

第一章 緒論

本章共分五節，將就研究背景與目的、研究的重要性、研究問題與假說、名詞釋義、研究範圍與限制等分別說明之。

第一節 研究背景與目的

自 Posner 等人(1982)提出要產生概念改變的必要條件後，掀起了概念改變研究的風潮，科學教育的主流從迷思概念、另有架構的鑑別及診斷，逐漸轉變為探討實務上進行概念改變的教學策略。佘曉清 (She, 2002, 2003, 2004a, 2004b) 以科學概念的本質為基礎，針對概念本身內涵的複雜性及階層性和學生對於科學概念的信念，發展出「雙重情境學習模式(Dual situated learning model, DSLM)」的教學策略，並已實際應用於班級教學環境，獲致明顯的教學成效，於是本研究即採用 DSLM 的教學模式為基礎，來設計概念改變的學習課程。

教育部頒布的九年一貫課程綱要中，指出「推理」是學生必須學習的重要科學過程技能。Lawson(1988)認為以學生的另有概念為主題，發展科學推理能力的教學，可以整合科學教育兩大傳統支派：Piaget 的「推理學習」和 Ausubel 的「概念獲得」，成為新的教學方向，達成更全面性的教學內涵。Piaget 將兒童的認知階段分為四個時期，而分類的依據則是兒童所運用的推理方式；Ausubel 主張教學要以學生的先備概念為基礎，讓學生藉由已知的概念逐漸擴展，以獲得新的概念。如果在學生建構概念的過程中，能夠透過推理的方式先進行概念的澄清和價值判斷，幫助學生決定對於該概念的取捨，將能使學生更有效的建構概念。因此概念的獲得和推理能力的提昇在科學教育的領域中是同等重要的，本研究即結合了科學推理和概念改變的理論來進行課程的設計。而 Lawson(1978, 1987, 2002, 2003)所設計的科學推理測驗，內容系統層級分明且實施簡便，適合學生大量施測，本研究即採用此測驗做為評量學生科學推理能力的測量工具。近年來兩階層式測驗的開發成為教學研究的主流之一，它原本是為了診斷學生的另有概念成因而發展出來的工具，它的形式恰好適合在教學主題單元的概念中，分析學生在進行科學推理時所提出的理由，本研究依此觀念設計了主題相依的推理測驗，做為檢測學生在燃燒概念相關推理能力的測量工具。

在國小的自然科學課程中，「燃燒」單元是氧化還原反應概念的基礎課程，對於化學概念的學習佔有重要的地位。然而由於在一般教室情境的大

班教學過程中，不易呈現化學變化微觀及抽象的特質，使得學生在此單元概念的理解上有相當的困難，更成為未來進階化學概念學習的障礙，於是本研究選取了此單元做為網路化推理學習課程的主題。

國內教育風潮自推行教育改革以來，建構主義成為主流並促使在課程活動設計上，力求改變過去傳統以教師為中心的缺點，成為以學生為中心的設計。而網路化的學習環境，一方面因應資訊科技的快速成長，另一方面正符合建構主義的精神，讓學生主動學習建構知識，網路課程的研究及開發已成為未來教育的趨勢之一。本研究結合 DSLM、科學推理理論以及網路化學習環境來設計學習課程，期許能有效的進行燃燒概念的重建及另有概念的改變，並提昇學生的科學推理能力。

因此本研究的目的如下：

- 1.結合雙重情境學習模式(DSLM)、科學推理(Scientific reasoning)和網路學習(Web learning)的理論，建構發展「燃燒」單元的網路化學習課程。
- 2.探討不同教學模式(網路化 DSLM 和傳統一般教學模式)、不同自然與生活科技學業成就(學業成就高分組及低分組)及不同科學推理能力(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)對「燃燒」概念建構與改變、科學推理能力提升的影響。
- 3.分析不同教學模式的學生在「燃燒」單元學習前後所具有的概念狀況及運用的推理層級，來探討兩組學生在概念建構與改變、科學推理能力表現的差異情形。
- 4.探討實驗組在經過網路化 DSLM 教學後，不同科學推理能力、不同學業成就的學生，在概念建構與改變以及科學推理能力表現的學習歷程。

第二節 研究的重要性

過去國內外已有多位學者對國中小學生氧化作用另有概念進行研究 (Schollum, 1981a, 1981b, 1982; BouJaoude, 1991; Andersson, 1990; Prieto 等人, 1992; 張容君與周進洋, 2001)，然而進一步對於國小學生氧化作用的另有概念，進行概念改變教學的實徵性研究，目前仍然不多，本研究對於「燃燒」相關概念，進行了一系列的研究與探討，同時也發展出有效的學習課程。

雙重情境學習模式(Dual Situated Learning Model, DSLM)同時兼容認知

心理學派(Chi 等人, 1994; Thagard, 1992)分析概念本質的理論基礎, 以及科學教育學派(Hewson & Hewson, 1983; Driver & Oldham, 1986)注重學生既有概念, 進而發展出概念改變模式。同時運用 DSLM 在中學階段自然與生活科技領域的概念改變如浮力(She, 2002)、大氣壓力(She, 2002)、熱的傳導與對流(She, 2003)、熱傳播(She, 2004a)、溶解和擴散(She, 2004b)、動物生殖(Tang, She & Lee, 2005)等實徵性研究上均獲得良好成效, 使 70%~90%的學生成功進行概念改變。易國榮和余曉清(2004)曾以網路化 DSLM 對國小學生進行「黴菌」單元的概念改變教學亦得到顯著的結果, 教學後能夠將課程內概念應用到新情境的學生可達 58%~96%。然而目前 DSLM 在國小階段的實徵性研究仍不多, 本研究企圖以 DSLM 為基礎, 從學生在網路化課程中概念改變的歷程, 更進一步對國小學生的概念改變進行研究。

科學推理在科學教育的領域中, 一直是許多專家學者研究的主題(Kuhn, 1993; Vosniadou & Brewer, 1992; Driver, Leach, Millar & Scott, 1995; Hogan, Nastasi, & Pressley, 2000; Lawson & Johnson, 2002), 學生在建構知識時, 如果能夠運用更好的推理策略及過程, 對於概念間的連結及概念架構的一致性會有更大的助益, 因此本研究結合科學推理與 DSLM 進行課程設計。國內亦有相關科學推理的研究進行, 但是尚未有同時就學生科學推理能力和概念改變兩個因素進行探討的教學研究, 本研究試圖從這兩個因素切入, 分析學生的概念改變和推理能力之表現。

電腦網路化的學習環境可以打破時空的限制, 呈現多樣化的媒體素材, 引發學生的動機促進學生主動學習, 並且擁有較好的學習策略以獲得較佳的學習成效。因此本研究採用網路的學習環境, 以 DSLM 的教學理論為基礎, 結合科學推理設計出有效的網路化教學課程以協助學生科學概念的改變, 增進學生科學推理能力, 並藉此探討了概念改變和科學推理能力之間的關係。

第三節 研究問題與假說

為了探討學生在「燃燒」單元概念建構與改變、科學推理能力表現的狀況, 本研究採用「燃燒單元學習成就測驗」、「燃燒單元主題相依推理測驗」以及「科學推理測驗」三個測驗工具來進行評量, 以獲得教學前後相關改變的狀況。

其次為了分析學生在「燃燒」單元學習前後所具有的概念狀況及運用的推理層級, 本研究修改語意流程圖(Flow Map)的操作方式來分析學生的晤談資料, 以概念數目、正確概念得分來探討學生的概念狀況, 並探討概念

改變量，即比較學生在(1)「教學前」和「教學後」晤談之間，(2)「教學後」和「追蹤」晤談之間，概念改變的四種情形：「維持全對」、「進步」、「維持原有狀況」和「退步」的變化。另外以修改自 Hogan 等人(2000)定義的四個推理層級：概述(Generativity, G)、精緻化(Elaboration, EL)、判斷(Justification, J)和解釋(Explanation, EX)，來探討學生所運用科學推理層級的情形。

再者為了呈現學生在網路化 DSLM 教學前後，概念建構改變以及科學推理能力表現的學習歷程，本研究將學生在網路環境中的答題情形和運用科學推理的狀況依學習事件先後順序依次整理，以四種型式：「對—對」、「錯—對」、「對—錯」、「錯—錯」來表示學生在學習前後概念改變的歷程，另外利用上述四個推理層級，以交叉表敘述性統計的方式呈現學生在運用推理能力的狀況。

基於研究背景和目的，本研究的問題與假設如下：

- 一、不同教學模式(實驗組、對照組)、學業成就(高、低分組) 與科學推理能力(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)，對學生在「燃燒」單元的學習成就有何差異？
 - 1-1 不同的教學模式的學生其「燃燒」單元學習成就測驗成績(包括後測、追蹤測)達顯著差異。
 - 1-2 不同學業成就的學生其「燃燒」單元學習成就測驗成績(包括後測、追蹤測)達顯著差異。
 - 1-3 不同科學推理能力的學生其「燃燒」單元學習成就測驗成績(包括後測、追蹤測)達顯著差異。
- 二、不同教學模式(實驗組、對照組)、學業成就(高、低分組) 與科學推理能力(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)，對學生在「燃燒」單元的主題相依推理學習成就有何差異？
 - 2-1 不同教學模式的學生其「燃燒」單元主題相依推理測驗成績(後測、追蹤測)達顯著差異。
 - 2-2 不同學業成就的學生其「燃燒」單元主題相依推理測驗成績(後測、追蹤測)達顯著差異。
 - 2-3 不同科學推理能力的學生其「燃燒」單元主題相依推理測驗成績(後測、追蹤測)達顯著差異。
- 三、不同教學模式(實驗組、對照組)、學業成就(高、低分組) 與科學推理能力(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)，對學生科學推理能力表現有何差異？
 - 3-1 不同的教學模式對學生科學推理測驗成績(後測、追蹤測)達顯著差

- 異。
- 3-2 不同學業成就的學生其科學推理測驗成績(後測、追蹤測)達顯著差異。
- 3-3 不同科學推理能力的學生其科學推理測驗成績(後測、追蹤測)達顯著差異。
- 四、透過修改後的語意流程圖(Flow Map)分析三次晤談(教學前、後與追蹤)的資料，分析在不同教學模式(實驗組、對照組)，學生的「概念數」、「正確概念分數」、「推理層級」(概述(G)，精緻化(EL)，判斷(J)，解釋(EX))的改變，以及「概念改變量」的變化為何？
- 4-1 不同的教學模式對學生概念數從「教學前」到「教學後」、「追蹤」的增加達顯著差異。
- 4-2 不同的教學模式對學生正確概念分數從「教學前」到「教學後」、「追蹤」的增加達顯著差異。
- 4-2 不同的教學模式對學生運用推理層級從「教學前」到「教學後」、「追蹤」的改變達顯著差異。
- 4-3 不同的教學模式對學生的概念改變量於「進步」、「維持全對」、「維持半對和全錯」與「退步」等四種類型的改變達顯著差異。
- 五、不同學業成就(高、低分組)、科學推理能力(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)的學生，在融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式下，其網路學習歷程中概念改變情形及其推理層級改變為何？
- 5-1 分析不同的學業成就、科學推理能力在網路化學習歷程中，每一主題各學習事件概念改變的前後變化情形。
- 5-2 分析網路化學習歷程中，每一主題各學習事件前後科學推理層級中概述(G)、精緻化(EL)、判斷(J)、解釋(EX)的改變情形。

第四節 名詞釋義

一、燃燒(combustion)：

燃燒是指可燃物進行劇烈氧化時，產生光和熱的一種化學反應。

二、生鏽(rust)：

狹義的生鏽是指鐵在潮溼的環境下表面產生紅褐色或黑色氧化物的化學反應，廣義則凡是金屬產生類似的氧化作用均稱為生鏽，本研究採廣義的解釋。

三、另有概念(Alternative concept)：

是指學習者詮釋自然現象時，自己所具有的獨特概念，有別於當代科學社群所公認的科學概念架構。這些另有概念往往不易改變，並會影響學習者進一步的學習，值得教育者重視。

四、概念改變(Conceptual change)：

廣意的概念改變包含了概念建構與重建 (Conceptual construction & reconstruction)，學習者的概念架構會隨著自身的心智發展或周圍環境的刺激等因素而產生改變，可能是概念的從無到有、由簡至繁的擴充、部分概念的修正、甚至整個概念的轉移與重建。

五、科學推理(scientific reasoning)：

建構科學知識過程中，如何運用觀察、分類、操弄具體實物、假設等操控變因的思考判斷過程。

六、一般傳統教學模式：

本研究中指依據 93 年牛頓版六上國小自然與生活科技課程教學指引第四單元，以講述、討論、實驗操作等教學法為主所進行的教學活動。

七、雙重情境學習模式(Dual Situation Learning Model, DSLM)：

余曉清(She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)所發展出的概念改變教學模式，同時兼容認知心理學派(Chi 等人, 1994; Thagard, 1992)分析概念本質的理論基礎，以及科學教育學派(Hewson 和 Hewson, 1983; Driver 和 Oldham, 1986)注重學生既有概念或另有概念，進而發展出概念改變模式。此模式共分六個步驟，依序是分析教學單元的科學概念本質、分析學生的另有概念架構、分析學生所缺乏的心智架構、設計雙重情境學習活動、進行概念改變教學、進行挑戰情境活動。

八、學習事件(Learning event)：

是指在雙重情境教學模式中，由問題導引開始，接著利用各種策略進行概念改變教學，最後重新提問剛開始的導引問題，整個過程即稱為一個學習事件。

九、語意流程圖(flow map)：

由 Anderson 和 Demetrius(1993)發展的語意流程圖，將晤談的內容依學生敘述的順序分節以流程圖呈現，並以此圖形資料分析學生的概念架構。本研究以語意流程圖分析學生晤談內容中的概念數、概念正確分數、概念改變量，以及概念推理的層級—概述(G)、精緻化(EL)、判斷(J)、解釋(EX)。

十、概念數：

分析晤談內容時，將受訪者回答問題的完整內容(包含答案及理由說明)以每個概念為單位加以細分，計算後得其概念數。

十一、概念正確分數：

分析晤談內容時，針對學生在各個晤談問題的回答說明中，依概念的正確性分成 0-2 分，計算方式為每一個正確概念得分數為 2 分，半對概念得 1 分，錯誤概念得 0 分。

十二、概念改變量

分析晤談內容時，針對學生在「教學前、後訪談」之間，或「教學後、追蹤訪談」之間，所具有的相關概念以直線加以連結，並以概念的對錯情形分類為「進步」、「維持全對」、「維持半對與全錯」和「退步」四種型態加以討論。

十三、概念推理層級

Hogan 等人(2000)將推理層級的分類為概述(Generativity)、精緻化(Elaboration)、判斷(Justification)、解釋(Explanation)、邏輯演繹(Logical Coherence)及綜合(Synthesis)六大類，本研究因應國小學生推理能力，只取其前四類。

十四、概述(Generativity, G)：

概念推理的最低層級，學生僅以現象的觀察敘述或自己猜測的想法或主張等來解釋待解答的現象，分為 G₀、G₁ 和 G₂。G₀ 是完全沒有任何推理及說明，G₁ 是一個簡單概述，G₂ 是二個以上的概述。

例如：(1)不知道、我忘記了(G₀)。

(2)蠟燭的火是從打火機的火傳過去的(G₁)。

十五、精緻化(Elaboration, EL)：

學生能以科學的術語辭彙或操作方法來解釋待解答的現象，例如加入測量或估計的方式，分為 EL₁ 和 EL₂。EL₁ 和是一個精緻化的說明，EL₂ 是二個以上精緻化的說明。

例如：(1)燃燒的三個條件是可燃物、助燃物、提高溫度達到燃點。

(2)空氣中百分之八十左右是氮氣、百分之二十是氧氣、百分之一是其它氣體和二氧化碳之類。

十六、判斷(Justifications, J)：

在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來解釋現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係來解釋現象，分為 J1 和 J2。J1 是一個判斷的說明，J2 是二個以上判斷的說明。

例如：(1)我記得有一次我用魚缸的水去測酸鹼性質，得知水為中性，而我們都有打氧氣到水中，所以得知把氧氣加到水中，水的酸鹼性不會變化。

(2)因為氧氣比空氣重，所以把氧氣裝入氣球後會使氣球往下降。

十七、解釋(Explanations, EX)：

學生以類似科學模型的作用機制來說明待解答的現象。分為 EX1 和 EX2，EX1 是一個解釋的說明，EX2 是二個以上解釋的說明。

例如：(1)在學校是用二氧化碳來催化雙氧水，它會分解成水和氧氣。

(2)目前工業上製造氧的方式是將空氣施以壓力，使它成為液態，然後利用沸點的差距，這樣就可以分離出氧氣。

十八、網路學習 (e-learning)：

學習者透過設計良好的網路工具進行之有意義的學習活動，本研究中實驗組即採用網路學習。

第五節 研究範圍與限制

本研究的對象為台北市某國小六年級學生兩個班級，不具有全體國小學生的代表特性，教材範圍為九十三學年度牛頓版國小自然與生活科技教科書「燃燒與生鏽」單元相關內容，研究結果若推論至其它群體或教材領域範圍，需特別謹慎衡量。

第二章 文獻探討

本章分為四小節，從概念改變的相關研究開始，整理認知心理學者和科學教育學者們解釋概念改變困難的原因，概念改變教學理論及策略的特點，及本研究選擇採用的 DSLM 理論。第二節整理學者們對科學推理的分類及定義，以及他們對科學推理在科學教育具有重要性的說明，並從這些理論中推展出本研究中的科學推理教學模式。本研究選定「燃燒相關概念」做為教學的主題，第三節整理歸納國內外學者對於燃燒的條件、存有哪些另有概念相關研究的結果。第四節則整理學者認為符合建構主義教學的網路學習課程應具有的特色及相關理論，為本研究採用網路學習教學方式提供了理論的基礎。

第一節 概念改變

一、關於概念改變本質的理論：

概念改變為什麼很困難？有些學者從學生個人和學習情境的角度來解釋，Carey(1986)的概念改變理論指出缺乏科學知識和經驗的兒童在面對自然現象時，只能引用日常生活中熟悉的類似經驗做為「範例」，將新的概念類比包含進原有的概念架構中，因而使得概念架構十分錯綜複雜而不易轉移。Burbules 和 Linn(1988)指出當學生的經驗，能夠部分的支持他們的另有概念時，概念轉移的難度將更為提高，因為這些經驗會增強他們對另有概念的信念，讓他們無法釐清經驗與另有概念之間的關係。Driver(1989)亦認為學生的生活經驗，深植於他們直觀式的科學概念之中，互相緊密結合而造成概念轉移的困難。Tytler(1998)則從實徵性的研究中發現兒童的科學概念和自然現象的情境緊密關聯，概念間架構的複雜性遠超過一般的想像。

亦有學者從概念本身的角度來解釋，有些科學概念太過抽象(Brown,1993)或是微觀(Brook,1984)，學生無法有效的理解而造成改變的困難，例如：可燃物多半容易直接觀察，學習者容易接受可燃物成為燃燒條件之一，但是助燃物及溫度必須達到燃點的過程因太過抽象或不易觀察，學習者的心智狀態往往傾向於排斥、困惑而不容易接受。

Vosniadou 和 Brewer(1987)從皮亞傑認知發展理論中的「同化」(assimilation)和「調適」(accommodation)，更進一步的詮釋成為兩種概念改變的形式「弱重建」(Weak restructuring)和「徹底重建」(radical restructuring)。弱重建讓新的概念能順利加入原有的概念架構，不須更動其原有的核心概念架構；而徹底重建類似 Kuhn(1970)曾提出整個典範移的「科學革命」

(scientific revolution)，在新概念加入時，原有的核心概念架構必須修改，甚至重新建構，因此徹底重建的困難度遠大於弱重建。

Chi(1994)以本體論的觀點將概念分為物質(substance)、過程(processes)和心智狀態(mental states)三個類別的本體樹，彼此相互獨立。所謂「物質」是指擁有靜態特定條件的概念，包含了概念的狀態和屬性；「過程」則是動態發生事件的概念，可能有前後序列或因果關係；「心智狀態」則是抽象情意心理狀態的概念。Chi(1992)指出概念改變可分成「本體樹內的概念改變」(within ontological conceptual change)與「本體樹間的概念改變」(across ontological conceptual change)。其中「本體樹內的概念改變」是指概念改變發生於同一本體樹內的，可以視為是「信念的修正」(belief revision)，概念的結構僅產生局部變化。而「本體樹間的概念改變」，則是指概念改變發生於不同的本體樹之間，概念的結構將產生重大根本的變化。從 Chi 的不相容理論中，她認為學生對於科學概念的不了解，並非這些概念是複雜或是抽象的，而是學生原有的想法事件基模與待學的基模彼此不相容，正因為這種不相容性，要學生放棄原有的想法、觀點或進行同化的過程，是一項非常困難的工作。

Thagard(1992) 則從科學史的發展探討經由科學革命而產生新科學模型的過程，並尋找概念改變何以如此困難的解答。他分析科學概念之間的關係，將其分為三大類：類別關係(kind-relations)、從屬關係(part-relations)和規則(rule)。所謂類別關係是指兩個以上樹狀概念架構之間的關係，從屬關係是指同一個樹狀的概念架構之中，不同位階概念之間的關係，規則是指概念和概念之間連結的方法和原則。Thagard 指出概念改變具有不同的型式及階層性，由容易到困難可分為九個階層，分別是：增加新例子、增加弱規則、增加強規則、增加新的從屬關係、增加新類別的關係、增加新概念、瓦解從屬關係的階層、分枝跳躍重組階層性和樹的遷移。他從對科學史的研究中，指出科學知識發展過程中最常見的是信念的修正、概念的增加或刪減和概念階層簡單的重組，而如同科學革命的分枝跳躍與樹遷移在整個科學發展史上則較為罕見。這也說明了概念的增加或刪減是比較容易容易進行的，而將原有的類別關係或從屬關係重新組織，如概念的分枝跳躍及樹遷移則是很困難的。

以上理論解釋了為什麼概念改變的發生如此困難，但是很可惜的並沒有為教學的實務上，提供一套有效的教學策略。隨後這個目標成為概念改變研究中新的研究方向之一(Wandersee et al, 1994)。

Posner 等人(1982)提出要發生概念改變，必須要滿足四個條件：

- 1)學生必須要「不滿足(dissatisfy)」於現有的概念。
- 2)學生對新的概念必須有基本瞭解，隱含的意義是為概念改變預做準備(intelligible alternative)。
- 3)新的概念必須是合理可行的(plausible)。
- 4)新的概念的解釋能力必須能夠更廣泛而有效(fruitful)。

進一步的，Posner 等人更提出了「概念生態」(conceptual ecology) 的想法。所謂概念生態指的是個體在呈現某個概念時，所隱藏在該概念背後所有概念架構的總和，它的運作猶如自然界維持生態平衡的模式，有幾類因素會影響個人對於新的中心概念的選擇與調適方向，略述於後：

- 1.異例 (Anomalies)：異例會衝擊或挑戰學習者原有的概念架構，將會導致學習者尋找新的概念取代之。
- 2.類比和隱喻 (Analogies and Metaphors)：類比和隱喻可以讓學習者更容易理解並接受新的概念。
- 3.範例和想像(Exemplars and images)：學習者在某個概念上曾經經歷的體驗，會成為他日後解釋這個概念的範例。學習者在對概念的推理思考上曾作過的嘗試、想像而累積的經驗，學習過程中被其他人想法影響(通常為教師)而設立的學習目標及學習過程，這些都會影響到學習者對概念合理性的判斷。
- 4.過去的經驗(Past experience)：如果新概念和學習者過去的經驗相衝突，就不容易被接受。
- 5.認識論的規準 (Epistemological commitments)：學習者對於概念的本質、屬性及其階層自有其判斷規準，會影響到最後概念架構的本體。
- 6.形上學 (哲學) 的信仰和概念 (Metaphysical beliefs and concepts)：形上學的信仰和概念會形成許多不需要理由的假設(例如宇宙間的變化一定有規則可循、或宇宙的架構一定具有對稱性等信念)，這些想法往往左右了學習者的思考方向。
- 7.其他知識 (Other knowledge)：概念有時會受到其他領域知識的交互影響，相互競爭的概念之中，能夠最有效整合原有個人知識架構的新概念，就會被接受而強勢的取代原有概念。

二、關於概念改變教學的研究：

Limon(2001)整理概念改變的教學法，分為三類：(1)認知衝突(Cognitive conflict)，(2)類比教學(Analogy)和(3)合作分享。Posner(1982)提出的概念改變理論時，即包含以「異例」造成認知的衝突；Brown 和 Clement (1989)則利用學生直觀的想法，進行以一系列不斷修飾的中間類比來引導學生自我思考的教學方式；而運用同儕互動社會建構論的理論，達成概念改變更是

教學常使用的教學策略。另外如概念圖(Concept map)(Novak, 1984)，預測-觀察-解釋教學策略(Predict-Observe-Explain, POE) (White & Gunstone, 1992)等，也常被運用在概念改變的教學中。

認知心理學派的學者針對概念的本質進行分析，但是卻無法藉此推展出能夠實際運用的教學策略；科學教育學者所建立的單一概念改變教學策略，並不能因應概念的複雜性，廣泛運用在所有的概念改變教學。余曉清(She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)綜合認知心理學者和科學教育學者的研究，以概念本質的分析與學生對科學概念的看法出發，結合各種概念改變教學理論及策略，提出了雙重情境學習模式。

三、雙重情境學習模式

余曉清(She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)所發展的雙重情境學習模式(Dual situated learning model, DSLM)，使得概念改變的理論，有了實際且有效的教學模式。余曉清(She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)認為學生對於某些科學概念的難以改變是因為需針對概念本身的內涵(複雜度與階層性)來分析概念改變的形式，而不應單以本體論的角度觀測之。若包含的屬性(如：抽象、動態、微觀...等特質)愈多和階層性愈高的概念就愈不易被改變，因此提出了「雙重情境學習模式」(Dual Situated Learning Model)。

情境學習(situated learning)表示概念改變的發生必須根據學生所缺少的心智架構去設計一系列由淺入深、環環相扣的情境學習事件，而每一學習事件必須架構在前一事件之上，使能緊密相關，當科學本質和學生對科學概念的信念被改變時，概念改變也隨之發生。雙重(Dual)的含意之一包括當若有情境學習事件時，一方面製造學生在認知上的不協調，另一方面提供新的心智架構；之二是同時在情境學習過程中一方面要激發科學概念重整的動機，另一方面也要挑戰學生原本的科學信念，以及科學概念的本質與學生對科學的信念的雙重交互影響，所以稱為「雙重情境學習模式」。

DSLM的進行可分成六階段，簡述如下：

第一階段：就欲進行教學的科學概念本質，分析科學概念的屬性和階層性，並以此提供建構此科學概念所需的心智架構(mental sets)。

第二階段：找出屬於此科學概念常見的另有概念。Duit(1995)指出要進行概念改變的教學，還是得從學生目前已知的先備概念著手。此階段需要了解學生已存在的先備概念，以及學生本身對於此概念的理解。

第三階段：分析學生對於建構新的科學概念時，可能缺少的概念架構。

藉由第一階段和第二階段的資料作比較分析，可以找出學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構，來作為設計一連串的 DSLM 情境學習事件的依據。

第四階段：設計雙重情境學習事件。此階段運用的原理即是先設計一連串衝突情境事件讓學生的原有概念無法解決問題，產生不平衡、不滿足的認知狀態。準備接著找出學生可能提出的想法解答，設計讓學生能親自體驗、操作、思考驗證其答案正確性的學習情境，試著將學生缺少的心智架構導入，慢慢讓學生建構較接近科學的概念架構。

第五階段：進行雙重情境學習模式的教學。每一情境事件皆依據學生常見的原有概念，以問題導引開始，學生作答後再藉由設計好的學習事件，讓學生能親自觀察、體驗、操作、思考驗證其答案的正確性，將學生缺少的心智架構導入，讓學生建構更接近科學概念的概念架構。學習事件後會要求學生再一次回答學習事件開始的導引問題，讓學生重新評估比較自己原有的和在事件中所學的概念架構，達成深層的概念重建。

第六階段：挑戰情境學習事件。這個階段檢驗學生是否真的在教學過程中獲得原來缺少的心智架構，讓學生能運用新的科學概念來解決類似情境的學習事件，並藉此擴展學生概念之間的連結及穩固性。

雙重情境學習模式(DSLM)的概念改變策略揚棄單以本體論作為概念分析的方式，改以概念本身包含的屬性與階層性的觀點切入，分析概念改變的可能性，是一項創新的觀點。

此模式的重大特色是概念改變教學設計必須建立在理化概念本質與學生理化迷思概念之本體架構的分析之上，而此概念改變的過程必須挑戰學生的科學知識之本體觀信念(ontological beliefs)，以理解學生究竟缺乏哪些心智結構因而無法建立完整的概念。其次，本模式另一個重點是所設計的雙重情境學習活動必須兼具產生不和諧(dissonance)以及提供新的心智結構(new mental set)的功能，而該架構正如 Posner 和 Strike (1982)所建議的，對於學習者是合理、易理解、有利、有效的，同時學習活動的設計必須要使學生親眼見到具體的實物或模型等促使概念的重新建構得以產生。當產生不和諧的過程中，則同時引發學生的學習動機、興趣、好奇心與挑戰學生科學概念的信念，概念改變才有可能達成。

雙重情境學習模式實徵研究的結果證明當概念的階層愈高，所包含的相關基礎概念愈多，概念建構或改變的困難度就愈高(She, 2002)。究竟需多少雙重情境學習事件，才能協助學生建構或重建科學概念，需視概念的階

層性與學生所欠缺的心智架構來決定。雙重情境學習模式已實際應用在不同類別的學科課堂教學，如浮力(She, 2002)、熱膨脹(She, 2003)、熱傳播(She, 2004a)、溶解和擴散(She, 2004b)、動物生殖(Tang, She & Lee, 2005)、黴菌(易國榮, 余曉清, 2004)等，並證明可克服不同本質的理化概念（如：微觀的、抽象的、過程的、高階層性的）教學上的困難，促使 70%~95%學生產生概念改變。

本研究即採用雙重情境學習模式概念改變教學策略，進行燃燒的概念改變教學設計。

第二節 科學推理

學生在學習科學時，常可藉由觀察、操作的直觀方式來理解科學概念，但是在教學的情境中，無法呈現所有的科學現象，於是就必須藉由間接的認知來達成概念的理解，而所謂間接的認知正是「推理」。

一、科學推理的定義

Glynn 等人(1996)曾以認知模式將學生在推理科學現象時的心智過程，做出詳細的描述。學生在工作記憶區對外界的科學現象進行推理時，會引用存放在長期記憶區中的科學事實、原則與技能。

這些技能包括了科學的基本方法和統整方法，基本方法如觀察、分類、傳達、應用數字和測量、預測等；統整方法則包括了控制變因、繪製圖表、解釋變因、獲取和處理資料間的關係、下操作型定義、設計實驗並驗證等。在經過了工作區將外界的情境和內在的理論及模式，進行認知推理過程和建立新的聯結後，學生個人會對外界的情境做出結論和解釋，而在內在的長期記憶區中則會修正或建立新的理論和模式，這個過程如圖 2.3.1(改繪自 Glynn 等人, 1991)。

一般而言在推理的方法上，最常用的兩種推理方法為「演繹推理」(Deductive reasoning)和「歸納推理」(Inductive reasoning) (Chalmer, 1982)。演繹推理依據邏輯命題，以已知的一般原理為基礎，去推論某類事物特殊事例的真偽，其主要型式可分為兩大類：

1. 條件推理(conditional reasoning)，以若...則(if...then)的邏輯命題得到結論。例如：學生觀察到蠟燭燃燒時需要在開放空間中進行，以廣口瓶蓋住燃燒中的蠟燭會使蠟燭熄滅，學生因而可能做出如果(if)沒有空氣，則(then)蠟燭無法進行燃燒作用的推論。

2.三段論法(syllogistic reasoning)，以兩個邏輯命題經過推理而得出結論。依邏輯命題的性質內容又分為

(1)線性演繹法(linear syllogism)：邏輯命題之間的位階關係相等。

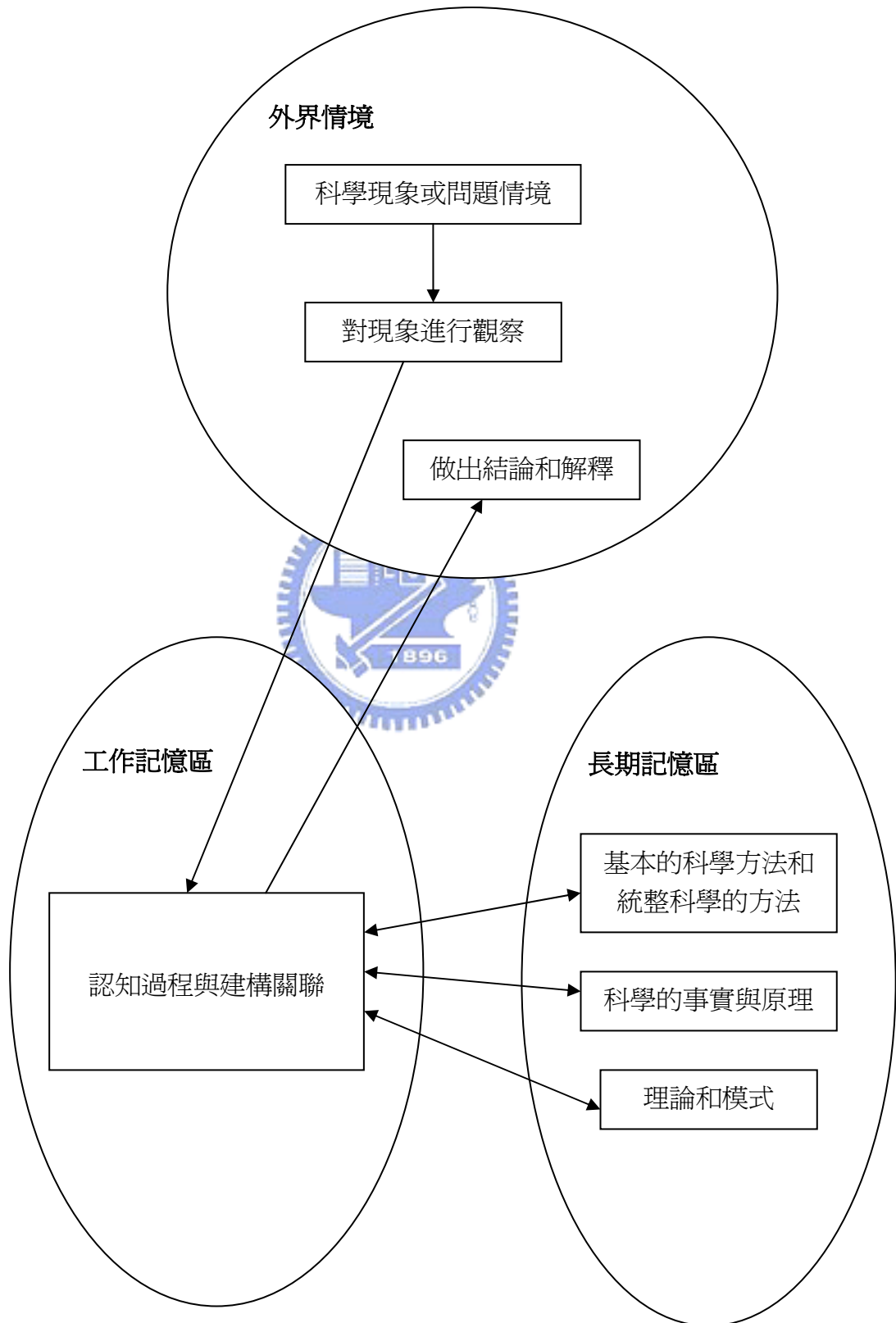


圖 2.3.1 學生進行推理時的認知模式

例如：鐵會生鏽(第一命題)，生鏽需要氧氣(第二命題)，則鐵生鏽時也需要氧氣(結論)。

(2)分類演繹法(categorical syllogism)：邏輯命題之間的位階關係有階層性。例如：學生知道氣球內裝入比重大於空氣的氣體會使氣球下沉(主要命題)，當看到氧氣裝入氣球後使氣球下沉的現象(次要命題)，則可能推論氧氣的比重會大於空氣(結論)

歸納推理則是藉由觀察眾多個別事物的特質，從其中抽取出一般規律的共通性並概括到同類事物上，一般而言歸納法所運用的技巧，大致可分為兩大類：

- 1.因果推論：是由對個別事物的性質的觀察或資料做為前提，經由可能的因果推論，尋求其中共通性而推導出結論。例如由燕子是鳥(個別事物)、鴿子也是鳥(個別事物)...牠們都會飛(共通性)，得到鳥都會飛的結論(結論)。
- 2.分類推廣(categorical inferences)：從一類事物中選擇一個標本作為原型進行研究，然後將其顯現的屬性向上推廣至所有該類事物皆可能具有的普遍屬性。一般的運用為由下而上(bottom-up)以相同的模板、原型、特徵、結構的模式為前提，或依個人知識架構之下相關背景由上而下(top-down)來進行推廣的歸納。

然而在歸納法的推演中，前提只是結論的充分條件，結論所推斷的部分已超過前提所涵蓋的範圍，所以結論不具有必然性。但是由於自然界中充滿了太大的變異性，用歸納法可以有效的預測未知事件，隨著新的觀察事例增加，更可以逐漸修正結論使預測的不確定性大為降低。例如：學生可能從觀察鐵、銅、鋁等金屬(個別事物)生鏽的現象(共通性)，而推導出金屬都會生鏽(結論)，但是在觀察過黃金、鉑等金屬的特性後(新的事例)，則重新歸納得到並非所有的金屬都會生鏽(修正的結論)。

二、推理的相關研究

(一) Kuhn 對批判性思考和科學推理的研究

Kuhn(1993)認為個人進行科學推理思考的過程恰似一場理性的辯論，無需像一般對話式的辯論般強烈表達自己的主張，只要依個人原有的信念，從已知的正、反證據中進行判斷性思考，得到最後結論或做出判斷。她為了探討科學推理和批判式思考的關係，對 160 位從 9 年級學生到 60 歲的受訪者進行訪談，並從辯論的角度，以證據(evidence)、另有理論(alternative theories)、反詰(counterargument)、反證(rebuttal)四個向度分析受訪者的回答

內容，以了解他們推理運作的程度。她的研究結果顯示在「性別」、「年齡」不同分組間的推理能力並沒有顯著的差異，只有在「教育程度」的分組上，大學以上教育程度的受訪者在應用辯論技巧來推理的能力明顯優於高中以下程度的受訪者，這表示在過去中小學的教育課程中，尚不能使學生具備足夠的推理技能。

(二) Vosniadou 和 Brewer 對兒童科學推理的詮釋

兒童在建構理論時是否運用到推理方式？皮亞傑認為若要進行科學的推理過程，需要先要有一定的邏輯能力才能完成。因此過去在教學實務上多半認為，小學階段的兒童屬於具體運思期，故無法進行抽象的科學推理過程，故鮮少進行較抽象的科學推理教學。但是之後的學者 Driver 和 Easley(1978)、Carey(1985)、McCloskey(1988)等人認為兒童建構科學理論的方法其實和科學家十分類似。Brewer 和 Samarapungavan(1991)以天文學的主題——地球的形狀為主題，對國小學童進行個別訪談，探討兒童如何應用自身的科學推理能力，來解釋他們所認知的地球形狀。

Vosniadou 和 Brewer(1992)並在後續的研究中歸納出兒童所建構的地球形狀有矩形、圓碟形、扁平和球體並存、中空球體、扁平球體和完整的球體等不同的型式。以中空球體模型為例，兒童在形成這個模型的過程中，運用了他們學得的知識(地球是球體)和既有日常生活的經驗(地面是平的)來進行推理，建構地球形狀的模型。兒童調和兩個衝突的概念，完整的融合入自己概念架構中，使他們所建立模型具有解釋力，解決了概念衝突所造成的不滿足。儘管他們所建立出來的模型不合於現今科學社群所公認的科學概念架構，但是他們在整合概念過程中，已表現出具備了一定的推理能力，是不爭的事實。因此在科學課程中適時的引導，可以使兒童有更多的機會操作推理的技巧，對兒童心智的成長當有一定的助益。

(三) Driver 的知識論推理(Epistemological reasoning)

Driver(1995)以知識論的觀點，從學生如何進行科學探索活動(science enquiry)、學生如何看待科學理論的本質和狀態，以及學生「使用理論所作的解釋」和「對證據的描述」之間的關係，來分析學生進行科學推理活動的表徵，並將推理歸納為三類：

1. 現象推理(Phenomenon-based reasoning)

- (1)科學理論：理論來自於對現象的描述，常常是情境依賴的。
- (2)解釋和描述：學生將對現象的描述直接作為證據，和理論解釋之間的說法並沒有區別。

(3)科學探索：直接觀察自然現象，或設計活動在嘗試操作後觀察結果和現象。

2.關係推理(Relation-based reasoning)

(1)科學理論：理論來自歸納法，於經驗的概括化中浮現，找出可觀察或假定存在的現象中，所包含的特性或變數之間的關係。可以用兩種方式達成：

a.變數間的相關：如「晶體越大、溶解越慢」。

b.線性因果推理：如「熱使空氣上升，空氣上升使熱氣球擴張開來」。但是這以上兩者會互相干擾，因為線性因果推理的關係，使得在進行變數相關的推理時，傾向只接受一個原因而忽視其它可能的原因的情形。

(2)解釋和描述：仍然用對現象的觀察來作為證據描述，以變數之間的關連做為解釋的理論依據，缺乏對潛在理化機制的說明。

(3)科學探索：決定現象中可辨識的特性或變因來描述現象的行為，設計實驗、控制變因、計畫觀察的變項，最後探討起始因子和結果之間的關係。

3.模型推理(Model-based reasoning)

(1)科學理論：理論無法直接由現象的觀察資料推論得到，而是經由「創意」來產生理論模型，同時存在多個可能的理論模型，理論的存在是暫時性的，可以從「對現象的觀察」和「推論的理論模型」之間的一致性來評估理論的優劣。

(2)解釋和描述：理論解釋並非來自於觀察，而是以理論系統的理化機制來解釋。例如說明熱氣球上升這類巨觀的現象時，是以假定的實體「氣體分子」的行為來解釋。

(3)科學探索：以證據來評估各種模型的優劣。

(四)Hogan 對推理的分類和層級的定義

Hogan 和 Fisherkeller(2000)將科學推理的種類分為六種型式：

- 1.分析式推理(analytical reasoning)：檢查整體的組成 以及他們的功能是怎麼結合起來的，包括分析個體的推理成分，例如假定、主張及解釋。
- 2.類比式推理(analogical reasoning)：分析兩件或多件事情之間的相似點，通常藉著一些相似案例的比較，了解或找出新奇狀況、想法或問題的重大特徵。
- 3.對話式推理(dialogical reasoning)：考量不同的觀點或在多元參考架構中思考。對話式推理的另一種形式是辯證式推理(dialectical reasoning)，即測試

對立觀點的強弱。

- 4.推論式推理(inferential reasoning)：連結兩個狀況而後得到結論，因為某事如何而導致此事如何。推論式思考有兩種形式，歸納思考是由特定的事例(instances)或證據而得到結論及通則；演繹思考是利用普遍的原理(general principle)或前提(premises)形成結論解釋事例。
- 5.評價式推理(evaluative reasoning)：根據一些外在判準去評斷想法、論點或知識主張的價值或品質。
- 6.統整式推理(integrative reasoning)：把不同的資訊或知識來源組合成一個整體。

Hogan 等人(2000)對 12 個八年級學生進行訪談，並將學生回答的內容依科學推理分為六個層級：

- 1.概述(Generativity)：學生以直觀的觀察結果或質樸的想法及主張等較低階的思考來說明待解答的現象。
- 2.精緻化(Elaboration)：能以科學的方式敘述待解答的現象，例如加入測量或估計的方式。
- 3.判斷(Justification)：可分為「證據取向」及「推論取向」兩類來確認判斷待解答的現象。學生的每個想法能運用越多的證據及推論來確認判斷，給分越高。
- 4.解釋(Explanation)：學生以作用機制來說明待解答的現象，採用的機制越多，得分越高。
- 5.邏輯演繹(Logical coherence)：學生對現象的論述中包含了判斷或解釋，這些論述並不嚴格要求概念的正確性，主要評斷學生所做的判斷及解釋，是否依照原先的前提和假設進行邏輯演繹而得。
- 6.綜合(Synthesis)：評斷學生是否、如何在對現象的論述中，整合正反兩方相反的觀點，它足以顯現出學生具有辯證思考等高階思考的能力。

Hogan 的推理層級從 Driver 的認識論角度來看，概述和精緻化的能力相當於現象推理的層級，論證的能力則相當於關係推理的層級，解釋以上的能力則相當於模型推理的層級。本研究參考並簡化 Driver 和 Hogan 的推理層級分類，將學生在晤談時所運用的推理層級定為四級：

- 1.概述(Generativity)：學生僅以現象的觀察敘述或自己猜測的想法或主張等來解釋待解答的現象。
- 2.精緻化(Elaboration)：學生能以科學的用語或操作方法來解釋待解答的現象，例如加入測量或估計的方式。

3.判斷(Justifications)：在「證據取向」方面，學生能利用實驗中變因之間的關係來解釋現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係來解釋現象。

4.解釋(Explanations)：學生以類似科學模型的作用機制來說明待解答的現象。

(五) Keys 所提出的推理技巧類別

Keys(1995)以社會建構論的角度研究學生合作進行科學寫作的情形，並從作品內容的模式(pattern)中整理出有用的推理技巧：

1.評估科學現象的既有模型

(a)提出預測(posing prediction)：以個人直覺觀念、先備知識或特定的資料中提出未來事件可能的結果，在此過程中可以同時考慮多個預測的假設。

(b)評量預測(evaluating prediction)：判斷此提出預測的適切性。

(c)解釋—辯護預測(explaining-justifying prediction)：以個人直覺觀念、先備知識或教科書上的資料，說明並辯護提出的預測。

2.針對科學現象產生新的模型

(a)評估觀察對象(evaluating observations)：決定觀察目標的適切性和是否可由此觀察推導出結論。

(b)找出模式和特質(identifying patterns and properties)：以模式(pattern)來表達觀察資料，將資料整理成為模式，指出資料中特定目標或符號的同通性。

(c)提出結論(drawing conclusions)：說明科學事件的結果，並和原先預測的結果互相比較。

(d)形成模型(formulating)

3.擴展模型到新的情境

(a)推理(inferring)

(b)比較/對比(comparing/contrasting)

(4)支持其他形式的推理

(a)討論概念意義(discussing concept meaning)

(b)定義出相對訊息(identifying relevant information)

(六) Tytler 對兒童科學推理能力的研究

為了瞭解兒童的科學推理能力發展過程，Tytler & Peterson (2004) 提出了四個向度來探討國小學童的科學推理能力：

- (1)本質的探索(The nature of exploration)
- (2)知識處理過程的深度(The depth of processing)
- (3)處理競爭知識回應的能力(Responses to competing knowledge claims)
- (4)處理變數(handling variables)。

在 Tytler & Peterson (2004)的研究中對於孩童面對不同的科學任務所做的訪談紀錄，依據其所提出的科學推理能力的架構進行分類，結果顯示出孩童具有不同層次的科學推理能力，而且在面對不同的科學任務時，會展現並使用不同的科學推理能力。他並且進一步地指出孩童的科學推理能力與孩童是否能進行較為高層次的解釋能力間有著緊密的關聯性。

(七)Lawson 發展的「科學推理測驗」對科學推理層級的畫分

Lawson(1988)曾說明學生另有概念及推理能力之間的關係，另有概念大多來自個人過去的經驗，如何才能夠否決這些另有概念，首先學生必須對科學概念產生覺醒，產生新的假設，接著要對證據和推理覺醒，了解證據如何支持科學概念並與另有概念相衝突，藉由資料收集、實驗、邏輯演繹的推理和辯論方式，對假設進行驗證。當邏輯推理能力增加時，另有概念的數目自然也就降低了。本研究採用的科學推理測驗，即基於 Lawson 所編寫的 Classroom Test of Scientific Reasoning(Lawson,1978；1987；2002)，它共有十二題兩階段測驗，題目所測驗的科學概念有：重量守恆(conservation of weight)、體積守恆(conservation of displaced volume)、比例思考(proportional thinking)、進階比例思考(advanced proportional thinking)、定義與控制變數(identification and control of variables)、可能性思考(probabilistic thinking)、進階可能性思考(advance probabilistic thinking)、相關性思考，包括比例與可能性(correlation thinking)、假設演繹思考(hypothetico-deductive thinking)，計分方式需要兩階段均答對才給一分。

Lawson(2002)把科學推理分成三個層次，Level 3-描述性層次(descriptive level)，測驗分數 0-4 分，與皮亞傑的具體操作期相似，只能運用描述性的概念；轉變階層(transitional level)，測驗分數 5-8 分，介於 Level 3 與 Level 4 之間；Level 4-進階層次(advanced level)測驗分數 9-12，相似於皮亞傑形式運思期，可運用描述性和假設性的概念，且只能以具體可見物體進行假設；最後，Level 5-更進階層次(more advanced level)，可運用一些理論(theory)的概念進行假設，也就是說此階段的學生具備描述性(descriptive)、假設性(hypothetical)和理論性(theoretical)的概念。是以本研究綜合以上學者的推理

論點，進而發展以科學推理為主要取向的燃燒課程。

測量學生推理能力的量化分析中，一般的科學推理能力測驗則採用了 Lawson(1978, 1987, 2002)科學推理測驗(Classroom Test of Scientific Reasoning)，測量學生一般的科學推理能力(包括解釋、假設與驗證等科學推理技巧)。但是影響學生推理能力的因素中，可以歸納出：1.年齡：Piaget認為學生在不同的時期(如具體運思期或形式運思期等)，推理能力亦不相同；2.科學本質：不同假設性的概念形式時，會呈現出多樣的心智基模能力(Lawson, 1992)；3.學習背景(Faulkner, et al., 2002)；4.教學中的引導(Vosniadou & Brewer, 1992)；5.學生的知識觀點(Hogan, 2000a)；6.根據不同類型的概念，使用不同的推理能力(Tytler & Peterson, 2004)。

因此學生的推理能力，除了一般的科學推理能力之外，還需考慮與學生學習相關主題的概念推理能力，於是研究者依據多年教學實務經驗及國中、小學生常見的燃燒另有概念相關研究(鄭世興，2001；郭國成，2002；李銘川，2003)，整理編寫四十一題燃燒主題相依推理測驗題，其主要目的在於探討學生經過教學之後，是否會因為學生對於內容的了解，而增進了學生對該概念的推理能力。

第三節 燃燒概念相關研究

「燃燒」是重要的基礎化學概念，一般而言在國小階段主要課程內容包括燃燒、氧氣與二氧化碳的性質和生鏽等。它的過程牽涉到相當多相關的物理及化學原理，例如光、熱、毛細現象、氧化還原等等。多年來有多位國內外學者針對「燃燒概念」與「生鏽概念」進行相關研究，特別是另有概念的診斷及整理。現在整理如下：

一、國外學者的研究部分：

(一)Schollum(1981a,1981b,1982)

他針對紐西蘭 11-17 歲的學生進行研究，利用事件晤談的方式，得到兒童對燃燒與生鏽的另有概念如下：

- 1.空氣並不參與燃燒作用。
- 2.燃燒產生的火焰是由眾多小火焰所組成。
- 3.燃燒後不會產生新的物質。
- 4.物質蒸發時便進行燃燒。
- 5.燃燒的火焰中並沒有粒子存在。
- 6.燃燒的火焰會破壞粒子。

