科學教育學刊
2011, 第十九卷第四期, 359-381

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(4), 359-381

設計體驗式探究鷹架教學應用於非制式科學教育——不同探究能力學童的學習比較

盧秀琴[1]　**洪榮昭**[2]　**陳月雲**[3、*]

[1]國立臺北教育大學　自然科學教育學系
[2]國立臺灣師範大學　工業教育學系
[3]新北市秀山國民小學

(投稿日期：民國99年9月14日，修訂日期：民國100年7月29日，接受日期：100年8月12日)

摘要：本研究以體驗式探究鷹架教學應用於非制式科學教育(肥皂工廠)之研究，設計「肥皂洗溜溜」的教學，分為四個活動和一個延伸活動；以國小五年級105位學童為研究對象進行教學，並以科學探究學習能力檢核表(Achievement Testing of Soap Course，簡稱ATSC)和肥皂課程學習成就測驗(Science Inquiry Learning Ability assessment，簡稱SILA)檢測學童的學習，比較不同探究能力學童的學習差異。研究結果發現：1. ATSC的*F*考驗，顯示SILA高分群學童的學習成就高於SILA中分群學童，SILA中分群學童的學習成就高於SILA低分群學童($p < .01$)。2.多數探究能力高分群的學童能體驗、類化、反思，而歸納出一些概念或原則出來，並能應用肥皂保存的原理，解決肥皂疊疊樂所產生的問題。3.多數探究能力中分群的學童對問題的敏感度較弱，相信蒐集的資料而較少思考為什麼會這樣，提出的策略多元化，但不一定能成功解決問題，需要教師的鷹架引導。4.多數探究能力低分群的學童較不合群，常處於被動狀態，思考制式化或只看到「現象」，需要老師具體引導、舉例說明和帶領著一起做。5.學童在肥皂工廠探究，觀察到的以「現象」最多，尤其以探究能力低分群的學童為最，其次是「性質」，最少為「原理」，以探究能力高分群的學童較多。

關鍵詞：社區資源、科學探究能力、體驗式探究鷹架教學

*通訊作者：陳月雲

06-陳月雲.indd 359　2011/9/22 下午 08:26:04

壹、前言

一、研究的理念和重要性

二十一世紀是一個科學快速變遷的時代，為迎接各項挑戰，世界各國無不致力於各項新科學與新科技的研究，積極改善基礎的科學教育，期望我國國民能具備更優質的科學素養(教育部，2005)。對此，《九年一貫課程自然與生活科技學習領域課程綱要》說明學校課程發展委員會應充分考量學校條件、社區特性、家長期望、學生需要等相關因素，結合全體教師和社區資源，發展學校本位課程(教育部，2006)。余安邦(2001)提出「學校社區化、社區學校化」的主張，「學校社區化」的概念，在於促使學校逐漸從封閉型轉為社區型的學校；「社區學校化」的想法，則引導社區資源轉化為學校的另一個教學場域，彼此形成密不可分的生命共同體(陳浙雲、余安邦，2003)。從1995年美國科學教學研究年會以「非制式教育中的科學學習」(informal learning in science)為大會主題，來增進制式與非制式科學教育學者之間的溝通與合作，並以全面性的觀點從事科學教育的理論研究和實務推廣(靳知勤，1995)。到2008年台灣舉辦非制式科學教育國際研討會，強調非制式科學教育場所(如：博物館)可達成許多制式科學課室所不能達成的目標，能進一步幫助學生學習科學(張惠博，2008)。從學習認知觀點而言，學生對於博物館內展示的瞬間瀏覽，常停留於個人短期記憶中，而非深刻了解其展示意涵，進而轉化為長期記憶(王盈丰，2004)。因此，教導學生不是以被動的接受來看待博物館的展示，應該以「主動探究」的態度來學習科學(張惠博)。社區的肥皂工廠是一個可以從事非制式科學教育的場所，因為肥皂是日常生活的必需品，學童每天會用肥皂洗手、洗澡，「肥皂課程」能使學習與日常生活結合，滿足學童的好奇心，肥皂工廠能提供製造肥皂的原物料、設備和空間、教導和諮詢的服務。

科學教師帶領學童到社區資源進行教學時，如果科學教師仍舊採用一般的講述式教學法，那教學只是上課地點改變，很難滿足學童自行科學探究的慾望，也無法發揮社區資源所能提供的功能(林明良、夏日新，2001；盧秀琴、柯琳耀、洪榮昭，2009)。體驗式探究教學能解決這種困境，體驗學習(experiential learning)是一種主動的學習(Kolb, 1984)，探究式教學(inquiry-based teaching)有一定的思考階段和順序，能循序漸進的協助學童進行探究而獲得知識，從探究過程中培養解決問題和繼續探究的能力(洪振方，2003)。Kolb提出體驗學習圈(experiential learning cycle)，其過程分為體驗(experiential)、反省(reflecting)、歸納(generalizing)和應用(applying)四部分，為循環模式，著重體驗，並從體驗中反思體會後，將體會的結果普遍化，應用到日常生活中。Hong與Kao (2007)轉換Kolb的體驗學習圈，提出體驗式探究教學模式，以日常生活的體驗為起點進行探究學習，教師引導類化、反思的提問，協助學童歸納出科學概念，並應用於日常生活中。

當學生進行體驗式探究時，教師應扮演什麼角色才能幫助學生的學習？教師必須提供學童挑戰的任務，鼓勵學童經由探究學習來完成任務(Hong & Kao, 2007)；陳文典(2003)認為以「主題的探討」來設計教學活動，能使學童在探究學習時，容易體會自己正在解決一個問題。但Piaget (1967)的認知發展理論，說明不是所有的學童都能自行探究學習，教師應適時的提供鷹架引導，

Vygotsky (1978)提出教師應在學童的近側發展區(Zone of Proximal Development，簡稱ZPD)搭鷹架引導學童，即教師提供支持的結構，學童就能內化吸收這些技巧，之後教師的支援越來越少，讓學童擔負愈來愈多的學習責任，最後就能獨力完成學習(Wilhelm, Baker, & Dube, 2001)。本研究擬結合體驗式探究教學及鷹架引導的教學理念，設計體驗式探究鷹架教學(Experiential Inquiry-based Teaching and Scaffolding，簡稱EITS)，從學校為防止新流感而宣傳的「洗手運動」開始學習如何洗手，然後到肥皂工廠(社區資源)進行非制式教學(怎麼做肥皂？什麼是環保肥皂？如何保存肥皂？利用肥皂特性進行挑戰任務)；可以觀察學童如何進行體驗與探索，如何自行建構科學概念，小組討論時如何反思和解決問題，教師持續觀察不同探究能力的學童之學習特性，能學習如何適時的搭設不同鷹架，去引導學童進行探究學習；這樣的教學模式可以推廣給國小教師進行非制式教學時參考使用，也可以發展成學校本位課程。

二、研究目的

本研究結合肥皂工廠(非制式)和學校綜合活動課程，發展教學主題「肥皂洗溜溜」，進行體驗式探究鷹架教學，探討學童的科學探究能力。因此，本研究探討下列三個問題：1.「肥皂洗溜溜」的體驗式探究鷹架教學如何設計？2.不同探究能力學童學習的差異性為何？3.教師如何搭鷹架引導不同探究能力的學童進行探究學習？

貳、文獻探討

一、體驗式探究鷹架教學

Kolb在1984年所著的《體驗學習——體驗為學習成長的來源》(*Experiential learning: Experience as the source of learning and development*)中，主張學習是由體驗轉換以建構知識的過程。體驗學習可分為四個階段：直接的體驗、觀察與反思、形成抽象的概念、應用概念於新環境，形成一個四階段的體驗學習圈(experiential learning cycle)，這種動態是經由親身生活體驗而獲得知識的教學過程(謝智謀，2003)。Hong與Kao (2007)以Kolb (1984)所提的四階段體驗學習圈為基礎；參考National Research Council (NRC, 1996)所提出的科學探究教學模式的五個階段：1.學生圍繞科學性問題展開探究活動；2.學生獲得證據以幫助他們解釋和評量科學性問題；3.學生根據事實證據形成解釋，解答科學問題；4.學生經由比較其他可能的解釋，來評量自己的解釋；5.學生要溝通辯解他們所提出的解釋；Hong與Kao綜合兩者的看法，合併成為體驗式探究教學模式：1.體驗(experiencing)：藉由生活體驗，探究所發生的現象，並類化思考舉出相類似的例子；2.反思(reflecting)：根據類化的現象進行反思，舉出無此現象的例子；3.概念化(concepting)：綜合前面兩者，嘗試解釋為什麼會這樣，最後形成可理解的概念；4.應用(applying)：將歸納的這些概念應用於日常生活中；將體驗式探究教學模式整理如圖1所示。

Hong與Kao (2007), Lu, Hong與Chen (2007)針對自然與生活科技學習領域動手操作的科學性問題，利用體驗式探究教學設計教學模組，以肥皂工廠做為社區資源中心，在國小進行實驗教學，結果發現學童雖然有體驗探究，但「嚐試解釋以形成可理解的概念」發生困難，究其原因是因為綜合能力不夠，需要鷹架引導才能概念化。「鷹架」源自於Vygotsky之社會文化觀點，認為真正

