

一個混成式案例教學模式應用於非正式科學師資培育之成效：由學習參與和學習感受觀點

洪嘉駿¹ 施昆易² 王淑卿² 董曜瑜² 王國華^{2,*}

¹彰化縣民權國民小學

²國立彰化師範大學 科學教育研究所

摘要

本研究旨在由學習參與及學習感受觀點，評估一個混成式案例教學模式應用於非正式科學師資培育之成效。本研究採用兼顧質和量的混合研究法，研究對象為某師資培育大學物理系與生物系修習教學實習，且有意願參加的17位師資生，以及3位具不同科學背景之奈米教學專精教師。混成式模式包含「觀摩教學案例」與「專精教師現身說法」兩部分。「觀摩教學案例」係為網路課程，提供由3位專精教師的4個奈米教學案例讓師資生觀摩；「專精教師現身說法」為實體課程，邀請這3位教師親臨教室與師資生面對面討論，分享奈米教學經驗。本研究利用非正式課程時間，共進行混合網路及實體之3回合循環。研究蒐集質與量的資料，研究工具包括量表、晤談、錄影、及Moodle網誌等。研究發現：一、混成式案例教學模式對師資生的學習參與，有正向的促進效益。但案例不同，參與程度有些差異。而影響師資生學習參與的因素，包括教學案例之難易度、師資生背景知識、專精教師特質、師生互動形式及時間等因素。二、師資生對本課程之學習環境感受是正向的，並覺得有助於其奈米教學的專業成長，其中以奈米學科內容知識和奈米教學策略和表徵知識較顯著，而奈米教學的評量知識比較無幫助。

關鍵詞：奈米科技、教學知能、混成式案例教學、學習參與、學習感受

壹、緒論

二十一世紀以來，各先進國家皆投入大量的資金與人力，推動奈米科技之人才培育，其中，美國的科學、科技、工程、和數學(Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM)課程計畫，更明確指出奈米等新興科技教育之重要性(Lyshevski,

Puchades, & Fuller, 2012)。奈米科技已與人類日常生活息息相關，誠如網際網路改變現今人類生活一般，奈米科技將是改變人類生活進入下一世代的重要里程碑，然而，奈米科技的發展有賴學校教育，加強奈米科技人才的培育，其中，具備奈米科技學科教學知識的師資培訓，將是推動奈米科技教育的重要關鍵，因

*通訊作者：王國華，sukhua@cc.ncue.edu.tw

(投稿日期：民國106年12月30日，修訂日期：民國107年6月19日，接受日期：民國107年6月19日)

此，培育具備奈米科技學科教學之能的教師，才能有效推動國家奈米科技教育人才之培育。

美國在1991年正式把奈米技術列入「國家關鍵技術」，並於2000年的「國家奈米技術先導計畫」(National Nanotechnology Initiative, NNI)，編列4.97億美元作為奈米科技的研究經費，奠定美國在奈米技術的領先地位外，也帶動了世界各國在奈米科技的投資與發展風潮(羅吉宗等，2003)。在21世紀的日常生活中，奈米科技產業包含資訊家電、電子IT、保健與醫療、生化、軍事、能源與環境、化工與材料等(大泊巖，2002／王建義譯，2003)，因此，奈米產品已和我們生活息息相關，而奈米科技已經是不容忽視的議題。

我國自2003年起，推動奈米國家型科技人才培育計畫以來已培育近萬名在職種子教師，參與奈米課程或活動的國小至高中職學生也達320萬人次以上。由此可知，國內推動K-12學生奈米科技活動，已經逐漸普及。奈米科技教育的學習與教學相關研究也如火如荼展開，有研究指出學生對奈米科技很好奇但又不熟悉，而且願意嘗試學習(曾國鴻、陳沅，2005；潘文福、游可如，2011)。經由制式或非制式教育可以促進學生對奈米科技概念的學習、情意及技能的提升(陳玫岑、閻映丞，2014；鄭瑞洲、洪振方、黃台珠，2013)。

然而，幫助K-12學生瞭解奈米科技相關知識，急需培訓具備奈米科技教學專業知能的教師。但有關K-12的奈米教學種子教師數量仍然有限，增進在職科學教師奈米教學知能的研究也不多。另外，師資培育機構對於奈米科技教學的探討也甚少，所以儘快發展奈米教學的相關課程，從師資培育培訓具備奈米教學知能的教師，是根本且長遠之道(Schank, Krajcik, & Yunker, 2007)。因此，如

何增進現職科學教師的奈米教學專業成長及進行職前階段之奈米師資培育，皆是不容忽視的課題。

在師資培育階段，如何提升師資生教學專業知能的有效策略及模式，長久以來受到教育學者所重視。楊深坑與黃嘉莉(2012)則比較各國職前師資培育制度與素養，發現當代師資培育期待教師成為學習專家，而案例教學法為師資培育中有效的方式之一(高熏芳，2002；張民杰，2001)。案例教學法係指利用案例作為師生互動的核心媒材，然後結合教學的主題，並透過討論、問答等師生互動的一種教學方法。許多學者(王金國，2016；李翠玲、黃澤洋，2016；姚如芬，2011；洪志成，2002；Howey, 1989; Klenifeld, 1992; Levin, 1995; Shulman, 1992)指出案例教學法具有情境的、多元的、即時的特徵，可以縮短理論與實務的距離，這些優勢可以應用於師資培育，對職前教師有正向的學習影響。

案例教學在師資培育應用雖顯示有良好成效，然而，卻有一些實施上的限制。不過，如果應用網路科技進行混成式案例教學，不僅可保留案例教學法的優點，亦可突破傳統案例教學之限制(Boelens, De Wever, & Voet, 2017; Güzer & Caner, 2014)。因此，結合網路之優勢，將教學案例與網際網路結合，為創造師資培育的優勢策略(吳青樺、高熏芳，2003；陳彥廷，2010；張雅芳，2011)。

學習帶來成長，學習是否有效，學習參與是決定學習成就的重要指標(Linnenbrink & Pintrich, 2003; Ryan & Patrick, 2001)。Fredricks, Blumenfeld與Paris (2004)指出許多研究者均認為學生在學校的參與會影響其學業成就、學習情緒以及學習的行為。另外，學習是一種互動的過程，在互動中產生對學習環境和事物的心理反應，即學習感受

(Pickens, 2005)。探討學生的學習感受，也能瞭解學習的成效(Dassa & Derose, 2017)。回顧過去文獻，已有一些研究由學習參與或學習感受角度來探討案例教學(Murray-Nseula, 2011; Watson & Sutton, 2012)、混成式學習(Güzer & Caner, 2014)、或混成式案例設計的實施成效(Manwaring, Larsen, Graham, Henrie, & Halverson, 2017)。

綜合上述，奈米科技教育的學習、教學、和師資培育的研究，已經持續受到注意，但若全面推廣與正式融入至K-12教育以厚植全民奈米科技素養而言，目前師資仍呈現短缺的現象，因此，最優先且根本的解決方式即為奈米教育師資的培育，尤其是職前師資培育方面，目前文獻仍較少，是值得研究的領域。然而，像奈米科技這種新興科技，發展的速度很快，累積的知識和技術，無法即時編入正式的課程科目中，以提供學生學習的需要。而目前師資培育正式課程，因時間、進度、師資、和資源等的限制，常無法將新興科技知識內容即時融入師資培育課程中。尋求非正式師資培育管道，來提升師資生新興科技教學的知能是必須考慮的方向。案例教學是提升教師教學專業能力的一種有效方法，而以混成式案例教學應用於師資培育，早為學者所推崇(Bryan et al., 2007; Hingant & Albe, 2010)。因此，本研究認為提升師資生新興科技之教學知能，發展非正式師資培育課程，結合網路與實體的混成式案例教學為可行的一種方式，然而，其實施模式、實施對象、成效評量、及學生學習行為等，還有很多值得研究的地方。本研究主要目的即在於建立一個混成案例教學模式，探討師資生在這樣的模式下之學習參與和學習感受，以評估這種模式之成效，並提供師資培育設計發展像奈米這種新興科技教學課程之實徵性參考。

貳、文獻探討

一、奈米科技教育及師資培育

臺灣奈米科學教育往下紮根的政策如「K-12奈米科技人才培育計畫」主持人吳政忠(2005)表示臺灣不僅需要培養奈米專業人才，在生活上也須培育全民對於奈米科技具備相關概念，因此奈米科技的概念有必要融入九年一貫的課程中(潘文福，2004)。在奈米專家學者方面的調查也顯示，多數專家贊成將奈米科技融入正式課程(楊文森、張美玉、葉孟考，2013; Hingant & Albe, 2010)。

而奈米科技教育的學習與教學研究發現，學生對奈米科技是很好奇但又不熟悉。但願意嘗試學習(曾國鴻、陳沅，2005; 潘文福、游可如，2011)。透過制式或非制式教育可以提升學生對奈米科技概念學習、情意及技能的提升(何宗穎、鄭瑞洲、謝佩好、陳東煌、黃台珠，2012; 陳玫岑、閻映丞，2014)。利用不同的教學策略可以有效讓學生概念轉變，例如POE教學、探究、動手做(羅美惠、張美玉、葉孟考，2016)。

另外，奈米科技教育師資培育研究發現，經由研習，教師的奈米知識可以提升(吳銘達等，2013)。將奈米科技新興議題融入到學校的課程實施，教師們都認為需要支持系統，而且必須透過大學與中小學夥伴學校的關係較佳(楊文森等，2013)。有研究指出即使奈米科技教學資源豐富，阻礙科學教師將奈米科技融入科學教學的主要因素還是沒有足夠的專業成長課程，來提升教師們教導跨領域課程的能力、瞭解學生學習奈米科技概念的困難、以及充實奈米科技的學科內容等等(Hingant & Albe, 2010)。而對於職前教師而言，強化他們將奈米科技這種新興科技融入教學的短期做法是在教材教法課，讓職前教

