

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080119

水的圓舞曲

學校名稱：臺北市文山區私立靜心中小學（小學部）

作者：	指導老師：
小六 梁安祺	陳慧娟
小六 陳薇安	潘靜儀
小六 李昱辰	
小六 陳昱安	
小六 趙品睿	
小六 王德瑄	

關鍵詞：水膜、水苞、變寬率

摘要

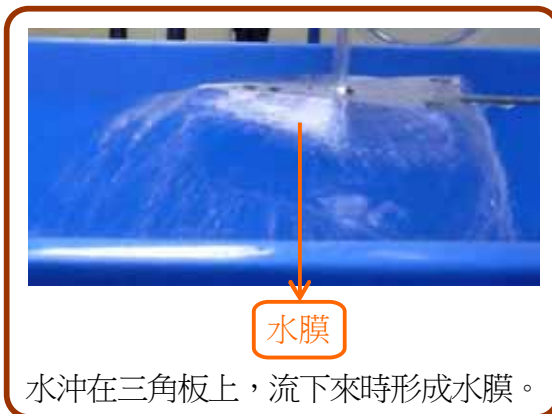
洗東西時，有時會形成水膜、水苞，讓我們驚嘆，但有時卻噴得到處都是，造成我們的困擾，所以我們想找出水柱沖在物體上的規律性。我們將物體分為平面與凹凸面，用水以不同流速、水柱長沖在物體上做探討，結果發現**平面物體正多邊形邊數愈多，水沖在上面愈容易形成水苞，且物體愈小、流速愈快，水苞變寬率愈大。**我們也發現**平面物體，只要傾斜 60 度以上，不管水的流速有多快，水都會沿著物體傾斜處斜斜流下來，不會形成圓弧狀。**而**流速愈快，沖在愈小、愈淺的凹物體上，水平噴水距離會愈遠。**藉由這些實驗結果，我們就知道該如何沖洗東西而不把自己弄濕，而**所探討出的水膜、水苞規律性，也可以應用在噴水池公共裝置藝術當中，讓我們的生活環境更加美好。**

壹、研究動機

洗東西時，水柱沖在物體上，有時會濺起水花，噴得到處都是，如果來不及反應，自己的衣服就都被噴溼了，有時會形成水膜，有時水膜會整圈連起來，看起來像花苞一樣美麗。大人常告訴我們水開小一點就不會濺得到處都是，真的是這樣嗎？跟物體形狀、水柱沖在物體上的距離…等有沒有關係呢？在什麼情況下才會形成漂亮的水苞呢？這些都是值得我們探究的地方。於是我們利用所學（康軒版三下「百變的水」、四下「水的移動」），**希望能找出水柱沖在物體上美妙的規律性。**

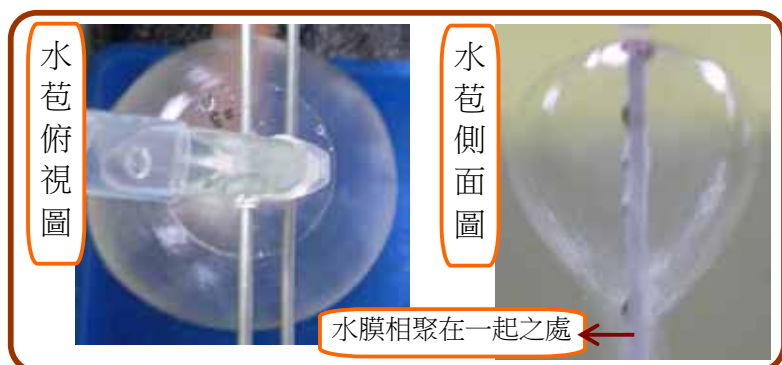
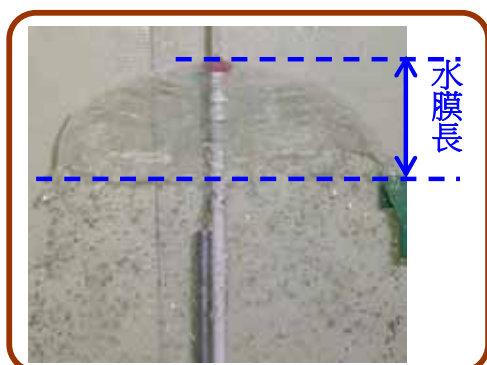
貳、名詞解釋

一.水膜：水流下來或噴起來時，有時不會像水柱一般，而是形成薄薄的一層膜，稱為水膜。



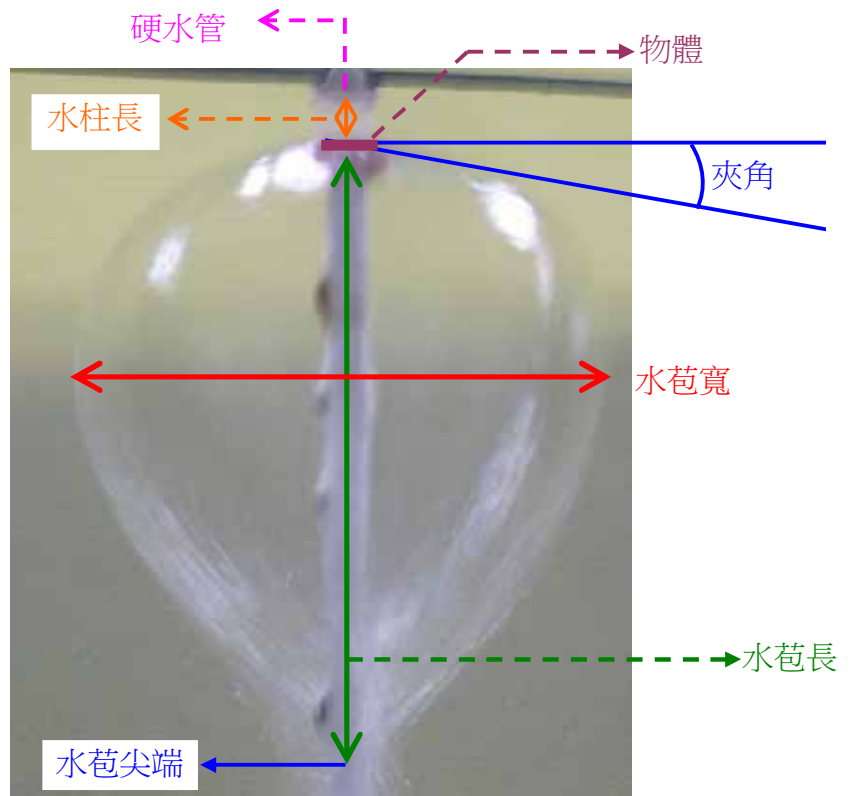
二.水膜長：由側面看水膜，水膜的垂直長度。

三.水苞：在適當的條件下，水膜會整圈完整的接合起來，且在下方，水膜會相聚在一起。



(一)水苞各部位名稱：

- 1.水柱長：從硬水管出口處到物體間的垂直距離。
- 2.水苞寬：水苞橫切面最大的寬度。
- 3.水苞變寬率：
 $(\text{水苞寬} - \text{物體側面寬}) \div \text{物體側面寬}$
- 4.水苞尖端：水膜相聚在一起之處。
- 5.水苞長：物體到水苞尖端的垂直距離。
- 6.夾角：當水柱沖擊物體形成水膜時，物體與水膜切線所夾的角度。

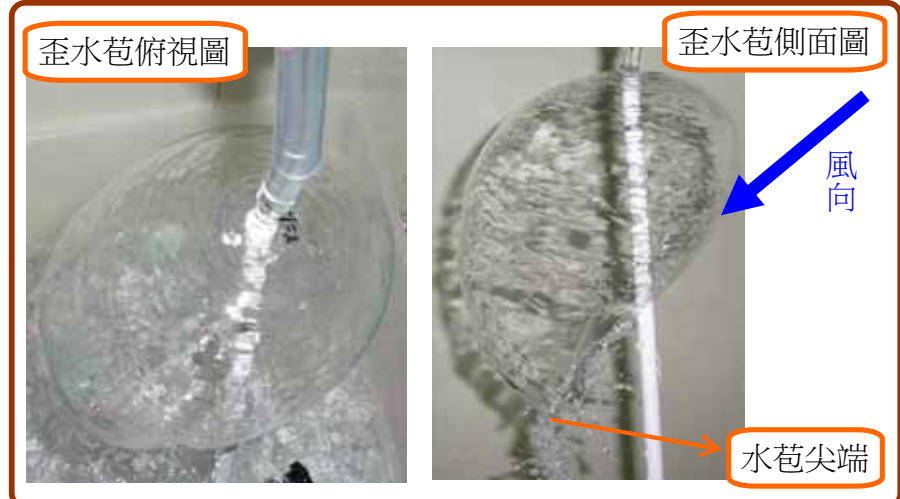


(二)破水苞：水膜在上方會整圈完整的接合起來，但在下方，水膜不會相聚在一起。



(三)歪水苞：因風、水柱歪斜的沖下來…等因素，造成水苞尖端沒有在水苞的正中心線上。

四、**流速(m/sec)**：水流穩定時，在硬水管出水口下 0.5 公分處的水流速度。



參、研究目的

實驗一：探討水柱沖在**平面**物體上，有何規律性的結果？

實驗 1-1：探討平面物體，物體**側面寬不同**，對水苞的形成有什麼影響？

實驗 1-2：探討**形狀不同面積相同**的平面物體，對水苞的形成有什麼影響？

實驗 1-3：探討**流速不同**，對平面物體水苞的形成有什麼影響？

實驗 1-4：探討**水柱長不同**，對平面物體水苞的形成有什麼影響？

實驗 1-5：探討平面物體，物體**傾斜角度不同**，對水流有什麼影響？

實驗二：探討水柱沖在**凹凸面**物體上，有何規律性的結果？

實驗 2-1：探討**流速不同**，對凹凸面物體所形成的水流有什麼影響？

實驗 2-2：探討**水柱長不同**，對凹凸面物體所形成的水流有什麼影響？

肆、研究設備及器材

大水箱 2 個	鐵腳架 5 個	黏土 1 包	相機 1 台	量角器 1 個
量匙 1 組	桿子 1 根	圖釘 1 盒	圓規 1 個	剪刀 1 把
強力磁鐵 10 個	塑膠透明片 2 張	公升杯 1 個	黑色油性筆 1 支	刀片 1 把
瓦楞紙板 1 個	透明膠帶 1 捆	硬水管 1 根	軟水管 2 尺	鐵棒 2 根
棉線 1 捆	塑膠瓦楞板 3 個	氣囊水管 1 條	碼錶 1 個	寶特瓶 2 個
三角柱 1 個	四角柱 1 個	五角柱 1 個	六角柱 1 個	圓柱 1 個

靠擠壓空氣回收水
水流較不穩定
如果直接連接水管流下沖物體
水管內會有空氣
造成從硬水管流出的水不穩定
影響水柱沖在物體上所形成的規律性



擠壓氣囊
把水吸上來
將水回收

立垂直硬水管
讓水垂流下不偏斜

調整水管的
傾斜角度
用來改變
水流速度

強力磁鐵吸附在鐵棒上
可上下自由移動調整高度

伍、研究過程與結果

實驗一：探討水柱沖在平面物體上，有何規律性的結果？

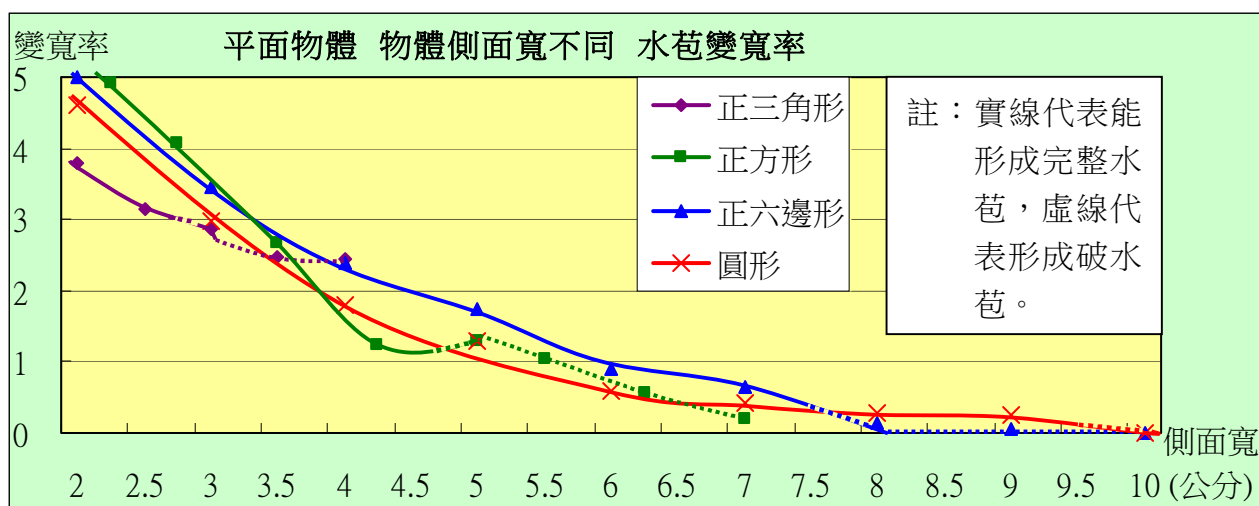
實驗 1-1：探討平面物體，物體側面寬不同，對水苞的形成有什麼影響？

一、研究過程：

- 1.在塑膠透明片上畫「半徑 1 到 5 公分的圓共 9 個，每個圓半徑相差 0.5 公分」、「邊長 2 到 4 公分的正三角形共 5 個，每個正三角形邊長相差 0.5 公分」、「邊長 1.5 到 5 公分的正方形共 8 個，每個正方形邊長相差 0.5 公分」、「邊長 1 到 5 公分的正六邊形共 9 個，每個正六邊形邊長相差 0.5 公分」，並剪下來。
- 2.將剪下來的平面物體分別立在桿子上，且平面物體的中心點要對準硬水管的中心，讓硬水管流出的水柱能垂直沖在平面物體的中心點上。
- 3.讓水穩定的從硬水管流出，調整流速為 1m/sec，水柱長 0.5 公分。
- 4.拍照記錄邊長不同的平面物體，形成的水苞寬、水苞長、夾角為何。

