

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

最佳團隊合作獎

081553

蝶鱗的妙用

學校名稱：臺中縣豐原市翁子國民小學

作者： 小六 鍾思瑩 小六 張浩智 小六 李岱儒 小六 潘予涵 小六 田珈瑤 小六 劉奕辰	指導老師： 楊宗榮、林宗諺
---	------------------

關鍵詞：鱗片、光子晶體、結構色

## 摘要：

春天到了，百花盛開，我們常看到蝴蝶四處翩翩飛舞，仔細瞧瞧蝴蝶的翅膀上有著不同的形狀、斑紋及圖案，偶而觸摸到翅膀還有粉粉的感覺，經過瞭解才知道那就是鱗片。於是想深入瞭解鱗片對於蝴蝶的翅膀能產生哪些功能及妙用？

先上網搜尋蝴蝶鱗片資料，發現鱗片的構造及用途，不過資料很少，所以我們利用顯微鏡拍攝鱗片的排列情形，發現蝴蝶的鱗片並不相同，有的還有光子晶體，產生不同的顏色，我們再深入探討酸鹼值對光子晶體的影響，及蝴蝶如何利用鱗片來調節溫度，逃離敵人。

## 壹、研究動機

「蝴蝶蝴蝶生的真美麗，頭戴著金絲，身穿花花衣。你愛花兒，花兒也愛你。你會跳舞，他又甜蜜。」想必這首兒歌一定是大家耳熟能詳的。蝴蝶是一種很美的動物，尤其是她那雙美麗的翅膀，在眾花前，也不失他的嬌美。

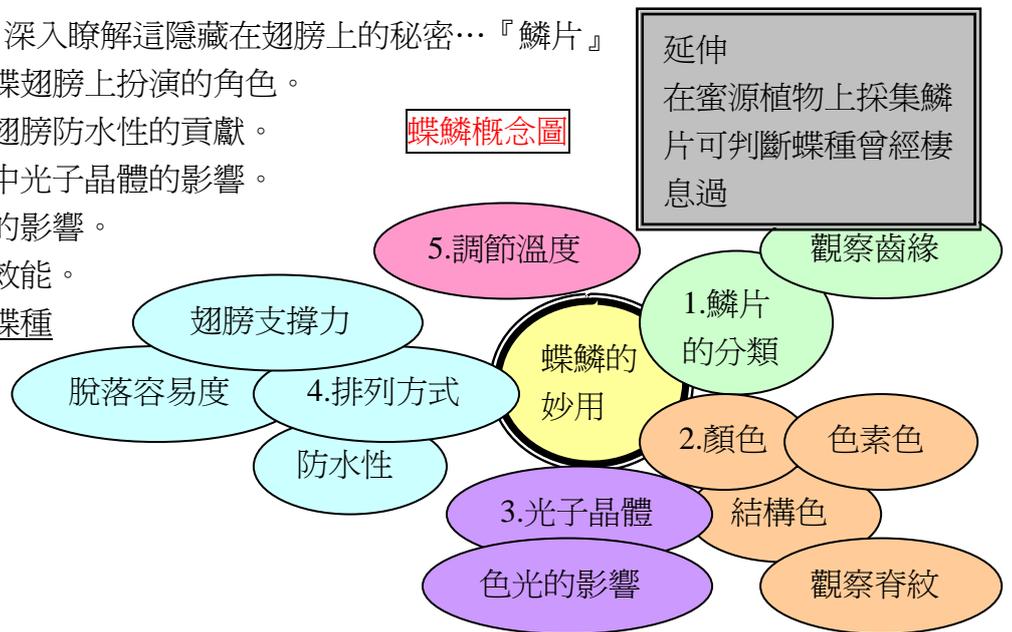
春天來時，我們經常看到蝴蝶翩翩飛舞，但是想一想這麼多會飛的動物，為什麼只有他們的翅膀有如此多的變化，有的排列成圖案、有的顏色鮮豔，甚至形狀上也有不同，因此引起我們想要研究翅膀上的秘密想法。

## 貳、研究目的

想藉著這次研究的機會，深入瞭解這隱藏在翅膀上的秘密…『鱗片』

- 一、探討鱗片在蝴蝶翅膀上扮演的角色。
- 二、鱗片的排列對翅膀防水性的貢獻。
- 三、探討光對鱗片中光子晶體的影響。
- 四、酸鹼性對鱗片的影響。
- 五、鱗片的功用及效能。
- 六、從鱗片中發現蝶種的特徵，進而從鱗片來分辨蝶類。

蝶鱗概念圖



## 參、研究問題

- 一、觀察分類蝴蝶翅膀上不同部位的鱗片？會產生哪些結構色？
- 二、不同色光會不會使鱗片產生不一樣的結構色？
- 三、光與鱗片上光子晶體的角度改變時，會折射出哪些色光？
- 四、酸性物質對鱗片色素、結構紋路有什麼樣的影響？
- 五、蝴蝶鱗片的排列方式和防水有什麼樣的關聯？會不會影響蝴蝶習性？
- 六、單位蝴蝶鱗片的數量多寡和防水有什麼樣的關聯？
- 七、鱗片脫落容易度與翅膀相接的方式有關嗎？哪些部分的鱗片較易脫落？
- 八、鱗片可以強化蝴蝶翅膀的彎曲及支撐力嗎？和飛行有什麼關聯？
- 九、鱗片可以吸收光照熱量嗎？鱗片如何調節翅膀溫度？

## 肆、研究器材與設備：

研究素材	各類蝶種（鳳蝶、斑蝶、細蝶）數隻		
研究設備	1.顯微鏡 3 台	2.數位相機 2 台	3.秤重砝碼 2 組
	4.紅、黃、綠、藍、紫玻璃紙各 1 張		5.紙箱 1 個
	6.黑壁報紙 1 張	7. LED 強力手電筒 2 支	6.量角器 1 個
	7.滴管 1 支	8.便利貼 1 本	9.塑膠板 1 個
	10.圓筒 2 個		

## 伍、研究過程及方法

### 研究活動一、觀察並分類蝴蝶翅膀上不同部位的鱗片？會產生哪些結構色？

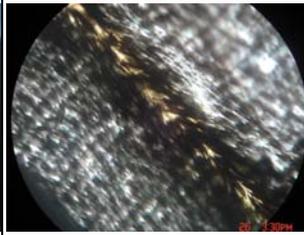
文獻探討：鱗片表面含有特殊的色素顆粒，稱為**化學色**。這種顏色雖然鮮麗，但卻會因還原或氧化等化學作用，慢慢褪色甚至消失。不過，蝴蝶翅膀上還有一種**物理色**（結構色），這種顏色由於物體表面的特殊構造，而產生光線反射、曲折或干涉等物理作用，同樣也能產生醒目的顏色。（本文摘錄自 e 世紀十萬個為什麼？）

