第二章 文獻探討

本研究透過學習鷹架探討不同科學自我效能之學習者於自然與生活科技學習領域學習之成效與態度影響。本章分別就鷹架學習理論、自我效能、電腦輔助學習、與科學探究教學進行探討。

第一節 鷹架學習理論

鷹架(scaffolding)的概念源自 Vygotsky 的近側發展區(zone of proximal development，ZPD)理論，由 Wood、Bruner 與 Ross(1976)正式提出鷹架理論。鷹架強調學習的支持，重視學生經由協助後能超越現有能力的表現。本節將分述說明鷹架的意涵、鷹架在教室環境的應用與鷹架的類型。

一、鷹架的意涵

鷹架的概念源自於 Vygotsky 的近側發展區理論，Vygotsky (1978)定義近側發展區為「個體獨自解決問題時表現出的實際發展層次(real level of development)，與在成人指導或能力較好的同儕合作下，解決問題時表現出的潛在發展層次(potential level of development)之間的距離」，近側發展區如圖 2-1 所示。Vygostky 認為透過語言與有效的教學引導，能促進個體突破本身實際發展的能力，有助於個體於問題解決與反思能力的提升，是個體概念擴張的一種表現，所以 Vygostky 鼓勵父母、教師或程度較高的同儕，在教學環境中給予不知如何進行問題解決的學習者一些提示、示範使用適當的策略、以及帶領學習者逐步解決問題等，以協助學習者能進行問題解決(Vygotsky, 1978)。從上述可知，若個體能夠獲得能力較高的他人協助，其認知的潛在發展性將優於未接受協助的個體，而他人給予的協

助，便稱之為「鷹架」。

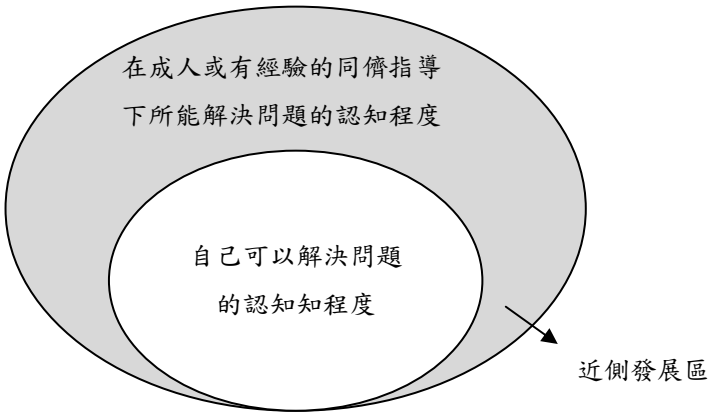


圖 2-1 近側發展區圖示

基於近側發展區的論點，張壽全(1999)提出教師對於近側發展區的概念應有以下兩點體認，第一，教學效果可能發生在近側發展區；第二，教師應適時給予學生輔導。Vygotsky 的理念強調發展學習者的潛在發展區域，與傳統教學強調配合學習者認知能力發展有所不同，因此教師應學習如何發展能啟發學習者的教學策略，以促使學習者有更好的學習成效；其次，由於 Vygotsky 認為教學成敗的關鍵在於能否適時給予學習者必要的協助，但學習者的個別差異有所不同，因此界定何時給予學習者幫助，則需仰賴教師依據教學經驗做適切的抉擇。

Wood、Bruner 與 Ross(1976)延伸鷹架的概念，發展出鷹架理論，其認為只要能成為學習者的支持，皆是學習的鷹架，並將鷹架定義為「教師或較有能力的同儕提供協助以幫助無法自己解決問題之學習者能夠完成問題解決的一種過程」，例如教師可以提供策略引導，幫助學習者設定適當目標或完成任務中較困難的部分。當學習者的語言、社會文化技巧、認知技能技巧和情緒發展經由學習引導達到近側發展區的目標時，教師的支持性學習需逐漸減少，隨後完全撤離，在此過程中，教師所採取的支持性學習為教學的鷹架。

其他學者皆對鷹架提出他們的看法，Palincsar 與 Brown(1984)認為教學中在

對學習者提供的暫時性支持為「教學鷹架」；Langer(1984)表示鷹架具有協商與學習責任遷移的意義；Doyle(1986)表示鷹架具有「教學工具」的特性，鷹架能降低學習的不明確感，及促進學習者認知發展的機會，是教師輔助學習者的學習過程和維持學習興趣的支架，當學習者能夠掌握自身學習任務時，才撤除鷹架。Rogoff(1990)認為鷹架是一種對學習者有組織、有意義的「學習材料」，學習過程中，成人或專家要創造學習情境，以支持學習者能達到預期目標，好的鷹架會能促使學習的產生、並能使學習者產生興趣且投入其中；Gee、Michaels 與 O'Conner(1992)視鷹架為「橋樑」，教師以引導、支持和擴展的角色，提供暫時性的結構協助學習者進行建構，當鷹架移除，學習者在不需支持的情況下，其認知結構能能得以維持；單文經(1998)將鷹架比喻為「教學的模式」，其強調教師要能夠觀察學習者最適量的近側發展區，以逐漸擴展學習區域的方式促進學習者學習。