二、研究結果：

(一)探討水苞寬：水苞變寬率 = (水苞寬 - 物體側面寬) ÷ 物體側面寬

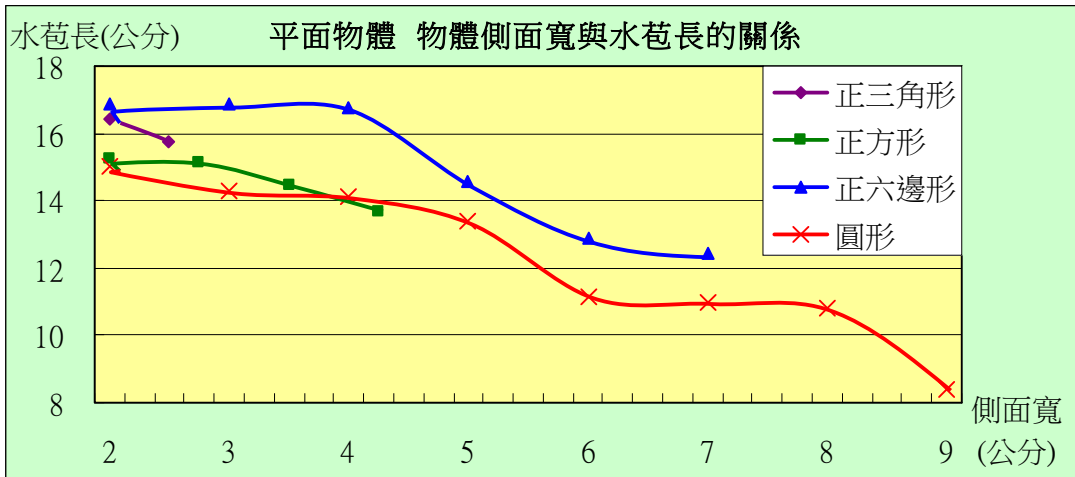


註：因桿子為直徑寬 1 公分的圓柱，若做出來的物體形狀無法整個覆蓋住桿子，就不做此實驗，或該物體形狀邊長太長，連破水苞都無法形成，只能形成水膜，也捨棄不做此實驗。

實驗結果與發現：

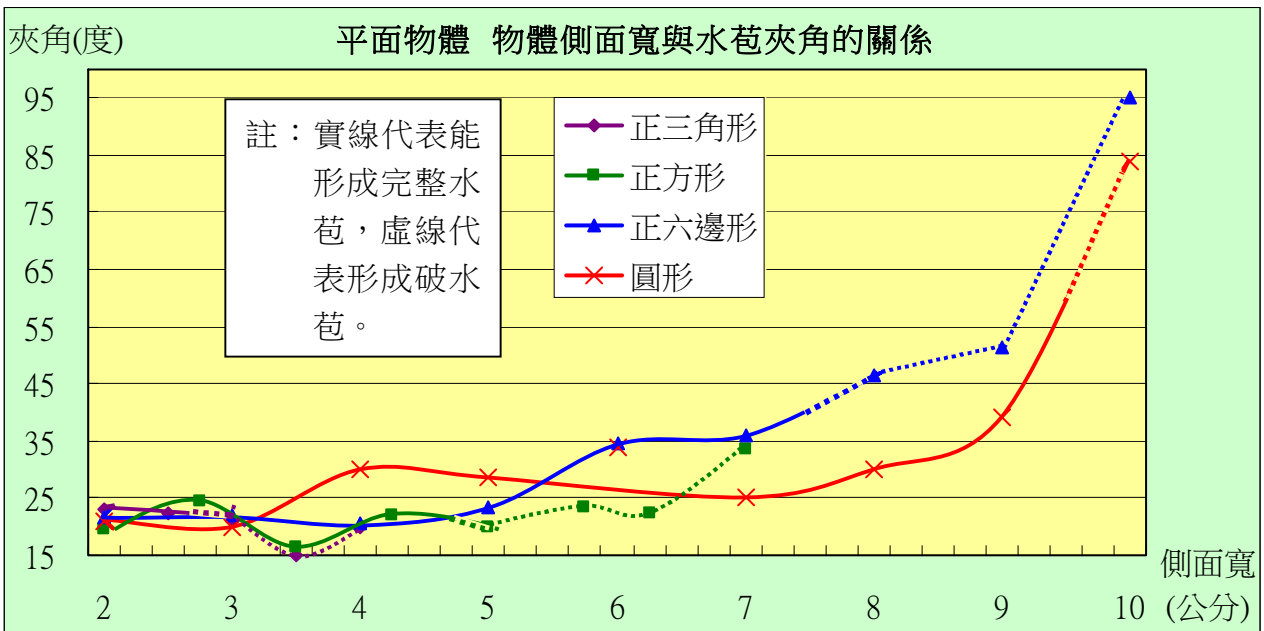
- 1.從折線圖可以看出不論是什麼形狀的平面物體，不管是形成完整水苞或破水苞，水苞變寬率都隨著物體側面寬愈寬而減少。
- 2.4 條不同平面物體水苞變寬率的折線都很相近，快要重疊，代表物體側面寬若相同，即使形狀不同，水苞變寬率都會差不多。
- 3.觀察折線圖中虛線部份，不同形狀的平面物體，剛開始形成破水苞的側面寬都不同，可見能否形成完整水苞跟物體的形狀有關，正多邊形邊數愈多（把圓形看成是正無限多邊形），形成破水苞的側面寬愈寬；正多邊形邊數愈少，形成破水苞的側面寬愈窄。

(二)探討水苞長：(無法形成完整水苞，就沒有水苞長。)



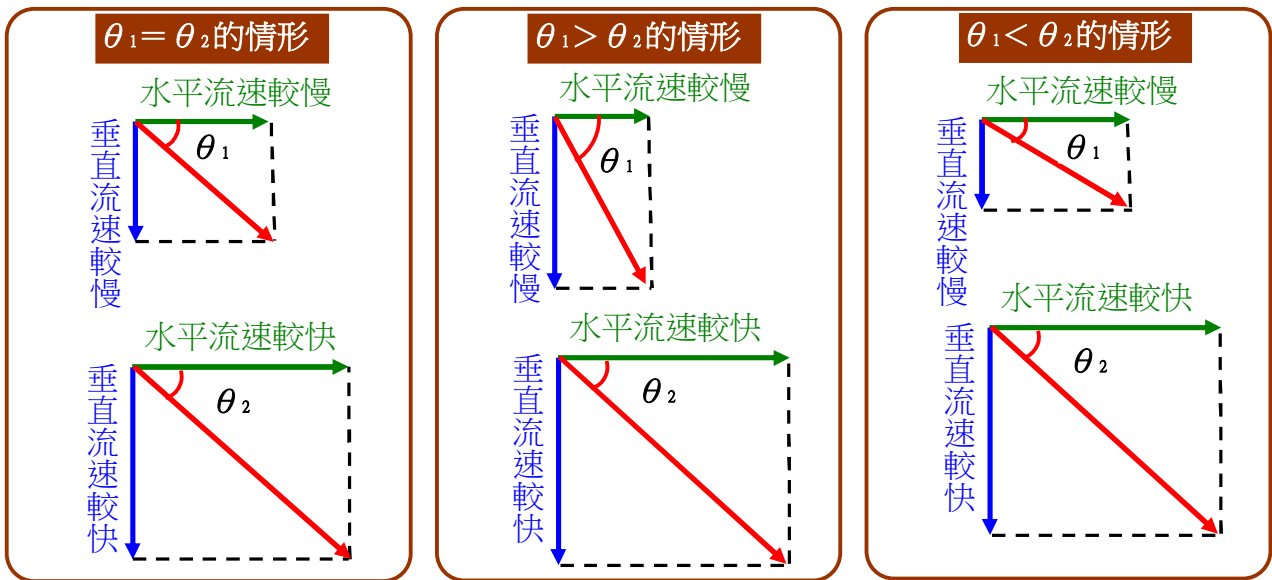
實驗結果與發現：從折線圖可以看出不論是什麼形狀的平面物體，側面寬愈寬，水苞長愈短。

(三)探討水苞夾角：



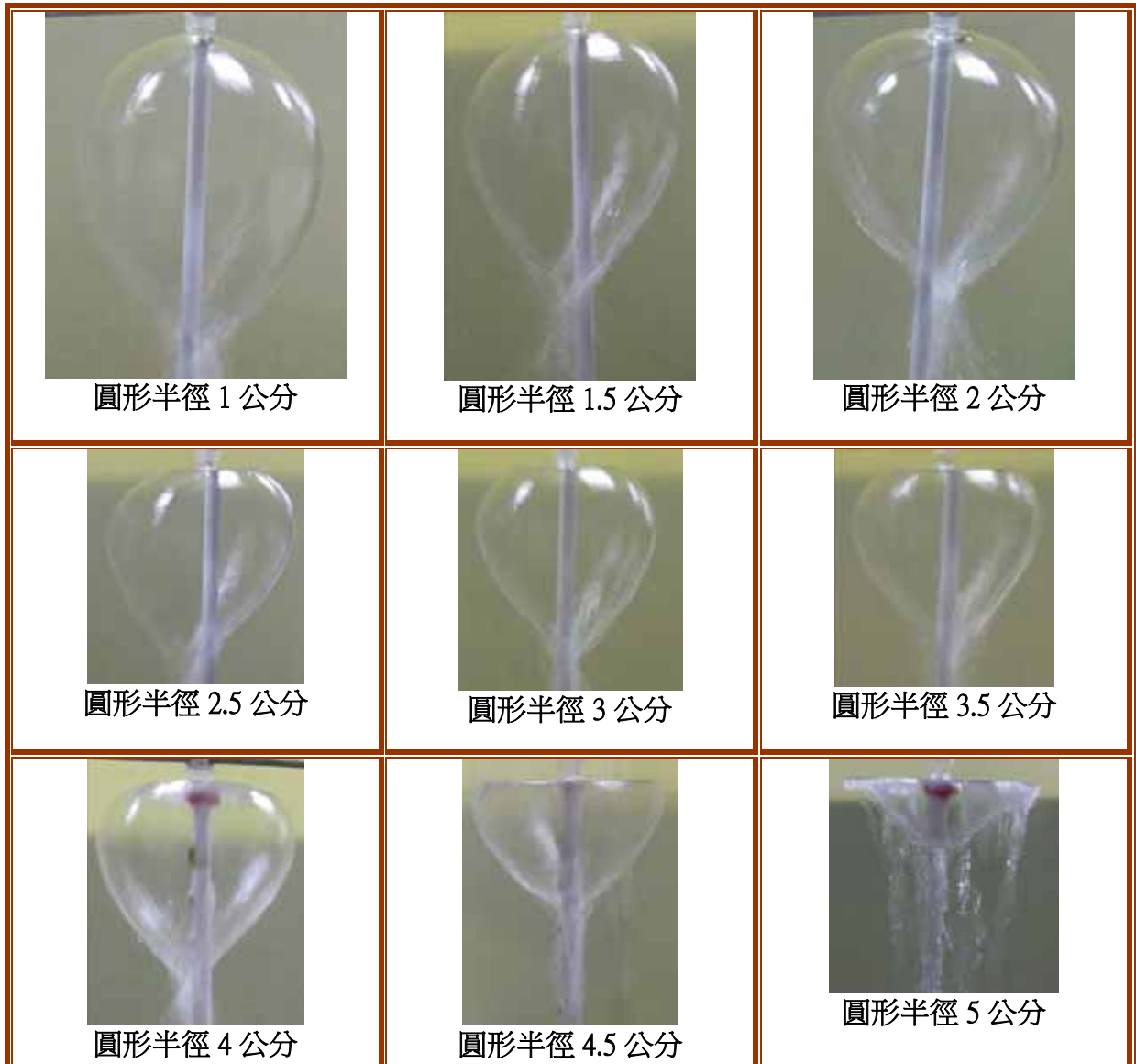
實驗結果與發現：

從折線圖可以看出不論是什麼形狀的平面物體，折線都有時上升、有時下降，所以物體的側面寬與水苞夾角之間並沒有特定的關係。推測因為物體的側面寬較寬，水柱沖在平面物體的中心點上再沿著物體邊緣分流下來，若物體的邊緣與中心點相距較長，則水流經物體表面會因摩擦而使水流速度減慢較多，且側面寬較寬，物體面積較大，分流流下來的水量就變少，垂直水流速度就變慢，形成水苞夾角 θ_1 ，同理，物體的側面寬較窄，物體的邊緣與中心點相距較短，則水流經物體表面會因摩擦而使水流速度減慢較少，且側面寬較窄，物體面積較小，分流流下來的水量就變多，垂直水流速度就變快，形成水苞夾角 θ_2 ，如下頁圖所示，所以有可能 $\theta_1 = \theta_2$ 、 $\theta_1 > \theta_2$ 或 $\theta_1 < \theta_2$ ，故側面寬與水苞夾角之間無規律性變化。



