

布朗克斯(Bronx)科學中學

發展科學創造力之計畫範型

林守輝
省立臺南第二高級中學

前言

最近曾漢陽、林永雅兩位同學在參加國際科技展覽贏得殊榮，楊柏因同學在高中數學競賽中的優異成績以及許多優秀的中華天才兒童在美國成為「金鷹獎」的得主。我們相信國內還有更多的資賦優異的天才兒童，只是我們沒去發掘、去培養。報載：教育部政策性決定：今年暑假後將以三個月至半年時間，研擬具體的資賦優異學生輔導升學辦法，從七十二學年度第一學期開始實施。筆者今年四月間有機會參加七十一年度高級中學科學教師及科學教育行政人員出國考察，赴美國考察，其中紐約的布朗克斯(Bronx)中學的科教或許可為我借鏡，提供為教育當局做政策性決定與教師們教學活動之參考。

實施指南及計畫之說明

這個計畫之主要目標有二：第一就是認明在科學方面具有天賦，並且對科學有研究慾望的學生。第二就是培養這些學生能夠單獨進行富創意與創造力的科學研究。為了這個目的，我們已經計畫好連續三年的課程，在這些課程當中所採用的步驟與策略，是強調讓學生對於各種科學設備與技術有實際操作的經驗，從而使學生們知曉在科學裏邊所採用的研究門徑，並且激勵他們用合理的與科學的方法去處理種種問題。

這個計畫可使學生獲得兩種益處：一、培養學生解決複雜的科學上之問題的能力；二、養成處理很多可能會產生的其他問題之積極態度。而且經驗告訴我們：當學生能夠提供曾經做過獨立研究的具體證據時，他們更容易為大專院校，甚至於醫學院和研究所所接受。

學生之選拔

布朗克斯科學中學是專為具有天賦才能的學生而設之中學。學生必須先通過考試才能獲得錄取。今年的入學考試是由伊利諾州的學術測驗公司所設計的。這次考試包含口試和數學兩部分。口試包括字彙、完成句子和閱讀能力的客觀測驗（以○與×等等符號作答之測驗）。閱讀測驗是在考驗對於科學的和技術方面的文章之理解能力。數學的部分是在測驗數學上的觀念，計算與解決問題的能力。

這個計畫範型裏的第九年級部分是針對所有即將升上第九年級學生（註：美國的小學為1～8年級，中學為9～12年級）。在今年大約有700個資賦優異的學生，從這些學生當中，我們再挑選100個進入特別研究優等班，這100個再分為四組。為第十年級而舉行的“選拔”是依據下面幾個標準：

一、在第九年級的科學與數學兩方面的成就

水準。

二、入學考試分數所顯示的口頭表達能力及數學的能力。

三、從學生申請參與這個計畫所表現的研究慾望。這個計畫每個星期要多上三節課。

四、由第九年級科學老師的推荐所顯示的科學上的創造力。而科學老師的推荐是基於直接的觀察和評鑑的工具。

應注意的是老師的評鑑很有助於認明具有天賦潛力而學業成績沒有達到智商所顯示之程度的學生。這些學生若給予適當的機會是能夠發展成為真正有創造力的人。因此在選擇學生進入第十年級接受優等課程時，所遵循的基本政策是：認明能達成偉大成就與有數理才能之學生。這些學生必須在第九年級的特別生物學計畫裏已經有過富創意的表現。老師的推荐是基於實際的考試（以資決定學生操作重要的實驗室技術的能力）、客觀的測驗（這種測驗強調解決問題的能力）和老師在實驗室中的直接觀察。

第十一年級的獨立研究班的學生是從第十年級的優異研究小組選拔出來的。這種選拔是基於學生的三種能力：第一是認出生物學方面特殊而富創意的問題之能力。第二是設計並且實施綜合對照實驗的能力。第三是在已收集的資料之基礎上引出正確的結論之能力。在選擇的過程中，學生的研究慾望當然是有決定性的。第十一年級的課程包含額外的一個學期的課業，可是沒有增加學分。

