

科學教學方法——理論與實際(三)

奧斯貝的前置組織因子模式

楊榮祥

國立臺灣師範大學生物系

有一位老師領着一群學生來到一所化石博物館。他們在大廳先停下來。學生們圍着老師站着。老師向他們說：「開始參觀這些化石之前，首先我要提出幾個有關原理給你們，因為這些原理或原則將會幫助你去了解這些化石和其他各種陳列品。第一個原理就是：“生物體的構造可表現其功能”，換句話說：由構造可以推論其功能甚至生活情形。例如，由細長而輕巧的四肢化石，可推論那是住在陸地上奔馳的動物；反之，扁平如槳的前腿化石，暗示着那是在水中游泳的動物等等。」有位學生搶着說：「就像海豹和海豚那樣，是不是？」老師笑一笑說：「對啊！很好！不過慢着，我們還有第二個原理要先了解。那是“生物的環境會影響生物的生活”比方說：當環境變冷時，生物的被毛會增厚，……」又有一位學生爭着說：「如果陸地變成海洋，動物的四肢就會變成魚鰭那樣了？」聽了之後，衆生嘩然。老師微笑著：「可以那麼說，不過那是千萬年長久時間演化的過程，並不是陸地變成海洋時，那裡的動物都會突然地把四肢變成鰭，那是不可思議的事，不是嗎？」許多學生點點頭。老師又說：「所謂適者生存，你們不是學過了？」學生們說：「對，達爾文的學說！」「好！那麼你們可以說正確一些了吧。試試看好不好？……當生物所居住的環境變得很冷時……，」數位學生齊聲接着說：「只有那些具有厚皮毛的個體能生存下來……」，另一群學生再接着說：「而傳下牠們厚皮毛

的子孫。」

老師表示贊同，然後又提示：「當生物所居住的環境改變時，生物也會改變，那麼我們可不可以根據生物的特徵來推論其環境？」學生們爭着答：「當然可以！」老師揮手起身，「走吧！我們開始參觀化石吧！」

大家興緻勃勃地相偕走進展覽室，開始參觀這所聞名全國化石博物館珍貴的收藏物。當學生們聚集在一組看來像是「魚」的化石前面時，老師指着說：「你們看這個動物的全形像條魚是嗎？可是有沒有人注意到這裡（指着像胸鰭的前肢）？這不像魚的胸鰭吧！你看這不是前肢的骨骼？再看這裡（指着頭部）這是鰓蓋……」老師繼續說明：「這是總鰭魚類的化石，大約是三億五千萬年前的動物，由這些特徵可以推論那時候牠們所居住的環境是……，也可證明兩棲類動物與魚類在演化史中的關係……。」

這一位老師率領他的學生來參觀化石博物館。他運用「組織因子(Advance organizer)」來幫助學生了解應如何去觀察化石，了解化石。這位老師以學生所學過的概念或原理（或法則）做為組織因子，在上面這篇劇本中「生物體的構造可表現其功能」及「環境的變化可引起生物體的變化」等原理（Principle）就是這位老師所運用的組織因子。此外，「適應」及「適者生存」等概念（Concept）也是這位老師所運用的組織因子。這些都是學生們在以前（來化石博物館學習化石之前）所學過的原理或概念。老師運用這些組織因子來幫助學生了解新的（本單元所要學習的）原理（在上例就是：“由生物體特徵可推論其居住生態環境”及“由生物體特徵推論演化的過程”等），或新的概念（在上例中“演化”的概念）。

學理與概覽

奧斯貝（David Ausubel）可以說是當代最有名的教育理論家中最為“特殊”的學者。他很特殊，第一是因為他主張「講解式教學（Presentational methods of teaching）」包括演講（Lecture）與閱讀（Reading）。1960年代以來，幾乎所有其他的教育理論家都在力主「學生活動為中心，經由親身經驗來學習所謂的發現式學習（Discovery learning）」的時代，唯有他，奧斯貝，主張大家所「一致」反對的教師活動為中心，學科知識為重點的講解式教學。