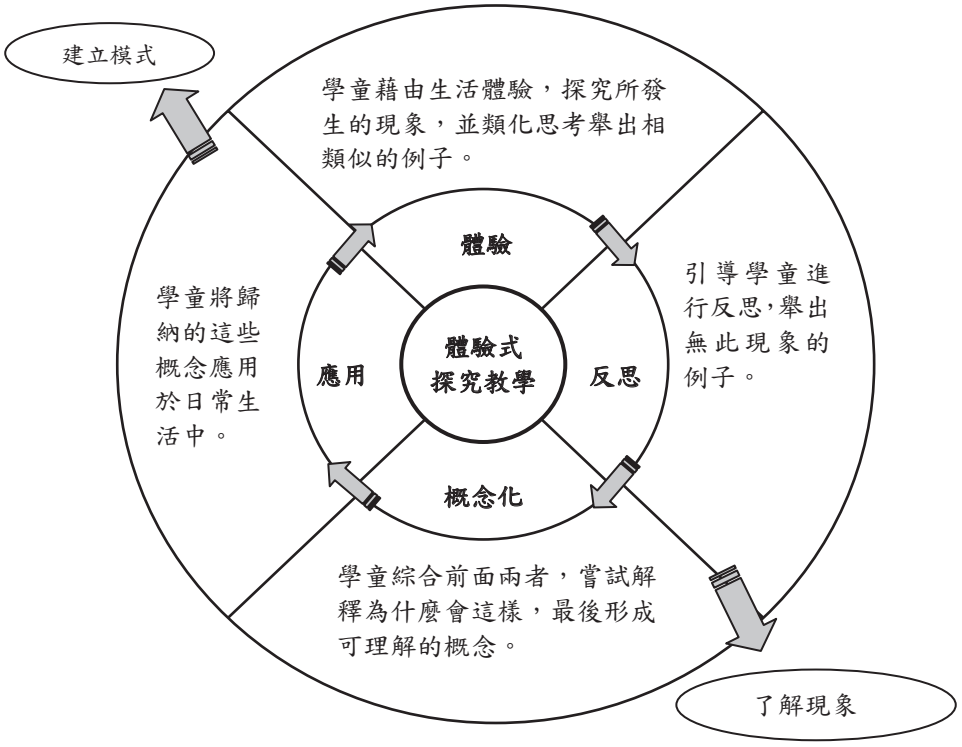

圖1：體驗式探究教學模式(引自Hong & Kao, 2007)

教學的地方是在「近側發展區」，藉著教師或同儕搭鷹架協助能力不足的學童，使學童能充分學習而內化探究的技巧，慢慢完成獨力學習(Vygotsky, 1978; Wilhelm et al., 2001)。Kaartinen與Kumpulainen (2002)根據Vygotsky社會文化的觀點，在教師提問的探究學習過程中，提出四種師生互動的向度：1.交談策略，著重於從交談而能解讀問題的狀況；2.邏輯過程，著重於提出原因、提出結果、提供證據；3.解釋的本質，著重於因果的解釋、描述的解釋、實例的解釋；和4.認知的策略，著重於使用證據、運用一個規則。盧秀琴、洪榮昭與蔡春微(2008)使用Kaartinen與Kumpulainen的師生互動向度發展「5Why」鷹架式提問教學，於「5Why」提問教學時融入四個鷹架引導，依序漸近，包含：1.提供思考方向，2.提供範例，3.提供答案，4.提供答案的解釋。洪榮昭與盧秀琴(2008)綜合體驗式探究教學和「5Why」鷹架式提問教學的鷹架理論，稱為體驗式探究鷹架教學，即教師在引導學生進行體驗式探究學習時，因學生的不同需求，依序漸進搭設1.提供思考方向，2.提供範例，3.提供答案，4.提供答案解釋等鷹架引導學童。盧秀琴(2009)進行社區資源結合體驗式探究鷹架教學法之初探，發現國小高年級學童能在肥皂工廠親身體驗，進行類化、反思、概念化與應用等深層的思考，並獲得科學概念和科學技能的學習。故本研究使用體驗式探究鷹架教學策略設計非制式科學教育課程，進行進一步的探討，著重於不同探究能力學童的鷹架引導。

二、利用社區資源實施非制式科學教育，和學校教育相輔相成

隨著社會不斷的轉型，社區意識普遍覺醒，學校開始將教學內容與學習活動，和社區資源相結合(余安邦，2001)。「社區有教室」是以學生所生活的社區之可能潛在資源做為學習的空間與材料，例如：社區內之人文、藝術、社會、自然資源，以及「在地的」民間工作場域，都可成為學生學習的教室，即是「社區總體營造」之理念，落實「學校社區化、社區學校化」之精神(余安邦)。有許多社區資源，例如：動物園、博物館、麵包工廠、肥皂工廠等，可成為現成的教學場所，教師可透過參觀訪問、專人解說導覽、體驗探索活動等引導學童學習，讓學童藉由操作、體驗與觀察，集中注意力進行有意義的學習(徐薇，1999；傅文全、盧秀琴，2003；游家政，1997；Ferreira, 2001; Lu, Hong, & Tseng, 2007)。

Hofstein, Bybee與Legro (1997)認為學校教育一般稱為制式學習，有固定場所如教室等，而博物館的學習或類似機構的學習，有別於學校的制式學習，都稱為非制式學習。Rennie與Stocklmayer (2003)以博物館內探究學習為例，定義非制式科學教育的學習，指出有意義的學習是一項累積的過程，包含連結與增強來自個人生活中的學習經驗，如家裡、社區、工作場所等，學習如何將經驗加以運用和連結。而離開學校的戶外教學大多數屬於體驗式(experience-based)學習策略，重點在於1.自然環境中現象的實地觀察，2.暴露於人群與各種想法中(Bruening, Lopez, McCormick, & Dominguez, 2002)。

九年一貫課程實施後，教學的方式朝向以解決問題為導向，引導讓學生透過實驗、報告、討論等方式進行(教育部，2005)；故教學場域已不再侷限於學校內的課室，教師們開始學習善用校外的教學資源；社區資源的非制式課程可融入既有的學校課程中，教學活動的實施是「學校教室」與「社區空間」雙軌並存的(張美珍，2009；盧秀琴等，2009)。如何利用社區資源實施非制式科學教育，和學校教育相輔相成呢？陳浙雲與余安邦(2003)認為學校與教師可以經由建立課程發展機制，進行社區踏查、建構社區資源教學網絡、與社區人士合作規劃課程架構、設計教學活動、實施協同教學、及活用教學與評量方法等步驟，將社區資源融入學校課程中加以實施。以「科學博物館」為例，其具有豐富的蒐藏品與展示物件，提供多樣化的展示與富彈性之實驗設計，可供學生進行探究與學習，其學習情境非一般學校環境可達到的，能有效的輔助正規教育(張美珍)。Paris, Yambor與Packard (1998)的研究顯示，將科學博物館教學活動融入學校教育課程中，學生對於學習的熱衷程度和問題解決能力，均有顯著的提升。Johnson (2005)也有類似的看法，認為博物館的學習是以學習者為中心，學習者是主動參與學習過程、新知識與意義的建構者，能彌補學校教育制式化課程的不足。

很多國小教師利用社區資源實施非制式科學教育，是使用體驗式探究鷹架教學策略的(盧秀琴，2009；Lu, Hong, & Chen, 2007)，Lu, Hong與Chen發現學童所生活的社區中，肥皂工廠是一個良好的非制式教育場所，因為肥皂工廠是一個很好的社區資源，能讓學童參觀和體驗如何做肥皂：皂化作用，並討論環保肥皂的社會議題，還能提供各種不同的肥皂讓學童進行探究學習；再搭配學校引導宣傳活動「用肥皂洗手預防新流感」，為使肥皂可以延長使用壽命而討論如何保存肥皂的議題，可以引導學童思考如何解決問題。

參、研究方法與流程

一、研究設計

(一)結合社區資源的體驗式探究鷹架教學設計

本研究結合肥皂工廠和學校綜合活動課程，設計國小五年級體驗式探究鷹架教學的主題探討——肥皂洗溜溜，分為四個活動和一個探究任務：洗手運動(4節)、皂化作用(在肥皂工廠教學，4節)、環保肥皂(在肥皂工廠教學，2節)、肥皂保存(4節)和肥皂疊疊樂(探究任務，4節)。

(二)進行教學與比較不同探究能力學童的學習

本研究選擇國小五年級三個班級做教學，時數為十八節課，自然科教師進行體驗式探究鷹架教學。在教學活動進行時，研究者3位和聘請5位國小教師共8位，平分成兩組，採用精釋法及Kappa分析(盧秀琴等，2008)，以科學探究學習能力檢核表(SILA)來檢核學童的探究學習能力，即進行所有課室觀察後，教師最後給每一位學生的探究技巧、探究態度和團隊探究各個題目勾選一個等級，說明學童的科學探究學習能力。

其次，教學前進行肥皂課程學習成就測驗(ATSC)的前測，教學後進行ATSC的後測，四週後進行ATSC的延宕後測，然後進行*F*檢定、以Scheffé法進行事後比較，比較不同科學探究學習能力學童的學習差異。

本研究主要在比較不同探究能力學童學習的差異性為何，著重於SILA量化資料的分析，ATSC量化資料為輔助說明，另外蒐集開放式問卷、課室觀察、學童訪談、小組報告及教師省思札記等資料；進行統計分析與詮釋性分析，以了解不同探究能力學童學習的差異性，以及教師如何搭鷹架引導不同探究能力的學童進行探究學習。

二、研究對象

研究者因地域之便做選擇，選取新北市大型W國小五年級學童當作樣本，以四年級自然科成績作篩選，選擇具有同質性(自然科成績沒有差異)的三個班級做為研究對象，共105位學童，其中男生51名，女生54名，分成18組，每組5-6人，都由同一位資深自然科輔導教師(教18年自然，非研究者)搭配班級級任教師進行教學，這位自然科輔導教師參與研究者主持的國科會計畫，接受四年體驗式探究鷹架教學的訓練，孰諳該教學技巧。研究對象與自然科輔導教師互動良好，根據研究對象獲得的SILA分數，將得分前27.0%稱為高分群(28人)，得分後27.0%稱為低分群(28人)，其他為中分群(49人)。學童家長的教育程度有一半為高中、高職以上的程度，社經背景為中等，一般性的各種職業都有。

三、研究工具

(一)科學探究學習能力檢核表(簡稱SILA)

