

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

081506

水煮甜甜圈

學校名稱：高雄縣湖內鄉文賢國民小學

<p>作者：</p> <p>小五 林莞蓁</p> <p>小五 黃姿綺</p>	<p>指導老師：</p> <p>廖純瑩</p> <p>林烈毅</p>
--	------------------------------------

關鍵詞： 環形渦流、表面張力、液滴

水煮甜甜圈

摘 要

本研究發現：

一、液滴滴入水中產生甜甜圈結構的過程有六個時期：

- ①水面反彈。
- ②杯狀期。
- ③甜甜圈小環期。
- ④甜甜圈大環期。
- ⑤滯留期。
- ⑥無序散逸期。

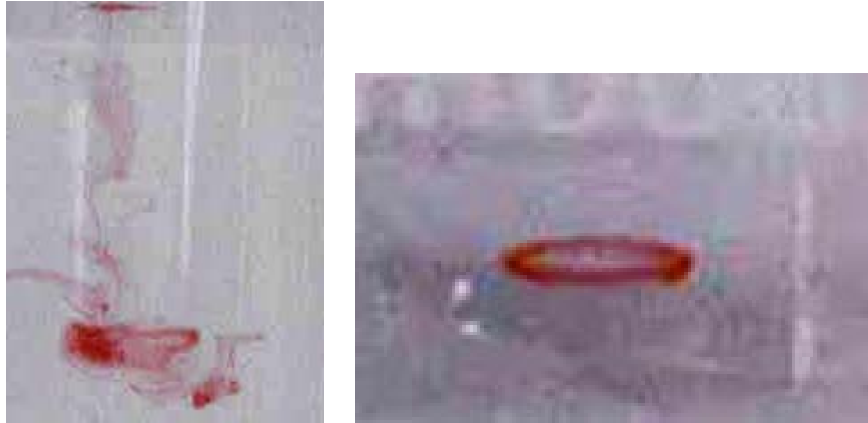
二、液滴滴入水中產生甜甜圈結構的影響因素有：液滴落下時的高度、液滴的濃度、溶液的濃度、水溫、水面擾動、液滴大小、液滴之初速……

在本研究的觀察中，有幾點結論：

- (一)當高度差=0cm 時，都可以形成甜甜圈。
- (二)滴液濃度為 8%及 10%滴入純水中，比較容易形成甜甜圈。
- (三)密度小的滴入密度大的溶液或密度相差太大時不適合甜甜圈結構形成。
- (四)在不同容器中觀察產生甜甜圈結構過程，對實驗結果並無顯著之影響。
- (五) 改變水溫會使觀察的情況更複雜。

壹、 研究動機

在三年級下學期讀到水的溶解作用時，老師給我們做了一個有趣的實驗：兩杯濃度不同的糖水，將濃度比較高的那杯染成紅色並吸起滴入沒有染色的那杯，發現紅色糖水會往下沉。在實驗中竟發現了有甜甜圈的結構產生，真令人料想不到，也讓我們有一窺究竟的想法。



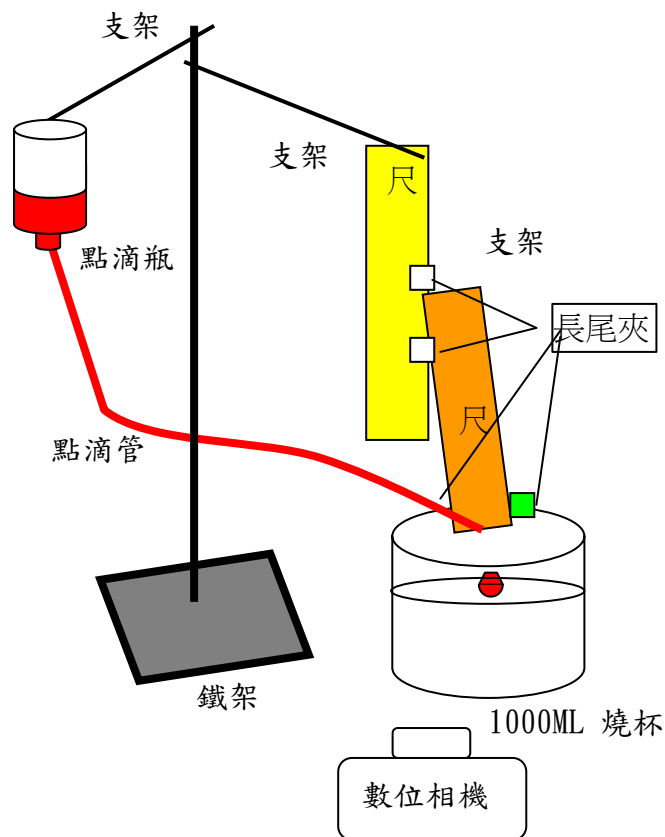
照片一、二 液滴在水中產生甜甜圈的結構

貳、 研究目的

- 一、 設計能看到液滴入水後產生甜甜圈結構過程的實驗裝置。
- 二、 分析探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程。
- 三、 探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程的影響因素。

參、 研究裝置及器材

一、裝置設計如下圖一，實作裝置如下照片三



圖一 實驗裝置圖示



照片三 實驗裝置

二、器材

水、高級精鹽、酒精、紅墨水(利百代)、刮勺、稱量紙、電子天平、點滴瓶、點滴管、滴管、長尾夾、鐵架、支架、溫度計、燒杯 (10ml、50ml、100ml、1000ml)、量筒 (10ml)、壓克力製長方體容器(5cm×5cm×25cm、10cm×10cm×25cm、5cm×5cm×20cm、10cm×10cm×20cm)、數位相機、腳架電腦、winders media movie maker、Power DVD、Photoimpact 12、Gif Animator 5.05 版。

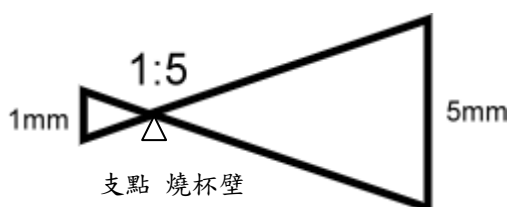
肆、 研究過程及討論

研究過程一：設計能看到液滴入水後產生甜甜圈結構過程的實驗裝置

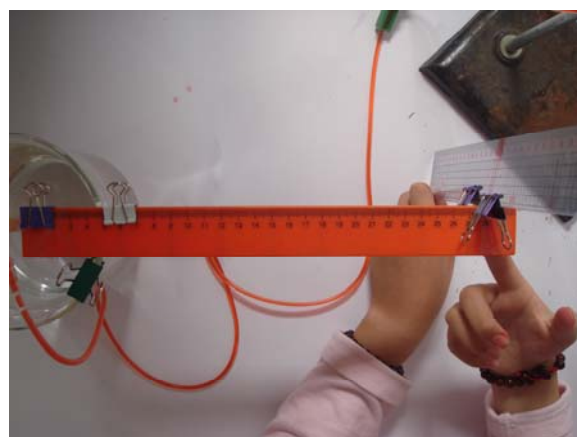
【設計想法】實驗裝置原本非常簡單，只要有一支滴管及一個 1000ML 的燒杯。但滴入液滴是以手直接按壓滴管，所形成的液滴大小不一，且滴入時手會移動，都會影響實驗的結果。

