

邁向廿一世紀的科學教育

江新合

國立高雄師範大學科學教育研究所

前言

筆者曾在「適應社會變遷需求的科學教育理念及實際」拙作的前言中(江新合, 1990), 引用瞿海源和謝小苓的一段話:「教育是社會革新的先導動因, 抑是社會變遷中的保守勢力?」瞿海源和謝小苓指出目前各國的教育體系是做為培養國家民族意識, 介紹特定價值與行為規範, 訓練並選擇各種人才, 其本身就是政治、文化、和經濟等力量互相運作下的產物。楊國賜(1990)也指出:教育思潮反映時代, 也是社會的產物。李遠哲曾說(民國 85 年 12 月 1 日中國時報), 台灣必須注重本土科技發展, 提升產業競爭力, 而人民的素質也是競爭力之一, 學生應學會做人(道德教育與民主素養), 也要注重文史的人文教育, 做一個合格的世界公民。

科學教育仍為整體教育的一環, 毫無疑問, 亦應社會的變遷而做適當的調整。

一、我們的社會發生了那些變遷?

我們的社會發生了那些變遷? 可能從不同立場會有不同的看法, 本文將以科學教育的立場來看我們的社會近年來所發生的變遷, 其中最明顯的現象有:

1. 生態環境受到深度破壞,
2. 生活環境受到深度毒化,
3. 科學暴力思想和靈異暴力思想呈現兩極化,
4. 物化人性充滿社會,
5. 暴力人性充滿社會。

科學教育界的先進們, 或許會懷疑, 科學教育怎能對這些社會現象使得上力? 為了回答這個問題, 最好先引進價值導向的行為理論來說明, 如下:(江新合, 民 73)

