

生活與應用科學科

科別：生活與應用科學科

組別：國中組

作品名稱：假日澆花不求人—自動澆花器之原理探討及  
裝置建議

關鍵詞：澆花器、水分子間吸引力、大氣壓力

編號：030810

學校名稱：

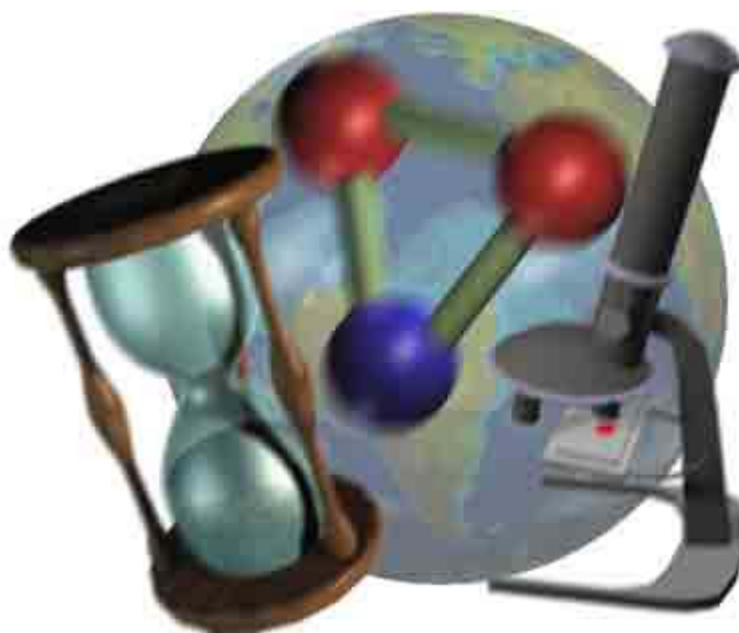
臺中市立安和國民中學

作者姓名：

游佩榕、廖彥婷、許鐸文、黃鈺軒

指導老師：

莊鎮碩、廖家蔚



## 摘要

本實驗利用實驗室簡易器材設計了一系列的實驗，探討自動澆花器之原理及影響澆花器流速的各項變因：

### 一、自動澆花器原理：

盆栽中水分因重力往下流，再由於水分子間的吸引力，使供水容器內的水不斷的被往上拉，所以水分可持續供給到盆栽。

### 二、影響流速變因：

- (1) 毛巾內含水量愈多，則流速愈快。
- (2) 水分流經毛巾長度愈長，導致阻力增加，則流速減慢。
- (3) 毛巾的寬度愈寬，則流速愈快。
- (4) 毛巾層數在 6 層以內，層數愈多則流速愈快，但毛巾層數超過 6 層後，則流速增加不明顯。
- (5) 材質的吸水性方面：毛料 > 棉 > 麻 > 尼龍，以毛料和棉的吸水性較好。
- (6) 供水容器水面高度必須比盆栽底部高，供水容器愈高，則流速愈快，若供水容器水面較盆栽底部低，則無法供水。

最後實驗並針對本澆花器無法穩定供水的缺點，利用大氣壓力原理，設計出穩定供水的裝置，實際裝置澆花器時可先嘗試，再依本實驗所提供的建議調整，相信一定能裝置出最合適的自動澆花器。

## 壹、研究動機

過年期間由於全家要回到外婆家拜年，家中的盆栽沒有人照顧，常要麻煩鄰居幫忙，感到相當不方便。過年後逛書店時看到一本有關生活創意點子的書，書中介紹了一種自動澆花器，裝置方法相當簡便，但乍看之下似乎水往高處流，它所利用的原理到底是什麼？是不是書中的內容錯誤呢？於是我們便去請教老師，並設計了一系列的實驗，探討設置自動澆花器時的各項變因及應注意事項，希望能提供心愛的盆栽，假日沒人在家時有最好的照顧。



照片 書中所介紹的澆花器

## 貳、研究目的

- 一、了解自動澆花器的設計原理。
- 二、利用實驗室器材探討影響澆花器流速的各項變因。
- 三、改進本澆花器裝置，設計製作出供水穩定的澆花器。
- 四、用毛巾為例，提供裝置澆花器時的建議。

## 參、研究器材

250 毫升燒杯、1000 毫升燒杯、2000 毫升寶特瓶、毛巾(13 吋×15 吋)、浴巾(27 吋×54 吋)、美工刀、珍珠板、植物盆栽

## 肆、研究過程

### 一、書中所介紹的裝置，真的可以供水嗎？

**實驗過程：**依書中所介紹方法，將燒杯裝水，並將毛巾放入充分浸濕，毛巾一端垂至燒杯底部，一端置於盆栽土壤上。

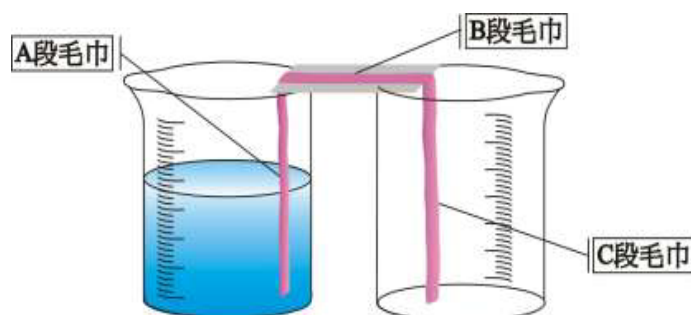
**結果：**發現燒杯可持續提供盆栽水分。

**討論：**根據所查到的資料，土壤是由很多小顆粒所組成，顆粒之間有許多間隙，這就相當於有很多不規則的細管，因此土壤和毛巾具有相同的功能，只要燒杯水面高於盆栽底部，水分便可不間斷的供應。因此書中的建議裝置，應是可行的。

### 二、影響澆花器流速的各項變因為何？

為方便研究，我們利用實驗室簡易器材，將供水流程簡化，設計出一系列實驗，探討影響澆花器流速的各項變因。

- (一) 利用兩個 250 毫升的燒杯，並在燒杯壁上貼上刻度方便記錄，第一個燒杯中置入 200 毫升的水，第二個燒杯為空燒杯，將珍珠板裁切成各實驗 B 段毛巾所需的長度，置於兩燒杯間，裝置如圖所示。



照片一 實驗裝置示意圖

- (二) 先將毛巾裁切成寬度 4 公分毛巾條備用，再依各實驗需求，裁剪成適當長度。實驗過程中將毛巾分為三段來描述，A 段毛巾：裝水燒杯中的毛巾長。C 段毛巾：空燒杯中的毛巾長。B 段毛巾：A 段、C 段毛巾水平間隔距離長度。
- (三) 將毛巾條充分沾水浸溼後，依各實驗所需調整位置，並注意不要讓毛巾觸碰燒杯壁。
- (四) 裝置完成後，用透明壓克力盒子將整個實驗裝置蓋住，以減少蒸發對實驗的影響。
- (五) 依各實驗需求重複進行實驗，並將所得數據繪製整理成圖表。

