科學教育學刊
2010, 第十八卷第五期, 389-415

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(5), 389-415

思考導向的探究式學習對國二學生科學探究能力的影響

洪振方

國立高雄師範大學　科學教育研究所

(投稿日期：民國98年8月21日，修訂日期：98年12月2日，接受日期：99年7月9日)

摘要：本研究之思考導向的探究式學習是以探索、解釋、交流及反思等提供學生探究的經驗，再結合與探究有關的科學思考策略的明示教學，以及Zohar (2004)提出的課室中發展思考的五項教學策略所構成，目的在探討其對國二學生科學探究能力的影響。研究採不等組前後測準實驗設計，實驗對象爲三所國中二年級學生共10班，分別爲實驗組5班共172人和對照組5班共172人。實驗組實施思考導向的探究式學習，對照組實施教科書的實驗教學，實驗處理期間爲國二第一學期。以科學過程技能前測爲共變項，科學探究能力爲依變項，進行多變量共變數分析。研究發現：(1)實驗組在形成另有假說、評價及選擇假說、設計實驗、預測實驗結果及解釋等探究能力比對照組好；(2)實驗組在形成另有假說和設計實驗等探究能力的學習保留效果比對照組好；(3)實驗組在控制實驗的設計上仍存在一些問題。本研究對上述的發現，提出教學上與研究上的建議。

關鍵詞：明示教學、科學思考策略、科學探究能力、探究式學習

壹、緒論

科學課程主要的目標是在發展學生的探究能力與提升對探究的理解，培養學生像科學家般地思考，而不是只會複製科學家的思考及知識，這已是國際科學教育界的共識(Abd-El-Khalick et al., 2004)。要達成上述的課程目標，探究式學習是最佳的途徑(Lederman & Lederman, 2004; National Research Council [NRC], 2000)。雖然探究式學習的價值受到注目，然而並不是使學生投入科學探究活動中經驗探究的歷程，即可從體驗中潛移默化地習得科學家般的思考方式和發展探究能力。Zimmerman (2007)、Zion, Michalsky與Mevarech (2005)、Zohar (2004)等人發現如果沒有相關的科學思考策略，則學生在探究過程的各個階段不能夠正常地運作，此將導致學生的科學探究能力無法獲得有效地發展。目前科學探究學習與教學之相關文獻或者著重在說明探究學習的基本特徵

及探究型態的變異(NRC)，或者著重在說明探究教學之開放性的層次(Tamir, 1983)，或者著重在提供學生科學探究過程的架構做爲學習的鷹架(Lee, Buxton, Lewis, & LeRoy, 2006)，或者著重在以問題提示的方式提供學生學習的鷹架(Hackling, 2004)，但這些都未強調以明示教學(explicit teaching)的方式引介學生學習在探究中如何運用相關的科學思考策略，而是以內隱教學(implicit teaching)的方式將科學思考策略嵌於探究活動中，例如以「你將會改變、測量、保持不變哪些變項？」的問題提示學生，或者要求學生列出操縱變因、控制變因和應變變因，但都沒有向學生說明如何進行控制實驗的思考策略。

Kuhn (2005)、Li與Klahr (2006)、Roberts與Gott (2000)、Zohar (2004)等學者建議應以明示教學的方式引介學生學習與探究相關的科學思考策略，使這些科學思考策略與學生的探究經驗相連結，來發展學生的科學探究能力。這些學者大都來自認知心理學及學習心理學的領域，他們研究兒童表現出什麼樣的科學思考、如何進行科學思考、以及爲何這樣進行科學思考等，但甚少涉及如何教導兒童科學思考的研究(Li & Klahr; Zimmerman, 2007)。近年來，由於探究式學習是科學教育的主流，他們亦開始尋求將科學思考的研究結果結合到探究式學習的教學中。這類的研究常是選擇某一項科學思考策略進行明示教學，其中以控制變因的研究爲最大宗(Chen & Klahr, 1999; Toth, Klahr, & Chen, 2000; Zohar & Ben-David, 2008; Zohar & Peled, 2008)，但缺乏使學生投入整個科學探究過程的研究。就科學課程的目標而言，缺乏在探究的各個階段以明示的方式引介科學思考策略的研究，對如何培養學生科學探究能力的瞭解是不足的。此外，這些研究大多是在實驗室的環境中進行，參與者常由一個小組的學生構成，在長期的、與實驗者一對一互動的方式下進行，這樣的研究結果不能外推到班級學生數達30人的真實科學課室環境中(Zohar & Ben-David; Zohar & Peled)。

根據上述，本研究認爲有關培養學生科學探究能力的研究，需要考量底下三個部分做設計：(1)包括科學探究各個階段的探究式學習；(2)在學生的探究經驗後以明示的方式引介與探究有關的科學思考策略；(3)在真實的科學課室中進行。再者，爲了促進學生在探究中的思考與交流，以及連結探究的經驗與相關的科學思考策略，亦需考量如何促進學生思考的教學策略。基於上述的考量，本研究以探索(exploration)、解釋(explanation)、交流(communication)及反思(reflection)等提供學生探究式學習的經驗，再結合與探究各個階段有關的科學思考策略的明示教學，並輔以Zohar (2004)提出的課室中發展思考的五項教學策略(此部分在文獻探討中說明)，提出思考導向的探究式學習模式，而在真實的科學課室中進行教學研究。據此，本研究的目的在探討思考導向的探究式學習對國二學生科學探究能力的影響，以及學習保留的效果。本研究以使用思考導向的探究式學習之班級爲實驗組，使用教科書的實驗教學之班級爲對照組，進行準實驗設計的研究，研究問題如下：

1. 在教學處理後，實驗組在學習單元的科學探究能力是否優於對照組？
2. 在教學處理後，實驗組在新學習單元的科學探究能力是否優於對照組？
3. 在教學處理後，實驗組在科學探究能力的表現仍存在的問題爲何？

上述研究問題1與2之研究假說爲：

1. 在教學處理後，實驗組在學習單元的科學探究能力優於對照組；

2. 在教學處理後，實驗組在新學習單元的科學探究能力優於對照組。

貳、文獻探討

為對上述的問題進行探討，底下的文獻討論主要在說明思考導向的探究式學習之內涵。首先說明本研究採用之探究式學習的模式，其次說明科學思考策略的明示教學及Zohar (2004)的課室中發展思考的五項教學策略，這些討論可以具體化本研究之思考導向的探究式學習。最後，則說明科學探究能力的評量，以說明如何在教學後評量學生的科學探究能力。

一、探究式學習的模式

探究式學習已有諸多模式(Bybee, 1997; Lawson, 2002)，本研究未採用已有的探究式學習模式，主要是因《探究與國家科學教育標準》(“Inquiry and the National Science Education Standards”; NRC, 2000)一書指出，探究式學習模式具有底下五個共同階段：(1)使學生接觸問題、事件或現象，藉機製造衝突事件；(2)經由形成假說與測試假說的過程，探討所提出的解釋之合理性；(3)分析及詮釋實驗數據，綜合各部分的想法，建立模型；(4)應用所學到新的情境；(5)回顧與評估學到什麼及如何習得。以及指出探究的課室之基本特徵是：(1)使學習者投入科學問題；(2)學習者優先以證據來發展和評估解釋及回答科學問題；(3)學習者使用證據以形成解釋回答科學問題；(4)學習者從反映出科學理解的另有解釋來評估他們的解釋；(5)學習者交流與辯護他們提出的解釋。上述的五個階段和五個特徵反映了《國家科學教育標準》(“National Science Education Standards”; NRC, 1996)所強調的新的探究式學習的重點。本研究即從上述探究式學習模式的五個共同階段和五個特徵分析出共通的元素，來整合與符合上述各階段和特徵的內涵，以做為本研究之探究式學習的要素。

上述的階段(1)、(2)及特徵(1)、(2)是有關投入科學問題、形成假說與測試假說的部分，可歸類為「探索」的元素；上述的階段(3)及特徵(3)是有關解釋證據以回答科學問題的部分，可歸類為「解釋」的元素；上述的特徵(5)是有關交流與辯護提出的解釋的部分，可歸類為「交流」的元素。此外，上述的階段(5)和特徵(4)是有關學習者評估他們的解釋、思考與學習，此與認知的調節有關(Zion et al., 2005)，屬「反思」的元素。至於階段(4)是應用所學到新情境，本研究並未將其列為探究式學習模式的一個元素，此乃因為其只涉及學習情境的不同。本研究以探索、解釋、交流、反思為探究式學習的要素，各要素交互滲透、循環，沒有固定的起點與終點，可依各單元的性質做調整。

雖然本研究從《探究與國家科學教育標準》(NRC, 2000)中提出探究式學習的模式，但該文件並未主張以明示的方式引介與探究有關的科學思考策略，例如向學生說明什麼是控制變因及如何進行控制變因等。Li與Klahr (2006)、Roberts與Gott (2000)等人指出，除非對與研究問題、形成假說、設計實驗、蒐集與分析資料、解釋與論證等探究過程有關的科學思考策略進行明示教學，否則多數的學生無法在探究中發展出上述的科學探究能力。

二、思考導向的探究式學習之內涵

本研究之思考導向的探究式學習是以學生的探究經驗為基礎，再以明示的方式引介與探究有關的科學思考策略，並以促進思考的教學策略深化學生的學習。一般的探究式學習理所當然地視科學思考策略為工作的

準則(norm)，並且設想它在探究的過程中全然地發生，因而幾乎沒有以明示的方式引介科學思考的策略(Roberts & Gott, 2000)；這是科學思考策略的內隱教學。明示教學則是在學生的探究經驗後向學生引介科學思考的策略，此存在兩種方式：一是提供學生學習「科學探究背後的思考策略」(thinking behind the doing; Li & Klahr, 2006; Roberts & Gott)，例如控制實驗的思考策略是一次只能改變一個因素，其它的因素都應保持不變；另一是提供學生學習「科學思考背後的思考策略」(thinking behind the thinking; Zohar & Ben-David, 2008)，例如爲什麼要進行控制實驗、如何進行控制實驗、何時進行控制實驗等。前者是屬於科學思考策略的程序性層次，後者則是屬於科學思考策略的後設認知層次(Ben-David & Zohar, 2009)。無論是哪一種科學思考策略的明示教學，都必須與學生的探究經驗相連結，因爲科學思考策略是抽象的，若只以語言的形式直接教學(direct teaching)，對多數學生的學習是困難的(Li & Klahr; Zohar, 2004)。

