

中學生自由研究之道

魏明通

國立台灣師範大學 化學系

科學資賦優異學生都具有強烈的自動學習科學的意念與行動。他們對周遭的事象都具有好奇心，時常發現問題，並設法自行解決問題的習慣。學校的教材比較趨向於片斷知識、獨立的事實及瑣屑的能力之傳授，惟科學資優學生卻喜歡構想較大的觀念，追求長程的研究計畫。因此，使科學資優學生有能夠從事自由研究的環境是資優教育很重要的一環。

科學展覽是長期有計畫的科學研究成果的發表場所。著者近卅年來每年參與全國科學展覽的化學科評審工作。今年的三月底，在高雄縣鳳山舉辦的卅八屆全國科學展覽，無論是質與量都較往年進步很多，惟仍發現有許多不甚理想的作品展出。例如有的作品說要改進學校教科書的實驗，但用很多經費而沒有考慮普遍性，有的作品與以往獲獎的幾乎相同等。根據評審的經驗，本篇敘述中學生自由研究之道，供教師及學生準備科展之參考。

一、怎樣找自由研究的主題

很多學生，甚至於教師都曾表示，很難找到適合於自由研究的主題。事實上，自由研究的主題到處都有。你有沒有曾覺得「為什麼」的事情或現象？例如，早晨喝的甜豆漿是牛奶狀的，但鹹豆漿卻是豆花狀的？是不是可利用自由研究的機會解此謎底呢？選擇自由研究的主題可從下列三個方面來考慮：

(一)觀察自己的環境以及周圍所發現的問題

我們所居住的環境、學校的校園到處都有可讓你覺得奇怪的現象，產生疑問的東西。剛蓋好的水泥牆好像在流汗、有的卻析出一顆一顆像食鹽一樣的晶體，很多科學展覽的得獎作品是以解開此謎底為主題的。有時在家裡飼養小動物或栽培植物等亦可發現很多可以研究的問題。例如，或許你對白老鼠沒有多少知識，可是在飼養的過程裡，觀察到白老鼠在一天中什麼時候最活潑、什麼時候最安靜，剛生出來的小白老鼠是什麼顏色的？怎樣養畜小白老鼠等，以白老鼠的生涯做自由研究的主題。住在火力發電廠附近的人，或許會觀察到田野的植物枯萎或大理石房屋有腐蝕的現象。為什麼？是不是與火力發電廠所排放的煙有關？因此可能會有「酸雨的成因及其影響」的自由研究的動機。這樣由觀察周圍所看到的事物或現象，例如我們曾經看到有關陰陽海、無殼的蛋、水燒包、尿布、海砂屋、紫色的甘藍菜等許多自由研究很成功的主題。

(二)尋找報章雜誌或電視有趣的話題

報紙、雜誌及電視每天都報導有趣而值得探究的話題。例如，有一年大眾傳播報導含磷洗衣粉使河水、池水優養化，影響了水生動物的生態，因此在科學展覽看到許多以含磷及不含磷洗衣粉的比較之作品。曾有一時，假酒在市面上多次出現，因此有假酒檢驗法的作品。近年來輻射屋成爲大眾傳播的一主題，因此有人探究輻射屋的來源及檢驗法。最近又看到市售雞精出現發霉及碎屑粉末的消息，因此探究經滅菌的雞精爲何有這些現象產生，亦很有趣而值得探究的問題。此外，爲保持食品的長久新鮮及美觀，食品中往往添加一些食品添加劑，如黃色二號及紅色五號等食品著色劑，苯甲酸等防腐劑，亞硫酸鈉等漂白劑，這些食品添加劑的影響也是在大眾傳播常提起的主題而值得學生們探究。

無論(一)周圍環境或(二)報紙雜誌所尋找的主題，要進行前必須與教師好好商討你所選的主題：

1. 是否在國中或高中學生的程度能夠進行探究的問題。

有一年，多氯聯苯的毒害在報章雜誌被提很多次。因此有的學生想探究多氯聯苯的毒害，但我告訴他多氯聯苯的毒害及治療，到目前爲止，醫學院全力在研究，以中等學校的設備及背景要研究多氯聯苯，不但無法進行而且危險。有一次有位小學教師跟我提，淡水河出海處的紅樹林，牛喫了紅樹林的葉時會有像喝醉酒一樣的行爲。因此這位教師想分析紅樹林的成分。我告訴他，天然物的成分分析很難，必須以燃燒法定量 C.H.O.N 等成分外，以紅外線定其官能基，核磁共振定 C 外面的 H 等，必須要有研究所的研究背景。小學教師對紅樹林能夠做的研究，因紅樹林成長於海水與淡水交界處，因此可在不同鹽分的水中栽培紅樹林，在同樣變因下看看鹽分的不同，對紅樹林成長的影響。

往往中學生所要探究的主題及方法，是超出其能力範圍的。在與教師商討時，可能以改變探究方式，使其適合於中學生自由研究的題材。

2. 是否有足夠的儀器或材料

自由研究往往需要特別器材，在一般學校實驗室的玻璃儀器及藥品外，有時需要滴定管、分液漏斗、分析天平、光電比色計、pH 計、甚至於電子顯微鏡、分光光度計及蓋格計數儀等。是否學校可提供學生使用或利用教師、學校與大學的密切關係，可讓學生定期到大學實驗室使用等問題解決後才能進行。

