

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 國小-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 小 組

作品名稱：吸不吸 有關係

關 鍵 詞：毛細現象、上限、宣紙

編 號：080120

---

**學校名稱：**

臺北市大同區永樂國民小學

**作者姓名：**

賴怡安、黃致維、廖奕嘉、許芳毓

**指導老師：**

郭怡君、徐儷月



# 吸不吸 有關係

## 一、研究動機



記得在四年級下學期的自然課堂上，郭老師在「**水的毛細現象**」的單元中，教我們做了毛細現象的實驗：先用兩片載玻片夾住蓋玻片，再用橡皮筋綁好，然後插入紅墨水中。我們觀察發現：**水會逐漸上升，到一定的高度才停下來；而且夾的蓋玻片越多，水上升的高度越低。**這個實驗引發了我們高度的興趣及好奇：如果用各種紙類來做毛細現象，水會沿著紙一直往上爬嗎？還是會像玻璃的毛細現象一樣，停留在一定的高度呢？於是大夥兒決定開始動手作實驗。

## 二、研究目的

- (一) 探討各種紙類的毛細現象是否有上限。
- (二) 探討各種紙類其毛細現象上升的速度是否相同。
- (三) 探討各種液體對紙類產生毛細現象之異同。
- (四) 探討液體濃度如何影響紙類毛細現象之速度。

- (五) 探討液體溫度是否影響紙類毛細現象之速度。
- (六) 探討液體顏色是否影響紙類毛細現象之速度。
- (七) 探討液體多寡是否影響紙類毛細現象之速度。
- (八) 探討紙類放入液體面積大小是否影響毛細現象之速度。

### 三、文獻探討

毛細現象的原理，最常使用玻璃毛細管來說明。將一根細玻璃管插到水裡，玻璃管內的水面會上升得比玻璃管外的水面高，這是因為：管壁對接觸到的水分子產生的吸引力（附著力），比水分子本身之間的吸引力（內聚力）來得強，這種附著力就會沿著管壁把水分子吸上來一些，那些被吸引的水分子又以內聚力吸引附近的其他水分子。這種過程持續進行，水柱就會一直上升，直到地心引力拉下水柱的力量和管壁吸引水分子的力量相等時，水面才不會繼續升高。這種現象並不只是發生在很細的玻璃管中，水也可以沿著細纖維的表面上升；像一些紙類、布類裡面都有很多細小的孔隙，孔隙連接起來就形成了很多細小的管道，水分就可以由這些管道往上升了。

### 四、研究器材

- (一) 工具：250ml 燒杯 10 個、玻璃滴管、量筒、溫度計、黑色油性簽字筆、碼錶、電子天平、剪刀、尺、標籤、口罩、電熱水器、攪拌棒、自製多功能木架。
- (二) 材料：紅墨水 25 瓶、水彩一盒、冰醋酸、酒精、食鹽、糖、十種紙類（卡紙、報紙、水彩紙、棉紙、宣紙、再生計算紙、圖畫紙、影印紙、丹迪紙、博士紙）十種溶液（可樂、烏醋、紅茶、牛奶、米酒、水、養樂多、醬油、沙拉油、番茄醬）冰塊、蒸餾水。

## 五、研究過程方式及結果

實驗一：各種紙類的毛細現象是否有上限。

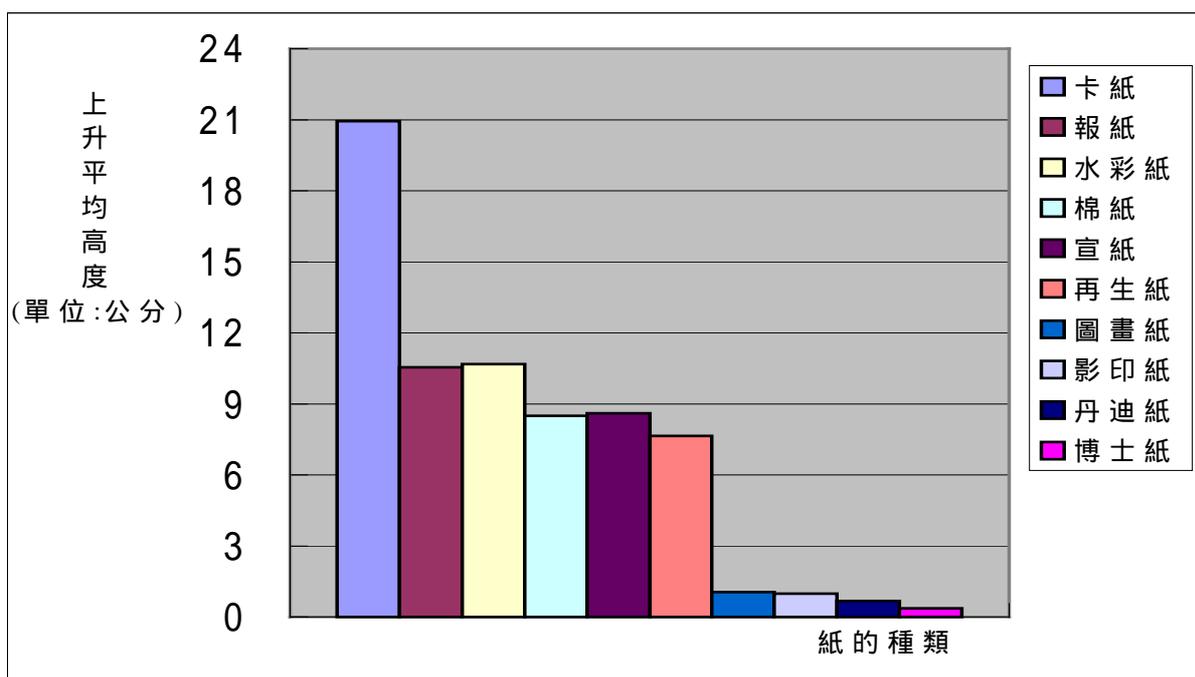
### 實驗方法

1. 收集市面上常見的紙類十種，並裁成長 25 公分寬 3 公分的紙條。
2. 在蒸餾水中加入紅墨水，各倒 50ml 於 10 個 250ml 燒杯中。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第二層鐵絲上，在同一時間將紙條放入燒杯內。
4. 每日觀察並將紅墨水上升的最後高度(上限—見註一)記錄下來。

### 實驗結果

(原始資料見附件：表 1)

紙的 種類 上升 平均高度	卡 紙	報 紙	水 彩 紙	棉 紙	宣 紙	再 生 紙	圖 畫 紙	影 印 紙	丹 迪 紙	博 士 紙
上升高度	20.93	10.53	10.66	8.5	8.6	7.63	1.06	1	0.66	0.36



註(一)

