

# 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

030108

嘩啦啦與淅瀝瀝～水柱變水滴的探討

學校名稱：新北市立蘆洲國民中學

作者：  國二 李其綦  國二 吳羽霈	指導老師：  蔡怡德  張俊忠
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：終端速度、水柱變化、表面張力

## 摘要

因在走廊上躲雨時產生了疑問，而展開這次水柱變水滴研究，首先我們製作一個可以提供不同水柱流速及不同直徑水柱的水箱，此水箱在進行水柱流動時，它的水面可以維持在同一個高度，利用照相機拍下落下水柱的照片，我們觀察到落下的水柱會有三段不同的變化，分別是穩定水柱、擾動水柱及水滴。我們發現，水柱初速越快穩定水柱越長、水柱直徑越大及表面張力越小，都會使擾動水柱越長，而水滴大小存在一定的極限值。

## 壹、研究動機

嘩啦啦，冬天的雨下了下來，在走廊上躲雨時，抬頭一看，由屋簷流下的水柱，到了最後竟然成為一顆顆的水滴，這些水滴究竟是如何形成的？令人好奇。同時我們也觀察到一個現象：不同的水柱會在不同的高度轉為水滴。為了揭開上述的謎底，因此開始這次研究。

## 貳、研究目的

設計研究系統及完成架設，實驗中使用水及 95%的酒精來進行實驗，並利用照相機拍攝液柱落下的過程，進行分析研究完成以下三個目的：

目的一、液柱流速對落下液柱變化的影響。

目的二、液柱直徑對落下液柱變化的影響。

目的三、液柱溫度對落下液柱變化的影響。

## 參、研究設備與器材

實驗器材：電子秤、各式尺寸玻璃管及壓克力管、溫度計、計時器、穩定水壓實驗水箱、單眼相機。

## 肆、研究步驟

研究一、水箱的設計與製作。

(一) 思考方向：

1.由於我們要進行落下液柱的觀察與研究，我們需要有能夠穩定提供液柱的實驗器材，並且可以調整不同液柱流速及不同直徑的液柱。

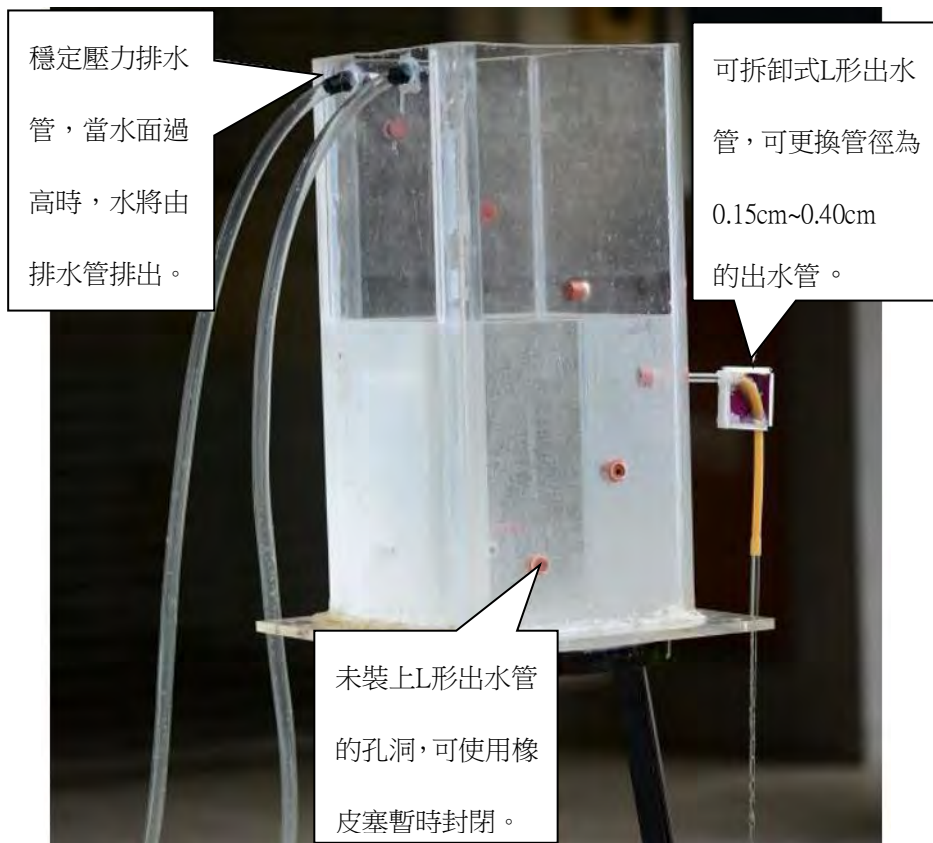
2.為了使水箱在進行液柱流動時，液面能夠維持在一定的高度，我們在距離水箱底部50.00cm處裝置排水管，它可以調整進水量及出水量的平衡，因此液面可以維持穩定。

(二) 實驗器材設計：

1.分別在水箱高度5.00cm、13.00cm、21.00cm、29.00cm、37.00cm、45.00cm位置，以鑽孔機鑽出直徑1.60cm的圓孔，並為每個圓孔配置大小適當的橡皮塞。

2.在水箱高度50.00cm的位置裝設排水管。

3.製作L形出水管，將L形出水管裝置於水箱上的圓孔，即可獲得穩定的液柱流動，可觀察液柱的各種變化，實驗裝置如圖一。



圖一：穩定水壓實驗水箱。



圖二：水箱上控制流速的水龍頭。

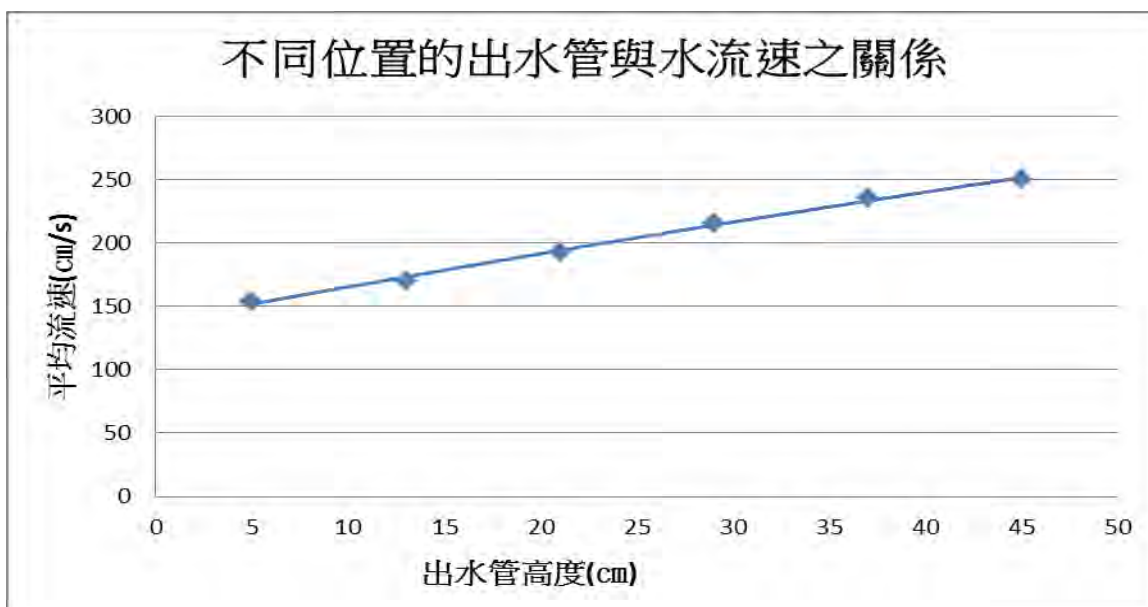
(三) 液柱流速的測量：

- 1.將管徑為0.40cm的L形出水管裝置於水箱上高度為5.00cm的圓孔。
- 2.在水箱中注入32°C的水，保持水面高度為50.00公分高，使水柱由出水管穩定流出。
- 3.利用量筒及碼錶測量出水管流出500ml的水所需要的時間，重複進行五次實驗。
- 4.分別將管徑為0.40cm的L形出水管裝置於水箱上高度為13.00cm、21.00cm、29.00cm、37.00cm、45.00cm的圓孔，重複步驟2到步驟3。
- 5.將水箱中的液體改為27°C濃度為95%的酒精，重複步驟2到步驟4。
- 6.水柱流速如公式一，利用公式一計算流速，並將實驗結果記錄於表一及表二。

