

Zeichner, K.M. & Gore, J.M. (1990). Teacher Socialization. In Houston, R.W. (ed) *Handbook of Research on Teacher Education*. N.Y.: Macmillan. pp. 329-348.

Zeichner, K.M. (1980). *Key Process in the Socialization of Student Teachers: limitations and consequences of Oversocialized Conceptions of Teacher Socialization*. A Paper presented at the a Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston.

類比與科學概念的學習

邱美虹

(台灣師大科學教育
研究所副教授)

科學概念與原理的學習常因其具有抽象、微觀的特性，使得學習的過程較為困難且複雜度較高。因此近年來在認知科學中，以類比(analogy)方式來幫助學習遷移與概念形成，被視為有效的學習法則之一。

本文首先對類比的定義與其分類作一介紹，再以實例說明類比的功能，最後探討教師使用類比及其在教學上之影響力，以期有效地幫助學生學習科學概念、原理、及微觀現象。

壹、前言

科學概念的學習一向被視為較其他學科來得困難，原因之一不外是其具有抽象、微觀的特性，使學習科學概念的過程複雜化。而利用類比(analogy)方式產生學習遷移與概念形成，則被視為有效的學習法則之一。尤其在學習較為抽象且屬微觀世界(microworld)的概念與現象時，利用具體、熟悉的模型或實例來說明，可以減少學習上的困難。

十八世紀末著名的物理學家Joseph Priestley (1773~1804) 早已肯定類比對學習有很大的助益。Priestley根據類比的方式提出“Law of Electrical Force”。隨後，法國物理學家Charles Coulomb (庫侖) 以實驗來證實此定律。Priestley當時的想法是在一個空心的星球上，一物體的靜重力應為0，此結果符合數學上的計算—亦即兩物體間的重力與其距離平方成反比。根據此論點Priestley提出電子間的作用力(Electric force)亦與距離的平方成反比。這正是對應於前述的重力(Gravitational force)。Priestley所提出的見解是基於類比推理而得。雖然類比本身並

1993.11
1卷6期
教育研究資訊
頁79~90

不足以證明電力(Electric force)與距離平方成反比，但卻提供其他物理學家以實驗方式去驗證其假設(Rutherford, Holton & Watson, 1975)。

英國物理學家Campbell在他1920年“Physics, the Element”一書中提出以彈球模式來說明氣體動力學並強調類比推理有助於科學的發現、頓悟、及解釋。他認為

類比本身並不是用以“幫助”理論的建立；事實上類比是理論不可或缺的一部分。若沒有類比，理論本身也就失去意義了。一般而言，類比可以導引理論的形成，然而一旦理論形成，類比已完成其目的而可能被遺忘(forgotten)或除去(removed)。如此的說法是完全不正確而可能會構成嚴重的誤導(引自Hesse, 1966)。

歐本海默(Robert Oppenheimer)在其1955年對全美心理學會的邀請講座中也強調類比在科學的進步中是一項強而有力的工具。Minsky在他著名的“The Society of Minds”一書中也曾這麼說過：

我們是如何理解萬事物的呢？我想，就是透過使用一個或數個類比方式——將我們已知的比擬到一些新事物上。

類似上述幾位科學家的說法在科學文獻上並不足以為奇，可見類比在科學理解上扮演不容忽視的角色。基本上，類比在人類思考上是不可或缺的，透過類比才能幫助我們學習新事物，並將過往熟悉的舊知識與新知識連結在一起。本文在此將先介紹一些類比的理論基礎，再以實例來說明其在學習科學概念時的功能，最後探討教學上的配合及其影響。

貳、類比的理論架構

類比的定義與其分類

當類比與隱喻二詞常被交互使用時，類比較常在科學或技學的領域中被使用。而隱喻則較常出現在文學著作中。而類比與範例(examples)在學習過程中雖有相似的目的——即二者皆是使不熟悉的事物、原理成為熟悉的事物或原理。然而不同之處乃是類比是將不熟悉與熟

悉範疇中的部分結構加以明確(explicit)的比較；而範例乃是從熟悉的領域中尋找例子來說明概念的特質(Treagust, Duit, Joslin, Lindauer, 1992)。

