

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫名稱：建構國中物理網路化教學環境之研究 - 子計畫二：國中物理網路教學策略與學習型態之研究

計畫編號：NSC 88-2520-S-032-008

執行期限：88 年 4 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：朱惠芳

執行機關：淡江大學教育學程組

## 一、中文摘要

網際網路的應用已日漸普及，網路可連結各地的人們，以進行同步或非同步之溝通。一般教學活動係經由老師與學生面對面的方式進行，然而透過網路科技，不但能夠打破時空的疆界，更可運用網路豐富資源，或集結散佈世界各地的學者專家、教師、學生形成一個網路學習社群共同討論一學習主題。

隨著資訊科技運用於教學的快速研發，教師的角色須由傳統的講述者 (lecturer)，轉變為學習的引導者 (facilitator)。教師可與學生共同搜尋全球網路的相關資源，瞭解網路科技的豐碩內涵。教師需要調適資訊科技對教學的衝擊，學習如何連結資訊科技與各類教學活動，包括課程的調整，教學方法的改變，教學策略的選擇，以及加強相關資訊科技知能。

本計畫針對中學理化教學中，教師認為課堂教學不易講解的主題，或學生易產生另有概念 (Alternative Conception) 的學習主題，設計適合於網路教學的教學策略 (Web-based Teaching Strategies) 與學習模式 (Learning Models)，例如問題導向教學 (Problem-Directed Instruction)、小組合作學習 (Cooperative Learning)、引導發現式教學 (Guided-Discovery Instruction) 等以協助教師引導學生進行概念的學習 (Conceptual Learning)。

本計畫與另兩個子計畫「中學物理網路課程之發展與研究」、「中學物理網路學

習環境之發展與評鑑」共同採用 CIPP 評鑑模式以循環式的評鑑網路教學活動的設計與教室教學、師生互動等，此外並分析探討大學研究人員與中學教師的互動模式，和中學教師在面對創新措施時的感覺與想法。

**關鍵詞：**概念改變、網路教學、概念學習、問題導向教學、小組合作學習、引導發現式教學

## Abstract

Most secondary science teachers need to face the big challenge to merge computers into their instruction. Some teachers don't understand the nature of physics and chemistry, so that they can't explain clearly about the formula, ex,  $F=ma$ . Instead, students take the physics and chemistry classes as the math class because they only focus on the calculation.

Some science teachers had the alternative conception as the students did. The research showed the conceptual change of teachers and students are very hard.

In order to let teachers' instruction and students' learning be more effective and deeply, the web-based instruction can be well designed by the advantage and features

of WWW.

This study will design appropriate instructional modules with suitable teaching strategies, for example, problem-directed instruction, cooperative learning, guided-discovery instruction, to clarify conceptual learning in secondary science classes.

The study will use CIPP model to evaluate the process of research. This study will develop science modules for the secondary science. Besides, the researcher will try to analyze the interaction and get the cooperation model between university researchers and secondary teachers.

**Keywords:** Conceptual Learning, Problem-Directed Instruction, Cooperative Learning, Guided-Discovery Instruction, Web-based Instruction

## 二、緣由與目的

對多數中學教師而言，網路教學是對其專業知能與教學方式的一大衝擊，且部份理化教師習於將理化中描述物體特性等的公式（如物體運動公式  $F=ma$ ），視為數學的代數練習，無法了解其真正之理化科學涵蘊。研究顯示，許多科學教師具有與學生類似的另有概念架構（Alternative Conception），要改變教師的另有概念與改變學生的另有概念一樣困難（Gunstone & Northfield, 1986）。有些理化教師未引導學生將零散的理化知識整合成一系統，並應用於日常生活中來分析或推理常見之事物或現象，或用以解決綜合性的問題。為使教師的教學與學生的學習能深入且有效，本計畫研究人員與中學教師合作以改進中學理化的教與學，運用網路教學的特色與功能進行教學設計以協助教師的教學與學生的學習。

本計畫係針對中學理化教學中，教師認為課堂教學不易講解的主題，或學生易

產生另有概念（Alternative Conception）的學習主題，設計適合於網路教學的教學策略（Web-based Teaching Strategies）與學習模式（Learning Models），例如問題導向教學（Problem-Directed Instruction）、小組合作學習（Cooperative Learning）、引導發現式教學（Guided-Discovery Instruction）等以協助教師引導學生進行概念的學習（Conceptual Learning）。