流速×時間×出水管截面積=溶液體積。（公式一）

表一：不同位置的出水管與水流速之關係。

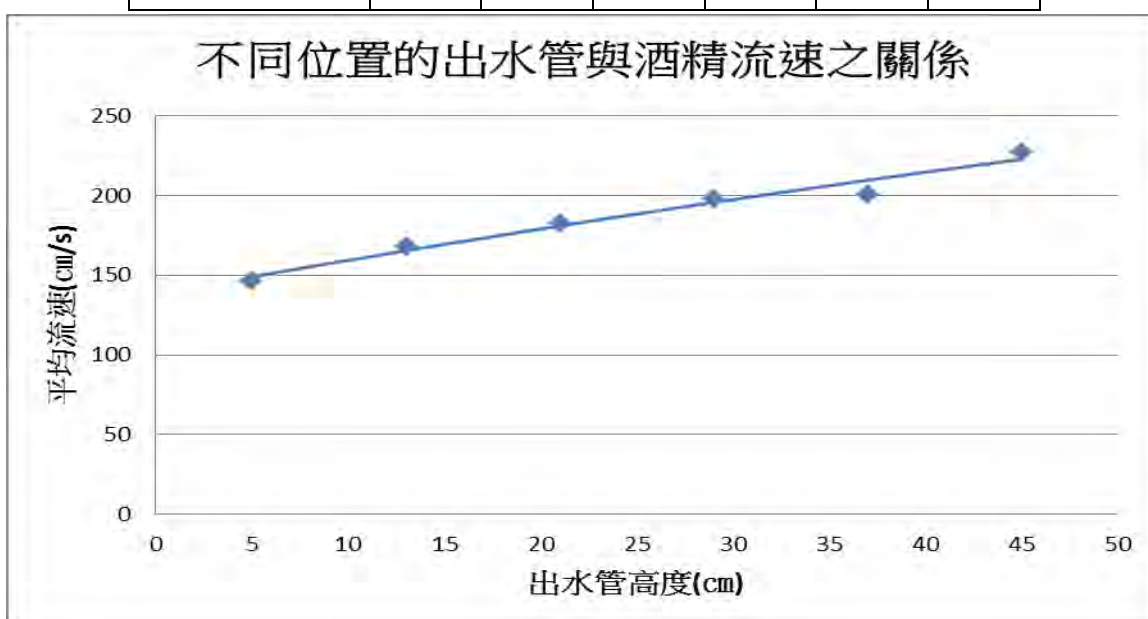
出水管高度(cm)	5.00	13.00	21.00	29.00	37.00	45.00
平均流速(cm/s)	153.63	170.31	193.26	215.67	235.27	250.10



圖三：不同位置的出水管與水流速之關係圖。

表二：不同位置的出水管與酒精流速之關係。

出水管高度(cm)	5.00	13.00	21.00	29.00	37.00	45.00
平均流速(cm/s)	146.61	167.67	182.87	198.08	200.42	227.19

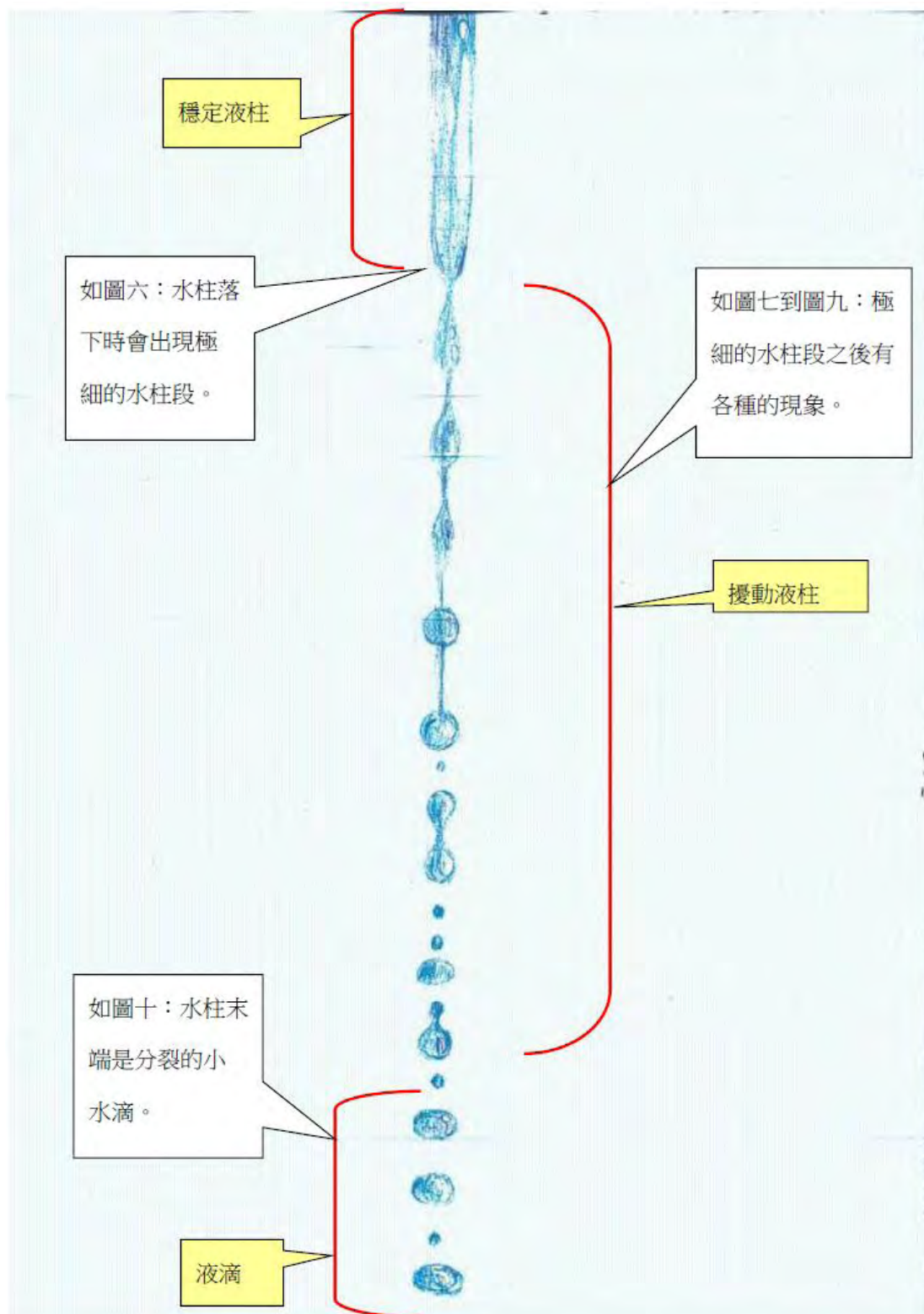


圖四：不同位置的出水管與酒精流速之關係圖。

研究二、利用照相機，拍攝水柱落下的過程，進行分析研究。

因為水柱落下的速度過快，難以用眼睛觀察，所以我們設法以相機捕捉水柱落下時的變化，以便進一步的分析與研究。

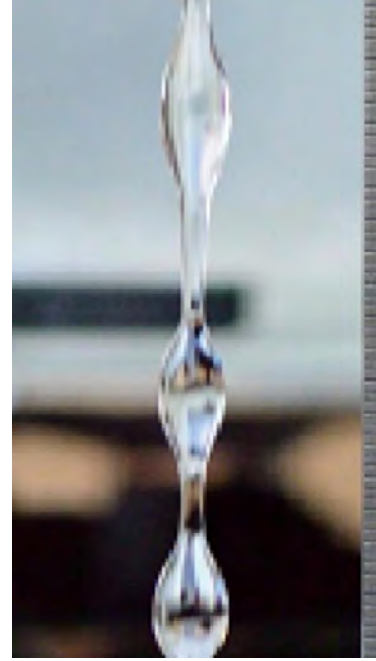
- 1.將管徑為0.40cm的L形出水管裝置於水箱上高度為5.00cm的圓孔。
- 2.在水箱中注入32°C的水，保持水面高度為50.00cm高，使水柱由出水管穩定流出。
- 3.快門設定拍攝模式為 1/1600 秒。
- 4.利用相機捕捉水柱落下的過程，結果如圖五至圖十。