- 7.燃燒的物質並非由粒子所組成。
- 8.鏽是保護層使鐵釘不再被破壞。
- 9.鏽存在於閃亮的鐵釘內部，移除鐵釘的外表後鐵鏽就會出現。
- 10.鏽原本存在於空氣中，經過某種過程附著在鐵釘上。
- 11.水和某些雜質會產生鏽。
- 12.鏽是水份腐蝕鐵釘的結果。

(二) Driver(1985)

他提出兒童對物質燃燒的看法為：

- 1.燃燒現象包含物質變紅及火焰出現。
- 2.燃燒必須有氧及空氣
- 3.物質燃燒後重量會減少
- 4.物質燃燒後會產生煙或類似物質
- 5.固體的殘留灰燼是不可燃的
- 6.火焰是由火柴傳遞過來的

(三) BouJaoude(1991)

他對 20 名 8 年級的中學生，就燃燒主題進行訪談，發現學生所具有的燃燒概念是片斷、不連續的，且與科學知識相異。學生的回答多半來自他們具體觀察燃燒現象所得，並以記憶的資料來解釋所觀察到的現象。他們所具有的另有概念為：

- 1.蠟燭燃燒只是融化後再凝固的物理變化，且重量不會改變。
- 2.蠟燭燃燒後重量減少是因為燭芯燒掉了。
- 3.蠟燭燃燒後重量減少是因為蠟蒸發了。
- 4.蠟燭、酒精和氧氣並不會主動參與燃燒。
- 5.物質燃燒的過程中不會產生化學變化。
- 6.蒸發和燃燒是同義詞。
- 7.物質變化和化學變化是同義詞。

(三) Andersson 和 Prieto 等人

Andersson(1990)研究分析學生在回答物理或化學問題時，可以將回答內容依物質變化的情形分為五個類別：

- 1.就是如此(It just like that)：完全沒有解釋及推理，也是一般人處理未知事物的態度，回答大多是情境依賴的。例如他問學生為什麼經過一

- 段使用時間後，銅製熱水管和銅製冷水管相比顏色會比較深？有學生回答「所有銅製水管都是如此變化」，或是「被另一層銅覆蓋了」。
2. 位移改變(Displacement)：指學生認為物質產生變化僅是位移的結果。例如他問學生認為銅製水管上深色層是如何出現的？學生回答「是水管內熱水的蒸氣穿透水管而形成的」、「水管外附著的灰塵及髒污因為受熱而逐漸增厚形成的」或是「空氣中的『金屬分子』黏在水管的表面形成的」。
 3. 狀態改變(Modification)：指新的物質僅有某個特性發生變化，事實上仍維持原有的種類及性質，例如他同樣問學生銅管生鏽的問題，學生回答「是熱改變了銅的顏色」、「熱使銅鬆動了，熱水停止流動後，銅重新固化後形成的」。
 4. 性質轉變(Transmutation)：指物質的變化涉及能量轉變為物質，物質轉變為能量，或物質轉改成另一種物質，例如他問學生鋼棉燃燒後的變化，學生回答「鋼棉燃燒後變黑，是因為鋼棉轉變成碳元素，碳比鐵重而使重量增加」。
 5. 化學變化(Chemical change)：指學生可以用化學變化來解釋現象，例如學生回答「鐵和空氣中的氧結合產生鏽」、「銅和氧產生反應」。

Prieto 等人(1992)修改 Andersson 的類別為四個類別層級由低而高分別為「概述」(description, D)、「歸類」(modification, M)、「轉變」(transmutation, T)、「化學變化」(chemical change, C)，分析學生對燃燒問題的回答內容，得到以下結論：

1. 對於蠟燭的燃燒，學生的回答多集中在蠟融化「狀態改變」的現象，無法再進一步回答出蠟的消耗及空(氧)氣的參與反應。
2. 從木材燃燒成為灰燼的過程，學生多能以「性質轉變」的角度來回答，但多忽略燃燒會產生(二氧化碳)氣體。
3. 學生認為物質改變狀態時重量也會改變，氣體不具有重量，或氣體的重量為負值。

二、國內學者的研究部分：

(一) 張容君、周進洋

張容君、周進洋(2001)以晤談及二段式測驗診斷工具研究國中學生「燃燒」相關的概念，包含燃燒、質量守恆、光能、熱能、溫度、放熱反應、反應物、生成物、氧化物、氧化反應、還原反應、化學變化、可燃物、助燃物和燃點，共計十六個概念。

張容君、周進洋研究發現，國中學生「燃燒」另有概念來源有以下幾個來源類型：

1. 只專注在表面的部分現象

學生面對問題時，會專注在表面現象的觀察，且將焦點集中在特定的一部份，以此來回答整體的問題，一方面忽略了其它因素的影響，以部分代替全部，另一方面忽略了問題所處的外在環境，也就是缺乏整體系統的考量，是導致學生錯誤想法的因素。

2. 沒有考慮化學反應的機制

學生解釋化學反應中所生成的新物質時，會從物理概念來推理，認為有外來的物質質量和原來的反應物質量相加總，則重量增加。將原來的反應物之物質成分帶走，則重量會減少，沒有化學反應過程中反應前後原子重新組合產生新的物質的概念。

3. 對於化學名詞錯誤的理解

對於學生尚未學習過或是已學習過但仍不明白的化學名詞出現在問題中時，學生會先以自己對化學名詞的理解作解釋，再依解釋的內容來回答問題，因而影響了學生對問題的判斷，產生錯誤的想法。

4. 只從單一方面的線性推理

學生會將所學的知識或經驗，推理應用到學生知覺類似的問題情境中，且依照其所熟悉的概念和認知方式去詮釋一個狀況，因而使學生解釋理由時遵循一個線性因果關係，無法感知系統中的其它因素。

5. 概念了解受語言經驗影響

學生在日常生活中所使用的語言經驗，會影響學生對某些特定概念的了解，甚至侷限了學生對於問題思考方向。例如，學生對光能和熱能的概念會受語言經驗的影響，例如「水火不容」和「摩擦生熱」。

6. 概念無法區分且相互混淆

學生對於物質與能量兩個概念間有相混淆的情形且依狀況而相互替代使用。例如，學生對重量的含意包括體積、壓力與密度。學生的概念傾向於更總括性與全面性。

張容君、周進洋並從研究中整理出國中生在「燃燒」相關概念常見之另有概念如下：

1. 質量守恆

(1) 蠟燭燃燒熔化後，會以蠟油的形式滴在秤盤上或桌面，所以蠟燭燃燒

- 重量不會改變。
- (2)鋼絲絨生鏽後，會變成較輕和比較稀疏的物質，所以重量會減少。
 - (3)鋼絲絨生鏽是化學反應，必須遵守質量守恆定律所以重量不改變。
 - (4)引燃煙火時所產生的白色煙霧是煙火引燃時所產生的一種能量。

2. 能量

- (1)蠟燭燃燒時變成液體，冷卻後變回固體，所以蠟燭燃燒時的狀態是液體。
- (2)蠟燭本身不是能量，蠟燭是幫助光和熱釋放出來，產生能量。
- (3)蠟燭燃燒是放熱反應，所以蠟燭燃燒會釋放「熱空氣」。
- (4)敲碎後的木炭比整塊的木炭容易燃燒，是因敲碎的木炭能量傳遞比較快，整塊木炭能量傳遞較慢。

3. 化學反應

- (1)蠟燭在廣口瓶中燃燒，燃燒所產生的熱會加熱瓶內的空氣，使熱空氣產生水蒸氣。
- (2)蠟燭燃燒時會產生一滴一滴的蠟油，所以蠟油是生成物。
- (3)蠟燭燃燒時氧氣是助燃物，只是幫助蠟燭燃燒並沒有參與反應。
- (4)木炭燃燒化為灰燼，木炭是炭，灰燼也是炭，木炭和灰燼成分一樣，只是形狀改變而已。
- (5)鐵釘生鏽是由於水的侵襲和鐵釘與空氣的接觸。
- (6)鐵鏽是水和空氣作用產生出來的物質。
- (7)鐵鏽的成分包含有氧氣、水分和鐵的成分在其中。
- (8)引燃煙火產生的白色煙霧，是煙火沒有燒完剩下的物質散發來的。
- (9)天然氣主要成分是甲烷，天然氣燃燒甲烷被氧化隨二氧化碳跑掉。
- (10)烤麵包時，麵包中含有澱粉，澱粉燒焦會變黑，但依舊還是澱粉，是相同的物質，成分不改變。
- (11)氧化物產生的過程是指物質被氧氣消耗掉，隨即被帶到空氣中。
- (12)化學變化是指反應時會產生氣泡或是顏色有改變。

4. 燃燒的條件

- (1)蠟燭燃燒時，空氣中除了氧氣以外還有其它的助燃物質，氧氣只是佔其中的大部分。
- (2)蠟燭燃燒時的可燃物是燭蕊，蠟只是融化，可防止燭蕊燃燒太快。
- (3)廣口瓶中悶熄蠟燭，蠟燭熄滅的原因是產生的二氧化碳包圍蠟燭。
- (4)酒精燈加熱紙鍋內的水，紙鍋不會燃燒是因紙鍋隔石棉網加熱，沒有直接接觸火焰。
- (5)礦坑中安全燈加罩金屬紗網的作用是金屬網可以隔絕氫氣和沼氣等氣體，不容易爆炸。

(二)鄭豐順

鄭豐順(1996)自行設計燃燒概念診斷工具及開放式工具，發現台北縣市的國中學生的燃燒概念有以下另有概念：

- 1.學生知道燃燒的「三個」條件，但是從各個條件分析發現學生對三個條件都不了解。
- 2.蠟燭燃燒的可燃物是燭芯。
- 3.氧氣助燃但不減少
- 4.燃燒是一種物理變化
- 5.燃燒是一種破壞的過程
- 6.熱具有質量

(三)鄭世興

鄭世興(2001)綜合開放性問卷、個別晤談、二階層式診斷測驗得到國小兒童「物質氧化」的概念如下：

- 1.蘋果內含有鐵質是變色主因。
- 2.蘋果變色是因為細菌的關係。
- 3.蘋果變色是因為放太久，裡面的水分跑掉。
- 4.防止蘋果變色的方法是用保鮮膜封起來，並放在冰箱冷藏。
- 5.泡鹽水的目的是防止水分流失。
- 6.泡鹽水的目的是防止細菌侵入，形成保護膜。
- 7.鐵生鏽是因為太久沒有使用的關係。
- 8.鏽的來源是由鐵的內部自己跑出來。
- 9.鏽的來源是碰到灰塵，灰塵附在上面所產生的。
- 10.鏽的來源是水附在上面產生的。
- 11.鐵生鏽重量增加是水附著在上面，水有重量。
- 12.鐵生鏽重量會增加是鐵吸收了水分。
- 13.鐵生鏽重量增加是灰塵附在上面。
- 14.鐵生鏽重量減少是鐵被腐蝕。
- 15.鐵生鏽重量減少是鐵鏽會脫落。
- 16.鐵生鏽重量不變，只是顏色改變，還是原來的鐵。
- 17.防鏽的方法只要不接觸空氣和水則可，至於用什麼方法則不清楚。
- 18.對於塗油漆、擦油來防鏽的概念不清楚，尤其是四年級學生。

(四)郭國成

郭國成(2002)針對國小4年級和6年級學生以二階層式診斷測驗及事件

晤談的方式，研究國小學生在燃燒主題的另有概念整理為：

1.蠟燭需要助燃物_氧氣：

- (1)燃燒的蠟燭蓋上燒杯後，因燒杯內已沒有空氣，所以燭火熄滅。
- (2)燃燒的蠟燭蓋上燒杯後，因燒杯內二氧化碳增加，所以燭火熄滅。
- (3)空氣、氧氣、二氧化碳是同一種物質
- (4)物質互相摩擦就可以燃燒
- (5)土、沙子可以滅火是因為可以把火困住，使火不能向外燃燒

2.氧氣會影響物質的燃燒：

- (1)火焰內、中、外的顏色不一樣是因為距離燭火中心遠近不一樣。
- (2)火焰內、中、外的溫度不一樣是因為距離燭火中心遠近不一樣。
- (3)熱空氣會上升，所以火焰外部的溫度較高。

3.物質燃燒會產生光和熱：

- (1)燃燒中的蠟燭會融化變短，所以火是蠟燭變成的。
- (2)木炭變紅代表內部在燃燒。
- (3)木炭變紅因為顏色改變，代表內部在燃燒。

4.物質燃燒後性質會改變：

- (1)木炭燃燒後的灰燼與木炭之間只是外形不一樣。

5.燃燒需要有可燃物

- (1)溼木頭含有水，所以不能燃燒
- (2)物質相互摩擦就可以燃燒
- (3)火燒石頭因為石頭會熱，所以會燃燒

6.燃燒溫度需要達到燃點：

- (1)水能滅火是因為火怕水的自然現象
- (2)水能滅火是因為水本身不能燃燒

(五)李銘川(2003)

以開放性問卷、晤談、二階層式診斷測驗得到國中小學生「物質氧化」的概念如下：

1.物質是否生鏽的分類：

- (1)所有金屬都會生鏽
- (2)無法指出鋁會生鏽
- (3)黃金會生鏽，因為黃金是經過開採出來的礦物。

(4)黃金會生鏽，因為看起來亮亮的金屬容易生鏽。

2.生鏽的過程和條件：

- (1)鐵比銅容易生鏽，因為銅含鐵較少。
- (2)只有鐵會生鏽，銅不會生鏽。
- (3)銅比鐵容易與氧作用。
- (4)鐵釘在空氣中比在氧氣中容易生鏽，因為空氣含有較多其它氣體。
- (5)生鏽像發黴，氧氣多，比較容易發黴。
- (6)船底接觸到水的面積較大，因而較易生鏽。

3.生鏽的結果

- (1)鐵釘泡過水就會生鏽。
- (2)沒有經過日曬雨淋就不會生鏽。
- (3)鐵釘只要經過一段時間就會慢慢生鏽。

綜合國內外的研究，目前多半著重在另有概念的發現及診斷，對於如何利用有效的教學策略，進行燃燒概念的建構及改變，則仍未有系統的研究。綜合整理以上學者的研究結果，國小學生對於燃燒有以下幾點尚待建構的概念或另有概念，做為 DSLM 第二階段設計的基礎：

- 1.從各別條件來看對燃燒的三個要件均不了解(鄭豐順, 1996)。
- 2.火焰是從火柴傳遞過來的(Driver, 1985)
- 3.空氣、氧氣、二氧化碳是同一種物質(郭國成,2002)
- 4.空氣、氧氣、二氧化碳是同一種物質(郭國成,2002)
- 5.水能滅火的原理是因為水怕火的自然現象(郭國成,2002)
- 6.蓋住的蠟燭會熄滅是因為二氧化碳包圍蠟燭(張容君,周進洋, 2001)
- 7.所有的金屬都會生鏽。(李銘川,2003)
- 8.無法指出鋁會生鏽。(李銘川,2003)
- 9.鏽是水分腐蝕鐵釘的結果(Schollum, 1981a, 1981b, 1982)。
- 10.鐵釘泡過水就會生鏽。(李銘川,2003)
- 11.對於塗油漆、擦油來防鏽的概念不清楚(鄭世興,2001)

第四節 網路與科學學習

電腦科技及網際網路具有多媒體、超越時空限制、及資源快速共享的特性，使得數位學習成為一種新的學習模式。電腦網路教學經過許多不同的發展階段，從最早期的以行為主義為設計理念基礎的電腦輔助教學(Computer-assisted Instruction, CAI)，逐漸改變到以認知理論為主的電腦輔助學習(Computer-assisted Learning)、線上學習(Networked Learning)，進展到

目前以建構論為理念的網路化教學(Web-based Instruction)、網路化學習(Web-based Learning)及網路社群學習(Web-based communities learning)等不同型式。

美國學者 Taylor (1980)指出電腦在教育的應用角色可分為三類：

- 1.把電腦當作教師(Computer as the tutor)：由電腦扮演教師，讓學生接受電腦的指導、訓練、模擬與問題解決等活動。
- 2.把電腦當作徒弟(Computer as the tutee)：使用者需撰寫程式與電腦溝通，由使用者控制電腦執行預定的工作。
- 3.把電腦當作工具(Computer as the tool)：把電腦當作教學與學習的工具，提供教師與學生多元呈現學習的過程及結果。

周倩、楊台恩 (1998)指出將網際網路的特質應用到教育學習上，具備了以下的特質：

- 1.連接性(Connectivity)：可連接學習者、教師、家長、專家等。
- 2.促進合作(Collaboration)：可以跨越時空進行同儕合作學習。
- 3.學習社群(Community)：形成虛擬學習社群，進行真實學習。
- 4.知識分享(Share Knowledge)：增進知識傳遞的速度與廣度。
- 5.無邊界(Unboundedness)：突破傳統教室的限制，相連到世界。
- 6.鼓勵探索(Exploration)：鼓勵探索、發現學習。
- 7.多重感官經驗(Multisensory Experience)：多媒體的訊息呈現，提供不同的感官選擇。
- 8.學習者中心(Student-Centeredness)：要求高度的學習者參與和責任，教師的角色轉變為建構學習環境及協助學生學習。
- 9.真實性(Authentic)：突破傳統教材簡化事實、抽離情境的限制，連接到較真實的學習情境。

林奇賢(1998)提出網路學習環境與傳統學校教學情境相比具有八項嶄新的特質：

- 1.破除學習時空藩籬：學習者可在任何時間、地點進入學習環境。
- 2.多元化學習資源：網路學習資源具有文字、圖形、聲音、影像及動畫等型態，可藉由超連結擷取各地的學習資源。
- 3.互動式學習：包括人機互動與人際互動。
- 4.個別化學習：網路學習環境採用學習者控制的設計，可因應學習者提供個別化的學習路徑、進度、方法及最適當的教材。
- 5.建構主義學習：網路學習環境鼓勵學習者主動參與學習並達成自我學

- 習目標，符合建構主義的理想。
- 6.家長參與：家長可以藉由網路學習環境來瞭解孩童的學習情形並陪孩童一起進行學習活動。
 - 7.教師角色轉變：教師必須由消極講述的教學方式，轉變為學習過程中的輔導者、伙伴和資源提供者。
 - 8.科際整合：網路學習環境不受傳統分科設班的限制，可以依據學習目標打破科際間的限制。

在發展網路化的課程時所必須注意的事項，Chou 和 Tsai (2003)指出以下幾點：

- 1.瞭解學生的需求：仔細分析學生的先備知識，瞭解他們操作電腦的能力及其學習環境與文化背景。
- 2.確認教學的目標：網路化的課程適合個人導向的學習，學生可有更多的選擇或掌握，不僅在學習時間、進度也包括了教學目標和學習成果。
- 3.選定學科內容的範圍：網路學習具有多樣化、動態、連結、與非線性的特性，老師要慎重審查網站資訊並做適當的連結。
- 4.安排學科內容的先後順序和結構：網路課程的安排必需適合學生的先備知識和技能，同時也讓課程保有彈性以適合個別的學生，避免學生迷失在課程之中。
- 5.選定呈現方法和媒體：網際網路混合了文字、圖形、聲音和影像，所以必須慎選資訊呈現的方式，以提升教學的效率及品質。
- 6.設計評量活動：網路評量活動可以提升學習成效，建議每週的網路學習課程應該包含：學生閱讀的進度、該回答的問題、線上討論的主題等。
- 7.施行形成性的評鑑：實施形成性評鑑，藉此不斷的維護與更新網路課程。
- 8.課程的完整性：網路課程必需要有完全的計畫和準備。

Shafer 等人(2002)指出網路學習可以促進學生自我學習，並且擁有較好的學習策略以獲得較佳的學習成效；She 和 Fisher (2003)在網路多媒體動畫科學學習課程研究中，顯示不同學習風格與年級的學生在認知學習與情意學習上均有顯著的成效。Leung (2003)指出網路具有許多優良的學習特性如打破時空限制、具有高彈性的課程設計等，也因為這許多特性才促成學生在學習上有較佳的成效。由此可見網路學習與傳統教學模式相較起來，具有較高的學習成效，是值得嘗試的教學模式，也是未來教育發展的趨勢。

佘曉清 (1997)指出電腦網路科技將可以下列三種方式來促進並豐富科

學學習：

- 1.科技引發學生學習動機。
- 2.科技讓學生有機會主動學習與創造。
- 3.WWW 科技培養學生分析整合能力。

目前利用電腦網路進行科學學習的模式大概可分為以下幾種類型：

- 1.探究式教學：教師營造一個教學情境，引導學生發現問題並解決問題並從中學習，而電腦網路的融入提供了教師一個良好工具營造教學環境，讓學生的創造力及探索的歷程都能夠具體的呈現出來，並且能增加發表及互動的機會。例如：美國加州大學柏克萊分校在網路上設計一套完整的探究式物理學習環境，稱為『Knowledge Integration Environment』該探究學習環境透過各項輔助工具軟體來支援學習者進行問題解決活動，再以網路上豐富的資源做為問題解決活動時所需的資料來源，提供學生一個完整的知識整合環境，使用電腦及網路來輔助學生進行物理方面的探究學習。
- 2.網路融入 PBL(Problem Based Learning)：利用非結構化問題增進學生的學習興趣及成效，網路的融入將使得問題的呈現更多元，可以吸引學生，提高學生的學習動機，網路也提供學生搜索資訊的工具，使學生能增進自我學習。例如：游文楓和余曉清 (2003)利用網路化問題解決教學策略進行國一的生物課程教學，結果發現網路化問題解決教學策略有助於非結構化問題解決能力的追蹤效果。
- 3.鷹架學習理論：教師扮演鷹架架設者的角色，輔助學生學習，在學習過程中逐漸將學習責任引導至學生身上，最後希望學生能自我主動學習，建構自我完整的知識。在網路的開放環境中，教師能透過網路的功能更輕易的建設有利於學生的暫時性支架，而學生在網路的環境中更容易有個別化思考，獨立學習的優點。例如：Marcia C. Linn 等人 (2003)建立一個以網路為基礎的探索科學的學習平台(The Web-based Inquiry Science Environment ,WISE)系統，提供中小學學生網路科學探索活動，其內容包括調查、辯論、評論、設計等類型的研究主題，學生可以自由選擇有興趣的主題進行探究學習活動，在學習過程中透過研究資訊的閱讀、提示、筆記、問答、視覺化的網路工具與網路討論等方式，進行主題探究的活動。
- 4.主題式學習：學生在學習活動上以一個主題為出發點，向外擴展。此一專題取向的網路科學學習活動，強調資料的蒐集與分享、視覺化的科學工具及合作學習的模式。例如：CoVis(Collaborative Visualization)，CoVis

是一個多媒體知識建構的網路學習環境，利用電腦網路將孤立的教室與大學實驗室結合形成一個社群，強調專題導向的科學學習、視覺化的科學工具及合作學習的模式 (Edelson & O'Neill, 1994)。

5. 後設認知學習：余曉清 (She, 2004) 透過網路多媒體電腦動畫與後設認知策略結合針對學生難以理解的浮力概念進行學習，結果發現此學習模式確實有助於提升學生對科學概念的認知學習成效。

這些網路科學探索課程，促使科學的學習不是只為了未來能在社會上生存而準備，而更能與現階段生活結合，此種課程設計將更能符合學生學習需要。網路科學探索活動(on-line science inquiry)具有以下特色：課程內容是最新的、課程內容是來自第一手資料、資料非常完整、資料是以多種模式方式呈現、學生可以在網路上發表、學生可以在網路上彼此合作分享資料看法。

Jonassen (1996) 以 mindtools 說明教學科技有三層次的應用，分別是「學電腦知識(learning about computer)」、「從電腦學知識(learning from computer)」、「用電腦學知識(learning with computer)」，Jonassen (1997) 更強調，應該將電腦視為心智工具(Mindtools)或是認知工具(Cognitive tools)，使學習者以有意義的方式進行思考以及增進批判性思考(Critical thinking)，協助學習者建構自己的知識，以達到更高層次的學習，電腦及網路已成為促進學生學習的認知及後設認知的重要工具之一。

第三章 研究方法

本研究結合科學推理和雙重情境學習模式於網路學習環境，協助國小學生建構「燃燒」的概念，並對其另有概念進行概念改變的學習活動，研究採用準實驗設計的方式進行。本章以研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、教學設計、資料蒐集與分析等六節分別敘述。

第一節 研究對象

本研究是以台北市某國民小學六年級未學過「燃燒」單元概念的兩個班級學生為對象，學生人數共 62 人，學生家庭社經背景為富裕到小康，分班方式為常態編班。參與教學實驗的教師 2 人，為多年教學經驗之自然與生活科技領域教師。

本研究將學生分成實驗組與對照組兩組各一個班級，實驗組採用網路化雙重情境學習模式在電腦教室進行網路課程學習，並於自然實驗室進行實驗操作，共 31 人；對照組採用傳統教學模式在自然實驗室中以講述、討論、分組實驗等方式進行教學，對照組班級人數 32 人，全程參與本研究者共 31 人。

兩組學生在「自然與生活科技期中考成績」以及「科學推理測驗」、「燃燒概念主題相依推理測驗」、「燃燒單元學習成就測驗」的前測成績上均未達顯著性差異，分析的結果如表 3.1.1：

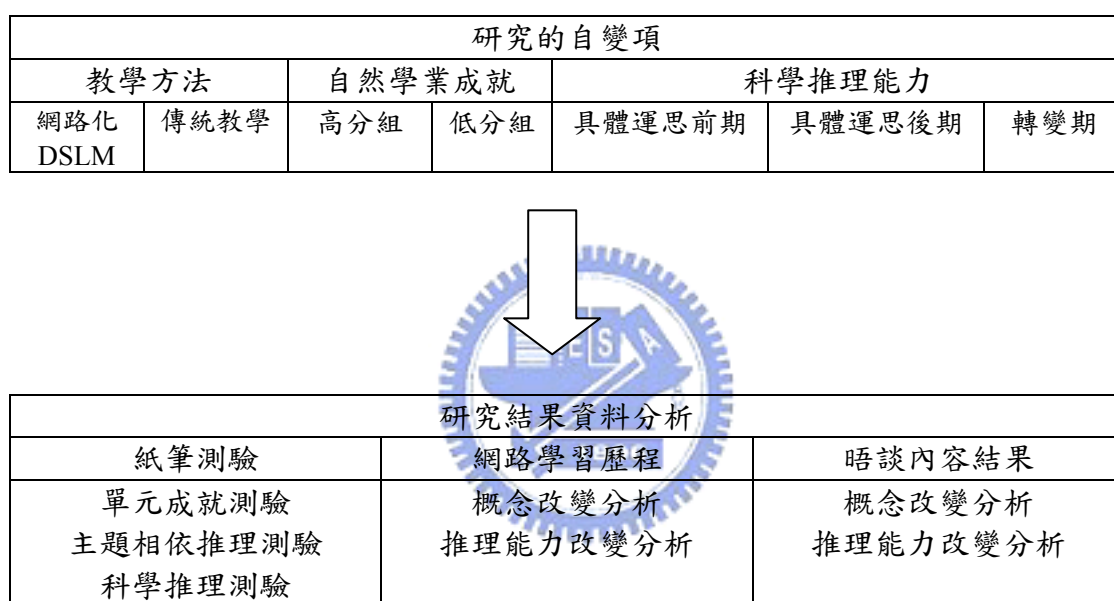
表 3.1.1 實驗組與對照組學生各項測驗成績之分析結果

測驗種類	實驗組		對照組		平均差 實驗-對照	t 值	p 值
	Mean	S.D.	Mean	S.D.			
自然科期中考	87.23	8.88	88.90	7.81	-1.68	-0.790	0.433
科學推理測驗前測	2.48	2.00	2.16	2.13	0.32	0.615	0.541
主題推理測驗前測	13.48	7.41	11.37	7.61	2.12	1.101	0.275
單元成就測驗前測	44.71	14.23	45.93	12.47	-1.22	-0.357	0.723

第二節 研究設計

本研究採用準實驗設計法，以兩個國小六年級的班級各一個班為實驗組(N=31)和對照組(N=31)作為研究對象。研究的自變項為教學模式(結合科學推理之網路化 DSLM 與一般傳統教學方式)、自然與生活科技學習成就分組(高分組與低分組)及科學推理能力分組(具體運思前期、具體運思後期與轉變期)，依變項為「燃燒單元成就測驗」、「燃燒概念相依推理測驗」、「科學推理測驗」等測驗，以及「網路學習歷程」和「學生晤談內容結果」。研究架構如圖 3.2.1。

圖 3.2.1 研究架構圖



一、自變項：

本研究的自變項為「自然與生活科技學習成就分組」、「科學推理能力分組」及「教學模式」。自然與生活科技學習成就分組，係依學生在九十三學年度第一次定期評量自然與生活科技成績為依據，將學生分為低分組(成績為兩班學生總人數後 1/2) 和高分組(成績為兩班學生總人數前 1/2)。科學推理能力分組，係依學生在前測時之科學推理測驗成績為依據，將學生分為具體運思前期組(成績為 1~2 分)、具體運思後期組(成績為 3~4 分)和轉變期組(成績為 5~6 分)。實驗組採網路化雙重情境教學模式，對照組則為一般傳統教學模式，實驗組及對照組的分組人數情形如表 3.2.1：

表 3.2.1 實驗組及對照組中自然與生活科技學業分組科學推理分組人數表

各分組類別變項	實驗組 (結合推理網路化 DSLM)	對照組 (一般傳統教學)
自然與生活科技學業分組		
低分組	17 人	13 人
高分組	14 人	18 人
科學推理分組		
具體運思前期	13 人	14 人
具體運思後期	13 人	14 人
轉變期	5 人	3 人

二、依變項：

依變項為學生之燃燒單元成就測驗、燃燒概念相依推理測驗和科學推理測驗之後測及追蹤測成績。並同時針對二組學生進行晤談，採用語意流程圖進一步分析二組學生在教學前、教學後及追蹤晤談時，概念數、概念正確分數及推理層級、概念改變量的差異。

除此之外並針對實驗組學生的網路化學習歷程進行分析，項目包括燃燒單元各學習事件前後的概念改變歷程分析，以及在說明理由時運用概述(G)、精緻化(EL)、判斷(J)和解釋(EX)等推理層級的改變情形。

第三節 研究流程

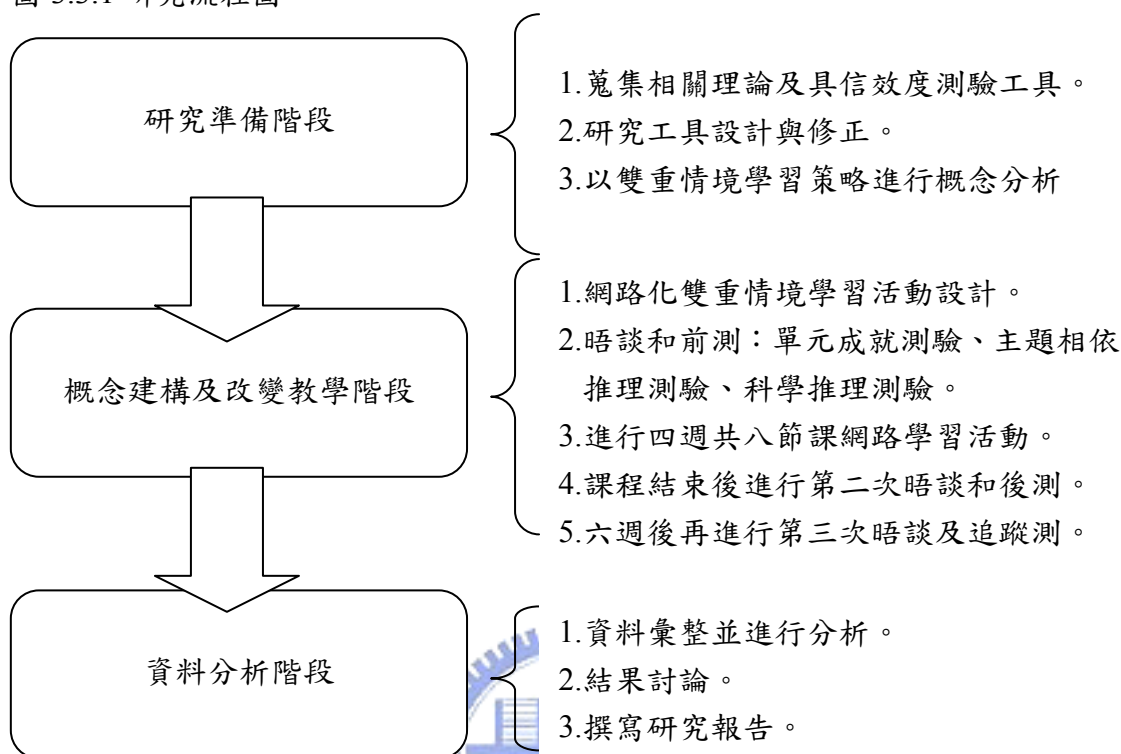
研究歷程分為三個階段，依序為研究準備階段、概念建構及改變教學階段及資料分析階段。

(一)研究準備階段：研究問題確立後，進行學生另有概念及相關理論資料的蒐集，找尋選取具信效度之相關測驗重新編寫或加以修改以適合本研究之主題與對象，再依雙重情境學習模式進行前三階段的分析。依雙重情境學習模式設計學習事件，拍攝剪輯教學所需多媒體影音資料，綜合兩者完成網路學習課程系統的建置。

(二)概念改變重建教學階段：接著在教學前針對學生於課程內容了解程度(單元成就測驗)、相關概念理解程度(主題相依推理測驗)和科學推理能力(科學推理測驗)實施前測，並選取學生進行第一次晤談。實驗組學生進行網路化雙重情境概念改變學習，對照組學生進行傳統教學模式的學習後，以同樣試題對兩組學生進行後測並進行第二次晤談，再經過六週後進行追蹤測並進行第三次訪談。

(三)資料分析階段：將研究期間所蒐集到的資料進行分析，完成結論報告。研究流程如圖 3.3.1。

圖 3.3.1 研究流程圖



第四節 研究工具

本研究所使用的工具有「燃燒單元成就測驗」、「燃燒概念相依推理測驗」、「科學推理測驗」、「燃燒概念改變歷程測驗」、「結合科學推理的網路化雙重情境學習網」等。

一、燃燒單元成就測驗

由研究者依據課程綱要及教材內容編寫成就測驗共九十六題(參見附錄三)，用以檢核學生在「燃燒」單元的學習成效，題目型式採單一選擇題。編寫試題時，由二位自然與生活科技領域教師及一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。此試卷於九十三年度上學期「燃燒」單元教學前(前測)、教學結束(後測)及教學完六週後(追蹤測)時施測，整體試卷以 Cronbach's α 值求其信度得前測信度為 0.90，後測信度為 0.93，追蹤測信度為 0.94。


二、科學推理測驗

Lawson(1978, 1988, 1992；Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, & Falconer, 2000)所設計的科學推理測驗，內容系統層級分明且實施簡便，

適合中、小學生大量施測。本測驗是根據Lawson(1978)所發展，2000年修訂的科學推理測驗，翻譯重新編寫修訂成「科學推理測驗國小版」(詳見附錄五)。例題如下：

- () 1. 假如桌上有兩塊大小相同、形狀相同、重量也相同的黏土球，現在你將其中一塊黏土壓平成碟子的形狀，以下的敘述何者正確？
- 1). 壓平成碟子的黏土比另一塊球狀的黏土還要重。
 - 2). 這兩塊黏土一樣重。
 - 3). 球狀的黏土比壓平成碟子的黏土還要重。
- () 2. 因為
- 1). 壓平的黏土有比較大的面積。
 - 2). 球狀的黏土只有一個點接觸到桌上，重量向下推力較大。
 - 3). 物體被壓平後，重量就會減少。
 - 4). 黏土並沒有增加或減少。
 - 5). 物體被壓平後，重量就會增加。

測驗題型採兩階層式選擇題，第一層依題意回答可能的現象或觀察結果，第二層回答推理的依據。依科學推理能力的發展，題目主題依序為：

- 
1. 質量守恆 (conservation of weight)
 2. 置換體積守恆 (conservation of displaced volume)
 3. 比例 (proportional thinking)
 4. 進階比例 (advanced proportional thinking)
 5. 辨識並控制變因 (identification and control of variables)
 6. 辨識並控制變因、機率 (identification and control of variables and probabilistic thinking)
 7. 辨識並控制變因、機率 (identification and control of variables and probabilistic thinking)
 8. 機率 (probabilistic thinking)
 9. 進階機率 (advanced probabilistic thinking)
 10. 關聯性思考，比例和機率 (correlational thinking includes proportions and probability)
 11. 假設演繹思考 (hypothetico-deductive thinking)
 12. 假設演繹推理 (hypothetico-deductive reasoning)

翻譯修訂試題時，由四位自然與生活科技領域教師共同由英文試題翻譯成中文，再由二位科學教育專家翻譯成英文和原試題比較題意，以求其專家效度。由於國小學生對原題目中單擺的概念並不熟悉，因此在中文版

內以種植植物的情境取代。在施測前由六個班級的學生(184人)先行預試以進行本試卷之效化，並於九十三學年度上學期「燃燒」單元教學前(前測)、教學結束(後測)及教學完六週後(追蹤測)時施測，整體試卷以 Cronbach's α 值求其信度得前測信度為 0.71，後測信度為 0.61，追蹤測信度為 0.76。

三、燃燒主題相依推理測驗

此測驗是為偵測學生對於「燃燒」概念的推理能力所設計，題目型式為二階層式選擇題，共 41 個題組(參見附錄四)第一層題目的出題範圍為學生可觀察到的自然現象或科學事實的真偽，第二層題目則為以上一層題目進行科學推理後所得到的理由或證據，兩層題目均答對才算得分。編寫試題時，由二位自然與生活科技領域教師及一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。此試卷於九十三學年度上學期「燃燒」單元教學前(前測)、教學結束(後測)及教學完六週後(追蹤測)時施測，整體試卷以 Cronbach's α 值求其信度得前測信度為 0.89，後測信度為 0.92，追蹤測信度為 0.94。整理各項測驗各次的信度值於表 3.4.1

表 3.4.1 各項測驗信度值

信度值(Cronbach's α)	前測信度	後測信度	追蹤測信度
單元成就測驗	0.90	0.93	0.94
科學推理測驗	0.71	0.61	0.76
主題相依推理測驗	0.89	0.92	0.94

四、燃燒概念改變歷程測驗

為了診斷學生是否具備正確的「燃燒」單元相關概念，研究者依網路課程之學習事件設計了十二題「燃燒」概念改變歷程測驗題目。學習者在進行每一個概念學習之前，必須先作答選擇第一層的選項，然後在第二層填寫出選擇的理由和想法，問題型式如表 3.4.2

表 3.4.2 燃燒概念改變歷程測驗例題

選擇題：請問下列哪個敘述符合「氧氣」的性質呢？

1.自己能夠燃燒

你的理由是_____

2.自己不能燃燒，但能夠幫助其它物質燃燒

你的理由是_____

3.自己不能燃燒，也不能夠幫助其它物質燃燒

你的理由是_____

五、「燃燒」單元網路化雙重情境學習環境

「燃燒」單元網路化雙重情境學習環境於研究期間，架設於交通大學電子計算機中心伺服器，網址為 <http://sciedu.cc.nctu.edu.tw/scorm/>。本研究設定學生必須依照單元順序依序學習，學生在輸入帳號密碼登入系統後，便可點選進入學習課程(如圖 3.4.1)。本研究進行的學習活動共分為五個單元，依序分別為：主題一、燃燒的條件，主題二、氧氣，主題三、二氧化碳、主題四、滅火，主題五、生鏽與防鏽，課程設計如附錄六。為了解學生在教學活動中概念改變的過程，每一個學習事件都會就進行教學的科學概念，提問一個問題，並可分為兩個部分：第一個部分要求學生就問題回答可能的科學現象或事實結果，第二個部分則讓學生說明在回答第一部分問題時，所抱持的理由或所依據的證據(如圖 3.4.2)。學習事件結束前會再度提問同樣的問題，並讓學生能夠自我比較學習前後的回答紀錄，回溯思考自己學習的過程。藉著針對問題解答，提出支持的理由或證據的方式，訓練學生進行「理性辯論」的推理思考，讓學生在概念改變的同時，也能進行科學推理思考的訓練。

圖 3.4.1 開始進入主題一「燃燒的條件」學習的畫面

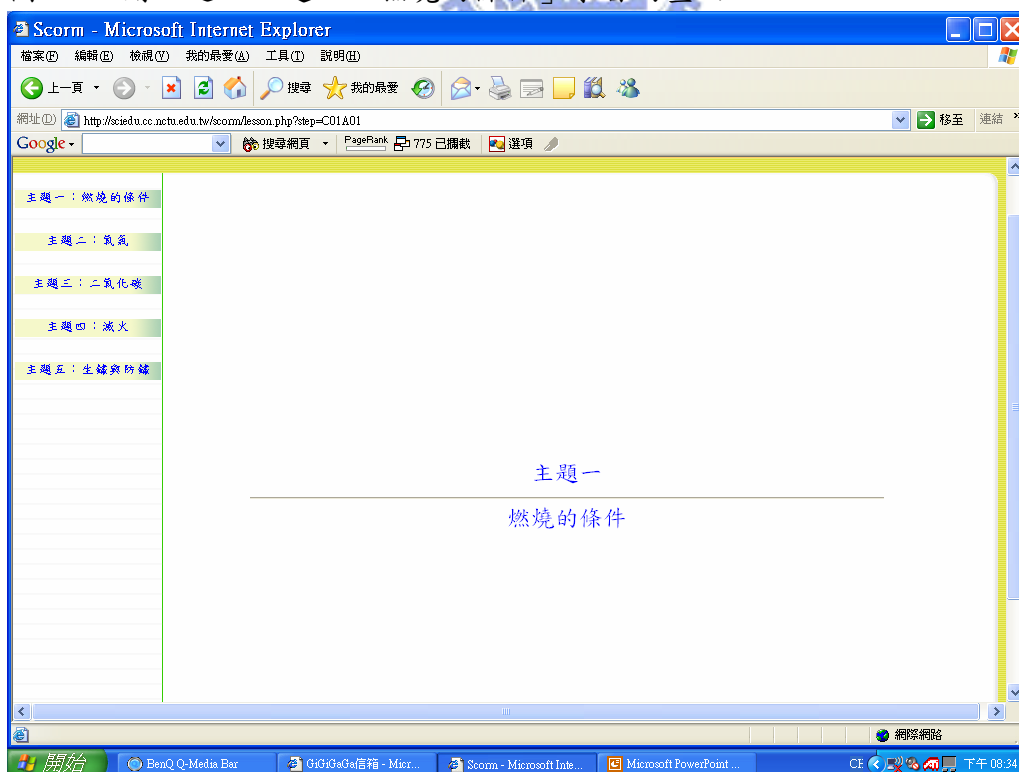
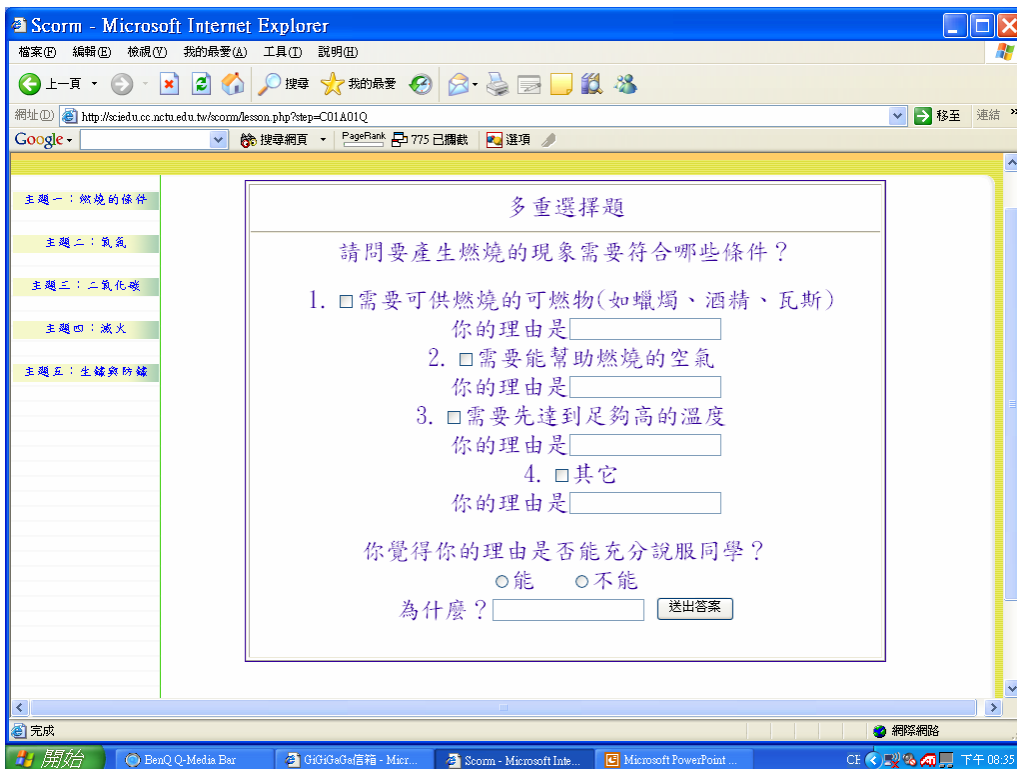


圖 3.4.2 概念改變歷程測驗



學生若因為概念不清楚而答錯(如圖 3.4.3), 則開始導入學生缺乏的心智架構。本研究大多以影片、圖片和文字等多媒體資料來呈現(如圖 3.4.4)。

圖 3.4.3 學生答錯時的畫面

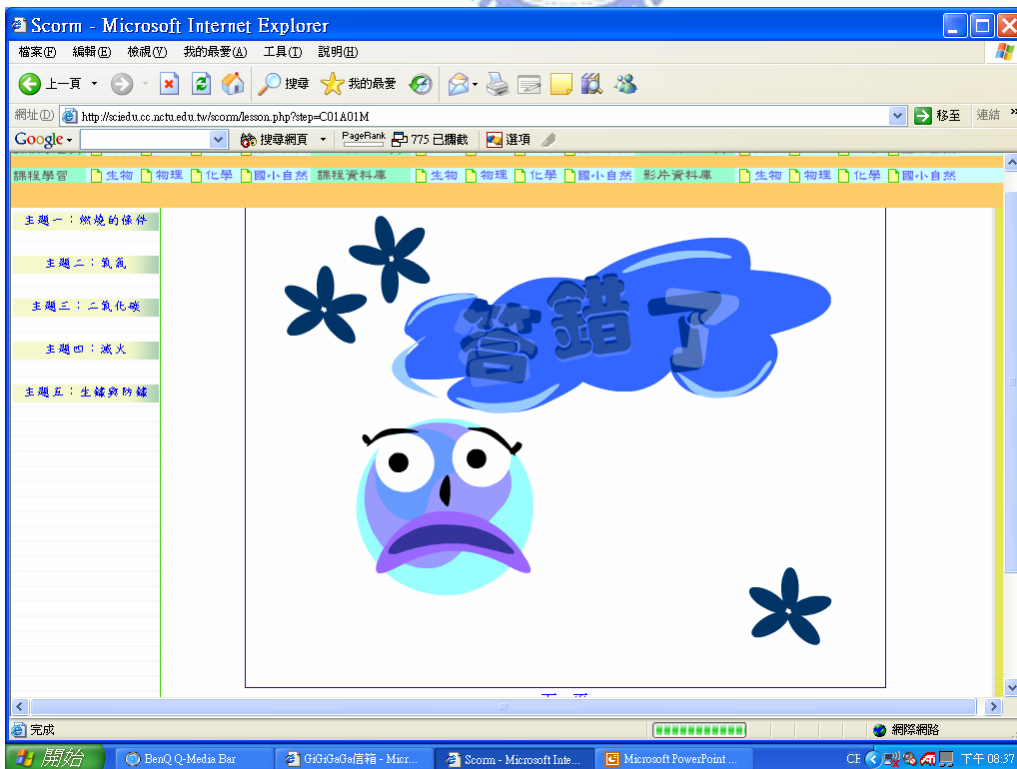
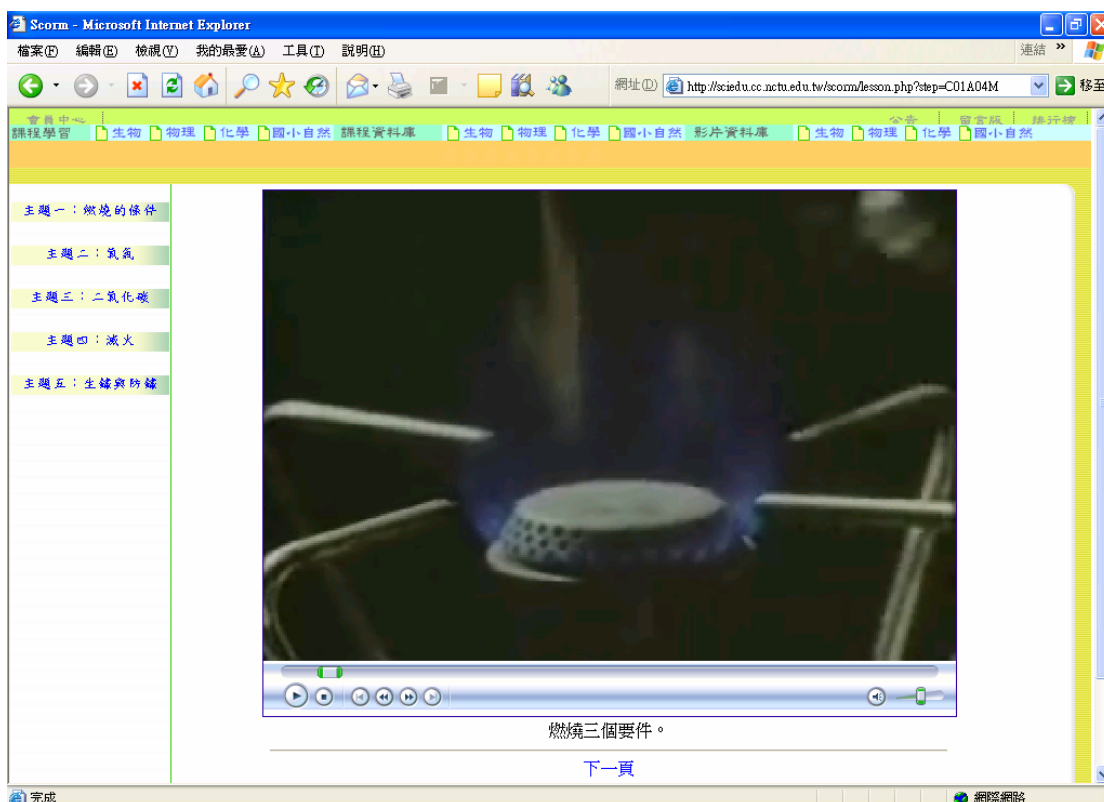