### 實驗一：毛巾含水量會不會影響流速？

#### 實驗過程：

A 段、C 段毛巾與燒杯等高皆為 10 公分、B 段毛巾長度 5 公分，依毛巾的含水量將實驗分成四組，第一組毛巾為乾毛巾，第二組毛巾為沾水後將毛巾擰乾，含水量約 4 克，第三組毛巾含水量 11 克，第四組毛巾浸溼後不滴水的情形下，含水量約 18 克。

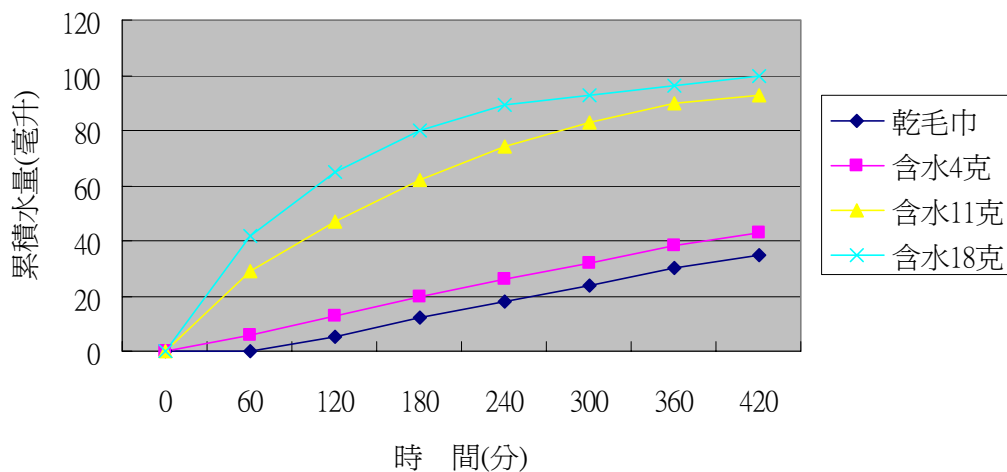


照片二 實驗一裝置圖

#### 結果：

表一：毛巾不同含水量時燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分	420 分
第一組	0	0	5	12	18	24	30	35
第二組	0	6	13	20	26	32	38	43
第三組	0	29	47	62	74	83	90	93
第四組	0	42	65	80	89	93	96	100



### 討論：

1. 乾毛巾在實驗一開始無圖一毛巾含水量與累積水量關係作用的進行，可使水由A段毛巾上升到B段毛巾，並延著C段毛巾流到至燒杯。
2. 二、三、四組的流速隨著毛巾含水量增加而增加。毛巾內含水量增加時，C段毛巾內水分因重力所產生的向下拉力也變大，再由於水分子間的吸引力，使燒杯內的水不斷的被往上拉，所以流速跟著增加。

### 實際應用：

毛巾內的含水量愈多，則流速愈快，可藉由毛巾的含水量調整流速。

### 實驗二：供水燒杯中的毛巾長度對流速有無影響？

#### 實驗過程：

C段毛巾與燒杯等高為10公分、B段毛巾長度5公分，依A段毛巾長度，將實驗分為第一組8.5公分、第二組10公分、第三組11.5公分時，對流速的影響為何？



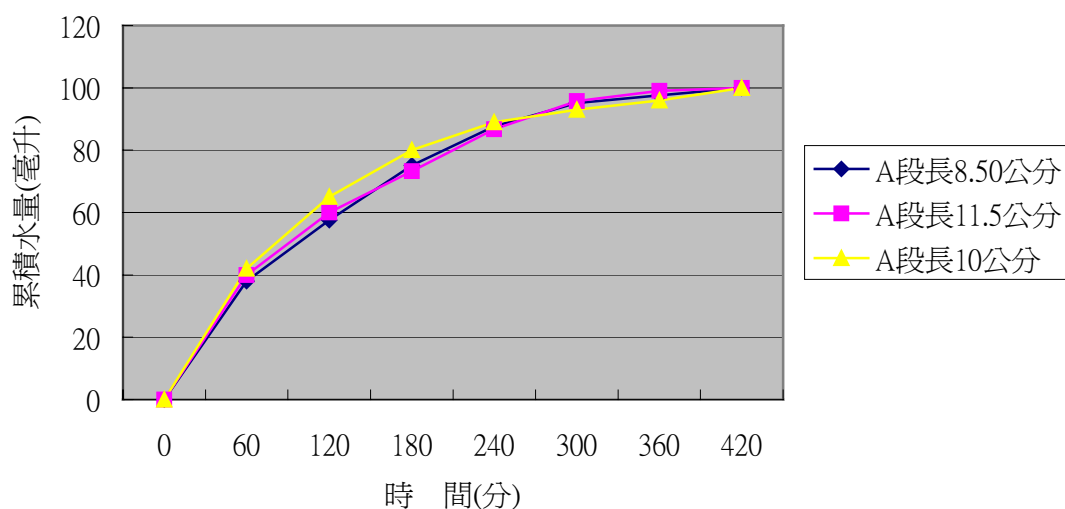
照片三 實驗二裝置圖

### 結果：

表二：A段毛巾長度不同時燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0分	60分	120分	180分	240分	300分	360分	420分
------	----	-----	------	------	------	------	------	------

第一組	0	38	58	75	88	95	98	100
第二組	0	42	65	80	89	93	96	100



圖二 A 段毛巾長度與累積水量關係

### 討論：

由實驗結果可知，裝水燒杯內水面下的毛巾長度，對於供水速率沒有影響。

### 實際應用：

在裝置澆花器時毛巾太長，可將毛巾過長部分置於裝水容器底部，不會影響流速。

## 實驗三：水分流經毛巾長度對供水速率有無影響？

### 實驗過程：

A 段、C 段毛巾與燒杯等高皆為 10 公分，依 B 段毛巾長度，將實驗分為三組，第一組 5 公分、第二組 10 公分、第三組 15 公分時，觀察對供水速率有何影響？



