
以建模與認知師徒制開發新興科技融入高中課程之教學研究

～ 台北市建國高級中學高瞻計畫之總計畫～

吳武雄¹ 蔡哲銘^{1*} 邱美虹² 常月如¹ 葉昭松¹

¹臺北市立建國高級中學

²國立臺灣師範大學 科學教育研究所

【轉載自：中華民國第二十四屆科學教育學術研討會 論文發表】

摘 要

本研究擬以「建模」及「認知師徒制」為課程發展主軸，開發將新興科技融入至高中階段的創新課程。由於新興科技發展的理論及相關應用範圍涵蓋高中各學科。因此在課程的發展上，由各學科針對其專業領域進行規劃，提供學生從多元的角度瞭解新興科技發展的現況。在課程的設計上，本研究依據認知師徒制的精神，在教學順序及教學方法上，透過「示範」、「訓練」、「鷹架」、「闡明」、「反思」和「探索」等步驟規劃教師教學的策略。而在教材的發展及師生教學活動的安排上，以培養學生「建模」的能力，作為課程的主要目標。本研究也建立大學與高中合作開發課程的參考模式。在國科會高瞻計畫的支持下，由臺北市立建國高級中學教師發展課程，臺灣師範大學科學教育所建立評鑑系統。大學端藉由參與式評鑑，一方面幫助高中端課程研發教師學習成長；一方面監控高中端課程研發的結果與效能。讓大學與高中在緊密合作下，共同開發創新課程。

關鍵字：建模、高瞻計畫、認知師徒制

壹、研究背景

國科會於民國 95 年推動高中職科學與科技課程研究發展實驗計畫（高瞻計畫），強調新興科技的融入與主動探究學習課程研發實驗。由高中教師規劃執行創新教學課程，並邀請大學或學術機構協助評鑑，其目的在培養高中職學生能以創新

思維面對未來「知識型社會」。

本校教師認同國科會理念，提出「以建模與認知師徒制開發新興科技融入高中課程之教學研究」的整合型研究計畫通過申請。其中包含以下五個子計畫：

「子計畫一：數學建模課程之開發」：計畫目的在開發學生解決問題的能力，奠定其研究相關新科技的基礎，拓展其實際生活的接觸面；同時提升教師設計課程的

* 為本文通訊作者

專業知能，並提供他校教師，作為開發與實施數學新課程的參考。

「子計畫二：探索式化學實驗課程之開發」：計畫目的在開發一種創新的化學實驗課程，以認知師徒制的方法，發展探索式化學實驗課程（Krajcik, Czerniak, & Berger, 1999），研究學生在化學實驗能力方面的建模（modeling）過程。初期先以寒假營預試教材，續以透過全校性的化學專題選修課程，以新興的化學科技為主要內容，除加強實驗能力外，更期望學生在化學實驗探索的過程，體會從事基礎科學研究的樂趣與建立模型的能力；教師在研究與執行新的實驗課程時，建立創新的教學模式（teaching model），並將此研究成果推廣至他校，作為實施與設計新化學課程的參考。

「子計畫四：『後人類社會』的探究與批判—攸關人體、生命課題的新興科技之 STS 課程發展」：計畫規劃從人文社會取向探索科技或科學的課題。透過認知師徒制課程設計啟發學生主動探索的能力，及早奠立科技與人文素養的豐碩基礎。讓高中校園裡頭的學生以及不同學科領域的教師，都能發展出更為妥適、寬廣的思維能力。

「子計畫五：創新程式設計課程與教學模式之研發」：計畫選用新興的程式開發環境 Alice 做為教學工具，Alice 為一 3D 動畫程式設計環境，藉由其視覺化與便於使用的特性，期能有效提升學生的學習興趣並降低學習的挫折感，而為能使教學成效進一步提升，本研究亦將融入認知師徒

制與建模的概念，對傳統程式設計教學方法進行改良，認知師徒制的六階段教學方法：示範、訓練、鷹架、闡明、反思、探索，進行程式設計課程之教學活動設計。

「子計畫六：建國高中高瞻計畫課程評鑑之研究」：計畫目標為建立評鑑系統，以評鑑整體計畫為主，一方面「監控成果及效能」：透過評鑑協助教師反思其專業能力提昇情形、監控課程建構的效能與學生認知及學習態度改變情形；另一方面是「幫助組織學習成長」：藉由參與式評鑑，提供整體架構及重要準則，幫助教師及相關人員成長，讓評鑑回到「幫助組織學習成長」的本位，為讓評鑑結果更被廣泛使用，利用架設課程與教學評鑑網站，隨時提供教師動態立即回饋資訊。