本研究使用盧秀琴等(2008)編製的「科學探究學習能力檢核表」，目的在測試學童的科學探究學習能力，評量方式採Likert 5點量表(很差、差、普通、好、很好)，記分各為1, 2, 3, 4, 5分。SILA的Kappa值為 .87，分屬三個因數：探究技巧、探究態度和團隊探究等，總表Cronbach's α值為 .97，探究技巧、探究態度和團隊探究分量的Cronbach's α值分別為 .96, .96, .91，為可信賴的檢核表。

(二)肥皂課程學習成就測驗(簡稱ATSC)

根據九年一貫能力指標、教材認知細目和「肥皂洗溜溜」教學編製命題知識陳述，發展肥皂課程學習成就測驗，目的在測試學童是否了解肥皂課程的理解、應用和科學技能。本測驗的題型包含選擇和是非，共28題，選擇6位中等程度的高年級學童閱讀試卷，將題意不清的試題或選項予以修改以符合題意；聘請一位國立師範大學、兩位國立教育大學教科學教育和教化學的教授，一位國小自然科的資深教師，檢核ATSC理解、應用和科學技能等類別的適合性，一一修正後完成內容效度。隨機取樣新北市國小五年級216位學童施測，建立內部一致性KR_{21}值為 .82，難度介於 .22- .56，鑑別度介於 .28-.76，為一份有效的學習成就測驗，題目見附錄一。

四、資料之蒐集與處理

量化資料：SILA，由8位教師分成兩組，在教學活動中持續觀察學童，最後評量學童，採用精釋法及Kappa分析(盧秀琴等，2008)。另外，篩選SILA是高分群、中分群和低分群的學生，將其ATSC及各分量之前測、後測及延宕後測的成績，以SPSS中文13.0版進行F檢定並以Scheffé法進行事後比較。

質性資料：開放式問卷(每個教學活動結束時，出1題給全班學童寫，想要了解學童對於探究學習的看法)、課室觀察、學童訪談(每個教學活動結束或測驗後，訪談學童對於探究學習的看法)、小組報告(小組進行討論寫的報告)及教師省思札記(教師針對每個教學活動寫出自己的看法和反思)等資料；研究者全程參與整個研究，深入教學現場全程錄影，教學後進行學童的訪談。

所有質性資料採用紮根理論(Strauss & Corbin, 1998)進行分析，即所有質性資料進行編碼，將這些代碼組織成範疇與次範疇，再將這些範疇整理成概念，最後將這些概念配合量化資料形成主張，說明不同科學探究能力的學童之學習差異性，以及教師如何搭鷹架幫助其學習。為提升研究的可信賴度，參與本研究的八位成員(兩位教授、四位國小教師兼研究生、兩位全職研究生)不斷透過溝通、審視、評鑑所有質性資料等，進行三角校正，達到一致的共識。

肆、研究結果與討論

一、結合社區資源的體驗式探究鷹架教學設計

研究群討論，認為課程設計不能增加太多節課，避免增加師生的負擔；又想讓學童直接從社區資源獲得學習，所以課程設計是從學校為防止新流感傳染，推廣洗手運動做起，結合社區資源(肥皂工廠)，做體驗式探究鷹架教學設計，整理如表1所示。重點說明如下：學校的洗手運動引起學童思考為什麼肥皂可以洗滌髒污，接著到肥皂工廠(非制式教育)進行皂化作用和環保肥皂教學，讓學童體驗氫氧化鈉和油脂產生皂化作用後，其原有的化學性質改變成可以洗滌的性質；了解肥皂工廠製造的環保肥皂能自然分解而遊說家人使用環保肥皂，在學校討論如何延長使用肥皂壽命的策略，最後進行肥皂疊疊樂的探究任務，讓各組說明遇到的困難和如何解決問題。

再以活動一「洗手運動」為例說明概念認知陳述和可能的鷹架引導，整理如表2所示。重點說明如下：學生從事洗滌活動的體驗，能說明用水可以直接洗乾淨的髒污和一定要用肥皂才能洗乾淨的髒污有哪些；接

表1：「主題探討」的教學模組——肥皂洗溜溜之教學活動、學習目標和活動流程

教學活動	學習目標	活動流程
活動一 洗手運動 (4節)	⊙讓學童了解肥皂具有與水親近和與油親近的性質，會跟水和油污結合，一起被水沖走，能夠去除油污。	⊙學童體驗洗手，觀察水、肥皂各自能洗淨哪些髒東西，引導學童發現水無法洗淨油污，但肥皂能洗淨油污。 ⊙學童作水、油搖晃後分層實驗，但加入碎塊肥皂再搖晃時，發現水油之間混濁了，學童討論為什麼會這樣？
活動二 皂化作用 (肥皂工廠) (4節)	⊙讓學童了解強鹼物質加上油脂會起皂化作用，變成我們所使用的肥皂，但強鹼和油脂的化學性質不見了，變成可以洗去油污的性質。	⊙學童參觀肥皂工廠氫氧化鈉和油脂混合的熱製法，加速皂化作用，而洗鹼作用使肥皂不具有強鹼性，做好的環保肥皂可在自然環境中被分解。 ⊙專員指導學童做冷製法的皂化作用，解說皂化作用後，氫氧化鈉和油脂的化學性質都不見了，轉成肥皂的洗滌性質。
活動三 環保肥皂 (肥皂工廠) (2節)	⊙藉由討論，讓學童理解環保肥皂的概念，更進一步推廣家人使用環保肥皂。	⊙藉由肥皂工廠所提供之環保肥皂，引導學童討論環保肥皂不會污染生態環境的原因，進而體驗思考如何推廣環保肥皂給家人使用。
活動四 肥皂保存 (4節)	⊙讓學童了解物質變軟、變硬的可能原因，知道肥皂變硬是因為肥皂中的水份蒸發，使得肥皂變硬。相對的，肥皂中的水分太多，肥皂就會變軟。	⊙從事肥皂硬化的探究活動，體驗皂基和肥皂的差異，討論皂基如何變成肥皂，肥皂放久也會變硬嗎？又如何使肥皂變軟呢？ ⊙討論日常的生活品放置一段時間後，有的會變軟，有的卻會變硬，為什麼會這樣呢？學童能歸納水分進出物品的快慢，是使物體變軟或變硬的原因。
肥皂疊疊樂 探究任務 (4節)	⊙進行疊肥皂競賽，考驗學童是否能應用肥皂的軟硬度去疊高肥皂。	⊙說明疊肥皂實驗競賽的規則，強調要使用體驗式探究思考模式去解決問題。教師檢核學童如何贏得實驗競賽，請其發表贏得競賽的策略為何？

著做水和油的混合實驗，反思本來水和油不互溶的現象會被肥皂破壞而互溶；而能提出肥皂的性質是可以跟水親近，也可以跟油親近的概念，才能夠洗滌油污，最後應用在日常生活中，察覺哪些物品具有肥皂的洗滌性質。在活動進行中，會因學童的需要，教師會搭設鷹架，例如：提供思考方向(怎麼看有沒有洗乾淨？注意抹布的髒污顏色是否改變了？)提供範例(提供有分層和沒有分層的寶特瓶，給學童當作參考)，提供答案(肥皂能洗滌油污是因為用肥皂搓揉會產生泡沫)，提供答案的解釋(肥皂泡沫具有親水性，能夠和水結合；也具有親油性，能夠和油污結合)，搭鷹架是依其需要而自然搭設並沒有一定的順序性。

二、進行「肥皂主題探討」教學，不同科學探究能力的學童之比較分析

8位評量者分成兩組來評量每個學童SILA成績，將高分群、中分群和低分群的得分進行*F*考驗，檢視三組學童得分間的差異性，並以Scheffé法進行事後比較，整理如表3所示。

由表3得知，SILA高分群、中分群和低分群三組得分之間的差異，各組之間在分量表和總量表，皆達顯著水準($F = 350.55$, $F = 276.84$, $F = 355.68$, $F = 253.85$, $p < .05$)，顯示班級學童的科學探究學習能力，不論是探究技巧、探究態度或團隊探究，高分群、中分群和低分群，各組之間都具有顯著差異。

綜合兩組評量者的觀察，根據探究技

表2：活動一「洗手運動」之體驗式探究鷹架教學內容說明

體驗式探究教學	教學活動與概念認知陳述	可能的鷹架引導
體驗 ⊙教師提問： 1. 用水就可以直接把髒污清洗乾淨的有哪些？ 2. 有哪些髒污是用水不能清洗乾淨，可以用肥皂清洗乾淨的？	學生從事洗滌的體驗活動 ⊙能提出用水可清洗乾淨的髒污有粉筆灰、灰塵、醬油。 ⊙能提出必須使用肥皂清洗才能乾淨的髒污有油性筆、紅色墨水、油污。	1. 提供思考方向 怎麼看有沒有洗乾淨？注意抹布的髒污顏色是否改變了？
反思 ⊙教師提問： 1. 水和沙拉油放在一起搖晃後靜置，為什麼會分成兩層？ 2. 加入肥皂碎塊再搖晃後，為什麼水和沙拉油的分層就不見了？	學生做水和沙拉油混合實驗 ⊙能說明水和油不互溶，放在一起會產生分層現象。 ⊙能說明加肥皂碎塊會破壞水、油的不互溶現象，所以水和沙拉油的分層就不見了。	2. 提供範例 提供有分層和沒有分層的寶特瓶，給學童當作參考。 2. 提供範例 注意觀察兩種液體的介面。
概念化 ⊙教師提問： 1. 肥皂碎塊能和水結合嗎？能和沙拉油結合嗎？ 2. 肥皂具有什麼特性？可以洗滌清水洗不乾淨的油污？ 3. 介紹肥皂的乳化作用。	學生觀察肥皂碎塊的溶解 ⊙能說明肥皂碎塊能和水結合，也能和沙拉油結合。 ⊙能歸納肥皂能和水結合，也能和油污結合，所以能洗淨油污。	3. 提供答案 肥皂能洗滌油污是因為用肥皂搓糅會產生泡沫。 4. 提供答案的解釋 肥皂泡沫具有親水性，能夠和水結合；也具有親油性，能夠和油污結合。
應用 ⊙教師提問： 1. 市面上有哪些東西具有像肥皂的特性，可以用來洗滌油污？ 2. 為什麼潤髮乳不可用來洗去油污？它和肥皂的性質有什麼不同？	學生根據生活經驗思考回答： ⊙能提出洗髮精、洗衣粉等洗滌用品，它們具有像肥皂的性質。 ⊙能提出潤髮乳沒有肥皂的洗滌性質，而有滋潤頭髮的效果。	1. 提供思考方向 你什麼時候會使用潤髮乳，為什麼不是在洗頭髮之前使用？

