

教育部 104 年度中小學科學教育計畫專案

期末報告大綱

計畫編號：049

計畫名稱：以詮釋性現象學分析國小三年級學生學習科學解釋之歷程

主持人：楊秀停 陸朝炳

執行單位：月眉國小

壹、計畫目的及內容：

本研究以修正 DCI 教學模式，引導國小三年級個案學生學習科學解釋，以詮釋性現象學方式分析並意義化學生學習科學解釋之歷程。

(一)研究背景

科學解釋的重要性在近幾年的研究中可看出端倪，因為科學的目的在於解釋現象 (Stefani & Tsapalis, 2009)，而科學教育的主要目標則在培養學生的高層次的科學素質 (National Research Council [NRC], 1996)。因此，幫助學生發展科學概念的理解，並以科學知識解釋生活中的現象是相當重要的 (Nieswandt & Bellomo, 2009)。目前對於學生科學解釋及論證的研究對象年齡層逐漸下降。Songer 和 Gotwals (2012) 指出在過去美國的教育政策中沒有特別著重於年幼孩子的科學解釋及教師的引導，但在較新的政策則開始提及此面向。而目前文獻中對於年幼孩子的科學解釋研究雖是較少的，但結果都很正向，Ryu 和 Sandoval (2012) 在研究中探討持續性的科學論證教學，發現長期教學下來，中年級學生建構及評理論證的能力是有提昇的。因此，必須引導國小學生學習科學解釋的重要理由，包含了建構以證據為主的解釋可以引領學生參與真實科學的實務操作與對話，此有益於發展學生問題解決、推理及溝通的能力；而建構科學解釋有益於學生科學概念的意義化學習，並理解科學是如何運作的 (Zemal-Saul, McNeill, and Hershberger, 2014)。基於其重要，本研究企圖引領國小學生在中年級階段學習科學解釋。

有鑑於台灣目前國小教材中對於科學解釋教學的缺乏，研究者於前一個計劃中已發展一教學模式以協助國小四年級學生進行科學解釋，而此 DCI 教學模式也在研究中被證實有助於小四學生學習科學解釋 (Yang & Wang, 2014)。所謂 DCI 教學模式是指描述性解釋 (descriptive explanation)、概念圖 (concept mapping) 及詮釋性解釋 (interpretive explanation) 等三個順序性寫作活動融入之教學模式，由簡單到困難的設計考量，主要目的引導學生學習科學解釋。

而原來 DCI 教學模式的運用對象為國小四年級學生，且以全班教學方式進行 (Yang & Wang, 2014; 楊秀停、蓋允萍、王國華, 2014)，此法可看出整體 DCI 教學模式的成效，但卻較不易理解個別學生學習的問題及解決問題的過程等，因此本研究中，研究者更進一步將對象向下延伸為國小三年級之學生，這時的學生剛開始學習作文，語句表達的能力優於低年級學生，也是銜接高年級的基礎，因此合適於作為科學解釋的學習起點及寫作練習訓練，本研究

依此 DCI 教學模式修正後進行教學，首先從三班三年級學生中，各挑出三名分別為高、中、低三種不同學習成效的學生進行團體教學，並於上課後針對個案學生進行深入晤談及觀察，本研究主要採個案研究，分析並綜合比較高、中、低三種不同學習成效的個案學生的學習歷程，以詮釋性現象學質性分析的方式了解其學習過程中的困難及克服困難的歷程轉變等，並分析 DCI 教學模式如何有效引導學生學習科學解釋。

