入探討蓮霧在水面下翻轉變化

前述實驗只是得到最終結果，我們想深入探討蓮霧在水面下翻轉變化過程。由於本實驗固定拿法-0cm、3cm 共做了數次，其中又以 3 種落下前的狀態又細分為多種，總共為約 30 種。其中，將依高度、拿法和平衡時的浮態，取出一次結果做為分析。**挑選的取決在於皆符合共通特性的該次實驗。**

	初速較小(0cm)		初速較大(3cm)
入水方式(最終浮態)	(最終浮態為橫臥)	 (最終浮態為直立)	 (最終浮態為橫臥)

初速較大直立式掉落，因為有二種結果，所以各選一種。

	初速較大(3cm)	
入水方式(最終浮態)	(最終浮態為直立)	(最終浮態為橫臥)

以上共七段影片。

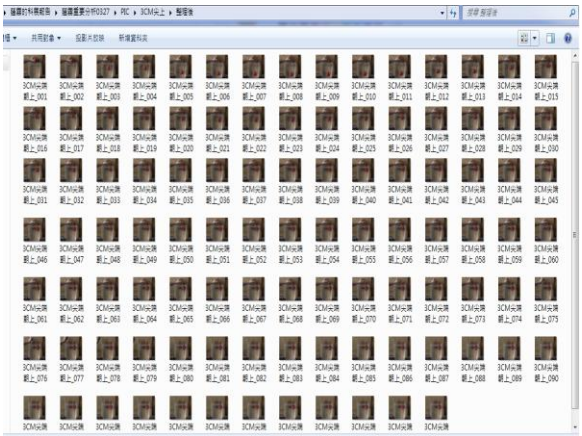
用手工方式擷取數據，方法如下：

(1) 將原本之動態影片，以每 0.05 秒定格畫面。

(2) 並以繪圖軟體定出重心座標位置(蓮霧的重心位置在 5/12h)。

(3) 最後用 excel 做出時間與重心深度的關係圖。

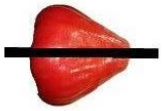
(4) 並利用定格畫面，針對翻轉型態進行分析比較。



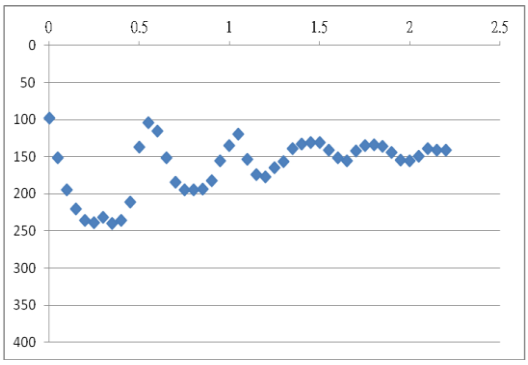
圖：每段影片均有約 100 張照片。

數據分析結果如下：(綜合比較則在討論部份論述。)

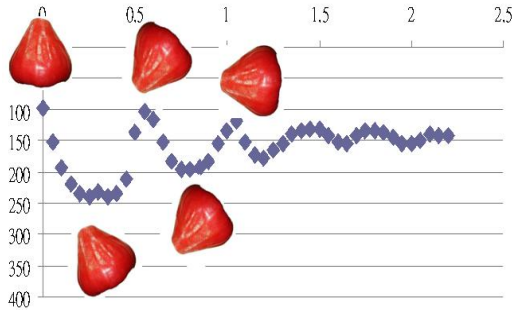
(一) **0cm 尖端朝上**

初速較小(0cm)入水方式	最終浮態為橫向
	

重心位置對時間的關係圖



蓮霧在最高點、最低點與穩定態的翻滾



結果分析：起初，蓮霧以尖端在上的直立式浮態落入水中，而在碰觸水面的那一刻，可能是因些許的偏斜，使蓮霧的右半部先受到測壓力的影響，而轉變為尖端向左的斜臥，而使它翻轉成尖端在下的左斜臥的原因，根據我們的推測，可能是因浮心在下，重心在上，導致它轉變為尖端在下的左斜臥，而最終，可能是因慣性不夠大，所以無法轉變為鈍端在上，平衡時浮態為橫臥。

在此次翻滾情形中，起初點與點中間距離較大的為減速期，我們推測是因蓮霧在下降時，受浮力與阻力向上作用的影響，所以速度減緩。而上浮時，則是因蓮霧在最低點靜止時，阻力向上浮力也向上的關係，使其為加速期。而在最低點時，因能量漸漸消耗，所以震動幅度漸漸變小。

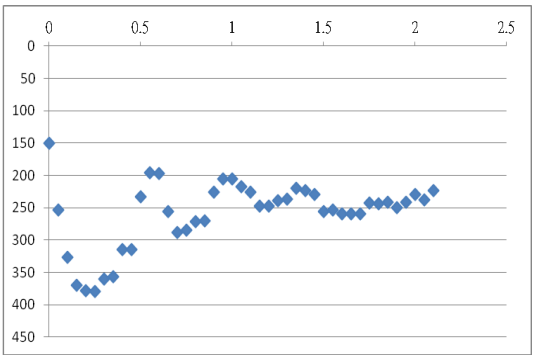
(Y 軸數據單位為畫素，每 1cm 約 17.5 畫素，X 軸數據單位為秒)

波峰時的 t(sec)	0		0.55		1.05		1.45
波谷時的 t(sec)	0.25		0.8		1.2		
重心最低點	Y=239(1st 下沉)						
重心最高點	Y=104(1st 上升)						
下降週期(sec)	0.25		0.25		0.15		
上升週期(sec)		0.3		0.25		0.25	
兩波峰之Δ t	0.55		0.45		0.4		

(二) **0cm 鈍端朝上**

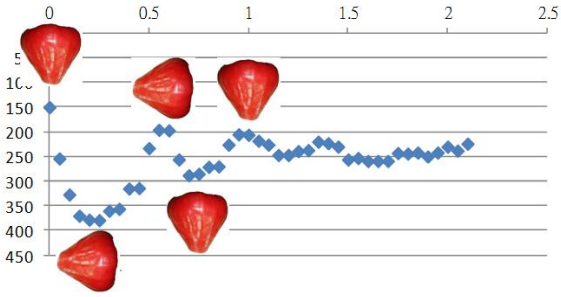
初速較小(0cm)入水方式	最終浮態為直立

重心位置對時間的關係圖



結果分析描述：起初，蓮霧以尖端在下的直立式浮態落入水中，而在碰觸水面後的那一小段時間內，因浮心在下，重心在上，使它轉變為橫臥的浮態，而在橫臥是浮態轉變為直立式浮態時，因其慣性足夠，導致它可以在翻滾為尖端在下的直立式浮態，最終以尖端在下的直立式浮態靜止於水面。