師們有機會發展奈米科技跨領域教學的能力 (Schank et al., 2007)。

二、案例教學及師資培育

案例教學法係指藉由案例(case)做為教學的教材或工具的一種教學方法，需要結合教學的主題，接著透過討論、問答等師生互動的一種教學過程，使學習者能夠瞭解與教師所教授的主題相關的概念或理論，並能培養學習者高層次能力的一種教學方法(張民杰，2001)。此外，案例教學法亦是實務與理論的橋樑，藉由案例為教材的具體事件與經驗作為討論的依據(姚如芬，2011；Shulman, 1992)。簡言之，案例教學法係指利用案例作為師生互動的核心媒材，然後結合教學的主題，並透過討論、問答等師生互動的一種教學方法。另外，案例教學法的核心意涵具備三項特點：(一)強調藉由案例作為教學材料結合教學主題；(二)強調師生互動及學習者主動學習的教學過程；(三)強調教學主題相關概念或理論的瞭解及高層次能力的培養等教學目標的達成(張民杰；Wassermann, 1994)。

高熏芳(2002)綜合多位學者，整理出案例教學法在師資培育上的功能有六點：(一)將理論知識與實務知識統整；(二)案例教學可以協助職前教師獲得專家與有經驗教師所具有的知識情境；(三)案例教學培養職前教師問題分析和解決的能力；(四)案例能協助建構個人的教學理論並加強實務經驗；(五)案例教學能揭發教學情境的複雜性；(六)案例教師能增進教師從替代性的經驗中學習的能力。Mostert (2007)整理多位學者對於「案例教學」所提出的優點有：(一)案例教學能培養具備高層次的批判思考；(二)培養專業決定能力時，能夠提供替代性的學習與練習；(三)在討論、模仿以及省思的過程中能增加實務上的知識；(四)與

其他教學法相較之下，較容易引起學習者注意與評論；(五)鼓勵學習者在學習過程中進行反思與做決定。

案例教學常被運用於高等教育中，各領域的教學活動中，以促進理論與實務的統整學習。由建構主義觀點，在案例教學中，學習者從案例中獲取思考，並結合自己的經驗與想法，經過同化與調適的過程，建構科學教學的概念。而社會建構和情境學習理論觀點，強調學習無法與外在環境產生脫離，知識的建構是發生在真實且豐富的情境脈絡之中，並透過具有經驗者所提供的鷹架，相互交流，共同建構知識。因此，藉由案例提供實務學習之鷹架，可幫助職前教師獲得實務上之學習(林吟霞、王彥方，2009)，也可協助學生的學習遷移，發展醫學教育的核心能力(洪佳慧、林陳涌，2014)。

越來越多的研究發現案例教學的效益，也逐漸的被許多師資培育機構所使用。許多實徵研究(姚如芬，2011；洪志成，2002；Howey, 1989; Klenifeld, 1992; Levin, 1995)發現，在師資培育的應用中，無論是在一般教育科目或特定學科教學課程皆能展現案例教學法的優勢。李翠玲與黃澤洋(2016)利用案例教學法來增進師資生特殊教育知能。李銘義與劉乃維(2013)也認為參與式個案教學(即案例教學)對學生學習的認知、態度、價值觀等，都有正向影響。科學教育方面，簡聿成與洪振方(2010)發現案例式專業成長模式，可以影響初任教師之科學展覽指導知能。

因此，王金國(2016)即建議師資培育應利用案例教學來縮短教育理論與實務的差距。而案例教學法的應用中，高熏芳與蔡宜君(2001)及高熏芳(2002)彙整相關研究指出，案例教學在師資培育的運用方面，主要可區分為三類：(一)把案例當作典範：主要是用案

例作為發展理論或建構理論的工具，突顯課程中的所需要原則、理論與教學技巧等，以便師資生可以快速融入情境。(二)把案例當作練習分析、決策及問題解決的機會：透過案例幫助師資生看見案例中的教學問題或情境內容與複雜性，幫助師資生可以像資深老師般的思考。(三)把案例當作激發個人反思的刺激物：許多學者認為，透過自我教學的案例觀看或撰寫，有助於教師進行教學反思，以促進教師的專業成長。

三、混成式學習和師資培育

混成式學習雖然有很多不同的定義，現在多以blended learning為主要名稱(Güzer & Caner, 2014; Nortvig, Petersen, & Balle, 2018)，其意涵為結合資訊科技的優勢與傳統教育的優點所產生的混合教學模式。

很多學者對混成式學習的研究做了相關的文獻整理，結果指出，虛擬網路和實體結合的學習環境較傳統學習環境對學習者更有幫助(余綺芳，2006；徐敏珠、楊建民，2006；黃建晃，2005；董素蘭，2006；劉明洲、汪冠宏，2010)。亦有研究顯示，單純網路化的學習環境所產生的學習成效低於混成式學習環境的學習成效(張基成、徐育昇，2011；Akkoyunlu & Yilmaz-Soylu, 2008; Cross, 2006)。而Güzer與Caner (2014)從學習感受(perceptions)的角度指出學生都喜歡網路的學習環境，但是並不想放棄面對面(face to face)的學習機會，這顯示學習者認為網路和實體兩種學習環境都各有優點，應該同時具備。另外，他們也提出許多研究的發現，混成學習相對於傳統實體學習對學生的成績和批判性思考能力雖沒有顯著差異，但是，學習滿意度、學習動機、輟學率、態度和知識保留，混成式學習都優於傳統學習。

不過，混成式案例環境的設計也是需要

重視的。Manwaring等(2017)也發現混成式學習的教學設計和學生的感受變項對學生的學習參與有很大影響，例如學生的任務太複雜會對他們的學習參與有負面影響；而學生如感受到學習活動的重要，會同時對其認知和情緒參與有正面影響。學習參與的一個重要成果是學生感受到他們有學習收穫和進步。Boelens等(2017)也整理過去20篇的研究，針對混成式學習設計的4種主要的挑戰包含學習的彈性、社會互動、監控學習過程、和情意氣氛的培養進行分析。結果發現，很少的混成式學習設計能提供學習者足夠彈性以掌控實現混成式學習；學習很重要的社會互動，通常只發生於面對面的實體環境，而個別化和監控學習多發生於線上；最後，多數混成學習設計很少注意到培養學生情意氣氛的教學活動。Nortvig等(2018)也進行混成式學習的文獻探討，發現有一些因素對混成學習的成效特別有影響，包括線上教學者的出現、線上的師生互動、連結線上和實體的活動、課堂和實務的活動等等。

而在師資培育方面，Nortvig等(2018)透過混成式學習可以讓職前教師發展教學的技巧和信心，並引發更多有關如何應用科技來支持達到教學目標之獨立探究。Atmacasoy與Aksu (2018)對混成學習在師資培育方面的運用進行文獻探討，發現學業成就和學習態度都是正向的。面對面互動也是受歡迎的，其他的優點包括多樣的教材、即時的回饋、及學習監控等等。網路連結緩慢或斷線、學習者使用ICT的焦慮則是影響效益的限制。有學者將傳統案例教學方式結合網路的優勢設計課程(吳青樺、高熏芳，2003；陳彥廷，2010；張雅芳，2011)。劉唯玉與劉才詮(2016)發現，「案例討論」比「案例影片」更能增進師資生案例問題解決之多元觀點，且達到顯著差異。

四、學習參與和學習感受

(一)學習參與(Learning Engagement)

學習參與的意涵有很多，有學者從參加學習的角度，認為學習參與是指學生在整個學習的目標活動中行為、感覺與思考的歷程(Kuh, 2003, 2009)；也有學者從學習投入的角度來界定，指學生投入和參與學習活動的程度(Ryan & Patrick, 2001)，或是，以學生所投入的時間與精力為指標，透過與他人的互動，使這些教育活動具有意義(Kuh)。

有些學者認為學習參與有三個重要元素，包括行為參與(behavioral engagement)、認知參與(cognitive engagement)、及動機／情緒參與(motivational/emotional engagement)(Finn & Zimmer, 2012; Fredricks et al., 2004; Linnenbrink & Pintrich, 2003)。學生的部分參與到全部的投入，都屬行為的參與，老師可以很容易在課堂內看到一些行為參與的指標，例如，學生在參與過程的努力(effort)、堅持(persistence)、或求助(help-seeking)等等(Linnenbrink & Pintrich)。Fredricks等則擴展學習參與，除了對於學習與學習任務的投入行為(包含努力、堅持、出席等主動參與行為外)，還包含遵守行為規範及參與學校相關活動等等，面向較為寬廣。認知參與是指學生學習時能用心思考，會使用不同學習策略來增加學習的理解，並能表現出批判性、創思性的思考(Linnenbrink & Pintrich)。所以，認知參與可視為學生心理層面的學習投入。在課堂中，可以看到學生認知參與的參考指標，例如學生使用一些組織和精緻化的學習策略，如能摘要及圖表化學習內容，另外，學生能使用計畫監控和自我調整等後設認知策略也是認知參與的指標。

動機／情緒參與的意涵，有學者認為是學習者表現出來的興趣、價值、及正向的情

意等等(Linnenbrink & Pintrich, 2003)。有學者則擴展其至一種對學習機構或場域的認同和歸屬感(Fredricks et al., 2004)，這是從人際關係及對學習本身比較多元的觀點。而和學習參與相關的變項，也受到很多學者的注意。學習參與和動機及情緒有關，也受學習情境因素影響(Christenson, Reschly, & Wylie, 2012)。