一般而言，依類比的性質可分為表面、結構和功能的相似。表面類比通常是屬於較低層次的認知，基本上只探究來源與目標在表面上是否能夠直接對應(mapping)。而結構式的類比，則屬於較高層次的認知行為，其對應關係的產生乃是必須使來源與目標之間基本的原理(underlying principle)、結構、或規則具有相似性。功能性的類比，其強調原物與目標二者之間是以“操作”時的功能為對應的關係。根據Holyoak和Koh(1987)的研究顯示，表面特徵較易捕獲，所以表面類比較常被使用，然而事實上在解題時結構性的特徵類比遠較表面特徵的類比方式要來得重要。

Holyoak和Koh(1987)根據Hesse(1966)和Tversky(1977)的理論，將表面和結構的區別，以其特徵是否會使目的達成，造成因果關係的改變而定。Holyoak(1984)將兩情境之表面特質不同稱之為structure-preserving difference。當表面特徵改變時，其所獲得的結果並不受影響。相反的，若是結構上的不同(包含與結構相抵觸)，則會改變兩情境的因果關係。在此原則下，Holyoak和Koh以兩情境的因果關係來說明表面和結構特徵之不同，此與Gentner(1983)以語法分析的類比大異其趣。

Gentner(1983)曾提出一個類比理論——結構對應理論(structure-mapping theory)。此結構對應理論，解釋的法則可歸類為隱含法則，用以對應原物與目標間的關係。其對應的原理有二：(1)物體間的關係而非物體的屬性，(2)依系統化的對應關係而定或稱為高階關係的存在(existence of higher-order relations)。基本上它們的區別乃以知識表徵的語法特性為主，而非以內容為主。透過此理論架構，吾人得以將類比與文字相似的陳述、抽象物及其他比較加以明確區別。

在對應的過程中，吾人可將原有的知識結構、概念、或情境，和新的知識結構、概念、或情境各視為一個表徵系統，透過上述(表面、結構、功能)的對應關係，以尋求理解概念和解題策略的途徑。若二者的類似性愈高(也就是較多的共同屬性)，則對有效學習的助益也愈大。嚴格說來，Glynn(1991)認為類比乃是一種過程，用以確認不同概念間的相似處。圖一乃是一綜合性的圖示法以說明類比關係(Glynn, 1991)。