此外，奧斯貝同時研究學習（Learning）、教學（Teaching）和課程（Curriculum）。這也是當代教育心理學家中很少有的情形。在他那著名的「有意義的語文學習理論

(Theory of meaningful verbal learning)」中他表現這三方面的研究問題：

1. 知識應如何組織？(課程內容之研究)

2. 人的心智活動如何處理新資料？(有關學習過程之研究)

3. 教師應如何運用有關課程與學習的新知於他的教室？(教學方法之研究)

有很多心理學家為我們說明「學習」是什麼，但很少再為我們說明「怎樣教？」或「怎樣編課程？」。只有奧斯貝，他在「前置組織因子教學模式」中，為教師們具體提供有關選擇、編排教材以及施教的種種建議。

目標與假設

奧斯貝所最關心的，就是「怎樣幫助教師處理大量的知識，並且實施最有效的教學」。他認為學生上學校最基本的目的就是要獲得新知，教育學家應積極協助教師「有效傳授知識」。因此，奧斯貝主張教師應該就是很好的講演家。教師的基本任務就是幫助學生了解教材。換言之，他所主張的是：「教師要將全部教材——直接傳授給學生，然而學生的基本任務，則為接受教師所授的知識資料」。他反對其他教育家所提倡的「問題解決法(Problem solving approach)」或「發現式學習(Discovery learning)」，他認為學生不必由親身經驗來學習。

奧斯貝所創的「組織因子模式」就是根據他所謂的「有意義的學習(Meaningful learning)理論所發展出來。其設計重點

就在於「加強學生的認知結構(Strengthen student's cognitive structure)」。所謂認知結構，奧斯貝認為那是一個人在某特定時間，關於教材知識的「結構(其組織情形，其了解程度，其穩定度)」。(註1)換句話說：他所認為的認知結構包括其先前所有的知識種類、份量，以及其組織情形。同時他認為這種認知結構可以支配，處理或吸收新知識，將新知加入認知結構內，統整之後充實認知結構。所以他認為學生在吸收新資料(或新知識)之前，必須先加強原有認知結構的穩定度，否則不能有效吸收並保住新資料。

奧斯貝理論的討論

自從1960年代所謂「重整科學運動」之後，現代化的中小學科學教育莫不提倡學生活動為中心，學生自主的學習活動。大家都認為應該重「求知方法之訓練」而輕「知識之灌輸」。奧斯貝以教師中心講解式的教學模式，都被認為最不適合自然科學之教學法。當然他那「以知識之傳授為學校基本功能」的論說也為大家所議論。可是他的「有意義的學習」的精神以及「組織因子」的技術，似可運用於科學教育某些單元之教學。如果運用得當，似仍可啟發學生思想。下面是幾個討論：

1. 奧斯貝的教學模式一定造成「死背知識」？奧氏認為要進行所謂有意義的學習，並非簡單的事，以學生方面來說：他必須能同化(或消化)所學的新知識(或熟練技

能)；在教師，他要慎重選擇教材，然後處理組織好之後才能有效講解。奧氏曾否認「講解式教學」必定造成死記知識、被動學習或無意義學習的論調。他說：在「解決問題法 (Problem solving approach)」的教學活動中，假如學生只是記憶其步驟 (而不了解其意義)，或死套公式 (而不理解其原理) 的方式，以解決問題，結果還是死背知識毫無意義的學習。講解式教學絕不「原本」就是「死記知識的教學法」，只要運用得法，其啟發性還是很高。最不幸的是這種 (講解式) 教學法常因施教不當而導致死記知識的後果。

奧氏強調所謂有意義的學習。他認為學生們所學習的新知，應能與他原有的認知結構相同化，而加強並充實其認知結構。他認為學生應不只轉移知識，還應能運用於新的情況，以表現其創造性。反之，死記知識的學習方法，不可能讓學生活用知識，也很容易地忘掉它。

