

## 高瞻嘉年華 「高瞻計畫」執行成果發表會暨競賽

行政院國家科學委員會科學教育發展處及高瞻計畫推動辦公室於2009年至2011年共同舉辦之高瞻嘉年華「高瞻計畫」執行成果發表會暨競賽，分為中學校、中學教師、中學學生及大學研究人員四組，經由北、中、南三區分區初賽選拔優秀作品，並於國立科學工藝博物館舉行決賽（2011年為配合國科會「低碳台灣・高瞻未來——你能・我也能」特展活動（Aiming High for a Low-Carbon Taiwan, 100年3/12-4/24），移至中正紀念堂舉辦）。學生在新興科技課程的學習成效表現以及教師的教案、教具設計，皆有豐富成果，計畫推動辦公室特規劃舉辦成果競賽活動，希望藉以促進高瞻學校之間的相互交流、觀摩，針對優秀作品予以表揚獎勵，並推廣普及高瞻計畫的研究成果。

以2009年為例，其作品有國立彰師大附工的同學，研發出成功抑制紅磚白華的生成之凝膠型奈米材料。台北市立內湖高工的同學，以電學在生物醫學新科技與傳統中醫保健上之應用製作一部簡單的穴道點辨別器，提供人體正確穴道位置之辨識。台中縣明道中學三位同學以水耕槽栽種風傾草為主題，發現風傾草可作為吸收土壤中重金屬鎘的植生復育植物，對受重金屬污染的土壤復育工作有極大的幫助。此外在能源科技方面，高雄女中的同學完成可逆式電解水及鹼性氫氧燃料電池製作；苗栗農工則以當地植物油桐樹為研究題材，找出不造成糧食危機的生質能源；臺中一中的同學以小心「觸」電為題，探討PEMFC觸媒之效能。明道高中的同學引進綠建築的概念，設計了一棟建築物-「我們的小綠」。在奈米科技方面，南港高工同學以當前最夯的3C產品鋁合金之奈米染色技術為研究主題獲得入圍。在資訊科技方面，南港高工的同學以「天羅地網」為題，研發出克服傳統測量方式缺點且能正確快速蒐集地理資訊的系統。新竹高中則利用電腦軟體及運算公式，探討動靜態視錯覺形成；內湖高工的同學結合資訊及光電科技，研發創意性十足的自走盆栽；在科技與人文方面，嘉義高中利用生物技術，完成台灣地區刺竹族群遺傳變異之探究及利用自製螢光測定裝置以探討光敏靈發光；中山大學附中同學從調查國人旅遊習慣，推論國人環境素養及探究推廣生態旅遊之可行性。宜蘭高商的同學，藉由校園內鳥類的棲息觀察及資源分配，完成鳥類地盤分布的調查。

「高瞻作品集——青青子衿」摘錄自高瞻嘉年華『高瞻計畫』成果競賽（2009-2011）中學學生組優選獎作品，所有內容亦可見於高瞻計畫中學教學資源平台（[http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/](http://highscope.ch.ntu.edu.tw/)）。

1-1  
物 理

實作作品



## 昆蟲複眼定位器

臺北市立麗山高級中學  
殷瑀萱、胡萱庭

# 昆蟲複眼定位器

## A 作品特色或用途

昆蟲可以直接觀看太陽光來定位，但有些昆蟲在陰天、沒有太陽的時候卻依然可以找到方向。在查詢文獻時我們發現蜜蜂複眼的構造可接收偏光，本實驗首先探討蜜蜂如何利用偏光定位，並了解昆蟲的定位機制。

古代維京人利用水晶的雙折射性質得知太陽位置，但本實驗使用偏振片、自製導光管（如圖1）、光譜儀、光纖管等器材，透過模擬且簡化蜜蜂小眼的構造，製作昆蟲複眼定位器，且實際至戶外操作測量天空偏振樣式，計算出太陽的方位，實際應用於生活中的定位。