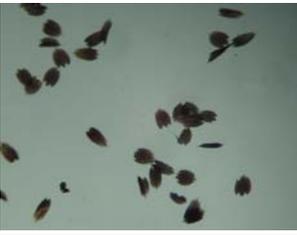
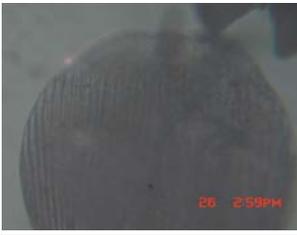
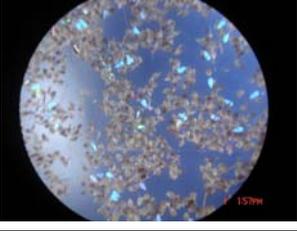
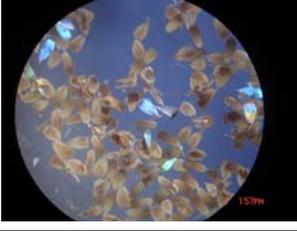
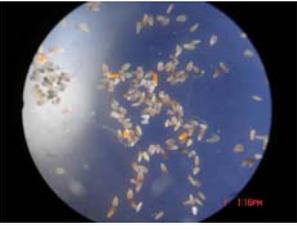
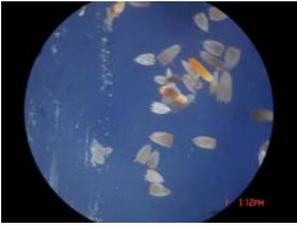
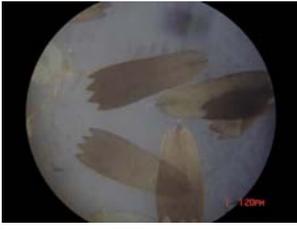
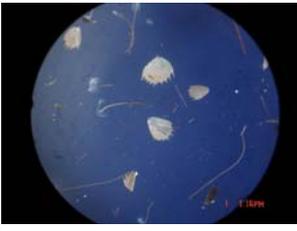
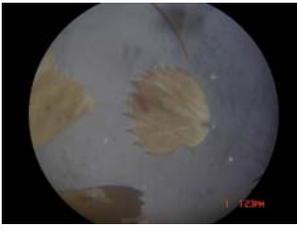
#### （一） 研究步驟：

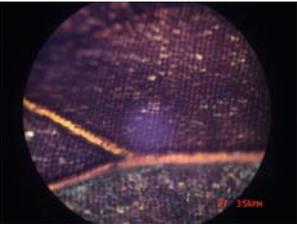
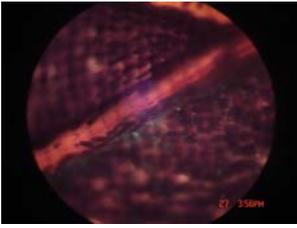
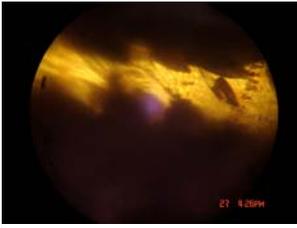
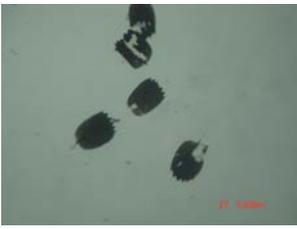
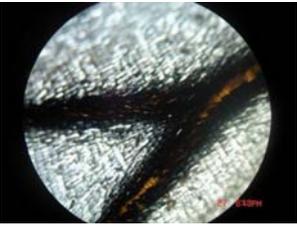
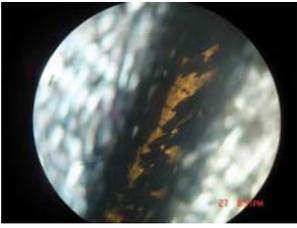
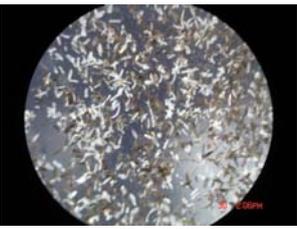
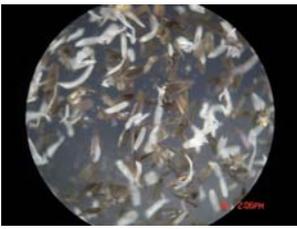
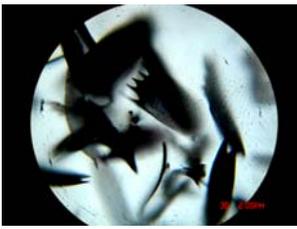
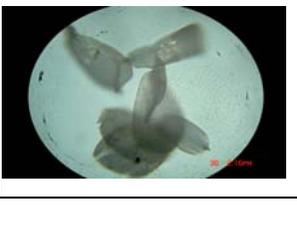
1. 分別以棉花棒沾取蝴蝶翅脈、翅面(朝上)、翅背(朝下)、體表等四區鱗片，置入玻片上，用水滴固定鱗片。
2. 以顯微鏡放大到最高倍進行觀察，並用數位相機拍照紀錄不同種蝴蝶四區的鱗片花紋、顏色。
3. 觀察並分類紀錄蝴蝶各部位鱗片結構及結構色。
4. 根據分類紀錄找出最鱗片多樣性最豐富的蝶種及結構色最豐富的蝶種。

#### （二） 研究結果：

#### 蝴蝶各部位鱗片結構

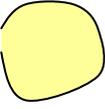
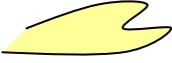
蝶種	區位	未放大 鱗片顏色	低倍 鱗片顏色花紋	中倍 鱗片顏色花紋	最高倍 鱗片顏色花紋
紅紋鳳蝶	翅脈				

	翅面				
	翅背				
	體表				
烏鴉鳳蝶	翅脈				
	翅面				
	翅背				
	體表				

紫斑蝶	翅脈				
	翅面				
	翅背				
	體表				
大白斑蝶	翅脈				
	翅面				
	翅背				
	體表				

【結果】

1.將各種形狀鱗片定名：

					
圓鱗	雙鋸齒鱗	三鋸齒鱗	四鋸齒鱗	五鋸齒鱗	多鋸齒鱗

2.色素色及結構色差異

色素色		鱗片本身的顏色
結構色	 光 → ← 眼	鱗片上的脊紋反射或是折射光線產生的顏色 

3.各部位鱗片結構比較表

蝶種	翅脈	翅面	翅背	體表
紅紋鳳蝶	原本翅脈為黃色，因黑色鱗片覆蓋，使其呈黑色網狀	為黑色雙鋸齒鱗、三鋸齒鱗、四鋸齒鱗組成，脊紋不明顯	為黑色雙鋸齒鱗、三鋸齒鱗組成，可明顯看見脊紋	為黑色雙鋸齒鱗、三鋸齒鱗組成，可明顯看見脊紋及粉紅色晶體。發現鱗片成圓弧狀。
烏鴉鳳蝶	為咖啡色雙鋸齒鱗（極細）及五鋸齒鱗	有黑色及咖啡色雙鋸齒鱗、五鋸齒鱗可明顯看出脊紋	為黑色四鋸齒鱗，且鋸齒較尖，可明顯看出脊紋	皆為灰色多鋸齒鱗，且脊紋深且明顯，週遭有體毛
紫斑蝶	為暗紅色鱗片覆蓋，翅脈成黃色節狀，脊紋不明顯	為黑色多鋸齒鱗，形狀呈長方形，鋸齒較小，脊紋不明顯	為灰色多鋸齒鱗，形狀略呈圓形，鋸齒較小，脊紋不明顯	為灰色圓鱗及橢圓形圓鱗，可明顯看見脊紋
大白斑蝶	為黑色鱗片覆蓋，翅脈成黃色節狀，脊紋不明顯，是三鋸齒鱗	為黑色雙鋸齒鱗（極細長）及五鋸齒鱗，鋸齒尖且長	為黑色雙鋸齒鱗（極細長）及淺灰色五鋸齒鱗，鋸齒尖且長可明顯看見脊紋	為半透明木瓜型圓鱗，稍微可以看見脊紋

