

錨定歷史 (Anchored in History) 教學模式的先導研究

鄭子善¹ 張惠博²

¹ 臺北市民族國民小學

² 國立彰化師範大學 物理系

(投稿日期：94 年 11 月 22 日；修正日期：95 年 3 月 3 日；接受日期：95 年 3 月 10 日)

摘要

科學史教學的研發一直是科教界重要的研究議題。然而，鮮有結合視訊影片之教學探討與研究，本研究擬進行個案研究，並以行動研究為輔，亟思在小學情境中以科學史影片進行相關研究。本研究者依據 MindWorks (WestEd in the Southwest Regional Laboratory, [SWRL], 2000) 課程的「錨定歷史」(Anchored in History) 理念，以及，Monk 和 Osborne (1997) 提倡的科學史教學歷程，發展符合研究者教學情境的錨定歷史教學模式，其實施歷程主要包括：(一) 引入 (Engagement)，(二) 沉浸 (Immersion)，(三) 整合 (Consolidation)，(四) 計劃 (Plan)，(五) 實驗 (Experiment)，(六) 檢驗 (Examination)，(七) 澄清 (Clarification) 等步驟。最後，研究結果顯示，結合科學史影片的教學確能提昇學習者的專注力與興趣，以及，有助其理解與感受歷史所描繪的情境；而與實驗結合的課程設計，不僅能提昇學生的學習興趣、使學生明白科學課程與實驗的相互連結關係，亦能增進學生科學概念的學習。

關鍵詞：科學史、影片、熱力學

一、前言

在科學史相關的課程與實徵研究陸續提出後，科學教育界近年來在科學史教學的最大發展，莫過於 1990 年代後，由 Benchmarks for Science Literacy (American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1993)、National Science Education Standards [NSES] (National Research Council, [NRC], 1996) 和 Performance Standards (New Standards, 1997) 三者所形成一股新的科學課程意識潮流，這股潮流首次正式將科學史列為教學綱要 (Wang & Marsh, 2002)。然而，這股潮流雖正式肯定科學史教學對學習的助益，但教育學者或教學者在進行相關的課程設計時，仍常面臨一些關鍵性的抉擇，諸如：(一) 如何有效利用時間呈現科學史內容，藉以提昇科學史教學的功能？(二) 科學史內容與教學要如何呈現，才能更具影響力？(Becker, 2000)。依此，Becker (2000) 提出以學者設計及專業媒體拍攝的科學史影片作為錨定歷史的情境，來解決前述問題。據此，本研究選取 Becker (2000) 監製的 MindWorks 課程的熱力學影片來進行課程設計、教學實施與學習評量，最後，依此歷程提出錨定歷史 (Anchored in History) 教學模式。依據前述目的，研究者希冀探究下列相關問題：

- (一) 錨定歷史教學所呈現之教歷程與模式為何？
- (二) 錨定歷史教學對學習者的影響為何？

二、文獻探討

(一) MindWorks 課程之影片部分的研發過程

Becker (2000) 認為，要讓年輕人理解，自然世界中關於科學的結構與過程，雖是艱鉅的工作，但科學史取向的課程則有潛力去做好這件事；Becker 亦認為，影碟刺激學生的動力是有目共睹的，近年來科技在影碟製作上的進步，使視聽媒體更形複雜多元，亦更深入學生。依此，WestEd in the Southwest Regional Laboratory ([SWRL], 2000) 研究團隊在設計科學史教材時，決定採影片方式呈現。在該研究團隊的努力下，「MindWorks」科學史多媒體課程因應而生，在美國國家科學基金會的贊助與 KCET (Los Angeles' public television station) (Los Angeles 的大眾廣播電視部門) 支持下。該課程發展出一系列適合中學物理的教學模組。

MindWorks 的科學史影片部分於 1993 年 6 月開始著手進行；SWRL 在獲得當地學區、教師們、高等進修機構、資深電視製作群支持後，將計畫書送交美國國家科學基金會審核。次年 10 月 SWRL 獲得美國國家科學基金會贊助 120 萬美金，支持為期三年的發展計劃。研發初期，多致力於教材的閱讀，並輔以相關且有限的視聽援助。草稿到影片，共費時 6 個月；在這期間，蒐集科學史家、工程師、物理學家、教師和學生的回饋資料，以詳加確認教材具有良好的科學與歷史觀，並能吸引學生與增進他們對科學

過程的理解。1995年5月底，進行約1個月密集性的影碟生產，整個「後製階段」直到6月中，方告完成。研發的Mindworks課程教材共包含科學史影片、學生讀本、教師指引。課程內容均屬西方科學，共含八個科學史模組，其中五個科學發明者屬於女性或異色人種；課程採用模組式的呈現則是強調教學者可依實際的教學狀況進行彈性的課程選擇與調整（Becker, 2000）。

（二）MindWorks 科學史多媒體課程的錨定歷史（Anchored in History）理念

MindWorks 課程的錨定歷史（Anchored in History）理念深受 Cognition and Technology Group at Vanderbilt（〔CTGV〕,1992）的「錨式情境教學法」（Anchored Instruction）影響。CTGV（1992）認為要克服學生「僵化知識」的產生，即，一種曾經學過但不能反應到日後問題解決上的知識，就該提供給學生一個熟識（Everyday cognition）、真實實務（Authentic tasks），且以問題為導向（Problem-oriented acquisition）而非僅以事實為導向（Fact-oriented）的學習（CTGV, 1992；徐新逸，1995）。「錨式情境教學法」經由互動式影碟系統，建立一個故事環境以作為錨定物，藉由在故事環境中嵌入（Embedding）所要呈現的內容，經由學習者的探討逐漸浮現所呈現的內容，並藉以解決連續性的問題。最終目的是幫助學習者發展信心、技能、及知識，以便去解決問題，成為獨立思考者和學習者（CTGV, 1992；徐新逸，1995）。