本實驗之複眼定位器不會受到天氣狀況影響，即使看不到太陽，只需要一小片天空便可以使用；另外也不會受到地磁的影響，在南北兩極區域，亦能準確地辨別方向。

未來希望能改良本實驗目前所做的昆蟲複眼定位器，模擬昆蟲複眼的背緣部位，利用吸管製作多個小型導光管，即可利用多個小眼同時進行比對，使定位出的方位更精準。

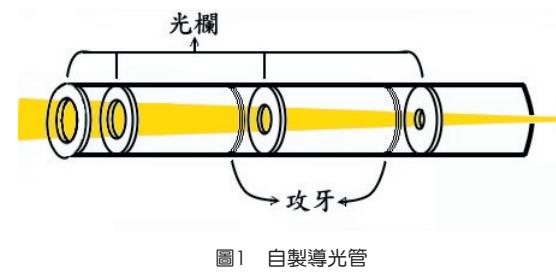
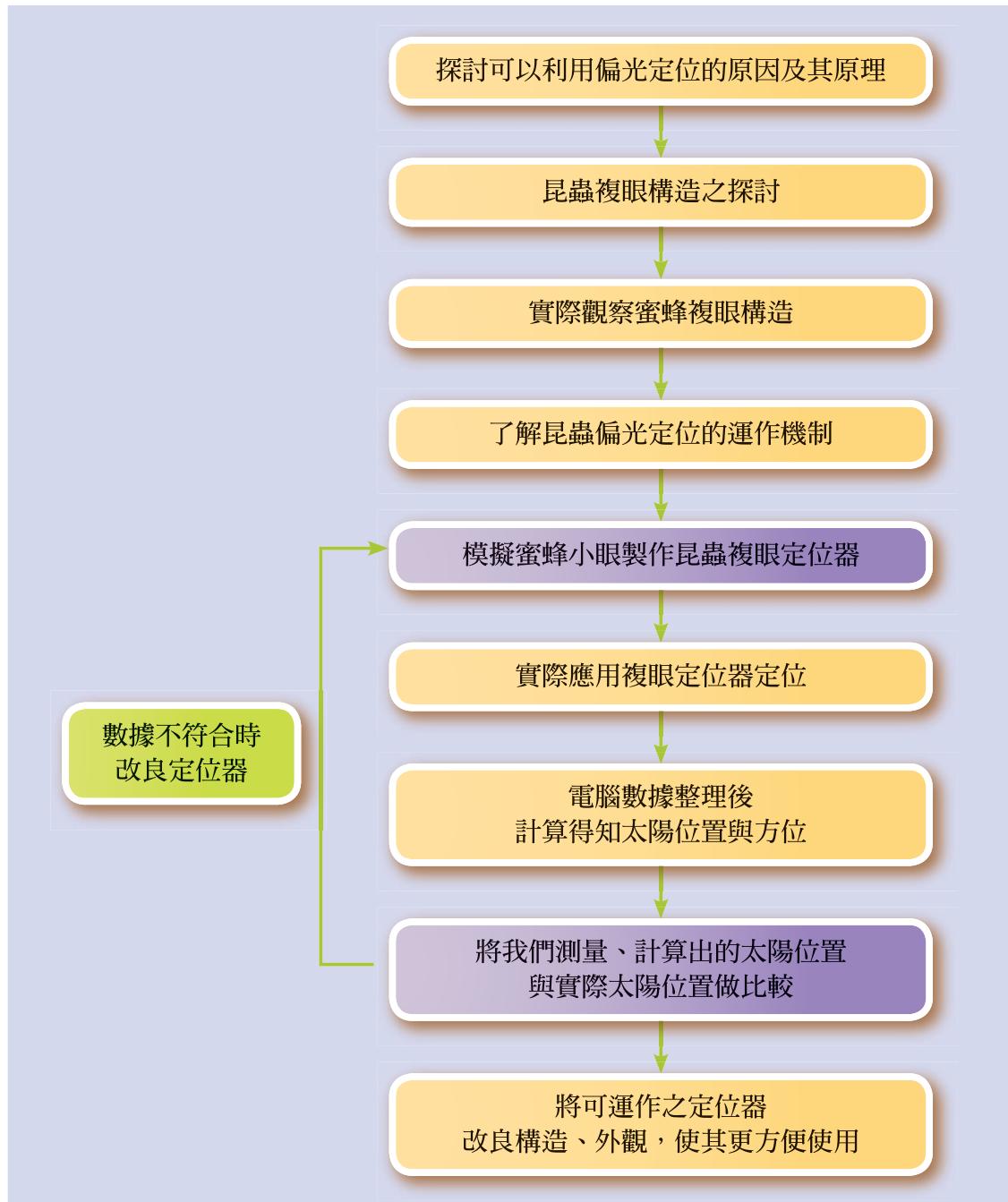