#### 4.鱗片多樣性統計表

一種類型的鱗片就給 1 分，總計各部位鱗片種類數，選出鱗片多樣性最豐富的蝴蝶。

	紅紋鳳蝶	烏鴉鳳蝶	紫斑蝶	大白斑蝶
鱗片多樣性	3	4	3	3

由上表可知**烏鴉鳳蝶**的鱗片多樣性最豐富，而大多數蝴蝶至少都有**三種**以上的鱗片。

#### 5.結構色比較表

蝶種	翅脈	翅面	翅背	體表
紅紋鳳蝶	不明顯（黑色）	不明顯（黑色）	不明顯（黑色）	不明顯（紅色）
烏鴉鳳蝶	明顯（綠色）	明顯（藍紫色）	明顯（橘紅色）	不明顯（微反光）
紫斑蝶	不明顯（黑色）	不明顯（黑色）	不明顯（黑色）	不明顯（微紅色）
大白斑蝶	不明顯（黑色）	明顯（白光）	明顯（白光）	明顯（白光）

#### 6.結構色多樣性統計表

一種顏色的鱗片就給 1 分，總計各部位鱗片結構色，選出鱗片結構色最豐富的蝴蝶。

	紅紋鳳蝶	烏鴉鳳蝶	紫斑蝶	大白斑蝶
結構色多樣性	0	3	0	1

由上表可知，**烏鴉鳳蝶**的結構色多樣性最豐富，而**大白斑蝶**只會反射**白光**。

### 研究活動二、不同色光會不會使鱗片產生不一樣的結構色？

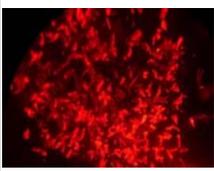
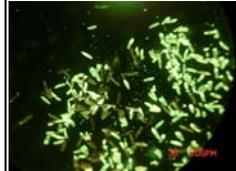
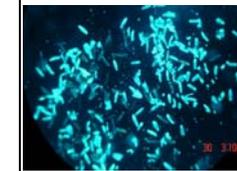
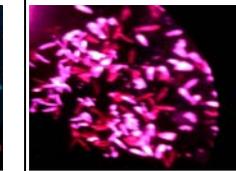
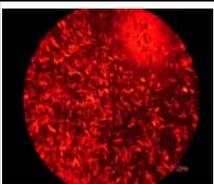
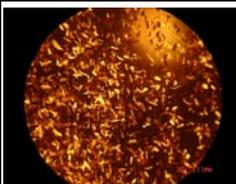
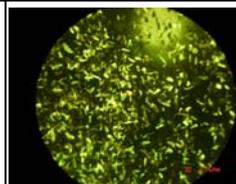
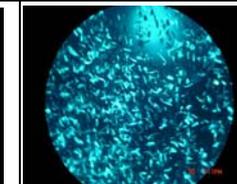
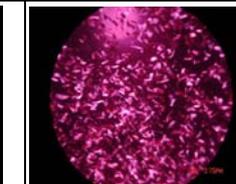
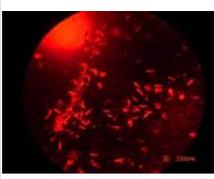
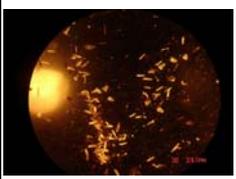
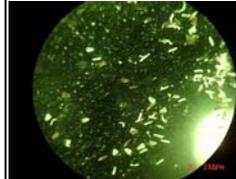
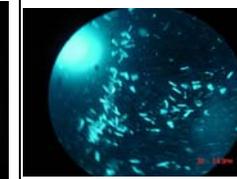
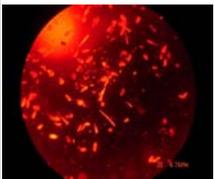
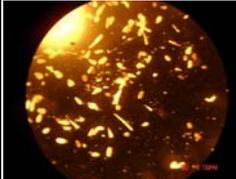
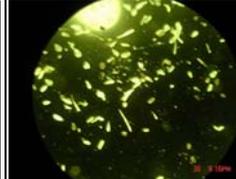
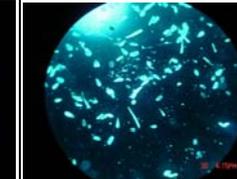
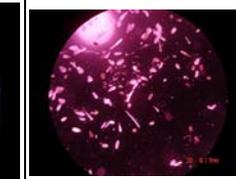
文獻探討：

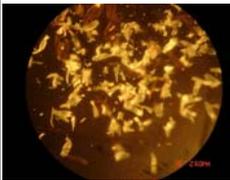
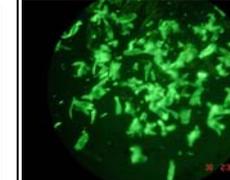
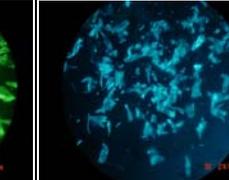
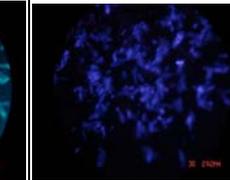
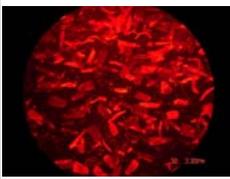
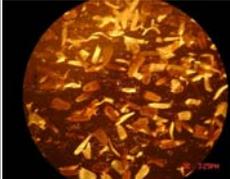
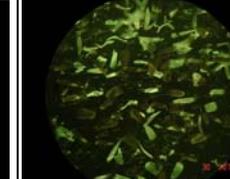
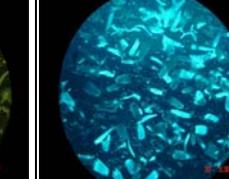
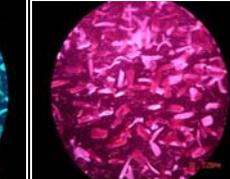
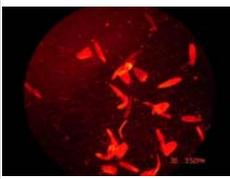
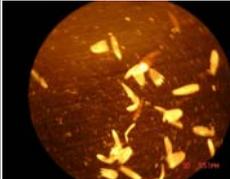
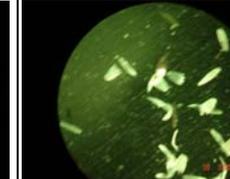
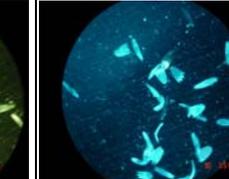
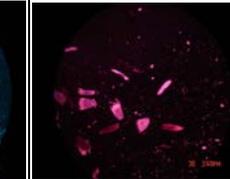
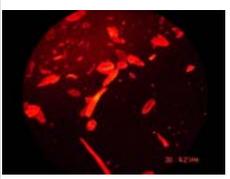
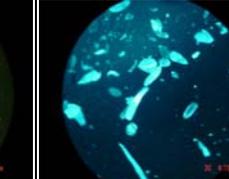
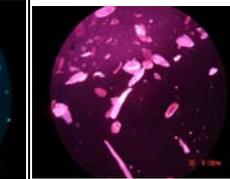
所謂的光子晶體是物質的結構因為特殊的週期性排列，所以可以對特定頻率的光作反射。科學家在蝴蝶的翅膀上也發現了類似光子晶體的結構。又因為當光與光子晶體所產生的夾角改變的時候，會使光子晶體反射不同頻率的光，這便說明了蝴蝶的翅膀看起來五彩繽紛的原因。 引用自 Sciscape 科學新聞報導 (<http://www.sciscape.org/>)