圖五：水柱變化示意圖。



圖六：極細的水柱段。



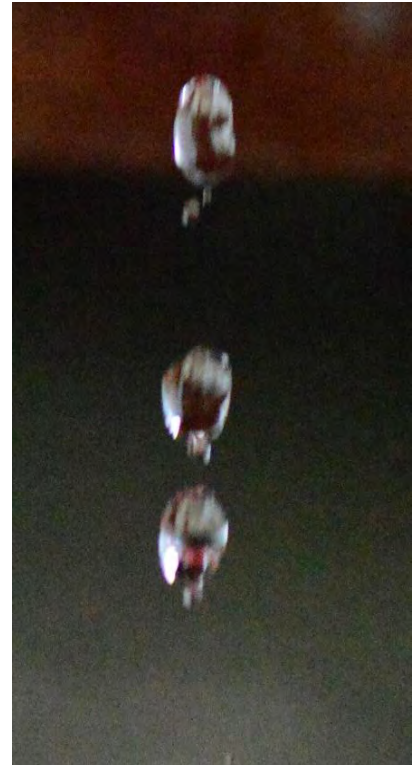
圖七：各種奇特水柱。



圖八：各種奇特水柱。



圖九：各種奇特水柱。



圖十：分裂的小水滴。

照片分析：經過對照片的分析之後，我們發現水柱剛離開出水口時呈現穩定水柱的狀態，特定距離之後，會出現一段極細的水柱，如圖六，水柱直徑有時甚至只有原來的五分之一，極細水柱之後是各類型的小段水柱或水滴，因此我們在實驗中將液柱分成三部分進行分析研究，如圖五，分別是極細水柱之前的「穩定液柱」，極細水柱之後到分裂成水滴前的「擾動液柱」，及最後的「液滴」。

研究三、液柱流速對落下液柱變化的影響。

在多方思考與推測之後，我們認為液柱是因地球的重力而加速落下，因此產生速度的變化，速度的不同對液柱產生影響，因此我們開始了液柱流速對液柱變化的實驗。

- 1.將管徑為0.40cm的L形出水管裝置於水箱上高度為5.00cm的圓孔。
- 2.在水箱中注入32°C的水，保持水面高度為50.00cm高，水柱由出水管穩定流出。
- 3.快門設定拍攝模式為 1/1600 秒。
- 4.利用相機捕捉水柱落下的過程。
- 5.分別將管徑為0.40cm的L形出水管，裝置於水箱上高度為13.00cm、21.00cm、29.00cm、37.00cm、45.00cm的圓孔，重複步驟2到步驟4。
- 6.將水箱中的液體改為27°C濃度為95%的酒精，重複步驟2到步驟5。
- 7.重複進行五次實驗，分析所得的照片，並將實驗結果紀錄為表三到表六、圖十一到圖十二。

研究四、液柱直徑對落下液柱變化的影響。

在研究三中，我們發現液柱的初速度，確實會影響穩定液柱的長度，但擾動液柱的長度幾乎沒有改變，而在穩定液柱轉變為擾動液柱的過程中，我們發現液柱的直徑有變小的現象，因此我們進行實驗，分析液柱直徑對落下液柱變化的影響。

- 1.水龍頭裝置於水箱上高度為6.00cm的圓孔上，水龍頭上裝置直徑為0.20cm的壓克力出水管，裝置如圖二。
2. 在水箱中注入32°C的水，保持水面高度為50.00cm高並調整流速，使流速為198.52cm/s的水柱由出水管穩定流出。
- 3.快門設定拍攝模式為 1/1600 秒。
- 4.利用相機捕捉水柱落下的過程。
- 5.分別將出水管的管徑改為0.25cm、0.30cm、0.40cm，重複步驟2到步驟4。
- 6.將水箱中的液體改為27°C濃度為95%的酒精，出水管直徑為0.15cm、0.20cm、0.25cm、0.30cm、0.40cm，重複步驟1到步驟5。
- 7.重複進行五次實驗，並分析所得的照片，並將實驗結果紀錄為表七到表十、圖十三到圖十四。



研究五、液柱溫度對落下液柱變化的影響。

在前面研究中，我們發現重力及空氣阻力會影響液柱的變化，而我們知道液體的表面張力會影響液滴的大小，因此我們改變液體的溫度，來了解表面張力對液柱變化的影響。

1. 水龍頭裝置於水箱上高度為6.00cm的圓孔上，水龍頭上裝置直徑為0.40cm的出水管，裝置如圖二。
2. 在水箱中注入32°C的水，保持水面高度為50.00cm高並調整流速，使流速為198.52cm/s的水柱由出水管穩定流出。
- 3.快門設定拍攝模式為1/1600秒。
- 4.利用相機捕捉水柱落下的過程。
- 5.分別將水的溫度改為16°C、40°C、50°C，重複步驟2到步驟4。
- 7.重複進行五次實驗，並分析所得的照片，並將實驗結果紀錄為表十一、表十二及圖二一。

## 伍、研究結果與討論

一、水柱變化為水滴的原因：

經過實驗之後我們認為有許多因素會影響水柱的變化，其中重力與分子間的內聚力互相拉扯，而使水柱產生各種變化，而重力所提供的加速度是使水柱轉變為水滴的重要原因之一，若水柱中有一前一後的兩個水分子 A 和 B，由公式二可知，離開水管後 A、B 水分子間的距離可以表示為  $S = V_0(t_1 - t_2) + (1/2)a(t_1^2 - t_2^2)$ ， $t_1$  為水分子 A 離開水管的時間長度， $t_2$  為水分子 B 離開水管的時間長度，因此隨著經過時間越長，水分子 A 和水分子 B 間的距離 S 將越來越大，而形成水滴的現象。

$$[V_0t_1 + (1/2)at_1^2] - [V_0t_2 + (1/2)at_2^2]$$

$$= V_0(t_1 - t_2) + (1/2)a(t_1^2 - t_2^2)$$

$V_0$  為水柱的初速

$t_1$  為水分子 A 離開水管的時間長度

$t_2$  為水分子 B 離開水管的時間長度

$(t_1 - t_2)$  為一定值

$(t_1^2 - t_2^2)$  隨時間增加而增加 (公式二)