圖1 自製導光管



## B 作品製作流程圖示

### 一、實驗流程圖（圖2）



## 二、昆蟲複眼定位器製作

### (一) 複眼構造探討

- 於學校找尋已死的蜜蜂屍體（分成胡蜂科體型較大者，以及蜜蜂科體型較小者兩種）。
- 將剪除下來的蜜蜂頭部泡製溫水中，予以軟化。
- 用鑷子及衛生紙清除複眼內部的色素以利觀看。



圖3 胡蜂科複眼

### (二) 探討複眼睫膜晶體是否有偏光片之效能

- 利用前項實驗已清除好之睫膜晶體放置於顯微鏡下。
- 透過顯微鏡觀察睫膜晶體，在顯微鏡上的燈源處加上一片偏光片，使其打出來的光為偏振光，觀察此複眼是否具有偏光性。
- 利用Moticam接收圖像，並比對複眼單一小眼之亮度變化。



圖4 實驗裝置圖

結果：

由圖5、6可看出睫膜晶體被偏光與非偏光照射，旋轉偏振片後並沒有亮暗差異，而圖5會比較暗是因為加上偏光片，會濾掉某方向的光，所以光強度會減小，但其中每個小眼由肉眼和光譜儀檢測，並沒有明顯的亮暗差異，所以可推測此睫膜晶體沒有偏振性。

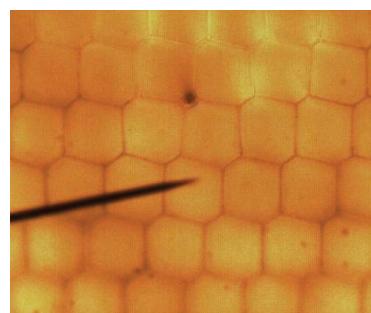


圖5 顯微鏡下的複眼圖

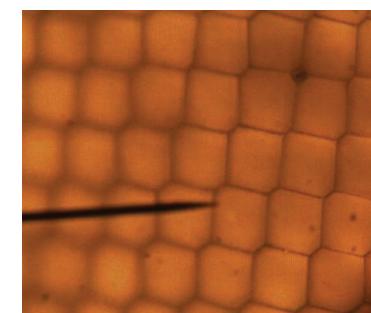


圖6 加上偏光片的顯微鏡下的複眼圖

### (三) 導光管的製作

- 使用水管，並將頭尾攻牙，以利組裝。
- 導光管內外皆塗黑並於內部黏貼黑色毛氈避免光反射。
- 利用前項實驗的結果可知，晶體不會影響光的偏振性，所以可以簡略晶體部分。
- 使用雷射切割壓克力板，製作三個由大到小的環形光欄於管內，藉此聚光。
- 利用相機測量自製導光管的視角。

