

科學教學方法——理論與實際(二)

舒華布的探討科學模式

楊榮祥

國立臺灣師範大學生物系

在倫敦恩太利奧城，某一天亨德利克 (Hendrick) 老師所任四年級的學生們在午餐之後，陸續進入教室。他們發現教室裡早就排有大大小小各種各樣的玻璃杯、瓶子、鐘，以及木製盒子等。(這些物體都有「開口」)，另外還有音叉、木琴，和小木笛等。學生們開始「演奏」這些「樂器」，他們產生了吵雜奇妙的音響。亨德利克老師在一邊看着他們。

片刻之後，他們慢慢靜下來了，其中一位學生問道：「老師！我們究竟要搞什麼？您是不是要把這個教室變成管絃樂練習室？」亨德利克老師微笑着：「嗯……，也許可以那麼說。事實上，這將是我們的音響實驗室。」他拿起一把木琴，用指頭撥弦，同時以另一隻手拿起一把湯匙，輕輕敲一下旁邊那一隻汽水瓶。他發問：「你們聽來怎樣？」，然後再撥一次絃，敲一下汽水瓶。

「啊，聽起來聲音是一樣的(音高)，可是不一樣(音色)」一位女生回答說。另一位學生建議說：「老師，請您再試一次。」亨德利克老師再度撥絃並敲瓶。於是幾乎全班學生，都注意到那撥弦音與汽水瓶的敲打音是同一音程(音高相同，也就是說兩音頻率相同)。

老師繼續說道：「你們要設法說明聲音怎麼會有高低？利用教室裡面這些材料，大家合作進行實驗。最後你們要能很具體地告訴我怎樣產生高低音。老師希望你們找到物體產生高低音的原理(principle)。當你們做完實驗時，你們要告訴我你們是怎樣設計實驗？也要告訴我為什麼要這樣做？最後我們都要試驗你們的意見。好，現在我們就開始工作吧。首先我們必須分成幾個組來…，大家有什麼意見沒有？」

一位男孩建議：「我想，屋裡這些物品是由五種不同的材料所構成。我們可以分成五個組，每一組都先實驗一樣，然後我們交換心得…」

另外數位同學也參加些意見，然後大家分頭設計實驗，以探討「物體產生高低音的原理」。

自從 1950 年代至 1960 年後期，由於美國科學家們所掀起「學術重建運動」之影響，世界各國中小學的科學教育界也引起劃時代的重大改革。過去的「學科本位」課程，改為「概念本位」課程；由「產品（product，指科學知識）本位」，改為「過程（process，指科學方法）本位」的教學。

在這改革運動期中，美國各大學中關心科學教育人士推出不少新方法與新教材。科羅拉多州波爾德城（Boulder，Colorado）科羅拉多大學中所成立的 BSCS（生物科學課程研究學會，Biological Science Curriculum Study），在美國國家科學基金會（NSF，National Science Foundation）大力支援下所發展出來的 BSCS 新教材三版本（Blue，Yellow and Green Versions）很快地推廣到全美國的中學生物教材，也影響到全世界各國的科學教育。我國也在民國五十二年（1963 年）起採用 BSCS 的黃版本（Yellow Version）做為高中生物新教材的藍本。BSCS 的教材都着重學生科學的探討能力。其中由舒華布（Joseph J. Schwab）所領導設計之 *Invitations to Inquiry*（註 1，探討的邀請，意為「邀請學生來探討科學」）更提供了具體新的科學模式—科學探討模式（Science Inquiry Model）。

模式簡介

BSCS 着重於訓練學生探討科學的能力。BSCS 認為「求知能力的訓練」比「傳授知識」更為重要，並認為學生應能用科學家探討科學的方法來學科學。BSCS 同時重視「教材內容（Content）」與「過程（Process）」。

第一，教材內容的重點就是地球生態系中的人類行為：「由於人口膨脹，資源大量消耗，環境污染，過度開發等所引起之問題，亟需要全人類理智的管理與管制。這些問題都屬於生物科學的範疇，每一位公民都應具備相當的背景知識（註 2）。」

