

壹、緒論

我國九年一貫課程綱要自然與生活科技領域強調以學生為中心，經由引導學生探討與處理問題的過程中，培養學生「主動探索與研究」、「獨立思考與解決問題」的能力（教育部，2003）以增進公民科學素養。經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD）之國際學生能力評量計劃（the Programme for International Student Assessment, PISA）將科學素養定義為學生能：一、運用科學概念，對自然現象進行科學解釋的能力；二、進行科學探究以解決問題的能力；三、解讀科學數據並運用證據產生結論的能力（OECD, 2015）。培養學生於此三面向的能力，呼應九年一貫課程目標所揭示十大「基本能力」之「主動探索與研究」、「獨立思考與解決問題」等能力的培養，滿足九年一貫課程綱要的重要課程目標，即「學習科學與技術的探究方法和基本知能，並能應用所學於當前和未來的生活」（教育部，2003）。PISA 依據上述面向設計評量題目且針對 15 歲學童進行跨國評量，以瞭解各國學生於科學素養之表現。雖然臺灣學生在 2006 年時科學素養在全球排名第四名，但在 2009 年卻下跌至 12 名（臺灣 PISA 國家研究中心，2009），而在 2012 年為第 13 名（OECD, 2013）。有鑑於此，如何透過教學以提升學生科學素養為一重要課題。

本研究課程採用知識整合（knowledge integration）觀點（Davis, 2004; Davis & Krajcik, 2005; Linn, 2006; Linn, Davis, & Bell, 2004; Linn & Eylon, 2006）為課程設計基礎，強調教學由學生的先備概念著手，並應用知識整合設計模式以透過一連串的教學活動，誘發學生知識整合，進而促進學生科學概念的深度理解。學生對於科學概念的深度理解，即包含了能連結個人知識與科學概念，以產生整合的、一致的與精緻化的概念架構，且能運用其概念進行科學活動，例如：產生科學解釋、進行科學探究與建模、運用科學證據進行推理等。換句話說，依循知識整合觀點所發展之科學課程，應能促進學生的科學素養。本研究即針對此一假說進行調查。

本研究透過電腦與網路進行的數位課程聚焦於國中階段之化學反應概念。研究指出，多數學生學習化學反應時，無法利用分子或原子觀對化學現象進行解釋與推理（Frailich, Kesner, & Hofstein, 2009; Krajcik, 1991; Tasker & Dalton, 2008），此一學習困難與化學反應的抽象概念有關。透過電腦模擬，可以將抽象的分子與原子視覺化，學生可利用電腦模擬進行化學反應的建模活動。另外，網路的即時互動科技，如網路論壇，可用於學生的建模活動中，引導學生觀看與評論他人與自己的模型，以及運用模型對化學現象進行推理等。本研究依據上述科技優勢發展數位課程並將此課程融入於八年級之正式課程中實施。研究目的為調查該課程對促進學生科學素養之成效，探討的問題為：

一、接受知識整合數位課程教學後的學生，在化學反應單元相關科學素養的表現是否提升？

二、比較接受知識整合數位課程教學後的學生，與接受一般講述教學的學生在化學反應單元科學素養的表現是否有差異？

三、接受知識整合數位課程教學的學生，於化學反應單元科學素養的表現，能否預測學生於化學反應單元之後的三次學校段考表現？

培養學生的科學素養，可於非正規或課外補充教學，亦應落實於正規課程，才得以實踐教育改革。本研究提出學生學習重要科學概念，如：化學反應概念所應具備的科學素養之面向與內容，並據以設計數位科學課程，以期學生經由學習化學反應單元、培養相關的科學素養。此外，亦依據科學素養之面向與內容，發展評量工具與評分標準以測量學生於化學反應單元所展現的科學素養。前述研究問題一與研究問題二即透過比較課程實施前、後，以及比較接受本研究課程與傳統教科書課程之學生於化學反應單元科學素養的表現，以瞭解本研究所發展之課程於促進學生科學素養之成效。過去相關研究已證實本研究實施的課程於促進學生知識整合具有良好成效 (Chang, Zhang, & Chang, 2014; Zhang & Linn, 2011, 2013)，本研究進一步探討該課程對於促進科學素養的成效。此外，過去這些研究僅比較學生於前、後測的差異，本研究納入延宕測驗以考驗課程是否具備長期成效。更重要的是，本研究亦欲瞭解接受本研究課程教學的學生於科學素養評量的表現、能否預測學生於化學反應單元之後、回歸學校傳統教科書教學後的三次理化段考表現，即研究問題三。與前兩個研究問題不同的是，研究問題三的依變項為學生理化段考表現，由於學校理化段考題型皆為選擇題，內容受限於題型多為記憶、公式應用或機械式解題，此類評量非以評量科學素養為目的，因此本研究認為參與本研究課程的學生於科學素養的表現可能無法預測其之後理化段考表現。研究問題三即考驗此想法，結果可提供對學校現行常見評量的批判與反思。本研究所發展之聚焦於科學素養的課程與評量，為於正規課程中促進學生科學素養提供案例，期能以挹注多元化、創新式的科學課程與評量，培養 21 世紀公民之科學素養。

貳、文獻探討

一、知識整合觀點

知識整合觀點係對於促進學生科學理解所提出之社會－認知架構 (socio-cognitive framework) (Davis, 2004; Davis & Krajcik, 2005; Gerard, Spitulnik, & Linn, 2010; Linn, 2006; Linn et al., 2004; Linn & Eylon, 2006)。Davis (2004) 認為知識整合是一種學生如何學習的觀點，而知識整合就是一種概念理解，包括對主題的綜合想法與新增概念，將新舊想法進行連結，並挑選有用的想法加以反思及重構概念，形成更高整合程度知識的過程 (Linn & Hsi,