

培育科學教學創造力：科學教學創新要素之探究*

林偉文

國立台北教育大學
教育系暨教育創新與評鑑碩士班

劉家瑜*

國立臺灣師範大學
教育心理與輔導學系

教學創新是有效達成科學教學目標的重要途徑之一，若能抽繹出科學教學創新歷程中的核心要素，作為教學創新的鷹架，將能幫助更多教師發展教學創新。因此，本研究從教師思考層面，改變教師對教學之思維，抽取科學教學創新的核心要素，並將其轉化為教師創新教學設計的工具，以培育科學教師的教學創造力。本研究根據林偉文與劉家瑜（2013）訪談九位科學創意教師與科學創意教案分析所得之 22 個科學教學創新要素，邀請 14 位科學教育領域專家，進行兩回合德懷術問卷調查。研究結果發現，專家對於 22 個要素科學教學創新要素的重要性具有共識，其中「融入生活議題」、「轉抽象為具體」、「跨領域整合\主題統整\科技與人文整合」、「多元評量」、「運用問題引導」與「培養觀察、獨立思考與問題解決的能力」等六項，是具最高共識之重要指標項目。冀能透過教學創新要素之建構，協助教師發展教學創新。

關鍵詞：科學教學、教學創新、創造力、創意教學

在不停變動的科技世界中，一成不變的教學方式不足以達成有效教學（Parnes, 1992），侷限於以「教師為中心」的教學方式難以達到高層科學學習目標，也無法幫助學生面對未來的嚴峻挑戰，因此，強調創意教學的呼聲興起（Craft, Hall, & Costello, 2014; European University Association, 2007; Gustina & Sweet, 2014; Huang & Lee, 2015; Livingston, 2010; Robinson, 2001; Simplicio, 2000）。所謂創意教學，指能因應知識屬性、教學情境與學生的需求，運用多元的教學方法、歷程與材料，以達成教學目標（林偉文，2002；Reilly, Lilly, Bramwell, & Kronish, 2011），亦即創意教學除需教師專業知能之外，尚需教師發揮教學想像力與創造性，以激發學習者的興趣與投入程度，同時促進學習者思考與學習（Grainger, Barnes, & Scoffham, 2004; National Advisory Committee on Creative and Cultural Education, 1999; Tanggaard, 2011）。

然而，對許多教師來說，即便知道創意教學對學生學習的幫助，要嘗試藉此幫助學生連結學科知識與生活經驗，真正發展一套有效的教學方案，仍可能受限於教與學相關知識的生疏（Choy, Wong, Lim, & Chong, 2013; Feiman-Nemser, 2001; Hudson, 2012; Kagan, 1992）、教學經驗及訓練的不足（Hung & Smith, 2012; McCarra, 2003; Shakeel, Aslam, & Imran, 2012; Veenman, 1984）、課程設計能力的有限（Certo, 2006; Choy et al., 2013; Craft, 2005, 2008; Feiman-Nemser, 2001; Windschitl,

* 本文通訊作者：劉家瑜，leave1756@gmail.com。

2002)、對創意教學的信念偏誤 (Park, Lee, Oliver, & Crammond, 2006)、與接觸新學習材料機會的欠缺 (Horng, Hong, Chan Lin, Chang, & Chu, 2005; Hung & Smith, 2012) 等問題, 使得教師逐漸失去以創意進行教學的意願與動機。

在科學教學中經常會採用許多科學概念或原理, 抽象地解釋發生的現象, 若要了解這些表徵概念的意義, 個體必須先熟悉最微小層級 (microscopic level) 概念間的互動關係 (Harrison & Treagust, 1996; Vos & Verdonk, 1996), 但對教師與學生來說, 這都是件困難的任務。傳統上, 科學教師多半依循教科書與教師手冊進行教學, 但若無法將這些抽象表徵融入教學, 將會使得學生對科學學習毫無興趣 (Hitt & Townsend, 2007), 孩子即使能透過死記定義與公式而成功解決科學問題, 也很難理解算則操作之外的意義, 使其無法將課堂學習變成「帶著走」的能力。再加上許多科學教師常面臨的問題, 如時間壓力、進度問題 (Lawson, 1995)、科學教師們的科學探究信念 (Abd-El-Khalick et al., 2004)、對教學策略不熟悉或理解不足 (陳均伊、張惠博, 2008)、學科知識背景較弱 (Carlsen, 1987; Dobey & Schafer, 1984) 等, 都讓其無法跳脫教學的窠臼, 無形中扼殺了學生學習的興趣。因此, 在此一複雜的教學發展歷程中, 科學教師需發揮其創造力, 有意義的創意連結科學概念與學習要素, 才能真正幫助學生有效學習。

有鑑於教學創新之重要性, 過去有許多學者試圖探討其內涵與原則 (Cremin, Burnard, & Craft, 2006; Cropley, 1995; Fasko, 2001; Grainger et al., 2004; Reilly et al., 2011; Sharp, 2004; Sternberg, 2000; Woods, 1995)。從「創新」(innovation) 定義來看教學創新之內涵 (林偉文, 2002), 其應為: (1) 能將創意的教學想法化為教學實踐; (2) 能夠改良舊有的觀念、方法、或工具使教學更具效益; (3) 教師能夠引進或應用新的教學觀念、方法或工具來進行教學。由此可知, 教學創新為教師運用創造性使教學措施與活動變得生動、活潑、多樣化 (Brinkman, 2010; Jeffrey & Craft, 2004; Mayer, 1989), 雖並非以培養學生創造力為主要目的, 但教師在進行教學創新時, 往往會以各種有形或無形的方式, 對學生的創造的潛能產生影響。值得注意的是, 教學創新並非標新立異的教學, 而是教師能以創新者與促進者的角度, 提升學生對學科學習的興趣, 並傾聽學生的想法 (Sousa, 2007)。