我們的經驗顯示：凡是在科學方面具有創造天賦的學生有下述的特徵：

1. 他們有強烈的和誠摯的慾望去學習，並且在科學方面有所成就。
2. 他們能夠在實驗室、圖書館和教室裏，單獨做表現良好的研究工作。
3. 他們對於種種現象很好奇。

布朗克斯（Bronx）科學中學發展科學創造力之計畫範型

4. 他們對於研究工作當中所產生的問題和老師提出的問題感到很有趣，並且急欲想出答案。
5. 他們會提出很多問題。
6. 在學習方面，他們總是抱著把問題解決的態度。
7. 他們擅於在一大堆資料中認出重要的問題。
8. 他們隨時能夠歸納、演繹和將有關的觀念貫穿起來。
9. 他們常常看出不同的解決方法或提出不平常的觀念。
10. 他們的創造力和成就延伸到很多別的領域。
11. 他們與其先輩和同輩關係融洽。
12. 他們當中有很多人確立長程的目標。

計畫說明

第九年級：給予所有進入第九年級的學生機會去藉實際操作的方法而學會科學家們運用的技術，教他們如何使用顯微鏡與微生物的技術，引導他們去思索他們所看到的東西，最後做出假設與設計簡單的實驗，例如“溫度對於各種類型的細菌之成長速度的影響”。他們已經學會如何在實驗室的環境當中獨自處理，並且如何在材料的使用方面跟他人合作。第九年級的計畫涵蓋半年的時間，每隔一天上兩堂（總共 80 分鐘）的課，還有在星期六上一堂 40 分鐘的課。

第十年級：第十年級生的選拔已在前面敘述過。在這一年級裏採用問題答法，同時強調問題的辨認和假設的建立。學生要做很多次可廣泛解釋的實驗。例如一連兩堂（80 分鐘）的實驗會要求學生去決定有機與無機催化劑之間的區別。“往前推進”的實驗也被採用，例子之一是一系列有關黏菌（Slimemold）的實驗。在這些實驗裏，學生先做一組指定的簡單研究，然後進一步

去設計和實施這種有機體的實驗。另一個例子是要學生去找出不同濃度的植物生長激素對於燕麥（Oat）芽鞘生長的影響。給予學生作業，這些作業強調對於問題的辨認和選擇。老師和學生個別談話，討論假設和選擇供個別研究的問題。第十年級的課程涵蓋40週，每一天上兩堂課（亦即80分鐘）。

第十一年級：第十一年級生的選拔已在前面敘述過。每一個學生都由一位老師或一組老師個別指導。這些老師在學生所提出的個別研究方面，要指示該研究是否可取，是否實際。學生要在圖書館裏做廣泛的研讀，並且學會如何去讀科學論文和抽取有關的資料，他們學會如何去使用生物學摘要，醫學雜誌總索引（美國醫學會所出版之一種季刊），和各式各樣的專業雜誌。老師要學生個別地談論每一個研究計畫應該如何進行。學生也需要到醫院和研究機構去向做研究的科學家請教。每一個學生每六個星期就要提出一篇進度的報告。在年底還要交出一篇科學性質的報告。這一年級的課程涵蓋40個星期，每隔一天上兩堂各佔80分鐘的課，在星期六上一堂40分鐘的課。每一個學生規定在上課之前或在上課之後吃午飯，這樣子若是必要時，可以獲得更多的實驗時間。在上課日上課之前的時間裏，學生可自由使用實驗室。假使學生有閒暇的時間，在白天的任何時候，實驗室也可以讓學生自由使用，老師總是在場。

師資

被選拔來實施這個計畫的老師若具有下列的特點，即使不重要，仍將是有益的。

一、這種老師應該是率直的和易適應的人。他能夠與學生做密切的和比較不拘謹的來往。

二、這種老師熟悉研究程序。

三、這種老師能夠就學生的研究論文加以評

論。

四、這種老師能夠分析學生的成績和標準化的測驗分數。

五、這種老師有教授資賦優異的學生之經驗，並且在題材方面懂得很多。

六、這種老師能夠認出學業成績不能達到智商所顯示之程度的學生。這些學生很可能從這一類型的計畫獲益。

學生進步的評估

在第九年級裏舉行實驗技術的測驗，每一個學生要表演對於顯微鏡的保養與使用，還要表演使用吸管將液體吸移以及微生物之技術等等。在課程結束時，舉行一次由老師設計之筆試。

在第十年級的計畫裏，對於學生的評估是以下面幾樣東西為基礎：①老師對於實驗室作業以及教室裏的功課所做之觀察。②單元的考試。③諸如紐約州 Regents 考試那樣的標準化的測驗。