巧、探究態度和團隊探究三個向度，比較不同科學探究能力的學童之主要探究特質的差異，整理如表4所示；簡要說明之，1.探究技巧：SILA高分群學童能結合所學知識與日常生活經驗，提出具體解決問題的方法；SILA中分群學童能結合知識與生活經驗，提出解決問題的方法，但需要教師提供較多鷹架，才能順利進行；SILA低分群學童進行探究時，比較直觀反應與回答，需要老師具體引導和示範說明。2.探究態度：SILA高分群學童能依據探究主題去蒐集、統整、分析相關資料，做出解釋；SILA中分群學童能依據探究主題去蒐集、分析資料，但解釋時會擔心跟原來認知不同，主觀以為自己做錯了；SILA低分群學童無法自己上網查資料，無法主動思考，直接看SILA中、高分群同學的答案。3.團隊探究：SILA高分群學童能針對探究主題、分配探究任務和責任制，和同儕一起解決問題；SILA中分群對問題的敏感度較弱，相信蒐集的資料，提出的策略多元化，且堅持己見；SILA低分群學童不太想跟別人合作，須教師在旁引導，帶著學童一起動手做，才能合作完成探究任務。

三、不同科學探究能力的學童在非制式科學教育(肥皂工廠)學習之比較分析

在非制式科學教育(肥皂工廠)進行教學後，本研究整理不同科學探究能力的學童，

表3：教學後評量學童SILA得分之比較分析

測驗	得分群組	人數	平均數	標準差	自由度	*F*檢定	Scheffé法事後比較
SILA	高分群(H)	28	94.11	8.33	(2, 102)	350.55	H:M, 27.11*
	中分群(M)	49	67.00	5.60			H:L, 44.89*
	低分群(L)	28	49.21	5.07			M:L, 17.79*
	總人數	105	69.49	17.78			
探究技巧	高分群(H)	28	34.04	3.40	(2, 102)	276.84	H:M, 9.46*
	中分群(M)	49	24.57	2.25			H:L, 16.25*
	低分群(L)	28	17.79	2.22			M:L, 6.79*
	總人數	105	25.29	6.53			
探究態度	高分群(H)	28	34.29	3.04	(2, 102)	355.68	H:M, 12.27*
	中分群(M)	49	22.02	3.19			H:L, 21.14*
	低分群(L)	28	13.14	2.52			M:L, 8.88*
	總人數	105	22.92	8.34			
團隊探究	高分群(H)	28	26.71	1.83	(2, 102)	253.85	H:M, 6.02*
	中分群(M)	49	20.69	1.37			H:L, 9.86*
	低分群(L)	28	16.86	1.92			M:L, 3.84*
	總人數	105	21.28	4.01			

*$p < .05$

表4：不同科學探究能力的學童之主要探究特質差異的比較

科學探究能力	SILA高分群學童	SILA中分群學童	SILA低分群學童
探究技巧	能結合所學知識與日常生活經驗，提出具體解決問題的方法。	能結合知識與生活經驗，提出解決問題的方法，但需要教師提供較多鷹架，才能順利進行。	進行探究時，比較直觀反應與回答，需要老師具體引導和示範說明。
	例如：疊肥皂時，知道把硬肥皂放下面，軟肥皂放上面，太軟的肥皂用吹風機烘乾讓它變硬，……。	例如：討論環保肥皂是否污染生態環境？需要教師提供「能不能自然分解，是判斷污染生態環境的重要因素」的鷹架。	例如：學生拿出墊板來搧肥皂，老師說明用吹風機吹乾頭髮，因為吹風機會放熱，所以可使用吹風機烘乾肥皂。
探究態度	能依據探究主題去蒐集、統整、分析相關資料，做出解釋。	能依據探究主題去蒐集、分析資料，但解釋時會擔心跟原來認知不同，主觀以為做錯了。	無法自己上網查資料，無法主動思考，直接看SILA中、高分群同學的答案。
	例如：調查市面酸、鹼、中性肥皂時，討論用廣用試紙檢驗肥皂的酸鹼性，整理資料後解釋用途。	例如：認為肥皂是鹼性的，當用廣用試紙檢驗肥皂是酸性時，主觀認為檢驗錯誤，自己修改答案為鹼性。	例如：要調查市面上有哪些東西具有像肥皂的特性，可以用來洗滌油污？同學無法調查與回答，直接抄襲答案。
團隊探究	能針對探究主題、分配探究任務和責任制，和同儕一起解決問題。	對問題的敏感度較弱，相信蒐集的資料，提出的策略多元化，且堅持己見。	不太想跟別人合作，須教師在旁引導，帶著學童一起動手做，才能合作完成探究任務。
	例如：共同擬訂探究主題，分配人員與任務，例如：誰將肥皂加水，誰進行堆疊，誰紀錄，……。	例如：討論肥皂保存策略，堅持要放在黑暗的地方，但無法說服其他小組人員，還是很堅持，最後由教師出面協調。	例如：對於肥皂工廠的探索，教師帶著學童觸摸皂基和肥皂，比較軟硬度差異後，讓學童合作寫學習單，……。

其開放式問卷回答的資料進行統計與分析，說明SILA高分群、中分群和低分群學童的探究學習之差異，整理如表5所示。

由表5發現，整體學童對於開放式問卷的回答以觀察到的「現象」最多，占48.8% (187人次)，其次是做肥皂相關的「性質」，占33.1% (127人次)，而做肥皂相關的「原理」則最少，占18.1% (69人次)，表示學童對於觀察得到的「現象」較容易表達看法，但對於較高層次的「原理」則很難想出來。就不同科學探究能力的學童分析，SILA低分群的學童回答「現象」的最多，占69.9% (79人次)，多著重於表面的觀察，例如：「讓皂基固定形狀，就做成肥皂」或「製作肥皂的過程是需要加熱的」。回答「性質」的占28.3% (32人次)，回答「原理」的最少，占1.8% (2人次)；SILA中分群的學童回答「現象」的仍然最多，占50.0% (84人次)，回答「性質」的有增加的趨勢，占39.2% (66人次)，他們能注意物質的改變，例如：「皂漿凝固後，就會變成皂基，皂基摸起來軟軟的跟陶土一樣」。回答「原理」的也有增加的趨勢，占10.8% (18人次)；SILA高分群的學童回答「現象」的最少占23.5% (24人次)，回答「性質」的占28.4% (29人次)，回答「原理」的最多，占

表5：不同SILA得分學童填寫的「工廠教學開放式問卷」之統計分析

題目	分類	學童填寫的答案做整理	高分群 %/人次	中分群 %/人次	低分群 %/人次
1. 在工廠裡上課，你最感興趣的是什麼？	現象	1. 皂漿加熱的時候很像岩漿。	14.3/4	18.4/9	25.0/7
		2. 煮皂漿的過程很有趣。	0	14.3/7	21.4/6
	性質	1. 皂基摸起來軟軟的，跟陶土一樣。	17.9/5	24.5/12	25.0/7
		2. 肥皂可以產生泡泡，泡泡會一直變大。	0	4.1/2	10.7/3
	原理	1. 牛油和氫氧化鈉一起煮就能皂化做成肥皂。	28.5/8	4.1/2	0
2. 在工廠裡上課，你最看得懂的是什麼？	現象	1. 讓皂基固定形狀，就做成肥皂。	21.4/6	24.5/12	42.8/12
		2. 在煮皂漿時，會冒泡泡。	0	14.3/7	7.1/2
	性質	1. 皂漿凝固後，就會變成皂基。	25.0/7	18.4/9	25.0/7
	原理	1. 煮皂漿需要加熱才能加速反應。	21.4/6	10.2/5	0
3. 在工廠裡上課，你最看不懂的是什麼？	現象	1. 煮皂漿不知道加了什麼東西煮，會冒泡泡？	17.9/5	24.5/12	42.8/12
		2. 為什麼南僑做的肥皂是咖啡色的？	0	16.3/8	28.5/8
	性質	1. 做香皂和做肥皂有不同的過程和成分。	21.4/6	24.5/12	0
		2. 透明的油加上氫氧化鈉攪拌轉變成乳白色。	7.2/2	4.1/2	7.1/2
	原理	1. 皂漿的製作過程，為什麼要加熱？	42.8/12	8.1/4	7.1/2
4. 對於肥皂工廠的探索，你學會什麼？	現象	1. 製作肥皂的過程是需要加熱的。	14.3/4	20.4/10	42.8/12
		2. 做肥皂時，有加氫氧化鈉進去。	14.3/4	20.4/10	14.3/4
	性質	1. 皂化作用是使用天然的油類。	10.7/3	16.3/8	25.0/7
		2. 可用動物油、植物油做肥皂。	0	16.3/8	0
	原理	1. 皂化作用的原理。	35.7/10	10.2/5	0
5. 對於肥皂的探索，你還想知道什麼？	現象	1. 為什麼皂漿臭臭的，但肥皂卻香香的？	3.5/1	10.2/5	42.8/12
		2. 做肥皂為什麼會產生泡泡？	0	8.1/4	14.3/4
	性質	1. 乳化作用是什麼？	10.7/3	10.2/5	21.4/6
		2. 可以起泡泡的東西，都可用來當肥皂嗎？	10.7/3	16.3/8	0
	原理	1. 為什麼作肥皂要抽出甘油？香皂不用？	46.4/13	4.1/2	0