二、液柱流速和液柱變化之關係：

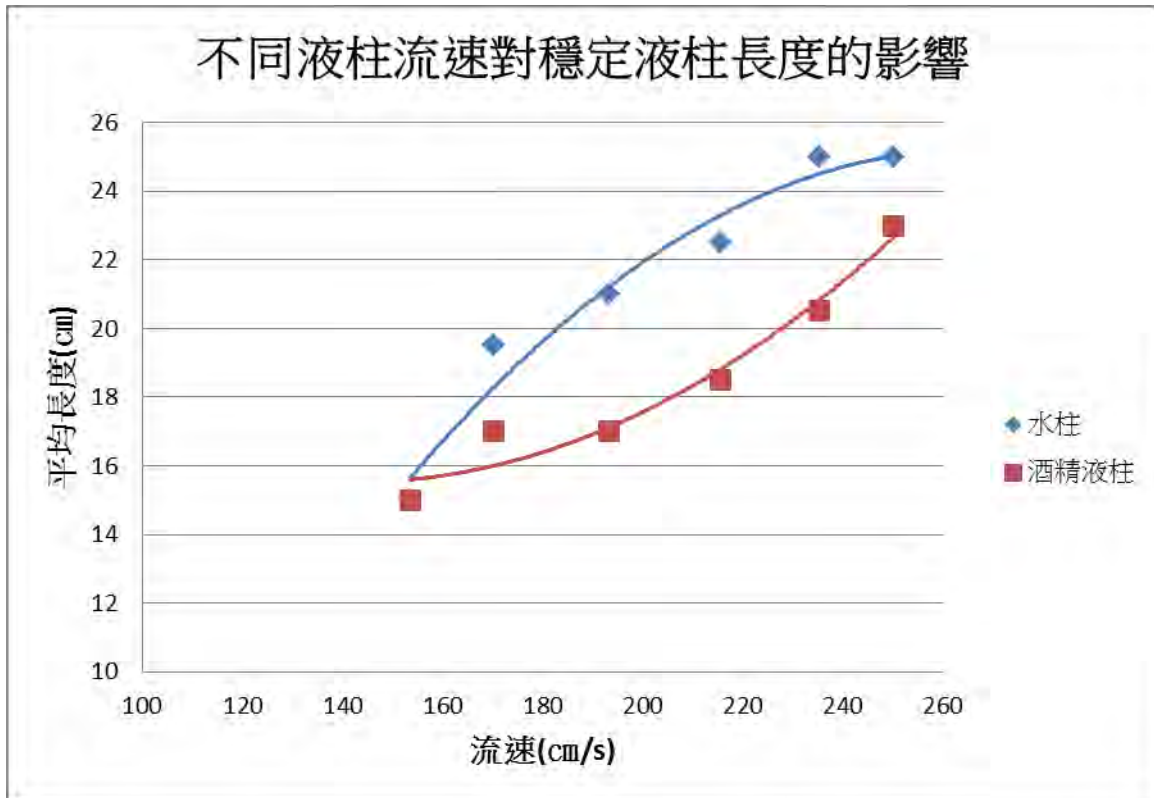
在研究三中，我們可以發現到當液柱流速越快時，實驗中穩定液柱的長度將會越長，如表三、表四及圖十一，我們認為在變因不改變的情況下，穩定液柱開始變化成擾動液柱所需要的時間是固定的，因此在同樣時間內，當液柱流速較快時運動的距離較遠，所以使穩定液柱的長度越長，而穩定液柱開始變化成擾動液柱所需要的時間會受到液體間內聚力的影響，因此由圖十一我們可以發現到在相同條件下，酒精所形成的穩定液柱會比水的穩定液柱來的短，而如表五、表六及圖十二我們可以發現，液柱流速對擾動液柱的長度影響不明顯。

表三：不同水柱流速對穩定水柱長度的影響。

流速(cm/s)	153.63	170.31	193.26	215.67	235.27	250.10
平均長度(cm)	15.00	19.60	21.00	22.40	25.00	25.00

表四：不同酒精液柱流速對穩定酒精液柱長度的影響。

流速(cm/s)	153.63	170.31	193.26	215.67	235.27	250.10
平均長度(cm)	15.00	17.00	17.00	18.60	20.60	23.00



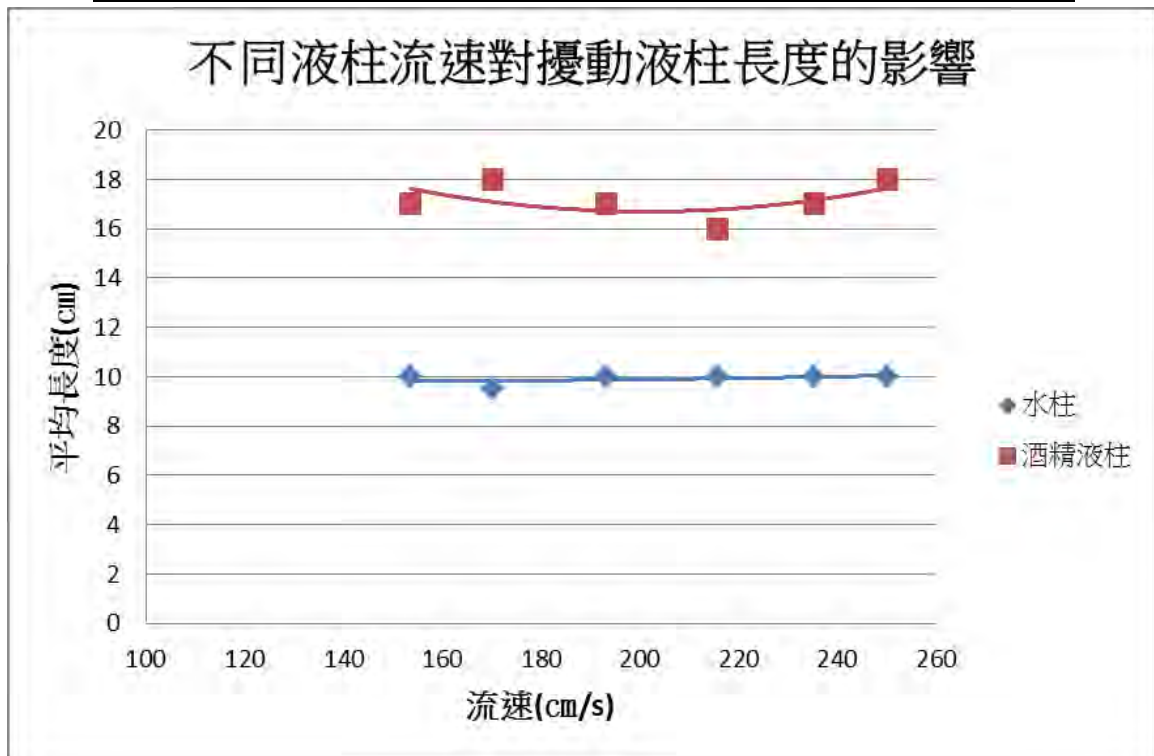
圖十一：不同液柱流速對穩定液柱長度的影響。

表五：不同水柱流速對擾動水柱長度的影響。

流速(cm/s)	153.63	170.31	193.26	215.67	235.27	250.10
平均長度(cm)	10.00	9.60	10.00	10.00	10.00	10.00

表六：不同酒精液柱流速對擾動酒精液柱長度的影響。

流速(cm/s)	153.63	170.31	193.26	215.67	235.27	250.10
平均長度(cm)	17.00	18.00	17.00	16.00	17.00	18.00