其中子計畫一至五將各自發展課程，分別由本校各科教師擔任計畫主持人。子計畫六將評鑑各子計畫之成效，由本校邀請國立臺灣師範大學科學教育研究所邱美虹教授擔任計畫主持人。各子計畫之間有縱向共同主軸，以及橫向合作關係。就縱向共同主軸而言，各子計畫的共同核心概念，以建模和認知師徒制為主，並搭配新興科技和問題解決（或探究）以建立課程。就橫向合作而言，各子計畫間也可進行合作及成果交流。

貳、理論基礎

一、模型與建模

「模型」泛指某個對象的樣本或與原型具有一定相似結構的系統（吳明珠，

2007)，根據 Gilbert 等人（2000）的觀點指出，在科學發展的過程中，模型在理論的建立與實驗的檢驗中扮演重要的角色。

在科學學習中，為了發揮模型的功能，發展建立模型（modelling, 簡稱建模）的能力是必要的（邱美虹, 2007）。Gilbert (1991)認為模型的建構是一種較為進階的過程技能，發展此能力是科學素養的一部分，且可使學生了解知識是人們所建構的。Halloun（1996）和 Hestenes（1995）則從問題解決的角度認為建模歷程是一個相當複雜的歷程，包括許多活動和技能，如確認問題、模型選擇、模型建構、模型效化、模型分析、模型調度、以及模型運用。邱美虹（2007）認為歷程可再包含模型的再發展或再建構。本研究採取此歷程作為教材發展的架構，同時亦採取此歷程為標準檢驗已開發的教材內容。

二、認知師徒制

在學校教育出現之前，傳統的師徒制是最普遍的學習方式。其學習環境即為工作的環境，且師傅所教導的知識與技巧即為其工作上所需實際應用的知識。透過師傅的訓練與教導，學徒逐漸成為師傅。然而此一學習方式，教學的內容與方法因人而異，並未系統化與結構化，學徒學習到的可能是片段的知識技能，難以瞭解知識與技能的全貌。加以師傅在教學的過程中居於主導地位，學徒對於師傅所教的內容必須全盤接受，遇有不明瞭之處不敢反應，需透過自己摸索，教學效果有其限制。

而現今的學校教育雖以系統化的方式安排學生的學習，但是許多知識在學習

和使用時，卻是相互分離、獨立。Brown, Collins & Duguid (1989)認為現今探討的學習活動應是具有發展性和開展性的完整系統，包括內容知識、程序知識、策略知識、後設認知知識，應是在一個在情境脈絡中學習知識和使用知識的完整活動（引自陳木金，1995）。

近代認知心理學發展，認為我們習得的知識是在社會情境脈絡和互動過程中所形成。Brown, Collins & Duguid (1989)提出認知師徒制的教學模式，將傳統的師徒制與近代的認知論結合，保存傳統師徒制師生的教學方式與精神，但是更著重在思考能力的學習與訓練，擴大傳統師徒制的效果。

認知師徒制保留了傳統師徒制強調「真實情境學習」與「實務經驗獲得」的特性。在「真實情境學習」方面：認知師徒制強調知識應在真實的環境中學習，為了落實情境學習的理念，對於應情境化的學習環境安排尤應重視（李賢哲、吳信輝和樊琳，2007）；而在「實務經驗獲得」方面：認知師徒制在教學上與傳統師徒制擁有三個共同的步驟：「示範」、「訓練」及「鷹架」。然而認知師徒制更重視學習者的認知層面省思與探索歷程，增加了後續「闡明」、「反思」和「探索」三個步驟，以求透過學習者的主動思考與探究，發展出新的知識、態度、行為和技能，以因應新的社會脈絡情境之需求。