再者，除了連結探究式學習的經驗與科學思考策略的明示教學外，爲了促進學生在探究中進行思考，Zohar (2004)認爲還需要在課室中發展思考的文化，而此必須考量五項教學策略：(1)使用思考的語言；(2)給學生時間投入思考的任務；(3)利用非預期的思考機會；(4)促進班級或小組討論；以及(5)要求學生辯護和解釋他們的想法。底下對此五項教學策略做進一步的討論，以充實本研究思考導向的探究式學習之內涵。首先，關於「使用思考的語言」，已在前一段做說明。其次，關於「給學生時間投入思考的任務」，此必須有足夠的時間讓學生可以玩他們的構想、嘗試錯誤、互動及對話(Bybee, 2004)，這樣的探究式學習具有開放性和不可預期性，學生在開放式的探究中會產生不同的結果，並且好奇爲什麼(Oliver, 2006)。再者，關於「利用非預期的思考機會」，可利用非預期的學習機會，例如，當學生開始交流與比較實驗結果，他們可能覺察有些實驗不是公正的，教師要利用這個機會，提出什麼是造成此實驗有不同的結果之一系列的問題，以提供學生思考在公正的實驗中必須確認與控制的因素。由此，學生將能發展出對各種變因和控制實驗的理解，確認資料中的因果關係(Lederman & Lederman, 2004)。另外，關於「促進班級或小組討論」和「要求學生辯護和解釋他們的想法」方面，在探究式學習的課室中，利用小組活動有助於互相啓發和觀點共享，而隨後進行的全班性討論則有助於用來總結經驗，得出結論(NRC, 1996)。就中小學生而言，他們在質疑自己或他人的想法上能力可能不足，難以形成問題去進行批判性的對話，必須引導學生覺察問題和進行批判性的對話(Holt & Kysilka, 2006)，此可導致學生反思和調節他們的解釋和想法(Zion et al., 2005)。

綜合第一與第二小節的討論，本研究以探索、解釋、交流及反思等提供學生探究式學習的經驗，再結合與探究各個階段有關的科學思考策略的明示教學，並輔以Zohar (2004)的課室中發展思考的五項教學策略，來培養學生的科學探究能力。再者，本研究採用「科學探究背後的思考策略」來進行明示教學，理由是採用「科學思考背後的思考策略」之明示教學，通常只以單項科學思考策略進行明示教學就需花費相當多的時間，例如Zohar與Ben-David (2008)爲了發展學生控制變因的能力，在繁殖單元就連續進行了12個學習活動，此在真實課室中，將嚴重影響學生後續的學習進度，並且無法使學生投入整個科學探究的過程。本研究爲使學生在

探究的各個階段學習科學思考策略以提升探究能力，乃採用「科學探究背後的思考策略」來進行明示教學。

三、科學探究能力的評量

科學探究能力的評量，必須考量它的內涵及評量的方式。關於科學探究能力的內涵，有些學者從科學過程的觀點，主張科學探究能力是一組科學過程技能的集合(Germann, Aram, & Burke, 1996; Keys & Bryan, 2001)；有些學者則從科學探究所運用到的科學思考策略，主張科學探究能力是一種科學思考能力(Ben-David & Zohar, 2009; Zion et al., 2005)。依據前者的觀點，目的是要評量學生在各項科學過程技能的表現，其題目設計往往與學科知識及情境無關，且科學過程的各項技能分別在不同的題目中被評量。依據後者的觀點，目的是要評量學生在探究任務中的表現，其題目設計則與學科知識及情境有關，且可以在同一試題情境中評量科學探究的各項能力。爲符合前一小節「思考導向的探究式學習之內涵」的說明，本研究採取上述之科學探究能力是一種科學思考能力的觀點來設計測驗，以評量學生的科學探究能力。但由於本研究是在國二第一學期期初即實施教學處理，此階段屬於理化的領域，而國一階段屬於生物的領域，因須以共變數分析調節準實驗設計的內部效度威脅問題，必須在教學處理前施以科學探究能力的前測，因此採用與理化學科知識無關之科學過程技能測驗(朱淑吟，2002；Liu, Veronesi, Lieu, & Yager, 1994)做爲前測。

關於科學探究能力的評量方式，分別有選擇題、開放式寫作及實作等型式(Lawrenz, Huffman, & Welch, 2001)。就上述科學探究能力的內涵而言，由於它是在探究任務中表現出來的能力，因此實作比選擇題和開放式寫作較能評量出學生的科學探究能力。然而，選擇題和開放式寫作則比實作評量成本低，適合用在較大規模的評量(Alonzo & Aschbacher, 2004)。再者，就選擇題和開放式寫作的比較，選擇題測驗將科學探究的諸項能力分離在不同的情境問題中(Wenning, 2007)，而開放式寫作則可以在相同情境問題中對科學探究的諸項能力加以評量(Zion et al., 2005)。兩相比較，開放式寫作比選擇題測驗較能評量出學生的科學探究能力。由於本研究的有效樣本數共344人，在綜合考量成本、規模、及科學探究能力的內涵等因素下，決定採用開放式寫作測驗來評量學生的科學探究能力。

再者，本研究依據Lawson (2002)提出的「假說－預測」科學思考模式，做爲設計科學探究能力之開放式寫作測驗的架構，理由是此模式係分析科學家和青少年的思考組型而形成，可與本研究採取的科學探究能力的評量觀點相符合。Lawson提出的科學思考模式其元素包括：(1)提出描述性或因果性問題；(2)形成另有假說；(3)設計實驗；(4)根據選擇的假說及實驗條件預測可觀察的結果；(5)觀察實際的結果並比較預測結果；(6)形成支持或不支持假說的論證。由於本研究採用開放式寫作測驗，不是實作評量，因此只以此科學思考模式的前四個元素做爲設計科學探究能力測驗的依據。再者，在「形成另有假說」與「設計實驗」之間增加「評價及選擇假說」一項，原因之一是形成另有假說意謂著不只一種可能性，從數個另有假說做評價意謂著在一些可能性中做選擇，這與科學探究的實際情況符合；原因之二是爲了讓學生在有限的時間中呈現設計實驗的能力，只能讓學生選擇最有可能的假說來進行實驗設計。根據以上的說明，本研究之科學探究能力的內涵包括發現問題、形成另有假

說、評價及選擇假說、設計實驗、預測實驗結果及解釋等五個元素，由此構成科學探究能力測驗的試題結構。

參、研究方法

一、研究設計

本研究以準實驗設計進行，研究樣本爲國二學生，實驗處理期間爲國二第一學期，共3.5個月。實驗組接受思考導向的探究式學習，對照組接受教科書實驗活動的教學。兩組學生在學期初的第一週進行科學過程技能測驗前測，在自然科每一章教學結束後即進行該單元的科學探究能力後測。科學探究能力延宕測驗是在第二學期自然科第一章教學後施測，延宕測驗以該章的內容進行設計，用以比較實驗組與對照組之學習保留效果。本研究以科學過程技能前測爲共變項，理由除前述者外，還因科學過程技能與科學探究的過程有關，其與教學處理會共同影響學生的科學探究能力，因此將其列爲共變項。實驗組(n = 172)在科學過程技能測驗的平均分數爲18.18，標準差爲5.86，對照組(n = 172)在科學過程技能測驗的平均分數爲19.61，標準差爲4.92，統計考驗達顯著水準($t = 2.47, p < .05$)，對照組在科學過程技能測驗前測的平均分數高於實驗組。

由於本研究是準實驗研究，推論統計比較的是接受思考導向的探究式學習的母群和接受教科書實驗活動教學的母群的科學探究能力，所以在取樣上盡可能考量學校特性的多樣性，並且各校必須使用同一版本的教科書，同時也必須考量各校中實驗組的教師有參與並接受培訓的意願。在這些因素的考量下，本研究自大高雄地區選取大都會區大型學校、小都會區大型學校、及偏遠鄉區小型學校各一校做爲研究班級的取樣。兩個大型學校各取四班，每校二班實驗組，二班對照組；另一小型學校則取二班，分別爲實驗組和對照組。各校都由本研究所培訓的教師擔任實驗組教師，大型學校中的對照組教師，均分別由教學年資和學歷背景與實驗組教師相似者擔任。小型學校由於該年級只有二班，且由同一位教師擔任科任教師，因此實驗組與對照組是同一位教師。本研究的時程橫跨一個學期(3.5個月)，因爲涉及了六章節的教學內容，且在每章教學完後施測與該章節有關的科學探究能力測驗，共六次的測驗會有不同的樣本流失，故在資料分析時便將六次施測中的流失樣本(實驗組3人，對照組5人)刪除，成爲本研究的有效樣本，實驗組與對照組各爲172人。

二、教學活動設計

本研究是在國二第一學期進行，教材是「自然與生活科技」的第三冊。由於考量學校有既定的教學及考試進度，無法將整學期的教學單元均轉換爲思考導向的探究式學習活動，但又希望實驗組學生在每一章都有機會進行思考導向的探究式學習，所以在每一章中選擇一單元改編爲思考導向的探究式學習活動。實驗組在相對應之各單元上課的節數，均較對照組多出一節課(見表1)，爲求兩組的上課時數相同，對照組增加一節課做練習解題爲主的教學活動。在這些單元，實驗組與對照組均以小組的方式進行，每一組人數約5人。

對照組在相對應的單元，依照教科書的實驗活動來進行。以第四個活動「熱量與水的溫度變化」爲例，教科書設計的實驗活動，要學生用燒杯裝100ml的水，然後用酒精燈加熱，每隔一分鐘測量一次水溫。接著要求學生把水改成200ml，重複做一次實驗。然後以加熱時間爲橫座標，水的溫度變