為更深入瞭解創意教學之重要內涵, 林偉文與劉家瑜 (2013) 透過九位科學創意教師的訪談與科學創意教案的分析, 抽取出 22 個科學教學創新之關鍵要素, 其分別為: (1) 融入生活議題; (2) 轉抽象為具體; (3) 操作式學習; (4) 遊戲、活動與競賽的引入; (5) 結合科技的教學; (6) 教材、教學材料的發展與應用; (7) 跨領域整合、主題統整、科技與人文整合; (8) 同儕學習; (9) 運用內外部資源; (10) 多元評量; (11) 尋求多元刺激與經驗; (12) 彈性改變學習場域; (13) 運用問題引導; (14) 提供科學架構與規則, 培養科學心智習性; (15) 建構成功經驗; (16) 提供學習或思考策略; (17) 由簡漸繁; (18) 浸入式學習 (建構開放、發現、探究的學習氛圍); (19) 培養觀察、獨立思考與問題解決的能力; (20) 聚焦核心問題與關鍵概念; (21) 提供安全與挑戰兼具的學習環境; (22) 學習者中心教學設計。

這 22 個從教學實務現場抽取之創新要素, 得到過去國際上創意教學相關文獻中的驗證。美國心理學會以「學習者中心」為核心, 提出以學生「認知與後設認知」、「動機與情意」、「發展與社會」及「個別差異」等主要考量之十四項教學原則 (American Psychological Association, 1997)。Cropley (1995) 則提出九種能培育學生創造力的教師創意教學行為特徵, 其後 Soh (2000)、DiKiCi (2013) 以及 Olawale、Adeniyi 與 Olubela (2010) 則根據這些行為特徵, 發展出不同版本的「教師創造力培育指標量表」(Creativity Fostering Teacher Index Scale, CFTIS), 此九種特徵包含: 鼓勵學生獨立學習、互動式的教學風格、激發學生學習動機、延緩評判、鼓勵有彈性的思考、鼓勵學生自我評價與回饋、重視學生觀點、提供處理多元學習材料的機會、幫助學生因應挫折與失敗。Grainger 等人 (2004) 則探討不同教學風格課程中, 教師創意教學的關鍵要素, 最後歸納出三個層面與七個要素: (1) 課程內容: 脈絡的重要性、使用隱喻與類比以製造聯結; (2) 教學風格: 講授風格與速度、教師激勵學生的自信與能力、讓學生感到被重視; (3) 學習經驗: 幫助學生投入情緒於學習、提供挑戰的機會。由以上討論可知, 創意教師之教學創新行為可表現在各個層面, 如教學方式的設計、教學目標的擬定、教學流程的安排、課程內容的設計、班級經營的策略、學習資源的活用、學習評量的實施等, 而這些特徵正與有效能教師 (effective teaching) 之行為類似 (Jeffrey & Craft, 2004; Sousa, 2007), 顯示創意教師考量教學不同層面, 並靈活變通教學策略, 能提升教學效能, 為學習者提供正向幫助。

目前看來，教學創新內涵與原則上的探討雖多，但學者們對其內涵與重要元素尚未有一致的明確定義，且這些概念多較為抽象，對大多數教師來說，較難直接應用並發展出創新教學，更遑論為科學領域教師提供幫助，培育其科學領域之教學創造力。另一方面，過去科學教學的研究中，多僅從科學教學之層面進行思考，應用不同教學模式或概念進行教學設計，如 Furtak、Seidel、Iverson 與 Briggs (2012) 針對 1996-2006 年科學教學領域中，實驗與準實驗之相關研究進行後設分析，發現在這 10 年的 37 篇研究中，探詢教學的模式是主要關注焦點；Hazzan、Lapidot 與 Ragonis (2014) 則強調建構式教學的概念，提出主動學習為基礎的教學模式於科學課程中；Lamanna 與 Eason (2011) 的生物實驗室採用發現教學法之概念，應用小組合作學習促進學生推論能力與創造力。由以上可知，過去研究多停留在科學教學策略的範疇，僅從教師教學策略的角度，探討個別教學模式對學生學習之貢獻。然而，教師教學並非僅為一連串行為與認知能力的組成 (Kennedy, 2008)，教師思考 (teacher thinking) 才是形塑教學行為的關鍵因素 (Schoenfeld, 1998)，教師思考會從各種層面與其行為進行互動，並會長期性地影響教師教學能力、對新政策、新課程與新想法的反應與行動。

因此，本研究跳脫過去科學教學相關研究的關注焦點，而從「教師思考」的層面出發，意圖透過轉化教師對教學之思維，以林偉文與劉家瑜 (2013) 所歸納出之 22 個創新要素為基礎，將其轉化為教師創新教學設計的工具，並為較抽象的要素搭配具體的多元示例，提升教師教學創新的能力。雖這 22 個創新要素皆歸納自現場實務教師之經驗，但仍應為其建構更有力的實證基礎，以強化在實務教學場域的運用；Csikszentmihalyi (1996) 的創造力系統理論 (system approach of creativity) 認為，創造的發生，受到「領域」(field)、「學門」(domain) 與「個人」(individual) 三個次系統的影響，個人的創造與學門中守門人 (gatekeeper) 對創意的觀點有重要的關係，守門人對於創意的內在判準，將會影響創造的發生，而領域中的專家，即是個體創意的重要守門人；故本研究採德懷術以透過專家共識，初步檢驗科學教學創新要素的結構，冀能幫助更多科學教師使用策略解決問題，發展適當的創意教學方案，從教育心理學理論與實務的層級上，強化本研究之合理性與原創性。