【改良設計 1】將滴管改為醫用的點滴瓶及點滴管，調整調節筏可控制液滴的大小，固定點滴的出口，可防止其移動。每次實驗過程需彎折點滴管控制是否滴出液滴。

【改良設計 2】為可有效的控制液滴的高度，利用槓桿的幾何放大原理，以燒杯壁為支點，長尾夾固定，以增加準確性及靈敏度。如圖二及照片四



圖二 槓桿幾何放大示意圖

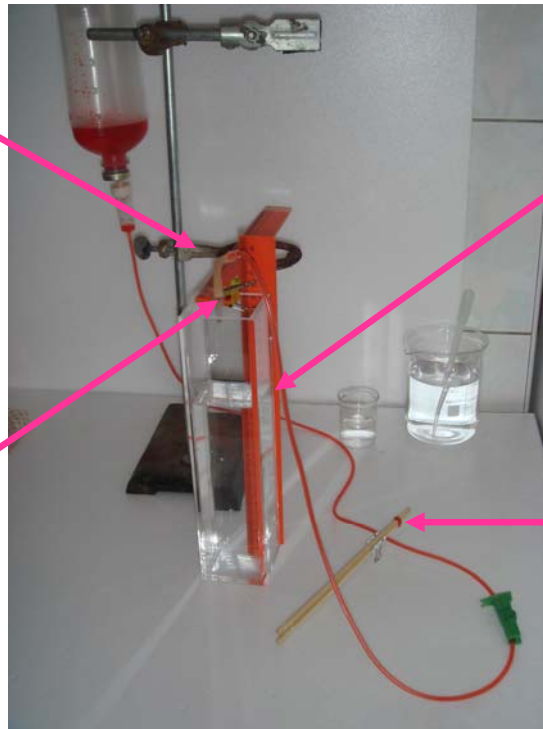


照片四 槓桿幾何放大裝置

【改良設計 3】雖然利用槓桿的幾何放大原理可以增加準確性及靈敏度，但當高度差太大時放大的高度並不易控制，因此將實驗器材固定，僅改變液面高度反而更有利於實驗進行，如照片五。

※使用改良設計 2 只能改變液滴高度 5 次(每次上升 0.2 cm)，高度變化約 1cm，若使用改良設計 3 高度變化可達 10cm 以上。

在後方調整鐵環的高度，以維持直尺的水平平衡。

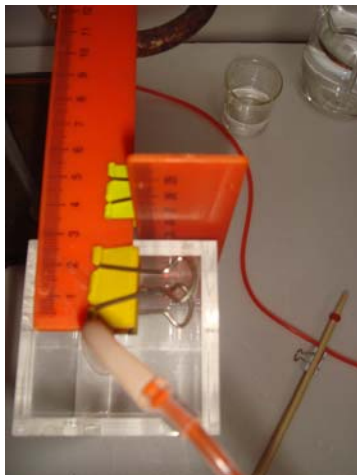


平視容器後方直尺，可讀取水位高度。

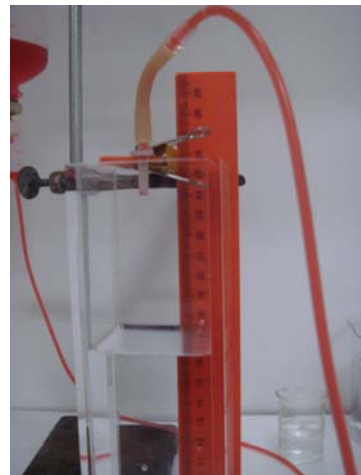
在容器上的位置，以魚尾夾固定點滴出口。

竹筷前方以橡皮筋綁住，夾住點滴導管，後方以魚尾夾固定以控制是否滴入液滴。

照片五



照片六



照片七

研究過程二：分析探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程

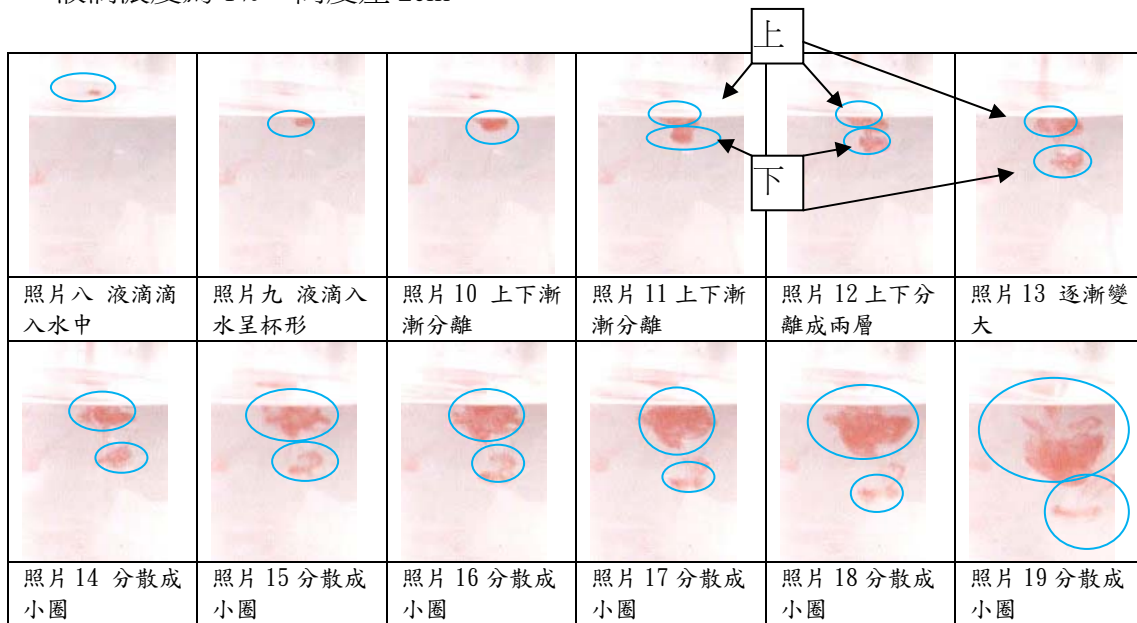
(一)實驗步驟：

1. 將 1000ml 的水倒入燒杯，並如圖六 將實驗器材裝置妥當。
2. 用數位相機動畫檔拍下液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程。
3. 用 Power DVD 影像播放軟體，找出液滴滴入水中產生甜甜圈結構的時間範圍。
4. 為分析液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程，我們用 Ulead 的 Gif Animator 5.05 版將影像每 0.04 秒定格，取出過程的照片，並分析其物理現象。
5. 將 330ml 的水倒入壓克力製長方體容器(5cmx5cmx25cm)，並如照片五將實驗器材裝置妥當。
6. 重複步驟 2-4。