蓮霧在最高點、最低點與穩定態的翻滾

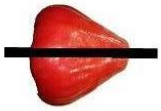


在此次翻滾情形中，起初點與點中間距離較大的為減速期，我們推測是因蓮霧在下降時，受浮力與阻力向上作用的影響，所以速度減緩。而上浮時，則是因蓮霧在最低點靜止時，阻力向上浮力也向上的關係，使其為加速期。而在最低點時，因能量漸漸消耗，所以震動幅度漸漸變小。

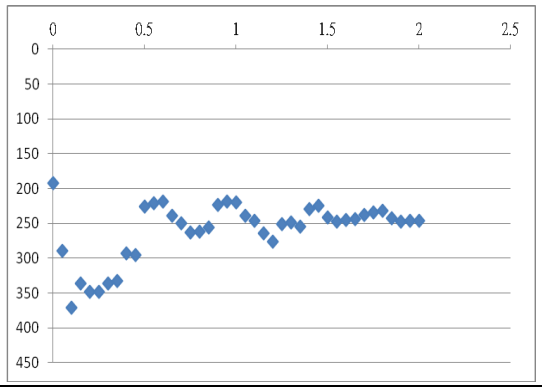
(Y 軸數據單位為畫素，每 1cm 約 17.5 畫素，X 軸數據單位為秒)

波峰時的 t(sec)	0		0.55		0.95		1.35
波谷時的 t(sec)	0.25		0.7		1.2		
重心最低點	Y=379 (1st 下沉)						
重心最高點	Y=196(1st 上升)						
下降週期(sec)	0.25		0.15		0.25		
上升週期(sec)		0.3		0.25		0.15	
兩波峰之Δ t	0.55		0.4		0.4		

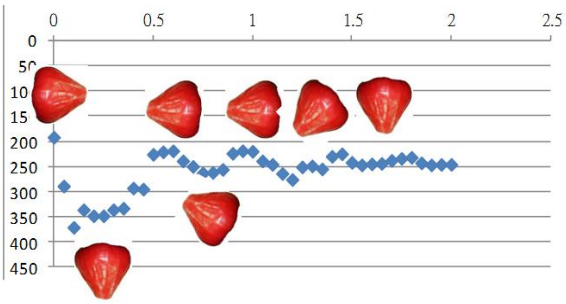
(三) **0cm 橫臥**

初速較小(0cm)入水方式	最終浮態為直立
	

重心位置對時間的關係圖



蓮霧在最高點、最低點與穩定態的翻滾



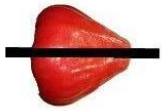
結果分析描述：起初，蓮霧以橫臥的浮態落入水中，因鈍端先碰觸水面，使尖端受先側壓力的影響，所以轉變為尖端在下的直立式浮態，而在上浮的過程中，因浮心在下，重心在上，使再度轉變為橫臥的浮態，而此運動後期，推測因其慣性還足夠，使其還能轉為尖端在下的直立式浮態，最終以尖端在下的直立式浮態靜止於水面。

在此次翻滾情形中，起初點與點中間距離較大的為減速期，我們推測是因蓮霧在下降時，受浮力與阻力向上作用的影響，所以速度減緩。而上浮時，則是因蓮霧在最低點靜止時，阻力向上浮力也向上的關係，使其為加速期。而在最低點時，因能量漸漸消耗，所以震動幅度漸漸變小。

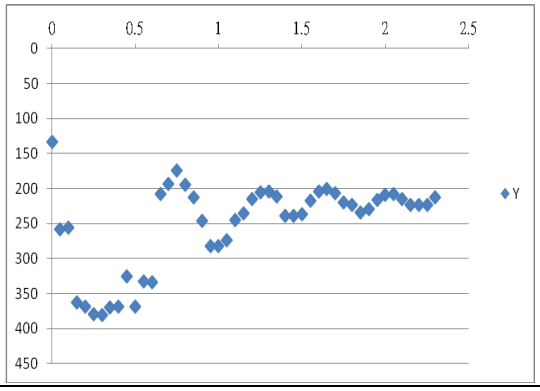
(Y 軸數據單位為畫素，每 1cm 約 17.5 畫素，X 軸數據單位為秒)

波峰時的 t(sec)	0		0.6		0.95	1.45
波谷時的 t(sec)	0.25		0.75		1.2	
重心最低點	Y=348 (1st 下沉)					
重心最高點	Y=221(1st 上升)					
下降週期(sec)	0.25		0.15		0.25	
上升週期(sec)		0.35		0.2		0.25
兩波峰之Δ t	0.3		0.35		0.5	

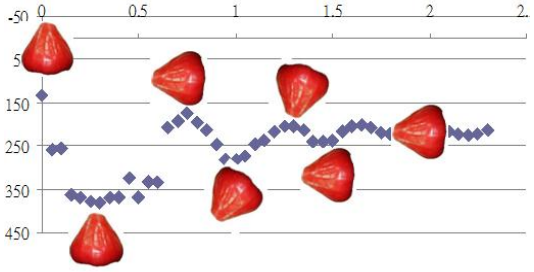
(四) 3**cm** 尖端朝上

初速較大(3cm)入水方式	最終浮態為橫臥
	

重心位置對時間的關係圖



蓮霧在最高點、最低點與穩定態的翻滚



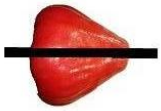
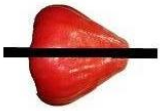
結果分析：起初，蓮霧以尖端在上的直立式浮態落入水中，在落入水中後，因鈍端先受到側壓力的影響，導致它可能往左或往右進行翻滚，而此次運動則是向左翻滚。在橫臥變成尖端在下的斜臥時，因其慣性不足，才翻轉成尖端在下的斜臥後，就再度翻轉回橫臥。最終，以橫臥靜止於水面。

在此次翻滚情形中，起初點與點中間距離較大的為減速期，我們推測是因蓮霧在下降時，受浮力與阻力向上作用的影響，所以速度減緩。而上浮時，則是因蓮霧在最低點靜止時，阻力向上浮力也向上的關係，使其為加速期。而在最低點時，因能量漸漸消耗，所以震動幅度漸漸變小。

