中華民國第52屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組　物理科

佳作

040111

萬縷牽（千）絲

學校名稱：臺北市立中正高級中學

作者：	指導老師：
高二 林子揚 高二 鄧智元	陳華傑

關鍵詞：蒸發率、附著力、熱傳導

作品名稱: 萬縷千絲

摘要

我們主要是在研究絲與水之間的相互關係，我們分別觀察蠶絲、蜘蛛絲對水的附著情況，並比較兩者之間的蒸散速率，我們發現兩絲分別測量時，蜘蛛絲上所附著的水珠較多並也較大顆；而蠶絲則較小且較少，蜘蛛絲上水珠的蒸散速率較蠶絲慢。之後我們再將蠶絲、蜘蛛絲放置在一起做水的蒸散實驗，並比較放在一起測量時的附著位置、水珠的大小、蒸散的速率和分開做實驗有什麼區別，我們發現蠶絲和蜘蛛絲放在一起時，附著在兩絲上的水滴都較易被蠶絲給吸附去，但蜘蛛絲上水珠的蒸散速率較蠶絲來的慢，如果不只有附著力對其在作用，那又有甚麼原因會導致如此的現象呢?我們發現蜘蛛絲對水的附著力比蠶絲來的大，但絲的附著力對水的的影響有一定的作用範圍。

壹、 研究動機

在升高二的暑假期間，我們來到了隸屬於太魯閣國家公園內的蓮花池，我們從太魯閣峽谷爬了約 2 個多小時的山才到達目的地，那是一片人類很少干預的一塊區域，所以我們才能在這幾天的觀察之中發現許多有趣的動、植物。雖然有很多想法、目標令我們蠢蠢欲動，但在這幾天生活中令我們印象最爲深刻的是在某一天的晨間觀察，在蓮花池附近的一片溼地中，我們發現到了某種動物的腳印，在其腳印下有一片完整的蜘蛛網織在上面，而且蜘蛛網上凝結了許多的露珠，那些露水不是沒頭沒尾的隨便亂排，而是整齊得像一條水晶項鍊般的一顆顆排列整齊，於是我們就利用在高中課程中所學過的物理原理來著手研究它，其中內容包括絲與水的表面附著力、蒸散速率。(高一基礎物理)。

貳、 研究目的

(1) 觀察蜘蛛絲之蒸散速率
(1) 觀察蠶絲之蒸散速率
(3) 蜘蛛絲之蒸散速率與蠶絲之差異
(4) 觀察蜘蛛絲與蠶絲平行之吸附力大小
(5) 測量蜘蛛絲的熱傳導係數的大小

參、 研究設備及器材

含側管之錐形燒杯及軟木塞(各壹個)、橡皮管(壹條)、磁石攪拌加熱器(壹台)、顯微鏡(壹台)、自製相機用腳架(壹座)、自製顯微鏡載物板(貳片)、擷取完的人面蜘蛛吐出的網(壹段)、數位相機(壹台)、電源供應器(壹台)、鱷魚夾電線(拾條)、培養皿(叁個)、鎳鉻絲(叁條)、銅線(壹條)、保麗龍盒子(貳個)、電子磅秤(叁台)

肆、研究過程與理論:

一 、實驗過程

(一) 水蒸氣製造

1.將乾冰放置於封閉保麗龍中，在上方挖一個洞在將熱水加入產生大量水蒸氣

2.用磁石攪拌加熱器將含側管之錐形燒杯內的水煮到沸騰並使之產生大量水蒸氣，再透過橡皮管將瓶內的水蒸氣導出

3.由於乾冰成本較高且不易控制，最後採取第二種方法

(二) 觀察蜘蛛絲的蒸散速率

1.取得片段蜘蛛網(人面蜘蛛如圖 1)

