

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

第一名

080318

天羅地網

學校名稱：臺北市立教育大學附設實驗國民小學

作者： 小六 謝允中	指導老師： 武秀韻 黃鳳琴
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：蜘蛛絲、蜘蛛絲與奈米

得獎感言



當大會主持人宣布第一名得獎作品是「天羅地網」時，我這「科展菜鳥」真是難以置信。

我常在假日跟著老師到鄰近的富陽公園觀察野外的蜘蛛，因此被蚊蟲叮的滿腳「紅豆冰」；有時蜘蛛在實驗中逃跑了，我得到處搜尋牠們；有時蜘蛛在實驗中死亡了，我的實驗就只好重來。回想這一年的研究過程，雖然常常報告寫到晚上十一、二點，但是每一個好玩有趣的實驗，都能讓我忘掉這些辛苦。

我得獎要感謝很多人，感謝天天課後督促我的武秀韻老師和黃鳳琴老師，感謝每個假日陪我到處採集蛛網的爸爸，感謝在天黑之前請假陪我抓蜘蛛的媽媽，感謝忍耐很久怕蜘蛛怕的要命的姊姊和弟弟，感謝許許多多聽我練習解說的學弟妹和觀眾，更要感謝這些讓我觀察和紀錄的小蜘蛛。

摘要

本研究是觀察蜘蛛結網的種類，並且透過人工飼養的方法，設計不同的環境因子，觀察蜘蛛如何結網；另外，我還發現蜘蛛網上的水珠和荷葉上的水珠很像，所以搜集資料，用電腦軟體來輔助與驗證水滴在蛛網現象與奈米效應的關係。研究發現：

一、蜘蛛網可以用白色萬用凝膠採集。

二、蜘蛛網種類可分為正常圓網、空心圓網、漏斗網、吊鐘網、帳篷網、皿網、天羅地網。

三、人工飼養蜘蛛所結的網可在直立樹枝上結圓形網，其他則否。

四、無風時蜘蛛所織的絲較稀疏，反之則否。

五、有光源時蜘蛛能織出絲網，沒光源時網雜亂而稀疏。

六、震動大蜘蛛絲較長、較稀疏，反之則否。

七、水滴在蜘蛛絲與不同的線材比較，由軟體分析，蜘蛛絲上的水滴與奈米效應相類似。

壹、研究動機

我時常發現在家中、草叢中、水邊及樹林裡，到處都有蜘蛛在活動，也可以看到蜘蛛網。我特別對蜘蛛結的網充滿好奇，於是我想知道蜘蛛網都是圓形的嗎？蜘蛛要在怎樣的環境才能結網？蜘蛛網上的水珠和荷葉上的水珠很像，那麼蜘蛛網的結構與奈米是否有關係？很多疑問在我的腦海裡，因此我搜集了許多資料，想要做有關蜘蛛網的研究。

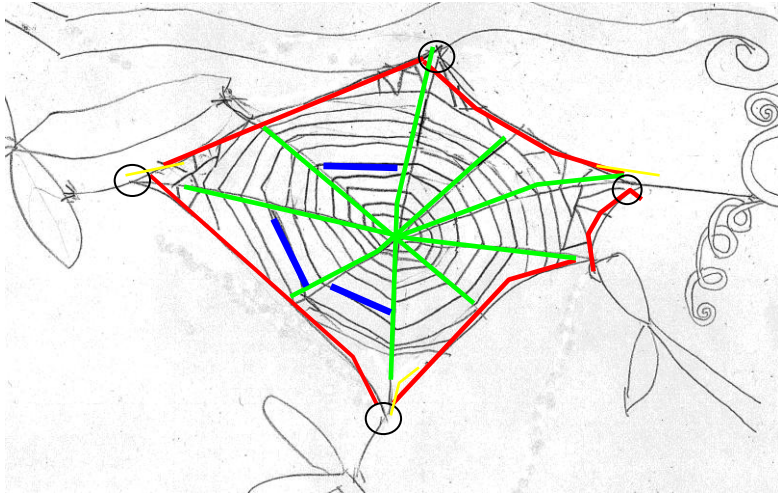
貳、研究目的

- 一、研究採集蜘蛛網的方法
- 二、觀察瞭解野外蜘蛛網的種類
- 三、觀察人工飼養的蜘蛛所結的網
 1. 探討樹枝擺放對蜘蛛結網的影響
 2. 探討風力對蜘蛛結網的影響
 3. 探討光線對蜘蛛結網的影響
 4. 探討振動對蜘蛛結網的影響
- 四、探討蜘蛛網結構與奈米的關係

參、文獻探討

一、蜘蛛網的名詞定義

我在觀察蜘蛛網的時候，發現蜘蛛絲的結構非常複雜，我本來只會拍照和畫圖，但卻不知如何記錄及表達，所以我參考了圖鑑說明和自己的理解，整理了蜘蛛網圖（圖 1），用來幫助自己觀察與記錄。



黃色：支持絲
紅色：橋絲
黑色圈圈：附著點
綠色：放射絲
藍色：橫絲

圖 1：手繪觀察蜘蛛網

- (一) 橋絲：織網初期，蜘蛛會先織一條強韌的絲線在蜘蛛網的最上面。
- (二) 放射絲：從網的中心向外延伸放射狀的絲線。
- (三) 橫絲：放射絲與放射絲之間相互連接的絲線有的可能形成漩渦狀或圓形。
- (四) 附著點：連結其他物體來支撐整個絲網連接點。
- (五) 支持絲：物體與網面連接的絲線，可支持網面架構。

二、蜘蛛的相關研究

我查了四十五到四十八屆有關蜘蛛研究的科展（參閱文獻），有的研究生態行為及習性的，這些研究讓我知道如何尋找與觀察蜘蛛；有一些是研究蜘蛛網的結構，以及蜘蛛網和環境因子的關係，這些研究讓我想到蜘蛛網的種類有那些，及如何人工飼養蜘蛛，如何設計結網的環境。

三、生物中的奈米資料

- (一) 奈米表面結構造成疏水性質與油或蠟物質等具疏水性的機制不同，前者是物理性表面結構效應而造成葉面超低表面能特性，使水珠不易附著葉面，而具超疏水特性（接觸角接近 160 度），灰塵於葉面不易附著，當雨水沖洗時，易隨水珠滾落而達到淨潔作用。蓮葉表面的這種自我淨潔（self-cleaning）現象，由於是從蓮葉所發現，因此又叫做「蓮葉效應」（Lotus effect）（國立科學工藝博物館，2010）。我清晨在野外常觀察到水氣或小雨滴在蜘蛛絲上聚集，也有類似完整水珠的樣子，這是不是也像一種「蓮葉效應」？

- (二) 徐世昌（2002）的研究中說明蓮花的葉子從巨觀上來看，或許和其他植物的葉

子比，沒有特別不同的地方，但是我們透過一些實驗，從微觀的角度來觀察蓮葉的表面物理結構及化學組成，由接觸角的實驗結果發現，水在蓮葉上的接觸角高達 160 度。由掃描式電子顯微鏡觀察表面較為平坦植物的葉子，接觸角小於 100 度。從這個訊息我想到了驗證蜘蛛絲是奈米級的方法，因此我也可以用這種測量接觸角的方法，驗證不同的線材和蜘蛛絲上的水珠是否有奈米效應。