圖 3.4.4 進行教學影片播放



看完影片後以問題促使學生回想影片的內容(如圖 3.4.5)，讓學生重新回答開始時的問題(如圖 3.4.2)，呈現學生前、後回答的內容(如圖 3.4.6)。

圖 3.4.5 促使學生回想影片內容的問題

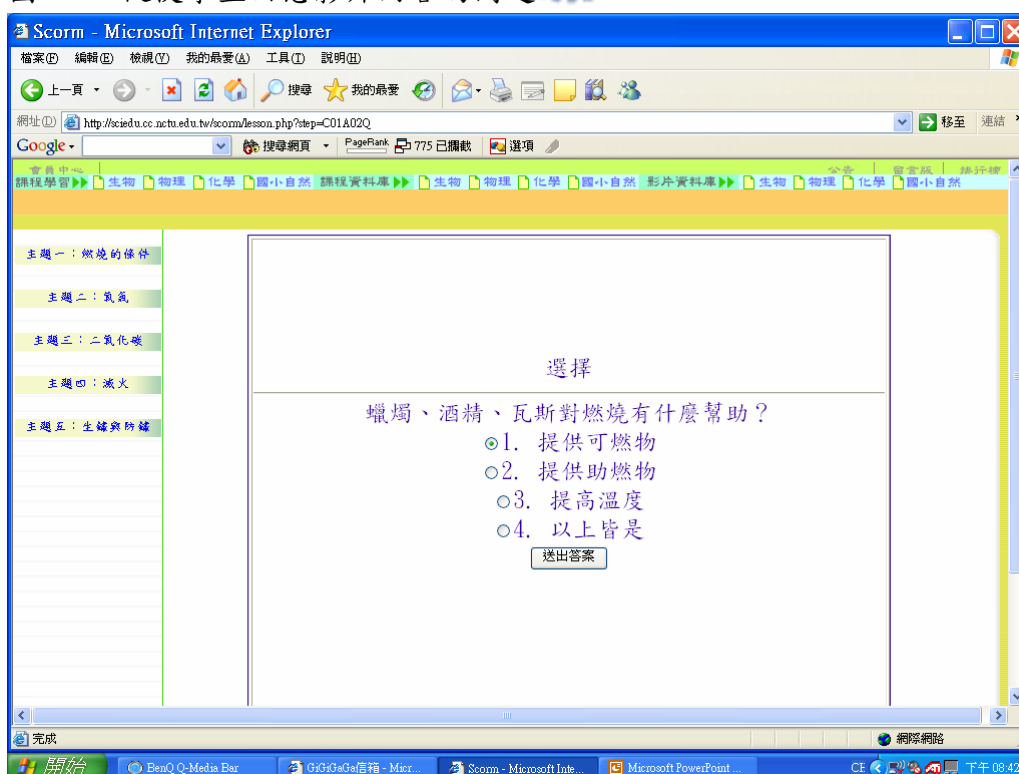
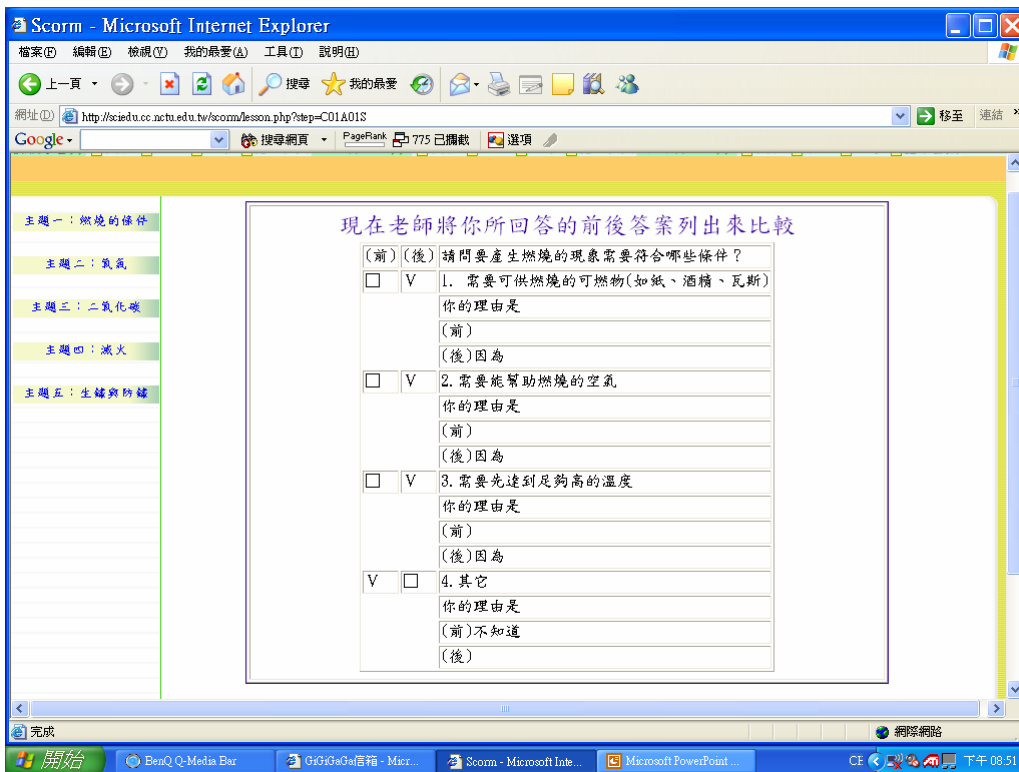


圖 3.4.6 呈現學生前、後回答內容



進行挑戰情境，以和教學內容相關的影片或圖片開始(如圖 3.4.7)，進行問題的提問(如圖 3.4.8)。

圖 3.4.7 開始進行挑戰情境的影片

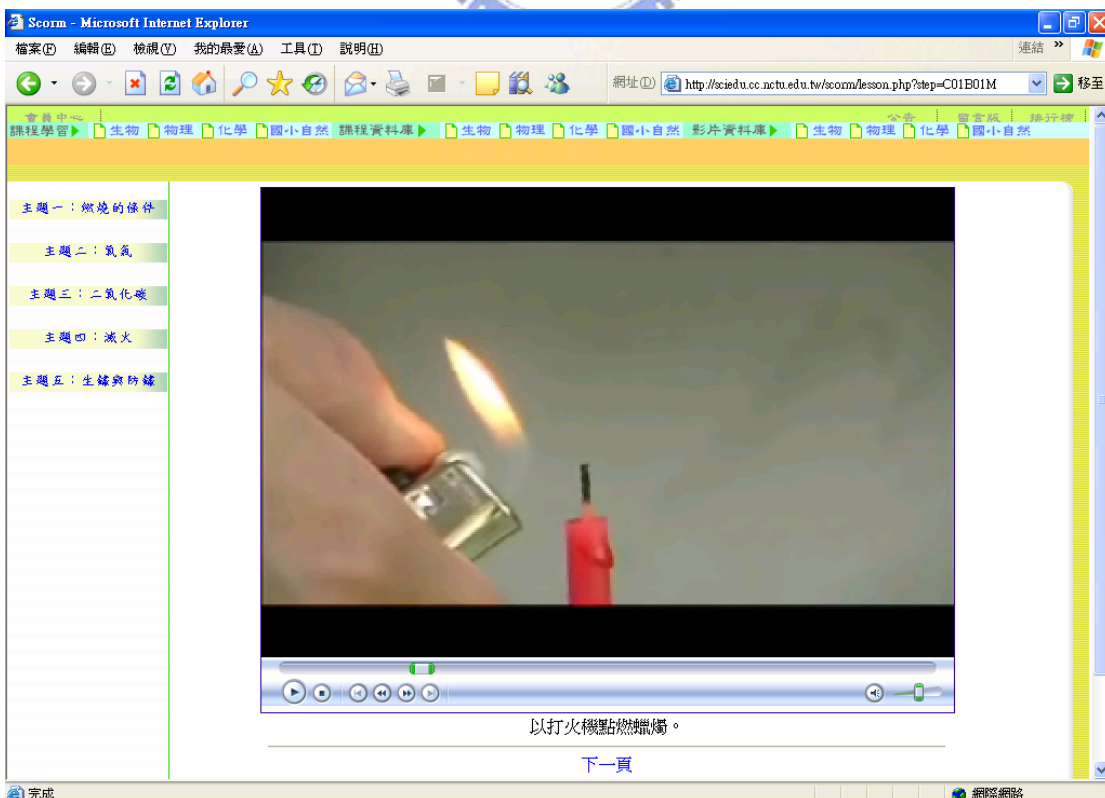
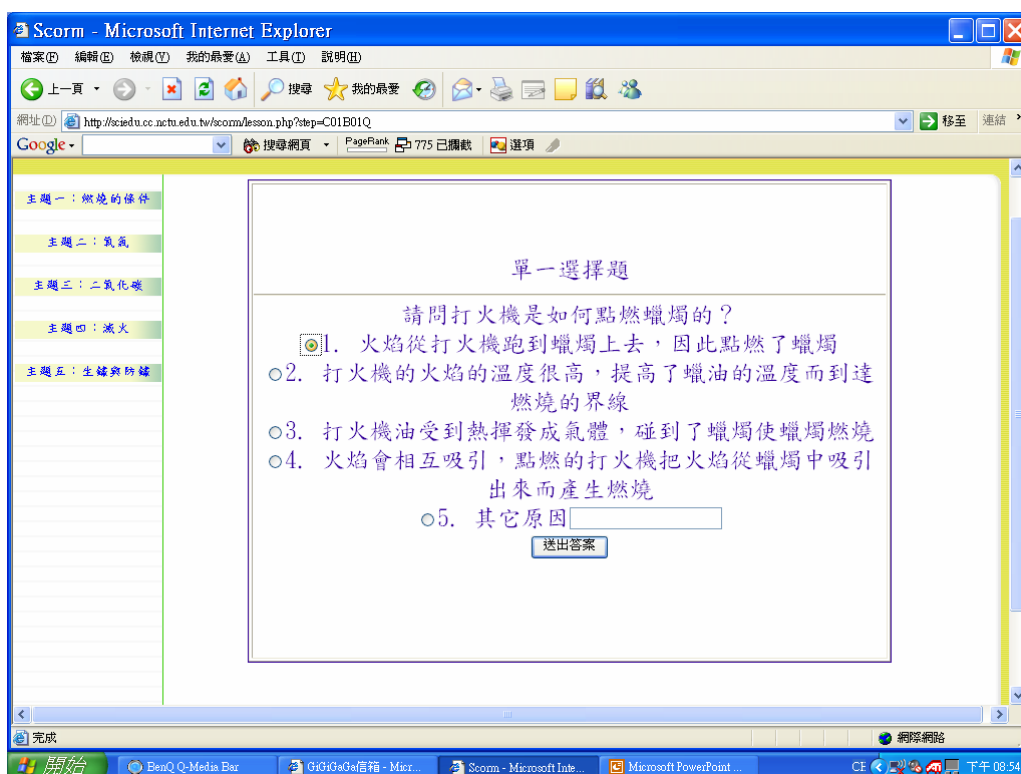


圖 3.4.8 進行挑戰情境問題的提問



學生經過以上的步驟後，即完成一個學習事件的歷程。



第五節 教學設計

研究者採用余曉清(She, 2002, 2003, 2004a,2004b)所發展出的雙重情境學習模式(Dual Situated Learning Model, DSLM)為基礎，設計網路化雙重情境學習模式「燃燒」單元的教學活動。現將六個階段的工作流程敘述如下：

階段一：分析科學概念類別及屬性：分析現有課程概念，想要建構完整的燃燒概念，需要擁有的心智架構有：

主題一 燃燒的條件

- 1.燃燒需要可燃物
- 2.燃燒需要助燃物
- 3.燃燒必須提高溫度達到可燃物的燃點

主題二 氧氣

1. 氧氣的製造方法
2. 氧氣的性質—自己不能燃燒，但是可以幫助燃燒
3. 氧氣的性質—氧氣比空氣重
4. 氧氣的性質—氧氣不易溶解在水中
5. 氧氣的性質—氧氣加入水中，水的酸鹼性不易改變

主題三 二氧化碳

1. 二氧化碳的製造方法
2. 二氧化碳的性質—澄清石灰水中加入二氧化碳會變成混濁
3. 二氧化碳的性質—自己不能燃燒，也不能幫助燃燒
4. 二氧化碳的性質—二氧化碳比空氣重
5. 二氧化碳的性質—二氧化碳比氧氣容易溶解在水中
6. 二氧化碳的性質—二氧化碳加入水中，水的酸鹼性變成酸性

主題四 滅火

1. 滅火的原理—降低溫度
2. 滅火的原理—隔絕助燃物(氧氣)
3. 滅火的原理—隔絕可燃物

主題五 生鏽

1. 會生鏽的物質
2. 生鏽的原因—氧氣、水分
3. 防鏽的原理—隔絕氧氣、水分



就概念本質的分析部分，例如要達成燃燒必須滿足三個條件，一是要有可燃物(屬於具體、容易觀察的物質類別)，二是需要助燃物(屬於抽象、不易觀察的物質類別)，三是溫度必須提高達到燃點(屬於動態、不易觀察的過程類別)。學生普遍認為蠟燭燃燒之前必須在燭芯點火，讓火焰由打火機跑到燭芯上，此時在概念的本體樹類別而言，火是一種可傳遞的「物質」，但是實際上火是用來提高燭芯的溫度達到燃點，點火的作用是一個提高溫度的「過程」。Chi 認為在同一個概念本體樹的分枝間進行概念的跳躍，甚至要從一個本體樹遷移到另一個本體樹是非常困難的過程。從教學實務上要讓學生了解點火的作用是「提高溫度達到燃點」並不容易，可以相互印證。

階段二：找出屬於此科學概念常見的另有概念：根據研究者教學經驗及文獻研究分析，國小學生對於燃燒常有以下幾個另有概念：

主題一 燃燒的條件
1.從各別條件來看對燃燒的三個要件均不了解(鄭豐順, 1996)。 2.認為火焰是燃燒作用的助燃物。 3.火焰是從火柴傳遞過來的(Driver, 1985)
主題二 氧氣
1.氧氣是可燃物，自己可以燃燒。 2.空氣、氧氣、二氧化碳是同一種物質。(郭國成,2002) 3.氧氣比空氣輕 4.氧氣很容易溶解在水中。
主題三 二氧化碳
1.空氣、氧氣、二氧化碳是同一種物質。(郭國成,2002) 2.二氧化碳是燃料，也可以幫助燃燒。
主題四 滅火
1.吹熄蠟燭的原理是吹出二氧化碳包圍火焰而熄滅。 2.水能滅火的原理是因為水怕火的自然現象(郭國成,2002) 3.水滅火的原理是氧氣容易溶解在水中，火焰得不到氧氣而熄滅。
主題五 生鏽
1.所有的金屬都會生鏽。(李銘川,2003) 2.無法指出鋁會生鏽。(李銘川,2003) 3.鏽是水分腐蝕鐵釘的結果(Schollum, 1981a, 1981b, 1982)。 4.鐵釘泡過水就會生鏽。(李銘川,2003) 5.對於塗油漆、擦油來防鏽的概念不清楚(鄭世興,2001) 6.設計實驗時忽略對照組與控制變因。

階段三：分析學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構：比較科學概念屬性與學生的另有概念，我們可以發現學生缺乏的心智架構有：

主題一 燃燒的條件
1.要產生燃燒需要可燃物，對可燃物的種類不熟悉。 2.要產生燃燒需要助燃物，對助燃物的定義不熟悉。 3.對提高溫度達到燃點的過程不熟悉。
主題二 氧氣
1.對空氣的組成不熟悉 2.對氧氣的一般性質不熟悉。
主題三 二氧化碳
1.對二氧化碳的一般性質不熟悉。

主題四 滅火
1.對吹熄蠟燭的原理不熟悉 2.對於水能滅火的原理不熟悉。
主題五 生鏽
1.對於各種金屬的生鏽狀況不熟悉。 2.對於生鏽需要氧氣的概念不熟悉。 3.對於防鏽的方法及原理不熟悉。 4.對於實驗設計的方法不熟悉。

階段四：設計網路化雙重情境學習事件：依據學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構，研究者所設計的一連串情境主題事件依序為

主題一 燃燒的條件
1.燃燒需要可燃物，以影片介紹各種生活中常見的燃料。 2.燃燒需要助燃物，以影片介紹隔絕空氣後，蠟燭即無法再燃燒。 3.燃燒必須提高溫度，以影片介紹放大鏡聚光加熱點燃物體
主題二 氧氣
1.氧氣的製造方法，以影片實際示範說明 2.以影片介紹氧氣瓶中以電子點火器點火並不會燃燒 3.以影片介紹點燃的香放進氧氣瓶中會劇烈燃燒 4.以影片介紹把氧氣加入氣球後會向下掉落的現象 5.氧氣不易溶解在水中，以影片介紹裝滿氧氣的試管倒插入水中一天後只會微微上升。 6.以影片介紹將氧氣通入水中，不會使酸鹼指示劑變色。
主題三 二氧化碳
1.二氧化碳的製造方法，以影片實際示範說明 2.以影片介紹澄清石灰水中加入二氧化碳會變成混濁 3.以影片介紹充滿二氧化碳的瓶中，以電子點火器點火並不會燃燒 4.以影片介紹燃燒的蠟燭放入二氧化碳瓶中即熄滅 5.以影片介紹把二氧化碳加入氣球後會向下掉落的現象 5.以影片介紹裝滿二氧化碳的試管倒插入水中後會逐漸上升。 6.以影片介紹將氧氣通入水中，酸鹼指示劑變色(酸性)。
主題四 滅火
1.滅火的原理—降低溫度 2.滅火的原理—隔絕助燃物(氧氣) 3.滅火的原理—隔絕可燃物

主題五 生鏽

- 1.比較哪些物質會生鏽
- 2.生鏽需要氧氣和水分
- 3.防鏽的原理—隔絕氧氣、水分

內容設計可分為兩個向度說明：

- (1)在概念改變教學的設計部分：一開始出現的導引問題讓學生選擇答案呈現自己的原有概念，接著利用各種概念改變的教學策略，例如在『燃燒的條件』單元中，利用衝突情境的教學策略，來達成學生概念間的不平衡。教學影片中示範者用放大鏡聚集陽光來點燃火柴及菸蒂，打破學童認為燃燒一定要有火的傳遞的原有概念。在各種策略的概念改變教學之後，會重新提問一開始的導引問題，讓學生呈現出自己所學到的概念，最後讓學生比較前後答案相異之處，回溯自己概念改變的經過歷程，加深學習的效果。學習事件之後，接著進行挑戰情境，將同一個概念的問題，放到不同的情境之下，檢驗學生是否可運用學到的概念並將其擴展，而強化學習的成效。
- (2)在科學推理教學的設計部分：則是依據 Keys(1995)所提出的推理技巧順序，讓學生自行建構自己的推理能力。由學生自己的模型開始，讓學生就一開始的導引問題「提出預測」，選擇最可能的答案，接著「解釋—辯護預測」，在選擇答案後學生必須填寫自己的理由，來替之前的所作的預測做更深入的解釋及辯護。再來由課程系統中呈現的圖片、自然現象和科學實驗的影片等多媒體教材，讓學生能「評估觀察對象」、「找出模式和特質」，在第二次回答同樣問題的理由時，讓學生在學習過程中得到的「結論提出」，在學生自己的概念架構中「形成新的模型」。在挑戰情境中，運用各種「推理、比較、對比」判斷自己概念模型和新的問題情境中的相似性和可解釋性，做出正確的回答。

階段五：進行網路化雙重情境學習模式的教學：研究者以問題引導、實物影像、實物影片、模擬實驗、概念探究等活動事件交替進行，另外配合課堂討論、實驗操作、校外參觀，在六週時間內完成概念改變的學習活動。每一情境主題事件皆以學生常見的迷思所設計的問題引導開始，讓學生提出自己的概念及解釋，再藉由實物影像、實物影片、模擬實驗、概念探究等活動事件引發學生的不平衡，同時讓學生親自觀察、體驗、探究與思考其答案，同時導入

學生所缺少的心智架構，讓學生自行建構出接近科學觀點的概念。為了解學生在教學活動中概念改變的過程，一次只呈現一個問題，且同樣問題在情境事件開始與結束時都會提問一次，學生無法更改先前的答案。

階段六：挑戰情境學習事件：完成所有情境事件教學後，便進入挑戰情境學習事件，目的是讓學生挑戰相關情境，以檢測學生的概念是否真的改變並可應用在其他情境之下。整體實施流程可參照圖 3.5.1。



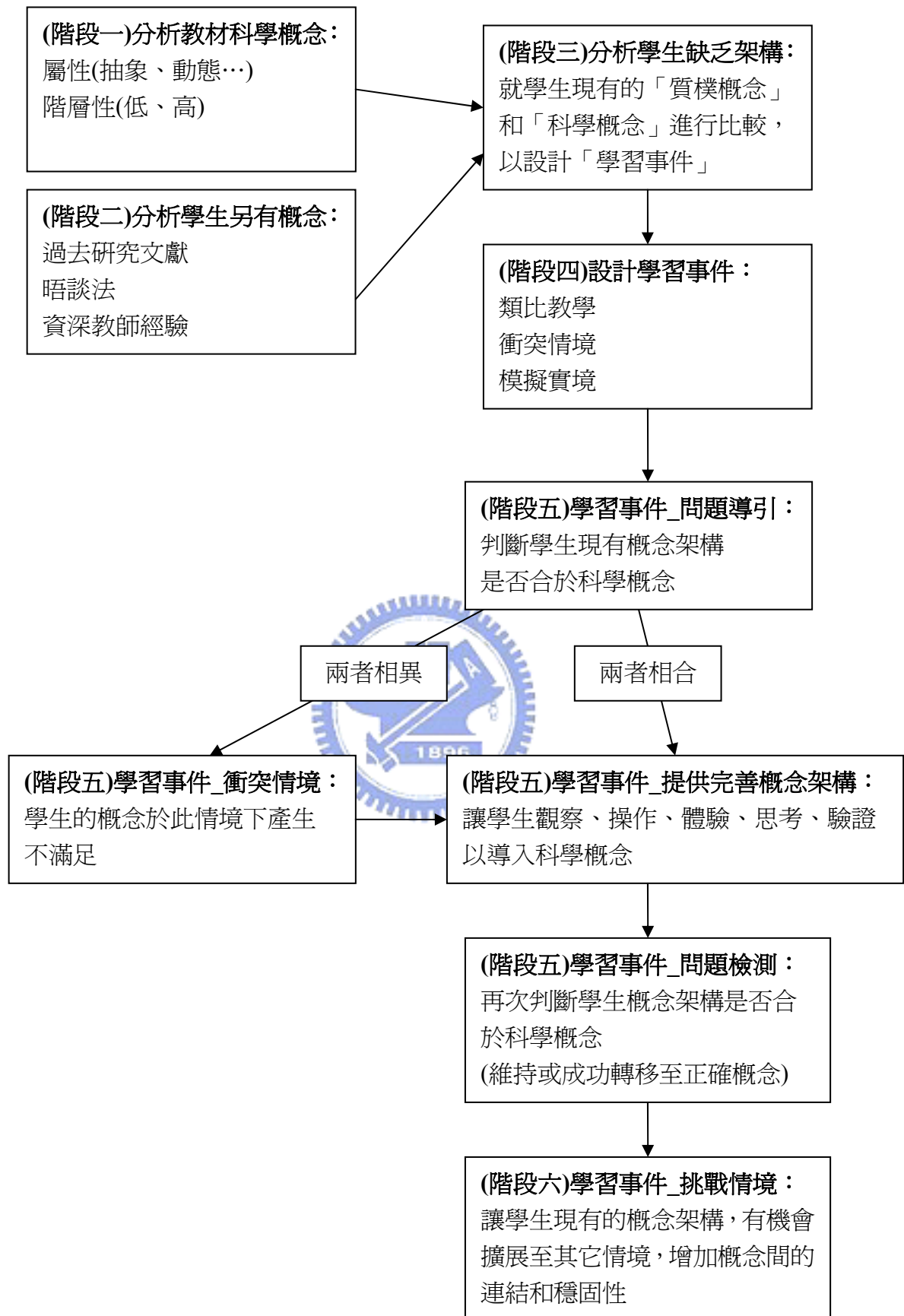


圖 3.5.1 DSLM 實施流程圖

第六節 資料蒐集與分析

本研究期間所蒐集的資料有「燃燒」單元成就測驗、「燃燒」主題相依推理測驗、科學推理測驗、網路學習概念改變歷程問題和學生晤談內容等。

測驗結果的統計分析主要是以 SPSS 10.0 套裝軟體進行，另外針對燃燒概念，研究者逐一分析受測者在網路學習課程中所選擇的選項及開放式問題的答案，整理出受測者所表達的概念，並進行分類彙整及統計分析探討。

一、科學推理測驗：以科學推理前測成績為共變項，進行 MANCOVA 分析比較教學模式(實驗組、對照組)、科學推理成績前測(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)與自然與生活科技學業成績(高分組、低分組)在後測與追蹤測的成績上有何差異。

二、燃燒單元主題相依推理測驗：以燃燒單元主題相依推理前測成績為共變項，進行 MANCOVA 分析比較教學模式(實驗組、對照組)、科學推理成績前測(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)與自然與生活科技學業成績(高分組、低分組)在後測與追蹤測的成績上有何差異。

三、燃燒單元成就測驗：以燃燒單元成就前測成績為共變項，進行 MANCOVA 分析比較教學模式(實驗組、對照組)、科學推理成績前測(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)與自然與生活科技學業成績(高分組、低分組)在後測與追蹤測的成績有何差異。

四、燃燒概念轉變晤談：錄音儲存樣本學生的晤談內容，轉錄成逐字稿進行整理，深入了解學生在學習燃燒概念上的認知轉變。並參照修改 Anderson & Demetrius(1993)的語意流程圖(flow map)原理與分析方法，依序呈現學生歷經每一次訪談時(包括教學前、後與追蹤)的概念數、概念正確分數、概念改變量及概念推理層級。而在概念推理層級分析，本研究因應國小學生的推理能力，依據 Hogan 等人(2000)的推理層級定義，區分為概述(Generativity)、精緻化(Elaboration)、判斷(Justification)、解釋(Explanation)等四類。

「概述(Generativity, G)」為概念推理的最低層級，學生僅以現象的觀察敘述或自己猜測的想法或主張等來解釋待解答的現象，分為 G0、G1 和 G2。G0 是完全沒有任何推理及說明，G1 是一個簡單概述，G2 是二個以上的概述。例如：(1)不知道、我忘記了(G0)。(2)蠟燭的火是從打火機的火傳過去的(G1)。

「精緻化(Elaboration, EL)」為學生能以科學的術語辭彙或操作方法來解釋待解答的現象，例如加入測量或估計的方式，分為 EL1 和 EL2。EL1 和是一個精緻化的說明，EL2 是二個以上精緻化的說明。例如：(1)燃燒的三個條件是可燃物、助燃物、提高溫度達到燃點。(2)空氣中百分之八十左右是氮氣、百分之二十是氧氣、百分之一是其它氣體和二氧化碳之類。

「判斷(Justifications, J)」在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來解釋現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係來解釋現象，分為 J1 和 J2。J1 是一個判斷的說明，J2 是二個以上判斷的說明。例如：(1)我記得有一次我用魚缸的水去測酸鹼性質，得知水為中性，而我們都有打氧氣到水中，所以得知把氧氣加到水中，水的酸鹼性不會變化。(2)因為氧氣比空氣重，所以把氧氣裝入氣球後會使氣球往下降。

「解釋(Explanations, EX)」為學生以類似科學模型的作用機制來說明待解答的現象。分為 EX1 和 EX2，EX1 是一個解釋的說明，EX2 是二個以上解釋的說明。例如：(1)在學校是用二氧化碳來催化雙氧水，它會分解成水和氧氣。(2)目前工業上製造氧的方式是將空氣施以壓力，使它成為液態，然後利用沸點的差距，這樣就可以分離出氧氣。

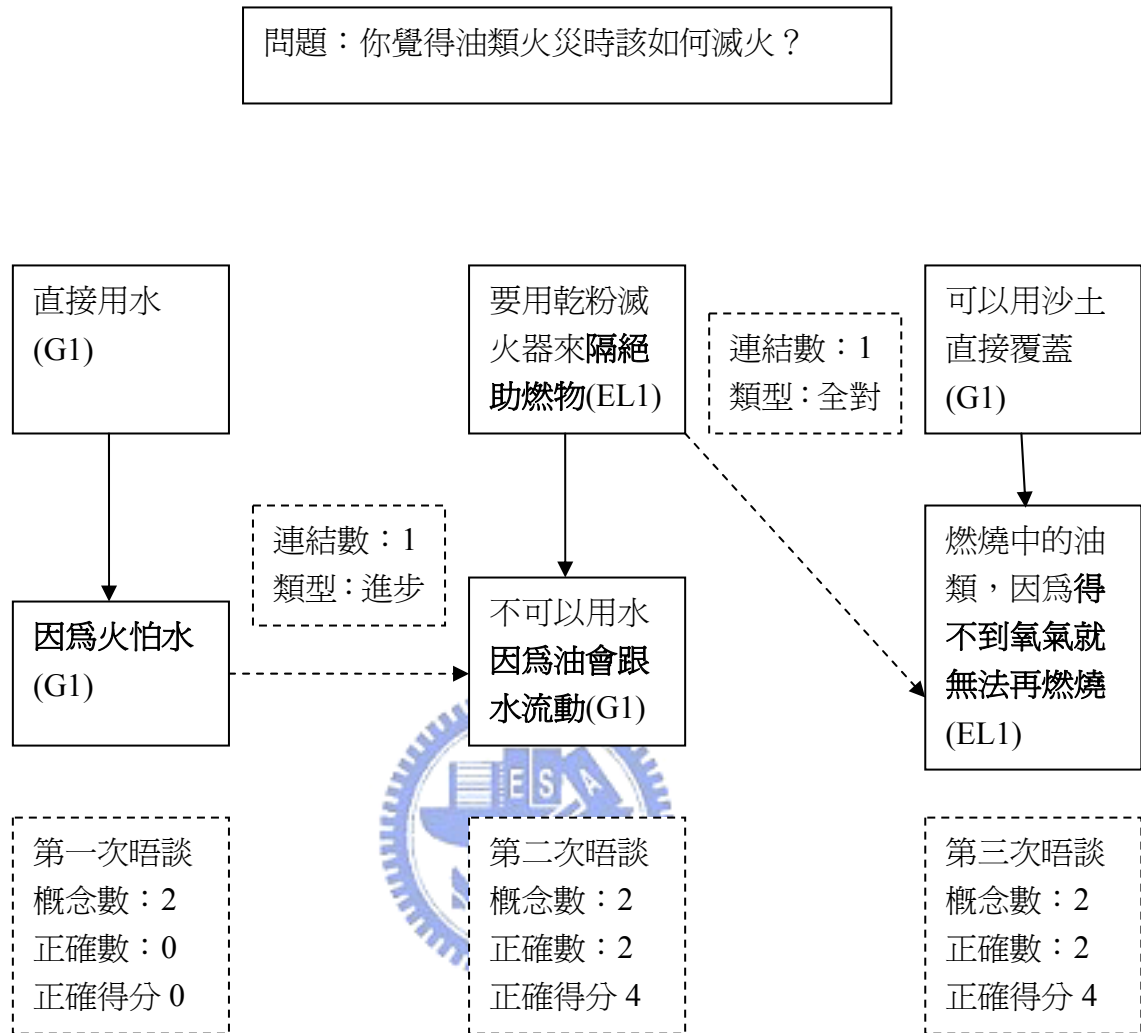
進行分析的範例如圖 3.6.1，「概念數」的計算方式，即分析每次的晤談內容時，將受訪者回答問題的完整內容(包含答案及理由說明)以「概念」為單位加以細分，計算其數目即得概念數，如範例中第一次晤談學生的回答中共有「直接用水」、「因為火怕水」兩個概念。「概念正確分數」為分析晤談內容時，針對學生每個概念的正確性分成 0-2 分，每一個正確概念得分數為 2 分，部分對的概念得 1 分，錯誤概念得 0 分。在範例的第一次晤談中雖有「直接用水」、「因為火怕水」兩個概念，但均為錯誤概念，所以概念正確得分仍為零分。

「概念改變量」即為分析晤談內容時，針對學生在「教學前、後訪談」之間，或「教學後、追蹤訪談」之間，所具有的相關概念以虛線加以連結，並以概念的對錯情形分類為「進步」、「維持全對」、「維持半對與全錯」和「退步」四種型態加以分類統計。在範例中，由第一次晤談到第二次晤談之間的虛線連結，可以發現學生的理由從「火怕水」改變為「因為油會跟著水一起流動」，由錯誤改變為正確，所以該學生在第一次晤談和第二次晤談的學生在概念改變量「進步」的數目即為 1。在第二次晤談到第三次晤談之間的虛線連結，可以發現學生的理由「隔絕助燃物」、「得不到氧氣就無法再燃燒」兩者均正確，所以該學生在第二次晤談和第三次晤談之間的概念改變量「全對」的數目即為 1。

「推理層級的分析」方面，在範例的第一次晤談中「直接用水」、「因為水怕火」均屬於學生的質樸概念，所以評定推理層級為「概述」(G)，第二次晤談中「隔絕助燃物」的理由顯示學生可應用科學術語來描述，所以

推理層級評定為「精緻化」(EL)。

圖 3.6.1 晤談內容的語意流程圖分析範例



其中概念數與概念推理層級概述、精緻化、判斷與解釋的評分者間一致性分別為 0.82、0.88、0.83、0.82、0.87。

五、燃燒概念改變網路學習歷程測驗：檢測學生進行網路化學習事件前後，燃燒概念改變歷程測驗的結果，進行概念改變(回答選項)與推理層級改量(開放式理由)的量化統計，以瞭解學習事件前後的概念改變歷程，並對不同學業成績(高、中、低分組)、科學推理(具體運思期、過渡期分組)對學生在原子單元的學習歷程的概念改變成效有何差異進行分析探究。在概念改變的量化部分，將學生前、後答題正確性的類型分為對對、錯對、對錯與錯錯四類，並統計各題各分組答題的類型分布以進行比較。推理層級改變的量化部分則以 Hogan(2000)定義的推理層級，對每一題前、後學生運用的推理層級進行卡方檢定，分析是否有顯著差異，並將推理層級改變的類型分為進步、維持、退步，以進行學生推理能力狀況的分析。

第四章 研究結果與討論

第一節 網路化教學推理學習及概念改變成效分析

為了回答研究問題一(不同教學模式、學業成就與科學推理能力，對學生在「燃燒」單元的學習成就有何差異?)、問題二(不同教學模式、學業成就與科學推理能力，對學生在「燃燒」單元的主題相依推理學習成就有何差異?)和問題三(不同教學模式、學業成就與科學推理能力，對學生科學推理能力表現有何差異?)，研究者先將實驗組及對照組全體學生，依照九十三學年度上學期第一次定期評量自然與生活科技成績分為高分組(高於全體成績中位數)及低分組(低於全體成績中位數)，並以科學推理測驗前測成績，學生分成具體運思前期、具體運思後期、轉變期三組，現將測驗結果的分析整理如下：

一、教學前後「燃燒」單元學習成就分析：

此部分乃為回答研究問題一：「不同教學模式、學業成就與科學推理能力，對學生在「燃燒」單元的學習成就有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

(一)不同教學模式與自然與生活科技學業成就分組的後測與追蹤測之敘述性統計及配對 T 檢定分析

將實驗組與對照組的單元成就測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照自然與生活科技學業成就分組(高分組、低分組)，將敘述性統計整理如表 4.1.1：

表 4.1.1 「不同教學模式」與「不同學業成就」單元成就測驗之敘述性統計

	人數	成就前測		成就後測		成就追蹤測		後測-前測		追蹤測-前測		
		N	mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t 值	平均差	t 值
實驗組	高學業	14	54.3	12.24	75.6	10.94	74.1	16.15	21.3	10.02***	19.8	7.80***
	低學業	17	36.8	10.57	56.1	11.45	55.1	13.67	19.2	6.86***	18.3	7.21***
	全體	31	44.7	14.23	64.9	14.80	63.7	17.45	20.2	11.2***	19.0	10.7***
對照組	高學業	18	49.2	14.08	42.2	19.63	59.1	17.05	-7.0	-1.52	9.9	2.23*
	低學業	13	41.7	8.80	39.3	17.48	53.5	14.07	-2.4	-0.47	11.9	2.26*
	全體	31	45.9	12.47	40.9	18.47	56.7	15.81	-5.0	-1.48	10.7	3.22**

N=62

從學業分組的角度來看，實驗組高學業成就和低學業成就學生，在前測到後測、前測到追蹤測成績的 T 值均達顯著水準；對照組高、低學業成就學生在前測到後測的 T 值均未達顯著水準，前測到追蹤測的 T 值則達到顯著水準。

由此結果可以得知實驗組在雙重情境課程教學後，高學業成就和低學業成就的學生均能對燃燒的概念得到良好的學習成效，並且學習成效可以有有效的維持；對照組在一般傳統教學情境下，無法對燃燒的概念，獲得立即有效的學習成果，概念的建構與改變的效果需要較長的時間才能逐漸呈現。

(二)不同教學模式與科學推理能力分組的後測與追蹤測之敘述性統計及配對 T 檢定分析

將實驗組與對照組的科學推理測驗成績（前測、後測與追蹤測），依照科學推理能力分組（具體運思前期、具體運思後期和轉變期），將敘述性統計整理如表 4.1.2：

表 4.1.2 「不同教學模式」與「不同科學推理能力」單元成就測驗之敘述性統計

	人數 N	成就前測		成就後測		成就追蹤測		後測-前測		追蹤測-前測		
		mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t 值	平均差	t 值	
實驗組	具體前	13	35.0	8.99	52.6	10.92	49.3	11.30	17.6	6.171***	14.3	4.925***
	具體後	13	48.5	14.06	70.6	10.51	71.1	14.32	22.2	7.380***	22.6	8.901***
	轉變期	5	60.2	5.63	81.8	1.10	81.8	5.17	21.6	7.426**	21.6	8.703***
	全體	31	44.7	14.23	64.9	14.80	63.7	17.45	20.2	11.240***	19.0	10.674***
對照組	具體前	14	43.1	10.03	44.4	19.55	56.4	13.22	1.2	0.237	13.3	3.414**
	具體後	14	46.0	12.48	36.8	17.19	58.3	15.90	-9.2	-2.058	12.3	2.408*
	轉變期	3	58.7	19.22	43.0	22.07	50.7	30.01	-15.7	-1.230	-8.0	-0.481
	全體	31	45.9	12.47	40.9	18.47	56.7	15.81	-5.0	-1.476	10.7	3.220**

N=62

從推理能力分組的角度來看，實驗組具體運思前期、具體運思後期以及轉變期的學生，在前測到後測、前測到追蹤測成績的 T 值均達到顯著差異水準；對照組具體運思前期、具體運思後期以及轉變期學生，其前測到後測成績的 T 值均未達顯著水準；具體運思前期和具體運思後期學生前測到追蹤測成績的 T 值則達顯著標準。

由此結果可以得知在雙重情境學習模式下學習燃燒的概念，對三個不同推理分組的學生，均能有立即而顯著的成效，並且所學得的概念均能夠穩定的保持。對照組學生在經過一般傳統教學模式的學習後，具體運思前

期及具體運思後期的學生在經過一段時間後才能理解得到概念的建構與澄清，而對於推理能力較高的轉變期學生，在燃燒單元概念的學習中可以發現，一般傳統教學模式不能充分發揮盡其所才，對概念的建構與擴展幫助有限。

(三)不同教學模式、科學推理能力分組與學業成就分組在單元成就測驗後測與追蹤測總分之三因子多變項共變項(three-factors MANCOVA)推論統計分析

將教學模式、科學推理分組、自然與生活科技學業成就分組等三變項與單元成就測驗進行多因子共變數分析，以『教學模式、科學推理分組、學業成就分組』為自變項，控制變項為『單元成就前測成績』，依變項分別為『單元成就後測成績』和『單元成就追蹤測成績』，結果呈現於表 4.1.3。

表 4.1.3 不同教學模式、科學推理能力分組與學業成就分組在單元成就測驗後測與追蹤測總分三因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F 檢定	p 值	淨相關 η^2
單元成就測驗前測	.833	2	49	4.898*	.011	.167***
教學模式	.521	2	49	22.543***	.000	.479***
科學推理分組	.868	4	98	1.791	.137	.068**
學業分組	.977	2	49	.588	.559	.023*
教學模式×科學推理分組	.797	4	98	2.942*	.024	.107**
學業分組×科學推理分組	.850	2	49	4.318*	.019	.150***

註: df1 為假設自由度, df2 為誤差自由度; p 值: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$
淨相關(partial) η^2 : * $\eta^2 > 0.0099$ (small), ** $\eta^2 > 0.0588$ (medium), *** $\eta^2 > 0.1379$ (large)

由表 4.1.3 中顯示燃燒單元成就後測和追蹤測，在不同教學模式達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.521$, $p = 0.000$)，在不同科學推理分組中則未達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.868$, $p = 0.137$)，在不同自然與生活科技學業成就分組上也未達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.977$, $p = 0.559$)。

在交互作用的分析部分，因為教學模式與科學推理分組之間交互作用達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.797$, p 值 = 0.024)，所以針對「不同教學模式與不同科學推理分組」對燃燒單元學習成就的影響，進行單純主要效果分析。分析資料時先依教學模式(實驗、對照)分組，分別進行「科學推理分組因子」對「燃燒單元成就測驗」的單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。接著資料再依科學推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)分組，分別進行「教學模式因子」對「燃燒單元成就測驗」的單因子多變量共變數分析，所得結果整理如表 4.1.4。

表 4.1.4 不同教學模式、不同科學推理能力分組之單純主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's Λ	單變量		事後比較
		後測 F 值	追蹤測 F 值	
不同科學推理能力分組				
實驗組	.678*	5.582**	4.439*	後測：轉>前，後>前 追蹤：轉>前，後>前
對照組	.867	1.008	.601	無明顯差異
不同教學模式分組				
具體前期	.684*	4.055	.502	無明顯差異
具體後期	.348***	43.024***	4.577*	後測：實驗>對照 追蹤：實驗>對照
轉變期	.099*	16.257*	5.259	後測：實驗>對照 追蹤：無明顯差異

F 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 轉：轉變期，後：具體運思後期，前：具體運思前期

表 4.1.4 顯示實驗組在「不同科學推理分組」(具體運思前期、具體運思後期和轉變期)對「單元成就測驗成績」的單純主要效果達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.678$, $p = 0.036$)；對照組則未達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.867$, $p = 0.459$)，再對實驗組以單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)並進行事後檢定，結果如下：

1. 實驗組後測的成績各推理分組間差異達到顯著($F = 5.582$, $p = 0.009$)，事後檢定的結果為轉變期高於具體運思前期($p = 0.007$)，具體運思後期高於具體運思前期($p = 0.006$)。
2. 實驗組追蹤測的成績各推理分組間差異達到顯著($F = 4.439$, $p = 0.022$)，事後檢定的結果為轉變期高於具體運思前期($p = 0.032$)、具體運思後期高於具體運思前期($p = 0.008$)。
3. 對照組後測和追蹤測均未達到顯著水準。

另外具體運思前期(Wilk's $\Lambda = 0.684$, $p = 0.013$)、具體運思後期(Wilk's $\Lambda = 0.348$, $p = 0.000$)和轉變期(Wilk's $\Lambda = 0.099$, $p = 0.010$)在「不同的教學模式分組」對於「單元成就測驗成績」的單純主要效果均達顯著水準，接著進行單因子單變量共變數分析並進行事後檢定，結果如下：

- 1.具體運思前期後測成績未達顯著($F=4.055, p=0.055$)。
- 2.具體運思前期追蹤測成績未達顯著($F=0.502, p=0.468$)。
- 3.具體運思後期後測成績達顯著差異($F=43.024, p=0.000$)，事後檢定顯示實驗組高於對照組($p=0.000$)。
- 4.具體運思後期追蹤測成績達顯著差異($F=4.577, p=0.043$)，事後檢定顯示實驗組高於對照組($p=0.043$)。
- 5.轉變期後測成績達顯著差異($F=16.257, p=0.010$)，事後檢定顯示實驗組高於對照組($p=0.010$)。
- 6.轉變期追蹤測成績未達顯著差異($F=5.259, p=0.070$)。

因學業分組與科學推理分組之間交互作用亦達顯著水準(Wilk's $\Lambda=0.850, p=0.019$)，接著須針對「不同學業分組與不同科學推理分組」對燃燒單元學習成就的影響，進行單純主要效果分析，分析資料時先依學業分組(高分組、低分組)分組，分別進行「科學推理分組因子」對「燃燒單元成就測驗」的單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。接著再依科學推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)分組，分別進行「學業分組因子」對「燃燒單元成就測驗」的單因子多變量共變數分析並進行事後檢定，所得結果整理如表 4.1.5。

表 4.1.5 顯示高分組(Wilk's $\Lambda=0.736, p=0.087$)和低分組(Wilk's $\Lambda=0.973, p=0.703$)「不同科學推理分組因子」對「單元成就測驗成績」的單純主要效果均未達顯著水準。

另外具體運思前期(Wilk's $\Lambda=0.936, p=0.469$)和具體運思後期(Wilk's $\Lambda=0.777, p=0.062$)「不同學業分組因子」對「單元成就測驗成績」的單純主要效果均未達顯著水準；轉變期學生因同時均為學業高分組，故不進行「不同學業分組」對「單元成就測驗成績」的單純主要效果分析。由於各組的單純主要效果分析均未達顯著水準，故不進行單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)的事後檢定。

表 4.1.5 不同學業分組、不同科學推理能力分組之單純主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's Λ	單變量		事後比較
		後測 F 值	追蹤測 F 值	
不同科學推理能力分組				
高分組	.736	.156	2.499	—
低分組	.973	.741	.320	—
不同學業成就分組				
具體前期	.936	.270	.452	—
具體後期	.777	.104	3.777	—

F 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

(四)燃燒單元成就測驗分析小結

從敘述性統計分析中可以發現實驗組中各學業分組及推理分組的學生，在「燃燒」的單元成就測驗成績上，均能達到顯著的進步。而對照組的成績在後測時差異均未達顯著水準，在追蹤測時才逐漸達到顯著差異，表示出實驗組學生在本單元概念的學習進步狀況，優於對照組學生。

在推論性統計分析中顯示，自變項「教學模式因子」對依變項「燃燒單元成就測驗」的影響達顯著性。在事後檢定的部分，實驗組中轉變期和具體運思期的學生，成績優於具體運思前期學生，而對照組中各推理分組成績的差異未達顯著水準。這表示實驗組的教學模式可以讓不同推理能力的學生均能繼續發展，並且對於已經學到的概念能有較好的學習保留效果，而對照組的教學模式則使具有較高推理能力的學生無法發揮其既有的學習潛力，達到應有的學習成效。另外不同的教學模式之下，實驗組具體運思後期學生，其後測和追蹤測成績均高於對照組，轉變期學生在後測成績也高於對照組，而具體運思前期則兩組無明顯差異。這表示推理能力較佳的學生在進行網路化科學推理學習時，同時能夠大幅提昇主題單元概念的學習成效。同時統計結果顯示在「教學模式」和「科學推理分組」、「學業分組」和「科學推理分組」均顯示有交互作用存在，且「科學推理分組因子」以及「教學分組和科學推理分組的交互作用」實際效果值(partial η^2)均達到中度，這表示「科學推理分組因子」對燃燒單元成就測驗的實際效果影響上亦達顯著性。

分析結果證實了問題一的假設 1-1「不同的教學模式的學生其『燃燒』單元學習成就測驗成績(包括後測、追蹤測)達顯著差異」和假設 1-3「不同科學推理能力的學生其『燃燒』單元學習成就測驗成績(包括後測、追蹤測)達顯著差異」。但是假設 1-2「不同學業成就的學生其『燃燒』單元學習成就測驗成績(包括後測、追蹤測)達顯著差異」，統計分析結果並不支持，這個結果和 Lawson 和 Thompson(1988)的研究結果相吻合。Lawson 和 Thompson 曾以「推理能力」、「心智能力」、「語言能力」和「認知風格」對另有概念進行相關性分析，結果顯示只有推理能力一項和另有概念的狀況呈現高度相關一致性，支持了本研究中推理能力對學業成就有顯著影響的結果。實驗組學生以網路化科學推理課程進行概念改變與重建，由於此課程能夠有效提昇學生推理能力，因而教學模式因子對學生概念改變的成效影響亦能達到顯著性。

二、教學前後主題相依推理測驗分析：

此部分乃為回答研究問題二：不同教學模式、學業成就與科學推理能力，對學生在「燃燒」單元的主題相依推理學習成就有何差異？」進而以敘述性統計與推論性統計呈現其結果。

(一)不同教學模式與自然與生活科技學業成就分組的後測與追蹤測之敘述性統計及配對 T 檢定分析

將實驗組與對照組的主題相依推理測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照自然與生活科技學業成就分組(高分組、低分組)，將敘述性統計整理如表 4.1.6：

表 4.1.6 「不同教學模式」與「不同學業成就」主題相依推理測驗之敘述性統計

	人數	主題相依前測		主題相依後測		主題相依追蹤		後測-前測		追蹤測-前測		
		N	mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t 值	平均差	t 值
實驗組	高學業	14	17.3	7.84	25.8	6.82	28.4	9.52	8.5	7.064***	11.1	6.607***
	低學業	17	10.4	5.47	16.5	7.26	17.5	7.95	6.2	4.214***	7.2	4.938***
	全體	31	13.5	7.41	20.7	8.38	22.4	10.16	7.2	7.389***	9.0	7.852***
對照組	高學業	18	13.2	8.65	12.7	9.21	16.6	9.83	-0.5	-0.167	3.4	1.792
	低學業	13	9.0	5.43	7.2	8.97	11.3	7.19	-1.8	-0.613	2.3	1.095
	全體	31	11.4	7.61	10.3	9.37	14.3	9.04	-1.0	-0.516	2.9	2.106*

N=62

從學業分組的角度來看，實驗組高學業和低學業學生在前測到後測、前測到追蹤測成績的 T 值均達顯著水準；對照組高、低學業成就學生後測、追蹤測的 T 值則均未達顯著差異水準。綜合實驗組及對照組全體學生來看，實驗組學生在後測及追蹤測的 T 值均達顯著差異水準，對照組學生則在追蹤測時的 T 值才達到顯著差異水準。

由此結果可以得知，實驗組學生不論是學業高分組或是低分組，在燃燒單元主題相依的推理學習表現皆優於對照組的學生，和單元學習成就測驗的分析結果一致。

(二)不同教學模式與科學推理能力分組的後測與追蹤測之敘述性統計及配對 T 檢定分析

將實驗組與對照組的主題相依推理測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照科學推理能力分組(具體運思前期、具體運思後期和轉變期)，將敘述性統計整

理如表 4.1.7：

表 4.1.7 「不同教學模式」與「不同科學推理能力」主題相依推理測驗之敘述性統計

	人數	主題相依前測		主題相依後測		主題相依追蹤測		後測-前測		追蹤測-前測		
		N	mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t 值	平均差	t 值
實驗組	具體前	13	8.4	4.66	14.6	6.04	13.5	6.92	6.23	3.769**	5.15	3.312**
	具體後	13	15.2	6.99	23.3	7.03	27.6	6.96	8.23	5.075***	12.46	7.410***
	轉變期	5	22.4	2.61	29.6	5.08	32.2	4.71	7.20	6.220**	9.80	6.699**
	全體	31	13.5	7.41	20.7	8.38	22.5	10.16	7.23	7.389***	8.97	7.852***
對照組	具體前	14	9.4	6.17	12.3	10.47	11.0	6.03	2.93	0.325	1.64	0.369
	具體後	14	12.5	7.55	7.2	6.73	16.5	9.69	-5.38	-1.934	3.62	1.525
	轉變期	3	15.7	13.65	15.0	12.77	20.3	15.04	-0.67	-0.092	4.67	1.750
	全體	31	11.4	7.61	10.3	9.37	14.3	9.04	-1.03	-0.516	2.93	2.106*

N=62

從推理能力分組的角度來看，實驗組具體運思前期、具體運思後期和轉變期的學生，在前測到後測及前測到追蹤測成績的T值均顯著差異水準；對照組具體運思前期、具體運思後期和轉變期學生在後測、追蹤測成績的T值均未達顯著水準。