2.將蜘蛛絲架在自製的顯微鏡載物板上

3.用顯微鏡找到所要觀察的絲段

4.將熱水加至含側管錐形燒杯內並用磁石攪拌加熱器將杯內熱水煮沸

5.將橡皮管接上錐形瓶並將水蒸氣導出

6.將橡皮管移至蜘蛛絲下方使水蒸氣附著到蜘蛛絲上

7.用相機錄影水滴附著及蒸散過程

8.分析照片和影片並討論結果(如圖 2)

圖 1 人面蜘蛛與絲

圖 2 顯微攝影與水蒸氣產生裝置

(三) 觀察蠶絲的蒸散速率

1.取得蠶絲

2.將蠶絲架到自製移動板上

3.用顯微鏡找到所要觀察的絲段

4.將熱水加至含側管錐形燒杯內並用磁石攪拌加熱器將杯內熱水煮沸

5.將橡皮管接上錐形瓶並將水蒸氣導出

6.將橡皮管移至蠶絲下方使水蒸氣附著到蠶絲上
7.用相機錄影水滴附著及蒸散過程
8.分析照片和影片並討論結果

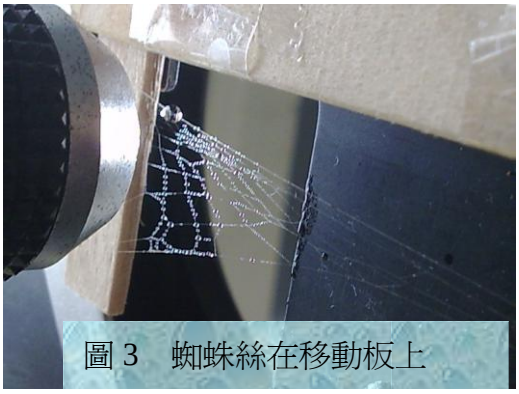


圖 3　蜘蛛絲在移動板上

(四) 將蜘蛛絲與蠶絲平行放並觀察兩絲的相互關係
1.取得蜘蛛絲與蠶絲
2.將兩絲架到自製移動板上
3.用顯微鏡找到所要觀察的兩絲平行絲段
4. 將熱水加至含側管錐形燒杯內並用磁石攪拌加熱器將杯內熱水煮沸
5.將橡皮管接上錐形瓶並將水蒸氣導出
6.將橡皮管移至絲的下方使水蒸氣附著到絲上
7.用相機錄影水滴附著及蒸散過程
8.分析照片和影片並討論結果