結果：



圖3 胡蜂科複眼

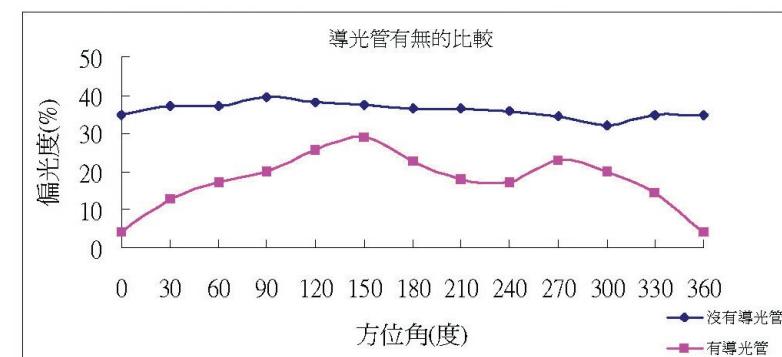


圖7 有無導光管比較

- 由圖7得知加上導光管測到的天空偏振度雖然較未加導光管小，但在不同方位角時變化較明顯。
- 加上導光管後比未加導光管偏光度較小，原因可能為加上導光管使得進入到光譜儀內部的光量減小，所以整體偏振度下降。

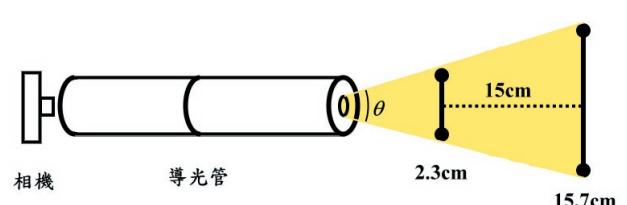


圖8 導光管視角實驗

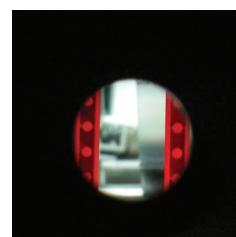


圖9 相機拍攝導光管視角實驗圖

- 由圖8可計算出導光管視角約為5度。
- 沒有導光管時會接收到多方向的光，雖然接導光管會造成光強度減小，但偏振度比沒有導光管時明顯。
- 導光管可接收單一方向的光。

