

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

082928

泉湧不止

學校名稱：桃園市新屋區新屋國民小學

作者：  小五 黎序澄  小五 姜宇倫  小五 黃以晴  小五 謝宇涵	指導老師：  楊子良  黃志豪
---	-----------------------------

關鍵詞：希羅噴泉、連通管、大氣壓力

## 摘要

本研究主要目的是利用國小四年級自然【水的移動】單元中【連通管原理】製作不需要電力的噴泉。藉由四個不同的實驗設計，讓我們更瞭解課程所要傳達的觀念；透過實際操作的過程，了解噴水高度、水位高低與噴嘴大小的關係，重現古希臘數學家希羅（Hero 或 Heron）所發明的噴泉（Hero's fountain）。

實驗(一): 水位高低與噴嘴大小對連通管噴泉的噴水高度影響。

實驗(二): 水位高低與噴嘴大小對希羅噴泉的噴水高度影響。

實驗(三): 藉由簡易的寶特瓶結構，實現希羅噴泉現象。

實驗(四): 藉由不同管路設計，設計可循環噴水的希羅噴泉。

本研究的驗證結果：實驗發現，水位高低、噴嘴大小，對噴水高度有直接的影響。同時也成功地藉由管路的設計，實現可持續噴水的希羅噴泉。

## 壹、研究動機

人工的噴泉，早就出現於古希臘時代。早期噴泉的運作，主要倚靠水流的重力，例如透過一段長距離的導水管，利用水流的慣性使它向上噴出一定的高度。16 世紀時，精美的噴泉是義大利與印度貴族花園的特色。而如何製作出可以噴出高水柱的噴泉，也是人們一直追求的目標。

在四年級自然課的單元國小四年級自然科【水的移動】單元中【連通管】實驗中，提到可以利用連通管原理於製作噴泉。利用連通管製作噴泉時，噴泉噴出的水位高度，通常會低於高處水源的水面。但是，我們對於水源一定要高於噴嘴，才能產生噴泉嗎？這個問題深感興趣。藉由網路資料的查詢，發現除了連通管噴泉之外，古希臘數學家、物理學家和工程師希羅（Heron of Alexandria, 約 10-70 AD），發明了水源低於噴嘴的噴泉，稱為希羅噴泉（Heron's fountain）。可以在水源高度低於噴嘴高度的狀態下形成噴泉，我們對藉由實際探討的過程中，希望充分了解那些因素會影響噴泉的高度。

## 貳、研究目的

本研究主要是探討於利用不同原理製作噴泉時，有那些因素會影響噴泉的高度。並設計

實驗一: 利用兩個底部相連的容器。注入液體後，液體由高處往低處流，並於低處形成噴泉的現象，並探討那些因素會影響噴水的高度。

實驗二: 利用鐵架、寶特瓶、水管等材料，建立一個希羅噴泉的系統。於此過程中，探討那些因素會影響噴水的高度。




實驗三: 探討利用簡易的寶特瓶結構，製作噴希羅噴泉。於此過程中，探討那些因素會影響噴水的高度。

實驗四: 探討利用不同的管路結構，設計出可循環並持續噴水之希羅噴泉。

### 參、研究設備與器材

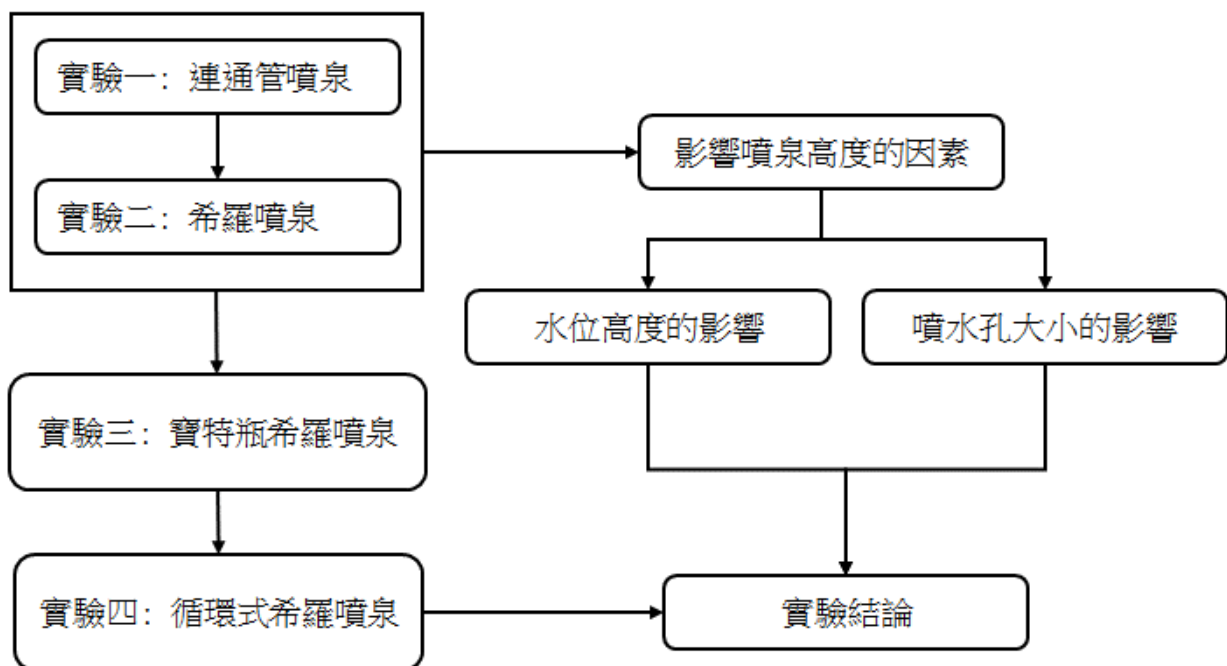
本研究所使用的實驗器材如下表一所示。

表一、實驗器材表

編號	1	2	3
圖片			
名稱	燒瓶夾	鐵架	打氣針
編號	4	5	6
圖片			
名稱	寶特瓶	焊槍	熱熔膠槍
編號	7	8	9

圖片			
名稱	橡皮管	滴管	三角燒瓶
編號	10	11	12
圖片			
名稱	玻璃管	橡皮塞	

#### 肆、研究過程與方法

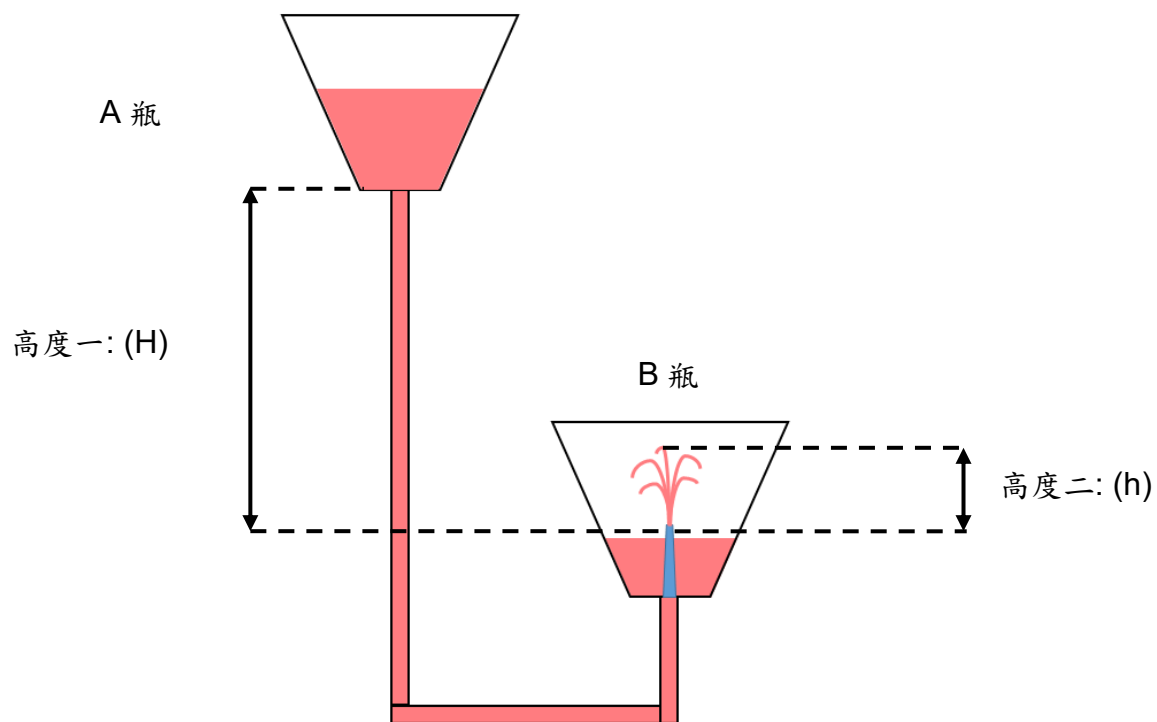


圖一、研究流程圖

## 實驗一：連通管噴泉

### 一、實驗流程：

1. 首先利用鐵架、塑膠管與寶特瓶架設連通管噴泉，如下圖二所示。
2. 將水倒入 A 瓶中，水經過水管並於 B 瓶的噴嘴噴出，如下圖三所示。
3. 紀錄 a. 不同高度  $H$  時，噴水的高度  $h$ 。b. 相同高度  $H$ ，不同噴嘴大小所對應的噴水高度  $h$ 。並探討其中影響噴水高度  $h$  的因素。



