

職前教師於 STEM 實作課程的知識整合行為研究

A Study on Pre-service Teachers' Knowledge Integration Behaviors in STEM-based Hands-on Learning Activity

黃子榕、林坤誼

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系

Tzu-Jung Huang, Kuen-Yi Lin

Department of Technology Application and Human Resource Development,
National Taiwan Normal University

摘要

本研究以 Ajzen (1985) 所發展的計畫行為理論為基礎，探討職前教師於 STEM (科學、科技、工程、術學) 實作課程中的知識整合行為及其影響因素。本研究採用問卷調查法，以臺灣一所知名的師資培育大學為主要研究對象，針對其自然與生活科技領域的職前教師進行調查研究，總計回收有效問卷共計 83 份，並利用相關分析、路徑分析進行處理。研究結論如下：

(1) STEM 實作課程可提高學生對 STEM 的知識整合態度與行為意圖，並增強學生在科學、工程與科技的態度；(2) 學生在 STEM 實作課程中的主觀規範，主要為教師與同儕的期望與支持，將有助於在 STEM 實作課程的知識整合；(3) 知識整合的知覺行為控制會影響知識整合行為意圖，故應促進學生對自我能力的培養，建立自我信心，進一步提高自我效能。本研究並提出以下具體建議：(1) 加強 STEM 實作課程的教學推廣，提高學生知識整合能力，並促進各學科的學習功效；(2) 採用有效的教學策略，提高同儕間的合作支持；(3) 引導學生自我調整學習，循序增強學生能力與信心。用以作為未來教師在發展 STEM 實作課程知識整合行為的參考。

關鍵詞：STEM 實作課程、計畫行為理論、知識整合行為。

壹、前言

STEM 教育是結合科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering) 及數學 (Math) 領域的整合性教育概念。美國為改善其國家競爭力於 2006 年即提出「美國競爭力計畫 (American Competitiveness Initiative, ACI)」倡導所謂 STEM 的教育，認為 STEM 人才的培養是現今知識經濟時代的目標，亦是影響國家競爭力的重要關鍵 (United States Domestic Policy Council, 2006)。該方案是一種創新的教學計劃，用來培養學生在高中、社區學院和高等院校，從事未來相關學術和職業課程的學習，以滿足未來就業市場的 STEM 人才需求 (Mississippi Department of Education, 2011)。2011 年美國國家科學院研究委員會 (United States National Research Council) 發布了「成功的 K-12 階段 STEM 教育：確定在科學、科技、工程和數學的有效方法」的報告，其中影響最為廣泛的主要目標，即是培養全體學生在 STEM 的素養。STEM 素養是跨學科領域的學習，領域涵蓋科學、科技、工程和數學。STEM 素養並不僅只是實現這四方面各自的素養，而是幫助學生遠離零散與破碎的學習和死記的程序的方式，把學生學習到的零碎知識與機械過程轉變成一個探究世界相互聯繫不同面向的過程 (趙中建，2012)。

因此，培養 STEM 素養的關鍵，在於如何引發學生主動的整合不同的 STEM 學科，利用各學科中的相關知識來解決問題。許多學者主張以統整實作的方式來進行將有助於跨學科的整合學習 (林人龍、游光昭，2005；游光昭、林坤誼、王詩婷，2007；劉瑞圓，2001；Wicklein & Schell, 1995)。近來亦有許多學者提出將 STEM 跨學科的知識結合成為一整合性的實作活動，並經研究證實能有效提高學生學習成效 (羅希哲、蔡慧音、曾國鴻，2011；Laboy-Rush, 2011；Sally & Jaumall A., 2010；Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012)。國內在 STEM 課程內容相關的研究文獻並不多，大多以不同教學法來研究學生各方面知識的學習程度，並探討 STEM 的學習成效。例如網路專題式學習 (Web Project-Based Learning, WPBL) (羅希哲、蔡慧音、曾國鴻，2011)、專案式學習 (Project-Based Learning, PBL) (莊舜元，2009) 以及知識管理模式 (楊宏仁、羅希哲、于瑞珍、曾國鴻，2008) 的方法。雖然這些方法均證實會提高學生學習 STEM 的知識，不過其中影響知識整合的行為動機因素卻尚為被探討。學生於教學活動中統整科學、科技、工程及數學的動機，促進學生提升思考能力，激發創意概念，解決當前所面對的問題，是發展 STEM 實作課程的重要關鍵 (National Science Board, 2009)。

所以本研究旨在探究 STEM 實作活動影響學生知識整合行為的因素，建立 STEM 實作課程之知識整合行為模式，提供教師在發展 STEM 實作課程的參考。

貳、文獻探討

以下將針對 STEM 實作課程、計畫行為理論、知識整合行為及其重要影響因素，進行相關文獻的整理與探討，作為本研究的理論依據。

一、STEM 實作課程

STEM 素養是指一個人具備應用他所了解如何將四個相互關聯的領域(科學、科技、工程、數學)運用在其內在世界的的能力 (National Governors Association, 2011)。STEM 實作課程為學生提供了最好的方法去解決問題，讓學生從整體的意義概念上去了解，而不是零碎片段的知識記憶。整合的目的是幫助學生在相互聯繫的科目取得有意義的知識，去處理有關這些科目的一個共同的問題。STEM 實作課程移除四個學科之間的傳統屏障，整合成一個有凝聚力的教學和學習的典範 (Lantz, 2009)。透過跨學科的方法，用來學習嚴謹的學術概念與現實世界中的經驗教訓。讓學生能運用科學，科技，工程和數學的脈絡來聯繫介於學校、社區、工作、全球企業發展，增進其 STEM 素養和競爭能力 (Tsupros, Kohler, & Hallinen, 2009)。

因此，STEM 實作課程最主要的核心差異，就在於發展知識整合的行為，藉由該行為，可使學習者有脈絡的去運用跨學科知識來解決問題，增加學習者思考的廣泛性，應用的多元性，架構更符合現實環境的思考邏輯，以協助學習者來面對真實的生活情境。

二、計畫行為理論

Fishbein 和 Ajzen (1975) 提出理性行為理論 (Theory of Reasoned Action, TRA)，理性行為理論主要從社會心理學的角度出發，認為人是以理性的方式來決定其行為模式。該模式認為人有完全控制自己行為的能力，行為的發生主要是受到對行為的態度與主觀規範的影響。其中對行為的態度是個人經由過去的學習經驗，產生對特定個體的好惡反應；主觀規範指的是受到他人的期望與行為所產生的影響，這樣的影響有可能會促使個人改變原先的想法，或是驅使個人去從事相關的行為。而外生因素主要是透過行為態度和主觀規範來間接影響行為。因此當人們想要做出某種行為時，會統整所有相關的訊息，並考慮該行為的意義與後果，來決定其行為意圖，如圖 1 所示。



圖 1 理性行為理論模式

資料來源：Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975: 16). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison- Wesley.