第二，科學教學的重點就是探討科學的方法。雖然這些（BSCS）版本都描寫現代分子生物學對於科學的貢獻，但更要強調科學就是現代社會中的強大影響力。斯諾（C. P. Snow）在他的書（兩個文化，*Two Cities*）中，曾論及：「人們可能了解科學的成果（product），但他們常忽略科學的本質，以及探討科學的方法。其實，真正了解科學知識的本質，也了解其來源，也就是探討過程的人，才是真正了解科學“成果”的人。在這自由民主的社會，就靠這些能正確評鑑科學的公民來維持。」（註 3）

根據上述看法，BSCS 委員會主張必須

發展學生探討科學的能力，或培養其應用科學方法解決問題的能力，同時也要介紹一些新概念與事實給學生。

BSCS 說：當我們仔細檢討傳統的中學生物課本內容，不難會發現那都是一連串「未經證實的正面敘述」，諸如：「哺乳動物有許多種類…」，「某A器官由三種組織所構成。」，「呼吸作用的過程可分下列幾個階段進行…」，「基因就是遺傳的單位。」，「某B器官的功能就是X。」等等。

這種解說式的敘述，一直為中小學甚至大專自然科學各科教科書的「標準」文體。當然，這種寫法也有其優點，例如：節省紙張。但無論由消極或積極意義來看，這種解說式的課本，都違反科學的本質。

由積極意義來說：這種敘述結論式的課文，對於學生可能產生兩種很「不幸」的效果。第一，使學生誤以為科學知識就是由永不改變的真理。事實上，最近幾十年來，人類科技突飛猛進，更證實了科學知識並非不可修改的真理。相反地，科學的進步事實上不單是科學新知識的發現，也是舊的、或現有知識的修訂。科學的知識是根據事實的觀察（或數據資料）所做的暫時性的解釋。因此一旦發現新的事實，舊的知識勢必被修正甚至被捨棄。其次，這種直說結論式的課文，可能使學生誤會以為科學已經是個完整或完成的學問。但事實上，科學並無止境，科學家還在窮追不捨地在研究，事實上，需要研究的問題還多得很。

在消極意義上來看：這種解說式的課文

，不能讓學生了解「知識不只是一種觀察記錄，而是根據一系列原始資料所做暫時性解釋所構成的知識本體」。同時也不能讓學生了解這些原始資料（數據）是由有計畫的觀察與實驗所得，更不能讓學生了解這些實驗和觀察是針對着問題而設計的，然而這些問題，事實上來自舊知識所歸納的科學概念。最重要的一點：這種解說式的敘述，根本就無法讓學生了解科學家和一般人一樣地也會犯錯，然而科學的研究，事實上就在改正這些錯誤。

總而言之，科學的教學萬萬不能用傳統的那種解說式教學。現在的科學教育需要着重學生探討科學的能力，也就是科學方法。科學教育應能讓學生了解科學知識是根據資料而來。那是有根據的知識。學生應能根據事實找到問題所在，也應有能力為解決問題而收集適當的資料，然後設計並執行實驗以解決問題。學生應適當而合理地解釋數據，將此轉變成「新的」知識。（註4）

BSCS 在教學上運用各種技巧以培養學生探討科學的能力與精神：

第一，在課文中運用許多敘述以暗示科學知識的暫時性（Tentative nature of science），例如：「我們還不知道…」，「我們找不出資料來說明為什麼會這樣…」，以及「這些事實看來互相矛盾…」（註5）。事實上，現有種種學說，將來都可能被修改，只要有新證據發現。