(二)研究目的

本研究目的探討國小三年級之個案學生在接受 DCI 教學模式中，學習科學解釋之歷程。待答問題如下：

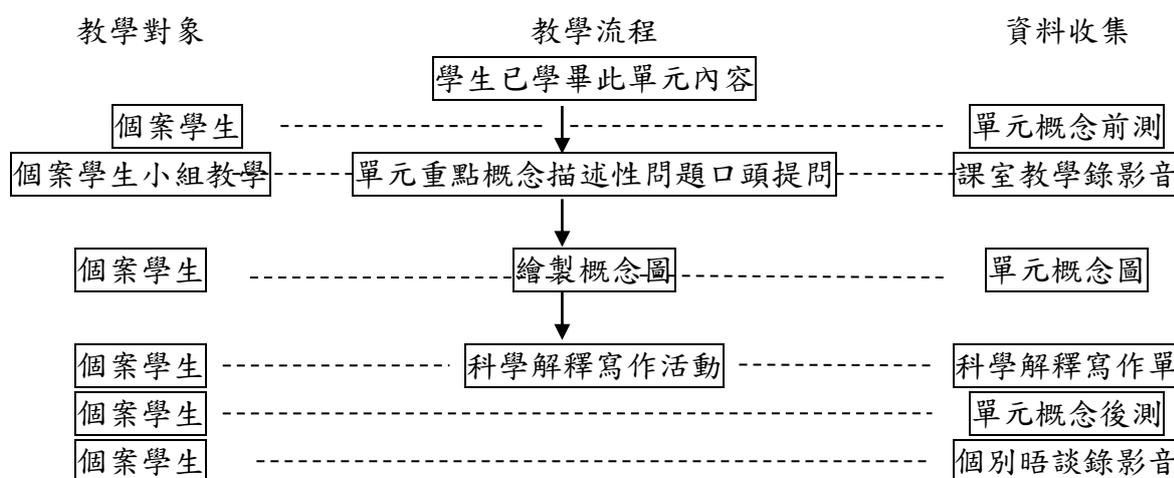
1. 個案學生學習科學解釋之問題及困難？
2. 個案學生如何經由 DCI 教學模式解決困難，並學習科學解釋？

貳、研究方法及步驟：

本研究以修正 DCI 教學模式進行個案學生之教學，並以詮釋性現象學分析 (Interpretative phenomenological analysis, IPA) (Smith and Osborn, 2008)，以意義化學生科學解釋之歷程。詮釋性現象學分析 (IPA) 是一個以研究者為主動角色的動態過程，經由研究者詮釋而產生意義，研究過程中意義的建立同時來自於參與者及研究者，研究建立參與者對話、思考及情緒狀態的連結 (Smith and Osborn, 2008)。此方式適合用於個案研究或個數較少的研究對象，去覺察特定情況的事實，正巧符合本研究所挑選個案為對象，透過研究者的過程參與，以此方式分析，得以深入理解個案學生學習科學解釋之歷程。

(一)教學流程

本研究 DCI 教學模式的實施程序為：描述性寫作單→概念圖→詮釋性寫作單，此三種寫作活動的順序性編排（如圖一）。



圖一 教學流程與資料收集圖

本研究於上學期挑選二個單元進行，分別為磁力單元及空氣單元。以磁力單元為例（如表一），研究者設計五節額外課程於午修時間，針對個案學生進行科學解釋之教學，一星期二到三次午修的教學，共二個星期完成第一單元教學。第一節課以前測為主，而第二節則進行活動一的單元重點概念提問，主要幫學生回憶並重建磁力單元的概念。第三節課則進行概念圖的繪製，讓學生將此單元概念呈現於概念圖中，由於個案學生之前無此概念，因此研究者先以其他單元為例說明概念圖，接著逐步引導學生先圈出磁力單元課本中的概念區塊，將它寫在紙卡上，大家一起合作將它排出來，找出可以包含其他概念區塊的最主要概念，再依次分出次要概念，合作完成初步概念圖。第四節課，則由學生個別繪出各自的概念圖。第五節則完成科學解釋寫作活動之學習單，首先配合學習單內容，研究者先以重力為例子說明科學解釋該如何表達，並由學生練習，接著個別學生再回答關於磁力之科學解釋問題的學習單寫作。

表一 磁力單元教學內容

單元名稱：神奇磁力
<p><活動一>單元重點概念提問</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 哪些東西可以被磁鐵吸引住呢？ 2. 拿出不同的磁鐵試試看，磁鐵可以吸住東西的部位是哪裡？把它畫下來。 3. 磁鐵的磁極有什麼特性？ 4. 生活中的力有些需要接觸物品才有作用，你覺得磁力需要接觸物體才会有作用嗎？ 5. 磁力會造成物體的形狀改變嗎？會對物體有什麼影響？ 6. 生活中有哪些是應用磁鐵的特性而設計的？ 7. 在磁鐵的二旁加上鐵片會有什麼結果？
<p><活動二>繪製概念圖</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 翻開課本內容，依順序我們先圈出概念區塊，將它寫在紙卡上，大家一起合作將它排出來，找出可以包含其他概念區塊的最主要概念，再依次分出次要概念，合作完成初步概念圖。 2. 由個別學生進行概念圖繪製。
<p><活動三>科學解釋寫作活動（學習單）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 配合學習單，先以重力為例子說明及練習，接著再回答關於磁力之科學解釋的問題。 問題：你認為磁力會對物體有什麼樣的影響？為什麼？（請舉一個例子說明，並證實你的想法）