圖一 類比的抽象表徵

類比與目標乃隸屬於同一高階的概念、原理、公式之下。

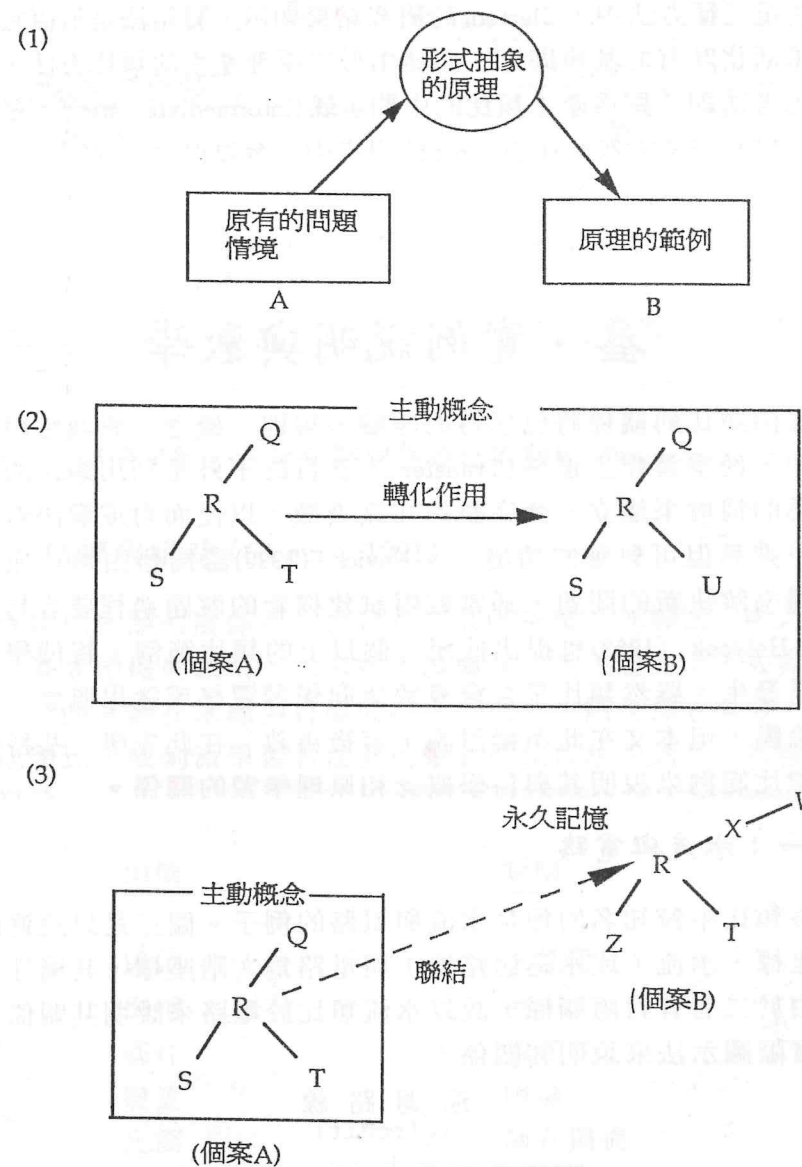
產生類比的方式

根據 Clement (1988)產生類比的方式有 3 種：

(1)從正式的原理中產生。此法乃是透過對原問題狀態 A 的理解領悟到其可能是已有的公式或原理的範例之一而產生類比（如圖二-(1)）。然後類比 B 才被提取或產生，成為原理的第二個範例。

(2)經由轉化作用產生。此法乃是經由修正原情境 A 而產生一個類比 B。在此法中則不涉及(1)法所提的形式原理或公式。此法的基本假說乃是在強調學習者本身對問題情境 A 做內部表徵的轉換，然後經過加以修正後成為情境 B 的表徵（如圖二-(2)）。有些複雜的情況則是經由第一個類比而觸發另一個想法，因而產生第二個類比。因此類比的產生若經由轉化作用，則其過程包含有動態的想像。

(3)經由聯結產生。與前述(2)法不同的是，此法 B 是在記憶中回想二個類似的情況 B 來說明 A，而非將 A 轉換成 B。這種方法所得的類比可能會與原來的問題在許多方面不盡相同，但主要的一些通性仍存在。這說明了一個存在永久記憶中的 B 基模(schema)被其與原問題的相關鍵所激發而活化(activated)。而不似在(2)中所提一個類比的形成是由暫時記憶（或工作記憶）中經由轉換 A 而得。



圖二：類比產生的過程。(1)經由形式原理產生：A 活化抽象原理 P，然後產生或提取類比個案 B 作為 P 的第二個例子。(2)經由轉化作用產生：透過轉化將原問題表徵的一些特質改變，但主要的因子在 A 與 B 中仍然相同。(3)經由聯結產生：基模在永久記憶中被活化後聯結，使得 A 與 B 大部分的成份會不相同 (Clement, 1988, p.574)。

在這三種方法中，Clement的研究結果顯示，聯結法是最直接的，因其只須活化既有的基模即可。而經由形式原理產生的類比方法，可視為以「思考法則」做為產生類比的中間步驟(intermediate step)，是三法中最形式化的方法。然而在Clement的研究中卻發現很少人使用此法。雖然聯結法是使用類比的首步，也是創造力的泉源，然而Clement發現有較多的類比是經由轉化過程而得，或許轉化作用也是不容忽視的一環。