(二)結果：液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程

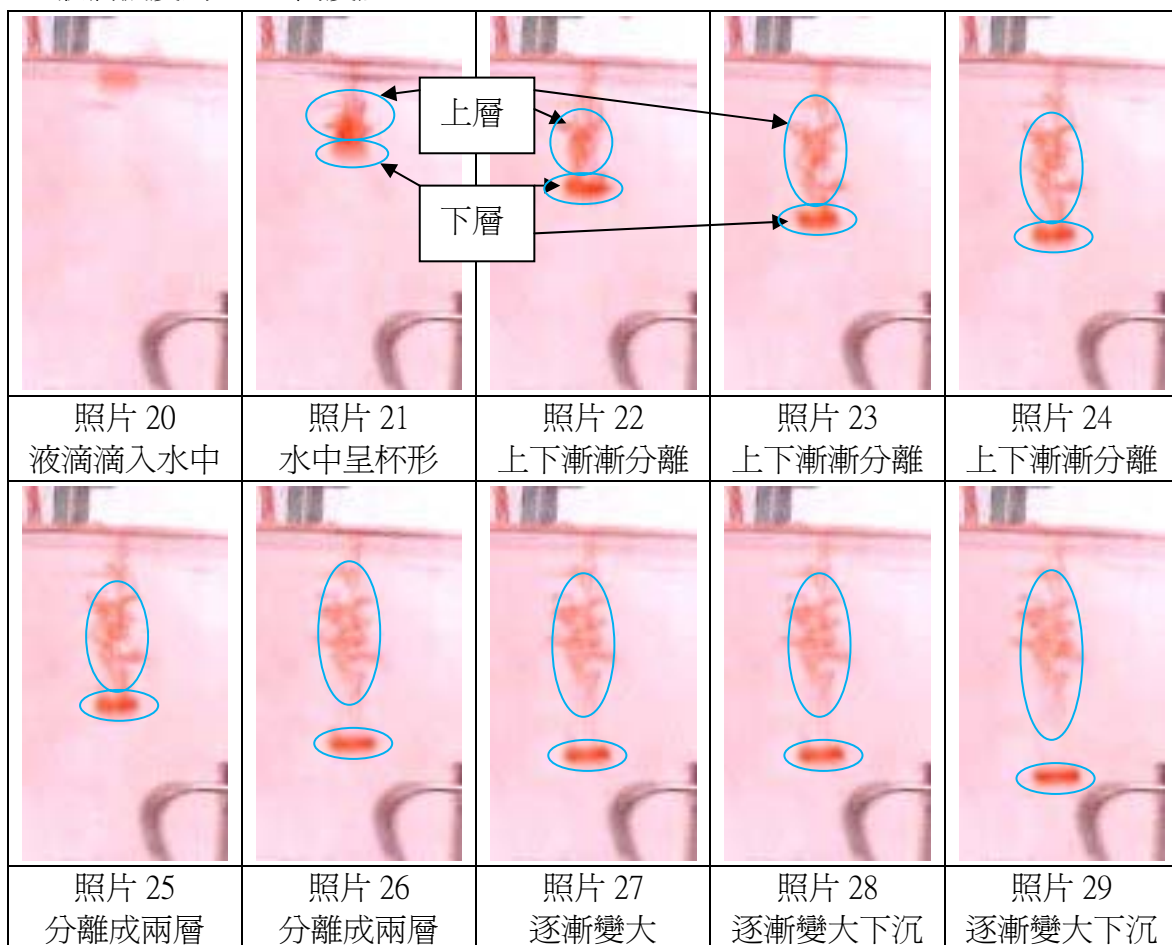
1.下連續圖是液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程分析圖









液滴濃度為 1% 高度差 2cm



2.下連續圖是液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程分析圖


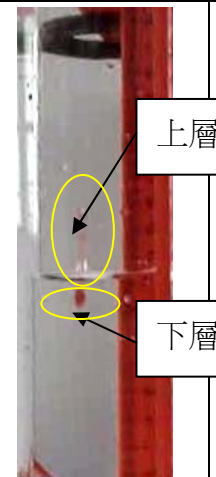
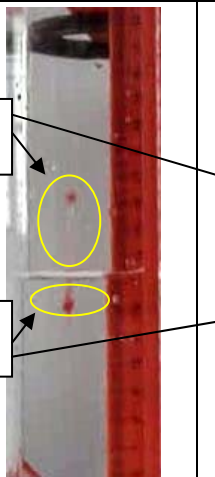
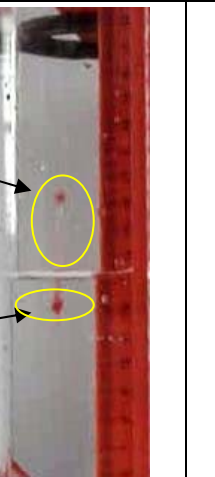

液滴濃度為 5% 高度差 2cm











				
照片 30 逐漸變大下沉	照片 31 逐漸變大下沉	照片 32 逐漸變大滯留	照片 33 逐漸變大滯留	照片 34 逐漸變大滯留
				
照片 35 逐漸變大滯留	照片 36 逐漸變大滯留	照片 37 逐漸變大滯留		

2. 下連續圖是液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程分析圖

液滴濃度為 10% 高度差 10.5cm

				
照片 38 液滴滴入水中	照片 39 下層呈杯形 上層反彈向上	照片 40 下層呈杯形 上層反彈向上	照片 41 下層呈杯形 上層呈水滴狀	照片 42 下層呈杯形 上層落入水中

				
照片 43 下層呈杯形 上層接近下層	照片 44 下層逐漸散開 上層接近下層	照片 45 下層逐漸散開 上層接近下層	照片 46 下層逐漸散開 上層接近下層	照片 47 下層逐漸散開 上層接近下層
				
照片 48 逐漸變大滯留	照片 49 逐漸變大滯留	照片 50 逐漸變大滯留	照片 51 逐漸變大滯留	照片 52 分散成小圈

照片 39-51 為連續影像，每張間隔 0.04 秒。

(三)討論與分析

1.液滴滴入水中產生甜甜圈結構的過程為下列六個時期：

- ①水面反彈：液滴碰撞水面液滴分成兩部份，一部份帶著水面的液體反彈向上(參考照片 39-41 可見紅色液滴外圍包覆著透明的水柱)為上層，一部份直接穿入水中為下層。
- ②杯狀期：下層液滴及上層反層回落的液滴若不受水面振盪，液滴受重力及水的黏滯力呈杯狀。
- ③甜甜圈小環期：形成杯狀後底部中間微突部分受下方水流向上推向兩旁，慢慢變薄變平最後貫穿，形成甜甜圈形狀。
- ④甜甜圈大環期：甜甜圈結構形成後，水流在結構外形成由外而內

的環流，由於外部環流的黏滯力及本身環流表面張力，形成壓力差，產生升力向外擴張，由小環→大環。

⑤滯留期：大環由於擴張太大，使得中心下部水流不再繞過外環，改由中心穿過使水流合力=0，產生滯留。

⑥無序散逸期：大環滯留後，由內向外分裂成一段段的，各自形成數個微小環流散開，似擴散般無序散逸的消失。

2.其過程除過程①液滴會上下分成兩層外與前述探討研究原理論相近，但其干擾因素繁多(如水面振盪、液滴大小、液滴之初速……)，導致結果誤差大。

3.上層雖然看不出是什麼圖形但液滴濃度較大時，其分層明顯及下降的速度皆較快。

研究過程三-1：探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程的影響因素

在不同高度中觀察產生甜甜圈結構過程。

(一)實驗步驟：

1. 將 330ml 的水倒入壓克力製長方體容器(5cm×5cm×25cm)中，點滴瓶內裝 8%鹽水溶液 100ml，並如照片五將實驗器材裝置妥當。並記錄其水面與液滴形成的高度(平視在容器後直尺刻度)。
2. 用數位相機動畫檔拍下液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程。
3. 用 Power DVD 影像播放軟體，找出液滴滴入水中產生甜甜圈結構的時間範圍。
4. 為分析液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程，我們用 Ulead 的 Gif Animator 5.05 版將影像每 0.04 秒定格，取出過程的照片，並分析其物理現象。
5. 加入 25ml 的水並記錄其水面高度(每次上升 1cm)，重複步驟 2-4。
6. 重複步驟 5 至水面高度接近液滴形成的高度，並討論之。