學習參與和學習效益是有關的，有些學者提出學習的動機(包括自我效能)，會影響學習者的情緒，及自我調整學習，進而影響其學習成就(González, Fernández, & Paoloni, 2017; Pekrun & Perry, 2014)。Fredricks等(2004)指出學習參與會影響學業成就、學習情緒以及學習的行為。Dotterer與Lowe (2011)的研究也指出，對於沒有學習困難的學生，心理和行為的參與是課室情境和學業成就之間的中介影響因素。另外，有一些學者發現，學生的學習參與，會因學生的學習特性、學習內容、教師，學習任務等等的不同，而有不同的參與程度(Gallagher & Tobin, 1987; Lee & Anderson, 1993; O'Connell & Dickinson, 1993)。學習的參與會受到自我效能影響，也會影響學生的學習和成就(Finn & Zimmer, 2012; Fredricks et al.; Linnenbrink & Pintrich, 2003)。

(二)學習感受(Learning Perception)

學習是一種互動的過程，在學校中的互動包括教師與學生、學生與學生、及學生與教學環境，而學習過程中，學生對教師最直接的感覺便是「學習感受」。感受(perception)，也稱為知覺，是一個理解外在環境中物體事件的整體歷程，與感覺(sensation)和態度(attitude)等有密切關係。知覺與感覺雖同樣為外在刺激引起的心理反

應，但知覺更複雜，是個體對外在客觀感覺刺激加以選擇、組織並賦予其主觀解釋的心理歷程。在知覺歷程中，個體對感覺刺激，加以選擇、組織、解釋時，不但會超過原刺激的客觀特徵，甚至會將原刺激的特徵加以改變，賦予其特殊意義(張春興，2003)。

學習感受亦可從社會心理觀點，視為學生對學科的喜歡程度及學習興趣，帶給學生全新的學習感受，會讓學生們能維持很高的學習興趣。Koon與Murray (1995)指出學生對學習科目的興趣、批判性思考、人際關係、自我瞭解等，比學習分數(或傳統上所稱的學習成就)，更能作為學生學習的指標。有研究發現學生對學習的感受和他們對教學成效的整體評比有高度相關(Centra & Gaubatz, 2005; Ryan & Harrison, 1995)，而Diemer, Fernandez, & Streepey (2013)也指出大學生對利用ipad修課的學習感受影響到他們的學習參與感。

參、研究方法

本研究旨在由科學師資生於混成式案例教學模式之學習參與及學習感受，評估混成式案例教學模式之成效。以下將針對研究對象、研究設計、研究工具及資料蒐集分析進行說明。

一、研究對象

(一)科學師資生

本研究之對象皆就讀於某國立師資培育大學，分別為物理系、生物系修習教學實習之科學師資生。參與本研究之個案科學師資生來自物理系6位、生物系11位，合計共17位。個案科學師資生皆依《師資培育法》取得教育學程修習資格，除原本物理系／生物系專業學程外，需再修習26學分之教育專業課程，其中含括由各系所獨立開設之分科教

材教法與教學實習。經本研究事前調查，參與本研究之個案師資生之學習和教學經驗，在教學經驗部分可以發現，有13位師資生(占76%)已有到教學現場代課、兼課、補救教學、補習班及營隊等實際的教學經驗，但還未擁有正式教師證。另外，師資生大多數皆已經有奈米的學習經驗，甚至有12位師資生(占71%)修習過進一步的奈米相關課程。另外，本研究屬於非正式師資培育課程，儘量邀請師資生自願參與，無法強迫，所以研究所設計的四個案例，師資生參與的人數還是有所不同。其中，以案例四師資生參與率最低。

(二)奈米教學專精教師

本研究所邀請3位奈米教學專精教師(女性2位，男性1位)。分別任教於國中、完全中學、及高中，皆具教學相關國立研究所碩士以上學歷，教學年資都在20年以上，任教科目分別為生物、物理、化學，教師們在奈米教學方面，都有傑出表現，不僅為校內教學楷模，更是研究單位爭相邀請合作之對象，因此足以作為科學師資生之典範。

三位專精教師的傑出表現，分別為案例一的A老師，曾任奈米K-12種子教師及縣市輔導團輔導員，曾獲頒全國性奈米科技教材競賽第一名；案例二和案例三的B老師，也是奈米K-12種子教師，曾獲全國性奈米科技教材競賽第一名，並擔任過高中物理、實驗研究組組長、主任及代理校長；案例四的C老師也是奈米K-12種子教師，也獲得過奈米科技教材競賽第一名。

二、研究設計

本研究採混合研究法，即兼顧質與量研究的典範。量化研究主要以邏輯實證主義為典範；質性研究主要以建構主義為依歸。雖然兩

種典範各有不同的論點，甚至很多地方是對立的，不過，各有優點與限制。故本研究網路平臺，針對研究對象的線上參與行為(包括觀看教學案例時間、討論互動之次數及提問內容等等)和實體課程參與行為(包括出席率、與專精教師討論互動次數及種類等等)蒐集他們的學習參與資料；另外，以問卷調查法、現場觀察、並配合訪談，探討師資生參與對混成式奈米教學案例課程模式的學習感受。

本研究之混成式奈米案例教學模式共進行三次的循環，每次討論1至2個案例，每次的循環分成兩個階段，依序分別是網路課程的「觀摩教學案例」與實體課程的「現身說法與討論」(如圖1及表1)，詳述如下：

(一)網路課程：觀摩教學案例

本階段，研究者先將三位具不同學科背景的專精教師之奈米教學影片共4部(A教師1部影片、B教師2部影片、C教師1部影片)，並請2位學科專家針對學科內容知識，及1位科學教育專家對教學實務進行審查，建立教學影片內容的正確性，並訂立4部影片的主題與概念，如表1所示，然後放置於本研究發展之Moodle平臺。

個案師資生皆須於討論前，到本研究發展之Moodle平臺觀看專精教師之奈米教學影片，在觀摩案例影片之後，師資生必須到思考性作業區「想一想」回答問題，並至非同步「討論區」進行提問。思考性問題是

針對每一奈米教學影片內容，提出奈米教學策略與表徵、對學生學習奈米的理解、奈米課程知識、奈米學科知識等各面向的問題，讓師資生思考及回答，例如：「在國中階段，學習以上的內容，學生應該具備哪些能力？」、「何謂STS教學策略？為何使用STS？」，研究者在擬定問題後，請該次的專精教師進行審定，以確保問題適切性。

(二)實體課程：現身說法與討論

現身說法與討論是本模式實體課程很重要的部分。每次觀摩一位專精教師之教學案例後，便邀請該專精教師以座談會的方式與師資生進行面對面之互動，於本階段中，師資生的互動方式有三種：1.教師現身說法，分享奈米教學理念與經驗；2.提出對於觀看影片時所產生之問題；3.由專精教師及研究者之引導進行討論。本階段中，由三位教師分別進行三次的「現身說法與討論」。

上述二個階段課程為相互循環之模式，例如觀摩「A教師之奈米教學影片」後進入「A專精教師現身說法與討論」為1個循環。所有個案科學師資生皆必須參與上述二個階段之循環，而在本研究中共進行3次的循環。

三、研究工具

(一)混成式奈米案例教學環境及教學成長感受量表

本量表係由本研究自行發展，用以瞭



圖1：混成式奈米案例教學模式

表1：專精教師提供之奈米教學案例、對應之奈米概念及座談會內容摘要表

教師	教學案例	奈米概念	座談會與內容
A老師	奈米仿生學	奈米STS	座談會1：現身說法、討論
B老師	奈米金	尺寸效應	座談會2：現身說法、討論、實作
	實驗—奈米金與磁顆粒	奈米磁導航	
C老師	奈米自組裝	奈米自組裝	座談會3：現身說法、討論、實作

解參與之師資生對每一個奈米教學案例循環之實施在學習參與及學習感受上的影響，於每次座談會後進行調查。本量表共有「案例教學感受」8題、「影片編輯與網路環境」9題、「案例討論環境安排」10題、「教學知能成長」5題，總計共4個向度32題，並提供不同程度之「同意」(分成5為非常同意、4為同意、3為普通、2不同意、1為非常不同意)，讓師資生進行評比。

「案例教學感受」的題目如「本次Web-Based教學案例能幫助我提升奈米的教學能力。」；「影片編輯與網路環境」的題目如「本次觀看影片後的作業，有助於您在奈米教學的成長。」；「案例討論環境安排」題目如「討論時資深教師對於您的問題，所做的回應，有助於您在奈米教學的成長。」

而「教學知能成長」向度是為了探討本混成案例教學模式師資生奈米學科教學知能成長之影響，是綜合Park與Oliver (2008)及Tuan, Chang, Wang與Treagust (2000)所提出的學科教學向度，包括：「教學策略與表徵知識」(KI)、「對學生學習奈米的理解知識」(KS)、「奈米課程知識」(KC)、「奈米評量知識」(KA)、和「奈米學科知識」(SM)等進行問卷題目擬定，題目如「本次案例討論模式，有助於您在奈米教學策略上的成長。」等等。

本量表經一位專家進行內容審查，而整體問卷 α 值為.95，分量表「案例教學感

受」 α 值為.91、「影片編輯與網路環境」 α 值為.87、「案例討論環境安排」 α 值為.89、「教學知能成長」 α 值為.90，具有良好的信度。本量表在每次案例教學循環後被使用，共蒐集三次師資生對案例教學環境及教學知能成長的感受。