### (四) 微絨毛

為了模擬昆蟲複眼背緣部位小眼內部的微絨毛，剪下兩片偏振片，以互相垂直方式黏貼，以接收兩種不同方向振動的光強。

圖10 偏光片  
黏貼示意圖

### (五) 角架

為了使我們能量測到的天空方向固定，且可以任意旋轉方位角及仰角，在導光管下方接角架，並裝上量角器，量測仰角，裝上自製大型方位盤，量測方位角。

### (六) 接收訊號

在兩片偏振片後方分別接上兩條光纖管，在接上光譜儀連接電腦讀取光強度訊號值。

## (七) 複眼定位器與蜜蜂小眼之比較

1. 導光管模擬小眼晶體，具有聚光、且只接收單一方向的光。
2. 在導光管周圍黏貼黑色毛毯模擬複眼色素層。
3. 黏貼兩片互相垂直的偏振片模擬複眼為絨毛排列。



圖11 複眼定位器

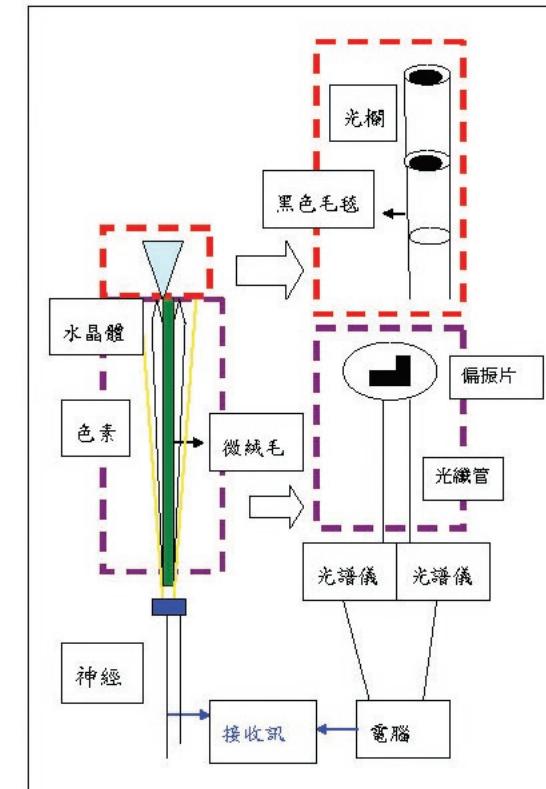


圖12 模擬器與小眼對照圖

## 三、複眼定位器之測量與應用

## (一) 實驗過程：

1. 利用SpectraSuite程式之秒差校準兩台光譜儀，使兩條光譜相同。
2. 利用定位器到戶外測量天空偏振度。
3. 固定仰角，方位角以北為0度，向東為正，每轉30度測一次數據。
4. 讀取兩台光譜儀偵測到波長為固定之強度值。
5. 利用兩台光譜儀偵測到強度最大與最小的光強度計算出各方向的偏振度。
6. 測完一圈後，會得到兩個偏振度極大值，並藉此兩點推算太陽位置。
7. 利用天體位置自動顯示器可得知太陽的實際位置。
8. 將測量到的太陽位置與實際位置畫在天體半球投射圖上。
9. 比較量測到的太陽位置與實際位置的仰角誤差及方位角誤差。

結果：

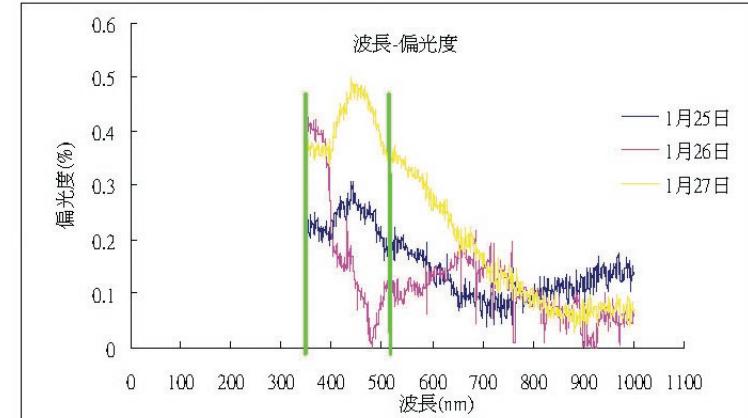


圖13 波長與偏光度趨勢圖

1. 天空中的偏振度趨勢會因當時天空雲層狀況不同而改變，且不同天也會有不同的情況，但偏振度最大的地方由圖13可知皆介於圖中兩綠色線段，而也恰好為昆蟲敏感光波段（350~510 nm之間）。