二、價值導向行為科學主張個人的行為至少受到四大因素影響

根據價值導向的行為科學的理論知道(徐道鄰, 民 64 年), 一個人的行

為表現，至少受到「體質因素、符號因素、物質環境因素、社群環境因素」等四大因素的交互作用影響（其影響猶如化學變化），如下圖 1 所示。

對科學教育而言，圖 1 中最值得探究的是「抉擇」的機制，亦即影響「抉擇」的變項有那些？那些變項和科學教育有什麼關聯？

事實上影響「抉擇」的變項，就是影響人類思考模式與行為模式的變項。茲分析如圖 1。

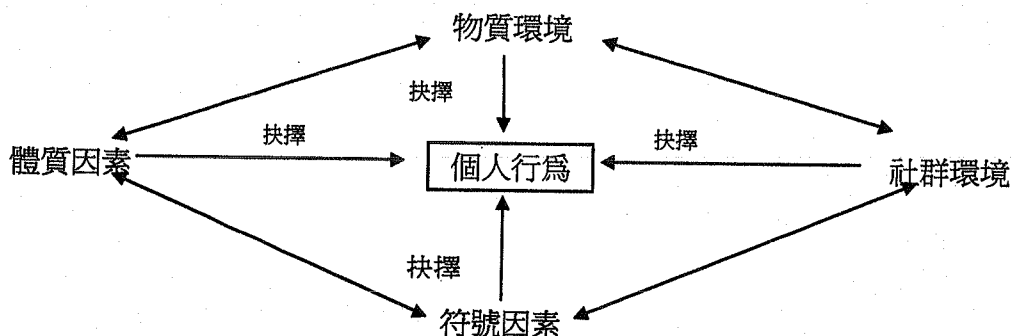


圖 1：個人行為與四大因素間的交互作用示意圖

三、影響傳統行為的「抉擇」變項

傳統行為受到傳統思考的影響，而傳統思考模式是屬於「強迫式規範」的價值導向思考模式，即「目的價值 — 強迫性規範的工具價值」模式，其目

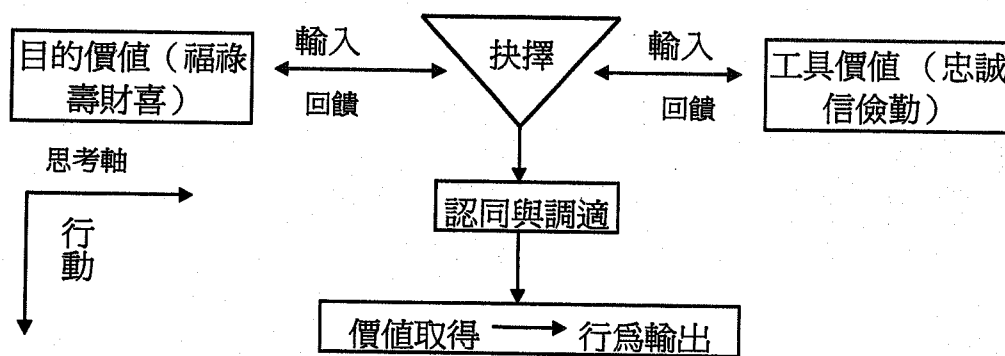


圖 2：傳統的思考 and 行為模式示意圖

的價值是追求「福、祿、壽、財、喜」，而達成目的價值的手段，則以「忠、誠、信、儉、勤」等工具價值為規範。由此可見，影響行為模式的「抉擇」變項就是「福、祿、壽、財、喜」等目的價值，和「忠、誠、信、儉、勤」等工具價值規範。而「抉擇」的過程中需要「解決問題的能力、創造能力、和反思能力」。整體的行為模式可用圖 2 表示。

假定你問：如何證明「解決問題的能力、創造能力、及反思能力」是影

響「抉擇」的變項？由於篇幅考慮，本文不擬在此深論，但有興趣者可見拙著（江新合，民 73 年）。相信你和筆者相同，均急於瞭解台灣社會目前的思考模式和行為模式吧！

四、台灣目前的社會行為模式

台灣社會目前的行為模式是屬於「非理性」的價值導向模式，而其思考模式則是「目的價值 — 科技工具」。其目的價值，除追求「福、祿、壽、財、喜」外，又增加了「權」，而其達成目的價值的手段卻變成「不忠、不誠、不信、不儉、不勤」，另外又增加了「科學方法和科技成品」。整體的行為模式可用下圖 3 表示。

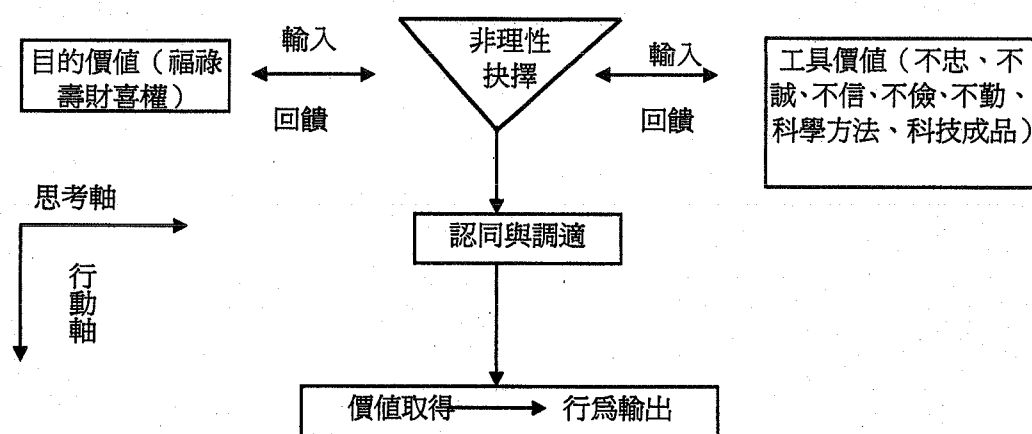


圖 3：台灣社會目前的思考和行為模式示意圖

假定你問我，為什麼台灣的社會行為模式會演變成如此地「非理性」？為什麼台灣的生態環境會受到深度的破壞？為什麼台灣的生活環境受到深度的毒化？為什麼台灣的科學暴力思想和靈異暴力思想會呈現兩極化的現象？為什麼台灣的物化人性充滿社會？為什麼台灣的暴力人性充滿社會？

我將回答你：多年來大家都生活在威權的體制下（包括家長對子女的教養、學校教育、社會教育、、、、），抑制了我們的「解決問題的能力、創造能力、反思能力、以及理性的價值觀」。不幸的是，追求目的價值（福祿壽財喜權）卻是人性的本能，任何人都會不斷地追求他的「福、祿、壽、財、喜、權」，何況目前社會上的傳統規範式的價值觀解體，「不忠、不誠、不信、不儉、不勤」的事件充斥，而「科學方法和科技成品」又如此普遍化，因此很多「非理性」的問題就產生了。