圖二、連通管噴泉設置圖

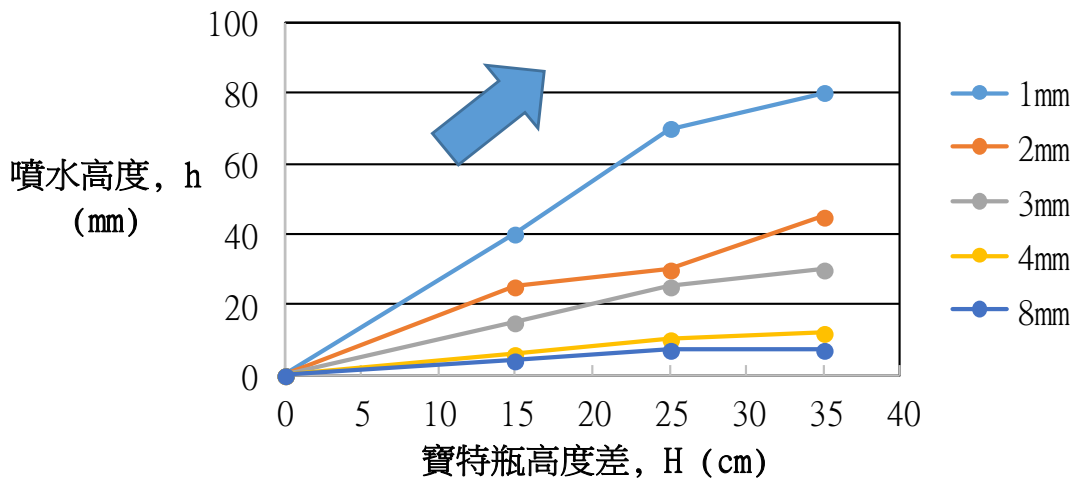


圖三、連通管噴泉圖

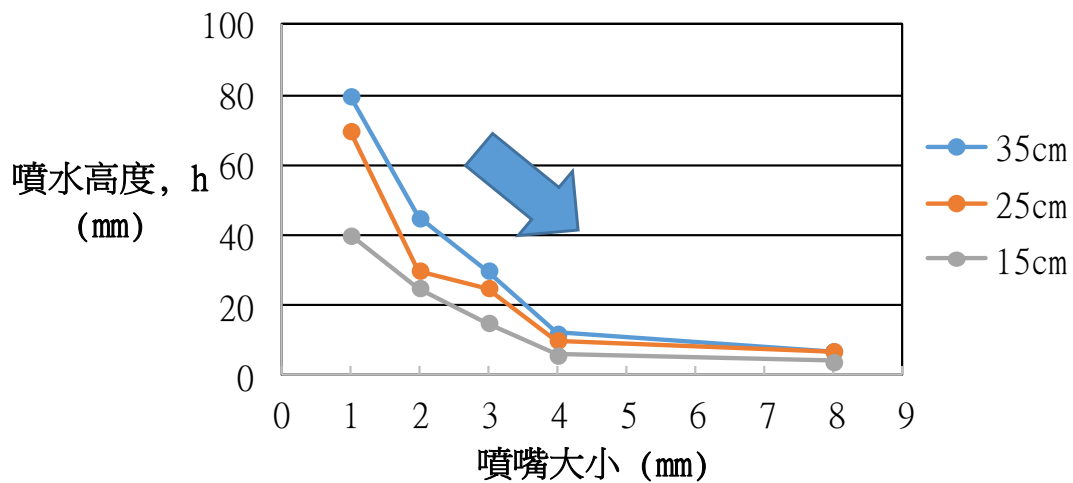
二、實驗結果:

表一、不同噴嘴大小、不同寶特瓶高度差與噴水高度對照表

噴嘴大小(mm)	寶特瓶高度差 H, (cm)			
	0	15	25	35
	噴水高度 h, (cm)			
1	0	40	70	80
2	0	25	30	45
3	0	15	25	30
4	0	6	10	12
8	0	4	7	7



圖四、連通管噴泉圖

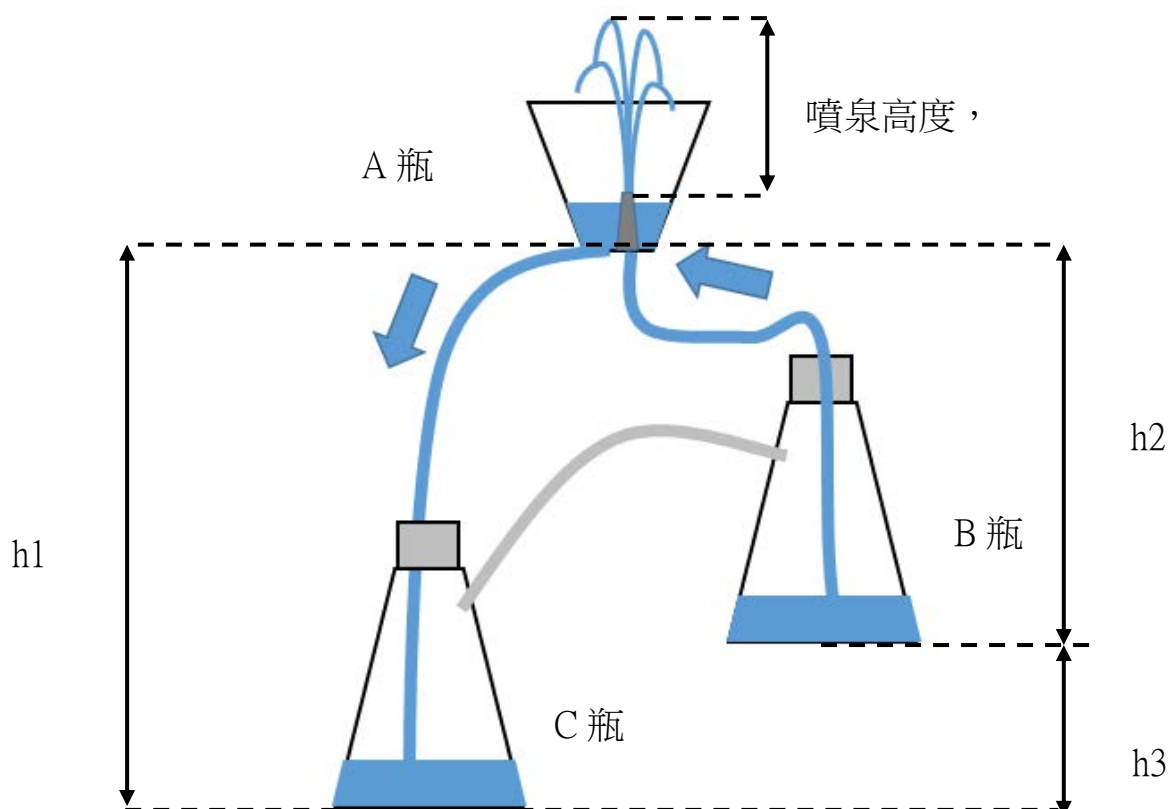


圖五、連通管噴泉圖

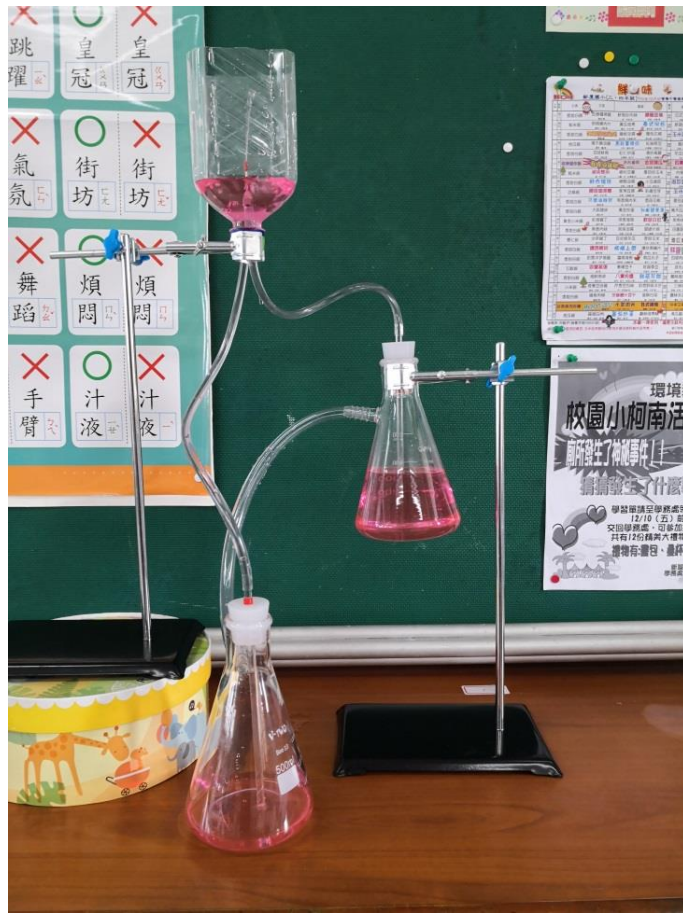
## 實驗二: 希羅噴泉

### 一、實驗流程:

1. 首先利用鐵架、塑膠管與寶特瓶架設希羅噴泉，如下圖六、七所示。
2. 利用水杯將水倒入 A 瓶中，水經過水管流入 C 瓶中，此時擠壓 C 瓶中的空氣，經另一條水管，流入 B 瓶中，如下圖八(a)所示。
3. 空氣進入 B 瓶後，擠壓 B 瓶中的水，使其經過水管，於 A 瓶形成噴泉。
4. 噴泉經噴泉口噴出後，落下的水又再度流進 C 瓶，持續擠壓 C 瓶的空氣到 B 瓶，進而持續將 B 瓶的水噴出。噴泉會一直進行，直到 B 瓶的水噴完，或是 C 瓶裝滿水為止。
5. 紀錄(a): 不同三角燒瓶擺放的高度  $h_2$ ,  $h_3$  時，噴水的高度  $h$  的變化。(b): 相同高度  $h_2$ ,  $h_3$  時，不同噴嘴大小所對應的噴水高度  $h$ ，並探討其中影響噴泉高度  $h$  的因素。