奧斯貝埋怨說：許多研究家與教師們常常忽略各種教學法各種不同的功能。為達成不同的教學目標，我們應能運用各種不同的教學模式。他說，縱然適合發現式教學的單元很多，但這種教學法並不一定能適應其他任何單元之教學。教學方法是很多，各種教學方法都有其特點，但都要經由其獨特的心智過程 (Mental process)，以達成其特定的教學目標。他說，沒有「壞」教學法，只有選用不當，或運用不當的教學法。(註 2)

2. 什麼才是有意義的學習？奧氏反對

另一個假說：「有意義的學習必須經由獨立解決問題或實際操作的過程」。他說教材或教學是否有意義，端視這些教學或教材對於學習人來說是否有意義。只要學習的方法與所學之教材，能和學生原有的認知結構相調諧，那就是有意義的學習。

3. 講解式的教學一定是被動性學習？奧氏不同意這種說法。他說在講解式教學中，照樣可以看到學生們活潑的參與，因為學生們必須將所學的新知隨時納入他自己原有的知識體系 (如前述之認知結構) 之中，他要「判斷」他所面臨的概念或命題，究竟屬於他原有知識體系中的那一類，有什麼關連，……如是他才能同化這些新知，以達成有意義的學習。奧斯貝說：學生要從不同的角度來觀察或思索，以調諧新知，以便納入他自己的認知結構。在這些過程中他提升他所學新知或新資料的意義。假如學生只管死記知識，就不會產生這種有意義的「學習」活動。教師應注意在設計教學活動時，要設法促進學生這種心智活動。

教材結構與認知結構

奧斯貝相信教材的組織方式，與人的認知結構組織方式是相類似的，也就是說教材結構與人的認知結構可相和諧。他堅信任何學科教材內容都有其概念結構，這些概念結構是階層式的組織系統 (註 3)。在這階層上層是涵蓋較廣大的概念，下層則為較為特定的，涵蓋範圍較小的概念，即教材概念結構的階梯上層為較抽象的概念，而下層者則

為較具體的概念。(見圖表一)

就像布魯納(Jerome Bruner)一樣，奧斯貝也承認任何教材中的構成概念(Structural concept)，都可指認並教給學生。這些概念就將成為學生的資料處理系統(Information processing system)。學生將可用此系統以解決有關特定範圍內的問題。

奧斯貝描述：人的認知系統可以說是一種資料處理與貯存系統(Information processing and storing system)，就像學科的概念結構那樣成階層有系統的構造。這有組織的認知結構可容納「適當的」、「有關聯的」新知(或新資料)，以充實並加強其結構。

圖2圖解某一個人有關遺傳學認知結構系統的一部分，此表表示他已學過孟德爾的實驗及一、二對基因遺傳等教材，也就是他的認知結構之中，已有這些有關概念，所以他可以學「性染色體」這單元，也就是說，這個教材對他來說是「有意義的教材概念」。但，「性別遺傳」與「性連遺傳」這二個教材概念就不是這樣。在認知結構中還沒有納入「性染色體」這個概念之前，這些都屬於「不適合學習」的教材概念，因為這二個概念當無法與原有認知結構相和諧。

奧氏所講究的就是學生的新知(學習教材)必須與其舊有經驗、概念結構互相諧和。他建議，教師應幫助學生充實加強其認知結構。教師要設法協助學生強化(理解)其原有概念，因此他必須率先了解學生的認知結構，然後，配合其原有結構，教學生「能