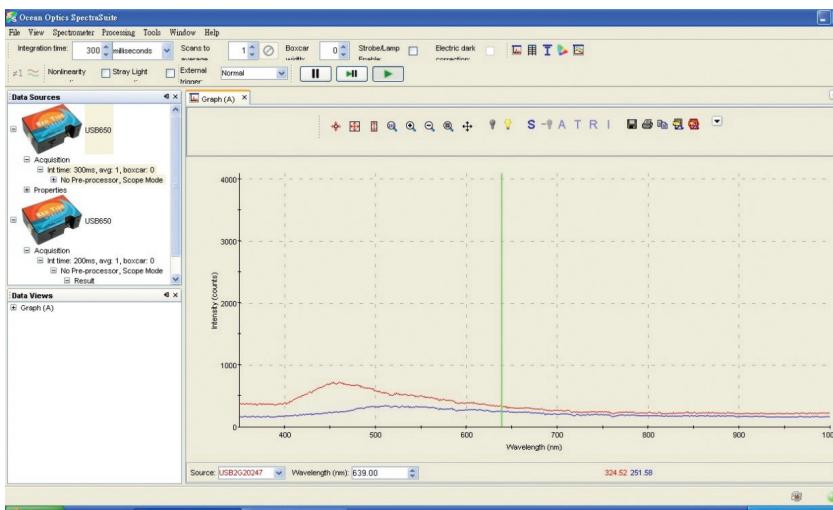


圖14 SpectraSuite光譜圖

## (二) 太陽位置算法

1. 以觀測者為座標(0,0,0)為球心，繪製出一個天體半球模型。
2. 將觀測者與測出來的兩極大值的點座標化。
3. 可用上述三點製成一平面。
4. 太陽方向即為此平面之法向量。
5. 再經由角度換算，可得知太陽的方位角及仰角。
6. 最後以天頂為圓心，仰角每15度畫一個同心圓，繪製天體半球投射圖來表示天空狀態。

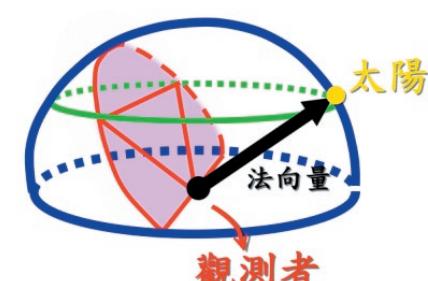


圖15 平面法向量計算示意圖

## (三) 實際太陽位置

1. 利用天體位置自動顯示器輸入時間、地點。
2. 選取太陽為基準點。
3. 此時的地平坐標即為太陽的方位。

結果:

表1 方位角與光強大小偏振度計算表

方位角 (度)	I MAX (counts)	I min (counts)	P(%)
0	830.48	501.26	24.72
30	898.94	449.23	33.35
60	938.72	482.90	32.06
90	1120.47	695.60	23.39
120	2154.45	1684.19	12.25
150	1341.36	164.64	78.13
180	4047.82	2193.72	29.70
210	4032.45	2238.76	28.60
240	4084.81	2060.06	32.95
270	1774.83	764.05	39.81
300	1524.50	517.92	49.28
330	666.42	122.04	69.04
360	830.48	501.26	24.72