以上結果表示實驗組各推理分組的學生，在結合科學推理的網路化雙重情境學習模式環境下，主題相依推理的學習狀況均優於對照組學生。尤其是對照組學生在後測及追蹤測的成績均未達顯著水準，代表一般傳統的教學模式在燃燒主題相依的推理學習上並未獲得明顯的教學成效。

(三)不同教學模式、科學推理能力分組與學業成就分組在主題相依推理測驗後測與追蹤測總分之三因子多變項共變項(three-factors MANCOVA)推論統計分析

將教學模式、科學推理分組、自然與生活科技學業成就分組等三變項與單元成就測驗進行多因子共變數分析，以『教學模式、科學推理分組、學業成就分組』為自變項，控制變項為『主題相依推理前測成績』，依變項分別為『主題相依推理後測成績』和『主題相依推理追蹤測成績』，結果呈現於表 4.1.8。

表 4.1.8 不同教學模式、科學推理能力分組與學業成就分組在主題相依推理測驗後測與追蹤測總分三因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F 檢定	p 值	淨相關 η^2
主題推理測驗前測	.697	2	49	10.647***	.000	.303***
教學模式	.639	2	49	13.856***	.000	.361***
科學推理分組	.745	4	98	3.880**	.006	.137**
學業分組	.915	2	49	2.289	.112	.085**

註: df1 為假設自由度, df2 為誤差自由度; p 值: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$
淨相關(partial) η^2 : * $\eta^2 > 0.0099$ (small), ** $\eta^2 > 0.0588$ (medium), *** $\eta^2 > 0.1379$ (large)

由表 4.1.8 中顯示燃燒單元主題相依推理測驗後測和追蹤測, 在不同教學模式上達顯著差異水準(Wilk's $\Lambda = 0.639$, $p = 0.000$), 在不同科學推理分組亦達顯著差異水準(Wilk's $\Lambda = 0.745$, $p = 0.006$)。

由於自變項各因子(教學模式、科學推理分組和學業分組)之間交互作用未達顯著水準, 因此針對不同教學模式、不同科學推理分組進行主要效果分析, 再依其顯著性與否分別進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA), 結果呈現於表 4.1.9。

表 4.1.9 不同教學模式、不同科學推理能力分組之主要效果摘要表

變異來源	多變量		單變量		事後比較
	Wilk's Λ	後測 F 值	追蹤測 F 值		
教學模式	.714***	20.094***	11.937**		後測: 實驗 > 對照 追蹤: 實驗 > 對照
推理分組	.772**	1.011	4.728*		後測: 無顯著差異 追蹤: 轉 > 前, 後 > 前

F 值: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 轉: 轉變期, 後: 具體運思後期, 前: 具體運思前期

由表 4.1.9 中顯示「不同教學模式分組因子」對「燃燒單元主題相依推理測驗成績」的主要效果達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.714$, $p = 0.000$), 「不同科學推理分組因子」對「燃燒單元主題相依推理測驗成績」的主要效果亦達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.772$, $p = 0.006$), 於是再以單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)並進行事後檢定, 結果顯示:

1. 不同教學模式後測達顯著水準($F = 20.094$, $p = 0.000$), 事後檢定顯示實驗組高於對照組($p = 0.000$)
2. 不同教學模式追蹤測達顯著水準($F = 11.937$, $p = 0.001$), 事後檢定顯示實驗組高於對照組($p = 0.001$)
3. 不同科學推理分組後測未達顯著差異($F = 1.011$, $p = 0.370$)。
4. 不同科學推理分組追蹤測達顯著水準($F = 4.728$, $p = 0.013$), 事後檢定顯示轉變期高於具體運思前期($p = 0.032$), 具體運思後期高於具體運思前期

($p=0.005$)

(四)燃燒單元主題相依推理測驗分析小結

主題相依推理代表兩個向度的學習，一者為單元相關的概念學習，再者為科學推理能力的學習。統計分析的結果中顯示自變項「教學模式因子」和「科學推理分組因子」對依變項「燃燒單元主題相依推理測驗」的影響達顯著水準。實驗組各學業及推理的學生在主題相依推理測驗的成績均優於對照組學生，這表示經由雙重情境學習模式可以兼顧科學概念與推理兩者，得到一般傳統教學模式所無法達成的教學效果。Johnson和Lawson(1998)的研究中提出在探索式的教學中，學生的推理能力可以達到明顯的改善，而在講述式的傳統教學中則無法達成。這亦說明了本研究中「教學模式因子」能夠對主題相關推理能力的影響達到顯著的原因。

最後統計的分析結果證實了問題二的假設 2-1「不同教學模式的學生其『燃燒』單元主題相依推理測驗成績達顯著差異」和假設 2-3「不同科學推理能力的學生其『燃燒』單元主題相依推理測驗成績達顯著差異」；但是統計分析結果並不支持假設 2-2「不同學業成就的學生其『燃燒』單元主題相依推理測驗成績達顯著差異」。

三、教學前後科學推理測驗分析：

此部分乃為回答研究問題三「不同教學模式、學業成就與科學推理能力，對學生科學推理能力表現有何差異？」，並以敘述性與推論性統計分析結果分別呈現。

(一)不同教學模式和自然與生活科技學業成就分組的後測與追蹤測之敘述性統計及配對 T 檢定分析

將實驗組與對照組的科學推理測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照自然與生活科技學業成就分組(高分組、低分組)，將敘述性統計整理如表 4.1.10：

表 4.1.10「不同教學模式」與「不同學業成就」科學推理測驗之敘述性統計

	人數	科學推理前測		科學推理後測		科學推理追蹤		後測-前測		追蹤測-前測		
		mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t 值	平均差	t 值	
實驗組	高學業	14	3.71	2.27	3.93	2.13	4.86	2.48	0.21	0.543	1.14	2.387*
	低學業	17	1.47	0.94	2.41	1.70	2.65	2.23	0.94	2.426*	1.18	2.111
	全體	31	2.48	2.00	3.10	2.02	3.65	2.56	0.61	2.182*	1.16	3.153**

對照組	高學業	18	2.61	2.55	2.47	2.18	4.33	2.68	-0.14	-0.247	1.72	3.902***
	低學業	13	1.54	1.20	1.69	1.60	1.92	1.89	0.15	0.273	0.38	0.716
	全體	31	2.16	2.13	2.13	1.96	3.32	2.64	-0.03	-0.072	1.16	3.258**

N=62

從學業分組的角度來看，在後測的統計結果比較中可以發現，實驗組低學業成就學生的成績表現，其後測的T值已達顯著水準，對照組低學業成就學生後測成績T值則未達顯著水準。而在追蹤測的統計結果比較上，高學業成就學生的追蹤成績T值在實驗組、對照組兩組均能達到顯著水準；而低學業成就的學生在追蹤測的成績表現比較上，實驗與對照兩組的T值均未能達到顯著水準。綜合實驗組及對照組全組來看，實驗組在後測及追蹤測T值均達到顯著水準，對照組追蹤測的T值才達到顯著水準。

(二)不同教學模式與科學推理能力分組的後測與追蹤測之敘述性統計及配對 T 檢定分析

將實驗組與對照組的科學推理測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照科學推理能力分組(具體運思前期、具體運思後期和轉變期)，將敘述性統計整理如表 4.1.11：

表 4.1.11 「不同教學模式」與「不同科學推理能力」科學推理測驗之敘述性統計

	人數	科學推理前測		科學推理後測		科學推理追蹤測		後測-前測		追蹤測-前測		
		N	mean	SD	mean	SD	mean	SD	平均差	t 值	平均差	t 值
實驗組	具體前	13	0.77	0.44	2.08	1.44	2.46	2.03	1.31	3.157**	1.69	2.856**
	具體後	13	2.85	0.80	3.15	1.72	3.85	2.51	0.31	0.743	1.00	1.803
	轉變期	5	6.00	1.41	5.60	2.07	6.20	2.28	-0.40	-0.667	0.20	0.232
	全體	31	2.48	2.00	3.10	2.02	3.65	2.56	0.61	2.182*	1.16	3.153**
對照組	具體前	14	0.71	0.47	2.07	2.09	1.92	2.09	1.36	2.464*	1.21	2.308*
	具體後	14	2.43	0.51	2.08	1.44	3.71	2.05	-0.35	-0.959	1.29	2.223*
	轉變期	3	7.67	2.08	2.67	3.78	8.00	1.00	-5.00	-5.00*	0.33	0.378
	全體	31	2.16	2.13	2.13	1.96	3.32	2.64	-0.03	-0.072	1.16	3.258**

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

從推理能力分組的角度來看，實驗組和對照組具體運思前期的學生在後測及追蹤測的 T 值均達到顯著水準，對照組轉變期學生在後測的 T 值達到顯著水準，具體運思後期學生追蹤測的 T 值達顯著水準。綜合來看，實驗組中各推理能力分組的學生在後測及追蹤測的成績大致均能持續維持進步，而對照組各組的成績表現則很不穩定。

(三)不同教學模式、學業成就分組與科學推理能力分組在科學推理測驗後測與追蹤測總分之三因子多變量共變項(three-factors MANCOVA) 推論統計分析

資料分析時以教學模式、科學推理能力分組、學業分組為自變項，科學推理測驗前測成績為控制變項，科學推理測驗後測成績及科學推理測驗追蹤測成績為依變項，結果如表4.1.12。

表 4.1.12 不同教學模式、學業成就分組與科學推理能力分組在科學推理測驗後測與追蹤測總分三因子多變項共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F 檢定	p 值	淨相關 η^2
科學推理測驗前測	.713	2	49	9.864***	.000	.287***
教學模式	.809	2	49	5.782**	.006	.191***
科學推理分組	.850	4	98	2.081	.173	.078**
學業分組	.931	2	49	1.820	.089	.069**
教學模式×科學推理分組	.802	4	98	2.853*	.028	.104**

註: df1 為假設自由度, df2 為誤差自由度; p 值: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$
淨相關(partial) η^2 : * $\eta^2 > 0.0099$ (small), ** $\eta^2 > 0.0588$ (medium), *** $\eta^2 > 0.1379$ (large)

由表 4.1.12 中顯示科學推理測驗後測和追蹤測，在不同教學模式上達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.809$, $p = 0.006$); 同時也顯示教學模式與科學推理分組間交互作用達顯著性(Wilk's $\Lambda = 0.802$, $p = 0.028$)。

因為教學模式與科學推理分組之間交互作用達顯著水準，所以須針對「不同教學模式與不同科學推理分組」對科學推理測驗成績的影響，進行單純主要效果分析。分析資料時先依教學模式(實驗、對照)分組，分別進行「科學推理分組因子」對「科學推理測驗」的單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。接著資料再依科學推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)分組，分別進行「教學模式因子」對「科學推理測驗」的單因子多變量共變數分析，所得結果整理如表 4.1.13

表 4.1.13 不同教學模式、不同科學推理能力分組之單純主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's Λ	單變量		事後比較
		後測 F 值	追蹤測 F 值	
不同科學推理能力分組				
實驗組	.942	0.508	0.590	—
對照組	.788	3.125	0.229	—
不同教學模式分組				
具體前期	.984	0.001	0.386	—

具體後期	.900	1.416	0.134	—
轉變期	.110*	22.253*	0.272	後測：實驗>對照

F 值： * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

表 4.1.13 顯示無論是實驗組或對照組「不同科學推理分組因子」對「科學推理測驗成績」的單純主要效果均未達顯著水準。另外只有轉變期「不同教學模式因子」對「科學推理測驗成績」的單純主要效果分析達顯著水準(Wilk's $\Lambda=0.110$, $p=0.012$)，接著對轉變期進行單因子單變量共變數分析(one-factor ANCOVA)，結果顯示轉變期學生在科學推理測驗後測達顯著($F=22.253$, $p=0.005$)，事後檢定的結果實驗組高於對照組($p=0.005$)。由「科學推理分組」和「教學模式及科學推理分組的交互作用」均達顯著，並且兩者實際效果值(partial η^2)均達中度效果來看，科學推理分組因子的實際效果已達顯著水準。

(四)科學推理測驗分析小結

最後統計的分析支持問題三的假設 3-1「不同的教學模式對學生科學推理測驗成績達顯著差異」和假設 3-2「不同學業成就的學生其科學推理測驗成績達顯著差異」。分析結果對於 3-3「不同科學推理能力的學生其科學推理測驗成績達顯著差異」則不支持，但是教學模式和科學推理分組之間存在有交互作用。Johnson 和 Lawson(1998)的研究指出教學模式會影響科學推理能力的表現，在此測驗分析結果中再度得到證實。

四、本節小結

本節由三個測驗來分析學生在教學前後概念建構與改變、科學推理能力改變的情形。在單元學習成就測驗的分析中可以發現，實驗組中各分組的學生其燃燒單元概念的學習狀況均優於對照組學生，在主題相依推理測驗的分析中亦得到類似的結果。這表示實驗組的學生在雙重情境學習模式的環境下，科學概念的建構與改變以及科學推理能力的學習均優於在一般傳統教學模式下學習的對照組學生，而得到優異的成效。

由 MANCOVA 分析中可發現實驗組各學習分組及推理分組的學生均能得到有效的學習發展，相對之下對照組在一般傳統教學模式之下，各分組之間的表現差異不大，造成程度好或推理能力強的學生無法有效的發揮其天賦，得到應有的學習發展。

在科學推理測驗的分析中，未能得到類似的結果，其中主要的因素為科學推理測驗中數學的運算能力佔了很大的因素，再加上題目整體為分析自具體運思期到後形式運思期推理能力而設計，對國小學生而言難度較

高，大部分學生的成績普遍被壓縮在 0~2 分的差距之間，造成許多因子的分析上不易達到顯著差異水準。

第二節 燃燒概念晤談分析

「燃燒」概念晤談為針對回答研究問題四「透過修改後的語意流程圖分析三次晤談的資料，分析在不同教學模式下，學生的「概念數」、「正確概念分數」、「推理層級」的改變，以及「概念改變量」的變化為何？」。依照教學內容共有 31 題，分別在教學前(前測晤談)、教學後(後測晤談)，以及課程結束一個月後(追蹤晤談)，分成三次進行晤談。晤談的對象為實驗組學生及對照組學生，依推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)每組各選取 2 名學生，共 12 名學生。將學生回答的內容依序繪製成流程圖，並從圖形中分析學生的「概念數」、「概念正確分數」、「運用的推理層級」，以及「概念改變量」，說明如下：

- 1.概念數：**分析學生的回答內容中所包含的概念數目。例如在回答防鏽的方法時，學生回答：「做成真空包裝，或是塗上油漆。」即包含 2 個概念——「真空處理可以防鏽」和「塗上油漆可以防鏽」。
- 2.概念分數：**為了分析學生回答內容的正確性，將概念的得分分成三級：答對得 2 分，半對得 1 分，答錯不給分。例如學生在回答打火機點燃蠟燭的原理時，
答對的情形如：「打火機提高了燭心的溫度」；
半對的情形如：「打火機讓蠟燭的溫度提高達到沸點」；
答錯的情形如：「打火機的火焰跑到蠟燭上去」。
- 3.運用的推理層級：**推理層級分析的標準分成四級：
 - (1)概述(Generativity, G)
 - (2)精緻化(Elaboration, EL)
 - (3)判斷(Justification, J)
 - (4)解釋(Explanation, EX)詳細的說明見第四章第三節「教學前後運用推理層級分析」。

- 4.概念改變量：**分析晤談內容時，針對學生在「教學前、後訪談」之間，或「教學後、追蹤訪談」之間，所具有的相關概念以直線加以連結，

並以概念的對錯情形分類為「進步」、「維持全對」、「維持半對與全錯」和「退步」四種類型加以討論。

以下為分析實驗與對照組學生從問題 1~31 其在概念數、概念正確分數，推理各層次的單因子多變量分析。

一、概念數和概念分數以及學生所運用的推理層級的分析

在概念分析方面，由實驗組和對照組在概念數及概念正確分數的表現依題目而異，而推理層級的分析則可發現學生大部分使用的推理方式還是集中在概述(G)、精緻化(EL)兩個類別，運用判斷(J)和解釋(EX)的數目則少於前兩個層級，甚至在對部分題目的推理中未出現高層次的推理方式，進一步的統計分析結果整理如附錄一。

由於研究環境的限制，接受晤談的實驗組和對照組的學生總共只有 12 人，在樣本數不足的情況下教學模式因子對各分析項目(概念數、概念正確分數以及學生運用的各推理層級數)的影響不容易顯現，但 $\text{partial } \eta^2$ 值實際顯著效果上多達到中到高度實際顯著。在附錄一可以發現，除了問題 9、14、23 和 24，其餘的問題在概念數的分析上均達到實際顯著效果。在概念正確分數的分析上除了問題 2、4、9、10、14、23、24 和 31 之外亦達實際顯著效果，在推理層級的分析上亦有類似情形。從附件一的統計結果來看可以知道，在概念數、概念分數及各個推理層級，達顯著效果的題目中，事後檢定為「實驗組大於對照組」的題數多於「對照組大於實驗組」，只有在推理層級分析項目「概述」的情況恰好相反，詳細的事後檢定結果整理如表 4.2.1。

在表 4.2.1 中可以發現，概念數分析中後測實驗組大於對照組的有 14 題，對照組大於實驗組的只有 9 題；追蹤測實驗組大於對照組的有 15 題，對照組大於實驗組的只有 8 題。其餘分析項目之各題數整理如表 4.2.2。

表 4.2.1 實驗組和對照組教學後晤談(後測)、追蹤晤談「概念數」、「概念分數」、「推理層級」量化資料效果值(partial η^2)彙整表

		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
概念數	後測	***	**		*		***	***	***		***	***	*	*		**	***	**	*	***	*		***				***	***	***	**	***	***	
	追蹤	***		***		*	***	***	**			*	***	***		***	**	**	**	*	***	**	***				**	***	***	***	**	**	
概念正確分數	後測	**	***		*	**	***	***	***	***	***	**	*		***	***	***	***	**	***	*	*	***			**	***	***	**	*	**	**	***
	追蹤	***		*	*	***	***	*	**	***	***	*	*		***	*	***	*			***	***	**	**		*	*	***	***	*	*	*	
概述	後測	*	**	***		***	*	*	***		***	***	**		**	*		***	***		*	**	**			***	**	***		*	**	***	
	追蹤	***		***		***	*	*	**	*	***	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
精緻化	後測	**		**	**	***	*	***	*	***		**							*		***	*	**	***		**	***	***	**	**	*	*	
	追蹤	***		***		***	***	***	**	***	***	**									*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
判斷	後測						***			**	***	**	*						***	***												***	
	追蹤									***		*	**	**	**	**	**	**	**			**											
解釋	後測						**																										
	追蹤						**																										

註 1. 紅色星號代表「實驗組大於對照組」結果、而綠色星號代表「對照組>實驗組」結果

註 2. 星號代表 partial η^2 效果值,*為「效果小」(0.0099< partial η^2 <0.0588)、**為「效果中」(0.0588< partial η^2 <0.1379)、***為「效果大」(partial η^2 >0.1379)

表 4.2.2 晤談結果中各分析項目 partial η^2 達顯著效果之題數

晤談次別	概念數		概念正確 分數		概述		精緻化		判斷		解釋	
	後測	追蹤	後測	追蹤	後測	追蹤	後測	追蹤	後測	追蹤	後測	追蹤
實驗>對照	14	15	20	19	9	11	15	14	7	7	1	1
對照>實驗	9	8	7	6	14	16	8	6	2	1	0	0

由表 4.2.2 中可以發現，除了推理分析項目「概述」之外，實驗組在各項分析的表現均優於對照組。深入探討此結果，「概述」是本研究所定義之推理層級中最初階的一級，實驗組由於在網路科學推理學習中已逐漸提昇其推理能力至「精緻化」、「判斷」、甚至「解釋」層級。因此在使用「概述」的次數上已遠少於對照組，此結果亦可視為實驗組學生推理能力提昇的一種表現。

二、概念連結類別的分析

概念連結類別的分析項目為「教學前晤談概念和教學後晤談概念間的連結」和「教學後晤談和追蹤晤談概念間的連結」，經由 t 檢定分析實驗、對照兩組間差異結果統計結果整理如附錄二：

附錄二的 t 檢定的結果中，以 Cohen's d 值做為顯著效果大小的指標，顯示除了第 24 題之外，其餘題目在「教學前—教學後」或「教學後—追蹤」之間的分析結果均達顯著效果，進行事後檢定後結果整理於表 4.2.3。在表中凡達顯著效果者以其顯著效果大小標示 1~3 個星號，紅色星號代表事後檢定結果「實驗大於對照」，綠色星號代表事後檢定結果「對照大於實驗」。表中顯示在「全對」及「進步」兩個類別的分析結果，「實驗大於對照」的題數多於「對照大於實驗」；在「維持(錯誤)」及「退步」兩個類別的分析結果，「對照大於實驗」的題數多於「實驗大於對照」。這表示實驗組學生在經過網路化科學推理學習後，其概念的正確率明顯較對照組為高。並將表 4.2.3 的結果整理如表 4.2.4：

表 4.2.4 晤談結果中概念增加量分析各分項 Cohen's d 值達顯著之題數

事後檢定	教學前→教學後晤談				教學後→追蹤晤談			
	全對	進步	維持	退步	全對	進步	維持	退步
實驗>對照	10	16	5	0	23	3	3	7
對照>實驗	11	4	10	5	4	7	14	6

表 4.2.3 實驗組和對照組教學後晤談(後測)、追蹤晤談「概念增加量」量化資料效果值(Cohen's d)彙整表

題號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
教學前↓教學後晤談	全對		***	*	*	*	**	*		***	*	**			*	***			*	***		**			**	***	*	*	**		**	
	進步			*	**	***	***		***	***	*	*				**	***	***	**	**		**	***			*		**	***	*	***	
	維持					***	**	**	***	***						**		***	**	**		**	**			***	**	*	**		**	
	退步										**					**	**						**				**					
教學後↓追蹤晤談	全對	***	*		**	***	**	*	**	***	***	*	*	***	***	***	***	*	***	***	*	**	***	***	***	***	***	*	**	***	*	***
	進步					**					*			*	**	***	***	**			**	*			**						*	
	維持				**	*	***	**	***	***		**				*	*	*	*	*	*	*	*			**	*	*	*			
	退步			**		**	**				***				*	**	*	**				**		*			***	*				***

註 1. 紅色星號代表「實驗組大於對照組」結果、而綠色星號代表「對照組>實驗組」結果

註 2. 星號代表 Cohen's d 效果值,*為「效果小」(0.2<Cohen's d <0.5)、**為「效果中」(0.5< Cohen's d<0.8)、***為「效果大」(Cohen's d>0.8)

以上結果回答了問題四「透過修改後的語意流程圖(Flow Map)分析三次晤談(教學前、後與追蹤)的資料，分析在不同教學模式(實驗組、對照組)，學生的『概念數』、『正確概念分數』、『推理層級』(概述(G), 精緻化(EL), 判斷(J), 解釋(EX))的改變，以及『概念改變量』的變化為何？」，並且支持問題四中的三個假設：

4-1 不同的教學模式對學生概念數從「教學前」到「教學後」、「追蹤」的增加達顯著差異。

4-2 不同的教學模式對學生運用推理層級從「教學前」到「教學後」、「追蹤」的改變達顯著差異。

4-3 不同的教學模式對學生的概念改變量於「進步」、「維持全對」、「維持半對和全錯」與「退步」等四種類型的改變達顯著差異。

三、小結

本節以晤談的方式，分析並比較實驗組和對照組在「燃燒」單元的概念學習以及推理層級的改變情形。以 MANCOVA 分析概念數和概念正確分數和推理層級，並以 $\text{partial } \eta^2$ 值做為實際顯著效果大小的指標，結果顯示出實驗組在概念數、概念分數以及高階推理層級的表現均優於對照組。

在概念連結的分析方面，使用 t 檢定進行的分析統計，並以 Cohen's d 值做為顯著效果大小的指標，結果顯示實驗組的概念不論「全對」和「進步」類別中均優於對照組。由晤談的分析方式得到的結果為，在經過網路化科學推理學習的課程後，實驗組不論在概念的建構、學習保留的效果和推理層級的提昇，均明顯優於以一般傳統教學模式進行學習的對照組。以上分析結果證明不同的教學模式對學生的概念重建以及推理能力的提昇的確有顯著的影響。

第三節 網路課程學習歷程分析

此節為回答研究問題五：「不同學業成就、科學推理能力的學生，在融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式下，其網路學習歷程中概念改變情形及其推理層級改變為何？」，因此針對學生在網路學習事件前後答案與理由正確率，以及開放式理由的推理層級分析來呈現結果。

「燃燒」單元網路化雙重情境學習課程共分五個單元，將依序由主題一到主題五，針對實驗組學生在網路互動式學習事件的作答內容，進行兩類分析：

一.網路學習事件前後概念改變歷程分析

本分析依序探討學生從主題一到主題五的網路互動式學習事件前後，概念改變的歷程。以學生在學習事件剛開始作答的內容作為「學習事件前」的概念狀態，經過學習事件之後再一次作答的內容作為「學習事件後」的概念狀態，由於作答均包含答案和理由兩部分，以答案及理由均答對才算學生具有正確的概念。

分析的方法是先將實驗組學生(共 31 人)依科學推理(具體運思前期 13 人、具體運思後期 13 人、轉變期 5 人)和自然與生活科技學業成就(高分組 14 人、低分組 17 人)進行分組，再統計各組內作答的結果。結果的呈現方式採事件前一事件後配對比較，共可分為『對—對』(維持正確概念)、『錯—對』(改變另有概念)、『對—錯』(產生另有概念)、『錯—錯』(維持另有概念)四個類型，同時以頻率(人數)和組內百分率(各分組內所佔百分比)兩種方式表示。

二.教學前後運用推理層級分析

本分析依序探討學生從主題一到主題五的網路互動式學習事件前後，運用推理層級的歷程。以網路互動式學習事件的前後，學生對問題作答的理由部分，作為分析的內容。推理層級分析的標準則修改 Hogan 等人(2000)對推理型態的層級分類，分成：

- 1.概述(Generativity, G)：對自然現象作直觀的描述或以質樸概念來回答。概述(G)又可細分為 N、G0、G1 和 G2。N 是學生在理由的部分漏答或拒答、G0 則表示學生的回答中完全不包含任何和問題相關的論述，或無法分辨其含義，G1 是學生僅運用一個簡單概述，G2 是同時運用了二個以上概述。

- 例如：(1)不知道、我忘記了(G0)。
(2)蠟燭的火是從打火機的火傳過去的(G1)。
(3)滅火的方式可以用水、溼抹布，或者用滅火器。(G2)。

2.精緻化(Elaboration, EL)：學生能以正確科學術語辭彙、或科學方法如運用測量、估計、數字關係等，對問題相關的現象進行說明。精緻化(EL)可細分為 EL1 和 EL2。EL1 是學生僅運用一個精緻化的說明，EL2 是運用二個以上精緻化的說明。

- 例如：(1)燃燒需要提高溫度達到燃點。(EL1)
(2)空氣中百分之八十左右是氮氣、百分之二十是氧氣、百分之一
是其它氣體和二氧化碳之類。(EL2)

3.判斷(Justification, J)：在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來說明現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係演繹推論來解釋現象，分為 J1 和 J2。J1 是學生運用了一個判斷的說明，J2 是二個以上判斷的說明。

- 例如：(1)我用魚缸的水去測酸鹼性，得知水為中性，而我們都有打氧氣到水中，所以得知氧氣加到水中，水的酸鹼性不會變化。
(J1)
(2)因為氧氣比空氣重，把氧氣裝入氣球後會使氣球往下降。(J1)

4.解釋(Explanation, EX)：學生以類似科學模型或理化作用機制，做為推理的依據，來說明待解答的現象。分為 EX1 和 EX2，EX1 是學生運用了一個解釋來說明，EX2 是運用二個以上解釋來說明。

- 例如：(1)它應該是一種物理反應吧！物理的變化它裏面的體質沒改變，裏頭分子結構沒有改變，但外觀改變了。(EX1)
(2)在學校是用二氧化錳來催化雙氧水，它分解成水和氧氣。目前工業上製造氧的方式是將空氣施以壓力，使它成為液態，然後利用沸點的差距，這樣就可以分離出氧氣。(EX2)

如果學生提出的論述中同時包含了不同層級的推理論述，則以提出論述中所達到最高的層級為準。推理層級的分析以交叉表為工具，另外進行卡方獨立性考驗。

4-3-1 主題一「燃燒的三個條件」

主題一的學習事件探討要產生燃燒必須要具備的三個條件—可燃物、助燃物以及溫度達到燃點，依此將學習事件細分成三個部分分別討論。

概念一：燃燒需要可供燃燒的可燃物

在「產生燃燒的現象需要符合哪些條件？（需要可供燃燒的可燃物）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.1.1。

表 4.3.1.1 在主題一概念 1 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	25	13(92.9)	12(92.3)	8(80.0)	13(100.0)	4(100.0)
錯-對	1	0(0.0)	1(7.7)	1(10.0)	0(0.0)	0(0.0)
對-錯	1	1(7.1)	0(0.0)	1(10.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

N=31 括弧內數字為組內百分率 註：有4名學生此題作答不完全,分數不予採計

本學習事件有4名學生的資料漏失，在答題的學生中有93%(25人)在學習事件前後均能答對，表示絕大多數的學生在學習前即有燃燒需要可燃物的概念，這個概念在日常生活中很容易觀察體認，可以印證此結果。

概念一的推理層級分析：

學生在回答概念一的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.1.2，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=8.91, p=0.446, \omega=0.54$)，表示學生所運用的推理層級尚無明顯變化，從表中可以發現學生推理層級，大部分集中在 G_1 ，亦即只能以直觀的現象觀察和質樸概念做為解釋的理由。推理層級進步的有 9 人，維持的有 11 人，退步的有 9 人。

表 4.3.1.2 主題一概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

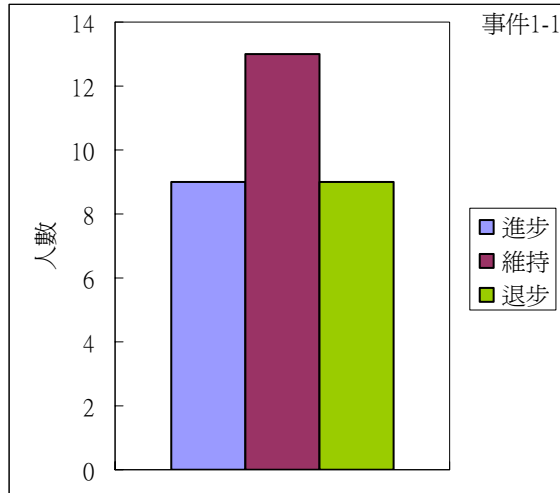
學習前	N	學習後			總和	χ^2	ω
		G_0	G_1	EL_1			
N			2		2		
G_0	2	1	3		6		
G_1	2		11	4	17		
EL_1	2		3	1	6		

總和 6 1 19 5 31 8.91 0.54***

1. χ^2 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ；***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

圖 4.3.1.1 事件 1-1 推理層級改變圖



概念二：燃燒需要能幫助燃燒的空氣(氧氣)

在「要產生燃燒的現象需要符合哪些條件？（需要能幫助燃燒的空氣）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.1.3。

表 4.3.1.3 在主題一概念 2 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	20	9(64.3)	11(84.6)	7(70.0)	9(69.2)	4(100.0)
錯-對	5	4(28.6)	1(7.7)	2(20.0)	3(23.1)	0(0.0)
對-錯	1	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	1	1(7.1)	0(0.0)	1(10.0)	0(0.0)	0(0.0)

N=31 括弧內數字為組內百分率 註：有4名學生此題作答不完全,分數不予採計

在學習事件前有 78%(21 人)能答對，表示多數的學生在學習前即有燃燒需要可燃物的概念。在學習後有 5 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 93%(25 人)可具有正確的概念，這表示各分組中大部分的學生都能順利完成此概念的建構。

概念二的推理層級分析：

學生在回答概念二的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.1.4，結果顯示卡方檢定的結果已達顯著($\chi^2=21.11$, $p=0.049$, $\omega=0.83$)，表示學

生所運用的推理層級已有變化，較明顯的轉變為從無法回答(無解釋, N)進步為以觀察到的現象進行敘述說明(概述, G₁)，雖然仍屬低階的推理層級，但是這表示學生已開始試著使用推理的方法，對自己的答案給予理由和解釋，也就是開始對概念進行較深入的思考。推理層級進步的有 9 人，維持的有 11 人，退步的有 11 人。

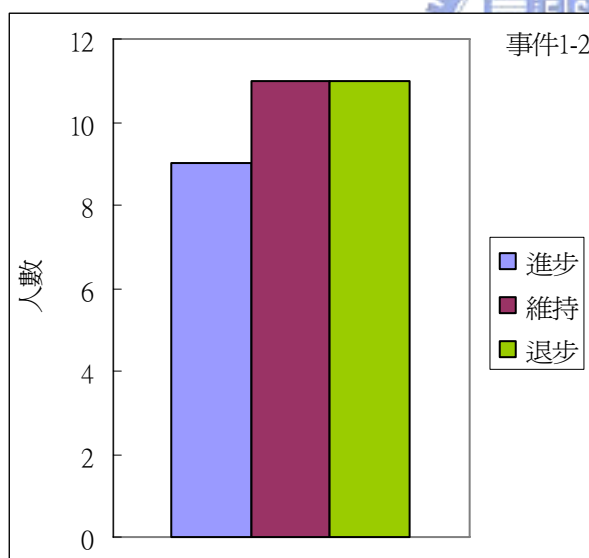
表 4.3.1.4 主題一概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	EL ₁	EL ₂	總和		
N	1		5			6		
G ₀	2	2				4		
G ₁	1	1	2	3	1	8		
EL ₁	1	1	5	6		13		
總和	5	4	12	9	1	31	21.11	0.83***

1. χ^2 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ；***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

圖 4.3.1.2 事件 1-2 推理層級改變圖



概念三：燃燒需要先達到足夠高的溫度

在「要產生燃燒的現象需要符合哪些條件？（需要先達到足夠高的溫度）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.1.5。

表 4.3.1.5 在主題一概念 3 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	18	8(57.1)	10(76.9)	6(60.0)	8(61.5)	4(80.0)
錯-對	6	3(21.4)	3(23.1)	2(20.0)	4(30.8)	0(0.0)
對-錯	2	2(14.3)	0(0.0)	2(20.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	1	1(7.1)	0(0.0)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)

N=31 括弧內數字為組內百分率 註：有4名學生此題作答不完全,分數不予採計

在學習事件前有 74%(20 人)能答對，表示多數的學生在學習前即有燃燒需要先提高溫度的概念。在學習後有 6 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 89%(24 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生都能順利完成此概念的建構。其中高分組表現略優於低分組，轉變期則優於具體運思前期和後期兩組。

概念三的推理層級分析：

學生在回答概念三的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.1.6，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著($\chi^2=24.01, p=0.242, \omega=0.88$)，但從表中大致可看出學生正確運用科學方法或科學術語(精緻化, EL)來做為解釋理由的次數已有所增加，這表示學生已開始試著使用較多的科學術語，對自己的答案給予理由和解釋，也就是開始對科學辭彙所代表的含義進行思考。推理層級進步的有 14 人，維持的有 9 人，退步的有 4 人。

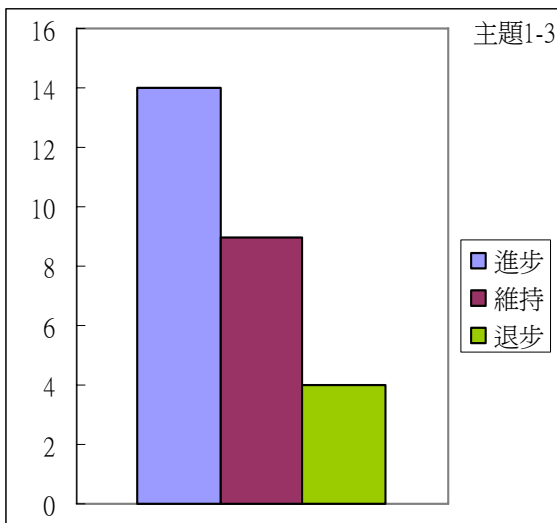
表 4.3.1.6 主題一概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	N	學習後					總和	χ^2	ω
		G ₀	G ₁	EL ₁	J ₁				
N	4		4	1			9		
G ₀	1	1	2				4		
G ₁	2		5	5	1		13		
G ₂				1			1		
EL ₁				3			3		
J ₁	1						1		
總和	8	1	11	10	1		31	24.01	0.88***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.1.3 事件 1-3 推理層級改變圖



挑戰題：影片中的打火機是如何點燃蠟燭的？

在挑戰前學生應具備概念：1.需要可供燃燒的可燃物，如蠟燭、酒精、瓦斯；2.需要能幫助燃燒的空氣；3.需要先達到足夠高的溫度。

在挑戰題「打火機是如何點燃蠟燭的？」，學生回答情形整理如表 4.3.1.7。

表 4.3.1.7 在主題一挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件-挑戰	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	13	3(17.6)	10(71.5)	3(23.1)	7(53.8)	3(60.0)
錯-對	1	0(0.0)	1(7.1)	0(0.0)	0(0.0)	1(20.0)
對-錯	9	7(41.2)	2(14.3)	4(30.8)	4(30.8)	1(20.0)
錯-錯	8	7(41.2)	1(7.1)	6(46.1)	2(15.4)	0(0.0)

N=31

從表中可發現經過學習事件過後，有 45%(14 人)可答對挑戰題，其中低分組 3 人(佔組內 18%)，高分組 11 人(佔組內 78%)；以推理分組來區分，具體前期 3 人(佔組內 23%)、具體後期 7 人(佔組內 54%)、轉變期 4 人(佔組內 80%)，這表示學業程度越好、推理能力越高的學生，越能將概念運用的其他的情境之下。另外除了 1 位高分組(轉變期)

的學生之外，在概念學習時有錯誤者(8人)，均不能通過挑戰題。打火機點火的過程原理，學生很容易產生另有概念，原因是學生不容易觀察到燭心溫度上升的情形，被火焰的直接接觸燭心的過程所誤導。

主題一小結：

將學生自主題一的學習事件中，所有概念及挑戰題答題的狀況整理如下表 4.3.1.8：

表 4.3.1.8 在主題一學習事件前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前後	學業分組								推理分組											
	低分組				高分組				具體前期				具體後期				轉變期			
類別	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯
	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯
概念一	13	0	1	0	12	1	0	0	8	1	1	0	13	0	0	0	4	0	0	0
概念二	9	4	0	1	11	1	1	0	7	2	0	1	9	3	1	0	4	0	0	0
概念三	8	3	2	1	10	3	0	0	5	2	2	0	8	4	0	1	4	0	0	0
挑戰題	3	0	7	7	10	1	2	1	3	0	4	6	7	0	4	2	3	1	1	0

N=31 註：有4名學生概念一到概念三的題目作答不完全

主題一的概念改變分析部分：表4.3.1.8顯示由概念一燃燒需要可燃物、概念二燃燒需要助燃物，到概念三燃燒前須提高溫度的答題狀況，可以發現隨著概念的抽象程度逐漸提高，答對的比例隨之下降，這代表學生在學習越抽象的概念，感受到的困難就越高。從概念學習後各組學生答題的平均正確率(分組答對人數/分組人數)分析，可以發現在主題一中高學業(97%)略高於低學業(88%)的學生，另以推理分組來看，轉變期(100%)和具體運思後期(95%)的學生則略優於具體運思前期(83%)的學生。

主題一推理層級分析部分：將學生自主題一的學習事件中，所有推理層級狀況整理如表4.3.1.9，結果顯示概念一到概念三的推理層級分析中，可發現學生所運用的推理層級逐漸由「無法提出任何解釋理由」(無解釋, N)和無關主題概念的論述(G₀)，逐漸提升到以直觀可觀察到的現象或質樸概念作為理由解釋(概述, G₁)，甚至開始運用科學術語辭彙來進行說明(精緻化, EL)。表示課程中所介紹應用的科學辭彙已逐漸為學生所接受並了解其含義，學生開始能夠以較精確的科學說法描述待

解釋的現象。

表 4.3.1.9 主題一推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	N	G0	G1	EL1	EL2	J1			
N	5		11	1			17		
G0	5	4	5				14		
G1	5	1	18	12	1	1	38		
G2				1			1		
EL1	3	1	8	10			22		
J1	1						1		
總和	19	6	42	24	1	1	93	38.21*	0.64***

1. χ^2 值： * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ； ***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

4-3-2 主題二「氧氣」

概念一：氧氣自己不能燃燒，但能夠幫助其它物質燃燒

在「下列敘述哪一個符合氧氣的性質呢？」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.2.1。

表 4.3.2.1 在主題二概念 1 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	13	5(29.4)	8(57.1)	2(15.4)	6(46.1)	5(100)
錯-對	2	0(0.0)	2(14.3)	0(0.0)	2(15.4)	0(0.0)
對-錯	1	1(5.9)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	15	11(64.7)	4(28.6)	10(76.9)	5(38.5)	0(0.0)

N=31

在學習事件前僅有 45%(14 人)能答對，表示多數的學生在學習前不熟悉氧氣不可燃燒但可助燃的概念。在學習後僅 2 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 48%(15 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生在學習後尚無法順利完成此概念的建構，大部分答錯的學生認為氧氣除了可以助燃之外，本身也可以成為燃料燃燒。其中高分組在概念建構的表現優於低分組，轉變期則優於具體運思前期和後期的學生。由於有超過一半的學生在學習後仍無法成功進行概念改

變，在學習事件的設計上應再重新思考安排。

概念一的推理層級分析：

學生在回答概念一的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.2.2，結果顯示在卡方檢定的結果未達顯著($\chi^2=21.11, p=0.131, \omega=0.56$)，表示學生所運用的推理層級在本概念學習時變化不明顯，然而可以發現使用觀察到的現象進行敘述說明(G)的數目(全班平均 20.5 次)，明顯比主題一時(全班平均 13.3 次)要高，表示學生已經逐漸能對自己的答案以簡單的說法進行解釋說明。在事件 2-1 中推理層級進步有 8 人，維持者有 19 人，退步者有 4 人。

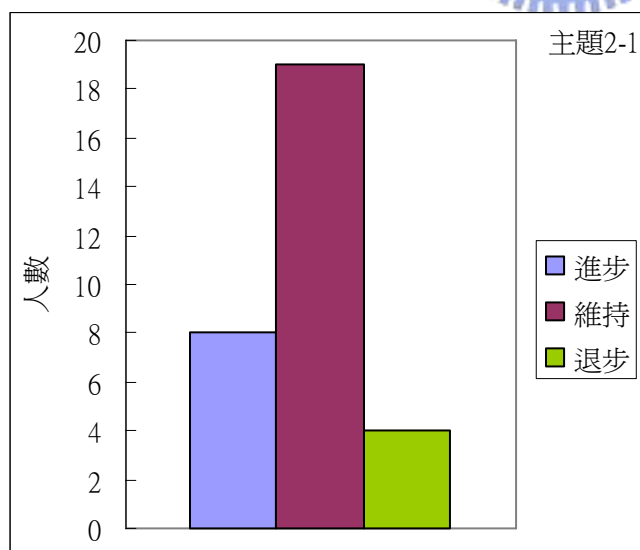
表 4.3.2.2 主題二概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後				總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	EL ₁	J ₁			
G ₀	3	4			7		
G ₁	3	15	2	1	21		
EL ₁		1	1	1	3		
總和	6	20	3	2	31	9.84127	0.56***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.2.1 事件 2-1 推理層級改變圖



概念二：氧氣比空氣重

在「氧氣和空氣誰比較重呢？」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.2.3。

表 4.3.2.3 在主題二概念 2 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	13	5(29.4)	8(57.2)	5(38.5)	6(46.1)	2(40.0)
錯-對	13	8(47.1)	5(35.7)	6(46.1)	4(30.8)	3(60.0)
對-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	5	4(23.5)	1(7.1)	2(15.4)	3(23.1)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 42%(13 人)能答對，表示多數的學生在學習前並不熟悉氧氣比空氣重的概念。在學習後有 13 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 84%(26 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生都能順利完成此概念的建構。其中高分組表現優於低分組，轉變期則優於具體運思前期和後期兩組。

概念二的推理層級分析：

學生在回答概念二的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.2.4，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=45.39, p=0.001, \omega=1.21$)，學生所運用的推理層級在本概念學習時有明顯變化，可以發現到學生使用實驗證據及推論來作為理由解釋(判斷, J)的數目已有明顯增加，表示學生逐漸從簡單的觀察、科學精緻化的說法，轉變為藉由實驗中的結果和推論來進行推理，代表學生從對現象敘述性推理方式，逐漸轉變為以實驗中變項關係進行演繹的推理。在事件 2-2 推理層級進步的有 10 人，維持 18 人，退步者 3 人。

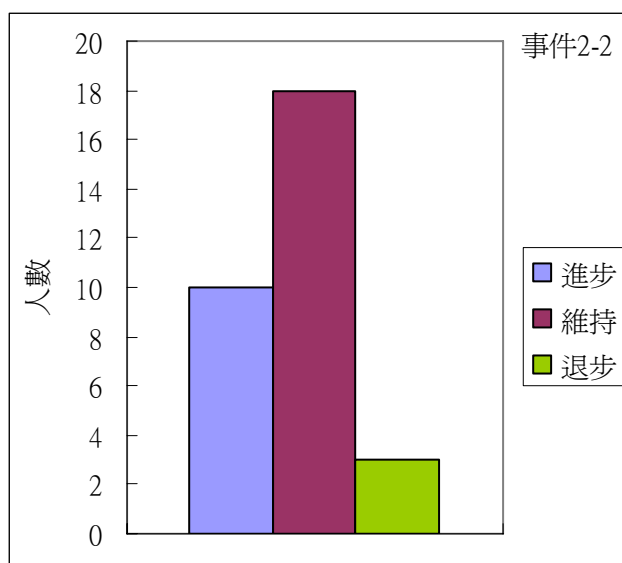
表 4.3.2.4 主題二概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	J ₁	J ₂			
G ₀	2						2		
G ₁	1	15	1	2	6		25		
G ₂		1					1		
EL ₁				1			1		
J ₁		1				1	2		
總和	3	17	1	3	6	1	31	45.39***	1.21***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.2.2 事件 2-2 推理層級改變圖



概念三：氧氣不容易溶解在水中

在「氧氣容易溶解在水中嗎？」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.2.5。

表 4.3.2.5 在主題二概念 3 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	9	5(29.4)	4(28.6)	2(15.4)	4(30.8)	2(40.0)
錯-對	6	3(17.6)	3(21.4)	2(15.4)	3(23.1)	1(20.0)
對-錯	2	1(5.9)	1(7.1)	2(15.4)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	14	8(47.1)	6(42.9)	7(53.8)	6(46.1)	2(20.0)

N=31

在學習事件前有 35%(11 人)能答對，表示大多數的學生在學習前並不熟悉氧氣不易溶入水中的概念。在學習後有 6 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 48%(15 人)可具有正確的概念，這表示一半的學生不能順利完成此概念的建構。其中高分組表現和低分組差異不大，轉變期和具體運思前期則略優於具體運思後期。

未能成功進行概念改變的原因，可能是因為影片中的實驗為包含氧氣和二氧化碳的量筒同時倒插於水中，水面會因氣體的溶解而逐漸上升，學生必須另外知道大氣壓力的概念才可順利了解水上升的原理。另外學生也可能誤將氧氣和二氧化碳兩者混淆而產生錯誤，在影

片編輯時應可加強標示以避免上述情形再次發生。

概念三的推理層級分析：

學生在回答概念三的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.2.6，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=38.38, p=0.000, \omega=1.11$)，學生所運用的推理層級在本概念學習時有明顯變化，可以發現到學生使用科學術語辭彙進行說明的數目已明顯增加，而使用實驗證據及推論來作為理由解釋(判斷, J)的數目在學習前後有明顯增加，和學習概念二時，學生對答案所進行推理的狀況可以互相印證。事件 2-3 推理層級進步 11 人，維持者 20 人。

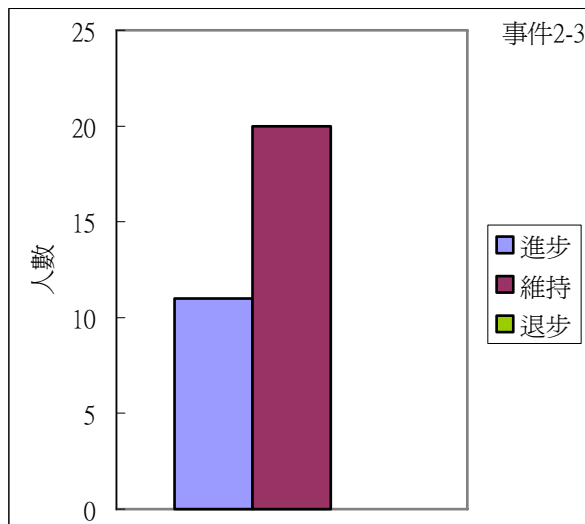
表 4.3.2.6 主題二概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	χ^2	Ω
	G ₀	G ₁	EL ₁	J ₁	J ₂			
G ₀	2	2	1			5		
G ₁		12	6	1	1	20		
EL ₁			1			1		
J ₁				5		5		
總和	2	14	8	6	1	31	38.38***	1.11***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.2.3 事件 2-3 推理層級改變圖



概念四：氧氣加入水中後，水的酸鹼性不變化

在「氧氣加入水中後，水的酸鹼性會變成？」的學習事件問題中

顯示學生回答情形整理如表 4.3.2.7。

表 4.3.2.7 在主題二概念 4 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	17	10(58.8)	7(50.0)	7(53.8)	8(61.5)	2(40.0)
錯-對	11	5(29.4)	6(42.9)	5(38.5)	3(23.1)	3(60.0)
對-錯	2	2(11.8)	0(0.0)	1(7.7)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	1	0(0.0)	1(7.1)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 61%(19 人)能答對，表示超過半數的學生在學習前即可能了解氧氣通入水中不會改變水的酸鹼性。在學習後有 11 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 90%(28 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中高分組表現和低分組差異不大，轉變期則略優於具體運思前期和具體運思後期。

概念四的推理層級分析：

學生在回答概念四的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.2.8，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著($\chi^2=15.82$, $p=0.200$, $\omega=0.71$)，但是可以發現學生運用判斷(J)層級的數目已有增加，另外甚至已有學生開始可以利用化學式及離子等模型的概念解釋化學現象，雖然本主題教學的內容並無提及相關化學模型的概念。事件 2-4 中推理層級進步者 14 人，維持者 13 人，退步者 4 人。

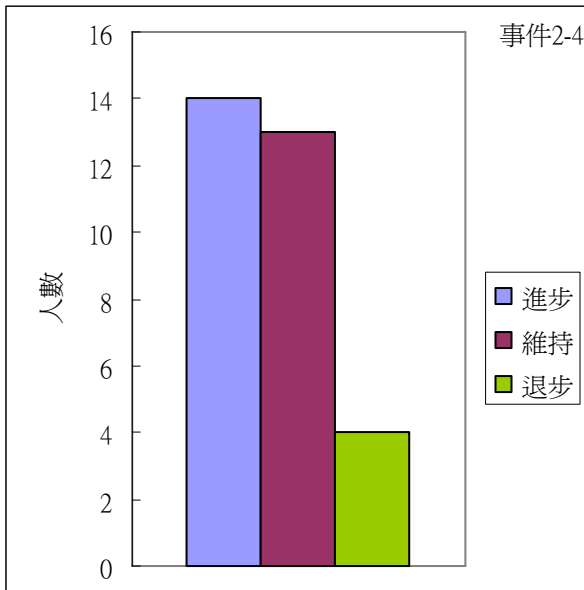
表 4.3.2.8 主題二概念 4 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後				總和	χ^2	ω
	G0	G ₁	EL ₁	J ₁			
G ₀	3	6	1	1	11		
G ₁		9	3	3	15		
J ₁				1	1		
EL ₁		1	1	1	3		
EX ₁			1		1		
總和	3	16	6	6	31	15.82	0.71***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.2.4 事件 2-4 推理層級改變圖