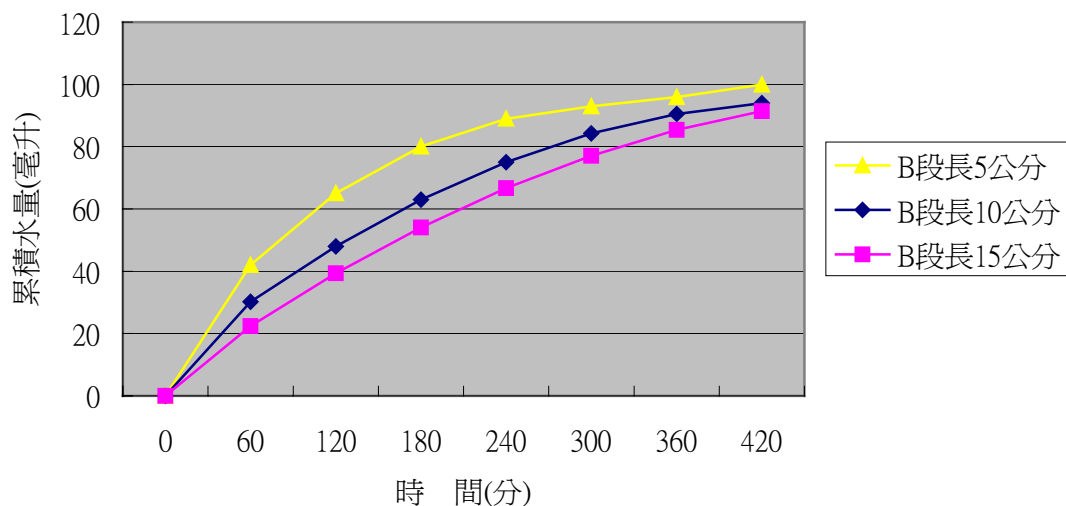
照片四 實驗三裝置圖

### 結果：

表三：水分流經毛巾長度不同時燒杯中累積水量(單位：毫升)



累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分	420 分
第一組	0	42	65	80	89	93	96	100
第二組	0	30	48	63	75	84	91	94
第三組	0	22	39	54	67	77	85	91



圖三 水分流經毛巾長度與累積水量關係圖

#### 討論：

水並非理想流體具有黏性，所以水流動時會因阻力而變慢，且毛巾纖維中之間隙形狀不規則，所產生阻力應更為明顯。本實驗中 B 段毛巾變長，則流動時阻力應跟著變大，所以流速愈慢。

#### 實際應用：

供水容器與盆栽間的毛巾長度，長度愈長，則供水速率愈慢，可藉由水分流經毛巾長度調整流速。

#### 實驗四：A 段、C 段毛巾長度差對流速有無影響？

##### 實驗過程：

毛巾總長度 25 公分情形下，A 段毛巾與燒杯等高為 10 公分、B 段毛巾長度隨 C 段毛巾改變而調整，依 C 段毛巾長度，將實驗分為第一組 4 公分、第二組 5.5 公分、第三組 8.5 公分、第四組 10 公分時，觀察對流速的影響為何？



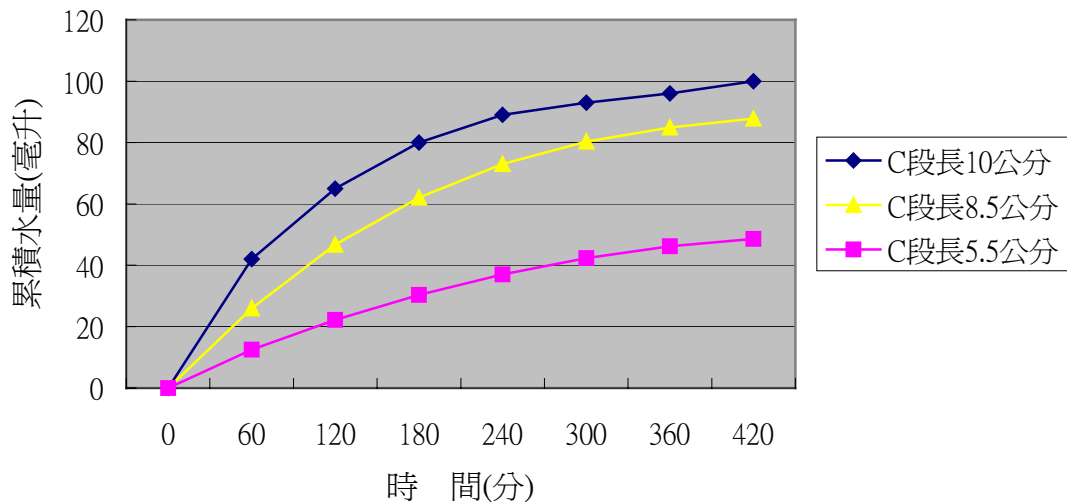


照片五 實驗四裝置圖

結果：

表四：C 段毛巾長度不同時燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分	420 分
第一組	0	0	0	0	0	0	0	0
第二組	0	13	22	30	37	42	46	49
第三組	0	26	47	62	73	80	85	88
第四組	0	42	65	80	89	93	96	100



圖四 C 段毛巾長度與累積水量關係

討論：

1. 第一組中 C 段長度小於 A' 段長度(A 段長度減去第一個燒杯水面高度)，C 段含水量所產生的下拉拉力小於 A' 段含水量所產生的拉力，因此水分無法流過。
2. 第二、三、四組中 C 段長度大於 A' 段長度，因此水可流到空燒杯。
3. 當 C 段長度大於 A' 段長度愈多，則 C 段毛巾含水量所產生的向下拉力也就愈大，所以流速愈快。

實際應用：

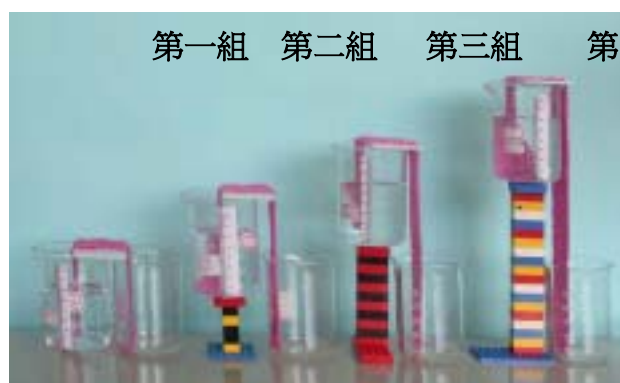
1. 供水容器水面高度必須比盆栽底部高，若較盆栽底部低則無法供水。
2. 將供水容器上升或將盆栽下降，所造成的高度差愈大則流速愈快。

實驗五：高度差愈大真的流速愈快嗎？

實驗過程：

燒杯中 200 毫升水約為 6.3 公分，依裝水燒杯離桌面高度，將實驗分成第一組兩燒杯同高、第二組升高 6.3 公分、第三組升高 12.6 公分、第四組升高 18.9 公分，毛巾放置情形為 A 段毛巾與燒杯等高為 10 公分、B 段毛巾長度 5 公分、C