(二)結果：

1. 觀測結果：液滴形成的高度=23.7cm

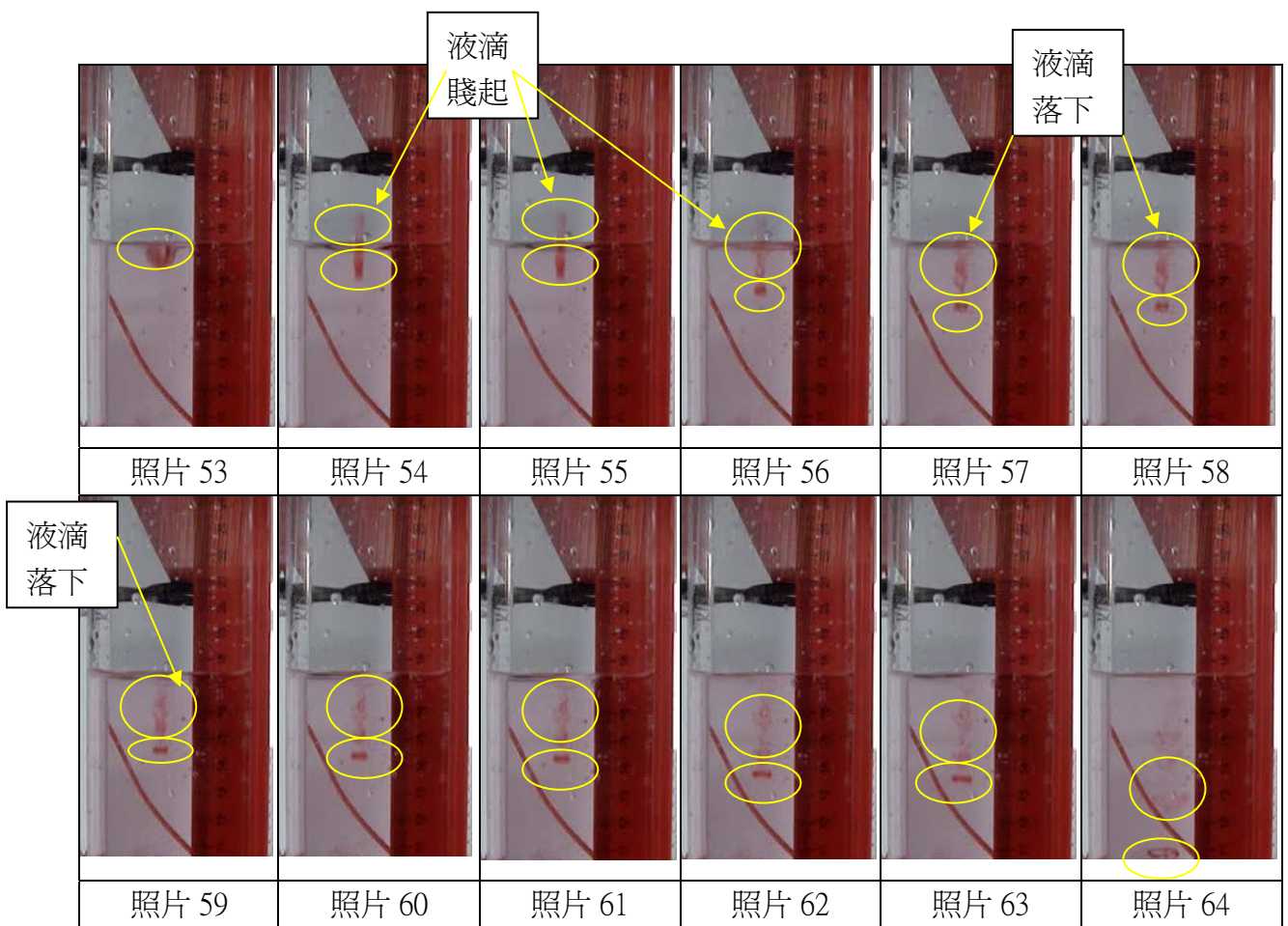
表一 將 8%鹽水滴入純水中在不同高度的觀察結果

		8%鹽水->純水	8%鹽水->純水
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	水面搖晃大，不成功	1 次成功，4 次失敗
14.2cm	9.5cm	水面搖晃大，不成功	1 次成功，4 次失敗
15.2cm	8.5cm	水面搖晃大，不成功	0 次成功，5 次失敗
16.2cm	7.5cm	水面搖晃大，不成功	0 次成功，5 次失敗
17.2cm	6.5cm	4 次成功，1 次失敗	3 次成功，1 次失敗
18.2cm	5.5cm	4 次成功，1 次失敗	4 次成功，1 次失敗

19.2cm	4.5cm	4 次成功，1 次失敗	4 次成功，1 次失敗 (影片中發現水面搖晃大)
20.2cm	3.5cm	3 次成功，2 次失敗	0 次成功，5 次失敗 (影片中發現水面搖晃大)
21.2cm	2.5cm	2 次成功，3 次失敗	3 次成功，2 次失敗
22.2cm	1.5cm	第一次搖晃大，失敗，其他成功	4 次成功，1 次失敗
23.2cm	0.5cm	100%失敗	0 次成功，5 次失敗
23.7cm	0cm	100%成功	5 次成功，0 次失敗

下連續圖是液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程分析圖

液滴濃度為 8% 高度差 6.5cm



(三)討論與分析

- 1.當高度差=0cm 時，就算水面稍有晃動，都可以形成甜甜圈。
- 2.當高度差 = 3.5 至 6.5cm 時，由照片 53-60 可見到液滴滴入水後會濺起，上下兩層的結構為液滴滴入水時一部份直接進入水中，而一部份濺起後才落入水中之故。

3.當高度差 > 7.5cm 時，由照片 38-47 可見液滴滴入水後會濺起很高，水面晃動很大，水流紊亂導致液滴並不容易形成甜甜圈結構。

研究過程三-2：探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程的影響因素

在不同的濃度中觀察產生甜甜圈結構過程。

(一)實驗步驟：

1. 將 330ml 的水倒入壓克力製長方體容器(5cm×5cm×25cm)中，點滴瓶內裝 10%鹽水溶液 100ml，並如照片五將實驗器材裝置妥當。並記錄其水面與液滴形成的高度(平視在容器後直尺刻度)。
2. 用數位相機動畫檔拍下液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程。
3. 用 Power DVD 影像播放軟體，找出液滴滴入水中產生甜甜圈結構的時間範圍。
4. 為分析液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程，我們用 Ulead 的 Gif Animator 5.05 版將影像每 0.04 秒定格，取出過程的照片，並分析其物理現象。
5. 加入 25ml 的水並記錄其水面高度(每次上升 1CM)，重複步驟 2-4。
6. 重複步驟 5 至水面高度接近液滴形成的高度。
7. 改變點滴瓶鹽水濃度 4 次(10%，8%，4%，2%)，重複步驟 1-6，並討論之。

