

科學資賦優異兒童 的科學教育

國立臺灣師範大學 化學系 魏明通

一、前言

本年三月底，著者赴美國亞德蘭大城參加第廿七屆美國國家科學教師協會年會（National Convention, National Science Teachers Association），會期由三月廿三日至廿六日四天，約有二千名美國各地的大、中、小學科學教師及外國學者們聚集於喬治亞國際會議中心（Georgia World Congress Center）研討有關大、中、小學的科學教育。中心除了兩個大會場外，分廿四個會場，整個會期中專題演講及研究報告就有三百五十場之多。所研討的主題除了一般中小學科學教育教材及教法之外，特別強調環境教育，能源教育、探究教學、思考技巧、認知的發展、實驗安全及科學中心的運行等題目，尤其使著者感覺很有興趣的是，在本年會中好幾個會場討論有關中小學科學資賦優異的（Gifted）兒童之教育及身心障礙的（Handicapped）兒童之科學教育問題。其中有關科學資賦優異兒童的教育問題吸引了很多教師們的關心，場場爆滿，以至有遲到者不得進場的措施，可見美國科學教育界很重視科學資賦優異兒童的教育。回國後很高興的看到我國教育當局具有先見之明，早就擬訂並進行科學資賦優異兒童的科學教育。雖然是小規模而實驗性的，但是相信是一個很好的開始。

茲將著者參加年會及研討所得介紹如後，供關心我國科學教育先進及教師們的參考。

二、那些兒童是科學資賦優異的？

根據美國教育事務所（U.S. Office of Education）所下的定義⁽¹⁾資賦優異兒童就是在同輩人口中認知發展的測驗及成就測驗的成績均佔前百分之三的。今天此定義似乎已被擴展，不只是指某些測驗有高成就的兒童外，對於其有一般知識能力並有創造性思考、對某特定主題有高度的才能表現，具領導能力或行動能力等的兒童亦歸於資賦優異的兒童⁽²⁾。這擴展的定義較符合於今日科學教育的目標。克杯曼（Kopelman）等⁽³⁾根據他們與中學資賦優異學生共處的結果發現這些年青人具有下列特性：

1. 他們具有強烈而誠實的自動學習科學的意念及行動。
2. 在實驗室、圖書館及教室裡他們能夠不靠別人而獨立工作。
3. 他們對各種現象都具有好奇心。
4. 他們對他們所從事的工作裡所發現的問題或教師所提示的問題均具有極強欲獲得答案的興趣。
5. 他們時常發問許多問題。
6. 他對學習「解決問題」的方法有趣。

7. 他們能夠從大量的資料中辨認主要的問題。

8. 他們很會歸納、演繹及連結相關的觀念。

9. 他們常探討不同的方法或提議「離奇的(Offbeat)」觀念。

10. 他們的創造能力及成就時常會擴展到許多其他領域。

11. 他們與同輩及長輩相處的很好。

12. 他們的大多數均具有適當計劃的長程目標。

怎樣辨認我們的學生是科學資賦優異的呢？

當然有的學者強調用一些標準來衡量包括智力測驗、成就測驗、創造能力及態度的測量、口試、教師推荐、技巧的評量及學校的總成績等，這些方法固然很好。可是，當你與兒童們共處時如果留意上述十二資賦優異兒童所表現的特性而發現他們的行為包括其中許多項目時亦可供你選擇的依據。

三、為何要加強科學資賦優異兒童的教育？

近數年來，美國許多科學教育學者發現科學資賦優異的兒童可能是這世代所忽略的兒童。在正常教育下他們成就測驗的分數都不很高，這種由科學資賦優異而趨向於平凡的趨勢特別在高級中學階段很顯著，可是在國中及國小高年級的兒童間亦常出現。使科學資賦優異的兒童遭遇如此苦境的原因可能是：

1 學校所教的科學只是一種基礎的學問，不能刺激資賦優異的兒童去做他們覺得有興趣的事。

2 學校的教材內容趨向於獲得片斷的知識、瑣屑的能力及獨立的事實。如此教材對於一般學生很合適，但對於科學資賦優異的兒童不太適合，他們喜歡構想較大的觀念，追求研究計畫，處處發現問題並尋求答案。

因此，科學資賦優異的學生很難找到適合於可發展他們的教育措施及教材內容而迷失。歷史上亦可發現有此趨勢，著名的發明家愛迪生(Edison)曾在學校時為全班成績最差的；諾貝爾獎金得主的理論物理學家愛因斯坦(Einstein)却在學校時被認為心智遲鈍而開除出校。事實上，把聰明而資賦優異的學生放在每天只是填鴨式的學習一小片斷的知識，做不完的訓練等的學校環境時他們幾會失去冒險、創造及追根究底的特性而埋沒其天資及才能。因此對於科學資賦優異的學生應給予特別的教育環境，使他們能夠發展其天賦才能為國家儲訓科學人材是目前很急需的措施。在正規的教室裡，有時通過特別的研究題目，可發展他們的性向外，可利用週末或假期，讓他們追究自己所喜歡的研究實驗並盡量供應他們研究器材或圖書文獻等來協助他們達到目標。