段毛巾長度第一組 10 公分，其餘各組隨著裝水燒杯的提高，毛巾長度延長至空燒杯底部。

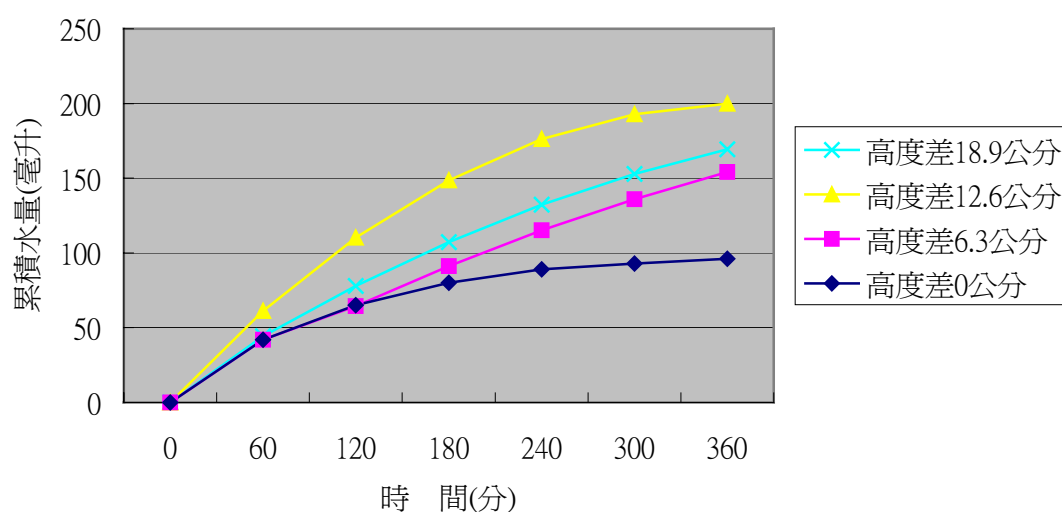


照片六 實驗五裝置圖

結果：

表五：C 段毛巾長度不同時燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分
第一組	0	42	65	80	89	93	96
第二組	0	42	64	91	115	136	154
第三組	0	61	110	149	176	193	200



圖五 高度差與累積水量關係

討論：

1. 隨著裝水燒杯離桌面高度差愈大，流速愈來愈快。第四組流速增加不如預期，反而較第三組慢。
2. 隨高度差增加，則 C 段毛巾長度亦隨著增加，C 段含水量所產生的向下拉力也愈來愈大，所以流速愈來愈快。
3. 第四組的流速為何沒有明顯增加？可能因為隨著兩燒杯高度差增加，毛巾的總長度也增加，增加了流動的阻力，一旦 C 段增長含水量增加所產生的拉力少於因毛巾變長所增加的阻力時，高度差增加流速反而變慢。

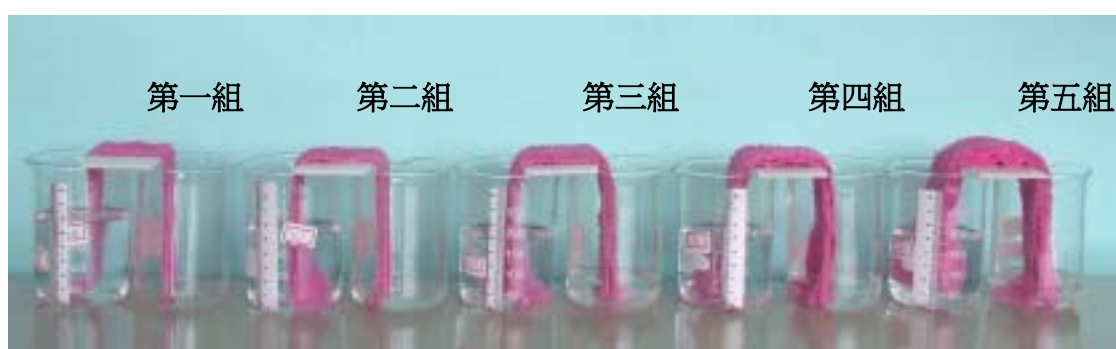
### 實際應用：

若供水容器水面與花盆高度等高時，花盆高度愈高則流速愈快，但花盆高度若過高，水流動時的阻力反而會使流速變慢，所以裝置澆花器時花盆高度較高，水流動時的阻力不可忽視。

### 實驗六：毛巾層數對流速的影響？

#### 實驗過程：

A 段、C 段毛巾與燒杯等高皆為 10 公分、B 段毛巾長度 5 公分，依毛巾層數分為第一組 1 層、第二組 2 層、第三組 4 層、第四組 6 層、第五組 7 層，觀察流速有何改變？

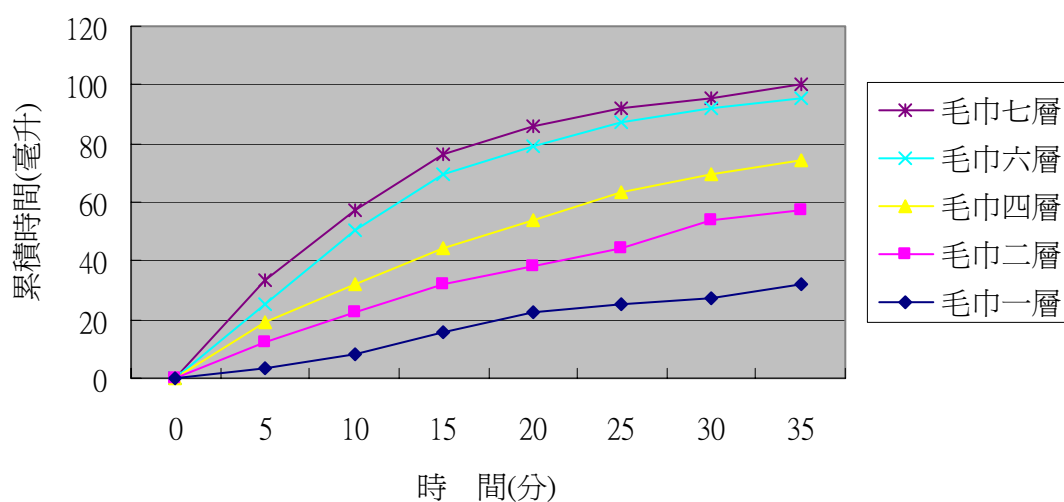


照片七 實驗六裝置圖

#### 結果：

表六：毛巾層數不同時燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	5 分	10 分	15 分	20 分	25 分	30 分	35 分
第一組	0	3	8	16	22	25	27	32
第二組	0	12	22	32	38	44	54	57
第三組	0	19	32	44	54	63	70	75
第四組	0	25	51	70	79	87	92	95
第五組	0	33	57	76	86	92	95	100



圖六 毛巾層數與累積水量關係

### 討論：

1. 毛巾層數增加，如同可產生拉力的細管愈多，則流速增加。
2. 實驗過程中我們也發現，毛巾的層數增加太多時，可能會因為重力影響，最上面幾層毛巾並沒有發揮作用，所以層數增加至 6 層以後，流速可能無法隨毛巾層數而增加。