叁、實例說明與教學

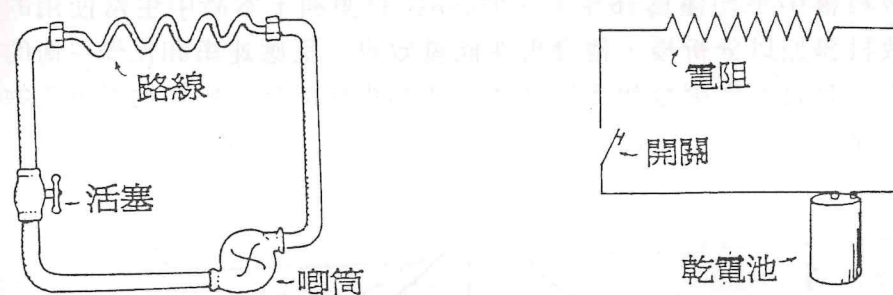
經由類比的關係將已學得的經驗、規則、概念、原理應用在新的情境中，使學習產生遷移(Transfer)，其目的不外是利用類比的方式以較熟悉的情境來建立一套完整的知識表徵，以便面對或解決新的問題(較不熟悉但可對應的情境)。Novick (1990)認為藉由類比原已熟悉的問題來解決新的問題，通常較嚐試建構新的解題過程要容易多了。Gick和Holyoak (1983)也提出使用一個以上的類比範例，將使學習遷移更容易發生。雖然類比是否會導致負向學習遷移或迷思概念，也是爭議的論點，但本文在此不擬討論，容後再敘。在此先舉一些科學學習上的類比範例來說明其與科學概念和原理學習的關係。

類比一：水流與電路

在類比中較知名的便是水流與電路的例子。圖三是以巡迴路線為高階座標，水流(或水巡迴路線)與電路為次階座標，其屬性分列如下。由於二者有對應關係，故以水流類比於電路來說明其關係。圖四是以實際圖示法來說明其關係。



圖三 水流與電路的類比關係 (Glynn, 1991)



圖四 一個簡單的水力巡迴路線與電路的類比 (Hewitt, 1987)

類比二：相機與眼睛 (Glynn, 1991)

有時類比對應的關係不一定存在有高階座標(如類比一中之巡迴路線)。譬如相機與眼睛，二者並不隸屬同一大主題之下，故與類比一不同。然而其能在來源與目標間尋求而得一上階座標的概念，對於思考其他類比，或刺激學習者使其所學通則化或應用到其他情境上有很大的幫助。

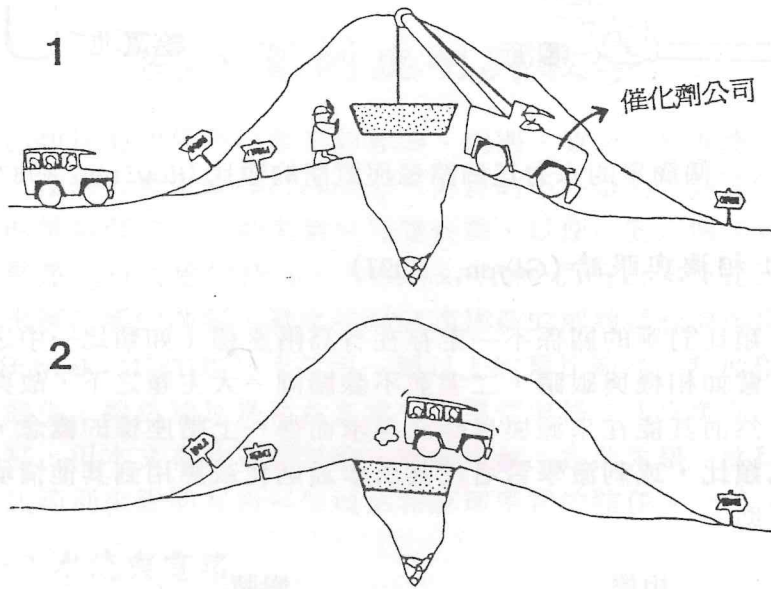
相機	眼睛
鏡頭	水晶體
倒相	倒相
底片	視網膜
鏡蓋	眼臉
光圈	瞳孔擴張

類比三：催化劑的用途

圖五為繪圖類比例子之一。Thiele和Treagust (1991)認為在化學教育中使用圖型或繪圖方式來表現類比關係是最有效的方法，此法可以使低成就或具體思考者較易學習抽象的概念與原理。Duit (1990)也認為利用圖示法可以使學習者對類比更加熟悉。