表1：實驗組與對照組的教學單元及上課節數對照表

教科書各章名稱	進行教學處理的小節	對照組使用節數	實驗組使用節數
第一章：認識物質的世界	第二節：物質的密度	3＋1	4
第二章：波動與聲音的世界	第四節：多變的聲音	3＋1	4
第三章：光與色的世界	第五節：光與色	2＋1	3
第四章：冷暖天地	第二節：熱量與水的溫度	3＋1	4
第五章：物質的構造	第二節：元素的分類	3＋1	4
第六章：化學反應	第二節：質量守恆定律	3＋1	4

化爲縱座標，畫出加熱時間對水的溫度變化的關係圖。此實驗活動的特性爲實驗的變因(加熱時間、水的質量)都已經決定，學生只是按照教科書的指示，記錄水的溫度變化，學生無法學習到如何進行控制實驗的思考策略。實驗結束後，將數據及分析結果登錄在實驗記錄簿中，作答教科書提出的討論問題，然後交給老師批改。由於此不涉及科學思考策略的明示教學，這是一種內隱教學。

實驗組之思考導向的探究式學習，是使學生投入探究式學習，再以學生的探究經驗連結科學思考策略的明示教學。由於探索、解釋、交流和反思等各要素沒有固定的起點與終點，因此探究活動並非以各元素逐步進行，而是使學生發現相同的觀察事件卻有不同的結果，藉機製造衝突事件，以引起好奇和問爲什麼作爲探究活動的起點(NRC, 2000)。此可使學生投入科學問題，產生探究的經驗，以爲連結科學思考策略的明示教學作準備。表2是思考導向的探究式學習中與探究有關的科學思考策略，內容整理自Hackling (1998)與NRC等文獻。再者，思考導向的探究式學習除了運用與探究有關的科學思考策略外，亦包括Zohar (2004)提出的給學生時間投入思考的任務、利用非預期的思考機會、促進班級或小組討論、要求學生辯護和解釋他們的想法等教學策略。

同樣以「熱量與水的溫度變化」爲例，說明思考導向的探究式學習的活動序列，並以實驗組陳老師教學錄影的轉錄資料舉例說

表2：思考導向的探究式學習中與探究有關的科學思考策略

探究的各個階段	相應的科學思考策略
提出科學問題	科學探究通常以提出問題開始，從比較異同或觀察到不一致的結果，可提出科學問題。
形成研究假說	假說是科學問題的可能答案，它必須是可檢驗的，它說明操縱變因與應變變因之間的關係，可以「操縱變因越……則應變變因就越……」來表示。
設計實驗	必須設計控制實驗，此即一次只能改變一個變因，其餘的變因都應保持不變，如此才能確認假說是否正確。
蒐集與分析資料	記錄操縱變因、應變變因和控制變因等的數據，以建立數據表，並繪製成座標圖，操縱變因在橫軸，應變變因在縱軸，以顯示隨著操縱變因的變化，應變變因如何相應的變化，來反映數據變化的趨勢，並可作出預測。
科學解釋	嘗試運用一些科學概念來解釋研究結果中的關聯性或趨勢。
得出結論	在作出結論的過程中，需要回答資料分析所得的結果是否能支持先前提出的假說。
交流	在交流的過程中，應儘可能地詳細說明研究的程序和實驗的步驟，以便其他人可以加以檢驗與質疑。

明科學思考策略的明示教學，轉錄資料的編碼以「教學日期」、「陳師教學」、「轉錄」等關鍵詞依序排列組成。

(一)使學生投入條件開放的實驗活動，自行決定實驗的各項變因

活動開始首先提供一個條件開放的情境，要求學生取水加熱兩分鐘，至於要使用哪一種燒杯、要裝多少的水、用多大的火焰等條件都開放，讓他們自行決定。然後問學生，進行這樣的活動，要記錄哪些資料。從這樣的活動，可以看出學生記錄的這些資料中是否包括「操縱變因」和「應變變因」，以及是否記錄做爲「控制變因」的一些資料。這部分是使學生投入思考的任務，屬「探索」的活動，對應於活動學習單(見附錄一)的第一題。

(二)經由各組的發表，發現相同的觀察事件有不同的結果，引起好奇和反思可能的原因

學生在上述的活動後，各組把自己的活動探索及所得結果，寫在小組的白板上，向全班同學發表。因爲上述的活動除了加熱兩分鐘外，其它條件完全開放，因此，各組測得水加熱後的溫差必定都不相同，可利用此非預期的思考機會來引起學生的好奇與反思其原因。接著，鼓勵小組比較各組的發表，提出影響水溫上升的可能因素，各組再次交流想法。這部分包括「交流」、「探索」、「解釋」及「反思」的活動，對應於活動學習單的第二題。在此，藉由各組加熱後水的溫差都不相同，陳老師向學生說明如何從比較異同或觀察到不一致的結果來提出科學問題的思考策略：

> 接下來老師要請大家思考一個問題，我們班總共有六組，每一組做一樣都是在煮開水的實驗，為什麼溫度差不一樣呢？到底是什麼因素會影響水溫上升的快慢呢？這個就是可以研究的一個科學問題。(941121陳師教學_轉錄)

(三)確認各種影響因素，依據重要性排列出來

學生經過交流後，體驗到有很多因素影響水溫的上升，經由比較其他組提出的影響因素，討論出組內的共識，再把所有影響因素依據重要性排列出來，藉此讓學生練習思考不同的影響因素可能有不同的重要性，以爲下一個活動「選擇一個影響因素做探索」來佈局。這部分包括「交流」與「解釋」的活動，對應於活動學習單的第三題。

(四)選擇一個影響因素做探索，包括形成研究假說、設計實驗、蒐集與分析資料、檢驗研究假說和發現規律性

要求各組從所列的影響水溫上升的因素中，挑選一個重要的影響因素來做研究。在此活動中，學生必須選擇他們要研究的變因，依據此變因產生研究假說，設計可以檢驗假說的實驗，蒐集與分析資料，並根據所獲得的證據檢驗提出的研究假說和發現規律性。在此過程需要來回審視實驗設計能否檢驗研究假說，屬於「探索」、「解釋」與「反思」的活動，對應於活動學習單的第四題。

在學生探索的過程，陳老師藉第二組的例子說明「形成研究假說」與「得出結論」的思考策略：

> 什麼叫科學假說呢？就是我們對大自然的現象，我們想要了解什麼樣的因

素會影響到這個現象，我們先去猜影響它的原因，這個猜想出來的就叫做科學假說。假說必須經過做實驗、蒐集到證據，才能夠證明我們的想法。例如老師用第二組當例子，第二組寫「水量相同時，火越大，溫度上升越快」，這個就是可以研究的一個假說。(941121陳師教學_轉錄)

陳老師藉著這個機會，來讓學生瞭解「假說」的形式、假說必須是可以檢驗的、得出的結論是否支持假說等。其次，在學生設計實驗的過程，陳老師等待一段時間後，提醒學生檢查他們的實驗設計是否做好控制變因：

當我們在設計實驗的時候，必須要做好控制變因，什麼叫做控制變因呢？老師拿這一個活動當例子，我們要研究水加熱以後的溫度變化，影響這個實驗的因素非常的多，可是我們要瞭解裡面的原因，我們設計實驗的時候，一次只能研究一個因素，唯一可以改變的因素叫做操縱變因。其他的因素都要把它控制住，被我們控制住的叫做控制變因，這樣我們才能夠知道哪一個因素會影響到實驗的結果。(941122陳師教學_轉錄)

這是「設計實驗」的思考策略，目的在使學生瞭解如何進行控制實驗。再者，當學生整理和分析蒐集到的數據時，陳老師發現有些組在這個活動還不能熟巧地利用圖表來分析數據，他藉此向學生說明：

我們做實驗會把實驗蒐集到的數據記錄下來，這個數據還要畫成一個XY的座標圖。同學要把操縱變因的數據放在哪裡呢？好！放在X軸；應變變因呢？Y軸。我們希望從圖形看到一個趨勢、一個規律性，這個規律性是有特殊意義，要用我們學過的科學知識來解釋它。(941122陳師教學_轉錄)

這是「蒐集與分析資料」與「解釋」的思考策略，目的在使學生瞭解蒐集到的數據要如何製成圖表，要思考這些數據呈現了什麼趨勢、規律性，以及如何解釋。

(五)交流與評估各組的實驗設計與結論，確定存在的一些規律性，並反思交流前、後的想法是否改變及理由

各組交流實驗設計、資料分析結果與所發現的規律性，說服其他組同學相信自己小組的發現，其他組則針對該組報告的內容來發問。此提供學生評估實驗設計和證據的合理性，以及發表的小組進行反思、辯護和解釋的機會。在此過程，教師利用非預期的思考機會，提問問題引發不同小組的思辯，並在學生的交流中適時進行科學思考策略的明示教學，此可導致學生修正他們的想法。其次，藉由比較其他組的發現，可確定影響水溫上升的主要因素及存在的一些規律性。之後，要學生比較自己小組的想法在全班交流前、後是否改變，以及反思改變的理由。這部分的活動包括「交流」、「解釋」與「反思」，對應於活動學習單的第五題。在各組發表他們的實驗和結果時，陳老師向學生說明爲什麼要大家發表和交流的原因，以及應該注意的地方：

因為我們研究做出來之後，要發表給

大家聽，大家如果同意你的研究發現，認為你講的有道理，這樣子才會讓人家信服；所以老師要提供機會給大家練習上臺發表。同學請你注意，請大家針對他們發表的內容，你覺得可疑的地方，針對可疑的地方來發問。接受大家發問的同學，請你按照剛才你們做實驗的經過來回答。(941122陳師教學_轉錄)

上述是「交流」的思考策略。

(六)學生回顧他們的探究與學習

在進行過思考導向的探究式學習後，最後要學生回顧他們的探究與學習，這部分的目的是要讓學生從回顧中做反思，包括學習到什麼、如何學習、及思考進一步的研究問題等，以沉澱學習的成效，這是對應於活動學習單的第六題。

上述的學習活動序列，可在思考導向的探究式學習模式下，依各單元的性質做調整。以第五個活動單元「元素的分類」爲例，它是屬於「分類」的性質，該活動的目標是把不同的金屬根據它們在反應時的特性將元素做分類，活動提供學生七種金屬和實驗室的物品與藥品，要求學生設計實驗來作爲七種金屬的分類依據。由於此單元與「熱量與水的溫度變化」單元性質不同，在學習活動序列的安排即有些不同。