第二，為替代那些解說性課文，BSCS 的課文中都列入許多「科學探討的故事」。

Narrative of inquiry)」，敘述了有關生物科學主要概念發展的故事，然後跟着進行有關探討活動。

第三，實驗活動之設計，着重於誘導學生來「研究問題 (Investigate problems)」，而不只是印證課文內容。在實驗時，他們 (學生) 要發現那些課本裡所沒有提供答案的問題。BSCS 設計了許多種情境，以供學生們像科學家一樣地參與探討活動。

第四，BSCS 的實驗都是一套一套由淺而深一系列的設計，學生首先所接觸的實驗，可能都是科學家早已熟識並已解決的問題，但學生要逐漸地接觸到更深奧的生物學實際問題。順着這一系列的探討實驗活動，學生要一步步地接近「未開拓的知識領域 (the frontier of knowledge)」 (註 6)。BSCS 希望學生像科學家一樣地探討科學問題。

最後一項就是「探討的邀請 (Invitations to Inquiry)」。就像實驗活動一樣，這一套「探討的邀請」可讓學生們參與探討生物學問題的過程中邏輯推理的活動。

探討的邀請

任教芝加哥大學的舒華布曾親自設計過很多探討活動。他主張「學習科學要像研究的過程 (to teach science as a process of study)」。他說：「要讓學生們了解科學知識來自數據的解釋，此項解釋所根據的概念或假說，將隨着知識的增加而變化…，也讓學生們了解當過去的定理法

則或概念被修改時，知識也會變化…，要讓學生們了解知識的改變都有相當的根據，絕不是隨便說改就改。雖然現有的科學知識，在將來都有被修改的可能，但這並不表示現有的科學知識都是錯誤的。因為現有的知識，都根據現在所有可靠的事實驗證所得，在人類科技現況，那是最可信可靠的知識。」 (註 7)

每一個「探討的邀請 (探討活動)」就是一個獨立單元，都含有一個學科內容主題 (主要概念) 和一個探討過程主題 (科學方法)，要求學生們積極而活躍地參與。

每一個探討活動單元都代表一個實際的科學研究過程。不過這些研究過程中，都留一段「空白」要讓學生們來填充。這一段「空白」可能就是「實驗設計」或「控制某一項變因」，也可能就是「數據解釋」或「根據所給數據資料建立假說」，都要讓學生們能像科學家一樣地積極參與科學研究的過程。

這一套探討活動是一系列 (由易到難並配合概念發展) 刻意安排的積極學習活動。表一是這一套探討活動的第一群單元主題。我們不難看出其探討過程主題 (科學方法)，由易而難包含有一般知識的功能與本質、數據、實驗、變因控制、假說，以及科學探討上的問題等。

下面以第一群中的第三個探討單元為例說明這套探討活動單元的模式。在這個單元，學生們要探討有關科學研究過程中「數據解釋之誤失」的問題。

(表一) 探討活動單元 第一群 單純探討：一般知識的功能與本質、數據、實驗、變因控制、假說，及科學探討上的問題。(註8)

探討單元	內 容 主 題	探 討 過 程 主 題
1.	細胞核(1)	單純數據之解釋
2.	細胞核(2)	變異數據之解釋
3.	種子的萌發	數據解釋之誤失
4.	植物的生理	複雜數據之解釋
摘要 I、知識與數據		
5.	一般測量	系統誤差與隨機誤差
6.	植物的營養(1)	實驗設計
7.	植物的營養(2)	變因控制
8.	掠食者與被食者—自然族群	“次佳”數據
9.	族群生長	取樣的問題
10.	環境與疾病	假說的理念
11.	光與植物生長	建立假說
12.	維生素缺乏症	“若…則…”分析
13.	天擇	假說實習
摘要 II、假說的功能		
14.	生長素與植物的運動	假說：解釋異常現象
15.	心臟的神經激素	科學問題的開端
16.	盤尼西林的發現	探討過程中的偶發事件
16A.	過敏性反應的發現	探討過程中的偶發事件

探討單元 3

內容主題：種子的萌發

探討過程主題：數據解釋之誤失

(當我們要解釋數據時，有時候難免要做「大膽」的解釋，但總不能做「沒有根據」的解釋。這一個探討單元要讓學生了解在解釋數據時，最容易犯的誤失

，以及探討活動中敘述問題的方法。)