(二)個案師資生訪談資料

本研究中訪談依使用階段可分三方面：

1.瞭解個案科學師資生奈米學科教學知識基礎；2.瞭解本模式對科學師資生之奈米學科教學知識影響；3.瞭解影響本模式成效之因素。

例如，評估學生的學習感受，以瞭解本模式成效之訪談大綱舉例如下：

1.對案例教學感受方面：

你在『奈米STS、奈米仿生學』教學案例影片中印象最深刻的是什麼呢？對你未來教學的幫助為何？

2.對網誌平臺感受方面：

你認為網誌平臺給你的收穫是什麼？

3.對現身說法與討論方面：

你認為這次的討論過程中，老師讓你印象最深刻的是什麼呢？未來教學的幫助為何？

4.對整體模式的感受方面：

在這整個的過程中，資深老師還有

哪些教學設計或想法是讓你印象深刻的呢？資深教師有哪些教學方式，是值得你學習的呢？

(三)錄影資料

專精教師現身說法與討論(座談會)階段，研究者會進行錄影，以分析與瞭解實施情形。

(四)Moodle網路平臺日誌

係為Moodle網路平臺所內建功能之一，可匯出使用者登錄與使用資訊，提供研究者瞭解師資生在觀摩過程中所花費的時間、次數，以及觀看的内容偏好。

四、資料分析

(一)量化資料的分析

量化資料如觀看時間、次數及偏好紀錄，17位師資生在Moodle平臺觀看專精教師之奈米教學影片時間和倍率，反思作業的答題率、及討論版的提問率、實體課程的出席率、師生互動情形，都被觀察、記錄、或儲存。並以描述性統計分析，呈現師資生在網路課程和實體課程的學習參與表現。

另外，師資生的「混成式奈米案例教學環境及教學成長感受量表」回收後，詳細檢

閱問卷填答情況，並將問卷結果分別以檢定值3及4，進行無母數統計，各向度以單一樣本魏克森符號等級檢定(Wilcoxon signed rank test)及相關樣本Friedman檢定，且將分析結果，依循向度呈現出師資生對學習環境及奈米教學知能成長的感受情形。

(二)質性資料的分析

本研究所收質性資料，包括師資生在Moodle平臺觀看專精教師之奈米教學影片後，回答「想一想」問題、在討論區的提問、實體課程錄影轉錄、及師資生訪談等質性資料。研究者邀請一位博士生及一位碩士生共同經編碼、分類，並進行比較分析，兩位研究生皆是進行奈米教學及教師專業發展相關主題之研究，在進行編碼時，研究者先針對編碼向度進行說明。研究者與兩位研究生進行編碼及分類時，若編碼相同，則將其歸類為該類別，若編碼不相同，則會進行討論，再次進行編碼分類，並取得最後一致才停止。本研究針對不同來源之質性資料，採用表2的編碼方式，以利區別。

肆、研究結果與討論

本研究發展之混成式案例教學模式，分網路課程與實體課程兩部分：網路課程係以

表2：質性資料編碼方式

代碼	資料來源	說明	例子
XX-M-Th3	網路課程答題文字資料	XX：表師資生姓名；M：表Moodle；Th3：表想一想第3題。	亮亮-M-Th3
Vi 2.1.28	實體課程錄影資料	Vi：表錄影轉錄；2：表工作坊；1.28：表1時28分。	Vi 2.1.28
In-XX-0403	網路課程訪談心得	In：表訪談資料；XX：表師資生姓名；0403：表日期。	In-莉婕-0403
In-XX-01-14-KI-12	奈米教學專業知能心得	In：表訪談資料；XX：表師資生姓名；0114：表日期；KI：表對應教學知能向度；12：表題號。	In-惠茹-01-14-KI-12

線上觀摩教學案例為主，並進行思考性作業「想一想」，以及至非同步「討論區」進行提問。另外，實體課程部分邀請3位專精教師現身說法，提供他們的奈米教學經驗，並帶領師資生實際操作奈米實驗或活動，並回答師資生的教學疑問。

為了探討本混成式案例教學模式對師資生的學習效益，本研究從師資生的學習行為著手，將如觀看影片時間和倍數、回答線上的思考性問題的答題率、及線上非同步討論版的提問率、實體課程之出席率、師生互動頻率等等，視為行為參與表現。另外，師資生回答線上的思考性問題及線上非同步討論版的提問內容，及實體課程提問內容等，視為認知參與的表現。而師資生的動機／情緒參與部分，較難於網路上具體蒐集，且與行為與認知參與有相互關聯性，因此，本研究並無針對師資生的動機／情緒參與特別討論。另外，對於學習感受，主要在調查師資生對混成式案例教學模式各部分設計(包括網路教學案例、網路討論環境、和實體課程)，及本模式對他們的奈米教學知能成長是否覺得有幫助或滿意程度。研究結果分述如下：

一、師資生之學習參與

(一)行為參與表現

1. 網路課程的行為參與

(1)觀看教學案例

本研究中共有4個奈米教學案例，但由於實施時，案例二與案例三合併於同一次的案例教學中，另由Moodle平臺網誌的資料亦顯示大量的師資生皆連續觀看案例二與案例三，因此研究者將兩案例之時間合併一同討論。

從表3中可以得知，每個案例原有影片時間、被師資生觀看的平均時間(分鐘)及標準差，及平均觀看倍數。其中原有時間以案例

四(奈米自組裝)最短(33分鐘)，案例二(奈米金與磁顆粒)最長(86分鐘)。而師資生平均觀看時間分別為案例一(152分鐘)，案例二+案例三(207分鐘)，案例四(121分鐘)，標準差都很大，表示師資生的觀看時間有差異。

另外，再以案例影片的時間為被除數，平均觀看時間為除數進行計算，得知師資生觀看案例所花時間，最少都有影片原有時間的2.4倍長，而以案例四(3.67倍)最多。由此可見，科學師資生對於觀摩案例所投入的時間有差異，但所需的時間皆大於案例原有時間，表示師資生應該都有努力投入觀看案例。

(2)反思作業的答題率

如表3所示，師資生在「想一想」反思問題的答題率分別為94%、88%、76%、47%，整體而言，17位師資生在四個教學案例之平均答題率為76%，表示答題率良好。但是由案例一之94%，卻有越來越低的狀況，甚至到了案例四時僅有47%的答題率。發現這種情況，研究者於第二次座談會後與師資生們討論瞭解這種情形，發現師資生答題偏好於簡單一般性及熟悉之問題，對較困難問題，回答會有壓力的。如案例四的問題較困難，致使師資生回答率偏低。也有師資生反應，案例提供的反思問題不清楚，反而誤導或限制住師資生的思考方向，而不知如何作答。

研究者：這些問題本身對你來講太困難？

莉婕：有些很困難，我覺得有些比較偏教學技巧的部分，不太能回答，對，也不是不太能回答，而是我不知道要回答什麼！(In-莉婕-0403)

惠茹：可以會有一個思考方向，可是有時候我看這個影片會有

不同的想法，可是反而會有點被牽絆住，會覺得這個人家要我想的是這邊，我原本疑惑的地方是另一邊，就會變成想另一邊去，就是有好有壞。(In-惠茹-0403)

(3)非同步討論區的提問

同上，師資生在非同步討論區的提問率並不理想(如表3)，雖然案例一的提問率達88%，但是到了案例二起就不滿60%，因此研究者於第二次座談會(案例二及案例三)與師資生討論，即將案例四的實施做了調整後，僅有第三次座談會無法出席的師資生於討論區

提問，待C教師利用空閒時間上網回應。但是，最後還是僅有3人提問的現象。此外，3位專精教師們在回應師資生們提問的情形亦不理想，僅有C教師撥空上網為師資生解答，此部分受到專精教師的時間不足無法負荷，而使實施成效受到限制。

2. 實體課程的行為參與

(1)出席率

師資生的出席情形，如表3所示，三次的座談會，第一次為76%、第二次為53%、第三次為71%，第一次與第三次的出席率皆達70%，差異不大，但第二次為出席率較低，僅有9人出席占53%。

表3：師資生在混成式課程的行為參與表現

參與表現	案例一 奈米STS	案例二 奈米金	案例三 實驗：奈米金與磁顆粒	案例四 奈米自組裝
網路課程				
觀看案例時間	$M = 152$ ($SD = 55.7$)		$M = 207^a$ ($SD = 64.72$)	$M = 121$ ($SD = 45.74$)
觀看倍數	2.45 (152/62)		2.40 (207/86) ^a	3.67 (121/33)
反思作業及討論版				
答題率	16人 (94%)	15人 (88%)	13人 (76%)	8人 (47%)
提問率	15人 (88%)	9人 (53%)	10人 (59%)	3人 (18%)
實體課程				
出席率	13 (76%)		9 (53%) ^b	12 (71%)
師生互動				
暖場與引介	5 (5.4%)		2 (1.7%) ^b	10 (8.5%)
教師分享	21 (22.6%)		26 (21.8%) ^b	11 (9.3%)
師資生提問	65 (69.9%)		37 (31.1%) ^b	7 (5.9%)
實驗實作	—		52 (43.7%) ^b	37 (31.4%)
同儕討論	—		—	52 (44.1%)
綜合討論	2 (2.1%)		2 (1.7%) ^b	1 (0.9%)
合計	93 (100%)		119 (100%) ^b	118 (100%)

註：1.^a代表案例二加上案例三的課程時間或觀看倍數；^b代表第二次工作坊的師生互動時間(案例二加上案例三)。

2.平均觀看倍數為(平均觀看時間／影片時間)。

3.答題率是指師資生回答思考性作業「想一想」問題的人次／百分比。

4.提問率指師資生在非同步討論區內針對教學案例提出問題的人次／百分比。

5.師生互動情形以分鐘(百分比)表示，百分比即(互動時間／當日上課總時間)。

(2)師生互動情形

本研究三次的現身說法與討論(階段)的座談會實施時段，除第一次為晚間進行之外，其餘兩次皆為下午的時段，原定時間，第一次60分鐘、第二及三次120分鐘。但因為案例、師資生、及專精教師個人等因素，使得每一次的討論情形皆呈現不同的樣貌，每次實際所花的時間及著重的內容亦不盡相同，如表3所示，三次座談會的時間依次為93分鐘、119分鐘、和118分鐘。雖與研究初始所設計的方式不大相同，但是皆保有原初設計的現身說法的專精教師分享，以及討論的內容。