(三) 最後我上網查到：蜘蛛絲具有高彈性、高強度及黏性，可說是世界上最強的生物纖維。一條小小的蜘蛛絲是由數十到百條奈米結構結晶蛋白質纖維纏繞而成的（王敬雅，2010）。我原本不知道蜘蛛絲是奈米級的結構，這個資料證明了我的想法。

肆、設備與器材

- 一、收集蜘蛛網標本：銀色噴漆、萬用凝膠、黑紙、數位相機
- 二、環境因子實驗：飼養箱、電風扇、樹枝、筆記本、數位相機
- 三、蜘蛛網結構實驗：棉線（粗、細）、尼龍線、尼龍繩、毛線、釣魚線（粗、細）、奈米布、水、噴霧器、潤滑油、電腦及相片檢視軟體(Picasa)、圖像編輯軟體 (PicPick)。

伍、研究過程與方法

一、研究採集蜘蛛網的方法

採集的目的是讓自己了解蜘蛛網的結構，增加自己畫蜘蛛網的能力，便於以後野外觀察記錄，我共搜集了 5 面網，有三面失敗，兩面成功。

(一) 收集方法（試驗階段）：

我參考前人科展研究的採集方法，使用以下方法收集蜘蛛網，但是都不能順利的成功採集。方法如下：

- 1.先選擇網形完整，直徑大約 20 cm的圓形蛛網。
- 2.把蜘蛛從網上趕走，不讓蜘蛛噴到銀色噴漆而受傷。
- 3.再噴上銀色噴漆，讓蛛網上的蜘蛛絲更為明顯。
- 4.最後小心將黑紙從蜘蛛網後方黏上，再噴一點萬用凝膠以便固定。

(二) 改良後方法：

經過多次的失敗和檢討，我嘗試各種不同的方法，最後終於研究出成功採集蛛網的方法。方法如下：

1. 先把蜘蛛從網上趕走，不讓蜘蛛因為噴到萬用凝膠而受傷。
2. 在蛛網約半公尺距離外，直接噴上白色萬用凝膠（高思牌 3M），然後輕輕的將黑紙從蛛網後方向上黏，最後再噴一點萬用凝膠加以固定。

二、觀察瞭解野外蜘蛛網的種類

(一) 調查方法：我都在富陽生態公園和住家附近（木柵）的 140 高地公園進行蛛網觀察記錄。

(二) 收集資料：觀察到比較明顯的蜘蛛網之後，查閱圖鑑和拍照，因為蜘蛛網不容易拍照，所以我會在不破壞蜘蛛網的原則下，用噴水氣霧狀噴水，讓水珠留在蜘蛛網，方便拍照及觀察記錄。也因為如此，讓我想到了蜘蛛網上的水滴與蓮花效應的關係（研究目的四）。

三、觀察人工飼養的蜘蛛所結的網

三~1、探討樹枝擺放對蜘蛛結網的影響

(一) 方法：




1. 利用例假日到台北市富陽公園尋找蜘蛛，捕捉了 6 隻長腳蛛用於研究。
2. 設計不同樹枝擺放方式的實驗，每個組別各做兩個（以 1、2 分別標示），每個飼養筒放一隻蜘蛛，每組各做兩個飼養箱，是為預防有死亡或病弱的情形，所以觀察採狀況較好的來記錄。我擺放的樹枝長度和粗度都盡量相同，讓蜘蛛在飼養盒中自行結網。

(1) 對照組 A（無樹枝 A1、A2）：不放樹枝，每個飼養筒放一隻蜘蛛。

(2) 實驗組 B（直放樹枝 B1、B2）：豎立 4 根樹枝，用透明膠帶直立貼在飼養盒壁側。

(3) 實驗組 C（橫放樹枝 C1、C2）：橫放 4 根樹枝，用透明膠帶以井字型貼在飼養盒底部。

(二)飼養方式：每個飼養盒放的蜘蛛體型都相同大小，各放一片大小相同的柳丁，吸引果蠅餵食。

<p>對照組 A (無樹枝 A1、A2)</p>	
<p>實驗組 B (直放樹枝 B1、B2)</p>	
<p>實驗組 C (橫放樹枝 C1、C2)</p>	

三~2、探討風力對蜘蛛結網的影響

(一) 步驟：

- 1.爲了做風力影響蜘蛛結網實驗，考慮實驗一致性，所以同樣再到富陽生態公園捕捉 3 隻同種長腳蛛。
- 2.加進 10 片枯葉及 4 支樹枝豎立在飼養箱四周，風扇用厚紙板及膠帶固定，並在厚紙板中間挖一個通風口讓風吹進去，以便進行研究。
- 3.樹枝皆直放，每個飼養盒放一隻蜘蛛，體型都相同大小，也各放一片大小相同的柳丁，吸引果蠅餵食，最後觀察蜘蛛在飼養箱中結網的情形。

4.爲了要設計風力因子的實驗，原本家裡就有一個小散熱風扇，爸爸又陪我到光華電子廣場另外買了電流較小的筆電用小散熱風扇（5V），這種電扇大小正好適合放到飼養箱上，用來營造不同風力影響蜘蛛結網之環境。

5.家中的電源是交流電，可是我要將 12V 和 5V 的直流電扇放到飼養箱上，因爲不確定整流器的正負極爲何，所以我用三用電表檢測整流器正負極。

6.然後經測量後發現，目前使用的整流器接頭，內部是正極，外部是負極，如此測試可以讓我知道如何使風扇轉動，並確定風是由外向內吹入。

7.最後用膠帶固定風扇的連接電線在飼養箱旁邊。

(二) 實驗環境設計：

1.對照組甲（無風）：未設置風扇以營造無風狀態。

2.實驗組乙（小風）：小型風扇，電壓 5V，小風扇從飼養箱上方向下吹入。




3.實驗組丙（強風）：大型風扇，電壓 12V，大風扇從飼養箱上方向下吹入。

<p>對照組甲（無風）</p>	
<p>實驗組 乙(圖左：小風/小型風扇/5V) 丙(圖右：強風/大型風扇/12V)</p>	
<p>實驗組風力測試 乙(圖左：小風) 丙(圖右：強風)</p>	

三~3、探討光線對蜘蛛結網的影響

光線因子實驗：設計兩種光線大小方式的實驗，並配合用無光枝作為對照組 A，每個實驗組 B 和 C 各做兩個（以 1、2 分別標示），觀察牠們織的蜘蛛網的樣貌，在其中樹立了四根樹枝，讓蜘蛛在飼養盒中自行結網。

- (一) 對照組 A（透明 A1、A2）：在其中樹立了四根樹枝，每個飼養箱放一隻蜘蛛，觀察蜘蛛在飼養箱結網情形。
- (二) 實驗組 B（半透明 B1、B2）：在其中樹立了四根樹枝，用半透明的紅色玻璃紙，每個飼養箱放一隻蜘蛛，觀察蜘蛛在飼養箱結網情形。
- (三) 實驗組 C（不透明 C1、C2）：在其中樹立了四根樹枝，用不透明的黑紙包起來，每個飼養箱放一隻蜘蛛，觀察蜘蛛在飼養箱結網情形。