教師：(a)有一位科學家，想了解種子萌發時所需要的環境情況。他在二個玻璃皿內佈好潮濕的吸水紙，各放入同數玉米種子。他將其中一個玻璃皿放置於暗處，另一皿則放置於有光處。二皿都維持同樣的溫度。四天之後，這位科學家檢查這二皿，發現這二皿裡所有的種子都已萌發了。

好，我們應如何解釋這些數據（實驗結果）？請注意，只能根據這個實驗結果來解釋，任何其他資料或你們的已知經驗都不能考慮，只根據這項實驗來解釋。

（當然，這項實驗是為探討「光」對於種子萌發的影響而設計的。但可能有些邏輯觀念較差的學生會說：潮濕就是種子萌發的必要條件，也許有些學生會說：種子萌發需要溫暖的環境。假如沒有任何學生提出上述解釋，教師可提示，使有相似想法的學生儘可能將其所想者說出來。）

（假使果然有人提出上述這種解釋，教師應該指示其弱點，反問：這實驗結果所得數據，是否也說明「種子萌發需要這些玻璃皿」？相信您的學生都不會接受這種解釋。因此，教師應毫無困難地讓學生了解「從這項實驗結果，並不能看出潮濕或溫度是否影響種子的萌發。二個玻璃皿的溫度都一樣，也都一樣潮濕。」）

教師：（b）這兩個玻璃皿以及其周圍有什麼顯著的不同？請注意，這是一項審慎設計的實驗，想想這項實驗設計究竟探討什麼問題？請正確地說出來。

（很明顯地，這項實驗設計是為探討光照是否為玉米種子萌發的必要條件。至於問題之敘述，如果學生很籠統地說：本實驗是在探討「在什麼環境條件

下玉米種子萌芽得最好。」對於這種概括性的問題敘述，教師應指出當科學家在探討科學的過程時，都會很具體地敘述他所要探討的問題，以表示應該到那裡怎樣去尋找答案。只有如此具體的問題敘述，才能成為真正有用的探討問題。

例如：「種子在光照下或黑暗中萌發較好？」。這個問題已說明應如何去找什麼數據。也就是說，已明白表示他要比較光照下和黑暗下的萌發情形。在這個時候，我們可以說：已將「很籠統的疑問」轉變成「有用的問題敘述」。因為這個問題已經具體指出應設計什麼樣的實驗，以尋找什麼樣的數據。我們並沒有說不可以有「籠統的疑問」。只是在探討科學的過程，這些「籠統的疑問」要設法轉變成具體的問題敘述。）

教師：（c）想想剛剛我們所敘述的問題，再看看數據。我們應該如何解釋這些數據？

（現在學生們應該很清楚。實驗結果顯示「玉米種子的萌發，並不需要光。」或許教師想在這個時候指出：有些植物，例如某些莧菜品種（Grand Rapid Lettuce）的種子萌發需要光照；也有些植物，例如某些品種的洋蔥種子之萌發，却要受到光照的抑制。）

（本探討單元繼續研討數據的觀念、證據，以及其解釋。同時也要處理些有關「問題」之敘述問題，就像（b）

段那樣。教師要要求學生能將「籠統的」疑問或好奇轉化成具體的「問題敘述」。）

（本探討單元還指出「在探討活動中，問題敘述的意義。」第一，問題之敘述本身可能就暗示着其實驗設計；第二，問題之適當敘述還可提示其數據解釋的方法，如(c)段。如果沒有明確而適當的問題敘述，很可能導致(a)段那樣的結果。）