Ajzen (1985) 再加入知覺行為控制的構面，提出計畫行為理論 (Theory of Planned Behavior, TPB)，並解釋知覺行為控制是指當進行影響行為時個人知覺到的難易程度。透過計畫行為理論，可以為個人行為的發生建構出相當完整的模式 (Ajzen, 1991)，如圖 2 所示。

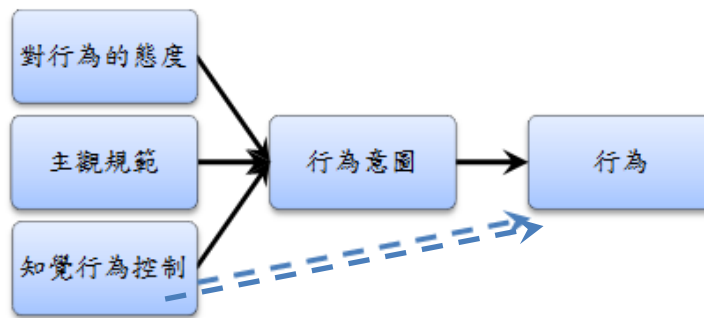


圖 2 計畫行為理論模式

資料來源：Ajzen, I. (1991: 185). *The theory of planned behavior. Organizational behavior and human decision processes, 50.*

計畫行為理論的應用範圍相當廣泛，過去已應用在像是健康、社會與學習行為分析 (王國川, 1998)。近幾年以計畫行為理論應用在教育方面的相關研究亦逐漸增多 (Cheon, Lee, Crooks, & Song, 2012; Sadaf, Newby, & Ertmer, 2012; Teo, Koh, & Lee, 2011)。

因此，根據 Ajzen 所提出的計畫行為理論模式，提供本研究在個人行為預測的基礎，並藉由調查對象判斷量表尺度，直接予以估計 (Ajzen, 2002)。而根據該理論所構成之行為模式，可以幫助預期行為的發生，並找出行為改善的關鍵因素，透過控制該因素來達成預期行為 (Ajzen, 2002)。故本研究期望藉由計畫行為理論來分析知識整合行為，並將影響因素分為對知識整合行為的態度、知識整合的主觀規範、與知識整合的知覺行為控制，透過這些因素將會有效的影響學習者知識整合行為意圖，並促使行為的發生。

三、知識整合行為

知識整合不單只是將不同的學科知識予以整合，而是需要運用一定的方法，經過學習辨認，把不同來源、不同層次、不同學科的零散知識轉化或重組，建構成新的系統化思考，來發揮最大的知識效用（任孔冰，2010；胡宜平，2006）。Leonard-Barton（1995）認為整合不同領域的知識，是越來越嚴重的現實需求。以現今的環境來說，個人所面對的知識與技術日趨複雜，勢必提升個人知識的廣泛性，使知識整合層次提高，擴大其知識的組織能力（蔡筱梅，2005）。

Schneider（2011）整理出知識整合的主要四個目的：(1) 幫助降低知識的零散化；(2) 提高學生學習知識的能力；(3) 整合性知識容易形成長期記憶；(4) 減少發生不正確的偏論。因此，透過知識整合確實能幫助學生學習統整與記憶，並提高學生學習成效。以學習者運用知識整合的觀點來看，學習者會在課堂、日常經驗、及文化脈絡中增進學習了解，添加、整理、評價、區分和改善他們的想法。知識整合的觀點鼓勵學習，創造機會來讓學生比較，對比，批評和區分教學中所得到的新的想法。當學生能整合自己的看法，用新的思路，創造新的推理過程，這將有助於他們的生活。知識整合不只著重於增加想法，亦幫助學生整合新的和現有的想法（Chiu & Linn, 2011）。由此可知，在學習上若能引發知識整合行為，將更有助於學習者的學習。而本研究亦從計畫行為理論中行為發生的因素來做探討：

（一）對知識整合行為的態度

態度的內涵由情感、認知、與行為三方面探討，亦即 Breckler（1984）提出的態度 ABC 模型（ABC model of attitudes）。情感層面指個人對態度對象的感情，包含正面或負面的評價；認知層面指個人對態度對象的信仰、思想和屬性等想法；行為層面則為個人對態度對象過去的行為和經歷，所產生的個人行動傾向，此與 Ajzen 所提出對行為的態度相符。

因此本研究所探討 STEM 實作課程的知識整合行為，除了學習者對該行為的態度傾向外，亦加入學習者在 STEM 各學科領域的態度，以了解學習者對知識整合行為的態度與過去在各學科領域間的經驗態度間的關係程度。並區分為科學、數學、以及工程與科技三種學科領域態度。Klopfer（1971）將科學的態度區分為對科學的喜好程度、探索科學的接受程度、採用科學的程度、享受科學學習經驗、有興趣發展科學與科學相關活動、在科學生涯領域發展的興趣。林民棟（2006）則提到科技態度係個人對科技與科技議題所產生的信念、內在感覺、與實際行動傾向。且由於工程是科技的核心，科技與工程的態度可說是具有密不可分的關係（江文鉅，2009）。另外在數學態度上，可以說是對數學的想法與作法，或說是對數學的喜好程度（魏麗敏，1989）。Reyes（1984）將數學態度分為對數學的信心程度、對數學的自我概念程度、對數

學的焦慮程度、以及對數學的綜合表現程度等。

若要在 STEM 實作課程中探究產品或實驗的行為，可能牽涉到科學的態度；若是科技產品的製作，則牽涉到工程與科技的態度；而對於過程中的運算與分析，亦會牽涉到數學的態度。是以本研究認為對知識整合的行為態度會影響知識整合的行為意圖，而對知識整合行為的態度與各學科的态度具有相關，故本研究以此來建立假設一：