鑑於資訊科技的突飛猛進，藉由網路教學，教師可引導學生應用所學去發現解決問題的方法，學生可運用網路資訊與各項科學技能進行探究，由探索之過程培養學生之獨立思考能力，並覺察理化公式中之內涵。例如採小組合作學習（Cooperative Learning）方式：在學習過程中，學生以三人為一小組，進行解題活動。例如採問題導向教學（Problem-Directed Instruction），在學生學習基本的物理或化學定理公式之後，以電腦模擬提供學生一個未明確提供解題條件或矛盾的問題（ill-defined problem），以及解決問題所需要的工具（如尺、天平、彈簧秤等）。當學生面臨解題困難，或學生自行上網路練習，沒有其他同學、師長可以討論時，引導發現式教學將提供一系列子問題，引導學生自行思考解題策略，並發現問題的解答。

網路教學（Web-based Instruction, WBI）有下列特色：

1. 隨時可上線檢索，並讓學習者自我探索與學習。
2. WBI 為建構式教學環境。
3. 教師由傳佈資訊者的角色，轉為協助由多元媒體中查詢、檢索、並定義資訊的角色。
4. 學習不必考慮固定的時間及學習目標。

由網路教學的特色知其可以：

- a. 作為確認、評估、及整合多種資訊的來源。
- b. 作為合作、對談、討論、交換、及溝通意見的媒體。
- c. 作為表現與傳佈文章、認知概念及意義的全球性平台。

- d. 作為參與相似經驗、學徒制、及認知夥伴的媒體。

網路教學 (WBI) 與傳統教學的差別：

1. 傳統教學有固定的上課空間；而 WBI 可於任何地方進行，因此學習可以不間斷的進行（不僅限於課堂）。
2. WBI 提供接近真實世界的學習，透過網路的圖片、活動、參與、互動，學生能夠獲得更多的真實經驗。
3. WBI 提供了更多的社會性互動，而合作學習的方式則為有效學習的一種策略。WBI 的合作學習能夠跨越教室的限制，學生能夠在網路上與專業領域的人員或專家討論、解決問題。
4. 學習資源不限於老師及教科書，學生不但能搜尋主題資源，也能夠成為資源的傳佈者，並且，透過在 WWW 上的合作學習、即時或非即時的互動，可以訓練學生查詢、分析資料的後設認知技能。
5. WWW 的特色是超文本的環境，因此學生可以依自己的判斷決定查詢內容的順序，在這樣的過程中，學生可以得到更多的學習主控權。WBI 不但讓學生分享 WWW 上的大量資源，更讓學生在超媒體的環境中，依自己的了解與意義加以建構其認知架構。
6. WWW 促成了遠距學習，學生在時間及學習內容上可以有很大的彈性，並且學生能夠在指定作業上獲得個別的回饋，這使得師生之間的互動可以在私下或以即時或非即時的方式進行。
7. 學生在學習內容、時間、資源、回饋、及表達媒體的形式上有很大的選擇性。相對於傳統教學，WBI 課程的內容可以是來自專家、初學者、學生資料的描述，或者是研究報告、討論、新聞報導、評論等。學習內容的形式不儘是文字及圖畫，也包含了任何的多媒體形式；同樣的，學習的回饋不只來自於老師，也包含了世界各地參與者的回應。

### 三、研究方法

本計畫採用 CIPP 評鑑模式以循環式的評鑑網路教學活動的設計與教室教學、師生互動等。CIPP 評鑑模式包括脈絡評鑑 (Context Evaluation, 以 C 表之)，輸入評鑑 (Input Evaluation, 以 I 表之)，過程評鑑 (Process Evaluation, 以 P 表之)，成果評鑑 (Product Evaluation, 以 P 表之) 四項，係 Stufflebeam (1971) 提出，可客觀的收集各項實證資料，並予以循環性的評鑑，以不斷自我修正研究流程並提昇研究的品質。

#### 一、脈絡評鑑 (Context Evaluation)：

目標：釐清中學物理網路教學的各項影響因素並做個別分析；確認、評估中學物理網路教與學的需求。

方法：比較學校行政人員、教師、研究人員與學生真正的與預期的輸入與輸出，分析實際執行情形與研究計畫之間差異的可能原因。

#### 二、輸入評鑑 (Input Evaluation)：

目標：確認與評估中學物理網路教學系統中，可供使用的輸入策略，以及設計適切、可行、符合經濟效益的執行策略。

方法：分析可用的人力（包括國中校長、主任、家長、學生、研究生）和物質資源、設計教學策略並分析各項教學策略使用於網路教學的優缺點、尋求與中學理化老師合作進行教學研究的行動模式等。

#### 三、過程評鑑 (Process Evaluation)：

目標：確認或預測研究計畫執行過程中的缺失，持續觀察記錄計畫執行過程的活動、討論、教學等。

方法：溝通協調計畫執行過程的潛在障礙，隨時進行形成性評量以修訂計畫執行的流程。

#### 四、成果評鑑 (Product Evaluation)：

目標：綜合成果與脈絡、輸入、過程各項評鑑所得資訊的關係。

方法：以預先決定之規準或評量方式決定繼續或修正研究計畫之執行。

CIPP 評鑑模式執行的每一個過程，均有一定的嚴謹流程，最後期望發展出一個大學研究人員與中學理化教師共同合作進行改良課程與教學的可行模式，並藉由團隊合作共同研發一系列輔助現行中學物理教學的網路教學系統。