圖六、希羅噴泉設置圖



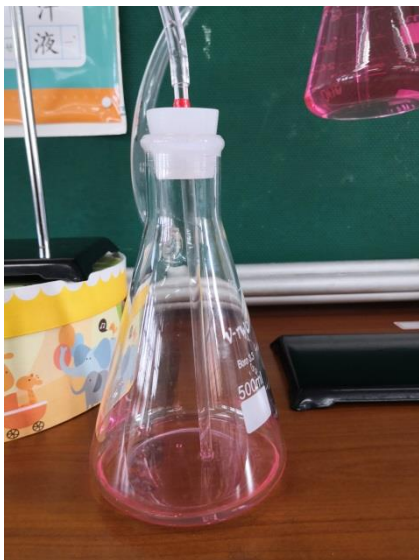
圖七、希羅噴泉裝置圖







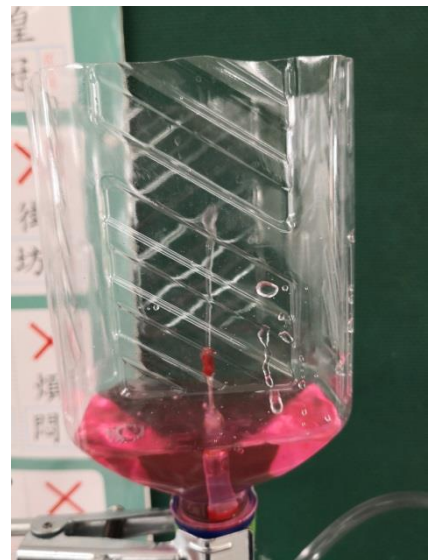
圖八、希羅噴泉裝設與測量



(a)



(b)



(c)

圖九、希羅噴泉裝置細部圖 (a) 入水三角燒瓶，C 瓶 (b) 出水三角燒瓶，B 瓶

(c) 噴泉口，A 瓶。

二、實驗結果:

表二: 噴嘴口徑為 1mm 時, 不同 h3 高度對於噴水高度的影響。

噴嘴口徑 1mm	時間 (s)				
	0	20	40	60	80
噴水高度 (cm)	h1=52cm, h3=22cm				
	7	6.5	6	6	5
	h1=52cm, h3=17cm				
	5.5	5	4.5	4.5	4
	h1=52cm, h3=12cm				
	3.5	3	3	3	2.5

表三: 噴嘴口徑為 4mm 時, 不同 h3 高度對於噴水高度的影響。

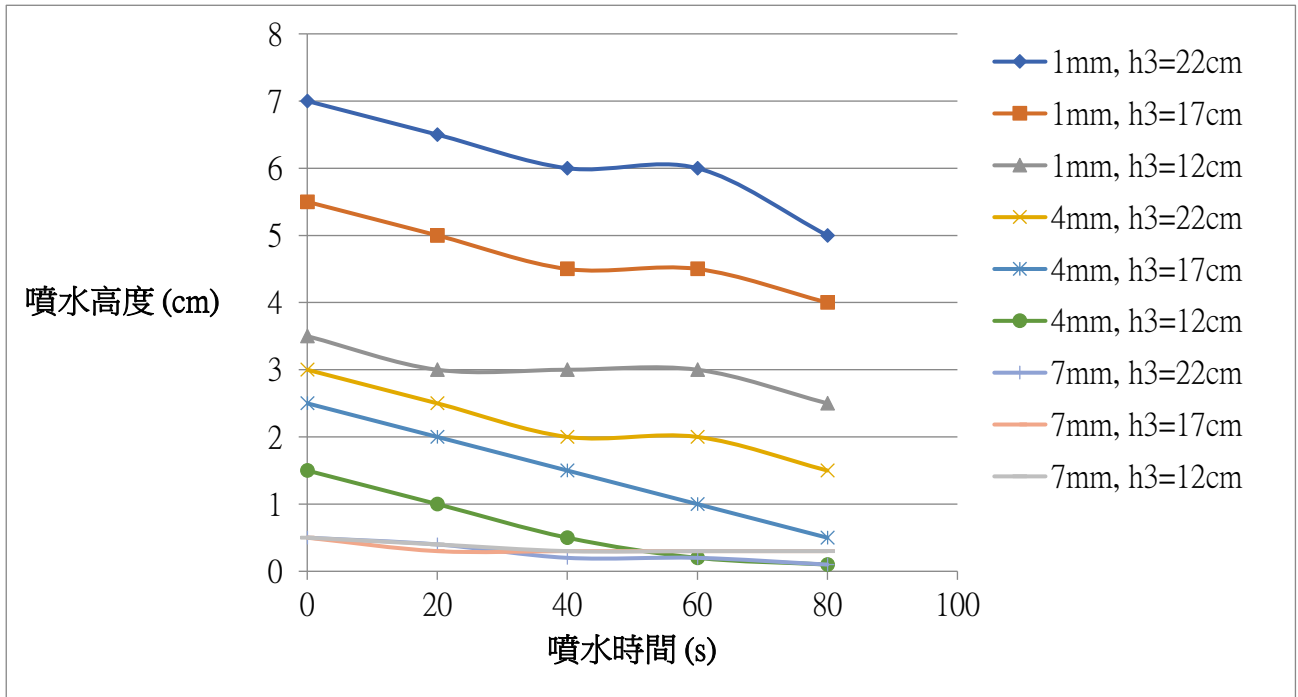
噴嘴口徑 4mm	時間 (s)				
	0	20	40	60	80
噴水高度 (cm)	h1=49cm, h3=22cm				
	3	2.5	2	2	1.5
	h1=49cm, h3=17cm				
	2.5	2	1.5	1	0.5
	h1=49cm, h3=12cm				
	1.5	1	0.5	0.2	0.1

表四: 噴嘴口徑為 7mm 時, 不同 h3 高度對於噴水高度的影響。

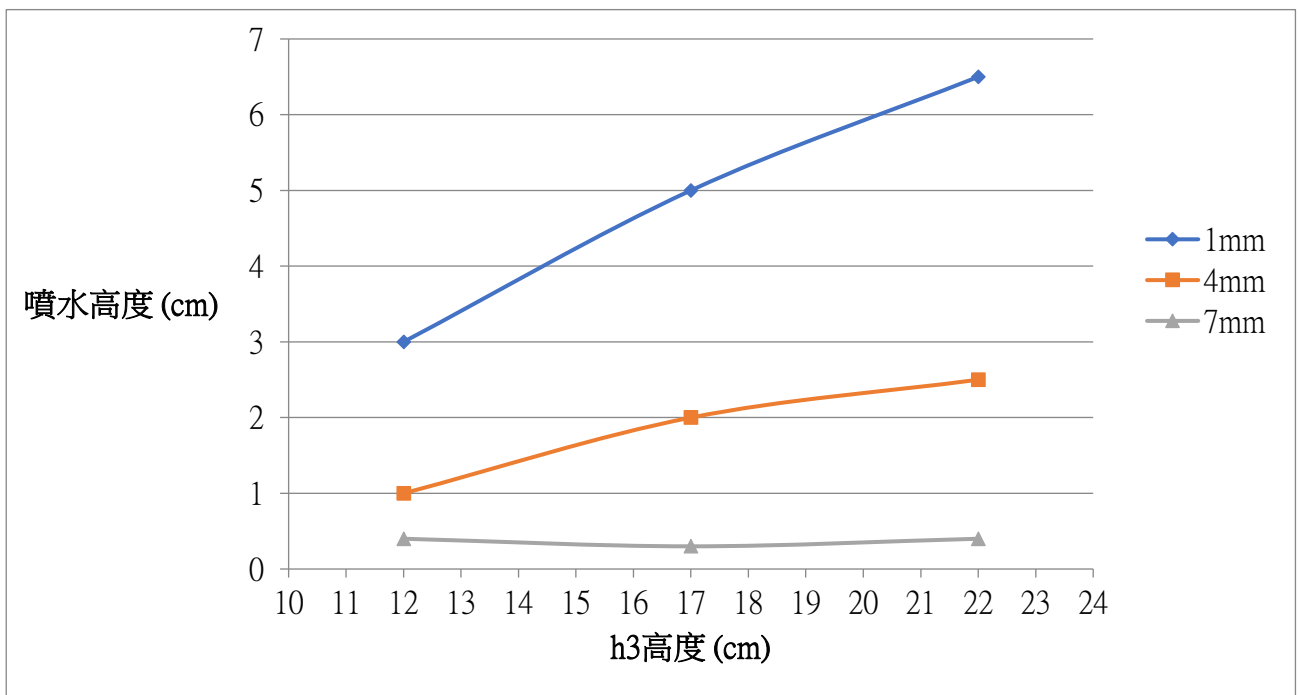
噴嘴口徑 7mm	時間 (s)				
	0	20	40	60	80
噴水高度 (cm)	h1=49cm, h3=22cm				
	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1
	h1=49cm, h3=17cm				
	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
	h1=49cm, h3=12cm				
	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3