座談會的師生互動情形，研究者轉錄分析三次座談會的錄影，並將過程編碼，分類、與分析，發現三次的座談會師生互動情形，可以分為暖場與引介、專精教師分享、實驗實作、師資生同儕討論、及綜合結束等5個面向。

而三次的座談會實施，因為3位專精教師的教學特質及經驗，而呈現不同的差異。例如，在第二次座談會加入實驗實作，因而獲得師資生一致好評。而在第三次座談會因C教師可停留時間減少，而增加了師資生同儕

互動的時間。因此，如表3所示，在第一次座談會中以「師資生提問」為主占69.9%，第二次座談會是「實驗實作」較多占43.7%，第三次座談會則是以「師資生同儕討論」較多占44.1%。

(二)認知參與表現

1.網路課程的認知參與

研究者繼續將科學師資生所提問的問題次數及內容進行分析(如表4)，結果顯示師資生們對案例一、案例二、和案例三，這三個案例，提出較多問題(案例一29、案例二23、案例三26)，而案例四提問次數較少(8)。進一步分析其提問內容，有高比例的問題集中於「奈米教學表徵與策略知識」(KI)與「學生對學習奈米的理解知識」(KS)，以案例一為例，提問KI有11人次，占案例一提問29人次之38%，KS有12人次，占41%，都是師資生比較多提問的奈米教學和學生學習向度。其餘在案例二、三、四，也都有相同現象。

2.實體課程的認知參與

師資生在之前的網路課程——觀摩教學案例階段，觀摩影片後，往往心中會產生很多疑慮，面對專精教師現身說法與討論時，

表4：師資生在混成式課程的認知參與表現

提問內容	案例一		案例二	案例三	案例二 + 案例三	案例四	
	網路	實體	網路	網路	實體	網路	實體
KI	11 (38%)	4 (25.0%)	—	9 (34.62%)	3 (33.3%)	5 (63%)	2 (20%)
KS	12 (41%)	6 (37.5%)	11 (47.83%)	12 (46.15%)	1 (11.1%)	1 (13%)	1 (10%)
KC	2 (7%)	2 (12.5%)	2 (8.70%)	2 (7.69%)	1 (11.1%)	1 (13%)	2 (20%)
KA	3 (10%)	3 (18.8%)	—	1 (3.85%)	—	—	2 (20%)
SM	1 (3%)	1 (6.3%)	1 (4.35%)	2 (7.69%)	4 (44.4%)	1 (13%)	3 (30%)
合計	29 (100%)	16 (100%)	23 (100%)	26 (100%)	9 (100%)	8 (100%)	10 (100%)

註：1.KI：奈米教學表徵與策略知識；KS：對學生學習奈米的理解知識；KC：奈米課程知識；KA：奈米評量知識；SM：奈米學科知識。(單位：人次／百分比)

2.案例二、案例三是同一位專精老師進行實體工作坊。

能夠當面和影片中的教師溝通，是非常難得的互動機會，即使是在晚上，師資生也願意來和教師面對面討論。

有些師資生提問有關奈米課程設計的許多技巧與歷程，希望藉由觀摩影片後與專精老師討論之際，能學習課程設計的技巧。相對的專精老師在討論過程中，反思是否能改善教學設計，以幫助學生更有效的學習與理解。師資生最常提出的問題如：「國中生或高中生真的能夠學習奈米科技嗎？」、「奈米科技真的能融入自然課程學習嗎？」、「國中生或高中生會不會覺得太難？」、「某個奈米概念背後的科學原理究竟是如何？」師資生提出許多疑問，不論是奈米科技的概念知識，或是應該如何教學才能讓學生理解等問題後，專精老師在現場說明自己的親身教學經驗，與當面對困難時的對應策略，分享給師資生作為參考。現場討論氣氛非常熱絡，彼此的討論過程激發許多奈米教學的專業對話。專精教師藉由師資生提問時，回答過程中，同時自我檢核並自我反思，假如連師資生都可能出現如此的學習困難，那麼一般的國高中學生在學習過程是否也可能遭遇類似的困難？教師應利用那些教學策略來解決問題？

分析專精教師現身說法與討論階段的師資生參與情形，師資生們對這三次座談，也是案例一提出較多問題，而案例二和三提問次數較少(案例一16、案例二和三9、案例四10)。進一步分析其提問內容，在師資生提問的內容，也是集中於「奈米教學與表徵策略」(KI)、「對學生學習奈米的理解」(KS)為主，KI有4人次，占案例一提問16人次之25%，KS有6人次，占37.5%，但實體課程有關「奈米學科內容知識」(SM)的問題，略有增加。

以下錄影轉錄3次工作坊進行過程，顯示大部分師資生較關心的議題，都圍繞在奈米教學表徵策略(KI)、對學生學習奈米知識的理解(KS)、及奈米內容知識(SM)三個面向：

曉汶：DNA的序列核苷酸對學生來說好像很難……？(Vi 1.0.55)

郝人：像老師您提到彈珠和地球的直徑(奈米尺度的比喻)，那如果30億，地球人口就有60億，那如果說是60億個要塞下30億顆彈珠，然後請他去把它擠得很緊，這樣學生能不能比較容易去想像？(Vi 1.1.31)

惠茹：老師您剛剛有提到可以製作奈米雨傘，而我感到滿好奇的，能請老師分享一下該如何製作嗎？(Vi 2.1.49)

惠茹：老師請問還有沒有其他小活動是可以讓我們要於教學的，可以直接做給他們玩的？因為像奈米那種塗料我們不好拿到手，那還有沒有簡易基本就可做到的？(Vi 2.1.56)

曉汶：之前老師好像有講到自組裝，我自己知道在奈米尺度之下會有自組裝，可是如果自組裝是不是只有在奈米尺度之下才有我就不確定。(Vi 3.1.13)

(三)討論

綜合以上結果，顯示師資生在網路課程及實體課程的學習參與情形。由行為參與角

度來看，師資生在觀摩網路教學案例所需時間雖差異很大，但多能完成。觀摩時間最少都有達影片原有時間的2.4倍，最長達3.6倍。師資生在教學案例的時間差異，可能因為教學案例的主題內容較難有關。案例一(奈米STS)、案例二與三(奈米金及實驗)，都是比較好理解及操作的奈米內容，但案例四(奈米自組裝)，對師資生而言的確是頗具難度。另外，師資生學科背景的差異可能也是因素之一，本次參與的師資生僅有生物系與物理系的學生，對於化學內容感到較為困難，需要較多的時間去吸收與瞭解單純的知識內容。以上結果與前人的一些研究發現是一致的，Lee與Anderson (1993)，Gallagher與Tobin (1987)都提到學生的學習參與會因學生的學習特性、學習內容、教師，學習任務等等的不同而產生差異。

其次，在思考性問題的答題率平均達76%，可見師資生對於思考性問題回答率甚高。另外，師資生在非同步討論區的提問率並不理想，雖然案例一的提問率達88%，但是到了案例二起就不滿60%。研究結果與前人研究的情形類似，可能原因應該與非同步無法立即得到回饋有關，這也是網路課程非同步討論常見現象，必須加入一些策略來提升改善(陳彥廷，2010)。

而實體的行為參與部分，三次座談會的出席率在76%、71%和53%，還算良好；與專精教師面對面互動時間最少有1.5小時，最多達2小時；而師生互動情形，以時間而言，分別以「師資生提問」、「實驗實作」、「師資生同儕討論」為主，可能因專精教師個人教學偏好、奈米教學內容、及時間因素等等影響，以致每次師生互動情形不同，再次顯示與前人研究相同的結果(Lee & Anderson, 1993; Gallagher & Tobin, 1987)。

另一方面，師資生的認知參與部分，以在網路課程和實體課程提問的問題分析。在網路上，師資生提問大多集中於「奈米教學表徵與策略知識」(KI)與「對學生學習奈米的理解知識」(KS)兩個向度(占提問81.4%)，顯示出這兩者是師資生較有興趣的奈米教學知識。其次，在實體課程與專精教師互動，所提問的問題，大致也集中於KI、KS與SM三個向度(合計約71.5%)，而KI及KS與他們在網路非同步討論版有興趣的面向相似。另外，師資生在座談會與教師的互動對談錄影中，也都反應出他們對這三個向度的興趣及個人的反省及批判性意見，也顯示出師資生的認知參與表現集中於此。

綜合上述，雖然本課程非師資生的正式的課程，而且師資生是自願參與，但從行為參與及認知參與的角度而言，17位師資生在網路課程和實體課程的參與情形雖然有個別差異，但從觀摩案例、答題、提問、出席、和座談會的師生互動情形等，他們都能表現出努力及求知的行為參與，並能提出奈米教學相關問題，並表現出能思考、評析、及反省等等的認知參與行為，顯示案例教學確實能吸引師資生對奈米教學的注意、評論、及反思等功能，與Mostert (2007)提到的案例教學功能符合。另外，本混成模式也顯示出網路和實體課程，各有不同優點和限制：網路因不受時空限制，加上電腦儲存的能力，能讓學習者因應個人需要，而有學習時間的彈性，以及因影音文字的表徵，而讓學習者較容易確認和理解學習的教材，並可以隨時貼文詢問及回答自己的理解。但是，網路學習的限制，就是缺乏即時互動機會，而這正是實體課程的優點。因此，混成式模式對師資生的學習參與，確實有正向的促進效益。不過，網路上的反思作業與提問及實體課程

