

## 後記

### 嘉惠偏遠學生 高雄女中發展線上學習

大部分參與高瞻計畫的人都以專題研究的方式進行，但高雄女中老師們的想法不太一樣。高雄女中老師同心投入研發綠色能源相關教材，為99課綱議題融入課程做準備，同時也將課程放上網路，讓偏遠地區學生能自主學習。

對高雄女中的自然科老師來說，各科單打獨鬥的教學方式已經不適用了；尤其自99課綱施行之後，關於環保的議題融入，更是橫跨各學科，亟需不同領域的老師一同合作。因此自從2006年雄女接下高瞻計畫之後，便開始研發綠色能源相關的教材，不只是整理資料，還將它們處理成每週一次的課程內容，最難得的是，這是一個全校所有自然科老師一起投入的研發，時至今日，它已經發展成熟，可以順利接上99課綱的實施。

#### 創新綠能教材 高瞻班學生搶先試用

綠色能源科技的課程是為了全部學生設計的，但在實際上路之前總要先試用，於是就由高瞻班學生們得到這個機會；將學生們分成幾大組，分頭去試上各科的新教材，一邊試用，一邊修改。為了推廣，他們舉辦了各區教師研習及學生研習營、發放紙本教材、辦理學者演講活動，甚至還到各校校慶擺攤位，推廣不遺餘力。

為了擴大推廣範圍，自高瞻計畫第三（2008）年開始，高雄女中的老師們建置了「高瞻計畫綠色能源線上學習系統」，將各科的教材規畫成一週一堂課、總共二個月時間的課程，依照上課進度和節奏，將資料放上網站，連後續評量和問卷都一應俱全，就像在學校上了一門課一樣完整。全國各高中職學生都可以自己上網開啟帳號「上課」，每週跟著老師的進度，若不小心錯過了一堂課也沒關係，舊的上課資料都在網站上，隨時可以「補課」。如果對課程有問題，也可以寫郵件到網站的信箱中，高雄女中的自然科教師群會為學生解答。「推廣研習會受到地區、時間、經費的限制，上網就沒有這個問題了。」高雄女中教師表示，「不只是幫助偏遠地區學生，同時也可以吸取更多學生使用上的意見，成為修改教材的參考。」

#### 課程重視啟發 盼能成為各校正式選修課程

高雄女中研發的綠色能源課程，分成「太陽能」、「燃料電池」、「生質能」三大主題，著重啟發與「動手做」的實際體驗，在課堂上製作能量電池、時鐘、電力延長實驗等，還曾辦過太陽能車競賽，全班同學各出奇招，只為了讓自己的車跑得更快。「學生不只是要夠了解電能，對機械的原理也要夠了解才行！團隊精神也很重要！這需要多方面的學習。」老師笑著說。

由於學生必須自己思考實驗的每個步驟，因此培養出來的學生都很有研究精神，也會自己發展後續研究。高瞻班學生們正因為此套課程，而有耀眼的科展成績。高雄女中自然科教師除了感謝國科會給予機會和經費，讓他們有今日的研究成果之外，也十分希望國科會能夠授權這套綠色能源課程給各校老師使用，變成正式選修課程，多年來高雄女中師生集體努力的成果，才能落實於高中科學教育之中。

## 6-1 科學素養 教案設計



## 科學家先修班 科學素養的訓練

臺北市立中山女子高級中學  
蔡任園



## 科學家先修班——科學素養的訓練

適用對象：高一學生

教學時間/節數：21~28節

### A 教案設計理念

本課程期望將具科學潛質、科學抱負的中山人，培養成具科學素養、科學技能與科學視野的科學家。透過師徒制，經長時間的身教、言教，與相處過程逐漸感染追求知識的熱情，與建立正確的科學素養與科學態度，因為筆者相信師傅帶著徒弟學習科學，在教學相長的過程中較具教育成效，而講座式的課程是單向的傳授，沒有熱情、理念的交流互動，較難體驗科學的全貌。帶的走的科學素養，與追求知識的方法與熱情，即為高瞻進階課程需要努力的方向。

