

科學教學方法——理論與實際(五)

探討式與講解式教學模式之比較

—楊榮祥—

國立臺灣師範大學生物系

在前期已經一連刊登了四種不同的教學模式。本期將比較討論其中較基本的幾個模式。每一種教學模式都有其不同的結構與意義，也有其不同的功效。本期將先討論其結構，並刊出兩位教師所試擬之設計摘要及施教實錄以供參考。關於其功效問題，則留待日後完成實驗時再報告。

近二十年來由於人類科技神速進展，為我們的生活帶來很大的變化。提升全民科學素養已成為當代中小學科學教育的實質目標，因為未來的社會需要具有科學素養的公民。

我國自從民國五十二年起，先後參考美國BSCS (Biological Science Curriculum Study) 及 IMB (Interaction of Man and Biosphere) 的課程，曾分別大幅度改進我國高中及生物教材。最近，從民國六十五年，師大科教中心承教育部委託研究改進高中及國中數學及自然科學課程，聘請國內各大學各院系學科專家、教育家及心理學家共同編製新教材，曾經分別在全國十七所國中及中正國防幹部預備學校（高中）試教並經修訂後，現已定於下（七十三）學年度起在臺灣地區全面實施。但，這些新教材更必須配合適當教學方法才能發揮其效用。

數十年來，國內外都有許多學者討論布魯納（Bruner）的發現式學習（learning by discovery）或BSCS的探討（究）式學習（inquiry learning）^{註1}。這些教學法都著重學生經由活動來學習，也要讓學生「用探討科學的方法來學習科學」^{註2}，那是「重（探討科學的）過程（process），而不偏重其成果（product）」的學習法^{註3}。可是，我們仍需要具體的教學模式，以幫助教學。筆者曾比較研究過探討式教學的功效，結果發現實驗班的學生與對照班學生在「知識」方面的成就並無差異，但在「數據處理」、「數據解釋」及「概念之一般化」等科學過程技能（scientific process skill）方

面，實驗班學生都表現顯著優異的成就^{註4}，顯示探討式教學確實適合於國中生物科的教學，有助於提升其科學素養。

再者，在民國七十一年三月，筆者另一項「國中生物教師對於教學目標的認定」研究結果又顯示：絕大多數（無論本科系或非本科系畢業）的生物教師，都不忽略有關科學過程技能（即科學方法）教學目標的重要性。但，都認為那是他們「成就最低的教學目標」^{註5}。表示現在的國中生物教師或許需具體的教學模式資料，藉以改進其教學。

其實，科學教師都應具有善用各種教學方法的技術。其科學教學的模式（models of science teaching）也不只一種模式，科學教師都應有相當廣大的教學模式及方法的「存庫」（repertoire of educational models and teaching methods）^{註6}。在不同的單元、不同的學習環境下，教師應能靈活選用其最合適的教學模式以施教。換言之，許多形式的教學模式都應有其特殊的貢獻或功效，只要運用得法！

在科學教室內可派上用場的教學模式很多，但其基本的型態不外乎兩類：(1)教師活動為中心的講解式（expository learning），及(2)學生活動為中心的探討式（inquiry learning），各有其不同的教學功效，本次將討論並比較下列三種教學模式的基本結構與內容。

- (1) 薩克曼的探討訓練模式（Inquiry Training Model^{註7}）
- (2) 舒華布的科學探討模式（Science Inquiry Model^{註8}）
- (3) 奧斯貝的組織因子模式（Advance Organizer Model^{註9}）

第(1)、(2)種模式都屬於「探討式」，而第(3)種組織因子模式則屬於「講解式」。這三種教學模式的異同摘要如下：

1. 三種模式都著重「概念學習（concept learning）」，但在奧斯貝的模式，要先由教師提出概念，然後再提示有關數據以幫助學生來組織其認知結構（cognitive structure^{註10}）；薩克曼及舒華布的探討模式則剛剛相反，要讓學生先觀察或研判數據，然後由學生根據事實歸納出新的概念、原理或法則。在探討式模式中，「過程」要比「成果」重要得多。