（假如學生們覺得這個探討單元太簡單，或感覺特別有興趣，教師可考慮立刻進一步探討，例如，繼續探討單元6。植物的營養(1)，其探討過程主題就是實驗設計。）

以上是相當典型的BSCS探討活動單元。學生們先要接觸到生物學家可能「遭遇」到的問題，並接受一些有關資料，隨即進行探討活動。學生們要處理數據，也要解釋它，最後還要設計實驗以驗證是否有錯誤的解釋。這種方式——接觸到問題，設法（收集數據、解釋數據）解決問題，就是BSCS探討活動的基本模式。

接下去，再介紹一個較為「概念本位」的探討活動單元。這個單元是屬於第四群有關「機能的概念（Concept of function）」的單元。這探討的內容主題（肌肉的構造與機能）本身就暗示着一個重要的生物學概念——由可觀察的構造，可推論其機能，也暗示着生物學上重要的方法論——觀察構造以了解其機能。

探討單元 32

內容主題：肌肉的構造與機能

探討過程主題：機能的六項證據

（在摘要Ⅲ曾提及：當我們在研究“個別的因果關係”時，通常將生物體視為各個因果關係的“集合體”，而不把它當做一個“整體”。換言之，僅以個別因果關係為探討對象，至於各組因果關係之間，其錯綜複雜互相依存的交互作用，則暫為忽略。）

（在此探討單元，我們將引導學生探討「機能的概念」。這項概念不只包括個別的因果關係，還要進一步探討所有有關相互作用。也就是說：以整體的立場來探討各組因果關係與其間的交互作用或相互影響。）

（本探討單元將學生引入「機能的探討」。這項探討當然要比個別因果關係的探討要複雜得多。不過只要學生能了解一項基本的假說，應無太大困難。這項基本假說為：「由于長久時間的演化，現在所生存生物各器官、組織的構造都已充分適應其機能。」當然這種假說，仍然和其他科學研究時所用的假說一樣，都不過是一種「作業假說」，但我們仍可讓學生由器官或組織的結構來判斷其機能。）

教師：(a)你們認為人體上，那一塊肌肉的力量最大？

(學生們大概都會提及大腿的肌肉或上膊二頭肌。當然這些肌肉確是人體上最大型的單一肌肉。如果學生們沒有提及，教師可建議：你們看我的大腿肌肉如何？如果學生有異議，可讓他們量一量尺寸。)

教師：(b)我們認為大腿的肌肉為人體上最強有力的肌肉。我們選擇的依據似乎就是大小。大家認為這一塊最大型的肌肉就是最有力的肌肉。可是為什麼要以“大小”為選擇標準？為什麼不用“顏色”或“形狀”為標準？「肌肉愈大，其力量愈大」似乎沒有問題，但我們需要有根據。請大家想想，從日常生活中的觀察想想，找出一些根據來支持我們這個說法吧！

(教師要設法讓學生從日常生活中的體驗去找例證。例如，用腳踢的球比用手擲的遠；或舉重選手的肌肉總比鋼琴家者為強大等等。)

教師：(c)現在我們要探討一些超越一般常識的問題了。當肌肉收縮時，這一塊肌肉會有什麼變化？

(這個問題並不在問：這塊肌肉收縮後，對於身體其他部分有什麼影響。所問的是收縮的肌肉本身的變化……例如：肌肉收縮時，它是否變粗、變短或變硬等等。讓學生舉手或用力握拳，並用另一隻手去摸一摸看。)

教師：(d)現在我們再加兩個研究資料。第一，我們發現大部分的肌肉都附着在身體其他的部分（骨骼上），第二，肌肉大都是細長的紡錘體，兩端較細。由這二項資料，請推論肌肉的機能。

(綜合觀察肌肉的動作、附着點及形狀，應可推論「一般肌肉都可移動身體的一部分或全部」。這種推論畢竟還是推論，尚需驗證其可信性，請接下去討論下一個問題。)

教師：(e)科學家用顯微鏡檢查，結果發現肌肉是由紡錘形的長型細胞成束狀而構成。有些肌肉細胞的長度，竟然和肌肉會全相等。當科學家將這些肌細胞分離出來，給予刺激時，仍可收縮。