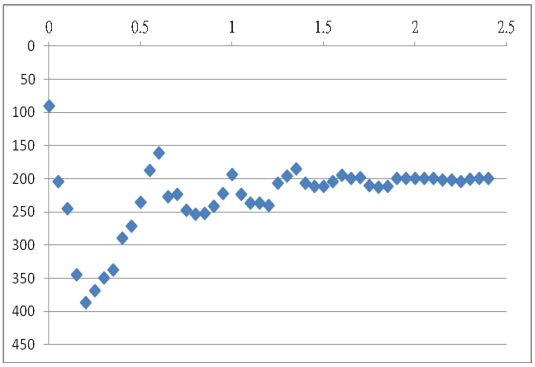
(Y 軸數據單位為畫素，每 1cm 約 17.5 畫素，X 軸數據單位為秒)

波峰時的 t(sec)	0		0.75		1.3		1.65
波谷時的 t(sec)	0.3		1		1.45		
重心最低點	Y=380(1st 下降)						
重心最高點	Y=174(1st 上升)						
下降週期(sec)	0.3		0.25		0.15		
上升週期(sec)		0.45		0.3		0.2	
兩波峰之Δ t	0.75		0.55		0.35		

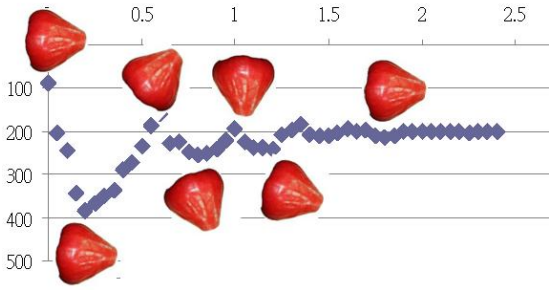
(五) **3cm 橫臥**

初速較大(3cm)入水方式	最終浮態為橫臥
	

重心位置對時間的關係圖



蓮霧在最高點、最低點與穩定態的翻滾



結果分析：起初，蓮霧以橫臥的浮態落入水中，在落入水中時，因速度較快，使其無浮態上的變化，在上浮時，因鈍端受側
壓力的影響，使它翻滾為尖端在上的斜臥，而在下降時，因其慣性足夠，使其翻滾為尖端在下的斜臥。在翻滾為斜臥後，又因蓮霧會自行尋求穩定浮態而從尖端在下的斜臥，翻滾為尖端在下的直立式浮態，在本次運動後期，因慣性足夠，最終，以橫臥的浮態靜止於水面。

在此次翻滾情形中，起初點與點中間距離較大的為減速期，我們推測是因蓮霧在下降時，受浮力與阻力向上作用的影響，所以速度減緩。而上浮時，則是因蓮霧在最低點靜止時，阻力向上浮力也向上的關係，使其為加速期。而在最低點時，因能量漸漸消耗，所以震動幅度漸漸變小。

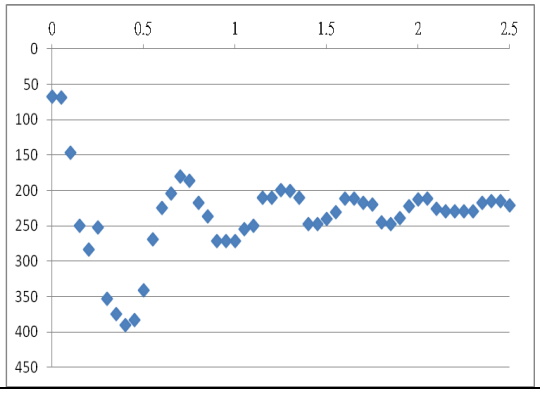
(Y 軸數據單位為畫素，每 1cm 約 17.5 畫素，X 軸數據單位為秒)

波峰時的 t(sec)	0		0.6		1		1.35
波谷時的 t(sec)	0.2		0.8		1.2		
重心最低點	Y= 386(1st 上升)						
重心最高點	Y=161(1st 上升)						
下降週期(sec)	0.2		0.2		0.2		
上升週期(sec)		0.4		0.4		0.15	
兩波峰之Δ t	0.6		0.4		0.35		

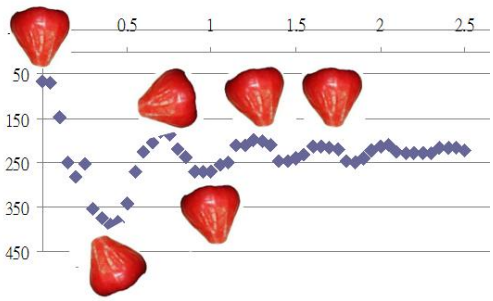
(六) **3cm 直立 A**

初速較大(3cm)入水方式	最終浮態為直立

重心位置對時間的關係圖



蓮霧在最高點、最低點與穩定態的翻滾



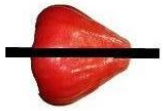
結果分析：起初，蓮霧以尖端在下的直立式浮態落入水中，在入水後，因浮心在下，重心在上，使其鈍端在上翻滾為橫臥在翻滾為尖端在上的斜臥，而上浮時因頓端受側壓力的影響，使其轉為橫臥，但下降時，又因蓮霧浮心在下，重心在上，使其轉為鈍端在上的直立式浮態，最後因慣性不足使其以鈍端在上的直立式浮態靜止於水面。

在此次翻滾情形中，起初點與點中間距離較大的為減速期，我們推測是因蓮霧在下降時，受浮力與阻力向上作用的影響，所以速度減緩。而上浮時，則是因蓮霧在最低點靜止時，阻力向上浮力也向上的關係，使其為加速期。而在最低點時，因能量漸漸消耗，所以震動幅度漸漸變小。

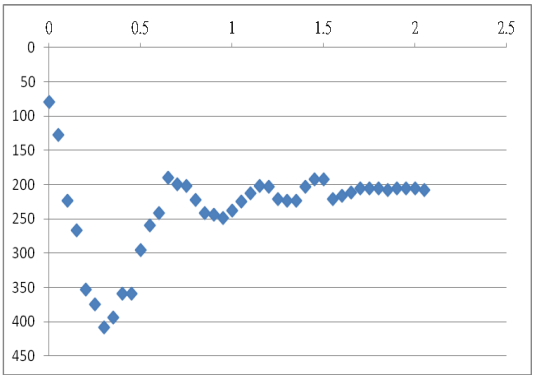
(Y 軸數據單位為畫素，每 1cm 約 17.5 畫素，X 軸數據單位為秒)