進行實驗一之前我們先選擇一種紙(宣紙)做測試：

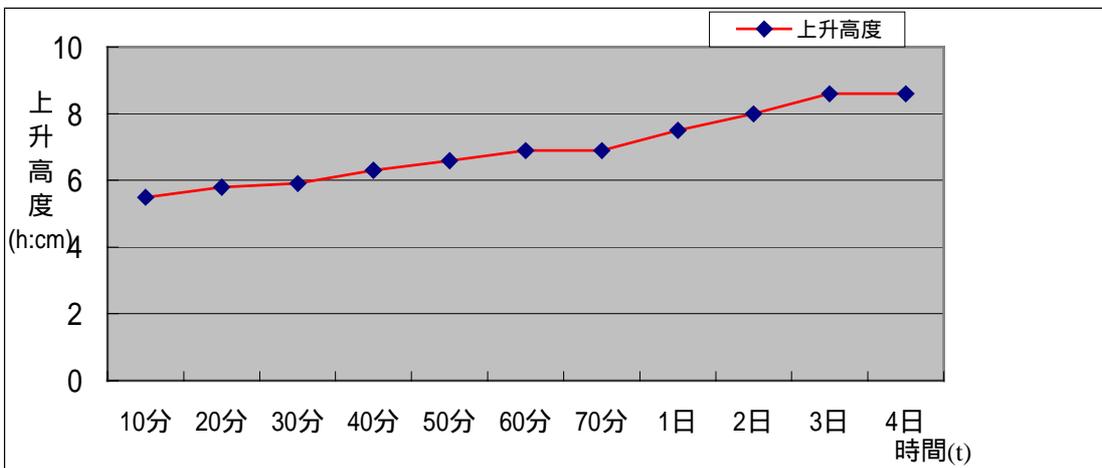
方法：

1. 將市售宣紙裁成長 25 公分寬 3 公分的大小
2. 在蒸餾水中加入紅墨水，倒 50ml 於 250ml 燒杯中。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第二層鐵絲上，將紙條放入燒杯內。
4. 每隔十分鐘觀察並記錄紅墨水上升高度。

結果：

時間	10 分	20 分	30 分	40 分	50 分	60 分	70 分	1 日	2 日	3 日	4 日
上升高度	5.5	5.8	5.9	6.3	6.6	6.9	6.9	7.5	8	8.6	8.6

由上表可得 h-t 圖如下：



由圖表我們定義「上限」為：

經過 24 小時，紅墨水不再繼續上升，其最後高度為此種紙類之上限。由此可知，宣紙的上限

為 8.6 公分，而其他紙類則以此類推。

## 發現

1. 每一種紙類的毛細現象都有上限，但它們的上限不同。有些紙類上限相近，有些則差距很大；其中以單面卡紙上限最高，博士紙、丹迪紙則很低。
2. 為何各種紙類上限不同呢？我們設計了另一個實驗：找出三種材質、厚度相同（棉）但密度不同的棉布（其密度為 40C-150x56；40C-140x80；40C-128x100），依實驗一之方法進行實驗，發現密度越大者，其上限越低。於是我們利用紙的重量及厚度求各種紙類密度。

種類	宣紙	報紙	棉紙	再生	影印	丹迪	圖畫	水彩	博士	卡紙
重量 (g)	0.29	0.31	0.34	0.41	0.59	0.60	1.02	1.23	1.63	2.4
厚度 (宣紙數/張)	1	1	1	1.2	1.2	1.2	2.5	3.5	2	8
相對密度	0.29	0.31	0.34	0.34	0.39	0.5	0.4	0.35	0.81	0.3

**發現** (1) 相除之後的比較密度依序為：宣紙 < 卡紙 < 報紙 < 棉紙 < 再生紙 < 水彩紙 < 影

印紙 < 圖畫紙 < 丹迪紙 < 博士紙；即密度大者上限低，密度小者上限高。(2) 前六種紙類之密度非常相近，在密度相近的情況下，則較厚的紙上限高，較薄的紙上限低。

3. 觀察過程中發現，一開始，棉紙、宣紙遇水時上升速度很快，不久即漸趨緩慢，反而是原先上升並不快的卡紙，後來居上。於是引出下一個實驗，探討速度的不同。

**實驗二：各種紙類其毛細現象上升的速度是否相同。**

## 實驗方法

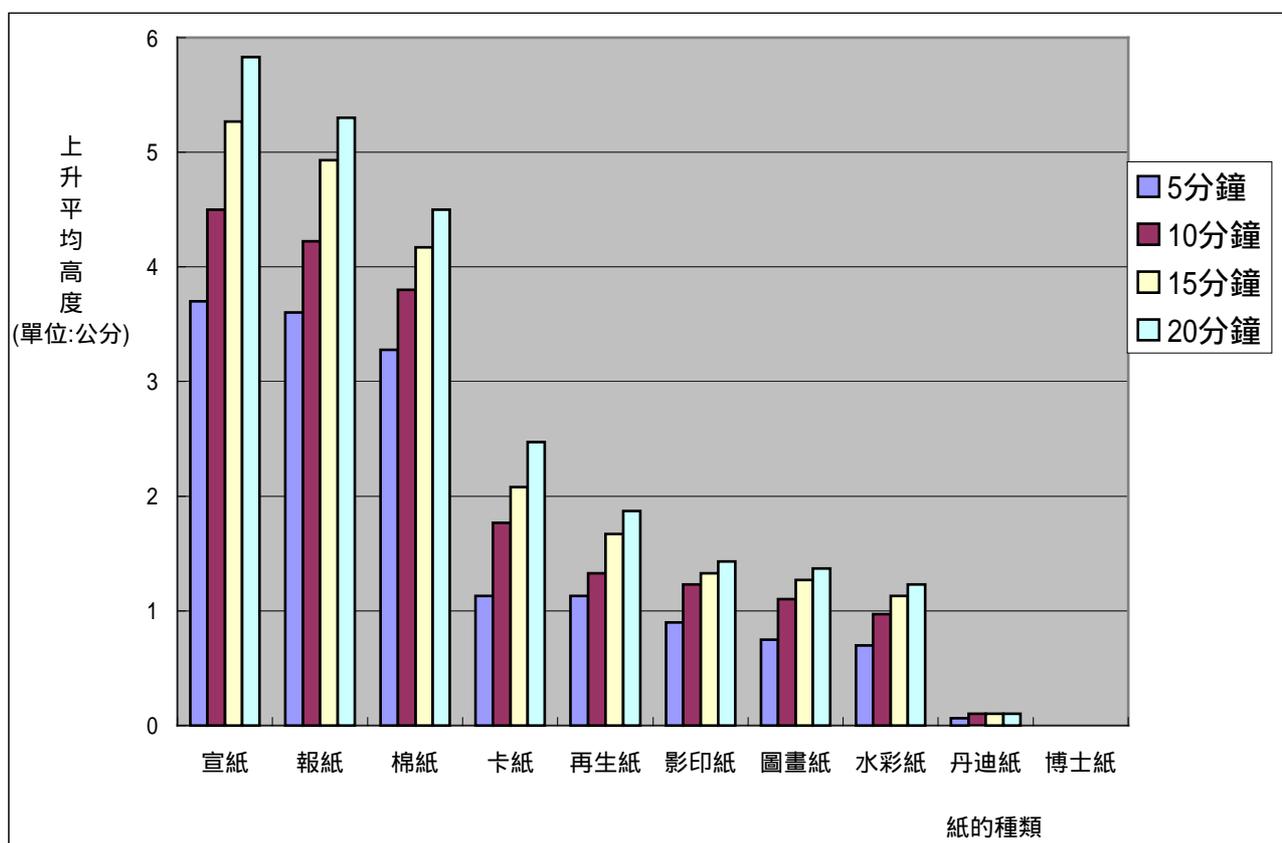
1. 將各種不同材質的紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
2. 在蒸餾水中加入紅墨水，各倒 50ml 於 10 個 250ml 燒杯中。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。