H1：STEM 實作課程中對知識整合行為的態度會正向影響知識整合行為意圖。

H1a：對知識整合行為的態度與科學態度呈現顯著正相關。

H1b：對知識整合行為的態度與數學態度呈現顯著正相關。

H1c：對知識整合行為的態度與工程與科技態度呈現顯著正相關。

(二) 知識整合的主觀規範

主觀規範是受到他人的期望與行為所產生的影響，這樣的影響有可能會促使個人改變原先的想法，或是驅使個人去從事相關的行為。因此主觀規範可以說是由人際間的互動所產生，並視為一種社交關係。根據社會資本理論，關係是指成員經由長期的互動，所發展出來的個人關係形態 (Granovetter, 1992)，此一觀念強調人們所擁有的關係會影響其行為，透過這些持續不斷的人際關係，人們可以達到其社交、認同及聲望等社會目的，主要概念包含信任與值得信任、規範與制裁、義務與期望、身份識別與認同。Bourdieu (1986) 提及社會資本屬於人際關係，而人際關係是經由交換所建立。因此，社會資本論及根植於人際關係網絡內的資源 (Nahapiet & Ghoshal, 1998)，其假定社會資本提供產生引發該行為的所需狀態 (Kankanhalli, Tan, & Wei, 2005)。

劉一慧 (2012) 研究指出高中生正向 STEM 態度、社會支持會提升 STEM 的學習效能與工程專業承諾。Casad 和 Jawaharlal (2012) 以機器人製作來引入 STEM 教學，並提到社會規範構面會導致行為意圖的改變。該研究亦發現在某些學習上，學生認為老師是支持他們的成就的關鍵。是以在課程的學習中，受到老師與同儕間的影響甚大，往往是影響學生行為的重要關鍵。因此本研究認為在知識整合的主觀規範會影響知識整合行為，故本研究據以做出假設二：

H2：STEM 實作課程的知識整合主觀規範會正向影響知識整合行為意圖。

(三) 知識整合的知覺行為控制

Ajzen (1985) 將知覺行為控制區分為個人對自身能力的了解，與個人對本身條件的判斷。這種個人自身的認知，與 Bandure (1977) 所提出之社會認知理論相近。在該理論中 Bandura

強調自我效能的重要性，認為若個體體認到執行某一行為符合其目標，且其本身有很強之自我效能，則該個體就會去執行該項行為。因此依據 Bandura 之定義，自我效能是指人們需要執行一連串之行動來達成某一個既定目標時，對執行這些行動的能力判斷，換言之，其並非強調個體本身所擁有之技能，而是在於其能否運用此技能，以達成任務的自我能力判斷 (Bandura, 1986)。故若進一步提高學生的知識整合能力與具備運用該能力進行知識整合的信心，將提高學生的自我效能。

蕭建華與張俊彥 (2012) 研究學生學習自我效能對學習成效的影響，發現介入自我效能對男女生的成就均有影響，特別是對於女生的學習意願與自信心上會有所提升。PISA 亦評量學生的自我效能與自我概念，顯示學生的自我效能與自我概念可能與學習成就有關 (劉燕儒, 2014)。陳姿吟 (2007) 進行學童自我效能與主動學習關係之研究，得出學童自我效能與主動學習具有相關性。當學童的自我效能愈高，學童愈能主動進行學習。因此學習者對 STEM 知識整合行為的自我效能評估，亦是學習者發展知識整合的行為的重要因素。所以本研究推論知識整合的知覺行為控制會影響知識整合的行為，由此提出本研究的假設三：

H3：STEM 實作課程的知識整合知覺行為控制會正向影響知識整合行為意圖。

參、研究方法

一、研究架構

本研究旨在探討 STEM 實作課程中知識整合行為的態度、知識整合的主觀規範、以及知識整合的知覺行為控制對知識整合行為意圖的影響，建立知識整合的行為模式。並分析各學科態度與對知識整合行為的態度之間的關聯性。研究架構如圖 3 所示。

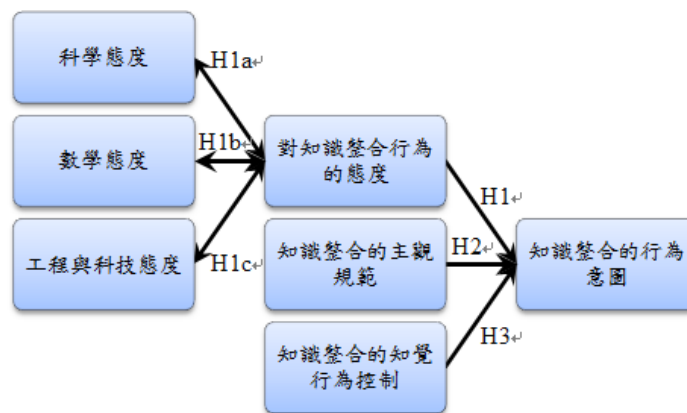


圖 3 本研究架構圖

二、研究方法

本研究主要以問卷調查為主要的研究方法。問卷調查法是透過一套標準測試，施予一群具代表性的填答者所得的反應，據以推估全體母群對於某特定問題的態度或行為反應。此種方法除了使用在學術研究，更被大量使用在民意調查、消費者意見蒐集、行銷調查等各種應用領域。本研究針對臺灣一所知名的師資培育學校，其修習「生活科技概論」與「工業科技教育概論」的職前教師做為研究調查對象，進行普查，以實際了解在 STEM 實作課程中對知識整合行為的態度、主觀規範、知覺行為控制，以及知識整合行為的真實意圖，並根據資料來進行統計分析。

三、研究對象

本研究係測量 STEM 實作課程的各研究構面對行為的影響，為使填答者不致於對 STEM 實作課程感受陌生，且使研究結果可提供做為未來教師教學的參考，因此研究調查對象設定為接受過 STEM 實作課程的職前教師。本研究對象以臺灣一所知名的師資培育學校，其修習「生活科技概論」與「工業科技教育概論」的職前教師為主，除了針對其所培育的自然與生活科技領域教師進行探究，並包含物理、化學、生物、理化、以及生活科技專長的職前教師來進行問卷發放，研究對象共計為 83 人，有效問卷樣本共 83 份，回收率 100%。回收樣本特徵統計詳如表 1。

表 1 調查對象特徵統計表

背景變項	樣本數	百分比(%)	累積百分比(%)
性別			
男性	42	50.6	50.6
女性	41	49.4	100.0
年級			
一年級	25	30.1	30.1
二年級	4	4.8	34.9
三年級	13	15.7	50.6
四年級	24	28.9	79.5
研究所	17	20.5	100.0
科系			
化學系	12	14.5	14.5
生命科學系	4	4.8	19.3
物理學系	13	15.7	34.9
科技學系	50	60.2	95.2
科教所	4	4.8	100.0
預計任教學科			
化學	12	14.5	14.5