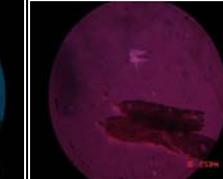
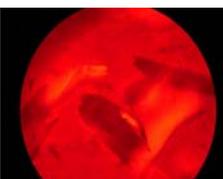
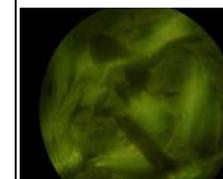
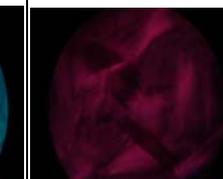
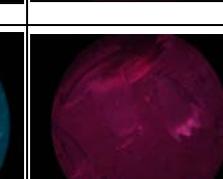
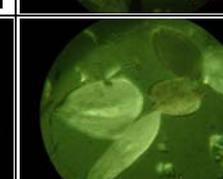
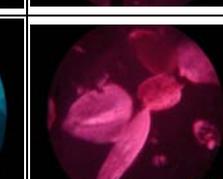
#### （一） 研究步驟：

1. 分別以棉花棒沾取蝴蝶四區的鱗片，置入玻片上，用水滴固定鱗片。
2. 將紅、黃、綠、藍、紫五種玻璃紙套在手電筒上，從玻片上照射。
3. 分別以數位相機紀錄低倍、中倍、高倍顯微鏡內鱗片顏色變化。
4. 顯微鏡放大倍數計算方法：  
低倍(物鏡 4 倍 × 目鏡 10 倍 = 放大 40 倍)  
中倍(物鏡 10 倍 × 目鏡 10 倍 = 放大 100 倍)  
高倍(物鏡 40 倍 × 目鏡 10 倍 = 放大 400 倍)

(二) 研究結果：

蝶種	區位	低倍紅光 鱗片顏色	低倍黃光 鱗片顏色	低倍綠光 鱗片顏色	低倍藍光 鱗片顏色	低倍紫光 鱗片顏色
大白斑蝶	翅脈					
	翅面					
	翅背					
	體表					

蝶種	區位	中倍紅光 鱗片顏色	中倍黃光 鱗片顏色	中倍綠光 鱗片顏色	中倍藍光 鱗片顏色	中倍紫光 鱗片顏色
大白斑蝶	翅脈					
	翅面					
	翅背					
	體表					

蝶種	區位	高倍紅光 鱗片顏色	高倍黃光 鱗片顏色	高倍綠光 鱗片顏色	高倍藍光 鱗片顏色	高倍紫光 鱗片顏色
大白斑蝶	翅脈					
	翅面					
	翅背					
	體表					

### 【結果】

- 1.大白斑蝶的鱗片在低倍鏡(放大 40 倍)下，以綠、藍、紫光照射，有明顯亮點。
- 2.大白斑蝶的鱗片在中倍鏡(放大 100 倍)下，以綠、藍、紫光照射，有明顯亮點。翅背、體表的鱗片在黃光照射下也會產生亮點。
3. 大白斑蝶的鱗片在高倍鏡(放大 400 倍)下，以黃、藍、綠光照射，有明顯亮點，且亮點多集中在鋸齒處。表示此為光子晶體集中的地方。

### 研究活動三、光與鱗片上光子晶體的角度改變時，會反射出哪些色光？

文獻探討：

蝴蝶翅膀的鱗片具有此種類似光子晶體的網狀結構，其週期在數百奈米左右，可反射部分顏色的光，其餘顏色的光則會穿透過去，而且顏色會隨觀看角度的不同而改變。

引用自奈米與自然界網頁

[http://www.emath.pu.edu.tw/celebrate/celebrate6/neon/group06/ch01/cd01\\_02.htm](http://www.emath.pu.edu.tw/celebrate/celebrate6/neon/group06/ch01/cd01_02.htm)

(一) 研究步驟：

1. 在黑箱內，以 LED 手電筒照射蝴蝶鱗片，紀錄不同角度所產生的色光
2. 以光束與鱗片的垂直色光為 90 度，以量角器輔助，觀察每差 20 度，顏色的變化

(二) 研究結果：

光照角度及反射顏色變化表

蝶種	90 度	70 度	50 度	30 度	10 度
烏鴉鳳蝶					
					
折射光顏色	藍多於綠	綠和藍各佔一半	綠光	綠光微偏藍	藍綠交錯

【結果】

1. 垂直照射 90-70 度之間，烏鴉鳳蝶的鱗片會反射出藍光。
2. 垂直照射 70-30 度之間，烏鴉鳳蝶的鱗片會反射出綠光。
3. 垂直照射 30-10 度之間，烏鴉鳳蝶的鱗片會反射出藍光。

研究活動四、酸性物質對鱗片色素、結構紋路有什麼樣的影響？

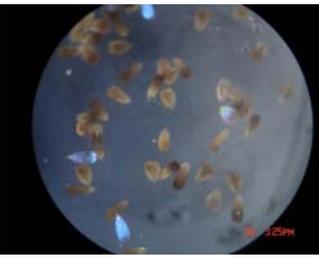
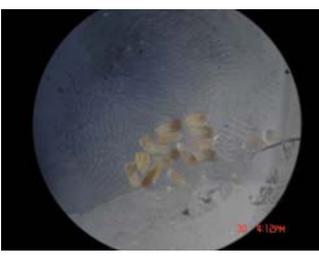
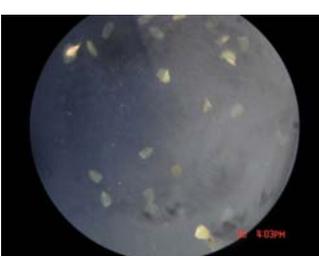
(一) 研究步驟：

1. 分別以棉花棒沾取不同種蝴蝶翅膀鱗片浸入工研醋（ $\text{pH}$  值為 2.8）中，在顯微鏡下觀察並紀錄。
2. 約半個小時後，以顯微鏡觀察鱗片顏色及結構的變化。
3. 以未加物質的鱗片當作對照組，前後對照並紀錄變化。



(二) 研究結果：

醋對鱗片色素及結構影響紀錄表

蝶種	實驗前	實驗後	鱗片顏色變化	結構花紋變化
大白斑蝶			黃褐色變成透明狀	鱗片變薄、變成半透明
烏鴉鳳蝶			藍光亮點消失了，其他色素顏色也變淡。	鱗片變薄、變成半透明
紫斑蝶			藍光亮點消失了，其他色素顏色也變淡。	鱗片變薄、變成半透明
樺斑蝶			橘色色素消失，漸漸變成透明	鱗片變薄、變成半透明

【結果】

1. 酸性物質會破壞鱗片上的光子晶體，使其反射能力失效。
2. 醋會破壞鱗片構造花紋，使鱗片變薄、變透明。
3. 大白斑蝶、烏鴉鳳蝶、紫斑蝶、樺斑蝶的鱗片都會受到酸性物質的侵蝕。