的師生互動，也出現一些困難，例如案例內容如較為困難、或師資生學科背景知識不足、或無法得到即時回應(尤其在案例四)，實體課程中，專精教師的教學特質、師生互動形式、及時間等等因素，都會影響師資生學習參與的表現，這是混成式學習應該注意的事，這與一些學者的研究之觀點頗為一致(Atmacasoy & Aksu, 2018; Güzer & Caner, 2014; Nortvig et al., 2018)。

二、師資生的學習感受

本研究將師資生的學習感受情形，主要呈現問卷調查的量化資料及質性訪談資料來相互佐證。

(一)師資生對學習環境的學習感受

本模式經三次循環後，利用「混成性奈米案例教學環境知覺量表」進行問卷調查，取三次調查的平均值做檢定。若以檢定值「3普通」與「4同意」，高於3表示趨向於「同意」，高於4表示趨向於「非常同意」。由表5，經由單一樣本魏克森符號等級檢定指出，師資生對教學案例、網路學習環境、實體學習環境、及奈米教學知能成長的感受，以檢定值3，是有顯著差異($p < .001$)，統計值 Z 介於3.58 ~ 3.82，並根據Bartz (1999, p. 184)的說法，呈現非常高的效果量($.87 < r < .93$)。但如以4為檢定值，則沒有顯著差異，且全部的效果量都很微小。綜合言之，高於檢定值3，代

表師資生對混成性案例教學的學習環境感受是正向的，且趨向於「同意」程度。而混成式模式是一體的，因此，本研究並沒有進一步，利用Friedman檢定，對各個學習環境間做事後比較。

(二)師資生對「奈米教學知能成長」學習感受

另外，本研究將師資生在「奈米教學知能成長」5個向度的學習感受平均分數，整理如表6所示，結果顯示各向度的平均以最高的是「奈米學科知識」(SM) ($M = 4.41, SD = .51$)，其次分別為「奈米教學表徵與策略知識」(KI) ($M = 4.29, SD = .59$)、「奈米課程知識」(KC) ($M = 4.24, SD = .66$)、「對學生學習奈米的理解知識」(KS) ($M = 4.24, SD = .56$)、最後為「奈米評量知識」(KA) ($M = 3.94, SD = .834$)，而除KA得分低於4.0以外，其餘的部分皆 > 4.0 。

接著將整體平均值分別以「3普通」與「4同意」作為檢定值，由表6，經由單一樣本魏克森符號等級檢定指出，師資生對奈米教學知能成長的感受，以檢定值3，是有顯著差異($p < .001$)，統計值 Z 介於3.02 ~ 3.74，並呈現非常高的效果量($.73 < r < .91$)。但如以4為檢定值，則只有SM有顯著差異($Z = 2.65, p = .008, r = .64$)。綜合言之，高於檢定值3，代表師資生對於自己在奈米教學知能成長的感受是正向的，且趨向於同意的程度。

表5：師資生對混成式案例教學模式的學習感受單一樣本魏克森符號等級檢定摘要表($N = 17$)

項目	M	SD	Md	假設檢定值 = 3			假設檢定值 = 4		
				Z 值	p 值	r 值	Z 值	p 值	r 值
教學案例	4.12	.60	4.16	3.58	$< .001$	.87	0.82	.41	.20
網路環境	4.06	.43	4.17	3.82	$< .001$	.93	0.58	.56	.14
實體環境	4.18	.53	4.25	3.70	$< .001$	.90	1.34	.18	.32
教學成長	4.12	.60	4.28	3.58	$< .001$	.87	0.82	.41	.20

表6：師資生的奈米教學知能成長感受單一樣本魏克森符號等級檢定及相關樣本Friedman 檢定摘要表($N = 17$)

項目	M	SD	假設檢定值 = 3			假設檢定值 = 4			Friedman檢定		
			Z值	p值	r值	Z值	p值	r值	χ^2 值	p值	事後比較
KI	4.29	.59	3.64	< .001	.88	1.89	.060	.46	15.85	.007	KI > KA
KA	3.94	.83	3.02	< .001	.73	-0.30	.760	-.07			SM > KA
KC	4.24	.66	3.52	< .001	.85	1.41	.160	.34			
KS	4.24	.56	3.67	< .001	.89	1.63	.100	.40			
SM	4.41	.51	3.74	< .001	.91	2.65	.008	.64			
整體	4.12	.60	3.58	< .001	.87	0.82	.410	.20			

註：KI：奈米教學表徵與策略知識；KA：奈米評量知識；KC：奈米課程知識；KS：對學生學習奈米的理解知識；SM：奈米學科知識。

接著，對奈米教學知識各向度的平均進行弗里德曼檢定，結果如表6所示，達統計顯著性，即本模式對師資生奈米教學知能的5個不同向度問題中，平均值存在顯著差異， $\chi^2(4, N = 17) = 15.85, p = .007$ 。進而做事後比較，結果經Wilcoxon配對組別符號等級檢定， $KI > KA$ ； $SM > KA$ 。顯示，師資生感受到本混成式課程對他們的奈米教學知能各向度的幫助是不同的，SM得到最多幫助，依次才為KI、KC、KS，而KA的幫助較少。其中KI和KA比較，及SM和KA比較都還達顯著差異。

另外，由訪談資料，也可反應出科學師資生對於本模式之學習感受，他們在奈米教學知能的5個向度都表示有所收穫。

在KI方面：

研究者：那有沒有你覺得比較實用的技巧，你可以馬上學起來的地方，或是你下次試教想試試看的地方？

惠茹：我會比較喜歡舉一些新的東西，例如B老師講了很多新的研究，然後運用提升他們的興趣，因為我覺得有興趣就會很專注在聽你的話。(In-惠茹-01-14-KI12)

在KS方面：

研究者：你覺得啦，國中的學生在學習這個部分會遇到哪些困難？

莉婕：其實遇到最大的困難是一下子會有太大量的名詞，他們不知道的名詞，再來是課堂的部分，因為感覺上國中生比較沒有辦法像高中生那麼專心上課。(In-莉婕-03-18-KS16)

惠茹：(新名詞太多)A老師舉了一個例子我覺得還不錯／他就說我們現在學到的DNA和RNA或ATGC，也許就像我們新同學一樣(以後會很自然而然叫出)／我覺得這還滿好的。(In-惠茹-01-09-KS16)

在KC方面：

研究者：那接下來如果你去任教之後，你教到這單元，你會嘗試去把這些融入？

郭襄：教到動物的覓食／就會知道自己家在哪，原因就是奈米

磁，也不會講的很深，因學生還不太清楚才國一。(In-郭襄-02-23-KC25)

惠茹：奈米金的話，我記得應該是化學那邊的吧，就國中有一個單元，可以把她介紹進去，老師這邊我覺得講得太深了／我應該只會給他們看說為什麼會在這邊看是這個顏色，出去外面看又是不同的顏色，然後就引入說，因為光會散射，就是這樣子帶過，不會引入那麼深的東西，這樣可以運用在我國中的教材上。(In-惠茹-02-05-KC25)

在KA方面：

研究者：你在這次的教學影片中，有學到什麼評量方式呢？

曉汶：裡面我是沒有看到，因為我只有看到提問而已！(In-曉汶-02-31-KA27)

莉婕：有，有學到學習單可以當作最後的評量方式，以前的學習單就是邊上邊寫！討論過程之後，討論完之後，我覺得這也是一個評量方式，因為看完影片我覺得學習單就實驗報告吧，不覺得他是一個評量方式，然後是討論完之後才覺得，這樣子的設計其實還不錯耶。(In-莉婕-03-53-KA29)

在SM方面

研究者：那還有沒有老師在分享過

程中讓你很印象深刻的？

莉婕：我覺得是仿生學這個名詞耶！

研究者：仿生學這個名詞，你之前有聽過嗎？

莉婕：沒有！(In-莉婕-01-35-SM41)

研究者：先請問一下，在第二次討論過程中，你學到哪些奈米的概念？

惠茹：我比較偏向奈米磁的概念！／我以前的認知是鴿子他會回來，他就只是有記自己家的方向，沒有想到什麼磁的概念／沒有想到裡面有磁的這個東西，然後就會覺得還滿酷的。(In-惠茹-02-01-SM41)

(三)討論

學習感受是學習過程中，學生對教師最直接的感受。學習感受可視為學生對學科的喜歡程度及學習興趣。Koon與Murray (1995)認為學習感受比學習分數更能作為學生學習的指標，也有一些學者指出學習感受比學生成績的改變，對教學成效評估更有相關(O'Connell & Dickinson, 1993; Ryan & Harrison, 1995)。

本研究調查師資生對混成式案例教學模式的學習環境的感受情形，以及對他們的奈米教學知能成長的幫助情形。綜合上述結果，各個面向在三次的循環後之總平均，以3.0和4.0作為檢定值進行單一樣本魏克森符號等級檢定，結果顯示師資生對混成式學習環境之反應是正向的，都同意這種環境安排對他們奈米教學專業成長是有幫助的。這個結

果支持了過去一些學者對混成學習環境的看法(余綺芳, 2006; 徐敏珠、楊建民, 2006; 黃建晃, 2005; 董素蘭, 2006; 劉明洲、汪冠宏, 2010)。

進一步分析師資生對其5個向度的奈米教學知能成長的學習感受, 發現是有顯著差異的, 且事後比較結果SM是感受最有幫助的, 而KA是最低的。這可能與三個案例重視奈米學科內容, 對於學生的奈米學習評量較少著墨有關。不過, 由個案師資生的訪談中即可得知, 本模式提供的課程內容和研習模式, 的確有助提升師資生的奈米教學知能的各個向度。這也與學者認為案例教學對學生學習有正向影響的看法相同(李銘義、劉乃維, 2013)。

伍、結論及建議

本研究主要目的即在探討混成式課程模式應用於非正式師資培育, 對師資生的學習參與及學習感受的影響。以下說明本研究發現所歸納的結論及建議:

一、結論

因本研究課程模式為非正式師資培育課程, 但藉由混成式案例學習模式, 希望對師資生的奈米教學知能之專業成長有所幫助。從學習參與及學習感受的角度, 的確可看出一些效益。以下將針對研究的發現, 做出一些結論:

(一)混成式案例教學課程應用於非正式師資培育, 對師資生的學習參與有正向的促進效益。但案例不同, 參與程度有些差異。

1.從師資生在網路觀摩案例的投入時間、參與回答思考性問題、和對教學案例的提問

情形, 本研究發現網路課程的案例教學、反思作業、及非同步討論版設計, 可促進師資生的行為參與。另外, 由三次座談會的出席率及與專精教師的互動, 也顯示專精教師的現身說法, 的確可以吸引師資生的參與。

2.從師資生網路反思作業的回答內容、非同步討論版的提問內容、及在實體課程之師生互動的提問內容, 發現本模式的確可以促進師資生的注意、評論、及反思的認知參與表現。

3.師資生在四個奈米教學案例的混成性課程參與度並不相同, 影響的因素可能隨師資生個人學科背景、奈米教學案例主題的難易度、專精教師的特質、與學習情境安排等等。

(二)科學師資生對混成式案例教學模式的學習感受皆表示正向, 並認為對其奈米教學知能之專業成長有所助益。

1.師資生對本課程模式所設計的學習環境, 整體而言, 是顯示正向的態度, 並趨向於同意這種混成式學習環境設計, 對他們的學習很有幫助。

2.師資生也感受到本課程模式對其奈米教學知能的5個知識向度的成長是有幫助的, 尤其是對「奈米學科內容知識」幫助最為顯著, 但「奈米教學評量知識」較需要再強化。

二、建議

培養具有奈米教學專業知能教師, 發展奈米教學的相關課程, 從師資培育培訓具備奈米教學知能的教師, 是根本且長遠之道(Schank et al., 2007)。但目前將新興科技的教學納入正式的師資培育中者很少見, 因此,

本研究提出混成式奈米案例教學模式融入於非正式師資培育課程，並由學習參與和學習感受角度來探討其成效。發現這種模式能促進師資生的學習參與，也能讓師資生感受這種課程模式對其奈米教學專業知能成長是有幫助的。案例教學可以縮短理論與實務的距離，混成式可以突破學習者時空的限制，又能兼面對面互動的優勢，顯示這種模式值得推廣。然而，要讓課程效能更加發揮，以下幾點建議提供參考。

(一)混成式案例教學，都應考量每個案例的學科特性，以及師資生個人的差異與需求。

本研究發現17位師資生在三個案例的參與程度有所不同，可能受案例所含奈米學科知識難度、師資生個人學科背景、專精教師教學特質、及學習情境安排等影響。因此，有關案例的製作，應考量這些因素而設計，以擴大促進學習者參與的程度。

(二)布題給學生作答思考或解決任務時，應該注意問題或任務要與學生經驗及程度相結合，而且要能適度挑戰學生並引發答題興趣。

本研究發現師資生在觀看案例影片後，思考性作業「想一想」能有助於師資生進一步的思考，然而，師資生在挑選問題作答時會有偏好，較會回答一般性簡易的問題，而較少進行深入性問題的探討，缺少較高層次的思考與學習。因此，建議在佈題給學生作答思考或解決任務時，應該注意問題或任務要與學生經驗及程度相結合，而且要能適度挑戰學生並引發答題興趣。

(三)案例教學如使用非同步討論，應該加入一些激勵機制。

師資生在非同步討論區的提問率並不理

想，雖然案例一的提問率達88%，但是到了案例二起就不滿60%。雖然做了調整，但仍無法提升在非同步討論區之討論。此外，專精教師們在回應師資生們提問的情形亦不理想。因此，建議，案例教學如要使用非同步討論，應該加入一些激勵機制，以使互動能夠更活潑豐富，畢竟非同步討論有不受時空限制的優點。

(四)設計案例教學的實體課程時必須注意學習者、教師、情境及課程內容安排。

三次座談會展現出來師生互動，也因案例及專精教師特質而有不同面貌。提問、實驗操作、及同儕互動，分別為師資生在三次討論會中，花費較多時間參與的活動。換言之，案例教學的實體課程，實施時會受到學習者、教師、情境及課程內容安排，而影響學習者的參與及表現。因此，在設計案例教學的實體課程時，須注意這些因素。

(五)混成式案例教學模式應用非正式師資培育課程的研究，應該受重視。

Hingant與Albe (2010)指出足夠的專業成長課程，來提升教師們跨領域課程教學能力是需要的。而在教材教法課，讓職前教師們有機會發展奈米科技跨領域教學的能力也是必須的(Schank et al., 2007)。本研究發現利用混成式案例教學模式應用於非制式師資培育，能促進師資生的參與，也能產生正向的感受。因此，在目前已經過分擁擠的職前師資培育課程，能加入研究發展一些非正式的師資培育課程，尤其是引介快速成長的新興科技的教學專業知能，給未來的老師能在出去任教前，就已經有能力來教導學生新興科技，對提升未來學生的科學素養將會很有幫助。

誌謝

感謝參與本研究之所有人員的付出和努

力。並特別感謝編輯委員及審查委員提供之寶貴意見，給本文修改得更為完善。

參考文獻

1. 大泊巖(2003)。圖解奈米技術(王建義編譯)。臺北市：全華科技圖書。(原作出版於2002年)
2. 王金國(2016)。對教育「理論」與「實務」的省思。臺灣教育評論月刊，5(1)，92-96。
3. 吳青樺、高熏芳(2003)。案例教學法在教師專業成長網路學習社群之發展。視聽教育雙月刊，44(3)，17-32。
4. 吳政忠(2005)。全國奈米K-12教育發展計畫暨奈米科技前瞻人才沒遇行政支援計畫(PG9310-0207)。臺北市：教育部顧問室。
5. 吳銘達、楊屹沛、張章堂、蔡國忠、賴森茂、卓雅怡等(2013)。奈米科普教育推廣種子教師培訓成效及學習滿意度之研究。宜蘭大學生物資源學刊，10，35-60。
6. 何宗穎、鄭瑞洲、謝佩妤、陳東煌、黃台珠(2012)。非制式奈米科學教學提升中小學學生科學學習興趣之研究。科學教育研究與發展季刊，65，1-26。
7. 余綺芳(2006)。探討運用「混成式教學／學習」來實施非英文系大一英文課程之補救教學。東吳外語學報，26，1-29。
8. 李翠玲、黃澤洋(2016)。應用案例教學法增進師資生特殊教育知能之研究。教育理論與實踐學刊，33，1-31。
9. 李銘義、劉乃維(2013)。參與式個案教學的意義與應用。國家文官學院T&D飛訊，171，1-25。
10. 林吟霞、王彥方(2009)。情境學習在課程與教學中的運用。北縣教育，69，69-72。
11. 姚如芬(2011)。緣「案例研討」之路徑學習教數學——以職前教師為例。科學教育學刊，19(4)，283-308。
12. 洪志成(2002)。變遷社會中之教師專業發展：教案導向的教學方法科目教學策略研究(NSC90-2413-H-194-009)。臺北市：行政院國家科學委員會。
13. 洪佳慧、林陳涌(2014)。探討問題導向學習在醫學教育臨床實務能力之成效及啟示。科學教育學刊，22(1)，1-32。
14. 徐敏珠、楊建民(2006)。我國高等教育之數位學習發展策略分析。教育學刊，26，191-214。
15. 高熏芳(2002)。師資培育：教學案例的發展與應用策略。臺北市：高等教育。
16. 高熏芳、蔡宜君(2001)。案例教學法在師資培育之發展與應用。淡江人文社會學刊，7，265-305。

17. 張民杰(2001)。案例教學法：理論與實務。臺北市：五南。
18. 張春興(2003)。心理學原理。臺北市：東華書局。
19. 張基成、徐育昇(2011)。高職學生電工機械混成式數位學習效果。科學教育學刊，**19**(6)，549-579。
20. 張雅芳(2011)。線上影片案例應用於師資培育科技課程之實徵研究。教育資料圖書館學，**48**(4)，589-615。
21. 陳玫岑、閻映丞(2014)。互動展品的開發經驗：以奈米特展「原子操縱術」單元為例。科技博物，**18**(2)，67-93。
22. 陳彥廷(2010)。運用非同步網路科學教學案例討論學習課程促進技專校院學生網路態度與網路自我效能之研究。科學教育研究與發展季刊，**59**，55-88。
23. 黃建晃(2005)。網路教學輔助教室學習實施模式對學習成效影響之研究——以高一數學為例。生活科技教育月刊，**38**(6)，3-29。
24. 曾國鴻、陳沅(2005)。國小師生對奈米科技之熟悉度、學習需求及其融入課程研究。科學教育學刊，**13**(1)，101-120。
25. 楊文森、張美玉、葉孟考(2013)。奈米科技教育融入課程實施的支持系統研究。科學教育學刊，**21**(2)，215-235。
26. 楊深坑、黃嘉莉(2011)。各國師資培育制度與教師素質現況之比較分析。臺北市：教育部。
27. 董素蘭(2006)。世新大學非同步網路輔助教學網站建置及其效果之研究。實踐通識學報，**6**，93-126。
28. 潘文福(2004)。奈米科技融入九年一貫課程之領域主題規劃。生活科技教育月刊，**37**(1)，20-25。
29. 潘文福、游可如(2011)。奈米專家對於奈米相關議題實施於國小教學適切性之研究。科學教育研究與發展季刊，**61**，1-24。
30. 劉明洲、汪冠宏(2010)。以網路虛擬實習工廠促進高職學生自我效能之研究。數位學習科技期刊，**2**(1)，45-59。
31. 劉唯玉、劉才詮(2016)。比較案例討論與案例影片對師資生案例問題解決多元觀點之影響。課程研究，**11**(1)，87-103。
32. 鄭瑞洲、洪振方、黃台珠(2013)。採用多元教學策略的非制式奈米課程對國中生情境興趣之促進。教育實踐與研究，**26**(2)，1-28。
33. 簡聿成、洪振方(2010)。以教學案例發展初任科學教師科學展覽指導能力之個案研究。屏東教大科學教育，**32**，5-20。
34. 羅吉宗、戴明鳳、林鴻明、鄭振宗、蘇程裕、吳育民(主編)(2003)。奈米科技導論。臺北市：全華科技圖書。