對照組 A (全透光 A1、A2)	
實驗組 B (半透光 B1、B2)	
實驗組 C (不透光 C1、C2)	

三~4、探討振動對蜘蛛結網的影響

(一) 方法

- 1.為考慮實驗一致性，還是到富陽生態公園捕捉 3 隻同種類長腳蛛，但是體型較大的蜘蛛用於研究。
- 2.到文具店買了兩組學生實驗用小馬達套件組，利用所附一大一小的風扇扇葉（大扇葉長 4 cm，小扇葉長 1 cm），在兩組風扇其中一片葉片上各黏貼上一顆螺絲（使震動更明顯），以營造不同震動強度。
- 3.同樣以樹枝擺放直立的實驗方式，把樹枝分別豎立在三個大飼養箱的四邊，讓蜘蛛在飼養箱中便於結網。
- 4.把兩組不同震度的風扇馬達組，黏貼在大飼養箱蓋子外側上方，並用鐵絲將馬達加以固定，避免風扇馬達組因長時間震動而鬆脫。在飼養箱下墊放不織布（4 層），減少飼養箱底部與桌面的接觸震動。
- 5.每個飼養箱各放一隻體型都大約相同的大長腳蛛，震動時間設定為早上 7 點到晚上 7 點，每天 12 個小時，觀察牠們在飼養箱中自行結網的情形。

(二) 實驗環境設計：

1. 實驗組 A（大震動）：小馬達裝上大風扇（扇葉長 4 cm），電壓 3V，並在其中一片扇葉上裝上一顆大螺絲，固定在飼養箱蓋子上方，製造較大的震動。
2. 實驗組 B（小震動）：小馬達裝上小風扇（扇葉長 1 cm），電壓 3V，並在其中一片扇葉上裝上一顆小螺絲，固定在飼養箱蓋子上方，製造微弱的震動。
3. 對照組 C（不震動）：未設置馬達以營造無震動的靜止狀態。

實驗組 A（大震動）



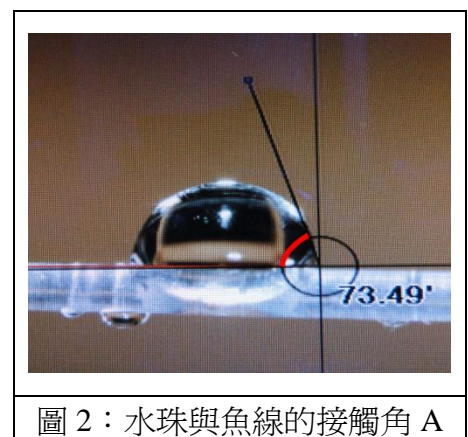


四、探討蜘蛛網結構與奈米的關係

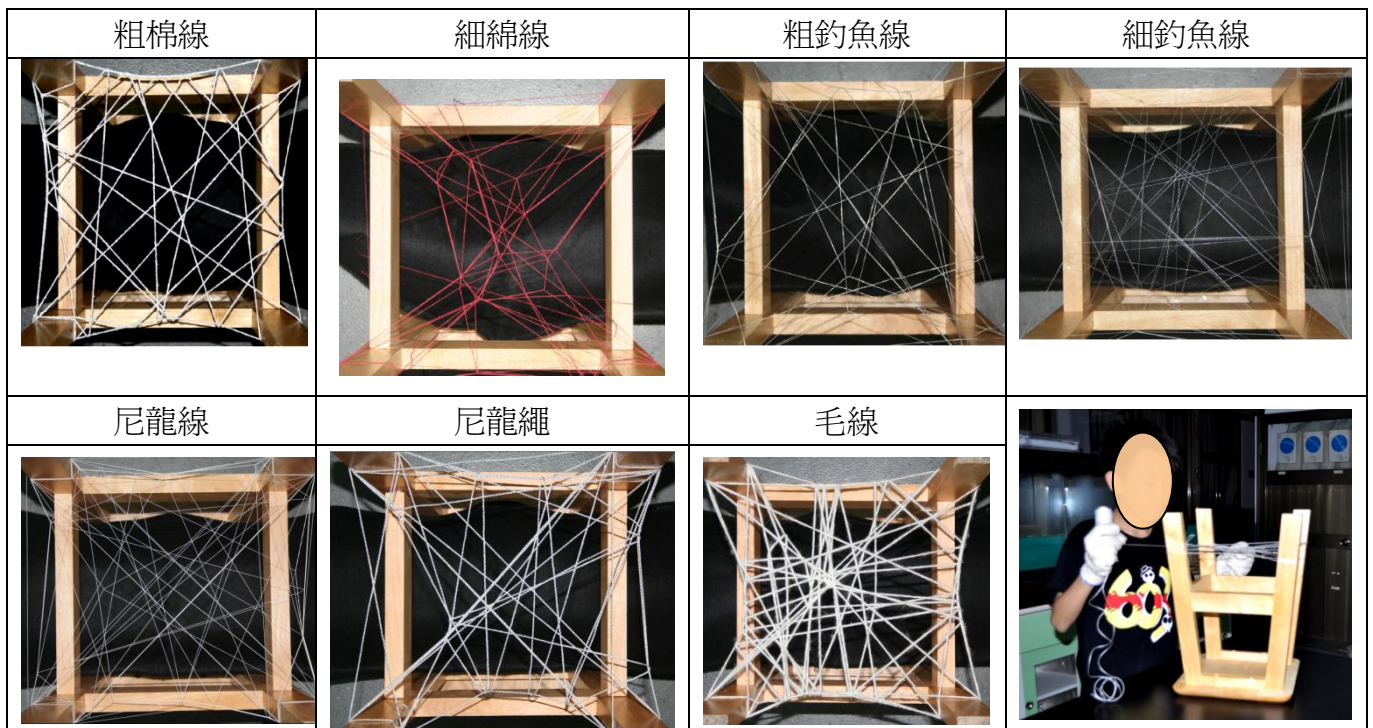
(一) 想法：為了解蜘蛛網是否有類似蓮花的「蓮葉效應」，所以我用奈米布作為參考，先量出水滴與奈米布的接觸角，再用各種絲線在上面滴水，同樣測量水滴與絲線的接觸角（圖 2），以比較日常生活所用之人工絲線與我們週遭環境常見的蜘蛛網材質及特性的不同。






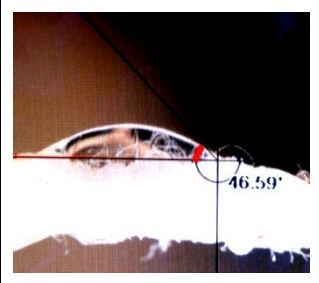
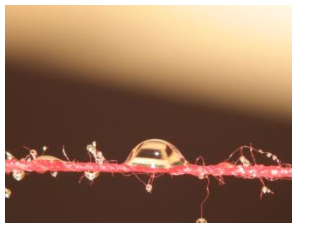