從上述對鷹架的定義，可以歸納出鷹架的性質有：(1)鷹架具有協商性：鷹架是一種教師(或成人)與學習者間的協商。(2)鷹架需有輔助的特性：透過有能力的成人或同儕提供學習上的輔助或支持，能幫助學習者協助困難的問題解決。(3)鷹架的搭建需配合學習者：鷹架的搭建以學習者為主體，建造學習者先備知識的情境，以學習者本身的能力為出發點，以建構其新能力的發展。(4)鷹架具有遞減性：在學習的過程中，教師應隨著學習者能力的提升，逐漸將學習責任逐漸轉移至學習者身上。(5)鷹架需適時撤除：當學習者最後能夠主導學習時，鷹架應給予撤除，使學習者能夠自行完成問題或任務，以達到自我調節的目標。

二、鷹架在教室環境中的應用

當教師採用鷹架教學時，教師若能針對不同學習者的個別需求進行教學調整，這種方法對學習者將會是最有益處的，然而在目前的學校教室環境，多以大班教學，教師除了面對人數眾多的學習者外，也要面對學習者的多樣近側發展區

域(簡錦鳳, 2007)，因此要達到以鷹架提供學習輔導，並發展適合個別學生需求的教學活動，似乎不大可能，在實際教學現場上可能會發生困難。Hogan 與 Pressley (1997)表示在教室環境中進行鷹架教學，可能面臨的問題為：在學習者方面，如人數過多構成多樣的近側發展區，將造成鷹架支持的困難，又如學習者的學習進度難以一致，教師無法掌握互動先機；在教學方面，受限教學進度，會影響對複雜教材深度學習的機會，在這樣的情況下，教師如何提供學習者有效的鷹架，將是一個很大的挑戰。Mayer 與 Turner(2002)則認為每一節課的教學都有時間限制，教師的教學和所設計教學活動，都可能受限於上課與下課鐘聲的分割和干擾，學生對學習的注意力因此受到影響。另外，教室中的互動是公開的，學生會顧慮自己與他人表現的比較，教師也不可能在公開狀況下，不顧及公平原則而依據學生個別特質而運用差異的評量標準，為顧慮多數學生的學習，對個別學生的指導一定無法完全落實積極引導的要求。

面對大班教室，教師實施鷹架的困難，Stoen(1998)提出分組教學與提供學習工具兩種解決方法。分組教學為對學習者進行分組，教師鷹架每組學習者進行學習，不過這種方法仍會因分組數多而有多樣近側發展區的問題；提供學習工具為提供如電腦輔助軟體、學習材料等工具，以作為輔助學習者學習的鷹架。在學校教室環境中使用電腦輔助等學習工具進行鷹架教學時，Ping 與 Swe(2004)觀察出幾種鷹架策略，可以使學習者更為投入於課程學習之中，鷹架的策略包括定向策略(orienting strategies)、同儕互動(peer interactions)、指引(prompts)、楷模(modeling)，各策略的應用分述如下：

(一)、定向策略

使用電腦學習的環境中，定向活動能夠幫助學習者進行學習管理，並且能協助學習者將注意力集中在關鍵的變項、概念和視覺線索上(Cavalier & Klein, 1998; Oliver & Hannafin, 2000)。定向活動也可以提供學習者學習結構，以引導學習者進行學習任務(Hannafin, 1992)，如此能夠減少學習者的焦慮，使學習者能判斷與自

身相關的重要教學目標。

在使用電腦上課的課堂中，定向活動可藉由：(1)介紹電腦軟體(教材、或工具)架構與內容；(2)提供前導組織；(3)給予教學目標；(4)給予學習單或確認表等方法達到定向的作用。

(二)、同儕互動

同儕互動是一種提供學習者測量自己學習進度的方法(Brown & Palincsar, 1989)。在同儕互動、對話的過程中，學習者會有兩種不同的行為表現，有些學習者會傾向於向同儕說明內容摘要、解釋學習，並且回答同儕的問題；有些學習者則傾向傾聽同儕的說明，並將所聽取的訊息與自我的認知進行比對，若有不清楚的概念，與同儕進行討論(Rada, Acquah, Baker, & Ramsey, 1993)。

(三)、指引

指引可透過問題指引(question prompts)與引導反思(guided reflection)兩種方式進行。問題指引能夠幫助學習者對學習過程有更多的注意和監控，可透過詳細闡述問題、討論議題等方式進行(Ge & Land, 2003)；引導反思可由教師與學習者進行溝通，教師透過引導學習內容協助學習者反思和進行批判性思考，讓學習者能投入高層次的思考(Lim, 2001)。

(四)、楷模

楷模的進行有兩種方式，分別為學習者楷模與專家楷模。學習者楷模是透過顯示學習者在特定的情境內，如何感覺、思考和行動的教學行為，可透放聲思考(think-aloud moedlling)、大聲說出(talk-aloud)以及成果表現(performance modeling)方式進行(Roehler & Cantlon, 1997)；專家楷模著重於專家的思考過程或問題解決模式。