第十一年級的計畫包括為每一個學生所寫之定期的進度報告，並且為每一個學生建立個別的檔案。然後將對於學生的完整研究報告呈送給我們學校的科學協會，紐約生物老師協會，科學展覽會以及西屋科學才能發掘機構（Westinghouse National Science Talent Search）。學生的論文當中最好的論文被出版在生物雜誌的年刊裏。該雜誌是一種學生的出版刊物。這一種學生的出版刊物宣揚很多產自這一計畫的創造性研究作品。

應該注意的是：的確有一種評估學生進展以期達到這個計畫之目標的測驗工具。由 Harcourt-Braçe, Jovanovich 公司所發行的“Wastson-Glaser批判性思想的評估”測驗用來測驗學生在推理、對於假說之察覺、演繹、闡釋、和對於種種論據評估等等方面之能力。既然有兩套這種考試，其中之一套可用於測驗學生以決定是否授以

新課程，另一套用於課程結束之後。

與社會的接觸

這個計畫提供年青人機會：與工業實驗室、醫學實驗室和大學實驗室裏的研究員接觸和共事的機會。當做研究的學生發現他們有在學校不能解決的問題時，他們就去向上述的研究員請教。經驗告訴我們，做研究的科學家很樂意去幫助欲解決特殊問題的年青人。這些研究員當發現學生們所具備之知識、興趣和能力時，常常會感到驚訝與高興。

學生的研究工作常常導致在地方的科學展覽和甚至於全國的競賽當中，參加的人數增加，例如：西屋科學才能發掘機構所舉辦的競賽就是全國性的競賽。

我們希望那樣的活動，將會提供強有力的激勵，俾便促使為各領域當中，天資優異者而設的有意義的計畫得以發展。

課程設計

第九年級功課表

初步的科學：這半年的課程在於讓第九年級生獲得有意義的實驗室經驗，並且在於培養學生們辨認和解決科學問題之能力。雖然這個課程是以微生物的主題為中心而設計的（因為在這方面，我們已有充分的材料和專門之知識與技術），可是很多主題也能夠以同樣的方式採用。這個課程每隔一天上兩堂（總共 80 分鐘）的課，還有在星期六上一堂 40 分鐘的課。學生們可以利用這些時間去學會實驗室裏的技術和程序，然後把它們應用於問題的解決之上。