48.1% (49人次)，顯示他們較傾向於提出高層次的知識歸納，也想要探究如何做肥皂，例如：「牛油和氫氧化鈉一起煮就能皂化做成肥皂」或「煮皂漿需要加熱才能加速反應」；或「為什麼作肥皂要抽出甘油？香皂不用？」。

四、不同科學探究能力的學童對於「肥皂主題」學習成就之比較分析

為了解不同科學探究能力學童的ATSC成績之差異性，篩選SILA是高分群、中分群和低分群的學生，將其ATSC前測、後測及延宕後測的成績，進行*F*檢定和Scheffé法事後比較，將結果分析呈現如表6所示。

從表6發現不同科學探究能力的學童，其ATSC前測成績無顯著差異($F = 0.27$, $F = 0.23$, $F = 0.25$, $F = 0.26$, $p > .05$)，表示教學前各組學生的學習背景(理解、應用、科學技能)具有同質性；在ATSC後測及延宕後測成績中，SILA高分群、中分群和低分群三組其ATSC得分之間達顯著水準分析如下：後測$F = 31.52$, $F = 18.47$, $F = 10.35$, $F = 10.39$, $p < .01$; 延宕後測$F = 13.18$, $F = 13.18$, $F = 6.07$, $p < .05$；但延宕後測的應用分量$F = 2.74$, $p > .05$。顯示教學後，SILA高分群學童的學

表6：教學後，不同SILA得分群學童的ATSC得分之比較分析

向度	項目	個數	前測			後測			延宕後測		
			平均	標準差	Scheffé法事後比較	平均	標準差	Scheffé法事後比較	平均	標準差	Scheffé法事後比較
ATSC	高分群(H)	28	14.68	4.26	H:M, 0.90	22.36	1.97	H:M, 0.00**	20.21	3.36	H:M, 0.03*
	中分群(M)	49	15.31	3.90	H:L, 0.98	19.00	2.74	H:L, 0.00**	18.16	2.87	H:L, 0.00**
	低分群(L)	28	14.89	3.01	M:L, 0.78	17.21	2.44	M:L, 0.01**	15.82	3.58	M:L, 0.01**
	Total	105	15.03	3.76	0.76	19.42	3.12	0.00**	18.09	3.56	0.00**
	*F*檢定			0.27			31.52			13.18	
理解	高分群(H)	28	6.32	1.83	H:M, 0.99	9.43	1.17	H:M, 0.00**	8.46	1.75	H:M, 0.33*
	中分群(M)	49	6.24	1.89	H:L, 0.81	7.69	1.64	H:L, 0.00**	7.43	1.61	H:L, 0.00**
	低分群(L)	28	6.00	1.89	M:L, 0.86	7.07	1.63	M:L, 231	6.21	1.60	M:L, 0.10**
	Total	105	6.20	1.86	.793	7.99	1.76	0.00**	7.38	1.83	0.00**
	*F*檢定			0.23			18.47			13.15	
應用	高分群(H)	28	5.86	2.00	H:M, 0.82	8.25	0.97	H:M, 0.00*	7.50	1.71	H:M, 0.39
	中分群(M)	49	6.10	1.53	H:L, 1.00	7.00	1.24	H:L, 0.00**	6.98	1.44	H:L, 0.70
	低分群(L)	28	5.89	1.47	M:L, 0.87	6.93	1.56	M:L, 0.72	6.50	1.75	M:L, 0.45
	Total	105	5.98	1.64	0.78	7.31	1.38	0.00**	6.99	1.63	.069
	*F*檢定			0.25			10.35			2.74	
科學技能	高分群(H)	28	2.71	1.58	H:M, 0.80	4.68	1.09	H:M, 0.38*	4.25	1.11	H:M, 0.24*
	中分群(M)	49	2.96	1.59	H:L, 0.99	4.31	1.10	H:L, 0.00**	3.76	1.07	H:L, 0.00**
	低分群(L)	28	2.79	1.34	M:L, 0.89	3.21	1.17	M:L, 0.00**	3.11	1.57	M:L, 0.90
	Total	105	2.85	1.52	0.77	4.11	1.24	0.00**	3.71	1.29	0.00**
	*F*檢定			0.26			13.39			6.07	

*$p < .05$; **$p < .01$

習成就，包含ATSC和理解、應用、科學技能分量，都較SILA中分群、SILA低分群學童的學習成就強，且持續一段時間，但延宕後測的「應用」分量則沒有差異。SILA中分群學童的ATSC學習成就較SILA低分群學童的學習成就強，且持續一段時間，但後測的「理解、應用」分量，延宕後測的「應用、科學技能」分量則沒有差異。為觀察學童對「肥皂主題」學習成就的主要表現，根據ATSC的理解、應用、科學技能等三個向度，繪製不同探究能力學童在前、後、延宕得分的變化曲線(成長曲線)，呈現如圖2所示。

從圖2可知，1.在「理解題」方面學習成效最好，SILA高分群學童獲得最多的學習(前後測平均相差3.11分，前測和延宕後測平均相差2.14分)，其次是SILA中分群學童獲得的學習(前後測平均相差1.45分，前測和延宕後測平均相差1.19分)，SILA低分群學童獲得的學習最少(前後測平均相差1.07分，前測和延宕後測平均相差0.21分)。2.在「應用題」方面的學習不如「理解題」，SILA高分群學童獲得最多的學習(前後測平均相差2.39分，前測和延宕後測平均相差1.64分)，其次是SILA低分群學童獲得的學習(前後測平均相差1.33分，前測和延宕後測平均相差1.01分)。SILA中分群學童獲得的學習最少(前後測平均相差0.90分，前測和延宕後測平均相差0.88分)。3.在「科學技能」方面的學習也不如「理解題」，SILA高分群學童獲得最多的學習(前後測平均相差1.97分，前測和延宕後測平均相差1.54分)，其次是SILA中分群學童獲得的學習(前後測平均相差1.35分，前測和延宕後測平均相差0.80分)，SILA低分群學童獲得的學習最少(前後測平均相差1.26分，前測和延宕後測平均相差0.80分)。

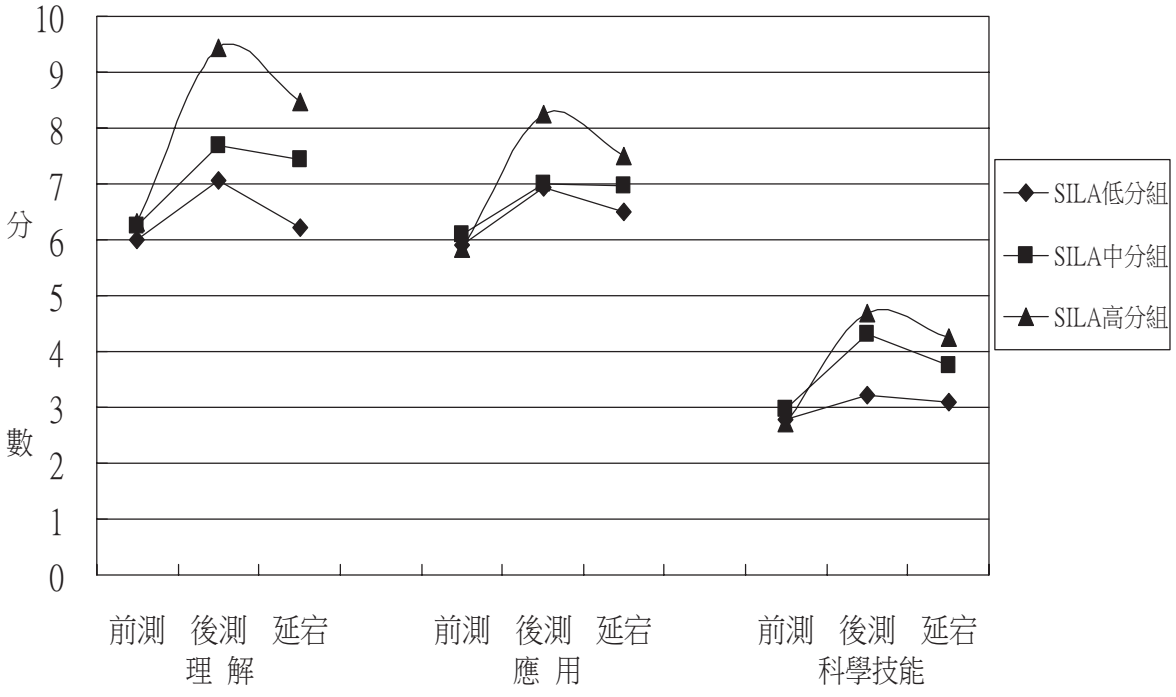

圖2：不同科學探究能力的學童在ATSC理解、應用、科學技能等得分的成長曲線

五、教師如何搭鷹架引導不同探究能力的學童進行探究學習

進行體驗式探究教學時，教師會視不同探究能力學童的學習狀況，靈活的搭設鷹架引導他們學習。蒐集課室觀察、學童晤談、小組報告及教師省思札記等資料，進行詮釋性分析，提出以下的看法：