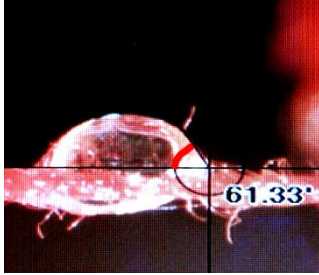

(二) 方法：



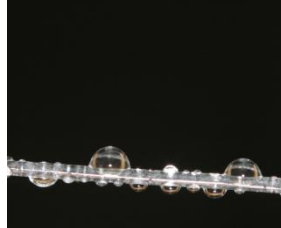
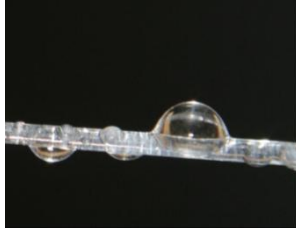
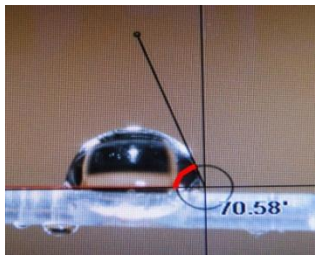

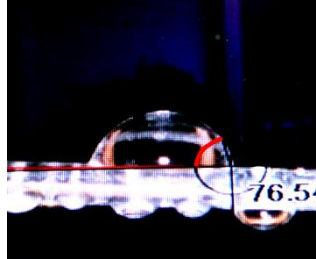
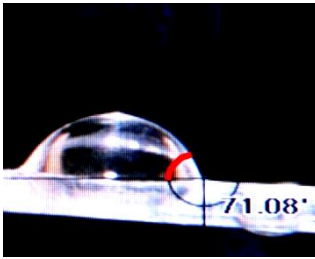
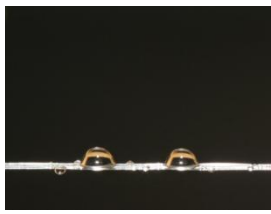




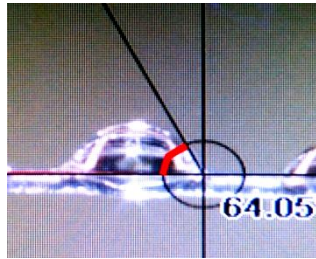





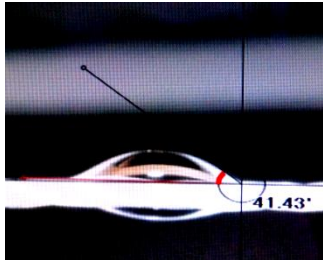


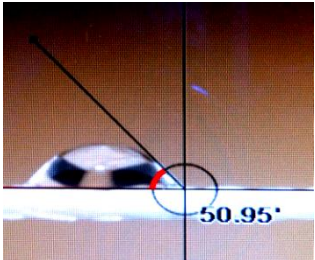
1. 利用學校教室板凳，
將 5 種線材分別纏繞翻轉
後板凳腳上，模擬蜘蛛在自然環境下所
結的網。

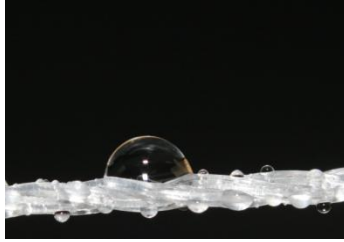

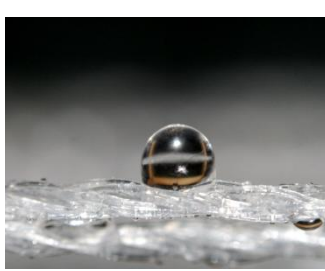
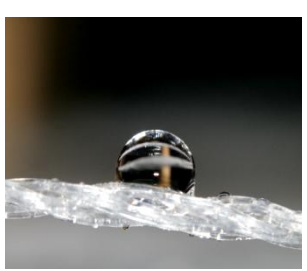
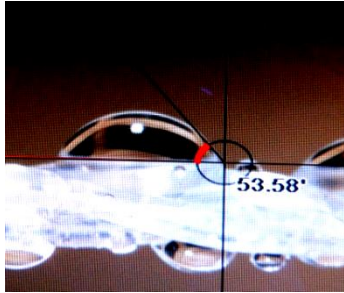
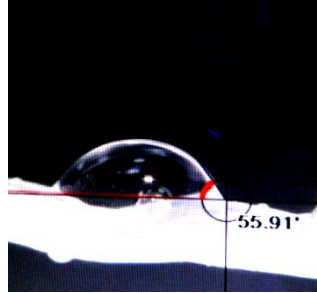

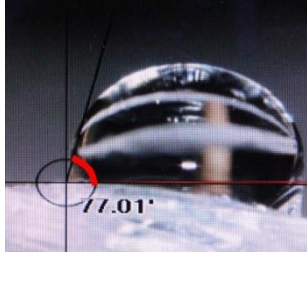




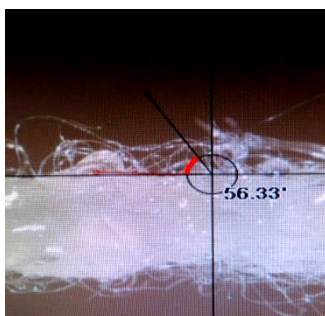
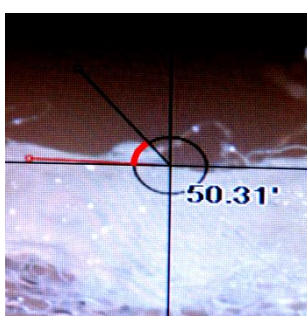




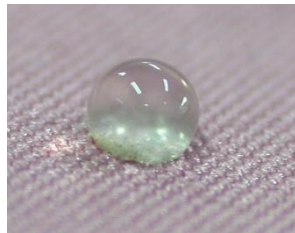
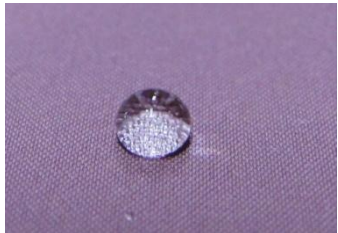
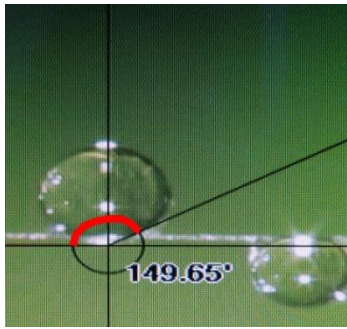

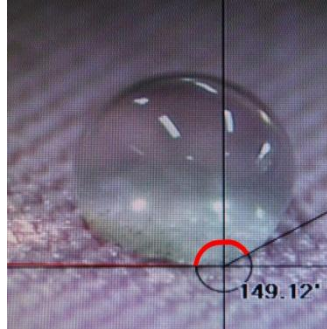

- 2.用噴霧器分別噴水後以近距離拍照。
- 3.另外將所有線材以棉棒塗上潤滑油，重複以上噴水及拍照程序。
- 4.所拍圖片利用的電腦上相片檢視軟體(PicPick)圖像編輯軟體中的量角器測量水珠與各種線材間的「接觸角」(夾角 A)，作為與蛛絲及奈米布受水分濕潤程度之比較。