和諧的教材概念」。因此，教師的首要任務包含分析教材、分析概念組織、以及其發展體系。在教學上，教師要設法令學生主動參與這種「充實其認知結構」積極的學習活動。

組織因子在教學上的運用

在實際教學情況，宜妥善運用「組織因子」以充實並加強其認知結構。那麼什麼是組織因子？奧斯貝解釋說：

組織因子就是一種概念、通則、原理或法則——

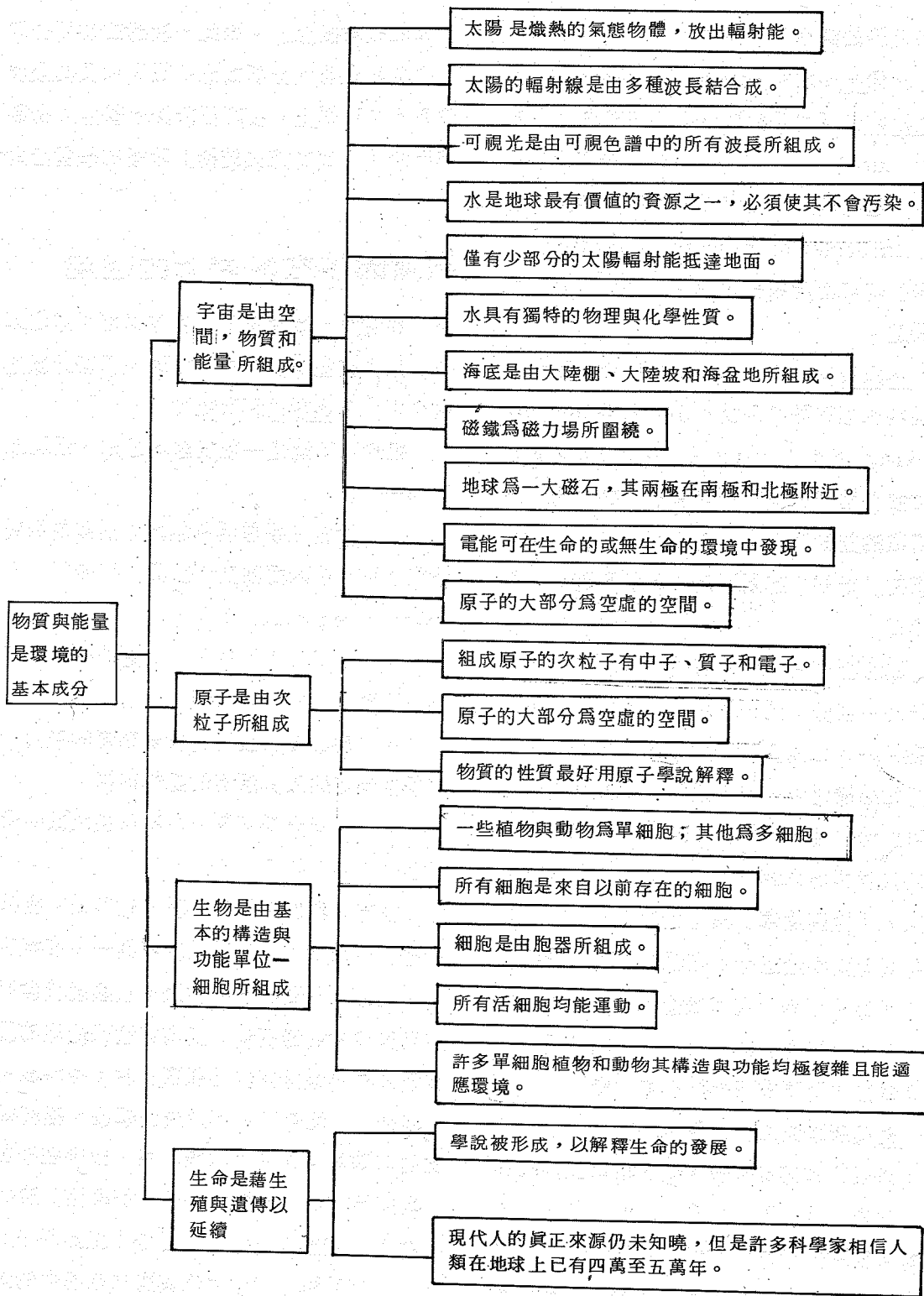
- 通常在學習活動開始之前做為引導學習之用。〔因而稱為「前置」組織因子(Advance organizer)〕，