4.在同一時間把紙條浸入水中，每隔五分鐘，用尺測量水上升的高度。

實驗結果

(原始資料見附件：表 2)

紙的種類 上升時間 上升高度	宣紙	報紙	棉紙	卡紙	再生紙	影印紙	圖畫紙	水彩紙	丹迪紙	博士紙
5 分鐘	3.7	3.6	3.28	1.13	1.13	0.9	0.75	0.7	0.06	0
10 分鐘	4.5	4.22	3.8	1.77	1.33	1.23	1.1	0.97	0.1	0
15 分鐘	5.27	4.93	4.17	2.08	1.67	1.33	1.27	1.13	0.1	0
20 分鐘	5.83	5.3	4.5	2.47	1.87	1.43	1.37	1.23	0.1	0



## 發現

1. 紅墨水上升的速度依次為宣紙、報紙、棉紙、卡紙、再生紙、影印紙、圖畫紙、水彩紙、丹迪紙、博士紙。
2. 根據實驗一的檢驗實驗，我們同時發現速度與紙類密度有關：密度低者，上升速度快；密度高者快，上升速度慢。若密度相近時，薄的快，厚的慢。

使用不同的紙類放入相同的液體，其毛細現象之速度固然不同，若使用相同紙類放入不同液體，其結果不知如何？

## 實驗三：各種液體對紙類產生毛細現象之異同。

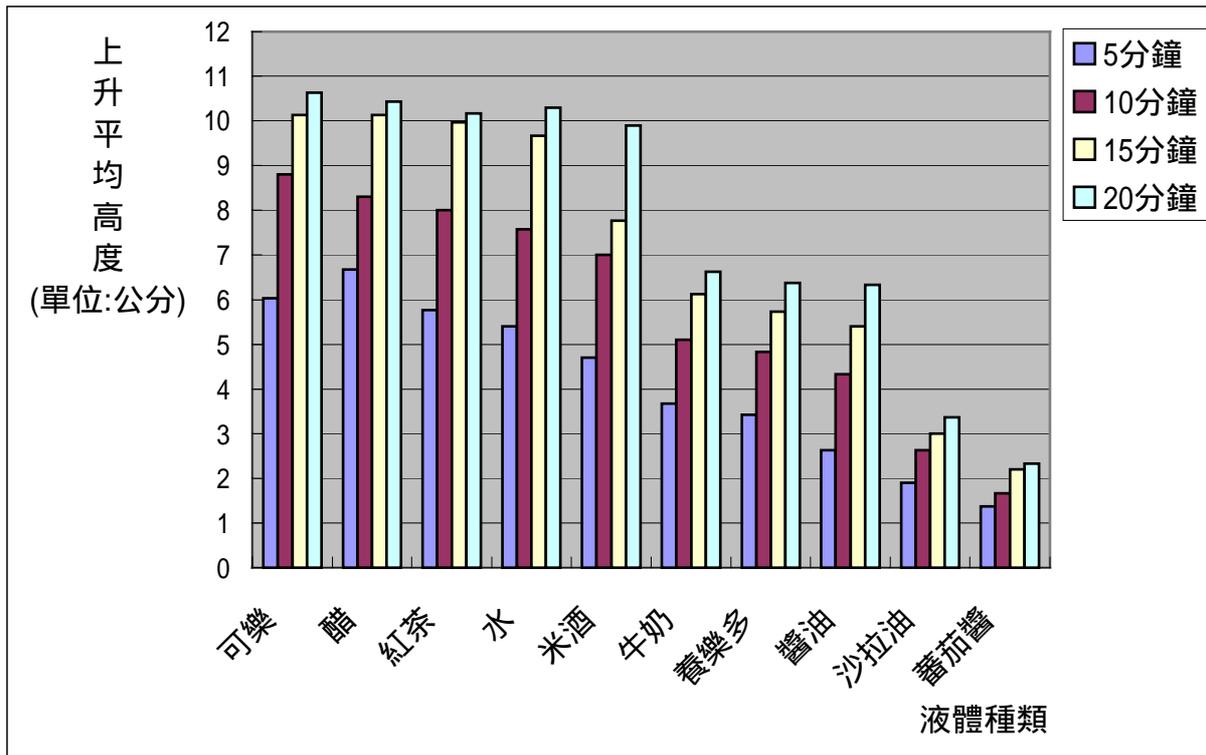
### 實驗方法

1. 將宣紙（以下實驗均採用宣紙，因其上升速度快易於觀察）裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
2. 將十種不同種類的液體 50ml 分別倒入 10 個 250ml 的燒杯中。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入溶液中，每隔五分鐘，用尺測量水上升的高度。

### 實驗結果

（原始資料見附件：表 3）

液體種類 上升 時間 高度	可樂	醋	紅茶	水	米酒	牛奶	養樂多	醬油	沙拉油	番茄醬
5 分鐘	6.03	6.67	5.77	5.4	4.7	3.67	3.43	2.63	1.9	1.37
10 分鐘	8.8	8.3	8	7.57	7	5.1	4.83	4.33	2.63	1.67
15 分鐘	10.13	10.13	9.97	9.67	7.77	6.13	5.73	5.4	3	2.2
20 分鐘	10.63	10.43	10.17	10.3	9.9	6.63	6.37	6.33	3.37	2.33



### 發現

- 液體上升速度約分為三大部分，依次為：(一)濃稠度低：可樂、醋、紅茶、水、米酒。(二)濃稠度次之：牛奶、養樂多、醬油。(三)濃稠度高：沙拉油、番茄醬。
- 濃稠度越低者，上升速度越快。
- 濃稠度低的溶液含水量都很高，但其成分標示、含量並不清楚，我們想知道水溶液的濃度是如何影響其上升速度，於是設計下一個實驗。