挑戰題：判斷甲、乙、丙三種氣體，何者為氧氣？

在挑戰前學生應具備概念：1. 氧氣自己不能燃燒，但能幫助其它物質燃燒；2. 氧氣比空氣重；3. 氧氣不容易溶解在水中。

在挑戰題「由實驗資料判斷出三個鋼瓶中，何者是氧氣」，學生回答情形整理如表4.3.2.9。

表 4.3.2.9 在主題二挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件-挑戰	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	4	1(5.9)	3(21.4)	0(0.0)	3(23.1)	1(20.0)
錯-對	12	4(23.5)	8(57.2)	3(23.1)	5(38.4)	4(80.0)
對-錯	1	1(5.9)	0(0.0)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	14	11(64.7)	3(21.4)	10(76.9)	4(30.8)	0(0.0)

N=31

通過挑戰題的學生共有16人(佔全體52%)，在學習事件中概念問題回答全對，並且順利答對挑戰題的有4人(佔全體13%)，其中低分組1人、高分組3人；以推理分組來看具體後期3人、轉變期1人。有趣的是在學習事件學習概念有錯誤，卻能通過挑戰題的有12人，其中低分組4人、高分組8人；以推理分組來看具體前期3人、具體後期8人、轉變期4人。這表示學生在回答時，利用自己已知的概念去進行推理猜測正確

的答案，而且有很高的答對率。

主題二小結：

將學生自主題二的學習事件中，所有概念及挑戰題答題的狀況整理如下表 4.3.2.10：

表 4.3.2.10 在主題二學習事件前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前後	學業分組								推理分組											
	低分組				高分組				具體前期				具體後期				轉變期			
	對 對	錯 對	對 錯	錯 錯	對 對	錯 對	對 錯	錯 錯	對 對	錯 對	對 錯	錯 錯	對 對	錯 對	對 錯	錯 錯	對 對	錯 錯		
概念一	5	0	1	11	8	2	0	4	2	0	1	10	6	2	0	5	5	0	0	0
概念二	5	8	0	4	8	5	0	1	5	6	0	2	6	4	0	3	2	3	0	0
概念三	5	3	1	8	4	3	1	6	2	2	2	7	4	3	0	6	2	1	0	2
概念四	10	5	2	0	7	6	0	1	7	5	1	0	8	3	1	1	2	3	0	0
挑戰題	1	4	1	11	3	8	0	3	0	3	0	10	3	5	1	4	1	4	0	0

N=31

主題二的概念改變分析部分：表4.3.2.10顯示由概念一氧氣不可燃但可助燃、概念二氧氣比空氣重、概念三氧氣不容易溶於水中，到概念四氧氣通入水中，酸鹼性不會改變的答題狀況，可以發現不同組別之間答題的狀況亦不同，從概念學習後各組學生答題的平均正確率(分組答對人數/分組人數)分析，可以發現在主題二中高學業(77%)高於低學業(60%)，另以推理分組來看，轉變期(90%)和具體運思後期(69%)的學生則優於具體運思前期(55%)的學生。從每個概念的學習來看，概念一及概念三在學習後能夠具有正確概念的學生人數均不到50%，除了學生的另有概念不易改變之外，學習事件內容的設計仍有再改進的必要。

主題二推理層級分析部分：將學生自主題二的學習事件中，所有推理層級狀況整理如下表 4.3.2.11，結果顯示可以發現學生不但已熟悉運用直觀可觀察到的現象或學生的質樸概念作為理由解釋(概述, G)，使用科學術語辭彙(精緻化, EL)進行說明和使用實驗證據及推論來作為理由解釋(判斷, J)的數目也已明顯增加，表示學生逐漸從簡單的觀察、科學精緻化的說法，開轉變為由實驗中的結果和推論來進行推理，也就是從對現象的敘述，逐漸轉變為由實驗變項關係進行演繹。甚至在概念四中已有學生利用化學式及離子等模型的概念(解釋, EX)來說明化學現象。

表 4.3.2.11 主題二推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	G0	G1	G2	EL1	J1	J2			
G0	10	12		2	1		25		
G1	4	51	1	13	11	1	81		
G2		1	0				1		
EL1		2		4	2		8		
J1		1			6	1	8		
EX1				1			1		
總和	14	67	1	20	20	2	124	69.36***	0.64***

1. χ^2 值： * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ； ***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

4-3-3 主題三「二氧化碳」

概念一：二氧化碳本身不能燃燒，也不能幫助燃燒

在「下列哪個敘述符合二氧化碳的性質呢？（二氧化碳本身不能燃燒，也不能幫助燃燒）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.3.1。

表 4.3.3.1 在主題三概念 1 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	16	6(35.3)	10(71.5)	4(30.8)	7(53.8)	5(100.0)
錯-對	6	4(23.5)	2(14.3)	3(23.1)	3(23.1)	0(0.0)
對-錯	1	0(0.0)	1(7.1)	1(7.7)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	8	7(41.2)	1(7.1)	5(38.4)	3(23.1)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 55%(17 人)能答對，表示半數的學生在學習前即可能了解二氧化碳不可燃亦不助燃的概念。在學習後有 6 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 71%(22 人)可具有正確的概念，

這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中高分組表現優於低分組，轉變期則優於具體運思前期和具體運思後期。本概念有 8 人未能成功進行概念改變，多半為低分組(7 人)與具體運思前期(5 人)學生。答錯的學生多半仍然認為二氧化碳雖不能助燃，但是本身是可以燃燒的，原因是二氧化「碳」和木「炭」字面上的意義相近而造成的聯想。

概念一的推理層級分析：

學生在回答概念三的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.3.2，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=53.627, p=0.001, \omega=1.32$)，可以發現學生運用判斷(J)層級的數目由 3 次變成為 9 次有明顯的增加，表示學生已可運用從影片中看到的實驗內容和現象推論，做為答案的理由解釋。在事件 3-1 中推理層級進步的有 11 人，維持者 17 人，退步者 3 人。

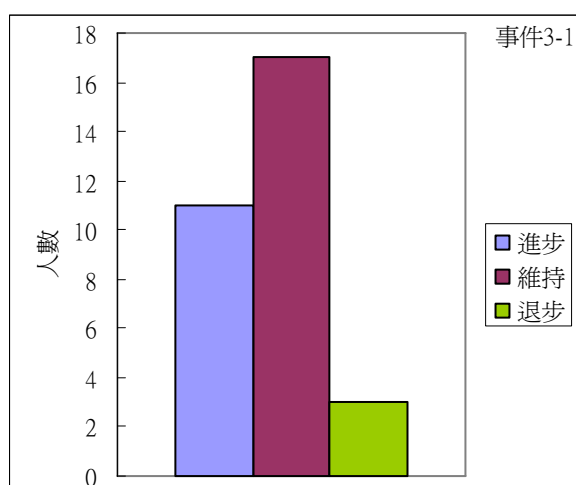
表 4.3.3.2 主題三概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	EL ₂			
G ₀	2	2		1		2	7	
G ₁		12		1		1	14	
G ₂	1						1	
EL ₁		1				3	4	
EL ₂					1	1	2	
J ₁			1			2	3	
總和	3	15	1	2	1	9	53.627***	1.32***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.3.1 事件 3-1 推理層級改變圖



概念二：二氧化碳容易溶解在水中

在「下列哪個敘述符合二氧化碳的性質呢？（二氧化碳容易溶解在水中）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.3.3。

表 4.3.3.3 在主題三概念 2 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	7	5(29.4)	2(14.3)	5(38.5)	1(7.7)	1(20.0)
錯-對	15	8(47.1)	7(50.0)	6(46.1)	7(53.8)	2(40.0)
對-錯	2	0(0.0)	2(14.3)	0(0.0)	1(7.7)	1(20.0)
錯-錯	7	4(23.5)	3(21.4)	2(15.4)	4(30.8)	1(20.0)

N=31

在學習事件前僅有 29%(9 人)能答對，表示大多數的學生在學習前並不熟悉二氧化碳可溶入水中的概念。在學習後有 15 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 71%(22 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中高分組表現和低分組差異不大，有趣的是具體運思前期的學生建構此概念的狀況則優於具體運思後期和轉變期。造成學生無法成功進行概念改變的原因，主要是學生容易將影片中的氧氣和二氧化碳混淆，詳情在主題三概念三已說明。

概念二的推理層級分析：

學生在回答概念三的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.3.4，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=8.409, p=0.906, \omega=0.52$)，但是可以發現學生主要還是運用概述(G)為主要的推理方式，但是也開始有學生能以過去的知識和想法推論判斷(J)來解釋理由。在事件 3-2 中推理層級進步的有 12 人、維持者 14 人，退步者 5 人。

表 4.3.3.4 主題三概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

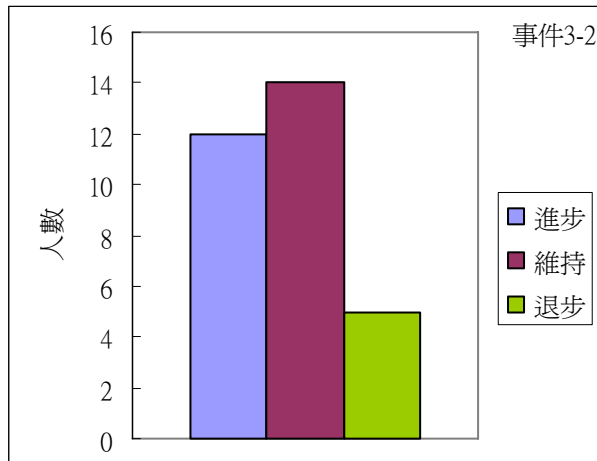
學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	J ₁	J ₂			
G ₀	2	4			1		7		
G ₁	1	12	2	2	2	1	20		
G ₂		1					1		

J_1		2	1			3			
總和	3	19	3	2	3	1	31	8.409	0.52***

1. χ^2 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ；***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

圖 4.3.3.2 事件 3-2 推理層級改變圖



概念三：二氧化碳比空氣重

在「『二氧化碳』和空氣相比，誰比較重呢？」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.3.5。

表 4.3.3.5 在主題三概念 3 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	12	6(35.3)	6(42.8)	5(38.4)	4(30.8)	3(60.0)
錯-對	13	9(52.9)	4(28.6)	6(46.2)	5(38.4)	2(40.0)
對-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	6	2(11.8)	4(28.6)	2(15.4)	4(30.8)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 39%(12 人)能答對，表示大多數的學生在學習前並不熟悉二氧化碳比空氣重的概念。在學習後有 13 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 81%(25 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中低分組表現略優於高分組，轉變期和具體運思前期則略優於具體運思後期。

概念三的推理層級分析：

學生在回答概念三的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.3.6，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=19.723, p=0.073, \omega=0.80$)，學生主要還是運用概述(G)為主要的推理方式，學習後以判斷(J)做推論解釋理由的數目也有增加。在事件 3-3 推理層級進步者有 14 人，維持者有 14 人，退步者 3 人。

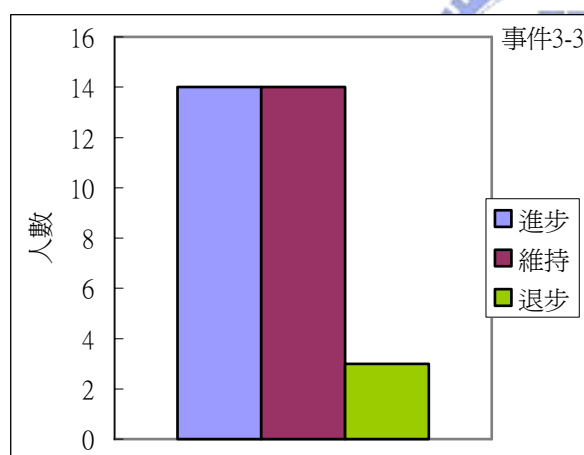
表 4.3.3.6 主題三概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	EL ₁	EL ₂	J ₁			
G ₀	1	7	2	1	1	12		
G ₁	3	11	2			16		
EL ₁			1		1	2		
J ₁					1	1		
總和	4	18	5	1	3	31	19.723	0.80***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.3.3 事件 3-3 推理層級改變圖



挑戰題：判斷蠟燭熄滅的順序

在挑戰前學生應具備概念：1.熱空氣上升(未包含於課程中)；2.二氧化碳本身不能燃燒，也不能幫助燃燒。

在挑戰題「當我們用燒杯覆蓋二支燃燒的蠟燭，兩支蠟燭的長度不同，請問哪支蠟燭會先熄滅？」學生回答情形整理如表4.3.3.7。

表 4.3.3.7 在主題三挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件-挑戰	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期

對-對	11	4(23.5)	7(50.0)	4(30.8)	4(30.8)	3(60.0)
錯-對	2	2(11.8)	0(0.0)	2(15.3)	0(0.0)	0(0.0)
對-錯	11	6(35.3)	5(35.7)	3(23.1)	6(46.1)	2(40.0)
錯-錯	7	5(29.4)	2(14.3)	4(30.8)	3(23.1)	0(0.0)

N=31

從表中可發現經過學習事件過後，有 42%(13 人)可答對挑戰題，其中低分組 6 人(佔組內 35%)，高分組 7 人(佔組內 50%)；以推理分組來區分，具體前期 6 人(佔組內 46%)、具體後期 4 人(佔組內 31%)、轉變期 3 人(佔組內 60%)。通過比例偏低的可能原因為在學習事件中學到的概念是二氧化碳比空氣重，所以平常的狀態應該會往下沉，但是學生普遍忽略了燃燒中的蠟燭產生的二氧化碳因受熱比空氣輕，所以會聚集在上層，使長的蠟燭先熄滅。

主題三小結：

將學生自主題三的學習事件中，所有概念及挑戰題答題的狀況整理如下表 4.3.3.8：

表 4.3.3.8 在主題三學習事件前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前後	學業分組								推理分組											
	低分組				高分組				具體前期				具體後期				轉變期			
類別	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯
	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯	對	對	錯	錯
概念一	6	4	0	7	10	2	1	1	4	3	1	5	7	3	0	3	5	0	0	0
概念二	5	8	0	4	2	7	2	3	5	6	0	2	1	7	1	4	1	2	1	1
概念三	6	9	0	2	6	4	0	4	5	6	0	2	4	5	0	4	3	2	0	0
挑戰題	4	2	6	5	7	0	5	2	4	2	3	4	4	0	6	3	3	0	2	0

N=31

主題三的概念改變分析部分：表4.3.3.8顯示由概念一「二氧化碳不可燃也不助燃」、概念二「二氧化碳容易溶解在水中」，到概念三「二氧化碳比空氣重」的答題狀況，從概念學習後各組學生答題的平均正確率(分組答對人數/分組人數)分析，可以發現在主題三高學業(74%)和低學業(75%)的學生表現大致相當，另以推理分組來看，轉變期(87%)則略優於具體運思後期(69%)和具體運思前期(74%)的學生。

主題三推理層級分析部分：將學生自主題三的學習事件中，所有

推理層級狀況整理如下表 4.3.3.9，可發現學生們在學習前所運用和概念無直接相關的敘述(G₀)明顯下降，而較高層推理方式如精緻化(EL)的敘述及應用實驗結果進行推論判斷(J)的數目則明顯增加，表示學生在概念學習的過程中所運用的推理層級已有顯著的進步，比起主題一、二的推理狀況又逐漸向上提昇。教學影片中提供的實驗過程及結果，和前、後問題及理由解釋的設計方式，促進了學生的思考，提供了推理所需證據的依據，同時也讓學生能夠有效的進行概念改變及建構。

表 4.3.3.9 主題三推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後							總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	EL ₂	J ₁	J ₂			
G ₀	5	13		3	1	4		26		
G ₁	4	35	2	5		3	1	50		
G ₂	1	1	0					2		
EL ₁		1		1		4		6		
EL ₂					1	1		2		
J ₁		2	2			3		7		
總和	10	52	4	9	2	15	1	93	66.27***	0.84***

1. χ^2 值： *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium； ***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

4-3-4 主題四「滅火」

概念一：滅火的方法和原理—利用水(降低溫度)

在「下列方法何者可以利用來滅火？(利用水)」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.4.1。

表 4.3.4.1 在主題四概念 1 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	24	12(70.6)	12(85.8)	8(61.5)	11(84.6)	5(100.0)
錯-對	5	4(23.5)	1(7.1)	3(23.1)	2(15.4)	0(0.0)
對-錯	1	1(5.9)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	1	0(0.0)	1(7.1)	1(7.7)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 81%(25 人)能答對，表示大多數的學生在學習前即了解水可滅火的概念。在學習後有 5 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 94%(29 人)可具有正確的概念，這表示絕大多數的學生均能順利完成此概念的建構。其中高分組表現和低分組差異不大，轉變期和具體運思後期則略優於具體運思前期。

概念一的推理層級分析：

學生在回答概念一的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.4.2，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=19.460$, $p=0.078$, $\omega=0.79$)，但可以發現學生在學習前主要是運用概述(G)為主要的推理方式，然而在學習後學生推理的方式以科學精緻化(EL)的說明為主要的推理方式。在事件 4-1 推理層級進步的人 12 人，維持者 14 人，退步者 5 人。

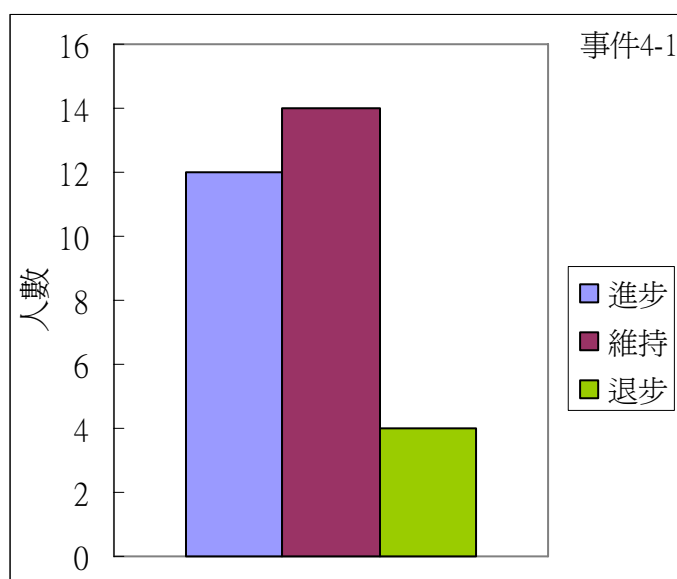
表 4.3.4.2 主題四概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後				總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	EL ₁			
N	1	1	3	1	6		
G ₀		2	6	2	4		
G ₁	1		6	5	12		
EL ₁			1	6	7		
EL ₂				2	2		
總和	2	3	10	16	31	19.460	0.79***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.4.1 事件 4-1 推理層級改變圖



概念二：滅火的方法和原理—利用乾粉或泡沫(隔絕助燃物)

在「下列方法何者可以利用來滅火？(利用乾粉或泡沫)」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.4.3。

表 4.3.4.3 在主題四概念 2 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	18	8(47.1)	10(71.4)	5(38.5)	8(61.5)	5(100.0)
錯-對	9	6(35.3)	3(21.4)	6(46.1)	3(23.1)	0(0.0)
對-錯	2	2(11.7)	0(0.0)	1(7.7)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	2	1(5.9)	1(7.1)	1(7.7)	1(7.7)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 57%(20 人)能答對，表示半數的學生在學習前即了解滅火器的用途原理。在學習後有 9 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 87%(27 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生不能順利完成此概念的建構。其中高分組表現和低分組差異不大，轉變期則略優於具體運思前期和後期。

概念二的推理層級分析：

學生在回答概念二的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.4.4，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=49.216, p=0.003, \omega=1.26$)，可以發現學生主要運用的推理方式，已經由概述(G)轉變為科學精緻化(EL)的說明做為推理的方式，和概念一推理分析結果類似，表示學生已經逐漸掌握科學辭彙所代表的含義而且正確的使用。在事件 4-2 中，推理層級進步的有 14 人，維持者 11 人，退步者 4 人。

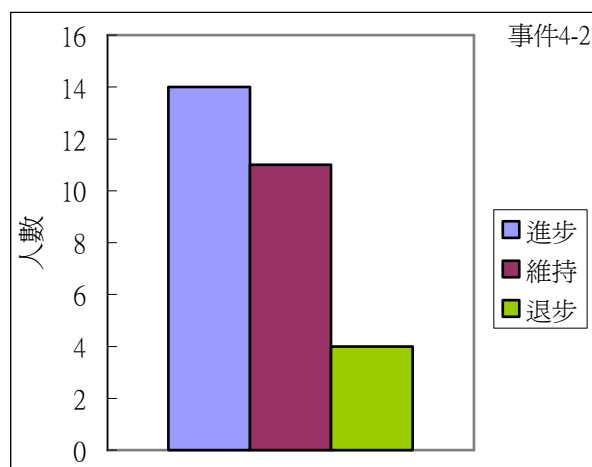
表 4.3.4.4 主題四概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	EL ₁	EL ₂	J ₁			
N	2	2	5	2			11		
G ₀		1		1			2		
G ₁	2		4	2			8		
G ₂			1	1			2		
EL ₁			1	5		1	7		
EL ₂					1		1	0.00265	
總和	4	3	11	11	1	1	31	49.216	1.26***

1. χ^2 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ；***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

圖 4.3.4.2 事件 4-2 推理層級改變圖



概念三：滅火的方法和原理—利用土及沙子(隔絕助燃物)

在「下列方法何者可以利用來滅火？(利用土及沙子)」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.4.5。

表 4.3.4.5 在主題四概念 3 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	12	5(29.4)	7(50.0)	3(23.1)	5(38.4)	4(80.0)
錯-對	6	3(17.6)	3(21.4)	3(23.1)	3(23.1)	0(0.0)
對-錯	1	1(5.9)	0(0.0)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	12	8(47.1)	4(28.6)	7(53.8)	4(30.8)	1(20.0)

N=31

在學習事件前有 42%(13 人)能答對，表示大多數的學生在學習前並不熟悉沙土可滅火的概念。在學習後有 6 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 58%(15 人)可具有正確的概念，這表示超過一半的學生能順利完成此概念的建構。其中高分組表現優於低分組，轉變期則略優於具體運思前期和具體運思後期。有三分之一的學生無法成功進行概念改變，原因可能是影片中對以沙土滅火的過程並無深入詳細的介紹，學生只知道隔絕助燃物可以滅火，但是尚不能把附蓋沙土和隔絕助燃物兩個概念之間做有效的連結，因此造成忽略沙土能滅火的概念和原理而選錯。

概念三的推理層級分析：

學生在回答概念三的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.4.6，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=73.315, p=0.000, \omega=1.54$)，可以發現學生運用概述(G)和科學精緻化(EL)的推理方式增加，也有學生以判斷(J)做推論來解釋理由。在事件 4-3 中推理層級進步者 6 人，維持者 11 人，退步者 2 人。

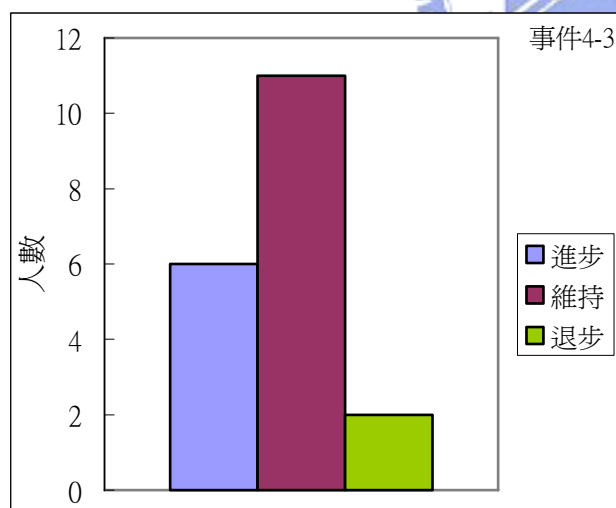
表 4.3.4.6 主題四概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	EL ₁	J ₁			
N	12	1	2	2		17		
G ₀		1				1		
G ₁	1		3			4		
EL ₁	1			7		8		
EL ₂					1	1	2.6E-09	
總和	14	2	5	9	1	31	73.315	1.54***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.4.3 事件 4-3 推理層級改變圖



概念四：滅火的方法和原理—利用蓋子蓋住酒精燈(隔絕助燃物)

在「下列方法何者可以利用來滅火？(利用蓋子蓋住酒精燈)」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.4.7。

表 4.3.4.7 在主題四概念 4 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	20	10(58.8)	10(71.5)	5(38.4)	10(76.9)	5(100.0)
錯-對	3	2(11.8)	1(7.1)	2(15.4)	1(7.7)	0(0.0)
對-錯	3	1(5.9)	2(14.3)	2(15.4)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	5	4(23.5)	1(7.1)	4(30.8)	1(7.7)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 74%(23 人)能答對，表示大多數的學生在學習前即了解利用蓋子蓋住酒精燈可以滅火的概念。在學習後有 3 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 74%(23 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中高分組表現和低分組差異不大，轉變期和具體運思後期則優於具體運思前期。

概念四的推理層級分析：

學生在回答概念四的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.4.8，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=8.409, p=0.000, \omega=0.52$)，可以發現學生主要運用科學精緻化(EL)的說明為主要的推理方式，也有學生能用演繹推理的判斷(J)來做推論解釋理由。事件 4-4 中進步的人數為 5 人、維持者 14 人、退步者 7 人。

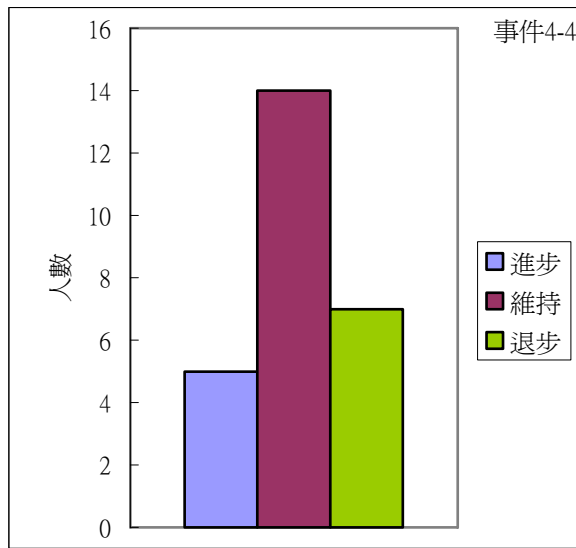
表 4.3.4.8 主題四概念 4 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	N	學習後					總和	χ^2	ω
		G ₀	G ₁	EL ₁	EL ₂	J ₁			
N	5		2	1			8		
G ₀	1	1		1			3		
G ₁	1		3	1			5		
EL ₁	1	1	1	9			12		
J ₁			1			1	2		
J ₂					1		1		
總和	8	2	7	12	1	1	31	68.365***	1.49***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.4.4 事件 4-4 推理層級進步圖



概念五：滅火的方法和原理—關閉瓦斯爐開關(隔絕可燃物)

在「下列方法何者可以利用來滅火？（關閉瓦斯爐開關）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.4.9。

表 4.3.4.9 在主題四概念 5 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	17	7(41.2)	10(71.4)	4(30.8)	9(69.2)	4(80.0)
錯-對	9	7(41.2)	2(14.3)	5(38.4)	3(23.1)	1(20.0)
對-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	5	3(17.6)	2(14.3)	4(30.8)	1(7.7)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 55%(17 人)能答對，表示半數的學生在學習前即了解關上瓦斯開關可以滅火的概念。在學習後有 9 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 84%(26 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中高分組表現和低分組差異不大，轉變期和具體運思後期則優於具體運思前期。

概念五的推理層級分析：

學生在回答概念五的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.4.10，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=17.698, p=0.279, \omega=0.76$)，可以

發現學生主要運用科學精緻化(EL)的說明為主要的推理方式，用演繹推理的判斷(J)來做推論解釋理由也有增加的趨勢。事件 4-5 中推理層級進步的有 20 人，維持者 6 人，退步者 1 人。

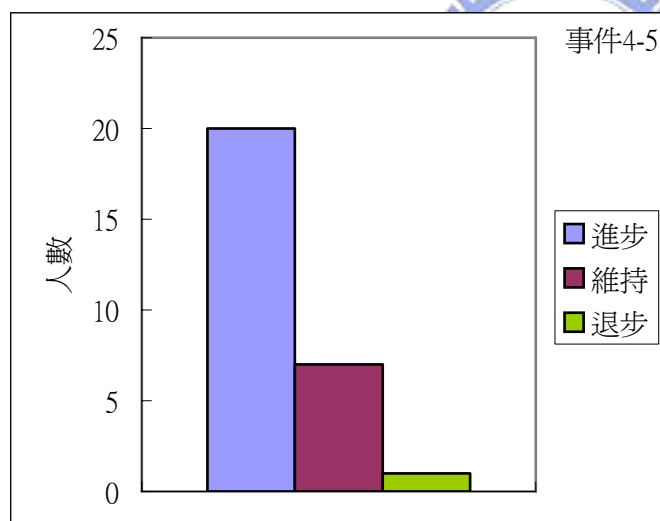
表 4.3.4.10 主題四概念 5 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	J ₁			
N	3	2	6		2		13		
G ₀	1	1	1		1		4		
G ₁			3	1	5	1	10		
EL ₁					3	1	4		
總和	4	3	10	1	11	2	31	17.698	0.76***

1. χ^2 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ；***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

圖 4.3.4.5 事件 4-5 推理層級改變圖



挑戰題一：「吹氣」可以幫助燃燒

在挑戰前學生應具備概念：燃燒需要能幫助燃燒的空氣。

在挑戰題「當我們向燒紅的木炭吹氣時，木炭燃燒更旺盛的理由是？」學生回答情形整理如表 4.3.4.11。

表 4.3.4.11 在主題四挑戰題一前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件-挑戰	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	16	6(35.2)	10(71.4)	2(15.4)	12(92.3)	2(40.0)
錯-對	3	2(11.8)	1(7.1)	2(15.4)	0(0.0)	1(20.0)
對-錯	10	7(41.2)	3(21.5)	7(53.8)	1(7.7)	2(40.0)
錯-錯	2	2(11.8)	0(0.0)	2(15.4)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

從表中可發現經過學習事件過後，有 61%(19 人)可答對挑戰題，其中低分組 8 人(佔組內 47%)，高分組 11 人(佔組內 71%)；以推理分組來區分，具體前期 4 人(佔組內 46%)、具體後期 12 人(佔組內 92%)、轉變期 3 人(佔組內 60%)。部分學生因為主題是滅火，所以往滅火的方向思考而忽略的日常生活的經驗，也有部分學生雖然知道木炭會燃燒更旺盛，但是因為認為氧氣是可燃物而答錯。

挑戰題二：「吹氣」可以滅火

在挑戰前學生應具備概念：隔絕可燃物可以滅火。

在挑戰題「當我們吹熄蠟燭是利用哪種滅火原理？」學生回答情形整理如表4.3.4.12。

表 4.3.4.12 在主題四挑戰題二前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件-挑戰	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	4	1(5.9)	3(21.5)	0(0.0)	2(15.4)	2(40.0)
錯-對	4	3(17.6)	1(7.1)	4(30.8)	0(0.0)	0(0.0)
對-錯	10	5(29.4)	5(35.7)	5(38.4)	3(23.1)	2(40.0)
錯-錯	13	8(47.1)	5(35.7)	4(30.8)	8(61.5)	1(20.0)

N=31

從表中可發現經過學習事件過後，有 26%(8 人)可答對挑戰題，其中低分組 4 人(佔組內 24%)，高分組 4 人(佔組內 29%)；以推理分組來區分，具體前期 4 人(佔組內 31%)、具體後期 2 人(佔組內 15%)、轉變期 2 人(佔組內 40%)。部分學生答錯的原因是認為人吐出的氣體中含二氧化碳，包圍了火焰使蠟燭無法繼續得到氧氣，火焰因而熄滅；其他學生則認為吹氣會使蠟燭溫度降低到燃點之下，因而使蠟燭熄滅。

主題四小結：

將學生自主題四的學習事件中，所有概念及挑戰題答題的狀況整理如下表 4.3.4.13：

表 4.3.4.13 在主題四學習事件前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前後	學業分組								推理分組											
	低分組				高分組				具體前期				具體後期				轉變期			
	對對	錯對	對錯	錯錯	對對	錯對	對錯	錯錯	對對	錯對	對錯	錯錯	對對	錯對	對錯	錯錯	對對	錯對	對錯	錯錯
概念一	12	4	1	0	12	1	0	1	8	3	1	1	11	2	0	0	5	0	0	0
概念二	8	6	2	1	10	3	0	1	5	6	1	1	8	3	1	1	5	0	0	0
概念三	5	3	1	8	7	3	0	4	3	3	0	7	5	3	1	4	4	0	0	1
概念四	10	2	1	4	10	1	2	1	5	2	2	4	10	1	1	1	5	0	0	0
概念五	7	7	0	3	10	2	0	2	4	5	0	4	9	3	0	1	4	1	0	0
挑戰一	6	2	7	2	10	1	3	0	2	2	7	2	12	0	1	0	2	1	2	0
挑戰二	1	3	5	8	3	1	5	5	0	4	5	4	2	0	3	8	2	0	2	1

N=31

主題四的概念改變分析部分：表4.3.4.13顯示由概念一「滅火的原理—水」、概念二「滅火的原理—乾粉和泡沫」、概念三「滅火的原理—土和沙子」、概念四「滅火的原理—蓋上蓋子」，到概念五「滅火的原理—關上瓦斯開關」的答題狀況，從概念學習後各組學生答題的平均正確率(分組答對人數/分組人數)分析，可以發現在主題四中高學業(84%)和低學業(75%)的學生表現大致相當，另以推理分組來看，轉變期(96%)則略優於具體運思後期(85%)和具體運思前期(68%)的學生。

主題四推理層級分析部分：將學生自主題四的學習事件中，所有推理層級狀況整理如下表 4.3.4.14，可發現學生主要運用的推理層級已經由概述(G)轉變為精緻化(EL)，應用實驗結果或推論(判斷, J)的數目也明顯增加，這表示學生運用的推理層級已逐漸向上提昇。

表 4.3.4.14 主題四推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

個數	學習後								總和	χ^2	ω
	N	G0	G1	G2	EL1	EL2	J1				
N	23	6	18		8			55			
G0	2	6	1		5			14			
G1	5		19	1	13		1	39			
G2			1	0	1			2			

EL1	2	1	3		30		2	38	
EL2					2	1	1	4	
J1			1				1	2	
J2						1		1	
總和	32	13	43	1	59	2	5	155	208.13*** 1.16***

1. χ^2 值： * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ； ***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

4-3-5 主題五「生鏽」

概念一：常見會生鏽的物質—鐵

在「下列何者可能會生鏽？（鐵釘）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.1。

表 4.3.5.1 在主題五概念 1 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	30	16(94.1)	14(100.0)	12(92.3)	13(100.0)	5(100.0)
錯-對	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
對-錯	1	1(5.9)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

在全體學生中有 97%(30 人)在學習事件前後均能答對，表示幾乎所有的學生在學習前均有鐵釘會生鏽的概念。由於鐵釘生鏽是日常生活中易觀察到的現象，幾乎學生學習金屬氧化的現象都是由對鐵製品的氧化現象開始，學生的作答結果亦可印證對鐵製品生鏽熟悉的情況。

概念一的推理層級分析：

學生在回答概念五的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.5.2，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2 = 50.6234$, $p = 0.000$, $\omega = 1.28$)，可以發現學生主要運用概述(G)的說明為主要的推理方式，學習後由概述G1轉科學精緻化(EL)的敘述。對於鐵生鏽的描述，由於學生尚未學習氧化的基本概念，所以學生多半以日常生活中觀察的經驗做為鐵生鏽的理由依據。在事件 5-1 中推理層級進步的人有 3 人，維持者有 26 人，退步者 2 人

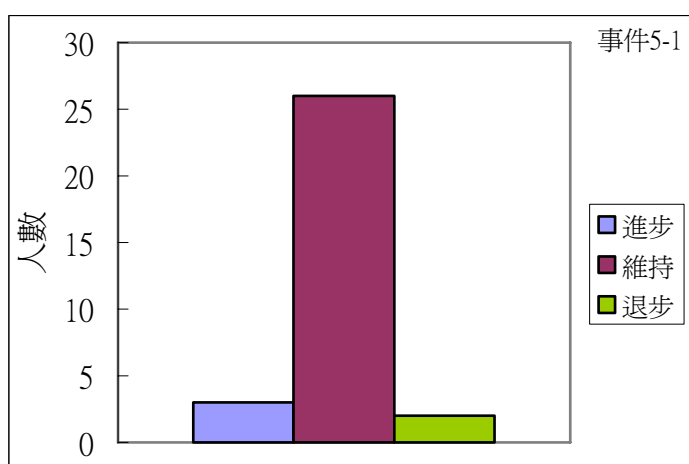
表 4.3.5.2 主題五概念 1 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁			
G ₀		1				1		
G ₁			23	1	2	26		
EL ₁	1				2	3		
J ₁			1			1	.000	
總和	1	1	24	1	4	31	50.6234	1.28***

1. χ^2 值：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ；***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

圖 4.3.5.1 事件 5-1 推理層級改變圖



概念二：常見會生鏽的物質—銅

在「下列何者可能會生鏽？（國父銅像）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.3。

表 4.3.5.3 在主題五概念 2 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	26	14(82.4)	12(85.7)	9(69.2)	12(92.3)	5(100.0)
錯-對	5	3(17.6)	2(14.3)	4(30.8)	1(7.7)	0(0.0)
對-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

在全體學生中有 84%(26 人)在學習事件前能答對，表示大多數的學生在學習前有銅會生鏽(氧化)的概念。在學習後有 5 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後達 100%(31 人)可具有正確的概念，這表

示所有的學生均能順利完成此概念的建構。

概念二的推理層級分析：

學生在回答概念五的問題時，所用的推理層級整理如表4.3.5.4，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=23.118, p=0.027, \omega=0.86$)，可以發現學生主要還是運用概述(G)的方式解釋理由，但是在學習後運用精緻化(EL)作為推理方式的數目增加，表示部分學生已可使用「氧化」、「因為接觸氧氣而生鏽」這類科學的詞彙來敘述銅生鏽的原因。在事件5-2中推理層級進步者為8人、維持者20人，退步者3人。

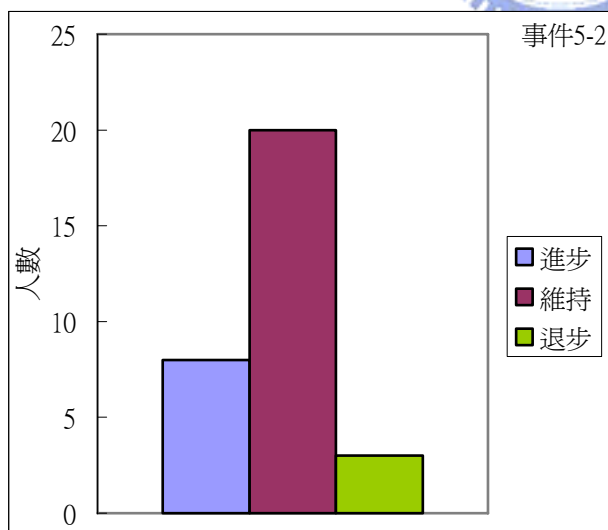
表 4.3.5.4 主題五概念 2 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後				總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁			
N		4		1	5		
G ₀	1				1		
G ₁	1	18	1	2	22		
EL ₁				1	1		
J ₁		1		1	2	0.02674	
總和	2	23	1	5	31	23.1177	0.86***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.5.2 事件 5-2 推理層級改變圖



概念三：常見會生鏽的物質—鋁

在「下列何者可能會生鏽？（鋁製臉盆）」的學習事件問題中顯示

學生回答情形整理如表 4.3.5.5。

表 4.3.5.5 在主題五概念 3 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	23	12(70.6)	11(78.6)	9(69.2)	9(69.2)	5(100.0)
錯-對	8	5(29.4)	3(21.4)	4(30.8)	4(30.8)	0(0.0)
對-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 74%(23 人)能答對，表示大多數的學生在學習前即了解鋁會生鏽(氧化)的概念。在學習後有 8 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 100%(31 人)可具有正確的概念，這表示所有的學生均能順利完成此概念的建構。

概念三的推理層級分析：

學生在回答概念三的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.5.6，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=11.382, p=0.279, \omega=0.25$)，從表中還是可以發現學生主要還是運用概述(G)的方式解釋理由，但是在學習後運用精緻化(EL)作為推理方式的數目增加，和概念二的推理部分情形相似。鋁生鏽的情形和鐵生鏽不同，平時不易發覺和觀察，所以學生在學習前作為理由的推理方式大多為自己猜測的質樸想法(概述, G)，學習後雖然仍然大多還是以概述(G)為主要的推理方式，但是內容多半以從影片中觀察現象為主要解釋的理由。在事件 5-3 中推理層級進步者為 11 人，維持者 16 人，退步者 4 人。

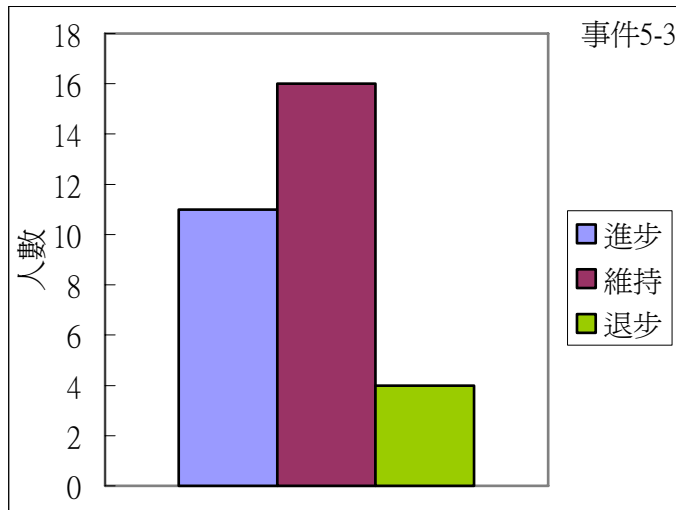
表 4.3.5.6 主題五概念 3 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	EL ₁	總和		
N			6	2	8		
G ₀		1			1		
G ₁	1	2	15	3	21		
J ₁			1		1		
總和	1	3	22	5	31	11.382	0.61***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.5.3 事件 5-3 推理層級改變圖



概念四：常見會生鏽的物質—銀

在「下列何者可能會生鏽？（銀戒指）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.7。

表 4.3.5.7 在主題五概念 4 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	13	7(41.2)	6(42.9)	3(23.1)	8(61.5)	2(40.0)
錯-對	4	1(5.9)	3(21.4)	0(0.0)	2(15.4)	2(40.0)
對-錯	4	2(11.7)	2(14.3)	3(23.1)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	10	7(41.2)	3(21.4)	7(53.8)	2(15.4)	1(20.0)

N=31

在學習事件前有 55%(17 人)能答對，表示半數的學生在學習前了解銀會生鏽(氧化)的概念。在學習後有 3 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 55%(17 人)可具有正確的概念，這表示將近半數的學生不能順利完成此概念的建構。其中高分組表現略優低分組，轉變期和具體運思後期則優於具體運思前期。有近一半的不能概念改變成功的原因，可能是學生在日常生活中不易見到銀器，因此觀察到銀的機會不多。

概念四的推理層級分析：

學生在回答概念四的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.5.8，

結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=12.534, p=0.051, \omega=0.64$)，由於銀生鏽的情況很緩慢，日常生活中不易觀察，教學的影片中亦無深入詳細介紹，所以可以發現學生主要運用概述(G)的說明為主要的推理方式。事件 5-4 中推理層級進步的人數為 4 人，維持者為 11 人，退步者 6 人。

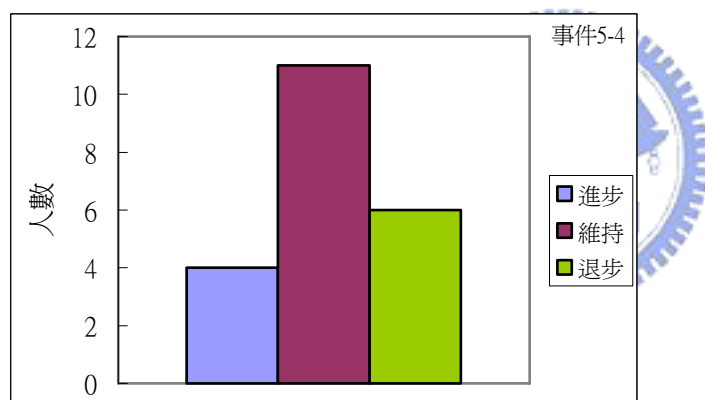
表 4.3.5.8 主題五概念 4 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後				χ^2	ω
	N	G ₁	EL ₁	總和		
N	10	3	1	14		
G ₀	1			1		
G ₁	3	11		14		
J ₁		2		2		
總和	14	16	1	31	12.534	0.64***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.5.4 事件 5-4 推理層級改變圖



概念五：常見不會生鏽的物質—黃金

在「下列何者可能會生鏽？（金項鍊不會）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.9。

表 4.3.5.9 在主題五概念 5 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	18	12(70.6)	6(42.8)	9(69.2)	6(46.1)	3(60.0)
錯-對	6	2(11.8)	4(28.6)	2(15.4)	4(30.8)	0(0.0)
對-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
錯-錯	7	3(17.6)	4(28.6)	2(15.4)	3(23.1)	2(40.0)

N=31

在學習事件前有 58%(18 人)能答對，表示半數的學生在學習前即了解黃金不會生鏽的概念。在學習後有 6 人能夠成功進行概念改變，全體學生於學習後有 77%(24 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中低分組表現略優於高分組，具體運思後期和具體運思前期則優於轉變期。

概念五的推理層級分析：

學生在回答概念五的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.5.10，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=12.519, p=0.000, \omega=0.91$)，由於黃金幾乎不會生鏽，沒有勾選黃金生鏽的學生便算答對，學生無需再進行推理的部分，所以便呈現未作答(N)佔最高比例的現象。而誤以為黃金會生鏽的學生，全都是以凡是金屬就會生鏽這一類質樸的想法(概述, G)進行推理作為理由來解釋。

表 4.3.5.10 主題五概念 5 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後			χ^2	ω
	N	G ₁	總和		
N	18		18		
G ₁	6	7	13	.000	
總和	24	7	31	12.519***	0.91***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

概念六：鐵生鏽的條件

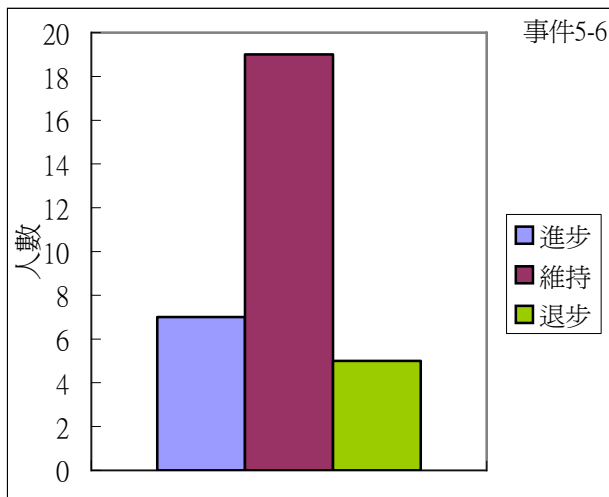
在「哪些條件存在時，鐵生鏽的情形最嚴重呢？」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.11。

表 4.3.5.11 在主題五概念 6 學習前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	21	10(58.9)	11(78.6)	6(46.1)	10(76.9)	5(100.0)
錯-對	2	1(5.9)	1(7.1)	1(7.7)	1(7.7)	0(0.0)
對-錯	5	3(17.6)	2(14.3)	3(23.1)	2(15.4)	0(0.0)
錯-錯	3	3(17.6)	0(0.0)	3(23.1)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

圖 4.3.5.5 事件 5-5 推理層級改變圖



在學習事件前有 84%(26 人)能答對，表示大多數的學生在學習前即了解同時存在水分和空氣時，鐵生鏽情形最嚴重的概念。全體學生於學習後有 74%(23 人)可具有正確的概念，這表示雖大部分的學生均能順利完成此概念的建構，但從退步人數比例看來，可能仍有不少的學生概念混淆且不穩定。其中高分組表現優於低分組，轉變期則優於具體運思後期和具體運思前期。

概念六的推理層級分析：

學生在回答概念六的問題時，所用的推理層級整理如表4.3.5.12，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=63.211, p=0.000, \omega=1.43$)，可以發現學生主要運用概述(G)進行解釋，科學精緻化(EL)說明的數目也增加，也有學生可用演繹推理的判斷(J)來做推論解釋理由。事件5-6中推理層級進步者為7人、維持者19人、退步者5人。

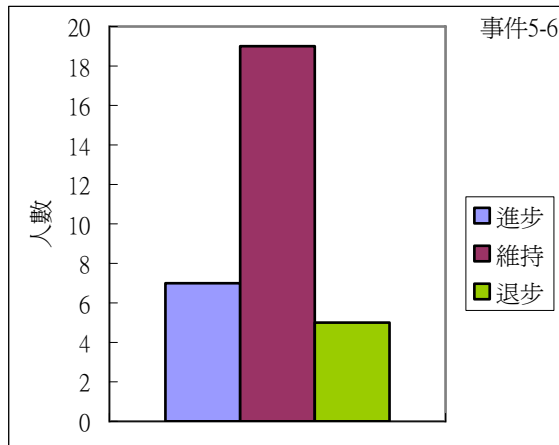
表 4.3.5.12 主題五概念 6 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	EL ₂	J ₁			
G ₀	4	3					7		
G ₁	4	11	1	1			17		
G ₂		1	1	1	1		4		
EL ₂					2		2		
J ₁						1	1		
總和	8	15	2	2	3	1	31	63.21***	1.43***

1. χ^2 值： * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium； ***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.5.6 事件 5-6 推理層級改變圖



概念七：防止生鏽的方法

在「下列哪種方法可以防止金屬生鏽？（擦油漆或塗油）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.13。

表 4.3.5.13 在主題五概念 7 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	21	12(70.6)	9(64.3)	8(61.5)	9(69.2)	4(80.0)
錯-對	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
對-錯	10	5(29.4)	5(35.7)	5(38.5)	4(30.8)	1(20.0)
錯-錯	0	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

在學習事件前所有的學生(31 人)均能答對，表示大多數的學生在學習前即了解塗油或擦油漆可防鏽的概念。全體學生於學習後僅有 68%(21 人)可具有正確的概念，這表示雖大部分的學生均能順利完成此概念的建構，但從退步人數比例看來，可能仍有不少的學生概念混淆且不穩定。其中高分組表現和低分組差異不大，轉變期則優於具體運思後期和具體運思前期。

概念七的推理層級分析：

學生在回答概念七的問題時，所用的推理層級整理如表4.3.5.14，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=32.101, p=0.042, \omega=1.02$)，可以發現學生主要運用概述(G)的說明為主要的推理方式，用科學精緻化(EL)的說法來說明的數目則超過上一個概念學習的狀況。學生推理的情形轉為無說明(N)的情形很明顯，主要是因為漏答本概念的選項後，學生即不對此概念進行推理說明所致。