### 實際應用：

裝置澆花器時，毛巾層數控制在 6 層以內，層數增加則流速變快，但超過 6 層後流速改變不大。

### 實驗七：毛巾寬度對流速的影響？

#### 實驗過程：

A 段、C 段毛巾與燒杯等高皆為 10 公分、B 段毛巾長度 5 公分，第一組毛巾寬度 2 公分、第二組毛巾寬度 4 公分、第三組毛巾寬度 6 公分，觀察流速有何改變？

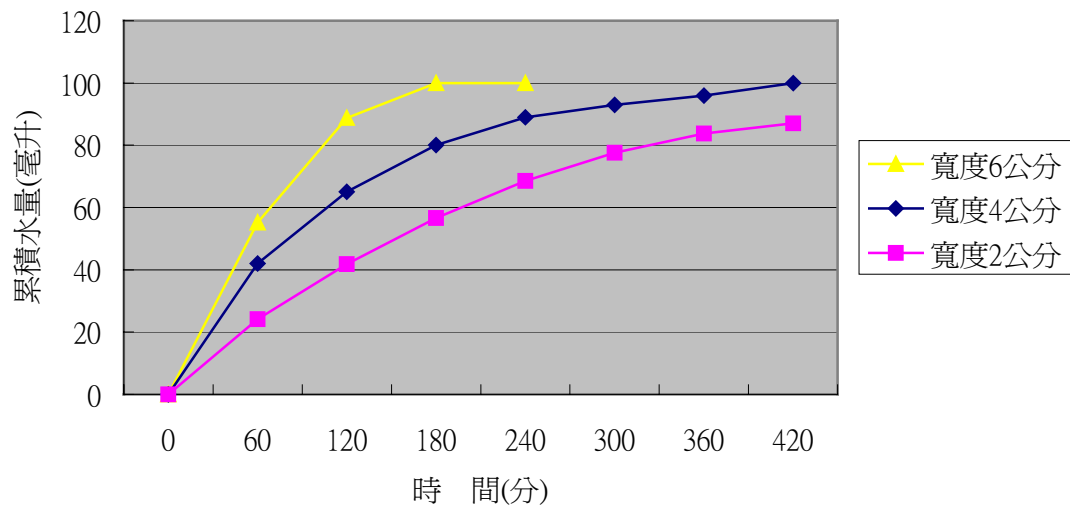


照片八 實驗七裝置圖

### 結果：

表七：毛巾寬度不同時燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分	420 分
第一組	0	24	42	57	69	78	84	87
第二組	0	42	65	80	89	93	96	100
第三組	0	55	89	100	100	100	100	100



圖七 毛巾寬度與累積水量關係

#### 討論：

毛巾寬度增加時，可想像成可讓水分流動的管道也隨著增加，因此流速變快。

#### 實際應用：

澆花時放置布條寬度愈寬，則流速變快。

### 實驗八：不同材質對流速的影響？

#### 實驗過程：

將毛料、棉、麻、尼龍等不同材質的布料，剪裁成寬度 4 公分，A 段、C 段長度與燒杯等高 10 公分、B 段長度 5 公分，觀察不同材質流速有何不同？

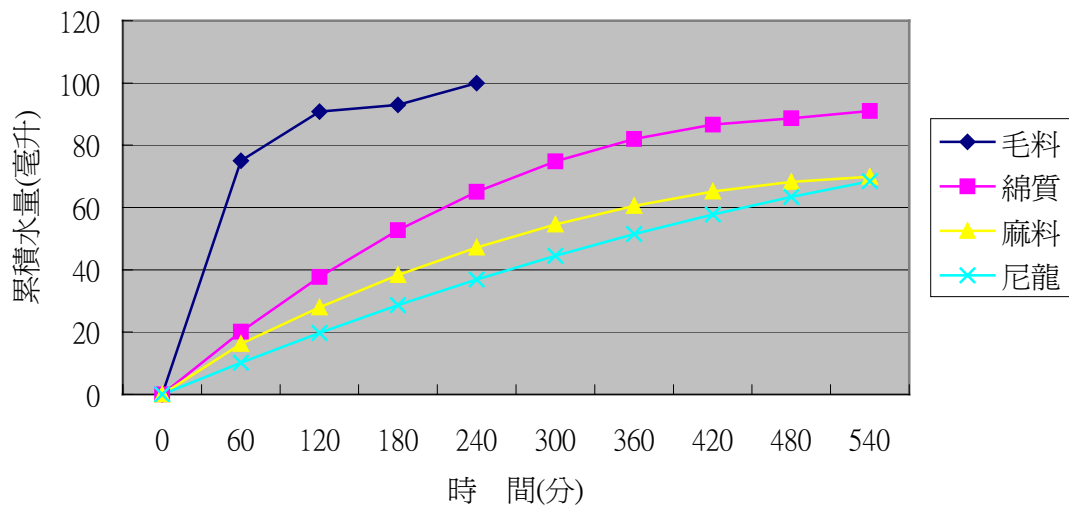


照片九 實驗八裝置圖

#### 結果：

表八：不同材質燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分	420 分	480 分	540 分
毛料	0	75	91	93	100	100	100	100	100	100
綿質	0	20	38	53	65	75	82	87	89	91
麻料	0	16	28	38	47	55	61	65	68	70
尼龍	0	10	20	29	37	44	51	58	63	68



圖八 毛巾材質與累積水量

#### 討論：

不同布料組成材質不同，所以流速不同，材質的吸水性依次為：毛料＞棉＞麻＞尼龍。

#### 實際應用：

在裝置澆花器時，毛料與棉質的吸水性較好，可依需求選擇適合材質。

### 三、如何讓自動澆花器的供水速率更穩定？

#### 改進裝置構想：

由前面幾個實驗可知，供水容器的水面高度和盆栽底部的高度差，會影響供水速率，所以在整個供水過程中供水速率都無法維持穩定，如果我們可以讓供水過程中供水容器的水面高度固定，便可獲得較穩定的供水速率。

#### 實驗觀察：

取一 2000 毫升寶特瓶，距離瓶口 6 公分處，用美工刀鑽一個直徑約 0.9 公分的開口，將寶特瓶裝滿水後倒置於供水容器中，調整供水容器水面高度至寶特瓶開口位置，用毛巾摺成 6 層(寬度約 5 公分)，先沾水浸溼後一端置於供水容器中，另一端垂至與供水容器相同高度，整個供水裝置置於三腳鐵架上，觀察供水速率變化。實驗裝置如照片十一所示。