(二)結果：

觀測結果：液滴形成的高度=23.7cm

表二 不同濃度鹽水滴入純水中在不同高度的觀察結果

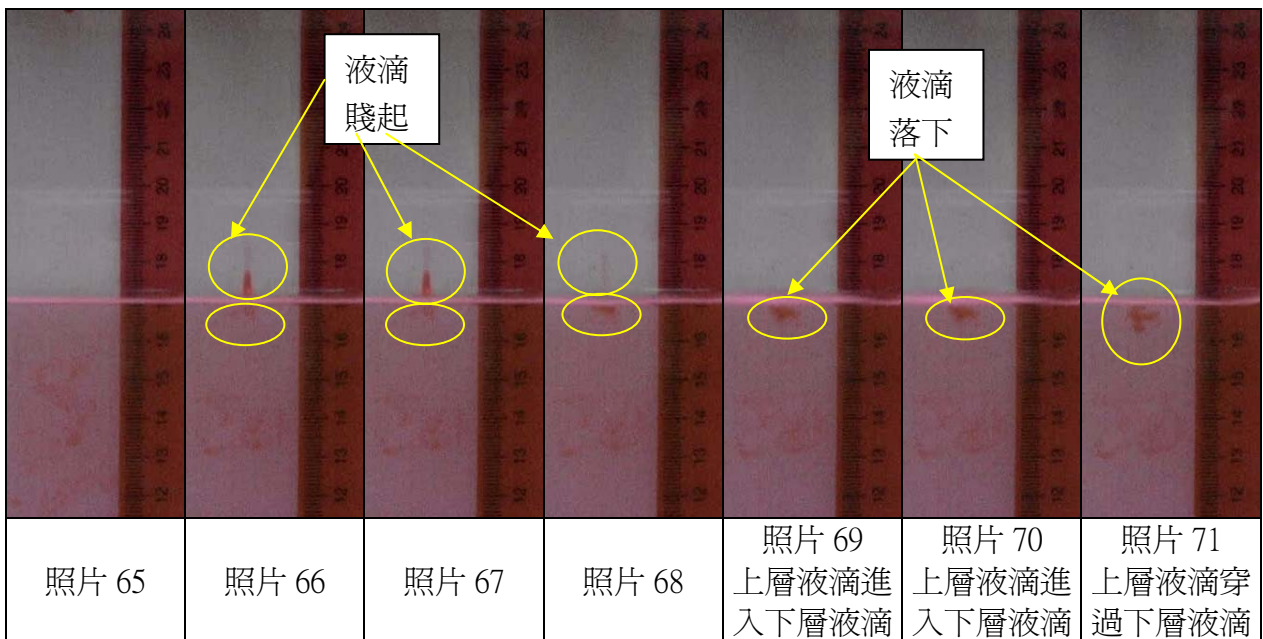
		10%鹽水->純水	8%鹽水->純水
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	0 次成功，5 次失敗	水面搖晃大，不成功
14.2cm	9.5cm	1 次成功，4 次失敗	水面搖晃大，不成功
15.2cm	8.5cm	1 次成功，4 次失敗	水面搖晃大，不成功
16.2cm	7.5cm	1 次成功，4 次失敗	水面搖晃大，不成功
17.2cm	6.5cm	3 次成功，2 次失敗	4 次成功，1 次失敗
18.2cm	5.5cm	3 次成功，2 次失敗	4 次成功，1 次失敗
19.2cm	4.5cm	4 次成功，1 次失敗 (形成 2 個甜甜圈結構)	4 次成功，1 次失敗
20.2cm	3.5cm	4 次成功，1 次失敗 (形成 3 個甜甜圈結構)	3 次成功，2 次失敗

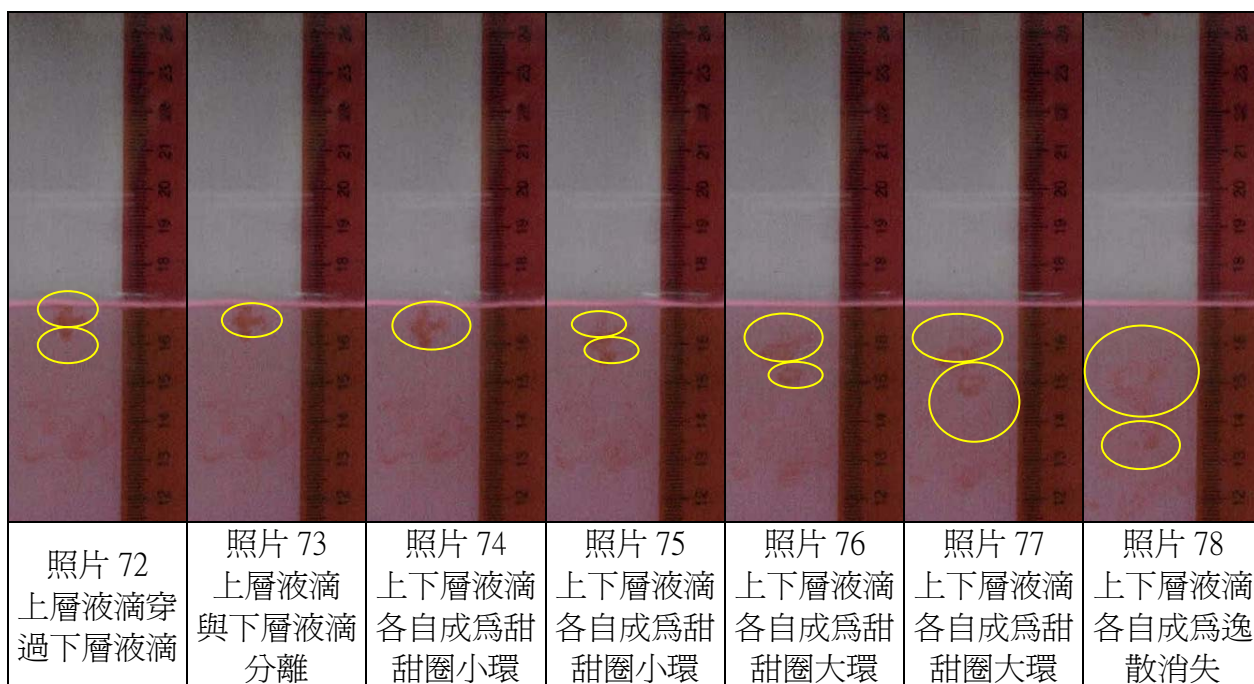
21.2cm	2.5cm	1 次成功，4 次失敗	2 次成功，3 次失敗
22.2cm	1.5cm	1 次成功，4 次失敗	第一次搖晃大，失敗，其他成功
23.2cm	0.5cm	1 次成功，4 次失敗	100%失敗
23.7cm	0cm	5 次成功，0 次失敗	100%成功