根據Curtis和Reigeluth (1984)對高中科學教科書中的類比研究顯示，

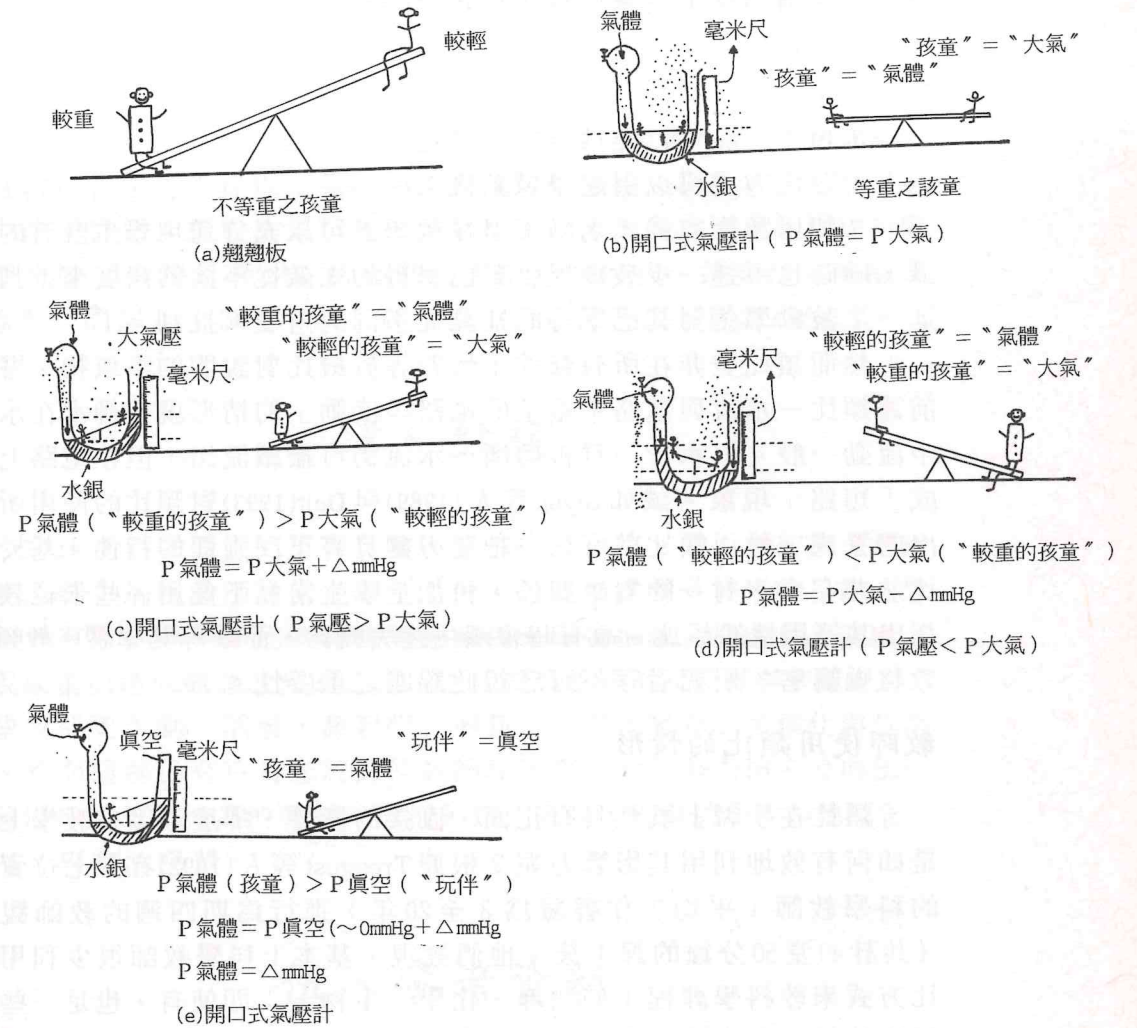
在 216 個類比中有高達 29% 為繪圖一敘述 (pictorial-verbal) 類比 (一般科學教科書中平均僅為 16%)。Thiele 在對澳洲十本高中生常使用的化學教科書加以分析後，他發現在能量效應、反應速率和化學平衡的單元中，有 71% 為圖型類比。這些研究都指出圖型式的類比對抽象的概念與原理的學習，有助於原習者產生具體可比擬的心像。