表二 空氣單元教學內容

單元名稱：空氣單元
<p><活動一>單元重點概念提問</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 空氣在哪裡？你是怎麼知道的？ 2. 空氣有什麼特性？先從占有空間的特性開始，你做了什麼實驗可以知道這個特性？還有什麼情形可以知道這個特性？ 3. 空氣有固定的形狀嗎？可以被壓縮嗎？那你如何知道空氣可以被壓縮？做了什麼實驗來證實這個特性呢？還有什麼也可以被壓縮？另外還有其他的例子嗎？

4. 風和空氣有什麼關係？風是怎麼來的？哪些現象可以知道有風？
5. 什麼是風向？怎麼去測呢？什麼是風力？怎麼去測呢？
6. 風和空氣有什麼用途呢？

<活動二>繪製概念圖

1. 翻開課本內容，依順序我們先圈出這個單元的概念區塊，將它寫在紙卡上，大家一起合作將它排出來，找出可以包含其他概念區塊的最主要概念，再依次分出次要概念及下層內容，合作完成初步概念圖。
2. 由個別學生進行概念圖繪製。

<活動三>科學解釋寫作活動（學習單）

1. 配合學習單，先引導學生了解科學解釋的陳述重點，先以重力為例子說明及練習，接著再回答關於空氣的二個科學解釋問題。
問題一：你認為空氣有什麼特性呢？為什麼？（請舉一個例子說明，並證實你的想法）
問題二：你認為風力大小和紙片飄動有什麼關係呢？為什麼？（請舉一個例子說明，並證實你的想法）

（二）研究對象

本研究之個案學生分為高、中、低三種不同學習成就之學生，其中學習成就較高的學生是小彥及小芸，二人分屬不同班級，小芸的反應不錯，學科表現優秀，經常是拿前幾名，比較活潑一點，上課時能主動回應，整體主概念也都是清楚的，上課過程中也是積極投入的。而小彥的理解力也很好，總是能夠舉一反三，上課時也能適時的回應。學習成就中等的學生有小欣、小宣及小現，小欣是個性內斂的女孩，在班上的成績中等，做事較謹慎，也總是守規矩，平時話不多，上課時也不常有回應。小現也如同小欣，上課較沉靜些，但是面對問題則是適時回應及討論，但小宣則相對之下是較活潑的，能主動提問，並與同學及教師有所互動，有時也容易聊天。

而學習成就較低的學生則是小保、小俊、小翔及小魚。小保的個性較活潑，上課其實也很投入，只是較愛說話，喜愛具體事務的操作，因而有實驗或需要動手操作的部分，他總是第一個主動動手做的人，活潑個性較不易靜下來，所以學業成就較差，但其學習熱忱不差；而小俊則比較沉靜些，上課能靜下來，有時也能提問，整體上課態度還不錯；小翔較活潑，但上課不易專心，理解力也不是很好，需要多次說明及指導；小魚安靜了許多，不太多話，也不太有回應，但是能專心聽講，只是理解力不太好，需要多次指導。

這些個案學生上課時以小組方式進行互動，小組中有學習成就高中低等不同程度的學生，這九名學生約分為二組，每組成員熟悉的同班同學及其他班級的同學，小組成員討論並發表，同時教師給予個別指導。

（三）資料收集與分析

本研究採取詮釋性現象學分析(IPA), 詮釋性現象學分析強調研究者主動詮釋而產生意義的動態過程 (Smith and Osborn, 2008)。在本研究中，研究者參與學生學習科學解釋的歷程，透過觀察、晤談及學生寫作作品的分析，協助學生意義化其學習歷程，以理解其如何建構科學解釋。