		4%鹽水->純水	2%鹽水->純水
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	0 次成功，5 次失敗	0 次成功，5 次失敗
14.2cm	9.5cm	0 次成功，5 次失敗	0 次成功，5 次失敗
15.2cm	8.5cm	0 次成功，5 次失敗	2 次成功，3 次失敗
16.2cm	7.5cm	0 次成功，5 次失敗	1 次成功，4 次失敗
17.2cm	6.5cm	5 次成功，0 次失敗	3 次成功，2 次失敗
18.2cm	5.5cm	3 次成功，2 次失敗	0 次成功，5 次失敗
19.2cm	4.5cm	4 次成功，1 次失敗	1 次成功，4 次失敗
20.2cm	3.5cm	1 次成功，4 次失敗	1 次成功，4 次失敗
21.2cm	2.5cm	4 次成功，1 次失敗	4 次成功，1 次失敗
22.2cm	1.5cm	5 次成功，0 次失敗	5 次成功，0 次失敗
23.2cm	0.5cm	2 次成功，3 次失敗	1 次成功，4 次失敗
23.7cm	0cm	5 次成功，0 次失敗	5 次成功，0 次失敗

下連續圖是液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程分析圖

液滴為酒精，容器內亦為酒精 高度差 6.5cm





(三)討論與分析

- 1.當濃度變大時，甜甜圈較易形成且下降的速度也較快。
- 2.與參考資料一結果一致，在高度差爲零時，幾乎都可以形成甜甜圈結構。
- 3.在高度爲 0.5cm 時，幾乎很難形成甜甜圈結構，由研究過程三-1 之結論推斷應是上層(反彈之水珠)其回落的速度太快與下層(直接落下的)液滴碰撞造成亂流而無法形成甜甜圈結構。

研究過程三-3：探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程的影響因素

在不同的溶液中觀察產生甜甜圈結構過程。

(一)實驗步驟：

1. 將 330ml 的水倒入壓克力製長方體容器(5cm×5cm×25cm)中，點滴瓶內裝 8%鹽水溶液 100ml，並如照片五將實驗器材裝置妥當。並記錄其水面與液滴形成的高度(平視在容器後直尺刻度)。
2. 用數位相機動畫檔拍下液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程。
3. 用 Power DVD 影像播放軟體，找出液滴滴入水中產生甜甜圈結構的時間範圍。
4. 爲分析液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程，我們用 Ulead 的 Gif Animator 5.05 版將影像每 0.04 秒定格，取出過程的照片，並分析其物理現象。
5. 加入 25ml 的水並記錄其水面高度(每次上升 1CM)，重複步驟 2-4。
6. 重複步驟 5 至水面高度接近液滴形成的高度。
7. 點滴瓶裝入酒精，容器亦裝入酒精，重複步驟 1-6。
8. 點滴瓶裝入酒精，容器裝入純水，重複步驟 1-6。

9. 點滴瓶裝入 8%鹽水溶液，容器裝入酒精，重複步驟 1-6。

10. 點滴瓶裝入純水，容器裝入 8%鹽水溶液，重複步驟 1-6。

(二)結果：

觀測結果：液滴形成的高度=23.7cm

表三 不同濃度鹽水滴入純水中在不同高度的觀察結果

水面高度	液滴與水面的高度差	8%鹽水->純水	酒精->酒精
		觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	水面搖晃大，不成功	2 次成功，3 次失敗
14.2cm	9.5cm	水面搖晃大，不成功	4 次成功，1 次失敗
15.2cm	8.5cm	水面搖晃大，不成功	5 次成功，0 次失敗
16.2cm	7.5cm	水面搖晃大，不成功	5 次成功，0 次失敗
17.2cm	6.5cm	4 次成功，1 次失敗	5 次成功，0 次失敗
18.2cm	5.5cm	4 次成功，1 次失敗	1 次成功，4 次失敗
19.2cm	4.5cm	4 次成功，1 次失敗	4 次成功，1 次失敗
20.2cm	3.5cm	3 次成功，2 次失敗	1 次成功，4 次失敗
21.2cm	2.5cm	2 次成功，3 次失敗	5 次成功，0 次失敗
22.2cm	1.5cm	第一次搖晃大，失敗，其他成功	5 次成功，0 次失敗
23.2cm	0.5cm	100%失敗	5 次成功，0 次失敗
23.7cm	0cm	100%成功	5 次成功，0 次失敗

水面高度	液滴與水面的高度差	酒精->純水	鹽水->酒精	純水->8%鹽水
		觀察結果	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	水彈上來，全失敗	全失敗	全失敗
14.2cm	9.5cm	酒精浮在水面上，失敗	全失敗	全失敗
15.2cm	8.5cm	酒精浮在水面上，失敗	全失敗	全失敗
16.2cm	7.5cm	酒精浮在水面上，失敗	全失敗	全失敗
17.2cm	6.5cm	酒精浮在水面上，失敗	全失敗	全失敗
18.2cm	5.5cm	酒精浮在水面上，失敗	全失敗	全失敗
19.2cm	4.5cm	酒精浮在水面上，失敗	成功 1，失敗 4	全失敗
20.2cm	3.5cm	酒精浮在水面上，失敗	成功 5，失敗 0	全失敗
21.2cm	2.5cm	酒精浮在水面上，失敗	成功 3，失敗 2	全失敗
22.2cm	1.5cm	酒精浮在水面上，失敗	全失敗	成功，沉下時形成甜甜圈結構，再浮上水面
23.2cm	0.5cm	酒精浮在水面上，失敗	全失敗	全失敗
23.7cm	0cm	酒精浮在水面上，失敗	成功 5，失敗 0	成功，沉下時形成甜甜圈結構，再浮上水面

(三)討論與分析

- 1.不同溶液中，當密度小的滴入密度大的溶液，因所受浮力太大，在液面經短暫接觸，就浮在液體表面了，無法形成甜甜圈結構。
- 2.由 8%鹽水滴入酒精的結果來看，密度相差大時，重力太大也不適合甜甜圈結構的形成。
- 3.由酒精滴入酒精的結果來看，形成甜甜圈結構的比例非常高。

研究過程三-4：探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程的影響因素

在不同容器中觀察產生甜甜圈結構過程。

(一)實驗步驟：

1. 將 330ml 的水倒入壓克力製長方體容器(5cm×5cm×25cm)中，並如照片五將實驗器材裝置妥當。並記錄其水面與液滴形成的高度(平視在容器後直尺刻度)。
2. 用數位相機動畫檔拍下液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程。
3. 用 Power DVD 影像播放軟體，找出液滴滴入水中產生甜甜圈結構的時間範圍。
4. 為分析液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程，我們用 Ulead 的 Gif Animator 5.05 版將影像每 0.04 秒定格，取出過程的照片，並分析其物理現象。
5. 加水使其每次上升 1cm 並記錄其水面高度，重複步驟 2-4。
6. 重複步驟 5 至水面高度接近液滴形成的高度。
7. 改變容器為壓克力製長方體容器(5cm×5cm×25cm)裝水 1320ml 及 1000ml 燒杯裝水 400ml，重複步驟 1-6，並討論之。