(四)實驗結果照片：

說明：文字敘述為平面物體的形狀與邊長長度，照片比例尺為









(四)實驗結果照片：

說明：文字敘述為平面物體的形狀與邊長長度，照片比例尺為

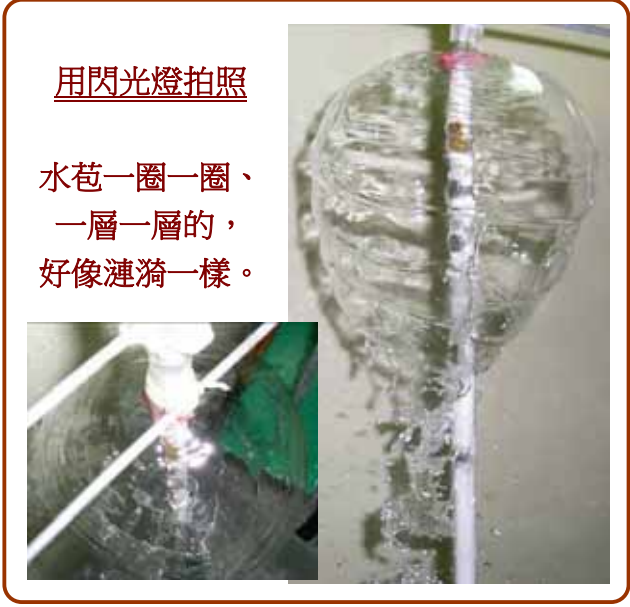
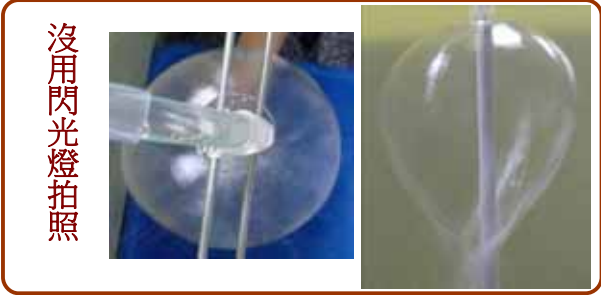
0 4公分



 <p>正三角形邊長 2 公分</p>	 <p>正三角形邊長 3 公分</p>	 <p>正三角形邊長 3.5 公分</p>	 <p>正三角形邊長 4 公分</p>
 <p>正方形邊長 1.5 公分</p>	 <p>正方形邊長 2 公分</p>	 <p>正方形邊長 2.5 公分</p>	 <p>正方形邊長 3 公分</p>
 <p>正方形邊長 3.5 公分</p>	 <p>正方形邊長 4 公分</p>	 <p>正方形邊長 4.5 公分</p>	 <p>正六邊形邊長 1 公分</p>
 <p>正六邊形邊長 2 公分</p>	 <p>正六邊形邊長 3 公分</p>	 <p>正六邊形邊長 4 公分</p>	 <p>正六邊形邊長 5 公分</p>

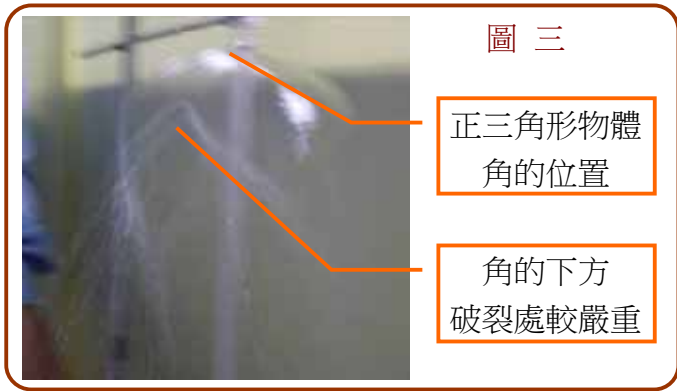
(五)其它發現：

1.做實驗時，我們眼睛所看到的水苞是像沒用閃光燈拍出來的照片一樣，若用閃光燈拍照，水苞就像漣漪一樣，一圈一圈、一層一層的，因為水柱是連續沖擊在物體上，形成連續水波紋，顛覆我們原先的想法，以為水會沿著物體邊緣直直的流下來，真是神奇。



2.水柱沖在物體上，若能形成完整水苞，則水苞尖端落下的水滴會呈現螺旋狀旋轉降下來，且螺旋狀軌跡會愈來愈大（如右圖一），若形成破水苞，則落下的水滴就不會呈現螺旋狀旋轉落下（如下圖二）。

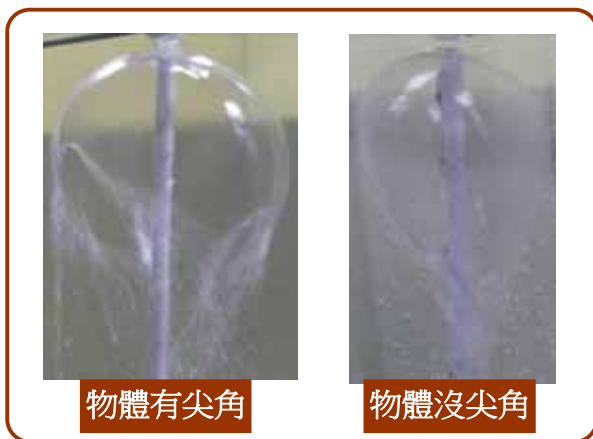
3.水柱沖在圓上，若形成破水苞，水苞破裂處都在水苞的正下方，若物體是多邊形，則水苞在尖角下破裂的情形會比在邊下破裂的情形來得嚴重（如下圖三）。



4.觀察圓形和多邊形物體所形成的水苞，發現圓形物體形成的水苞都是呈現圓弧狀，水膜厚度都很平均，但多邊形物體的水苞會有凸起的稜線，且邊數愈少稜線愈明顯，稜線的數量為邊數乘以2，水膜厚度以稜線最厚，其次是邊下的水膜，最薄的水膜在角下方，物體的邊數愈少，兩稜線間的夾角愈大。（見下頁圖說明）



5.將邊長 3 公分的正三角形尖角剪成圓弧狀，在同樣的條件下做實驗，結果如下表，沒有尖角可以形成完整水苞，更可確定角會破壞水膜。



正三角形物體 邊長 3 cm	水苞寬	水苞長	夾角
 有尖角	11.60 cm	X (破水苞)	21.0 度
 尖角剪成 圓弧狀	9.75 cm	16.65 cm (完整水苞)	16.0 度

實驗 1-2：探討**形狀不同面積相同**的平面物體，對水苞的形成有什麼影響？

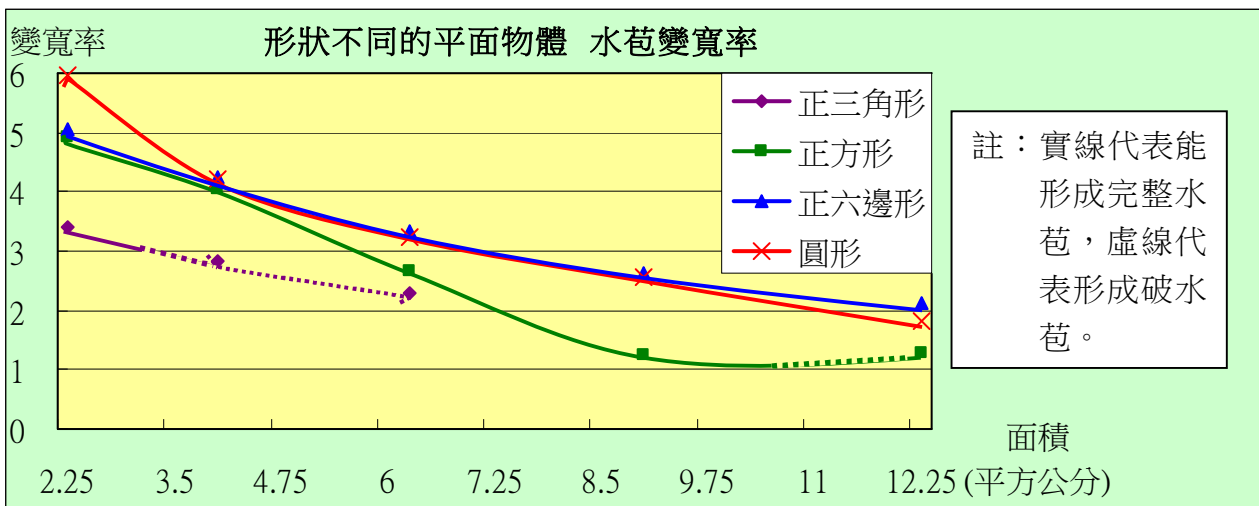
一、研究過程：

- 1.在塑膠透明片上畫面積 2.25、4、6.25、9、12.25 平方公分的三角形、正方形、正六邊形、圓形，並剪下來。
- 2.將剪下來的平面物體分別立在桿子上，且平面物體的中心點要對準硬水管的中心，讓硬水管流出的水柱能垂直沖在平面物體的中心點上。
- 3.讓水穩定的從硬水管流出，調整流速為 1m/sec，水柱長 0.5 公分。
- 4.拍照記錄形狀不同面積相同的平面物體，形成的水苞寬、水苞長為何。

二、研究結果：

(一)探討水苞寬：

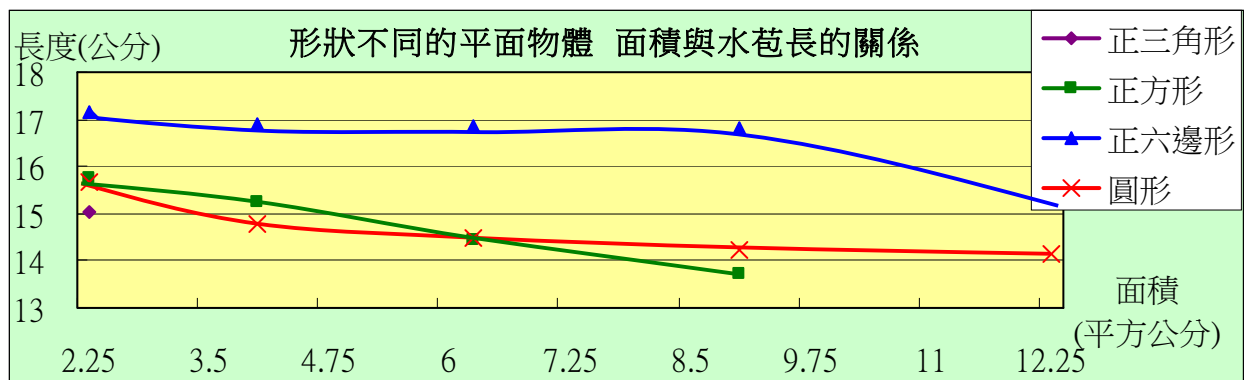
見下頁形狀不同面積相同的平面物體，水苞變寬率折線圖：



實驗結果與發現：

- 1.從折線圖可以看出不論是什麼形狀的平面物體，不管是形成完整水苞或破水苞，水苞變寬率都隨著物體面積愈大而減少。
- 2.縱向觀察這四條折線，發現物體面積雖相同，但水苞變寬率卻不同，可見水苞變寬率跟物體形狀有很大的關係，圓形、正六邊形變寬率較大，三角形變寬率最小。
- 3.物體面積相同，但有的形狀會形成破水苞，有些會形成完整水苞，所以面積並不是形成完整水苞最重要的關鍵因素，而是形狀才是影響形成完整水苞的最重要因素。

(二)探討水苞長：



實驗結果與發現：

- 1.從折線圖可以看出不論是什麼形狀的平面物體，面積愈大，水苞長愈短。
- 2.縱向觀察這些折線，發現物體面積雖相同，但水苞長卻不同，可見水苞長跟物體形狀有很大的關係，以正六邊形的水苞長最長。

實驗 1-3：探討流速不同，對平面物體水苞的形成有什麼影響？

一、研究過程：

- 1.分別將半徑 1、2、3、4 和 5 公分的塑膠平面圓立在桿子上，讓硬水管流出的水柱能垂直沖在平面物體的中心點上。
- 2.控制水柱長 0.5 公分，流速為 1m/sec，穩定的沖在半徑不同的圓上，拍照記錄所形成的水苞寬、水苞長為何。
- 3.重複上述 1.2.步驟，流速改為 0.5、1.5、2、4m/sec，記錄所形成的水苞寬、水苞長為何。

流速的測定方式：

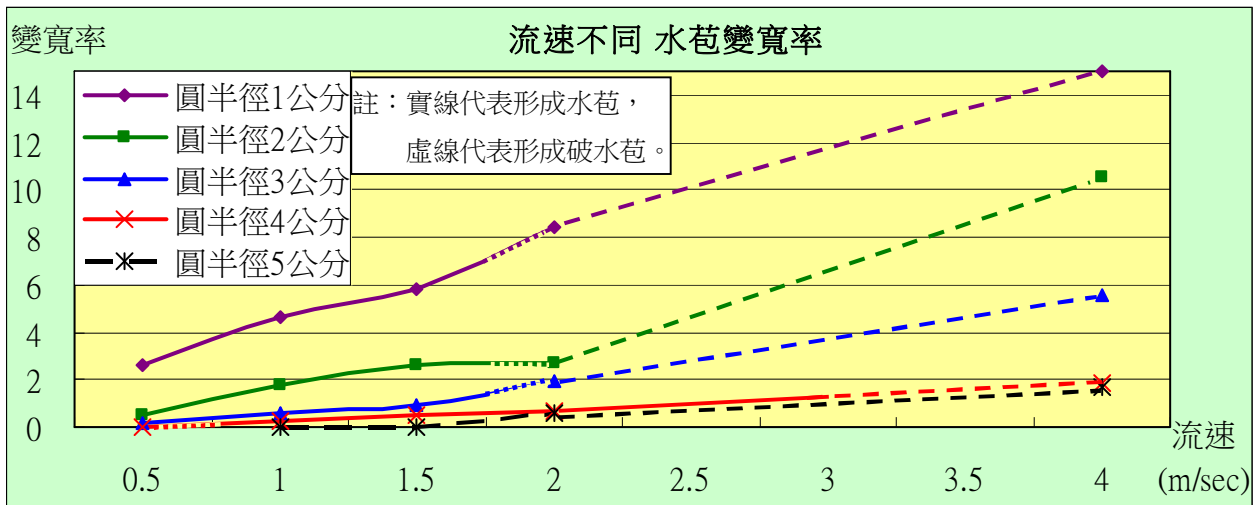
讓水穩定的從硬水管流出，水管裡不能有空氣，在硬水管出水口下 0.5 公分處放一公升杯（1000 cm³），並開始計時，待水流滿公升杯後，看平均花多少時間(sec)，測量硬水管出水口面積為 A cm²，所以

$$\text{流速(m/sec)} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{\text{流滿公升杯所需時間(sec)}} \div A \text{ cm}^2 \div 100$$