粗棉線直接噴水		粗棉線抹上潤滑油後噴水	
			
水珠與粗棉線的接觸角		水珠與粗棉線的接觸角	
無法形成水珠	無法形成水珠		
細棉線直接噴水		細棉線抹上潤滑油後噴水	
			
水珠與細棉線的接觸角		水珠與細棉線的接觸角	
			

粗魚線直接噴水		粗魚線抹上潤滑油後噴水	
			
水珠與粗魚線的接觸角		水珠與粗魚線的接觸角	
			
細魚線直接噴水		細魚線抹上潤滑油後噴水	
			
水珠與細魚線的接觸角		水珠與細魚線的接觸角	
			
尼龍線直接噴水		尼龍線抹上潤滑油後噴水	
			
水珠與尼龍線的接觸角		水珠與尼龍線的接觸角	
			

尼龍繩直接噴水		尼龍繩抹上潤滑油後噴水	
			
水珠與尼龍繩的接觸角		水珠與尼龍繩的接觸角	
			
毛線直接噴水		毛線抹上潤滑油後噴水	
			
水珠與毛線的接觸角		水珠與毛線的接觸角	
無法形成水珠	無法形成水珠		

珠蛛絲		奈米布	
			
水珠與珠蛛絲的接觸角		水珠與奈米布的接觸角	
			

陸、研究結果



一、採集蜘蛛網的方法

在蛛網約半公尺距離外，直接噴上白色萬用凝膠，然後輕輕的將黑紙從蛛網後方向上黏，最後再噴一點萬用凝膠加以固定就成功了。

我們開始要趕走蜘蛛	在上面噴上漆	噴上凝膠後的結果
		

二、觀察瞭解野外蜘蛛網的種類

表 1：野外蜘蛛網種類

種類	網形與環境介紹	
<p>正常圓網</p>	<p>(1)網型描述：網中央沒有隱帶，且依不同環境造出圓網，而每兩條放射絲之間也都以橫絲連結。</p> <p>(2)周圍環境：需要一個無障礙物的平面空間，並且有三個以上的支持點，才能架開一面圓網。</p> <p>(3)種類：人面蜘蛛、橫帶人面蜘蛛。</p>	
<p>空心圓網</p>	<p>(1)網型描述：網中央有一段沒有織絲（橫絲），其他部分與正常圓網相同，這種類型的網稱為「空心圓網」。</p> <p>(2)周圍環境：與圓網相同，都需要一個無障礙物的平面空間，以及三個以上的支持點，才能架開一面空心圓網。</p> <p>(3)種類：日本長腳蛛、大銀腹蛛</p>	

種類	網形與環境介紹	
<p>漏斗網</p>	<p>(1)網型描述：網型類似漏斗型的立體網，通常開口朝上，而下方有時會有一個小洞（有時沒有），蜘蛛通常會再用其他的絲支撐整座網。</p> <p>(2)周圍環境：這種類型的網需要一個環繞著樹葉或樹枝的「窩」型的環境，中央最好沒有任何東西的「空洞」，而且蛛網必須要有緊密的支持點，以便固定整座網。</p> <p>(3)種類：小草蛛、長疣馬蛛</p>	
<p>吊鐘網</p>	<p>(1)網型描述：蜘蛛會先由上方往下拉一條蛛絲支撐，再於下方拉出多條絲線以固定蛛網，然後再將沙粒搬到蛛絲上築巢，而形成吊鐘網。</p> <p>(2)周圍環境：通常見於沙土岩壁的環境，蜘蛛用蛛絲固定在岩壁的小洞穴中。</p> <p>(3)種類：吊鐘姬蛛</p>	
<p>帳篷網</p>	<p>(1)網型描述：蜘蛛所織的網極密實，通常用於隱蔽自己，而非用於捕蟲。</p> <p>(2)周圍環境：蜘蛛利用材質較硬的樹葉表面弧度，織成帳幕網，通常會用掉葉片一半以上的面積。</p> <p>(3)種類：五紋鬼蛛、鬼蛛</p>	

三、觀察人工飼養的蜘蛛所結的網

三~1、探討樹枝擺放對蜘蛛結網的影響

結果：我從 2 月 7 日開始進行實驗觀察，一直到 2 月 19 日止，總共觀察 12 天，觀察結果如下：

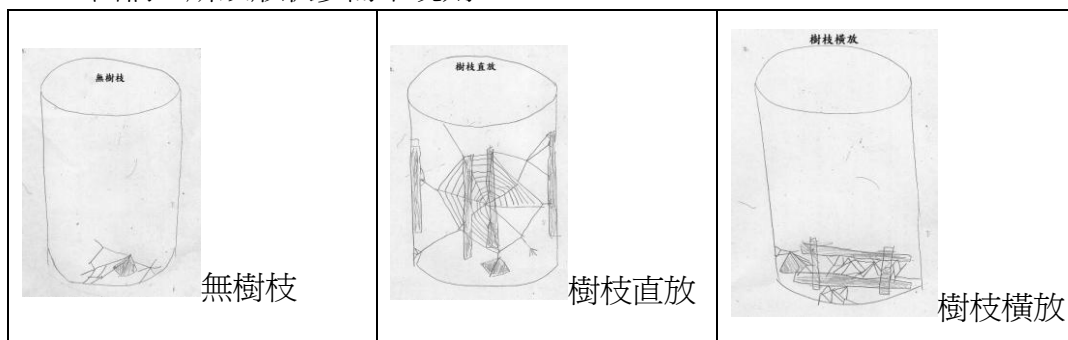
表 2：人工飼養蜘蛛結網的環境實驗

	A--無樹枝	B--樹枝直放	C--樹枝橫放
顏色	銀白	銀白	銀白
長度	8-10 cm	2.5-10 cm	4-5 cm
形狀	不規則	斷圓網	不規則
疏密	密集	密集	密集
數量	50-60 條	90-100 條	50-60 條
特殊構造	無	具有斷圓網構造	無
發現	無	無	無

(一)研究結果：

- 1.A 桶無樹枝的蜘蛛都在桶子角落結網，長度都很短，但數量很多，所以看起來十分密集。
- 2.B 桶樹枝直放的蜘蛛，利用樹枝結出一個斷圓網，十分密集，網面的角度約有 75 度。
- 3.C 桶樹枝橫放的蜘蛛在底部的樹枝間織網，蜘蛛絲都非常短，有很多條絲，看起來十分密集。

(二)研究推論：蜘蛛比較能夠在直立樹枝上結圓形的平面網，可能是因為有支持點能提供空間結網，而桶內無樹枝及樹枝橫放的蜘蛛，無法有空間結有規則的平面網，所以形狀多而不規則。