MindWorks 科學史多媒體課程的設計理念：「錨定歷史」，即是利用科學史影片作為建立情境的錨定物，藉由在歷史情境中嵌入所欲呈現的內容，來幫助學生進行科學學習（Becker, Carson, Long, & Miller, 2000）。此種動態的影像與聲音的「影片」，不僅重現著名的歷史實驗、人物與故事情節，俾突破侷限文字與口述所不能表達的細節與背景，亦能更清楚、具體增添文字所未能傳達的人物情感與情緒（Duveen & Solomon, 1994）。教師們利用影片的故事主軸，發展出提供給學生之具有創意與省思的寫作活動、教室模擬、與讓學習者沉浸於科學家與發明者工作中，所面臨的責難與討論。藉以激發學生學習科學的興趣與深層的概念改變，以及，讓師生對科學活動的過程與文化，建立更廣泛的理解（Becker, 2000）。

誠如巫俊明（1997）所言，早期所研發的科學史課程大多已失傳，據此，科學史課程究竟能教什麼與應教什麼，以及，該如何教與教多少，均無明確的定論，藉由 MindWords 課程的提出，確實提供一個可行且完整的課程範例（Becker, 2000）。

（三）科學史的運用模式

Monk 和 Osborne（1997）基於科學課程需強調學生的另有架構、科學發現之歷史與社會文化的情境脈絡，因此提出能改善學生科學概念與科學本質之科學史教學歷程模式。此教學歷程模式共分六個階段，分別是呈現（Presentation）、誘導（Elicitation）、歷史的研究（Historical study）、設計

實驗 (Devising test)、科學性想法與實徵性測試 (The scientific ideals and empirical tests)、回顧與評鑑 (Review and evaluation)。在「呈現」階段，教師可透過實際示範或引領學生去注意一些與早期科學家所創立的科學學說相關之現象開始，以使學生開始對前述現象產生懷疑。在「誘導」階段，教師需蒐集與這些現象相關的學生想法與理論，並善用各種策略，提供學生更多機會去清楚表達他們對此現象的自我理解與詮釋。在「歷史的研究」階段，教師則需介紹與此現象相關的早期想法，當時的經濟、社會、政治條件的背景資料，以及，與事件相關的年代簡表等。在「設計實驗」階段，教師需使學生覺察到欲研究的現象、同學間對即將進行的實驗所抱持的不同觀點、設計出能檢核不同觀點的實驗等。在「科學觀點」階段，教師需正式介紹現今教科書中對此現象的科學概念。最後，在「回顧與評鑑」階段，可藉由課室討論來使學生考量他們在實驗後，所提出的證據應用是否得當。

MindWorks 課程的熱力學單元設計則共分 5 個單元，分別是：提問、設計實驗、測試理論、解釋證據、挑戰固有想法。「提問」單元是教師提供已被淘汰的科學理論—熱質說，藉以讓學生探討過時的科學理論亦能為我們所觀察的現象提供合理的解釋；「設計實驗」則是因所有科學理論都是具可測試性的，故使學生設計實驗去測試熱質說的假設；「測試理論」是讓學生實際進行前述實驗後，探討熱質說的有效性，繼而發現熱質說的不適切；「解釋證據」是提供較符合現代的科學理論—運動說，藉以解決熱質說不適切的問題；最後，「挑戰固有想法」則是探討要使新的科學概念被廣為接受，可能是極具挑戰性且緩慢的過程。

在本研究中，所提出的科學史教學模式便是參考 Monk 和 Osborne (1997) 的科學史教學歷程模式以及 MindWorks 課程的熱力學單元設計流程 (Becker, Carson, Long, & Miller, 2000) 所整理，惟，本研究希冀更能強化「錨定歷史」的設計理念，故在實際透過科學史影片的教學後，提出如「引入」、「沉浸」等階段的區隔 (詳見本文的研究結果)。

三、研究方法

(一) 研究對象與情境

本研究以北市某國小五年某班為研究個案。此國小位處工業區，家長職業多屬勞工階級，然而，該校的資訊科與體育科教學相當優異，且個案班級之林姓導師對新式教學具有高度興趣，故挑選該班為個案；此外，在研究者進行教學時，林姓導師會擔任現場錄影、協同研究者指導學生實驗之進行。該班學生兼具活潑、乖巧特質，問題討論時，均能踴躍發言且不失應有的秩序。教學時，全班共分五組，每組六人。主要晤談對象由研究者與導師、科任老師共同討論後，選定不同科學學習成就之低、中、高學生各二位，於每次教學後的早自習、下課，或午休時間，由研究者同時對

二個程度相仿學生採一對二方式進行晤談，希冀藉此增加彼此對話，俾確切理解其想法。

(二) 研究設計與步驟

本研究以個案研究為主，行動研究為輔，研究過程中，研究者亦為教學者，於正式施測前進行教材編譯，實際教學前後亦與研究群、林姓導師、討論、評估、抉擇、更改、實施教學設計。本研究於 2003 年 10 月開始規劃研究方向，次年 4 月完成教材初步翻譯與課程編擬，5 月初至同月底，由研究群之研究生協助教材之編譯與審查，5 月底至 6 月中，進行影片之中文旁白製作；6 月 11 至 6 月 24 日，進行 14 節課的教學實驗與數據蒐集。持續至 9 月初，針對前述歷程，進行分析所蒐集的相關資料，藉以探討其教學成效。

(三) 研究工具

針對待答問題（一），擬透過 Mindwords 熱力學單元之教學過程，以及，參考當今相關文獻、教學者的研究日誌、抉擇或修正前後的教案、現場教學的影帶等進行紀錄、分析與探討教學者實施該單元之歷程與模式；針對待答問題（二），擬透過 Mindwords 熱力學之創意性寫作、學生的學習日誌、現場教學的影帶與晤談學生的錄音資料，來評量該課程對學生學習成效之影響。茲分述本研究可能涉及的研究工具如后：