圖16 天體位置自動顯示器



圖17 將每次實驗當天的天氣狀況用相機拍攝

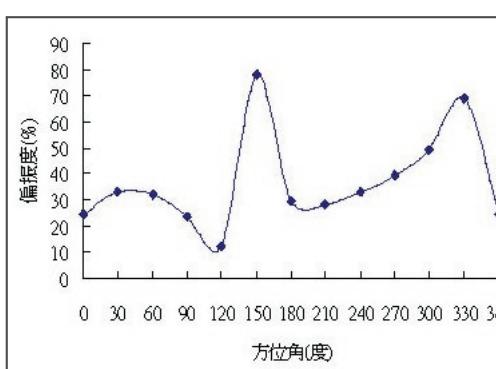


圖18 仰角30度10點方位角與偏振度關係

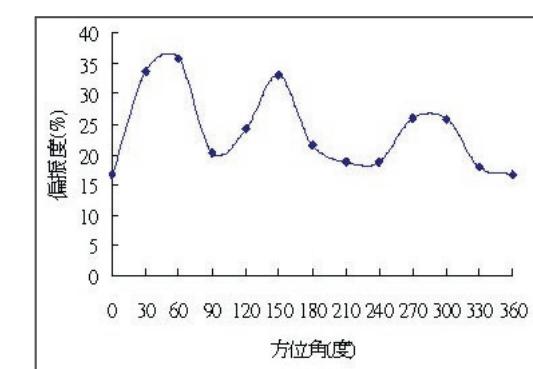


圖19 仰角30度12點方位角與偏振度關係

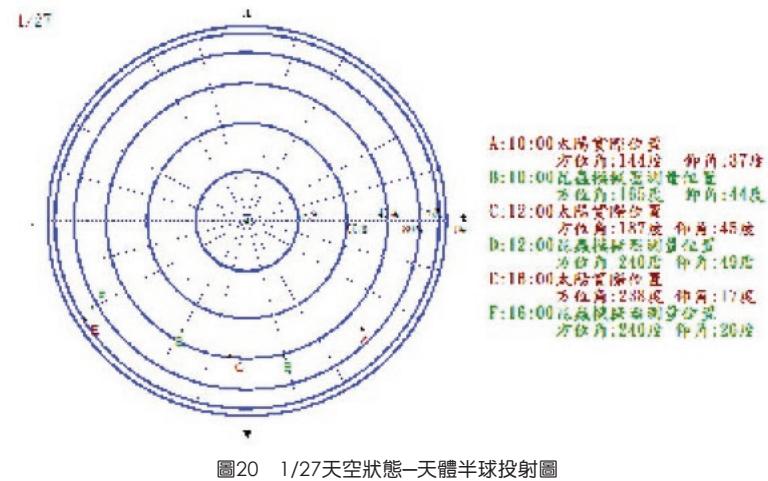


圖20 1/27天空狀態—天體半球投射圖

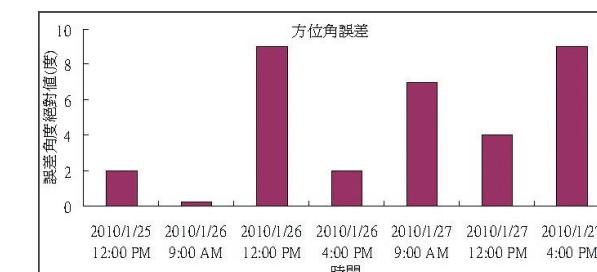


圖21 方位角誤差

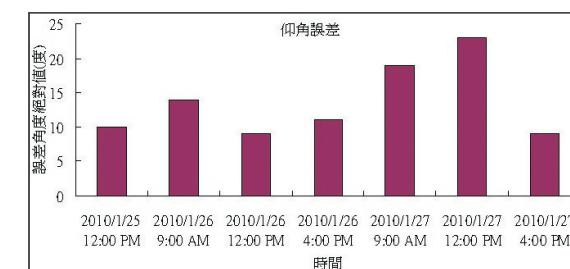


圖22 仰角誤差

4. 環繞360度後，將各方位角與偏振度之關係製成如上圖(圖21、22)，將兩個最大值的方位角與仰角，利用三點法計算出太陽位置。
5. 將實際太陽位置與計算出之位置分別比較仰角誤差與方位角誤差並製作如圖36。
6. 因為我們每30度測一次數據，且方位角實驗誤差皆小於15度，在合理範圍內。
7. 仰角部份，因為我們測量的點數較少，所以誤差稍大。

## 四、結論

1. 經由探討，了解蜜蜂是利用複眼背緣部位中的小眼視細胞膜上呈互相垂直狀的微絨毛判別天空中的偏振度，進而知道方位。
2. 本實驗模擬蜜蜂小眼，製作複眼定位器，並實際拿至戶外測量，已確認可實際使用。

後記

## 1+1>2 跨科作品「昆蟲複眼定位器」創意滿分

麗山高中殷瑀萱、胡萱庭，一個喜歡研究昆蟲視覺，另一個則對液晶顯示器有興趣，沒想到兩人湊在一起，一加一大於二，變出一個不受天氣和所在地影響的「昆蟲複眼定位器」。

多位老師共同指導 「超效率」 測數據

二人一開始做研究，是憑著大概的方向，沒有先寫計畫書就開始，試驗很久試不出結果，後來是被物理老師金佳龍老師丟過來的文獻「打醒」，「我們那時才知道做研究一開始要先看文獻，先知道一些理論之後，再去推導。」殷瑀萱說。除了金老師以外，協助她們做研究的人，還有物理老師馮愛蓮老師，常在理論方面指導她們，生物老師張素卿老師，也是她們常常提問的對象，還介紹了台大昆蟲系的教授給她們，希望能提供她們一些幫助。