方法

一、研究對象

德懷術主要適用於調查有不同面向與思維的問題，尤其是一般人不熟悉，但專家學者有其獨特見解的研究議題。首先在專家學者人數的規劃上，Dalkey (1969) 指出若德懷術小組至少有十人時，則群體誤差可降至最低，其群體的可信度最高；林生傳 (2003) 則認為，人數在十至三十人即可。其次，如何選定德懷術之專家，本研究考量的要點為其必須公平客觀、對主題感興趣且具備專業知能。德懷術研究實際上應有多少人參與，未有定論；但基於以上這些建議，故本研究邀請 15 位科學教育領域相關之資深實務專家與學者擔任本研究的專家成員。

考量研究目的為探究科學教學創新要素，故邀請專家的條件為：實務專家須為各縣市自然與生活科技領域輔導團員、曾指導學生參加科展或國際發明展得獎，或曾獲得創意教學相關獎項（如：教育部教學卓越獎、師鐸獎、全國 POWER 教師、全國 SUPER 教師），作為主要的邀請參考；學者的部份則以任教科學教育或創意思考相關課程的教授為優先邀請的名單；最後同意參與本研究德懷小組專家成員共計 15 位。研究過程中，有一位學者因為填答困難，故未寄回第二回合問卷，因此實際全程參與德懷術問卷調查的專家成員共 14 人。

二、研究工具

根據研究目的，本研究以德懷術問卷調查探究科學教學創新之要素，共邀請了 14 位科學教育領域相關之實務專家與學者，形成德懷術小組，並進行兩回合德懷術結構式問卷調查以徵詢專家成員的意見，尋求對科學教學創新要素之共識。

(一) 第一回合問卷之編製

問卷初稿是由研究者依據文獻資料及 9 場訪談內容整理而成。9 場深度訪談於 2013 年陸續完成，訪談對象以創意教學獎得獎名單、校長與同儕教師推薦、「創意教學成就量表」、「創意教學得獎量表」(蔡雅婷, 2009) 以及教師自評「教師教學創新行為量表」(林珈夙, 1997) 等方法進行輻合，選取科學領域之專家教師進行訪談。研究者分析訪談記錄，並將分析結果與文獻重要論點進行比較分析，完成第一回合問卷的初稿，共有 22 個要素項目。填答方式為邀請專家成員依照五點量尺 (1 = 重要性低, 5 = 重要性高)，評量每個科學創新要素之重要程度；此外，在每個項目之後都提供開放欄位，以了解專家成員對各要素之整體性意見與修改建議。

(二) 第二回合問卷修訂

第二回合問卷係依據回收第一回合問卷後，彙整專家成員所提供的書面意見與統計分析資料，刪除部份要素或修整部份要素題意與文字，最後形成第二回合問卷，共計 22 個要素。

三、實施程序與資料分析

本研究的德懷術問卷共進行了兩個回合，自 103 年 4 月 9 日開始發放第一回合德懷術結構式問卷，至 103 年 6 月 30 日完成第二回合問卷回收，共費時 2 個月又 21 天，兩回合問卷發出與回收時程如表 1 所示。每回合發出和回收 15 份，去除未填寫問卷 1 份，有效問卷共 29 份。

表 1 德懷術發出與回收時程表

實施項目	第一回合	第二回合
研究者寄發問卷	103.04.09	103.05.29
預計問卷回收日	103.04.28	103.06.14
實際完成回收日	103.05.23	103.06.30

在資料分析部分，本研究的資料分析工作於每回合問卷回收後進行，並分為質化及量化二個方向進行。量化資料分析上，研究者將各題項的勾選項目依重要性分為 1 至 5 分進行運算，分數越高，代表該題越為重要，並計算各題項的平均數、眾數及標準差等，這些計算的結果以及專家意見的分布狀況，均在次一回合的德懷術問卷中標示出來，以作為專家小組再次勾選的參考。

在質化資料分析上，研究者將其分為「各題項的修正建議」、「其他增修」以及「問卷整體的綜合意見」三類來進行整理。針對前兩類，研究者會了解該建議是否有助於闡述該項特質，以決定是否納入該建議，或將其獨立為另一題，並於下回合問卷附上研究者回應。而「問卷整體的綜合意見」部分，研究者會視其與本研究方向之切合度，決定是否將相關概念收入次一回合問卷。各題項之修正的方式、使用時機及舉例如表 2 所示。

表 2 德懷術問卷的修正方式、使用時機及內容舉例

修正方式	方式使用時機	內容修正舉例
修改	原有之要素名稱或內涵未足以清楚描述該概念時，針對文字進行必要的調整。	原要素名稱為「教學與評量的落差」，後為使要素名稱更能代表該項目，調整為「多元教學與紙筆評量的落差」。
具體化	原有之要素內涵陳述較為抽象，較難以理解，故提供例子讓其中意涵具體化。	在「轉抽象為具體」的科學教學創新要素中，在原有的內涵陳述後，新增教師在課堂中教導電流與電壓的例子，以幫助理解此概念意涵。
拆解	在同一要素下之意涵未能代表相同意思，故將其拆解成為兩個指標概念。	在「結合科技的教學」的科學教學創新要素中，內涵中原提及科技與多媒體等資訊工具，後因此兩者代表之概念並不完全一致，故將其拆解。
刪除	原有要素內涵過度繁雜，或可能產生混淆，則將其刪除。	原有要素名稱為「學生特性的相對性(性別、動機、能力、注意力長短、起點行為…等)」，因其過於繁雜且不夠明確，故刪除部分文字而成「學生的多樣性或差異性」。