2. 在奧斯貝的組織因子模式，教師先要處理大量的知識資料，根據學生舊經驗，組織成「有意義的（meaningful）」與「有效的（efficient）」型態，經由「組織因子（organizer^{註11}）」授給學生，以加強學生的認知結構。薩克曼與舒華布的探討模式則以學生活動為中心，教師以提供「適合學生進行探討活動的環境與材料，以及提示」為核心工作。

3. 薩克曼與舒華布的探討模式在基本精神及過程上彼此相同，只是在探討過程中師生間有不同方向的交互作用。薩克曼的模式注重學生主動的發問活動（student initiated inquiry）故稱為「主動探討模式」；而在舒華布的模式，則以教師主動的發問（teacher initiated inquiry）為主，故稱為引導式探討（guided inquiry），均為基本的探討模式。

這三種教學模式可以說是科學教學繁多教學模式中，最為基本的三種。其異同摘要如下表：

〔表一〕 三種教學模式之比較摘要表

〔比較內容〕	模 式 1 Suchman的主動探討	模 式 2 Schwab的引導式探討	模 式 3 Ausubel的組織因子
1.教材的概念結構	重視	重視	重視
2.探討過程	學生主動的發問活動	教師主動的發問活動	教師的講解活動
3.單元應發展的概念	由學生經活動歸納出	由學生經活動歸納出	由教師提示（解釋）
4.教學活動重點	過程（求知技能）	過程（求知技能）	成果（獲得知識）
5.教師的任務	顧問（嚮導）	顧問（嚮導）	講解者（演講人）
6.教學活動	學生中心	學生中心	教師中心

這三種不同教學活動的基本模式又可摘要如下表：

〔表二〕 三種教學模式的基本結構

主動探討模式	引導式探討模式	組織因子模式
第一階段：提示問題	第一階段：提示問題	第一階段：提示組織因子
1. 說明探討步驟或方法	1. 提示研討範圍與方法	1. 闡明學習目標
2. 提示「問題」	2. 提示「問題」	2. 提示組織因子
		3. 喚起舊經驗
第二階段：收集數據（確認問題）	第二階段：組織問題	第二階段：學習活動（提供學習材料）
1. 確認「問題」中的物質與情境	1. 尋求數據	1. 進行邏輯安排之學習活動
2. 確認「問題」的來源	2. 建立假設	2. 維持學習動機
		3. 運用組織因子以促進學習

第三階段：收集數據（實驗 驗證） 第三階段：分組實驗或討論 第三階段：加強認知組織

1. 分辨可能變因
2. 假設驗證

1. 分辨變因
2. 試驗假設

1. 統整新知與舊經驗
2. 評鑑新知

第四階段：解釋數據

第四階段：解釋數據

1. 根據數據提出說明

1. 根據數據提出說明

第五階段：檢討探討過程

第五階段：檢討探討過程

一般而言，這三種教學模式都重視「有意義的學習（meaningful learning），但，奧斯貝的組織因子模式，一般認為更有利於幫助學生獲得更多的科學知識，而兩種探討式教學模式則較有助於訓練其求知能力，包括解決問題及建立科學概念的能力。奧斯貝的模式並不要求學生死記，也不鼓勵學生「不經思考而接受知識」，他還是要求做有意義的學習，但，很顯然學生在這種模式下，較少鍛練解決問題能力的機會^{註 12}。

三種教學模式之設計及施教實例

下面是這三種教學模式的設計與施教的實錄，這些單元都是國中一年級的生物科。施教摘要表是幫助生物教師設計這三種教學模式之參考。希望生物教師參考這些資料試擬適合於自己教學環境的教學模式。

（一）實驗 4-4 浸過豆的水和澱粉

國中生物教學模式摘要表(一)