圖十二：不同液柱流速對擾動液柱長度的影響。

### 三、液柱直徑對落下液柱變化的影響。

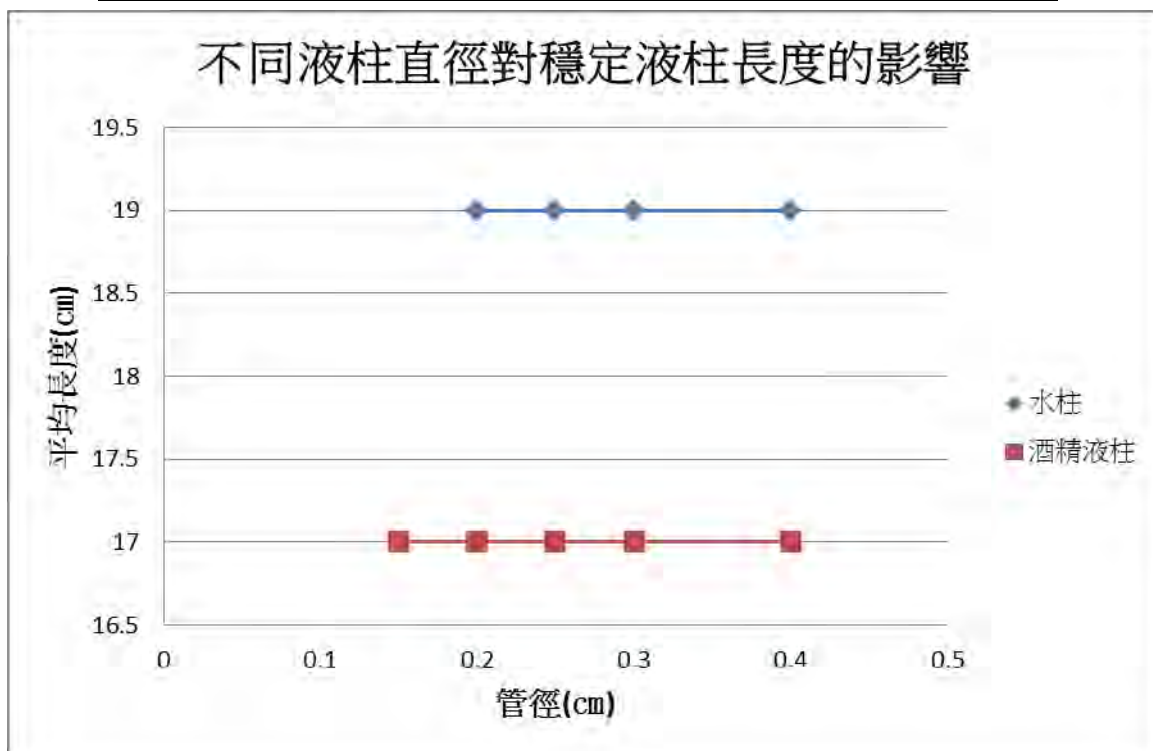
在研究三我們也發現液柱流速幾乎不影響擾動液柱的長度，這個現象使我們感到困惑，但在之後我們在研究四得到了解答，如表九、表十及圖十四我們發現當液柱直徑越小，擾動液柱也越短，在水柱管徑為 0.20 cm 的實驗中，擾動水柱幾乎消失不見，而水柱直徑大小對穩定水柱長度的影響並不明顯。

表七：不同水柱直徑對穩定水柱長度的影響。

管徑(cm)	0.20	0.25	0.30	0.40
平均長度(cm)	19.00	19.00	19.00	19.00

表八：不同酒精液柱直徑對穩定酒精液柱長度的影響。

管徑(cm)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40
平均長度(cm)	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00



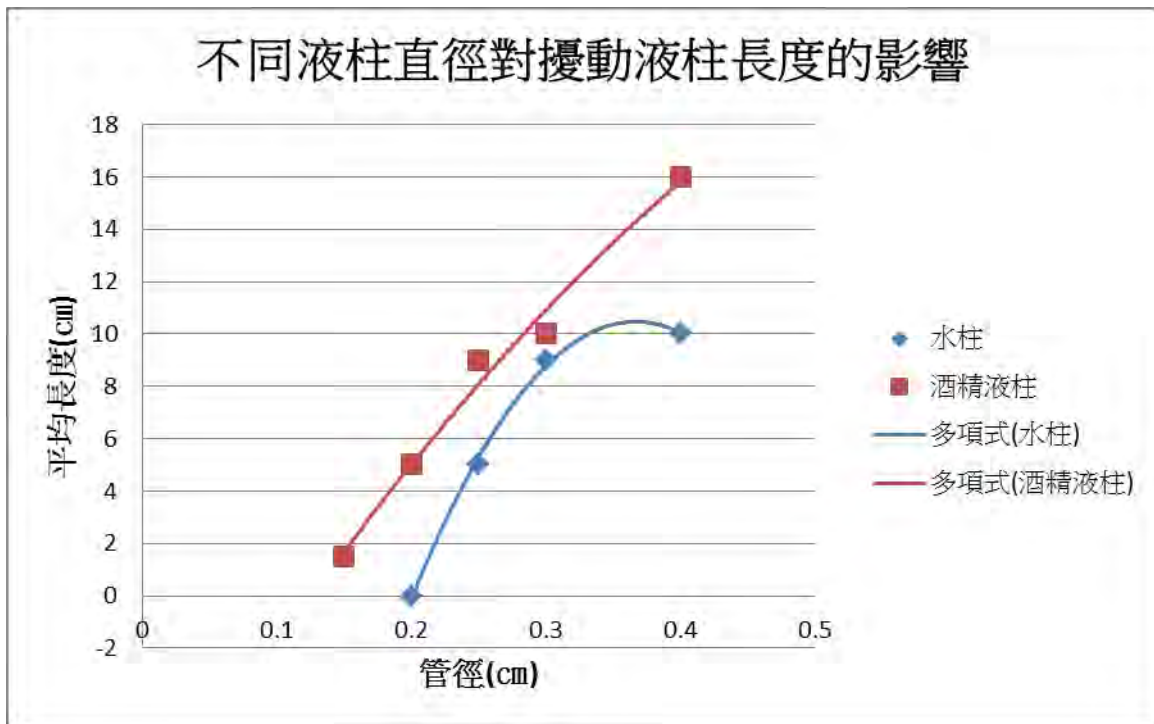
圖十三：不同液柱直徑對穩定液柱長度的影響。

表九：不同水柱直徑對擾動水柱長度的影響。

管徑(cm)	0.20	0.25	0.30	0.40
平均長度(cm)	0.00	5.00	9.20	10.00

表十：不同酒精液柱直徑對擾動酒精液柱長度的影響。

管徑(cm)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40
平均長度(cm)	1.40	5.00	9.00	10.00	16.00



圖十四：不同液柱直徑對擾動液柱長度的影響。

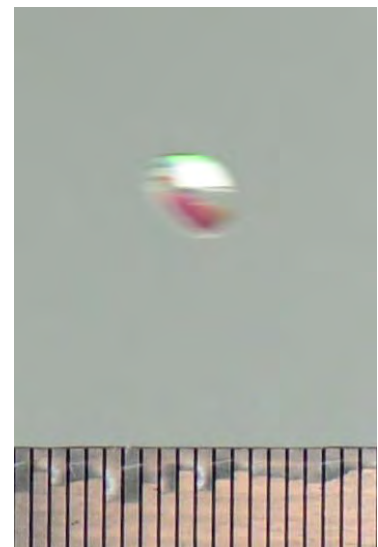
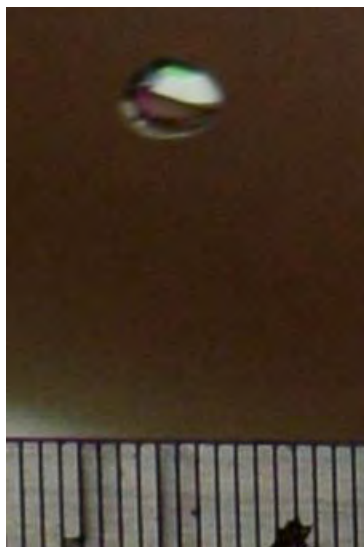
在分析過大量的照片與數據之後，我們發現表面張力和空氣阻力影響了水滴的終端速度，水滴的終端速度更是影響水柱變化的重要因素。

我們可以看出當水柱形成水滴時，水滴會受到空氣阻力的影響而形變，如圖十五是在空氣阻力與重力作用下產生的扁形水滴，空氣阻力使得扁形的水滴加速度降低甚至被後來的水滴撞擊，因此產生各種不同形狀的水滴，使我們看見擾動水柱的現象。



圖十五：扁形與追撞的水滴。

我們在實驗過程中也發現，水柱直徑為 0.25 cm、0.30 cm、0.40 cm 時，所產生的水滴在達到終端速度時，水滴的直徑皆約為 0.40 cm 如圖十六到圖十八，因此在實驗中其他變因相同時，水柱直徑越小所產生的水滴越快能夠達到終端速度，造成擾動水柱長度越短，而如圖十九的水柱管徑為 0.20 cm，此水柱所分離出的水滴為 0.30 cm，因此幾乎立刻達到的終端速度，而使我们無法觀測到擾動水柱的現象。