(三)在教科書、其他科學書籍或科展專輯所找到的主題

在上科學課程時，由教師的講評，演示實驗，學生做分組實驗時往往會找到自由研究的主題。看到教師的演示實驗或自己所做的分組實驗，往往會產生如果我改變材料，如果我改變這變因……結果，可能會更好的念頭。因此過去曾看過「酸溜溜樂無窮」、「鹼素活性大小的比較」、「簡便製氧法」等與教科書有關的作品。此外，其他科學專輯及科展專輯都有過去人家做過的自由研究的作品。像這些作品，大家都可試試看，或許有人

懷疑大家都做同樣主題時，是不是都沒有創意？我不覺得這樣，因為每人所用的材料不一定相同，每人所控制的變因亦不一樣，如果你的結果比他人的好時，那就是你的創意與成果了。

惟對於每年都有的「改進教科書的實驗」作品，或許大家都有一些錯誤的想法。因為教科書的實驗是爲了全國，無論都市或鄉村的學校，都能夠買得到較便宜的實驗器具及藥品，能夠從事分組實驗之用的。因此往往看到「改進教科書的實驗」作品中，使用貴重的精密儀器及藥品而無法全國各校普遍推廣的作品，就被割愛了。改進教科書的實驗必須考慮(1)省時，(2)省力，(3)效果好外，推廣性亦是選擇主題需考慮的。

二、怎樣進行自由研究

選好自由研究主題後，下一個步驟是查參考資料及擬定研究計畫。

(一)查參考資料或文獻

選好自由研究的主題後，從教科書、科學刊物及國立科學教育館每年所發行的科學展覽得獎要輯等，查查看關於這主題過去有沒有人做過？他們是怎樣做的？用什麼材料？控制什麼變因？怎樣的結果？等等很仔細的探討。例如你要做明礬晶體的成長，從參考資料看到有人已做過這主題而獲獎。你就模仿他所做的方式做做看，是否得到同樣的結果。如果同樣結果後，你再改變你的變因（例如材料、濃度、溫度、冷卻的方法與時間），如果你的結果比他的好，就是你的創意、你的研究成果了。因此，查參考資料很重要。如果沒有查而且你所做的結果又不如人家已發表過的，或與人家已做過的完全一樣時，就不是很好的自由研究了。

(二)擬訂研究計畫

查好參考資料以後，要擬訂研究計畫。先考慮什麼時候，在什麼地方，要做什麼。例如做理化的實驗研究，往往使用學校實驗室或資源教室，在下課後或週末、假期在教師許可下進行；生物的研究往往利用動物園、植物園或野外實地取樣、觀察方式進行；地球科學的研究往往利用郊遊、遠足、旅行等觀察收集資料方式進行。在擬定計畫時尚需考慮，以怎樣的步驟進行，所需要的器材是什麼，如何獲得這些器材並有適當的場地較長期不受干擾而排設使用等問題。這些問題解決後，下一步爲預測可能的研究結果並根據預測的結果設計驗證實驗的方法。例如，什麼時候取樣？多少時間取樣一次，總共取多少樣？取樣後如何處理？要分析或觀察什麼？控制什麼變因？操縱什麼變因？應變的變因以數字、照相或圖表方式呈現等，最好與同學或教師詳細商討而擬訂研究計畫。

(三)實地進行自由研究

擬訂研究計畫後，按照計畫實地進行自由研究。準備一筆記本，按照計畫細心觀察及操作並隨時將觀察或測量事項記錄在筆記本。有必要時準備一照相機，將研究過程所

觀察事項照相起來。

三、怎樣整理自由研究結果

一年一度的全國科學展覽是展示各級學生所做長期有計畫的科學研究結果的競賽場地，是整理自由研究成果傳達於眾人的場地。科學研究的成果需要很有系統的整理，才能有效的傳達於別人。一篇很成功的研究報告應包括：

(一)研究的動機與目標

簡單扼要敘述為何想做這研究，研究的目標是要闡明那些項目等。

(二)研究的方法

研究的步驟及過程，實驗及觀察的方法，所控制的變因，記錄的項目，與其他方法的比較等。

(三)器材

研究所用的儀器、材料，有必要時註明場地（如動物園、植物園、水族館等）外，以照片展示使用的實驗裝置。

(四)研究結果

以簡單的文字、數值、圖表或相關曲線表示觀察、測量及實驗的結果，有必要時可用照片或繪圖展示。

(五)結論及討論

針對研究目標，說明實驗研究的結果達到預期的什麼程度，從實驗瞭解了什麼。檢討沒有達到目標的原因及今後想努力進行的方向等。往往看到所寫的結論與研究目標無相關，或結論只是抄自教科書而與自己所做的研究結果不相同，這樣的結論是很不妥當的。雖然你的研究結果與教科書不同，可寫出或許所用的藥品不當，儀器不夠精密，取樣不夠等原因，目前獲得這樣的結果，今後將努力改進等，如此才是真正的科學態度。

(六)參考資料

將本研究所用的參考資料一一列出。有的只列出著者及書名，這樣不夠嚴謹。寫參考資料有一定的格式。例如，參考書籍，即以著者名（年代）主題、書名、頁數、地名、出版商，而引用自學術刊物，則以著者名（年代）主題、刊物名、卷（期）、頁數表示。

四、結論

中學生自由研究之道並不困難，只要學生對自己有信心，在家長、教師及學校協助之下，留意上述要點，細心而耐心的進行，相信會有很好的自由研究成果，進而奠定做高深科學研究的基礎。