### B 教案目標

- 「如何進行有創意的生物學研究」課程的目標為介紹研究的原則與方法。
- 「出門找問題，入門找答案」活動的目的為訓練學生觀察與發問的技巧。
- 「量化技術」課程訓練學生觀察與量化的實驗設計技巧，透過實際操作應用，體現「動手做」的困難與意義，並強調科學實驗中數據的角色與重要性。
- 「蟑螂神經索解剖」實驗活動為訓練學生實驗操作技巧與耐心毅力。
- 「科學寫作與表達」課程為本課程的一大特色，透過每週的練習、訓練，期望能加強學生邏輯思考、批判、口語與寫作表達的能力。

### C 教案方法

本課程每週皆分為第一節課（約60分鐘），與第二節課（約30至60分鐘）。第一節課包含「課堂課程」、「實驗操作」等素養與技能課程，第二節課為「科學寫作與發表」訓練。

本課程以生物運用能量的角度為主軸，以實驗研究的方式，以創作討論的過程，訓練未來的科學家。除科學知識外，亦可學習科學素養與技能，除課堂講授外，亦著重實際操作與實驗。每週課程都有一些小作業，皆非知識收集或整理，作業主要為觀察、思考、評析、創作、表達、提問等技能為主。期末作業需創作科學相關作品，可以是一篇科學文章，或是科普文章等，期望課程結束後，每位同學皆能有立言留芳的個人作品。

### D 教案資源

本課程的所有教材，皆為筆者開發而來，部分教材為筆者數年前就已開始開發、改良。學生的即時回饋與建議，亦幫助筆者繼續改良、精進，使這一系列的教材更加完整。筆者過去開發的相關教材，多數以編寫成文，投稿發表，有興趣者可至筆者教學網頁下載：<http://www.csghs.tp.edu.tw/~captain/index.htm>。

### E 教案活動

#### 一、如何進行有創意的生物學研究：研究的原則與方法

創意的定義因人而異，筆者認為最直接的意義就是：有效、獨特、簡單！在進行科學研究時，無論是研究主題、策略、方法、材料選用、數據處理、解釋、應用，若能符合上述三者，都可說是成功又具創意的作品。研究的原則與需注意的事項實在太多了，但只要把握住要點，就能盡情享受探索與解謎的樂趣。好奇心固然是進行研究的原動力，可說是起點，而不斷地思考、精進，與克服困難、說服他人的巧思與努力，卻是順利走向終點的不二法門。本教材提出一些進行研究的原則與發揮創意的方法，並佐以大量研究實例進行說明，這些例子皆為筆者與學生過去專題研究的方法、過程、成果。這些例子不但是筆者較為熟習，說明時較為清楚，也可陳述心路歷程的轉折，達到情意傳承的目標，且多為學姐的作品，較為親切，亦符合其程度。

做實驗失敗是很常見的，錯誤與瓶頸正好展示了先前的方向與設計所具有的瑕疵，給我們改良、成長的基礎，所以當研究的過程非常的順利，就應該要檢討是否思路不夠縝密，因此還未發現問題，或是所發現的現象其實是測量的瑕疵，並不能反應生物體狀態，或是判斷、解釋錯誤。本教材的例子，正好能讓學生瞭解研究絕非一帆風順，需建立良好的挫折忍耐力，與解決問題的冷靜思考能力。

## 二、出門找問題，入門找答案：觀察是研究的第一步

問一個好問題比找一個好答案還需要細膩的觀察與縝密的思考。經過眾多考試的訓練，我們的孩子變得只會吸收「正確答案」，而思考的能力與動機卻越來越低。透過尋找問題的過程，可訓練學生觀察校園周遭環境，思考所觀察到的現象，最後透過公開發表的方式，訓練學生組織與表達能力，並透過互評方式，評鑑、欣賞其他組別的優點，引發腦力激盪，激發出更多的問題與答案，互相分享、討論各組的想法與立論。因此本教材的目標在培養孩子觀察自然的能力、訓練提出問題的技巧、培養蒐集資料的能力，訓練組織表達的能力，並能活用課堂所學的知識，思考觀察過程中所發現的疑問。

## 三、量化技術：讓數據說話

研究需說服他人，最重要的一個步驟就是量化，透過量化，可將觀察的現象轉為數據，才可進行比較、統計。量化的方式非常多種，本活動以男女滑溜滑梯的行為分析為例，使學生瞭解量化並不需要複雜的儀器設備，只要有企圖的心、有邏輯的腦，隨時隨地皆可將身旁的現象進行量化，並從中尋找有意義的結果進行討論，就可領略「留心處處皆學問」的境界。