波峰時的 t(sec)	0		0.7		1.25		1.65
波谷時的 t(sec)	0.4		0.95		1.45		
重心最低點	Y=390(1st 下降)						
重心最高點	Y=180(1st 上升)						
下降週期(sec)	0.4		0.25		0.2		
上升週期(sec)		0.3		0.3		0.2	
兩波峰之Δ t	0.7		0.55		0.4		

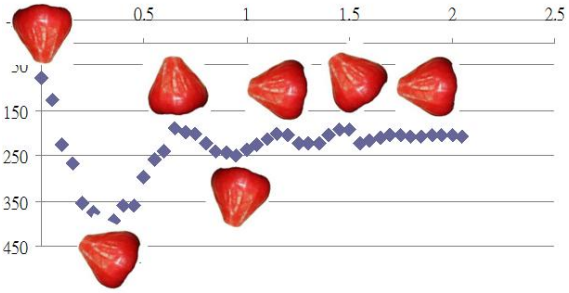
(七) **3cm 直立 B**

初速較大(3cm)入水方式	最終浮態為橫臥
	

重心位置對時間的關係圖



蓮霧在最高點、最低點與穩定態的翻滾



結果分析描述：起初，蓮霧以尖端在下的直立式浮態落入水中，在入水後，因浮心在下，重心在上，使其鈍端在上翻滾為橫臥在翻滾為尖端在上的斜臥，而上浮時鈍端受側壓力的影響，使其翻滾為尖端在上的浮態，但在下沉的過程中，又因浮心在下，重心在上，使其翻滾為尖端在下的斜臥。在上浮時，又因測壓力影響鈍端，使其翻滾為橫臥，此次運動後期，因慣性不足而以橫臥的浮態靜止於水面。

在此次翻滾情形中，起初點與點中間距離較大的為減速期，我們推測是因蓮霧在下降時，受浮力與阻力向上作用的影響，所以速度減緩。而上浮時，則是因蓮霧在最低點靜止時，阻力向上浮力也向上的關係，使其為加速期。而在最低點時，因能量漸漸消耗，所以震動幅度漸漸變小。

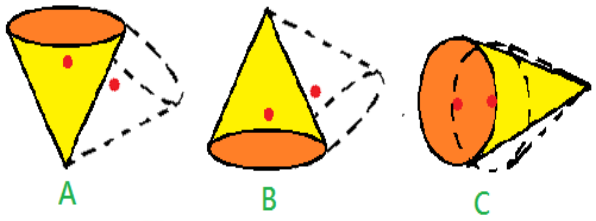
(Y 軸數據單位為畫素，每 1cm 約 17.5 畫素，X 軸數據單位為秒)

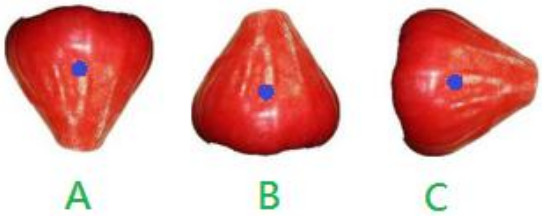
波峰時的 t(sec)	0		0.65		1.15		1.45
波谷時的 t(sec)	0.3		0.95		1.3		
重心最低點	Y=480(1st 上升)						
重心最高點	Y=190(1st 上升)						
下降週期(sec)	0.3		0.3		0.15		
上升週期(sec)		0.35		0.2		0.15	
兩波峰之Δ t	0.65		0.5		0.3		

柒、討論

一、 蓮霧雙浮態與水面上的穩定態討論：

1.蓮霧的形狀類似圓錐形，均質圓錐型物體重心在距底部 1/4h 處。放置在桌面上的平衡有三種方式(參考自觀念物理)。同理，也可以來描述外形類似的蓮霧。





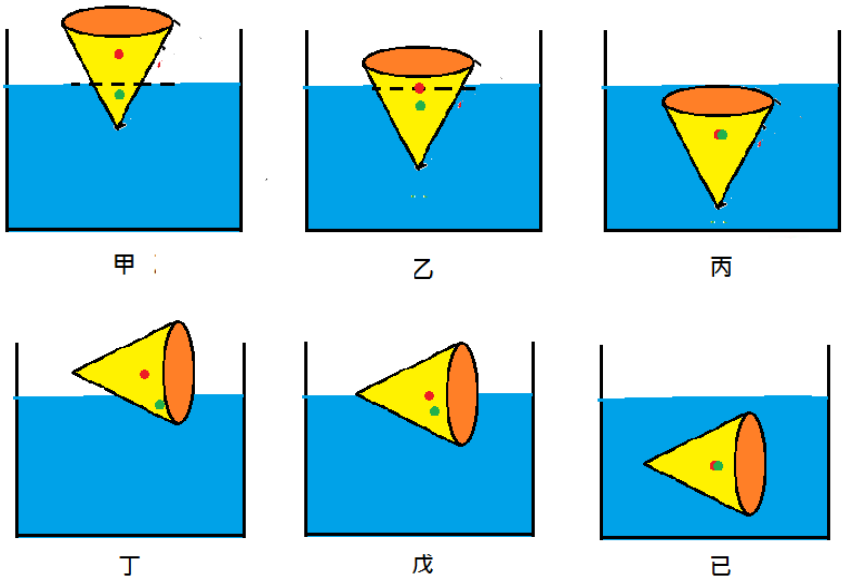
A 為不穩定平衡：稍移動時重心位置會降低、位能會減少，故只要移動就不易回復原來位置。

B 為穩定平衡：稍移動時重心位置會升高、位能會增加，有回復原來位置的傾向。

C 為隨遇平衡： 稍移動時重心位置不會升高也不會降低、位能保持不變，若移動後即保持在新的位置。

2.前面提到的是桌面上的平衡，若是圓錐形物體密度小於 1，則在水中會呈現浮態，此時的平衡就得用浮心(浮力中心)、重心來討論。(參考自船舶靜力學)

我們以均質的圓錐體為例，其重心在距底部 1/4h 處(以紅點表示)，其浮心(由液面下體積來找尋，即液面下體積的幾何中心)則在 1/4h`處(以綠點表示)。



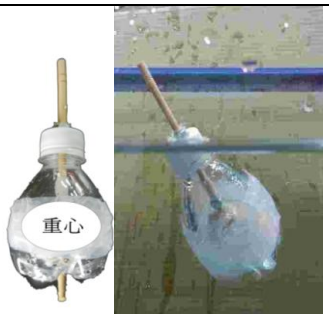
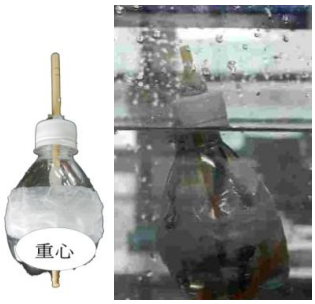
(1)穩定平衡：重心位於浮心的下方。