### 實驗四：液體濃度如何影響紙類毛細現象之速度。

#### 實驗方法

##### (一) 冰醋酸

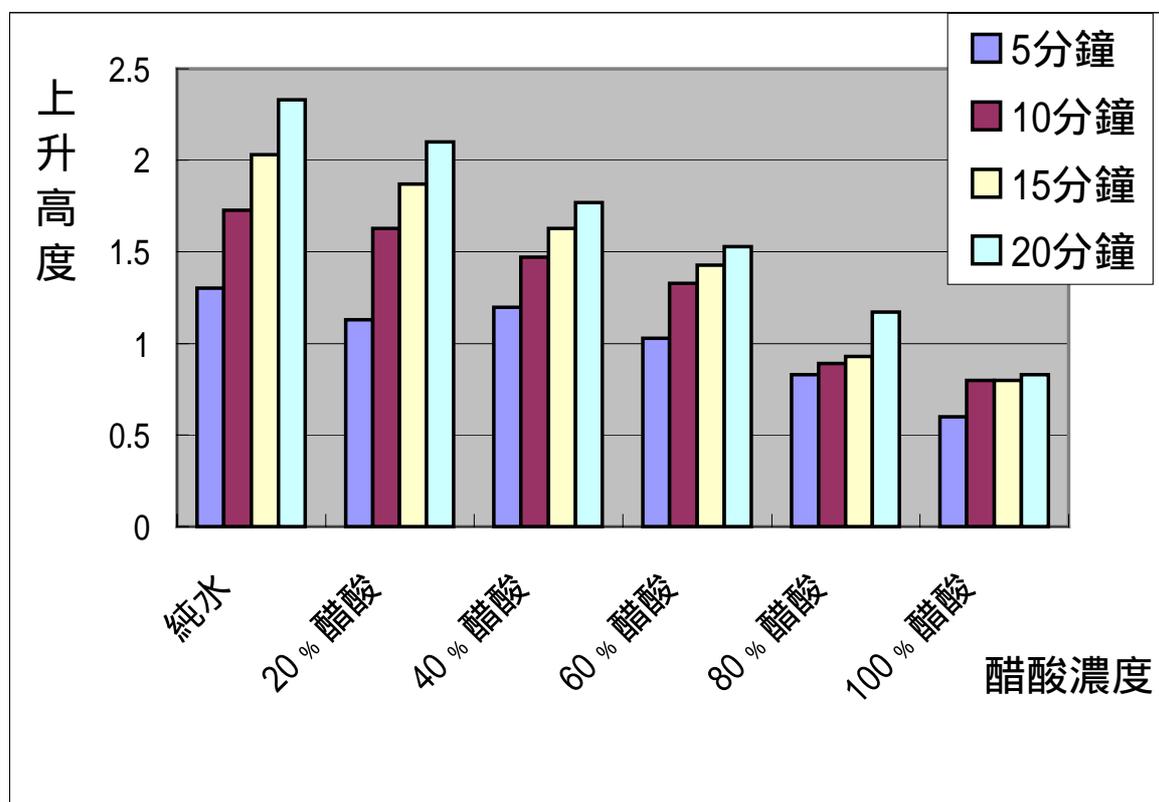
- 準備 6 個 250ml 的燒杯，分別裝入純水及濃度各 20 %、40 %、60 %、80 %、100 % 的冰醋酸水溶液。(註：此處濃度為體積濃度)

- 將宣紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
- 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
- 在同一時間把紙條浸入燒杯中，每隔五分鐘，用尺測量水溶液上升的高度。

實驗結果 (一):

(原始資料見附件：表 4-1)

醋酸濃度 上升 時間 高度	純水	20 % 醋酸	40 % 醋酸	60 % 醋酸	80 % 醋酸	100 % 醋酸
5 分鐘	1.3	1.13	1.2	1.03	0.83	0.6
10 分鐘	1.73	1.63	1.46	1.33	0.93	0.8
15 分鐘	2.03	1.86	1.63	1.43	0.89	0.8
20 分鐘	2.33	2.1	1.76	1.53	1.16	0.83



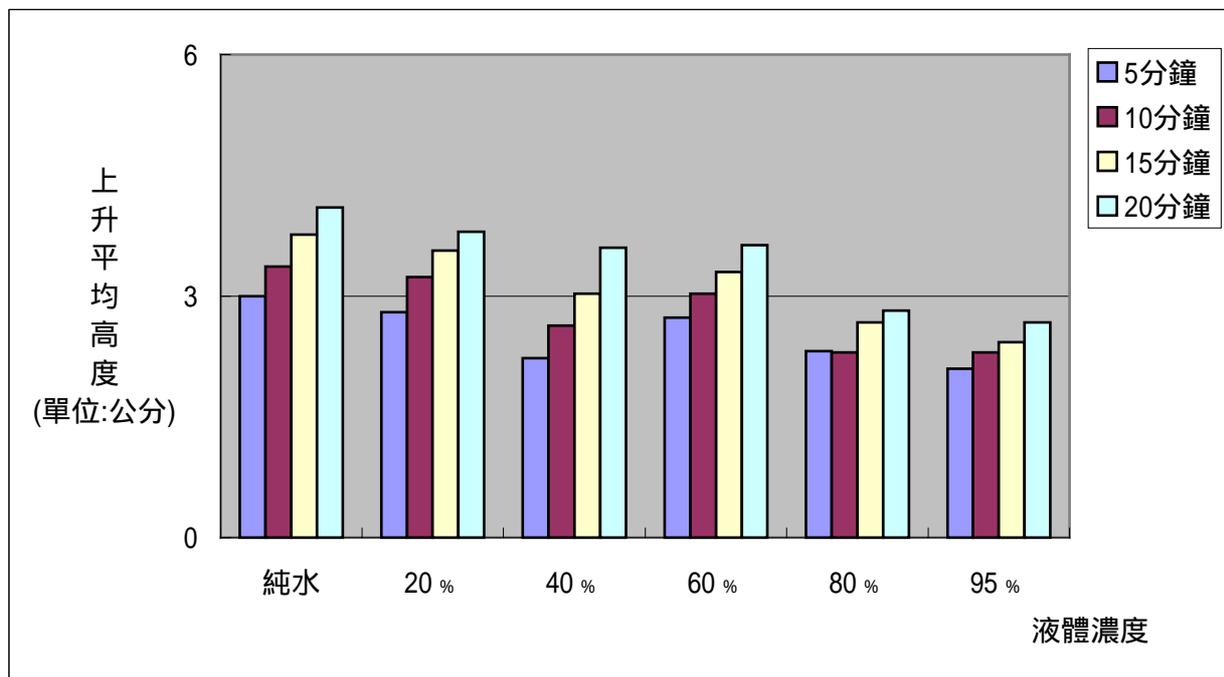
## (二) 酒精

1. 準備 6 個 250ml 的燒杯，分別裝入純水及濃度各 20 %、40 %、60 %、80 %、95 % 的酒精水溶液 50ml。(註：此處濃度為體積濃度)
2. 將宣紙裁成長 15cm，寬 3cm 的紙條。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入燒杯中，每隔五分鐘，用尺測量水溶液上升的高度。

實驗結果 (二):

(原始資料見附件：表 4-2)

酒精濃度 上升 時間 高度	純水	20 % 酒精	40 % 酒精	60 % 酒精	80 % 酒精	95 % 酒精
5 分鐘	3	2.8	2.76	2.73	2.31	2.1
10 分鐘	3.36	3.23	3.13	3.03	2.3	2.3
15 分鐘	3.76	3.56	3.4	3.3	2.67	2.43
20 分鐘	4	3.8	3.73	3.63	2.81	2.67