1. 研究者本身對於科學史教學的信念

研究者的科學教學深受研究者所受的科學教育影響。中學時，研究者就讀以升學為導向的私立學校，在這段求學生涯中，研究者和同學們所接受的教育方式是：老師介紹某單元的科學公式，接著，解釋該公式中各符號的意思，然後，進行與公式相關的習題演練。研究者幾乎從未做過實驗，每天亟思如何用最迅速的方法與正確的公式來解決課本與練習試卷中的習題，以期在有限時間內做對最多的答案，並在即將面對的大學聯考獲取高分。上了大學以後，研究者曾以為能迅速解題與獲取高分會使研究者抱持高昂的學習態度，事實則不然。當研究者開始思考「為何自然界的現象，可以用如此簡單、俐落的符號與運算來詮釋？」的問題時，研究者開始產生遲疑與質疑。這種負面情形在接觸了「科學本質」、「科學史」的教學後，開始轉生極大轉變。不可諱言的，科學本質的議題討論與科學史的閱讀，釐清了研究者心中之前的疑惑，亦開啟了前所未見的視野。

透過科學史，研究者宛如親臨科學家們真實的工作中，體會他們是如何「做」科學的，如何為科學奮鬥，以致，對他們滋生無比敬意。據此，研究者深信見習到這種努力的歷程，能使前人的知識與經驗稍作停格，以便我們能仔細地欣賞科學與珍惜這些得之不易的成果，它會吸引人加入創造、欣賞與探究科學，甚或，傳達科學。科學史對研究者而言，即具如此魅力。依此，研究者希冀從科學史所體悟的感動

能帶給更多的人，並由衷盼望本身能夠準確地傳達這份感動。

2. 不定期的研究群會議

由於每個學期本所研究生必須於書報討論課時，介紹自己的研究進度報告，因此，本研究之指導教授會協同數位研究生於研究者進行報告前召開研究群會議，藉以提供研究設計、教學實施與資料分析之建議。此外，在課程內容的專業知識部分，則由具物理學科背景的林姓與陳姓研究生協助本教材之編譯與審查，藉以降低翻譯誤差。

3. MindWorks 熱力學單元之創意性寫作

本研究評量學生所用的二次創意性寫作，均取自 MindWorks 熱力學單元；第一次的「創意性寫作」題目為「寫給倫福特的一封信」，主為學生簡介自己進行的實驗，並思考該實驗與倫福特的大砲鑽孔實驗的差異，藉以呈現學生在實驗過程中，所習得的過程技能。第二次的創意性寫作題目為「寫給倫福特的致謝函」，主為學生設想自己受倫福特邀請至其城堡享用晚餐，並在現場聽到倫福特抨擊熱質說並提出運動說想法，返途後寫給倫福特的致謝函，此次寫作主要目的是希冀評量學生在歷經整個熱概念的教學後的想法變化。

(四) 資料收集與分析

本研究中的資料來源計有研究日誌 (R)、抉擇或修正前後的課程教案 (T)、錄影資料轉錄 (V)、錄音資料轉錄 (I)、學生的創意性寫作 (C) 與學習日誌 (J)、學生講義 (S) 與其他的文件資料，資料來源呈現方式採：首碼英文字母表資料來源；英文字母的後碼數字表教學單元；破折線後的數字則表其為前述單元中的第幾份資料；例如「C3-29」，便表示資料來源為創意性寫作，取自第三教學單元中的第 27 份資料。

資料分析方法主要採歸納與持續分析比較法。在資料分析過程中，研究者會先仔細閱讀前述資料，並在每件資料的各個段落上進行初步的編碼；隨著研究的進行，資料越形豐富，再整合成較高層次的類別編碼，在此過程中，若對某些資料的類別特性不甚確定時，則需持續地找尋重覆出現的相似資料以確認其類別特性，亦或，尋求研究群中的師生，針對這些資料詳加討論，以獲得通則性的類別特性；待形成的類別已能處理資料中大部份或所有的經驗實例時，再辨認、比較、統整這些類別中之關聯性，藉以形成本研究之理論架構。

(五) 熱力學單元之教材內容

MindWorks 熱力學單元之影片內容分為二階段，第一階段為主要部分，介紹倫福特生平與特質，及其向女兒解釋他所深信的熱現象，第二階段為熱現象概念的總結，主要是探討此二人對酒杯呈現的對流現象之詮釋。學生講義與教學設計則是參考 MindWorks 熱力學單元的閱讀資料與 Sanborn (1962) 撰寫的 Rumford 傳，並依學生程度及課堂發表、教學時間、器材資源、教學實況進行設計考量。

四、研究結果

(一) 錨定歷史教學呈現的歷程與模式

1. 研究者閱讀發展完備的科學史課程以作為教學內容的主要依據

本研究曾試著進行過科學史的教學與研究，也曾觀察過他人科學史教學後，但對於「我們究竟應教些什麼才算是科學史教學？」、「科學史課程應如何設計，才能使教師們較高的意願去實施？」、「如何突破歷史紙本的描述，藉以增強科學史的教學情境？」等問題一直仍是充滿興趣與好奇。研究者一直很希望能看到更具細靡遺與更具體的科學史教學課程內容，甚至在真實的教學情境與備課壓力下探討更省時、明確、便利的科學史教學。當在期刊中發現 MindWorks 多媒體科學史課程 (Wang & Marsh, 2002) 或許能回應前述所產生的想法時，研究者迫不及待的想馬上看到整套課程，於是透過相關網站訂購了該套課程 (R1-1)。