生物	5	6.0	20.5
生科	50	60.2	80.7
物理	12	14.5	95.2
理化	4	4.8	100.0

四、研究工具

本研究工具採用 Likert 五點尺度量表，分為學科態度量表與知識整合行為量表。學科態度量表採用 Friday Institute for Educational Innovation (2012) 所製訂之量表，包含科學態度、數學態度、及工程與科技態度，其信度採內部一致性係數 Cronbach α 值分別為 0.9、0.92、0.88。知識整合行為量表的構面題項則主要係參考各學者所發展設計之構面量表來作修正。並經由兩位專家進行審查與修訂，最後根據專家修訂後的意見與建議，編製正式的問卷量表，以確保問卷題項切合研究的需求，且適合於評估該構面，其信效度分析詳如表 2 所示。

信度分析的結果顯示，各構面的 Cronbach α 值皆大於 0.8，符合 Cuieford (1965) 以及 Nunnally (1978) 所提出信度的門檻值 0.7 的標準。亦符合學者所認為的 Cronbach α 係數大於 0.8 的高信度 (Bryman & Cramer, 1997)，顯示各量表之信度均可被接受。

效度分析上，本問卷設計是根據專家學者的量表編製而成，並透過專家評估討論來修正本研究量表，理論上已具相當之內容效度，顯示出衡量工具已能足夠涵蓋所欲研究的項目。但為瞭解衡量工具能衡量該特質或構念的程度，應透過建構效度來檢測，Schwab (1980) 指出該效度的檢測項目最主要且廣泛使用的是收斂效度和區別效度。

收斂效度根據 Fornell 和 Larcker (1981) 的建議，分別為：(1) 個別項目信度大於 0.5；(2) 潛在變項的組合信度 (Construct reliability, CR) 大於 0.8；(3) 潛在變項的平均變異抽取 (Average Variance Extracted, AVE) 大於 0.5 來評估測量模式。由表 2 可知本研究均在標準值以上，具有良好的收斂效度。

表 2 知識整合行為量表之信效度分析

構面名稱	CR ^a	AVE ^b	Cronbach α	問卷參考來源
對知識整合行為的態度	.96	.84	.95	王國川 (1998) Ajzen (2002)
知識整合的主觀規範	.88	.65	.82	王國川、鍾鳳嬌、陳淵源、孟祥仁 (2012) Shepherd、Sparks 和 Guthr (1995) Casad 和 Jawaharlal (2012)
知識整合的知覺行為控制	.92	.85	.83	Mahoney (2010) Casad 和 Jawaharlal (2012)
知識整合行為意圖	.93	.86	.84	Shepherd、Sparks 和 Guthr (1995) Casad 和 Jawaharlal (2012) Lou、Liu、Shih、Tseng (2011)

註：^a 組合信度 (Composite Reliability, CR)： $(\sum Li)^2 / ((\sum Li)^2 + \sum var(Ei))$ 。
^b 平均萃取變異量 (Average Variance Extracted, AVE)： $\sum Li^2 / ((\sum Li)^2 + \sum var(Ei))$ 。
 Li = 觀察問項對該潛在變項的因素負荷量。
 Var(Ei) = 觀察問項之誤差變異。

區別效度的判別，則分別為：(1)各構面與構面之間相關係數是否小於0.85(Kim & Malhotra, 2003)；(2)各構面平均萃取變異量之平方根是否大於各構面與構面之間的相關係數判斷(Fornell & Larcker, 1981)。由表 3 的數據顯示，各構面均符合標準，因此構面間亦具有區別效度。

表 3 研究構面相關分析表

	知識整合行為態度	知識整合主觀規範	知識整合知覺行為控制	知識整合行為
知識整合行為態度	.91			
知識整合主觀規範	.66***	.81		
知識整合知覺行為控制	.39***	.54***	.92	
知識整合行為意圖	.51***	.67***	.66***	.93
平均數	4.06	3.69	3.30	3.60
標準差	0.75	0.68	0.84	0.74

註：對角線為潛在變數的平均萃取變異量之平方根。
 *** $p < .001$ 。

五、資料處理

本研究主要使用 Predictive Analytics SoftWare (PASW) 與 Smart Partial Least Squares (SmartPLS) 兩套應用軟體進行以下的分析：

(一) 敘述性統計分析：主要在呈現各構面項目的得分概況。

(二) 皮爾森相關分析：主要在探索各學科態度變量與對知識整合行為的態度變量間的相互關係。

(三) 路徑分析：本研究所採用的 SEM 分析方法為偏最小平方法(Partial Least Squares, PLS)。該方法最早為經濟計量分析需求而提出，而現在普遍應用在管理與社會領域。PLS 是運用變數的線性整合定義出一個主成份結構後，利用迴歸原理來解釋並檢驗主成份間的預測與解釋關係，其具有不受傳統的多元共線性，與可接受小樣本估計的統計特性，亦廣為研究者所使用（邱皓政，2011）。

肆、結果與討論

一、資料分析

為瞭解各學科領域態度與知識整合行為的概況，本研究先將各構面項目得分的分布概況列示如表 4。學科態度量表部分，構面中以「科學態度」($M = 3.72, SD = 0.71$) 的平均數最高，最低的則為「數學態度」($M = 3.08, SD = 0.90$)。整體而言，各構面之平均值皆達到 3 以上。知識整合行為量表部分，以「知識整合行為態度」($M = 4.06, SD = 0.75$) 的平均數最高，最低的則為「知識整合知覺行為控制」($M = 3.30, SD = 0.84$)。整體而言，各構面之平均值皆達到 3 以上。整體而言，職前教師在 STEM 實作課程中的學科態度與知識整合行為意圖均有較高的得分。

表 4 研究對象各構面分布狀況

研究構面	N	平均值	標準差	95% CI
學科態度量表				
科學態度量表	83	3.72	0.71	[3.57, 3.88]
數學態度	83	3.08	0.90	[2.88, 3.27]
工程與科技態度	83	3.70	0.66	[3.56, 3.84]
知識整合行為量表				
知識整合行為態度	83	4.06	0.75	[3.90, 4.22]
知識整合主觀規範	83	3.69	0.68	[3.55, 3.84]
知識整合知覺行為控制	83	3.30	0.84	[3.11, 3.48]
知識整合行為意圖	83	3.60	0.74	[3.44, 3.76]

註：CI= 信賴區間。

其次，各學科領域態度與知識整合行為態度構面間的關係，由表 5 可看出，「科學態度」與「知識整合行為態度」之間呈現顯著的正向中度相關 ($r(81) = .42, p < .001$)。「工程與科技態度」與「知識整合行為態度」之間呈現顯著的正向高度相關 ($r(81) = .64, p < .001$)。「數學

態度」、「工程與科技態度」與「科學態度」之間呈現顯著的正向中度相關 ($r(81) = .45, p < .001$; $r(81) = .60, p < .001$)。「工程與科技態度」與「數學態度」之間呈現顯著的正向中度相關 ($r(81) = .34, p < .01$)。