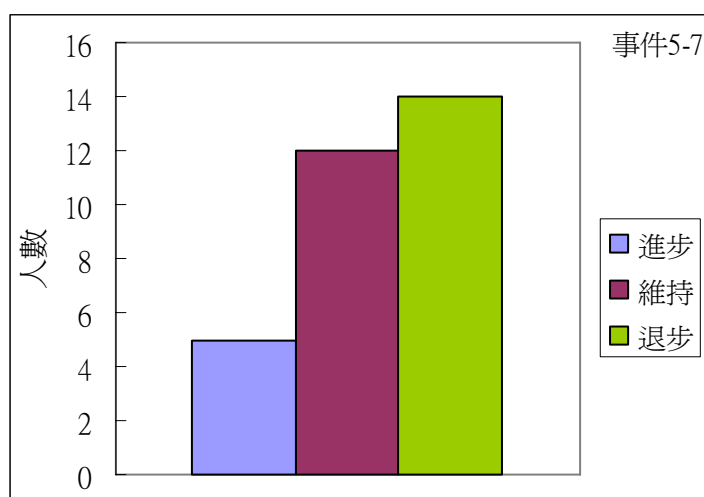
表 4.3.5.14 主題五概念 7 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	EL ₂			
G ₀	3	2	3		1		9		
G ₁	5	1	6				12		
EL ₁	2			1	3	1	7		
EL ₂					1	1	2		
J ₁		1					1		
總和	10	4	9	1	5	2	31	32.101*	1.02***

1. χ^2 值： *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium； ***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.5.7 事件 5-7 推理層級改變圖



概念八：防止生鏽的方法

在「下列哪種方法可以防止金屬生鏽？（在鐵的表面鍍上不易生鏽的金屬）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.15。

表 4.3.5.15 在主題五概念 8 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	20	11(64.7)	9(64.4)	6(46.1)	10(76.9)	4(80.0)
錯-對	5	2(11.8)	3(21.4)	4(30.8)	0(0.0)	1(20.0)
對-錯	1	0(0.0)	1(7.1)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)
錯-錯	5	4(23.5)	1(7.1)	3(23.1)	2(15.4)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 65%(20 人)能答對，表示多數的學生在學習前即

了解鍍上其它金屬可防鏽的概念。全體學生於學習後有 81%(25 人)可具有正確的概念，這表示大部分的學生均能順利完成此概念的建構。其中高分組表現優於低分組，轉變期則優於具體運思後期和具體運思前期。

概念八的推理層級分析：

學生在回答概念八的問題時，所用的推理層級整理如表4.3.5.16，結果顯示卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=55.15, p=0.000, \omega=1.33$)，可以發現學生主要運用概述(G)的說明為主要的推理方式，運用精緻化(EL)說明的學生也能將隔絕水分和氧氣兩個因素同時考慮作為解釋理由。推理層級進步的人數為8人，維持者15人，退步者2人

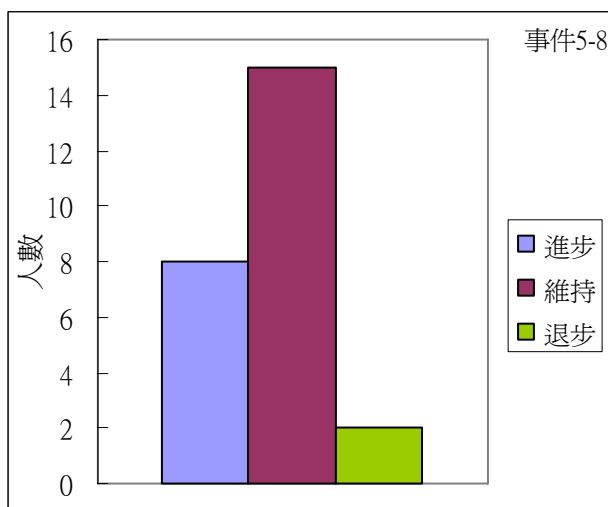
表 4.3.5.16 主題五概念 8 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	G ₂	EL ₁	EL ₂			
N	6	2	1				9		
G ₀	1	4	2	1			8		
G ₁			8			1	9		
EL ₁					3	1	4		
EL ₂			1				1		
總和	7	6	12	1	3	2	31	55.15***	1.33***

1. χ^2 值： * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium； ***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.5.8 事件 5-8 推理層級改變圖



概念九：防止生鏽的方法

在「下列哪種方法可以防止金屬生鏽？（在鐵中混合其它的金屬變成合金）」的學習事件問題中顯示學生回答情形整理如表 4.3.5.17。

表 4.3.5.17 在主題五概念 9 學習前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前-後	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	14	7(41.2)	7(50.0)	4(30.8)	7(53.8)	3(60.0)
錯-對	10	5(29.4)	5(35.8)	3(23.1)	6(46.2)	1(20.0)
對-錯	3	2(11.8)	1(7.1)	2(15.3)	0(0.0)	1(20.0)
錯-錯	4	3(17.6)	1(7.1)	4(30.8)	0(0.0)	0(0.0)

N=31

在學習事件前有 55%(17 人)能答對，表示半數的學生在學習前即了解將金屬製成合金可以防鏽的概念。全體學生於學習後有 77%(24 人)可具有正確的概念。其中高分組表現優於低分組，具體運思後期和轉變期則優於具體運思前期。

概念九的推理層級分析：

學生在回答概念九的問題時，所用的推理層級整理如表 4.3.5.18，結果顯示卡方檢定的結果未達顯著水準($\chi^2=11.067, p=0.523, \omega=0.60$)，可以發現學生主要運用概述(G)的說明為主要的推理方式，在學習過後有學生能以其它金屬先氧化，保護鐵不和氧氣發生作用的機制(EX)做為合金防止生鏽的解釋理由，在推理的層級上有明顯的進步。推理層級進步的人數為 17 人，維持者 8 人，退步者 3 人。

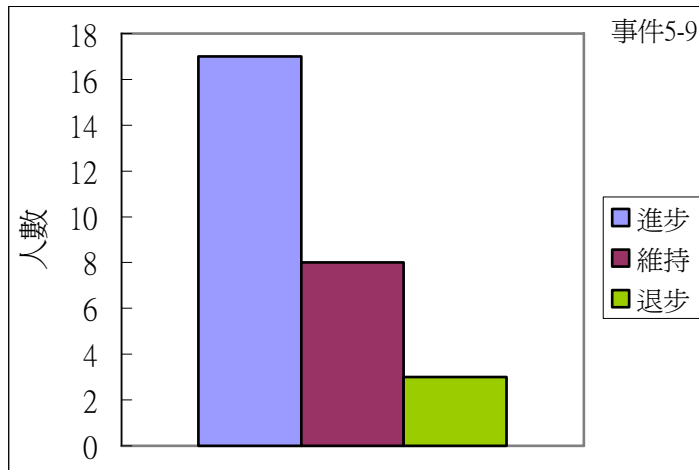
表 4.3.5.18 主題五概念 9 推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	χ^2	ω
	N	G ₀	G ₁	EL ₁	EX ₁			
N	3	3	6	1	1	14		
G ₀	2	2	4	1		9		
G ₁			6		1	7		
EL ₁	1					1		
總和	6	5	16	2	2	31	11.067	0.60***

1. χ^2 值：* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

2. ω 值：*表示 $0.1 \leq d < 0.3$, ω =small；**表示 $0.3 \leq d < 0.5$, ω =medium；***表示 $d \geq 0.5$, ω =large

圖 4.3.5.9 事件 5-9 推理層級改變圖



挑戰題：

在挑戰前學生應具備概念：鐵生鏽的條件需要同時存在水分和空氣。

在挑戰題「現在小明想要做實驗證明水分對鐵生鏽的影響很大，他該如何設計實驗呢？」，學生回答情形整理如表4.3.5.19。

表 4.3.5.19 在主題五挑戰題前後學業分組與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件-挑戰	總和	學業分組		推理分組		
		低分組	高分組	具體前期	具體後期	轉變期
對-對	12	5(29.4)	7(50.0)	4(30.8)	6(46.2)	2(40.0)
錯-對	1	1(5.9)	0(0.0)	1(7.7)	0(0.0)	0(0.0)
對-錯	11	6(35.3)	5(35.7)	3(23.1)	5(38.4)	3(60.0)
錯-錯	7	5(29.4)	2(14.3)	5(38.4)	2(15.4)	0(0.0)

N=31

通過挑戰題的學生共有13人(佔全體42%)，在學習事件中概念問題回答全對，並且順利答對挑戰題的有12人(佔全體39%)，其中低分組5人、高分組7人；以推理分組來看具體後期4人、轉變期6人、轉變期2人。在學習事件學習概念正確，卻不能通過挑戰題的有11人，其中低分組6人、高分組5人；以推理分組來看具體前期3人、具體後期5人、轉變期3人。能夠通過挑戰題，代表學生能將自己剛學到的概念(水分和氧氣是影響生鏽兩個因素)，結合操作變因(水分)和預測結果(鐵生鏽)之間的關係，完成實驗的設計。也就是說學生已經能將所學到的概念，推廣到新的情境之下，達成DSLMM的教學目標。

主題五小結：

將學生自主題五的學習事件中，所有概念及挑戰題答題的狀況整理如下表 4.3.5.20：

表 4.3.5.20 在主題五學習事件前後學業與科學推理分組學生概念改變統計摘要表

事件前後	學業分組								推理分組											
	低分組				高分組				具體前期				具體後期				轉變期			
	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯	對	錯
概念一	16	0	1	0	14	0	0	0	12	0	1	0	13	0	0	0	5	0	0	0
概念二	14	3	0	0	12	2	0	0	9	4	0	0	12	1	0	0	5	0	0	0
概念三	12	5	0	0	11	3	0	0	9	4	0	0	9	4	0	0	5	0	0	0
概念四	7	1	2	7	6	3	2	3	3	0	3	7	8	2	1	2	2	2	0	1
概念五	12	2	0	3	6	4	0	4	9	2	0	2	6	4	0	3	3	0	0	2
概念六	10	1	3	3	11	1	2	0	6	1	3	3	10	1	2	0	5	0	0	0
概念七	12	0	5	0	9	0	5	0	8	0	5	0	9	0	4	0	4	0	1	0
概念八	11	2	0	4	10	3	1	1	6	4	0	3	10	0	1	2	4	1	0	0
概念九	7	5	2	3	7	5	1	1	4	3	2	4	7	6	0	0	3	1	1	0
挑戰題	5	1	6	5	7	0	5	2	4	1	3	5	6	0	5	2	2	0	3	0

N=31

主題五的概念改變分析部分：表4.3.5.20顯示由概念一「常見會生鏽的物質—鐵」、概念二「常見會生鏽的物質—銅」、概念三「常見會生鏽的物質—鋁」、概念四「常見會生鏽的物質—銀」，到概念五「常見不會生鏽的物質—黃金」、概念六「鐵生鏽的條件」、概念七「防鏽的方法—擦油漆和塗油」、概念八「防鏽的方法—鍍金」，到概念九「防鏽的方法—合金」的答題狀況，從概念學習後各組學生答題的平均正確率(分組答對人數/分組人數)分析，可以發現在主題四中高學業組(85%)略優於低學業組(78%)的學生，另以推理分組來看，轉變期(89%)和具體運思後期(87%)則優於具體運思前期(72%)的學生。

主題五推理層級分析部分：將學生自主題五的學習事件中，所有推理層級狀況整理如下表 4.3.5.21，結果顯示可發現學生主要運用的推理層級主要仍為概述(G)，學習前後主要由 G₀ 轉變為精緻化(EL)，應用實驗結果或推論(判斷, J)的數目也明顯增加，甚至開始運用解釋(EX)層級的推理方式，這表示學生運用的推理層級已逐漸向上提昇。

表 4.3.5.21 主題五推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後								總和	χ^2	ω
	N	G0	G1	G2	EL1	EL2	J1	EX1			
N	37	5	20		5			1	68		
G0	7	15	12	1	2				37		
G1	15	8	105	3	8	1		1	141		
G2			1	1	1	1			4		
EL1	4			1	9	2			16		
EL2			1		1	3			5		
J1		1	5		1		1		8		
總和	63	29	144	6	27	7	1	2	279	288.97***	1.02***

1. χ^2 值： * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ； ***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

4-3-6 本節小結

1. 概念改變小結

由主題一「燃燒的三個條件」、主題二「氧氣」、主題三「二氧化碳」、主題四「滅火」，到主題五「生鏽」的答題狀況顯示(全體學生各網路學習事件概念改變成功率可參見圖4.3.6.1)，約50%~95%的學生可隨學習事件成功建構概念。

概念學習後各組學生答題的平均正確率(分組答對人數/分組人數)分析，可以發現在整個燃燒課程中高學業組(83%)略優於低學業組(74%)的學生(高學業組和低學業組各網路學習事件概念改變成功率可參見圖4.3.6.2)，另以推理分組來看，轉變期(89%)和具體運思後期(82%)則優於具體運思前期(68%)的學生(具體運思前期、具體運思後期和轉變期各網路學習事件概念改變成功率可參見4.3.6.3)。易國榮和佘曉清(2004)指出，在網路化的DSLMM的班級教學模式下可以有80%~90%的概念改變成功率。梁志平、佘曉清(2004)的研究中亦顯示良好設計的網路化課程在大班教學中能有效的促成概念改變，低學業組有顯著進步，以及高學業組的學習成就優於低學業組的結果也和本研究相同。

圖 4.3.6.1 實驗組全體學生各網路學習事件概念改變成功率

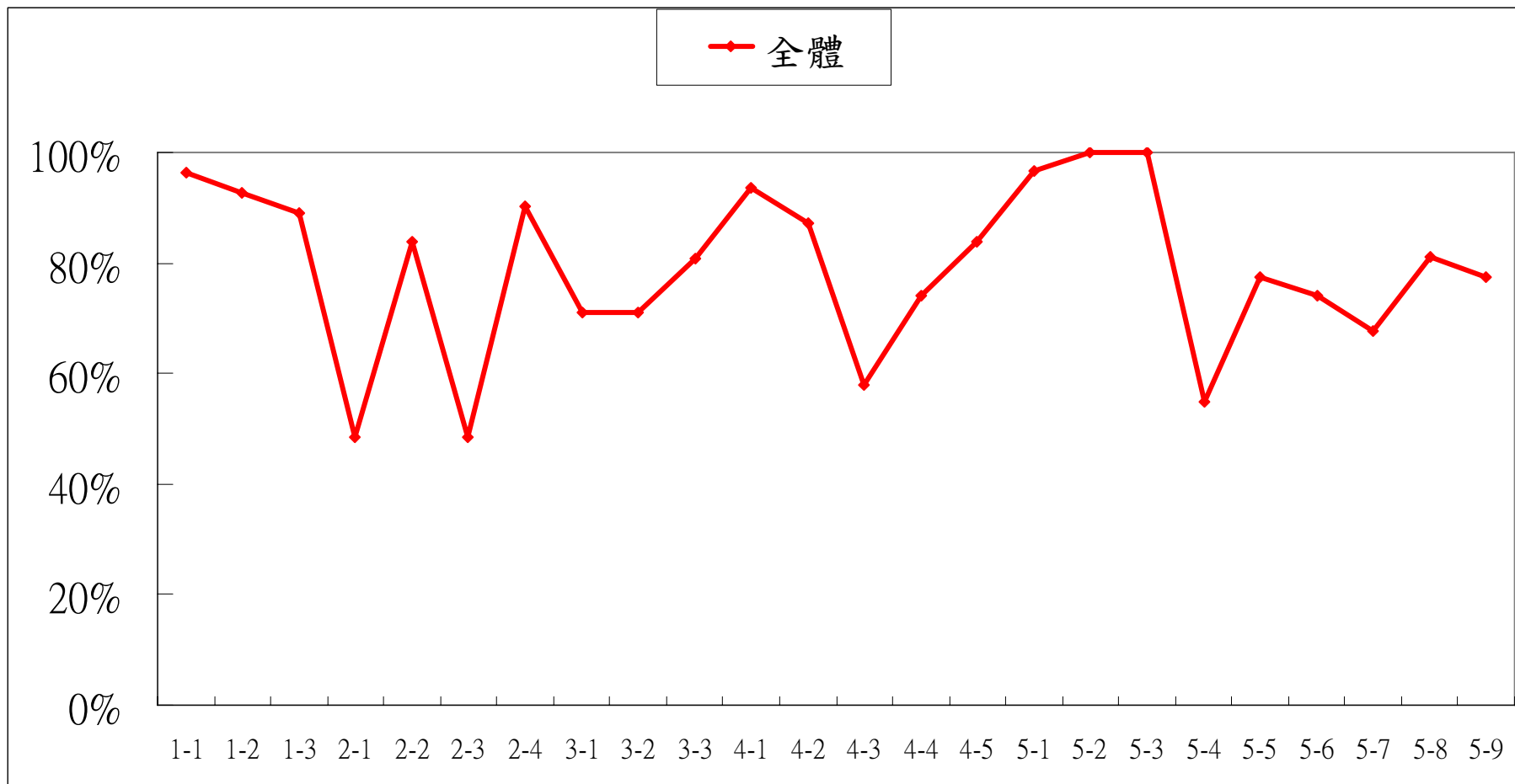


圖 4.3.6.2 實驗組高分組和低分組學生各網路學習事件概念改變成功率

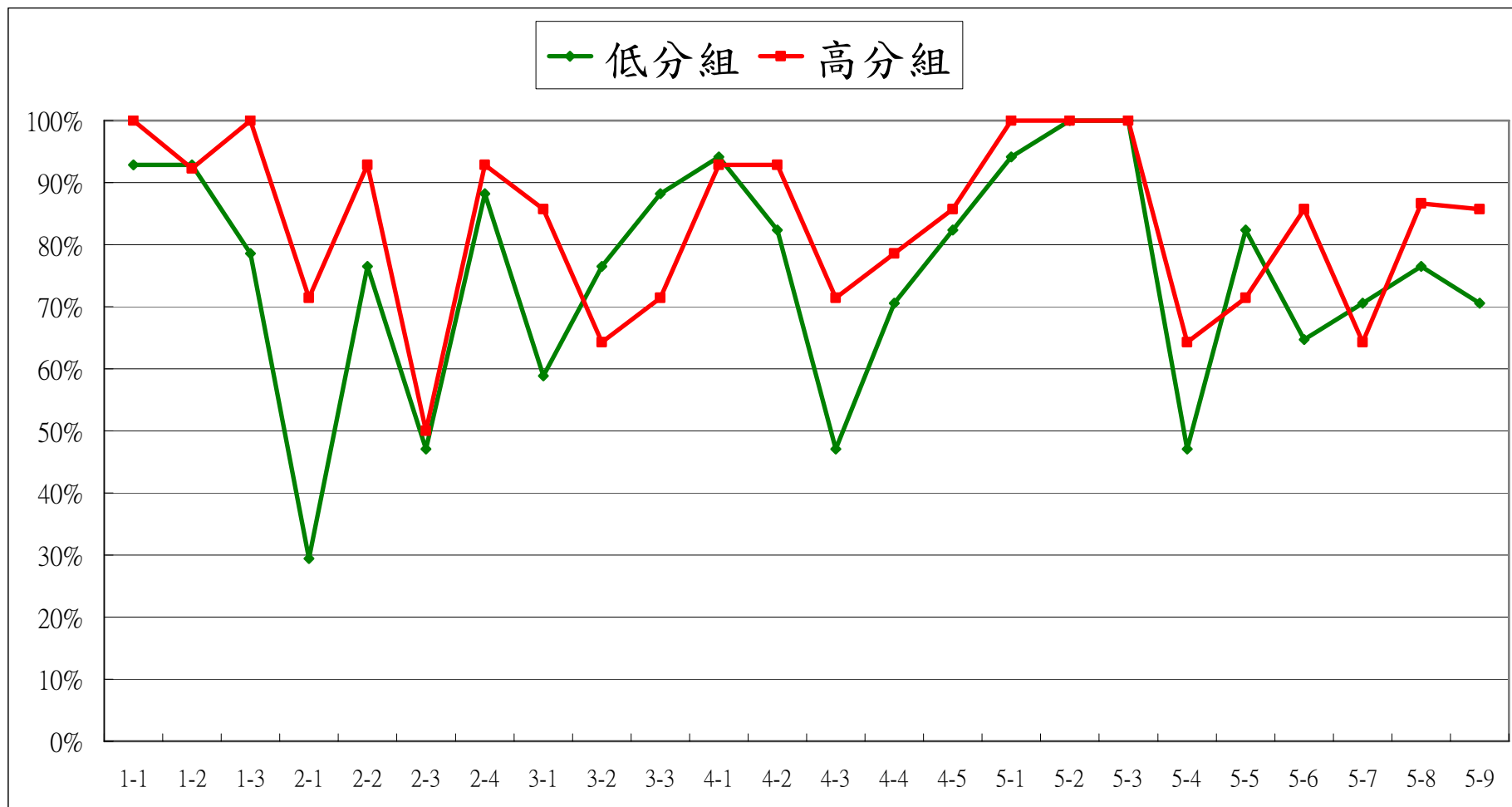
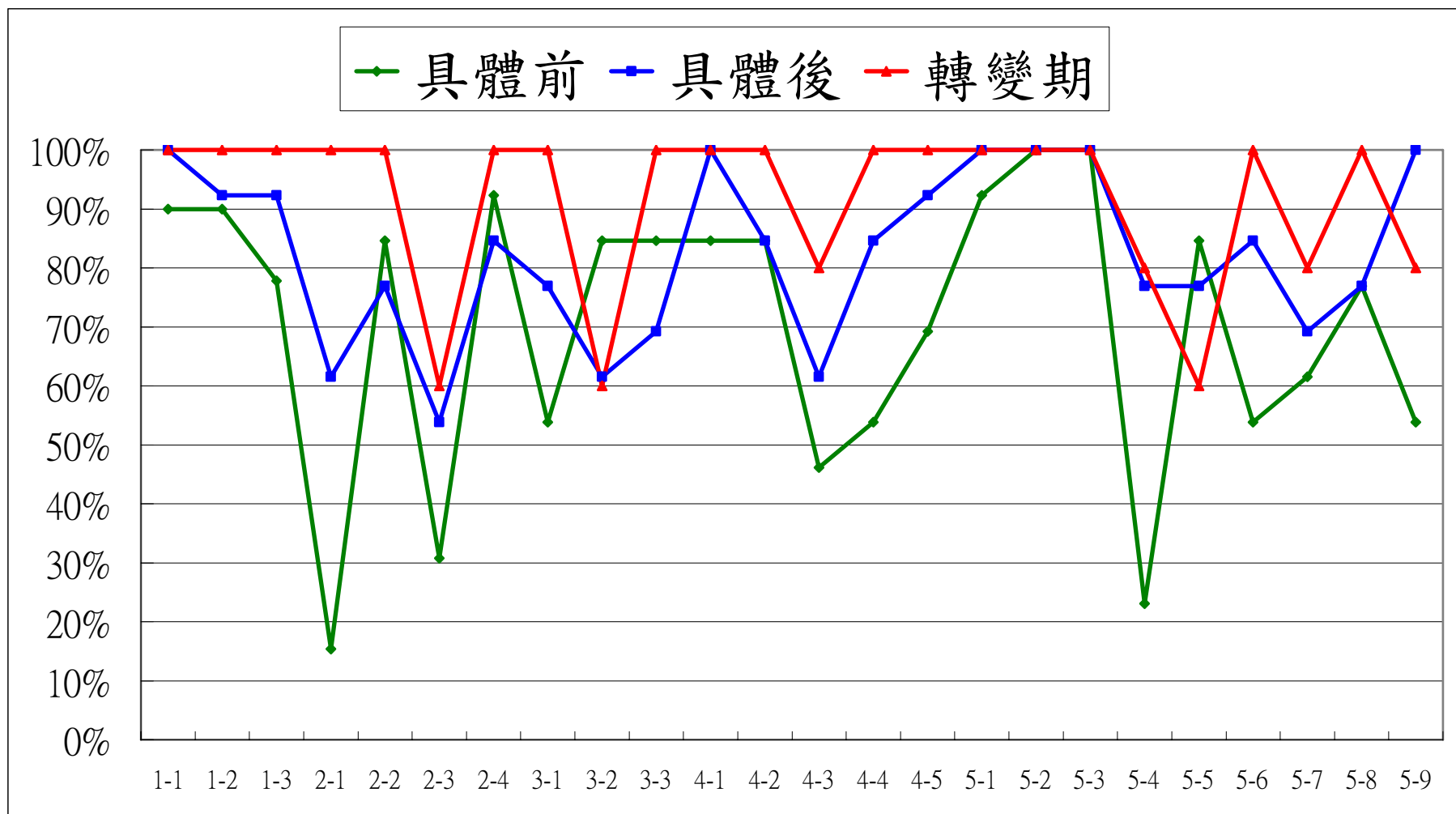


圖 4.3.6.3 實驗組具體運思前期、具體運思後期和轉變期學生各網路學習事件概念改變成功率



2. 推理總結

表 4.3.6.1 主題一到主題五推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後										χ^2	ω
	N	G0	G1	G2	EL1	EL2	J1	J2	EX1	總和		
N	65	11	49		14				1	140		
G0	14	40	43	1	12	1	5			116		
G1	25	17	228	7	51	2	16	2	1	349		
G2		1	4	1	3	1				10		
EL1	9	2	14	1	54	2	8			90		
EL2			1		3	5	2			11		
J1	1	1	9	2	1		11	1		26		
J2						1		0		1		
EX1					1				0	1		
總和	114	72	348	12	139	12	42	3	2	744	663.20**	0.94***

1. χ^2 值： * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

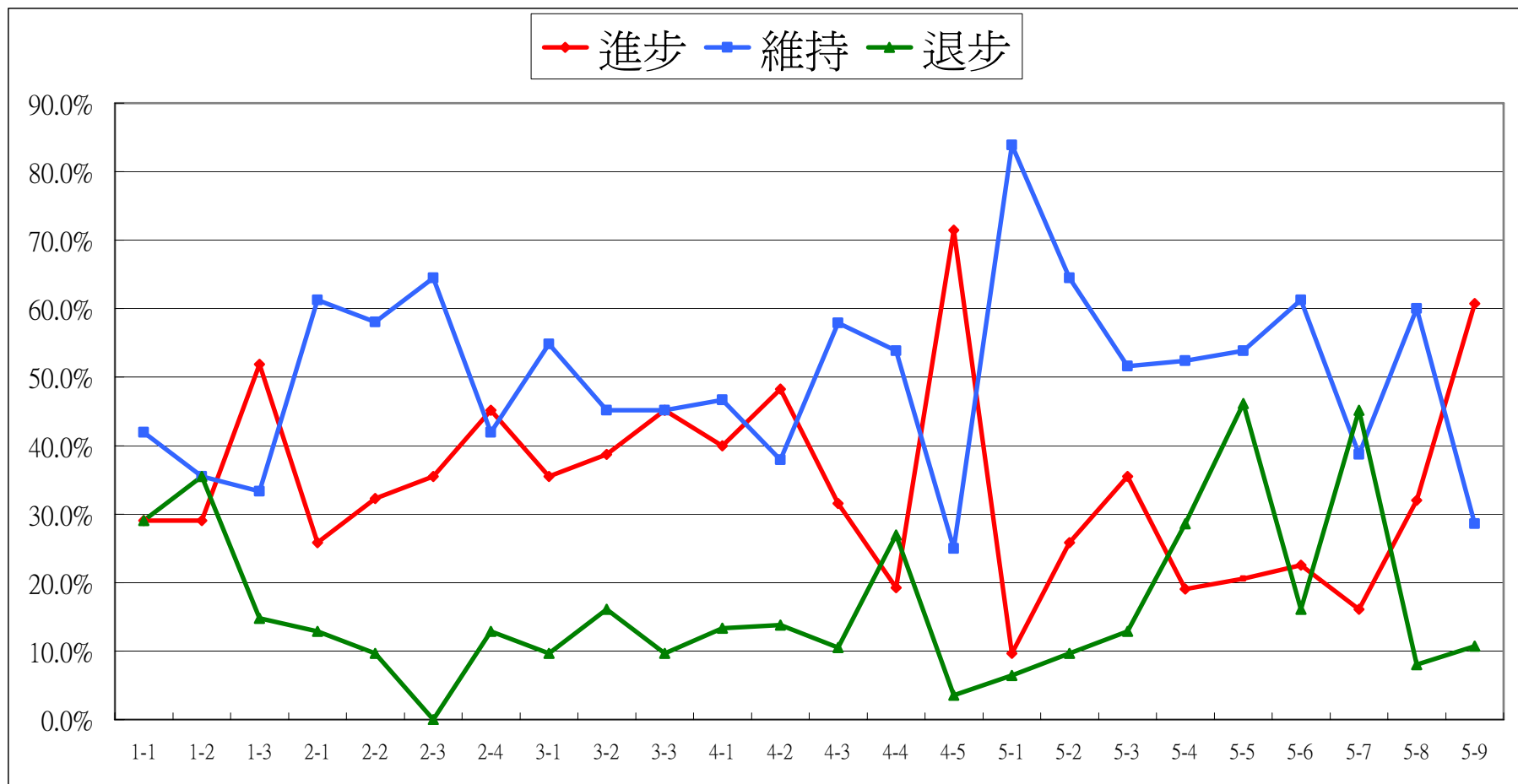
2. ω 值： *表示 $0.1 \leq d < 0.3$, $\omega = \text{small}$ ； **表示 $0.3 \leq d < 0.5$, $\omega = \text{medium}$ ； ***表示 $d \geq 0.5$, $\omega = \text{large}$

卡方檢定的結果達顯著水準($\chi^2=663.20$, $p=0.000$, $\omega=0.94$)，可以發現在學習過後，學生運用概述(G)中無理由(N)和無意義理由(G0)做說明的比例大為減少，運用精緻化(EL)與判斷(J)的比例則有明顯增加，這說明了學生在網路化雙重情境學習模式之下學習過後推理能力有明顯的提昇。

將卡方檢定表分成三個部分，右上方為推理層級進步，左下方為推理層級退步，左上至右下的對角線為推理層級維持，以每個部分的人次除以總人次可以求得在本課程中平均每一次推理層級改變的結果，結果如下：「進步」為31.3%，「維持」為54.3%，「退步」為14.4%。由此可知本課程對於學生科學推理的學習有一定的助益。

另外由圖4.3.6.1中亦可看出在網路學習事件學習前後推理層級「維持」或「進步」的情形多於退步，在「進步」(紅線)的趨勢分析可發現(學習事件概念5-5因不需勾選回答理由，在圖上無資料)，大致上可看出在每個主題的學習過程中(1-1到1-3、2-1到2-4、3-1到3-3、4-1到4-5和5-1到5-9)紅線區段大致均為向上攀升，代表實驗組在課程進行中，學生推理能力進步的情形是一直明顯增加的。

圖 4.3.6.4 網路學習歷程中推理層級改變圖



第五章 結論與建議

本章共分為兩節，第一節主要就本研究之結果進行整理彙整以做出結論，第二節就本研究結論做出對教學上的建議。

第一節 結論與討論

一、網路化推理學習及概念改變教學成效分析

本節整理第四章研究結果與討論的部分，以所使用的研究工具依序說明，就網路化推理學習及概念改變教學課程對於教學前後概念改改歷程、學生運用推理層級的影響做出結論。

(一)教學前後「燃燒」單元學習成就分析

「燃燒」單元學習成就測驗的結果分析中，顯示實驗組中不同的自然與生活科技學業分組(高分組、低分組)及科學推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)的學生其後測及追蹤測成績均優於前測成績；而對照組中不同的自然與生活科技學業分組及科學推理分組學生其前測和後測成績的t檢定均未達顯著水準，除轉變期學生外其餘各組學生其前測和追蹤測成績的t檢定已達顯著水準。

以MANCOVA分析不同教學模式、不同科學推理分組、不同自然與生活科技學業分組三變項對燃燒單元學習成就的影響，結果顯示融入科學推理教學的網路化雙重情境學習模式之下學習的學生中，轉變期和具體運思後期的學生其單元學習成就的成績，在後測及追蹤測均高於具體運思前期學生的成績，但是在對照組中三個推理分組學生的成績之間就沒有達到顯著差異水準。這表示一般傳統教學模式下，推理能力較高的學生並沒有發揮其學習潛能，達到應有的學習成效。另外在不同的教學模式比較中，實驗組中具體運思後期和轉變期的學生其成績均高於對照組，而具體運思前期學生的成績則無顯著差異，這可能是因為具體運思前期的學生其進步幅度較小，相對於較大的組內標準差，因而比較成績時無法達到應有的顯著水準。

(二)教學前後主題相依推理測驗分析

「燃燒」單元主題相依推理測驗的結果分析中，顯示實驗組中不同的自然與生活科技學業分組(高分組、低分組)及科學推理分組(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)的學生其後測及追蹤測成績均優於

前測成績；而對照組中不同的自然與生活科技學業分組及科學推理分組學生其前測和後測、前測和追蹤測成績的t檢定均未達顯著水準。

以MANCOVA分析不同教學模式、不同科學推理分組、不同自然與生活科技學業分組三變項對燃燒單元主題相依推理能力的影響，結果顯示在不同的教學模式之下，實驗組學生其主題相依推理測驗後測及追蹤測的成績均高於對照組學生；在不同的科學推理分組下，後測時各組成績無顯著差異，追蹤測時具體運思後期與轉變期學生成績均高於具體運思前期學生。主題相依推理代表「單元主題相關概念」以及「科學推理能力」兩個向度的學習，上述結果顯示在融合科學推理教學的網路化雙重情境學習模式下的學生，其主題相依推理能力(亦即單元主題概念學習，以及科學推理學習)均優於一般傳統教學模式的學生，並且有較好的學習保留效果。科學推理能力較高的學生，在經過燃燒主題課程的學習後，其推理能力也有較好的發展和較大的學習保留效果。

(三) 教學前後科學推理測驗分析

在科學推理測驗的結果分析中，顯示實驗組和對照組中高學業成就學生的成績在前測和後測間的t檢定均未達顯著差異，兩組學生在前測和追蹤測成績之差異才達到顯著水準；而實驗組低學業成就學生的成績，在前測和後測的t檢定達到顯著，對照組低學業成就學生則未達顯著水準，兩組低學業成就學生在前測到追蹤測的t檢定均未達到顯著水準。

以MANCOVA分析不同的教學模式、不同科學推理分組和不同自然與生活科技學業分組對科學推理能力的影響，結果顯示僅實驗組轉變期學生在後測成績高於對照組轉改期學生，其餘各組差異均不顯著，可能的原因是因為科學推理測驗原為鑑別自具體運思期至後形式運思期的受試者其科學推理能力，國小學生多半僅達具體運思期，因此成績多壓縮在0~2分之間，相對於組內標準差很大，因此不易顯現出各因子應有的影響力。

二、晤談分析實驗組和對照組經過不同教學模式對概念重建以及科學推理能力之影響

由於本研究晤談的樣本數目很小(實驗組與對照組僅各6人)，從晤談結果的分析中發現，晤談題目中分析概念數、概念分數以及推理層級(概述、精緻化、判斷和解釋)的F值大多未達顯著差異，但從各研究

項目的 partial η^2 值中得知實際顯著效果上已達中度到高度效果，顯示實驗組和對照組在這些分析項目上確實已達顯著差異。在達顯著水準的項目分析中可以發現，實驗組在概念數及概念分數兩項目表現均優於對照組，以概念連結分析來看，實驗組在學習過程中概念進步的情形和學習後概念學習保留效果亦均優於對照組。實驗組學生在推理層級的運用上高於對照組學生。實驗組學生在歷經不斷要求對回答答案須提出理由的學習課程後，為了運用更具說服力的解釋理由，於是逐漸學會運用教學課程影片中的實驗結果，或以其他證據做推論(J)來做為理由解釋答案，最後甚至有學生能運用超出課程中所教的化學式或物理化學機制來做為理由解釋(EX)，這表示學生在課程學習過後一段期間仍能夠持續對學習主題持續進行主動的學習。這可做為雙重情境教學模式挑戰學生對科學的信念，並激勵學生的學習動機的一個例證。

三、網路化推理學習模式對於教學前後概念重建及推理能力之影響

實驗組學生在經過網路化推理學習及概念改變教學後，各分組學生都能獲得相當高比例的正确概念。以各組答對學習事件問題的人數除以各組總人數求得平均答對率，做為該組學生具有多少正确概念的指標。整個課程全部 21 個概念的教學事件中，除了三個概念成功建構率低於 60%，其餘皆在 70%~100%之間。各分組學生在學習前後的答對率如下：自然科學業成就分組中，學習低學業成就學生在學習前為 53%，學習後為 74%；高學業成就的學生學習前為 63%，學習後為 83%；科學推理分組，具體運思前期的學生學習前為 45%，學習後為 68%；具體運思後期的學生學習前為 62%，學習後為 82%；轉變期的學生為學習前為 76%，學習後為 89%。由以上數據可得知在經過網路化概念改變教學後，各分組學生具有的正确概念均能明顯增加。在推理層級的分析部分，從交叉表對學生於網路學習環境作答理由的統計中可以發現，學生在網路化推理學習的過程中所運用的推理層級，由無理由(N)或無意義(G_0)，逐漸轉變為主要運用直觀觀察或質樸概念做為理由的概述(G_1)，並且持續向更高階運用科學術語辭彙的精緻化(EL)及運用實驗結果做為根據的推論(J) 做為解釋的理由發展。

綜合以上研究結果顯示，本研究所採用結合推理之網路化雙重情境學習模式能有效的減少學生的另有概念，使學生建構正确的科學概念，對於多數燃燒概念的重建與改變具顯著功效。

第二節 對教學上的建議

本節將針對結合科學推理教學的互動式網路學習課程設計，提出建議作為日後研究與教學的參考。

一、對『燃燒單元教學』的建議：

從研究問題一到三的結果中得知學生的推理能力會影響科學概念的學習，因此在進行自然科學的教學時，必須同時兼顧學生概念的獲得以及科學推理的學習，方可達事半功倍的效果。例如在教學的設計中，將教學的內容和開放性的評量相結合，讓學生在進行概念學習時能夠同時藉由回答理由在教師的引導下進行科學推理的操作，並在提出證據和知識宣稱的過程中，讓學生學習到推理的思考模式和技巧，而且能夠藉由推理的過程將新學到的概念和其他已知的概念相連結，以形成更穩固的概念架構。Burbules 和 Linn(1988)指出要促成概念改變必須讓學生反思，並提供重建概念的方法機制。本研究中讓學生對自己的回答進行理由說明的活動，一方面可以隨時讓學生察覺自己的學習狀況，另一方面可以讓學生對自己的疑問和困惑進行更深入的思考，並從後設認知的角度幫助學生掌握自己的學習方式及歷程，讓學生在反覆思考粹鍊的過程中，得到更好的學習技巧，對於日後學生在科學概念的學習上當有一定的助益。

另外由本研究實驗組的學習成果優於對照組的結果得知，在課程設計前先進行科學概念本質和學生另有概念的分析，進而以此設計教學的活動，才能真正針對學生的需求，達成以學生為主的學習活動，有效的增進學生的學習成效，避免制式化傳統教學過程中對概念過度簡化、學習效果不彰的情形。例如本研究在概念分析的階段中，發現燃燒的過程不易就微觀的角度觀察整個現象，化學反應的概念對國小學生又十分的抽象，因此學生在建構此類概念的十分困難。因此在課程的設計上必須針對學生的另有概念，結合各種概念改變教學的策略。例如在衝突情境中，同時以吹氣可以幫助木炭燃燒，卻會吹熄蠟燭的現象，讓學生重新思考吹氣時對燃燒所造成影響的真實狀況，從而找出其中相矛盾之處，進行更深層的概念建構與改變，使學生在燃燒單元的概念架構更完善。

二、對「網路化學習環境」的建議：

本研究針對燃燒單元設計了互動式的網路化學習課程，學生在學習動機、學習成效都有明顯的提昇，因此對於設計及使用網路教學提

出以下的建議：

- (一)在概念改變和科學推理理論支持下建構的網路化教學環境，是過去尚未有學者專家嘗試過的新設計，本研究結果顯示此教學環境能夠有效的增進學生的概念重建及科學推理能力，因此未來可以推廣運用此教學模式在其他的科學領域課程教學中。
- (二)在教學媒體的呈現上應力求清晰流暢與生動：學生的注意力及學習動機和多媒體的呈現方式息息相關，本研究中多以影片進行概念改變的教學，在大多數的教學事件中均收到很高的成效。但在概念 2-3 中概念重建成功率不如預期，原因可能就是影片中標示和旁白的音量都不夠清楚，學生無法從影片中獲得正確的訊息，因而造成此結果。另外如果能夠重新善加設計安排，注意媒體素材的品質，避免過長的檔案傳輸時間，對於學生在網路平台的學習當有更大的助益。
- (三)提供適當的獎勵或趣味化機制：在分析學生網路學習的作答資料中，常會發現學生隨意回答或填寫和作答無關的內容。本研究中僅以答對和答錯的動畫進行學生作答的回饋略嫌不足，如果能在教材設計中包含適當的獎勵與趣味化機制，應當能夠提高學生的學習動機與學習成效，例如可以使用闖關或代幣制度來獎勵學生。
- (四)提供開放的討論空間：學生在網路上的學習後，仍然會有未能解答的問題。本研究除了的課程系統之外，另外提供了開放的討論空間讓學生進行發問、回答或學習心得的交換，增加學生在同儕之間的合作學習並增進學習的效果，並藉此推行學習的風氣，讓學習落實在平時的互動之中，促進同儕情誼。

參考文獻

一、中文部分

- 余曉清 (1997)。二十一世紀的科學教育-科技如何豐富科學教育。教學科技與媒體 (*Instructional Technology & Media*), 33,12-19。
- 李銘川(2003)：中小學學生對生鏽之迷思概念研究。國立台中師範學院自然科學教育學研究所碩士論文(未出版)。
- 易國榮、余曉清(2004)。網路化雙重情境學習模式對國小學生的真菌概念改變之研究。發表於中華民國第二十屆科學教育學術研討會。
- 林奇賢 (1999)。網路學習環境的設計與應用。資訊與教育雜誌，67，34-49。
- 周倩、楊台恩 (1998)。電腦網路的特質與相關問題初探。社教雙月刊，84，17-20。
- 張容君、周進洋(2001)。國中學生「燃燒」概念診斷之研究。第十七屆科學教育研討會論文彙編。台北：中華民國科學教育學會。
- 郭國成 (2002)。國小學童燃燒概念另有概念之研究。屏東師範學院碩士論文 (未出版)。
- 郭重吉 (1992)。從建構主義的觀點探討中、小學數理教學的改進。科學發展月刊，20 (5)，548-570。
- 梁志平、余曉清(2004)。網路化建構主義式科學學習對學生力的概念建構之影響。中華民國第二十屆科學教育學術研討會論文發表。
- 游文楓、余曉清 (in press)。網路化問題解決教學策略對學生生物學習成效的影響。科學教育學刊。
- 鄭世興 (2001)。國小學童物質氧化概念研究。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文 (未出版)。

鄭豐順(1996)。國中學生燃燒概念之診斷與探討。國立台灣師範大學碩士論文(未出版)。

二、英文部分

- Anderson, O. R., & Demetrius, O. J. (1993). A flow-map method of representing cognitive structure based on respondents' narrative using science content. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 953-969.
- Andersson, B. R. (1990). Pupil's conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of research in science teaching*, 28, 689-704.
- Burbules, N. C., Lin, M. C. (1988). Response to contradiction: scientific reasoning during adolescence. *Journal of educational psychology*, 80, 67-75.
- Butzow, J. W., & Gabel, D. (1986). We should all be researchers. *Science Teacher*, 53, 34-37.
- Brook, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter*. Leeds: Children's learning in science project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, England.
- Brown, D. E., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Brown, D.E. (1993). Refocus core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1273-1290.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*, 4, 27-43.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA:MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 1, 1123-1130.
- Chalmers, A. F. (1982). *What is this thing called science?* St. Lucia,

Queensland, Australia: University of Queensland press.

- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chou, C., & Tsai, C. C. (2003). Developing Web-based curriculum: Issues and challenges. *Journal of Curriculum Studies*, 34(6), 623-636.
- Driver, R. (1981) . Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3 (1) , 93-101.
- Driver, R. (1985). Beyond appearance: the conservation of matter under physical and chemical transformations. In Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien(Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 145-169). Philadelphia: Open University Press.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science, *International Journal of Science Education*, 11, 481-490.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1995). *Young peoples' images of science*. Open University Press: U.K. Milton Keynes.
- Duit, R.(1991). On the role of analogies and metaphors in learning science . *Science education*,75(6),649-762.
- Duit, R. (1995). *Conceptual Change Approaches in Science Education*. Paper presented at th Symposium on conceptual change, Friedrich-Schiller University, Jena, Germany.
- Edelson, D. C., & O'Neill, D. K. (1994). The CoVis Collaboratory Notebook: Computer support for scientific inquiry.Paper presented at the New Orleans, LA
- Faulkner, D., Joiner, R., Littleton, K., Miell, D., & Thompson, L. (2000). The mediating effect of task presentation on collaboration and children's acquisition of scientific reasoning. *European Journal of Psychology of Education*, 15, 4, 418-431.
- Glynn, S. M., Yeany, R.H., & Britton, B. K. (1991). A constructive view of learning science. In Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 3-19). Hilldale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Hewson, P. W. & Hewson, M. G. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 731-743.
- Hogan, K. (2000a). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84, 51-70.
- Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and instruction*, 17, 379-432.
- Hogan, K., & Fisherkeller, K. (2000). Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak(Eds), *Assessing science understanding: A human consturctivist view*. San Deigo, CA: Academic.
- Jonasson, D. H. (1996). Learning from, learning about, and learning with computing: A rationale for mindtools. In *Computers in the Classroom: Mindtools for critical thinking* (pp.1-22). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Jonassen, D.H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology: Research and Development*, 45, 65-94.
- Johnson, M. A., & Lawson, A. E. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes. *Journal of research in science teaching*, 35(1), 89-103.
- Keys, C. W. (1995). An interpretive study of students' use of scientific reasoning during a collaborative report writing intervention in ninth grade general science. *Science education*, 79, 415-435.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*, (2nd ed.). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Kuhn, D. (1993). Science argument: implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Lawson, A. E. (1978). The Development and Validation of a Classroom Test of Formal Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.
- Lawson, A.E. (1987). Hofstein and Mandler's use and interpretations of the Lawson test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(7), 683-686.

- Lawson, A. E.(1988). Research on advanced reasoning, concept acquisition and a theory of science instruction. *In Adey, P. Head, J. & Shanger, M. (Eds), Adolescent development and school science (pp. 1-37)*. London: Falmer Press.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. *NARST Monograph, no.1*.
- Lawson, A.E. (2002). The learning cycle. In Fuller, R.G. (Ed.). *A Love of Discovery: Science Education - The Second Career of Robert Karplus*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Lawson, A.E. (2003). *The Neurological Basis of Learning, Development and Discovery*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Leung, H. K. N. (2003). Evaluating the Effectiveness of E-Learning. *Computer Science Education, 13(2)*, 123-1336.
- Limon, M. (2001). On the cognitive conflict as a instructional strategy for concept change: a critical appraisal. *Learning and instruction, 11*, 357-380.
- Linn, M. C., Douglas C., & James D. S. (2003). WISE Design for Knowledge Intergration. *Science Education, 87*, 517-538.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Concept mapping for meaningful learning. In *Learning how to learn*, (pp. 15-54). NY: Cambridge University Press.
- Posner, G.L., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A.(1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*, 211-227.
- Prieto, T., Watson, J. D., & Dillon, J. S. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in science education, 22*, 331-340.
- Schollum, B. (1981a). *Chemical change*. Learning in science project. Working paper no,27. (Eric document reproduction service no. ed236010).
- Schollum, B., (1981b). *Burning*. Learning in science project. Working paper no,36. (Eric document reproduction service no. ed236019).
- Schollum, B., (1982). *Reacting*. Learning in science project. Working paper no,36. (Eric document reproduction service no. ed236020).
- Shafer, M. E., Lahner, J, M., Calderone, W. K., Davis, J. E., & Petrie, T. A. (2002). The use and effectiveness of a web-based instructional

supplement in a college student success program. *Journal of College Student Development*, 43(5), 751-757.

She, H.C. (2002). Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: a study of air pressure and buoyancy. *International journal of science education*, 24(9), 981-996.

She, H.C. (2003). DSLM Instructional Approach to Conceptual Change Involving Thermal Expansion. *Research in science and technological education*, 21(1), 43-54.

She, H.C. (2004a). Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. *Journal of research in science teaching*, 41(2), 142-164.

She, H.C. (2004b). Facilitating changes in ninth grade students' understanding of dissolution and diffusion through DSLM instruction. *Research in science education*, 34, 503-525.

She, H.C. & Fisher, D. (2003). Web-based E-learning Environment in Taiwan: The impact of the online science flash program on students' learning. In Khine, M. S., & Fisher, D. (Eds.), *Technology-rich learning environments: A future perspective*, p343-368. Singapore: World Scientific.

Tang, H. Y., She, H. C., & Lee, Y. M. (2005). *Promoting middle school students' conceptual change involving mitosis and meiosis with a DSLM instructional approach*. Paper submitted for the National Association for Research in Science Teaching 2005 World Conference, Dallas, Texas.

Thagard, P. (1992). *Conceptual revolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Tytler, R. (1998). The nature of students' informal science conceptions. *International Journal of Science Education*, 20, 901-927.

Tytler, R., & Peterson, S. (2004). From "try it and see" to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 94-118.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of educational research*, 57, 51-67.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24,

535-585.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative concepts in science, in: Gabel, D.L. (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (New York, macmillan Publishing Company), pp. 177-210.

White, R. & Gunston, R. (1992). Prediction-observation-explanation. In R. White & R. Gunston (Eds.). *Probing Understanding*, (pp. 44-64). London: The Falmer Press.