該課程共分八個單元 (教學內容詳見表一)，教學對象為美國的高中生，本研究者抉擇了其中的熱力學單元來進行教學，主要是基於下述原因：

- (1) 熱的運動說創始者倫福特與研究者先前曾研究過的氧氣說創始者拉瓦錫有密切關係。先前閱讀拉瓦錫傳記時，研究者對拉瓦錫上斷頭台後，傳記資料裡便鮮有與拉瓦錫夫人相關的記載感到好奇；爾後，再閱讀到她竟與和拉瓦錫 (主張熱的運動說) 持不同立場的倫福特 (主張熱的運動說) 再婚後，研究者更對拉瓦錫夫人與倫福特的互動關係產生興趣，於是想藉機研讀倫福特的相關歷史。
 - (2) 熱力學單元於該課程裡，所需的背景知識及課程內容與小學高年級科學課程內容較為接近。由於研究者的工作職場是在小學，因此，研究者必須選擇從中選擇出最與國小科學課程相關的單元與內容。熱力學單元裡的科學概念有：熱是一種能量而非是一種物質、摩擦能生熱、物質能透過傳導、對流、輻射的方式來傳達熱能。這與研究者研究的個案班級在該學期所接受 93 學年度新學友版本的自然課程單元「熱傳播方式」之學習目標相近。
2. 研究者藉由提供學習者閱讀資料、呈現科學史影片、提出科學本質與科學概念議題，使學習者討論、認識與辯證歷史想法

本研究中，以科學史影片為錨定情境，然而，誠如文獻指出：媒體的過度發達，學習者難以在有限時間內吸收大量資訊 (Hong, Bhattacharya, Helsel, Hu, Lee, Kim, Kim, Michael, Park, Sager, Seo, Stark, & Yeo, 2003)。故影片呈現前，教師首需使學生對影片內容具足夠的背

景知識與擷取重點的能力。依此，研究者在事先欣賞影片後，編擬與選擇出學生講義與影片欣賞的關鍵性問題（詳見表二）。透過學生事先預習前述講義（V2-1）（S1-1），以及，教師簡介相關背景知識（V2-2），藉以減低學習者資訊超載的壓力，以達營造引入學生進入影片情境之效。

表一：熱力學單元的內容簡述

| 單元 | 教學內容 |
|------|------------------------------------|
| 單元一： | 1. 讓學生思考 10 種本身能發熱的物質 |
| 提問 | 2. 呈現培根和拉瓦錫對熱的想法並讓學生比較自己想法與他們想法之差異 |
| | 3. 以「熱質說」立場進行有關熱之現象的探討 |
| 單元二： | 1. 小組報告以熱質說立場進行有關熱之現象的解釋 |
| 設計實驗 | 2. 播放第一階段影片與探討影片內容 |
| | 3. 利用馬鈴薯設計熱質的秤重實驗 |
| 單元三： | 1. 利用冰過一夜的水（固態）與異丙醇（液態）探討同溫度的 |
| 測試理論 | 物體，是否包含相同數量的熱質 |
| | 2. 實際進行馬鈴薯的秤重實驗及其相關探討 |
| | 3. 進行沙子和水之摩擦生熱的實驗及相關探討 |
| | 4. 評量：「寫給侖福特的一封信」之創意性寫作 |
| 單元四： | 1. 播放第二階段影片與探討影片內容 |
| 解釋證據 | 2. 食用侖福特湯與進行喝熱湯之技巧的探討 |
| 單元五： | 1. 以運動說立場進行有關熱之現象的探討 |
| 挑戰固有 | 2. 在室溫下的同一房間的物體，是否具有相同溫度 |
| 想法 | 3. 溫度與熱的關係為何 |
| | 4. 將冰的飲料罐放在不同材料中，讓學生探討其保溫效果 |
| | 5. 評量：「寫給侖福特的致謝函」之創意性寫作 |

2. 研究者藉由提供學習者閱讀資料、呈現科學史影片、提出科學本質與科學概念議題，使學習者討論、認識與辯證歷史想法

本研究中，以科學史影片為錨定情境，然而，誠如文獻指出：媒體的過度發達，學習者難以在有限時間內吸收大量資訊（Hong, Bhattacharya, Helsel, Hu, Lee, Kim, Kim, Michael, Park, Sager, Seo, Stark, & Yeo, 2003）。故影片呈現前，教師首需使學生對影片內容具足夠的背景知識與擷取重點的能力。依此，研究者在事先欣賞影片後，編擬與選擇出學生講義與影片欣賞的關鍵性問題（詳見表二）。透過學生事先預習前述講義（V2-1）（S1-1），以及，教師簡介相關背景知識（V2-2），藉以減低學習者資訊超載的壓力，以達營造引入學生進入影片情境之效。

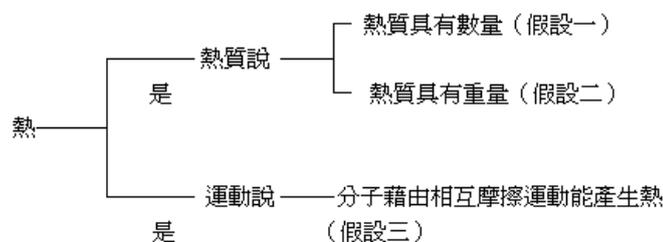
表二：編擬的關鍵性問題與學生發表的結論 (T2-2) (V2-3)

| 第一階段影片的關鍵性問題 | 學生發表的結論 |
|--|--|
| ● 莎拉起初是如何思考熱？ | ● 熱是由一種叫做熱質 (Calories) 所產生的，物體所包含的熱質越多，就會越熱。 |
| ● 莎拉為何認為碗中心的湯比邊緣的更熱？ | ● 因為熱質集中在碗中央。 |
| ● 侖福特為何認為碗中心的湯比邊緣的更熱？侖福特的解釋有助於你瞭解為何湯在中心比在邊緣熱嗎？ | ● 因為碗邊緣的湯較少，所以熱會較中間的更快散開。 |
| ● 如果熱是物質，侖福特認為它應有哪些特徵？ | ● 熱應具有物質的特徵，亦即，它需具有重量與數量。 |
| ● 侖福特的大砲鑽空實驗證明了什麼？ | ● 熱會源源不絕的產生，因此一個物體並不包含有限數量的熱質。 |