表 5 各學科領域態度構面與對知識整合行為的態度構面間相關分析表

	知識整合 行為態度	科學態度	數學態度	工程與科技態 度
知識整合行為態度	1			
科學態度	.42***	1		
數學態度	.21	.45***	1	
工程與科技態度	.64***	.60***	.34**	1
平均數	4.06	3.72	3.08	3.70
標準差	0.75	0.71	0.90	0.66

** $p < .01$. *** $p < .001$ 。

接著本研究以 SmartPLS 軟體進行偏最小平方法 (Partial Least Squares, PLS) 分析，利用有效樣本 83 份進行拔靴法 (bootstrapping) 反覆抽樣來獲得抽樣分配的標準誤。以偏最小平方法來驗證研究模型架構主要分為二個步驟。首先是檢測測量模型的信、效度，如前所述，皆達研究建議值以上，其次則是檢測結構模型的路徑係數的及其顯著性。檢測測量模型時，以路徑係數 (Path Coefficients) 及 t 值來判斷研究模型中變數之間關係的強度以及是否達到顯著性。在檢測模型的各構面之解釋能力時，以 R^2 值表示指標變數解釋潛在變項的能力，並將判斷結果所示如表 6。在 STEM 實作課程知識整合行為意圖方面，會受到知識整合主觀規範 ($\beta=.39$) 與知識整合知覺行為控制 ($\beta=.42$) 影響，以知覺行為控制影響最大。另外，研究模式中知識整合行為 R^2 係數值為 .594，可解釋 59.4% 知識整合行為意圖的結果，如圖 4 所示。

表 6 本研究模式顯著性分析表

	路徑係數	t 值
對知識整合行為的態度--->知識整合行為意圖	.09	1.21
知識整合主觀規範--->知識整合行為意圖	.39***	3.87
知識整合知覺行為控制--->知識整合行為意圖	.42***	4.01

*** $p < .001$ 。

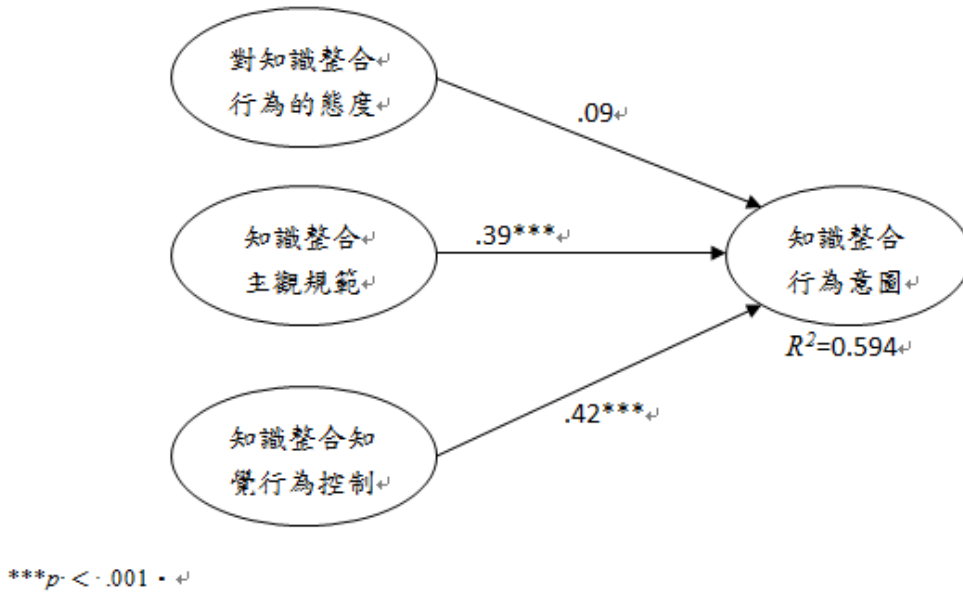


圖 4 本研究模式路徑分析圖

二、討論

根據上述研究分析結果，各構面與知識整合行為意圖之間的關係，以知覺行為控制為最能預測行為意圖的構面，其次為主觀規範構面。由於人類許多行為的發生經常受到許多因素影響，並非完全可由各人意志所控制，因此若要預測的行為受到非意志因素影響時，則必須考量知覺行為控制知覺構面，故本研究大致符合 Ajzen (1985) 所提出計畫行為理論的概念。本研究將各研究假設檢定結果列示如表 7，大致歸納出以下幾點發現：

表 7 研究假說檢定結果

研究假說內容	顯著性	結果
H1：STEM 實作課程中對知識整合行為的態度會正向影響知識整合行為意圖。	未顯著	不成立
表 7 研究假說檢定結果 (續)		
研究假說內容	顯著性	結果
H1a：對知識整合行為的態度與科學態度呈現顯著正相關。	顯著	成立
H1b：對知識整合行為的態度與數學態度呈現顯著正相關。	未顯著	不成立
H1c：對知識整合行為的態度與工程與科技態度呈現顯著正相關。	顯著	成立
H2：STEM 實作課程的知識整合主觀規範會正向影響知識整合行為意圖。	顯著	成立
H3：STEM 實作課程知識整合知覺行為控制會正向影響知識整合行為意圖。	顯著	成立

(一) STEM 實作課程中職前教師的「知識整合行為態度」對「知識整合行為意圖」無正向顯著的影響

根據研究結果顯示雖然知識整合行為態度與知識整合行為意圖具有顯著中度相關 ($r(81) = .51, p < .001$), 但並無法證實行為態度會影響行為意圖的發生。本研究認為最首要的原因在於 Ajzen 強調對行為的態度是來自於個體的經驗, 而國內課程採用分科教學, 對於課程中採用知識整合行為的價值較為陌生, 是以在對行為的評價上, 可能因此產生差異, 並淡化與行為間的影響效果。舉例說就像對使用智慧型手機的行為態度評估, 使用者絕不會只考量通訊功能, 還會考量上網功能、照像功能等, 因為經驗告訴使用者並非只有單一功能; 若無經驗則使用者不明白智慧型有上網的功能, 在對使用智慧型手機的行為上, 就不會產生上網行為意圖, 使評估結果產生偏誤。對知識整合行為的態度亦是如此, 由於經驗的不足, 學習者可能無法將對行為的態度對應在行為意圖之上。此外, 亦有可能如 Scott 和 Willits (1994) 的研究所提及, 是透過影響其他因素來反應在行為上。