圖五 催化劑乃是提供反應另一途徑
(Hunter, Simpson, Stranks, 1981)

類比四：翹翹板與壓力計

與類比三相似，此類比是利用圖型方式——兒童遊戲時的翹翹板來說明如何利用開口或閉口式的壓力計來測量氣體的壓力 (如圖六(a) - (e))。Garde 發現學生在學習過翹翹板的類比例子之後，大約有 90% 的學生可以正確的解決有開口、閉口式壓力計的問題。同時許多學生也能以正確的圖型方式來幫助他們透視問題所呈現的情境，以利解題。這種透過類比在學習中形成一可資利用的心智模式 (mental model)，不僅對知識、原理的理解有具體的助益外，也能進一步應用至解決問題情境上。



圖六 翹翹板與壓力計的類比

綜上所述，我們不難看出類比可以不同方式呈現，也可以不同層次的對應關係來達其目的，以利學習。Duit (1991)對類比有助於概念的建構性學習提出下列五點看法：

1. 利用類比可以對事物產生新的觀點；
2. 可透過類比與真實世界的相似性而使得抽象的事物或原理較易被理解；
3. 類比可能可以使抽象的具體化；
4. 類比方式可以引起學習動機；
5. 利用類比方式，老師不但在教學上可以充分運用學生既有的知識，同時也可進一步鼓勵學生對已學得的知識從不同的角度來批判。進一步鼓勵學生對其已學得的知識從不同的角度來批判。

然而類比並非在所有條件下皆對等於擬比對說明的事或物。譬如前述類比—水流與電路中電子的電路「流動」的情形就彷彿水在水管中流動一般。但水管一旦被剪斷，水流仍可繼續流出，但在電路上已成「短路」現象。誠如 Glynn 等人 (1989) 與 Duit (1993) 對類比的使用所提出的警戒一般：類比就好比一把雙刃劍具有正反兩面的特性。基於類比並非完全一對一的對應關係，再加上學生常私下使用一些未經教師指出其適用性的類比，故有時會產生迷失概念，而誤導其學習。教師、教材編寫者、研究者等不可忽視此課題之重要性。

教師使用類比的情形

類比在學習上既然具有正面、直接的影響，那麼教師在教學上又是如何有效地利用其影響力呢？根據 Treagust 等人 (1992) 在對七位資深的科學教師（平均工作經驗為 8 至 20 年）進行為期四週的教師觀察（共計 40 堂 50 分鐘的課）後，他們發現，基本上科學教師很少利用類比方式來教科學課程（如物理、化學、生物）；即使有，也是一些簡單的比較，並未充分利用類比作為教學的工具之一，並對類比的適用性與其限制加以說明。Treagust 等人同時也指出許多科學知識從小學高年級起便逐漸進入抽象不易觀察的概念或原理，然而這些概念或原理仍是以記憶方式來教授，從建構的角度來看，除了未考慮學生既有的知識外，也未將學生視為主動建構的過程的主導者。

Thiele 和 Treagust (1993) 在觀察與晤談四位化學教師的教學後也指出，教師所使用的類比大都來自他們本身專業閱讀的內容或個人經驗（如使用有類比的化學課程資料或與化學相關的教學媒體）。一般教

師所使用的類比都未經事前的安排與設計。大部分類比的使用是依學生上課表現疑惑時而隨機應變。一般而言，教師在使用類比說明時，是針對低成就學生的學習反應而適時給予具體實例的解說。此結果與 Friedal, Gabel 和 Samuel 的研究結果……類比較有利於低形式推理能力學生的學習，有異曲同工之效。