## 四、蟑螂神經索解剖：操作技巧與耐心毅力的訓練

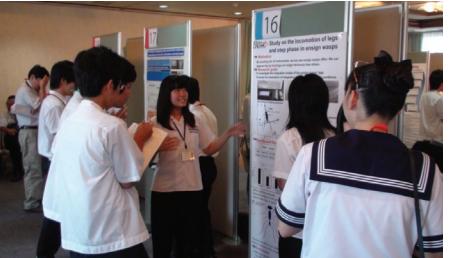


神經系統與行為表現息息相關，若能觀察實驗動物的行為與神經系統，並將神經系統的型態與行為的特性相互連接比較，對於學生瞭解神經系統的運作具有很大的幫助。蟑螂為日常生活中常見的昆蟲之一，是一個適合用於觀察行為、外部形態、內部器官的物種，因為其具備昆蟲的重要特徵（一對觸角、一對尾毛、兩對翅、三對步足、六片口器、兩種眼睛等等），且體型較大，操作容易。藉由行為觀察、外型觀察的活動，可發現許多有趣的行為。本活動亦透過解剖過程觀察其神經系統，以比較人類與昆蟲神經系統的差異。蟑螂神經系統的

觀察依標本製作過程可以分成簡易（去除內臟直接觀察神經系統）與較困難（將神經索分離至體外）兩種程度，可依學生的技術等級彈性安排。本活動除了使學生瞭解昆蟲神經系統的相關概念外，亦透過精細、冗長的解剖過程，訓練操作技巧與培養耐心毅力。

## 五、科學寫作與表達

分工合作與科學家的互動，是科學的重要特性。科學家之間需要溝通與對話，而論文與文章的發表就是最重要的對話途徑。一項科學研究的結束不是在得到足夠證據與建立結論之時，而是在該研究成果發表刊登於期刊後，經科學界同好檢視、討論、認可後才算告一段落，因此身為科學家，並不能自滿於科學實驗的設計與研究的進行，還需有整理、表達與寫作的能力。現行高中科學教育中，多著重在學生邏輯思考與實驗操作技巧的能力，對於寫作與表達能力似乎變成國文課上作文練習的責任。科學的寫作終究與一般文章創作不同，文章的邏輯與立論的證據是其骨幹，通順易懂、條理順暢是其血脉，其訓練的過程需要科學教師的指引。



科學展覽是高中科學課程中，最接近第一線科學研究的學習過程。事實上，大部分的科展課程並沒有經歷完整的科學過程。多數的科展作品在校內競賽或區域競賽後就結束了，研究的成果沒有機會與他人分享交流，甚至傳承流傳。這些辛苦的實驗成果若能整理成文，發表刊登於科普雜誌中，供科學愛好者流傳、評析、或以此為基礎繼續深究，方為完整的科學過程。

此外，未參與科學展覽的學生似乎與科學研究無緣，但這些學生也是有機會經歷科學形成的過程，透過科學寫作與發表，雖未直接進行實驗研究，但對於相關學術背景亦能有所瞭解，並提出自己的觀點與結論，一樣能參與科學的討論與思辯。因此，筆者期望透過科學寫作課程，使未進行過實驗研究（科學展覽）的學生，亦能透過比較簡單的觀察、紀錄，與收集文獻、驗證、討論等過程，生產架構完整的科普文章，過程中可訓練其紀錄、繪圖、分析、整理等技能。

寫作與發表亦是科學與藝術之間的根本差異，因為它包含了科學家們分工合作與互動的過程。透過本教學活動，同時也是科學活動的過程，使參予者（包含學生與指導教師）能體驗、學習科學的歷程，對科學的本質有進一步的認識。

科學寫作與表達的課程縱貫整學期的課程，也就是每週課程皆有與科學寫作或表達相關的單元（第二節課）。透過每週的評析、寫作與發表練習，逐漸建立學生的邏輯表達與批判能力，在本學期的第一節課，筆者先介紹科學寫作的種類、功能、原則、方法等概念，屬於課堂課程，而後皆以評析、寫作、生物繪圖、討論等實際操作方式進行訓練，因為表達能力是需經仿效、改良、練習的，在實際應用時教師方能診斷學生的盲點，並立即給予建議與回饋，方可達到教學成效。