## 研究活動五、單位面積蝴蝶鱗片的數量多寡和防水有什麼樣的關聯？

### (一) 研究步驟：

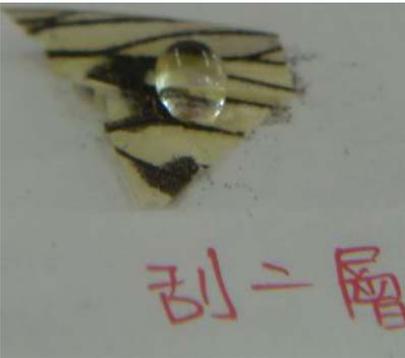
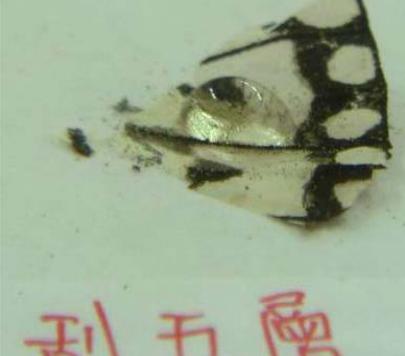
1. 以邊長 2 公分的正方形，分別以棉花棒刮取鱗片 0 次~5 次，再以滴管滴入水珠，分別觀察水滴成珠狀情形。
2. 以邊長 2 公分的正方形紙片，塗上口紅膠後，分別以棉花棒塗抹鱗片 0 次~5 次，再以滴管滴入水珠，分別觀察水滴成珠狀情形。



### (二) 研究結果：

刮除鱗片數量與防水觀察紀錄表

刮取鱗片次數	水滴珠狀情形 (曲度)	觀察紀錄	防水性
0		凝聚成圓形球狀	最佳
1		凝聚成圓形水珠狀	次之

2		也有凝聚成水珠，但已不成爲球形	中等
3		雖然有水珠，但是凝聚的效果以不如前	中等
4		已經和滴在紙上的效果一樣，無法保持內聚力呈球狀，所以水珠會附著在翅面上。	差
5		無法保持內聚力呈球狀，所以水珠會附著在翅面上。	最差

**【結果】**

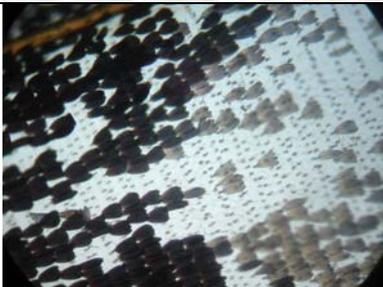
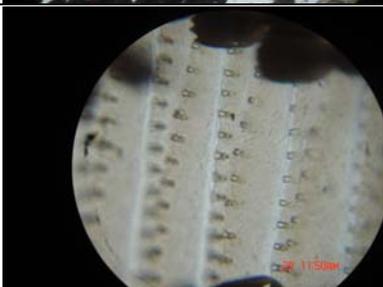
- 1.鱗片刮除越多，水珠容易附著在翅膀上。
- 2.在正方形紙片中，塗抹不同層鱗片，觀察滴水之後，發現紙鱗片的防水能力很差，每滴水珠的曲度都是一樣的。

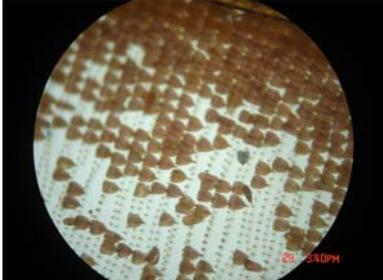
## 研究活動六、鱗片脫落容易度和鱗片與翅膀相接的方式有關嗎？哪些部分的鱗片較易脫落？

### (一) 研究步驟：

1. 以顯微鏡觀察翅面、翅脈鱗片與翅膜相接情形，並以數位相機紀錄下來。
2. 以邊長 2 公分的便利貼紙片，黏貼蝴蝶兩區部位，觀察吸附情形，並以 50 克砝碼下墜，實驗需要多少高度，才能將蝶翼從便利貼上震落。

### (二) 研究結果：

蝶種	區位	鱗片與翅膜相接情形	文字說明
紫斑蝶	翅脈		鱗片只有一層，排列並不緊密，插在翅脈上的小洞內，容易脫落。 蝶翼無法震落
	翅面		鱗片插在翅面上，呈橫向排列，一片蓋著一片，排列緊密。 蝶翼無法震落
無尾鳳蝶	翅面		可看出鱗片的排列有規律性，像拉鍊的排列一樣。 蝶翼無法震落
紅紋鳳蝶	翅脈		鱗片密集插在翅脈上 蝶翼無法震落

樺斑蝶	翅脈		鱗片一片一片插在翅脈上，和中央節狀翅脈相接，但是比起翅面來說就顯得相當稀疏。 蝶翼無法震落
	翅面		鱗片以層疊方式插在翅面上 蝶翼無法震落

### 【結果】

- 1.多數蝴蝶以層疊式排列鱗片，鱗片尖端刺進薄膜中，藉以固定鱗片在身體的位置。
- 2.翅脈的鱗片最容易剝落，因為在顯微鏡下看只有一層而已。
- 3.黏附便利貼後，皆無法震落蝶翼。

### 研究活動七、鱗片可以強化蝴蝶翅膀的支撐力嗎？和飛行有什麼關聯？

#### (一) 研究步驟：

1. 將全覆蓋、半覆蓋、無覆蓋的翅膀置於圓筒（面積為  $3 \times 3 \times 3.14 = 28.26$  平方公分）上，在其中點加入砝碼，觀察並紀錄翅膀最大承受極限重量。（面積都相同）
2. 觀察鱗片全覆蓋、鱗片半覆蓋、鱗片無覆蓋的蝴蝶直線飛行的狀態並紀錄下來。
3. 鱗片全覆蓋：原始蝶翼，完全不刮除鱗片。  
鱗片半覆蓋：完全刮除蝶翼一面鱗片，保留另一面鱗片覆蓋。  
鱗片無覆蓋：蝶翼兩面鱗片完全刮除，呈現透明翅膜。

		
測試樺斑蝶最大承受重量	測試樺斑蝶最大承受重量	測試大白斑蝶最大承受重量

(二) 研究結果：

表 1.鱗片多寡對翅膀單位面積承受重量比較表

蝶種	刮除次數	最大承受重量(公克)		平均 (g)
大白斑蝶	全覆蓋	4 公克	4 公克	4g
	半覆蓋	4 公克	4 公克	4g
	無覆蓋	1 公克	2 公克	1.5g
樺斑蝶	全覆蓋	1 公克	1 公克	1g
	半覆蓋	0.5 公克	0.5 公克	0.5g
	無覆蓋	0.2 公克	0.2 公克	0.2g
紫斑蝶	全覆蓋	4 公克	4 公克	4g
	半覆蓋	4 公克	4 公克	4g
	無覆蓋	3 公克	3 公克	3g