調整水管的傾斜角度，改變水流滿公升杯所需的時間，以此來改變水流速度。

二、研究結果：

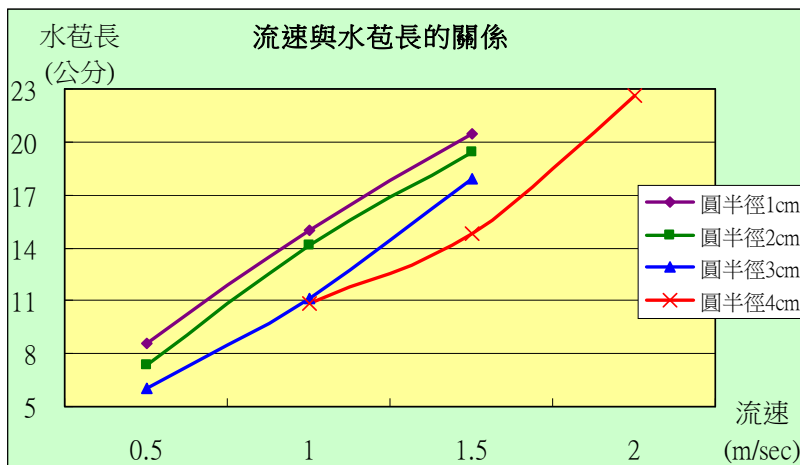
(一)探討水苞寬：



實驗結果與發現：

- 1.從折線圖可以看出不管平面物體大小為何，水苞變寬率都是隨著流速愈快而增加。且物體愈小，水苞變寬率增加的幅度愈明顯。
- 2.觀察虛線部分，流速在 2 到 4m/sec 之間，圓半徑 3 公分以下，全部都形成破水苞，流速在 0.5 到 1m/sec 之間，圓半徑超過 4 公分以上，都形成破水苞，而圓半徑 5 公分不管流速多少，全部形成破水苞。由此可見，流速要控制恰當，且物體大小也要剛好，這樣才容易形成水苞。物體較小，水沖在物體上的流速就要較慢才能形成水苞，物體較大，沖在物體上的流速就要較快才能形成水苞。

(二)探討水苞長：

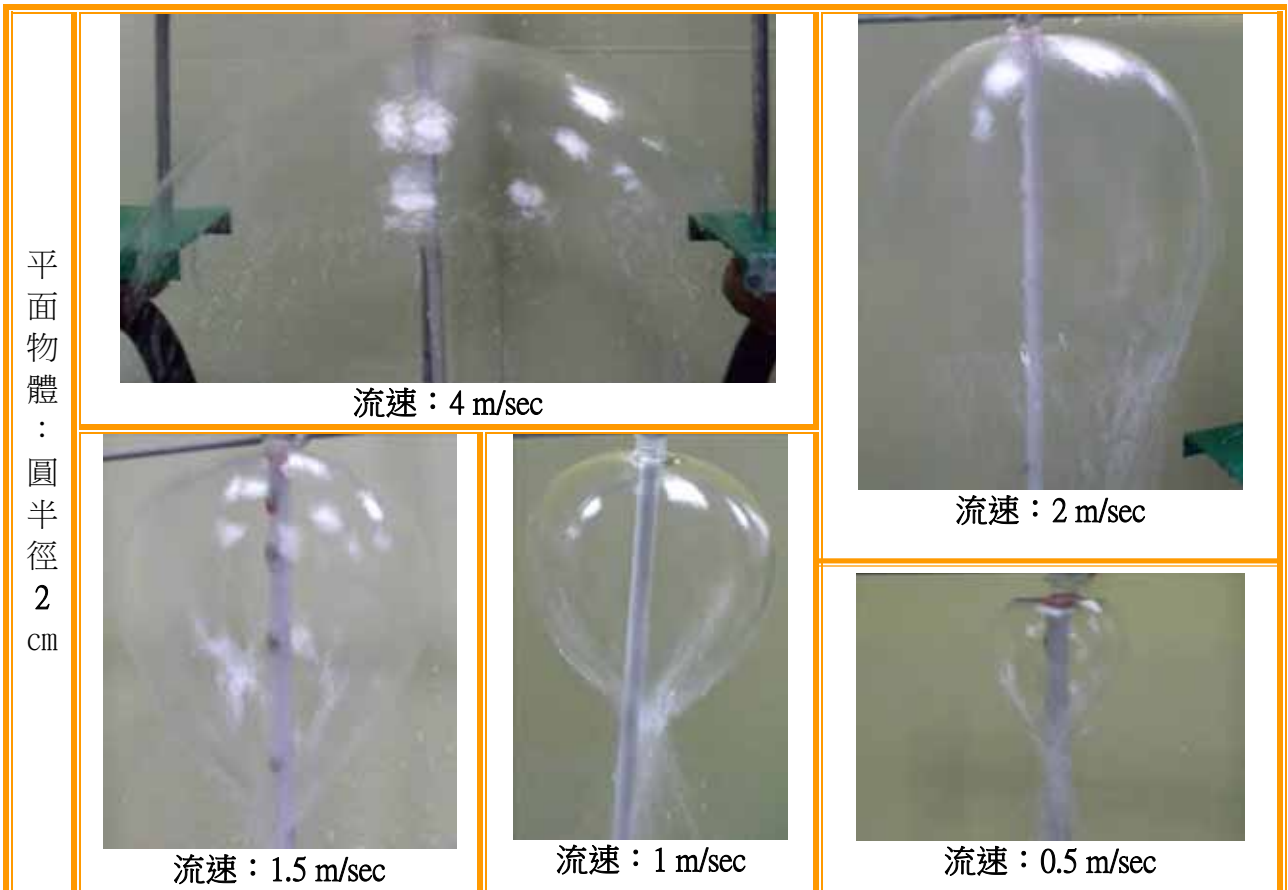


實驗結果與發現：

從折線圖可以看出不管平面物體大小為何，水苞長都是隨著流速愈快而愈長。

(三)實驗結果照片：

照片比例尺為 0 4 公分



照片比例尺為 0 4 公分

平面物體：
圓半徑
3
cm



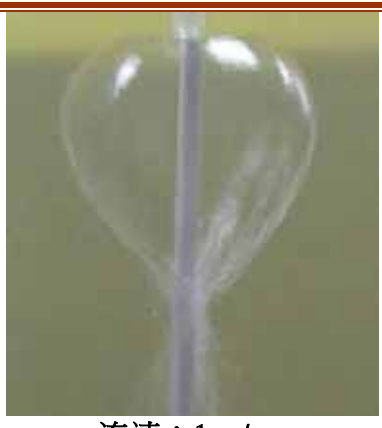
流速：4 m/sec



流速：2 m/sec



流速：1.5 m/sec



流速：1 m/sec



流速：0.5 m/sec

平面物體：
圓半徑
4
cm

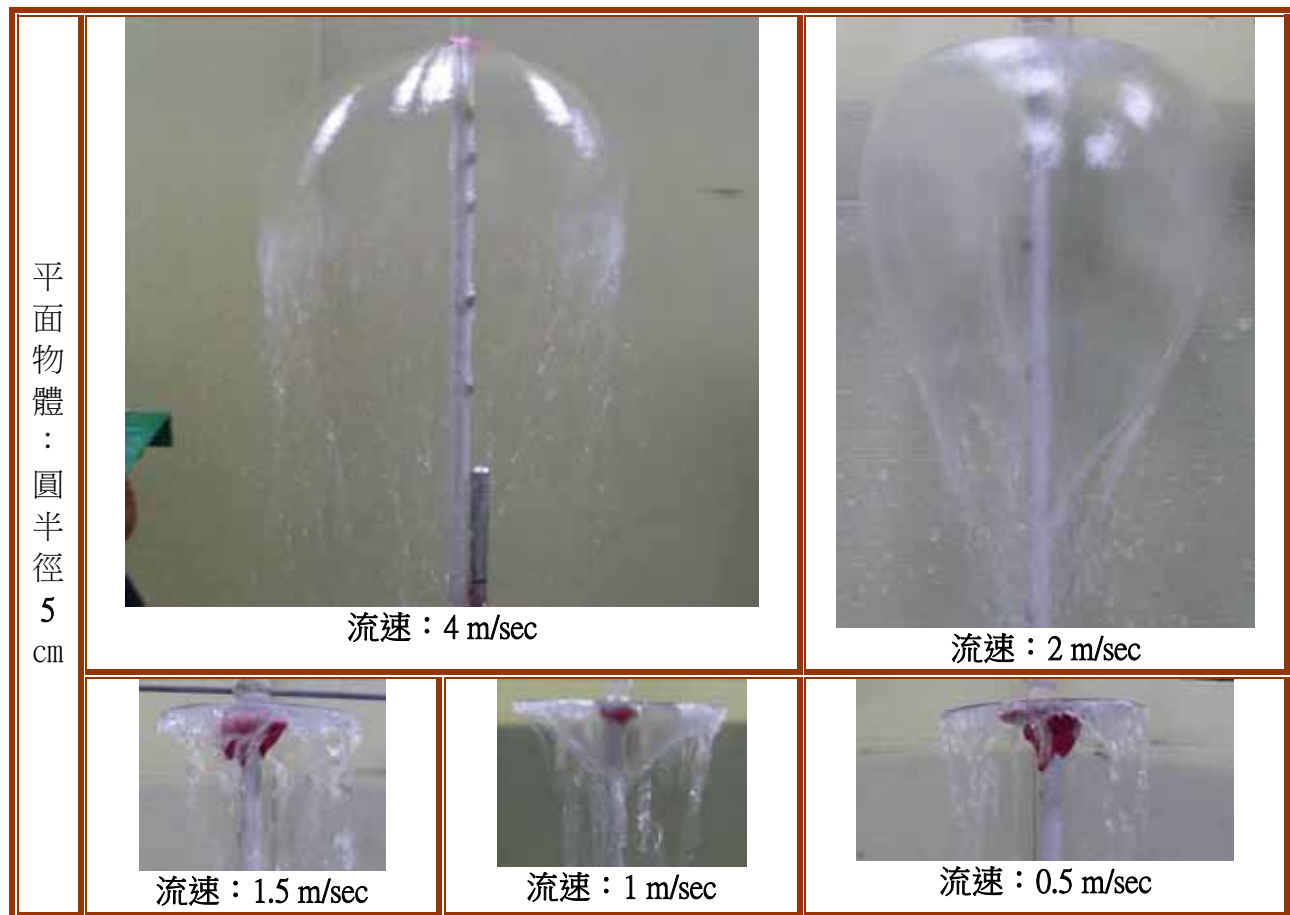
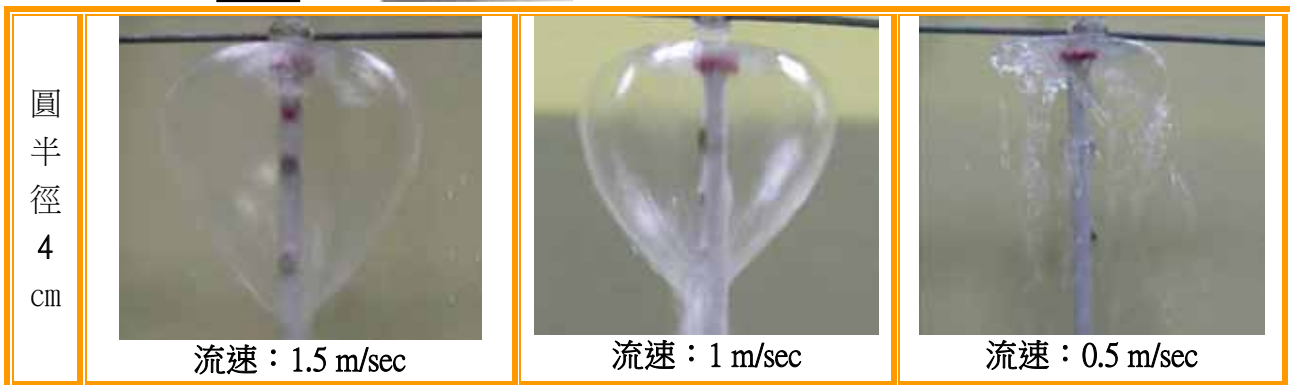


流速：4 m/sec



流速：2 m/sec

照片比例尺為 0 4 公分



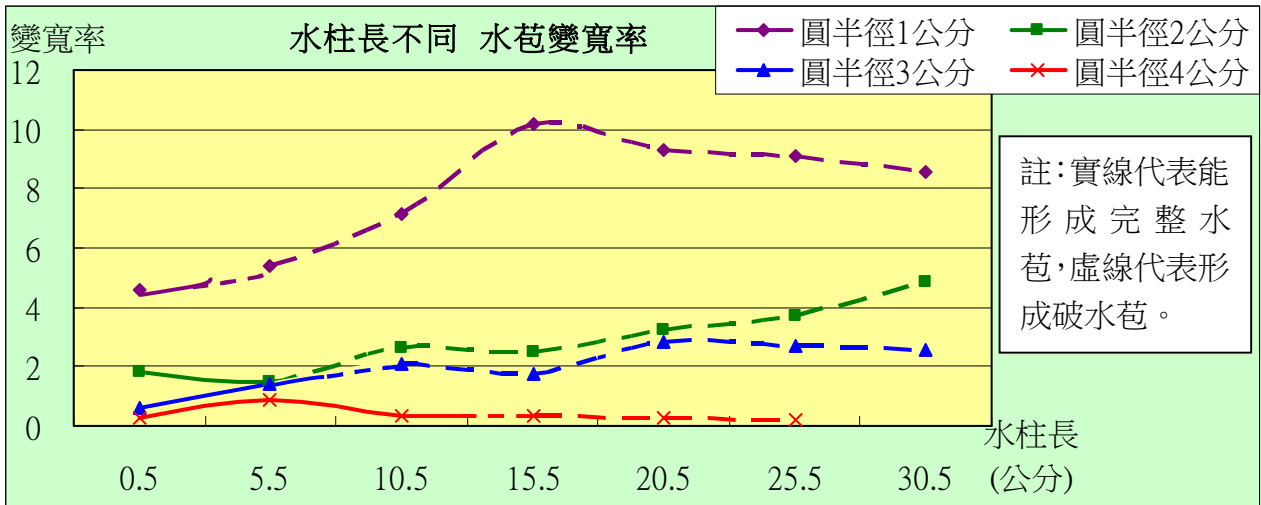
實驗 1-4：探討水柱長不同，對平面物體水苞的形成有什麼影響？

一、研究過程：

- 1.分別將半徑 1、2、3 和 4 公分的塑膠平面圓立在桿子上，讓硬水管流出的水柱能垂直沖在平面物體的中心點上。
- 2.控制流速為 1m/sec，水柱長 0.5 公分，穩定的沖在半徑不同的圓上，拍照記錄所形成的水苞寬為何。
- 3.重複上述 1.2.步驟，每次實驗水柱長都再增加 5 公分，穩定的沖在圓上，記錄所形成的水苞寬為何。
- 4.分別找出不同半徑的圓，在流速 1m/sec 下，能形成完整水苞的最長水柱為何。