(二) STEM 實作課程中職前教師的「知識整合主觀規範」對「知識整合行為意圖」有正向顯著的影響

根據研究結果顯示知識整合主觀規範與知識整合行為意圖具有顯著高度相關 ($r(81) = .67, p < .001$), 且主觀規範會影響行為意圖的發生。表示職前教師在 STEM 實作課程會受教師與同儕的影響, 當教師與同儕對知識整合行為愈肯定支持, 則職前教師會反應出的知識整合行為愈強。陳正和 (2001) 提到承諾要素最能預測與解釋行為的發生, 並以此來解釋大專青年的學習行為, 而此種承諾可說是對他人期望與支持的回饋, 因此亦呼應 Ajzen 所提之主觀規範對行為的影響。因此, 教師與同儕的態度亦是在 STEM 實作課程中發展知識整合行為所應該關注的對象。

(三) STEM 實作課程中職前教師的「知識整合知覺行為控制」對「知識整合行為意圖」有正向顯著的影響

根據研究結果顯示知識整合知覺行為控制與知識整合行為意圖具有顯著高度相關 ($r(81) = .66, p < .001$), 且知覺行為控制最會影響行為意圖的發生。可見當職前教師擁有在實作課程中若整合 STEM 知識的自信及能力愈高時, 則自身愈認為其對知識整合行為的掌控力愈高, 進而愈能促進職前教師在 STEM 實作課程中知識整合的行為。另外侯心雅、盧鴻毅 (2009) 提到研究對象亦有可能與導致該高度影響結果有關, 因本研究選取以正在修習「生活科技概論」與「工業科技教育概論」的職前教師為研究對象, 其中大部份為生活科技職前教師, 本身實作

能力程度較高，較有信心認為自己有辦法去整合相關的知識領域，所以他們所感知的行為控制對行為的預測能力也就大過於其他構面。

伍、結論與建議

一、結論

根據研究的分析顯示，職前教師在 STEM 實作課程中均呈現高度的態度、主觀規範、及知覺行為控制。職前教師在科學及工程與科技的態度會與職前教師對知識整合行為的態度有正相關。對知識整合行為的態度、主觀規範、知覺行為控制與行為之間具有正相關，其中知識整合行為模式主要是以知識整合的主觀規範與知覺行為控制會正向影響知識整合行為。因此本研究做出以下結論：

(一) STEM 實作課程可提高學生對 STEM 的知識整合態度與行為意圖，並增強學生在科學、工程與科技的態度。

學生在參與 STEM 實作課程後，對知識整合行為的態度和行為意圖均呈現高度得分，顯示 STEM 實作課程確實可幫助培養學生對 STEM 的知識整合行為態度與表現。研究並證實會與科學、工程與科技態度有緊密關聯，而科學態度、工程與科技態度已被證實會影響該領域學科的學習（林坤誼，2001；游光昭、韓豐年、徐毅穎、林坤誼，2005；Gardner, 1975）。故可知透過 STEM 實作課程，將可幫助強化學生在 STEM 領域的知識整合行為態度與學習行為，促使學生在實作課程中進行知識整合，並藉由該課程，強化學生對知識整合行為的態度，並有助於培養學生在科學、工程與科技的知識學習與發展。

(二) 學生在 STEM 實作課程中的主觀規範，主要為教師與同儕的期望與支持，將有助於在 STEM 實作課程的知識整合。

研究顯示職前教師在 STEM 實作課程的知識整合主觀規範會直接影響知識整合行為意圖，且主觀規範在課程學習中主要為教師與同儕的期望與支持。教師的期望可以給予學生學習的動力，教師的支持則可幫助學生突破學習的瓶頸，藉由教師從旁輔助，在較為困難的地方提供學習的鷹架和分解式教學，讓學生在實際的操作過程中，學習如何運用各領域知識，解決所遭遇到的問題，並將經驗過程所用到的相關知識內化。另一方面，同儕則可塑造團隊合作學習的氛圍，以及各領域間的知識分享。特別是在 STEM 實作課程會應用到各領域的知識，每位同學所擅長的知識領域不盡相同，因此需要透過知識的交流來整合知識。若同學間願意互相交流，

分享交換彼此的知識，將更能促進學生知識整合的行為動機(Huang, C. C. & Huang, T. J., 2007)，提高知識整合行為的發生意願，並於 STEM 實作課程中產生知識整合的行為。

(三) 知識整合的知覺行為控制會影響知識整合行為意圖，故應促進學生對自我能力的培養，建立自我信心，進一步提高自我效能。

研究結果指出知識整合的知覺行為控制會直接影響知識整合行為意圖。知識整合行為的發生，必須建立在本身認為對整合各領域知識具有能力與信心的情況下才易於發生。當自認為缺乏整合各領域的能力時，學生較不願意去嘗試陌生的知識領域，而會傾向於維持在本身較有能力去掌握的安全學科領域，致使不易主動的進行知識整合行為。另外若個人信心不足，顯而易見的將不會主動嘗試這樣的行為(黃子榕, 2006)，且容易有逃避及拒絕接受的行為發生，致使無法提高知識整合行為的自我效能，而影響知識整合能力的發展。

二、建議

根據研究結論，STEM 實作課程使學生在知識整合的行為態度與意圖上有較好的表現，而主觀規範與知覺行為控制更是發展知識整合行為的關鍵。未來教師在從事 STEM 實作課程教學時，若能從知識整合的主觀規範與知覺行為控制方面來發展，多給予學生支持，並培養學生自我能力與信心，將可提高學生在學習過程的知識整合行為。本研究認為在培養知識整合行為上具體可從教學策略與自我調整學習的面向來著手，並歸納為以下幾點建議：

(一) 加強 STEM 實作課程的教學推廣，提高學生知識整合能力，並促進各學科的學習功效。

STEM 實作課程可有效提高學習者在科學、工程與科技上的學習成效，並使學生能獲得整合相關領域知識的能力，促進其發展並具備 STEM 素養，用來解決現實生活中問題。因此若能向下沿伸至國高中階段教育，將有助於學生獲得更紮實學科知識，並能夠整合應用，提升思考的層次與統整能力，進而形成創造性的知識和問題解決的能力，也將使學生更能處理與面對生活上的課題。

(二) 採用有效的教學策略，提高同儕間的合作支持。

當實作課程中知識整合的主觀規範愈高，愈能夠促使職前教師產生 STEM 知識整合行為。也就是在課堂上，老師和同學的支持可以幫助其個人有較強烈人際支持，學生將更有動力去執行該行為。另外教師的鼓勵規劃亦是幫助學生對知識的綜合理解的因素之一(Davis & Linn, 2000)。因此在課堂內的師生互動、同儕關係等人際考量皆可能導致行為的改變，特別是在 STEM 實作課程的活動，多是以分組合作的方式學習，人際關係對於參與行為與知識分享上的