表 2.鱗片多寡對翅膀單位面積承受重量比較表

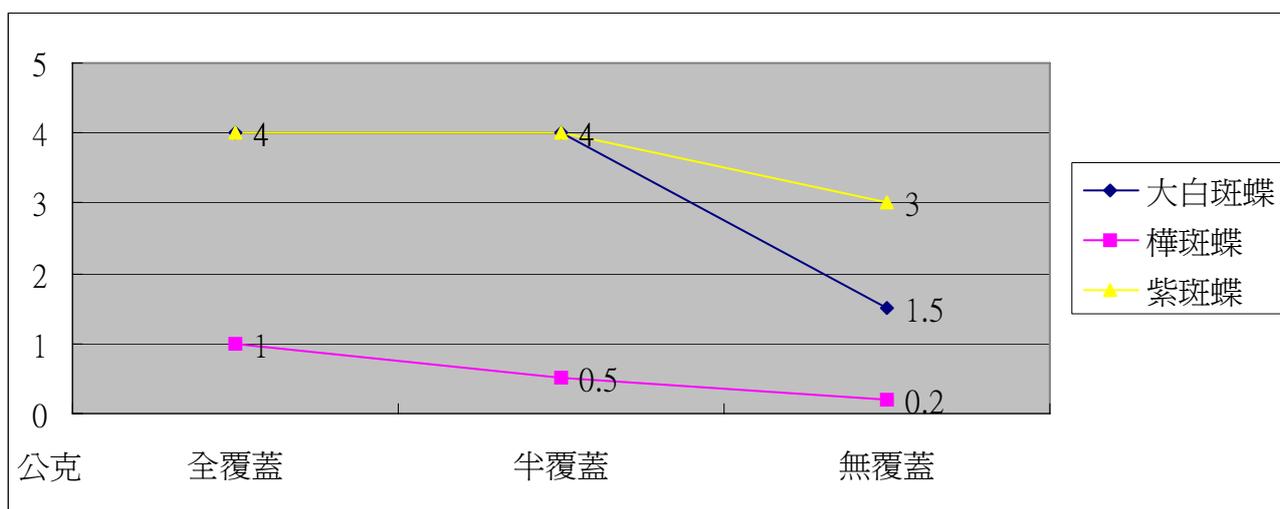


表 3.鱗片多寡對飛行影響描述表 (各觀察 10 次)

蝶種	鱗片覆蓋程度	直線飛行狀態描述
樺斑蝶	全覆蓋	左右左右晃動的向前上方螺旋飛行。。
	半覆蓋	螺旋的角度變大，向前下方飛行。速度不快也不慢。
	無覆蓋	有時向左有時向右飛行。速度很快。
大白斑蝶	全覆蓋	明顯上下震動，能精準控制飛行方向。
	半覆蓋	上下震動更明顯，飛行速度變快。
	無覆蓋	不僅會上下晃，也會左右晃，飛行速度最快。

【結果】

- 1.紫斑蝶的翅膀支撐力最強，沒有鱗片也能撐起 3g 砝碼。
- 2.樺斑蝶的翅膀支撐力最差，有加鱗片只能撐起 1g。
3. 由上表 2 可看出鱗片量越多，翅膀支撐力就越強。

4. 由上表 3 可看出，鱗片量越多，飛行狀況越平穩，反之，飛行容易晃動，速度加快。

## 研究活動八、鱗片可以吸收光照熱量嗎？

文獻探討

**蝴蝶和衛星控溫系統** 遨遊太空的人造衛星，當受到陽光強烈輻射時，衛星溫度會高達 2000℃；而在陰影區域，衛星溫度會下降至-200℃左右，這很容易損壞衛星上的精密儀器儀表，它曾一度使航天科學家傷透了腦筋。後來，人們從蝴蝶身上受到啓迪。原來，蝴蝶身體表面生長著一層細小的鱗片，這些鱗片有調節體溫的作用。每當氣溫上升、陽光直射時，鱗片自動張開，以減少陽光的輻射角度，從而減少對陽光熱能的吸收；當外界氣溫下降時，鱗片自動閉合，緊貼體表，讓陽光直射鱗片，從而把體溫控制在正常範圍之內。科學家經過研究，為人造地球衛星設計了一種猶如蝴蝶鱗片般的控溫系統。 摘自《新民晚報》

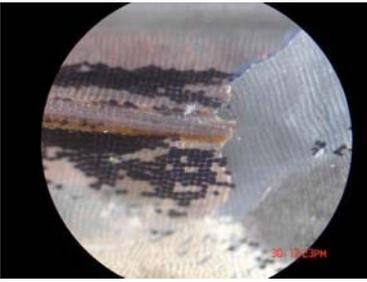
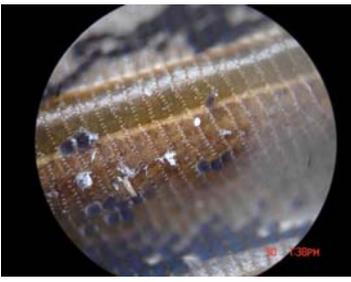
### (一) 研究步驟：

1. 將不同覆蓋程度的鱗片分別黏在溫度計的底端，放置在電暖爐前曝曬 1 小時，同時將一組未黏貼鱗片的溫度計也放在電暖爐前曝曬 1 小時，當作對照組。
2. 分別以紫斑蝶、麝香鳳蝶、紅紋鳳蝶來進行實驗。
3. 觀察並紀錄溫度上升情形

			
黏在紙孔上	覆蓋程度不同的三片 翅膀	定名後放在椅子上	以電暖爐提供穩定熱 源

### (二) 研究結果：

表 1.紫斑蝶加溫前後鱗片對照表

覆蓋程度	溫度上升度數	增加溫度前鱗片情形	增加溫度後鱗片情形
無覆蓋	22 度		

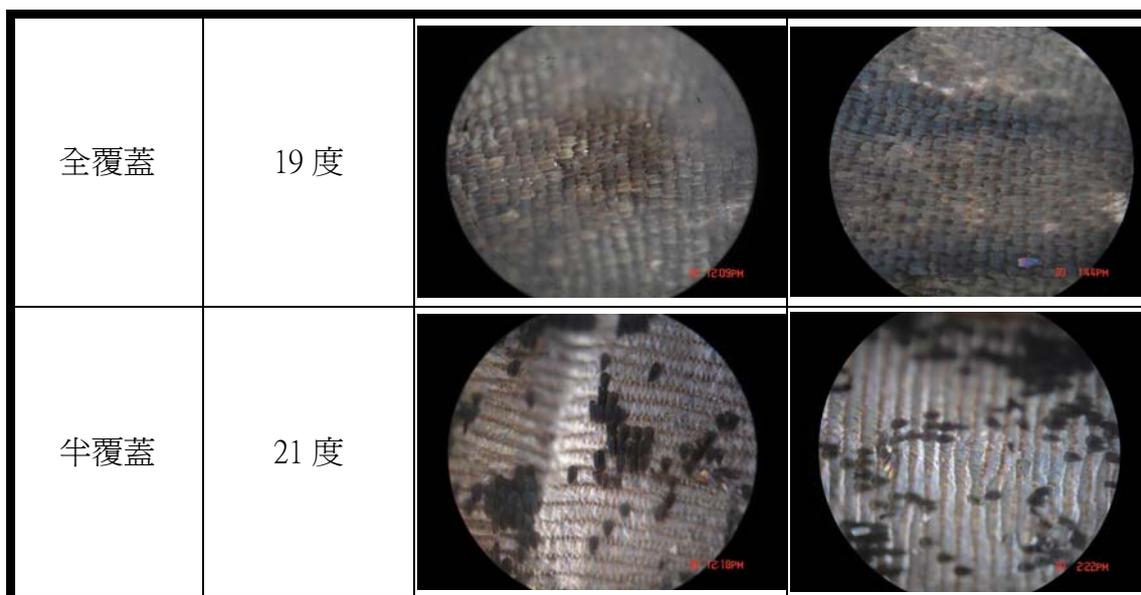


表 2.各蝶種溫度上升紀錄表（各作 5 次取平均）

鱗片覆蓋程度	紫斑蝶（度）	麝香鳳蝶（度）	紅紋鳳蝶（度）	對照組（度）
全覆蓋	19	20	18	23
半覆蓋	21	21	20	23
無覆蓋	22	22	21	23