二、研究結果：

(一)探討水苞寬：

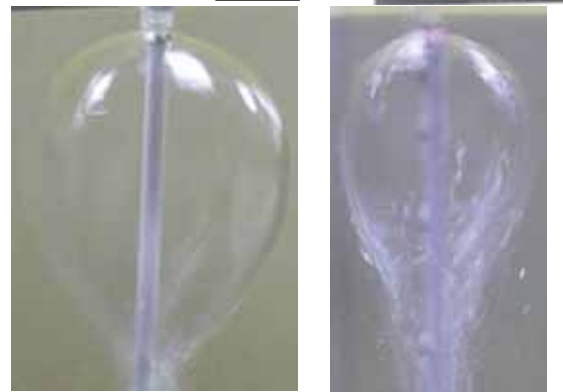


實驗結果與發現：

- 1.在流速 1m/sec 下，半徑 1、2、3 和 4 公分的圓，能形成完整水苞的最長水柱分別為 2.5 cm、6 cm、8 cm 和 13.35 cm，水柱超過此一限度，則出現破水苞或只有水膜而已，由此可以看出相同的流速下，物體愈大，能形成完整水苞的最長水柱愈長。
- 2.將手放在出水口的位置，漸漸垂直往下移，讓水柱沖在手上，可以很明顯的感覺到水柱愈長，水流的沖擊力道愈強，而此沖擊力道會破壞水膜的形成，所以水柱太長，就不容易形成完整水苞，若物體較大，就可讓水在物體上流動，緩衝直接沖擊下來的力道，所以才會在相同的流速下，物體愈大，能形成完整水苞的最長水柱愈長。
- 3.由折線圖可以看出曲線升、降不固定，所以水柱長與水苞變寬率之間並沒有特定的關係。
- 4.實驗時，發現水柱較短，形成的水膜看起來比較光滑、光亮，水柱較長，形成的水膜看起來比較厚、比較不光滑(如右圖四)，且破水苞的水膜，水柱愈長，水膜愈短(如下圖五)。

圖四 平面物體：圓半徑 1 cm

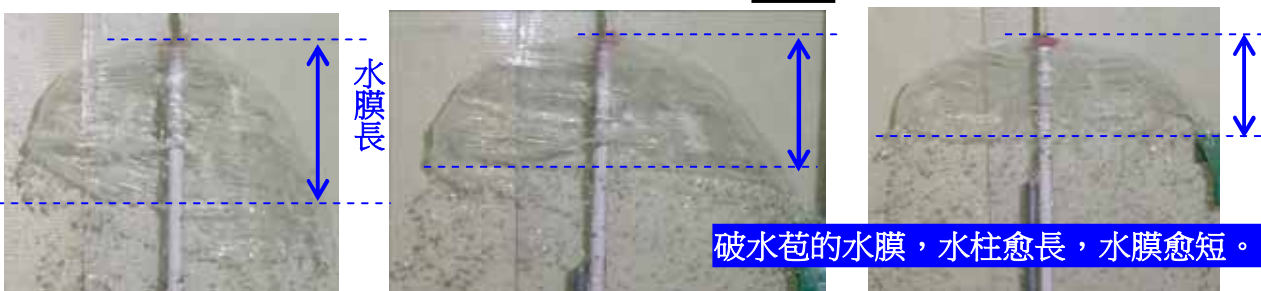
照片比例尺為 0 4 公分



水柱長：0.5 公分 水柱長：2.5 公分

水柱較短，形成的水膜較光滑、光亮。

平面物體：圓半徑 1 cm 照片比例尺為 0 4 公分



水柱長：10.5 公分

水柱長：15.5 公分





水柱長：20.5 公分

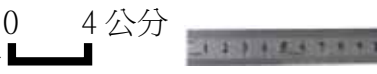
破水苞的水膜，水柱愈長，水膜愈短。

(二)實驗結果照片：

照片比例尺為  0 4 公分

平面物體： 圓半徑 2 cm	 <p>水柱長：0.5 公分</p>	 <p>水柱長：5.5 公分</p>	 <p>形成水苞 最長水柱為 6 公分</p>
	 <p>水柱長：10.5 公分</p>	 <p>水柱長：15.5 公分</p>	 <p>水柱長：20.5 公分</p>
	 <p>水柱長：25.5 公分</p>	 <p>水柱長：30.5 公分</p>	

物體： 圓半徑 4 cm	 <p>水柱長：0.5 公分</p>	 <p>水柱長：5.5 公分</p>	 <p>水柱長：10.5 公分</p>	 <p>形成水苞最長水柱 為 13.35 公分</p>
-----------------------	---	---	---	--

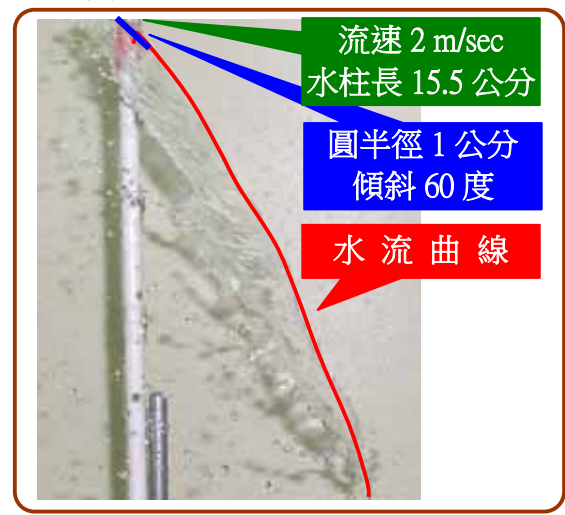
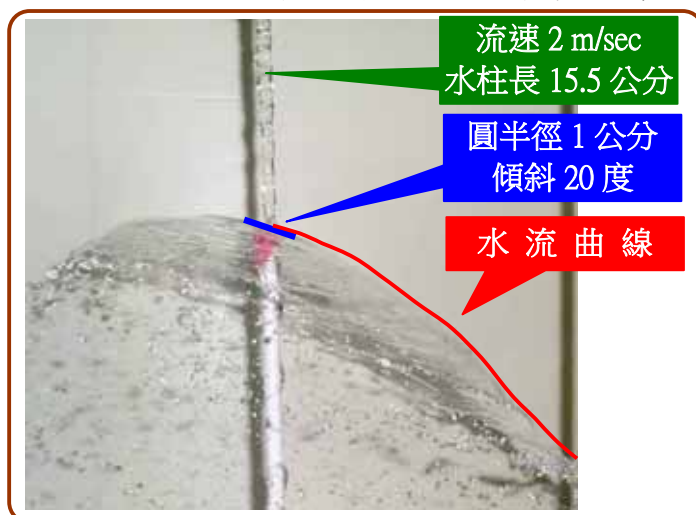
照片比例尺為  0 4 公分



實驗 1-5：探討平面物體，物體**傾斜角度不同**，對水流有什麼影響？

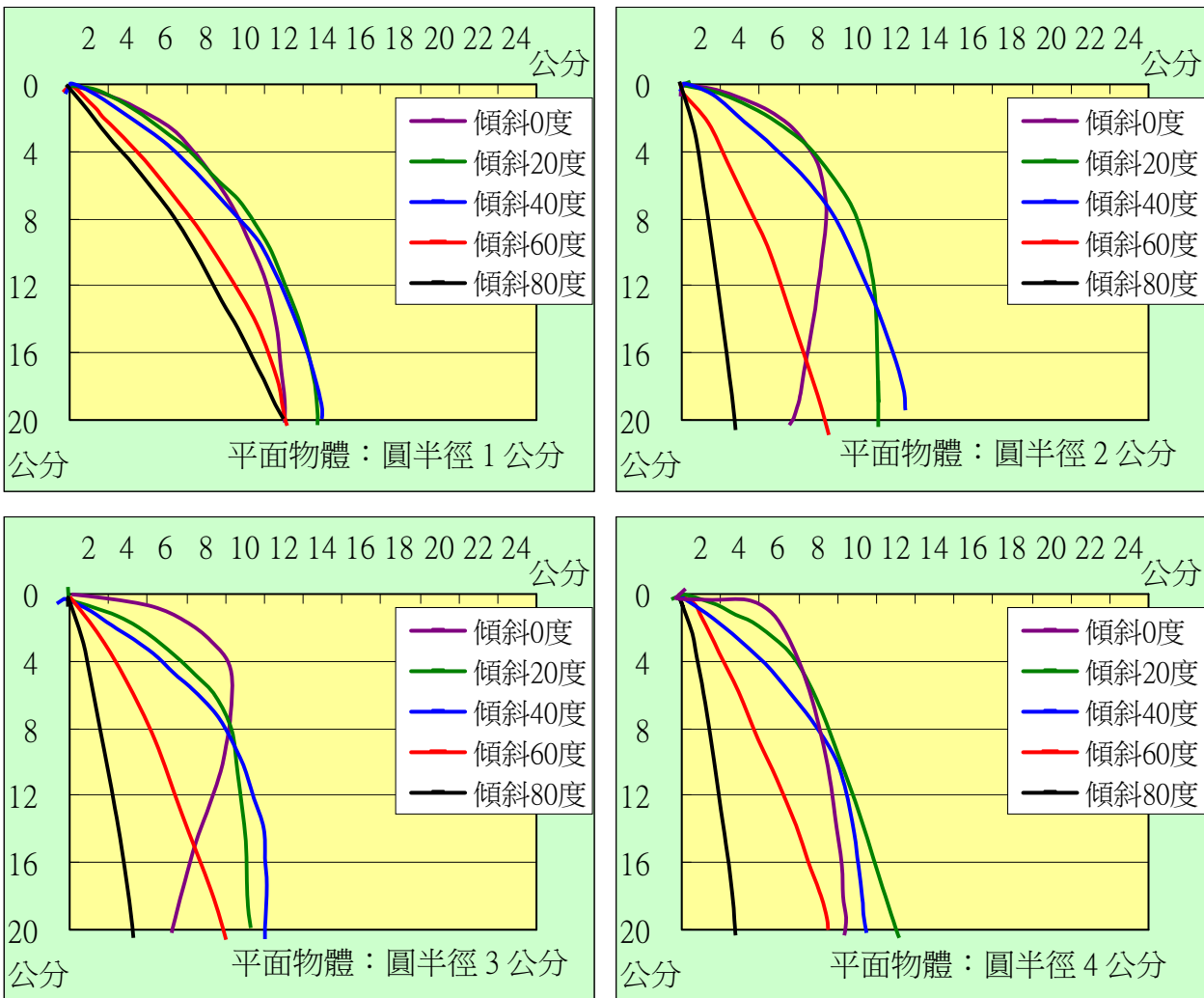
一、研究過程：

- 1.分別將半徑 1、2、3 和 4 公分的塑膠平面圓立在桿子上，讓硬水管流出的水柱能垂直沖在平面物體的中心點上。
- 2.控制流速為 1m/sec，水柱長 15.5 公分，穩定的沖在半徑不同的圓上，拍照記錄水如何流動。
- 3.重複上述 1.2.步驟，每次實驗都將平面圓再傾斜 20 度，將水柱穩定的沖在圓心上，分別記錄不同半徑的圓傾斜 20 度、40 度、60 度、80 度後，水如何流動。
- 4.再將流速改為 2m/sec，重複做上述步驟，記錄物體傾斜角度不同對水流的影響。
- 5.用電腦繪圖的方式，將水流曲線畫下來，以便比較分析實驗結果。



二、研究結果：

(一)流速 1m/sec，水柱長 15.5cm，平面圓傾斜角度不同所形成的水流曲線：



實驗結果與發現：

- 1.圓半徑 1 公分的物體，不管傾斜幾度，水流曲線相距不大，但圓半徑 2 公分以上的物體，傾斜角度對水流曲線的影響就比較大了。
- 2.垂直 20 公分以內的水流曲線，最遠水平距離噴 13 公分，以圓半徑 1 公分的物體，水平距離噴得最遠。而不管物體大小，都是傾斜 0 到 40 度之間，水平噴水距離最遠，而傾斜 80 度，水平噴水距離最短，半徑 2 公分以上的物體，水平噴水距離比傾斜 40 度以內短了一半以上。
- 3.半徑 2 公分以上的物體，傾斜 60 度以上，水會沿著平面物體傾斜處，斜斜的流下來，水流較沒有圓弧度，所以物體大小不影響水流曲線。
- 4.實驗時發現水柱沖在傾斜的平面圓上，水流下來形成水膜，水膜中間較薄，兩邊較厚，所以遠遠看像有兩條水流下來，如右圖六。