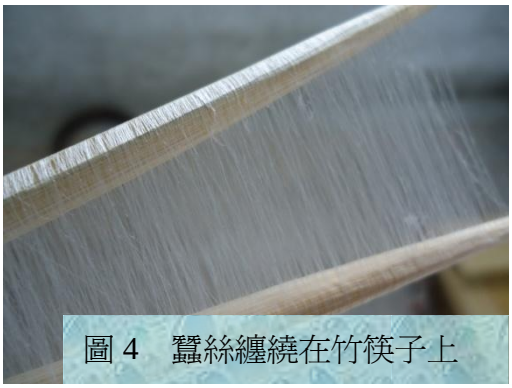


圖 4　蠶絲纏繞在竹筷子上

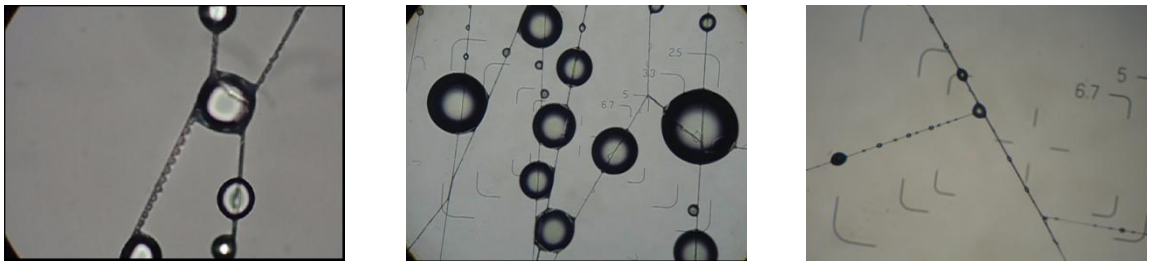


圖 5 蜘蛛絲上的水滴的各種情況

(五) 測量蜘蛛絲的熱傳導快與慢
1. 先將實驗儀器架設完成(如圖 6)
2. 分別在 3 個相同的培養皿中加入酒精
3. 打開電原供應器，使所接的鎳鉻絲產生熱
4. 鎳鉻絲所產的熱分別傳到銅線、蜘蛛絲、對照組
5.觀察並記錄酒精的蒸發量
6. 分析數據並討論結果

圖 6 實驗儀器架構圖

二 實驗理論

(一)蒸散率的定義:

蒸發率定義爲在單位時間單位面積內水份蒸發量，本研究單位時間爲秒、單位面積爲平方公分，採容積來表示水的蒸發量。

$$蒸發率=\frac{水滴體積變化}{時間\times水滴表面積}\quad (cm/s)$$

(二)水滴體積採長型橢球體公式計算:

長型橢球體$=\frac{4}{3}\pi\ abc$ (a爲赤道長軸、b爲赤道短軸、c爲極長軸)

長型橢球體表面積：$S = 2\pi\left(a^2 + c^2\frac{\theta}{\tan\theta}\right)$；其中$\theta = \cos^{-1}\frac{c}{a}$

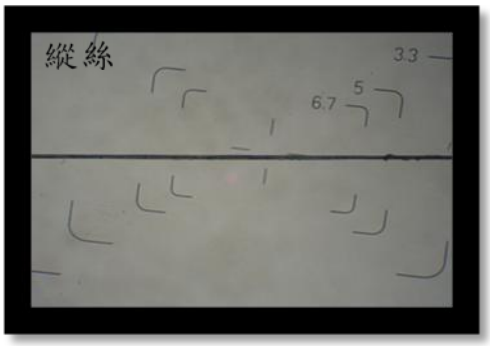
(三)附著力的計算

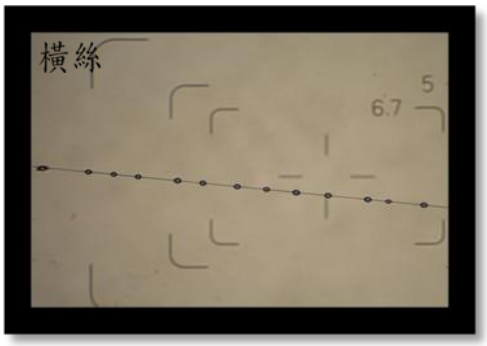
附著力可定義爲單位面積液體與固體間的作用力

絲所受到水滴附著力的總力=附著力×垂直有效接觸面積

伍、研究結果與討論

一、縱絲與橫絲的差異





此圖爲蜘蛛網上的縱絲，也就是所謂的支架，縱絲較橫絲粗且無紡錘節，

此圖爲蜘蛛網上的橫絲，橫絲上似水滴狀的凸起珠 狀物，稱之爲紡錘節，其成分

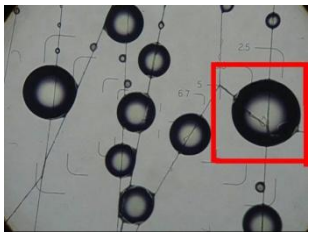
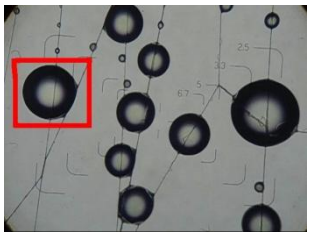
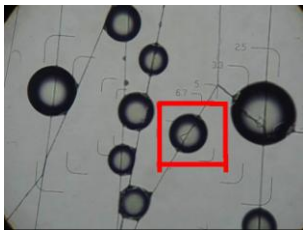
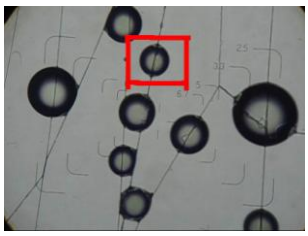
主要用於支撐蜘蛛網。　　約 4%爲黏性物質以及 80%的水所組成。