大多數的台灣人真的缺乏「解決問題的能力、創造能力、反思能力、以及理性的價值觀」？是的，不信的話，試看以下的證據：

證據 1、傳統的教育（含科學教育）僵化了創造力

數位 80 年度諾貝爾科學獎得主七日表示（中時晚報 80 年 12 月 9 日），由於未曾接受過正統教育，才使他們發展出更大創造能力而獲致今日的成就。

經濟獎得主—芝加哥大學的英裔教授柯斯說，他最大的優點之一就是從來沒有上過一堂經濟學課程。他是以經濟生活的法律基礎及企業生存因素的論文獲得今年的獎項。

獲得物理獎的巴黎大學物理學教授金尼斯表示，由於戰爭使得他直到中學二年級才開始上學，他從未接受過小學教育。

這兩位即將領獎的科學家在記者會中指出，嚴格的教育課程僵化了學生的創造力，也侷限了學習的領域。

柯斯曾獲商業學位，他說：「所以我的思考非常靈活，我從問題直接下手，思考解決問題之道。反觀接受過經濟課程訓練的人，則會繞著技術問題打轉，而不會從現實生活的問題著手」。

瑞士籍的化學獎得主恩思特則說，經過十八年的學生生活後，他幸而還保有創造能力，是因為「創造力是從實踐中得來，而不是從學習中獲得」。

那台灣呢？就以歷年來的科學教育來看，我們幾乎沒有重視過學生的創造力，我們只注重強背科學知識，各種考試也都以記憶性的知識為主。這種教育方式不但沒有開發學生的創造力，更抑制學生的創造力，不是嗎？

證據 2、傳統的科學教育僵化了解決問題的思考能力

在科學月刊主辦的「我國科學教育之檢討與展望」座談會上（中國時報，85/12/23），多位學者表示，科學教育貴在培養解決問題的思考能力，讓現代公民擁有面對生活的科技素養，而非死記定理、淪為公式運算機器。但現行的科學教材太難，而且與現實嚴重脫節，加上升學主義、速食文化盛行，學生修習科學多是囫圇吞棗，讓整個國家的科學宛若奠基在「流沙」上，很難長出擎天大樹。

在工科教育亮紅燈的科技脈動專欄報導中（中國時報 85/7/29）說：「如果去一趟澳洲，也許你會遇到澳洲人對你說，你說給我聽，我一定會忘記；如果你做給我看，我會記得；但，如果你讓我自己動手做，我會明白其中的道理，一輩子也不會忘記」。

這一段對話很明確地告訴我們，什麼是學習？絕對不是老師講得越多，學生就會學得越多，學習是學生自己手腦並用的歷程，不是嗎？現在請你反觀台灣工科高等教育的情形：

根據研究台灣工程教育多年的學者們說，「台灣的學生數理基礎好，分析能力強，但實作表現及創新能力則稍顯不足」。台大造船及海洋工程學系教授汪群從表示：「工學院學生普通的通病是，使用儀器之前不會閱讀操作手冊，進行實驗之前不知道校正儀器，更別談實驗分析能力了」。

這份雖然是評估工科高等教育成效的報告，但它也可以反應出整個台灣的

教育概況，也就是說可以根據這份報告，推論目前台灣整體的教育概況，它是不重視對解決問題能力有直接助益的實驗教育。

證據 3、傳統的科學教育僵化了反思的能力

心理學家早就指出，反思能力是人類重要的心理機能之一，因此早在二千多年前，孔子就說一日三省吾身，佛陀也要求他的門徒要念念反省，杜威（1933）則是本世紀最早在教育文獻上提到反省概念並主張反省重要性的學者。

反省或反思所使用的方法，就是要自己以開放的心胸（即摒除主觀）、以理性的思考方式和負責任的態度來批判、審察自己過去的所做所為。反省或反思的目的，就是要修正自己以往不妥的想法或行爲。