在教師簡介知識與前述問題的導引後，開始播放第一階段影片，經由上節程序後，學生能快速地沉浸影片的故事情境中；待播放完畢後，教學者讓學生歸納影片的重點內容（詳見表二），以及，探討先前所提出的議題（V2-3）。

最後，針對這些內容，讓學生開始進行熱的熱質說與運動說二種主張（V2-3）的探討，歷經整個討論，學生形成以下三種研究假設（詳見圖一）（V2-3），然而，影片中的大砲鑽空實驗已推翻假設一，故教學者僅與學生們針對假設二、三探討驗證的方法。

根據假設二，學生設計出「為加熱/冷凍的馬鈴薯秤重」的實驗。歷經公開討論後，設計出將二個重量相近馬鈴薯分別放入蒸飯箱與冷凍庫中，藉以觀測不同溫度下馬鈴薯的重量是否會產生改變（V3-3）（詳見表三）。



圖一：學生形成的三種研究假設

表三：「為加熱/冷凍的馬鈴薯秤重」實驗成果

| | |
|-------------|--|
| 實驗目的 | 我們實驗目的是要用馬鈴薯去檢核對熱重量的主張 (J3-26)。我們做這一個實驗，是因為要證明熱質有沒有重量 (J3-32)。我們實驗目的是 (1) 想要知道熱在馬鈴薯中有多重；(2) 熱到底有沒有重量 (J3-27)。 |
| 實驗結果 | 在對馬鈴薯加熱的實驗結果中，有三組學生的馬鈴薯重量均低於未加熱前，二組則高於未加熱前；對冰動過的馬鈴薯秤重的實驗中，有三組學生的馬鈴薯重量均高於未冷凍前，二組低於未冷凍前；而這些加熱或冷凍後產生的重量差距均小於 1% (V3-1)。 |
| 結論 | 加熱或冷凍後馬鈴薯產生的重量差距不大 (J3-32、J3-4、J3-8)。 |

3. 研究者提供適時協助使學習者完成可行的實驗，以及，評判科學理論與強化科學概念

整個課程原擬依 MindWorks 課程中進行。但是實施之後，發現必須修正課程，主要因面臨下述困難：

- (1) 時間不足。課程各單元間所顯示的教學時間約 1-2 節課，可是在實際進行單元一時便耗時 4 節課，整個教學進行到單元二時，落後情形更是嚴重。
- (2) 學生無法根據假設三提出合宜的實驗設計。在實際進行單元三之假設三的實驗設計教學時，教材無法導引出預期的效果。

為解決上述問題，研究者將「水與異丙醇」實驗 (詳見表一之單元三-1) (異丙醇溶液於小學的實驗室環境中不易取得，也是刪除此活動的另一考量) (R3-1)、「室溫下的物體具有相同溫度」(此問題與水與異丙醇實驗相關，亦是刪除此活動的另一考量) 與「溫度與熱關係」的討論活動 (此問題牽涉到絕對溫度的概念，超乎小學生能力)、「飲料罐在不同材料的保溫效果」(詳見表一之單元五-2、3、4) (R5-1) (此實驗涉及到杜絕熱的傳播方式之概念，對學生而言，較為困難) 實驗刪除，並在參考了 MindWorks 課程中的「沙子與水」(詳見表一之單元三-3) 的摩擦實驗活動後，教學者和該班導師初步設計了較為有趣的「利用寶特瓶來製作珍珠奶茶」實驗來取代 (R3-1)。

然而，此想法在研究群討論時馬上面臨檢驗，研究群認為不管是寶特瓶與試管，均不具隔熱效果，因此在搖動過程會散失熱能，以致影響學習目的，故提出具保溫效果的容器較為適當；而珍珠奶茶裡的「珍珠」若經過超過百次以上的移動，恐發生碎裂與影響食物口感，故改成不易產生變化的綠豆沙粉與奶粉來進行「製作綠豆沙牛奶」實驗。因此，最後完成的「製作綠豆沙牛奶」實驗 (R3-1)，即，利用搖搖杯或保溫杯、保溫水壺等容器，並將綠豆沙、牛奶放置其中，進行

搖動，藉以觀察物質經由摩擦後，溫度是否會升高的實驗(詳見表四)。

表四：「製作綠豆沙牛奶」實驗成果

| | |
|------|--|
| 實驗目的 | 證明熱是否是一種運動 (J4-34)。 幫助我們瞭解侖福特的實驗並證明熱是一種運動(J4-4)。 摩擦後的熱有多高，熱到底是不是運動 (J4-3)。 證明摩擦可以生熱 (J4-26)。 |
| 實驗結果 | 在「製作綠豆沙牛奶」實驗的搖動 100 下的結果中，有三組學生的在搖動後溫度升高，另二組則沒有改變；而搖動結果溫度增加的組別在搖動 200 下的實驗中，溫度亦為增加，另二組則則依舊未變 (V4-1)。 |
| 結論 | 因為如果搖越久，摩擦越多，溫度較高。如果有些組是搖越久溫度越低，那麼可能是在搖的過程中，水流出來了，或搖的時間間隔過久，因此溫度不易改變 (J4-22)。 搖越久溫度越高 (J4-30)。 溫度會越來越熱 (J4-36)。 搖很慢的話，溫度不會太高。搖很快的話，溫度會很高 (J4-30)。 |

在「為加熱或冷凍的馬鈴薯秤重」的實驗下，學生藉由食材馬鈴薯設計出：如果熱是一種稱為「熱質」的物質，那麼其應具有重量，是故越高溫的馬鈴薯應該越重。然而，實驗結果並非如此，故熱質說不適宜解釋有關熱的現象。而藉由「製作綠豆沙牛奶」實驗，學生能體會：物質間摩擦越久，溫度會越高。雖然，實驗結果僅三組成功，另二組主要是因為實驗器材選擇不當(有些組別利用保溫杯進行實驗，然而，保溫杯在搖動時因無法密封而導致誤差)與未密集性搖動所導致(R4-1)，即便如此，學生們均贊同多數組別呈現的實驗結果，並能針對自己提出可能的誤差來源，再認同運動說適宜解釋有關熱的現象。在二次實驗皆進行完畢後，指派學生完成「寫給侖福特的一封信」的創意性寫作，藉以評量實驗中，學生是否能習得過程技能。