本計畫透過與中學理化教師共同合作，希冀培養更多具專業知能、教學設計、資訊科技等能力的種子教師，使九年一貫課程的實施能貫徹。此外，本計畫亦可協助教育主管機關建立教學資訊交流系統，以提供學校與教師課程設計、教學設計的方法與資源，對於九年一貫課程的實施大有助益。

#### 四、結果與討論

本年度本研究計劃已蒐羅多個國內外相關中學理化科網路教學網站，並加以評析，由於多數網站未進行教學設計，僅呈現學理或公式之解說。如何設計趣味且生動的理化學習網站，並配合現行教材設計教學策略與學習活動單是我們一直動腦思考與努力的方向。以下列出部份國內外中學理化科網路教學網站說明：

##### Explore Science

<http://www.explorescience.com/download>

由 Raman Pfaff 所製作，必須有 Macromedia Shockwave Plug-in 程式才可以使用。該網站提供老師與學生進行模擬實驗，包括力學、電學、光學、波動、天文等物理主題，可以讓使用者利用網頁上的按鈕、捲軸方便的操控實驗的參數，立即觀察到這些參數的變動如何影響實驗的結果。例如：2D Collisions 單元，讓操作者預設兩顆球的質量、初速與方向，然後觀

察碰撞的結果、路徑，甚至可以設定兩球的彈性、磁性。Sonic Doppler Effect 單元，則讓操作者任意更改音源的頻率、速度、聲速，以不斷產生的同心圓來觀察聲波都卜勒效應。其它還有：Air Track、Simple Harmonic Motion、Density Lab、Coulomb Forces、Ray Tracing、Vector Addition 等模擬教學。

科學博物館網站除了有線上展覽會、運動科學專題 ("Science of Baseball.") 的功能外，最吸引人的就是 The Exploratorium Science Snacks 單元，包含許多有趣又容易的理化實驗與展示，內容有光學、力學、波動、高分子、玩具與實驗展示，內容老少咸宜。例如，Bicycle gyroscope, Bubble Tray, Descartes' Diver (浮沉玩偶)，Hand Battery, Short Circuit 等。

##### 國立台灣師範大學物理教學/示範實驗教室

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/>

國立台灣師範大學物理系黃福坤教授所製作。必須有 Flash, RealPlay 的瀏覽器才可正常使用各種資料。

本網站為中文，提供使用者有關物理資訊、動畫及實驗活動。[1] 物理資訊包括趣味物理與日常生活中的物理；[2] Java 物理動畫包括運動學、動力學、振動與波、熱力學、光學、電磁學、近代物理、電子學、數學；[3] 趣味活動包括示範實驗、Flash 動畫解說物理概念、國中生活化實驗設計學習模組]、簡易科學小活動。

##### Interactive Physics and Math with Java

<http://www.lightlink.com/sergey/>

由 Sergey Kiselev and Tanya Yanovsky-Kiselev 所製作維護，功能與 Explore Science 十分類似，但是全部使用語言，無需 Macromedia Shockwave Plug-in 程式。

##### Physics 2000

<http://www.colorado.edu/physics/2000/>

以動畫方式介紹近代物理的互動式網站，主要內容為愛因斯坦的貢獻、原子實

驗室等。

### Encyclopaedia Britannica

<http://search.eb.com/>

網路上的百科全書，理化方面的資料深入而詳實，圖表、文字敘述都十分充實。除了提供搜尋的功能，也有根據內容分類的瀏覽功能。

運用網路科技建立個人化之學習環境，不僅可提供教師之專業成長，更可促進學生之潛能開發（葉明政，民 89）。教育部正大力推動資訊教育，未來希望達到「班班有電腦」以落實網路教學，尤其如何將理化的抽象觀念運用電腦媒體的特性加以呈現，使學生的學習快樂且容易，是教學研究者、中小學教師、教學媒體業者需共同合作與討論的。

近年來為改善難度較高的科學教材內容，並加強國小、國中、高中的自然科課程銜接，教育部陸續於民國 82, 83, 84 年修訂國小、國中、高中課程標準。本計畫研究人員訪談中學理化科教師，國中老師們反應八十六學年度起新修正的國中理化科教材內容淺化，雖較生動，但家長、教師均擔心國中所學不足應付國中基本學力測驗或推薦甄試，故仍需外加許多補充資料。高中自八十八學年度起開放教材的編輯，高中物理、化學教材內容不減反增，致使國中、高中理化學習出現斷層現象。