二、一般環境下水之單位面積蒸發率

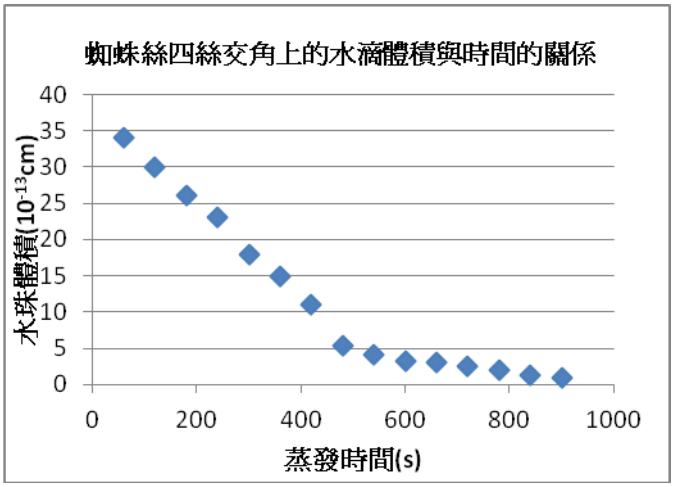
在一般 25℃的環境下，我們在表面積約爲 66.5 平方公分的容器中測量水的蒸發量，量出 30 分鐘時的水之蒸散量約爲 0.09 克，平均每一秒蒸發了 5×10^{-5} 克，單位面積蒸發率約爲 7.69×10^{-7}cm/s。

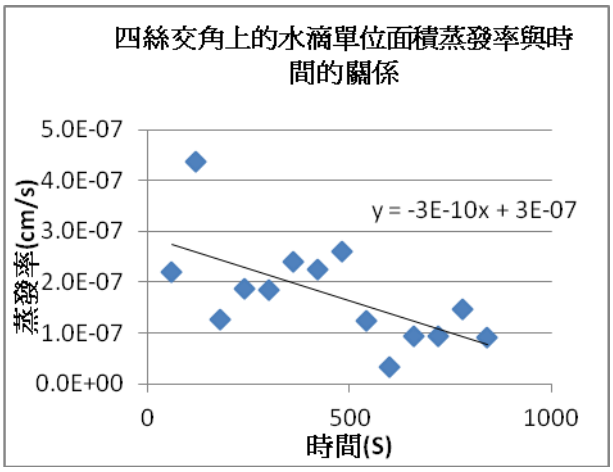
水爲 1o.o 克(前)	1 小時後水爲 9.72 克(後)