假定一個人失去反思的能力，他就無法看清自己，更無法修正自己以往不妥的想法或行爲，結果呢？這個人必定會自我膨脹，甚至迷失自我。

從社會的角度來看，反省或反思的目的，就是要修正社會行爲、行政措施等等的缺失。這種反省或反思的主體雖然需要全民參與，但是社會顯達人士，尤其是從政人員的角色，則更重要。

「在一個態度、一個觀念、一個作法 — 賀伯颱風之後的深刻反省」的社論中（中國時報，85年8月4日）揭示，各級政府官員在救災行動中都是「推諉責任」，而且對於災害的檢討，都是重複「災害—檢討—災害—檢討」的紙上作業而已，完全沒有以「認真」的態度去解決問題。果真85年11月12日的焦點新聞（中國時報）再度報導，花蓮又鬧水災，而其原因又是水門沒關，以及沒人值班。這則消息所顯示的是什麼？我認爲是從政人員缺乏「反省」的能力。

台灣去年連續發生「中台禪寺集體剃度事件」、「宋七力事件」、及「妙天事件」等重大案件。其中「中台禪寺集體剃度事件」起因於四十餘名女學生未告知父母而集體出家，在父母規勸還俗的過程中，不斷地發生扭曲父母子女親情的事實，這又顯示什麼？不外乎父母子女都缺少「反省」的能力。

在「宋七力及妙天」的事件中，首先讓我們來分析一下那些所謂的「信眾」（包括高級知識分子），爲什麼願拿出大把的鈔票來供養「宋七力和妙天」？這種行爲除「貪」念外，最重要就是缺乏「理性的分析能力」。最可悲的是，當宋七力公開承認自己沒有法力，一切都是利用科技影相重疊原理，以及分次曝光方法，複製出宋七力顯相的光環及各種顯相鏡頭，無奈他的眾多信徒仍然堅持：宋七力有法力。這種現象充分顯示：台灣很多人（包括高級知識分子）完全沒有反思的能力。「妙天案」也差不多。

證據 4、台灣社會常以非理性的價值觀來處事

全世界的民主國家都有抗爭事件，因此抗爭並不是什麼罪惡，更不必加以譴責，但是當抗爭的手段非理性時，便形成暴力。在85年10月20日的抗爭與暴力一文中（中國時報，南方觀點），特別指出立法院「擁核」與「反

核」團體的暴力對峙，以及伍澤元被收押，其屏東鄉親，甚至台北市政府某位長官，均不問青紅皂白地進行盲目聲援活動，譬如高喊政治迫害、或以下流的三字經罵女性法官（伍澤元已於86年被地方法院判無期徒刑），這種現象充分顯示：台灣社會處理事情的模式，處處充斥著與非理性的抗爭、對峙、甚至暴力有關。

五、科學教育的目標必須重新調整

誠如李遠哲所說（民國85年12月1日中國時報），台灣必須注重本土科技發展，提升產業競爭力，而人民的素質也是競爭力之一，學生應學會做人（道德教育與民主素養），也要注重文史的人文教育，做一個合格的世界公民。爲了達成這個目標，筆者認爲科學教育的目標應該調適爲：

培育學生具有：解決問題的能力、創造能力、反思能力以及理性的價值觀

或許有人會擔心這種沒有以視科學知識爲主要導向的科學教育目標，會嚴重影響我國未來的科學發展，甚至會降低產業競爭力。本文不擬在這方面多做討論或辯解，有興趣者可參閱拙著（江新合，民73年6月；民80年12月）。

科學教育的教學策必須強調：

- (1) 「化育」的的教學策略
- (2) 不二法門的教學策略
- (3) Vee Map 學習理論配合認知衝突的教學策略
- (4) 二元編碼理論

茲討論如下：

「化育」的教學策略

筆者從佛法的研究中，認爲佛陀的「化育」觀念（類似建構主義和終身教育的融合觀念）值得引進，如下：

所謂「化育」，就是因勢引導學生而使學生自身產生孵化與成長的作用，因此這是一種融合了建構主義、因材施教、和終身教育的思想，層次上比「培育」、「教育」的教育理念更高，茲將「化育」、「培育」、和「教育」的教育理念討論如下：