單元名稱：Exp. 4-4 浸過豆的水和澱粉

應發展的主要概念：

1. 浸過豆的水內含有「轉化澱粉為糖」之酵素。
2. 子葉中的澱粉，先轉變為糖，才能到達胚芽以供生長。

應發展之科學技能：

1. 處理數據（記錄實驗結果 - 表）
2. 解釋數據

I. 主動探討模式	時間	II. 引導式探討模式	時間	III. 組織因子模式	時間
(一) 提示問題： 1. 照步驟 3. 先示範，問學生：「這實驗表示什麼？（用主動探討）」，（學生應能問：「澱粉裡並沒有糖」） 2. 照步驟 4. 5. 示範，然後問：「30 分鐘以後，（照步驟 6.）測定結果是這樣（出示糖反應的結果）。」	5	(一) 提示問題： 照課本 P. 37, Exp. 4-4 首部提示問題。	5	(一) 提示組織因子： （例） • 胚芽生長所需養分為糖。 • 子葉中貯存澱粉。 • 澱粉要轉變成糖，才能由子葉運至胚。 • 種子裡有此類轉化酵素。	5
(二) 收集數據 - 觀察： 讓學生發問（了解上述裝置），教師只以「是」「不是」回答。	5	(二) 觀察： 進行實驗。（照課本）	30	(二) 進行學習活動： 1. 提示問題後，說明實驗裝置、步驟等。 2. 進行分組實驗。	30
(三) 收集數據 - 實驗： 分組實驗，照課本步驟，記錄結果。	30	(三) 討論實驗步驟與結果： 由教師「主動發問」為主。 教師發問以啟發、思考為目的，例： 「你怎麼知道袋內沒有糖？」 「你根據什麼（事實）說這些…？」 「為什麼要用清水淋洗表面？」 「根據什麼證據說：浸過豆的水中有轉化澱粉為糖的物質？」 「你怎麼知道這些糖確實由澱粉所轉變的？」等等。	15	(三) 加強認知結構： 1. 討論實驗結果，由教師領導，適應運用組織因子。 2. 提示本章前面各節實驗結果，統整有關生長所需能量之貯存與供應等知識。	15
(四) 解釋數據： 根據所得數據討論 P. 38 之習題 1、2。 教師促成學生主動探討，僅以「是」「不是」回答學生問題。但必須適時提供「提示」。（最好根據數據提示）。	10				

本單元 (Exp. 4-4 浸過豆的水和澱粉) 施教實錄

(本實錄由臺北市金華國中姬慈玲老師提供)

I. 主動探討模式

第一階段：提示問題 (說明探討「規則」)