三、蜘蛛絲之水滴體積與時間的關係

			
四絲交角上的水滴	兩絲交線的水滴	有紡錘點的水滴	無紡錘體的水滴

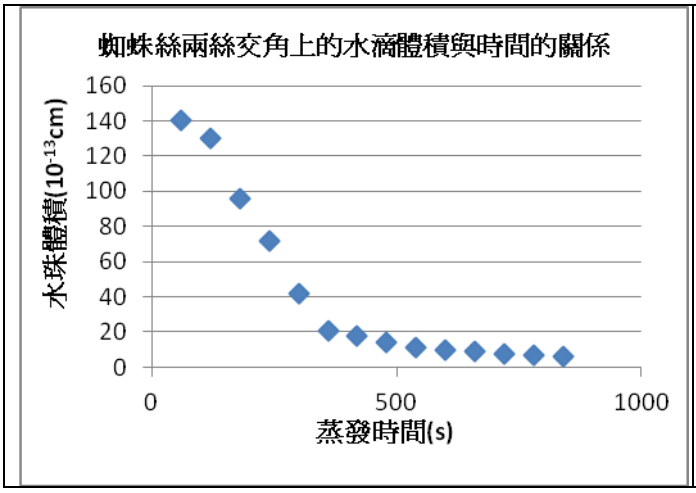
(一)　四絲交角上的水滴體積與時間的關係

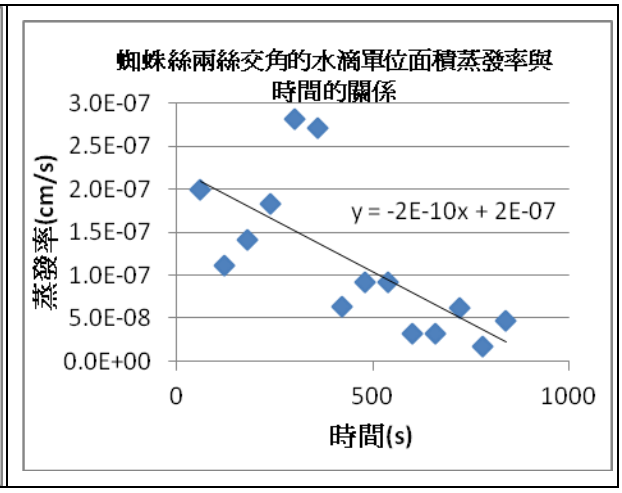




水滴附著於四絲交線時，體積在 3.5×10^{-11}~5.3×10^{-12}cm^3 時水滴單位體積蒸發率約爲 2.2×10^{-7}cm/s，水滴體積在 3.5×10^{-12}~1.0×10^{-10}cm^3 時水滴的單位體積蒸發率爲 9×10^{-8}cm/s ，由此可知水滴附著於四絲交線時在 3.5×10^{-12} cm^3 的體積時單位體積蒸發率有明顯的改變，此時水珠的半徑約爲 9.2×10^{-5}cm。