在第二次問卷回收並完成分析後，本研究基於下述三個理由，決定不再進行第三回合的德懷術，這些理由有：(1) 第二回合問卷中專家對指標的質性意見明顯減少，過去的研究顯示，在這樣的情況下，繼續進行調查所能得到的改變很少(黃政傑，1987)；(2) 本研究以最後一次問卷採用次數分配中的集中指標—平均數 (M)，以及分散指標—標準差 (SD) 進行分析，發現每個要素之平均數皆大於 3.5 (林家興、黃佩娟，2013)，標準差皆小於 1 (孫志麟，2000)，表示要素在評定過程中已達到共識，且具備重要性與一致性；(3) 各要素之四分位差 (QD) 皆小於 1，顯示具備中度以上共識 (林家興、黃佩娟，2013)；(4) 在單側 t 考驗下，各項測量值平均數顯著高於理論值平均數 (亦即為 3)，顯示該要素項目具備重要性 (王如哲、黃月純，2013)。

結果

本研究邀請 14 位科學教育領域相關之實務專家與學者進行德懷術問卷調查，研究結束時，共可分為 22 個科學教學創新要素，以下呈現本研究之共識結果。本研究德懷術小組專家成員對科學教學創新要素在第二回合意見的平均數、標準差、四分位差、眾數與 t 考驗檢定值之統計結果如表 3。

本研究以集中指標 - 平均數作為判斷科學教學創新要素的重要程度，以 $M > 4.5$ 為「非常重要」， $4.5 > M > 3.5$ 為「重要」， $3.5 > M > 2.5$ 為「普通」， $2.5 > M > 1.5$ 為「不重要」， $M < 1.5$ 之項目為「非常不重要」。從表 3 結果可知，德懷術專家評量所有的科學教學創新要素都在 3.5「重要程度」以上；在分散指標—標準差的部份，本研究每個要素之標準差皆小於 1；而在四分位差的部份，小於 0.6 代表專家成員的意見具有高度共識，介於 0.6-1 之間代表中度共識，大於 1 代表專家們的意見只有低度共識，而在本研究中，參與本研究的專家們對所編製的科學教學創新要素之共識程度相當高 (QD 均在 0.6 以下)；最後，單組 t 考驗結果皆達顯著水準，顯示所有指標皆高於理論性平均數 (3)。

此外，從表 3 結果發現，在科學教學創新要素部份，「融入生活議題」、「轉抽象為具體」、「跨領域整合\主題統整\科技與人文整合」、「多元評量」、「運用問題引導探究」與「引導觀察、獨立思考與問題解決」共六個項目的平均數皆大於 4.5、標準差小於 0.5，以及四分位差在 0.6 以下，顯示專家成員們一致認為這些題項屬於非常重要的科學教學創新要素。

綜合調查結果可知，本研究所有的項目均符合平均數至少大於 3.5、標準差皆小於 1 與四分位差至少小於 1 等評定共識指標，並通過平均數考驗，支持文獻與訪談結果所定義，顯示本研究德懷術專家成員們皆認為本研究所編製之科學教學創新要素具備重要性與一致性。

結論、討論與建議

本研究經過兩回合的德懷術調查，德懷術小組委員的意見漸趨一致，最後驗證 22 個科學教學創新要素，就整體而言，有部份指標是特別被專家學者視為不容忽視的。本研究依據平均數皆大於 4.5、標準差小於 0.5，以及四分位差在 0.6 以下的標準，符合此高標準的六項要素項目，分別為「融入生活議題」、「轉抽象為具體」、「跨領域整合\主題統整\科技與人文整合」、「多元評量」、「運用問題引導」與「培養觀察、獨立思考與問題解決的能力」，由此可知，專家成員們一致認為這些題項屬於非常關鍵的科學教學創新原則。

另一方面，雖本研究所有要素之標準差皆達小於 0.1 之標準，但有部分項目之標準差數值高於 0.8，分別為「遊戲、活動與競賽的引入」、「由簡漸繁」、與「浸入式學習（建構開放、發現、探究的學習氛圍）」，顯示專家們對這些要素之重要程度意見較為分散；而從質性意見內容可知，少數專家認為這三項要素在應用上較難拿捏，如：若為較簡單的科學概念，則無需使用「由簡漸繁」要素進行教學創新；因此，以這 22 個要素幫助科學教師發展教學創新時，應特別釐清這三個關鍵概念，才能真正為生手教師提供有效的鷹架。

但值得注意的是，這些經過研究確立出來的科學教學創新要素，屬於較上位的概念或原則，亦即其應用並非一成不變的，科學教師在應用這些創新要素時，可考量學校文化的多樣性及學生特質的差異性等因素，根據資源跟現況進行教學創新要素權重的調整。舉例來說，97 年教學卓越獎金質獎得獎團隊－茂林國中，便善用學校文化與地域特色，納入「融入生活議題」與「彈性改變學習場域」等科學教學創新要素，發展「酸雨腐石」的單元，讓學生了解傳統魯凱文化資產「石板」的功能性。由此可知，科學教師可靈活挑選最適用於各學校與學生之要素參考運用，才能發展出對更多學生有正向助益之科學創意教學。