本研究所收集之資料主要以質性資料為主，首先晤談資料主要包含教學過程中，針對特定

問題的晤談、教師教學前後對個案學生背景先備知識理解之晤談，以及教學後教師針對學生科學解釋寫作單及評量內容之晤談。再者課室影音資料，主要記錄上學過程中的師生對話，或學生間的討論，同時錄影資料也呈現學生在學習過程中的反應等。最後，學生的寫作單及評量單則包含了學生對於特定問題的科學解釋呈現。

所收集這些質性資料以多元資料呈現的方式，考量現象學分析的主要步驟由整體到部分，再由部分回到整體現象的捕捉(高淑清, 2014)，分析個案學生在各單元學習過程中的問題與困難，由個案學生的學習全貌到細微的分析，再回到個案學習的整體表現，並理解這些問題是如何解決的。資料分析首先由研究者及協同研究者各個編碼及分析後，再加以共同討論及重複編碼分析，直到評分者一致性(inter-rater agreement)達 95%為止(Nieswandt et al., 2009)。再由研究者整合質性資料分析之脈絡將以文字呈現意義化個案學生學習科學解釋的歷程。

參、目前研究成果：

本研究結果分析主要分為二部分，一是個案學生學習科學解釋的問題及困難，二是個案學生解釋困難的歷程。

(一)個案學生學習科學解釋之問題及困難

依本研究之分析結果發現，中低學習成就的學生較容易出現學習上困難，而程度不同在學習困難方面也有所不同，我們主要針對科學概念及科學解釋二方面的學習困難，加以探討。

1. 科學概念的學習困難

科學概念上學習的困難，是進行科學解釋教學時所需著重的。如同過去文獻所提到的，當教師開始著重在科學解釋的教學，他們也會較專注於科學內容及解釋，而非只收集些有趣的活動。(Zemba-Saul 等人, 2014)。因為科學概念的理解影響著科學解釋的表現，畢竟科學解釋的內容陳述著概念間的關係，因此，由科學概念為主的分析，也同時能理解並對應到學生學習科學解釋上的困難。科學概念學習的困難主要是許多另有概念的存在，及繪製概念圖的困難。

二個單元的另有概念，分別有誤以為磁力屬於接觸力、無法理解磁鐵斷裂形成具有新磁極磁鐵的概念、誤以為鐵製品即是磁鐵的應用、誤以為磁鐵較大吸引力就強，以及誤以為空氣看不見而不存在。

學生在繪製概念圖時會受到另有概念的影響，因此概念圖上也同時呈現了許多學生概念不清楚的部分，造成困難，中低成效學生在概念圖的繪製上，主要呈現出二方面的困難，分別為概念圖中概念區塊的不足，以及概念關係錯亂的困難。

2. 科學解釋的學習困難

學生在科學解釋上的學習困難，其實正是延續其科學概念的不理解，因而無法有效完成科學解釋，其中學習成效較高的學生能夠完成主張及證據二部分的說明，只有在推理的部分需要稍作思考及教師引導，而學習成效較低的學生則在一開始就呈現出困難，例如：科學解釋上單一概念之句子重複的問題、無法連結主張與證據，以及無法有效推理等。

(1) 科學解釋上單一概念之句子重複的問題

對於低學習成效的學生而言，不太能理解科學解釋在主張、證據及推理各方面的意涵，

因此書寫上容易出現單一概念重複的現象。小保在磁力單元的科學解釋單上，認為磁力會有吸引的現象，他舉的例子是磁力會吸引迴紋針，其實更精確的說就是實驗時磁鐵會吸引迴紋針，接著在科學解釋的反例上也是一直在重複磁力會吸引迴紋針等句子，雖然沒有太大的概念或是邏輯上的錯誤，但是在證據及推理上沒有更具說服力的說法，並未利用其他相關的舉例來強化磁力有吸引的現象，只是重申此概念，並未解釋到主張，因此這樣的書寫內容也未表達到科學解釋。其實應該可以在證據部分，舉出磁力吸引了哪些東西，而這些東西的共同特性是鐵製品等，最後再以反例或推理呈現，例如：磁鐵的磁力有吸引力，能夠吸引鐵製品，而不會吸引塑膠等。如此的修正可以由舉例的證據中再次說明清楚主張並加以強化主張。