(2)不穩定平衡：重心位於浮心的上方，例如上圖的甲、乙、丁、戊。稍加擾動會發生翻轉。

(3)隨遇平衡：重心與浮心同一個位置，例如上圖的丙、己，容易發生翻轉。

3. 浮體浸入水中的體積受到物體本身密度的影響，加上橫式的圓錐形浮體會自動修正浮態，未必是我們所假設水平式的橫向的情形。在陀螺的浮態實驗中，前端加上金屬柱的陀螺，因為重心變低了，因此轉為直立式，當重心低於浮心，穩定度也提高。生活中釣魚用的浮標也是重心低的穩定浮體。

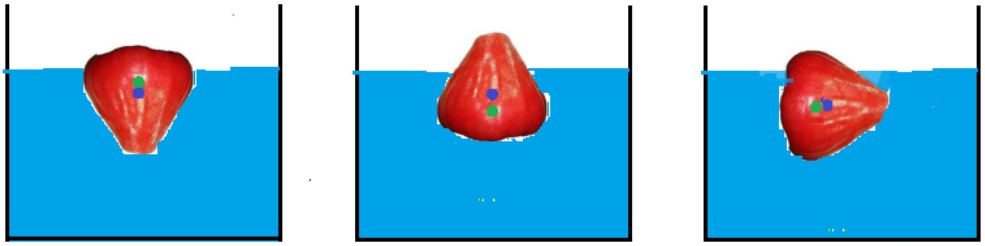
4. 模擬蓮霧模型實驗中，我們設計的裝置，密度比照蓮霧的 0.85，而調整配重，浮體會自動修正為最穩定的浮態，讓重心能低於浮心。

(1)重心位於上端	(2)重心位於中間	(3)重心位於下端
		
僅有一種浮態 直立於水面	僅有一種浮態 斜立於水面,鈍端較頭低	僅有一種浮態 斜直立於水面

當重心在鈍端，則鈍在下；重心在尖端，則尖端朝下；重心在中央，也會選擇較重的一側側斜在水面。

5. 造成蓮霧雙浮態的原因可能是因為重心的位置與蓮霧的質量分布位置有關，將蓮霧分解後，我們發現蓮霧的中間部分不是實心的，蓮霧重心的位置在 5/12h，與均質圓錐體 1/4h 不同，平面上因底面積大，重心高度不致影響平衡穩定，但是在水面，重心位置與浮心(液面下體積的幾何中心)位置影響甚大。

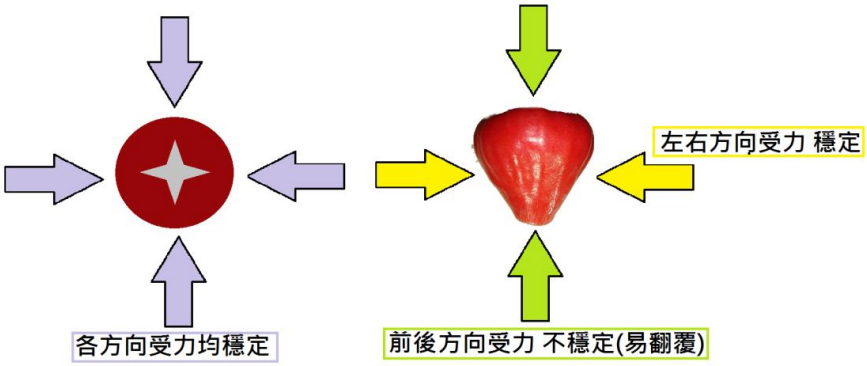
我們的蓮霧密度為 0.85g/cm^3，所以有 85%的體積是在水面下。加上因本身材質不均質，其重心位置經測量在 5/12h 處，而浮心位置則以水面下的體積依幾何中心 1/4h`來判斷，可能的重心(藍點)與浮心(綠點)位置關係如下：



甲　　乙　　丙

甲、丙均屬於重心位於浮心的下方的穩定平衡，在本研究中，蓮霧即呈現此雙浮態。而乙為重心位於浮心上方的不穩定平衡，在本研究中並未發現此浮態。

丙的狀態接近不穩定→隨遇平衡，因此擾動後，容易翻轉為較穩定的甲(直立狀態)。除了重心、浮心的推論外，也藉由波浪實驗測試橫向穩定度，示意圖如下。



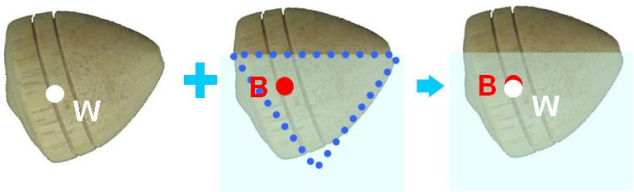
結論是：***<u>蓮霧直立浮於水中時，穩定性較橫躺時穩定，也是最為穩定的浮態。</u>***

二、陀螺(均質圓錐形浮體)的單浮態與穩定度分析

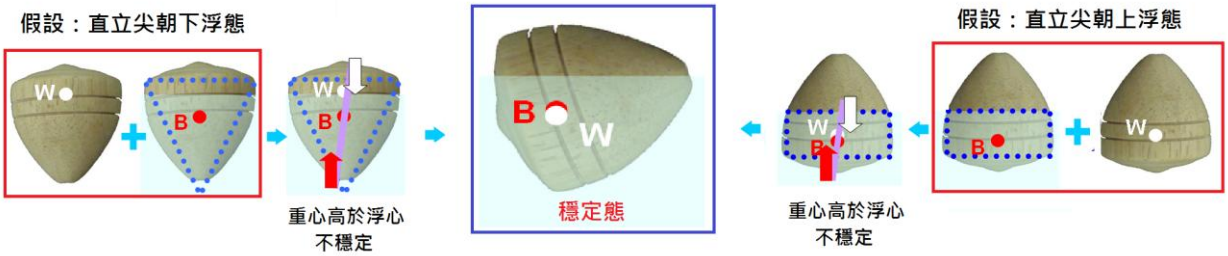
1.拔除金屬柱的陀螺(重心較低)，其穩定浮態為橫式：

陀螺為均質木頭，此種陀螺重量分布較(均質圓錐體)靠近尖端，重心略高於1/4h，不同浮態時的浮心位置為影響浮態關鍵。

(1) 此陀螺在**橫式浮態**時，液面下體積分布為較偏向鈍端處，所以橫式浮態時浮心約在液面下 1/4h 偏向鈍端。橫式浮態時，浮心略高於重心，在水中時較為穩定。