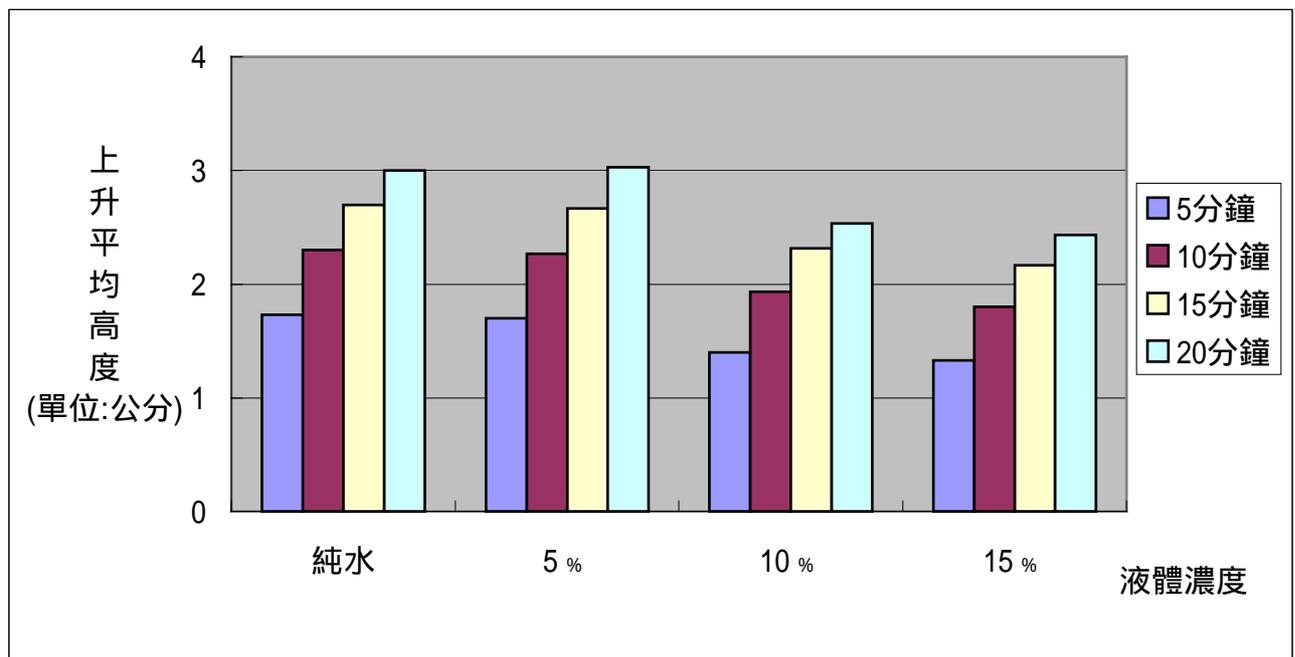
### (三) 食鹽

1. 準備 4 個 250ml 的燒杯，分別裝入純水及濃度各 5 %、10 %、15 % 的食鹽水溶液 50ml ( 註：此處濃度為重量濃度，15 % 以上的食鹽水溶液已飽和 )。
2. 將宣紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入燒杯中，每隔五分鐘，用尺測量水溶液上升的高度。

實驗結果 (三):

(原始資料見附件：表 4-3)

食鹽濃度 上升高度 上升時間	純水	5 % 食鹽	10 % 食鹽	15 % 食鹽
5 分鐘	1.73	1.7	1.4	1.33
10 分鐘	2.3	2.26	1.93	1.8
15 分鐘	2.7	2.66	2.31	2.16
20 分鐘	3	3.03	2.53	2.43



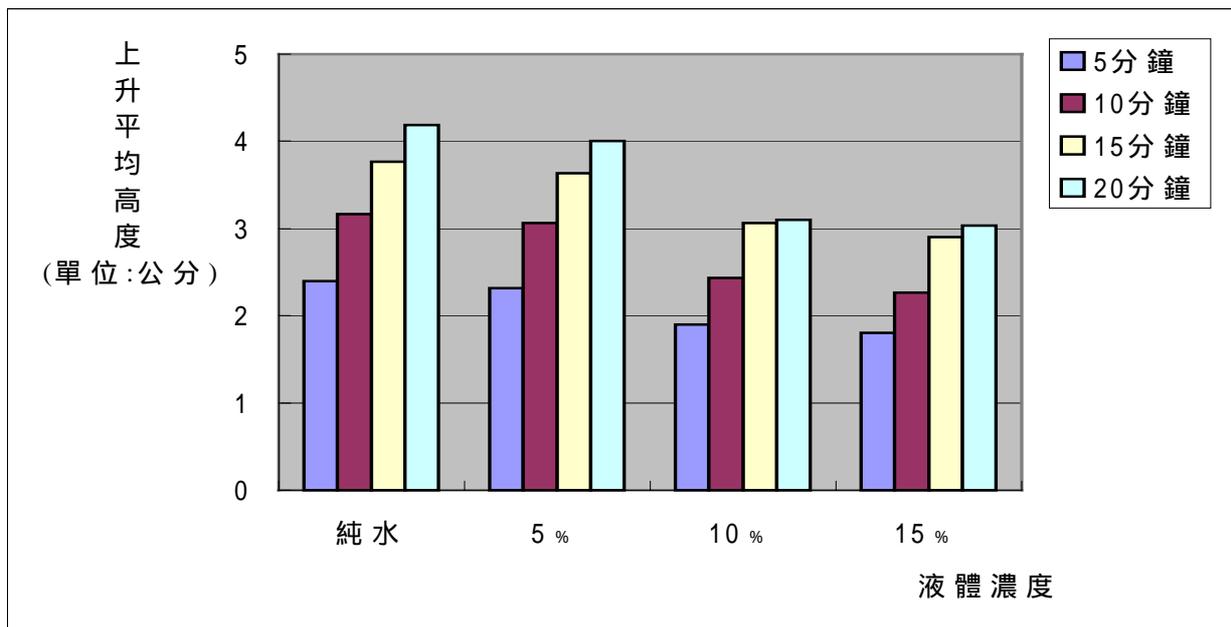
#### (四) 糖

1. 準備 4 個 250ml 燒杯，分別裝入純水、5 %、10 %、15 % 的糖水 50ml。(註：此處濃度為重量濃度，15 % 以上的糖水溶液已飽和)
2. 將宣紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入燒杯中，每隔五分鐘，用尺測量水溶液上升的高度。

實驗結果 (四):

(原始資料見附件：表 4-4)

糖水濃度 上升 時間 高度	純水	5 % 白糖	10 % 白糖	15 % 白糖
5 分鐘	2.4	2.31	1.9	1.8
10 分鐘	3.16	3.06	2.43	2.26
15 分鐘	3.76	3.63	3.06	2.9
20 分鐘	4.18	4	3.1	3.03