表五: 於噴水時間 20 秒時, 不同 h3 高度、不同噴嘴大小, 對於噴水高度的影響。

於 20 秒時	噴嘴口徑		
h3 高度 (cm)	1mm	4mm	7mm
22	6.5	2.5	0.4
17	5	2	0.3
12	3	1	0.4



圖十、不同時間、不同 h3 高度與不同噴嘴大小的噴水高度圖。



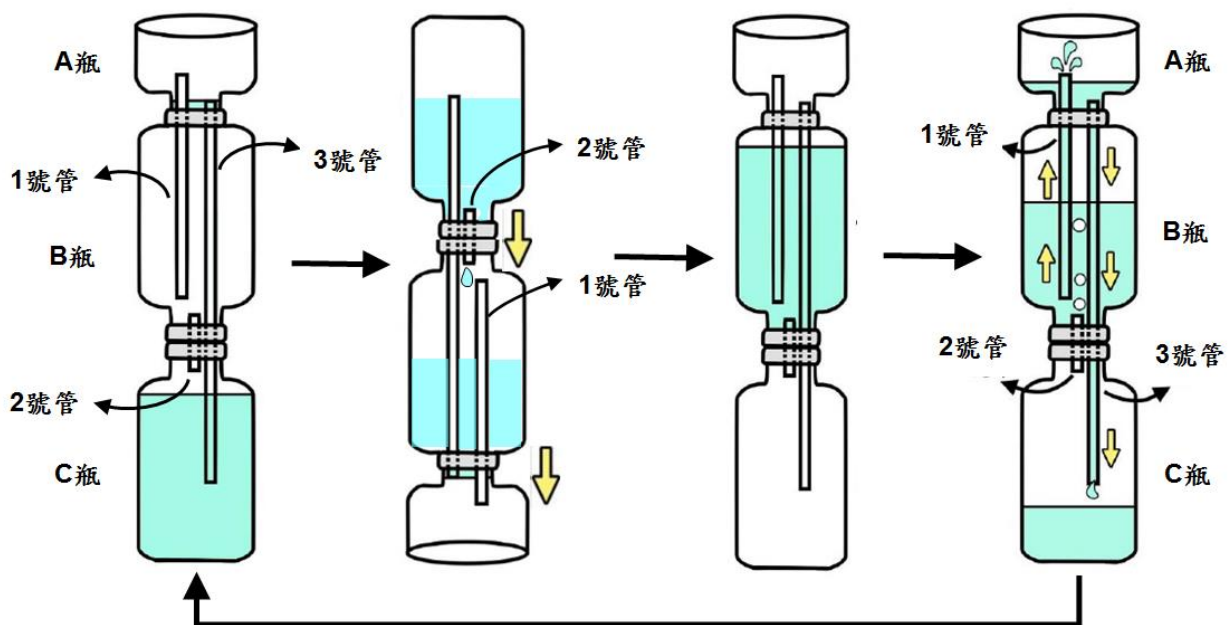
圖十一、於噴水時間 20 秒時，不同 h3 高度、不同噴嘴大小，對於噴水高度的高度圖。

### 實驗三: 寶特瓶希羅噴泉

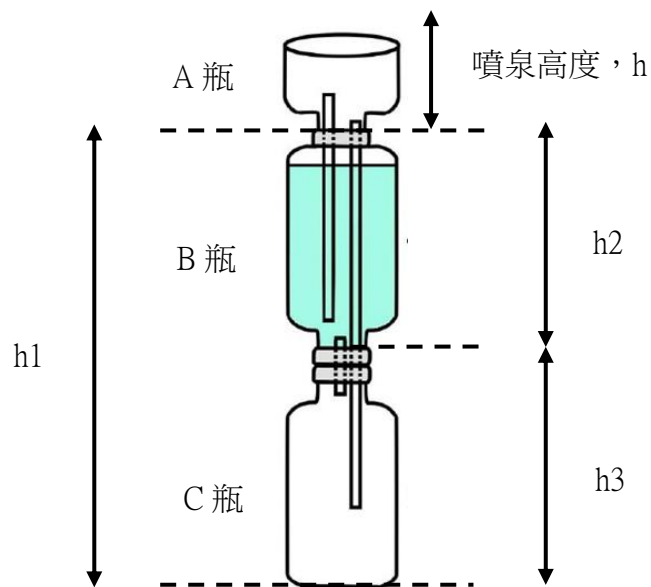
#### 一、實驗流程:

由實驗二的架構，我們可以簡單的製作出希羅噴泉的現象，但須使用鐵架、三角燒瓶、橡膠管等，於一般使用上並不方便。所以，我們參照網路上的資訊，利用三個寶特瓶與吸管製作希羅噴泉。

1. 先將製作好的寶特瓶噴泉的 C 瓶裝滿水，接著將寶特瓶上下翻轉 180 度，水由 C 瓶流至 B 瓶。
2. B 瓶水裝滿後，再次將寶特瓶上下反轉 180 度，並將水倒入 A 瓶中。此時水經由 3 號管流到 C 瓶中，並擠壓 C 瓶中的空氣經由 2 號管進入 B 瓶中。
3. B 瓶中的水受到進入瓶中空氣的擠壓，沿著 1 號管上升，並於 A 瓶的噴嘴中噴出，形成噴泉。
4. B 瓶中的水持續減少，相反的 C 瓶中的水逐漸增加，直到 C 瓶中的水裝滿了，或是 B 瓶中的水被全部排出，噴泉才會停止。
5. 此時，再次將寶特瓶上下反轉，重複步驟 1~4 即可持續希羅噴泉。



圖十二、寶特瓶希羅噴泉的使用流程圖。



圖十三、寶特瓶希羅噴泉設置圖。



圖十四、寶特瓶希羅噴泉圖。

## 二、實驗結果

噴嘴口徑	1mm	2mm
最高噴水高度	h1=44cm, h3=22cm	
	10 cm	9 cm

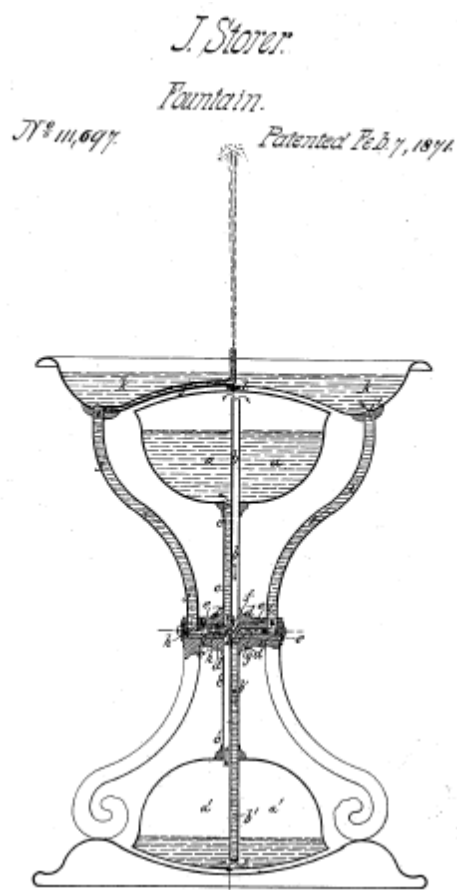
## 實驗四: 循環式希羅噴泉

### 一、實驗流程:

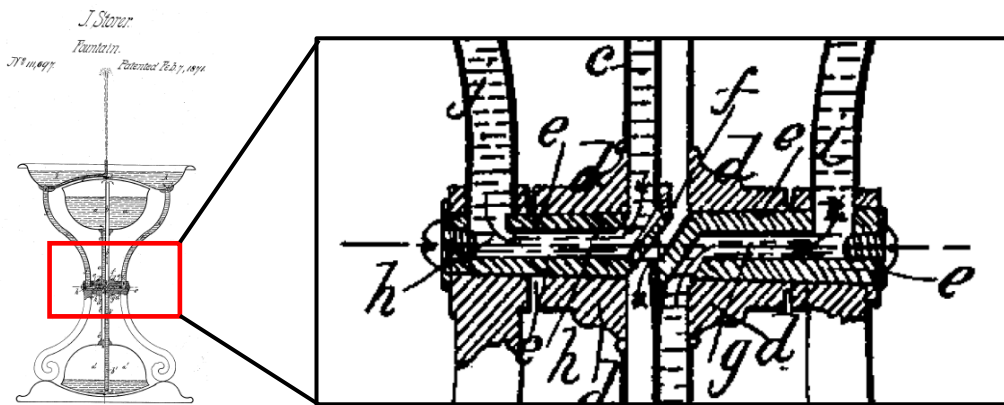
由實驗三的架構，我們可以簡單的製作出希羅噴泉的現象，但需要翻轉寶特瓶兩次，並且

翻轉時，還需另外準備容器將水先倒出，會弄濕周圍環境，在實用上十分麻煩與不便。為此，我們試著尋找是否有解決此一問題的解決方案。

於 1871 年，Joseph Storer 在美國專利字號 US111697，發表了一種改良式、可持續噴水的希羅噴泉，如下圖 12 所示。根據專利內容所敘述，Storer 設計了一組玻璃容器，內部裝有兩根金屬管作為聯通上下兩個玻璃容器。水經由上方水盤，進入下方玻璃容器，並擠壓另一個玻璃容器中的水，並於水盤中的噴嘴噴出形成希羅噴泉。Joseph Storer 於專利中並無詳細說明如何製作此通道與設計的細節。但於專利的放大圖中，我們可以稍微看到它的設計結構，Joseph Storer 於轉軸處設計了一個類似可活動式的三通管結構，來達成玻璃瓶上下翻轉後，依然可以持續噴水。



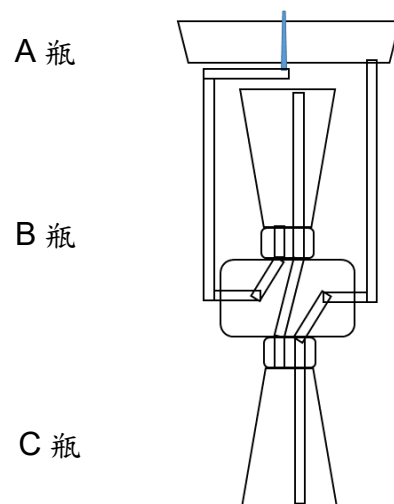
圖十五、Joseph Storer 的改良式、可持續噴水的希羅噴泉圖。



圖十六、Joseph Storer 的希羅噴泉結構放大圖。

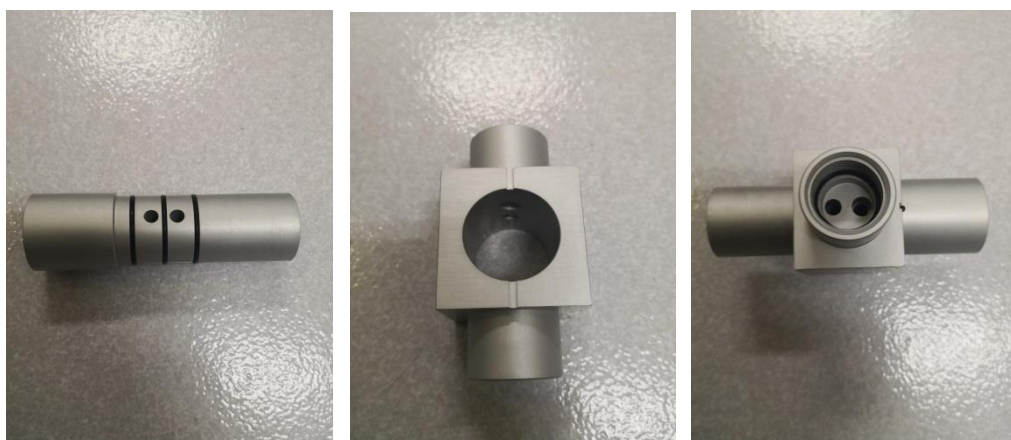
## 二、實驗流程:

1. 參照 Joseph Storer 的專利結構，我們首先先進行簡單的繪圖，如下圖十四所示。



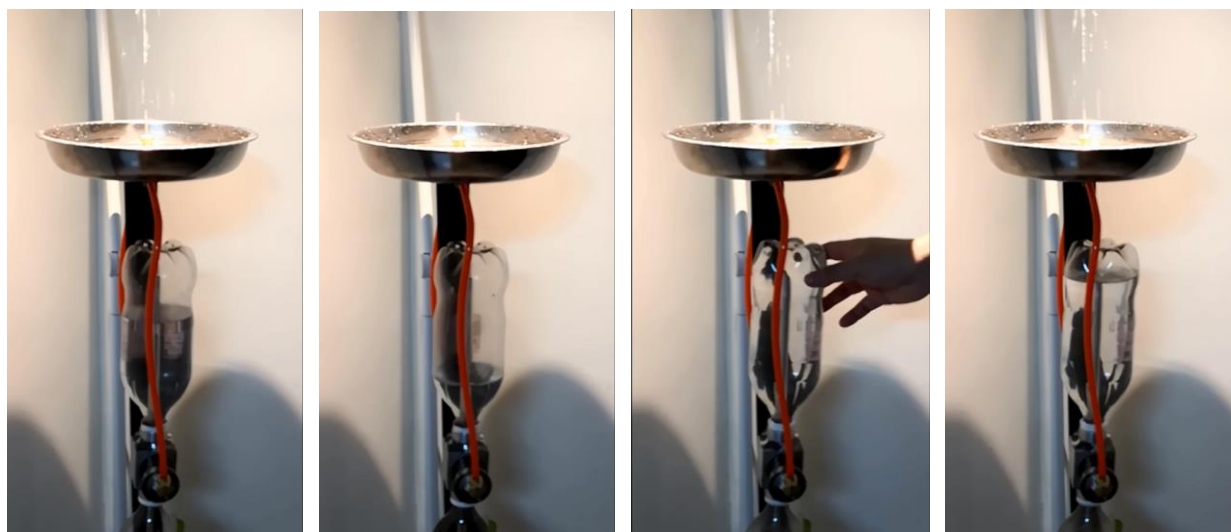
圖十七、Joseph Storer 的循環式希羅噴泉結構簡圖。

2. 我們藉由與外部廠商的討論，進行中間機構件的製作與繪圖。如下圖十五所示



圖十八、Joseph Storer 的循環式希羅噴泉中軸結構圖

3. 將中軸與寶特瓶組裝完成後，成功的實現可持續噴水的希羅噴泉，如下圖十六所示。當上方寶特瓶的水即將用盡時，只需將上下瓶翻轉，即可持續進行噴泉。



圖十九、Joseph Storer 的循環式希羅噴泉圖

## 伍、研究結果

### 一、實驗一

1. 由圖一的結果可以發現，寶特瓶的高度差 (H) 越大，噴水的高度 (h) 就越高。
2. 由圖二的結果可知，在相同的寶特瓶高度差 (H) 下，噴嘴的開口越小，所噴出的水柱 (h) 就越高。
3. 由圖一與圖二中的趨勢也可發現，若是噴嘴開口太大 (大於 4mm)，即便寶特瓶的高度差 (H) 增加，對於噴泉噴水高度的影響 (h) 也不會很明顯。

### 二、實驗二

1. 由圖九可以發現，不管 h3 高度與噴嘴大小為何，由於 C 瓶的水位會逐漸增加，所以噴水高度都會隨時間增加逐漸降低。
2. 由圖九可以發現，在相同 h3 高度時，噴嘴越小噴泉的高度就越高。
3. 由圖九可以發現，在相同噴嘴的大小時，h3 的高度越高噴泉的高度就越高。但當噴泉嘴為 7mm 時，由於幾乎沒有噴泉高度，所以 h3 高度的影響不明顯，且噴水時間



較短，在 80 秒就停止。

4. 由圖十可以發現，在噴泉時間為 20 秒的時候， $h_3$  高度越高噴泉的高度也越高。於噴嘴為 1mm 且  $h_3$  高度為 22cm 時，噴泉的高度可達到 6.5cm 左右。但噴嘴為 7mm 時，推測因為噴嘴太大了，造成  $h_3$  高度對於噴泉高度的影響就不明顯。

### 三、實驗三

1. 經由三個寶特瓶的連接可簡易的實現希羅噴泉的現象，其寶特瓶的配置與實驗二相同，A 瓶高度大於 B 瓶與 C 瓶，且 B 瓶高度大於 C 瓶。
2. 噴泉最高高度約 10cm，此種寶特瓶希羅噴泉結構雖簡單，但需要人力翻轉兩次才能再次進行噴泉。為此，我們進行發想，是否有其他設計可以解決此問題，並達成循環式的希羅噴泉。

### 四、實驗四

1. 經由參考 Joseph Storer 循環式希羅噴泉的結構，我們成功實現循環式希羅噴泉的裝置。當水在 B 瓶噴完後，可經由旋轉 B 瓶與 C 瓶重新再次開始噴泉。

## 陸、討論

- 一、影響噴泉高度的因素是什麼？經由實驗一、實驗二我們可以知道，影響噴泉高度的因素除了有瓶子的高度差之外，噴嘴的大小也扮演了重要的角色。
- 二、古老的噴泉基本都是利用地形的高低差，形成連通管噴泉。但希羅噴泉巧妙的利用空氣壓力，將低於噴嘴高度瓶中的水噴出。希羅噴泉中，瓶子的高度差與噴嘴大小也與連通管噴泉相同，會顯著影響噴泉的高度。瓶子的高度差越大，噴泉越高。在相同高度差下，噴嘴的開口越小，噴泉高度也越高。
- 三、利用寶特瓶實現簡易的希羅噴泉，可免去玻璃瓶、橡膠管與鐵架等較為複雜的設備需求。
- 四、參考 Joseph Storer 的噴泉結構，我們成功再現循環式的希羅噴泉，藉由轉動瓶子，可以持續產生噴泉。

## 柒、結論

### 一、結論

在本研究中可以讓國小中、高年級學生，在學習四年級【水的移動】單元中【連通管原理】單元時，更能了解連通管的原理。同時透過製作噴泉實驗中，具體且多元的讓中高年級學生了解其中的概念。

### 二、概念的建立

在實驗之前，可先讓學生觀察噴泉形成的過程，提升學生的學習興趣，讓學生更加了解其背後的原理。

### 三、實驗的設計

在實驗中尚有許多待改進的地方，例如：實驗三中的寶特瓶噴泉，需多注意氣密性，才比較容易成功，否則較難形成噴泉。

### 四、實驗的操作

因為本實驗有使用到熱熔膠槍、高溫鋸槍、玻璃瓶等危險工具，所以在操作的時候，指導老師必須在現場教學指導或親自操作，以免發生危險。

## 捌、參考資料及其他

一、國小自然課程(四下)第4冊。南一版第二單元 (水的移動)。

二、NTCU 科學遊戲 Lab: 希羅噴泉 <https://www.ntcu.edu.tw/scigame/water/water-030.html>

三、Heron's Fountain - ucsc physics demo <https://ucscphysicsdemo.wordpress.com/physics-5b6bdemos/fluids-pressure-and-heat/herons-fountain/>

四、Heron's fountain - Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Heron%27s\\_fountain](https://en.wikipedia.org/wiki/Heron%27s_fountain)

五、United States Patent, US111697A, Improvement in fountains

## 【評語】 082928

本專題研究符合作者的知識能力，主要的研究目的是驗證古希臘數學家希羅發明的噴泉，藉由對於現象的原理探討，進而組裝重現前人的發明。建議應進一步的再探討其他的可能影響變因，做更深入的討論或是改變，也可驗證實驗中所推測的解答。另可再進一步探討其應用性，如可是否可實際應用在日常生活中？

## 作品簡報

科別：生活與應用科學科(二)環保與民生

組別：國小組

作品名稱：

泉湧不止



## 研究動機

早期噴泉的運作，主要倚靠水流的重力，例如透過一段長距離的導水管，利用水流的慣性使它向上噴出一定的高度。在四年級自然課的單元【水的移動】與【連通管】實驗中，提到可以利用連通管原理於製作噴泉。利用連通管製作噴泉時，噴泉噴出的水位高度，會低於高處水源的水面。

水源一定要高於噴嘴，才能產生噴泉嗎？

藉由網路資料的查詢，發現除了連通管噴泉之外，古希臘數學家、物理學家和工程師希羅（Heron of Alexandria, 約10-70 AD），發明了水源低於噴嘴的噴泉，稱為希羅噴泉（Heron's fountain）。可以在水源高度低於噴嘴高度的狀態下形成噴泉，我們對藉由實際探討的過程中，希望充分了解那些因素會影響噴泉的高度。