在實務現場的應用上，有心發展與執行科學創新教案的教師可利用本研究 22 個科學教學創新要素作為起點，發展一套非規範性的自我檢核原則。這樣的原則應可幫助教師了解自己科學創新教案發展的狀態，以及是否還可以更充實原有的教案內容，此應有助於科學教師在教學創新上的自我檢核與成效評估，並能指引其應持續努力發展的方向、空間和目標。同時，更可運用本研究之科學教學創新要素進行師培課程之設計，發展能提升生手教師創新教學能力的方法或策略，建立有利於生手教師與教學團隊進行教學創新之在職成長機制，並採行進修、研習、工作坊、讀書會、參觀訪問、課程研發或發表出版等多元方式進行推廣，以提升科學領域教師之創造力與自發學習能力，營造創造力教育之課程與學習環境，孕育創意蓬勃之生態文化。

過去學者指出，創造力同時存在領域共通性跟獨特性 (Kaufman & Baer, 2004)，因此本研究雖主要關注於科學學習領域，但抽取出之 22 個教學創新核心要素似乎亦同時涵括各學科領域教學創新之共通性與獨特性。因此，在未來研究方向上，可進一步採用教學實驗，持續驗證本研究所發展之科學教學創新要素，逐步強化在科學領域教學創新所需的獨特性要素，更可與其他學科領域作區隔，在領域共通性下確立各學科使用教學創新要素之獨特性（如：理化科較歷史科可能應用到「操作式學習」或「結合科技的教學」等創新要素），重新定義關鍵的教學創新要素。此外，也建議後續研究者可邀請科學領域專家教師與生手教師採用這些教學創新要素，進行創意教案的設計與教學，並以參與式觀察、深度的質化訪談、量化工具，了解授課教師之教學效能與學生之學習成效。整體而論，不同於過去研究僅探討從個別教學模式或教學概念對學生學習之貢獻，本研究往向上擴展至教育心理學層級，意圖建構科學教學創新要素之鷹架，轉化教師的教學思維以形塑教師教學創新的能力，提供科學教學創新議題之理論支持，並協助更多科學教師有效創新教學。

表 3 德懷專家對科學教學創新要素在兩回合意見之結果

指標項目	M	SD	MO	QD	t
1. 融入生活議題：本要素為在教學設計中融入生活議題，此種透過學生生活經驗而引發的學習，除能有效提升學生學習興趣外，也能引發學生發現問題，並嘗試提出問題的解決之道。	4.71	.47	5	.50	13.68***
2. 轉抽象為具體：本要素為教師提供可幫助學生將抽象概念轉為具體化的教具或表徵，或透過具體操作，使其理解科學概念之意義，將課堂學習變成「帶著走」的能力，提高其未來學習或概念遷移的可能性。如：為了幫助學生理解電壓與電流的概念，A 老師讓學生把「電流」比喻為「人」，把「電壓」比喻為「錢」，將抽象概念轉為具體表徵：「電流呢，人出去花錢，人不會不見，花完錢還是會回家，但是電壓是種能量，錢就會把他用掉，那燈泡就是店家，花錢的地方...」。	4.71	.47	5	.50	13.68***
3. 操作式學習：本要素為教師能根據學生的認知階段，提供學生動手操作活動與實際操作的機會，此為由實作中體驗科學內涵，讓學生親自動手解決問題。	4.64	.50	5	.50	12.36***
4. 遊戲、活動與競賽的引入：本要素為教師可適度加入符合教學目標之遊戲、活動與競賽，以引入學習材料，有效提高學生的學習參與及學習動機。	4.21	.89	5	.50	5.09***
5. 結合科技的教學：本要素為教師可將教學與科技結合，藉由科技等資訊工具的融入，模擬不易呈現的演變歷程，或特寫不易描述的細節，提升學生的學習與理解。另外，也可藉著科技介入，提供學生參與翻轉學習的機會，培養自主學習者。	4.50	.76	5	.50	7.39***
6. 教材、教學材料的發展與應用：本要素為教師應發展適切的教具、多媒體教材或自製更貼近學生生活經驗的教材，以促進增加學生理解、增加趣味，讓教學與學習皆有事半功倍之效。	4.29	.61	4	.50	7.87***
7. 跨領域整合、主題統整、科技與人文整合：本要素為教師能將科學議題放在更寬廣的關注範圍內，此種整合領域、主題與科技人文的切入形式，能幫助學生擁有多樣性的思考與學習。	4.79	.43	5	.13	15.69***
8. 同儕學習：本要素為教師在教學設計中，可藉由學生同儕互動的形式（如：討論、協作或分組合作學習），為學生提供思考機會，並培養互助合作的重要能力。	4.50	.65	5	.50	8.63***
9. 運用內外資源：本要素為教師與不同的人或機構合作，整合不同資源，擴展學生在校內外的學習機會，展現資源的多重利用。如：某國小與學區內鄰近大學、酒廠合作推廣數學教學，共同推動高粱種植、收成釀酒的高年級數學體驗課程。	3.86	.66	4	.00	4.84***
10. 多元評量：本要素為教師評量的設計重點放在增進學生從事某種智識工作的能力，故在傳統紙筆測驗之外，結合更多非傳統式的評量方式，以更多元樣性的教學與評量測驗形式（如：實作評量或檔案評量），幫助學生有效學習。	4.71	.47	5	.50	13.68***