本研究以「示範」、「訓練」、「鷹架」、「闡明」、「反思」、和「探索」等六個步驟安排教師教學的策略及教學的順序，同時重視情境化的學習環境安排。透過討論生

活中實際發生的議題，或解決生活中實際面臨的問題，期使學生在學習之後，有能力透過思考的過程，將所學習到的知識和技能應用在現實的生活環境中。

參、研究對象、方法與進行步驟

本整合型計劃的各子計畫實施對象、方法、即進行的步驟亦各不相同，以下簡要說明實施的狀況。

研究對象：本研究以臺北市立建國高級中學為課程實驗場域，課程實施於高中一、二年級學生。自 2007 年 2 月起構想及規劃；2007 年 8 月後開始進行課程研發及提升教師專業發展，目前（2008 年 8 月迄今）「子計畫一：數學建模課程之開發」及「子計畫二：探索式化學實驗課程之開發」於高二開設選修課程，參與對象共 40 名學生；「子計畫四：『後人類社會』的探究與批判—攸關人體、生命課題的新興科技之 STS 課程發展』處於課程研發階段並預計於 2008 年 12 月開始實施課程，利用高一、高二班級進行背景資料蒐集及課程預試；「子計畫五：創新程式設計課程與教學模式之研發」於高一電腦課程中實施，參與學生人數約 120 人；「子計畫六：建國中學高瞻計畫課程評鑑之研究」計劃包含評鑑教師專業成長以及新課程的發展，因此在教師專業成長方面，研究對象為參與子計畫一至五的所有教師，包括數學、化學、生物、歷史、物理及資訊教師；而在課程的評鑑方面，研究對象將包括與整體計畫相關的教師、行政人員以及選修新課程的學生。

研究方法：本計畫定期召開專家諮詢

會議，並舉辦工作坊介紹「認知師徒制」、「建模」及「課程評量工具研發」等主題，促進本研究參與教師之專業知能發展，並於發展及實施過程中，包含設計教學前、後測的紙筆問卷，採用質、量兼併研究方法，蒐集量化與質化（如晤談、討論、會議的錄音及錄影）的資料以瞭解教師專業成長情形、學生表現、以及課程發展與實施的情形。作為學生學習成效的比較。

進行步驟：本研究計畫自 96 年度開始實施，96~97 年為課程研發及教師專業發展階段；97~98 年為課程實施階段 I，98~99 年為課程實施階段 II、成效評估及成果推廣階段。

肆、結果

本研究為提升參與教師之專業知能及研究成效，已辦理 6 次建模與認知師徒制工作坊與專家諮詢、專家審查會議；並建立線上教學資源中心—建中高瞻網站 <http://210.71.78.52/ckscope/>，提供各子計畫記錄研究歷程、整合資源及交流的平台；同時推動各子計畫進行課程研發，結合總計畫主軸「建模」與「認知師徒制」概念，尋求各領域專業師資一同發展，目前已完成課程設計部分如下：

「子計畫一」共研發 12 個數學建模課程單元及 8 個數學建模問題，期能以數學方式有效解決生活相關之議題，如「監視器問題」、「船深問題」等，並於 96 學年度期末成果發表時，鼓勵參與學生以英文進行成果介紹；後續則將結合高中數學課程，發展多項式、指數對數等主題之建模課程。

「子計畫二」以探索式化學為主軸，

已完成「錯合物」、「電化學與奈米粒子」二實驗主題，並分別針對教師及學生使用者設計兩套實驗手冊，並於 2007 年 2 月辦理化學營實際試作並作為課程調整修訂依據。子計畫一與子計畫二均於 97 年 8 月起於校內選修課程實施，目前參與計畫課程學生共約 40 名。

「子計畫四」以生物結合人文社會議題，發展「克隆人」、「幹細胞」等相關課程，後續將再以「遺傳工程」、「仿生科技」與「美容整型」等議題發展課程，促使學生於尖端科技發展的同時，回頭檢視這些與人類切身相關的倫理議題。子計畫五則引入 Alice 程式語言，以 3D 動畫方式進行程式設計教學，將原本生硬的程式語言結合 Alice 圖像介面讓學生於學習過程中同樣建立程式語言語法及結構等概念，進而延伸運至傳統程式語言，目前已完成 7 個單元，如「運算式、變數與內建函數」、「程式的設計與完成」、「選擇結構一（邏輯運算）」及「選擇結構一（關係運算）」等，後續將探討以 Alice 為先導組織對於程式語言教學的影響。