三~2、探討風力對蜘蛛結網的影響：

我從 2 月 28 日開始進行實驗觀察，一直到 3 月 4 日止，總共觀察 5 天，最後一天的觀察結果如下：

表 3：風力影響蜘蛛結網實驗

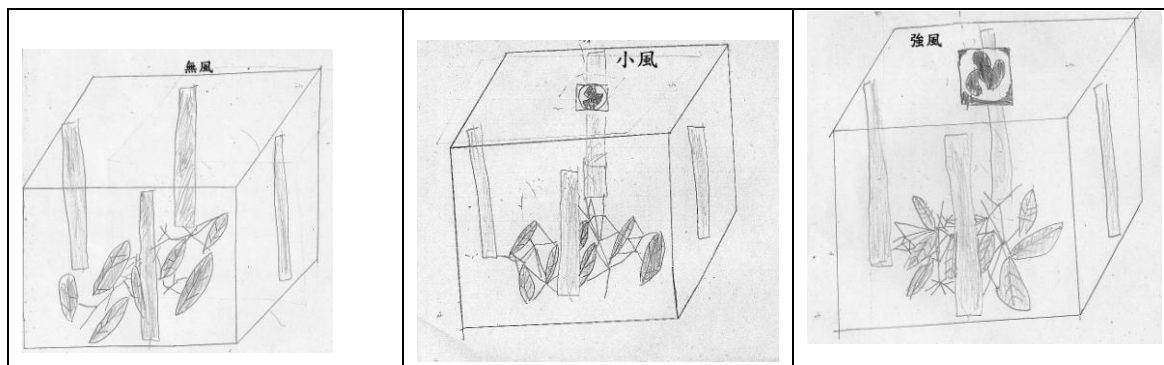
	甲 — 無風	乙 — 微風	丙 — 強風
數量	20-50	70-80	80-90
長度	8-9	7-8	5-8
疏密	小區域	密集	密集
形狀	不規則	不規則	不規則
顏色	銀白	銀白	銀白
特殊構造	蜘蛛會利用葉片、樹枝和側壁	蜘蛛會利用葉片和樹枝	蜘蛛會利用葉片、樹枝和側壁
發現	無	無	無

(一)研究結果：

1. 甲飼養箱裡面的蜘蛛織出的絲較長，但數量最少、不是很密集，但蜘蛛會利用葉片、樹枝和側壁織絲。
2. 乙飼養箱的蜘蛛織出的絲比甲飼養箱較多且密集，也會利用葉片和樹枝織網。
3. 丙飼養箱織出的絲最多、最密集，但所織的絲是三組中最短的。

(二)研究推論：

無風時，蜘蛛不需要特別增加絲線固定蜘蛛網，因而所織的絲較疏、較少；風力大時，蜘蛛會織較短的絲，且織得較多、密度增加，這樣才能固定蜘蛛網。



三~3、探討光線對蜘蛛結網的影響：

我從 5 月 16 日捕捉及安置於飼養箱，次日起開始進行實驗觀察，一直到 5 月 21 日止，總共觀察 4 天，最後一天的觀察結果如下：

表 4：光線影響蜘蛛結網實驗

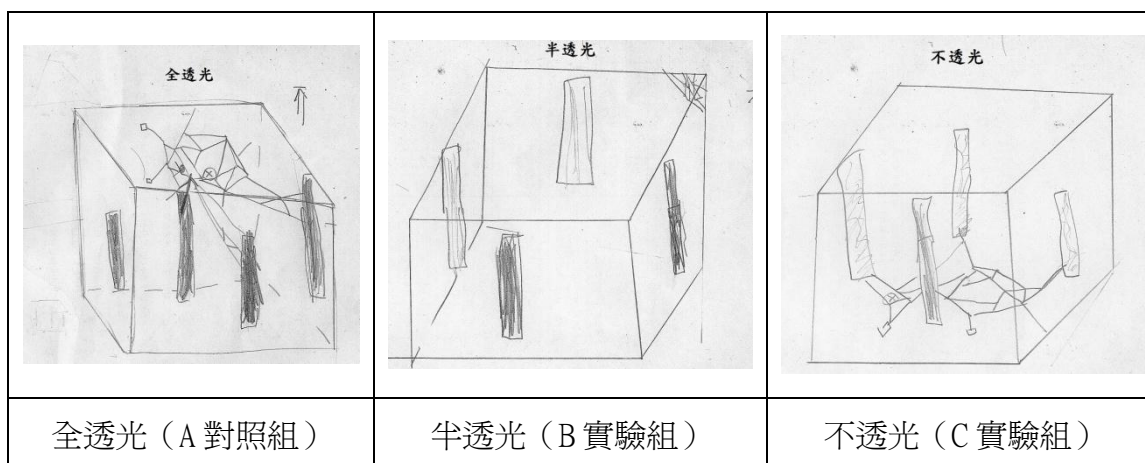
	A--全透光	B--半透光	C--不透光
數量	15-25 條	5-10 條	15-20 條
長度	5-10 cm	4-7 cm	5-9 cm
形狀	不規則	不規則	不規則
疏密	區域密集	小區域密集	區域密集
顏色	銀白	銀白	銀白
特殊構造	無	無	無
發現	脫皮	逃走	死亡

(一)研究結果：

1. 全透光（對照組 A）與不透光的蜘蛛織絲狀況沒有太大差別。
2. 完全無光的環境下（不透光，實驗組 C），蜘蛛在 5 月 19 日就死了
3. 半透光環境（實驗組 B）的蜘蛛在 5 月 17 日逃走一次，5 月 18 日再逃走第二次後就找不到了，後來在其飼養箱的角落有發現稀疏的蛛絲。

(二) 研究推論：

根據上述結果，蜘蛛結網需要有光源才織得好，而蜘蛛在沒有光線的地方下生活會死亡。



三~4、探討振動對蜘蛛結網的影響：

從 5 月 26 日開始進行實驗觀察，一直到 5 月 28 日止，總共觀察 2 天，最後一天的觀察結果如下：

表 5：震動大小影響蜘蛛結網實驗

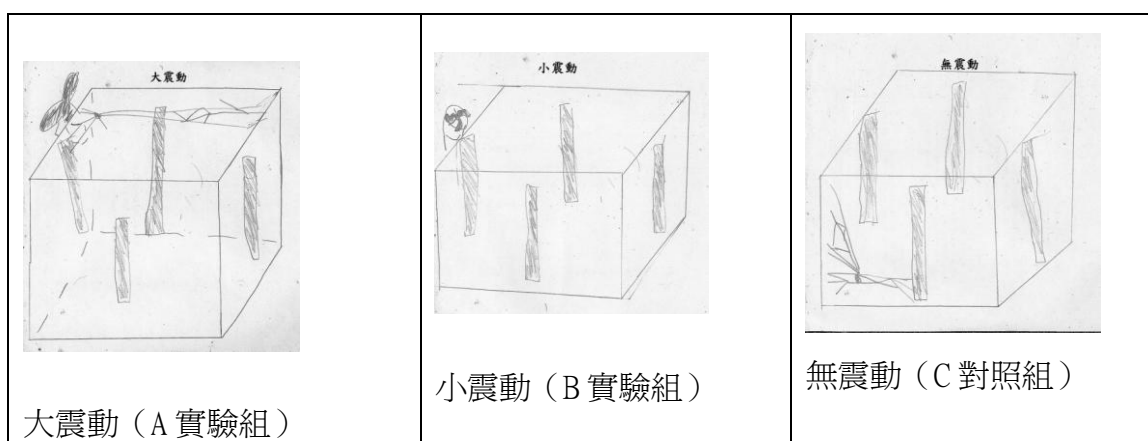
	實驗組 A (大震動)	實驗組 B (小震動)	對照組 C (不震動)
數量	7-9	無	15-20
長度	7-10	--	5-7
疏密	稀疏	--	小區域密集
形狀	不規則	--	不規則
顏色	銀白	--	銀白
特殊構造	無	無	無