① 示範實驗步驟 3：

師：「同學是不是可以告訴我，這個實驗在測定什麼？在你們回答這個問題以前你們可以問任何有關的問題，但注意老師只能回答你「是」或「不是」。

第二階段：收集數據——觀察

生：「白色的液體是不是澱粉呢？」

師：「是」

生：「加上去的藍色液體是本氏液？」

師：「是」

生：「澱粉裡面有糖！」

師：「不是」

提示：看看這反應

生：「澱粉內沒有糖」

② 示範實驗 4-4 步驟 4, 5

師：「30 分鐘後得出這樣的結果——出示四支試管」

師：「你們是不是也想實驗看看？」

生：「想」

師：「那先要了解裝置，你們可以問老師」

生：「放進袋內的白液是澱粉液」

師：「是」

生：「另一種液體是豆子浸水」

師：「換另一種說法來形容它好嗎？」

生：「泡豆子的水」

師：「是」

生：「右手邊的兩支試管都加了碘液？」

師：「是」

生：「左手邊的兩支試管加了本氏液？」

師：「是」

提示：是不是要知道這四支試管，還有些什麼物質？

生：「還有浸豆的水」

師：「不是」

提示：這四支試管內的物質和此裝置有關。

生：「右手邊的兩支試管是不是一支取袋內的水，一支取袋外的水？」

師：「是」

生：「左手邊的兩支也一樣？」

師：「是」

師：「整個裝置了解了嗎？」

生：「了解」。

第三階段：收集數據——分組實驗觀察結果

第四階段：解釋數據

師：「有結果了沒果？」

生：「有」

師：「那我們來討論結果」

生：「加碘液的兩支，袋內那支有反應！」

師：「是」

生：「袋外那支沒有反應！」

師：「是」

生：「加本氏液的兩支，反應均為(+)的！」

師：「是」

提示：為什麼會有這樣的結果呢？

生：「袋外加碘的反應是(-)是代表沒有澱粉，是因澱粉不能透過細胞膜？」

師：「是」

生：「袋外加本氏液是(+)反應，是代表有糖」

師：「是」

提示：為什麼袋外會有糖呢？

生：「袋內的糖透過玻璃紙出來」

師：「是」

提示：袋內又為什麼有糖？你放的是澱粉。

生：「澱粉被轉變成糖」

師：「是」

生：「泡豆的水裡面含有某種物質，可將澱粉轉變成糖」。

II. 引導式探討模式

第一階段：提示問題

師：「胚芽內含的養分是什麼？」

生：「糖」

師：「子葉內含的養分是什麼？」

生：「澱粉」

師：「根據實驗 4-3，澱粉能不能透過細胞膜？」

生：「不能」

師：「胚芽生長時養分從那裡來？」

生：「子葉」

師：「澱粉不能透過細胞膜，而子葉的養分是澱粉，所以養分送至胚芽時，先有如何的改變？」

生：「變成糖」

師：「我們實驗看看什麼物質可以將澱粉轉變成糖？」

第二階段：收集數據——實驗

第三階段：討論

師：「實驗開始時，我們在袋內放什麼物質？」

生：「澱粉和泡綠豆的水」

師：「30 分鐘後，你們得到什麼結果？」

生：「袋內、袋外的糖測定反應為 (+)，而袋內澱粉測定為 (+)，袋外為 (-)。」

師：「袋內原來放的是澱粉，為何糖測定是 (+)？」

生：「浸豆的水將澱粉轉變成糖的原故？」

師：「那袋外的糖，又是從何處來？」

生：「袋內的糖透過細胞膜出來」

師：「根據什麼證明浸豆的水可以將澱粉轉變成糖？」

生：「因為澱粉加本氏液是(-)，但澱粉加浸豆水，故30分鐘再加本氏液是(+)」

師：「你怎麼知道袋內袋外的糖是澱粉轉變來的？」

生：「因為袋內只放澱粉及浸豆水，而袋外是放清水，而沒有放糖」

師：「袋外為何沒有澱粉？」

生：「澱粉不能透過細胞膜」。

III. 組織因子模式

第一階段：提示組織因子

- (1) 胚芽生長須要有養分，而其所需的養分為糖。
- (2) 胚芽生長時養分由子葉供給。
- (3) 子葉內的養分是澱粉。
- (4) 澱粉不能透過細胞膜，所以先轉變成糖，才能送至胚芽。
- (5) 種子內有此類轉變的酵素。

第二階段：進行學習活動

第三階段：加強認知結構

師：「袋內、袋外的兩支試管加碘液後，其結果如何？」

生：「袋內是藍黑色，袋外是黃褐色」

師：「藍黑色代表含有澱粉，黃褐色是表示不含澱粉，因為澱粉不能透過細胞膜，所以袋外沒有澱粉？」

師：「加本氏液的兩支又有何反應？」

生：「袋內、袋外都有黃色反應」

師：「糖加本氏液會由淡藍→綠→黃→紅，所以表示袋內、袋外含有糖」

師：「因為浸豆的水可以將澱粉轉變成糖，所以袋內放了澱粉及浸豆水後，可以檢驗到，也就是說袋內的糖是因浸豆水將澱粉轉變成糖而來的」

師：「而袋外的糖，是因糖可以透過細胞膜，所以檢驗到糖的存在」

師：「由此次實驗我們得知，子葉的澱粉要送到胚芽之前，種子內有種酵素，它可以將澱粉轉變成糖再送至胚芽」

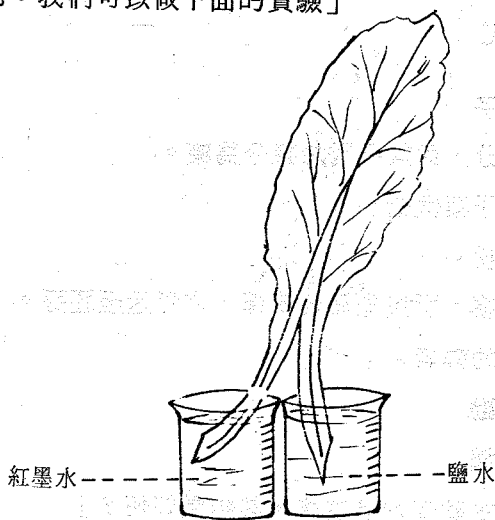
(二) 實驗5-4 莖的觀察

(本單元三種教學模式施教實錄由臺北市金華國中姬慈玲老師提供)