影響相當重要，如何有效的合作以達成知識的整合，亦是重要的研究課題(Tachibana & Fujimura, 2010)。是以教師若要促進學生在知識整合行為上產生更高的行為意圖，可嘗試從主觀規範的角度著手。

目前較為熟知在 STEM 實作課程的有效教學策略有專題式學習、遊戲式學習、以及 STEM 整合式教學法等，亦延伸之網路專題式學習、數位遊戲式教學法。其特點均在於應用合作學習、探索式教學、數位科技、以及多元評量等方式來增進學習效果，以學生為主體的教學模式（陳柏豪，2008；羅希哲等，2010；Lou et al., 2011）。教師站在支持與引導的角色，讓學生在團隊的實作過程中學習多元思考與問題解決。學生在這樣的環境支持下，將更容易產生知識整合行為。

（三）引導學生自我調整學習，循序增強學生能力與信心。

對於習慣單一學科學習的學生來說，STEM 的整合性學習是種挑戰。因此教師在 STEM 實作課程的教學設計上，應注意配合學習者自身知識技能、自信程度，以便於學習者能順利的按照過程學習，進行知識整合，達成問題解決的目標。如該實作課程需要過高的先備能力，將有礙學習者參與的意願，因此教師在設計課程時，須先考量該活動所使用的知識能力是否符合該階段學生能力，讓學習者感覺到所接觸的活動是可以接受的。另外亦建議教師可提供教學指引於活動中，並提供相關協助，讓學習者不致於感受到能力不足而放棄學習。

另外亦可採行自我調整策略，係指讓學習者自己設定學習的目標，維持並修正自己在統整知識等認知的策略，進一步可監控、核對及調整學習的歷程（Schunk, 1989）。教師可針對學生自我調整的思考、監控及計畫歷程做分析討論，促使學生瞭解並調整自己的認知歷程。藉由自我學習，學生能了解自己的學習進步，提升自我效能，學生也會愈願意去接受挑戰（Zimmernan, Bandura, & Martinez-Pons, 2000）。而 STEM 實作課程的挑戰，就包含著統整知識、解決問題等目標，因此若能夠引導學生在知識整合的自我學習調整，則知識整合知覺控制愈佳，學生愈願意在 STEM 實作課程中進行知識整合行為。

參考文獻

- 王國川 (1998)。計畫行為理論各成份量表之設計、發展與建立—以青少年無照騎車行為之研究為例。**師大學報**，**43**(2)，67-91。
- 王國川、鍾鳳嬌、陳淵源、孟祥仁 (2012)。國中數理教師使用教學網站之影響因素研究—計劃行為理論之驗證與其應用。**人文社會科學研究**，**6** (1)，1-32。
- 任孔冰 (2010)。論大學生知識整合能力的培養。**中國電力教育**，**175** (24)，15-16。
- 江文鉅 (2009)。科技與工程教育的結合。**生活科技教育月刊**，**42** (6)，1-2。
- 林人龍、游光昭 (2005)。水平整合的思考：以 MST 為導向的九年一貫生活科技課程設計。**生活科技教育月刊**，**38** (8)，24-41。
- 林民棟 (2006)。應用心智繪圖在國小自然與生活科技領域之教學。**生活科技教育月刊**，**37**(3)，77-88。
- 林坤誼 (2001)。高中開設準工程取向科技教育課程之研究。國立台灣師範大學科技應用與人力資源發展研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 邱皓政 (2011)。當 PLS 遇上 SEM：議題與對話，**量化研究學刊**，**3**，20-53。
- 侯心雅、盧鴻毅 (2009)。從「計劃行為理論」及「第三人效果」探討影響消費者行為的因素：以「毒奶粉」報導為例。2009 中華傳播學會年會，新竹縣。
- 胡宜平 (2006)。論析英語教學法知識的多元整合。**山西廣播電視大學學報**，**54**(5)，58-60。
- 莊舜元 (2009)。專案式 STEM 學習活動之發展研究。國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士論文，未出版，高雄市。
- 陳正和 (2001)。影響青年學習行為的組織承諾、信念與一些社會特徵。**應用心理研究**，**11**，117-140。
- 陳姿吟 (2007)。科技創作學童自我效能與主動學習關係之研究。國立臺灣師範大學工業教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 游光昭、林坤誼、王詩婷 (2007)。自然與生活科技領域統整課程的反思與實踐。**當代教育研究**，**15** (1)，143-180。
- 游光昭、韓豐年、徐毅穎、林坤誼 (2005)。國中學生科技態度量表之發展。**高雄師大學報**，**19**，69-83。
- 黃子榕 (2006)。研發團隊知識分享行為研究。真理大學管理科學研究所碩士論文，未出版，新北市。

- 楊宏仁、羅希哲、于瑞珍、曾國鴻 (2009)。學生以知識管理實踐 STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 學習之中美跨國研究。2014 年 6 月 20 日, 取自 <http://ir.lib.nknu.edu.tw/handle/987654321/13749>
- 趙中建(2012 年 6 月 15 日)。為了創新而教育—科學、科技、工程和數學教育(STEM education): 一個值得認識和重視的教育戰略。中國教育報, 第 07 版。
- 劉一慧 (2012)。STEM 專案學習對自我效能與工程專業承諾之影響。國立高雄師範大學工業科技教育研究所碩士論文, 未出版, 高雄市。
- 劉瑞圓 (2001)。課程統整與科技教育。科學教育月刊, 238, 12-23。
- 劉燕儒 (2014)。學習時間、自我效能與學生科學成就三者關係之探究—以 PISA 2006 資料庫為例。2014 年 6 月 20 日, 取自 <http://www.ced.ncnu.edu.tw/proposal/劉燕儒.pdf>
- 蔡筱梅 (2005)。知識整合機制對團隊學習績效的影響。國立中央大學企業管理研究所碩士論文, 未出版, 桃園縣。
- 蕭建華、張俊彥 (2012)。介入自我效能對不同性別學生「自我學習評估」與「學習成效」之影響—以高一地球科學為例。科學教育月刊, 352, 28-34。
- 魏麗敏 (1989)。國民中小學生一般焦慮、數學焦慮、數學態度之比較研究。台中師院學報, 5 (1), 129-153。
- 羅希哲、蔡慧音、石儒居、詹為淵 (2010)。網路專題式學習應用於高中女學生 STEM 知識學習之研究。人文社會科學研究, 4 (4), 115-141。
- 羅希哲、蔡慧音、曾國鴻 (2011)。高中女生 STEM 網路專題式合作學習之研究。高雄師大學報, 30, 41-61。
- Ajzen, I. (1985). From intention to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl and J. Bechmann (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior* (pp. 11-39). Heidelberg: Springer.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50, 179 -211.
- Ajzen, I. (2002). *Constructing a tpb questionnaire: Conceptual and methodological considerations*. Retrieved June 20, 2014, from <http://www.socgeo.ruhosting.nl/html/files/spatbeh/tpb.measurement.pdf>
- Ajzen, I. (2005). *Attitudes, personality, and behavior*. Milton-Keynes, England: McGraw- Hill.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood

Cliffs, NJ: Prentice- Hall, Inc.