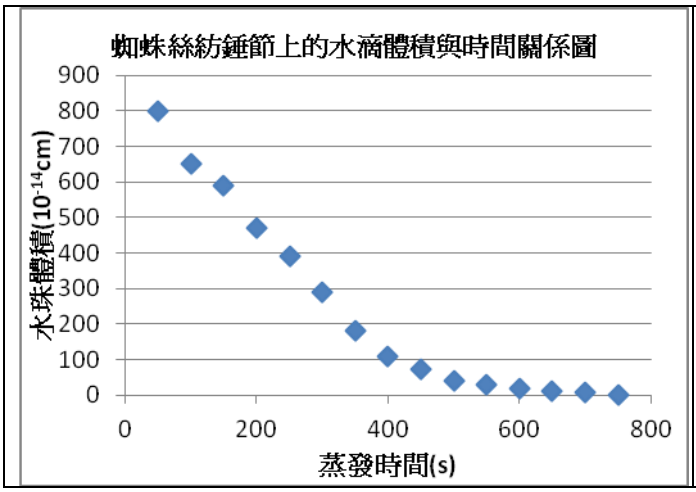
(二)　兩絲交線的水滴體積與時間的關係

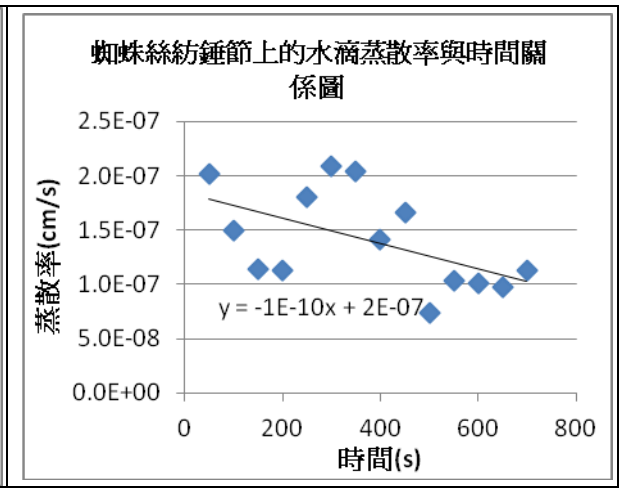




水滴附著於兩絲交線，其體積在 1.4×10^{-11}~$2.1\times10^{-12}cm^3$ 時水滴的單位體積蒸發率約爲 $2.1\times10^{-7}cm/s$，水滴體積在 1.8×10^{-12}~$5.9\times10^{-13}cm^3$ 時水滴的單位體積蒸發率爲 $5.5\times10^{-8}cm/s$ ，由此可知水滴在 1.8×10^{-11} 的體積時單位體積蒸發率有明顯的改變，此時水珠的半徑約爲 $7.6\times10^{-5}cm$。

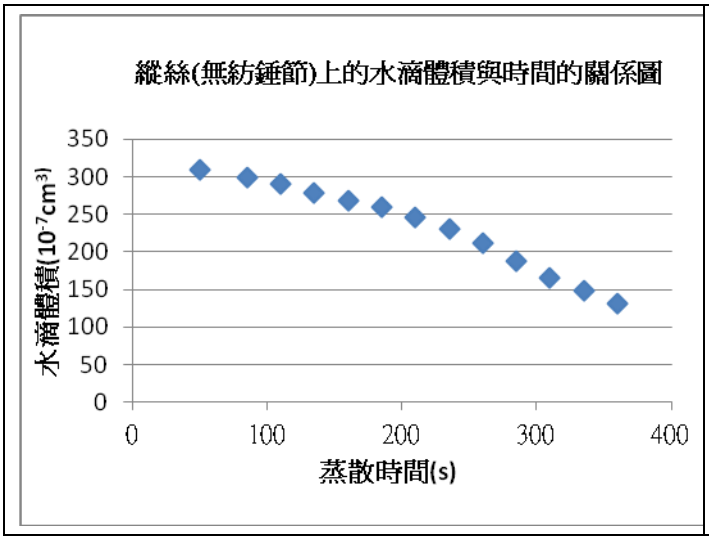
(三)　橫絲(有紡錘節)上的水滴體積與時間的關係圖

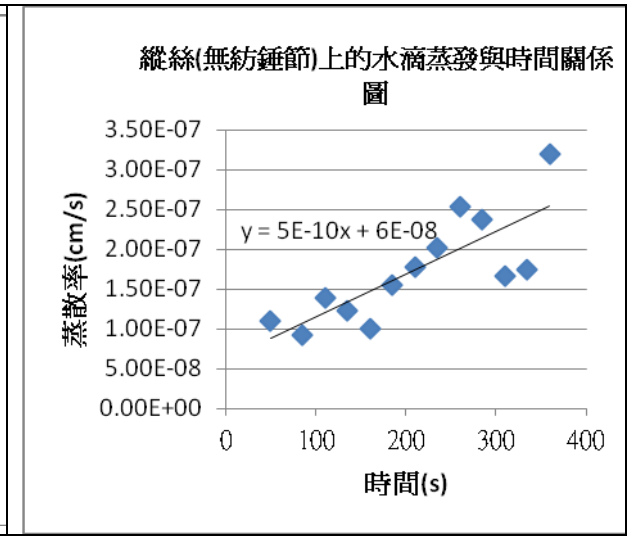




蜘蛛絲上的紡錘節凝結出小水滴後，其體積在 9.0×10^{-12}~$1.1\times10^{-12}cm^3$ 時水滴的單位體積蒸發率約爲 $1.8\times10^{-7}cm/s$，水滴體積在 7.4×10^{-13}~$1.7\times10^{-14}cm^3$ 時水滴的單位體積蒸發率爲 $1.0\times10^{-7}cm/s$ ，由此可知水滴在 7.4×10^{-13} 的體積時單位體積蒸發率有明顯的改變，此時水珠的半徑約爲 $6.4\times10^{-5}cm$。(三) 無紡錘體的水滴體積與時間的關係圖