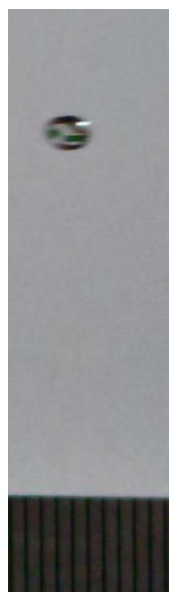


圖十六：0.40 cm 水柱實驗水滴。 圖十七：0.30 cm 水柱實驗水滴。 圖十八：0.25 cm 水柱實驗水滴。



圖十九：管徑為 0.20 cm 的水柱變化。

而酒精的表面張力比水的表面張力小，因此當酒精液滴小於 0.30 cm 時，依然能夠繼續產生形變、分裂、追撞等種種擾動水柱的現象，而我們觀察到酒精液滴終端速度時的直徑約為 0.20 cm，因此在相同條件下酒精的擾動液柱會比水的擾動液柱長。



圖二十：0.15 cm 酒精液柱實驗液滴。

#### 四、水柱溫度對落下水柱變化的影響。

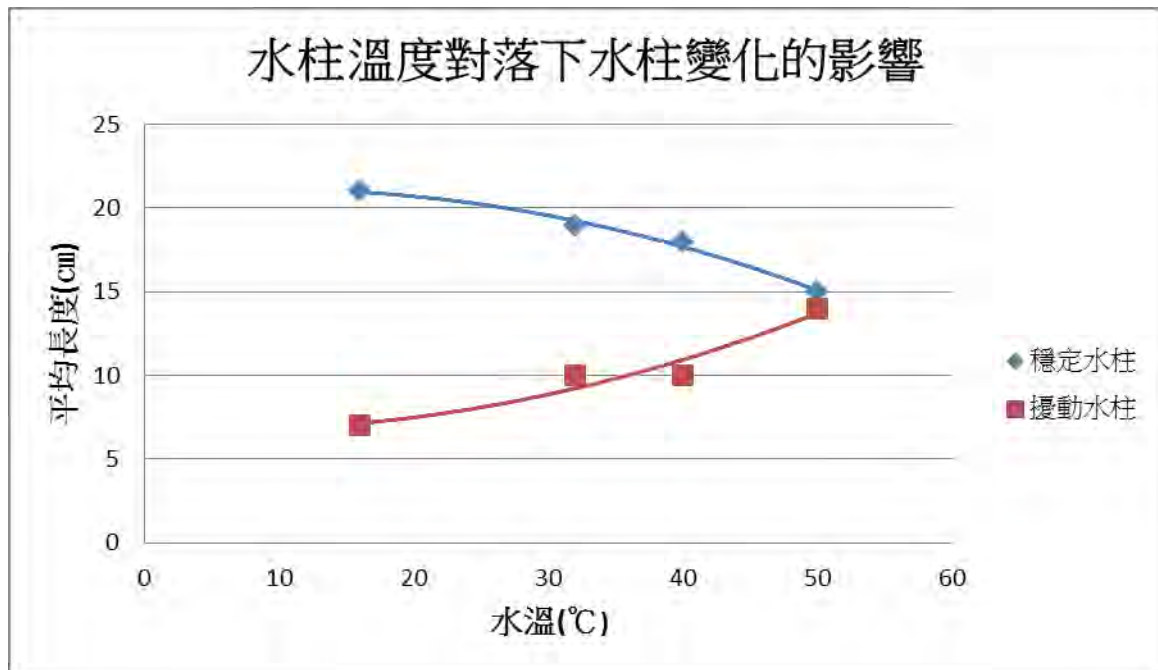
如表十一及圖二十一我們可以得知當水柱溫度越高時，穩定水柱會越短，我們認為這是因為溫度越高水分子間的內聚力越小，在重力的作用之下，水分子比較容易脫離水柱，使得穩定水柱越短，也因為溫度越高表面張力越小，因此落下的水滴越容易變形，所以如表十二及圖二一我們可以發現，溫度越高則擾動水柱反而越長。

表十一：水柱溫度對穩定水柱長度的影響。

水溫(°C)	16.00	32.00	40.00	50.00
平均長度(cm)	21.00	19.00	18.00	15.00

表十二：水柱溫度對擾動水柱長度的影響。

水溫(°C)	16.00	32.00	40.00	50.00
平均長度(cm)	7.00	10.00	10.00	14.00

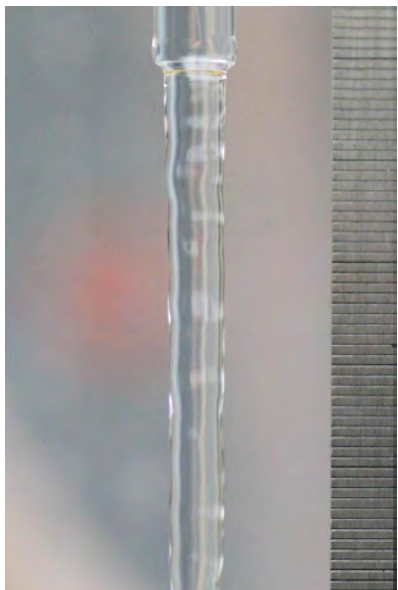


圖二十一：水柱溫度對落下水柱變化的影響。



### 五、水柱落下時的形狀變化及分裂過程。

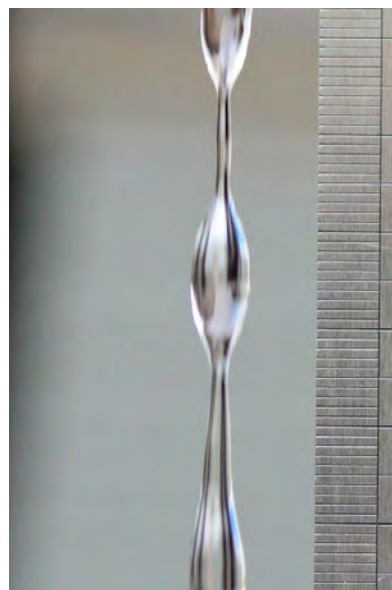
我們經水柱落下時的形狀變化及分裂過程整理為圖二十二(a)到圖二十二(f)，我們發現剛離開玻璃管的水柱，呈現完整的圓柱狀，當水柱落下一段距離之後，水柱中將出現的極細的水柱，連接上下兩端如圖二十二(b)，之後水柱漸漸的開始產生拉長、分離、斷裂的現象，有時過大的水滴會再次拉長分離，有時脫離後的水滴，受到空氣阻力的影響，而降低速度的增加遭受追撞，直到最後水滴以終端速度落下。



圖二十二(a)



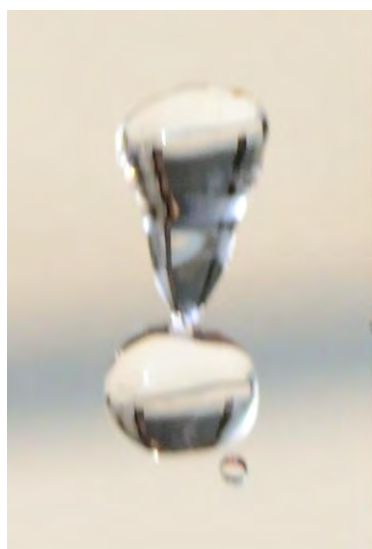
圖二十二(b)