上述歷程結束後，隨即進行影片第二階段的事前問題導引與影片播放；待播放完畢後，研究者再針對影片對流部份的呈現不當的問題，進行教學補充與在黑板上畫圖表徵，讓學生回憶自己所做過的實驗：「將木屑放於裝水的燒杯中，並用酒精燈進行加熱」藉著木屑在水中流動的情形，思索熱的另一種傳播方式--對流(R5-1)。然而，事後回想起來，或許研究者應該讓學生實際再進行一次真正對流的實驗，效果會更好，不過，很可惜，在當時研究者並沒有注意到這種方法(R6-1)。緊接著，研究者讓學生藉由先前問題的探討，整合出影片呈

現內容的重點 (V5-3) (詳見表五), 以及, 結合已身的學習經驗與本次實驗的結果, 進行「致謝函」的創意性寫作的討論與撰寫, 藉以評量整個教學的實施成效。

表五：編擬的關鍵性問題與學生發表的結論 (T5-2) (V5-3)

| 第二階段影片的關鍵性問題 | 學生發表的結論 |
|-------------------------------|--|
| ● 倫福特對莎拉所提及有關湯秤重的問題, 最後的結果應是? | ● 對熱的湯與變涼的湯秤重, 所秤出的重量應是一樣的。 |
| ● 如果熱是運動, 它是怎麼移動? | ● 熱會使液體運動, 使液體具有能量並使其移動。因此可看到酒杯產生的漩渦。 |
| ● 我們如何發現熱的移動? | ● 可將加入木屑到清水中後, 觀察木屑如何從原先地方迅速傳開。熱水比冷水更快地傳播這些木屑 (此為學生三年級時即進行過的實驗)。 |

4. 研究者藉由研究歷程與文獻閱讀, 歸納出錨定歷史的教學模式
本研究所提出之教學模式, 主要以前述的教學歷程, 以及, 參考 MindWorks 課程熱力學實施單元與 Monk 和 Osborne (1997) 的科學史運用模式, 最後, 提出錨定歷史的教學模式, 茲整理如下圖二。

(二) 錨定歷史教學的學習成效

1. 「科學史影片」能提昇學習者的專注力與興趣, 並使學習者更清楚理解與感同身受所描繪之歷史情境

根據實施「科學史影片」現場的課室觀察 (V2-2) (V5-2), 學生們大多能專注於影片內容的呈現; 學生小維認為透過影片的教學, 能使其學習較不單調。以下即呈現課後的學生晤談。

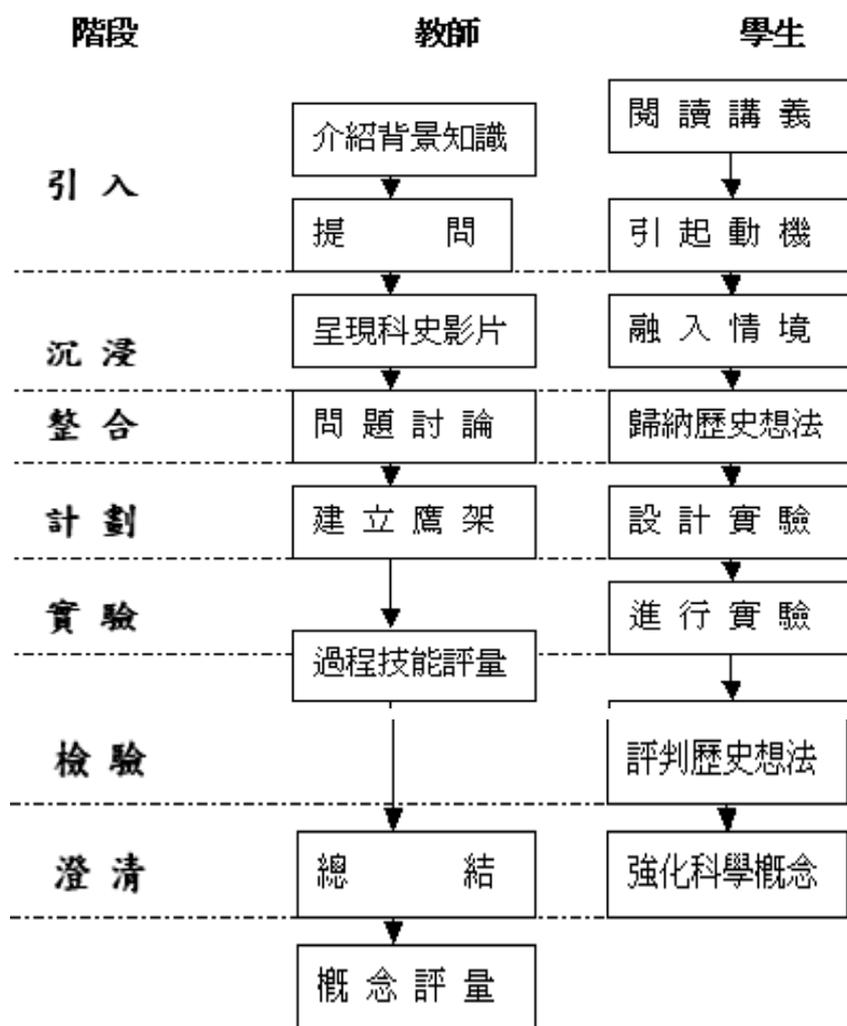
S_維: 我覺得看影片的部分會讓人更清楚且容易了解。如果沒有影片, 會覺得整個(學習)過程很單調。 (I5-1)

S_珊: 我喜好影片部分, 因為可以看到實際的環境, 資料和老師講的只能想像, 寫得好或講得好可更帶入情境, 但不見得所有的都會這樣。

(I3-1)