四、九十九項能夠刺激兒童嗜好於科學的題目

以沙克(Ann F. Issacs)在他的「當你發現一個兒童為資賦優異而對科學有興趣時該怎麼辦」⁽⁴⁾的一文中提示九十九項能夠刺激兒童興趣探究科學的題目，供給資賦優異兒童自由去探討：

1 組織並領導一個科學研習。

2 研究動物傳達的方法，把你所發現的報告給本班或別班級。

3 選出一些科學爭論的題目，例如核能發電廠的利弊；工業發展與公害等，準備辯論時兩方面所用的辯論辭。

4 舉例說明怎樣搜集、認識及剝製種子、花或昆蟲的標本。

5 編寫、導演及演示以人裝作不同動物的戲並表演植物怎樣幫助這些動物。

6 在你的家或學校裡說明地球的地形線（

Contours) 及其成因。

7. 尋找火山及地震的原因並報告給全班同學。

8. 告訴全班同學地球表面怎樣不斷地在變化及造成這些變化的原因。

9. 挑選一隻你最喜愛的鳥，在圖畫紙上畫此鳥並用彩色筆標識其冠部、頸背部、翅膀及尾部等。

10. 觀察並繪畫一顆樹在一年不同季節——春、夏、秋、冬——樹枝的變化。

11. 使用水彩繪畫說明種子旅行的模式，例如利用貨物運送、水或空氣的載運等。

12. 使用你所選現在最喜愛的媒體 (Media) ，製作一天空的壁畫。

13. 濃縮為交談的方式或寫出昆蟲生活的故事，例如蠅、蟻、蜂等。

14. 寫一本書介紹你班上曾經所做的科學活動。

15. 製作一有關科學的壁報。

16. 參加校內，地方或全國的科學展覽會。

17. 參加科學競賽。

18. 開始並繼續寫科學日記。

19. 在家及學校裡，把你做過的實驗記錄於卡片並保存。

20. 製作一科學問答及其回答的信箱。

21. 找圖書管理員或科學教師幫助你尋找你特別有趣的資料。

22. 調查微生物與疾病間的相關關係。

23. 調查那一種鳥旅行最遠，寫出他們旅行的路徑及距離。

24. 研究動物怎樣保護自己。

25. 調查並辨認動物的腳跡，收集一些並設法鑄成型。

26. 調查研究季節的改變對植物及動物生活的影響。

27. 研討海的潮汐及波動並提出報告。

28. 研究有關海洋學的最新研究方法，使用的儀器及所證實的事實。

29. 尋找海洋的成因，怎樣從雨水等無鹹味的水變成具有鹹味的海水。

30. 探討怎樣使自然水變成可飲水的各種方法。

31. 進入家畜醫院做業餘的工作。

32. 志願到地方動物園去做無償的工作。

33. 志願幫助較你低年級的男女學生從事科學研習。

35. 尋找從天空的雲怎樣預測天氣，研討一些雲的名稱及其成因。

36. 研討各種風——微風、強風、颱風、龍卷風、暴風及季節風等的成因及這些風對人類生活的影響。

37. 通過天文學的研究、研討怎樣測定地球與星星、太陽和月球等的距離。

38. 尋找有關太陽、月球及星星的傳說及神話。

39. 探討氣象局預報天氣的可靠性。

40. 選擇一些合成物質或纖維，研究這些物質是怎樣合成的。

41. 有一些植物是蔓延於地下繁殖的，例如，目苜 (Clover) 及草莓等，試你能夠尋找更多這些植物。

42. 找出一些如榆樹 (Elm tree) 一般其數目在減少的，並研討減少的原因。

43. 某些區域有獨特的植物——如東方矮樹 (Dwarf oriental)，多節松樹 (Gnarled pines)，絲柏樹 (Cypress tree) 和美國巨杉 (Giant redwood)。探討自己國家那一區域有獨特的樹及各樹的特性。