35. 羅美惠、張美玉、葉孟考(2016)。國小奈米科技教學策略。《科學教育學刊》，24(3)，275-297。
36. Akkoyunlu, B., & Yilmaz-Soylu, M. (2008). Development of a scale on learners' views on blended learning and its implementation process. *The Internet and Higher Education*, 11(1), 26-32.
37. Atmacasoy, A., & Aksu, M. (2018). Blended learning at pre-service teacher education in Turkey: A systematic review. *Education and Information Technologies*. Retrieved May 25, 2018, from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10639-018-9723-5>
38. Bartz, A. E. (1999). *Basic statistical concepts* (4th ed). Upper Saddle River, NJ: Merrill.
39. Boelens, R., De Wever, B., & Voet, M. (2017). Four key challenges to the design of blended learning: A systematic literature review. *Educational Research Review*, 22, 1-18.
40. Bryan, L. A., Daly, S., Hutchinson, K., Sederberg, D., Benaissa, F., & Giordano, N. (2007, April). *A design-based approach to the professional development of teachers in nanoscale science*. Paper presented at the the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA.
41. Centra, J. A., & Gaubatz, N. B. (2005). *Student perceptions of learning and instructional effectiveness in college courses*. Retrieved May 25, 2018, from <https://www.ets.org/Media/Products/perceptions.pdf>
42. Christenson, S. L., Reschly, A. L., & Wylie, C. (Eds.). (2012). *Handbook of research on student engagement*. New York: Springer.
43. Cross, J. (2006). Forewords. In C. J. Bonk & C. R. Graham (Eds.), *The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs* (p. 1). San Francisco, CA: Pfeiffer.
44. Dassa, L., & Derose, D. S. (2017). Get in the teacher zone: A perception study of preservice teachers and their teacher identity. *Issues in Teacher Education*, 26(1), 101-113.
45. Diemer, T. T., Fernandez, E., & Streepey, J. W. (2013). Student perceptions of classroom engagement and learning using iPads. *Journal of Teaching and Learning with Technology*, 1(2), 13-25.
46. Dotterer, A. M., & Lowe, K. (2011). Classroom context, school engagement, and academic achievement in early adolescence. *Journal of Youth and Adolescence*, 40(12), 1649-1660.
47. Finn, J. D., & Zimmer, K. S. (2012). Student engagement: What is it? Why does it matter? In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 97-131). New York: Springer.
48. Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.
49. Gallagher, J. J., & Tobin, K. (1987). Teacher management and student engagement in high

- school science. *Science Teacher Education*, 71(4), 535-555.
50. González, A., Fernández, M.-V. C., & Paoloni, P.-V. (2017). Hope and anxiety in physics class: Exploring their motivational antecedents and influence on metacognition and performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(5), 558-585.
 51. Güzer, B., & Caner, H. (2014). The past, present and future of blended learning: An in depth analysis of literature. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 4596-4603.
 52. Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152.
 53. Howey, K. R. (1989). Research about teacher education: Programs of teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 40(6), 23-26.
 54. Klenifeld, J. (1992). Learning to think like a teacher: The study of case. In Shulman, J. H. (Ed.), *Case methods in teacher education* (pp. 19-35). New York: Teachers College Press.
 55. Koon, J., & Murray, H. G. (1995). Using multiple outcomes to validate student ratings of overall teacher effectiveness. *The Journal of Higher Education*, 66(1), 61-81.
 56. Kuh, G. D. (2003). What we're learning about student engagement from NSSE: Benchmarks for effective educational practices. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 35(2), 24-32.
 57. Kuh, G. D. (2009). What student affairs professionals need to know about student engagement? *Journal of College Student Development*, 50(6), 683-706.
 58. Lee, O., & Anderson, C. W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, 30(3), 585-610.
 59. Levin, B. B. (1995). Using the case method in teacher education: The role of discussion and experience in teachers' thinking about cases. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 63-79.
 60. Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. R. (2003). The role of self-efficacy beliefs in student engagement and learning in the classroom. *Reading & Writing Quarterly*, 19(2), 119-137.
 61. Lyshevski, E. S., Puchades, I., & Fuller, L. F. (2012, August). *Emerging MEMS and nano technologies: Fostering scholarship, STEM learning, discoveries and innovations in microsystems*. Paper presented at the 12th IEEE International Conference on Nanotechnology. Birmingham, UK.
 62. Manwaring, K. C., Larsen, R., Graham, C. R., Henrie, C. R., & Halverson, L. R. (2017). Investigating student engagement in blended learning settings using experience sampling and structural equation modeling. *The Internet and Higher Education*, 35, 21-33.
 63. Mostert, M. P. (2007). Challenges of case-base teaching. *Behavior Analyst Today*, 8(4), 434-442.
 64. Murray-Nseula, M. (2011). Incorporating case studies into an undergraduate genetics course. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 11(3), 75-85.

65. Nortvig, A.-M., Petersen, A. K., & Balle, S. H. (2018). A literature review of the factors influencing e-learning and blended learning in relation to learning outcome, student satisfaction and engagement. *Electronic Journal of e-Learning*, 16(1), 46-55.
66. O'Connell, D. Q., & Dickinson, D. J. (1993). Student ratings of instruction as a function of testing conditions and perceptions of amount learned. *Journal of Research and Development in Education*, 27(1), 18-23.
67. Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
68. Pekrun, R., & Perry, R. P. (2014). Control-value theory of achievement emotions. In R. Pekrun & L. Linnenbrink-Garcia (Eds.), *International handbook of emotions in education* (pp. 120-141). New York: Routledge.
69. Pickens, J. (2005). Perceptions and attitudes of individuals. In N. Borkowski (Ed.), *Organizational behavior in health care* (pp. 43-76). Sudbury, MA: Jones & Bartlett Learning.
70. Ryan, J. M., & Harrison, P. D. (1995). The relationship between individual instructional characteristics and the overall assessment of teaching effectiveness across different instructional contexts. *Research in Higher Education*, 36(5), 577-594.
71. Ryan, A. M., & Patrick, H. (2001). The classroom social environment and changes in adolescents' motivation and engagement during middle school. *American Educational Research Journal*, 38(2), 437-460.
72. Schank, P., Krajci, J., & Yunker, M. (2007). Can nanoscience be a catalyst for education reform? In F. Allhoff, P. Lin, J. Moor, & J. Weckert (Eds.), *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*. Hoboken, NJ: Wiley.
73. Shulman, J. H. (1992). *Case methods in teacher education*. New York: Teachers College Press.
74. Tuan, H. L., Chang, H. P., Wang, K. H., & Treagust, D. F. (2000). The development of an instrument for assessing students' perceptions of teachers' knowledge. *International Journal of Science Education*, 22(4), 385-398.
75. Wassermann, S. (1994). *Introduction to case method teaching: A guide to the galaxy*. New York: Teachers College Press.
76. Watson, S., & Sutton, J. M. (2012). An examination of the effectiveness of case method teaching online: Does the technology matter? *Journal of Management Education*, 36(6), 802-821.

Effectiveness of Applying a Blended Case-Based Teaching Model to Informal Science Teacher Preparation: Perspectives of Learning Engagement and Learning Perception

Chia-Chun Hung¹, Kun-Yi Shih², Shu-Ching Wang², Yao-Yu Tung², Kuo-Hua Wang^{2,*}

¹Changhua County Fangyuan Township Mincyuan Elementary School

²National Changhua University of Education, Graduate Institute of Science Education

Abstract

The purpose of this study was to assess effectiveness of applying a blended case-based teaching model to informal teacher preparation on learning nanotechnology teaching from perspectives of learning engagement and learning perception. This study adopted a mixed-methods research approach with collection of both qualitative and quantitative data. Participants consisted of 17 volunteer preservice science teachers, who took teaching practice course, from Department of Physics and Department of Biology of a normal university, and 3 experienced science teachers who are familiar with nanotechnology teaching. The blended case-based teaching model included an online teaching cases observation course and face-to-face workshops. The online course consisted of four nano teaching cases conducted by these experienced science teachers. On the other hand, the three experienced teachers were invited to come face-to-face with the preservice teachers to share the nano teaching experience. The model took a total of 3 rounds with the blended curriculum during informal course time. Data collections included questionnaire survey, interview, videotaping, and web logs of the Moodle. The results indicated that the use of blended case-based teaching model had a positive effect on teachers' learning engagement. However, there were some differences in the degree of engagement by the teaching cases. Factors influencing preservice teachers' learning engagement included the difficulty of teaching cases, the background knowledge of preservice teachers, the experienced teachers' teaching style, the forms of classroom interaction, and the time. Furthermore, the preservice science teachers were satisfied with the blended learning environment, and perceived the model were helpful for their professional growth on nanotechnology teaching. Among them, the content knowledge of nanotechnology and knowledge of teaching strategies and representations were more significant, while the knowledge of assessment was less helpful.

Key words: Nanotechnology, Pedagogical Knowledge, Blended Case-Based Teaching, Learning Engagement, Learning Perception

* Corresponding author: Kuo-Hua Wang, sukhua@cc.ncue.edu.tw