現在，根據這些新資料（數據），想想剛才我們所做的推論，即，肌肉可移動身體的一部分或全部。我們得到這些新的數據後，對於我們這一項推論是加強了信心？減弱了信心？為什麼？

(就一般情形，應可加強信心。因為這項推論的依據不止是外形的觀察，而增加“結構的顯微觀察”的依據。)

教師：(f)假如有人觀察到：當肌肉收縮時，有一種液體滲出來。這一項觀察報告會不會影響剛剛我們所做的推論？

(這滲出液體究竟起因於肌肉本身

的活動？或肌肉收縮時特有的現象？在沒有進一步觀察資料前，不能貿然下判斷。）

教師：(g)我們已知道，肌細胞為紡錘形，並以其長軸方向為收縮方向。還有，一般肌細胞的長軸方向與其所構成肌肉本體的長軸方向相一致。

這時有人另做一假說「肌肉收縮的主要作用為分泌液體。」對於這個新假說來說，「肌細胞與肌肉的長軸方向相一致」的事實，究竟算是「可期望的數據」或「必要的數據」？再想想，這項問題的答案，將加強或減弱對於我們剛才所做推論的信心？

(答案應為「不能算是可期望或必要的數據。」不過到目前為止，學生們已收集到足夠的數據來加強對於原先所做推論的信心。這些數據將在下一步驟整理成表格。)

教師：(h)現在我們將前面所收集全部數據列表如下。左邊是所收集的數據（包括所觀察事實），右邊是各項證據所符合之各類數據名稱。請大家試試看，左欄每一個數據種類名稱分別是什麼？從右欄選出最適當的名稱配合看看。

所 收 集 到 的 數 據	數 據 種 類 名 稱
(<u>a</u>) 肌肉能收縮	a. 特定部位可觀察之變化或運動
(<u>e</u>) 肌肉細胞可以收縮	b. 該部位與其他部位的關係
(<u>b</u>) 大部分肌肉都附着在身體其他部位	c. 器官或部分的外觀
(<u>c</u>) 一般肌肉為紡錘形，並以其兩端為附着點	d. 器官構成物質之形狀與外形
(<u>d</u>) 肌肉細胞為細長的紡錘形	e. 器官構成物質可觀察的變化或運動
(<u>f</u>) 大多數肌肉細胞的長軸方向與肌肉本體長軸方向相一致	f. 器官構成物質之相互關係

教師：(i)現在我們對於肌肉的機能，已收集有六項證據以支持我們所做的推論。今天我們是由日常生活的體驗或一般知識，例如，跑、跳、踢或擲等動作經驗來討論肌肉的大小和其力量強弱之間的關係。事實上我們是從「生物體整體的活動動作（如，跑、踢），來推論一種器官（肌肉）的活動。我們已列舉六種證據，以說明這個器官的機能。

關於BSCS探討活動其他單元本刊曾刊登多篇請查閱本刊第11～20期（註9）或本刊抽印本「高中生物教室」（註10）。

教學要領

BSCS探討活動單元之設計，是為教室內探討科學的活動。其實施方法要點如下：

- (1) 先以口頭（必要時預先板書或寫在透明片上）提示所需各項知識背景資料。
- (2) 提出問題邀請學生回答。
- (3) 適當處理學生反應。如有不滿意的反應，應提示其思考方向或參考資料，以幫助學生自行發現錯誤或不適合之處，並能提出更好的意見、看法或解釋。
- (4) 技巧引導學生。當全班學生意見大略一致或已有正的反應時，要很自然地引導到下面一個問題，設法領導學生保持其正確的思考方向。

探討活動單元的施教目的，並不是讓學生尋求（或猜測）正確答案，而是利用其追求更正確答案的過程中，指導學生活用其才能與知識，並且訓練其探討科學的一套方法。例如：如何組織問題，如何收集數據，如