# 研究目的

本研究主要是探討於利用不同原理製作噴泉時，有那些因素會影響噴泉的高度，並設計四個實驗進行討論。

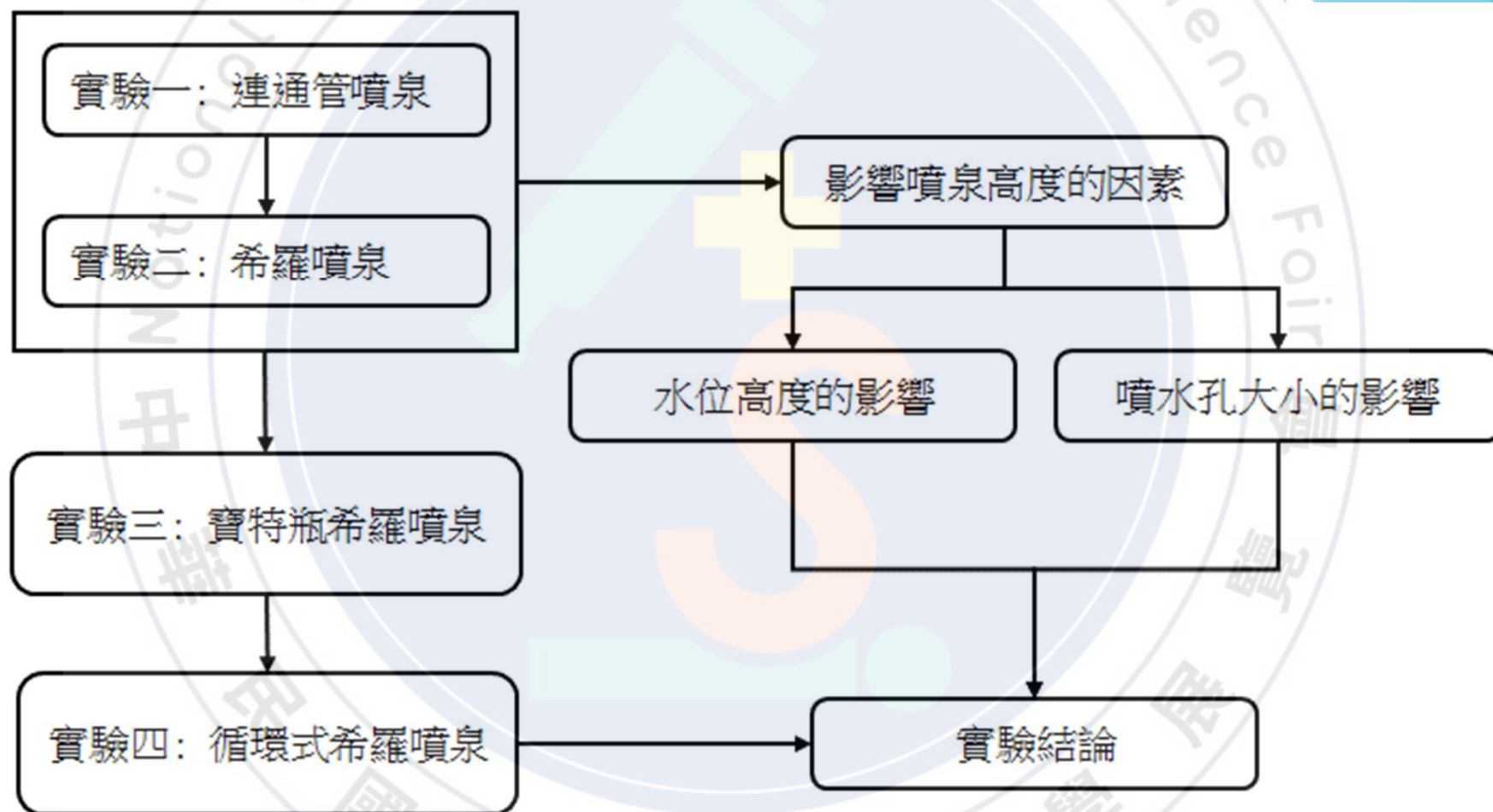
**實驗一：**利用兩個底部相連的容器。注入液體後，液體由高處往低處流，於低處形成噴泉的現象，探討那些因素會影響噴水的高度。

**實驗二：**利用鐵架、寶特瓶、水管等材料，建立一個希羅噴泉的系統，探討那些因素會影響噴水的高度。

**實驗三：**探討利用簡易的寶特瓶結構，製作噴希羅噴泉。於此過程中，探討那些因素會影響噴水的高度。

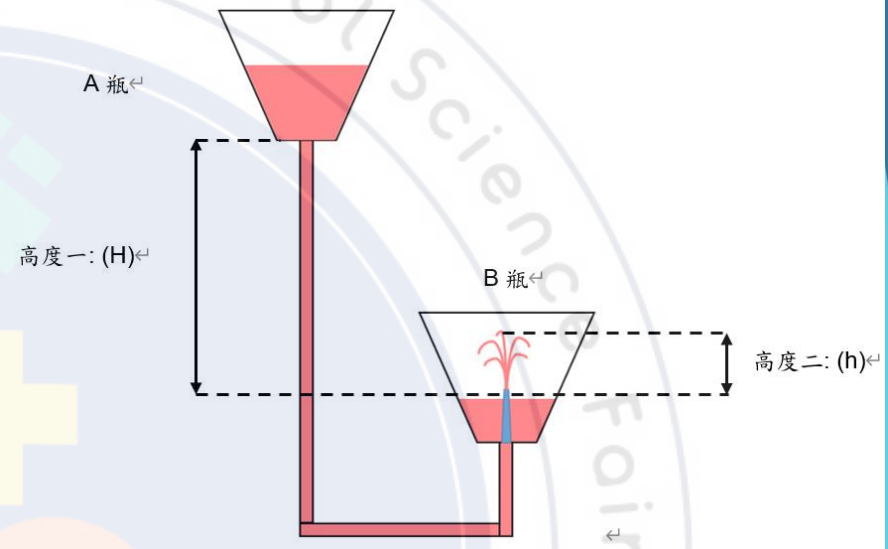
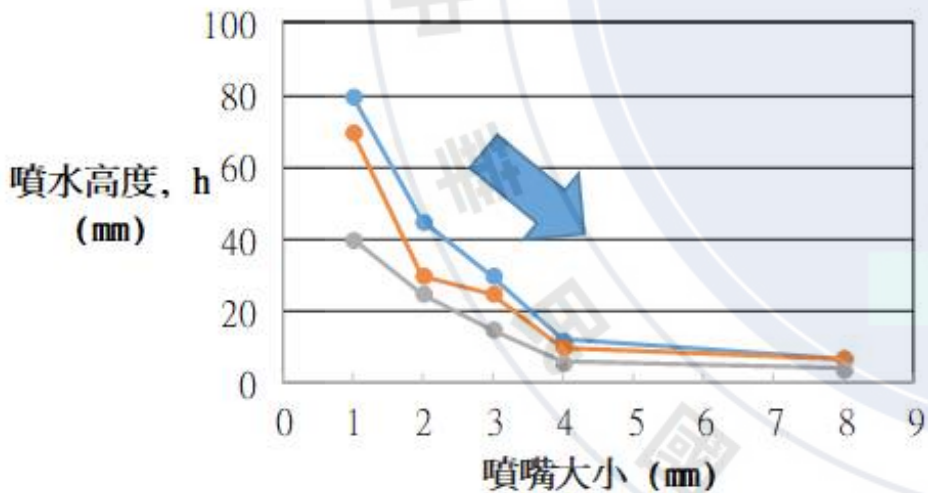
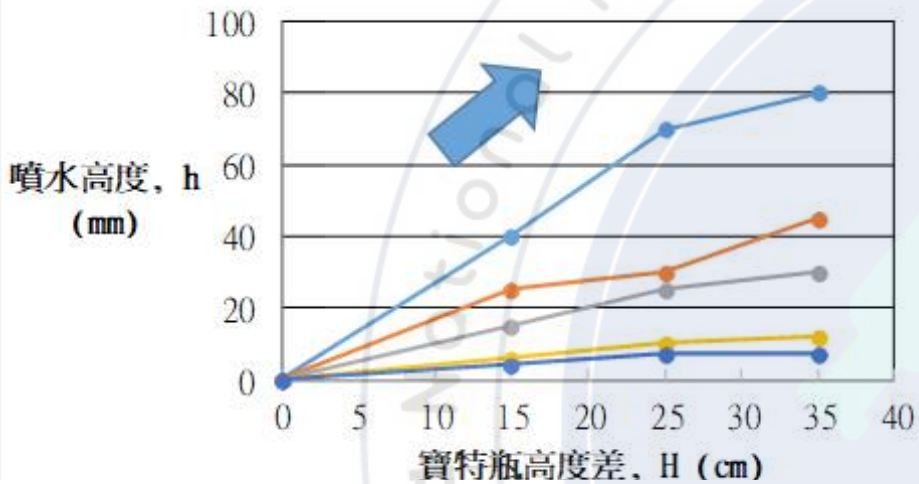
**實驗四：**探討利用不同的管路結構，設計出可循環並持續噴水之希羅噴泉。