同樣地，小保在空氣單元中的科學解釋上也出現了同樣的問題，重複主張中的句子，缺少證據與主張關聯性的描述及連結，缺少意涵的呈現，且主張的句子不吻合题目的意涵，但小保也無多加解釋，在證據及推理中都是重複同樣的句子，無法形成合理的說明。

除了學習成就較低的學生之外，學習成就中等的學生也是會出現類似的問題，例如小宣在空氣單元中的科學解釋中，也是不停地重複句子，只重複空氣可以被壓縮的特性，在舉例及推理說明中並沒有加以解說理由，也是只重複主張中的句子，無法舉出合適的例子來強化到空氣確實可被壓縮，而句子的說明也不完整。類似的問題顯示出科學解釋的難度，對於中低學習成就的學生對於科學解釋的說明是不理解的，也是學習上最大的困難點。

(2) 無法有效連結證據及主張

對於中低學習成就的學生而言，難以判斷合於某特定主張的合適證據是最明顯的困難之一，中低學習成就的學生大都能理解單一概念的陳述，但是要再進一步由主張連結到證據則是困難的。在空氣前測評量卷中，對於塑膠袋內裝空氣鼓鼓的，可以證明空氣的何種特性問題，許多學生無法判斷到空氣佔有空間的特性，例如：小現的回答中認為這是空氣可以被壓縮的特性，無法從主張連結到證據，同樣的小欣也出現類似的困難，她無法判斷出能說明空氣可以被擠壓的證據，此二人皆為中等學習成就之學生，在此部分出現相似的問題，無法由主張推演出合宜的證據。

再進一步分析較低成就的學生則同樣發現類似的困難，無法由主張推判出適當的證據，例如：小保也有如此的問題，此外，小保的學習困難中也發現無法由證據再逆推到主張，這是在中等學習成就的學生中所未出現的困難，但在低學習成就的小保則同時存在著主張及證據間雙向連結的困難，例如在空氣前測卷中，用手壓擠氣球的實例能夠說明空氣的何種特性問題上，小保無法選擇出合適的主張。中低學習成就的學生容易將二概念的相關證據混淆，主要原因乃是空氣佔有空間的特性及空氣可被壓縮的特性，皆是在課本中有所提到的，部分學生憑藉著印象而回答，並未加以思索，未針對二種特性之不同而判斷其相關性的連結，所造成的錯誤。

而這樣的問題在科學解釋的寫作單上也呈現出來，小欣（中等學習成就）在科學解釋上的問題不同於小保（低學習成就），她並非重複句子或是概念，而是無法舉例及合適的說明，小欣在主張中認為加鐵片磁力會變大，其實這個主張也未吻合題目所問的磁力對物體有什麼影響，但是不致於脫離太多，如果其舉例能符合主張也可，但其實小欣並未理解舉例的意涵，所以未能提供合適於其主張的證據，她所提的不是能說明磁鐵加鐵片的磁力會變大的例子，而舉的反例是接在舉例中說明的下一個句子，因此小欣在科學解釋上並未能掌握到主張、證據及推理的意涵及關係，而未能達到科學解釋的表達。

整體來說，在科學解釋的主張及證據連結上，在高成就的學生則不是問題，但卻會成為中低學習成就學生的困難。其中，中等學習成就的學生無法由主張推選出合宜的證據，但能從證據逆推出合適的主張；而低學習成就的學生，則出現了雙向連結的困難，無法由主張推選出合宜的證據，也難以由證據逆推出合理的主張。

(3)無法作有效推理以回應主張

就中等程度的孩子而言，提出合宜的主張及證據是不難的，但在推理部分則無法說明清楚及合理。在小現的例子中，他認為空氣沒有固定的形狀，舉了一個用手擠壓氣球的例子，但是未作一個有效的推理，只是說明用手擠天時就會破掉，但其實較合理的說明應當是：用手擠壓各種形狀時，就會有不同的形狀，如果形狀固定，那就不會出現不同的形狀，因此可以證明說空氣沒有固定的形狀。小現的整體概念都算是清楚，概念圖上的概念關係也正確，但是在科學解釋上能舉出相關的例子，但是無法作有效及合理的推理以強化主張。