S_婷: 影片那一部分讓我印象最深刻。尤其是呈現鑽大砲實驗的部分, 讓我覺得更容易瞭解整個實驗的情形。(I3-2)

此外, 晤談學生們亦全表示, 他們喜歡影片內容, 也對其印象深刻。綜合上述資料, 學生們表示: 透過影片, 使他們更清楚瞭解閱讀資料裡所要呈現的內容與更深入歷史情境。



圖二：錨定歷史教學模式圖

2. 「創意性寫作」顯示學習者喜好教學內容，漸能明白課程設計與科學實驗間的連結，以及，在概念學習上亦有所增進

「創意性寫作」則呈現出學生對該教學的喜愛程度，對於檢驗熱質說的有效性，亦能提出合理的質疑，以及，檢核與精練自己的想法。以下即呈現二位學生寫作內容。

我今天在學校做了一些有關熱的實驗。例如：一個馬鈴薯、二個馬鈴薯...等，每個都可以玩、吃，做實驗，這個實驗都很好玩，我希望以後可以多多做實驗。 (C3-29)

上次侖福特提出「熱並沒有數目、重量」，我認為是對的。因為我的實驗與一些組別的結果相反，讓我覺得很沒有把握，因此，當知道侖福特的想法時，我很高興，因為如果真

的有熱質的存在，大家的結果應會同時變重或變輕。(C3-22)

其次，透過寫作，學生亦表示自己進行的「製作綠豆沙牛奶」實驗雖與侖福特的實驗不完全相同，但其目的都是一樣的。下述內容即呈現學生漸能理解自己為何要做科學實驗，以及，課程內容與科學實驗的連結關係。

我們利用綠豆沙粉加牛奶，不停的搖去做實驗，雖然跟侖福特的大砲鑽孔機有點不一樣，但性質是一樣的。(C3-27)

謝謝侖福特的晚餐，他幫我解開熱是液體，....我本以為熱就是熱。之前上自然課時就有介紹過熱的傳導，不過，這次上的比較特別，讓我知道很久以前科學家就利用類似的實驗證明了.....原來課程設計與實驗的目的是這樣，我終於瞭解了！(C5-15)

此外，「創意性寫作」亦檢視出學生教學前後的概念轉變；以下即三位學生所發表內容。

我改變了對熱的想法，因為我以前以為熱就是一種東西，現在熱是一種運動讓我覺得很驚奇與佩服。(C5-22)

侖福特用實驗和合理的說法，讓我也開始相信熱是一種運動，改變了我對熱原本的想法，因為侖福特做的實驗讓我相信熱是運動。(C5-22)

侖福特真的徹底改變了我的想法，我原本以為熱只是一種物質，因為聽了侖福特的實驗，而改變了喔...(C5-23)

據此，可端倪出學生們能藉由「創意性寫作」呈現其想法的改變，原先贊同熱質說的同学，在歷經整個教學策略後，也傾向運動說。

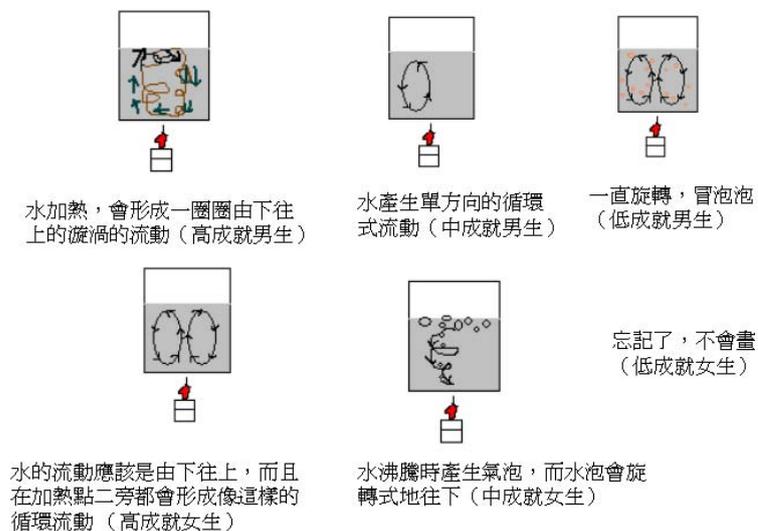
3. 晤談結果顯示學習者在熱對流概念上具正向改變

根據學生在實施本教學前所進行之晤談發現 (I1-1) (I1-2) (I1-3)，六位五年級學生對三年級在「物質與熱」單元中所進行過的「熱對流實驗」的解釋，只有 2 位學生能回答出較正確的答案，下圖三即呈現晤談時，六位晤談學生於所繪製的「熱對流實驗」圖。甚且，即便學生能回答加熱時水流動的情形，但學生均無法注意到該實驗目的之一是在觀察熱對流的情形。以下即呈現二位高程度學生在教學前，均將注意力擺至在水在加熱後之流動的情形，而無法將此現象遷移到熱對流的概念。

S_高：利用酒精燈對燒杯裡的水加熱，會使摻入的微粒，形成一圈圈由下往上的漩渦的流動。這就解釋水流動的

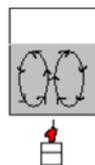
情形。 (I5-1)

S_維：利用酒精燈對燒杯裡的水加熱，水的流動應該是由下往上，而且在加熱點二旁都會形成像這樣的循環流動。這就是我們做實驗所得到的。 (I5-1)



圖三：教學前，對熱的對流之概念 (I1-1) (I1-2) (I1-3)

而根據學生在實施本教學後所進行之晤談發現 (I5-1) (I5-2) (I5-3)，六位五年級學生不僅均能正確繪製較正確的「熱對流實驗」圖，圖四即低成就學生已從完全沒印象 (圖三)，轉變至能正確詮釋加熱時水流動的情形。