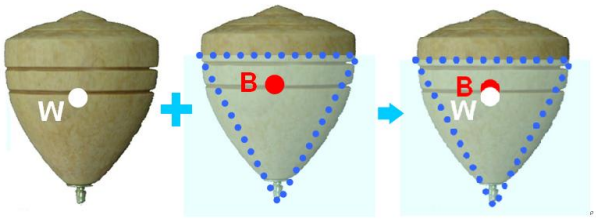
(2) 此陀螺在**直立(鈍端在上)浮態**時，如下圖左，液面下體積分布接近尖端，浮心略高於液面下 1/4h。而在**直立(尖端在上)浮態**時，如下圖右，若將液面下體積分布接近長方體，則體積分布為鈍端較多，所以浮心略低於液面下 1/2h。此二種浮態的重心皆位於浮心之上，只要有一點兒擾動便無法達到平衡，會自動修正浮態為較穩定的橫式。



2. 有金屬柱的陀螺(重心較高)，其穩定浮態為直式：

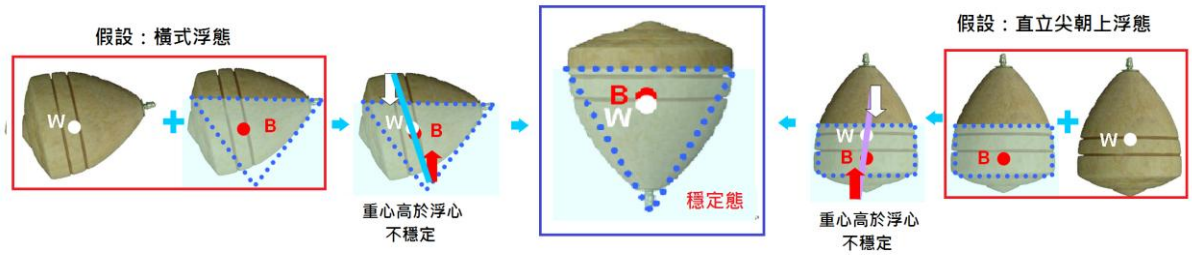
此種陀螺重量分布較(均質圓錐體)靠近尖端，重心略高於 1/4h，且比無金屬柱的陀螺其中心位置較靠近尖端，不同浮態時的浮心位置亦為影響浮態關鍵。

(1) 以直立(鈍端在上)放置於水面時，雖有金屬柱，但只增加了一點體積，所以浮心仍為略高於液面下 1/4h。直式(鈍端在上)浮態浮心略高於重心，在水中時較為穩定。



(2) 此陀螺在**橫式浮態**時，如下圖左，液面下體積分布視為圓錐體，則體積分布為較偏向鈍端處，所以浮心約在液面下 1/4h 偏向鈍端。而在**直立尖朝上浮態**時，如下圖右，若將液面下體積分布接近長方體，則體積分布為鈍端較多，所以浮心略低於液面下 1/2h。

就整體而言，重心位於浮心之上，只要有一點波擾便無法達到平衡，會自動修正浮態為穩定的直立態。

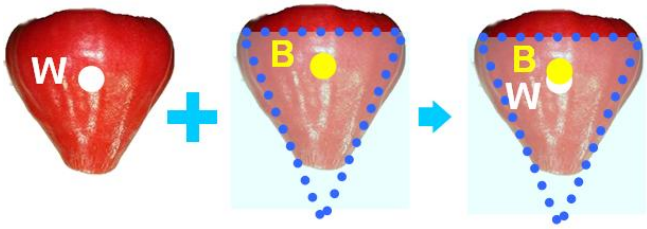


拔除金屬柱的陀螺僅有橫躺的唯一穩定浮態；有金屬柱的陀螺僅有直立(鈍端在上)的唯一穩定浮態，***顯示：浮態的確受浮心與重心位置影響。更顯現蓮霧具有的雙浮態是多麼的特別！***

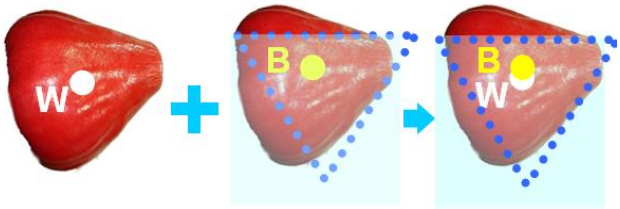
三、蓮霧(非均質圓錐形浮體)的雙浮態與穩定度分析：

蓮霧的穩定浮態為直立(鈍端在上)及橫躺，經實驗發現蓮霧重心在 5/12h 處。

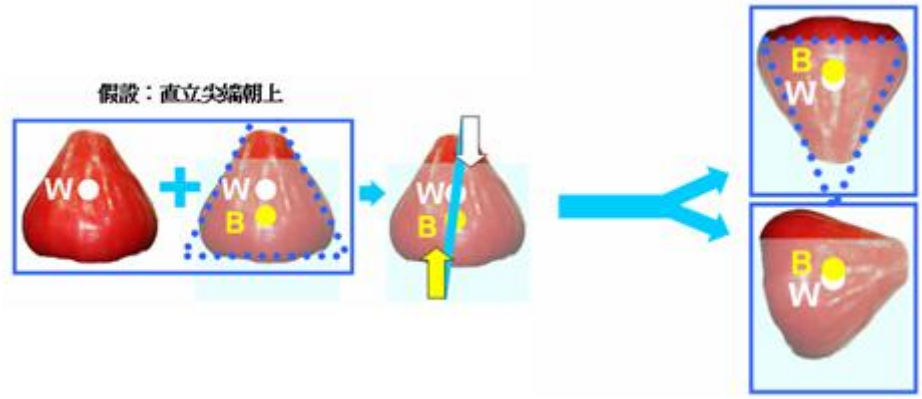
(1)蓮霧在直立(鈍端在上)放置於水面時，液面下體積分部接近圓錐體，所以重心約在 1/4h 處。直立(鈍端在上)式浮態時，浮心高於重心，在水中時較為穩定。