這是一個長達13個月的專題研究，做好昆蟲複眼模型之後，就開始大量的數據收集。「我要求她們每天都要有好幾個數據，儀器架在五樓天台上，所以每到下課時間她們就衝！」金老師笑著說。一開始因為步驟不夠熟，測量一次要一個小時，加以改良之後，可以在下課十分鐘內完成。「二個人一起測比較快，」胡萱庭說，「但平常我們要跑班，所以還要互相比對課表，就怕趕不上下一堂課！」在學校她們超認真測數據，回家之後也沒閒著，兩人不時還會上線討論，或是查文獻，可說是把時間完全投入在這份專題之中。

專題研究做出興趣 二人收穫滿滿

在專題研究當中，為了測數據，她們特別學了很多相關電腦軟體，有的甚至是原本完全不會的。此外，研究的過程也讓他們得到不少，「我們更懂得怎麼做研究了，」殷瑀萱說，「現在即使給我們一個新的題目，我們也大概知道要從哪下手，不會毫無方向！」另外，英文能力也意外地進步了，除了偶而需要用英文撰寫論文或做口頭報告之外，最大的進步原因應該是閱讀文獻。「現在知道很多專有名詞英文要怎麼說了，」胡萱庭笑道，「不過看太多文獻的壞處是，看了就會想再加做更多的實驗，結果工作量一直增加！」

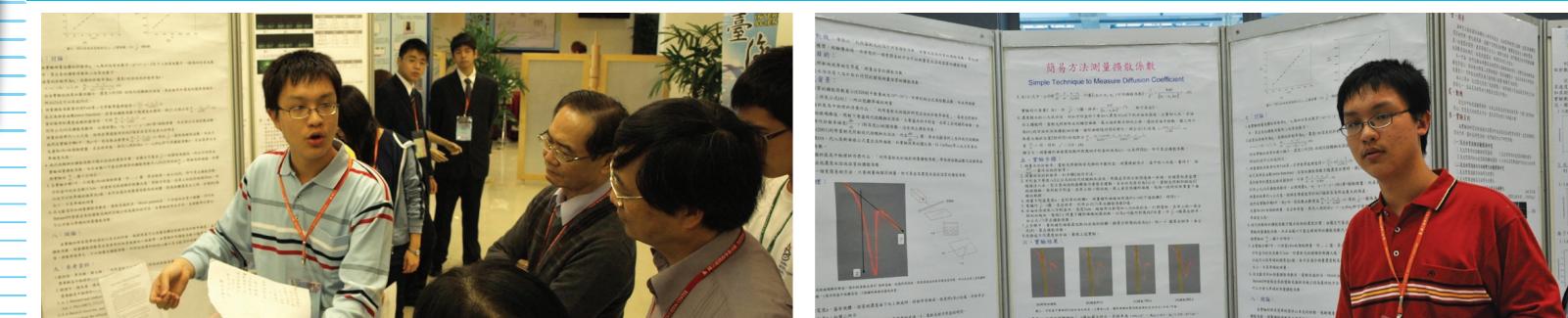
一個專題做了這麼久，會不會覺得厭煩呢？「完全不會！還是很有興趣！」她們不假思索地回答。不只是如此，她們其實覺得這專題做得還不夠久，有很多可以發揮下去的空間，「如果再研究下去，希望可以做出測量空氣污染的東西，」殷瑀萱表示。此外，在今年年初，她們在德國某大學的網站，發現他們正在做和她們相似度七八成的實驗，而且兩邊進行的時間差不多；雖然由於大學設備佳，能做的比她們精緻，但要追求的東西是相同的，二人為此非常雀躍，覺得世界上也有其他的人跟她們想到一樣的東西，是令人興奮的事情。

現在二人都已選好了未來的科系，殷瑀萱要往地質科學深造，胡萱庭則對牙醫情有獨鍾，選了口腔衛生。回想起這專題，她們說「很愛這個題目！很有成就感！」相信對一路帶著她們的老師們來說，沒有比聽到這句話更令欣慰的了。

1-2

物 理

科學小論文



## 利用光線穿透法研究非線性擴散

國立嘉義高級中學  
黃宇晟