(一)SILA高分群學童的鷹架引導：主要在於提供思考方向

SILA高分群學童在非制式科學教育進行體驗與探索時，教師的鷹架引導主要在於提供思考方向，學童就能自主性的體驗、反思、概念化和應用。例如：活動一洗手運動，教師提供思考方向的鷹架為「為什麼肥皂可以洗淨油污？它有什麼特殊的地方？」發現SILA高分群學童就能自己查資料，探討出肥皂具有與水親近和與油親近的性質而能洗淨油污(課室觀察)。活動二皂化作用(肥皂工廠)，教師提供思考方向的鷹架為「氫氧化鈉是強鹼，油脂很油膩，為什麼做出來的肥皂不具有強鹼性，而且能洗淨油污？」；發現多數SILA高分群學童能在工廠體驗探索，歸納出主要概念：「油脂碰到氫氧化鈉後，油脂和氫氧化鈉的性質都不見了，改變成可以洗滌的性質，就是肥皂的性質，所以稱為皂化作用」($S_{高19，高23}$學童晤談)。活動三環保肥皂(肥皂工廠)，教師提供思考方向的鷹架為「為什麼環保肥皂不會污染生態環境，而含有化學活性介面劑的肥皂就會污染環境？」多數SILA高分群學童能會反思「將回鍋油做成有機肥皂，就不會污染環境」，並說明：「回鍋油做成的肥皂是有機的，肥皂水流入下水道後會自然分解，不會污染環境」($S_{高61，高72}$小組報告)。活動四肥皂保存，教師提供思考方向的鷹架為「水分的蒸發如何影響物質會變軟，還是會變硬呢？」，多數SILA高分群學童能歸納出「物品內的水分蒸散出來就會使物品變硬，水分跑進物品內就會使物品變軟」(課室觀察)。肥皂疊疊樂探究任務，教師提供思考方向的鷹架為「是否能應用肥皂的軟、硬度去疊高肥皂？」，多數SILA高分群學童報告使用的策略有「硬的肥皂要放下面，兩塊肥皂接觸面要平滑，軟的肥皂加水就能黏住硬肥皂，再用吹風機烘乾」($S_{多數高分群}$小組報告)。

(二)SILA中分群學童的鷹架引導：提供思考方向、提供範例、提供答案

SILA中分群學童在非制式科學教育進行體驗與探索時，其探究能力不如SILA高分群學童，當教師給予「提供思考方向、提供範例」的鷹架引導時，SILA中分群學童能自主性的體驗、反思，但在概念化和應用方面，教師還需給予「提供答案」的鷹架引導，SILA中分群學童才能獲得學習。例如：活動一洗手運動，教師除了給提供思考方向(跟SILA高分群學童相同)的鷹架外，還會給予「提供範例」的鷹架為「油水分層的寶特瓶和油水加肥皂混合的寶特瓶」提供觀察，發現SILA中分群學童能說出「油水會分層是因為油和水不互溶，加上肥皂會降低油水的分層」($S_{多數中分群}$小組討論)；但教師尚需搭設提供答案「肥皂具有能與水親近，也能與油親近的性質」的鷹架引導，則多數SILA中分群學童能說出「肥皂能洗淨油污是因為肥皂泡能與水親近，也能與油污親近」(課室觀察)。活動二皂化作用(肥皂工廠)，教師主要搭設「提供範例」的鷹架為「南僑水晶肥皂是氫氧化鈉攪拌油脂做成的，肥皂卻能洗淨油污，代表肥皂性質改變了」，還要搭設「提供答案」的鷹架

為「氫氧化鈉和油脂攪拌在一起，稱為皂化作用」，則多數SILA中分群學童能回答：「油脂加上氫氧化鈉會產生皂化作用」(課室觀察)。活動三環保肥皂(肥皂工廠)，教師主要搭設「提供範例」的鷹架為「回鍋油又髒又油膩，加入氫氧化鈉卻能做出來環保肥皂來」，還要搭設「提供答案」的鷹架為「回鍋油和氫氧化鈉結合可做成有機肥皂，能夠自然分解，不會污染自然環境」，則第二組SILA中分群學童上台報告：「回鍋油很油、很髒，吃下去對身體有害，把回鍋油做成肥皂後，這種肥皂可以洗乾淨很多東西，肥皂泡能夠自然分解」($S_{多數中分群}$小組報告)。活動四肥皂保存，教師主要搭設「提供範例」的鷹架為「肥皂、麵包放久會變硬，餅乾放久卻會變軟」，還要搭設「提供答案」的鷹架為「肥皂保存需要放置在乾燥的地方，肥皂才會變硬」，則多數SILA中分群學童則能歸納出「肥皂變硬是因為肥皂放很久沒有洗，水分從肥皂裡面蒸散出來了」(師省思札記)。肥皂疊疊樂探究任務，教師主要搭設「提供範例」的鷹架為「硬的肥皂比軟的肥皂能承受重力，放在下面比較能支撐重量」，還要搭設「提供答案」的鷹架為「防止疊好的肥皂倒下來可以將肥皂黏起來」，則多數SILA中分群學童使用的策略有「硬的肥皂放下面，用水搓每塊肥皂，將所有肥皂黏起來；用吹風機來回吹疊好的肥皂」($S_{多數中分群}$小組報告)。

(三)SILA低分群學童的鷹架引導：提供思考方向、提供範例、提供答案、提供答案的解釋

SILA低分群學童接受體驗式探究鷹架教學時，被教導要體驗、反思，還要概念化，感覺很複雜，多數SILA低分群的學童對於簡單的問句才能回答，如教師問：「請問手髒了，你會用什麼來洗手才會乾淨？」但對於歸納性的提問則顯得陌生，如教師問：「必須用肥皂才能清洗乾淨的髒東西，這些髒東西會有什麼共同的特性？」多數SILA低分群學童只能回答「髒髒的、油墨、口紅……等」(課室觀察)。所以，整個教學過程，教師會帶領SILA低分群學童一起進行體驗與探究，看情形適時搭設「提供思考方向、提供範例、提供答案、提供答案的解釋」的鷹架引導。例如：活動一洗手運動，教師會帶領SILA低分群學童一起體驗用肥皂洗手上的油墨，並給予「提供答案解釋」的鷹架為「用肥皂洗沾油墨的手，看到肥皂泡變髒了，手變乾淨了，因為肥皂泡會跟油墨結合，然後被水沖走，油墨就不會留在手上，手就變乾淨了」，多數SILA低分群學童能說出「用肥皂能洗乾淨手上的油墨，因為肥皂泡變髒了」(課室觀察)。活動二皂化作用(肥皂工廠)，教師會帶領SILA低分群學童一起體驗使用廣用試紙測試氫氧化鈉、油脂和肥皂的酸鹼性，再搭設「提供思考」的鷹架為「廣用試紙碰到氫氧化鈉變深藍色，碰到油脂變綠色，碰到肥皂變藍綠色，這代表什麼意思」？則多數SILA低分群學童能回答：「氫氧化鈉是強鹼，油脂是中性，肥皂是弱鹼」(教師省思札記)。活動三環保肥皂(肥皂工廠)，教師會帶領SILA低分群學童一起體驗用回鍋油做肥皂，再搭設「提供答案」的鷹架為「回鍋油又髒又油膩，加入氫氧化鈉卻能做出來環保肥皂來」，則發現多數SILA低分群學童會將工廠已經做好的環保肥皂拿去洗手(教師省思札記)。活動四肥皂保存，教師會帶領SILA低分群學童一起體驗放置一段時間的餅乾、肥皂之硬度，再搭設「提供範例」的鷹架為「肥皂放久會變硬，餅乾放久卻會變軟」，及搭設「提供答案解釋」的鷹架為

「餅乾盒打開後，空氣中有水氣就會跑進餅乾裡，所以餅乾會變軟，……」則發現多數SILA低分群學童能說明：「餅乾變軟是因為空氣中有水氣跑進去餅乾裡面」($S_{多數低分群}$小組報告)。肥皂疊疊樂探究任務，教師會帶領SILA低分群學童一起體驗疊肥皂，再搭設「提供範例」的鷹架為「硬的肥皂放在下面，軟的肥皂放在上面，比較不會倒下來」，及搭設「提供答案解釋」的鷹架為「硬的肥皂比較能載重，不易變形，要放在下面，軟的肥皂容易變形，要放在上面，才不會因為變形而倒下來」，則多數SILA低分群學童使用的策略有「硬的肥皂放下面，軟的肥皂放上面；用膠水黏肥皂，用墊板搧肥皂」($S_{多數低分群}$小組報告)。

六、綜合討論

本研究發現，以肥皂工廠當作社區資源，進行「肥皂洗溜溜」的體驗式探究鷹架教學，學童能獲得科學探究能力(探究技能、探究態度和團隊探究)和科學學習(理解、應用、科學技能)，尤其是**SILA**中高分群的學童獲得較多。究其原因，教師使用體驗式探究鷹架教學，首重在親身體驗，學童親身體驗一塊普通的肥皂有這麼多的學問，例如為什麼肥皂能洗去油污，水就不行？在肥皂工廠親身體驗「皂化作用」後，能反思氫氧化鈉和食用油加熱反應後，為什麼原來氫氧化鈉和食用油的化學性質就會改變呢？這些提問引起學童探究的興趣，也改變他們的思考模式，除能類化思考相同的現象外，也能從相反方向去思考無此現象的內容，這有助於**SILA**中高分群的學童歸類整理所有相似、相反的現象或性質，找出同類的共通性，即歸納出某些概念或原則出來，如肥皂具有親水性，也具有親油性，所以能洗去油污。Hong與Kao (2007)指出體驗式探究教學法能促進國小學童概念與原則的學習，學童從日常生活的事例或現象，學習舉證正、反兩面的事例，並從這些事例中歸納某些屬性，找出概念與原則出來。Lu, Hong與Chen (2007)更說明學童去體驗、探索一個新的現象時，引導類化思考討論相類似的現象，再引導反思無此現象的舊經驗，經由正反兩個事例，能促使學童融合新、舊經驗，將所學概念化，產生概念上的學習遷移。