置示意圖

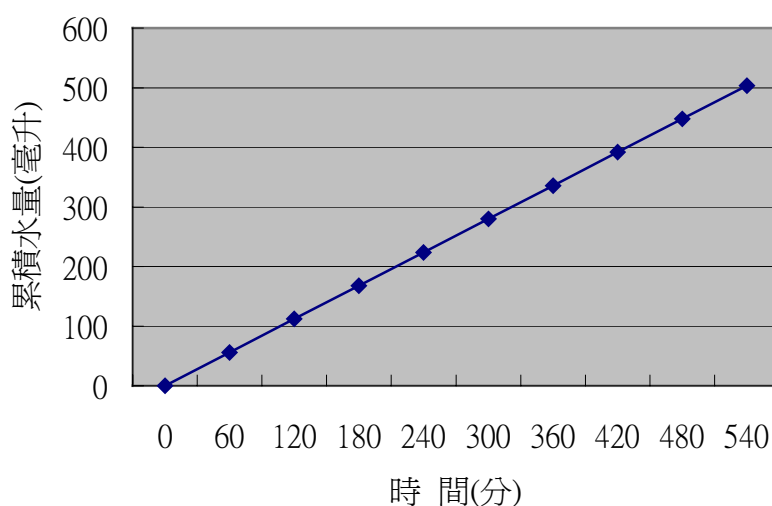
照片十 寶特瓶瓶口下方鑽一圓孔

照片十一 穩定水流裝

結果：

表九：加上水位穩定裝置後燒杯中累積水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分	420 分	480 分	540 分
累積水量										



圖九 加上水位穩定裝置後累積水量與時間關係圖

討論：

1. 加上水位穩定裝置後，每單位時間的供水量維持穩定。
2. 供水過程中會使供水容器水面下降，若水面低於寶特瓶開口位置，此時與寶特瓶開口位置水平高度的液面壓力大於大氣壓力，寶特瓶瓶內部份的水，便被排至供水容器中，當水排出導致寶特瓶開口位置的壓力小於大氣壓力時，空氣便會進入寶特瓶內，使寶特瓶內壓力增加，直到供水容器的水面高度與寶特瓶開口等高時，寶特瓶與外界大氣壓力便會產生新的平衡。

實際應用：

整個供水過程中，供水容器因供水所降低的水面高度，可先由



寶特瓶內的水補充，使供水容器水面高度維持穩定，如此便可使自動澆花器供水速率穩定。

#### 四、實際利用毛巾，於各尺寸盆栽累積供水量為何？

##### 實驗觀察：

盆栽內植物、土壤皆相同，依花盆大小分成 3 組，第一組(直徑 5.5 吋 高度 4.5 吋)、第二組(直徑 8.5 吋 高度 6 吋)、第三組(直徑 9 吋 高度 7.5 吋)，用 2000 毫升寶特瓶裝水後倒置於供水容器中，調整供水容器水面高度至寶特瓶開口位置，用毛巾(13 吋 ×15 吋)摺成 6 層(寬度約 5 公分)，先沾水浸溼後，一端置於花盆土壤上，距盆緣 6 公分，另一端垂至供水容器底部，記錄供水情形。



照片十二 利用毛巾於各尺寸盆栽供水情形

##### 結果：

表十：各種尺寸盆栽累積耗水量(單位：毫升)

累積時間	0 分	60 分	120 分	180 分	240 分	300 分	360 分	420 分
第一組	0	123	245	368	490	613	736	858
第二組	0	204	408	612	816	1020	1224	1428
第三組	0	225	450	675	899	1124	1349	1574

##### 討論：

本實驗中盆栽尺寸大小不同，流速也不同，依實驗結果得知本裝置能長時間穩定供水，實際裝置澆花器可參考本實驗的結果加以調整。

## 伍、結論

### 一、原理討論及應用：

- (一)生活智慧王書中認為澆花器的水分上升的力量為毛細現象。由本實驗結果可知，毛細作用可能是水分上升的原因之一，但是水分子之間的吸引力所產生的拉力可能更為重要，因為在澆花時，我們已經先將毛巾浸溼，毛巾中便充滿水分，盆栽中因水的重量所產生的向下力量，使得水往下流，在過程中又因為水分子之間的吸引力，所產生的「拉力」，水便能源源不斷的供給。
- (二)如同自然課本中所提及，蒸散作用為植物吸收水分一個重要的原動力，原理與本實驗相似，教師亦可利用本實驗所設計的裝置，在課堂上作為教具，讓學生看到明顯的水分子拉力，使水分不斷移動的現象。

### 二、如何控制澆花器流速：

- (一)實際裝置澆花器時，供水容器水面高度必須比盆栽底部高，若較盆栽底部低則無法供水。
- (二)探討影響澆花器流速的變因，發現毛巾含水量、長度、寬度、層數、材質、供水容器和盆栽的高度差等，都會影響供水的速率。將結果整理如下表：

影響流速變因	所產生結果
含水量	毛巾內含水量愈多，則流速愈快
長度	水分流經毛巾長度愈長，則流速愈慢
寬度	毛巾寬度愈寬，則流速愈快
層數	毛巾層數愈多，則流速愈快，超過 6 層後流速增加不明顯
材質的吸水力	毛料 > 棉 > 麻 > 尼龍
與盆栽高度差	供水容器水面與盆栽土面高度差愈大，則流速愈快

### 三、與坊間販賣的自動澆花器比較：

將本實驗的澆花器與市面所販售的澆花器，依下列特點作比較，結果整理如下表：

	本實驗自動澆花器	市售自動澆花器
製作原理	水分子間拉力	利用小型馬達抽水
長時間供水	可	可

多盆栽同時供水	可	可
花費成本	資源再利用，無需費用	數千元
便利性	不須耗電，隨時可用	沒有電力時無法使用

#### 四、建議事項：

(一)採用本實驗所建議的穩定供水裝置，或採用較大面寬的容器如臉盆等，讓供水過程中水位高度差變化較小，應可使單位時間的供水量較為穩定。

(二)因植物種類、大小及土壤成份不盡相同，所以每一盆栽適合的供水量也就不同，實際在裝置澆花器時，應先嘗試再依本實驗所提供的建議，裝置一個合適的自動澆花器，假日沒空澆水時，沒關係，發揮一下生活創意，一條毛巾、一個寶特瓶、一桶水便能搞定。

## 陸、參考資料

- 一、生活智慧王創意小組 生活智慧王(I' ve got a crazy idea !!) 台北市東森文化 p.76-77 2002
- 二、國民中學自然與生活科技課本第二冊 台北市 康軒文教事業 p.42 2003
- 三、第 41 屆國小科展說明書：小鳥飲水器的狂想曲—大氣壓力及浮力原理之設計及其應用
- 四、第 42 屆高中科展說明書：毛細管內液體流速之探討及黏度測量方法之創新
- 五、網路資料：  
土地如何保持水分？  
<http://www.nstm.gov.tw/vrtour/mnh/mnh/mnh-09c1B.htm>  
小小水滴往上爬—毛細現象  
<http://ise.nhltc.edu.tw/n893a/group2/water-6.htm>