三、研究工具

(一)科學探究能力測驗

依據文獻探討第三小節「科學探究能力的評量」之說明，本研究以科學探究能力是一種科學思考能力的觀點，來設計開放式寫作的科學探究能力測驗。此測驗是以各學習章節有關的內容與情境來設計，且在同一試題情境中評量科學探究的各項能力。科學探究能力測驗共有七個，A至F測驗分別屬於國二第一學期自然科教科書各章的內容，G測驗則屬於國二第二學期自然科教科書第一

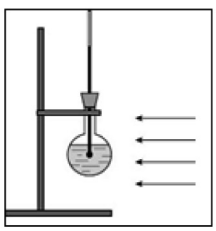
表3：科學探究能力測驗、試題結構及隸屬教學章節

科學探究能力測驗	發現問題	形成另有假說	評價及選擇假說	設計實驗	預測實驗結果及解釋	隸屬章節及內容
A測驗	題一	題二	題三	題四	題五	第一章(密度)
B測驗	題一	題二	題三	題四	題五	第二章(聲音)
C測驗	題一	題二	題三	題四	題五	第三章(折射)
D測驗	題一	題二	題三	題四	題五	第四章(熱量)
E測驗				題一、題二		第五章(金屬元素)
F測驗	題一	題二	題三	題四	題五	第六章(質量守恆)
G延宕測驗	題一	題二	題三	題四	題五	第一章[a](反應速率)

[a]G測驗屬於國二第二學期自然教科書第一章的內容，爲延宕測驗。

章的內容，爲延宕測驗(見表3)。各個測驗均經過科學教育專家審查及學生試做，逐步修訂完成。

從表3可知，科學探究能力測驗的試題結構，除了E測驗外，其餘測驗皆包括發現問題、形成另有假說、評價及選擇假說、設計實驗、預測實驗結果及解釋等五個問題，以D測驗「自然冷卻」爲例，問題一至問題五即是依序反應出前述的試題結構，見圖1所示。此外，E測驗相對應的單元是元素的辨別，由於其內容屬性的關係，此份測驗的兩個問題都是設計實驗的問題，一爲以物理方法辨別元素，另一爲以化學方法辨別元素(見附錄二)。



在研究物質的冷卻特性時，某班同學做了如右圖之實驗：

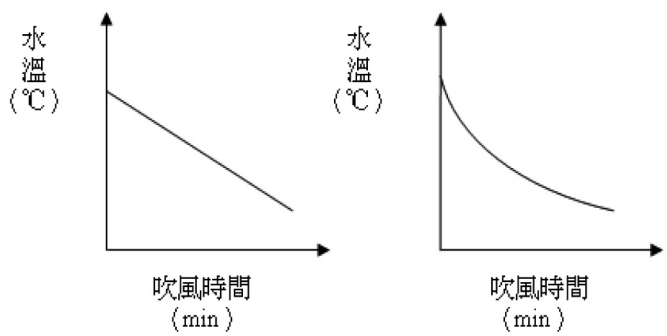
1.將燒瓶中的水加熱至沸騰

2.插入溫度計並蓋上瓶塞

3.用風扇對燒杯不停地吹風，以保證燒杯最後溫度爲室溫

4.每隔1分鐘記錄水溫一次

實驗結束後，依據實驗數據作圖－「時間與水溫」關係圖。班上同學出現了如圖A、圖B中兩類圖形。請回答下列問題：



圖A　　圖B

一、比較圖A和圖B，你發現到什麼可疑的問題呢？（發現問題）

二、針對這個可疑的問題，請你提出至少二個不同的假說，來暫時解釋這個可疑的問題。（形成另有假說）

三、在你所提出的不同假說中，你認爲哪一個假說最有可能解釋這個可疑的問題？爲什麼？（評價及選擇假說）

四、如何設計一個實驗來測試你所選擇的假說是不是對的？請將你的實驗設計寫在下面，若有必要，可以用文字和圖形一起說明。（設計實驗）

五、根據你所選擇的假說和設計的實驗，你預期實驗的結果是什麼？請詳細說明你的理由。（預測實驗結果及解釋）

圖1：D測驗「自然冷卻」及各題評量的科學探究能力(括號標示者)

(二)科學過程技能測驗

科學過程技能測驗採用朱淑吟(2002)譯自Liu等(1994)所發展之科學過程技能測驗。本測驗的內容包括觀察(2題)、時間－空間關係(3題)、分類(3題)、使用數字(3題)、測量(3題)、傳達(3題)、推論(1題)、預測(3題)、控制變因(3題)、解釋資料(2題)、形成假說(3題)、下操作型定義(1題)及實驗(3題)等13項過程技能，共33題選擇題。每題有4～5個選項，皆爲單選題，答對給1分，答錯給0分。此測驗以國小六年級學生爲施測對象(N = 258)，其內部一致性係數KR_{20}爲 .72。在本研究，此測驗的內部一致性係數KR_{20}爲 .80(N = 344)。

四、資料分析

科學探究能力測驗的五個題目配分都相同，其計分方式依答案合理的程度每小題給0～4分。除E測驗滿分爲8分外，其餘各測驗滿分爲20分。評分的過程先由三位評分者試評部分測驗題本，再經由討論建立評分標準，依此評分標準進行評閱。以D測驗「自然冷卻」的評分標準爲例，參見表4。之後，此三位評分者分別評量相同的39份測驗題本，以建立評分者間的信度。

表4：D測驗「自然冷卻」之評分標準

題項	給分標準	舉例
第一題	只要學生在比較圖A和圖B之後，他能夠發現問題，寫出可疑之處，就給4分。如果學生沒有發現問題可疑之處，或是空白沒作答，就給0分。因此，第一題只有全對(4分)或全錯(0分)兩種情況。	例如，某生提出：同樣是做「自然冷卻」的實驗，但是「圖A是一條直線，而圖B卻是彎曲的線」，就給4分。如果學生沒有發現問題可疑之處，或是空白沒作答，就給0分。
第二題	若學生能提出合理、明確的假說，每寫出一個觀念「不重覆」的假說，就給1分，最高給4分。若提出的是迷思概念、超自然現象等不合理之假說，則不給分。因此，學生在第二題的作答情況，可以細分成0～4分。	例如，某生提出：「有可能裝的水不一樣多」；「有可能是溫度計放在不同的位置」；「有可能是吹電風扇的時間不一樣多」；「有可能是裝的液體不一樣」；「有可能是電風扇的風速不一樣」。每寫出一個「觀念不重覆的」、「合理的」假說，就給1分，直到滿分4分爲止。
第三題	在第一階段，如果學生能針對他在第二題提出的所有假說，挑選出最有可能的一個，就給2分。空白沒作答就給0分。因此，在第一階段，只有2分或0分的情況。	在第一階段的作答，例如，某生寫出：「我覺得是因爲電風扇的風速不一樣」，代表此學生能針對他在第二題提出的所有假說，挑選出最有可能的一個，就給2分。空白沒有寫，就給0分。
	在第二階段，學生必須對他所挑選的假說，說明它可以解釋第一題中發現的可疑問題。依據學生的說明，是否符合科學社群的看法來給分(0～2分)。	在第二階段的作答，例如，學生回答「因爲風速越大，熱量被風帶走的越快，水的溫度下降就越快」，此爲完全合理的說明，就給2分。若學生所寫的說明太簡略不夠明確，例如：「風越大，溫度下降就比較快」，寫得太簡略了，就只獲得1分。如果學生空白沒有作答，或者沒有用科學知識來說明，就給0分。
第四題	依照學生「是否能依據他所挑選的假說來設計實驗、設計的實驗是否有做到操縱變因與控制變因」來給分，實驗設計越詳細，得分就越高。因此，學生在第四題的作答情況，也可以細分成0～4分。	

表4：D測驗「自然冷卻」之評分標準(續)

題項	給分標準	舉例
第四題	有配合假說設計實驗，並有明確的操縱變因與控制變因，給4分。	給4分的範例，例如，某學生認爲是因爲風速的影響。他的設計是：「準備兩個燒杯，將沸騰的水倒進兩個燒杯中，再準備兩個電扇，用風量大的電扇吹其中一個燒杯，另一個燒杯用風量小的電扇去吹，過一段時間，比較溫度下降的結果」。這樣的描述有配合其假說，且分成實驗組及對照組，就給4分。
	配合假說設計實驗，有操縱變因但無控制變因，或有操縱變因與控制變因但不夠明確者，給3分。	給3分的範例，例如，某學生認爲B圖形成的原因，是因爲一開始有吹電扇，所以溫度下降比較快，然後把電扇關掉，因爲後來沒有吹電扇，所以溫度下降就便慢了。他的實驗設計：「先用電扇吹燒瓶，溫度下降的很快，再來把電扇關掉，下降的溫度就便慢了，這樣就可以證明圖B了」。此學生的設計有配合假說，但操縱變因與控制變因並不夠明確，因此給3分。
	配合假說設計實驗，僅有操縱變因或控制變因，但不夠明確者，給2分。	給2分的範例，例如，某學生認爲是因爲風速的影響。他的設計是「把水杯裝滿水，然後把水煮到沸騰，插上溫度計並裝上瓶塞，用電風扇吹燒杯並確定風速不會改變，每一分鐘量一次溫度」。如此的設計只有實驗組而無對照組，因此給2分。
	無明確的實驗設計或未針對假說設計者，給1分。	給1分的範例，例如：「先煮好開水，然後倒進泡茶的杯子裡，然後觀察它溫度的下降」。如此簡單的描述就只給1分。
	空白未作答或無效答案，給0分。	空白未作答或無效答案，給0分。
第五題	在第一階段，要學生做「思維實驗」，請學生預測他設計的實驗可能產生何種結果。如果學生能夠預測出可能產生的實驗結果，就給2分。空白沒有寫就給0分。因此，在第一階段，只有2分或0分的情況。	在第一階段的作答，例如，某生提出「我預測風速大的電風扇，溫度下降比較快」，學生能針對他所設計的實驗做出預測，就給2分。空白沒有寫就給0分。
	在第二階段，要學生解釋爲何他所設計的實驗可以產生這樣的結果。依據學生的解釋，是否符合科學社群的看法來給分(0～2分)。	在第二階段的作答，例如，學生解釋說：「因爲電風扇的風速小，散熱速度比較慢，水的溫度不容易變低，所以下降比較慢」，此爲合理的解釋，就給2分。若學生所寫的說明較簡略不夠明確，例如：「風速慢的，溫度下降比較慢」，寫得太簡略了，就只給1分。如果學生空白沒有作答，或者沒有用科學知識來解釋，例如，學生寫「我覺得應該就是這樣」，就給0分。