## 發現

- 1.冰醋酸、酒精、食鹽、糖的濃度越高，液體上升速度越慢。
- 2.冰醋酸溶液和酒精溶液的上升速度，隨濃度漸漸升高，其速度漸漸變慢；但鹽水和糖水溶液則區分為兩部分，純水和 5 % 水溶液速度相近，10 % 和 15 % 水溶液速度相近。  
確定液體濃度會影響紙類毛細現象後，我們想試試看溫度是否也會造成影響？

## 實驗五：液體溫度是否影響紙類毛細現象之速度

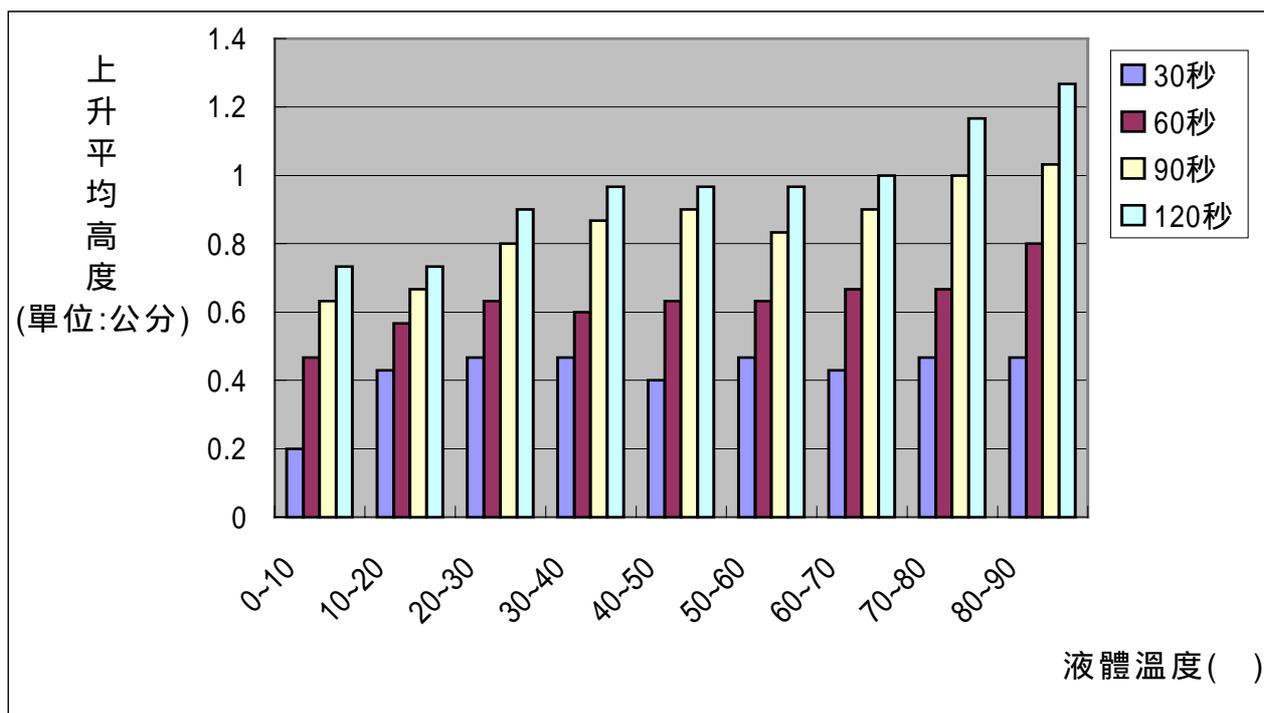
### 實驗方法

1. 將宣紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
2. 準備 9 個 250ml 的燒杯，分別裝入溫度分別為 0 -10 ， 10 -20 ， 20 -30 ， 30 -40 ， 40 -50 ， 50 -60 ， 60 -70 ， 70 -80 ， 80 -90 的蒸餾水各 50ml。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入燒杯中，每隔五分鐘，用尺測量水溶液上升的高度。

### 實驗結果

(原始資料見附件：表 5)

液體溫度 上升 時間 高度	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90
30 秒	0.2	0.43	0.46	0.46	0.4	0.46	0.43	0.46	0.46
60 秒	0.46	0.56	0.63	0.6	0.63	0.63	0.66	0.66	0.8
90 秒	0.63	0.66	0.8	0.86	0.9	0.83	0.9	1	1.03
120 秒	0.73	0.73	0.9	0.96	0.96	0.96	1	1.16	1.26