(2) 蓮霧在橫躺浮態時，液面下體積分部視為圓錐體，則體積分位為較偏向鈍端處，所以浮心約在 1/4h 偏向鈍端。橫躺是浮態浮心位於重心之上，在水中時較為穩定。



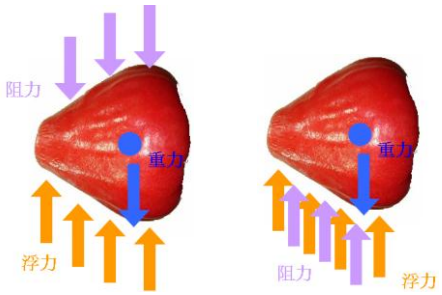
(3) 蓮霧在直立(尖端向上)時，液面下體積分部視為圓錐體，則體積分部約在整個蓮霧的 1/4h 偏低。就整體而言，重心位於浮心之上，只要有一點波擾便無法達到平衡，會自動修正浮態。



四、 蓮霧在水面下的翻滾與最終穩定態討論：

1. 我們先從水面下蓮霧的重心(藍點 5/12h)與浮心(綠點以水面下的體積幾何中心 1/4h`)位置關係，來比較蓮霧是否穩定。(以下，先假設蓮霧為潛體)

水面下翻轉時，一種是以尖端為軸，另一種則是以鈍端為軸進行翻轉。目前還不確定在水面下這類浮體的翻轉是以重心為軸、浮心為軸，在我們的作圖上均以重心描點來記錄蓮霧位置的變化。

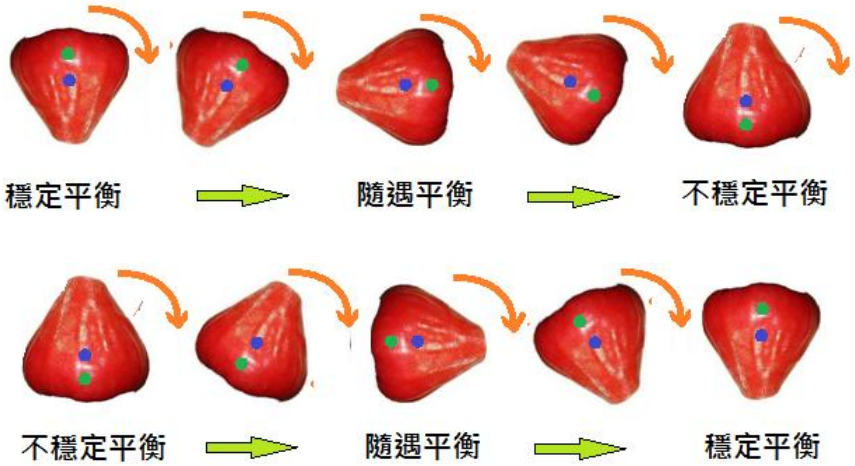


(A) (B)

液面下乍看是平衡，但需考慮蓮霧密度小於 1，因此不會乖乖地待在水面下，而會受到浮力影響上升。並且受到外型影響(阻力、浮力)而翻轉，邊翻轉邊上升。

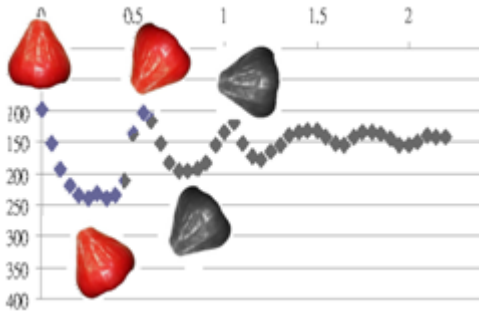
(A)蓮霧上升時主要所所受到的力

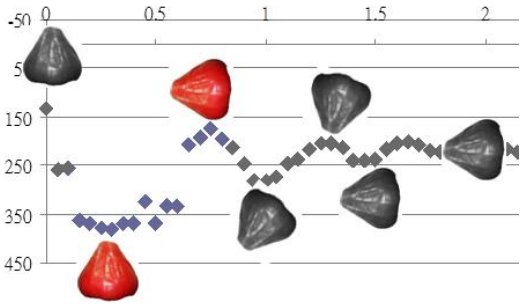
(B)蓮霧下降時主要所所受到的力



2.翻轉模式綜合比較：

(1)以鈍端朝下(尖端朝上) 方式入水：





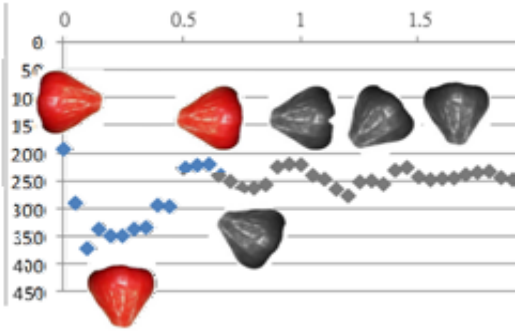
初速較小時，第一次下沉些微翻轉。**最低點為不穩定平衡態，橫向出現在第一次上升過程，浮出水面仍為橫向浮態。**

初速較大時，在第一次上升時翻轉發生。**最低點為不穩定平衡態，因此還會再進行翻轉。**

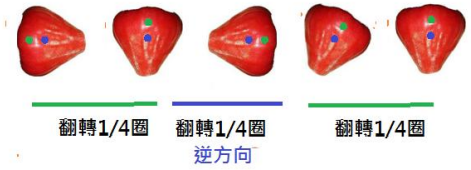
初速較大的蓮霧第一次下沉很快落下，來不及翻轉，直到最低點速度為 0，之後才有足夠時間與能量翻轉。