(一)研究結果：

1. 實驗組 A (大震動) 的蜘蛛織出來的絲線最多、較密集，但是蛛絲較短。且震動愈大，蜘蛛愈容易躁動不安。蜘蛛在飼養箱中織出來的絲，都在端靠近馬達震動較大的地方。
2. 實驗組 B (小震動) 的蜘蛛因於實驗第 1 天逃出飼養箱外，雖然發現後就立即捉回，但在 2 天的實驗後，仍沒發現織絲。這組雖然震動較小，但是蜘蛛卻都不動。
3. 對照組 C (不震動) 的蜘蛛所織的絲較多，且集中在飼養箱角落，蜘蛛本身並明顯無躁動不安情形。

(二)研究推論：

蜘蛛可能不適應震動的環境，所以在持續震動環境下的蜘蛛織出來的絲比對照組少很多，而且比對照組的蜘蛛還要躁動許多，所以我推論：蜘蛛並不適合在震動的環境下生活，持續強烈的震動易導致蜘蛛死亡。



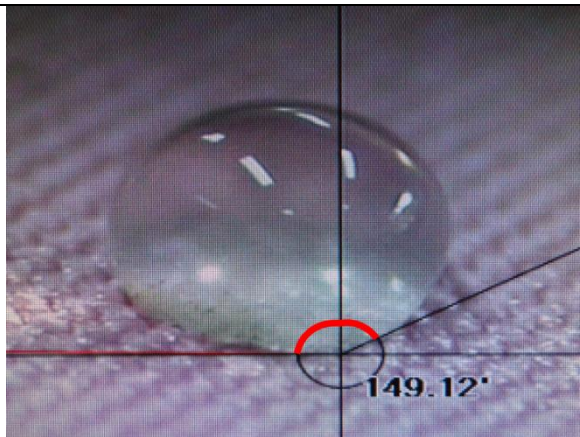
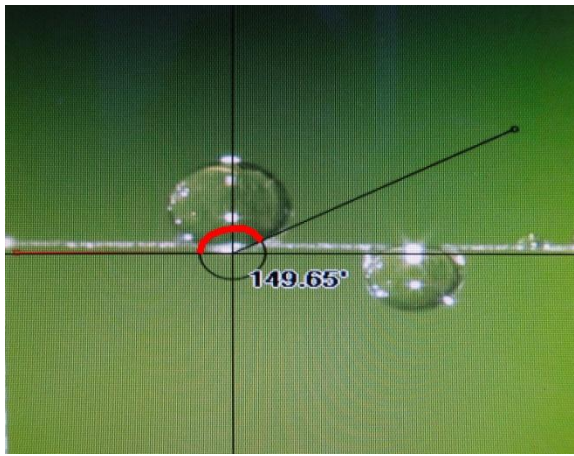
四、探討蜘蛛網結構與奈米的關係

表 6：水珠與實驗材料的接觸角

單位：度

線的材質	水珠與線的接觸角		接觸角 平均值	線的材質	水珠與線的接觸角		接觸角 平均值
	單位：度				單位：度		
粗棉線	(1)無法形成水珠	(2)無法形成水珠	0	粗棉線抹油	(1) 48.17	(2) 46.59	47.38
細棉線	(1) 56.51	(2) 57.48	56.99	細棉線抹油	(1) 61.33	(2) 68.21	64.77
粗釣魚線	(1) 62.44	(2) 70.58	66.51	粗釣魚線抹油	(1) 76.54	(2) 71.08	73.81
細釣魚線	(1) 58.11	(2)61.89	60.00	細釣魚線抹油	(1) 64.05	(2) 65.23	64.64
尼龍線	(1) 41.43	(2) 38.12	39.82	尼龍線抹油	(1) 55.70	(2) 50.95	53.32
尼龍繩	(1) 53.58	(2) 55.91	54.74	尼龍繩抹油	(1) 76.25	(2) 70.01	73.13
毛線	(1)無法形成水珠	(2)無法形成水珠	0	毛線抹油	(1) 56.33	(2) 50.31	53.32
奈米布	(1) 149.12	(2) 148.95	149.04	奈米布	(1) 149.12	(2)148.95	149.04
蜘蛛絲	(1) 149.65	(2) 145.88	147.77	蜘蛛絲	(1) 149.65	(2)145.88	147.77

表 7：奈米布與蜘蛛絲的接觸角

奈米布	蜘蛛絲
	
149.12°	149.65°

(一) 研究結果：

- 1.不同的絲線與水珠的接觸角都不到 100° 。
- 2.不同的絲線抹油後，線與油珠的接觸角都有增加，也不到 100° 。
- 3.奈米布和水珠的接觸角為 149.12° ，與蜘蛛絲和水珠的接觸角 149.65° 非常接近（表 6，表 7）。

(二) 研究發現：根據徐世昌（2002）的研究報導，測量水滴在玻璃基板（固態材料）上的「接觸角」，可用來了解液體在固體表面濕潤程度，接觸角愈小代表愈易濕潤；相反的，接觸角愈大表示愈不易濕潤，水滴愈不容易濕潤時，就能形成水珠，就像水珠在蓮葉上滾動卻不會散開或被吸附，奈米布和水珠的接觸角 149.12° ，與蜘蛛絲和水珠的接觸角 149.65° 非常接近，所以我的實驗可以證明蜘蛛絲具有奈米結構（表 6，表 7），我上網查到一條小小的蜘蛛絲是由數十到百條奈米結構結晶蛋白質纖維纏繞而成的（王敬雅，2010），這個資料：蜘蛛絲是奈米級的結構，證明了我的想法。

柒、討論

一、野外觀察的發現：

野外觀察蜘蛛時帶手電筒會有助於觀察。拍照時，拍出來的照片不容易觀察到蜘蛛網，所以用黑紙當作背景輔助我們看到拍照看不出來蜘蛛網的部份。

二、蜘蛛結網的改良實驗：

我一開始用膠帶黏貼要結網的樹枝在桶子底部及壁側，但是不好黏，所以我改良把樹枝插在保利龍上面，在保利龍上黏雙面膠，就可以減少蜘蛛結網失敗。

三、風力影響蜘蛛結網的改良實驗：

我參考以前的科展研究，發現以前的研究實驗是使用大電風扇，風力太強時蜘蛛可能無法結網，所以我和爸爸討論，改用爸爸報廢舊電腦的散熱風扇（12V），以及接上變壓器，再由插座供電，以維持穩定的電力來源，這個實驗的變因就可以控制得很好。