I. 主動探討模式

第一階段：提示問題

師：「這一片白菜是老師昨天所做實驗的結果，同學可以比較看看這兩半有何不同，要想知道為何有此不同，我們可以做下面的實驗」



師：「同學要仔細觀察，想想看發生什麼事，我們再來討論」

第二階段：收集資料——觀察

(從略)

第三階段：分組實驗

第四階段：解釋數據

師：「那位同學可以將實驗過程說一遍？」

生：「拿芹菜從中間割開，分插兩杯水中，一杯是紅墨水，一杯是鹽水，而後觀察結果」

師：「結果如何？」

生：「輸水細胞變紅」

師：「是的」

生：「插鹽水的那一半比較薄」

提示：有沒有其他的現象。

生：「枯萎，軟軟的」

師：「是的」

提示：為什麼軟軟的？

生：「失去水分」

提示：為什麼失去水分？

生：「蒸散掉了」

師：「是的」

提示：完全是因失去水分嗎？

生：「鹽分子上升吸收了水分子」

師：「不對」

生：「因為鹽分子濃度高，失去水分」

師：「是的」

提示：為何鹽分子濃度高，就失去水分。

生：「鹽分子比水分子大，擠掉水分子的空間」

師：「不是」

生：「根據擴散原理，濃度高的往濃度低的移動，所以外面的鹽分子濃度高就往植物的葉送，而擠掉了水分子」

師：「不是」

想想：那邊的水濃度高。

生：「燒杯的水比較多」

師：「是的」

提示：「水的多少，和濃度不同意義」

生：「植物的葉，水濃度高」

師：「是的」

生：「所以水分子往外擴散」

師：「是的」

生：「因而失去水分」

師：「是」

生：「所以枯萎」

師：「是」

II. 引導式探討模式

第一階段：提示問題

師：「這是什麼？」

生：「白菜」

師：「白菜是動物還是植物？」

生：「植物」

師：「植物需不需要養分？」

生：「需要」

師：「除了需要養分外還需要什麼東西？」

生：「水」

師：「水從那裡來？」

生：「從根部吸收」

師：「根部吸收水後，往那裡送？」

生：「葉子」

師：「這杯子紅水是紅墨水，這杯是鹽水如果將植物插在這裡面會發生什麼現象呢？」

第二階段：觀察——進行分組實驗

第三階段：討 論

師：「剛才你如何做這個實驗，同學是不是可以簡單地告訴老師？」

生：「兩杯水，一杯是紅墨水，一杯是鹽水，將白菜切半，但不完全分開，一半插在紅墨水內，一半插在鹽水內」。

師：「很好！兩半的白菜又發生了什麼變化？」

生：「插在紅水的一半，葉脈變紅」

師：「插在鹽水一半呢？」

生：「沒變化」

師：「沒變化，仔細看看，有那一組有變化？」

生：「我們這一組」

師：「好，你說說看！」

生：「枯掉了，垂下來了」

師：「為什麼插在紅水的一半呈紅色？」

生：「紅水被吸收」

師：「是紅水被葉子吸收，還是水順著莖輸送上葉脈？」

生：「水由莖輸送至葉」

師：「水是由莖的那一部分輸送？」

生：「由輸水細胞」

師：「那插在鹽水的那一半又為什麼垂下來了？」

生：「鹽分子上升」

師：「在什麼狀況下葉子會垂下來？」

生：「失去水分時」

師：「那插在鹽水的一半白菜垂下來，是不是失去水分了？」

生：「是的」

師：「為什麼會失去水分？」

生：「葉子的分子比鹽水分子多」

師：「那一種分子比鹽水多？」

生：「水分子」

師：「為什麼失去水分？」

生：「水分子往下送」

師：「為什麼往下送？」