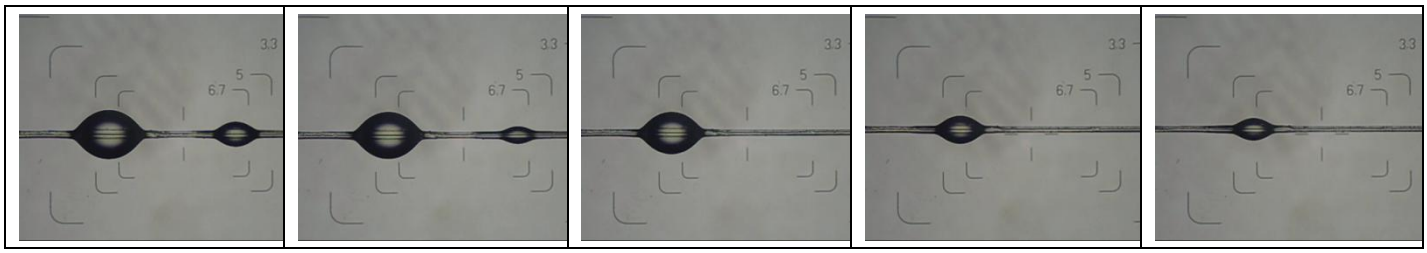
(四)　縱絲(無紡錘節)上的水滴體積與時間的關係圖



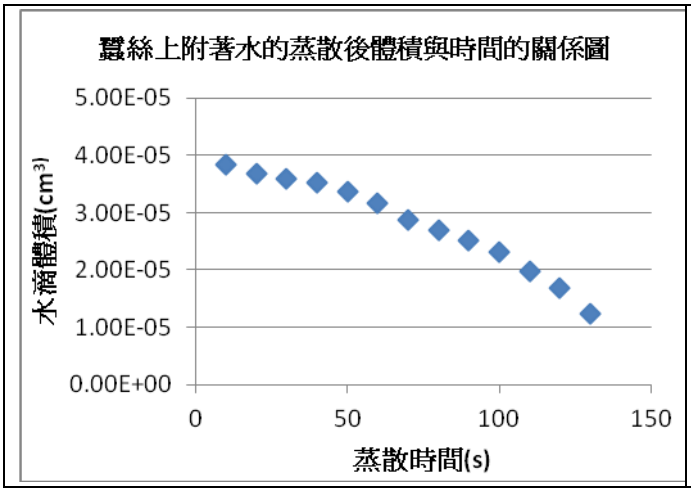


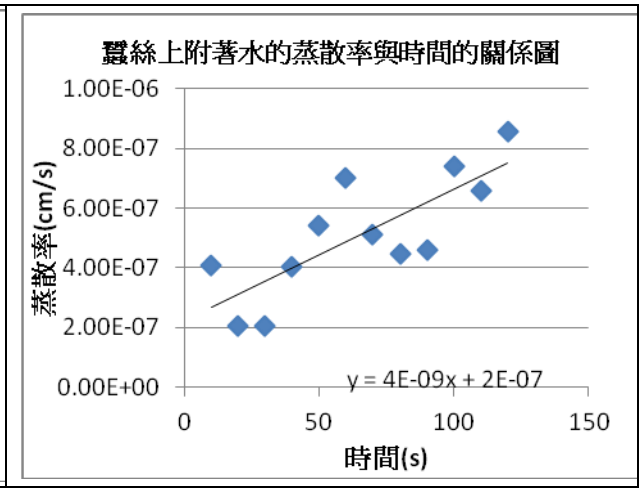
縱絲(無紡錘節)上的小水滴體積隨時間變化的過程中，其體積未有明顯的轉折點，且其蒸發率平均約為 1.9×10^{-7}cm/s 。