四、振動影響蜘蛛結網的實驗：

我參考以前的科展研究，發現以前的研究實驗是用水族箱打氣的馬達，這種馬達又大振動又強，蜘蛛根本就無法結網，而且還會振死，所以我改用學生實驗用小馬達套件組，利用所附一大一小的風扇扇葉（大扇葉長 4 cm，小扇葉長 1 cm），和老師討論

在兩組風扇其中一片葉片上各黏貼上一顆螺絲，讓震動看起來更明顯，以營造不同震動強度。

五、水滴在蜘蛛網上所呈現的現象與奈米效應的探索

(一) 水滴在蜘蛛絲與其線材比較是否有奈米效應的實驗，在與老師討論後，我想到學過的相片檢視軟體(Picasa)及上網找到圖像編輯軟體 (PicPick) 進行分析比對，藉由圖形影像軟體分析，可以分辨出線材與蜘蛛絲上的水滴與奈米效應的關係。

(二) 水滴在蜘蛛絲與其他線材比較是否也有奈米效應呢？這個實驗能夠再加以延伸。

(三) 水滴在蜘蛛絲與其不同線材並且拍照，並不是那麼簡單，這個實驗也進行了很多次才成功，而且還要學會拍照技巧及電腦影像處理，還好這些我學過也超喜歡，藉也查資料及藉由圖形影像軟體分析，分辨出線材與蜘蛛絲上的水滴與奈米效應的關係，使我把以前學校與校外所學的知識都應用出來。

(四) 大自然中，除了蓮葉所具備的奈米尺寸表面結構外，由蜘蛛辛勤吐絲所結出賴以維生（或隱蔽自己）的蛛網，可能也演化出類似現今漸漸熱門的奈米應用科技，利用蛛絲線材的奈米特性，可藉由雨滴產生類似蓮葉自潔效果，以避免因雨水浸潤而影響蛛網捕捉獵物功能。

捌、結論

一、蜘蛛網採集方式是在蛛網約半公尺距離外，直接噴上白色萬用凝膠，然後輕輕的將黑紙從蛛網後方向上黏，最後再噴一點萬用凝膠加以固定就成功收集到了。

二、野外觀察到蜘蛛結網的種類可以大至分為正常圓網、空心圓網、漏斗網、吊鐘網、帳篷網、皿網、天羅地網。

三、人工飼養蜘蛛所結的蜘蛛網比較能夠在直立樹枝上結圓形的平面網，樹枝橫放時較無空間結有規則的平面網，桶內無樹枝時無法結網，蜘蛛將網黏在飼養箱壁多而不規則。

四、無風時，蜘蛛不需要特別增加絲線固定蜘蛛網，因而所織的絲較稀疏；風力大時，蜘蛛會織較短的絲，且織得較多且密。

五、蜘蛛結網在有光源時能織出絲網，但沒光源時所織的網雜亂而稀疏。

六、震動大，蜘蛛絲較長且較稀疏；震動小時，蜘蛛會織較短的且密集。

七、水滴在蜘蛛絲與尼龍線、細棉線、粗棉線、細釣魚線及粗釣魚線等 5 種線材比較，最後所呈現的現象，經圖形影像軟體分析，蜘蛛絲上的水滴的確與奈米效應相類似。7 種線材的水滴接觸角多介於 40~70 度之間，另在 7 種線材上抹上潤滑油，增加線材表面平滑度後，重新噴水，其接觸角都未超過 100 度，顯然與在蛛絲上測得的接觸角 149.65 度或奈米布上測得的接觸角 149.12 度，都有明顯的差別。

玖、參考資料

- 一、魯京明譯（2002）。法布爾著，圓網蜘蛛的電報線，遠流出版社。
- 二、朱耀沂、黃世富（2003）。蜘蛛博物學，大樹文化出版社。
- 三、傅燕鈴、李文貴（2002）。自然觀察圖鑑 1--蜘蛛。
- 四、陳仁杰（2002）。台灣蜘蛛入門觀察，串門文化出版公司。
- 五、吳宗儒、林彥羽、呂昂、方楷烽（2005）。光線對人面蜘蛛結網之影響。第四十七屆中小學科學展覽會。
- 六、吳宗儒、林彥羽、呂昂、方楷烽（2005）。光線對人面蜘蛛結網之影響。第四十七屆中小學科學展覽會。國小組 自然科。
- 七、李惠君、周子閔、林慧紋（2002）。整潔比賽的剋星！校園幽靈蜘蛛〈Pholcidae〉之研究。第四十五屆中小學科學展覽會。國中組 生物及地球科學科。
- 八、黃筠茜、張以暄、謝宗憲、沈彥廷、張棠棠（2004）。替兇獠向包公喊冤－白額高腳蜘蛛的習性與食。第四十六屆中小學科學展覽會。國小組 自然科。
- 九、黃姿婷、洪哲為、蔡沛恩、廖均汶、王羿凱（2006）。喜歡睡帳篷的蜘蛛-大姬蛛生態行為研究。第四十八屆中小學科學展覽會。國小組 自然科。
- 十、童暉哲、林雍傑、林鈺書、鄧偉豪（2002）。"絲"路之旅－環境因子對蜘蛛絲張力之影響及胺基酸組成分析。第四十五屆中小學科學展覽會。高中組 生物(生命科學)科。
高中組 生物(生命科學)科。
- 十一、莊馥璘、吳宇文、王翊瑄、翁意媚、潘俞安（2004）。蜘蛛網--探討不同蜘蛛網結構的彈性。第四十七屆中小學科學展覽會。國小組 生活與應用科學科。
- 十二、賴愉方、陳雅淳、王丹穎、文歡（2004）。蜘蛛的學習行為。第四十七屆中小學科學展覽會。高中組 生物(生命科學)科。

- 十三、鍾承庭、張君伊、蕭翔友、余美茹（2006）。蜘蛛在哪裡呀？。第四十八屆中小學科學展覽會。高中組 生物(生命科學)科。
- 十四、？（2008）。網開一面。第四十屆中小學科學展覽會。國中組 生物及地球科學科。
- 十五、維基百科--蜘蛛 [tp://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%9C%98%E8%9B%9B](http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%9C%98%E8%9B%9B)
- 十六、王敬雅（2010）。奈米，自古存在。取自 <http://www.dajiyuan.com/b5/9/8/9/n2618014.htm>
（2010年3月22日）
- 十七、徐世昌（2002）。蓮花的自潔功能與奈米科技的應用。科學發展月刊第354期，取自 http://www.nsc.gov.tw/files/popsc/2003_46/9106-09.pdf（2010年3月22日）
- 十八、國立科學工藝博物館（2010）。奈米新世界。取自 <http://nano.nstm.gov.tw/02nature/nature03.asp>（2010年1月22日）

【評語】 080318

- 1.觀察仔細實驗設計嚴謹有創意。
- 2.自己會設計實驗儀器與研究來證明其新穎的研究觀點。
- 3.作者思考邏輯清晰，能清楚的表達研究重點及結果。
- 4.能將物理概念引到生物科學研究，難能可貴。
- 5.未來可聚焦在蜘蛛絲的奈米聚水現象再深入研究。