生：「因為葉子的水分子比鹽水水分子多，根據擴散原理，分子多的往分子少的移動」。

師：「很好，同學的思考能力很強」

III. 組織因子模式

第一階段：提示組織因素

1. 動物有循環系統輸送，而植物雖沒有循環系統，但有輸導組織，輸送物質。
2. 植物的輸導組織是由輸水細胞、輸養分細胞、及支持細胞所組成，稱為維管束。
3. 水分子順著輸水細胞往上送，送至葉。
4. 輸水細胞由根連接到莖至葉。
5. 水分子是由根部所吸收。

第二階段：進行學習活動——進行實驗

第三階段：加強認知結構

1. 師：「放在紅墨水的一半發生什麼現象？」
2. 生：「變紅」
3. 師：「水分子是由輸水細胞所輸送，同樣的道理，紅水順著輸水細胞往上送，所以莖、葉脈都可以看到紅管子」
4. 師：「插在鹽水的那半呈現何現象？」
5. 生：「看不出來」
生：「比較薄薄的」
生：「軟軟的」
生：「垂下來」
6. 師：「葉子為什麼會軟軟的，垂下來，是因為失去水分」
師：「由於外面鹽的濃度高，相對的水分子的濃度低」
「根據擴散原理，水分子應該如何移動？」
生：「由濃度高的往濃度低的移動」
師：「由於根據擴散原理水分子是反方向移動，故而植物體失去水分而枯萎」

(三) 實驗9-3 天擇的模型

(本施教摘要表由臺北市大同國中江碧英老師提供)

國中生物教學模式施教摘要表(二)

單元名稱：實驗 9-3 天擇的模型 (非逢機選擇)

應發展之主要概念：

生物族群時常受環境的影響，能適應環境者就能生存，而繁殖後代否則就遭淘汰。

應發展之科學技能：

解釋數據。

I. 主動探討模式	時間	II. 引導式探討模式	時間	III. 組織因子模式	時間															
(一) 提示問題： 1. 老師穿白色衣服，配戴一個白色蝴蝶胸針和一個黑色蝴蝶胸針，站在講臺上，對學生說「請注意看老師的衣服」。 2. 看圖片一，「圖上畫有一隻鳥和一個深色樹幹上停有許多黑色蛾和白色蛾」。 圖片二：「列出在深色樹幹中深色蛾和淺色蛾被捕食後存活蛾的統計數量表。」 <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>第 1 年</td><td>20</td><td>18</td></tr> <tr> <td>第 2 年</td><td>25</td><td>13</td></tr> <tr> <td>第 3 年</td><td>34</td><td>8</td></tr> <tr> <td>第 4 年</td><td>38</td><td>4</td></tr> </table> 問： 為什麼深色的蛾會一年一年的增加？而淺色蛾會逐年減少？讓我們來探討吧！				第 1 年	20	18	第 2 年	25	13	第 3 年	34	8	第 4 年	38	4		(一) 提示問題： 某地區樹林中原有深色樹幹和淺色樹幹，蛾亦有白色和黑色，黑蛾和白蛾代代相傳保持恒定，後因附近一工廠將所有樹幹都燻成黑色，問： 此深色的樹幹對白色蛾有什麼影響？又對黑色蛾呢？繁殖數代以後的結果又是怎樣？讓我們來實驗看看。		(一) 提示組織因子： • 蛾的體色受基因控制。 • 深色蛾因在深色樹幹中不易被鳥發現能生存而繁殖後代，數量漸增加，白色蛾棲息在深色樹幹上因容易被鳥發現而被捕食，故繁殖數代後數量會漸減少。	
																				