學生：蠟燭產生的熱，透過水進行傳遞，這時候水的流動會是由下往上，而且在加熱點二旁都會形成像漩渦式的循環流動

圖四：教學後，對熱的對流之概念 (I5-1) (I5-2) (I5-3)

此外，藉由本教學後，多數學生已能將加熱時水流動的情形，遷移到熱對流的概念。以下即呈現一位中程度學生在教學後，對此「熱對流實驗」的解釋。

S_實：今天我看到影片裡，酒杯裡的酒被蠟燭加熱的情形後，我才知道，原來以前我們做的那個實驗是要我們去看帶有較高的熱能的水是怎麼流的，就是熱能會從高的

傳到低的…被加熱的酒帶有較高的熱，所以往上傳，
因為上面具有比較低的熱能… (I5-2)

藉由上述教學前後的晤談，可看出學生在歷經教學後，已能正確描繪水加熱時的流動情形，不僅如此，還能將此現象連結到熱能會以對流方式進行傳播的概念。根據謝秀月（1990）對師院大一與國小六年級學生對熱與溫度概念的研究指出，學生在這些概念上常見的另有架構主要是「熱乃實體物質的架構」與「熱即溫度的架構」。依據本研究之評量與晤談結果，可發現學生在歷經教學後之「熱乃實體物質的架構」的另有架構已有顯著的改善；但在「熱即溫度的架構」另有架構上則未具有顯著改善。此原因極可能與本研究因侷限研究時間與學生能力而刪除影響此架構之 MindWorks 熱力學單元內容（「水與異丙醇」、「室溫下的物體具有相同溫度」、「溫度與熱的關係」）有關。

五、結論

現今科學史教學雖能解決提昇學生科學本質之問題（Wang & Marsh, 2002），然而，其所面臨之最主要困難仍在：教材不易取得。針對教師們最需要協助的，本研究提出錨定歷史教學模式，希冀藉由專業媒體團隊拍攝好的科學史影片作為教學設計的主軸，透過實際教學過程，呈現可能的教學模式：引入、沉浸、整合、計劃、實驗、檢驗、澄清。而此種結合實驗、創意性寫作的科學史課程設計亦與當前文獻在實施過程中，師生能掌握關鍵概念，利用簡易的器材，設計實驗驗證假設，亦彰顯該教學之靈活與創意，而學習者漸能體悟科學課程與實驗的價值，亦是始料未及的成果展現。

整體而言，「科學史影片」與「實驗」結合的錨定歷史教學確能提昇學生學習興趣，並使學生對科學史情境更感同身受，亦能增進科學概念的學習。然而，本研究尚屬初探性質，在學生的科學本質觀或科學概念上的尚未進行更深入影響與更廣泛樣本的探討，未來，如欲真確了解該教學之成效，可朝該方向努力，也企盼有志從事類似研究或教學推廣者能共謀可行之道。

致謝

本研究的進行承蒙國科會經費之補助，計畫編號為 NSC93-2511-S-018-008，特此致謝。

參考文獻

- 徐新逸 (1995)：「錨式情境教學法」教材設計、發展與應用。《視聽教育》，31，1，14-24。
- 巫俊明 (1997)：科學史事例對學生科學本質的了解、科學態度、及物理學科成績之影響。《物理教育》，1，2，64-84。
- 謝秀月 (1990)：小學、師院學生熱與溫度概念的另有架構，國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Project 2061: Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Hong, A. M., Bhattacharya, S., Helsel, J., Hu, Y., Lee, S., Kim, J., Kim, S., Michael, P. W., Park, C., Sager, S. S., Seo, S., Stark, C., & Yeo, B. (2003). A literature of computer and pedagogy for journalism and communication education. *ProQuest Education Journals*, 57, 4, 399.
- Becker, B. J., Carson, C. L., Long, C. A., & Miller, K.W. (2002). *MindWorks –Thermodynamics*. WestEd : LA.
- Becker, B. J. (2000). MindWorks : Making scientific concepts come alive. *Science and Education*, 9 (3) , 269-78.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1992). The Jasper series as an example of anchored instruction: Theory, program description, and assessment data. *Educational Psychologist*, 27,291-315.
- Duveen, J. & Solomon, J. (1994). The great evolution trial: Use of role-play in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5) , 575-582.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. National Academy Press, Washington DC.
- New Standards. (1997). *Performance Standard*. National Academy Press, Washington DC.
- Brown, S. C. (1962). *Count Rumford, physicist extraordinary*. Garden City, N.Y. : Anchor Books.
- Wang, H. A., & Marsh, D. D. (2002). Science instruction with a humanistic twist: Teachers' perception and practice in using the history of science in their Classrooms. *Science and Education*, 11 (2) , 169-189..
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science and Education*,81, 4, 405-24.

The Pilot Study of the AIH (Anchored in History) Teaching Model

Tzu-Shan Cheng¹ Huey-Por Chang²

¹Taipei Municipal Minzu Elementary School

² Department of Physic, National Changhua University of Education

Abstract

The studies of the teaching history of science are always an important issue in science education. However, few studies have integrated the video of the history of science into teaching. Therefore, the major purpose of this study is to develop a course which involves the use of the science history video to see what impacts it may have upon students. This study is based mainly on the principle of case study, with that of action study taken into consideration. On the basis of the AIH (Anchored in History) idea of the MindWorks curriculum designed by the WestEd in the Southwest Regional Laboratory ([SWRL] ,2000) and the teaching model of science history provided by Monk and Osborne (1997) , this study tries to construct the teaching model that fits the AIH idea. Through the implementation of thermodynamics unit, we generalize the procedure of the AIH teaching model. The AIH procedure includes : engagement, immersion, consolidation, plan, experiment, examination and clarification. The result of this study indicates that the video of science history can attract students' attention, and help them understand and identify with the historical context . Furthermore, this curricular design involves experiments in the laboratory, which can not only arouse students' interests and facilitate their understanding of the relationship between the science curriculum and the experiments, but also promote the learning of scientific concepts.

Key words: history of science, video, thermodynamics