附錄一：不同教學模式之概念數、概念正確分數、推理層級多變量變異數分析檢定結果

問題 01：請問要怎樣才能產生燃燒的現象？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.654	.346***	3.370***	2.849***	後：實>對 追：實>對
概念分數	.656	.344***	0.897**	3.065***	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.775	.225***	0.192*	2.271***	後：對>實 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.756	.244***	0.921**	2.905***	後：實>對 追：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 02：我們日常生活常用的燃料有哪些？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.896	.104**	1.571**	0.015	後：對>實
概念分數	.743	.257***	1.849***	0.021	後：對>實
推理-概述(G)	.866	.134**	1.327**	0.026	後：對>實
推理-精緻化(EL)	—	—	—	—	—
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 03：在沒有空氣的地方，是否能夠產生燃燒

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.800	.200***	0.000	1.125***	追：對>實
概念分數	.955	.045*	0.004	.0297*	追：對>實
推理-概述(G)	.674	.326***	4.333***	1.920***	後：實>對 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.667	.333***	1.024**	4.371***	後：對>實 追：對>實
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 04：我們現在已經準備好蠟燭、空氣，還需要什麼條件才能點燃蠟燭？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.938	.062**	0.429*	0.042	後：實>對
概念分數	.851	.149***	0.341*	0.341*	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.997	.003	0.018	0.018	—
推理-精緻化(EL)	.870	.130**	1.309**	0.000	後：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 05：打火機是如何點燃蠟燭的？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.975	.025*	0.022	0.171*	追：對>實
概念分數	.754	.246***	0.769**	2.185***	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.837	.456***	7.528***	1.473***	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.554	.446***	4.323***	3.787***	後：實>對 追：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—

推理-解釋(EX) - - - - -

問題 06：燃燒後的剩餘物(灰燼)和原來的燃料相同嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.545	.455***	3.778***	2.673***	後：實>對 追：實>對
概念分數	.077	.923***	11.607***	0.613**	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.968	.032*	0.178*	0.165*	後：實>對 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.818	.182***	0.218*	1.920***	後：對>實 追：實>對
推理-判斷(J)	.766	.234***	2.700**	0.025	後：實>對
推理-解釋(EX)	.909	.091**	1.000**	1.000**	後：實>對 追：實>對

問題 07：你知道有哪些製造氧氣的方式嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.549	.491***	1.670**	1.500**	後：實>對 追：實>對
概念分數	.763	.237***	1.544***	0.121*	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.876	.124**	0.595*	0.609*	後：實>對 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.651	.349***	1.753***	4.815***	後：實>對 追：實>對
推理-判斷(J)	-	-	-	-	-
推理-解釋(EX)	.909	.091**	-	1.000**	追：實>對

問題 08：你知道空氣中有哪些成分嗎？哪種成分能夠幫助燃燒？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.366	.634***	7.052***	0.807**	後：對>實 追：實>對
概念分數	.727	.273***	1.219***	.061**	後：對>實 追：實>對
推理-概述(G)	.467	.533***	2.857***	1.203**	後：對>實 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.905	.095***	0.495*	0.926**	後：實>對 追：對>實
推理-判斷(J)	-	-	-	-	-
推理-解釋(EX)	-	-	-	-	-

問題 09：如果我們使用純氧來幫助燃燒，燃燒的情況會有什麼不一樣嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	1.000	.000	-	-	-
概念分數	.758	.242***	1.227***	0.923***	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.969	.031*	0.000	0.284*	追：實>對
推理-精緻化(EL)	.570	.430***	5.000***	0.187*	後：實>對 追：實>對
推理-判斷(J)	.821	.179***	1.000**	1.429**	後：對>實 追：實>對
推理-解釋(EX)	-	-	-	-	-

問題 10：如果我們收集純氧裝到氣球中，氣球會上升或下降？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.813	.187***	1.607***	-	後：實>對
概念分數	.073	.927***	8.939***	60.680***	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.638	.362***	5.103***	1.588***	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.880	.120**	-	1.227**	追：實>對
推理-判斷(J)	.572	.428***	6.721***	0.025	後：實>對
推理-解釋(EX)	-	-	-	-	-

問題 11：水中有氧氣嗎？你能提出證明嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
------	--------------------	------------------	--------	--------	------

概念數	.733	.267***	1.077***	0.111*	後：對>實 追：對>實
概念分數	.841	.159***	.799**	.107*	後：對>實 追：實>對
推理-概述(G)	.826	.174***	1.806***	0.279*	後：實>對 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.904	.096**	—	0.960**	追：實>對
推理-判斷(J)	.769	.231***	1.353**	0.419*	後：實>對 追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 12：如果把氧氣加到水中，水的酸鹼性會變化嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.390	.610***	0.207*	9.000***	後：實>對 追：實>對
概念分數	.998	.002	0.005	0.000	—
推理-概述(G)	.815	.185***	1.227**	0.818**	後：實>對 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.909	.091**	1.000**	—	後：實>對
推理-判斷(J)	.739	.261***	0.385*	1.429**	後：對>實 追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 13：氧氣有哪些用途呢？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.779	.221***	0.231*	0.675***	後：對>實 追：對>實
概念分數	.911	.089**	0.193*	0.118*	後：對>實 追：對>實
推理-概述(G)	.935	.065**	.002	.498*	追：實>對
推理-精緻化(EL)	—	—	—	—	—
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 14：你知道有哪些製造二氧化碳的方法嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	—	—	—	—	—
概念分數	.179	.821***	0.675***	3.179***	後：實>對 追：對>實
推理-概述(G)	.879	.121**	0.957**	0.489*	後：對>實 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.872	.128**	1.429**	0.385*	後：對>實 追：對>實
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	.909	.091**	—	1.000**	追：實>對

問題 15：二氧化碳能夠幫助燃燒嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.642	.358***	.761**	2.726***	後：實>對 追：實>對
概念分數	.826	.174**	1.461***	0.143*	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.927	.073**	0.485*	0.559*	後：實>對 追：實>對
推理-精緻化(EL)	—	—	—	—	—
推理-判斷(J)	.875	.125**	—	1.429**	追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 16：水中有二氧化碳嗎？你能提出證明嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.697	.303**	2.335***	0.459**	後：實>對 追：實>對
概念分數	.704	.296***	1.618***	1.397***	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.985	.015*	—	0.138*	追：對>實

推理-精緻化(EL)	.907	.093**	1.000**	0.000	後：實>對
推理-判斷(J)	.444	.556***	—	11.250***	追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 17：如果二氧化碳能溶解在水裡，你覺得和氧氣相比，哪種比較容易溶解？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.841	.159***	0.656**	0.849**	後：實>對 追：實>對
概念分數	.824	.176***	2.558***	0.310*	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.716	.284***	2.443***	0.434*	後：實>對 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.917	.083**	0.818**	0.17	後：實>對
推理-判斷(J)	.750	.250***	2.077***	2.077***	後：實>對 追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 18：二氧化碳裝入氣球後，氣球會上升或下降呢？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.911	.089**	0.073*	0.683**	後：實>對 追：實>對
概念分數	.889	.111**	.875**	—	後：實>對
推理-概述(G)	.778	.222***	1.658***	1.016**	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.923	.077**	0.720*	0.072	後：對>實 追：實>對
推理-判斷(J)	.575	.425***	6.632***	0.087	後：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 19：日常生活中有哪些時候會應用到二氧化碳？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.647	.353***	2.830***	0.324*	後：對>實 追：對>實
概念分數	.795	.205***	1.487***	0.002	後：對>實
推理-概述(G)	.969	.031	0.054	0.210*	追：對>實
推理-精緻化(EL)	—	—	—	—	—
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 20：有哪些方法可以滅火？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.689	.302***	0.274*	2.782***	後：實>對 追：實>對
概念分數	.710	.290***	0.350*	3.645***	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.760	.240***	0.200*	2.758***	後：實>對 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.566	.434***	4.337***	0.509*	後：對>實 追：實>對
推理-判斷(J)	.917	.083**	—	0.818**	追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 21：使用瓦斯爐時，熄滅爐火的原理是什麼？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.870	.130**	—	0.900**	追：實>對
概念分數	.736	.264***	0.068*	1.629***	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.907	.093**	0.821**	0.147*	後：對>實 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.942	.058*	0.554*	0.072	後：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 22：用水滅火的原理是什麼？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.849	.151***	0.891	0.891	後：對>實 追：對>實
概念分數	.820	.180***	0.937***	0.610**	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.870	.130**	1.350**	0.529*	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.927	.073**	0.701**	0.373*	後：實>對 追：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 23：用蓋子蓋上酒精燈滅火的原理是什麼？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	—	—	—	—	—
概念分數	.900	.100**	—	0.444**	追：實>對
推理-概述(G)	.997	.003	0.29	—	—
推理-精緻化(EL)	.647	.353***	4.765***	0.360*	後：對>實 追：實>對
推理-判斷(J)	.909	.091**	1.000**	—	後：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 24：酒精燈打翻了起火燃燒該如何滅火？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	—	—	—	—	—
概念分數	—	—	—	—	—
推理-概述(G)	.834	.166***	1.572***	0.025	後：對>實
推理-精緻化(EL)	.847	.153***	1.800***	—	後：對>實
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 25：油類火災該如何滅火？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.691	.309***	0.004	0.523**	追：實>對
概念分數	.871	.129**	0.533**	0.221*	後：實>對 追：對>實
推理-概述(G)	.554	.446***	2.912***	2.276***	後：對>實 追：實>對
推理-精緻化(EL)	.695	.305***	.378**	.116***	後：對>實 追：對>實
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 26：電器火災該如何滅火？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.850	.150***	0.531**	0.531***	後：實>對 追：實>對
概念分數	.492	.508***	0.733***	0.043*	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.883	.117**	1.029**	0.175*	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.908	.092**	0.906***	0.093**	後：對>實 追：對>實
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 27：哪些物質會生鏽？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.517	.483***	4.515***	1.745***	後：對>實 追：實>對

概念分數	.713	.287***	2.210***	0.111*	後：對>實 追：實>對
推理-概述(G)	.505	.495***	8.182***	0.960**	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.623	.377***	2.045***	2.045***	後：實>對 追：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 28：生鏽時會有哪些現象？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.470	.530***	1.876**	5.140***	後：對>實 追：對>實
概念分數	.765	.235***	0.172*	1.005***	後：對>實 追：對>實
推理-概述(G)	.954	.046*	0.031	0.335**	追：對>實
推理-精緻化(EL)	.815	.185***	0.818**	0.818***	後：實>對 追：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 29：哪些條件會影響生鏽的現象？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.700	.300***	0.714**	0.714**	後：對>實 追：對>實
概念分數	.873	.127***	0.563**	0.176*	後：實>對 追：對>實
推理-概述(G)	.653	.347***	0.180*	4.139***	後：實>對 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.673	.327***	1.027	3.032	後：對>實 追：實>對
推理-判斷(J)	—	—	—	—	—
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 30：你能夠設計一個實驗來證明你的想法嗎？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.836	.164***	1.102**	0.416**	後：實>對 追：實>對
概念分數	.922	.078**	0.508**	0.145*	後：實>對 追：實>對
推理-概述(G)	.917	.083**	0.818**	0.818**	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.965	.035*	0.310*	0.079	後：實>對
推理-判斷(J)	.837	.163***	—	1.753***	追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

問題 31：你知道有哪些方法可以防鏽？

分析項目	Wilk's Λ 值	partial η^2	後測 F 值	追蹤 F 值	事後比較
概念數	.382	.618***	2.286***	0.003	後：實>對
概念分數	.508	.492*	1.005***	0.005	後：實>對
推理-概述(G)	.387	.613***	4.071***	2.174***	後：對>實 追：對>實
推理-精緻化(EL)	.909	.091**	0.000	0.729**	追：實>對
推理-判斷(J)	.909	.091**	—	1.000**	追：實>對
推理-解釋(EX)	—	—	—	—	—

p 值： * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$ 後：後測 追：追蹤測 實：實驗組 對：對照組

partial η^2 值： *表示 $.0099 < \text{partial } \eta^2 < .0588$, effect size = small ;

**表示 $0.0588 < \text{partial } \eta^2 < 0.1379$, effect size = medium ;

***表示 $\text{partial } \eta^2 > 0.1379$, effect size = large

附錄二、教學前、後晤談與教學後、追蹤晤談之間概念連結類型 t 檢定結果摘要

題次與類型	t 值	自由度	p 值	平均差	標準誤	Cohen's d
前一後全對 01	-0.19	9	0.854	-0.13	0.70	0.159
前一後進步 01	0.23	9	0.824	0.10	0.44	0.183
前一後退步 01	0.13	9	0.900	0.03	0.26	0.075
前一後全對 02	2.11	9	0.064	0.87	0.41	1.036***
前一後進步 02	-0.17	9	0.870	-0.10	0.60	0.183
前一後全對 03	0.41	9	0.693	0.23	0.57	0.261*
前一後進步 03	-0.45	9	0.662	-0.13	0.29	0.298*
前一後全對 04	-0.83	9	0.428	-0.27	0.32	0.487*
前一後進步 04	1.51	9	0.166	0.43	0.29	0.791**
前一後維持 04	0.13	9	0.900	0.03	0.26	0.075
前一後全對 05	1.07	9	0.313	0.43	0.41	0.484*
前一後進步 05	4.00*	4	0.016	0.80	0.20	2.530***
前一後維持 05	-1.58	9	0.148	-0.47	0.29	1.043***
前一後全對 06	-0.60	8	0.562	-0.33	0.55	0.577**
前一後進步 06	3.10*	8	0.015	1.00	0.32	1.225***
前一後維持 06	1.40	8	0.200	0.83	0.60	0.589**
前一後全對 07	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
前一後進步 07	0.21	9	0.840	0.07	0.32	0.122
前一後維持 07	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
前一後全對 08	-0.24	9	0.816	-0.27	1.12	0.234*
前一後進步 08	0.21	9	0.840	0.07	0.32	0.122
前一後全對 09	-0.11	6	0.913	-0.07	0.59	0.115
前一後進步 09	1.73	2	0.225	1.00	0.58	1.414***
前一後維持 09	-1.63	4	0.178	-0.40	0.24	1.033***
前一後全對 10	3.50*	4	0.025	1.40	0.40	2.214***
前一後進步 10	1.63	4	0.178	0.80	0.49	1.033***
前一後維持 10	-2.08	5	0.093	-0.83	0.40	1.199***
前一後退步 10	-1.00	5	0.363	-0.33	0.33	0.577**
前一後全對 11	-0.62	9	0.550	-0.27	0.43	0.487*
前一後進步 11	-0.45	9	0.662	-0.13	0.29	0.298*
前一後全對 12	-0.73	8	0.486	-0.25	0.34	0.500**
前一後進步 12	0.48	8	0.645	0.17	0.35	0.289*
前一後全對 15	0.83	9	0.428	0.27	0.32	0.487*
前一後進步 15	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**

前一後維持 15	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
前一後退步 15	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
前一後全對 16	2.24	5	0.076	0.50	0.22	1.291***
前一後進步 16	-1.58	5	0.175	-0.33	0.21	0.913***
前一後進步 17	1.73	3	0.182	0.50	0.29	0.866***
前一後維持 17	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.577**
前一後退步 17	-0.73	8	0.486	-0.25	0.34	0.500**
前一後全對 18	-0.05	9	0.959	-0.03	0.63	0.030
前一後進步 18	1.00	4	0.374	0.40	0.40	0.632**
前一後退步 18	0.13	9	0.900	0.03	0.26	0.075
前一後全對 19	-0.35	8	0.735	-0.17	0.48	0.289
前一後進步 19	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.577**
前一後維持 19	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.577**
前一後全對 20	1.66	9	0.131	1.20	0.72	1.095
前一後全對 21	0.13	9	0.900	0.03	0.26	0.075
前一後進步 21	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
前一後維持 21	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
前一後全對 22	-1.00	5	0.363	-0.33	0.33	0.577**
前一後進步 22	2.46*	9	0.036	0.63	0.26	1.416***
前一後維持 22	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
前一後退步 22	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
前一後全對 23	0.00	7	1.000	0.00	0.38	0.000
前一後進步 23	-0.68	7	0.516	-0.17	0.24	---
前一後全對 24	-0.68	7	0.516	-0.33	0.49	---
前一後全對 25	1.65	9	0.134	0.63	0.38	0.757**
前一後維持 25	1.63	4	0.178	0.40	0.24	1.033***
前一後全對 26	-1.54	5	0.185	-0.83	0.54	0.887***
前一後進步 26	0.51	7	0.626	0.17	0.33	0.289*
前一後維持 26	-0.68	7	0.516	-0.17	0.24	0.577**
前一後全對 27	-0.54	9	0.604	-1.07	1.98	0.395*
前一後進步 27	-0.23	9	0.824	-0.10	0.44	0.112
前一後維持 27	0.81	9	0.438	0.23	0.29	0.426*
前一後退步 27	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
前一後全對 28	0.32	9	0.753	0.13	0.41	0.298
前一後進步 28	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
前一後維持 28	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
前一後全對 29	-1.07	9	0.314	-0.53	0.50	0.637**
前一後進步 29	1.63	4	0.178	0.40	0.24	1.033***

前一後全對 30	-0.13	9	0.900	-0.07	0.52	0.075
前一後進步 30	0.41	9	0.693	0.27	0.66	0.200*
前一後退步 30	0.13	9	0.900	0.03	0.26	0.075
前一後全對 31	-0.68	7	0.516	-0.33	0.49	0.577**
前一後進步 31	1.85	7	0.106	0.83	0.45	0.833***
前一後維持 31	-0.68	7	0.516	-0.17	0.24	0.577**
後—追全對 01	1.14	9	0.285	0.93	0.82	0.819***
後—追進步 01	0.13	9	0.900	0.03	0.26	0.075
後—追退步 01	0.13	9	0.900	0.07	0.52	0.075
後—追全對 02	0.81	9	0.439	0.57	0.70	0.422*
後—追全對 03	0.23	9	0.824	0.10	0.44	0.183
後—追退步 03	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
後—追全對 04	1.00	5	0.363	0.17	0.17	0.577**
後—追維持 04	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
後—追全對 05	2.46*	9	0.036	0.63	0.26	1.416***
後—追進步 05	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
後—追維持 05	-0.45	9	0.662	-0.13	0.29	0.298*
後—追退步 05	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
後—追全對 06	0.90	8	0.395	0.58	0.65	0.609**
後—追維持 06	1.73	3	0.182	0.50	0.29	0.866***
後—追退步 06	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.577**
後—追全對 07	0.61	9	0.557	0.33	0.55	0.333*
後—追維持 07	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.577**
後—追退步 07	0.13	9	0.900	0.03	0.26	0.075
後—追全對 08	1.12	9	0.293	1.17	1.05	0.738**
後—追全對 09	1.46	5	0.203	0.50	0.34	0.845***
後—追維持 09	-1.58	5	0.175	-0.33	0.21	0.913***
後—追全對 10	11.00***	5	0.000	1.83	0.17	6.351***
後—追維持 10	-2.74*	5	0.041	-1.00	0.37	1.581***
後—追退步 10	-1.58	5	0.175	-0.33	0.21	0.913***
後—追全對 11	0.80	8	0.447	0.33	0.42	0.408*
後—追進步 11	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.408*
後—追退步 11	-0.25	8	0.807	-0.08	0.33	0.167
後—追全對 12	-0.52	9	0.618	-0.27	0.52	0.298*
後—追維持 12	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
後—追退步 12	0.21	9	0.840	0.07	0.32	0.122
後—追全對 13	0.38	9	0.716	0.17	0.44	0.236*
後—追全對 14	-1.58	5	0.175	-0.33	0.21	0.913***

後—追進步 14	-0.55	6	0.604	-0.17	0.30	0.408*
後—追退步 14	0.87	6	0.420	0.33	0.38	0.471*
後—追全對 15	0.23	9	0.824	0.10	0.44	0.183
後—追進步 15	1.00	4	0.374	0.40	0.40	0.632**
後—追維持 15	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.408*
後—追退步 15	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
後—追全對 16	0.32	9	0.753	0.13	0.41	0.159
後—追退步 16	0.81	9	0.438	0.23	0.29	0.426*
後—追全對 17	1.63	4	0.178	0.40	0.24	1.033***
後—追進步 17	-1.58	5	0.175	-0.33	0.21	0.913***
後—追維持 17	-0.45	9	0.662	-0.13	0.29	0.298*
後—追退步 17	1.00	4	0.374	0.20	0.20	0.632**
後—追全對 18	0.59	9	0.573	0.37	0.63	0.335*
後—追進步 18	1.00	4	0.374	0.40	0.40	0.632**
後—追維持 18	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.408*
後—追全對 19	3.16*	5	0.025	0.67	0.21	1.826***
後—追維持 19	-1.00	5	0.363	-0.17	0.17	0.408*
後—追全對 20	3.28**	9	0.010	1.93	0.59	1.696***
後—追全對 21	1.08	8	0.312	0.33	0.31	0.577*
後—追進步 21	1.00	3	0.391	0.25	0.25	0.707**
後—追維持 21	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.408*
後—追退步 21	1.00	3	0.391	0.25	0.25	0.707**
後—追全對 22	1.00	5	0.363	0.33	0.33	0.577**
後—追進步 22	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.408*
後—追維持 22	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.408*
後—追全對 23	1.58	5	0.175	0.33	0.21	0.913***
後—追退步 23	-0.68	7	0.516	-0.17	0.24	0.408*
後—追全對 25	1.26	8	0.242	0.67	0.53	0.816***
後—追進步 25	1.00	3	0.391	0.25	0.25	0.707**
後—追維持 25	1.00	3	0.391	0.25	0.25	0.707**
後—追全對 26	-1.31	7	0.232	-0.83	0.64	0.813***
後—追維持 26	-0.68	7	0.516	-0.17	0.24	0.408*
後—追退步 26	1.00	2	0.423	0.33	0.33	0.816***
後—追全對 27	0.39	8	0.703	0.92	2.32	0.277*
後—追維持 27	0.48	8	0.645	0.17	0.35	0.289*
後—追退步 27	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.408*
後—追全對 28	1.26	8	0.242	0.75	0.59	0.783**
後—追維持 28	-0.80	8	0.447	-0.17	0.21	0.408*

後—追全對 29	2.00	5	0.102	0.67	0.33	1.155***
後—追全對 30	0.73	8	0.486	0.50	0.68	0.387*
後—追維持 30	0.29	8	0.779	0.08	0.29	0.167
後—追全對 31	-0.40	7	0.699	-0.50	1.24	0.866***
後—追進步 31	-0.68	7	0.516	-0.33	0.49	0.408*
後—追退步 31	1.53	7	0.170	0.33	0.22	0.816***



「燃燒」單元成就測驗



各位同學：下列題目有 45 題選擇題，主要是測驗同學對於「燃燒」的了解，雖然有些觀念同學不一定很熟悉，但是請同學能夠用心從選項中找到最接近你心中想法的答案來回答。在老師還沒有提示可以作答前，請勿翻開題目卷提前作答。

班級：

座號：

1. () 下列何種物質不能用來當作燃料？
 - 1) 紙
 - 2) 酒精
 - 3) 瓦斯
 - 4) 玻璃
2. () 下列何種氣體可以用來幫助燃燒？
 - 1) 水蒸氣
 - 2) 氧氣
 - 3) 二氧化碳
 - 4) 以上皆可
3. () 日常生活中使用打火機點火主要是利用它來
 - 1) 提高可燃物的溫度
 - 2) 供給燃料
 - 3) 供給助燃物
 - 4) 讓可燃物蒸發
4. () 用打火機將蠟燭點燃後，蠟燭上的火是從哪裡來的？
 - 1) 蠟燭融化變短時，由蠟燭中變出火來
 - 2) 火是打火機跳到蠟燭上造成的，和蠟燭無關
 - 3) 是由蠟燭中的成分和氧氣作用放出的光和熱
 - 4) 火是蠟燭融化後，蒸發出的蒸氣變成的
5. () 下列哪種燒紙錢的方式會使燃燒進行的最順利？
 - 1) 將整疊紙錢一次丟進火中
 - 2) 將紙錢一張一張直接丟進火中
 - 3) 將紙錢折疊後一張張丟進火中
 - 4) 將一張張紙錢揉成一團後丟進火中
6. () 用放大鏡聚光是否可以使物質燃燒？
 - 1) 不能，放大鏡只是用來將物體放大的工具
 - 2) 可以，因為太陽光中有紫外線可使物質燃燒
 - 3) 不能，光和熱不同，彼此間沒有任何關聯
 - 4) 可以，因為太陽光的熱量被集中後可以提高物質的溫度
7. () 燒過紙錢後留下的灰燼和原來的紙錢是否相同？
 - 1) 紙錢是完整的，灰燼是粉末狀的，外形上不同而已
 - 2) 紙錢燃燒成灰燼後，性質已經完全改變
 - 3) 原料來源都相同，所以大致是相同的
 - 4) 兩者都還可以再燃燒，所以性質相同
8. () 小明到郊外烤肉，拿了一大塊木炭，請問它是否可以順利點燃？

- 1)可以，木炭原本就是很好的燃料
 - 2)不行，木炭太乾燥，無法提高它的溫度
 - 3)可以，因為郊外空氣污染少，有充足的氧氣
 - 4)不行，木炭太粗了，必須先敲碎成較小塊的木炭才容易燃燒。
9. ()我們可以利用下列哪些材料來製造氧氣？
- 1)雙氧水、小蘇打
 - 2)醋酸、植物根、莖或葉的切塊
 - 3)小蘇打、醋酸
 - 4)雙氧水、植物的根、莖或葉
10. ()下列哪些方法無法製造出氧氣呢？
- 1)從液態空氣中分離出氧氣
 - 2)從乾冰中獲得氧氣
 - 3)從水生植物行光合作用得到氧氣
 - 4)利用電流把水分解出氧氣
11. ()如果做實驗時被雙氧水沾到皮膚...
- 1)因為雙氧水有毒，應該立刻送醫急救
 - 2)因為有可能傷害皮膚，應該立即用大量清水沖洗
 - 3)因為雙氧水和普通的水差不多，所以不需特別處理
 - 4)因為受傷時也會使用到雙氧水，所以沒什麼影響
12. ()現今地球上的氧氣主要靠什麼方式產生的？
- 1)由太陽光中的紫外線照射空氣
 - 2)由人類在工廠中大量生產製造的
 - 3)由地底下噴發
 - 4)綠色植物行光合作用
13. ()製造氧氣時，為什麼不直接從開始冒出的氣泡時就收集氧氣？
- 1)原先容器內含有空氣，等空氣排掉後，再開始收集氧氣
 - 2)一看到冒出氣泡就收集容易手忙腳亂，所以慢慢來才能好好收集氧氣
 - 3)剛開始的氣泡氧氣濃度太高，如果收集它做實驗容易發生危險
 - 4)剛開始的氣泡已經和水發生作用，純度下降了，所以放棄一開始產生的氣泡
14. ()當我們製造氧氣並用塑膠袋收集時，要注意不可以犯以下哪種錯誤
- 1)擠壓了收集氣體用的塑膠袋以後才開始收集氧氣
 - 2)使用植物的根、莖、葉或果實的切塊做為實驗材料
 - 3)直接使用瓶裝濃度 35%的雙氧水作為原料
 - 4)超過 20 秒才開始收集氧氣
15. ()當我們在錐型瓶中製造氧氣，並用塑膠袋收集氧氣時，我們必須...
- 1)立刻快速把塑膠袋打開，套上瓶口收集氧氣，避免造成氧氣的浪費
 - 2)慢慢將塑膠袋打開，小心套上瓶口，避免氧氣外洩

- 3)確定把塑膠袋內的空氣擠出後，小心套上瓶口，避免收集到空氣
4)小心打開塑膠袋，把袋口塞進錐型瓶，才不會收集到空氣
16. ()當我們利用同樣重量的紅蘿蔔切塊製造氧氣時，下列何者敘述是正確的？
1)切塊要小，可以增進氧氣產生的速度
2)切塊要大，才能夠製造出足夠的氧氣供我們收集
3)切塊要小，才不會造成紅蘿蔔的浪費
4)切塊要大，才能夠延長反應進行的時間，收集到足夠的氧氣
17. ()氧氣和燃燒的關係是...
1)氧氣自己可以燃燒，也可以幫助燃燒
2)氧氣自己不能燃燒，但可以幫助燃燒
3)氧氣自己可以燃燒，但不能幫助燃燒
4)氧氣自己不能燃燒，也不能幫助燃燒
18. ()如果把氧氣裝在密閉的塑膠袋中，我們會發現...
1)塑膠袋會往上飄，因為氧氣比空氣輕
2)塑膠袋會往下沉，因為氧氣比空氣輕
3)塑膠袋會往上飄，因為氧氣比空氣重
4)塑膠袋會往下沉，因為氧氣比空氣重
19. ()生物在呼吸時，主要吸收哪種氣體成分來保持身體功能正常，維持生命？
1)氧氣
2)二氧化碳
3)氮氣
4)水蒸氣
20. ()製造氧氣時，我們可以把產生的氧氣通過水中，把氧氣收集在瓶子的原理是因為...
1)水中會產生氧氣
2)氧氣很容易溶解在水中
3)氧氣不容易溶解在水中
4)氧氣比空氣輕
21. ()水中的生物是否要吸收氧氣，維持自己的生命狀態呢？
1)不需要，因為氧氣本來就不易溶於水中
2)需要，因為幾乎所有的生物都需要氧氣
3)不需要，因為水中生物可利用鰓來呼吸
4)需要，因為氧氣比空氣重
22. ()將氧氣加入澄清石灰水中...
1)石灰水會變成混濁
2)石灰水會維持澄清
3)石灰水會變成橘紅色
4)石灰水會變成藍綠色



23. () 如果把氧氣加入水中，水的酸鹼性會有什麼變化？
- 1) 變成酸性
 - 2) 變成鹼性
 - 3) 維持中性
 - 4) 有時酸性、有時鹼性
24. () 下列有關於氧氣的性質何者錯誤？
- 1) 透明無色
 - 2) 無特殊氣味
 - 3) 比空氣重
 - 4) 不能溶於水
25. () 蠟燭燃燒後，會產生下列哪種物質呢？
- 1) 二氧化碳
 - 2) 氧氣
 - 3) 石灰水
 - 4) 雙氧水
26. () 下列哪些材料可以用來製造二氧化碳呢？
- 1) 氧氣和小蘇打
 - 2) 醋酸和小蘇打
 - 3) 石灰水和小蘇打
 - 4) 雙氧水和小蘇打
27. () 下列哪個方法不能得到二氧化碳？
- 1) 收集汽水逸散出來的氣體
 - 2) 收集燃燒蠟燭後產生的氣體
 - 3) 收集由乾冰逸散出來的氣體
 - 4) 收集植物行光合作用產生的氣體
28. () 我們呼吸時所吐出的氣體，和空氣的成分相比有比較多的...
- 1) 氧氣
 - 2) 二氧化碳
 - 3) 氮氣
 - 4) 氫氣
29. () 我們從汽水中收集二氧化碳時，以下何種方法是正確的
- 1) 將塑膠袋直接打開，快速套住瓶口
 - 2) 將塑膠袋慢慢打開，慢慢仔細套住瓶口
 - 3) 將塑膠袋擠壓後，等幾秒後才仔細套住瓶口
 - 4) 將塑膠袋擠壓後，快速套住瓶口
30. () 當我們用醋酸製造二氧化碳時，下列何者敘述是正確的
- 1) 要用比較濃的醋酸作原料，才能收集到比較多的二氧化碳
 - 2) 要用稀釋的醋酸作原料，二氧化碳產生的速度才不會太快使原料溢出瓶

口

- 3) 倒入醋酸時要快，可以加快反應的速度，才不會使二氧化碳流失
4) 倒入醋酸時要慢，才能讓二氧化碳一點一點產生
31. () 當我們大量燃燒木材、煤炭、石油燃料時，環境中會增加許多
- 1) 氧氣
 - 2) 空氣
 - 3) 二氧化碳
 - 4) 石灰
32. () 二氧化碳和氧氣的關係是
- 1) 氧氣會燃燒變成二氧化碳
 - 2) 氧氣幫助可燃物燃燒變成二氧化碳
 - 3) 燃燒時的高溫會讓氧氣自己變化成二氧化碳
 - 4) 燃燒時氧氣消失，另外由可燃物中產生二氧化碳
33. () 二氧化碳和燃燒的關係是
- 1) 二氧化碳自己可以燃燒，也可以幫助別人燃燒
 - 2) 二氧化碳自己可以燃燒，但不能幫助別人燃燒
 - 3) 二氧化碳自己不能燃燒，但可以幫助別人燃燒
 - 4) 二氧化碳自己不能燃燒，也不能幫助別人燃燒
34. () 如果把二氧化碳裝在密閉的塑膠袋中，我們會發現...
- 1) 塑膠袋會往上飄，因為二氧化碳比空氣輕
 - 2) 塑膠袋會往下沉，因為二氧化碳比空氣輕
 - 3) 塑膠袋會往上飄，因為二氧化碳比空氣重
 - 4) 塑膠袋會往下沉，因為二氧化碳比空氣重
35. () 將二氧化碳加入澄清石灰水中...
- 1) 石灰水會變成混濁
 - 2) 石灰水會維持澄清
 - 3) 石灰水會變成橘紅色
 - 4) 石灰水會變成藍綠色
36. () 如果把二氧化碳加入水中，水的酸鹼性會有什麼變化？
- 1) 變成酸性
 - 2) 變成鹼性
 - 3) 維持中性
 - 4) 有時酸性、有時鹼性
37. () 將試管裝入二氧化碳，倒插入水中，水會慢慢上升，這是因為
- 1) 二氧化碳消失不見，水就上升了
 - 2) 二氧化碳慢慢溶解在水中，水就上升了
 - 3) 二氧化碳時間久了會變成水，所以感覺水上升了
 - 4) 二氧化碳從玻璃試管和水中漏到空氣中了

38. () 兩支燃燒的蠟燭一長一短，用廣口瓶蓋住後，哪一支蠟燭會先熄滅？
- 1) 長的蠟燭，因為二氧化碳累積在廣口瓶的上層
 - 2) 長的蠟燭，因為上方的氧氣先用完
 - 3) 短的蠟燭，因為二氧化碳累積在廣口瓶的下層
 - 4) 短的蠟燭，因為下方的氧氣先用完
39. () 下列有關於二氧化碳的性質何者錯誤？
- 1) 透明無色
 - 2) 無特殊氣味
 - 3) 比空氣輕
 - 4) 可稍微溶解於水中
40. () 如果我們用廣用試紙測試汽水的酸鹼性，我們會發現廣用試紙應該變成
- 1) 黃色，因為汽水中的糖分溶解在水中是酸性的
 - 2) 綠色，因為汽水中的水分溶解在水中是中性的
 - 3) 藍色，因為汽水中的香料溶解在水中是鹼性的
 - 4) 黃色，因為汽水中的二氧化碳溶解在水中是酸性的
41. () 潛水夫所指的氣瓶中裝的主要成分是什麼？
- 1) 氧氣
 - 2) 二氧化碳
 - 3) 水蒸氣
 - 4) 滅火用的泡沫
42. () 醫院的急救室中讓病人呼吸的面罩主要提供的是什麼氣體成分？
- 1) 氧氣
 - 2) 二氧化碳
 - 3) 普通空氣
 - 4) 消炎止痛藥劑
43. () 在工地中用火焰焊接及切割鋼鐵，需要供應什麼氣體才能順利工作？
- 1) 氧氣
 - 2) 二氧化碳
 - 3) 普通空氣
 - 4) 水蒸氣
44. () 所有的動物和植物都需要仰賴何種氣體，以維持生命？
- 1) 氧氣
 - 2) 二氧化碳
 - 3) 水蒸氣
 - 4) 氮氣
45. () 太空船在宇宙中航行時，必須攜帶何種氣體讓燃料可以繼續燃燒？
- 1) 二氧化碳
 - 2) 水



3)氧氣

4)氮氣

附錄三-2

「燃燒」單元成就測驗



各位同學：下列題目有 51 題選擇題，主要是測驗同學對於「燃燒」的了解，雖然有些觀念同學不一定很熟悉，但是請同學能夠用心從選項中找到最接近你心中想法的答案來回答。在老師還沒有提示可以作答前，請勿翻開題目卷提前作答。

班級：

座號：

46. ()在養魚的水族缸中我們用打氣幫浦把氣泡打入水中，目的是爲了
- 1)增加水中的二氧化碳
 - 2)增加水中的氧氣
 - 3)增加水族缸的美觀
 - 4)幫助魚類去除寄生蟲
47. ()我們到水族館買金魚，老闆會在塑膠袋中灌入何種氣體避免金魚死亡？
- 1)二氧化碳
 - 2)水
 - 3)氧氣
 - 4)氮氣
48. ()如果將潮濕的鐵釘放到含氧氣的瓶中，鐵釘會
- 1)燃燒
 - 2)生鏽
 - 3)溶解
 - 4)發光
49. ()汽水喝起來清涼爽口，是因爲汽水中含有哪種氣體
- 1)氧氣
 - 2)二氧化碳
 - 3)水蒸氣
 - 4)空氣
50. ()在舞台上製造煙霧效果的乾冰，它的成分主要是
- 1)水
 - 2)氧氣
 - 3)一般的空氣
 - 4)二氧化碳
51. ()製作麵包時要放入酵母粉發酵產生氣體使麵糰鬆軟，請問產生的氣體是？
- 1)氧氣
 - 2)二氧化碳
 - 3)水蒸氣
 - 4)普通空氣
52. ()啤酒中所冒出的氣泡，主要的成分是
- 1)氧氣
 - 2)二氧化碳
 - 3)水蒸氣
 - 4)普通空氣



53. ()下列何者可以拿來做為滅火器中的成分？
- 1)氧氣
 - 2)二氧化碳
 - 3)空氣
 - 4)酒精
54. ()在種水草的水草缸中噴入二氧化碳氣泡是爲了
- 1)消滅水中的有害動物
 - 2)幫助水草呼吸
 - 3)幫助水草行光合作用
 - 4)幫助水草開花結果
55. ()在冷藏食品時，我們會利用何種物質來維持低溫？
- 1)氧氣
 - 2)糖分
 - 3)乾冰
 - 4)酒精
56. ()要施行人造雨的時候，必須在空中撒下乾冰，這是利用乾冰的何種性質
- 1)二氧化碳比空氣重，帶動雨水下降
 - 2)二氧化碳可溶於水，使水分變重下降成雨水
 - 3)二氧化碳溶於水成酸性，中和水蒸氣而降雨
 - 4)利用乾冰的低溫使水蒸氣凝結成雨水
57. ()下列哪一種方法不能使炭火熄滅？
- 1)將尚未燃燒的木炭移開
 - 2)用土掩埋
 - 3)倒水
 - 4)用手搧風
58. ()燃燒的酒精燈用蓋子蓋上，火焰熄滅的原理是...
- 1)隔絕了可燃物
 - 2)隔絕了助燃物
 - 3)降低了溫度
 - 4)火焰被擠壓
59. ()用瓦斯爐燒水，水開了之後我們關上瓦斯爐開關，火焰熄滅的原理是
- 1)隔絕了可燃物
 - 2)隔絕了助燃物
 - 3)降低了溫度
 - 4)水火相剋
60. ()火災發生時，消防人員使用水柱滅火，是利用水可以...
- 1)隔絕可燃物
 - 2)隔絕助燃物

- 3)降低溫度
4)和火相剋
61. ()火災逃生時，要放低身體的原因是因為...
- 1)二氧化碳會聚集在上方，放低身體就不會吸到過量的二氧化碳
 - 2)火災煙霧比空氣輕會向上飄散，放低身體就不會被煙霧嗆傷
 - 3)靠近地面的溫度較低，放低身體就不會被火灼傷
 - 4)地面的材料是磁磚不怕火燒，放低身體就不會受到傷害
62. ()發生森林大火時，消防人員將樹木雜草砍除，是利用哪種原理滅火？
- 1)隔絕可燃物
 - 2)隔絕助燃物
 - 3)降低溫度
 - 4)火怕拍打
63. ()乾粉滅火器是利用哪種原理滅火？
- 1)隔絕可燃物
 - 2)隔絕助燃物
 - 3)降低溫度
 - 4)火怕乾燥
64. ()如果油類物質燃燒，不可以用哪種方式滅火？
- 1)用消防車灑水
 - 2)用乾粉滅火器噴灑
 - 3)用二氧化碳滅火器噴灑
 - 4)用泡沫滅火器噴灑
65. ()玻璃、木材、塑膠、鐵釘都會生鏽嗎？
- 1)是的，因為他們都有可能發黴
 - 2)不是，因為他們都是人類製造的，人造的東西不會生鏽
 - 3)是的，因為所有的東西只要時間久了都會壞
 - 4)不是，只有鐵釘會生鏽，其他的物質不是金屬所以不會生鏽
66. ()你認為鋁和銅會生鏽嗎？
- 1)是的，兩個都會生鏽
 - 2)不是，銅會生鏽，鋁不會生鏽
 - 3)不是，銅不會生鏽，鋁不會生鏽
 - 4)不是，銅和鋁都不會生鏽
67. ()你認為黃金會生鏽嗎？
- 1)是的，因為只要是看起來亮亮的金屬就會生鏽
 - 2)不是，因為「真金不怕火煉」黃金不怕火燒
 - 3)是的，只要把黃金加入純氧氣中它就會生鏽了
 - 4)不是，因為黃金的性質很安定，不易發生變化
68. ()你認為金屬都會生鏽嗎？



- 1)是的，因為只要是金屬就會生鏽
 - 2)不是，因為只有鐵會生鏽
 - 3)是的，因為「鏽」早已存在金屬的內部
 - 4)不是，因為只有部分種類的金屬會生鏽
69. ()腳踏車的鏈條變成棕色生鏽了，你覺得鏈條可能是由哪一種金屬做成的
- 1)鐵
 - 2)鋁
 - 3)銅
 - 4)銀
70. () 接著上一題，你的理由是...
- 1)腳踏車本來就是由這種金屬製造的
 - 2)腳踏車很容易生鏽，而其中只有我選的金屬會生鏽
 - 3)腳踏車鏈條生鏽的顏色和性質，和我所選金屬平常的生鏽情形最接近
 - 4)腳踏車鏈條會不會生鏽和我選的金屬沒什麼關係
71. () 報紙放久了就會產生黃色的斑點，你覺得報紙會不會生鏽？
- 1)會，所有的東西都會生鏽，報紙也不例外
 - 2)不會，報紙並不是金屬，所以不會生鏽或氧化
 - 3)會，黃色的斑點就是生鏽的證據
 - 4)不會，黃色的斑點的確是氧化的痕跡，但不能說是生鏽
72. () 切開的蘋果放久了會變色，你覺得蘋果會不會生鏽？
- 1)會，因為所有的物質都會生鏽，蘋果也不例外
 - 2)不會，因為蘋果不管有沒有和空氣接觸都會變黃
 - 3)會，因為蘋果含有豐富的鐵質，在空氣中久了就會生鏽變黃
 - 4)不會，因為蘋果不是金屬，變黃的成分也不是鐵鏽
73. ()鐵如果生鏽了，顏色會變成...
- 1)綠色
 - 2)棕色
 - 3)藍色
 - 4)灰白色
74. ()銅如果生鏽了，顏色會變成...
- 1)綠色
 - 2)棕色
 - 3)黃色
 - 4)灰白色
75. ()鋁如果生鏽了，顏色會變成...
- 1)綠色
 - 2)棕色
 - 3)藍色

- 4)灰白色
76. ()鐵如果生鏽，質地會變得...
- 1)更堅硬
 - 2)更輕
 - 3)更有彈性
 - 4)易碎，常為粉末或片狀
77. ()銅如果生鏽，表面質地會變成...
- 1)灰色平整表面
 - 2)粉狀或平整表面
 - 3)易碎粉末或片狀
 - 4)光滑閃亮表面
78. ()鋁如果生鏽，表面質地會變成...
- 1)平整灰色表面
 - 2)塊狀顆粒表面
 - 3)易碎粉末或片狀
 - 4)光滑閃亮表面
79. ()金屬生鏽後，和原來的金屬性質是否相同？
- 1)和原來的金屬一樣，沒有改變
 - 2)和原來的金屬完全不同
 - 3)和原來的金屬只有部分性質不相同
 - 4)不同的金屬有不同的結果，有的種類生鏽後還是相同，有的則不同
80. ()接上題，我的理由是
- 1)生鏽的金屬，種類並沒有改變，還是屬於原來的金屬
 - 2)生鏽的金屬，它的顏色和質地都和原來的金屬不一樣
 - 3)不同的金屬，生鏽的情況和程度各不相同
 - 4)有些金屬不會生鏽
81. ()鐵生鏽主要是由於...
- 1)鐵和水結合而生鏽
 - 2)和氧氣結合而生鏽
 - 3)同時和水與氧氣結合而生鏽
 - 4)鐵自己分解而生鏽
82. ()三支試管內各放一支鐵釘，甲試管加滿水，乙試管加 1/3 的水，丙試管不加水，三支試管內鐵釘生鏽的程度依序是...
- 1)甲 > 乙 > 丙
 - 2)丙 > 乙 > 甲
 - 3)乙 > 甲 > 丙
 - 4)乙 > 丙 > 甲
83. ()小明要證明「水分會使鐵釘生鏽」，下面哪個實驗可以證明他的想法？

- 1)兩支鐵釘各放入試管，一支試管加入水，另一支試管只加入氧氣
- 2)兩支鐵釘各放入試管，一支試管把水加滿，另一支試管水只加一半
- 3)兩支鐵釘各放入試管，一支試管加入氧氣和水，另一支試管只加入水
- 4)兩支鐵釘各放入試管，一支試管加入一半的水，另一支不加水

84. ()小華要證明「氧氣會使鐵釘生鏽」，下面哪個實驗可以證明他的想法？

- 1)兩支鐵釘各放入試管，一支試管加入水，另一支試管只加入氧氣後以保鮮膜封住管口
- 2)兩支鐵釘各放入試管，一支試管把水加滿，另一支試管水只加一半後用保鮮膜封住管口
- 3)兩支鐵釘各放入試管，一支試管加入水並添加氧氣，另一支試管只加入水後用保鮮膜封住管口
- 4)兩支鐵釘各放入試管，一支加入水，另一支不加水，用保鮮膜封住管口

85. ()以下是小英做鐵釘生鏽的記錄，每一組除了 20 支鐵釘外還加上其它物質

組別	生鏽的鐵釘數目	沒生鏽的鐵釘數目
第一組：加入空氣和水	18 支	2 支
第二組：只加入水	13 支	7 支
第三組：只加入空氣	4 支	16 支
第四組：只加入二氧化碳	0 支	20 支

實驗結果表示二氧化碳

- 1)會使鐵釘生鏽
- 2)不會使鐵釘生鏽
- 3)和鐵釘生不生鏽無關
- 4)有時會使鐵釘生鏽，有時不會

86. () (接上題)我的理由是因為...

- 1)二氧化碳不會和鐵釘產生作用
- 2)實驗數據中第四組的鐵釘都不生鏽
- 3)實驗只做一次，不見得準確
- 4)因為整個實驗結果中，都有生鏽和不生鏽的鐵釘

87. () (接上題)比較第一組和第三組的結果，可以發現...

- 1)水對生鏽的影響不重要
- 2)水會生鏽的影響很重要
- 3)空氣對生鏽的影響不重要
- 4)空氣對生鏽的影響很重要

88. () (接上題)因為...

- 1)不管有沒有加水，鐵釘都會生鏽
- 2)加入水後，鐵釘生鏽的數目增加了很多
- 3)第二組「只加水」讓鐵釘生鏽的數目比第三組「只加空氣」生鏽數目多
- 4)兩組都加上了空氣，代表它很重要

89. () 下列何者方式可以防止生鏽？
- 1) 隔絕空氣
 - 2) 泡在水中
 - 3) 隔絕光線
 - 4) 降低溫度
90. () 在鐵門上擦油漆，主要是利用哪種原理來防鏽？
- 1) 隔絕空氣
 - 2) 隔絕黴菌
 - 3) 隔絕光線
 - 4) 降低溫度
91. () 平常我們用沾了油的布來擦拭保養腳踏車，是利用哪種原理來防鏽？
- 1) 隔絕水分
 - 2) 隔絕黴菌
 - 3) 隔絕光線
 - 4) 降低溫度
92. () 爲什麼在我們食用的罐頭表面，要鍍上一層金屬(錫)？
- 1) 爲了增加美觀
 - 2) 爲了防止生鏽
 - 3) 爲了增添食物風味
 - 4) 爲了節省材料
93. () 下列敘述哪一個是鐵罐表面鍍上金屬(錫)的防鏽原理？
- 1) 被鍍上的金屬(錫)本身會氧化，緊緊包住內層的鐵罐不讓空氣接觸
 - 2) 被鍍上的金屬(錫)會吸收水分，內層的鐵罐就不會生鏽了
 - 3) 鐵罐只要不接觸到光線，就不會生鏽了
 - 4) 鐵罐上的金屬(錫)會把鐵鏽重新還原成原來的樣子
94. () 請問不鏽鋼防鏽的原理是...
- 1) 在鐵裡混合其它的金屬，這些金屬會先氧化包住鐵不讓鐵生鏽
 - 2) 在鐵裡混合其它的金屬，這些金屬吸收了鐵裡的水分，鐵就不會生鏽了
 - 3) 在鐵裡混合其它的金屬，這些金屬不易氧化，鐵就跟著不生鏽了
 - 4) 鋼和鐵是兩種不同的金屬，和鐵生鏽無關
95. () 爲什麼我們要防止生鏽？
- 1) 生鏽會造成很大的經濟損失
 - 2) 生鏽可能會造成重大的意外
 - 3) 生鏽會破壞物品的外觀
 - 4) 以上皆是
96. () 只要我們隔絕空氣中的何種成分就可以防止生鏽
- 1) 氧氣
 - 2) 二氧化碳

3)氮氣

4)酸雨

附錄四

國小「燃燒」單元

主題相依測驗


修訂第一版



各位同學：本試題有 40 題選擇題，每一題都有 2 個小題，主要是測驗同學對於「燃燒」的了解，雖然有些觀念同學不一定很熟悉，但是請同學能夠用心從選項中找到最接近你心中想法的答案來回答。在老師還沒有提示可以作答前，請勿翻開題目卷提前作答。

班級：

座號：

1. () 中秋節烤肉時，我們可以準備什麼材料來升火？
- 1) 石塊
 - 2) 鐵塊
 - 3) 木炭
 - 4) 玻璃
- () 它是屬於燃燒所需條件中的
- 1) 要有可燃物
 - 2) 要有助燃物
 - 3) 要提高溫度達到燃點
 - 4) 以上皆是
2. () 準備了上一題所需的材料之後，要怎樣才能使材料燃燒呢？
- 1) 點火
 - 2) 日曬
 - 3) 泡水
 - 4) 風吹
- () 這個方法是屬於燃燒所需條件中的
- 1) 要有可燃物
 - 2) 要有助燃物
 - 3) 要提高溫度達到燃點
 - 4) 以上皆是
- 
3. () 材料終於開始燃燒了，要怎麼做才能使燃燒更旺盛呢？
- 1) 再點火
 - 2) 拿扇子搨風
 - 3) 拿水潑
 - 4) 什麼都不必做
- () 這個方法是屬於燃燒所需條件中的
- 1) 要有可燃物
 - 2) 要有助燃物
 - 3) 要提高溫度達到燃點
 - 4) 以上皆是
4. () 打火機是如何點燃蠟燭的？
- 1) 火焰從打火機跑到蠟燭上去，因此點燃了蠟燭
 - 2) 打火機的火焰的溫度很高，提高了蠟油的溫度而到達燃燒的界線
 - 3) 打火機油受到熱揮發成氣體，碰到了蠟燭使蠟燭燃燒

- 4)火焰會相互吸引，點燃的打火機把火焰從蠟燭中吸引出來而產生燃燒
- ()你的理由中，打火機的功能和下列哪一個最接近？
- 1)要有可燃物
 - 2)要有助燃物
 - 3)要提高溫度達到燃點
 - 4)以上皆是
5. ()你覺得下列對「燃料」的說明何者正確
- 1)都是固體
 - 2)都是液體
 - 3)都是氣體
 - 4)可以是固體、液體或氣體
- ()我的理由是因為
- 1)只有固體才有實際的東西可以提供燃燒，液體會使火熄滅
 - 2)只有液體才容易燃燒，氣體不易收集也無法點燃
 - 3)只有氣體才能燃燒，液體會使火熄滅
 - 4)不管是固體、液體或氣體，都可能產生燃燒現象
6. ()燃燒時對可燃物溫度的影響是
- 1)溫度會提高
 - 2)溫度會下降
 - 3)溫度不變
 - 4)有時候上升，有時候下降
- ()我的理由是因為
- 1)燃燒時直接從可燃物中釋放出大量的熱量
 - 2)燃燒時可燃物和氧氣作用，釋放大量的熱量
 - 3)燃燒時可燃物會吸收大量的熱量
 - 4)燃燒時可燃物、氧氣都和熱量無關
7. ()我們對燃燒中的蠟燭用力吹一口氣，蠟燭會產生什麼現象呢？
- 1)蠟燭燃燒更旺盛
 - 2)蠟燭會熄滅
 - 3)對蠟燭燃燒沒有影響
 - 4)以上皆非
- ()我的理由是因為
- 1)吹氣可以提供更多的氧氣
 - 2)吹氣會產生二氧化碳包圍火焰
 - 3)吹氣會使蠟的蒸氣飛散中斷



4)吹氣會使火焰溫度下降

8. ()我們對燃燒中的木炭用力吹一口氣，木炭會產生什麼現象呢？

- 1)木炭燃燒更旺盛
- 2)木炭熄滅
- 3)對木炭燃燒沒什麼影響
- 4)燃燒的木炭會還原

()我的理由是因為

- 1)吹氣可以提供更多的氧氣
- 2)吹氣會產生二氧化碳包圍火焰
- 3)吹氣會使木炭中可燃物的蒸氣飛散中斷
- 4)吹氣會使火焰溫度下降

9. ()如果在戶外不小心打翻汽油，造成火災燃燒應該用哪種方式滅火？

- 1)灑水
- 2)使用二氧化碳滅火器
- 3)使用泡沫滅火器
- 4)以上皆可

()我的理由是因為

- 1)水可以滅火，包括各種火災情形
- 2)二氧化碳可適用各種情況及場所
- 3)使用泡沫滅火不會使汽油流動，也不會被風吹散
- 4)三種滅火方式都適合用來滅火，沒什麼差別

10. ()炸雞的油鍋溫度太高而著火了，哪種方式可以滅火

- 1)蓋上鍋蓋
- 2)灑水
- 3)關閉瓦斯開關
- 4)把油倒掉

()我的理由是因為

- 1)蓋上鍋蓋可以隔絕空氣滅火
- 2)灑水可以降低溫度滅火
- 3)把瓦斯關掉，鍋底沒有火，鍋內自然就沒有火了
- 4)把油倒掉，沒有可燃物，火就熄滅了

11. ()我們用燒杯蓋住燃燒中的蠟燭，結果會...