評分者間的信度是以Kendall和諧係數加以分析，測驗A至G之評分者間的信度分別爲.97、.86、.98、.99、.95、.95及.99。

資料分析時，依據發現問題、形成另有假說、評價及選擇假說、設計實驗、預測實驗結果及解釋等五項科學探究能力，將A至F測驗在每一項的得分加總，以比較實驗組和對照組在「發現問題」等五項科學探究能力的表現。以SPSS 17.0中文版進行統計分析，以科學過程技能前測爲共變項，「發

現問題」等五項科學探究能力及延宕測驗表現爲依變項，進行多變量共變數分析，以確保第一類型錯誤的機率控制在決斷值範圍內($\alpha = .05$)。進行共變數分析時，若違反組內迴歸係數同質性的假定，則改用詹森－內曼(Johnson-Neyman)法分析(林清山，1992)。本研究的實驗效果量以η^2值的大小做判斷，其值 .01時爲小的效果量，.06爲中的效果量，.14爲大的效果量(Cohen, 1992)。

此外，以實驗組科學探究能力總分的前25%爲高分組，其分數介於66 ~ 95分；總分的後25%爲低分組，其分數介於0 ~ 34分；其餘爲中分組，其分數介於35 ~ 65分。人數的分布爲高分組45人，中分組84人，低分組43人。再求得此三組在「發現問題」等五項科學探究能力得分的每題平均分數與標準差，並以折線圖表示三組在各項科學探究能力得分的每題平均分數的分布型態，藉以分析教學處理後實驗組學生在「發現問題」等科學探究能力的表現仍存在的問題。

肆、結果與討論

一、學生在「發現問題」等科學探究能力及延宕測驗的表現

以科學過程技能前測得分爲共變項，發現問題、形成另有假說、評價及選擇假說、設計實驗、預測實驗結果及解釋之得分爲依變項，進行多變量之組內迴歸係數同質性檢定，多變量Wilk's λ值爲 .97，未達顯著水準($p > .05$)，未違反共變數分析的統計假定。繼之進行單變量之組內迴歸係數同質性檢定，除「形成另有假說」外(單變量$F = 5.07$, $p < .05$)，其餘均未達顯著水準(單變量F值爲 0.06 ~ 3.00, $p > .05$)；因此，除「形成另有假說」外，其餘可繼續進行共變數分析。其次，同樣以科學過程技能前測得分爲共變項，「發現問題」等科學探究能力延宕測驗之得分爲依變項，進行多變量及單變量之組內迴歸係數同質性檢定，多變量Wilk's λ值爲 .99，單變量F值爲 0.90 ~ 2.34，均未達顯著水準($p > .05$)，皆符合共變數組內迴歸係數同質性的假定。

由表5得知，多變量共變數分析的結果，在整體考驗上Wilk's λ值 .89，已達 .05顯著水準，整體實驗效果量爲 .11，顯示實驗組與對照組在「發現問題」等科學探究能力之線性組合的比較上，達中偏大的實驗效果。進一步以單變量共變數分析，在排除共變項的影響後，實驗組與對照組在「發現問題」等科學探究能力之調整後的平均分數之比較，只有「發現問題」未達顯著水準(單變量$F = 2.44$, $p > .05$)，其餘皆達顯著水準(單變量F值爲12.80 ~ 22.74, $p < .05$)，且實驗組表現優於對照組。其中，「設計實驗」和「預測實驗結果及解釋」具中的實驗效果(η^2均爲 .06)，「評價及選擇假說」則爲小偏中的實驗效果($\eta^2 = .04$)。

至於「形成另有假說」的部分，則以詹森－內曼法分析。圖2中虛線代表對照組，實線代表實驗組，橫軸代表科學過程技能前測的得分，縱軸代表「形成另有假說」的得分。由圖2顯示，兩條組內迴歸線相交在一起，相交處的科學過程技能測驗得分爲6.14，科學過程技能測驗得分在相交點附近範圍者，不能宣稱實驗組或對照組在「形成另有假說」表現較好，但科學過程技能測驗得分在12.83(PR值 = 13；總分 = 33，N = 254)以上者，則實驗組學生在「形成另有假說」的表現優於對照組，而科學過程技能測驗得分在-53.09以下時，則對照組學生在「形成另有假說」的表現優於實驗組，但此值爲負並不存在。

在延宕測驗的部分，由表5得知，多變量共變數分析的結果，在整體考驗上Wilk's

λ值 .96，已達 .05顯著水準，整體實驗效果量爲 .04，爲小偏中的實驗效果。進一步以單變量共變數分析，在排除共變項的影響後，實驗組與對照組在延宕測驗表現的比較，只有「形成另有假說」和「設計實驗」達顯著水準($p < .05$)，且實驗組表現優於對照組，均爲小的實驗效果(η^2分別爲 .03和 .01)。

表5：兩組學生在「發現問題」等五項探究能力後測與延宕測驗之多變量共變數分析摘要表

項目	測驗類別	實驗組(n = 172)			對照組(n = 172)			多變量	多變	單變	效果
		M	*SD*	*Adj M*	*M*	*SD*	*Adj M*	Wilk's λ	量*F*	量*F*	量η^2
多變量檢定	後測							.89	8.10*		.11
	延宕測驗							.96	2.79*		.04
發現問題	後測	14.49	4.55	14.53	13.81	4.45	13.77			2.44	.01
	延宕測驗	3.14	1.65	3.16	3.06	1.69	3.04			0.42	.00
形成另有假說	後測	6.35	3.33	6.44	4.84	2.41	4.75			-	-
	延宕測驗	1.65	1.14	1.68	1.35	0.89	1.32			10.74*	.03
評價及選擇假說	後測	11.70	5.52	11.77	9.81	4.99	9.74			12.80*	.04
	延宕測驗	2.48	1.57	2.51	2.36	1.58	2.33			1.18	.00
設計實驗	後測	10.20	7.42	10.40	7.26	5.75	7.06			22.74*	.06
	延宕測驗	1.56	1.53	1.60	1.32	1.43	1.28			4.08*	.01
預測實驗結果及解釋	後測	6.90	5.68	6.99	4.60	4.55	4.51			20.04*	.06
	延宕測驗	1.35	1.66	1.39	1.24	1.57	1.21			1.09	.00

*$p < .05$

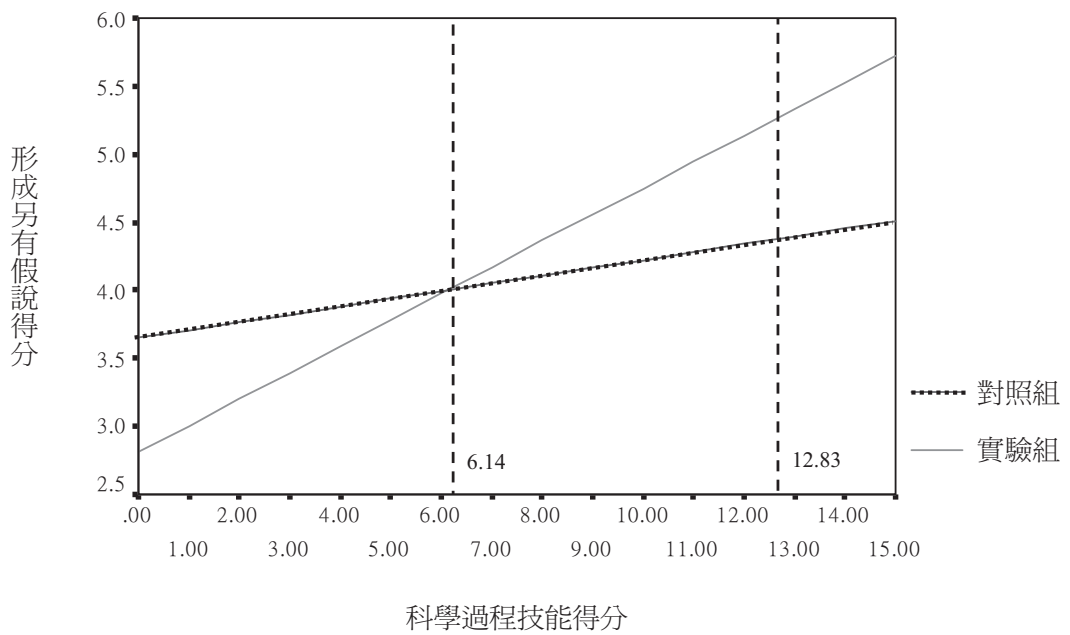


圖2：組內迴歸線的相交點及差異顯著點

二、實驗組學生在「發現問題」等科學探究能力的表現仍存在的問題

爲進一步瞭解本研究之思考導向的探究式學習對學生科學探究能力的影響，求得實驗組科學探究能力總分高、中、低分組在「發現問題」等五項探究能力得分的每題平均分數(每題滿分均爲4分)與標準差，見表6，並將之轉換成圖3。主要的分析方式是以科學探究能力總分佔50%的中分組爲基準，而以科學探究能力總分前、後25%的高、低分組做爲中分組的相對比較，以便從中討論實驗組在科學探究能力表現仍存在的問題。