整體研究結果顯示個案學生因程度不同，故學習過程中有其各自的困難，以其中三名不同學習成就的個案學生為例來說明。首先，小芸是學習成效較高的孩子，在基本磁力概念學習上幾乎沒有什麼太大的困難，磁力概念上都是清晰的，概念之間的關係也是清楚的，唯有在科學解釋的寫作上稍覺得困難，花了些時間思考相關的概念及能支持的證據等，才完成科學解釋，而其科學解釋之主張、證據間是極度相關的，同時也能作適度的推理，顯然沒有太大的學習困難。而小欣是學習成效中等的孩子，在基本磁力概念學習上也無太大的困難，僅是在磁鐵斷裂形成具有新磁極磁鐵的概念上，誤以為長形磁鐵斷成二段後，只有較長的那一段有磁力。但是，小欣在進一步的概念相關性及連結上有較大的困難，無法判斷概念間的關係，或出現概念錯亂的現象，此困難點可以在概念圖上清楚可見，而同樣的困難也反應在科學解釋的主張與證據間關係不一致的問題，無法找出符合主張之證據，更無法呈現出合適的推理。

而小保是學習成效較低的孩子，因此很明顯在基本磁力概念上有較大的困難，例如：他會誤以為磁力屬於接觸力、磁力大小的概念也難以應用於生活中，同樣的，他無法理解磁鐵斷裂形成具有新磁極磁鐵的概念，而誤以為長形磁鐵斷成二段後只有中間部分有磁力，同時也誤以為所有鐵製品即是磁鐵的應用，且至後測時仍保有此概念。明顯可見小保可保有部分清楚的單一基礎概念，例如：磁力有吸引力。但不易做概念連結，因此概念間是錯亂的。所以在科學解釋時，容易重複基本單一概念的句子，而有無法連結主張及證據間關係的困難，當然也無法作有效的推理。

簡言之學習成效較高的孩子，有良好的基本概念和概念間的關係，只需花一點時間理解科學解釋的意涵，便能加以應用。中低學習成效的學生往往在學習科學解釋前便出現不同的困難點，導致科學解釋的學習更加不易，中等學習成效的學生而言，通常能掌握到多數的基本概念，但是概念間關係的連結上會有少許的困難，而這些困難正影響著科學解釋上主張與證據間的判斷困難，更是無法作合宜的推理。低學習成就的學生則是因為基本概念的不理解，產生許多另有概念而影響到後續的學習，在概念間關係連結上有相當的困難，導致在科學解釋方面困難重重，因為無法理解科學解釋的基本意涵，只能回應主張或重複文句，而無法再進一步連結證據，更是無法作出推理。

(二)個案學生解決困難的歷程

本研究結果可看出概念的不理解，正是無法進行科學解釋的主要原因，因此先釐清概念才能進行科學解釋。而學生在學習的過程中遇到困難會採取以下的方式解決：先查閱課本以找出合宜的證據、透過同儕對話可作為學生判斷相關概念的依據、經由教師與學生的師生對話及互動，能激發學生思考並釐清概念間的關係，同時實際操作最容易扭轉學生的另有概念。

肆、目前完成進度

目前本研究資料收集已結束，正在進行資料分析及結果撰寫，本研究也同時利用經費安排二場次的相關研習，以強化本校教師自然科教學知能。

伍、參考資料

- Nieswandt, M., & Bellomo, K. (2009). Written extended-response questions as classroom assessment tools for meaningful understanding of evolutionary theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 333-356.
- Smith J. A., and Osborn, M. (2008). Interpretative phenomenological analysis. In J. A. Smith (Ed), *Qualitative psychology: A practical guide to research methods* (pp.53-79). London: Sage.
- Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 141-165.
- Yang, H. T.**, & Wang, K.H. (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education*. (SSCI) 44(4), 531-548.
- Zemal-Saul, C., McNeill, K. L., Hershberger, K.(2014). What's your evidence? Engaging K-5 students in constructing explanation in science. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- 高淑清(2014)。質性研究的 18 堂課：揚帆再訪之旅。高雄市：麗文。
- 楊秀停、蓋允萍、王國華 (2014)。探討 DCI 教學模式對學生學習科學概念及科學解釋的成效。*科學教育研究與發展季刊*，68，(已接受)。