### 【結果】

- 1.加熱後，翅膜會變黃。
- 2.看上表 2，全覆蓋的蝴蝶能減少溫度的升高，半覆蓋的蝴蝶居中，無覆蓋的蝴蝶會使溫度計上升較快。
- 3.鱗片覆蓋範圍越廣，使溫度上升速度越慢。

## 陸、研究結果

- 一、蝴蝶的鱗片有不同的顏色及形狀，但在不同種的蝴蝶仍會出現相類似的鱗片。有些蝴蝶的光子晶體很多，如烏鴉鳳蝶、紫斑蝶…，有些卻很少，像細蝶，就沒有光子晶體的存在。
- 二、鱗片上的光子晶體會隨著光照角度產生不同的色光。
- 三、在顯微鏡下觀察鱗片的排列，蝶鱗的排列相當細密，能使水凝成珠狀，不過用手碰觸，依然容易脫落，可是碰到膠或是有黏性的物質時，黏到翅模，相當難脫落。
- 四、蝶鱗可阻止溫度上升速度，保護蝴蝶本身不會受到氣溫太高的影響。
- 五、鱗片有如瓦片一般，堆疊排列後，可增強翅膀的穩定度及強度。
- 六、酸性物質會破壞鱗片構造及色素顆粒，並使鱗片變薄，光子晶體消失。

## 柒、討論

### 一、觀察分類蝴蝶翅膀上不同部位的鱗片？會產生哪些結構色？

- (一) 剛開始使用顯微鏡觀察及拍攝，都將底下的燈打開，結果看到的是黑色的鱗片。一直納悶為何都看不到鱗片的顏色，但在偶然中發現，在室外不用打燈，其效果更好，可以看到鱗片原來的顏色，尤其可以清楚的看到鱗片上的光子晶體。
- (二) 有些蝴蝶的鱗片在最高倍數（放大400倍）中不易清楚的觀察。需要亮一點的光源。最好是中倍看完後，直接換成高倍，如此一來，就比較容易找到鱗片。
- (三) 拍出清晰顯微照片的方法：
  - 1.先利用低倍物鏡(放大4倍)，調粗調節輪，找出鱗片位置
  - 2.再利用中倍物鏡(放大10倍)，調細調節輪，使鱗片清晰
  - 3.利用高倍物鏡(放大40倍)，調細調節輪，使鱗片清晰
  - 4.將數位相機調至近攝模式，把鏡頭對準目鏡，在螢幕上能看出鱗片脊紋
  - 5.輕按相機快門，自動對焦，若是不清楚，再調一次細調節輪，到最清晰

### 二、不同色光會不會使鱗片產生不一樣的結構色？

- (一) 當我們以不同的光照在鱗片上，以黃光、綠光、藍光比較容易觀察出光子晶體，而紫色及紅色較不容易。
- (二) 開始觀察是把用玻璃紙放在玻片下面，但效果不佳。於是改將玻璃紙包住手電筒，由上面打光，效果就比較符合我們所想要的。

### 三、光與鱗片上光子晶體的角度改變時，會折射出哪些色光？

- (一) 在網路上或書籍中會提到蝴蝶翅膀上的鱗片會反射，但有的會說折射，就本次實驗的觀察，發現鱗片上的光子晶體在不同的角度的光源中，會對其中一個方向的光產生反射產生亮光，其餘則無反應，呈現暗色。
- (二) 一開始，先用一個密閉的箱子，在前方挖一個洞，方便觀察與拍攝，四周再加上黑紙覆蓋，但是由於洞不可以開太大，因此造成拍攝及觀察的困難，於是另尋一個密閉空間，晚上將電燈關閉，再做實驗。
- (三) 人的眼睛所看到的，有時和拍攝的成果並不全相同。因此會造成判斷上的盲點。

### 四、酸鹼性物質對鱗片有什麼樣的影響？

- (一) 酸性物質會影響鱗片上的色素，使顏色變淡，因此處在容易下酸雨氣候的蝴蝶，其顏色應該比較不鮮豔。
- (二) 曾經以小蘇打粉製作鹼性水泡鱗片，但是鱗片毫無變化，鹼性物質對鱗片的色素沒有影響。
- (三) PH儀的數字會一直跳，所以必須等約一分鐘後，數字停止跳動，這時所量的數值才是準確的。

#### 五、 單位蝴蝶鱗片的數量多寡和防水有什麼樣的關聯？

- (一) 當鱗片的排列成「層疊式」時，鱗片比較不易脫落。
- (二) 鱗片越多時，對於水的凝聚效果越好。
- (三) 當鱗片大量脫落時，蝴蝶容易失去保護而死亡。
- (四) 首先要將水滴完整的滴在翅膀上，困難度就很高。不是滴太大滴，就是歪掉。因此練習了很多次。最後才成功。
- (五) 由此實驗證實鱗片對於水有一定程度的防水作用，讓蝴蝶在雨中也能飛翔。

#### 六、 鱗片脫落容易度和鱗片與翅膀相接的方式有關嗎？哪些部分的鱗片較易脫落？

- (一) 當我們將蝴蝶黏在便利貼上的時候，使用 50 克的砝碼，從 50 公分的高度下降，依然無法將蝴蝶從便利貼上震離。可能黏到鱗片間隙內的翅膜了，因此蝴蝶若被蜘蛛絲黏到，一般很難掙脫，所以蝴蝶必須不停拍打翅膀，讓鱗片黏在蜘蛛絲上，好讓翅膀可以掙脫。
- (二) 一般蝴蝶的體表不容易看見鱗片是如何排列，而細蝶則是把幼蟲的特徵(剛毛)，帶到成蟲時期，體表以剛毛和鱗片相接。
- (三) 蝴蝶鱗片若是一片一片排列的話，比較容易脫落，而大白斑蝶是層疊方式，因此較堅固。

#### 七、 鱗片可以強化蝴蝶翅膀的支撐力嗎？和飛行有什麼關聯？

- (一) 由於翅膀輕薄，因此一不小心就容易將翅膀弄碎，所以在做此實驗時要特別的小心。
- (二) 蝴蝶在放飛時，它會朝高處及有光的地方飛去，因此不易抓回，建議可以先綁上細繩，任意由它飛，等待要抓回時，再順著繩子慢慢拉回。也可以防止它飛走。

#### 八、 鱗片可以吸收光照熱量嗎？鱗片如何調節翅膀溫度？

- (一) 一開始，只是簡單的將翅膀放在溫度計上，但是稍有風吹草動，就偏離溫度計，於是，製作紙孔，將翅膀黏貼在紙上，翅膀就不易被風吹起。
- (二) 實驗結果得知當有鱗片覆蓋時，溫度上升幅度的較少，代表鱗片也會吸收熱能。
- (三) 每次觀察鱗片時，應該在玻片上貼上觀察的蝶種、部位，並且在觀察結束後應妥善收藏，不要就直接洗掉或擦掉，如此一來可以減少鱗片的採集。

## 捌、結論

蝴蝶的翅膀是由一片片的鱗片構成的，在顯微鏡底下，每一片鱗片表面的形狀、紋路和顏色都有所不同。而蝴蝶身上的鱗粉則有以下功能

### 一、由鱗片的排列組合成每種蝴蝶特有的斑紋與顏色：

部分蝶種的鱗片具有色素，部分鱗片的光子晶體則會透過光線反射、呈現出不同的顏色；而不同顏色的鱗片排列在一起，就形成翅膀上的斑紋與顏色；可以做種類的區分、吸引異性、或嚇唬或欺騙敵人的效果。