I. 認識目標

對於課程的目標以及學生的職責做一般性的討論。

II. 閱讀作業

讀 Great Experiments 一書。

Antony van Leeuwenhoek 如何使用科學方法於觀察細菌？

III. 課程內容

單元 1：如何使用顯微鏡和如何決定構造與功能之間的關係。

(1) 用①肉眼②低倍（100X）鏡③高倍（400X）鏡觀察葉子的構造時，葉子的構造是怎樣的？

(2) 放大倍數、視野、細胞大小和顯微鏡檢查時的工作距離之間的關係是什麼？包括作圖。

(3) 用 970 倍油鏡高倍顯微鏡觀察柵狀細胞時，其構造是怎樣的？包括將教科書上的插圖跟實際觀察的做一比較。

(4) 植物細胞各部分的功能是什麼？

(5) 柵狀細胞和角質層的形狀與其功能有何關係？

(6) 莖的構造如何？

(7) 莖是怎樣達成它的功能的？

(8) 在低倍鏡與高倍鏡之下的薄壁組織細胞（parenchyma）構造是怎樣的？

(9) 碘（Lugol's solution，即 1 分碘 + 2 分碘化鉀 + 12 分水）對於薄壁組織細胞的影響如何？植物細胞中澱粉的作用是什麼？

(10) 薄壁組織細胞的功能是什麼？

(11) 葱球莖的表皮細胞的構造是怎樣的？

(12) 葱細胞與其功能的關係如何？

單元 2：我們怎樣才能知道細菌的生長呢？

(1) 如何使用本生燈？

(2) 如何使用接種環？

(3) 如何做濕裝置切片（Wet mount）？

(4) 如何做塗抹切片？

(5) 如何做細菌染色？

(6) 科學方法的溫習。

(7) 實驗一：跟班上的學生計畫一次實驗；什麼溫度最適宜細菌的生長？

(8) 如何使用有刻劃吸管測量體積？

(9) 如何使用分光光度計 (spectrophotometer) 測量細菌的生長？

(10) 如何將結果加以組織？

(11) 實驗二：要沸騰多久才能將細菌殺死？

(12) 如何使用水浴？

(13) 實驗三：在高溫時，像枯草桿菌那一類的細菌爲了生存，必須做怎樣的適應？

(14) 枯草桿菌的生活週期是怎樣的？

單元3：當使用同樣的培養基時，所有的細菌都排泄同樣的廢物嗎？（實驗四）

(1) 計畫實驗的方法。

(2) 如何使用天秤？

(3) 如何在培養皿裏培養細菌？

(4) 如何製造像日常使用的棒和寶倫氏管 (Durham tubes) 即舊時用於氣管切開術之龍蝦尾狀小管) 一類的玻璃器皿？

(5) 如何調製不同濃度的溶液？

第十年級功課順序

單元1：生物體的特徵

(1) 我們如何區別生物與無生物？或者生物有什麼共同的特徵？

(2) 生物學家如何研究生物？他們最重要的工具是什麼？

(3) 關於生物的構造，顯微鏡能顯示出什麼？

(4) 黏菌的構造與我們已經見過的細胞和已經確立的理論比較起來怎樣？

(5) 採集標本旅行—電子顯微鏡。

(6) 我們如何從實驗以決定粒線體的作用？

(7) 我們如何分離混合物的化學成分？

(8) 科學家如何才能決定細胞核的重要性？

(9) 小細胞的適應如何？

單元2：生物化學

(1) 食物如何從草履蟲的食物泡出來？

(2) 化學家如何把澱粉轉變爲糖？

(3) 當澱粉轉變爲糖時，發生什麼化學變化？

(4) 在比較溫暖的情況之下，我們的身體發生什麼化學反應？

(5) 科學家如何推論酶的結構？

(6) 身體怎會製造那麼多種類的蛋白質？

(7) 酶的作用如何？

(8) 如何解釋蛋白質（酶）的形狀？

(9) 爲什麼細菌不生長在D-式的甘油醛之上？

單元3：消化

(1) 身體如何製備食物而它能夠到達細胞（分子那樣大）？

(2) 身體如何控制流涎？（化學的消化如何開始）？

(3) 胃中的食物會遭遇到什麼？

(4) 比較胃中的消化與小腸裏的消化。

(5) 如何控制胰的分泌物流入小腸的時間速度？

(6) 在消化管裏脂肪有什麼化學變化？

(7) 營養分如何從消化系統進入血流？

(8) 關於細胞膜的構造，科學家有何發現？

單元4：循環

(1) 循環系統如何特化才能把營養物輸送到細胞？

(2) 如何控制心搏數在有限的範圍之內？

(3) 爲什麼刺激物會影響節律點的搏動？

(4) 如何維持血壓在有限的範圍之內？

(5) 如何維持血中的葡萄糖含量在有限的範圍之內？

(6) 物質如何進出毛細管？