由前一小節的分析可知，實驗組在「形成另有假說」(科學過程技能前測得分在12.83以上者)、「評價及選擇假說」、「設計實驗」、「預測實驗結果及解釋」等能力優於對照組，但從圖3及表4之D測驗「自然冷卻」中第二題「形成另有假說」的評分標準可知，中分組在「形成另有假說」的每題平均分數爲1.34，顯示僅能提出大約1.5個合理的研究假說，尚未達到至少2個研究假說才是提出另有假說的水準。至於高分組平均上也只能提出2個研究假說(M = 1.94)，低分組(M = 0.47)則只能提出0.5個假說。不過，思考導向的探究式學習的確能幫助中分組及其以上的多數學生提出1個合理的假說。再者，中分組在「評價及選擇假說」的能力分布雖

表6：實驗組高、中、低科學探究能力學生在「發現問題」等五項探究能力後測得分的每題平均數與標準差

組別 (n)	發現問題		形成另有假說		評價及選擇假說		設計實驗		預測實驗結果及解釋	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
高分組(n = 45)	3.55	0.29	1.94	0.41	3.39	0.42	2.83	0.64	2.79	0.75
中分組(n = 84)	3.11	0.55	1.34	0.36	2.62	0.53	1.32	0.50	1.26	0.61
低分組(n = 43)	2.01	0.91	0.47	0.37	0.88	0.59	0.36	0.35	0.21	0.30

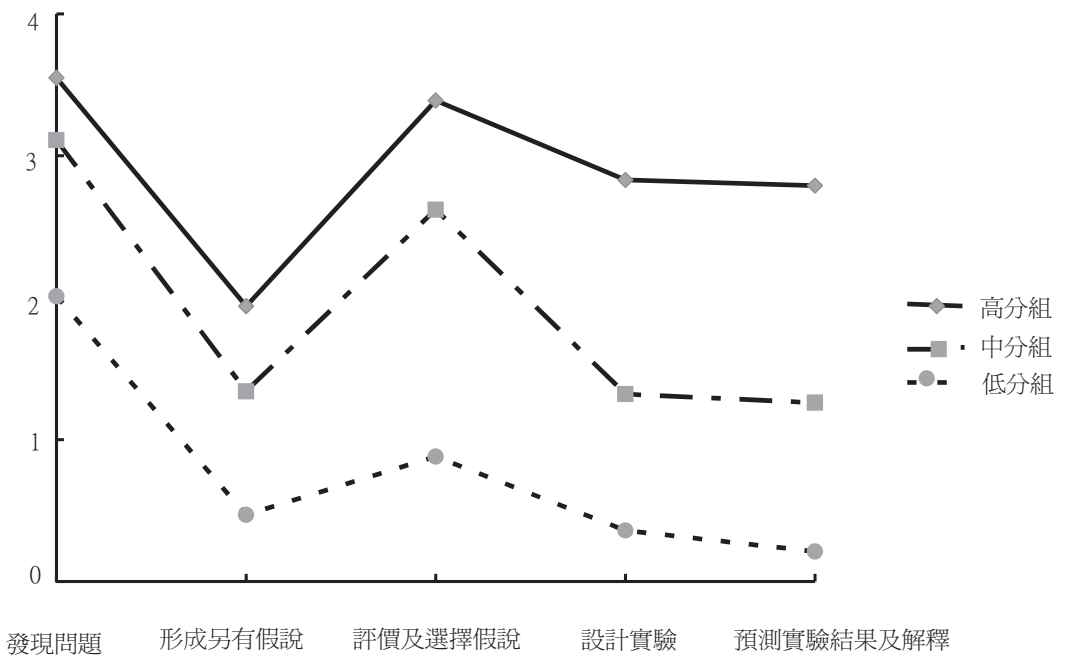


圖3：實驗組高、中、低科學探究能力學生在「發現問題」等五項探究能力得分的每題平均數分佈圖

然比較偏向高分組而與低分組差距較大，但因每題平均分數只有2.62，對照表4之D測驗「自然冷卻」中第三題「評價及選擇假說」的評分標準，顯示中分組雖然能夠對提出的所有假說挑選出最有可能的一個，但尚不能明確地說明所挑選的假說何以能夠解釋所發現的問題，此亦表示中分組及其以下的多數學生不能明確說明或者不能說明所提出的假說何以是研究問題的可能解釋。就高分組而言(M = 3.39)，則較能合理地說明提出的假說爲何是研究問題的可能解釋。

此外，中分組在「設計實驗」(M = 1.32)、「預測實驗結果及解釋」(M = 1.26)兩項能力的分布相對於其它三項能力，比較偏向低分組而與高分組差距較大。對照表4之D測驗「自然冷卻」中第四題「設計實驗」與第五題「預測實驗結果及解釋」的評分標準，顯示中分組在設計實驗的能力只介於「無明確的實驗設計或未針對假說設計」與「配合假說設計實驗，僅有操縱變因或控制變因，但不夠明確」之間，並且不能完整地預測實驗可能產生的結果，以及未能解釋所設計的實驗爲什麼產生這樣的結果。此表示中分組及其以下的多數學生在設計實驗之操縱變因和控制變因、預測實驗結果及解釋產生此結果的理由上仍存在一些問題。而高分組在「設計實驗」(M = 2.83)上，能配合假說設計實驗，有操縱變因但無控制變因，或者有操縱變因與控制變因，但不夠明確。在「預測實驗結果及解釋」(M = 2.79)上，則能夠預測出可能產生的實驗結果，但在解釋爲何所設計的實驗可以產生這樣的結果上，所寫的說明較爲簡略。

三、綜合討論

從上述的分析結果，可以發現思考導向的探究式學習(實驗組)比教科書的實驗教學(對照組)，較能提升學生之形成另有假說、評價及選擇假說、設計實驗、預測實驗結果及解釋等科學探究能力。進一步言之，學生只要具備低程度的科學過程技能(得分12.83，*PR*值13)，即可在思考導向的探究式學習獲得比教科書的實驗教學較好的「形成另有假說」的能力。此外，在延宕測驗方面，實驗組在「形成另有假說」和「設計實驗」的能力亦優於對照組，此顯示出思考導向的探究式學習之學習保留效果。至於本研究實驗組與對照組在「發現問題」能力的比較未達顯著水準，並不表示思考導向的探究式學習在此部分未能起較有效的作用，因爲本研究之科學探究能力測驗，是以具有明顯差異的情境來佈題，目的在使學生容易「發現問題」，而啓動後續的「形成另有假說」等思考過程。

Klahr與Dunbar (1988)針對科學發現的機制，提出科學發現的雙重搜索模型(scientific discovery as dual search)，指出科學發現是對假說空間和實驗空間的雙重搜索，亦即搜索所有可能的假說和實驗(相對應本研究之「形成另有假說」和「設計實驗」)。假說必須是可檢驗的，一旦形成了假說，會依自己的知識對假說的合理程度做評價(相對應本研究之「評價及選擇假說」)。好的實驗設計必須能夠檢驗假說，且能按照假說對實驗結果做出預測(相對應本研究之「預測實驗結果及解釋」)。依據Klahr與Dunbar的模型並對照本研究的結果，可知思考導向的探究式學習比教科書的實驗教學，較能夠幫助學生發展與科學發現有關的探究能力。其次，「形成假說」是個體進行研究的基礎，此表現出個體運用可測試的形式，來陳述操縱變因如何影響應變變因的能力(Krajcik, Czerniak, & Berger, 2002)。而透過假說的機制，可引領「設計實驗」，並蒐集

相關資料，來檢驗假說；此表現出學生對變因操弄與控制的能力(Lederman & Lederman, 2004; NRC, 2000)。由於實驗組之科學探究能力總分中分組及以上的學生能夠提出至少1個合理的假說，顯示中分組以上的多數學生能以可測試的形式來陳述操縱變因如何影響應變變因。但因中分組及以下的學生其「設計實驗」的能力僅達或未達「配合假說設計實驗，有操縱變因或控制變因，但不夠明確」的水準，顯示中分組及以下的多數學生對變因操弄與控制的能力仍顯不足。這是否與本研究僅在教科書的每一章選擇一個實驗進行思考導向的探究式學習，其餘實驗仍依照教科書來進行有關；或者需要更多個思考導向的探究活動與學習時間，才能使中分組及以下的多數學生在「設計實驗」的能力有較佳的表現，此部分仍需進一步的研究。

在提升學生「形成假說」能力的實徵研究方面，Ben-David與Zohar (2009)以「形成假說」的後設策略知識(meta-strategic knowledge)進行明示教學，來提升學生「形成假說」的能力。他們發現經由這樣的教學，就是低學業成就的學生也能同高學業成就的學生一樣，發展出「形成假說」的能力。他們用以評量的工具是提供受試者5個變因，以及這些變因的48種組合及其實驗結果，要求受試者從中判斷5個變因中哪些對種子萌芽有因果的關係。這樣的評量工具雖然具有科學的情境，但受試者卻不需以所學的科學知識背景來形成研究假說，只需確認研究者提供的變因與結果間的因果關係來形成假說；這可能是Ben-David與Zohar的研究發現低學業成就的學生就可以發展出「形成假說」能力的原因。本研究的教學設計與Ben-David與Zohar的不同，是以科學思考策略進行明示教學，能促進科學探究能力高分組與中分組提出合理的假說，但對低分組則有困難。低分組的表現不佳，是因爲本研究是以科學思考策略進行明示教學，此與Ben-David與Zohar以科學思考後設策略進行明示教學不同有關；或是因爲本研究的明示教學涉及各個探究階段，此與Ben-David與Zohar的明示教學只涉及形成假說有關；或是因爲本研究的評量工具需要學生以所學的科學知識來形成假說，且探究任務的各項條件均開放，此與Ben-David與Zohar的評量工具不涉及所學的科學知識，且探究任務的各項條件均給予有關，則有待進一步的探討。