(三)結果與討論

原本預期水滴入水後會產生環狀波傳遞出去，遇到不同容器反射回到波源時會對實驗產生干擾，經此過程驗證發現，使用不同的容器對實驗結果並無顯著之影響。

研究過程三-5：探討液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程的影響因素

在不同溫度中觀察產生甜甜圈結構過程。

(一)實驗步驟：

1. 將 330ml 的水倒入壓克力製長方體容器(5cm×5cm×25cm)中，點滴瓶內裝 8%鹽水溶液 100ml，並如照片五將實驗器材裝置妥當。並記錄其水面與液滴形成的高度(平視在容器後直尺刻度)。
2. 用數位相機動畫檔拍下液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程。
3. 用 Power DVD 影像播放軟體，找出液滴滴入水中產生甜甜圈結構的時間範圍。
4. 為分析液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程，我們用 Ulead 的 Gif Animator 5.05 版將影像每 0.04 秒定格，取出過程的照片，並分析其物理現象。
5. 改變 5 個水面高度(13.2cm、18.2cm、19.2cm、23.2cm、23.7cm)，重複步驟 2-4。
6. 改變容器水溫 8 次(10°C,15°C,20°C,25°C,30°C,35°C,40°C,45°C)，重複步驟 1-5，並討論之。
7. 改變點滴瓶溶液為 100ml 純水，重複步驟 1-6，並討論之。

(二)結果：

觀測結果 1：液滴形成的高度=23.7cm

表四 不同溫度 8%鹽水滴入純水中在特定高度的觀察結果

		10°C	15°C	20°C
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	成功 1，失敗 4	全失敗，水彈起回落會追上下部液滴	全失敗
18.2cm	5.5cm	全失敗	全失敗	全失敗
19.2cm	4.5cm	全失敗	成功 2，失敗 3	全失敗
23.2cm	0.5cm	成功 3，失敗 2	全失敗	成功 1，失敗 4
23.7cm	0cm	成功 2，失敗 3	成功 5，失敗 0	成功 4，失敗 1

		25°C	30°C	35°C
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	水彈上來，全失敗	全失敗	全失敗
18.2cm	5.5cm	全失敗	全失敗	全失敗
19.2cm	4.5cm	全失敗	成功 4，失敗 1	成功 4，失敗 1
23.2cm	0.5cm	全失敗	全失敗	全失敗
23.7cm	0cm	成功 4，失敗 1	成功 5，失敗 0	成功 5，失敗 0

		40°C	45°C	
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果	
13.2cm	10.5cm	全失敗	全失敗	
18.2cm	5.5cm	成功 4，失敗 1	成功 4，失敗 1	
19.2cm	4.5cm	成功 3，失敗 2	成功 3，失敗 2	
23.2cm	0.5cm	成功 1，失敗 4	全失敗	
23.7cm	0cm	成功 3，失敗 2	成功 5，失敗 0	

觀測結果 2：液滴形成的高度=23.7cm

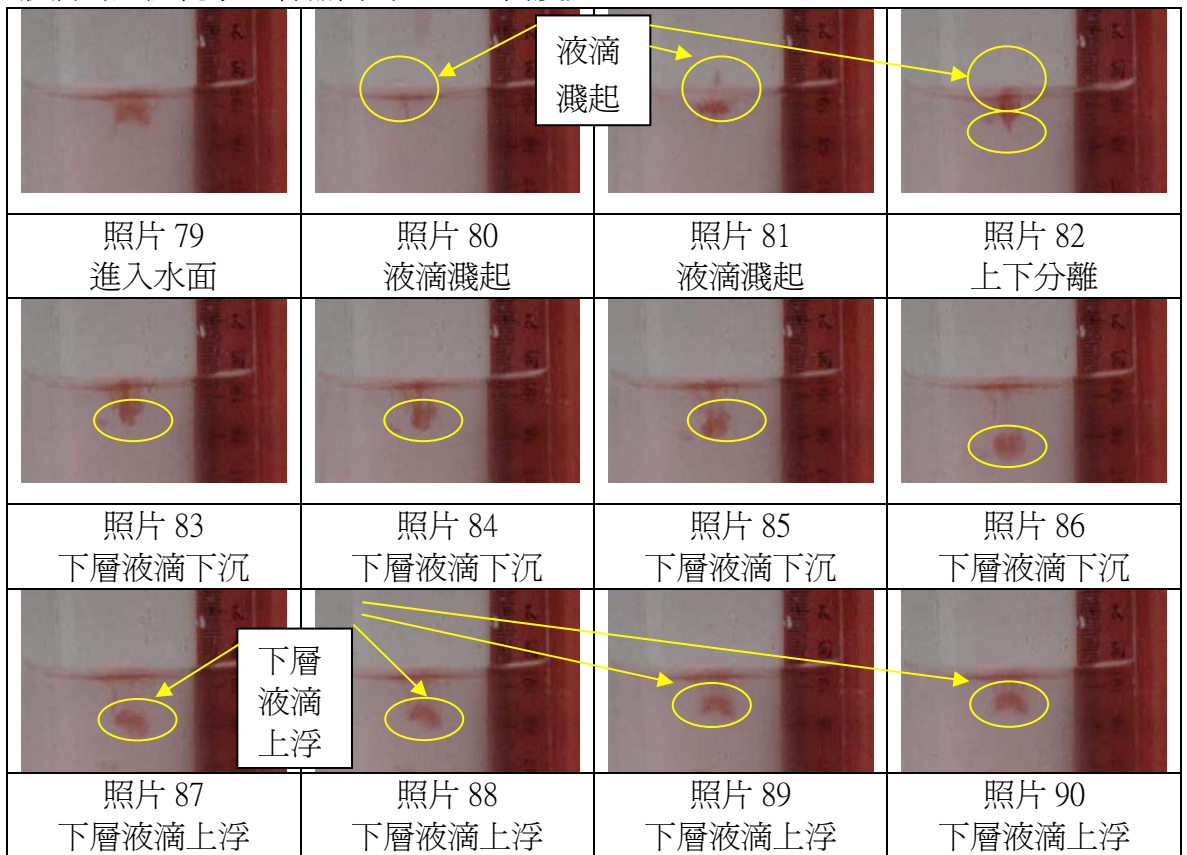
表四 不同溫度純水滴入純水中在特定高度的觀察結果

		10°C	15°C	20°C
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	成功 2，失敗 3	成功 1(出現兩個圈)，失敗 4	成功 1，失敗 4
18.2cm	5.5cm	成功 2，失敗 3	成功 2，失敗 3	成功 4，失敗 1
19.2cm	4.5cm	全失敗	全失敗	成功 4，失敗 1
23.2cm	0.5cm	全失敗	全失敗	成功 1，失敗 4
23.7cm	0cm	成功 5，失敗 0	成功 5，失敗 0	成功 5，失敗 0

		25°C	30°C	35°C
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果	觀察結果
13.2cm	10.5cm	全失敗	全失敗	全失敗
18.2cm	5.5cm	成功 4，失敗 1	全失敗	全失敗
19.2cm	4.5cm	全失敗	成功 4，失敗 1	成功 4，失敗 1
23.2cm	0.5cm	全失敗	全失敗	全失敗
23.7cm	0cm	成功 5，失敗 0	成功 5，失敗 0	成功 5，失敗 0

		40°C	45°C	
水面高度	液滴與水面的高度差	觀察結果	觀察結果	
13.2cm	10.5cm	全失敗	全失敗	
18.2cm	5.5cm	成功 4，失敗 1	成功 4，失敗 1	
19.2cm	4.5cm	成功 3，失敗 2	成功 3，失敗 2	
23.2cm	0.5cm	全失敗	成功 1，失敗 4	
23.7cm	0cm	成功 4，失敗 1	成功 5，失敗 0	

下連續圖是液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程分析圖
液滴為室溫純水，容器內為 15°C 高度差 4.5cm