44. 研討有關「山」你所能夠獲得的所有資料。

45. 腐朽、蟲、白蟻等都是樹木的敵人，看看你能夠找到多少有關這些及防止其災害的資料。
46. 從種子開始試編一種樹的生涯的故事。
47. 繪出你家或學校附近的圖，辨認區內的常青樹及落葉樹並將其位置註明於圖上。
48. 開始與森林警備隊員通信，討論有關你區域的森林。
49. 調查收聽（看）及記錄你地域的廣播及電視節目中有關科學的節目。
50. 說出爲甚麼和怎樣鳥常成群。
51. 選出你現在最喜愛的動物並列出其同族動物名稱及其習性。
52. 選出人體的一特殊器官並盡量收集有關此一器官的所有資料。
53. 研討怎樣檢驗基礎代謝（Basal metabolism）及此一檢驗的意義。
54. 在一大片的沼澤、池塘、河流、湖泊或海洋的圖上，剪貼一些水中動物的圖。
55. 從許多廣告中找出種子怎樣用爲油、香料、調味品等。
56. 找一些土壤並分析其成分。
57. 製作一本你感覺有趣的事——如原子的和平用途、太空旅行等——的剪貼簿。
58. 製作模型表示你自己，設立一史前博物館。
59. 製作你地區的鳥喜歡吃的食物的菜單。
60. 製作一截去一部分的壁畫表示三度空間（立體）的地球表面。
61. 負責一科學展覽會、安排節目、廣告及展覽。
62. 表列延長一顆樹壽命「可做及不可做」的事項。
63. 尋找你的附近有多少種蕨，查出怎樣可保存這些蕨。
64. 自己組合一無線電收音機。
65. 自己用簡單材料製作一木琴。
66. 學習莫司電碼（Morse code）後製作一簡單電報裝置。
67. 調查在你鄉鎮裡有多少種不同的土壤，繪一地圖表示其所在的區域。
68. 研討植物怎樣貢獻醫學和工業，圖示植物的那一部分例如種子、莖、根、葉、果實及花等用於甚麼地方。
69. 使用你地區的各種樹有系統展覽其種子、葉、細枝及一片樹皮等。
70. 計劃並運行一學校博物館。
71. 在你國家地圖上畫上各種著名的森林。
72. 觀測星座，畫出一個月中較特殊星星的位置。
73. 要求兒童使用教師所供應的圖或敘述來發表他們的發現。
74. 編一些科學幻想的故事。
75. 試追蹤普通家用器具的發展史。
76. 製作傘形的行星儀。
77. 觀測星星，表示某一特定星在一年內的位置變化。
78. 製作一應用太陽光源而可動的裝置。
79. 閱讀有關達耳文（Darwin）的資料，追蹤導引他的進化論之實驗根據。
80. 計劃一些實驗表示怎樣利用放大鏡、蒸汽機、水車、風車及太陽電池等產生動力。
81. 研究人的心臟，製作心臟的剖切模型。
82. 實驗被各種除草劑所污染的種子的生長過程。
83. 寫各種雲的圖，探討其成因。
84. 表列記錄每天的日出，日落，白日的時間及天氣。
85. 探討突變（Mutation），異花受粉（Cross pollination），接枝（Grafting）及去芽等的影響。

86.應用水加熱，蒸汽與冰接觸可凝結等現象說明天氣的變化。

87.建造一水族箱並飼養水生動物。

88.建造一陸地動物飼養箱並飼養小動物。

89.攝影星星的照片並解釋其光芒的來源。

90.研討太陽系中一些星體，如彗星、小遊星及流星等。

91.在地球上找出熱帶、溫帶及寒帶地區並列出那些國家屬於那些地帶。

92.選出一天中你最喜愛的時間並指出這時間相當於世界上有名國家首都的幾時。

93.舉例說明地球上用於區別一些變化或特性的地帶。

94.研討熱帶、溫帶及寒帶對人類生活方式的影響。

95.辨認一些生活在殼中或殼周圍的動物並分類牠們。

96.觀察一些昆蟲，記錄牠們的行為。

97.應用你能夠想到的各種方法，栽培一種植物並記錄其生長的情形。

98.取一些大的種子，浸泡水中使其軟化後切開並用放大鏡觀察截面。

99.使用側面開不同高度小孔的罐實驗水壓，觀察其結果。

以上九十九項研究題目，不但可做科學資賦優異兒童探討科學的指引，亦可做一般學生科學研習或科學展覽的題材。

五、結論

科學資賦優異的兒童是國家的希望。在此升學壓力籠罩學校教育的環境下，怎樣使這些兒童能夠發展其才能，是今日教育的一大課題。我們可把現有的課程按照政府規定時間內加寬加深的傳授給他們外，利用週末或假期，讓他們進行自己所喜歡的研究題目。為了達到此一目標，中學

或專科學校的理化實驗室在假期似乎可開放給小學科學資賦優異的兒童，大學的圖書館各種實驗室亦可開放給中學科學資賦優異兒童使用。

參考文獻：

(1) Perrone, P. and C. Pulvino "New Directions in the Guidance of the Gifted and Talented." *The Gifted Child Quarterly* 21(3), 326-335, April 1977.

(2) Marland, S. *Education of the Gifted and Talented, Volumes I and II. Report to the Congress of the United States.* U.S. Government Printing Office Washington D.C., 1972

(3) Kopelman, M., V. Galasso, and P. Strom. "A Model Program for the Development of Creativity in Science" *The Gifted Child Quarterly* 21(1); 80-84, Spring 1977.

(4) Ann F. Isaacs, "What to Do When You Discover a Child is Gifted and is Interested in Science" *The Gifted Child Quarterly* 14(4) 259-263, 1971

物理學的起源與發展作者更正：

多謝吳大猷先生來信指正。

(1) 電子自旋的理論推測首先由哥斯密特 (Goudsmit) 和連貝克 (Uhlenbeck) 於 1925 年提出。這一個理論推測得到史頓 (O. Stern) 和哲拉克 (W. Gerlach) 在早先 1922 年所做的將銀原子流通過不均勻磁場的實驗結果的支持。

(2) 氫原子的精細結構首先由松莫非爾 (Arnold Sommerfeld) 於 1916 年應用狹義相對論於電子繞原子核而轉的運動上而得到圓滿的解釋。