在提升學生「設計實驗」能力之實徵研究方面，Zion等(2005)的研究發現在非同步的學習網路中置入後設認知的教學，可以提升學生「設計實驗」的能力，他們指出後設認知的引導可以幫助學生反思他們在探究活動中的每一個步驟。但他們的後設認知是指後設認知的一般性原則，與Ben-David與Zohar (2009)的科學思考後設策略並不相同，因而不是明示教學。楊秀停與王國華(2007)的研究以引導式探究及小組合作學習的策略進行教學，也發現可以提升學生「設計實驗」的能力。Lee等(2006)的研究提供學生科學探究過程的架構做爲學習的鷹架，但他們發現學生在教學後對設計控制實驗仍然有許多困難。楊秀停與王國華、Lee等的研究，與Zion等的研究相同，均屬科學思考策略的內隱教學，但在提升學生「設計實驗」能力的結果上並不一致。本研究屬於科學思考策略的明示教學，連結學生在探索、解釋、交流和反思的探究經驗，結果顯示實驗組在變因操弄和控制等設計實驗能力比對照組好，但實驗組之探究能力中分組與低分組在設計實驗之操縱變因和控制變因等能力存在一些問題。Zohar與Ben-David (2008)以「控制變因」的後設策略知識進行明示教學，連結學生的控制變因學習經驗，他們發

現明示教學在提升學生的控制變因能力上比內隱教學好，尤其對低學業成就的學生有更好的效果。本研究與Zohar與Ben-David的研究均屬明示教學，結果也有一致和不一致之處。從上述不同研究的比較，發現以科學思考策略的明示教學與內隱教學做比較，可能尚需考量與不同型態的探究式學習、不同學業成就的學生所產生的交互影響；其次，雖然同屬明示教學，但在探究的各個階段中實施科學思考策略的明示教學，究竟與實施科學思考後設策略的明示教學，兩者對提升學生科學探究能力的影響有何不同，都是值得深入探究的問題。

伍、結論與建議

一、結論

根據前述的結果與討論，本研究提出以下三點結論：

(一)思考導向探究式學習比教科書實驗教學較能提升學生的科學探究能力

本研究結果發現，實驗組在形成另有假說、評價及選擇假說、設計實驗、預測實驗結果及解釋等科學探究能力比對照組好。研究結果除「發現問題」的能力外，大致上支持本研究的第一個假說，此結果符合Kuhn (2005)、Li與Klahr (2006)、Roberts與Gott (2000)、Zohar (2004)等學者對科學思考策略明示教學在提升學生科學探究能力上的主張。

(二)思考導向探究式學習比教科書實驗教學對科學探究能力有較好的學習保留效果

本研究結果發現，實驗組比對照組在形成另有假說和設計實驗等探究能力上有較好的學習保留效果，研究結果支持本研究的第二個假說。依據Klahr與Dunbar (1988)之科學發現的雙重搜索模型，科學發現主要是在搜索所有可能的假說和實驗，對照本研究的結果，可知思考導向探究式學習比教科書實驗教學，較能夠提升學生與科學發現有關的探究能力。

(三)實施思考導向探究式學習的實驗組在科學探究能力上仍存在一些問題

就實驗組的表現加以分析，結果發現：(1)科學探究能力低分組的學生較無法提出一個合理的假說，若有提出，也無法說明該假說爲何是問題的可能解釋；(2)科學探究能力中分組與低分組的學生較無法配合假說設計實驗，而所設計的實驗也無明確的控制變因；(3)科學探究能力中分組與低分組的學生不能夠完整地預測實驗可能產生的結果，也較不能解釋所設計的實驗爲什麼可以產生這樣的結果。此是否與本研究只在教科書每一章選擇一個實驗轉換成思考導向的探究式學習，其餘仍依照教科書的實驗來進行有關；或者需要經歷更多個思考導向的探究活動才能使科學探究能力中分組及以下的多數學生有較佳的表現，此有待進一步的探討。

二、建議

根據前述的結果與討論，本研究提出以下二點建議：

(一)教學上的建議

本研究提出之思考導向的探究式學習模式，除了包括以探索、解釋、交流及反思等提供學生探究式學習的經驗、結合與探究有關的科學思考策略的明示教學、以及Zohar (2004)的課室中發展思考的五項教學策略之

外，尚包含三個關鍵處：(1)使學生投入條件開放的實驗活動，經由各小組的發表，發現相同的觀察事件有不同的結果，以引起學生好奇和問爲什麼；(2)以上述因實驗條件開放而引起的問題爲始，誘發學生進行探究，藉由連結學生的探究經驗與科學思考策略的明示教學，發展學生的科學探究能力；(3)提供多個章節的探究式學習活動，循環地使學生的探究經驗與科學思考策略的明示教學相連結，以精緻學生的科學探究能力。本研究根據上述思考導向探究式學習模式的內涵及其中的三個關鍵處，將教科書的食譜式實驗轉換成思考導向的探究式學習活動，Smithenry (2010)指出轉換教科書的食譜式實驗爲探究式的學習活動並不是一件容易的事，本研究提供了一個可行的方式。

(二)研究上的建議

上述實驗組科學探究能力中分組及以下的多數學生在科學探究能力上仍存在的問題，是否與本研究採科學思考策略的明示教學，而不是採科學思考後設策略的明示教學有關；或者與本研究使學生投入探究的各個階段，而非只投入探究的單一階段(例如控制變因)有關；或者與本研究的評量工具是各項條件均開放的探究任務，且學生必須運用所學的科學知識有關；或者與本研究的評量形式採開放式寫作(此涉及學生進行思考實驗)，而非實作評量(此涉及學生動手做實驗)有關；這些都有待進一步的研究加以了解。此外，科學思考策略的明示教學與內隱教學是否與不同型態的探究式學習、不同學業成就的學生產生交互作用而影響學生科學探究能力的發展，亦是值得深入探究的問題。

誌謝

本研究承蒙國科會的經費支助(NSC 94-2511-S-017-001)及審查委員精闢的評論與建議，特此誌謝！

參考文獻

1. 朱淑吟(2002)。**利用網頁專題製作引導STS專題式教學對學生學習影響之研究**。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所碩士論文，未出版，花蓮市。
2. 林清山(1992)。**心理與教育統計學**。臺北市：東華。
3. 楊秀停、王國華(2007)。實施引導式探究教學對於國小學童學習成效之影響。**科學教育學刊**，**15**(4)，439-459。
4. Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naamn, R., Hofstein, A., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, *88*(3), 397-419.
5. Alonzo, A. C., & Aschbacher, P. R. (2004, April). *Value-added? Long assessment of students' scientific inquiry skill*. Paper presented at the Annual Meeting of the AERA, San Diego.
6. Ben-David, A., & Zohar, A. (2009). Contribution of meta-strategic knowledge to scientific inquiry learning. *International Journal of Science Education*, *31*(12), 1657-1682.
7. Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
8. Bybee, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and na-*

ture of science: Implications for teaching, learning, and teacher education (pp. 1-14). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

9. Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, *70*(5), 1098-1120.
10. Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, *112*(1), 155-159.
11. Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996) Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, *33*(1), 79-99.
12. Hackling, M. W. (1998). *Working scientifically: Implementing and assessing open investigation work in science*. East Perth, Australia: Education Department of Western Australia.
13. Hackling, M. W. (2004). Investigating in science. In G. Venville & V. Dawson (Eds.), *The art of teaching science* (pp. 88-104). Crows Nest, NSW: Allen & Unwin.
14. Holt, L. C., & Kysilka, M. L. (2006). *Instructional patterns: Strategies for maximizing student learning*. London: Sage.
15. Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Jorunal of Research in Sceince Teaching*, *38*(6), 631-645.
16. Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual search space during scientific reasoning. *Cognitive Science*, *12*(1), 1-48.
17. Krajcik, J. S., Czerniak, C. M., & Berger, C. F. (2002). *Teaching science in elementary and middle school classrooms: A project-based approach* (2nd ed.). New York: McGraw Hill.
18. Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
19. Lawrenz, F., Huffman, D., & Welch, W. (2001). The science achievement of various subgroups on alternative assessment formats. *Science Education*, *85*(3), 279-290.
20. Lawson, A. E. (2002). *Science teaching and development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth/Thompson Learning.
21. Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2004). The nature of science and scientific inquiry. In G. Venville & V. Dawson (Eds.), *The art of teaching science* (pp. 2-17). Singapore: Allen & Unwin.
22. Lee, O., Buxton, C., Lewis, S., & LeRoy, K. (2006). Science inquiry and student diversity: Enhanced abilities and continuing difficulties after an instructional intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(7), 607-636.
23. Li, J., & Klahr, D. (2006). The psychology of scientific thinking: Implications for science teaching and learning. In J. Rhoton & P. Shane (Eds.), *Teaching science in the twenty-first century* (pp. 307-328). Arlington, VA: NSTA Press.
24. Liu, C. -T., Veronesi, P. D., Lieu, J., & Yager, R. E. (1994). *1994-95 Iowa assessment handbook*. Iowa: University of Iowa.
25. National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
26. National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

27. Oliver, A. (2006). *Creative teaching: Science in the early years and primary classroom*. London: David Fulton.
28. Roberts, R., & Gott, R. (2000). Procedural understanding in biology: How is it characterized in texts? *School Science Review*, *82*(298), 83-91.
29. Smithenry, D. W. (2010). Integrating guided inquiry into a traditional chemistry curricular framework. *International Journal of Science Education*, *32*(13), 1689-1714.
30. Tamir, P. (1983). Inquiry and the science teacher. *Science Education*, *67*(5), 657-672.
31. Toth, E. E., Klahr, D., & Chen, Z (2000). Bridging research and practice: A cognitively based classroom intervention for teaching experimentation skills to elementary school children. *Cognition and Instruction*, *18*(4), 423-459.
32. Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, *4*(2), 21-24.
33. Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, *27*(2), 172-223.
34. Zion, M., Michalsky, T., & Mevarech, Z. R. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, *27*(8), 957-983.
35. Zohar, A. (2004). *Higher order thinking in science classrooms: Students' learning and teachers' professional development*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
36. Zohar, A., & Ben-David, A. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. *Metacognition and Learning*, *3*(1), 59-82.
37. Zohar, A., & Peled, B. (2008). The effects of explicit teaching of metastrategic knowledge on low- and high-achieving students. *Learning and Instruction*, *18*(4), 337-353.