(三)討論與分析

1. 當水溫為 45°C 時，甜甜圈散失較快。
2. 點滴瓶及容器皆為純水時，水溫為 10°C 及 15°C 時甜甜圈會在中途往上升，應是下降過程中液滴水溫較高所產生的浮力所影響，所以也容易失敗。
3. 改變水溫，因此同時改變溶液的浮力及黏滯力，會使觀察的情況更複雜。

伍、 結論：

- 一、使用工具可以使我們更容易控制環境，達成我們的目的。
- 二、我們利用家庭用數位相機及影像編輯軟體，可成功的分析出液滴滴入水中產生甜甜圈結構過程，這可用到一些微觀的動態研究。
- 三、我們發現液滴滴入水中產生甜甜圈結構的過程為下列六個時期：
 - ①水面反彈。 ②杯狀期。 ③甜甜圈小環期。
 - ④甜甜圈大環期。 ⑤滯留期。 ⑥無序散逸期。
- 三、液滴滴入水中產生甜甜圈結構的影響因素有：液滴落下時的高度、液滴的濃度、溶液的濃度、水溫、水面擾動、液滴大小、液滴之初速……

在本研究的觀察中，有幾點結論：

(一)在不同高度中觀察產生甜甜圈結構過程。

- 1.當高度差=0cm 時，都可以形成甜甜圈。
- 2.當高度差 = 3.5 至 6.5cm 時，液滴入水後會濺起，易形成上下兩層的甜甜圈結構。
- 3.當高度差 > 7.5cm 時，液滴入水後會濺起很高，水流紊亂導致液滴並不容易形成甜甜圈結構。

(二)在不同的濃度中觀察產生甜甜圈結構過程。

- 1.當濃度變大時，甜甜圈較易形成且下降的速度也較快。當點滴液濃度為 8%及 10%滴入純水中，比較容易形成甜甜圈。
- 2.在高度差為零時，幾乎都可以形成甜甜圈結構。
- 3.在高度為 0.5cm 時，幾乎很難形成甜甜圈結構。

(三)在不同的溶液中觀察產生甜甜圈結構過程。

- 1.當密度小的滴入密度大的溶液，密度小的液滴浮在液體表面，無法形成甜甜圈結構。
- 2.若密度相差太大時，重力太大也不適合甜甜圈結構的形成。
- 3.由酒精滴入酒精形成甜甜圈結構的比例較水滴入水高。

(四)在不同容器中觀察產生甜甜圈結構過程，對實驗結果並無顯著之影響。

(五)在不同溫度中觀察產生甜甜圈結構過程。

- 1.當水溫為 45°C 時，甜甜圈散失較快。
- 2.水溫為 10°C 及 15°C 時甜甜圈會在中途往上升。
- 3.改變水溫會使觀察的情況更複雜。

陸、 未來研究方向

- 一、本研究可繼續研究其他影響因素，如水面擾動、液滴大小、液滴之初速……，以確實掌握水中甜甜圈之物理機制。
- 二、本研究可用來研究液滴進入水中後消散時所表現的現象，以了解物質在水中的交互作用。
- 三、本研究還可繼續研究當液滴進入水面時所表現的現象，以了解水表的現象。

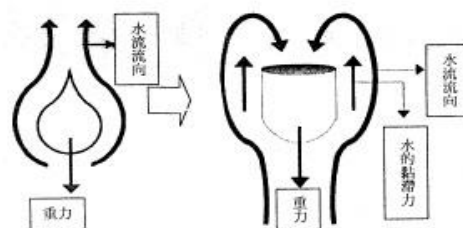
柒、 參考文獻及附錄

- 1.南一出版社（2006）。國民小學自然課本第五冊。台南：南一書局企業股份有限公司。
- 2.南一出版社（2006）。國民小學自然自修第五冊。台南：南一書局企業股份有限公司。
- 3.作者：陳緯仁。指導教師：鍾志輝。第 39 屆全國科學展覽會高中組物理科第一名作品：環形渦流。

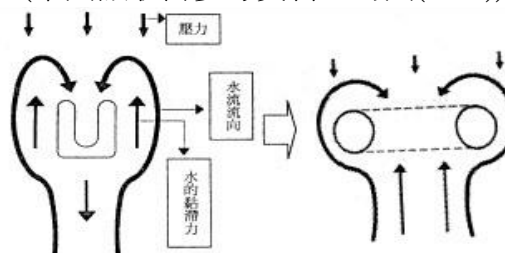
附錄一 環形渦流研究原理(參考自參考文獻 3)

本研究所用到的原理：

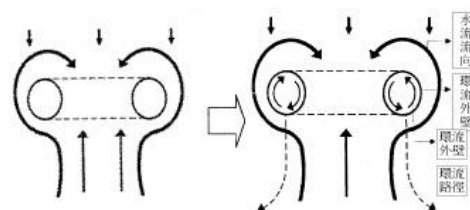
1. 液滴落下後受重力呈水滴狀，入水時仍保持原狀，至整個沒入水中受重力及水的黏滯力則呈杯狀。(參見圖三)
2. 形成杯狀後底部中間微突部分受下方水流向上推往兩旁，慢慢變薄變平最後貫穿，形成甜甜圈形狀。(參見圖四)
3. 甜甜圈結構形成後，水流在結構外形成由外而內的環流，由於外部環流的黏滯力及本身環流表面張力，形成壓力差，產生升力向外擴張，由小環→大環。(參見圖五)
4. 大環由於擴張太大，使得中心下部水流不再繞過外環，改由中心穿過使水流合力=0，產生滯留。(參見圖六)
5. 大環滯留後，由內向外分裂成一段段的，各自形成數個微小環流散開，似擴散般無序散逸的消失。(參見圖七)



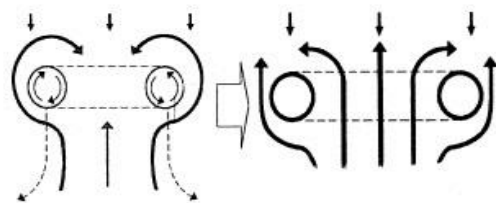
圖三 液滴進入水中後的受力情形 1 (本圖擷取自參考資料 3 的圖(6.1.2))



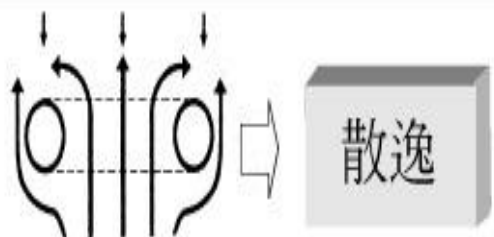
圖四 液滴進入水中後的受力情形 2 (本圖擷取自參考資料 3 的圖(6.2.2))



圖五 液滴進入水中後的受力情形 3 (本圖擷取自參考資料 3 的圖(6.3.2))



圖六 液滴進入水中後的受力情形 4 (本圖擷取自參考資料 3 的圖(6.4.2))



圖七 液滴進入水中後的受力情形 5 (本圖擷取自參考資料 3 的圖(6.5.2))

【評語】 081506

能注意到重複性，設計一些裝置來避免操作誤差。

雖然以科學方法定性描述水中甜甜圈的形成原因，但作品比較不具實用性。

觀察及努力探討物理現象，精神可嘉，值得鼓勵。