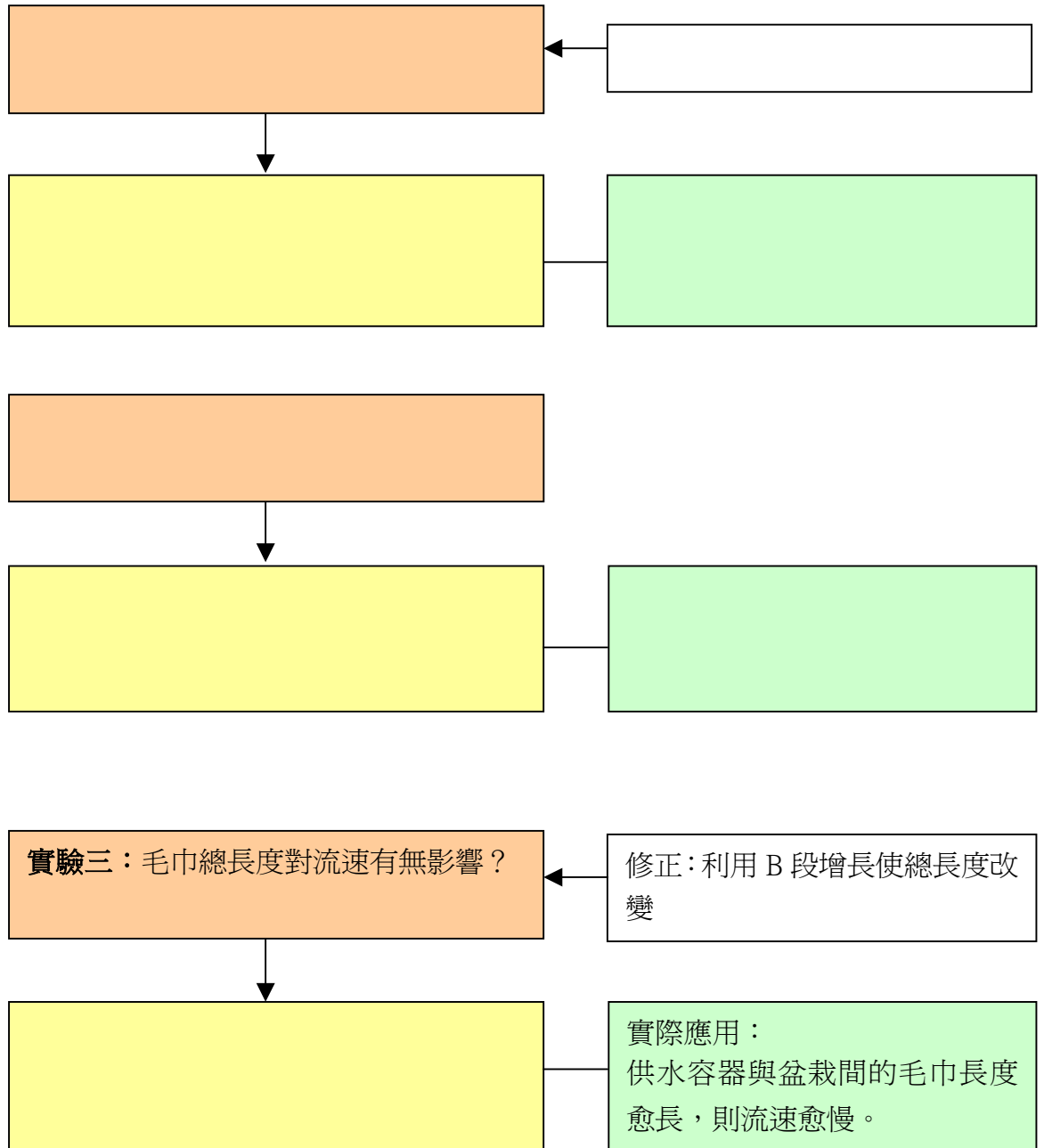
## 柒、附件

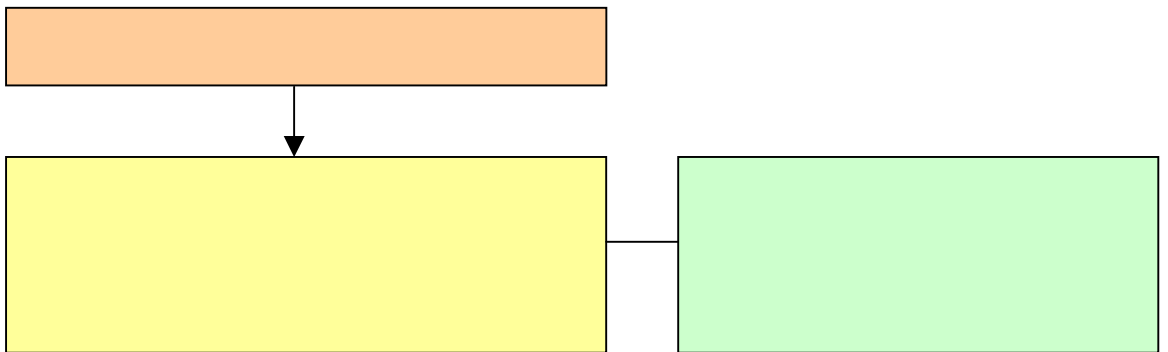
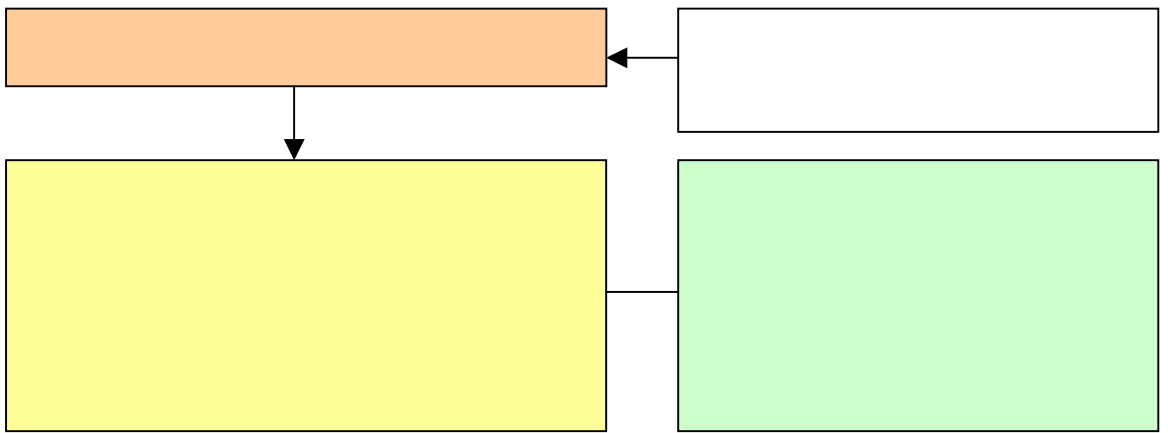
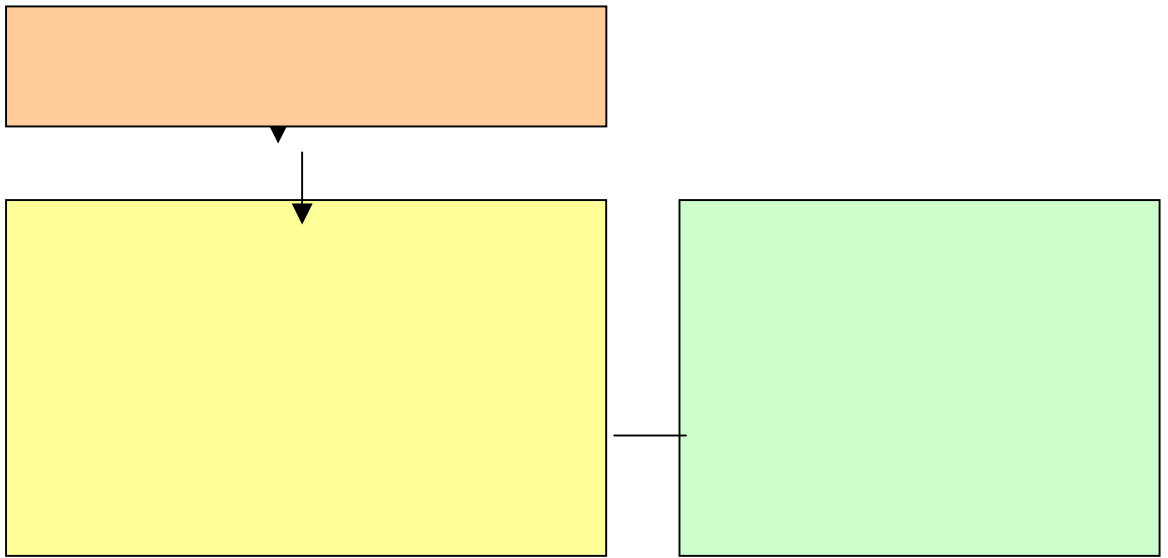
- 一、實驗構思流程與結果整理：  
實驗裝置及測量方法修正：