四、蠶絲之蒸散速率表



蠶絲蒸發情形影像截圖

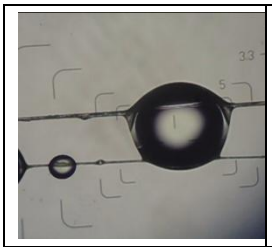
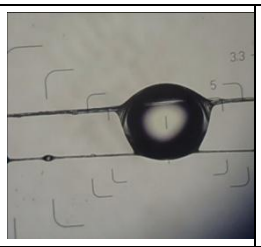
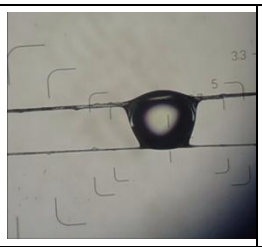
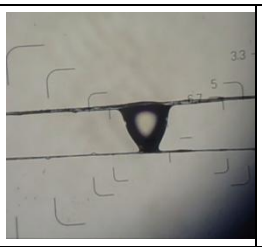
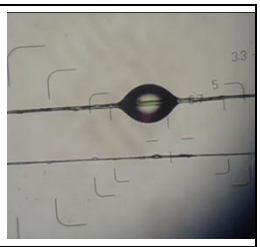




實驗改採蠶絲來凝結水蒸氣後，在觀察其水滴的蒸發率發現蒸發率隨水滴的蒸散時間而

變大，這個現象與蜘蛛絲有明顯的不同。

五、蜘蛛絲與蠶絲平行中凝結水後分析附著力的結果

				
第一組	第二組	第三組	第四組	分離後

	第一組	第二組	第三組	第四組
蠶絲作用面積 cm^2	3.60×10^{-14}	3.12×10^{-14}	2.48×10^{-14}	1.68×10^{-14}
蜘蛛絲作用面積 cm^2	0.715×10^{-14}	0.572×10^{-14}	0.451×10^{-14}	0.198×10^{-14}
蜘蛛絲、蠶絲附著力比值	5.03	5.45	5.49	8.48

由本實驗可知蠶絲約爲蜘蛛絲直徑的 2.4 倍，水滴作用在蠶絲的面積與作用在蜘蛛絲面積的反比例爲水兩絲的附著力的比值約爲 5.32。

陸、 結論

一、 由我們實驗的結果發現水珠在蜘蛛絲上的蒸發率在越接近絲時其蒸發率越小，水珠中有越多絲時蒸發率變小其水珠直徑就越大，也就是水珠會受到蜘蛛絲的影響，蒸發率會隨之下降。我們比較有紡錘節與無紡錘節的差異，雖然兩者都有對水的蒸發率造成影響，但有紡錘節的絲對水之蒸發率影響較大。由於紡錘節是由 4%的黏性物質以及 80%的水所組成，所以造成接近絲時表面水分子受到吸附力的影響變大，而造成此現象。

二、 本實驗使用的蠶絲比蜘蛛絲的直徑大 2.4 倍而對水珠的蒸發率的影響極微，可見水分子在不同的接觸物體的內部結構力會有不同的調整。

三、 蜘蛛絲與蠶絲水的附著力可發現，蜘蛛絲對水的附著力約爲蠶絲的 5.32 倍，也可以以此驗證水珠在蜘蛛絲附著時蒸發率會變小，附著力影響了水表面的蒸發率須要有一定

的厚度。

四、　依我們實驗結果可以得知蜘蛛絲的熱傳導係數與銅線的相差不大，蜘蛛絲之熱傳導係數的理論值約爲 416 W/mk 而銅線之熱傳導係數的理論值爲 401 W/mk。

柒 、參考文獻

1. Nature 463 (2010)
2. 化工資訊月刊，Vol.46，1999
3. 高中基礎物理 泰宇出版社 作者：陳文典
4. 物理教學示範實驗教室　作者：國立台灣師範大學物理系 黃福坤

【評語】040111

1. 本作品探討蜘蛛絲之水蒸發率及其熱傳導性質，主題頗有趣味。

2. 本作品之實驗設計宜再檢討，對於實驗數據之處理應更有組織且更嚴謹。