在體驗式探究鷹架教學的過程中，結合「體驗」與「探究」兩個主要的元素，而社區資源常作為一種延伸學童體驗學習的有效方法(Ferreira, 2001)。在肥皂工廠有專業人員引導學童探究肥皂主題，先參觀熱製法的肥皂製作過程，再體驗冷製法的皂化作用(親自攪拌氫氧化鈉和熱牛油後，觀察化學性質的改變)，最後有獎徵答刺激學童整理自己的科學探究和科學學習。結果發現學童所提出的以看到的「現象」最多，尤其是**SILA**低分群的學童，如皂漿(氫氧化鈉和牛油)加熱時很像岩漿在冒泡，其次是能理解的「性質」，如皂漿凝固後就會變成柔軟的皂基，最少的是能概念化的「原理」，多數是由**SILA**高分群的學童提出的，如牛油和氫氧化鈉能產生皂化作用做成肥皂。這是可理解的，正如很多學童都能看到蓮葉表面水珠滾動的「現象」，但要理解蓮葉的奈米表面結構造成疏水性的「原理」就困難很多(國立科學工藝博物館，2009)。肥皂工廠能協助學校教育的延伸學習，使肥皂主題加深加廣，因為肥皂工廠方便學童容易觀察煮皂漿的現象，再驗證氫氧化鈉和熱牛油混合成皂漿後，化學性質會改變，較能理解「皂化作用」的原理。

Crawford (2000)鼓勵教師應提供學童挑戰的任務，鼓勵學童經由探究學習來完成任務；這正符合本研究的精神，從「肥皂疊疊

樂」的競賽活動，能夠看出不同科學探究能力的學童如何解決堆疊肥皂的問題。結果發現**SILA**高分群的學童能思考如何使下層的肥皂變硬、兩層肥皂如何黏合的技巧，並能發表挑戰成功的策略；**SILA**中分群的學童思考解決策略較多樣化，但不一定可行，需要教師的引導而達成任務；**SILA**低分群的學童則處於被動狀態，看別人做，當自己做時，則用膠水黏肥皂，屬於制式化的思考模式，可見**SILA**中低分群的學童需要教師較多的鷹架引導，才能激發他們的潛在能力。蔡執仲、段曉林與靳知勤(2009)說明探究活動是要求學生解決問題，而問題解決的過程是屬於高層次的認知活動，相對而言遭遇挫折的機會較高，所以教師必須鼓勵學生對目標有所堅持，並確認學生能確實達成教師的要求。本研究要求每一組都要達成「肥皂疊疊樂」的任務，不管使用多少時間，結果發現學童較能發揮潛能，思考教師給予的各種鷹架引導，尋找黏合肥皂和鞏固底層的策略，最後達成任務。

伍、結論與建議

一、結論

學校本位課程的新意涵是結合學校外的社區資源來協助教學，對於利用社區資源進行教學，一般教師主要是實施自然解說，對於高層次的科學素養，如思考智能等教學目標常被忽視。有鑑於此，本研究以體驗式探究鷹架教學來提升探究學習，引導學生做深層的思考，能彰顯學童的思考智能和解決問題。即學校教育因為要預防新流感傳染而發起洗手運動，引導學童思考為什麼要用肥皂洗手？而帶領學童到「肥皂工廠」去解惑，去體驗、探究學習皂化作用、環保肥皂，了解自己每天都在用的肥皂原來是用食用油和氫氧化鈉製造出來的，也了解洗滌的原理和思考「環保肥皂」能自然分解對大自然的意義。比較不同探究能力學童的學習發現：

1. 多數SILA高分群的學童較能在肥皂工廠主動學習和獨立探究，觀看皂化鍋加熱反應而體驗「皂化作用」，觀察「環保肥皂和介面活性劑」而思考「不會污染大自然的意義」，比較「食用油、氫氧化鈉和肥皂」化學性質的差異而能歸納一些概念，如肥皂親水又親油而能洗滌油污；並能將肥皂保存的原理應用在堆疊肥皂產生的問題上。
2. 多數SILA中分群的學童在肥皂工廠探究時，對問題的敏感度較弱，觀察到的以「現象」居多，因為現象最容易被觀察而描述出來，學習的過程需要教師的鷹架引導，如教師引導觀察「氫氧化鈉、牛油」和「皂漿、皂基」兩者化學性質的不同而能理解皂化作用的定義。他們提出的解決策略較多元化，但不一定能成功的解決問題。
3. 多數SILA低分群的學童在肥皂工廠探究時，較不合群而常處於被動狀態，他們在工廠大都只看到「現象」，如皂基摸起來軟軟的，思考制式化，如使用膠水黏肥皂；需要老師不斷具體的引導、舉例說明和帶領著一起做，如教師帶領使用工廠肥皂洗手，觀察所產生的肥皂水可被微生物自然分解，所以不會污染環境。

二、建議

本研究發現體驗式探究鷹架教學，能讓學童在肥皂工廠裡進行體驗、類化和反思的學習，親身體驗「皂化作用」後，更了解「皂化」的性質使肥皂變成親水性和親油性，所以可以洗滌髒污；其次，專業人員強調「環保肥皂」產品，讓學童明白目前合成

化學能大量製成各類型的界面活性劑，為洗滌劑提供廉價服務，但這些界面活性劑，不易分解而殘存於下水道、湖泊、河川和海洋中，造成對生態環境的破壞。讓學童能比較「環保肥皂」和「界面活性劑」的差異，而能提出「環保肥皂容易被微生物分解，不會引起河流、湖泊和下水道的污染問題」的概念；而能反思回鍋油的再利用價值，這是一種很重要的副學習，在一般的學校教育較難體驗到，但在肥皂工廠裡就容易體驗、探究與學習，故到肥皂工廠進行主題學習是有其意義和價值性的。

學童在肥皂工廠探究，觀察到的以「現象」最多，尤其以探究能力低分群的學童為最，其次是「性質」，最少為「原理」，以探究能力高分群的學童較多。當我們帶領學童到社區資源進行探究學習時，可以根據不同的探究能力設計不同的學習單，讓探究能力高的學童直接跟著專業人員進行探究學習，這樣他們能獨立自主的學習，探究能力中低等的學童跟著教師，教師可以因地制宜的搭設鷹架幫助他們進行探究學習。

誌謝

本研究能夠順利完成，首先感謝行政院國家科學委員會的經費支持(NSC95-2511-S-152-003-MY3, NSC98-2511-S-152-010-MY3)；其次，感謝某國小資深自然科輔導教師的支援教學，新北市大型國小共三個班級學生的配合；最後，感謝本研究群的辛苦參與，幫忙建立研究工具的信效度、個案學生的訪談記錄和各種質性資料的分類整理。

參考文獻

1. 王盈丰(2004)。談博物館的科學教學設計。收錄於陳文典(編著)，**科學課程論述**(II)(頁35-44)。臺北市：教育部。
2. 余安邦(2001)。**臺北縣社區有教室方案學習成果輯**。臺北縣：臺北縣政府。
3. 林明良、夏日新(2001)。**東台灣自然與人文戶外合科教學過程與教材的發展**(台(90)中(一)字第90166049號)。臺北市：教育部。
4. 洪振方(2003)。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。**高雄師大學報**，**15**(3)，641-662。
5. 洪榮昭、盧秀琴(2008)。**水晶計畫：以工廠為資源中心之教學成效研究**(NSC95-2511-S-152-003-MY3)。臺北市：行政院國家科學教育委員會。
6. 徐薇(1999)。**台北縣國民小學教師運用社區教學資源之調查研究**。未出版之碩士論文，國立花蓮師範學院國民教育研究所，花蓮市。
7. 國立科學工藝博物館(2009)。**奈米新世界——自然界的奈米現象—蓮葉效應—瞭解原理**。查詢日期：2009年6月14日，檢自http://nano.nstm.gov.tw/02nature/nature03.asp。
8. 張美珍(2009)。國小教師運用科學博物館實施科技教育課程探析。**生活科技教育月刊**，**42**(2)，36-49。
9. 張惠博(2008，12月)。**臺灣非制式教育之省視**。發表於非制式科學教育國際研討會。臺北市：國立彰化師範大學。
10. 教育部(2005)。**國民中小學九年一貫課程綱要——自然與生活科技學習領域**。臺北市：作者。
11. 教育部(2006)。自然與生活科技學習領域課程綱要。收錄於教育部(編著)，**國民中小學九年一貫課程課程綱要——自然與生活科技學習領域**(頁16)。臺北市：作者。
12. 陳文典(2002)。國民中學「自然與生活

科技」主題探討系列：認識天氣。收錄於教育部(編著)，**教學創新九年一貫課程——自然與生活科技領域教學示例**(頁7-14)。臺北市：教育部。

13. 陳浙雲、余安邦(2003)。社區有教室：九年一貫課程與社區學校化的實踐。**教育資料與研究**，**54**，33-46。
14. 傅文全、盧秀琴(2003)。國小實施「鄉土教學活動」之研究：以新莊運動公園為例。**國立臺北市立師範學院學報：數理科技教育類**，**16**(2)，135-160。
15. 游家政(1997)。社區資源在教學上的運用。**國教園地**，**59/60**，63-69。
16. 靳知勤(1995)。非制式科學教育研究的現況與展望——一九九五美國科學教學研究學會紀實。**博物館學季刊**，**9**(4)，71-79。
17. 蔡執仲、段曉林、靳知勤(2009)。巢狀探究教學對國二學生覺知教師溝通行為改變之探討。**課程與教學**，**12**(3)，129-152。
18. 盧秀琴(2009)。社區資源結合體驗式探究鷹架教學法之初探。**國民教育**，**50**(1)，76-83。
19. 盧秀琴、柯琳耀、洪榮昭(2009)。運用社區資源實施5Why鷹架式提問教學活動。**教育實踐與研究**，**22**(2)，1-32。
20. 盧秀琴、洪榮昭、蔡春微(2008)。"5Why"鷹架式提問提升國小學生學習成就與科學探究學習能力之研究——以「如何做麵包？」教學模組為例。**科學教育學刊**，**16**(4)，395-413。
21. 謝智謀(2003)。另類學習方式——體驗學習。**教師天地**，**127**，6-15。
22. Bruening, T. H., Lopez, J., McCormick, D. F., & Dominguez, D. R. (2002). Active learning: The impact on students participating in an extended field trip to Puerto Rico. *Journal of Agricultural Education*, *43*(4), 67-75.
23. Crawford, P. (2000). *Self directed learning unit – Muresk institute of agriculture*. Retrieved June 1, 2009, from http://lsn.curtin.edu.au/tlf/tlf2000/crawford.html
24. Ferreira, M. (2001). Building communities through role models, mentors, and hands-on science. *School Community Journal*, *11*(2), 27-37.
25. Hofstein, A., Bybee, R. W., & Legro, P. L. (1997). Linking formal and informal science education through science education standards. *Science Education International*, *8*(3), 31-37.
26. Hong, J.-C., & Kao, J.-Y. (2007, May). *The crystal project: A study of inquiry-based science and technology learning in manufacturing settings*. Paper presented at the Redesigning Pedagogy: Culture, Knowledge and Understanding Conference. National Institute of Education, Singapore.
27. Johnson, C. (2005). Science centers as learning environments: Defining our impact. *Dimensions*, *November/December*, 3-5.
28. Kaartinen, S., & Kumpulainen, K. (2002). Collaborative inquiry and the construction of explanation in the learning of science. *Learning and Instruction*, *12*(2), 189-212.
29. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
30. Lu, C. C., Hong, J. C., & Chen, C. C. (2007, May). *Experiential inquiry-based teach-*

ing module of the creative teaching "shuei-jing soap cleaning". Paper presented at the Asian Conference on Creativity Development. Taipei, Taiwan.