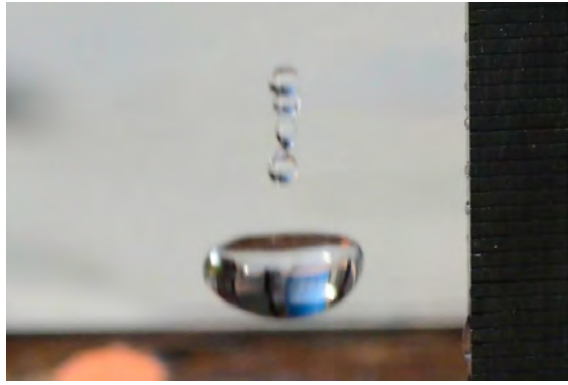
圖二十二(c)



圖二十二(d)



圖二十二(e)



圖二十二(f)

## 陸、結論

- 一、液柱流速越快，穩定液柱的長度會越長，對擾動液柱的長度影響不明顯。
- 二、液柱直徑越粗，越容易受到空氣阻力影響，使擾動液柱越長，對穩定液柱的長度影響不明顯。
- 三、水柱溫度越高時表面張力越小，水柱越容易破裂變形，造成穩定水柱越短，擾動水柱越長。

## 柒、參考資料

- 一、康軒文教（民 105）康軒版國中自然與生活科技的五冊 P 12~ P 37

## 【評語】 030108

研究主題明確，對水柱線變水滴的現象描寫生動，實驗設計周全，器材設計嚴謹，觀察與記錄皆適當，資料分析宜加入誤差估計以及了解線性與多項式迴歸分析之依據。宜說明從本研究中學到了什麼。

作品海報

# 嘩啦啦與淅瀝瀝～水柱變水滴的探討

## 壹、摘要

因在走廊上躲雨時產生了疑問，而展開這次水柱變水滴研究，首先我們製作一個可以提供不同水柱流速及不同直徑水柱的水箱，此水箱在進行水柱流動時，它的水面可以維持在同一個高度，利用照相機拍下落下水柱的照片，我們觀察到落下的水柱會有三段不同的變化，分別是穩定水柱、擾動水柱及水滴。我們發現，水柱初速越快穩定水柱越長、水柱直徑越大及表面張力越小，都會使擾動水柱越長，而水滴大小存在一定的極限值。

## 貳、研究目的

設計研究系統及完成架設，實驗中使用水及 95%的酒精來進行實驗，並利用照相機拍攝液柱落下的過程，進行分析研究完成以下三個目的：

目的一、液柱流速對落下液柱變化的影響。

目的二、液柱直徑對落下液柱變化的影響。

目的三、液柱溫度對落下液柱變化的影響。

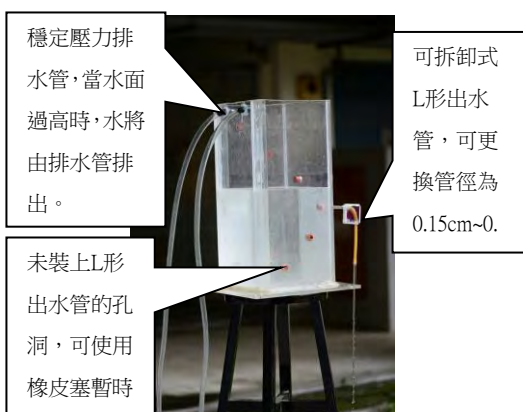
## 參、研究步驟

研究一、實驗的設計與製作。

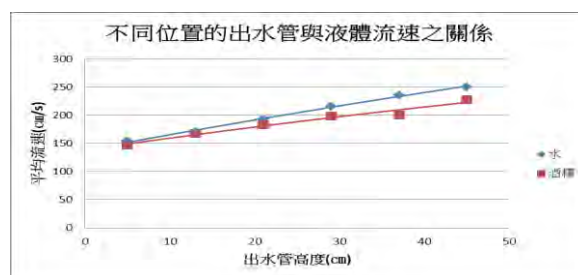
(一) 思考方向：

1.由於我們要進行落下液柱的觀察與研究，我們需要有能夠穩定提供液柱的實驗器材，並且可以調整不同液柱流速及不同直徑的液柱。

2.為了使水箱在進行液柱流動時，液面能夠維持在一定的高度，我們在距離水箱底部50.00 cm處裝置排水管，它可以調整進水量及出水量的平衡，因此液面可以維持穩定，裝置如圖一。



圖一：穩定水壓實驗水箱。

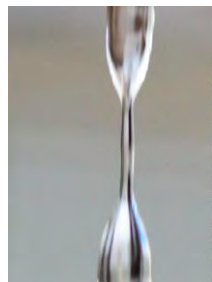
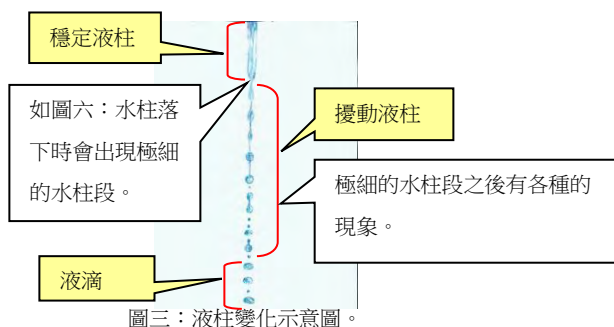


圖二：不同位置的出水管與液體流速之關係

研究二、利用照相機，拍攝水柱落下的過程，進行分析研究。

因為水柱落下的速度過快，難以用眼睛觀察，所以我們設法以相機捕捉水柱落下時的變化，以便進一步的分析與研究。照片分析：經過對照片的分析之後，我們發現水柱剛離開出水口時呈現穩定水柱的狀態，特定距離之後，會出現一段極細的水柱，如圖四，水柱直徑有時甚至只有原來的五分之一，極細水柱之後是各類型的小段水柱或水滴，因此我們在實驗中將液柱分成三

部分進行分析研究，如圖三，分別是極細水柱之前的「穩定液柱」，極細水柱之後到分裂成水滴前的「擾動液柱」，及最後的「液滴」。



圖四：極細的水柱段。

## 肆、研究結果與討論

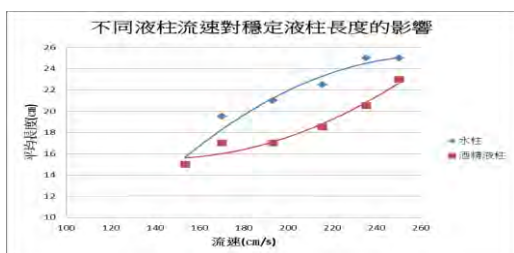
### 一、水柱變化為水滴的原因：

經過實驗之後我們認為有許多因素會影響水柱的變化，其中重力與分子間的內聚力互相拉扯，而使水柱產生各種變化，而重力所提供的加速度是使水柱轉變為水滴的重要原因之一，若水柱中有一前一後的兩個水分子 A 和 B，由公式二可知，離開水管後 A、B 水分子間的距離可以表示為  $S = V_0(t_1 - t_2) + \frac{1}{2}a(t_1^2 - t_2^2)$ ， $t_1$  為水分子 A 離開水管的時間長度， $t_2$  為水分子 B 離開水管的時間長度，因此隨著經過時間越長，水分子 A 和水分子 B 間的距離 S 將越來越大，而形成水滴的現象。

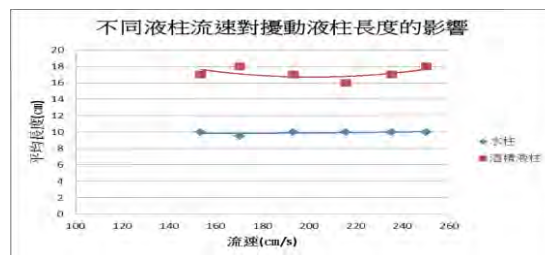
$[V_0t_1 + \frac{1}{2}at_1^2] - [V_0t_2 + \frac{1}{2}at_2^2] = V_0(t_1 - t_2) + \frac{1}{2}a(t_1^2 - t_2^2)$  (公式一)  $V_0$  為水柱的初速、 $t_1$  為水分子 A 離開水管的時間長度、 $t_2$  為水分子 B 離開水管的時間長度、 $(t_1 - t_2)$  為一定值、 $(t_1^2 - t_2^2)$  隨時間增加而增加。