- 比「將要學的教材，更抽象而涵蓋更廣的概念(或原理法則)，

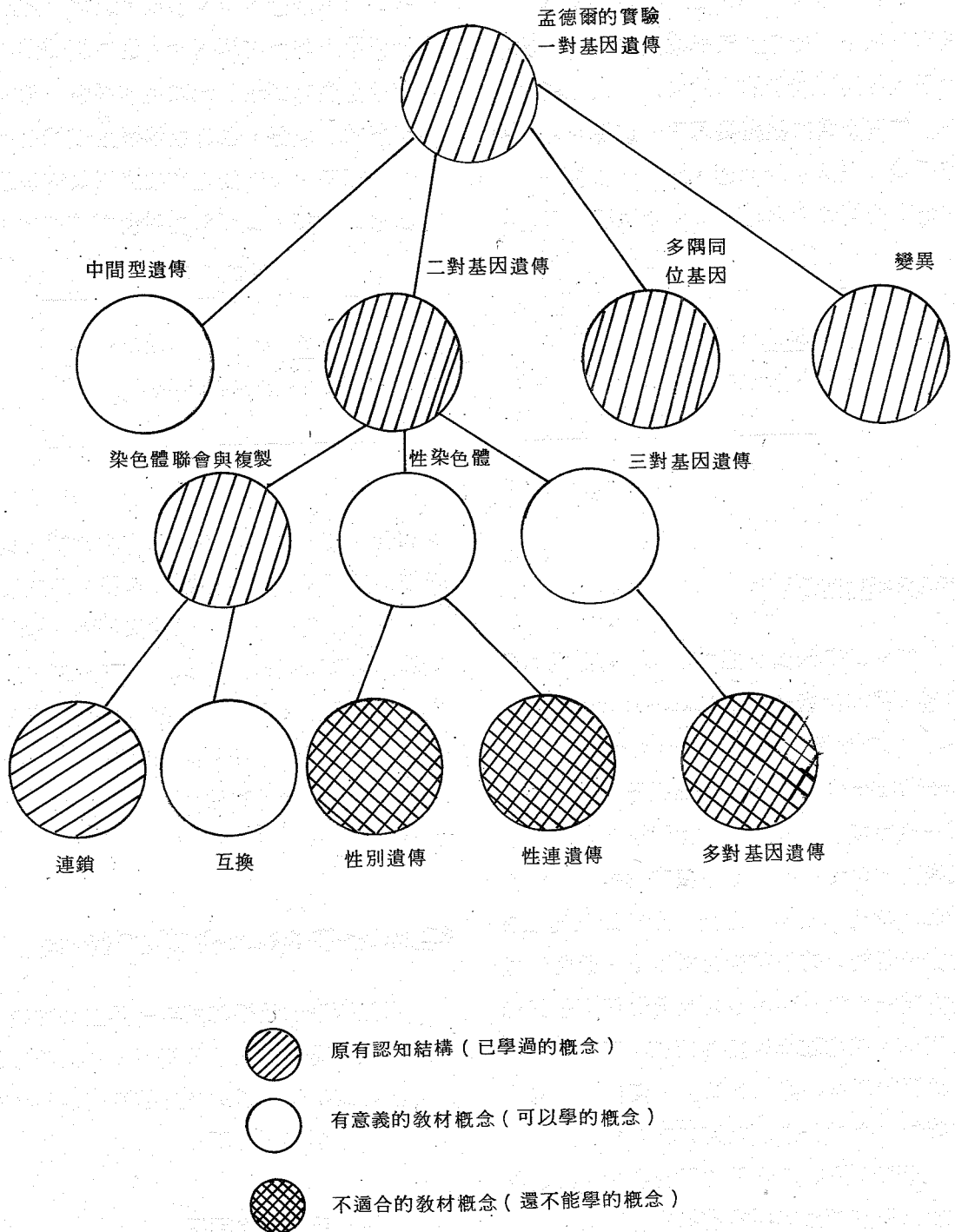
- 用以說明或統整將要學習的新知，使學生便以納入其原有的認知結構，

- 用以分辨新學的教材與舊經驗中所得之知識。(註5)

假定，我們希望學生學一些有關「能源問題」的新知。首先我們要收集一些有關資料，例如：有關能源的數據，我國經濟發展以及科技發展的資料，或有關替代能源的設計及未來透視等資料為學習教材。這些教材可能來自新聞雜誌、影片或科學家、經濟學家的演講等。無論用何種教材，教師在學習活動開始之前，要提供一些「引導性」的中心概念(或基本概念，也就是「組織因子」)，以幫助學生便以運用其認知結構中的知識，組織新知識以充實並加強其認知結構。