### 發現

溫度越高時，上升速度越快。

實驗六：液體顏色是否影響紙類毛細現象之速度。

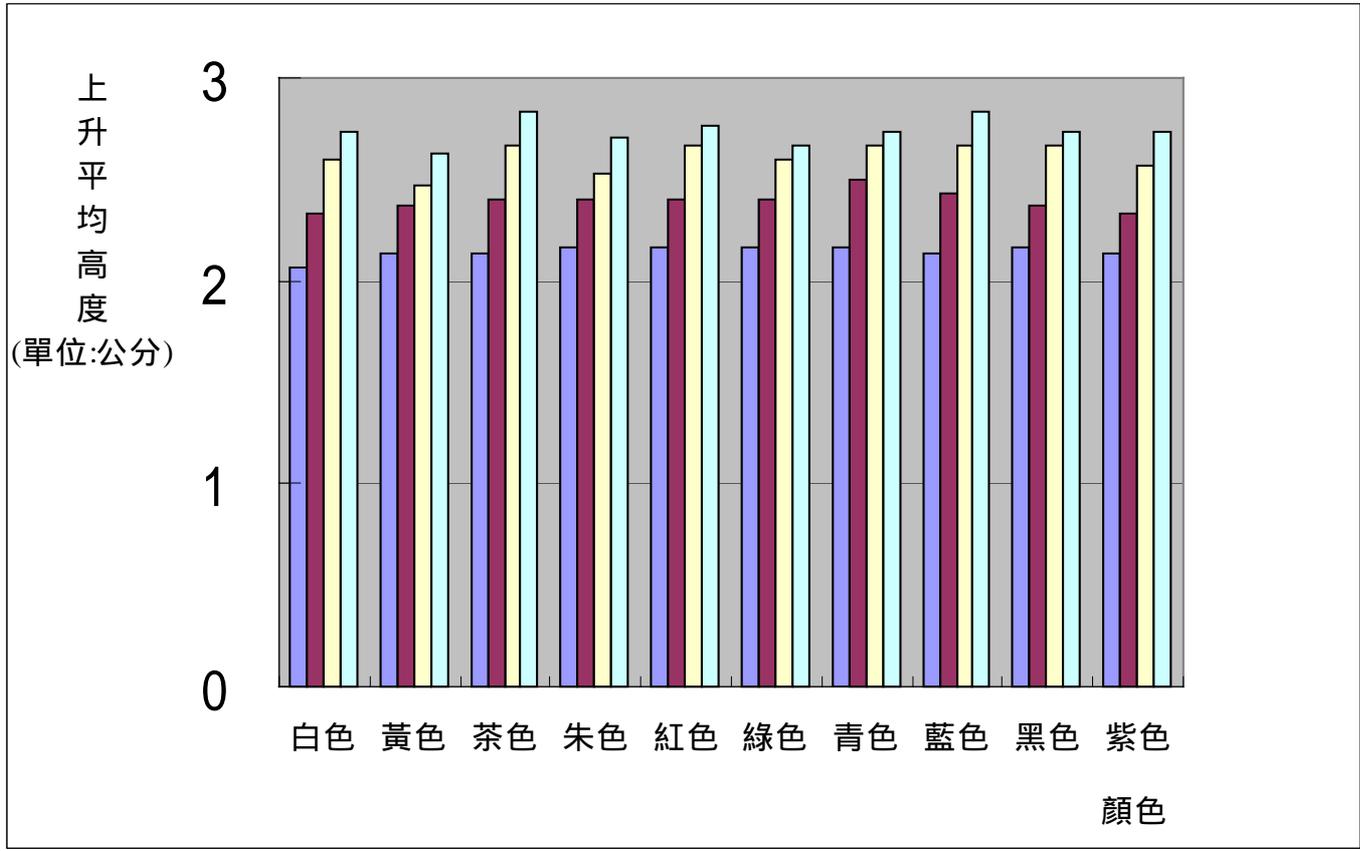
### 實驗方法

1. 將宣紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
2. 使用電子秤測量水彩顏料的重量，再將等量的水彩顏料分別置於 250ml 的燒杯中，加入蒸餾水至 50ml，攪拌均勻。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入燒杯中，每隔五分鐘，用尺測量溶液上升的高度。

實驗結果

(原始資料見附件：表 6)

上升時間 \ 液體顏色 上升高度	白色	黃色	茶色	朱色	紅色	綠色	青色	藍色	黑色	紫色
	5 分鐘	2.06	2.13	2.13	2.16	2.16	2.16	2.16	2.13	2.16
10 分鐘	2.33	2.36	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.43	2.37	2.33
15 分鐘	2.6	2.46	2.67	2.53	2.67	2.6	2.67	2.67	2.67	2.56
20 分鐘	2.73	2.63	2.83	2.7	2.76	2.67	2.73	2.83	2.73	2.73



## 發現

水彩顏料顏色的不同並不影響水溶液上升的速度。

實驗七：液體多寡是否影響紙類毛細現象之速度。

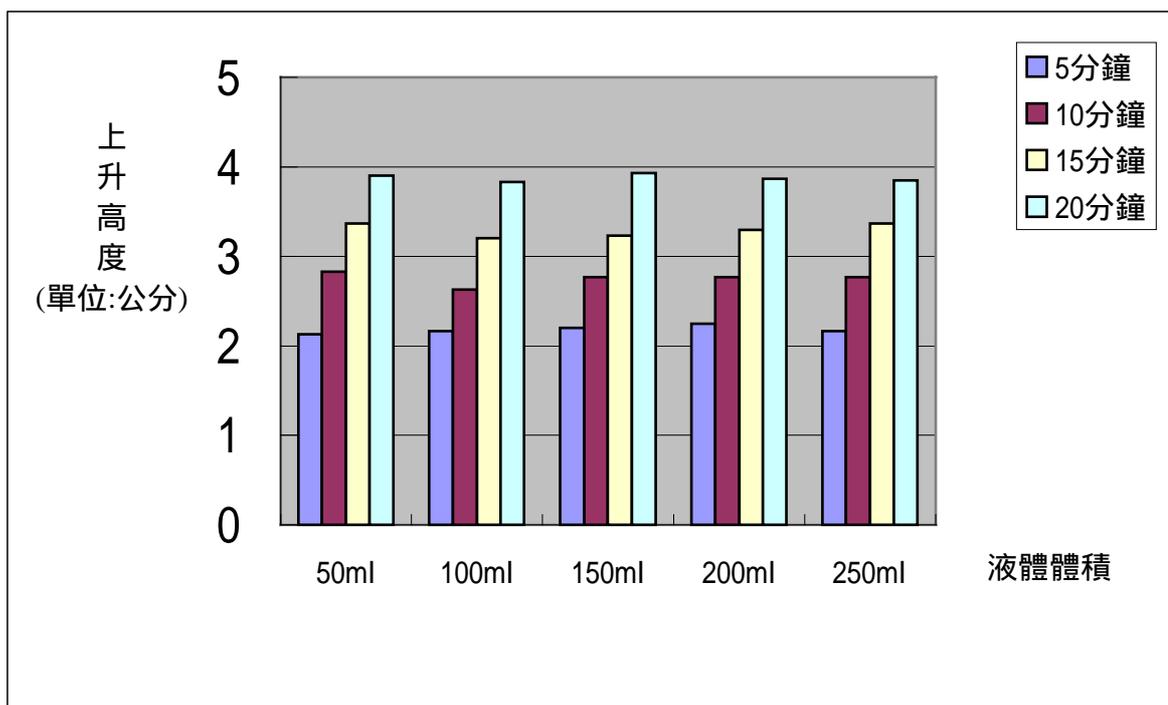
## 實驗方法

1. 準備 5 個燒杯，分別裝入 50ml、100ml、150ml、200ml、250ml 的蒸餾水。
2. 將宣紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入燒杯中，每隔五分鐘，用尺測量水上升的高度。

## 實驗結果：

(原始資料見附件：表 7)

液體體積 上升 高度 上升時間	50ml	100ml	150ml	200ml	250ml
5 分鐘	2.13	2.16	2.2	2.25	2.16
10 分鐘	2.83	2.63	2.76	2.76	2.76
15 分鐘	3.36	3.2	3.23	3.3	3.36
20 分鐘	3.9	3.83	3.93	3.86	3.85