### 二、液柱流速和液柱變化之關係：

在研究中我們可以發現到當液柱流速越快時，實驗中穩定液柱的長度將會越長，如圖五，我們認為在變因不改變的情況下，穩定液柱開始變化成擾動液柱所需要的時間是固定的，因此在同樣時間內，當液柱流速較快時運動的距離較遠，所以使穩定液柱的長度越長，而穩定液柱開始變化成擾動液柱所需要的時間會受到液體間內聚力的影響，因此由圖五我們可以發現到在相同條件下，酒精所形成的穩定液柱會比水的穩定液柱來的短，而如圖六我們可以發現，液柱流速對擾動液柱的長度影響不明顯。



圖五：不同液柱流速對穩定液柱長度的影響。

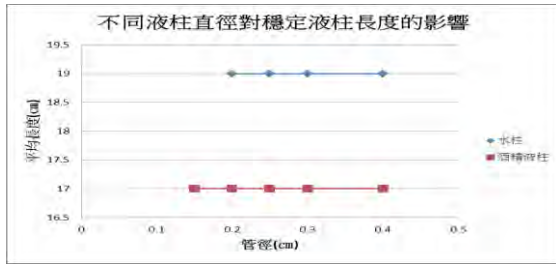


圖六：不同液柱流速對擾動液柱長度的影響。

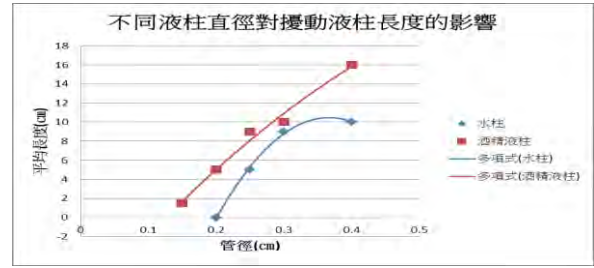
### 三、液柱直徑對落下液柱變化的影響。

在研究中我們也發現液柱流速幾乎不影響擾動液柱的長度，這個現象使我們感到困惑，但在液柱直徑實驗之後我們得到了解答，如圖八我們發現當液柱直徑越小，擾動液柱也越短，在

水柱管徑為 0.20 cm 的實驗中，擾動水柱幾乎消失不見，而水柱直徑大小對穩定水柱長度的影響並不明顯。



圖七：不同液柱直徑對穩定液柱長度的影響。



圖八：不同液柱直徑對擾動液柱長度的影響。

在分析過大量的照片與數據之後，我們發現表面張力和空氣阻力影響了水滴的終端速度，水滴的終端速度更是影響水柱變化的重要因素。我們可以看出當水柱形成水滴時，水滴會受到空氣阻力的影響而形變，如圖九是在空氣阻力與重力作用下產生的扁形水滴，空氣阻力使得扁形的水滴加速度降低甚至被後來的水滴撞擊，因此產生各種不同形狀的水滴，使我們看見擾動水柱的現象。我們在實驗過程中也發現，水柱直徑為 0.25 cm、0.30 cm、0.40 cm 時，所產生的水滴在達到終端速度時，水滴的直徑皆約為 0.40 cm 如圖十到圖十二，因此在實驗中其他變因相同時，水柱直徑越小所產生的水滴越快能夠達到終端速度，造成擾動水柱長度越短，而如圖十三的水柱管徑為 0.20 cm，此水柱所分離出的水滴為 0.30 cm，因此幾乎立刻達到的終端速度，而使我們無法觀測到擾動水柱的現象。

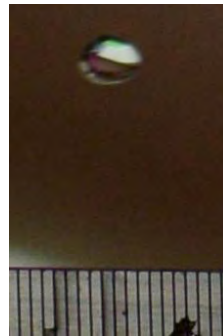
而酒精的表面張力比水的表面張力小，因此當酒精液滴小於 0.30 cm 時，依然能夠繼續產生形變、分裂、追撞等種種擾動水柱的現象，而我們觀察到酒精液滴終端速度時的直徑約為 0.20 cm，因此在相同條件下酒精的擾動液柱會比水的擾動液柱長。



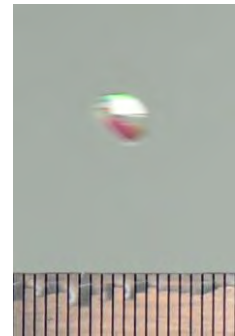
圖九：扁形與追撞的水滴。



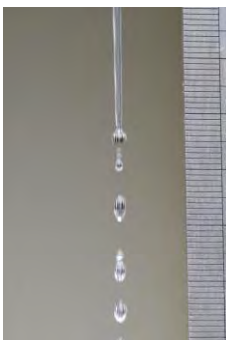
圖十：0.40 cm 水柱實驗水滴。



圖十一：0.30 cm 水柱實驗水滴。



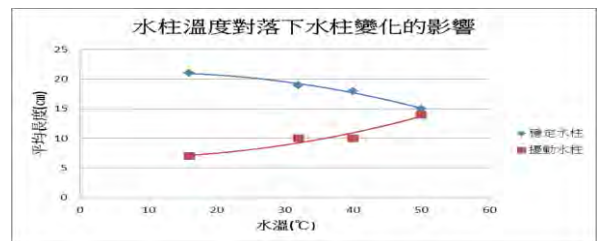
圖十二：0.25 cm 水柱實驗水滴。



圖十三：管徑為 0.20 cm 的水柱變化。



圖十四：0.15 cm 酒精液柱實驗液滴。



圖十五：水柱溫度對落下水柱變化的影響。

#### 四、水柱溫度對落下水柱變化的影響。

如圖十五我們可以得知當水柱溫度越高時，穩定水柱會越短，我們認為這是因為溫度越高

水分子間的內聚力越小，在重力的作用之下，水分子比較容易脫離水柱，使得穩定水柱越短，也因為溫度越高表面張力越小，因此落下的水滴越容易變形，所以如圖十五我們可以發現，溫度越高則擾動水柱反而越長。

#### 五、水柱落下時的形狀變化及分裂過程。

我們經水柱落下時的形狀變化及分裂過程整理為圖十六(a)到圖十六(f)，我們發現剛離開玻璃管的水柱，呈現完整的圓柱狀，當水柱落下一段距離之後，水柱中將出現的極細的水柱，連接上下兩端如圖十六(b)，之後水柱漸漸的開始產生拉長、分離、斷裂的現象，有時過大的水滴會再次拉長分離，有時脫離後的水滴，受到空氣阻力的影響，而降低速度的增加遭受追撞，直到最後水滴以終端速度落下。

圖片說明	水柱落下至分裂圖	圖片說明	水柱落下至分裂圖	圖片說明	水柱落下至分裂圖
圖十六(a)： 剛離開玻璃管的水柱，呈現完整的圓柱狀。		圖十六(b)： 當水柱落下一段距離之後，水柱中將出現的極細的水柱，連接上下兩端。		圖十六(c)： 水柱漸漸的開始產生拉長、分離、斷裂的現象。	
圖十六(d)： 有時過大的水滴會再次拉長分離。		圖十六(e)： 脫離後的水滴，受到空氣阻力的影響，而降低速度的增加遭受追撞。		圖十六(f)： 在大氣中掉落的水滴。	

### 伍、結論

- 一、液柱流速越快，穩定液柱的長度會越長，對擾動液柱的長度影響不明顯。
- 二、液柱直徑越粗，越容易受到空氣阻力影響，使擾動液柱越長對穩定液柱的長度影響不明顯。
- 三、水柱溫度越高時表面張力越小，水柱越容易破裂變形，造成穩定水柱越短，擾動水柱越長。

### 陸、參考資料

- 一、康軒文教（民 105）康軒版國中自然與生活科技的五冊 P 12~ P 37