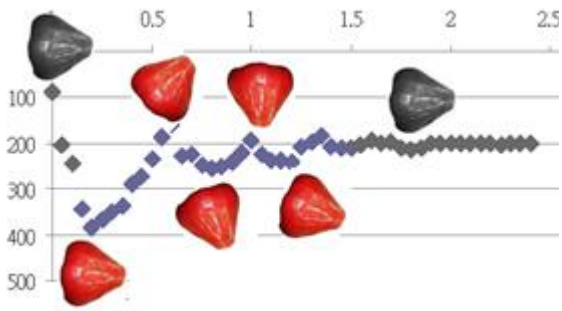
共同翻轉形式：

(2)以橫式方式入水

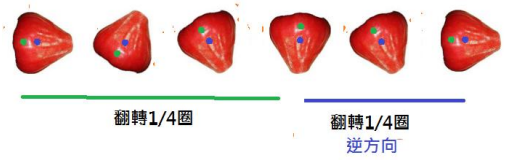


初速較小，剛落下已決定最終浮態，最低點為穩定平衡。但因上升具有的浮力與阻力，使蓮霧再逆轉回橫向，因水面擾動，又由橫躺轉為在水面較穩定的直立浮態。

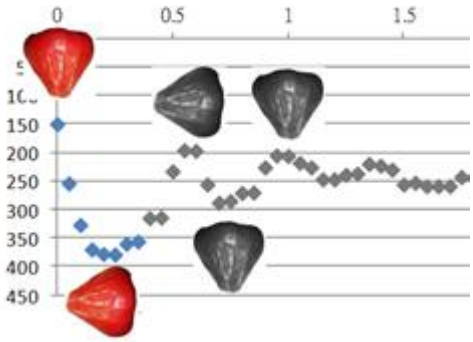




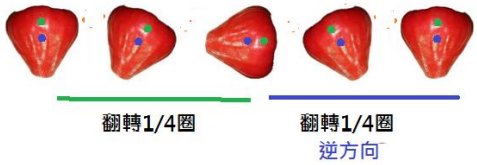
初速較大，剛落下時未翻轉，在最低點狀態為隨遇平衡。翻轉發生在第一次上升時，後續雖然又有翻轉成直立，但翻轉 1/4 圈又逆轉回來。



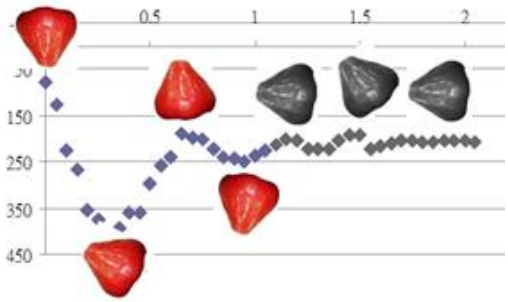
(3)以尖端朝下方式入水

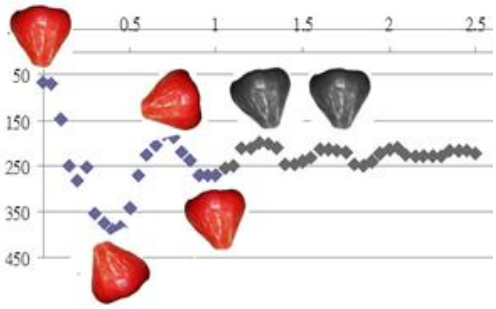


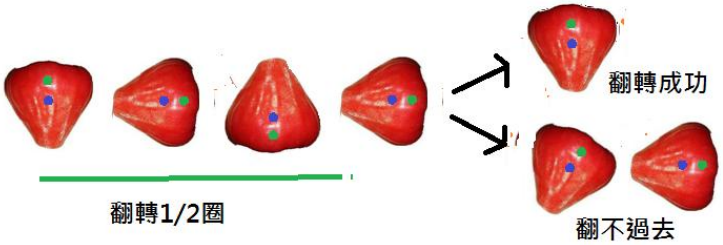
初速較小，剛落下形成暫時浮態，在最低點狀態為隨遇平衡。之後再逆轉回為在水面較穩定的直立浮態。



初速較大的蓮霧以尖端朝下方式入水有二種結果最特別，第一次落下即翻轉，上升與下降又再度翻轉。二者的翻轉變化稍有不同，關鍵在於最後是否能翻轉過去。







3. 我們發現，初速較大的落水，蓮霧經由翻轉浮出後是多為橫臥式的浮態；而初速較小的落水方式，其最終浮態則傾向較穩定的直立式。而**蓮霧的最後翻轉情況**除受到入水方式、有初速較小的差異影響，還**可以從第一個落下最低點蓮霧的穩定態來判定**。

   (1) 初速較大的蓮霧因為一開始的動能大，所以剛落下時並不翻轉，例如橫式、鈍端朝上皆在第一次上升時才翻轉。這是因為浮力與深度無關，由最低點速度為 0 的位置上升，受浮力加速的同時，也因外型而使蓮霧產生翻轉的力矩。只有尖端朝下的入水方式才會提早翻轉，並產生二種可能的翻轉結果。

   (2) 而初速較小的蓮霧則在第一次落下過程中即開始翻轉，最後會轉成在水面上較穩定的直立浮態。

捌、結論：

一、**蓮霧浮在水面上具有雙浮態，分別是直立式浮態(鈍端朝上)與橫臥式浮態。**經陀螺與蓮霧模型模擬實驗發現，圓錐形浮體的浮態與重心位置高低有關，重心越低則會產生直立式浮態。本實驗之蓮霧為非均質圓錐浮體，密度為 0.85g/cm3，重心位置經測量為 5/12h 處(h=6cm，重心在距鈍端 2.5 公分處)較一般均質圓錐體 1/4h 高，而浮心位置依水面下圓錐體幾何中心來判定為，**浮於水面時因重心低於浮心，使二種浮態呈現穩定平衡**。

二、**蓮霧在水面上直立式浮態穩定性較橫臥式浮態高。**於蓮霧受力實驗中，蓮霧於水中二種浮態，橫向浮態受前後方向施力會發生翻轉，而左右方施力則較穩定；直立式浮態承受於各方向施力雖會移動位置，但不易翻覆較為穩定。

三、蓮霧在水面下的翻轉與最終浮態受到入水方式、有無初速的影響。初速較大的落水，蓮霧經由翻轉浮出後是多為橫臥式的浮態；而初速較小的落水方式，其最終浮態則傾向較穩定的直立式。並可以從第一次落下最低點時蓮霧在水中是否呈現穩定平衡來分析判定。

四、 看起來沒什麼的蓮霧，卻在我們的研究下發現了不少有意思的變化。從對雙浮態的好奇，展開對浮體的穩定性研究，國中未曾學過的知識，浮心、穩定平衡、不穩定平衡也都出現了。也學會了影像分析，雖是土法煉鋼，卻也更顯得一路走來的辛苦。這份報告不是用”搞笑學物理”在搞笑，而是用最認真的精神去看待這顆小小的黑珍珠….. ***翻滾吧！蓮霧！***

玖、參考資料

一、觀念物理 II 第十章 重心 p23~38，休伊特著，天下文化出版

二、造船原理-船舶靜力學-第二章

三、國立台灣海洋大學—海洋教育數位典藏—海洋運輸〔穩度名詞〕
http://meda.ntou.edu.tw/martran/?t=2&i=0015

四、浮心、重心
http://na.nkmu.edu.tw/shipmodel/upload/20090303061825.pdf

五、簡易的流體力學
http://sites.google.com/site/swimmingdrills/%E7%B0%A1%E6%98%93%E6%B5%81%E9%AB%94%E5%8A%9B%E5%AD%B8

【評語】030115

1. 題材新穎且研究方向正確。

2. 應可進一步建立定量模型。