科學教學創新指標

表 3 德懷專家對科學教學創新要素在兩回合意見之結果 (續)

指標項目	M	SD	MO	QD	t
11. 尋求多元刺激與經驗：本要素為教師能透過與其他同儕的討論，抑或是異領域經驗的接觸、教師專業成長社群的參與等多元經驗的刺激，對其創新教學設計產生正向影響。	4.64	.63	5	.50	9.71***
12. 彈性改變學習領域：本要素為教師能增加教學空間的選擇，將學習場所擴充至校園以外，讓學習成為隨處可發生的，以提升學生的學習興趣與其未來應用與概念遷移的能力。	4.07	.47	4	.00	8.45***
13. 運用問題引導：好的問題有助於建構知識，導引思考歷程，並能在追求解答的歷程中，有效地將獲取之資訊分類整理。故本要素為教師能提出好問題並追問，以讓學生釐清思路，增進學習成效。	4.93	.27	5	.00	27.00***
14. 提供科學架構與規則，培養科學心智習性：本要素為教師能提供科學探究、學習歷程的規則、鷹架與訓練，並能在課程計畫的架構內進行適切的調整，讓學生培養出重要的科學心智習性，產生有意義的學習。如：教師在運用合作學習時應藉社會規範（如：在一般教室的社會互動中，師生彼此形成共識下所建立的常態性規範）與討論用語的訓練，幫助學生更聚焦於學習，而不致偏離主題，也不論於形式化的小組討論。	4.21	.43	4	.00	10.67***
15. 建構成功經驗：本要素為教師能為學生提供練習，表現機會，或先預測再驗證，幫助他們得到成就感與愉快學習經驗，以建立對學習的信心與自尊感。	4.64	.50	5	.50	12.36***
16. 提供學習或思考策略：本要素為教師能為學生提供不同的學習與思考策略，以促進其在不同學習情境中訊息與知識的習得、儲存、檢索、統整與運作。	4.21	.58	4	.50	7.85***
17. 由簡漸繁：本要素為教師在還沒正式介紹術語和定義之前，先從簡單的普遍原則開始，對基本概念的概念性理解下一番功夫，激發學生用自己的先備知識認識概念，再逐步導入複雜和特殊的事物。	4.29	.91	5	.50	5.26***
18. 浸入式學習（建構開放、發現、探究的學習氛圍）：本要素為教師能重視並以開放性的態度，為孩子提供一個鼓勵科學發現與創新的學習氛圍，在文化裡面慢慢養成習慣跟態度，讓不同的學生都更有興趣，也更勇於參與自然科學的活動。	4.57	.85	5	.50	6.90***
19. 培養觀察、獨立思考與問題解決的能力：本要素為教師能鼓勵學生比較、應用、評估、分析與綜合訊息，培養自主學習、思考與問題解決等基本能力，而不僅是單純的傾聽和記憶。	4.86	.36	5	.00	19.14***
20. 聚焦核心問題與關鍵概念：本要素為在教學時間有限的前提下，教師能掌握科學學習中的關鍵概念與核心問題，以提升教室內討論層次，並刺激、強化學生思考，幫助其有效學習。	4.57	.65	5	.50	9.10***
21. 提供安全與挑戰兼具的學習環境：本要素為教師能同時提供安全性與挑戰性，讓學生放心嘗試、失敗、接獲回饋意見、再次嘗試，而毋須面對總結性的評價，幫助孩子們從實踐中，甚至失敗中學習，以獲致最後的成功。	4.50	.76	4	.50	7.85***
22. 學習者中心教學設計：本要素為教師以學習者為中心，考量學生的學習特質、認知能力、學習起點，以及學生的認知經驗（包括誤解、成見、特定立場、生長背景等），靈活運用教材。	4.57	.76	5	.50	7.78***

*** $p < .001$

參考文獻

- 王如哲、黃月純（2013）：大學校長全球化領導知能指標之建構。《教育政策論壇》，16（2），1-26。
[Wang, R. J., & Huang, Y. C. (2013). On developing indicators for university presidential competencies in global leadership. *Educational Policy Forum*, 16(2), 1-26.]
- 林生傳（2003）：《教育研究法：全方位的統整與分析》。台北：心理。[Lin, S. C. (2003). *Educational research method: A comprehensive integration and analysis*. Taipei, Taiwan: Psychological Publishing.]
- 林珈夙（1997）：《校長領導風格、教師創意生活經驗、教師創新教學行為與學校效能之關係》。國立政治大學教育研究所碩士論文。[Lin, C. S. (1997). *Relationship between the leadership style of school principals, teachers' creative life experiences, innovative teaching behaviors and school effectiveness* (Unpublished master's thesis). National Cheng Chi University, Taipei, Taiwan.]
- 林家興、黃佩娟（2013）：台灣諮商心理師能力指標建構之共識研究。《教育心理學報》，44（3），735-750。
[Lin, C. H., & Huang, P. C. (2013). Development of competency benchmarks for counseling psychologists in Taiwan. *Bulletin of Educational Psychology*, 44(3), 735-750.]
- 林偉文（2002）：《國民中小學學校組織文化、教師創意教學潛能與創意教學之關係》。國立政治大學教育研究所博士論文。[Lin, W. W. (2002). *The relationships to organizational culture, creativity of teachers, and creative teaching in elementary school* (Unpublished Doctoral dissertation). National Cheng Chi University, Taipei, Taiwan.]
- 林偉文、劉家瑜（2013）：《培育科學教學創造力：系統化科學教學創新模式的建構》。科技部專題研究報告（編號：NSC 102-2511-S-152-012-）。[Lin, W. W., & Liu, C. Y. (2013). Developing the creativity of science teaching: The construction of systematic innovation model for science teaching. Research report of Ministry of Science and Technology (No. NSC-2511-S-152-012-)]
- 孫志麟（2000）：國民教育指標體系建構之研究。《國立臺北師範學院學報》，13，21-148。[Sun, C. L. (2000). The construction of an indicator system for compulsory education. *Journal of National Taipei Teachers College*, 13, 121-148.]
- 陳均伊、張惠博（2008）：一位化學老師實施探究教學的歷程與省思之個案研究—以「火山爆發」教學活動為例。《教育科學研究期刊》，53（2），91-123。[Chen, J. Y., & Chang, H. P. (2008). A case study of investigating a chemistry teacher's practice and reflection on implementing inquiry teaching: An activity of the volcanic eruption. *Journal of Research in Education Sciences*, 53(2), 91-112.]