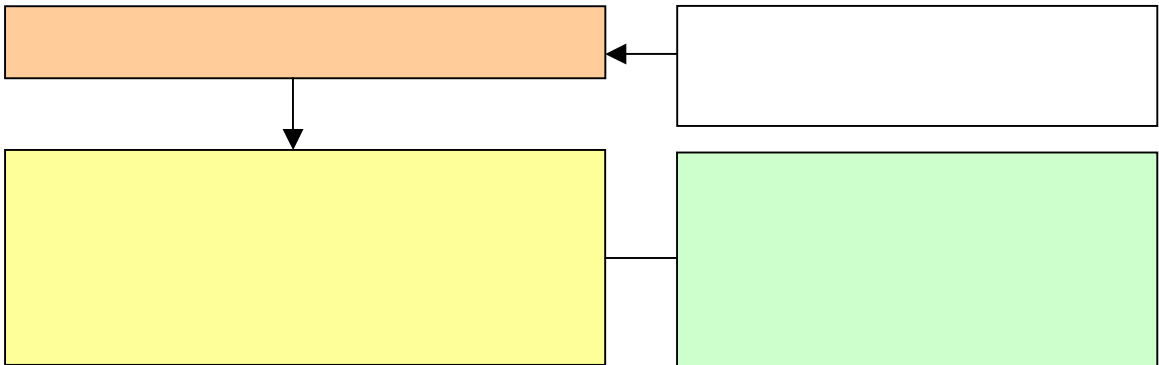
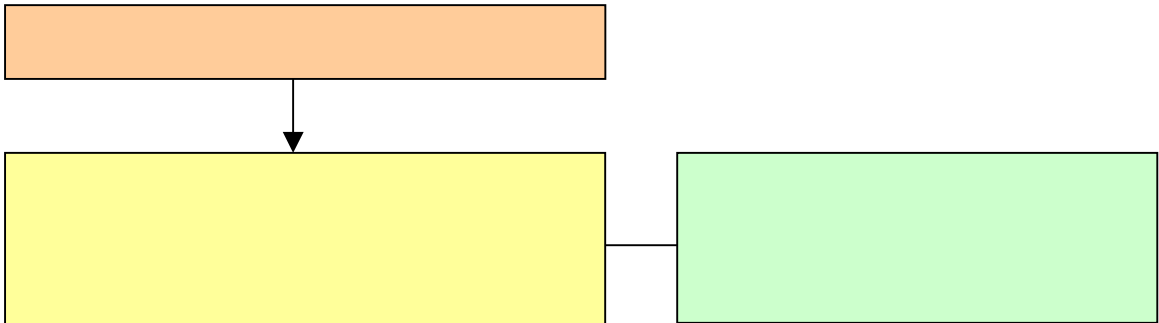
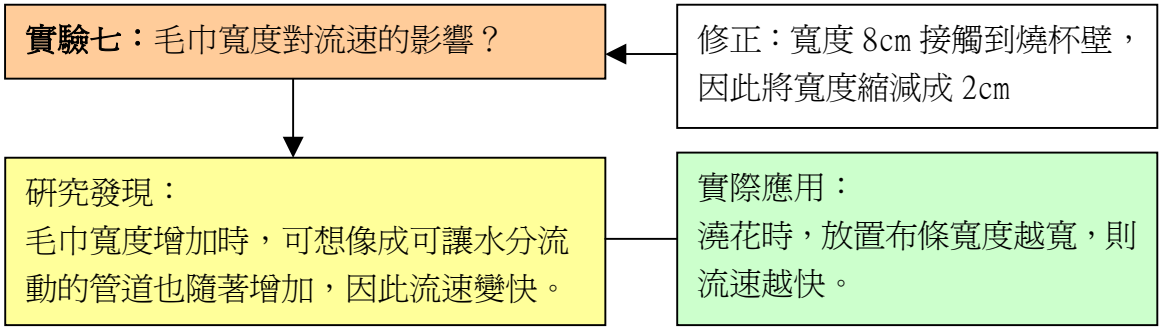
(一)原本用簽字筆劃線量體積，但發現誤差很大，改成貼上自製刻度。

(二)原本兩燒杯間用木板切的，但木板會吸水，所以改成珍珠板。

(三)燒杯原本是用 500 毫升，但考慮時效及壓克力盒子高度改成 250 毫升燒杯。







## 評語

利用簡單環保的材料製作自動澆花器，實驗設計週全，惜原創來自他人，應用價值不高。