第 1 年	20	18																		
第 2 年	25	13																		
第 3 年	34	8																		
第 4 年	38	4																		
		(二) 收集數據： 進行實驗 9-3。		(二) 進行學習活動： 1. 由老師說明實驗 9-3 的步驟。 2. 分組進行 9-3 實驗。																
		(三) 討論實驗結果： 照習題 1、2、3 由老師發問（並提示），進行討論。		(三) 加強認知結構： 1. 討論結果和習題。 2. 老師作總結。																
(二) 收集數據：確認問題 讓學生發問有關的問題老師只用「是」或「不是」回答。		(四) 解釋數據： 老師發問： 1. 分配到的卡片若是兩張都深色時，蛾體色？兩張淺色？若是一深一淺呢？ 2. 第一年夏天開始全班有多少黑色蛾？多少白色蛾？在第一年夏天結束時未遇到鳥的黑色蛾有多少？白色蛾有多少？未遇到鳥的深色																		

(三) 收集數據：實驗 照實驗 9-3 步 驟 1, 2, 3, 4。 (四) 解釋數據： (1) 學生主動發問 討論習題 1, 2, 3。 (2) 教師作整理及 摘要。	基因共多少？淺色基因 共多少？第二年？第三 年？第四年？ 3. 在第一年夏天和 第四年夏天中逃過鳥劫 的黑色蛾和白色蛾的比 例有很大的差別？爲什 麼？ 老師總結： 因爲在深色樹幹上 ，黑色蛾棲息在上面可 以得到保護，所以被鳥 捕食的機會少，白色蛾 棲息在深色樹幹上易被 鳥發現而被捕食，因此 繁殖數代後黑色蛾漸增 加而白色蛾漸減少，最 後會被淘汰掉。	
---	---	--

【未完待續】

參考書目

註1：林清山，科學教育的心理學基礎（下），科學教育月刊，國立臺灣師範大學科教中心，民國65年，第2期。

卓播禮，探討教學及創造能力的發展，師大科教月刊，民國67年，第16期。

楊榮祥，探討式教學模式分析，師大科教月刊，民國67年，第23期。

鄭湧涇，「探討式討論活動」在科學教育上的應用，師大科教月刊，民國69～70年，第31～41期。

註2：Biological Science Curriculum Study, Joseph J. Schwab, Supervisor, *Biology Teachers' Handbook*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1965. p. 46～47.

註3：Richard Suchman, *The Elementary School Training Program in Scientific Inquiry*, Report to the U. S. Office of Education, Project Title VII, Project 216, Urbana: University of Illinois, 1962.

- 註4：楊榮祥，「學生活動中心」的國中自然科學課程實驗學習成就之分析研究，師大科教月刊，民國68年，第27期。
- 註5：楊榮祥，國中生物教師對教學目標與成就的認定與教學疑難問題的研究，師大科教月刊，民國71年，第48期。
- 註6：Bruce Joyce & Marsha Weil, *Models of Teaching*, 2nd Ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New Jersey, 1980.
- 註7：Richard Suchman, *The Elementary School Training Program in Scientific Inquiry*, Report to the U. S. Office of Education, Project Title VII, Project 216, Urbana: University of Illinois, 1962.
- 楊榮祥：科學教學方法——理論與實際：薩克曼的主動探討模式，師大科教月刊，民國72年，第63期。
- 註8：Biological Science Curriculum Study, Joseph J. Schwab, supervisor, *Biology Teachers' Handbook*, New York: John Wiley, & Sons, Inc., 1965.
- 楊榮祥，科學教學方法——理論與實際：舒華布的引導式探討模式，師大科教月刊，民國72月，第64期。
- 註9：David Ausubel, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, New York: Grune & Stratton, Inc., 1963.
- 楊榮祥：科學教學方法——理論與實際：奧斯貝的組織因子模式，師大科教月刊，民國72年，第65期。
- 註10：David Ausubel, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, New York: Grune & Stratton, Inc., 1963. p. 27.
- 註11：David Ausubel, "The Use of Advance Organizers in the Learning and Retention of Meaningful Verbal Materials," *Journal of Educational Psychology*, 51 (1960).
- 楊榮祥：奧斯貝的組織因子模式，師大科教月刊，民國72年，第65期第23頁。
- 註12：Bruce Joyce & Marsha Weil, *Models of Teaching*, 2nd Ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New Jersey, 1980, pp. 77~79.