- 黃政傑(1987):*課程評鑑*。台北:師大書苑。[Hwang, J. J. (1987). *Curriculum evaluation*. Taipei, Taiwan: Lucky Bookstore.]
- 蔡雅婷(2009):*組織學習類類型、教師問題解決風格與創意教學行為之關係*。國立臺北教育大學課程與教學研究所碩士論文。[Tsai, Y. T. (2009). *The relationships to organizational learning style of school, problem-solving style of teachers and the creative teaching behavior* (Unpublished master's thesis). National Taipei University of Education, Taipei, Taiwan.]
- Abd-El-Khalick, F., Bou Jaoude, S., Duschl, R. A., Hofstein, A., Lederman, N. G., Mamlok, R., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- American Psychological Association (1997). *Learner-centered psychological principles: A framework for school reform & redesign*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Brinkman, D. J. (2010). Teaching creatively and teaching for creativity. *Arts Education Policy Review*, 111(2), 48-50.
- Carlsen, W. S. (1987). Why do you ask? The effects of science teacher subject matter knowledge on teacher questioning and classroom discourse. Paper presented at the Annual meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC.
- Certo, J. L. (2006). Beginning teacher concerns in an accountability-based testing environment. *Journal of Research in Childhood Education*, 20(4), 331-349.
- Choy, D., Wong, A. F. L., Lim, K. M., & Chong, S. (2013). Beginning teachers' perceptions of their pedagogical knowledge and skills in teaching: A three year study. *Australian Journal of Teacher Education*, 38(5), 68-79.
- Craft, A. (2005). *Creativity in schools-tensions and dilemmas*. London, England: Routledge.
- Craft, A. (2008). Tensions in creativity and education. In A. Craft, H. Gardner, & G. Claxton (Eds.), *Creativity, wisdom and trusteeship-exploring the role of education* (16-34). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Craft, A., Hall, E., & Costello, R. (2014). Passion: Engine of creative teaching in an English university? *Thinking Skills and Creativity*, 13, 91-105.
- Cremin, T., Burnard, P., & Craft, A. (2006). Pedagogy and possibility thinking in the early years. *Thinking Skills and Creativity*, 1(2), 108-119.
- Cropley, A. J. (1995). Fostering creativity in the classroom: General principles. In M. A. Runco (Ed.), *Creativity research handbook* (Vol.1, pp. 83-114). Cresskill, NJ: Hampton Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity*. New York, NY: Harper Collins.
- Dalkey, N. C. (1969). An experimental study of group opinion. *Futures*, 1(5), 408-426.

- DİKİCİ, A. (2013). The adaptation of creativity fostering primary teachers index scale into Turkish. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13(1), 318-323.
- Dobey, D. C., & Shafer, L. E. (1984). The effects of knowledge on elementary science inquiry teaching. *Science Education*, 68(1), 39-51.
- European University Association. (2007). Creativity in higher education: Report on the *EUA creativity project 2006-2007*. Brussels, Belgium: EUA.
- Fasko, D. (2001). Education and creativity. *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 317-327.
- Feiman-Nemser, S. (2001). From preparation to practice: Designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Record*, 103(6), 1013-1055.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- Grainger, T., Barnes, J., & Scoffham, S. (2004). A creative cocktail: Creative teaching in initial teacher education. *Journal of Education for Teaching: International Research and Pedagogy*, 30(3), 243-253.
- Gustina, C., & Sweet, R. (2014). Creatives teaching creativity. *International Journal of Art & Design Education*, 33(1), 46-54.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Hazzan, O., Lapidot, T., & Ragonis, N. (2014). Active learning and active-learning-based teaching model. *Guide to Teaching Computer Science*, 15-22.
- Hitt, A. M., & Townsend, J. S. (2007). Getting to the core issues of science teaching: A model-based approach to science instruction. *Science Educator*, 16(2), 20-26.
- Hornig, J. S., Hong, J. C., Chan Lin, L. J., Chang, S. H., & Chu, H. C. (2005). Creative teachers and creative teaching strategies. *International Journal of Consumer Studies*, 29(4), 352-358.
- Huang, X. H., & Lee, J. C. K. (2015). Disclosing Hong Kong teacher beliefs regarding creativeteaching: Five different perspectives. *Thinking Skills and Creativity*, 15, 37-47.
- Hudson, P. (2012). How can schools support beginning teachers? A call for timely induction and mentoring for effective teaching. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(7), 71-84.
- Hung, L. C., & Smith, C. S. (2012). Common problems experienced by first year alternatively certified teachers: A qualitative study. *Journal of the National Association for Alternative Certification*, 7(2), 3-17.