# 研究過程與方法





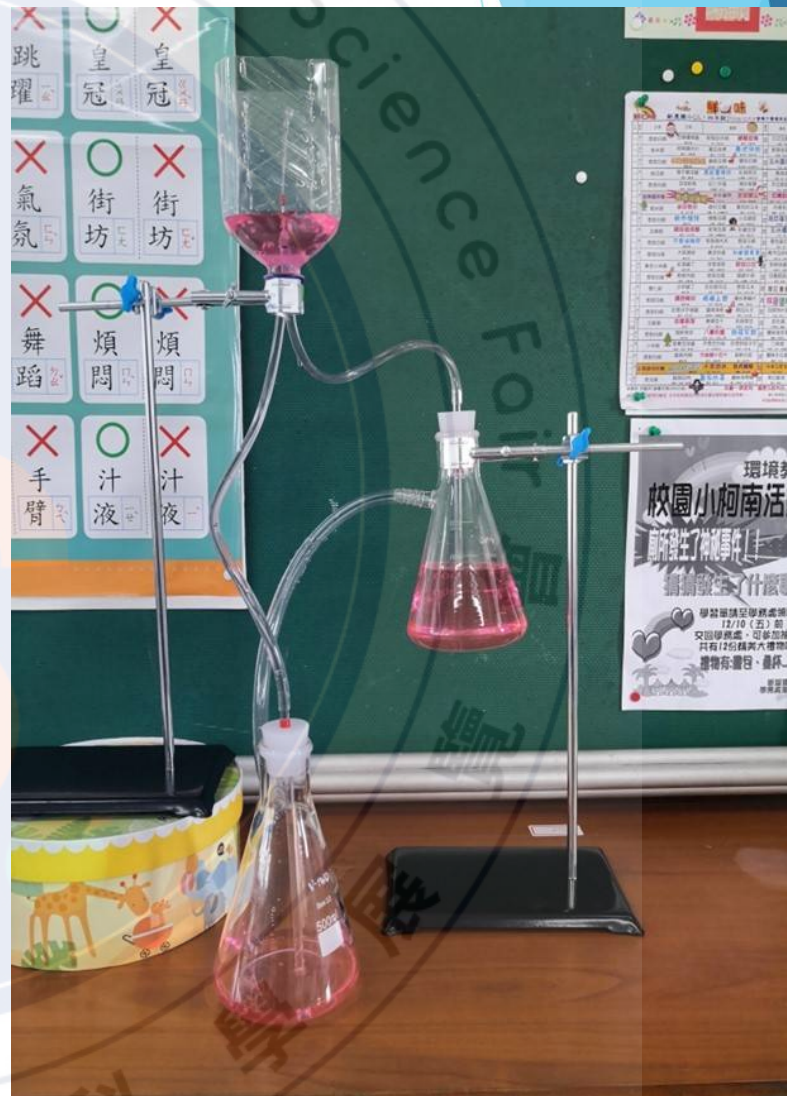
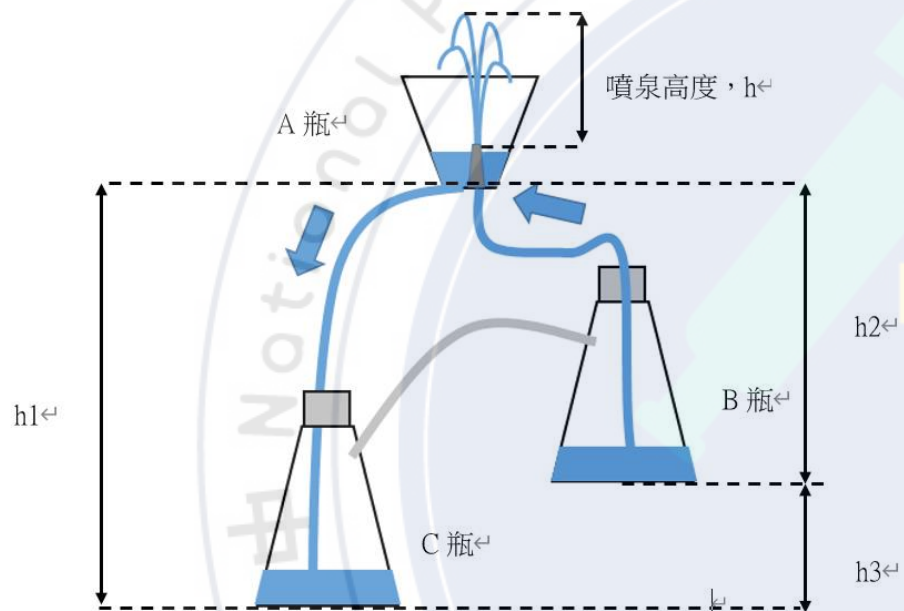
# 實驗一：連通管噴泉



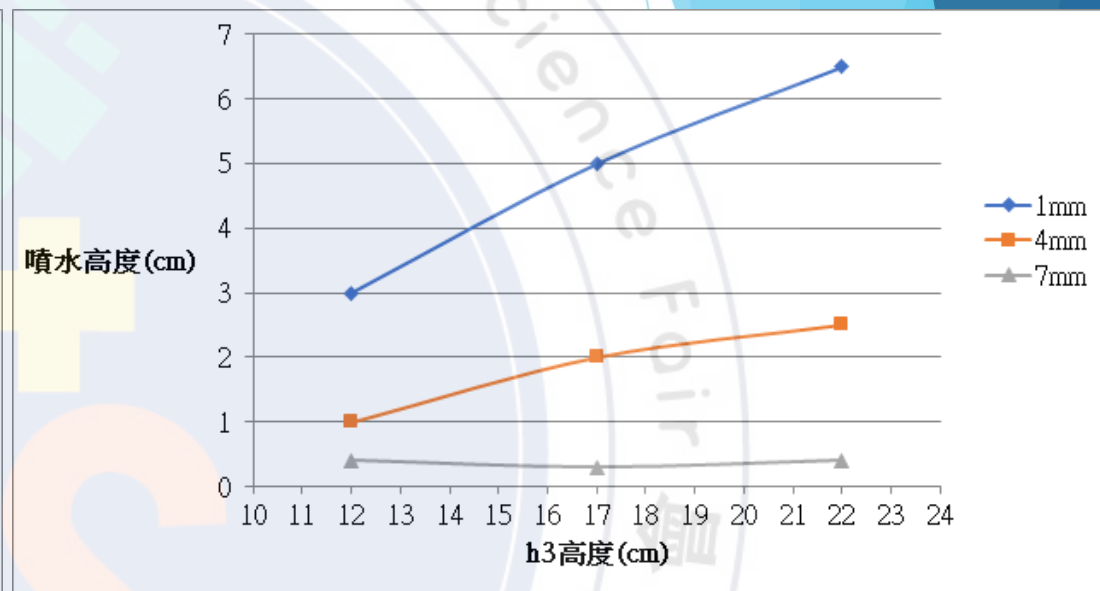
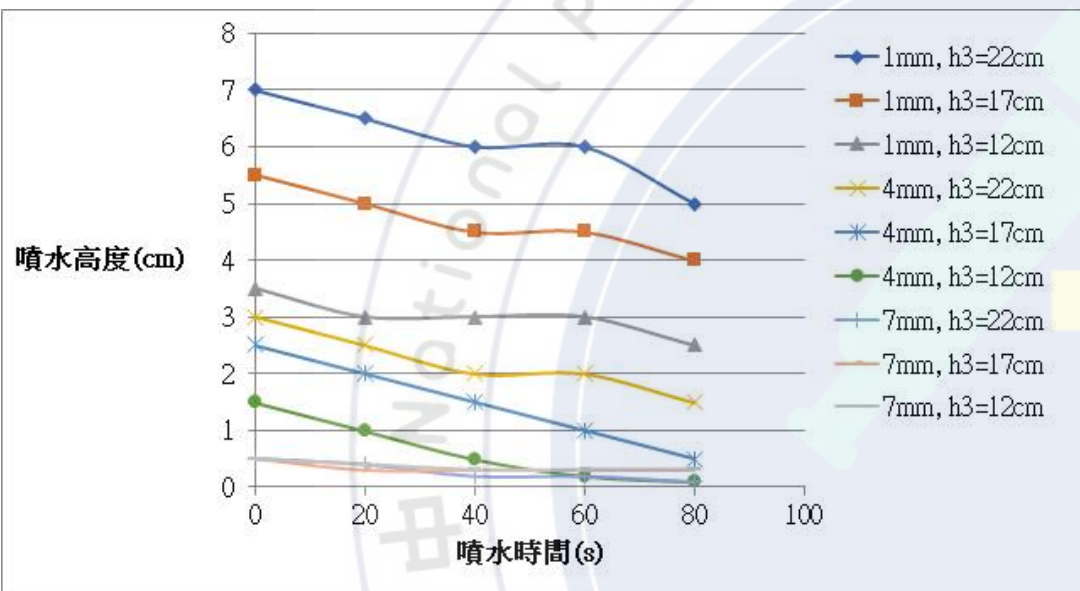
## 實驗結果:

1. 高度差 ( $H$ ) 越大，噴水的高度 ( $h$ ) 就越高。相同的高度差 ( $H$ ) 下，噴嘴的開口越小，所噴出的水柱 ( $h$ ) 就越高。
2. 噴嘴開口太大 (大於4mm)，即使高度差 ( $H$ ) 增加，對於噴泉噴水高度的影響 ( $h$ ) 也不會很明顯。

# 實驗二：希羅噴泉



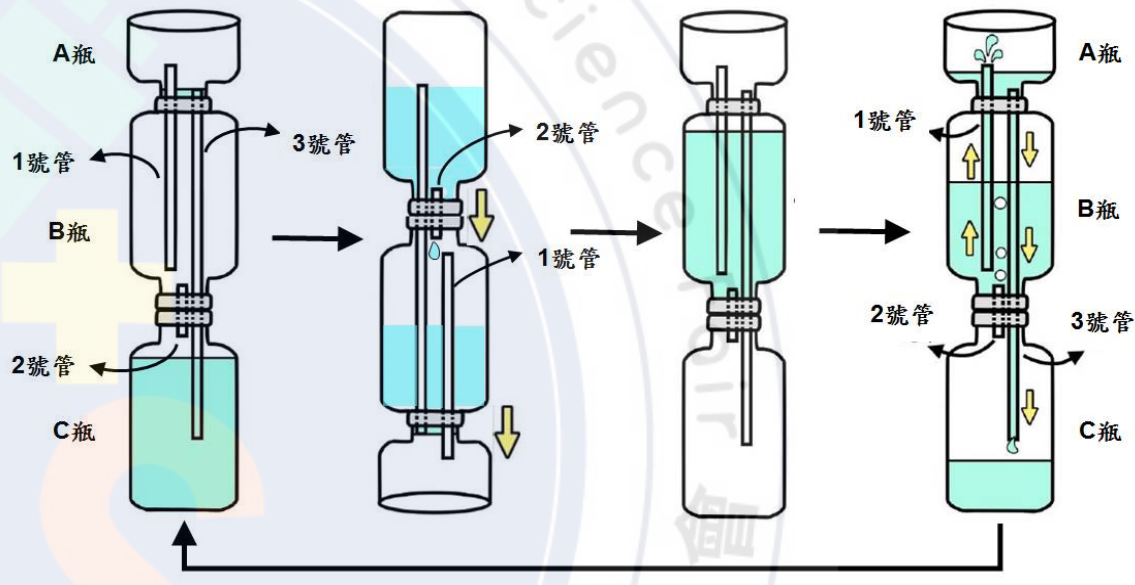
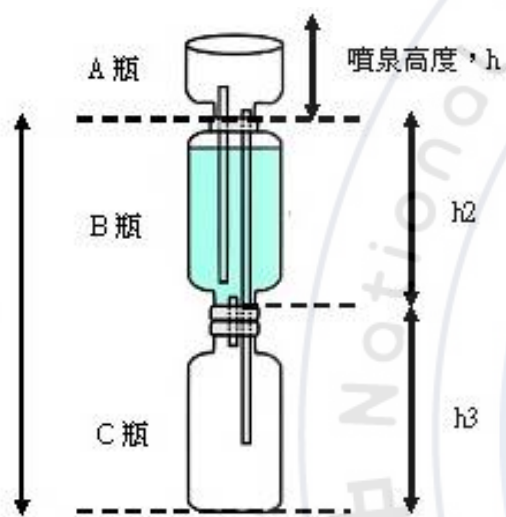
## 實驗二：希羅噴泉