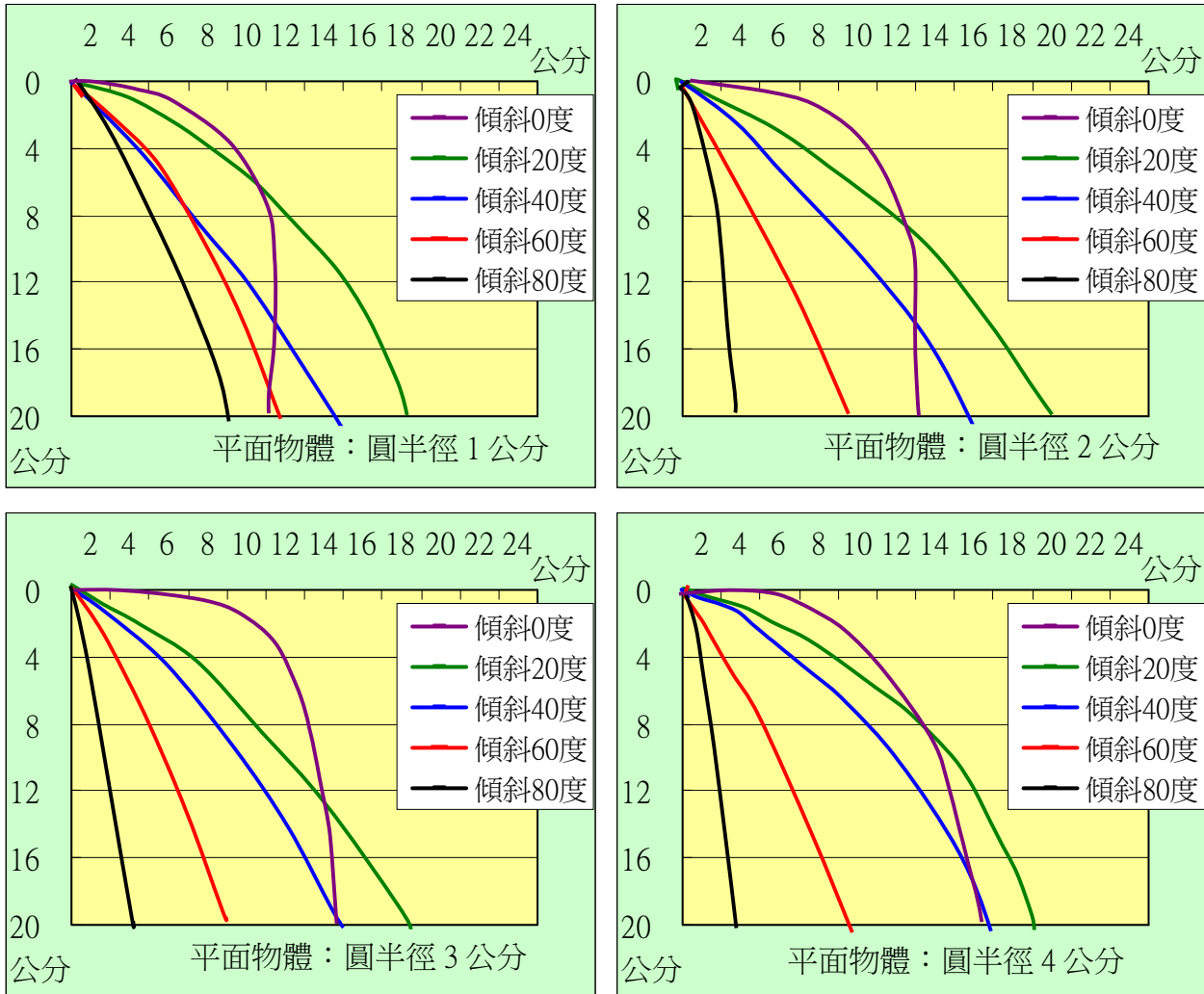
圖六 圓半徑 4 公分 流速 1m/sec



圓傾斜 60 度

圓傾斜 80 度

(二)流速 2m/sec，水柱長 15.5cm，平面圓傾斜角度不同所形成的水流曲線：



實驗結果與發現：

- 1.比較流速 1m/sec 和流速 2m/sec 傾斜角度不同的水流曲線，發現流速 1m/sec 的 4 個水流曲線圖，5 條曲線較靠近，流速 2m/sec，5 條曲線相差較大，可見**流速愈快，物體傾斜角度不同，對水流曲線影響較大。**
- 2.流速 2m/sec，半徑 2 公分以上的物體，傾斜 60 度以上，水會**沿著平面物體傾斜處，斜斜的流下來，水流較沒有圓弧度。**
- 3.流速 2m/sec，垂直 20 公分以內的水流曲線，最遠水平距離噴 20 公分，以傾斜 0 到 40 度之間，水平噴水距離最遠，而傾斜 80 度，水平噴水距離最短，比傾斜 40 度以內短了一半以上。
- 4.流速 1m/sec，垂直 20 公分以內的水流曲線，最遠水平距離噴 13 公分，流速 2m/sec，最遠水平距離噴 20 公分，由此可看出**流速快 1 倍，水流水平噴的距離約增加 0.5 倍。**
- 5.因半徑 2 公分以上的物體，傾斜角度大於 60 度，不管流速為何，水都會沿著物體傾斜處，斜斜的流下來，所以**只要物體傾斜角度超過 60 度以上，水流速度對水流曲線不會造成太大的影響。**



實驗二：探討水柱沖在**凹凸面**物體上，有何規律性的結果？

實驗 2-1：探討**流速不同**，對凹凸面物體所形成的水流有什麼影響？

一、研究過程：

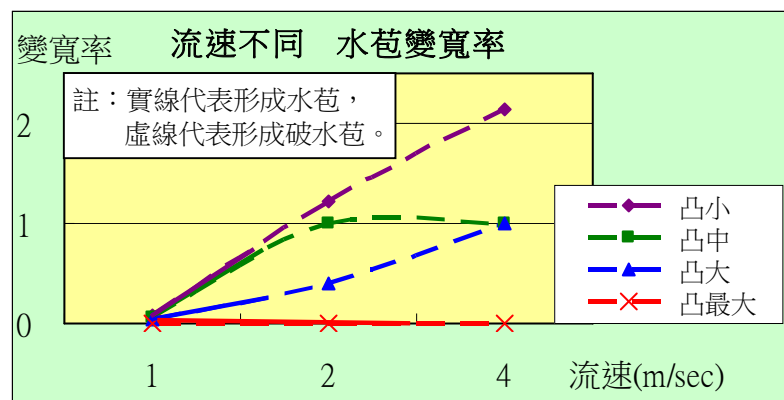
- 1.將小、中、大、最大的量匙握把切除，留下完整的圓弧形，並測量它的直徑與高度。
- 2.分別將 4 種不同尺寸的量匙凸面朝上，立在桿子上，讓硬水管流出的水柱能垂直沖在凸面最頂端。
- 3.控制水柱長 0.5 公分，流速為 1m/sec，穩定的沖在 4 種不同尺寸的量匙上，拍照記錄所形成的水苞寬、水苞長為何。
- 4.重複上述 2.3.步驟，流速改為 2、4m/sec，記錄所形成的水苞寬、水苞長為何。
- 5.改成量匙凹面朝上，重複上述實驗步驟，拍照記錄水如何流動。

二、研究結果：

(一)量匙測量結果：

量匙	直徑	高度
小	2.5 cm	1 cm
中	3.5 cm	1.5 cm
大	4.5 cm	2 cm
最大	5.5 cm	3 cm

(二)量匙凸面朝上，流速與水苞變寬率的折線圖：



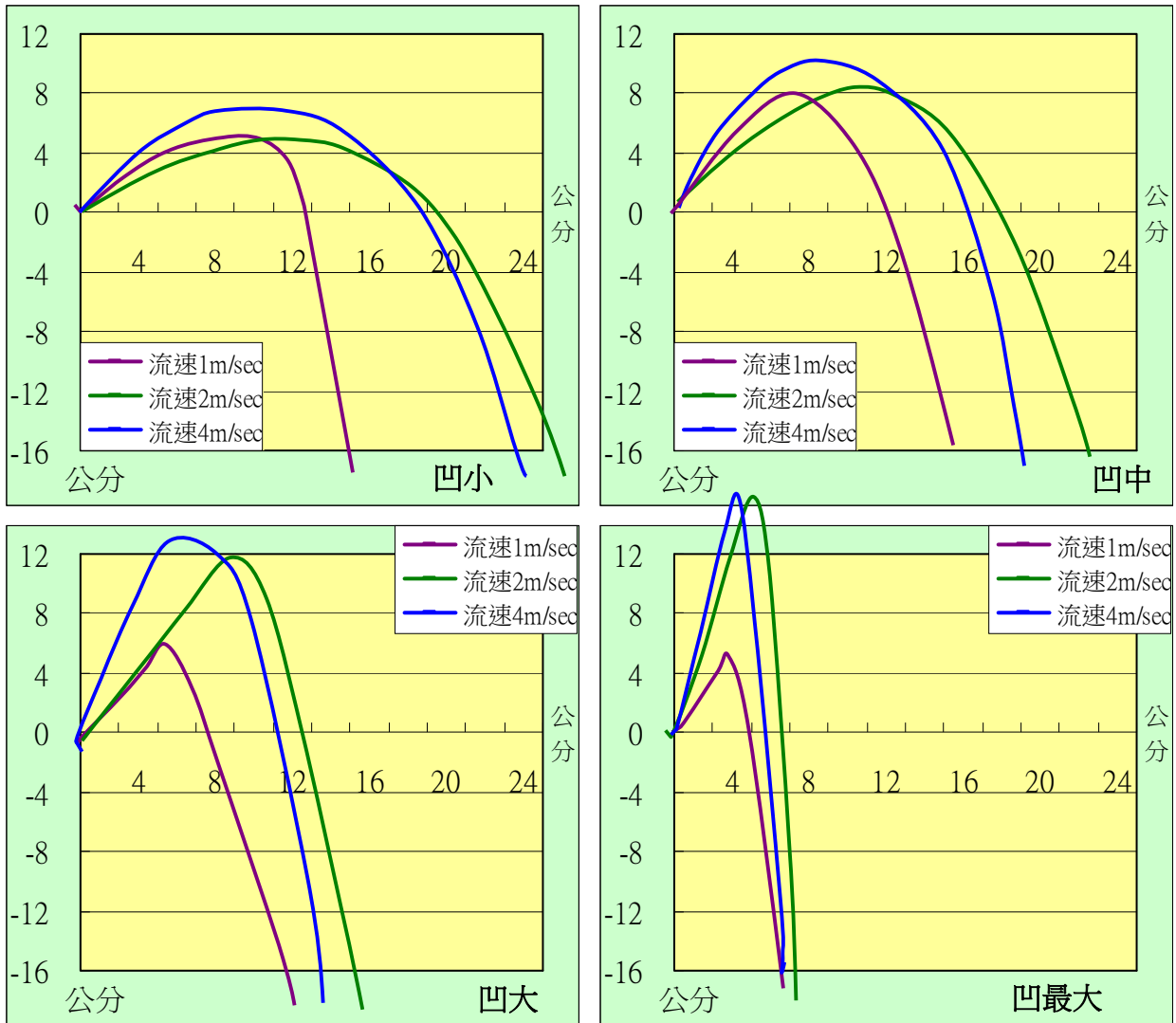
實驗結果與發現：

- 1.從折線圖可以看出**不管凸面物體大小為何，水苞變寬率都是隨著流速愈慢而減少，且物體愈小，水苞變寬率減少的幅度愈明顯**，與平面圓物體的實驗結果相同。
- 2.«凸最大»物體，不管水流速度多快，水苞變寬率都是 0，即水苞寬就是凸最大物體的直徑，而«凸小»物體，水流速度加快，水苞變寬率呈倍數成長，所以如果**凸的物體較寬、較高，水苞變寬率會較小，甚至水苞不會變寬，凸的物體較窄、較低，水苞變寬率會較大。**
- 3.比較實驗 1-1 與 1-3，**直徑相同的平面圓與凸圓，平面圓的水苞變寬率比凸圓來得大。**



流速	1m/sec	2m/sec	4m/sec
<p>物體：凸中</p> <p>水柱長 0.5 公分</p> <p>照片比例尺為 0 2 公分</p> 			
<p>物體：凸大</p> <p>水柱長 0.5 公分</p> <p>照片比例尺 0 2 公分</p> 			
<p>物體：凸最大</p> <p>水柱長 0.5 公分</p> <p>照片比例尺 0 2 公分</p> 			

(三)量匙凹面朝上，流速不同所形成的水流曲線：



實驗結果與發現：

- 1.由圖可以發現不管凹物體多大，水流速度愈快，水柱沖擊在凹物體上，反濺的高度愈高。
- 2.在相同的流速下，當凹物體愈寬、愈深時，水柱沖擊在凹物體上，反濺的高度愈高，水平噴水距離較近。