以七十四年公佈之國中理化課程標準，「運動」主題包含：加速度與等加速度運動、位移與距離、速率和速度；而八十三年修訂公佈之國中理化課程標準，「力與運動」主題包含：速度與加速度，惟僅限於讓學生觀察日常生活中的運動現象：(1) 單向直線運動，(2) 速度、速率等宜由實驗生活上的事例及實測活動中去學習。八十四年修訂公佈之高中物理課程標準，「生活中常見的運動」主題內容係由日常生活中的運動解釋位置、位移、速度與加速度的物理意義，且於備註欄說明避免用數學關係式來描述軌跡。課程標準修訂的立意良

好，但各出版廠商均有深化教材內容之情形，高中教師擔心課程進度與學生學習會有高落差。第一屆使用國中 86 年版教材的學生目前已升上高一，高中物理與化學教師均詫異與抱怨高一學生程度低落，高一學生亦抱怨教師教的太難，聽不懂。

為提昇中學生學習理化的興趣與能力，國中、高中教師多樂意參與本研究計畫，希望能增強學生學習理化的興趣與相關概念、知能。不過經深入訪談理化教師，運用網路科技教學的困難包括：(1) 並非每班有電腦，所以需安排借用電腦教室，但學生一進電腦教室，常會立即上網聊天，不易專注於老師的教學；(2) 教師需花費許多時間搜尋網站資料；(3) 學校資訊設備不夠，支援與資源均有限；(4) 因應基本學力測驗之不確定性，教師需補充許多課外知識，教學進度壓力嚴重。

研究人員亦觀察到一些用心的理化教師，會事先下載配合教學的相關網站資料，並自備單槍投影機與筆記型電腦在一般教室即可進行網路教學。有些學校的理化教師分工合作搜尋有助於理化概念學習的網路教材，相互分享，省時省事。有的老師持濃厚興趣鑽研電腦軟體，自行設計教學軟體作為教學之用，並依學生的學習不斷修正。

深入瞭解中學物理、化學之教學情形時，主持人建議：(1) 教師需體認終生學習時代來臨，如何運用網路科技提昇教師專業知能是刻不容緩之事；(2) 各校教師可自組專業成長團體，共同討論教學，分享資訊；(3) 教師應抱持"Less is More!"之想法，引導學生主動學習的興趣與態度，純然的知識灌輸無益學生基本能力的提昇；(4) 教師可依學生之起點能力，設計學習活動單，引導孩子的學習。

原來本整合型計畫定為三年，將與國中、高中理化科教師合作，針對運動學、光、力學等主題繼續研究發展適宜的網路教學策略，此外將研發概念測驗系統以協助中學生對於物理概念的學習，包括線上即時回饋、教師與學生的測驗資料管理、

學生成績分析等。同時計畫逐步建立網路教學資料庫、網路教學評鑑系統。惜因計畫未獲續予補助，不過本計畫主持人將繼續與對網路教學有興趣之研究人員共同研究發展，亦將持續與中學教師共同努力將資訊科技融入自然科學教學中，例如透過教師成長營、研習坊、研討會等以培養更多中學理化網路教學種子教師。

## 五、參考文獻

王文科，民 85 年，課程與教學論，五南圖書公司。

林寶山，民 79 年，教學論 - 理論與方法，五南圖書公司。

楊思偉，民 86，新教育實踐，師大書苑。

歐用生，民 78，國民小學社會科教學研究，師大書苑。

陳龍安，民 77，創造思考教學的理論與實際，心理出版社。

葉明政，民 89，善用網路科技支援教師專業成長，師友月刊，402，pp33-37。

魏明通，民 86，科學教育，五南圖書公司。

熊召弟等，民 85 年，科學學習心理學，心理出版社。

Chien, C. (1997) The Effectiveness of Interactive Computer Simulations on College Engineering Student Conceptual Understanding and Problem Solving Ability Related to Circular Motion. Unpublished dissertation.

Gunstone, R., & Northfield, D. J. (1986). Learner-teachers-researchers: Consistency in implementing conceptual change. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. San Francisco.

Schecker & Niedderer, (1996). A strategy to promote qualitative conceptual understanding of science. In

Treagust, D., R., Fraser, (Eds): Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics. New York: Teacher College Press.

Strike, K. A. & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L.H.T. West, & A. L. Pines (Eds.), Cognitive structure and conceptual. Orlando, FL: Academic press.

Stepans, J. I., Beiswenger, R. E., & Dyche, S. (1986). Misconceptions die hard. Science Teacher, September, 65-69.

Stufflebeam, D. L., et al. (1971). Educational evaluation and decision-making. Itasca, Ill.: F. E. Peacock.