「子計畫六」自計畫構想階段起，即開始訪談校長及各子計畫負責人，以釐清各子計畫的目標及需求，並建立共識。目前已訪談 8 位行政人員及所有參與計畫教師。在資料蒐集方面，子計畫六成員參與下列活動並進行資料蒐集：包括進行教師訪談、教師問卷、教室觀察、評鑑成員參與總計畫及各子計畫討論會。其中教室觀察，目前已有子計畫一、子計畫二及子計畫五等三個子計畫。子計畫四待課程實施後進行教室觀察。子計畫六亦建置網

站、評鑑資料庫，相關資料並進行分析以瞭解計畫實施成效。另外子計畫六同時協助總計畫辦理教師專業成長工作坊及進行專家外部評鑑，協助提升參與教師專業知能，也引進外部專家的意見供各子計畫參考，以提升計畫執行成效。

總計畫亦規劃辦理評量工具知能工作坊，在課程逐步研發及實施過程中，提升計畫參與教師設計評量工具知能，確實掌握本計畫研發課程之信效度，以利後續課程推廣之可行性。

伍、結論

Grosslight 等人（1991）的研究發現，學生在一般的教學之後仍無法發展建模的概念，除非教師可在教學活動中特別強調建模的觀念。然而 Van Driel 和 Verloop（2000, 2002）的研究指出，教師關於學生在模型和建模的知識非常有限，並且無法非常好的整合在他們教學活動的經驗裡。

根據邱美虹等人（2007）研究指出，科學教學中除應強調培養學生發展科學活動應有的建模能力外，並應透過活動與教學的設計讓學生了解建模過程中所包含的組成成分的重要性，更重要的是教師對模型的認識是師資培育中不可或缺的。

本研究團隊針對發展學生建模能力的教學內容設計研發課程，同時透過辦理研習及工作坊提供參與研發的教師團隊發展與模型及建模方面相關的教學知能。目前多數子計畫已完成課程的研發進入課程實施階段，未來將多元的收集歷程資料並加以分析探討，討論學生在課程實施前後對於模型概念的差異，建模能力的改變情形，以及學生

在建模能力增加之後，相關的科學素養及能力是否有相對應的提升，能否與學者研究的結果相互呼應等各項議題。

而認知師徒制的概念則是提供本研究團隊以更符合教學理念的方式進行教學活動的安排。讓教師得以從教學內容、教學順序、學習環境、教學方面等面向，再次審視各項教學的安排。期能透過認知師徒制教學方式提供較佳學習品質，協助學生學習中各領域複雜的知識與技能。

陸、致謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會經費補助 (NSC 96-2514-S-640-001 -GJ)，邱美虹教授、周金城教授團隊以及各子計畫共同主持教授張幼賢教授、蔡蘊明教授、張永達教授、林美娟教授為研究提供的各項指導與協助，本校參與本計畫研究的所有同仁的投入與付出，在此一併致謝。

柒、參考文獻

吳明珠 (2007)。科學模型本質剖析：認識論面向初探。中華民國第二十三屆科學教育學術研討會，國立高雄師範大學。

李賢哲、吳信輝和樊琳 (2007)。以奈米科技教學初探學生建模能力知發展。中華民國第二十三屆科學

教育學術研討會，國立高雄師範大學。

邱美虹 (2007)。模型與建模能力之理論架構與研究工具之開發。中華民國第二十三屆科學教育學術研討會，國立高雄師範大學。

陳木金 (1995)。教與學的另一種原理：認知師徒制。教育研究雙月刊，45，46-53。

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Research*, 18(1), 32-42.

Gilbert, J. K. (1993, Ed.). *Models and Modeling in Science Education*. Hartfield Herts, UK: Association for Science Education.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799 – 822.

Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019 – 1041.

Hestenes, D. (1996). Modeling methodology for physics teachers. *Proceedings of the International Conference on Undergraduation Physics Education*. College Park, August.

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science Education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255–1272.

【轉載說明】

臺北市建國高級中學高瞻計畫在國科會的支持下已進入第二年，在執行計畫老師的努力下，去年(2008)總計畫及各子計畫主持人以論文集的方式於中華民國第二十四屆科學教育學術研討會上進行口頭發表，獲得很大的迴響，因此將該計畫的初步研究結果以轉載方式與同好分享。