「化育」：

自然界的萬物，均自行在自然中獲取自身所需的水份、陽光、空氣、養份等，並各自進行成長，這就是自然界的化育。這種理念用到教學時，就如前面所說，是一種因勢引導學生而使學生自身產生孵化與成長的作用，代表著教學前完全不事前設定任何目標，只重視每一個學生能自行產生學習的意願、動力、和方法，並能持之以恆，把學習溶入生活中，使之成爲生活的一部份。

因此這是一種融合了建構主義、因材施教、和終身教育的思想。每一位學生經「化育」後，其人生理想都保持原型，進而每一個學生卻都具有實現自我人生理想的能力。這種教學類似讓學生學習如何釣魚，而不供應學生魚吃。

「培育」：

在自然界中，以栽培養育花卉蔬菜為例，必須提供養份、水份、陽光，以及除草、剪枝等必要的人工協助，使栽培的花卉蔬菜成長。這種理念用到教學時，就代表著提供適當的學習資料、及學習方法，以及必要的協助，來幫助學生學習及成長，因此和「化育」相比，「培育」具有部份的計畫性及干預性。因此雖然每一個學生的人生理想都被修飾過，但是每一個學生都具有實現自我人生理想的能力。

「教育」：

依照教學目標及規畫好的教材，依心理學、學習理論等的設計好的教學方法，循序漸進地指導學生進行階段性的學習。因此雖然每一個學生的人生理想都被修飾過，而且每一個學生實現自我人生理想的能力也都被侷限著。

根據以上的說明，可以進一步將「化育」、「培育」、和「教育」，用「教的方式」、「教育的層次」、和教育所需「育的素材」來探討，如圖 4。

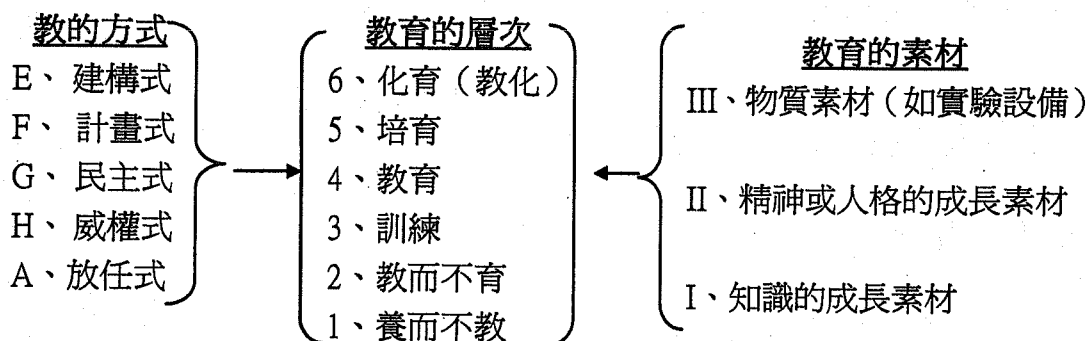


圖 4：影響教和育的可能變因示意圖

圖 4 中顯示，利用左欄「教的方式」中的某一項，和右欄「育的素材」中的某一項、或某二項、或某三項，彼此組合，可以形成中間欄「教育的層次」中某項的內涵，茲舉例說明如下：