31. Lu, C. C., Hong, J. C., & Tseng, Y. C. (2007, May). *Research on using D.I.Y. bread making course as inquiry-based teaching module in the elementary school*. Paper presented at the Asian Conference on Creativity Development. Taipei, Taiwan.
32. National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
33. Paris, S. G., Yambor, K. M., & Packard, B. W.-L. (1998). Hands-on biology: A museum-school-university partnership for enhancing students' interest and learning in science. *The Elementary School Journal*, *98*(3), 267-288.
34. Piaget, J. (1967). The mental development of the child. In J. Piaget & D. Elkind (Eds.), *Six psychological studies: With an introd., notes and glossary* (pp. 3-8). New York: Random House.
35. Rennie, L., & Stocklmayer, S. M. (2003). The communication of science and technology: Past, present and future agendas. *International Journal of Science Education*, *25*(6), 759-773.
36. Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
37. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
38. Wilhelm, J., Baker, T., & Dube, J. (2001). *Scaffolding learning. Adapted from strategic reading: Guiding students to lifelong literacy*. Retrieved August 8, 2005, from http://www.myread.org

附錄一：肥皂課程學習成就測驗(ATSC)

一、是非題

□1. 肥皂和沐浴乳都有去污的功用，所以製作的材料是相同的。
□2. 回鍋油很髒，所以沒有利用的價值。
□3. 使用環保肥皂後，所產生的肥皂水可以被自然分解，不會造成環境的二次污染。
□4. 皂化作用是指油脂和酸性的物質攪拌混合，產生化學變化的過程。
□5. 肥皂放在空氣中會變硬，是因為肥皂的水分跑掉了。
□6. 水和油混合產生分層，表示水和油不互溶。
□7. 肥皂和肥皂之間加點水，就可以讓兩塊肥皂黏在一起。
□8. 肥皂能洗滌油污，是因為肥皂具有親水性和親油性。
□9. 使用醬油和鹼性物質混合，可以做出肥皂。
□10. 我們平常使用的肥皂是弱鹼性的。
□11. 我們參觀的肥皂工廠所製造的肥皂是屬於環保肥皂，不會污染環境。

二、選擇題

□1. 下列哪一樣東西<u>不能</u>拿來當作洗劑？ (1)無患子(2)肥皂(3)皂基(4)沙拉油。
□2. 下列哪一項是肥皂的性質？(1)將肥皂摔到地上不會變形(2)肥皂可以洗掉油漆(3)肥皂摸起來滑滑的(4)將肥皂泡在水裡不會變軟。
□3. 下列哪一項物品，<u>不可以</u>拿來做成肥皂的材料？(1)植物油(2)汽油(3)動物油(4)動物油和植物油混合。
□4. 肥皂可以用來做什麼？(1)洗滌(2)雕刻(3)吹泡泡(4)以上皆可。
□5. 近年來政府提倡民眾利用廚餘自製肥皂，請問使用哪一種廚餘加入強鹼可以製成肥皂？(1)餿水(2)剩菜(3)回鍋油(4)果皮殘渣。
□6. 肥皂和香皂的<u>不同</u>是下列哪一項性質？ (1)肥皂中保留較多的油脂 (2)香皂中保留較多的油脂(3)香皂不用加入鹼性物質(4)肥皂的味道比較香。
□7. 肥皂是利用天然的油脂和下列哪一種物質產生皂化作用所生成的？(1)氫氧化鈉(2)食鹽(3)甘油(4)醋酸。
□8. 皂漿經過脫水，尚未加工成為我們所使用的肥皂之前，稱為什麼？(1)皂油 (2)皂化 (3)皂精(4)皂基。
□9. 若使用廣用試紙來測試肥皂水時，會發現廣用試紙變成什麼顏色？(1)紅色(2)綠色(3)藍色(4)黃色。
□10. 物質最好在怎樣的狀態下，用廣用試紙測試酸鹼性最方便？(1)固體(2)液體(3)氣體(4)以上皆可。
□11. 為什麼肥皂具有洗滌油污的效果？(1)能和油污及水結合(2)具有鹼性的關係(3)產生很多泡泡(4)滑滑的能去污。
□12. 進行皂化作用的過程，為什麼要加熱？(1)所有的實驗都要加熱(2)加速化學反應(3)使做出來的肥皂較香(4)加熱反應是錯誤的。

□13. 下列哪一種情況下，就算用肥皂也洗不乾淨？(1)沾到巧克力的手(2)油膩的碗盤服(3)沾滿泥土的褲子(4) 沾到油漆的衣服。
□14. 下列哪一樣東西放久了也不會變硬？(1)泥漿(2)饅頭(3)餅乾(4)肥皂。
□15. 下列哪一項不能幫助肥皂疊高？(1)硬的肥皂放在下面(2)兩塊肥皂用水黏合(3)用吹風機把肥皂吹乾(4)用水把肥皂泡軟。
□16. 肥皂放久了會變硬的原因是什麼？(1)肥皂中的水分蒸發了(2)吸收了空氣中的水分(3)肥皂變小就會硬了(4)皂化作用的影響。
□17. 日常生活中哪一樣東西的酸鹼性跟肥皂水一樣？(1)烏龍茶(2)礦泉水(3)檸檬水(4)糖水。

根據Bloom的認知領域六個概念，取其中理解、應用兩個向度，加上科學技能等共三個向度，做為雙向細目表的依據，其中理解包含知識、記憶，應用包含統整。

題號／內容／題目	理解	應用	科學技能
一、如何製作肥皂			
1. 製作肥皂的材料	1-1	2-3	
2. 皂化作用	1-4	2-7	2-12
3. 肥皂的種類與性狀	2-6	1-9	
二、肥皂的洗滌、性質與應用			
1. 肥皂的洗滌	1-8, 2-11	2-1, 2-13	
2. 肥皂的性質	1-6, 1-10, 2-2		
3. 肥皂的應用		2-4	2-8
4. 物質酸鹼性的辨識	2-9	2-17	2-10
三、環保肥皂的概念			
1. 回鍋油的用途	2-5	1-2	
2. 環保肥皂的優點	1-3	1-11	
四、應用肥皂的性質作堆疊遊戲			
1. 物質軟硬度的改變	1-5	2-16	2-14
2. 肥皂堆疊技能			1-7, 2-15
小計(題)	12	10	6

科學教育學刊
2011, 第十九卷第四期, 359-381

Chinese Journal of Science Education
2011, 19(4), 359-381

Practical Experiential Inquiry-Based Scaffold Teaching Method Used in Non-Standard Science Education – A Comparative Study of Children with Different Science Inquiry Learning Ability

Chow-Chin Lu[1], Jon-Chao Hong[2] and Yueh-Yun Chen[3,*]

[1]Department of Natural Science Education, National Taipei University of Education
[2]Department of Industrial Education, National Taiwan Normal University
[3]New Taipei City Sioushan Elementary School

Abstract

In this research, we used *practical experiential inquiry-based scaffold teaching* in informal science education teaching about the soap industry, which was a community resource we wished to use in school lessons. Unlike basic hand-wash activities, we designed a "Soap" teaching lesson. The designed lesson comprised four activities and an extended exercise. We used 105 fifth grade students as our research subjects, and used the Science Inquiry Learning Ability assessment (SILA) and the Achievement Testing of Soap Course (ATSC) to measure their learning over the teaching lessons and to compare the difference in learning between students with different learning inquiry ability. According to our study, ATSC *F*-test results show SILA high scoring students' learning achievement is higher than that of SILA middle scoring students, and higher again than SILA low scoring students ($p < .01$). Second, we find that most students from SILA high scoring group are capable of experiencing and reflecting. Not only could they generate their own conceptions or principles, but also apply the cardinal principle of soap preservation and solve problems which they encountered in the soap pilling exercise. Third, the SILA middle scoring student group had less sensitivity to the problems. They directly believed the data they had, but didn't think more about why this might happen. It appeared that they could provide various strategies, but not necessarily able to solve the problem. It was necessary for teachers to use scaffolding strategy to lead the students. Fourth, the SILA low scoring student group was in a passive position most of the time. They think conservatively and don't get on well with others. They recognized the natural phenomenon, but had no other ideas, and needed the teacher to give examples and guide them to finish the project.

Key words: Community Resource, Science Inquiry Learning Ability, Practical Experiential Inquiry-Based Scaffold Teaching

* Corresponding author: Yueh-Yun Chen

06-陳月雲.indd 381 2011/9/22 下午 08:26:08