單元5：呼吸

(1) 在生物體內，氧氣的作用是什麼？

(2) 在比較溫暖的情況下，氫與氧如何在體內化合？

(3) 在粒線體釋放出來的能會遭遇到什麼？

(4) 厭氣菌是如何使(a)輔酶再氧化(b)如何製造ATP？

單元6：排泄

(1) 血液的恆定性是如何被維持在有限度的範圍之內的？

(2) 尿液是如何濃縮的？

(3) 身體水分的喪失是如何控制的？

單元7：神經系統

(1) 在神經系統裏反射的途徑是什麼？

(2) 相同構造的神經怎麼會有不同的作用？

(3) 神經衝動是如何沿著神經軸索傳導的？

單元8：內分泌系統

(1) 血中葡萄糖是如何維持在一個有限的範圍內？

(2) 兩種沒有關係的荷爾蒙怎麼會有同樣的作用？

(3) 光是如何刺激雞身體中卵的生產？

(4) 蛋白質荷爾蒙在細胞當中有何作用？

單元9：光合作用

(1) 在光合作用中，綠色植物所釋放的氧氣來自什麼？

(2) 在光合作用中，光的作用是什麼？

(3) Calvin用以決定二氧化碳變為葡萄糖的途徑的技術是什麼？

(4) Calvin所做有關二氧化碳的途徑之實驗結果如何？

單元10：生殖

(1) 體內新細胞是如何生成的？

(2) 水綿如何歷經冬天的情況而依然活著？

(3) 有性生殖的生物如何維持他們種的數目？

(4) 第二次減數分裂的作用是什麼？

(5) 兩生類的生殖與發育兩方面有何問題存

在？(這些問題應該如何解決？)

(6) 雞卵如何發育成為小雞？

(7) 接合子如何分化成為特殊的細胞？

(8) 在人體內如何控制排卵？

(9) 假如受精發生，那麼人體內有什麼事會發生？

單元11：遺傳學

(1) 孟德爾如何發現支配遺傳的法則？

(2) 在雜種內的隱性是怎麼一回事？

(3) 染色體學說適用於孟德爾發現的結果嗎？

(4) 兩種性狀是怎樣遺傳的？

(5) 另外兩種表型(連鎖)是如何發生的？

(6) 我們如何解釋 pink 4 o'clock (從一個紅與一個白的雜交)的出現？

(7) 如何解釋患色盲的男孩比女孩多這一事實？

(8) 血型如何遺傳？

(9) 怎麼會多出一個染色體？

單元12：分子遺傳學

(1) 有何證據證明DNA就是遺傳物質？

(2) DNA的化學構造是什麼？

(3) DNA如何控制細胞的功能？(一基因一酶的理論)

(4) DNA如何控制蛋白質的形成？

(5) 如何解釋何以隱性的基因不死光呢？

單元13：演化

(1) 印跡如何進入石頭的？

(2) 我們如何知道所有的脊椎動物都是相關的？

(3) 科學家們如何解釋生物的改變呢？

單元14：生態學

(1) 無生命的環境和某一地區有生命的社會是如何相互影響的？

(2) 在某一個生態系裏物質是如何循環的？

(3) 生態系如何改變？

(4) 人類如何才能維護生物圈？

第十一年級獨立研究班進度表

若是可能的話，學生應在秋季班開始之前選好他的研究計畫。假使那是不可行的話，允許學生大約在學期開始的一個月之後選擇一個題目，並且決定研究程序。在這個階段的指導是很重要的，學生應避免嘗試在學校內或附近合作的研究實驗室內可得到材料，但是在一學年裏不能完成的計畫。

在題目與研究程序選好之後，學生應該每一個月交一分進度報告。在第一學期的前半段結束之前，學生應該向他們的老師交一分有關他們的報告之最初草稿。這一分草稿包括緒論、方法、材料和任何初步的結果。緒論部分應該提及在學生的研究計畫領域裏先前做過的研究工作，也應該清楚地敘述他們的研究計畫之目標。

在第二學期裏，學生應該和老師聚在一起討論學生可能有的任何問題。進度報告也應該繼續每一個月交一分。到了學年結束時，學生應交完整的報告。大多的科學論文都有下面幾個部分：

a. 標題之頁

b. 摘要

c. 緒論

d. 方法與材料(過程)

e. 結果

f. 結論

g. 討論

h. 參考資料

重要的是：完成獨立研究計畫的學生應該獲得人們對他們的研究工作之認可。爲了獲得認可。學生應該參加科學展覽，發表在雜誌上或舉行校內展覽會。

應該注意的是：已經完成獨立研究計畫的中學四年級生可以進入西屋國家科學才能發掘機構。寫信到下面的地址就可獲得有關競選的有關資料：

Science Service

1719 N Street N.W.

Washington, D.C.

20036

□