圖表一 SEM (Science , Environment and Man) 科學課程概念結構一部分 (註 4) 。左邊為高層概念，右邊為低層概念。



圖二 個人認知結構系統一例。

例如，在「能源危機」的單元教學中，教師可採用「能量」的概念以為基本的組織因子。再用「能量的有效運用」或「能量守恒」等概念為次級組織因子，以探討能量轉移系統中能量消耗問題。此外，如要探討整個地球的能源危機時，其組織因子應可包括

組織因子

複習：能量的概念，能量的轉移、守恒有關原理法則。

學習活動

討論：替代能源、我國經濟成長，及科技進步的有關資料。

圖三 在學習單元中的組織因子與學習活動一例。

兩類組織因子

組織因子因其功能之不同，可分為兩種類型，註釋性組織因子(Expository organizer)與比較性組織因子(Comparative organizer)。註釋性組織因子可為取材提供一般性模式，以幫助學生了解基本的功能或通則。例如，在學習各種不同的機械能(例如：位能、動能)之前，教師應先建立有關機械能概念的註釋性組織因子，說明什麼是機械能？怎樣作用？並且舉幾個例子以加強了解。這種註釋性組織因子，可為學生所不熟習的教材搭建「鷹架」，使他們容易了解新知，進而加強並充實其認知結構。

比較性組織因子則常用於較熟悉的教材，便以區別新知與原有有關知識的異同點，除去混淆處，統整新知使它同化成為認知結構的一部分。例如，學除法的小孩，教師可運用這種比較性組織因子，先讓學生了解乘

生態學有關概念，以及環境、政治、經濟以及社會學上許多有關概念。這些組織因子當可使學生注意到我們地球生態系中「舊有」與「新的」能源，也可以讓學生運用前述那些組織因子，考慮能量有效運用及守恒原理，以處理數據，以了解能源危機的真象。

法與除法的相同點與不同點：在乘法，乘數與被乘數可互調而不影響其乘積，即三乘四，與四乘三是一樣的；但除法則不一樣，除數與被除數不能調換，以六除三，以三除六，結果(商)完全不同。這種比較性組織因子幫助學生了解乘法與除法的關係，便於促使學生將新知識(除法)納入其舊有(乘法)的認知系統之中。

組織因子教學模式的結構

組織因子的教學模式可分為三個階段。第一階段就是組織因子的提示；第二階段為提供教材或學習活動；第三階段則為加強認知結構。分別摘要如下：

第一階段：提示組織因子

- 闡明本單元學習目標
- 提示組織因子
認明定義、屬性

舉例

建立教材地位（概念發展流程）

認明專用名詞

- 喚起有關舊經驗以及有關背景知識

第二階段：學習活動（提供學習材料）

- 進行預先邏輯安排之學習活動
- 維持學生學習動機
- 運用組織因子以促進學習

第三階段：加強認知組織

- 統整新知與舊知使和諧
- 促進自動而活躍的「接受學習」
- 評鑑所學新知

組織因子教學模式，在基本上是教師中心的教學活動。教師必須先組織好教材，建立概念發展的順序系統，根據學生現有認知情形，運用適當的組織因子，以助學生應用舊經驗與原有的知識系統，以了解新知並將它納入自己的認知系統之中。

在自然科學之教學，我們不能忽略「培養具有科學素養的未來公民」這個大目標。奧斯貝這種教師中心，接受式的學習模式，實在很難讓學生由親身經驗學習「以科學方法解決問題的技能」，但某些單元（例如抽象複雜的生化過程之說明，或複雜操作等）的教學，由於時間分配或其他空間限制，不便讓學生由親身經驗來學習時，應可利用奧斯貝的組織因子，讓學生做有意義的學習。