附錄一、「水的熱量變化」活動學習單

一、各組自行取水加入燒杯中，並將燒杯與水置於三腳架上加熱2分鐘。
(1) 我的小組認爲在上述的過程中，需要紀錄的是：

二、請各組報告水溫的變化。待各組都報告完後，回答底下的問題：
各組所測得的溫度變化量大部分相同或者不相同呢？
(1) □ 大部分相同
□ 大部分不相同
(2) 爲什麼？與組員們分享後，我們小組的共識是：

三、請各組根據問題二所得的共識，探討影響水溫上升的因素。
(1) 我的小組認爲影響水溫上升可能的因素是：
請各組報告影響水溫上升可能的因素，待各組都報告完後，回答底下的問題：
(2) 根據各組的報告結果，我的小組討論影響水溫上升可能的因素是：
(請按照重要性依序排列)
1.
2.
3.
4.
5.
6.

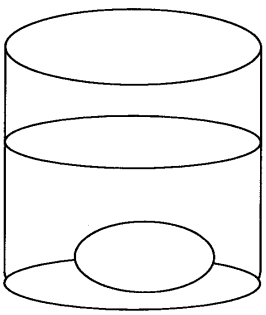
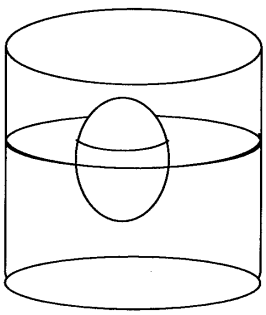
四、請各組利用實驗室所能提供的器具，設計實驗來探討影響「水溫上升」的因素。
(1) 我的小組所選定的變因是：
(2) 我的小組的研究假說是：
(3) 我們的實驗設計是(以文字或圖表方式描述)：
(4) 我們的實驗結論是：

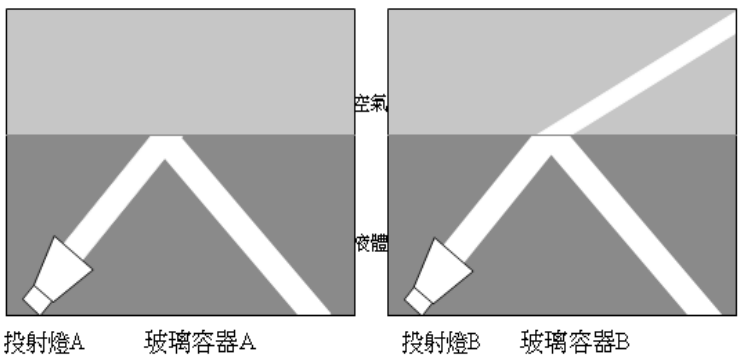
五、請各組報告問題四所得的結論。待所有組報告完後作答底下的問題：
(1) 根據各小組所報告的結論，我的小組認爲影響「水溫上升」的主要因素是：
(2) 你的小組在問題五的第(1)小題與問題三的第(1)小題的回答是否相同呢？若不相同，請說明你們改變的理由：

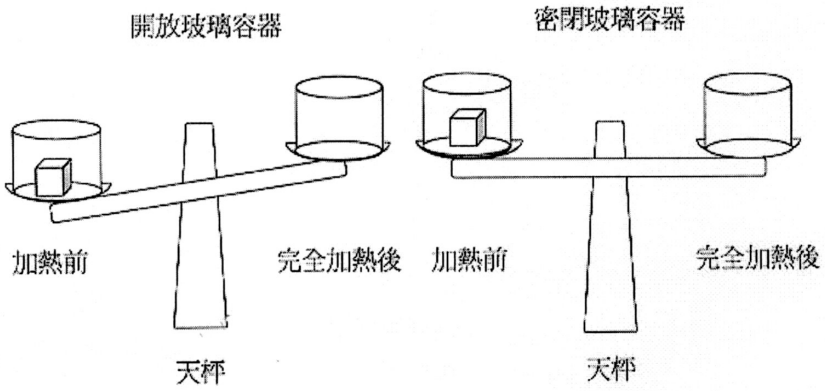
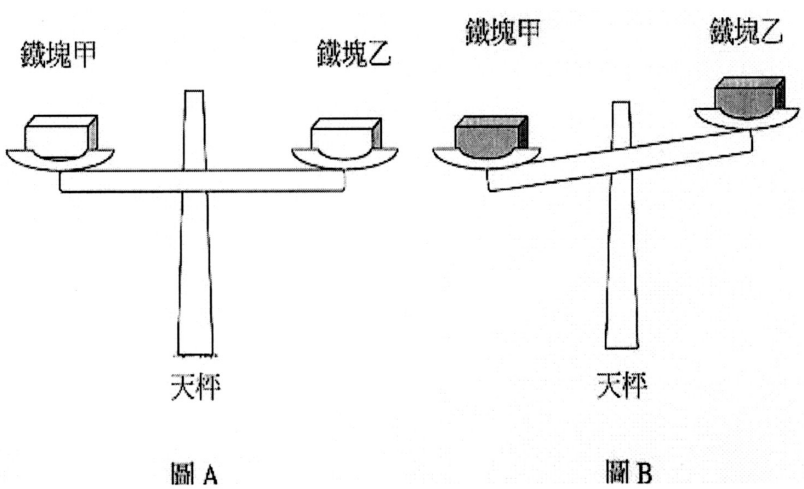
六、請回顧在本活動之中(詳細回答底下的問題)
(1) 在「水的熱量變化」這個活動中，你學到哪些和熱量有關的知識？
(2) 針對在第(1)小題你學到的知識，請舉例說明，你是透過哪些活動學到這些知識的？
(3) 從「水的熱量變化」這個活動能夠衍生出哪些可以進一步研究的問題？

附錄二、A、B、C、E、F、G 測驗試題情境

(註：底下所列測驗，若與圖1之D測驗情境一樣有圖A和圖B者，試題與D測驗相同，將省略不予呈現)

測驗	試題情境
A：燒杯中的雞蛋	想像你在自然課時，老師在講桌上擺著兩個燒杯，燒杯中有某液體及雞蛋。如下圖 A 和 B 所示：  圖 A  圖 B
B：聲音的變化	有兩位盲人甲、乙在十字路口附近欲穿越人行道時，聽到了救護車「喔咿！喔咿！…」的警鳴聲。在此時： 盲人甲說：「救護車已經走了，我們過去吧！」 盲人乙說：「不對！救護車快來了，我們等救護車走了，再過馬路吧！」 請你（妳）以盲人的角色，依據以上的對話，回答以下問題： 一、你（妳）會對於哪一位盲人（甲或乙）的說法感到質疑呢？ 二、針對這個可疑的說法，請你（妳）提出至少二個不同的假說，來反駁這個可疑的說法。 三、在所提出的至少二個不同假說中，你（妳）認爲哪一個假說最有可能反駁這個可疑的說法？爲什麼？ 四、如何設計一個實驗，來測試你（妳）所選擇的假說，是不是可能反駁這個可疑的說法？請將你（妳）的實驗設計寫在下面，若有必要，可以用文字和圖形一起說明。 五、根據你（妳）所選擇的假說和設計的實驗，你（妳）預期實驗的結果是什麼？請詳細說明你（妳）你的理由。

測驗	試題情境
C：投射燈的光束	底下有A、B兩個玻璃容器，分別在玻璃容器中加入液體後，玻璃容器底部的投射燈A與投射燈B分別出現了如圖A、圖B中的光束現象。請回答下列問題：  圖A　　圖B
E：金屬元素辨別	這是運用科學知識來辨別金屬的一試題。某日，老師從器材室取出剛切割好的鎂、鋅、鉛三塊銀白色金屬，因爲全部外觀顏色都一樣且忘記貼標籤，以致老師混淆無法立即辨別出來。 聰明的你（妳）請利用金屬元素本身的物理或化學性質的特性，各運用一種方法來設計實驗辨別出這三塊金屬？並詳細說明其理由爲何（若有必要，可以用文字和圖形一起說明）！ 一、所依據的物理性質： 實驗設計： 二、所依據的化學性質： 實驗設計：

測驗	試題情境
F：消失的金鋼石	十八世紀的法國化學家拉瓦錫，偶然獲得一篇科學實驗結果的報告，其中某段寫著「將一塊金剛石燒得熾熱後，它會消失得無影無蹤」。拉瓦錫想著，這是不可能的，任何東西燒完總要留下一點灰燼。 後來，拉瓦錫對於上述現象感到非常興趣，於是將金剛石分別放置於開放的與密閉的玻璃中，透過大型的聚光透鏡將玻璃容器裏面的金剛石加熱，得到結果如圖 A、圖 B 中的情況。請回答下列問題： 
G：鏽裡乾坤	某日，老師從金屬材料行切割兩塊等重的鐵塊（如圖 A），以備實驗課時使用。幾天後，上實驗課時，老師取出先前購自金屬材料行的鐵塊，發現兩塊鐵塊表面均有鏽斑，置於天平時出現如圖 B 的結果。請回答下列問題： 

科學教育學刊
2010, 第十八卷第五期, 389-415

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(5), 389-415

The Influences of a Thinking-Based Inquiry Learning Intervention on Eighth Graders' Scientific Inquiry Abilities

Jeng-Fung Hung

Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

Abstract

The thinking-based inquiry learning approach in this study was to provide students' inquiry experiences through explorations, explanations, communications and reflections, combined with explicit teaching of scientific thinking strategies related to inquiry as well as the five teaching strategies proposed by Zohar (2004), to explore the influence on eighth graders' scientific inquiry abilities. A non-equivalent pretest-posttest quasi-experimental design was adopted. Ten classes of eighth graders participated in this study with an experiment group and a control group each of 172 persons. The thinking-based inquiry learning experimental sequence and an equivalent control group sequence with traditional publisher-designed experiments were conducted separately for one semester. An MANCOVA was conducted with students' pre-test science process skills scores as the covariate and their scientific inquiry abilities as the dependent variables. The results revealed that students in the experimental groups developed better scientific inquiry abilities such as formulating alternative hypotheses, evaluating, selecting hypothesis, designing experiments, predicting results and explaining, than students in the control groups. Additionally, a better learning retention effect was found for experimental groups in formulating alternative hypotheses and designing experiments. However, some difficulties in designing controlled experiments were still observed for students in the experiment groups. Based on the findings of the present study, some recommendations were provided for science teaching and further research.

Key words: Explicit Teaching, Scientific Thinking Strategies, Scientific Inquiry Abilities, Inquiry Learning