「教育的層次」中最高層次的是化育，它是以「育的素材」中的知識、精神、人格、和實驗等素材，配合「教的方式」中的建構式教學策略所結合而成的，即：

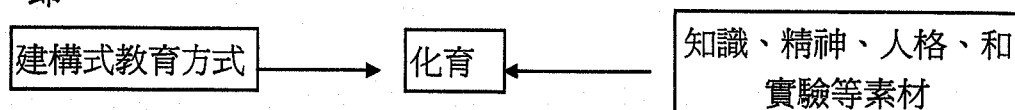


圖 4A：最高層次的是化育示意圖

次高層次是培育，它是以「育的素材」中的知識、精神、人格、和實驗等素材，配合「教的方式」中的計畫式教學策略所結合而成的，即：

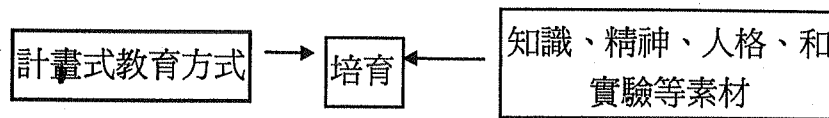


圖 4B：次高層次的是培育示意圖

最差的是目前很多家庭的教育，父母提供「育的素材」中的豐富生活素材，讓孩子有求必應，但卻以「教的方式」中的放任方式來對待不懂事的孩子，終於形成養而不教，即：

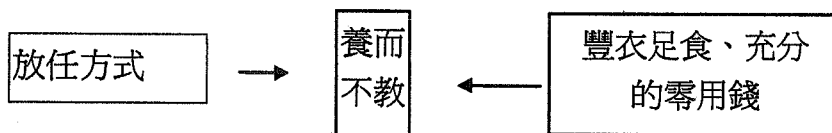


圖 4C：最低層次的養而不教示意圖

這是屬於「養而不教」，這也是目前社會的最大隱憂。目前我國的教育情況又是怎樣呢？幾乎是以「育的素材」中的知識素材為主，配合「教的方式」中的威權方式（升學班專用）或放任方式（也有人稱此為放牛吃草，是放牛班專用）來教學，對於「育的素材」中所列舉的精神教育、人格教育、實驗教育、或解決生活問題的教育均不重視，拼命地灌輸知育，甚至以學生的升學最重要，或以教學時間不夠用，要趕進度等理由來自我合理化，企圖逃避教育良心的譴責，所以才有考試領導教學之歪名。

其次，不二法門的教學策略（含蓋認知衝突的教學策略、二元編碼理論、Vee — MAP 教學策略）也值得引進，說明如下：

（一）不二法門的教學策略

大家都知道，從不同的心識座標（非物理座標）來看同一件事，經常都會獲得不同的結果，那要怎麼來理解它呢？最聰明且最公平的方法就是同時考慮這些不同的結果，不偏不倚將它歸納成完整的資訊來思考和研判。這種思考問題的方法叫做「不二法門」。

佛學中的觀察者常常具有跨越高維度空間的能力，因此有機會從實相法（從物理座標看到物的實體）和從中道法（從心識座標，看到因果的全面實相）來觀察問題，佛學認為從實相法看到的是「事」，而從中道法看到的是「理」，因此建議處理事情時必須兼顧「事通」和「理通」，才能達到「事理圓融」，這種同時不偏不倚地兼顧「事」、「理」的處理方法就是「不二法門」，在現

代語言中雖然不易找到和不二法門完全相等的詞句，倒是有些類似日常生活中的夫妻一體、生命共同體等的觀念，也類似「中庸之道」的觀念，或科學研究中全方位思考的觀念。

「不二法門」或「全方位思考」的例子很多，譬如圖 5 就是詮釋「知」中

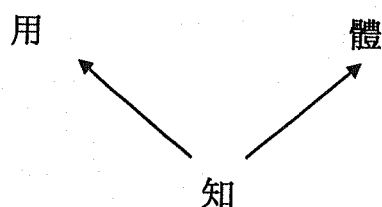


圖 5：知中應同時兼顧「體的知」和「用的知」的不二法門

應同時兼顧「體的知」和「用的知」，這就是「知」的「不二法門」。圖 6 就是詮釋「知識論」中應同時兼顧「知識經驗論」和「知識理性論」，這就是「知識論」的「不二法門」。圖 7 就是詮釋「V 型圖學習理論」中應同時兼顧「科學概念學習」和「科學方法學習」，這就是「V 型圖學習理論」的「不二法門」。可見科學教育中大部分都是應用「不二法門」的思考方式來運作。



圖 6：知識論中應同時兼顧「知識經驗論」和「知識理性論」的不二法門

(二)V 型圖學習理論配合認知衝突的教學策略

圖 8 雖然是在詮釋 V 型圖學習理論中含有科學概念學習和科學方法學習的不二法門，但它也是最值得推廣的教學策略概念圖。它告訴我們，一個事件的學習必須逐步透過圖中所示的箭頭(→)那樣，先從預測、收集初步外顯的資料、再利用眼睛或儀器進行局部性觀觀或整體性觀觀，逐步記錄所有的發現，並形成問題，再問：「為什麼？是什麼？如何證明」，再引導學生思考以前所學過的相關概念，進行問題的解決。之後，再引導學生往更高層次的科學過程能力學習，其學習方法仍然運用科學方法和科學概念交互應用的學習。