- Bourdieu, P. (1986). The forms of capital. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of theory and research for the sociology of education* (pp. 241-258). New York: Greenwood.
- Breckler, S.J. (1984). Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47, 1191 -1205.
- Bryman, A., & Cramer, D., (1997). *Quantitative data analysis with SPSS for windows*. London: Routledge.
- Casad, B. J., & Jawaharlal, M. (2012, June). *Learning through guided discovery: An engaging approach to K-12 STEM education*. American Society for Engineering Education Conference Proceedings. K-12 and Pre-College Engineering Division, Washington, DC.
- Cheon, J., Lee, S., Crooks, S. M., & Song, J. (2012). An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior. *Computers & Education*, 59(3), 1054-1064.
- Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2011). Knowledge integration and wise engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(1), 1-14.
- Cuieford, J. P. (1965). *Fundamental statistics in psychology and education*. New York: McGraw Hill.
- Davis, E. A., & Linn, M. C. (2000). Scaffolding students knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 819-837.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison- Wesley.
- Fornell C., & Larcker D., (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18, 39-50.
- Friday Institute for Educational Innovation (2012). *Middle / high School student attitudes toward STEM survey*. Raleigh, NC: Author.
- Gardner, P. L. (1975). Attitudes to science: A review. *Studies to science education*, 2, 1-41.
- Granovetter, M. S. (1992). Problems of explanation in economic sociology. In Nohria N, Eccles RG (eds.), *Networks and Organizations* (pp. 25-56). Harvard Business School Press: Boston, MA.
- Huang, C. C., & Huang, T. J. (2007). Knowledge Sharing and KM Effectiveness in Technology R&D Teams: Transactive Memory System and Team-based Outcome Expectations Perspectives. In Helander, M., Xie, R., Jiao, R., & Tan, K. C. (Eds.), *Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 2124-2128), Singapore.
- Kankanhalli, A., Tan, B. C. Y., & Wei, K. K. (2005). Contributing knowledge to electronic knowledge repositories: An empirical investigation. *MIS Quarterly*, 29(1), 113-143.

- Kim, S.S., & Malhotra, N.K., (2003). A longitudinal model of continued IS use: An integrative view of four mechanisms underlying postadoption phenomena. *Management Science*, 51(5), 741-755.
- Klopfer, L. (1971). Evaluation of learning in science. In B. Bloom, J. Hastings, & G. Madaus (Eds.), *Handbook of summative and formative evaluation of student learning* (pp. 559-641). New York: McGraw-Hill.
- Laboy-Rush, D. (2011). *Integrated STEM education through project-based learning*. Retrieved September 20, 2012, from <http://www.learning.com/pdfs/STEM-White-Paper-101207.pdf>
- Lantz, H. B. (2009). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: What form? What function?* Retrieved June 20, 2014, from <http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf>
- Leonard-Barton, D. (1995). *Wellsprings of knowledge*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Lou, S. J., Liu, Y. H., Shih, R. C., & Tseng, K. H. (2011). The senior high school students' learning behavioral model of STEM in PBL. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(2), 161-183.
- Mississippi Department of Education (2011). *STEM applications*. Jackson, MS: Author.
- Nahapiet, J., & Ghoshal, S. (1998). Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. *Academy of Management Review*, 23(2), 242-266.
- National Governors Association (2011). *Building a Science, technology, engineering and math agenda*. Washington, D. C.: Author.
- National Science Board. (2009). *STEM education recommendations for the president-elect obama administration*. Washington, D.C.: National Science Foundation.
- Nunnally, J. (1978). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Reyes, L. H. (1984). Affective variables and mathematics education. *Elementary School Journal*, 84, 558-581.
- Sadaf, A., Newby, T. J., & Ertmer, P. A. (2012). Exploring pre-service teachers' beliefs about using Web 2.0 technologies in K-12 classroom. *Computers & Education*, 59(3), 937-945.
- Sally, & Jaumall A. (2010). STEM comes to preschool. *Young Children*, 65(5), 12-14.
- Schneider, M. (2011). Commentary 2: Knowledge integration in mathematics learning: The case of inversion. *Educational Studies in Mathematics*, 79(3), 447-453.
- Schunk, D. H. (1989). Self-efficacy and achievement behaviors. *Educational Psychology Review*, 1, 173-208.
- Schwab, D.P., (1980). Construct validity in organizational behavior. *Research in Organizational Behavior*, 2, 3-43.
- Scott, D., & Willits, F. K. (1994). Environmental attitudes and behavior. *A Pennsylvaniasurvey*,

Environment and Behavior, 26(2), 239-260.

- Shepherd, R., Sparks, P., & Guthrie, C.A. (1995). The application of the theory of planned behaviour to consumer food choice. In E-European Advances (eds.), *Consumer research* (pp. 360-365). Flemming Hansen, Provo, UT : Association for Consumer Research.
- Stajkovic, A. D., & Luthans, F. (1988). Self-efficacy and work-related performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 124(2), 240-261.
- Stohlmann M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1) , 28-34.
- Tachibana, H., & Fujimura, N. (2010). Knowledge integration through collaborative problem solving in high school students : Others as partners in co-constructing knowledge. *Japanese Journal of Educational Psychology*, 58(1), 1-11.
- Teo, T., Koh, N. K., & Lee, C. B. (2011). Teachers intention to teach financial literacy in Singapore: A path analysis of an extended theory of planned behaviour. *Asia-Pacific Education Researcher*, 20(2), 410-419.
- Tsupros, N., Kohler R., & Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*. Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.
- United States Domestic Policy Council (2006). *American competitiveness initiative*. Washington, D. C.: Author.
- Wicklein, R., & Schell, J. (1995). Case studies of multidisciplinary approaches to integrating mathematics, science, and technology education. *Journal of Technology Education*, 6(2), 59-76.
- Zimmerman, B. J., Bandura, A., & Martinez-Pons, M. (1992). Self-motivation for academic attainment: The role of self-efficacy beliefs and personal goal setting. *American Educational Research Journal*, 29, 663-676.