組織因子教學模式一例

下面是實際教學情況，組織因子教學模式的一例。地點是在美國加州奧藍洛克學區（Alum Rock School District）的羅傑斯學校（Rogers School）內。學生是初級中學的學生，老師喬依斯（Bruce Joyce），他是美國研究各種教學模式最著名的教師之一。這一節是一套叢書中所討論三個不同村鎮的不同文化，包括美國印第安人用泥磚和石塊建造的村落，法國的小鎮，以及英國的中型村鎮。

這一節課應屬於社會科學的範圍，並不屬於任何物理化學生物等學科範疇，但一方面因喬依斯老師本身是教學模式的權威專家，他所運用之組織因子的技術，值得我們參考；另一方面，社會科學與自然科學的教學，都有許多可互為借鏡之處，故按照實況譯出，敬請參考（註6）。

這一段實況呈現重點就在組織因子。請注意教師如何運用組織因子以幫助學生了解他們所閱讀的教材。在這一節課程，老師提示兩個組織因子：第一，以「文化的概念」做為初級組織因子（Primary organizer）；第二，以「文化就是一組行為方式的集合」這一個命題為次級組織因子（Secondary organizer）。

教 學 活 動	註 釋
師：今天我們要探討幾個不同地方上的村鎮問題。我們要看一個<u>新墨西哥</u>（New Mexico）的<u>印第安小村</u>，<u>法國南部</u>的一個小鎮，還有<u>英國</u>中部的一個村鎮。我們先要閱讀一些書，然後來討論。還沒有閱讀之前，我會先提出一些主意，來幫助你們了解這些村鎮。然後再給你們另外的閱讀資料，閱讀完之後，我們再談一談這些。然後，我再給你們一些主意，然後，再討論。 好，請你們告訴我，我們在這裡過得怎樣？假如我們有客人，從很遠的地方來的客人，譬如，從<u>非洲</u>來的客人，你要怎樣告訴他我們這裡的情形？<u>麗沙</u>？ 生：我們跟他們不一樣，因為我們有電視、收音機，還有小轎車。他們可能就沒有見過這些東西。 師：好。 生：他們的穿着跟我們不一樣。 師：對。我們有電視和轎車，我們穿着不一樣，還有呢？<u>傑利</u>？ 生：他們不懂我們的話，他們聽不懂英文。 師：好的。我們有不同的語言。還有那些？現在大家想想看。假如有一位客人從很遠很遠的地方來，他跟我們坐在一起，我們要跟他談些什麼？你要跟他談電視與轎車嗎？或者你要跟他聊些什麼別的？ 生：食物，我們吃什麼食物。 師：是的。 生：因為他們吃不同的食物。 師：我們也許會跟他聊一聊我們每天所做的事，對不對？一早起床之後，我們用早點，我們也許要跟他說，我們早餐吃些什麼？然後我們上學，我們或許會告訴他我們在學校做什麼事，然後談一些其他每天都要做的事情，是不是？ 好，我們所做的，我們叫它為「行為」。我們的生活上都	教師介紹教材與教學過程。 第一階段：引入組

教 學 活 動	註 釋
有一套行爲。我們看電視，開小汽車，來上學，大家談天，說英文，這些都是行爲。這些行爲的「集合」就是「文化」。我們都知道，我們將錢存到銀行裡，所謂文化就像銀行，存我們各種行爲的方式，例如：我們談話、上學、穿衣服、待人處世的方式，我們都叫做「行爲方式」。我們有我們的行爲方式。我們研究人家的行爲，以了解不同文化的人。我們所要做的，就是要怎樣去了解不同文化的人的行爲方式。語言的不同，就是一例，但我們還要了解其他各種行爲。 讓我舉一個例子吧，假如你在<u>法國</u>某一地方的學校唸書，有一天你做錯了事，你知道<u>法國</u>的老師會對你怎樣？這個地方的老師會叫你站起來，你必須站起來，然後他會給你帶上圓錐形的長紙帽，上面寫一些有關你所做錯行爲的字或圖樣，讓你站在那裡，任人嘲笑捉弄你。假如，有一天我們這裡的老師也這樣待你們，你們要怎樣？你們會不會提出抗議？ 生：會！ 生：當然會！ 師：你們都會不高興，是嗎？可是在<u>法國</u>那些地方，他們都不會感覺怎樣，他們會認為既然做錯事，就要帶那帽子站在那裡受罰。事實上，如有人犯了很嚴重的錯事，那村民會讓他帶着那「罪人」的帽子，站在村鎮中心的大廣場裡，讓大家來隨意嘲笑捉弄。你們看出來沒有？不同在那裡？我們對於同樣的問題有不同的行爲反應。無論如何，<u>法國</u>人跟我們有不同的文化，其行爲方法當然也不一樣。 現在我要給你們一些閱讀資料，我希望當你們閱讀的時候，要想一想「文化就是一種行爲方式」。 （閱讀時間） 師：好，現在我們談一談你們所閱讀的這些內容，裡面寫些什麼？	組織因子 教師舉例說明「文化」的概念，同時促進自動活潑的「接受學習」，運用組織因子以喚起有關舊經驗。 教師在舉例說明「不同的文化」 請注意，教師已多次重複說出「文化」與「行爲」這二字（這是本單元最重要的術語——也是組織因子） 第二階段：學習活動（提供學習材料） 第三階段：加強認知結構