- 1)蠟燭燃燒更旺盛
- 2)蠟燭保持原來的燃燒情況

- 3)蠟燭會熄滅
4)蠟燭火焰忽明忽滅
- ()我的理由是因為
- 1)燒杯把隔熱量保持在燒杯中，高溫會使蠟燭燃燒的更旺盛
 - 2)用燒杯蓋住後，蠟燭就不會被外面的風吹熄了
 - 3)燒杯內有許多空氣，可以讓蠟燭一直繼續燃燒下去
 - 4)燒杯把二氧化碳保留在杯中，火焰被二氧化碳包圍就熄滅了
12. ()把長短兩支燃燒中的蠟燭放在密閉的玻璃罐中，請預測實驗的結果：
- 1)兩支蠟燭燃燒得更旺盛
 - 2)長的蠟燭會先熄滅
 - 3)短的蠟燭會先熄滅
 - 4)兩支蠟燭會同時熄滅
- ()我的理由是因為
- 1)蠟燭不會被外面的風吹熄
 - 2)熱空氣會上升累積在玻璃罐上方
 - 3)二氧化碳因為比空氣重而下沉累積在玻璃罐下方
 - 4)兩支蠟燭共用同一個玻璃罐中的空氣
13. ()自然環境的水中含有氧氣嗎？
- 1)有
 - 2)沒有
 - 3)淡水中，海水中沒有
 - 4)海水中，淡水中沒有
- ()我的理由是因為
- 1)氧氣可以稍微溶解在水中
 - 2)氧氣不會溶解在水中
 - 3)海水中已經溶解了很多鹽分了，氧氣就無法再溶解
 - 4)淡水被污染了，所以沒有氧氣
14. ()把一支點燃的香加入氧氣中，結果這支香應該會
- 1)熄滅
 - 2)正常燃燒
 - 3)劇烈燃燒
 - 4)忽明忽滅
- ()我的理由是因為
- 1)氧氣可以滅火
 - 2)氧氣對燃燒沒什麼影響

- 3)氧氣可以幫助燃燒
4)氧氣本身就可以燃燒
15. ()把氧氣灌入氣球中，氣球應該會...
- 1)上升
 - 2)下降
 - 3)停留在半空中
 - 4)不一定
- ()我的理由是因為
- 1)氣體沒有重量
 - 2)氧氣比空氣輕
 - 3)氧氣比空氣重
 - 4)氧氣和空氣一樣重
16. ()水草行光合作用時，會釋放出氣體嗎？
- 1)會，釋放出氧氣
 - 2)會，釋放出二氧化碳
 - 3)不會釋放出氣體
 - 4)看情況
- ()我的理由是
- 1)植物行光合作用都會釋放出二氧化碳
 - 2)植物行光合作用都會釋放出氧氣
 - 3)水中植物行光合作用時，無法接觸到空氣所以不會釋放出氣體
 - 4)水中植物行光合作用釋放的氣體完全溶解在水中了，所以無法看到
17. ()製造氧氣時，是否可以在水中收集？
- 1)可以
 - 2)不可以
 - 3)不一定
 - 4)看設備好壞
- ()我的理由是因為
- 1)氧氣完全不會溶解在水中
 - 2)氧氣只會稍微溶解在水中
 - 3)氧氣很容易溶解在水中
 - 4)有時候氧氣會溶解在水中，有時不會
18. ()把氧氣加入水中，水的酸鹼性會有什麼改變？
- 1)變成酸性

- 2)變成鹼性
- 3)維持中性
- 4)不一定
- ()我的理由是因為
 - 1)和氧氣結合後，任何物質都變成酸性
 - 2)和氧氣結合後，任何物質都變成鹼性
 - 3)氧氣有時是酸性，有時是鹼性
 - 4)氧氣只會稍微溶解在水中，對酸鹼影響不大

- 19. ()氧氣和空氣之間的關係是
 - 1)氧氣其實就是空氣
 - 2)氧氣只是空氣成分中的一種
 - 3)氧氣和空氣完全沒有關係
 - 4)只要是氣體都是空氣

()我的理由是因為

 - 1)氧氣和空氣都能幫助燃燒
 - 2)空氣是由各種氣體混合組成的混合物
 - 3)氧氣和空氣助燃的效果不一樣
 - 4)各種氣體的性質和空氣沒有什麼差別

- 20. ()在焊接及切割鋼鐵時所用的工具，必須要另外提供哪種氣體才能發生作用？
 - 1)普通空氣
 - 2)氧氣
 - 3)二氧化碳
 - 4)水蒸氣

()我的理由是因為

 - 1)普通空氣就可以產生燃燒的現象
 - 2)氧氣可以使燃燒更旺盛，產生更高的溫度
 - 3)二氧化碳可以使燃燒更旺盛
 - 4)水蒸氣可以幫助燃燒

- 21. ()製造氧氣時，雙氧水的濃度應該如何配製？
 - 1)使用純雙氧水
 - 2)使用高濃度雙氧水
 - 3)使用低濃度雙氧水
 - 4)任何濃度都可以

()我的理由是因為

- 1)純的雙氧水產生氧氣才不會含有雜質，但是價格會比較高
- 2)高濃度的雙氧水反應比較快速，產生的氧氣比較多
- 3)雙氧水是危險的化學藥品，低濃度的雙氧水比較安全
- 4)只要有雙氧水的成分，能夠產生氧氣就可以了

22. ()製作氧氣放入橘子皮時應該選用哪一種可讓氧氣產生得更快速？

- 1)新鮮切成小塊的橘子皮
- 2)新鮮大塊的橘子皮
- 3)乾燥的橘子皮
- 4)混合各種種類的橘子皮

()我的理由是因為

- 1)新鮮而且大塊的橘子皮中含有較多的有效成分
- 2)新鮮的橘子皮中含有較多的有效成分，切成小塊可以和雙氧水充分混合
- 3)乾燥的橘子皮中有效的成分已經先濃縮了，可以讓氧氣更快產生
- 4)各種橘子皮各有優點，所以每一種都加一些

23. ()自然環境的水中含有二氧化碳嗎？

- 1)有
- 2)沒有
- 3)被污染的水中才有
- 4)乾淨的水中才有

()我的理由是

- 1)空氣中的二氧化碳會溶解在水中
- 2)水中不會溶解氣體
- 3)二氧化碳是空氣污染的成分，只有被污染的水中才有
- 4)乾淨的水中才有生物生存，水中生物呼吸才會釋放二氧化碳到水中



24. ()把一支點燃的香加入二氧化碳氣體中，結果應該會

- 1)熄滅
- 2)正常燃燒
- 3)劇烈燃燒
- 4)忽明忽滅

()我的理由是因為

- 1)二氧化碳無法幫助燃燒
- 2)二氧化碳對燃燒沒什麼影響
- 3)二氧化碳可以幫助燃燒
- 4)二氧化碳本身就可以燃燒

25. ()把二氧化碳灌入氣球中，氣球應該會...
- 1)上升
 - 2)下降
 - 3)停留在半空中
 - 4)不一定
- ()我的理由是因為
- 1)氣體沒有重量
 - 2)二氧化碳比空氣輕
 - 3)二氧化碳比空氣重
 - 4)二氧化碳和空氣一樣重
26. ()把二氧化碳加入水中，水的酸鹼性會有什麼改變？
- 1)變成鹼性
 - 2)變成酸性
 - 3)維持中性
 - 4)不一定
- ()我的理由是因為
- 1)二氧化碳本身就是酸性
 - 2)二氧化碳本身就是鹼性
 - 3)水和二氧化碳結合後會形成碳酸，使溶液變成酸性
 - 4)二氧化碳不會溶解在水中，所以水維持中性
27. ()乾冰加到水中，會產生什麼現象
- 1)乾冰會靜靜溶解在水中
 - 2)乾冰會產生氣泡
 - 3)乾冰會消失不見
 - 4)乾冰會燃燒起來
- ()我的理由是因為
- 1)固體的乾冰加入水中就會溶解
 - 2)乾冰受熱會直接變成二氧化碳氣體
 - 3)乾冰加到水中就會被水吸收掉
 - 4)乾冰加到水中受到熱就會直接燃燒起來
28. ()兩支試管中分別加入氧氣和二氧化碳，開口朝下倒插入水中，會產生什麼現象
- 1)兩支試管維持原狀
 - 2)裝二氧化碳的試管水面上升，裝氧氣的水面不變
 - 3)裝氧氣的試管水面上升，裝二氧化碳的水面不變

- 4)兩支試管水面都上升，裝二氧化碳的試管水面上升的快
- ()我的理由是因為
- 1)氣體不會溶解在水中，所以水面不上升
 - 2)二氧化碳會溶解在水中，氧氣不會溶解在水中
 - 3)二氧化碳不會溶解在水中，氧氣會溶解在水中
 - 4)二氧化碳和氧氣都會溶解在水中，二氧化碳溶解的比較快

29. ()我們用塑膠袋收集汽水的氣泡，把它擠到燃燒中的蠟燭周圍，蠟燭有什麼現象

- 1)燃燒的更旺盛
 - 2)火焰逐漸變小，最後會熄滅
 - 3)對火焰沒有影響
 - 4)不一定，有時繼續燃燒，有時熄滅
- ()我的理由是因為
- 1)把任何氣體加到火焰周圍都可以幫助燃燒
 - 2)收集到的氣體可以幫助燃燒
 - 3)收集到的氣體不能幫助燃燒
 - 4)燃燒和氣體沒什麼關係

30. ()為了幫助水族箱中的水草生長，我們會另外在水中加入哪種氣體？

- 1)氧氣
 - 2)二氧化碳
 - 3)氮氣
 - 4)臭氧
- ()我的理由是因為：
- 1)水生植物需要大量補充這種氣體才能呼吸，否則會死亡
 - 2)補充這種氣體可讓水生植物進行重要的光合作用反應
 - 3)水生植物生長需要這種氣體當作肥料才能生長
 - 4)水生植物需要這種氣體殺菌才能防止生病

31. ()收集蠟燭燃燒後產生的氣體，加入澄清石灰水後結果會產生什麼現象？

- 1)澄清石灰水產生氣泡
 - 2)澄清石灰水變混濁
 - 3)澄清石灰水變熱沸騰
 - 4)澄清石灰水沒有變化
- ()我的理由是因為：
- 1)燃燒會產生氧氣，氧氣和澄清石灰水混合會發生上述現象
 - 2)燃燒會產生二氧化碳，二氧化碳和澄清石灰水混合會發生上述現象

- 3)燃燒產生的氣體已經作用完畢，不會再起任何化學作用了
- 4)燃燒產生的氣體蘊含大量的熱量，一接觸到石灰水就會釋放出來

32. ()想一想當我們用瓦斯爐燒開水，瓦斯燃燒後變成什麼？

- 1)瓦斯完全燃燒不剩任何殘餘物，全部轉成爲熱量
- 2)變成氧氣
- 3)變成二氧化碳
- 4)還是瓦斯

()我的理由是因爲

- 1)瓦斯燃燒後，並沒有任何灰燼遺留下來
- 2)物質燃燒時都需要氧氣，燃燒過後則會把氧氣重新還原回空氣中
- 3)因爲瓦斯的成分和氧氣作用後，會產生二氧化碳和水蒸氣
- 4)瓦斯燃燒時還是聞得到瓦斯的臭味，所以瓦斯並沒有改變

33. ()是不是每一種金屬都會生鏽呢？

- 1)是
- 2)不是
- 3)不一定
- 4)人爲加工過的就不會

()我的理由是因爲

- 1)只要經過一段長時間，所有的金屬都會生鏽
- 2)有水分的地方金屬就會生鏽
- 3)金屬之中只有鐵會生鏽，其他金屬則不會
- 4)某些金屬不會和氧產生作用



34. ()你認爲鋁會生鏽嗎？

- 1)會
- 2)不會
- 3)不一定
- 4)人爲加工過的就不會

()我的理由是因爲

- 1)凡是金屬，都會生鏽
- 2)鋁是一種礦物，所有的礦物都會生鏽
- 3)鋁會和氧氣發生作用而生鏽
- 4)因爲鋁不是金屬

35. ()你認爲黃金是否會生鏽？

- 1)會

- 2)不會
 - 3)有時會，有時不會
 - 4)人工處理過後的就不會
- ()我的理由是因為
- 1)只要是金屬就會生鏽
 - 2)黃金是一種礦物，所有的礦物會生鏽
 - 3)黃金已經經過工廠加工過
 - 4)黃金的性質很穩定，不會和氧氣發生作用
36. ()你認為銅和鐵哪一個生鏽快？
- 1)銅
 - 2)鐵
 - 3)一樣快
 - 4)不一定
- ()我的理由是因為
- 1)銅的重量比較重
 - 2)銅比較容易和氧氣產生作用
 - 3)鐵比較容易和氧氣產生作用
 - 4)只要是金屬都會生鏽，生鏽的情形也相同
37. ()把「潮濕的鐵釘」放在純氧的瓶中，或有空氣的瓶中，何者較易生鏽？
- 1)在純氧的瓶中生鏽快
 - 2)在空氣的瓶中生鏽快
 - 3)兩個一樣快
 - 4)不一定
- ()我的理由是因為
- 1)生鏽是和氧氣產生作用，氧氣越多作用越快
 - 2)空氣中有很多種成分都會加速生鏽的速度
 - 3)生鏽最主要是和水作用，和氧氣沒什麼關係
 - 4)空氣和氧氣其實是同一種物質
38. ()一艘在海上航行的船，它的船身哪一部份生鏽會比較快？
- 1)海浪打不到的部分
 - 2)海浪可以打到的部分
 - 3)泡在海面之下的部分
 - 4)每個部分都一樣
- ()我的理由是因為

- 1)海水含有鹽分，一直泡在海水中的部分常接觸鹽分和水分，很快就生鏽
- 2)海水含有鹽分，海浪打不到的部分就無法受到鹽分的保護
- 3)海浪可以打到的部分也會和空氣接觸，水和空氣同時作用很快就會生鏽
- 4)船身生鏽只是時間問題，時間到了都會生鏽
39. ()把「潮濕鐵釘」放在真空中一段時間會如何？
- 1)會生鏽
 - 2)不會生鏽
 - 3)有的會生鏽，有的不會
 - 4)要很長的時間才會生鏽
- ()我的理由是因為
- 1)只要經過一段很長的時間，鐵一定會生鏽
 - 2)鐵釘泡過水就會生鏽
 - 3)真空中缺少氧氣，它不會生鏽
 - 4)鐵釘生鏽是靠機會決定
40. ()鐵釘生鏽後的重量變化如何？
- 1)變重
 - 2)變輕
 - 3)不變
 - 4)不一定
- ()我的理由是因為
- 1)鐵釘多了一層從空氣中得到的鏽
 - 2)鐵釘增加了水和氧氣的重量
 - 3)鐵釘生鏽後會逐漸變得鬆散
 - 4)生鏽後還是原來的鐵釘，只是顏色改變而已
41. ()金屬生鏽後，和原來的金屬性質是否相同？
- 1)和原來的金屬一樣，沒有改變
 - 2)和原來的金屬完全不同
 - 3)不同的金屬有不同的結果，有的種類生鏽後還是相同，有的則不同
- ()我的理由是因為
- 1)生鏽的金屬，種類並沒有改變，還是屬於原來的金屬
 - 2)生鏽的金屬，它的顏色和質地都和原來的金屬不一樣
 - 3)不同的金屬，生鏽的情況和程度各不相同
 - 4)有些金屬不會生鏽



科學推理測驗



給同學的建議：

這份試卷主要是測驗你應用科學和數學的推理方式，做出預測及解決問題的能力，請在答案卷上選出最適當的答案，如果題目有不懂的地方，請舉手向監考老師發問。

在監考老師要求你開始作答之前，請勿翻閱試卷

班級：

座號：

選擇題：

() 1. 假如桌上有兩塊大小相同、形狀相同、重量也相同的黏土球，現在你將其中一塊黏土壓平成碟子的形狀，以下的敘述何者正確？

- 1). 壓平成碟子的黏土比另一塊球狀的黏土還要重。
- 2). 這兩塊黏土一樣重。
- 3). 球狀的黏土比壓平成碟子的黏土還要重。

() 2. 因為

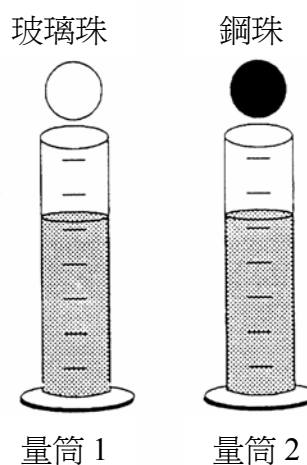
- 1). 壓平的黏土有比較大的面積。
- 2). 球狀的黏土只有一個點接觸到桌上，重量向下推力較大。
- 3). 物體被壓平後，重量就會減少。
- 4). 黏土並沒有增加或減少。
- 5). 物體被壓平後，重量就會增加。

() 3. 右下圖畫了兩個大小和形狀都一樣的量筒，裝了一樣高的水。有兩個彈珠，一個是玻璃珠，另一個是鋼珠。這兩個彈珠的大小相同，但是鋼珠的重量比玻璃珠重。把玻璃珠放入第一個量筒，筒中的水上升至第 6 個刻度。假如我們將鋼珠放入第二個量筒，筒中的水將會

- 1). 升高到和第一個量筒水面相同的高度
- 2). 升高到比第一個量筒水面還高的高度
- 3). 升高到比第一個量筒水面還低的高度

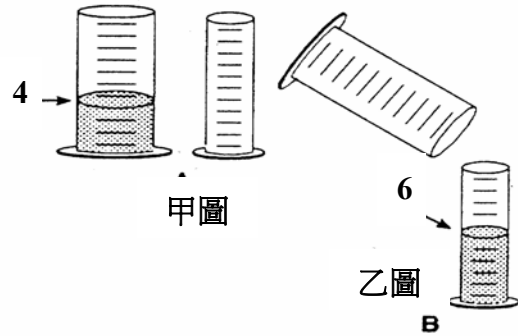
() 4. 因為

- 1). 鋼珠下沉較快
- 2). 兩個彈珠的材質不同
- 3). 鋼珠比玻璃珠還要重
- 4). 玻璃珠造成的壓力較小
- 5). 兩個彈珠的大小相同



- ()5.右下圖畫了兩個量筒，一個管徑較粗，另一個較細。兩個量筒上的刻度距離都相同。把水倒入粗的量筒，水的高度上升到第四個刻度(甲圖)。把水從粗的量筒倒入細的量筒中時，水的高度上升到第六個刻度(乙圖)。把水倒掉再做一次，這次水倒入粗的量筒時，水的高度上升到第 6 個刻度。把水從粗的量筒倒入細的量筒時，水的高度會上升到

- 1).大約第 8 格刻度
- 2).大約第 9 格刻度
- 3).大約第 10 格刻度
- 4).大約第 12 格刻度
- 5).以上皆非



- ()6.因爲

- 1).無法從題目中的資料算出答案
- 2).粗量筒上升 2 格高度，所以細量筒也會上升 2 格高度
- 3).粗量筒每上升 2 格高度的水量，可使細量筒的水量上升 3 格
- 4).第二個量筒的管徑比第一個量筒細
- 5).必須要實際倒水操作才能由觀察得到結果

- ()7.把水加到細的量筒(如第 5 題)到第 11 格刻度，再把水倒回粗的量筒時，水會上升到

- 1).大約第 7.5 格刻度
- 2).大約第 9 格刻度
- 3).大約第 8 格刻度
- 4).大約第 $7\frac{1}{3}$ 格刻度
- 5).以上皆非

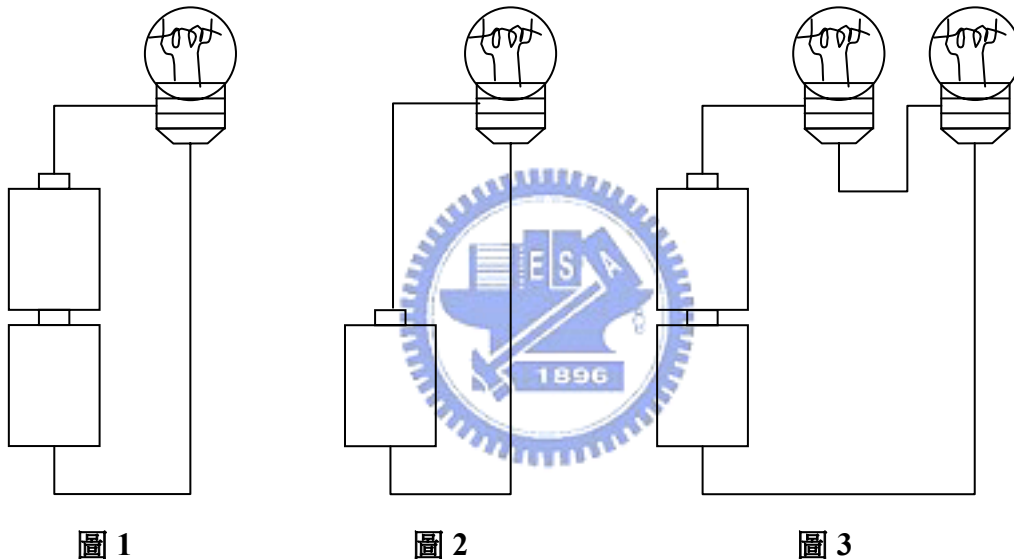
- ()8.因爲

- 1).比例不變
- 2).我們必須要實際倒水並觀察，才能找到答案
- 3).題目所給的資料不夠，無法找到答案
- 4).因爲剛才(第 5 題)粗、細量筒水面高度差兩格，所以現在也會差兩格

5).每次從粗的量筒減去 2 格的水，會相當於細的量筒 3 格的水量

- ()9.下圖有三個電路，圖 1 和圖 2 的電路上都有 1 個燈泡，圖 3 的電路上有 2 個串聯的燈泡。圖 2 的電路上只有 1 個電池，圖 1 和圖 3 的電路上有 2 個串聯的電池。你想要研究「電池的數目對燈泡發光的影響」，請問你要使用哪個(些)電路來研究？

- 1).只要任意拿其中一個電路即可
- 2).所有三個圖(圖 1、圖 2、圖 3)的電路都必須要使用
- 3).要使用圖 2 和圖 3 兩個電路
- 4).要使用圖 1 和圖 3 兩個電路
- 5).要使用圖 1 和圖 2 兩個電路



- ()10.因為

- 1).必須要使用到電池最多的電路
- 2).必須要把「不同電池數目」和「不同燈泡數目」造成的影響同時做比較
- 3).只有電池數目不同，其它條件都相同
- 4).必須把所有的可能性都做比較
- 5).燈泡數目不同

()11.小明種杜鵑花，他想要研究在土中加入「雞糞」或加入「蛇木屑」可以讓杜鵑花開花。於是他把杜鵑花分成四組，每組 20 棵，分別實驗。

最後他整理結果如下表：

組別	開花的杜鵑花數	沒開花的杜鵑花數
第一組：只加入雞糞	18 棵	2 棵
第二組：只加入蛇木屑	11 棵	9 棵
第三組：同時加入雞糞及蛇木屑	19 棵	1 棵
第四組：雞糞和蛇木屑都不加	10 棵	10 棵

從這個實驗結果看起來…

- 1). 會影響開花的因素可能是**雞糞**，不是蛇木屑
- 2). 會影響開花的因素可能是**蛇木屑**，不是雞糞
- 3). 雞糞和蛇木屑可能**都會**影響開花
- 4). 雞糞和蛇木屑可能**都不會**影響開花

()12.因為

- 1). 第三組中大部份的杜鵑花都開花了，而第二組開花的比例則很平均
- 2). 從第一組和第三組的結果來看，大部分的杜鵑都開花了
- 3). 杜鵑花要開花需要雞糞中所含的養分，蛇木屑養分含量不高
- 4). 加入雞糞或蛇木屑的杜鵑花，開花的比例都很高
- 5). 不管加不加雞糞或蛇木屑，杜鵑都會開花

()13.不久之後，小明種了桂花，他又想要研究在土中加入雞糞或加入豆渣對桂花開花的影響，於是他把桂花分成四組，每組 20 棵，分別實驗。

最後他整理結果如下表：

組別	開花的桂花數	沒開花的桂花數
第一組：只加入雞糞	19 棵	1 棵
第二組：只加入豆渣	18 棵	2 棵
第三組：同時加入雞糞及豆渣	18 棵	2 棵
第四組：雞糞和豆渣都不加	10 棵	10 棵

這個結果顯示

- 1). 會影響開花的因素可能是**雞糞**，不是豆渣
- 2). 會影響開花的因素可能是**豆渣**，不是雞糞
- 3). 雞糞和豆渣可能**都會**影響開花

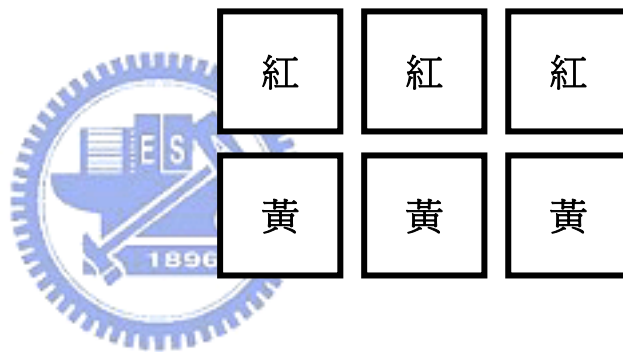
4). 雞糞和豆渣可能**都不會**影響開花

()14.因為

- 1). 不管加不加雞糞或豆渣，桂花都會開花
- 2). 桂花要開花需要雞糞中所含的養分，豆渣的養分含量也很高
- 3). 第四組開花的比例很平均，第三組大部分的桂花都開花了
- 4). 第一組只加雞糞、第二組只加豆渣、第三組同時加入，開花比例都很高。
- 5). 第二組只加豆渣、第三組同時加入雞糞及豆渣，開花比例都很高。

()15.有 6 個木塊，大小和形狀都相同，但其中 3 個木塊是紅色的，另外 3 個木塊是黃色的。把木塊放在袋中，並均勻混合。某人從袋中拿出一個木塊，拿到紅色木塊的機會有多大呢？

- 1). $\frac{1}{6}$
- 2). $\frac{1}{3}$
- 3). $\frac{1}{2}$
- 4). $\frac{1}{1}$
- 5). 無法決定

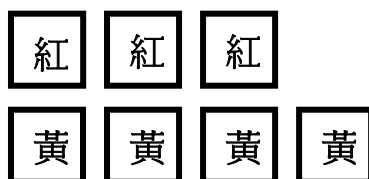


()16.因為

- 1). 6 個木塊中有 3 個是紅的
- 2). 我們無法分辨將會拿到哪一個木塊
- 3). 袋子中只能從 6 個木塊中挑出 1 個
- 4). 所有 6 個木塊的大小和形狀都一樣
- 5). 3 個紅色木塊中，只有 1 個能夠被拿出來

()17.把 3 個紅色木塊、4 個黃色木塊、5 個藍色木塊放入袋子中，再把 4 個紅球、2 個黃球、3 個藍球也放入袋子。充分混合後，某人隨意從袋子中拿出 1 個物品，請問拿到紅球或藍球的機會有多大呢？

- 1). 無法決定
- 2). $\frac{1}{3}$
- 3). $\frac{1}{21}$



4). $\frac{15}{21}$

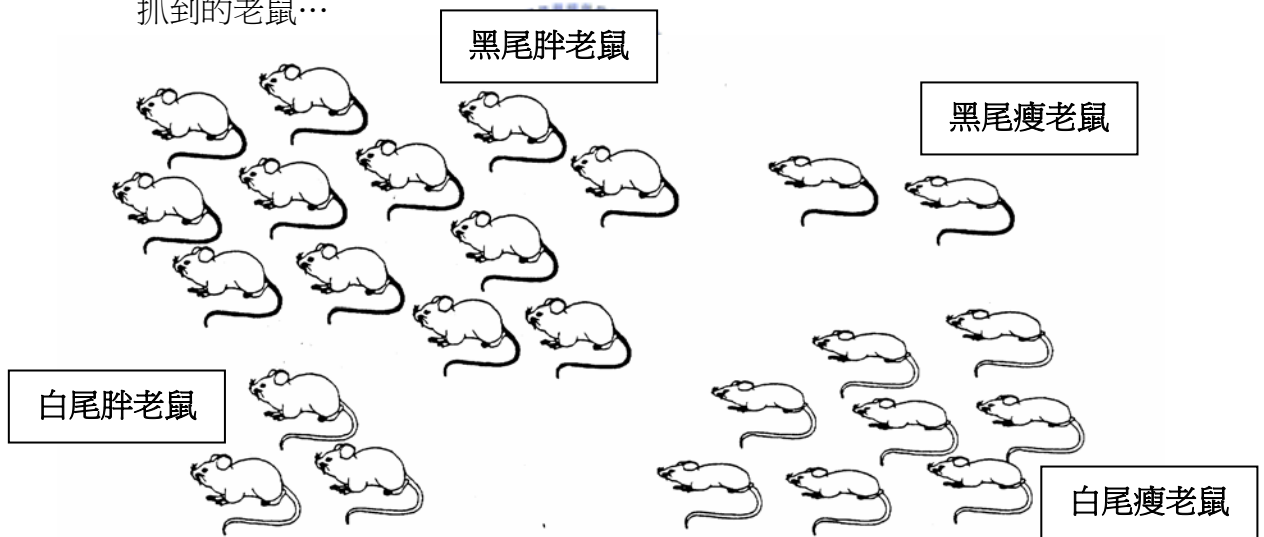
5). $\frac{1}{2}$



()18.因爲

- 1). 袋子內的所有物品中，有 $\frac{1}{2}$ 是球形的
- 2). 21 個物品之中有 15 個是紅色或黃色的
- 3). 無法分辨將會拿到哪一個木塊
- 4). 全部 21 個物品中，只有 1 個能夠被拿出來
- 5). 每 3 個物品中，就有 1 個是紅球或藍球

()19.王老先生觀察到有很多老鼠在他的田裡生活著，他發現所這些老鼠如果不是很胖就是很瘦，他又發現牠們的尾巴如果不是黑色的，就是白色的。這個結果使他猜測，老鼠的胖瘦和尾巴的顏色之間有某種關係。於是他便把田裡的老鼠都抓來，並觀察牠們的胖瘦和尾巴顏色。以下就是他所抓到的老鼠…



你認為老鼠的胖瘦和尾巴的顏色是否存在某種特定的關係呢？

- 1). 是的，老鼠的胖瘦和尾巴顏色之間有某種關係
- 2). 不，老鼠的胖瘦和尾巴顏色之間沒有任何關係
- 3). 不能做出合理的猜測

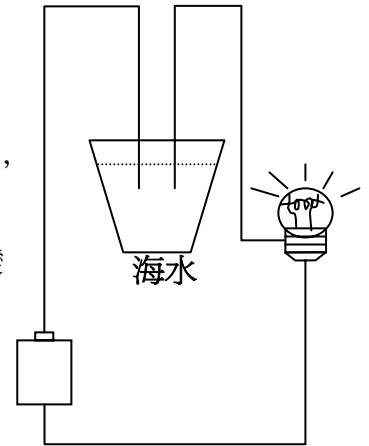
()20.因爲

- 1). 因爲各種外型的老鼠都存在。

- 2). 可能老鼠的胖瘦和尾巴之間，存在著某種遺傳的關係
- 3). 抓到老鼠的數量不夠多
- 4). 大部分胖老鼠的尾巴是黑的，同樣的大部分瘦老鼠的尾巴是白的
- 5). 當老鼠長胖時，牠們的尾巴就變成黑色的

() 21. 小華拿了一杯海水，利用電池、小燈泡、電線和這杯海水組成電路(如下圖)，發現燈泡會發光。小華思考之後提出了一個解釋：「海水中溶解了很多鹽分，就是這些鹽分幫助海水導電」。下列哪個實驗方法可以證明小華的想法？

- 1). 利用儀器把海水中的鹽分去除，而且海水無法再導電
- 2). 如果鹽分可以幫助海水導電，那就再多加一些鹽分到海水中，觀察整個電路導電的結果
- 3). 在電路中再多加兩個電池，觀察整個電路導電情形是否改變
- 4). 在海水中加入其它物質(例如糖)，看看有沒有辦法繼續導電
- 5). 重新做一次海水導電的實驗，確實控制每一個可能的變因，仔細的觀察整個電路導電的結果



() 22. 做了實驗之後，下列哪個結果能夠證明小華原先的解釋可能是錯的？

- 1). 海水仍然可以導電。
- 2). 海水變得不能導電了。
- 3). 小燈泡變得更亮了。
- 4). 小燈泡變得更暗了。

() 23. 小英餵魚時發現，家中的金魚特別愛吃她新買的紅色顆粒飼料，她推想之後，覺得有二個可能的原因…

原因 1：魚對「紅色」非常敏感，所以一看到紅色的飼料便馬上游過來。

原因 2：魚飼料中，加了味道比較濃的原料，魚嗅到味道便馬上游過來。

他把紅色的 BB 彈放到魚缸中，觀察金魚的反應。下列哪個實驗的結果可以證明原因 1 是錯的？

- 1). 魚被紅色 BB 彈吸引而游過來
- 2). 魚對紅色 BB 彈不理不睬，沒有反應
- 3). 魚對紅色 BB 彈有時有興趣，有時沒有反應

()24. 下列哪個實驗的結果可以證明原因 2 是錯的？

- 1). 魚被紅色 BB 彈吸引而游過來
- 2). 魚對紅色 BB 彈不理不睬，沒有反應
- 3). 魚對紅色 BB 彈有時有興趣，有時沒有反應



附錄六、教學活動設計

事件	流程
<p>1 燃燒現象</p> <p>1-1 燃燒的條件 燃燒的三個要件，要有可燃物、助燃物以及溫度須達到燃點</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>多重選擇題：請問要產生燃燒的現象需要符合哪些條件？ (答案可能不只一個)</p> <p><input type="checkbox"/>1.需要可供燃燒的可燃物(如紙、酒精、瓦斯) 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.需要能幫助燃燒的空氣 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.需要先達到足夠高的溫度 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>4.其它_____ 你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動</p> <p>漏答答案 1：(表示概念的缺乏) 影片：紙、酒精燈、瓦斯爐燃燒</p> <p>漏答答案 2： 影片：用燒杯蓋住燃燒中的蠟燭(或用砂土掩蓋火堆)</p> <p>漏答答案 3： 影片：放大鏡聚光提高溫度使紙燃燒、磨擦生熱點火</p> <p>學生自行作答的答案 4： 以人工分析方式作為課堂討論的材料</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p> <p>步驟五、挑戰情境</p> <p>影片：以打火機點燃蠟燭</p> <p>單一選擇：請問打火機是如何點燃蠟燭的？</p> <p><input type="checkbox"/>1.火焰從打火機跑到蠟燭上去，因此點燃了蠟燭</p> <p><input type="checkbox"/>2.打火機的火焰的溫度很高，提高了蠟油的溫度而到達燃燒的界限</p> <p><input type="checkbox"/>3.打火機油受到熱揮發成氣體，碰到了蠟燭使蠟燭燃燒</p> <p><input type="checkbox"/>4.火焰會相互吸引，點燃的打火機把火焰從蠟燭中吸引出來而產生燃燒</p> <p>理由說明：</p> <p><input type="checkbox"/>這和「可供燃燒的可燃物」有關 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>這和「需要能幫助燃燒的空氣」有關</p>

	<p>你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>這和「需要先達到足夠高的溫度」有關</p> <p>你的理由是_____</p> <p>圈選 1</p> <p>影片：以打火機點蚊香，火焰須接觸蚊香但時間很短不致使蚊香點燃。</p> <p>圈選 2：出現鼓勵訊息</p> <p>圈選 3：</p> <p>影片：去漬油放在室內自然揮發，旁邊擺放蠟燭揮發之後蠟燭並沒有因而燃燒</p> <p>圈選 4：</p> <p>影片：將數隻點燃的蠟燭排放在一起。火焰排放在一起，並沒有互相吸引的現象</p> <p>重新檢驗學生的觀念</p> <p>選擇：在這個點燃蠟燭的實驗中，你覺得打火機的作用是…？</p> <p><input type="checkbox"/>提供可以燃燒的物質</p> <p><input type="checkbox"/>提供可以幫助燃燒的空氣</p> <p><input type="checkbox"/>提供足供高的溫度</p>
<p>2 氧氣</p> <p>2-1 氧氣的製造</p> <p>2-2 氧氣是燃燒時的助燃物</p>	<p>文字網頁：介紹氧氣的製造</p> <p>影片：氧氣的製造過程(雙氧水分解)</p> <p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>單一選擇題：請問下列哪個敘述符合「氧氣」的性質呢？</p> <p><input type="checkbox"/>1.自己能夠燃燒</p> <p>你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.自己不能燃燒，但能夠幫助其它物質燃燒</p> <p>你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.自己不能燃燒，也不能夠幫助其它物質燃燒</p> <p>你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動</p> <p>影片：1.用電子打火器試著點燃內含氧氣的錐形瓶，並沒有產生燃燒的現象。</p> <p>2.點燃的香放進內含空氣的錐形瓶，並沒有特別現象</p> <p>3.把點燃的香放進內含氧氣的錐形瓶，燃燒轉為劇烈。</p> <p>4.加熱鐵絲到發紅，放到內含氧氣的錐形瓶產生燃燒。</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p>

<p>2-3 氧氣比空氣重</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>單一選擇題：請問「氧氣」和空氣相比，誰比較重呢？</p> <p><input type="checkbox"/>1.氧氣比空氣重 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.氧氣比空氣輕 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.氧氣和空氣一樣重 你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動</p> <p>影片：把氧氣裝入氣球中，發現氣球無法飄起(ps 氧氣瓶來源?)或將氧氣裝到二錐形瓶中，一正立、一倒立，靜置一段時間，再插入點燃的香，正立者燃燒轉烈。</p> <p>問答：你在影片中發現了什麼？_____</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p>
<p>2-4 氧氣微溶於水</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>單一選擇題：氧氣很容易溶解在水中嗎？</p> <p><input type="checkbox"/>1.是的，氧氣很容易溶解在水中 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.不，氧氣不容易溶解在水中 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.其它_____</p> <p>你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動</p> <p>影片：將裝了氧氣的試管倒置入水中，一段時間後看看水面上升的情形</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p>
<p>3 二氧化碳</p> <p>3-1 製造二氧化碳</p>	<p>文字網頁：二氧化碳是一種無色無味的氣體，想要製造二氧化碳可以利用小蘇打加入醋酸(或鹽酸)的溶液中，產生的氣體就是二氧化碳了。二氧化碳在溫度很低時會形成固體，也就是我們常說的「乾冰」。</p>

<p>3-2 二氧化碳定性的方式</p>	<p>影片：二氧化碳的製造(碳酸鈉或碳酸鈣分解) 文字網頁：介紹澄清石灰水加入二氧化碳會變混濁 影片：裝有二氧化碳的瓶子加入澄清石灰水搖動後產生混濁 向澄清石灰水吹氣，產生混濁 問答：你在影片中發現了什麼？_____</p> <p>影片：1.收集蠟燭燃燒生成氣體，加入澄清石灰水產生混濁 2.向澄清石灰水中吹氣，使其產生混濁。 問答：蠟燭燃燒後和吹氣過程中含有_____</p> <p>你的理由是_____</p>
<p>3-3 二氧化碳不可燃亦不助燃</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測) 單一選擇題：請問下列哪個敘述符合二氧化碳的性質呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 二氧化碳本身可以燃燒 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/> 二氧化碳本身不能燃燒，但是可以幫助燃燒 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/> 二氧化碳本身不能燃燒，也不能幫助燃燒 你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動 影片：1.用電子打火器試著點燃內含二氧化碳的錐形瓶，並沒有產生燃燒的現象。 2.點燃的香放進內含二氧化碳的錐形瓶，結果熄滅。</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一) 步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p>
<p>3-4 二氧化碳可溶於水</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測) 選擇題：你認為下列哪個敘述符合二氧化碳的性質呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1.二氧化碳容易溶解在水中 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/> 2.二氧化碳不易溶解在水中 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/> 3.其它_____</p> <p>你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動 影片：將裝了二氧化碳的試管倒置入水中，一段時間後看看水面上升的情形</p>

3-5 二氧化碳比空氣重

問答：你在影片中發現了什麼？_____

步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

你覺得原來的理由有哪些不妥的地方_____

你覺得你的理由是否能充分說服同學？能 不能

為什麼？_____

步驟一、問題引導(概念前測)

單一選擇題：請問「二氧化碳」和空氣相比，誰比較重呢？

1.二氧化碳比空氣重

你的理由是_____

2.二氧化碳比空氣輕

你的理由是_____

3.二氧化碳和空氣一樣重

你的理由是_____

步驟二、學習活動

影片：把二氧化碳裝入氣球中，發現氣球無法飄起(二氧化碳鋼瓶來源?)或將二氧化碳裝到二錐形瓶中，一正立、一倒立，靜置一段時間，插入點燃的香，正立者熄滅。

步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

步驟五、挑戰情境

1.文字網頁：在完成氧氣和二氧化碳的學習單元後，我覺得空氣中會幫助燃燒的成分應該是_____

我的理由是_____

2.影片：燒杯倒扣在水面燃燒的蠟燭，水面高度尚未改變…

旁白：用燒杯罩住燃燒的蠟燭，請問水面的高度會有改變嗎

選擇題：請問最後水面會

下降

你的理由是_____

不升不降

你的理由是_____

上升一部分

你的理由是_____

上升至充滿整個燒杯

	<p>你的理由是_____</p> <p>文字網頁：想想看，燃燒消耗氧氣的同時，產生了哪種氣體？ 這種氣體是否同樣佔有體積？</p> <p>影片：把接下來的結果呈現。</p> <p>旁白：請注意觀察水面的變化，氧氣在燃燒中有部分已經消耗了，水面卻沒有明顯的改變…</p> <p>問答：你在影片中發現了什麼？_____</p> <p>選擇題：請問最後水面會</p> <p><input type="checkbox"/>下降 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>不升不降 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>上升一部分 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>上升至充滿整個燒杯 你的理由是_____</p> <p>問答：你是否還發現了什麼特別的現象？_____</p> <p>你覺得為什麼會產生這種現象？_____</p>
<p>4 滅火</p> <p>4-1 滅火的方法與原理</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>多重選擇題：請問下列方法何者可以利用來滅火？</p> <p><input type="checkbox"/>1.利用水 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.利用乾粉或泡沫 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.利用土及沙子 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>4.利用蓋子蓋住酒精燈 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>5.關閉瓦斯開關 你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動</p> <p>文字網頁：要熄滅火源，讓我們回想燃燒的條件：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)需要可以燃燒的物質 2)需要可以幫助燃燒的氧氣 3)需要達到足夠高的溫度 <p>如果可以改變燃燒時的條件，就可以熄滅火源 所以滅火的方式主要有三大類：</p>

	<p>1)隔絕可以燃燒的物質 2)隔絕可以幫助燃燒的氧氣 3)降低可燃物的溫度</p> <p>影片：瓦斯爐熄火、水、乾粉或泡沫滅火器、土及沙子滅火的過程</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一) 步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列) 步驟五、挑戰情境</p> <p>選擇題：1 請問下列滅火方式是利用哪種原理？</p> <p>1.用溼抹布蓋住火來滅火 <input type="checkbox"/>1.隔絕可以燃燒的物質 <input type="checkbox"/>2.隔絕可以幫助燃燒的氧氣 <input type="checkbox"/>3.降低溫度</p> <p>2.開關防火巷或清除雜物 <input type="checkbox"/>1.隔絕可以燃燒的物質 <input type="checkbox"/>2.隔絕可以幫助燃燒的氧氣 <input type="checkbox"/>3.降低溫度</p> <p>3.使用二氧化碳滅火 <input type="checkbox"/>1.隔絕可以燃燒的物質 <input type="checkbox"/>2.隔絕可以幫助燃燒的氧氣 <input type="checkbox"/>3.降低溫度</p> <p>問答：2 請問電線走火時，利用哪種滅火方式較為恰當？ 你的答案是_____。 你的理由是_____。</p>
--	--

<p>五生鏽大搜索 5-1 哪些物質會生鏽</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>多重選擇題：下列哪些物質會生鏽</p> <p><input type="checkbox"/>1.鐵器(剪刀、鐵釘…) 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.木製家具(桌子、椅子) 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.玻璃 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>4.塑膠 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>5.黃金飾品(戒指、項鍊) 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>6.水果(蘋果、梨)</p>
---	--

你的理由是_____

7.其它_____

你的理由是_____

步驟二、學習活動

網頁文字：「生鏽」是指某些種類的金屬和空氣起了化學反應，產生腐蝕的現象。金屬生鏽有些會形成坑洞，有些形成粉末、改變顏色…等等。

幻燈片：金屬生鏽氧化的情形，鐵釘、鐵門、鋁盆、銅像…

旁白：

看完圖片後你發現_____

選擇 2.木製家具

文字網頁：木製品也會產生腐壞的現象，但是主要是受到微生物(細菌和真菌)分解或是被昆蟲(白蟻)蛀蝕的結果。在一般的室溫(約 25°C)下，木材很難直接和空氣產生作用而變化。

幻燈片：自然界真菌使木材腐化的情形、白蟻照片、白蟻蛀蝕的情形。

旁白：

看完圖片後你發現_____

選擇 3.玻璃

文字網頁：玻璃是由「矽」元素為主組成的氧化物質形成，由於矽元素和氧元素結合的十分緊密穩定，所以就不會再和空氣中的成分產生反應了。因為這種穩定的性質，所以玻璃常常被拿來做為盛裝食物的容器。

幻燈片：玻璃杯、玻璃盤、玻璃鍋、耐高溫加熱的燒杯。

旁白：

看完圖片後你發現_____

選擇 4.塑膠

文字網頁：塑膠組成的結構很複雜，甚至連細菌也沒有辦法分解它，當然它也就不會和空氣產生反應，所以塑膠和塑膠製作的用品常常無法處理消化，而造成環境的污染。

幻燈片：塑膠袋、珍珠奶茶及塑膠吸管、戶外的塑膠類

	<p>垃圾。</p> <p>旁白： 看完圖片後你發現_____</p> <p>選擇 5.黃金</p> <p>文字網頁：黃金是一種貴重金屬，它的光澤和質感深受人們的喜愛。它的性質非常穩定，不會和空氣產生作用，用它來製作器具，甚至數千年也不會改變。</p> <p>幻燈片：埃及法老王黃金面具、金戒指、金項鍊…</p> <p>旁白： 看完圖片後你發現_____</p> <p>選擇 6.水果</p> <p>文字網頁：水果切開來放置一段時間會改變顏色，這的確是水果和空氣產生作用的現象，但是這並不是水果中含有的「金屬成分」生鏽。事實上，改變顏色的是其它的化學物質，所以不用擔心自己在吃水果時，吃下「鐵鏽」造成不良影響。</p> <p>幻燈片：蘋果、水梨切開放置而變色</p> <p>旁白： 看完圖片後你發現_____</p> <p>選擇 7.其它</p> <p>學生提出的個別的答案，在上課中提出進行討論</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p>
<p>5-2 生鏽的原因</p> <p>2-1 生鏽的條件_水</p> <p>2-2 生鏽的條件_氧</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>選擇題：請問鐵生鏽時需要哪些條件</p> <p><input type="checkbox"/>1.要有水份 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.要有空氣 你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>3.要有酸性物質</p>

	<p>你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>4.要在高溫環境</p> <p>你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>5.其它</p> <p>你的理由是_____</p> <p>步驟二、學習活動</p> <p>網頁文字：在沒有放入水的試管中，鐵釘並沒有生鏽的現象，所以「生鏽」的過程是需要水分參與的。</p> <p>幻燈片：1)將鐵釘和水放在試管中，對照組僅放入鐵釘，依每天不同的變化，比較水對兩者生鏽的影響。</p> <p>看完圖片後你發現_____</p> <p>網頁文字：兩支試管都以保鮮膜封住以隔離外界的空氣，裝滿水的試管中只有少量溶解在水中的空氣，裝 1/4 水的試管中有 3/4 的體積是空氣，比較看看兩者生鏽的情形。</p> <p>幻燈片：2)將鐵釘放入試管，實驗組裝水 1/4，對照組裝滿，以保鮮膜封住開口，觀察空氣對兩者生鏽的影響。</p> <p>看完圖片後你發現_____</p> <p>網頁文字：</p> <p>幻燈片：3)將鐵釘和水放入試管，實驗組滴入鹽酸，觀察酸性物質對生鏽的影響。</p> <p>看完圖片後你發現_____</p> <p>網頁文字：</p> <p>幻燈片：4)將鐵釘和水放入試管，實驗組放入冰箱，對照組在室溫，觀察溫度對生鏽的影響。</p> <p>看完圖片後你發現_____</p> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(問題同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p>
<p>3 防鏽</p> <p>3-1 防鏽方法的應用</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>多重選擇題：哪些方法可以用來防鏽？</p> <p><input type="checkbox"/>1.在表面塗上油漆</p> <p>你的理由是_____</p> <p><input type="checkbox"/>2.用油紙保裝</p>

你的理由是_____

3.在表面鍍上其它物質

你的理由是_____

4.保持乾燥

你的理由是_____

5.其它方法_____

你的理由是_____

步驟二、學習活動

影片、文字說明、互動式動畫

步驟三、概念澄清(問題同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

步驟五、挑戰情境

選擇題：1 小明想做實驗證明水分對鐵生鏽有影響，他該如何設計實驗呢？

1.直接拿鐵釘放入水中，如果會生鏽就代表水分有影響

2.拿兩支相同的鐵釘放入兩個裝水的瓶子，一個加入空氣、一個不加空氣

3.拿兩支相同的鐵釘放入兩個裝空氣的瓶子，一個加入水、一個不加水

4.拿兩支相同的鐵釘，一支放在充滿空氣的瓶子、另一支放在充滿水的瓶子