### 發現

液體多寡並不影響水上升的速度。

實驗八：紙類放入液體面積大小是否影響毛細現象之速度。

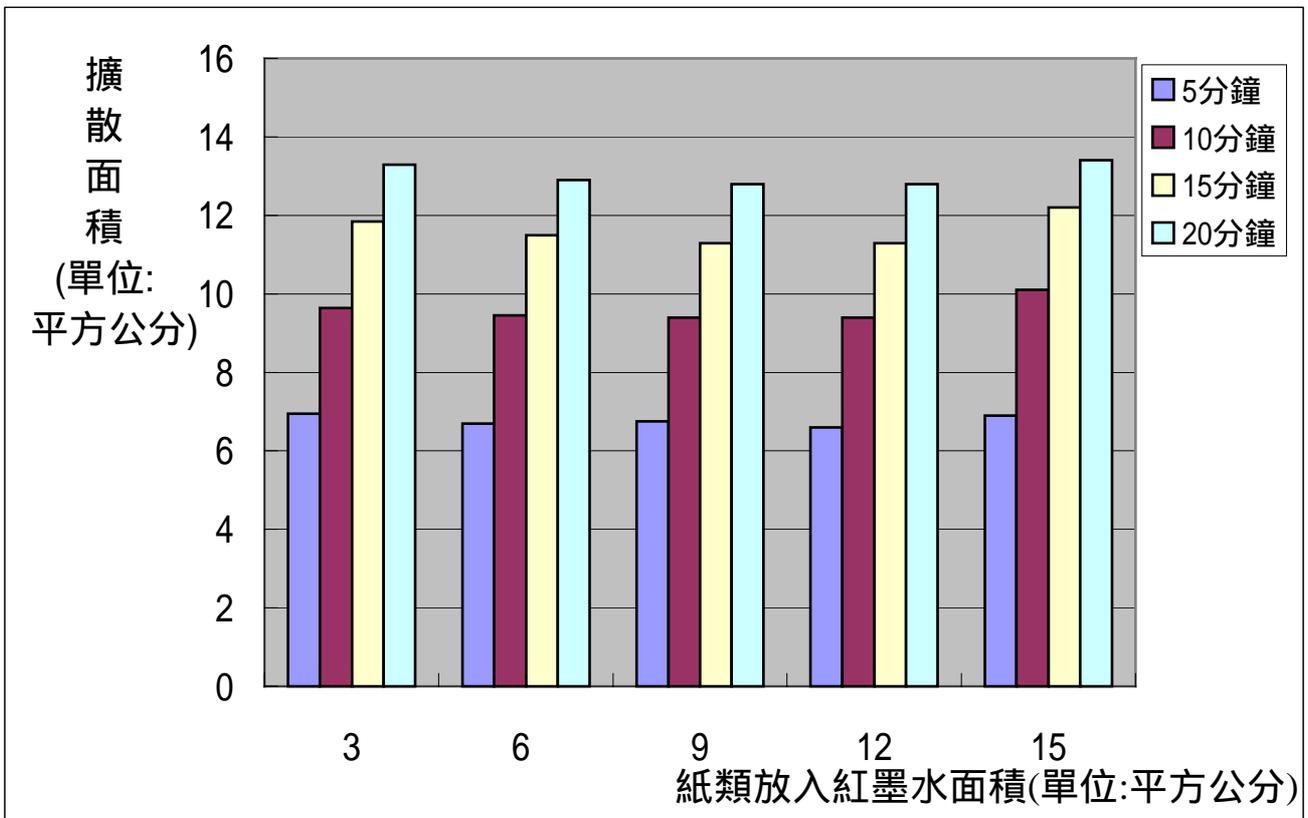
### 實驗方法

1. 準備 5 個燒杯，分別裝入 50ml 稀釋紅墨水。
2. 將宣紙裁成長 15cm、寬 3cm 的紙條，並分別在 1 公分、2 公分、3 公分、4 公分、5 公分處作紀錄。
3. 將紙條夾在自製多功能木架的第一層鐵絲上。
4. 在同一時間把紙條浸入燒杯中，但五張紙放入的高度不同，分別為 1 公分、2 公分、3 公分、4 公分、5 公分，每隔五分鐘，用尺測量水上升的高度。

實驗結果

(原始資料見附件：表 8)

面積大小 擴散面積 上升時間	3 cm <sup>2</sup>	6 cm <sup>2</sup>	9 cm <sup>2</sup>	12 cm <sup>2</sup>	15 cm <sup>2</sup>
5 分鐘	6.95	6.7	6.75	6.6	6.9
10 分鐘	9.65	9.45	9.4	9.4	10.1
15 分鐘	11.85	11.5	11.3	11.3	12.2
20 分鐘	13.3	12.9	12.8	12.8	13.4



## 發現

1. 放入水溶液面積大小並不影響水上升速度。
2. 大部分人以為：放入溶液的面積越多，則吸水的速度越快是一種錯覺。

## 六、討論

1. 進行實驗時，原先是將紙條夾在衣架上，因衣架易晃動，影響數據甚大，因此改用木板釘一個長方形架，木架中間橫掛三條高度不同的鐵絲，既可同時進行數個實驗又可因應不同長度的紙張。
2. 有些實驗為方便觀察，於是加入紅墨水，惟濃度實驗為力求數據之準確，並沒有加紅墨水。
3. 實驗一和實驗二中的驗證實驗，我們找到同材質不同密度的布，材質為 100 % 棉，密度分別為 A：40C--128x100；B：40C--140x80；C：40C--150x56。其中“40C”表示棉線的粗細，也有 50C、60C，數字越大者線越細。而 40C 後面的“XxY”，表示一立方英吋面積布料的經線和緯線數目，X 為經線，Y 為緯線。因此上述三塊布的密度依次為：A > B > C。
4. 實驗中需用油性筆在布和紙上作記號，不能使用水性筆，因其顏料會隨水的毛細現象移動。
5. 市售乙醇最高濃度為 95 %，其中 5 % 為雜質，考慮國小五年級學生對體積濃度演算程度尚未成熟，因此計算時均將乙醇以 100 % 計。
6. 調製冰醋酸溶液時宜帶口罩，因其氣味刺鼻難聞，亦可培養學童進行化學實驗帶口罩的習慣。
7. 在紙類上限實驗中，發現前六名內，再生紙製品（卡紙、報紙、再生計算紙）就佔了三名，而且還包辦了前兩名，建議可沿著此方向再深入探討再生紙與原生紙之異同。

## 七、結論

1. 每一種紙類在水中的毛細現象上限高度不一定相同，其上限高度與其密度有關：密度大者，上限低；密度小者；上限高。若密度相近，則較厚者上限高；較薄者上限低。
2. 各種紙類在水中的毛細現象速度也不一定相同，其速度與其密度亦有關：密度大者速度慢；密度小者速度快。若密度相近，則較薄者速度快；較厚者速度慢。
3. 種類不同的液體會影響紙類毛細現象的速度。液體的濃稠度越高，速度越慢；濃稠度越低，速度越快。
4. 水溶液的濃度不同會影響紙類毛細現象的速度。濃度高者速度較慢；濃度低者速度較快。
5. 液體的溫度和紙類在水中的毛細現象速度成正比，也就是溫度越高，速度越快；溫度越低，速度越慢。
6. 不同顏色的水溶液其毛細現象速度並無很大差異。
7. 將等面積宣紙放入不同水量的燒杯中，發現水量不同並不影響毛細現象上升速度。
8. 將不同面積宣紙放入同水量的燒杯中，發現放入的面積大小並不影響毛細現象上升的速度。

## 八、參考資料

1. 牛頓教科書自然第八冊 P.6 ~ P.10
2. 牛頓教科書教學指引自然第八冊 P.89 及 P.98 ~ P.101
3. 科學實驗引導 2 (小豆芽出版社) P.97
4. 生活科學系列 23 ----發現科學----應用科學 (財團法人遠哲科學教育基金會出版) P.66 , P.67
5. 毛細現象<http://www.fkps.kh.edu.tw/ipt/>
6. 毛細現象<http://www.mlsh.mlc.edu.tw/~jya/wat4.htm>