教 學 活 動	註 釋
生：他們缺少食物，那是旱災，他們獵不到野獸。 生：他們需要食物，也需要衣服穿。 生：他們想到別的地方去住，他們要逃避他們的敵人。 師：要逃避誰？ 生：敵人。 生：他們的神。 師：告訴我，他們的情形怎樣？ 生：他們很窮，很可憐！ 生：他們在饑餓中。 師：他們有宗教嗎？ 生：有！他們有神。 師：他們有強烈的宗教意識嗎？他們很關心他們的神嗎？ 生：是。 師：他們有沒有政府？ 生：沒有。 生：他們有巫醫。 師：那些巫醫統治這些人嗎？ 生：不！ 生：他們有他們自己的部落。 師：好的！你們願意搬到那邊跟他們住？ 生：不要！ 師：為什麼？ 生：沒有水。 生：沒有衣服穿。 師：好，你認為他們的行為方式，和我們的行為方式有很多不相同？ 生：是的。 師：他們的文化和我們的文化差多少？假定我們到那裡，跟他們一起住，我們所必須學習多少新的行為？	教師提示，很自然地將討論重點轉移到「文化特性」上。 教師再度提示討論重點。 促進主動的「接受學習」 這就是「統整和諧」，即，使所學新知與舊經驗統整起來。教師同時要求學生評鑑這些新知識。

教 學 活 動	註 釋
生：他們的文化相差太多了。 生：差得遠、很遠。 師：好，那就是說不同的文化就是很多不同的行為方式？ 生：是的。 師：好的，現在我們來看別的地方，還沒有開始閱讀這些材料之前，我要先告訴你們一些觀念「假如文化就是一種行為方式，然而不同的種族都有其不同的文化」，那麼，假定你必須搬到文化不同的地方，你是不是要改變你某些行為方式？ 生：對的。 師：「新」的語言，以及其他一些新的行為方式？好了，我要告訴你們的就是「行為是可學習的」這個觀念……	第一階段：引入第二個組織因子 教師提供新的組織因子——行為是學來的（請注意，教師先教比較「大」的概念——文化，然後開始學較「特定」的概念——行為是學來的。這就是「漸進區別（Progressive differentiation）」的原則。

【未完待續】

參考書目

- 註 1. David Ausubel, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (New York : Grune and Stratton , 1963) , P. 27.
- 註 2. David Ausubel, *Educational Psychology : A Cognitive View* (New York : Holt, Rinehart & Winston , 1968) , PP. 83 - 84.
- 註 3. David Ausubel, *Psychology of Meaningful Verbal Learning* , P. 18.
- 註 4. 楊冠政, 科學課程的概念結構, 科學課程研究第一期報告 (師大科教中心, 民國 64 年 4 月) , P. 30.
- 註 5. David Ausubel, *Educational Psychology* , P. 148.
- 註 6. Marsha Weil. Bruce Joyce , *Information Processing Models of Teaching* (New Jersey : Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1978) , PP. 217 - 220.