物體：凹中
 水柱長 5.5 公分
 照片比例尺為
 0 4 公分



流
速
：
2
m/sec



流速：1m/sec



流
速
：
4
m/sec

物體：凹大
 水柱長 5.5 公分
 照片比例尺為
 0 4 公分



流
速
：
2
m/sec



流速：1m/sec



流
速
：
4
m/sec

物體：凹最大 水柱長 5.5 公分 照片比例尺為 0 4 公分



流速：1m/sec



流速：2m/sec



流速：4m/sec

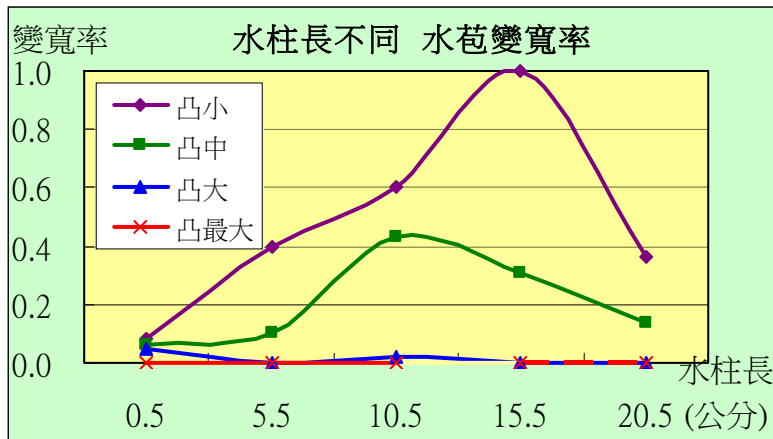
實驗 2-2：探討水柱長不同，對凹凸面物體所形成的水流有什麼影響？

一、研究過程：

- 1.分別將不同尺寸的量匙凸面朝上，立在桿子上，讓水柱能垂直沖在凸面最頂端。
- 2.控制水柱長 5.5 公分，流速為 1m/sec，穩定的沖在 4 種不同尺寸的量匙上，拍照記錄所形成的水苞寬、水苞長為何。
- 3.重複上述 1.2.步驟，水柱長改為 10.5、15.5、20.5 公分，記錄所形成的水苞寬、水苞長為何。
- 4.改成量匙凹面朝上，重複上述實驗步驟，拍照記錄水如何流動。

二、研究結果：

(一)量匙凸面朝上，水柱長與水苞變寬率的折線圖：



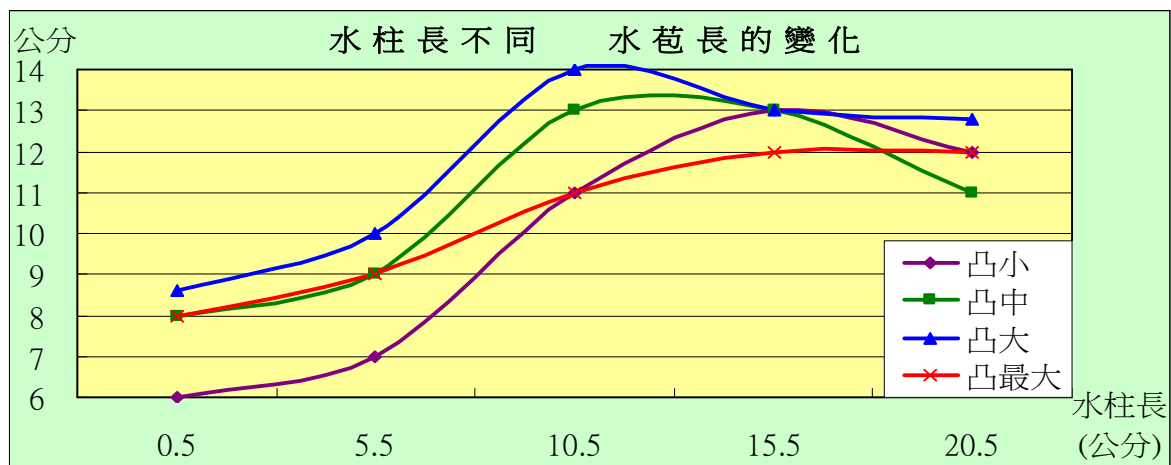
實驗結果與發現：

- 1.從折線圖可以看出「凸最大」和「凸大」不管水柱長幾公分，水苞變寬率都接近 0，即水流會順著凸面物體流下來，水膜不會往外擴張。「凸中」和「凸小」形成的水膜會往外擴張，但不是隨著水柱變長而變大，而是有最大的極限，「凸小」在水柱長 15.5 公分下，能形成最寬的水苞，「凸中」在水柱長

10.5 公分下，會形成最寬的水苞。所以凸面物體愈寬、愈高，水苞寬即凸面物體寬，水柱長對水苞寬不造成影響。






- 2.與實驗 1-4 比較，水柱變長，平面圓較難形成完整水苞，而凸面圓水流會順著凸面弧度流下，較易形成完整水苞。






(二)量匙凸面朝上，水柱長對水苞長的影響：








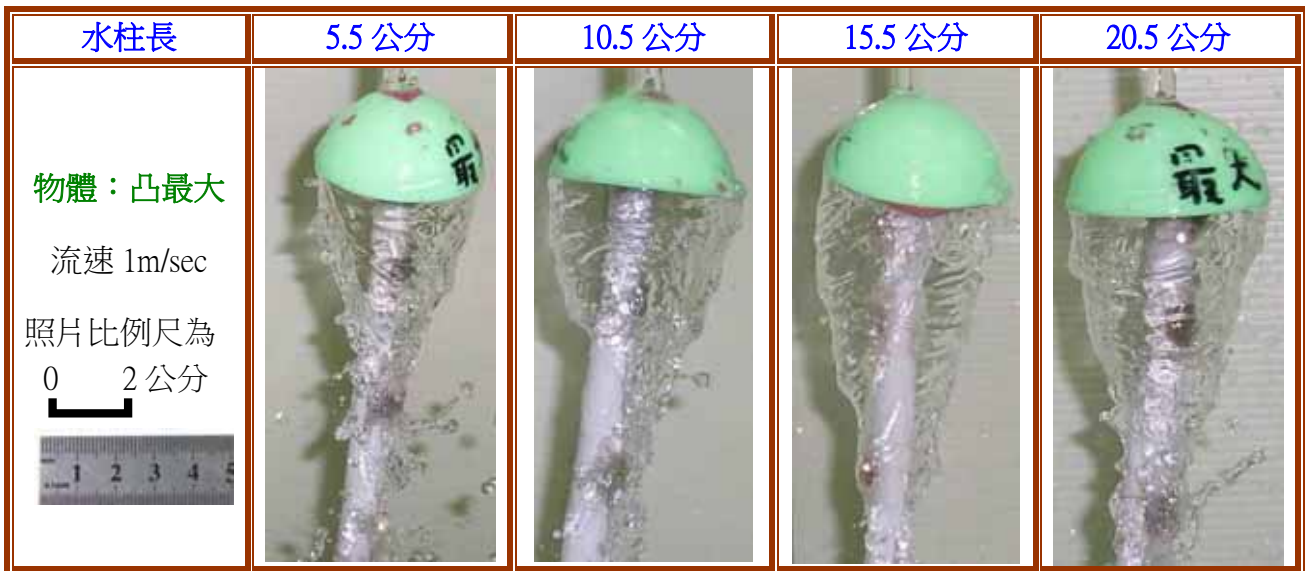
實驗結果與發現：

- 1.由折線圖可以看出不管水柱長多長，「凸大」所形成的水苞長最長。
- 2.水柱長對水苞長的影響沒有固定關係，水柱長在 10.5 公分以下，不管凸的物體多大，都是隨著水柱長愈長，水苞長也會愈長，但是水柱長在 10.5 公分以上，就沒有固定的規律性。
- 3.流速 1m/sec，水柱長 0.5 公分，相同的直徑，「凸圓」形成的水苞長比「平面圓」所形成的水苞長來得短。

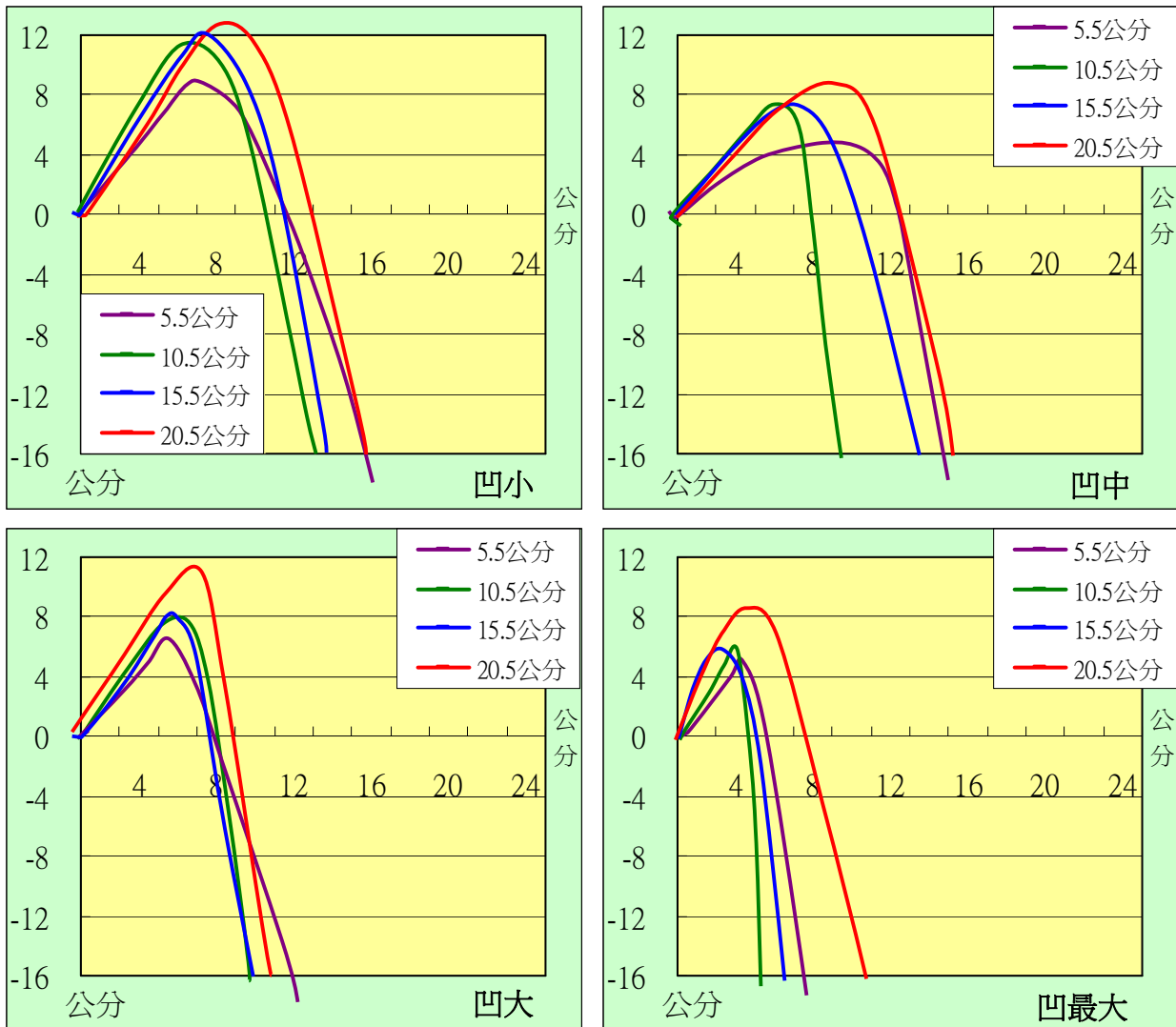
水柱長	5.5 公分	10.5 公分	15.5 公分	20.5 公分
<p>物體：凸小</p> <p>流速 1m/sec</p> <p>照片比例尺為</p> <p>0 2 公分</p> 				

水柱長	5.5 公分	10.5 公分	15.5 公分	20.5 公分
<p>物體：凸中</p> <p>流速 1m/sec</p> <p>照片比例尺為</p> <p>0 2 公分</p> 				

水柱長	5.5 公分	10.5 公分	15.5 公分	20.5 公分
<p>物體：凸大</p> <p>流速 1m/sec</p> <p>照片比例尺為</p> <p>0 2 公分</p> 				