**F 評量方法**

本課程每個課程單元皆有作業（請見下表）。學期作業為撰寫一篇科學文章，可以是學術性的文章(review)，亦可是科普文章，這些皆列入學期成績，其中期末作業占20%，平時作業與上課表現占80%。

97學年度第二學期 高瞻計畫子計畫 進階課程作業一覽表（科學家先修班）	
週次	作業內容
第一週	實驗設計練習—實驗組與對照組的設立（課後作業）
第二週	蟑螂行為的觀察與紀錄（課後作業）
第三週	口語表達訓練—蟑螂觀察報告分享（課堂活動）
第四週	口語表達訓練—發問技巧練習（課堂活動） 科學文章評析—兩篇科學相關文章的評析（課後作業）
第五週	科學文章評析報告（課堂活動） 量化實驗的設計與執行（課後作業） 科學文章試寫（課後作業）
第六週	生物繪圖（課後作業） 科學文章創作互評（課後作業）
第七週	生物繪圖互評（課後作業） 科學文章修改（課後作業）
第八週	口語表達訓練—量化實驗與科學文章創作分享（課堂活動） 口頭報告互評（課堂活動）
第九週	無作業（段考前一週）
第十週	科學文章試寫（課後作業）
第十一週	科學文章互評（課後作業）
第十二週	口語表達訓練—科學文章評析分享（課堂活動） 統計練習（課後作業）
第十三週	科學文章試寫修改（課後作業）
第十四週	期末作業—科學文章（不拘形式）

上述的作業以訓練科學表達與邏輯思考、評析為主，除此之外，各週的教學活動亦有於課堂完成的學習單等，尤其是實驗操作課程，學生需於學習單上記錄實驗的結果，以方便實驗完成後進行實驗結果與意義的討論。這些作業單亦可列入平時評分的參考。

**G 反思與檢討****一、每週課程時間過短：**

每週只有一節課，時間不足，造成師生難以相互熟悉，除本節課外，師生無其他接觸機會（筆者今年接任高三老師，科學家先修班皆為高一同學），師徒制難以落實，使原先的教學設計無法貫徹。若爾後以自己的班級進行課程，落實師徒制，相信透過教學相長、情意感染、熱情傳遞，對於教學成效必定有莫大的幫助。

**二、同學來自不同班級：**

由於本班同學是由高一各班徵選而來，同學之間除一週一次的課程外，較少有交流機會。一週常只見一次面，平時少有機會互相討論，造成討論對象受侷限，腦力激盪難以擴展，學生可能落入單打獨鬥的情形。

**三、學生背景知識不足：**

高一學生相關學理基礎不足，討論深度受限，故本課程需以素養與態度為主要的教學目標。待爾後學生學習相關的深入課程，本課程的基礎必定具有實質幫助。

**四、課程無法延展（只有一個學期）：**

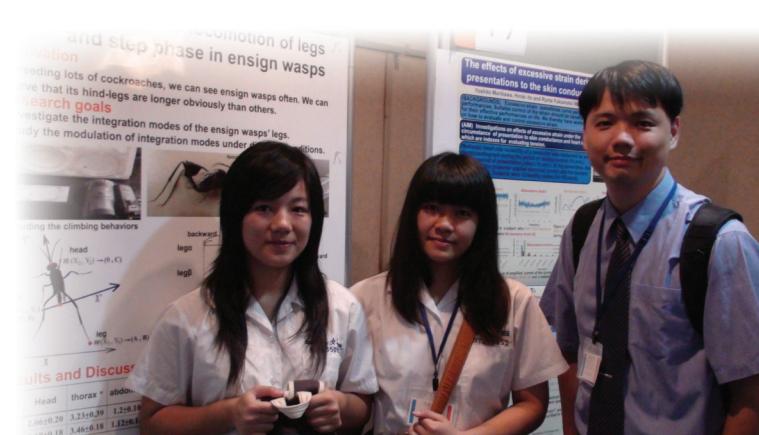
由於本班為選修課程，下一學期不會有同樣學生組成的班級，故後期追蹤輔導難執行，因缺少醞釀、啟發的時間、機會，無法擴展教學成效。