何建立假說，如何設計實驗，如何控制變因，如何解釋數據等等。

因此，對於學生的反應，不可只限在其正或誤的「判決」，尚需指點或提示其正確的思考方向，及應該運用的資料及方法等。此外，教師亦應尊重學生的自主反應，切勿打擊其發表及參與活動的興趣，時時刻刻注意啟發其思想並提升其對科學探討的興趣與技能。

教學活動模式

探討活動單元並沒有固定的模式，但還可以分成下列四個階段以進行。

第一階段 教師提出研討的範圍，並提示研討的方法。

第二階段 學生們組織問題，以指出探討過程中需要解決的技能上困難。這些困難可能就是有關數據解釋，或尋求數據，或控制變因，或推論上的困難。

第三階段 學生們辨認問題，指出探討活動中可能遭遇到的困難所在。

第四階段 學生們要設法排除困難以解決問題。例如：重新設計實驗，或用不同方法重新組織數據，或尋找新數據，或重新推論……等等。

學生活動

實施探討活動的教室應充滿着活潑而合作的氣氛。那是進取的，也有謙讓的學生行為。學生要大膽假設，小心求證，並細心觀察事實，嚴慎設計實驗。

經由這種活動，學生應能體會科學知識

的本質，也就是說那是有根據的知識，也是暫時性的解釋。進而培養其尊重學理及知識結構的科學態度。

教師反應的原則

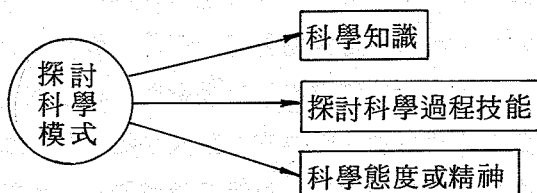
教師最主要的工作，就是培養探討的活潑氣氛。同時，要特別注意探討的過程，幫助學生參與探討活動。

1. 探討活動應能使教學活動（「教」與「學」的活動）成為真正「學生中心（Student centered）」的活動。所謂「學生參與愈多，學習效果愈高（The greater student involvement, the greater the learning）」。以往的「老師講—學生聽」的教學中，學生毫無參與的餘地，他們只有靜聽。教師應要求學生積極參與探討活動。因為這樣，每個學生才能互相貢獻，每個學生都可能成為「有功能的人」。在探討活動中，學生不單能發現新的概念，學到新的原理，還能學到「自我領導」，「責任觀念」，「思想溝通」等各項技能。在「教師中心」的教學過程中，學生除了接受知識以外，幾乎什麼都學不到。

2. 探討的學習活動能使學生建立其「自我概念」（Self concept），具有自我概念的人，是心理穩定的人，他能處於新的經驗，他敢參與也敢探險，他能忍受一時的挫折，他較有創造能力，而他的心理狀態通常都是健康的。探討活動，「邀請」每一個學生都積極參與活動，使每一個學生都有見解，也有機會使他發展其自我概念。

3. 探討的學習活動能提高學生的「期

望水準」（Expectancy level），也就是能使學生相信，他能自力完成他所應做每一件事。通過其「發現」或「探討」的經驗，他能獨立思想，能單獨解決問題。



（圖2）探討科學模式的教學效果

（未完待續）

參考書目

- 註1. Biological Science Curriculum Study, Joseph J. Schwab, Supervisor, *Biology Teachers' Handbook*, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1965
- 註2. Ibid., P. 19.
- 註3. Ibid., PP. 26—27.
- 註4. Ibid., PP. 39—40.
- 註5. Ibid., P. 40
- 註6. Ibid., P. 41
- 註7. Ibid., P. 46
- 註8. Ibid., P. 52
- 註9. 楊榮祥，高中生物教室，科學教育月刊
第11期第45～47頁，民國66年
第16期第62～66頁，民國67年
第17期第57～65頁，民國67年
第20期第52～56頁，民國67年
- 註10. 楊榮祥，高中生物教室，科學教育月刊抽印本，民國70年6月。