綜上所述，教師對類比瞭解的程度及對類比的使用與類比對學習的影響皆局限於個人的體認。教師除了對類比的影響，沒有深入瞭解，而且教科書中也未提供足夠的類比資訊以利教學。因此教師在教學過程中除了靠個人經驗的累積外，很難從其他來源提供適當的類比來幫助學生學習與課堂教學。因此教科書中應如何有「選擇性」的融入「適當」的類比，以利「教」與「學」乃是值得深入探討的問題。

肆、結語

類比在科學概念的學習有其不容忽視的地位。然而如前述「類比如雙刃劍」端視教師如何在課堂上使用類比來達到其教學的目的，學生如何有效地運用類比的特殊對應關係來學習抽象、微觀世界的概念或現象進而達成概念改變的目的。透過對問題的不同詮釋與表現方式，教學或能更生動，活潑，激起學習興趣；學習也將更具多樣化與生活化。然而這些仍有待有志於此的教師和研究者共同努力研究發展出一套適用性和可靠性高的教材，以推動類比教學，來幫助學生科學概念、原理、現象的學習。

伍、參考資料

- Clement, J. (1988). Observed methods for generating analogies in scientific problem solving, *Cognitive Science*, 12, 563-586.
- Curtis, R. V., & Reigeluth, C.M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy.

- Cognitive Science*,7,155-179.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer, *Cognitive psychology*,15,1-38.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. M. Glynn, Yeany, R. H., & Britton, B. K. (Eds.), *The psychology of learning science*,219-240.
- Hesse, M.B. (1966). *Models and analogies in science*. Notre Dame, IN: Notre Dame University Press.
- Hewitt, P. G. (1987). *Conceptual physics*, Menlo Park, CA: Addison-Wesley.
- Holyoak K. J. (1984). Analogical thinking and human intelligence. In R. J. Sternberg(Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*(Vol.2). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Holyoak K. J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer, *Memory and Cognition*,15,4,332-340.
- Hunter, R. J., Simpson, P. G., & Stranks, D. R. (1981). *Chemical Science*. Marrickville, NSW: Science Press.
- Novick, L.R.(1990). Representational transfer in problem solving, *Psychological Science*,1,2,128-132.
- Thiele, R. B. & Treagust, D. F. (1991). Using analogies in secondary chemistry teaching. *The Australian Science Teachers Journal*,37(2),10-14.
- Thiele, R. B. & Treagust, D. F. (1993, April). An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Atlanta.
- Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., & I. Lindauer (1992). Science teachers' use of analogies: Observations from classroom practice, *International Journal of Science Education*,14,4,413-422.
- Tversky, A. (1977). Features of similarity. *Psychological Review*,84,327-352.

大學聯考對大學教育的影響

林文瑛 · 楊國樞

(輔大應用心理系副教授 · 台大心理系教授)

本研究包括兩大部份：首先，三位研究者及專家學者經多次座談討論，擬出大學教育之教學目標。其次，根據所擬定之大學目標，設計調查問卷，收集資料，探討大學聯考對大學教育的影響。

資料分析結果如下：

- 一、在十大項大學教學目標中，大學生認為增進自我了解、培養做事能力及學習與人相處、學會求知方法等項最為重要。
 - 二、絕大部份受訪教授與學生認為大學聯考可以刪除一些不必要的科目（如三民主義）；應改進出題技術；考核項目與方式更應多元化與彈性化。
 - 三、由於大學聯考的競爭激烈，只評量學習成果，重視標準答案，使大學生較依賴外發性學習動機，學習態度被動、消極，學習習慣則為「解題傾向」；重視答題技巧，而忽視思辨及分析過程，且創造力薄弱；對社團活動較偏向康樂取向。
- 最後，針對大學聯考對大學教育的不利影響，提出了改進建議。

壹、緒論

自1954年以來，大學聯考已經實行了大約卅七年，儼然成為中華民國教育的一項重要特色。大學聯考具有相當的公平性與開放性，使各種社會背景的青年都有透過公平競爭而接受高等教育的機會，長期以來對台灣內部各個階層間的社會流動(social mobility)產生了良好的影