**五、學生閱讀不足：**

教師宜鼓勵學生多多閱讀課外讀物，以增加閱讀、整理與表達能力。高一閱讀經驗不足，難掌握重點與表達方式，常有過於主觀或狹隘的觀點。

**六、課程發展時間過短：**

雖然課程的內容多已經開發，但硬體設備的部分直到學期中才交貨，加上驗收、架設、測試的時間，使得需多原本設計的實驗活動因此取消更改（原本設計但未執行的實驗活動沒有列於本文中），使得本課程原先設計的科學學理、操作技巧無法深入。



後記

## 蟑螂老師的無敵艦隊：給學生發光發熱的舞台！

中山女高飼養蟑螂出名的蔡任圃老師，受訪當天沒有筆者想像中用夢幻之聲說：「蟑螂好可愛。」不過老師似乎替蟑螂辯護慣了，除了指出蟑螂愛乾淨外，被問到蟑螂賀爾蒙味道不好聞時，師答：「如果養白老鼠味道更差。」又被問到天天餵食蟑螂會辛苦嗎？師答：「一個禮拜餵一次就好，控制數量。」像是一名非常理智的飼主。

### 瘋狂艦隊 紮實學習

蔡老師綽號艦長，希望帶領中山的孩子走向榮譽。其科學先修班是期望教給學生兩件事：「帶得走的科學素養」與「追求知識的方法與熱情」。何同學說：「上老師的課很瘋、很開心。」蔡老師解釋，課程成功之處在於同學上課非常開心，天馬行空想點子而不覺有壓力，又可以學到知識，其他同學看到天馬行空的點子被鼓勵，也開始嘗試。科學先修班的同學們點子很多，有的記錄蟑螂的「清潔行為」、有的側寫蟑螂停泊行為，有的分科統計「一年級班上課睡覺情形」，有的計算家中「懸浮粒子」分佈情形，展現了高度自發想像力和研究力。

授課時間不足曾經是個困難，因為想教的東西太多，理想中的師徒制需要更長期緊密的相處才能一起談實驗、分析文章。現在老師帶隊的數資班生物組學生只有8人，為期一年，效果非常卓越。倒是現在同學天馬行空的發想，思考如火樹銀花散開，但做實驗不得不聚焦，老師和同學共同思索如何聚集中。

對於課堂作業要求，同學說：「面對老師，不好意思打混，否則有歉疚感。」老師笑稱這是策略經營，自己做榜樣給同學們看，譬如想他們投稿，自己先投很多，再不經意透露給她們；用自己和學姐們當榜樣，鼓勵她們，久了她們自動見賢思齊。

### 砥礪 製造發光發熱的舞台

對於高瞻課程的規劃，蔡任圃老師有意見。他認為高中老師應自己主導整個課程，而不是直接讓大學教授主導課程或送學生進大學實驗室，除非學生是非常頂尖的。因為第一線工作者最瞭解高中教材，也最瞭解高中學生，自己辦課程再好不過，真有困難才請求教授支援。此外，如果只把課程當作資優加強升學班，則將失去了計畫的原意。

有個經驗令老師印象深刻，2010年老師帶著學生們赴日本Science Education Exchange Symposium交流研討會做研討，學生原本只是老師心中的第二名，沒想到因交流之必要，同學們盡全力溝通，表現超乎意外的亮眼，被外界大力稱讚對答如流，談吐有涵養，還氣質才華兼備，連老師都嚇一大跳，學生受鼓勵也因此更加自信，從此蔡老師有了一個難抹滅的信念：「只要給學生舞台，學生就會發光發熱。」

對於高瞻的資源，蔡老師認為，有想法的老師本來在教學上就會自行摸索，但高瞻給了一個機會，讓老師抓個方向，在有支援的情況下往前努力，並提供了師生表現的舞台，使師生一起發光發熱。未來艦隊一直壯大，往無限浩瀚的科學駛去，艦長蔡老師一句話總結對課程和對學生的期許：「希望一直保持好奇心和熱忱。」

## 附 錄



## 高瞻嘉年華 「高瞻計畫」執行成果展示暨競賽

中學教師組