- Jeffrey, B., & Craft, A. (2004). Teaching creatively and teaching for creativity: Distinctions and relationships. *Educational Studies*, 30(1), 77-87.
- Kagan, D. M. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129-169.
- Kaufman, J. C., & Baer, J. (2004). Sure, I'm creative-but not in mathematics!: Self-reported creativity in diverse domains. *Empirical Studies of the Arts*, 22(2), 143-155.
- Kennedy, M. (2008). Teachers thinking about their practice. In T. Good (Ed.), *21st century education: A reference handbook* (pp. I-21-I-31). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Lamanna, J. R., & Eason, P. K. (2011). Building creative scientists in the classroom laboratory: Applications for animal behavior experiments. *The American Biology Teacher*, 73(4), 228-231.
- Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA: Wadsworth.
- Livingston, L. (2010). Teaching creativity in higher education. *Arts Education Policy Review*, 111, 59-62.
- Mayer, R. (1989). Cognitive views of creativity: Creative teaching for creative learning. *Contemporary Educational Psychology*, 14(3), 203-211.
- McCarra, J. (2003). Perceived problems of beginning teachers and proposed solutions *for success* (Unpublished master's thesis). Mississippi State University, Starkville, Mississippi.
- National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (1999). *All our futures: Creativity, culture and education*. London, England: Department for Education and Employment.
- Olawale, S. G., Adeniyi, E. O., & Olubela, O. I. (2010). Creativity fostering behaviour as an index of productivity and capacity building among lecturers in selected universities in Ogun and Oyo States. *Educational Research and Review*, 5(5), 257-262.
- Park, S., Lee, S., Oliver, J. S., & Crammond, B. (2006). Changes in Korean science teachers' perception of creativity and science teaching after participating in an overseas professional development program. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 37-64.
- Parnes, S. J. (Ed.). (1992). Source book for creative problem-solving: A fifty year *digest of proven innovation processes*. Buffalo, NY: Creative Education Foundation.
- Reilly, R. C., Lilly, F., Bramwell, G., & Kronish, N. (2011). A synthesis of research concerning creative teachers in a Canadian context. *Teaching and Teacher Education*, 27(3), 533-542.
- Robinson, K. (2001). *Out of our minds: Learning to be creative*. Oxford, England: Capstone.
- Schoenfeld, A. (1998). Toward a theory of teaching-in-context. *Issues in Education*, 4, 1-94.
- Shakeel, S., Aslam, H. D., & Imran, M. I. (2012). Hindering factors of beginning teachers' high performance in higher education Pakistan. *The International Journal of Educational Management*, 26(1), 27-38.

- Sharp, C. (2004). Developing young children's creativity: What can we learn from research? *Topic*, 32, 5-12.
- Simplicio, J. S. C. (2000). Teaching classroom educators how to be more effective and creative teachers. *Education*, 120(4), 675-680.
- Soh, K. C. (2000). Indexing creativity fostering teacher behavior: A preliminary validation study. *Journal of Creative Behavior*, 34(2), 118-134.
- Sousa, F. C. (2007). Teachers' creativity and effectiveness in higher education: Perceptions of students and faculty. *The Quality of Higher Education*, 4, 21-37.
- Sternberg, R. J. (2000). Identifying and developing creative giftedness. *Roepers Review*, 23(2), 60-64.
- Tanggaard, L. (2011). Stories about creative teaching and productive learning. *European Journal of Teacher Education*, 34(2), 219-232.
- Veenman, S. (1984). Perceived problems of beginning teachers. *Review of Educational Research*, 54(2), 143-178.
- Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664.
- Windschitl, M. (2002). Framing constructivism in practice as the negotiation of dilemmas: An analysis of the conceptual, pedagogical, cultural, and political challenges facing teachers. *Review of Educational Research*, 72(2), 131-175.
- Woods, P. (1995). *Creative teachers in primary schools*. Buckingham, PA: McGraw-Hill International.

收稿日期：2015年02月26日
一稿修訂日期：2015年04月17日
二稿修訂日期：2015年04月22日
三稿修訂日期：2015年04月22日
接受刊登日期：2015年04月22日

Bulletin of Educational Psychology, 2016, 48(1), 1-14

National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

On Exploring Factors for Creative Science Teaching

Wei-Wen Lin

Department of Education

(Master Program of Educational Innovation and
Evaluation) National Taipei University of
Education

Chia-Yu Liu

Department of Educational Psychology
and Counseling

National Taiwan Normal University

Creative teaching is one of the effective ways to achieve the learning goals. If we could extract the critical factors from creative teaching process, we may offer support to teachers who desire to develop their creative teaching in a more effective way. Therefore, the main purpose of the current study is to explore the factors of creative science teaching and to improve teachers' creative teaching ability. A structured Delphi questionnaire was developed based on the interviews of nine creative science-teachers and analysis of creative science-teaching programs (Lin & Liu, 2013). A two-round Delphi questionnaire survey was conducted to collect opinions from 14 scholars and teachers of science education to explore the factors of creative science teaching. Results indicated that among all the 22 creative science teaching factors, 6 factors were regarded as the most important: connect teaching to daily life, transform abstract to concrete, adopt cross-discipline/themes, use multiple assessments, use inquiry-based learning, as well as foster the ability of observing, independent thinking independently, and problem-solving. The results can be employed as guidelines and tools for teachers who desire to develop their own creative teaching programs in their careers.

KEY WORDS: creative teaching, creativity, instructional innovation, science teaching