### 二、有保護翅膀的功效：

鱗片除了具有防水的功效，所以可以讓翅膀不容易被水沾溼。並且可以強化翅膀的彎曲度及支撐力。使翅膀不易破碎，導致蝴蝶生命的結束，但是蝴蝶的翅膀會被酸侵蝕，所以下雨時會將翅膀闔起。

### 三、有保護生命的功用：

當蝴蝶翅膀被蜘蛛絲或人類抓到時，可藉由灑落鱗片，來增加逃脫的機會。

### 四、能調節溫度：

鱗片可以降低翅膀吸收熱能，使夏日中午，蝴蝶的溫度不會上升太快，在冬天時，能使溫度下降不會太快，使蝴蝶的溫度不會變化太大。

### 五、能當做蝶種分類依據

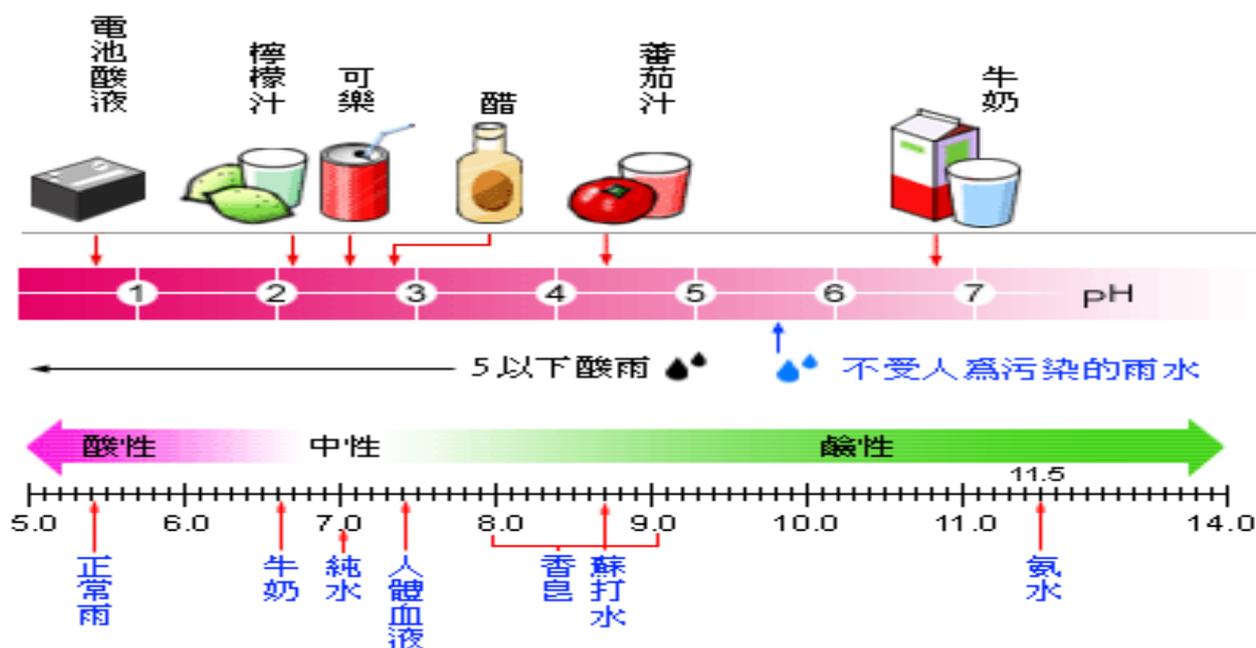
大部分蝶種都有較特別的鱗片，所以能在野外蜜源植物上採集到鱗片，並進行比對，判斷此地區可能有哪些蝶種出沒。

## 玖、參考資料及其他

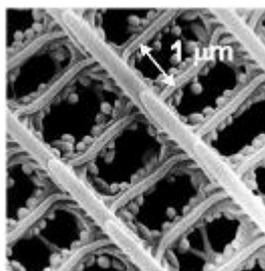
篇名	作者	書名或是網站	出版社或網址
蝶類的型態	李俊延、張玉珍	台灣蝶類圖說	台灣省立博物館
鳳蝶科	趙力、王效岳	中國鱗翅目	台灣省立博物館
蝴蝶	幼福文化 出版社	<i>e</i> 世紀 十萬個為什麼	幼福文化出版社
蝴蝶的型態	新竹縣 芎林國小	蝴蝶館	<a href="http://www.cles.hcc.edu.tw/butter/butter06.htm">http://www.cles.hcc.edu.tw/butter/butter06.htm</a>
奈米與自然 界	靜宜大學應用數學系	靜宜大學應用數學系	<a href="http://www.emath.pu.edu.tw/celebrate/celebrate6/neon/group06/ch01/cd01_02.htm">http://www.emath.pu.edu.tw/celebrate/celebrate6/neon/group06/ch01/cd01_02.htm</a>
偏極光之妙用—蝴蝶的求偶	黃貞祥 [May 04, 2003]	Sciscape 新聞內容	<a href="http://www.sciscape.org/news_detail.php?news_id=1115">http://www.sciscape.org/news_detail.php?news_id=1115</a>
認識 PH 值	國立中央大學大氣物理研究所	台灣酸雨資訊網	<a href="http://acidrain.atm.ncu.edu.tw/understand/09.htm">http://acidrain.atm.ncu.edu.tw/understand/09.htm</a>
光子晶體 專題	國家高速網路與計算中心 奈米科學研究小組	奈米科學網	<a href="http://nano.nchc.org.tw/photonic/photonic.php">http://nano.nchc.org.tw/photonic/photonic.php</a>

## 參考重點資料

- 一、蝶不僅用其華麗的翅膀來求偶，有些種類的雌蝶還可能會用翅膀上反射出的偏極光來引誘雄蝶。
- 二、鱗片羽狀為細胞衍生物。每一片鱗粉都有色彩，大部份蝶類都具有兩種顏色，一種鱗片是本身含有的色素，一種鱗片是表面有細微的溝狀刻紋，能引起光線的曲折，回折發生幻光。若由不同方向觀看，會有不同的金屬性的反射光。
- 三、在翅膀前緣的鱗片叫「緣毛」，有的鱗片可發出特殊的味道 稱為「發香鱗」，在粉蝶及蛺蝶 科的雄蝶身上具有「腺」。能散 發引誘雌蝶之味稱「性標」
- 四、PH 值就是酸鹼值，用來判斷液體為酸性或鹼性的單位。它和水中所含之氫離子濃度有關，所以看水中含有多少氫離子濃度，可以判定水到底為酸性或鹼性。pH 值之範圍介於 0~14 之間，pH 值為 7 時表中性，pH 值比 7 大為鹼性，比 7 小時為酸性。



- 五、在生物界中，也不乏光子晶體的蹤影。以花間飛舞的蝴蝶為例，其翅膀上的斑斕色彩，其實是鱗粉上排列整齊的次微米結構，選擇性反射日光的結果，下圖蝴蝶的光子晶體結構。



引用自奈米科學網

- 六、感謝豐原市蝴蝶園莊勝旗園長，提供觀察研究的蝴蝶及翅膀，並提供我們相關問題的諮詢與答覆。

## 評語

081553 蝶鱗的妙用

1. 主題明確，實驗設計，有創意。
2. 角度觀察實驗箱設計新穎。
3. 對於實驗的結果可多加論，思考其原因，可能的影  
(如醋→翅膀透明→影響交配)