在這個科學方法和科學概念交互運用的學習過程中，同時也涵蓋了皮亞傑認知發展理論中最重要「同化→調適→衝突→調適→同化」學習歷程，而引導這個學習歷程的策略就是「問：為什麼？問：是什麼？問：如何證明？」

這種學習具有「化育」學生解決問題的能力，如邏輯思考能力、分析能力、以及反思能力等，並能建立合適的理性價值體系。

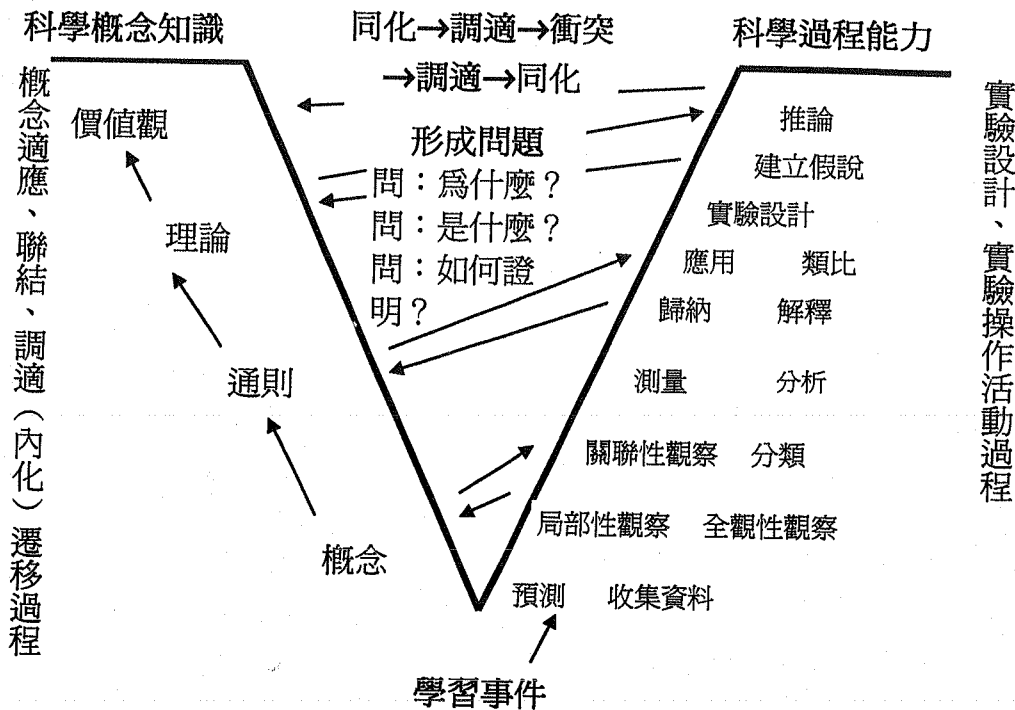


圖 7：V 型圖學習理論中應同時兼顧「科學概念學習和「科學方法學習」的不二法門

(三)二元編碼理論

馬志欽教授利用阿基米得測量一頂不規則體積皇冠純金度的故事，引出人在放鬆狀態會獲得靈感，甚至產生極大的創造力。接著馬教授從現代生理學的觀點，提出人體放鬆後(如散步、靜坐、登山、夢中等)大腦供應左、右腦的血流趨於平衡，使原來過度集中於左腦供應邏輯思考的血流，有一部分得以回流至右腦，以供應感性思維或直覺所需的能量。馬教授進一步主張科學創意思考方法的訓練必須使左右腦互動，亦即平常的教學除注重左腦的邏輯思考外，亦需兼顧右腦的感性思維或直觀思考(科學月刊科技報導)。

不錯，人類的大腦(前腦)的中央有裂溝，由前至後將大腦分為左右兩個大腦半球，左邊部分稱為左腦，負責對講、寫、數字、科學技術、科學理論(如邏輯性思考能力、計算能力、分析能力、...)等的控制。右邊部分稱為右腦，負責對音樂、藝術、空間、模型、洞察力、想像、創造、幻覺、幻像、或直觀思考等的控制。