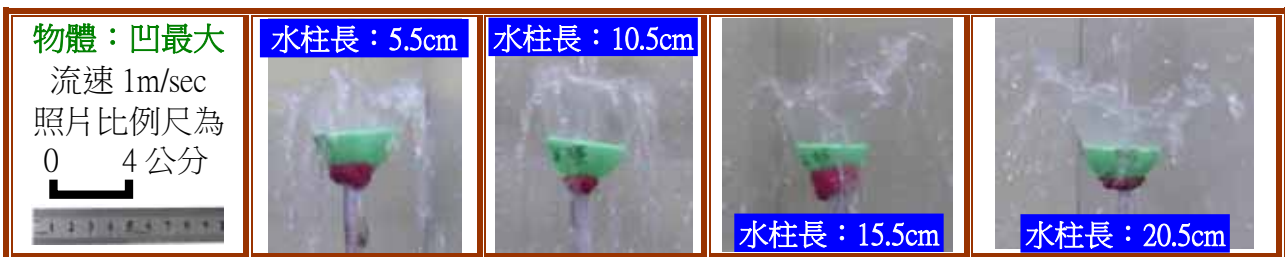
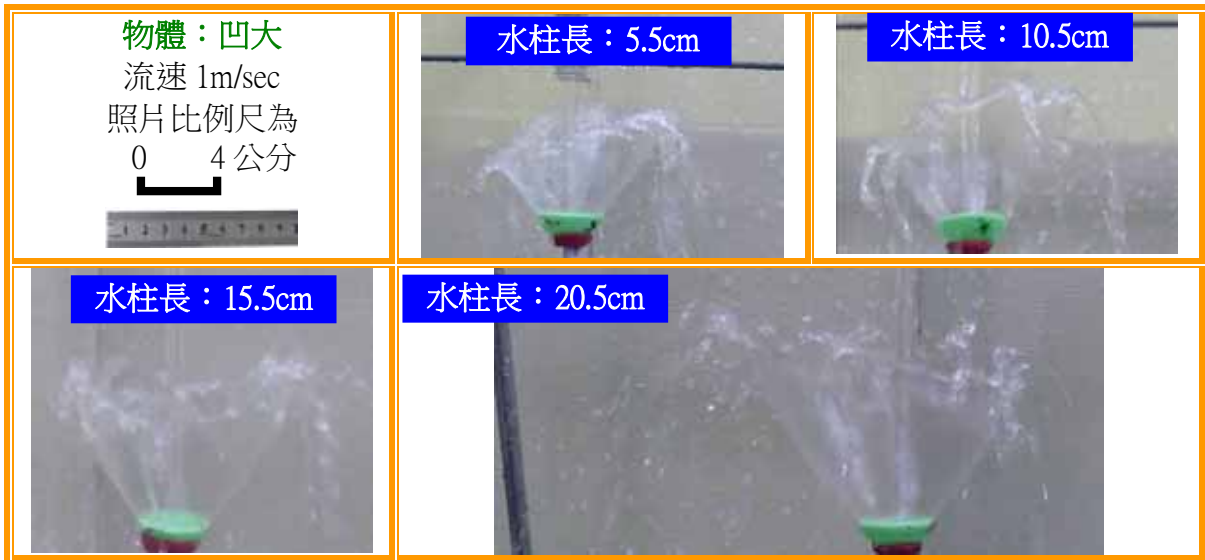
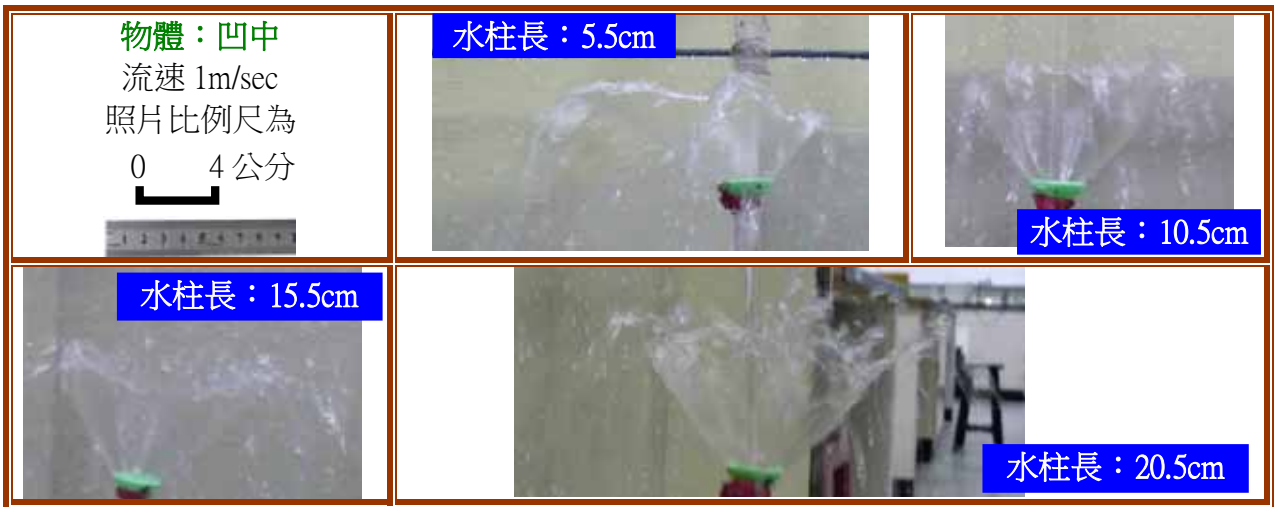
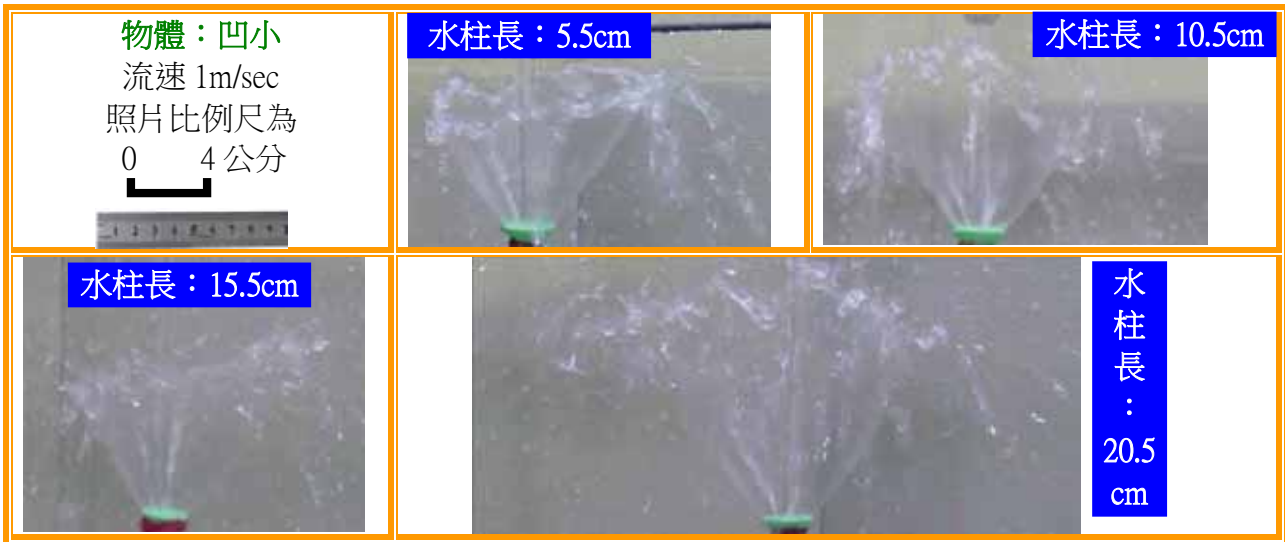


(三)量匙凹面朝上，水柱長不同所形成的水流曲線：



實驗結果與發現：

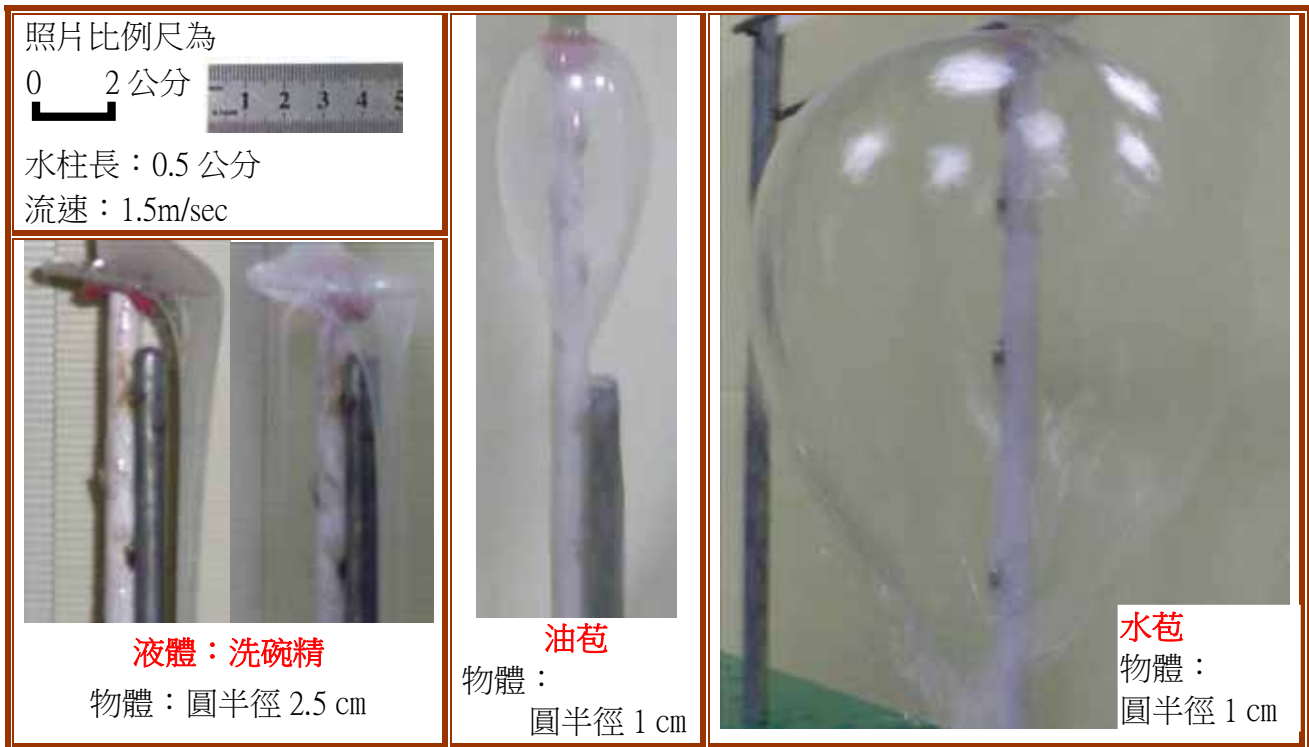
- 1.由圖可以發現不管凹物體多大，水柱長愈長，水柱沖擊在凹物體上，反濺的高度愈高。
- 2.我們發現流速不同，水平噴水距離相差較大，水柱長不同，水平噴水距離相差較小，所以相同的凹面物體，流速影響水平噴水距離比水柱長來得明顯。



陸、討 論

水柱沖在平面物體上，由物體邊緣流下時，水膜會有弧度，且在適當的條件下，水膜會向內聚集，形成水苞，這是因為水在平面物體上流動，會有水平流速，水由物體邊緣掉落後，受到地心引力的影響，會有垂直接速，所以在合力之下，水膜會形成弧狀掉落，就像電影播的，一部車開得很快衝向懸崖邊，車子也會呈現弧狀墜落懸崖，而水膜會向內聚集成水苞，是因為受到水的表面張力影響，自然會向內想盡量形成圓球狀，再加上水有重量，受到地心引力的影響，圓球狀的水會被往下拉，所以就形成我們所看到的水苞模樣了。

我們也嘗試用洗碗精和沙拉油來取代水，在相同的條件下做實驗，結果發現洗碗精太黏了，連膜都很难形成，且表面張力較小，所以洗碗精會直直的流下來，向內的程度只有一點點，沙拉油的黏滯力比水大，所以沖在平面物體上，油的水平流速比較慢，且表面張力比水小，所以形成的油苞比較瘦，膜的弧度、向內的程度比較小。



在噴水池公共裝置藝術當中，通常是利用電動幫浦將水加壓噴出，水流具有慣性能沿著加壓噴出的方向流出，到一定的高度後，因受重力的影響，故形成弧狀掉落水池內，我們可以在水流軌跡上，藉由改變不同流速、不同沖水高度，架設面積、形狀不同的平面或凹物體，就能設計出令人驚嘆的裝置藝術品了！



柒、結 論

我們將研究結果整理如下：

一、探討「水苞變寬率」

物體側面寬愈窄，水苞變寬率愈大。正多邊形邊數愈多（圓形看成正無限多邊形），水苞變寬率愈大。流速愈快，水苞變寬率愈大，且物體愈小，流速對水苞變寬率的影響愈明顯。水柱長與水苞變寬率之間沒有特定的關係。物體側面寬相同時，平面物體的水苞變寬率會比凸物體來的大。

二、探討「水苞長」

平面物體側面寬愈窄，水苞長愈長。流速愈快，水苞長愈長。水柱長與水苞長之間沒有特定的關係。直徑在 5.5 公分以下、高在 3 公分以下的凸面物體，物體較寬、較高，形成的水苞長較長。流速 1m/sec、水柱長在 10.5 公分以下，水柱長愈長，水苞長愈長。

三、探討形成「水苞」的條件

正多邊形邊數愈多（圓形看成正無限多邊形），愈容易形成水苞。在水柱長 0.5 公分下，流速介在 1m/sec 到 2m/sec 之間，圓半徑小於 4 公分的平面物體，都能形成水苞。在流速 1m/sec 下，水柱長 2.5 公分以內，平面圓半徑 4 公分以下，都能形成水苞。在水柱長 0.5 公分下，流速小於 1m/sec，不同尺寸的量匙，都能形成水苞。在流速 1m/sec 下，水柱長 20.5 公分以內，不同尺寸的量匙，都能形成水苞。

四、探討「最遠噴水距離」

流速愈快，水噴得愈遠。在水柱長 0.5 公分下，平面圓半徑 3 公分，水可噴約 24 公分遠。在流速 1m/sec 下，水柱長 13.35 公分以上，平面物體因無法形成水苞，所以水會噴得比較遠。平面物體傾斜小於 60 度以內，傾斜角度愈小，水平噴水距離愈遠。凹物體愈淺、側面愈斜，水平噴水距離愈遠。

在沖洗東西平面處時，因為流速愈快，水苞變寬率愈大，所以**水開小一點，水沖在物體上較不容易濺得到處都是**。若想要快速用較強大的水來清洗平面處，就要將物體平面處朝水槽內側傾斜，才不會噴得到處都是，**若平面處要朝向自己來清洗，那就要傾斜 60 度以上**，因為由實驗結果得知平面物體傾斜 60 度以上，水流會隨著物體的傾斜處，斜斜的流下來，不會形成圓弧狀的水流，這樣我們比較能夠掌握水流的動向。

在沖洗凸面物體時，我們可以比較放心，因為水流會隨著凸面物體的弧度流下，**水苞變寬的幅度不大**。但在沖洗凹面物體時，就要特別留心了，**流速愈快，物體較寬、較深，水柱沖擊在凹物體上，反濺的高度愈高，物體愈小，水平噴水距離愈遠**。流速比 2m/sec 快的水柱沖在小量匙上，水平噴水距離居然超過 20 公分以上。所以在沖洗小東西時，不管是平面還是凹物體，水流常常出乎我們意料之外，實驗結果告訴我們**愈小的東西水苞變寬率和水平噴水距離是較大的，所以沖洗時要更加留意才是**。

捌、參考文獻

- 1.康軒文教編輯小組(2010)。國小自然與生活科技教師手冊第 2 冊(283-312 頁)、第 4 冊(218-269 頁)。新北市：康軒文教事業。
- 2.水蔥花。2011 年 10 月 20 日，取自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/41/1413.pdf>
- 3.散射水膜之研究。2011 年 11 月 5 日，取自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/38/pdf/38h/001.pdf>
- 4.景觀噴水池。2012 年 1 月 5 日，取自 <http://www.ws-pool.com.tw/prod-3.html>

【評語】 080119

1. 表達能力佳，實驗結果具實用性，研究架構完整，適合學童進行科學探究，建議多加些實驗創意。
2. 建議傳達報告時，不要有搶答現象。