### 實驗結果：

1. 由於C瓶的水位會逐漸增加，所以噴水高度都會隨時間增加逐漸降低。
2. 噴嘴越小或是h3高度越高，噴泉的高度就越高。但噴嘴為7mm時，h3高度對於噴泉高度的影響就不明顯。

# 實驗三:寶特瓶希羅噴泉



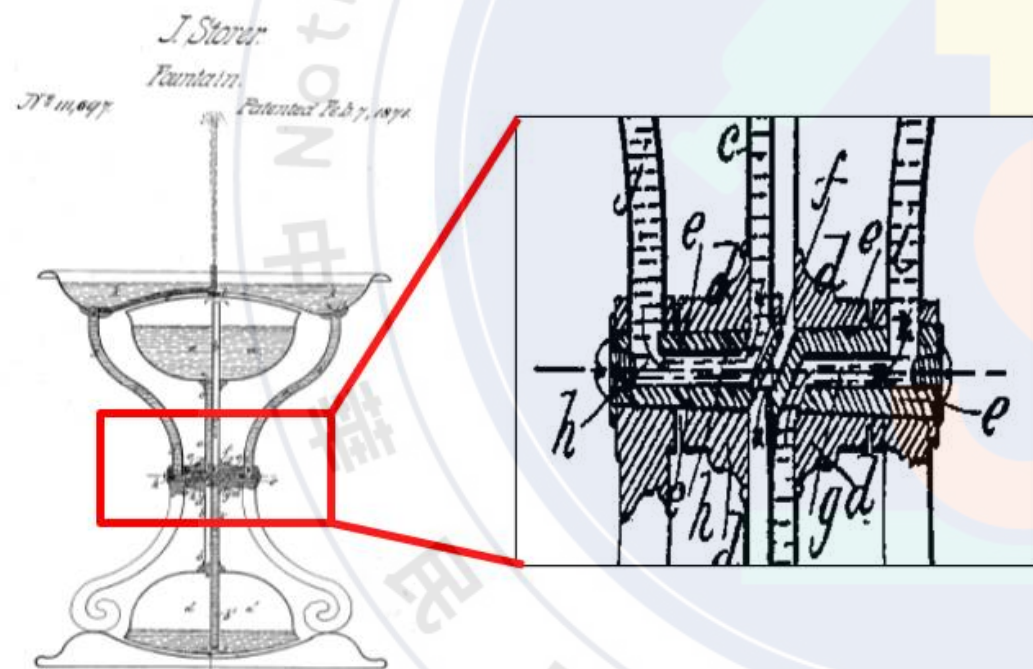
噴嘴口徑	1mm	2mm
最高噴水高度	h1=44cm, h3=22cm	
	10 cm	9 cm

## 實驗結果:

1. 藉由三個寶特瓶的連接裝置，可簡易的實現希羅噴泉。
2. 此種寶特瓶希羅噴泉結構雖簡單，但需要人力翻轉兩次才能再次進行噴泉。

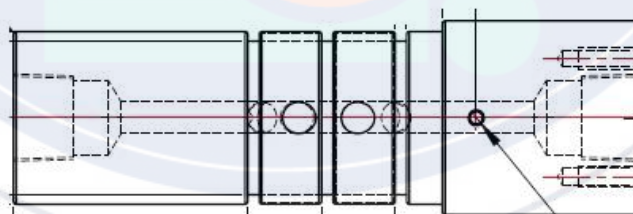
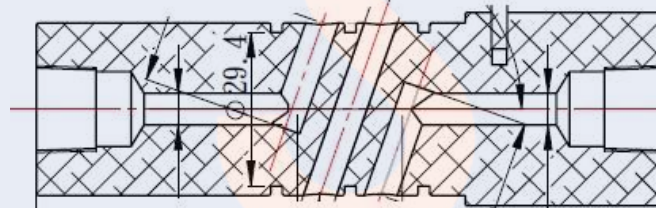
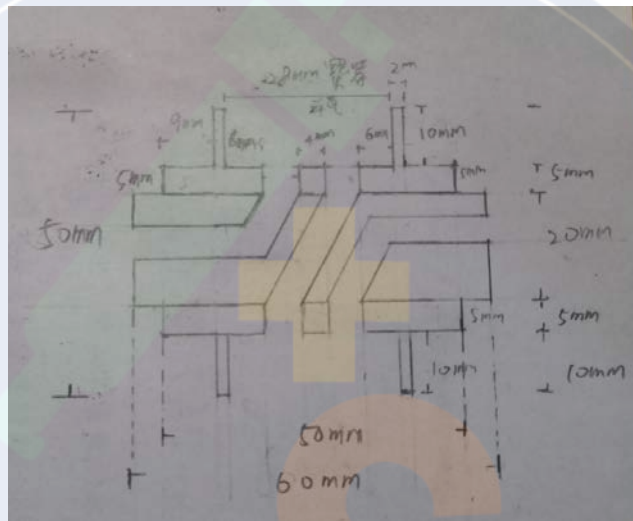
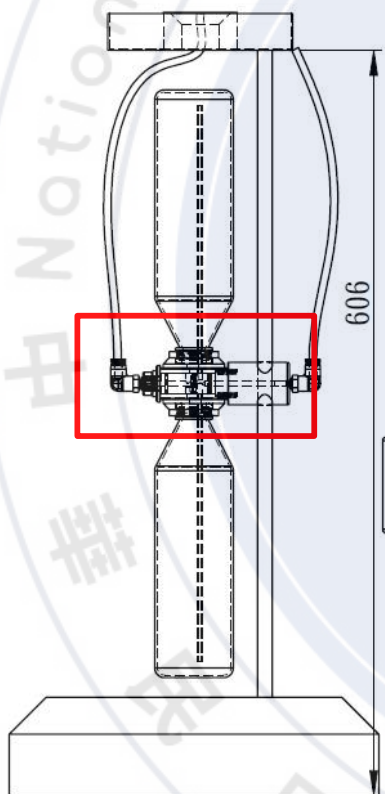
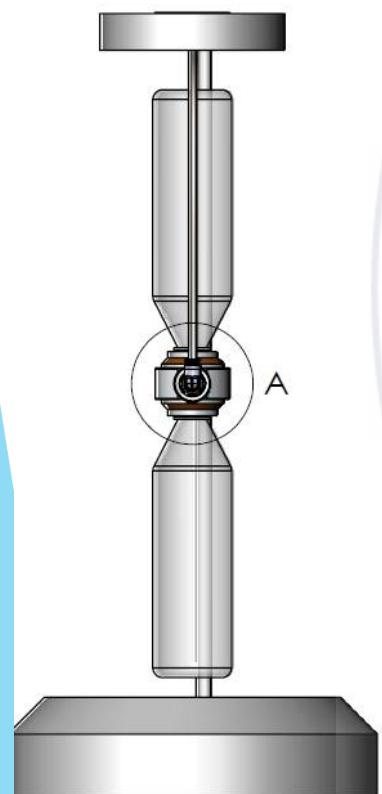
## 實驗四: 循環式希羅噴泉

於1871年，Joseph Storer 在美國專利字號 US111697，發表了一種改良式、可持續噴水的希羅噴泉。



Corning Museum of Glass, Corning N.Y. The Automatic Crystal Fountain

# 實驗四：循環式希羅噴泉



National Primary & High School Science  
國 中 小 學 科 學

# 實驗四：循環式希羅噴泉



## 實驗結果：

1. 經由參考Joseph Storer循環式希羅噴泉的結構，成功實現循環式希羅噴泉的裝置。

# 總結

在本研究中透過製作噴泉的實驗過程，讓學生先觀察噴泉形成的過程，除了提升學生的學習興趣，也讓學生更加了解其背後的原理。

- 一、影響噴泉高度的因素除了瓶子的高度差之外，噴嘴的大小也扮演重要的角色。
- 二、希羅噴泉巧妙的利用空氣壓力，將低於噴嘴高度瓶中的水噴出。瓶子的高度差與噴嘴大小也與連通管噴泉相同，會顯著影響噴泉的高度。
- 三、利用寶特瓶實現簡易的希羅噴泉，可免去玻璃瓶、橡膠管與鐵架等較為複雜的設備需求。
- 四、參考Joseph Storer的噴泉結構，成功再現循環式的希羅噴泉，藉由轉動瓶子，可以持續產生噴泉。

## 參考文獻

- 一、國小自然課程(四下)第4冊。南一版第二單元(水的移動)。
- 二、NTCU科學遊戲Lab: 希羅噴泉<https://www.ntcu.edu.tw/scigame/water/water-030.html>
- 三、Heron's Fountain – ucsc physics demo <https://ucscphysicsdemo.wordpress.com>
- 四、Heron's fountain – Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Heron%27s\\_fountain](https://en.wikipedia.org/wiki/Heron%27s_fountain)
- 五、United States Patent, US111697A, Improvement in fountains