Paivio 二元編碼理論，可以用圖 8 的架構來解釋左右腦獲得資訊的心智表徵歷程，當融合皮亞傑的「平衡→失衡→平衡」的認知發展理論後，便形成一種相當完整的教學理論。其關係如圖 8 所示。因此若要開發學生的創造力，則在教學上應該要兼顧「語意」與「非語意」兩方面的資訊。這種看法，和馬教授所主張的左右腦互動訓練的構想不謀而合。此外馬教授的另一段話更值得在此引進，如下：

科學知識固然重要，創意思考尤應重視。在左腦邏輯思考與右腦直覺思考的互動下，靈思與創意才能開花結果。

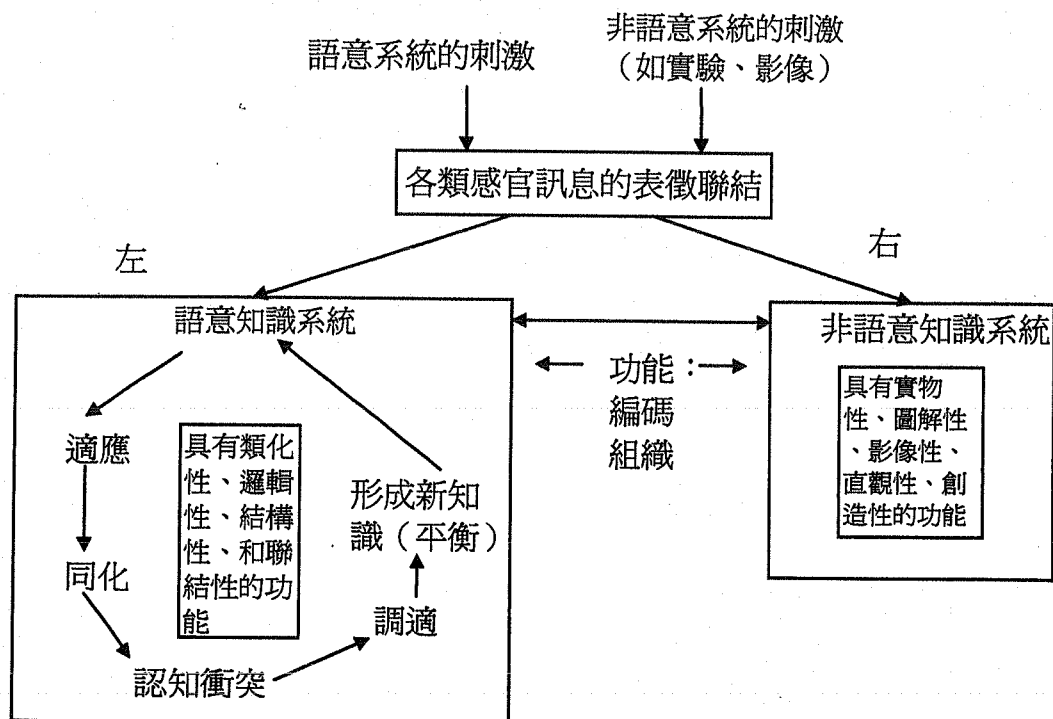


圖 8 融合二元編碼理論和皮亞傑認知發展理論的示意圖

四、結論

總歸而言，在邁向 21 世紀的科學教學中，必須重視解決問題的能力、創造能力、反思能力、以及理性價值體系的培育，唯有如此，才能創造出安定的社會，才能使人民在變遷的社會中具有實現人生理想的能力。

師資問題和教育政策問題，卻是邁向 21 世紀的科學教育成敗的關鍵，必須做有效的處理。由於篇幅關係，不擬再此討論。

五、參考資料

1. 瞿海源 (民 78 年)，社會變遷與未來的教育，*教師天地*，42：33-36。
2. 楊國賜 (民 79 年)，現代教育思潮發展的趨勢，*教師天地雙月刊*，47：5-11。
3. 徐道鄰 (民 64 年)，*行為科學概論*，頁 1-2 頁，友聯出版社，64 年。
4. 江新合 (民 73 年 6 月)，從行為科學和社會學觀點論科學教育的調適和實際，*高雄師院學報*，第十二期，頁 25-25 頁。
5. 江新合 (民 80 年 12 月)，適應社會變遷需求的科學教育理念及實際，*社會變遷與教育發展*，台灣書店印行。
6. 馬志欽 (85/11/15)，談科學創意思考訓練，*科學月刊科技報導*。