本研究基於上述探討，於教室的教學環境中，使用電腦輔助學習鷹架為學習工具。在教學活動設計方面，將學習活動分成小任務依序進行，並於教學之初提供教學目標、整體活動結構說明等以輔助學習者清楚管理自身學習活動；在學習活動開始進行前，教師先進行任務示範，使學習者清楚如何進行學習活動；學習者進行學習活動之際，教師則提供適當的指引以輔助學習者認知發展，並且提供在同儕互動的機會，以兩人為一組的合作學習方式，讓學習者能彼此指導、協商與合作。

三、學習鷹架的類型

在使用資訊科技進行教學的環境中，鷹架是對學習者提供由科技傳達的支持(Sharma & Hannafin, 2007)，以協助學習者完成特定的學習任務。在科技教學內的學習鷹架類型，McLoughlin(2002)指出包含：定向(說明學習目標)(orientation: communication of expectation)、指導(coaching)、指出關鍵(eliciting articulation)、任務支持(task support)、專家調整(expert regulation)、概念鷹架(conceptual scaffolding)、後設認知鷹架(metacognitive scaffolding)、程序鷹架(procedural scaffolding)、策略鷹架(strategic scaffolding)。

Bell 與 David(1996)、Hannafin、Land 與 Oliver (1999)提出四種主要以科技方式進行的學習鷹架類型，分別為概念鷹架(conceptual scaffolding)、後設認知鷹架(metacognitive scaffolding)、程序鷹架(procedural scaffolding)與策略鷹架(strategic scaffolding)。以下彙整學者(Bell & David, 1996; Hannafin et al., 1999)提出的學習鷹架內涵，進一步探討學習鷹架的形式及設計方法。

(一)、概念鷹架

當學習者進行學習活動時，概念鷹架可以幫助學習者思考，有助於學習者在任務有許多不同解決方法的情況下使用，以協助學習者決定需要考慮的因素、知

識，或學習的優先順序。

概念鷹架可藉由幾種方式和設計來達到，例如：

(1)、給予線索(cueing)或暗示(hinting)，亦即藉由給予暗示或提示以引導學習者考量問題解決中的知識，而這些提示或暗示是關於解答的可能路徑(Acovelli & Gamble, 1997)。

(2)、給予綱要或架構圖。

(3)、給予意見指導(coach comments)。

(4)、提供表現的回饋(feedback)和忠告(advice)。

(5)、提供設計的模式或結構的設計(van Merriënboer & Krammer, 1987)。

(二)、後設認知鷹架

當學習者進行學習活動時，後設認知鷹架指引學習者在活動中如何思考，幫助學習者培養後設認知的技能。後設認知鷹架支持基本的自我調整、輔助學習管理程序，以及學習者對任務的思考，透過鼓勵學習者反思過程的建構，能促使學習者的反思的活動更加詳盡與明確。換言之，利用後設認知鷹架能藉由明確的認知過程，協助學習者進行學習。

後設認知鷹架可藉由幾種方式和設計來達到，例如：

(1)、提供問題(ask question)，以提醒學習者進行反思。

(2)、提供問題思考模式，加強學生利用特定方法進行問題思考。

(3)、提供學習者定義相似的事件和概念，以促進學習者將既有知識與新學習知識加以整合。

(三)、程序鷹架

程序鷹架是以程序的方式，在需要使用特殊的工具(資訊科技)或面對新的學習環境(網路化學習環境)裡，提供學習者達到欲求的目標、協助學習者在網路環

境網路環境中進行瀏覽和檢索、及協助學習者對學習工具的應用。

程序鷹架可藉由幾種方式和設計來達到，例如：

(1)、提供詳細步驟，降低進行程序學習的認知負載。

(2)、提供網站導覽圖，以減低導覽上所產生之認知負載。

(3)、提供曲線圖或圖解，幫助學習者獲取及使用資源。

(4)、在系統的功能旁，提供不間斷的求助。

(四)、策略鷹架

策略鷹架對於學習者進行思考選擇策略特別有幫助。鷹架策略專注在方法的定義、資訊需求選擇、可得資源和新知識與現存知識、經驗的相關性，並且促使學習者在課程內容或引導下，能注意可提供幫助的工具和資源。因此，策略鷹架能夠適時提供學習者建議，以幫助學習發展出解決問題的方法。

在教學的環境中，提供越多不同性質的支持越能促進學習者對複雜任務的瞭解，缺乏鷹架支持則可能妨礙學習者調整學習的能力，致使學習者無法獲得對知識的概念瞭解(Greene & Land, 2000)，然而鷹架的支持還是需要依據學習者的特性或學習內容，才能滿足學習者的需求，以促進適當的自我調整，達到較好的學習成效。Hannafin 等人(1999)指出概念鷹架有助於學習者對領域知識的發展，Shapiro(2000)指出概念鷹架尤其助於初學者的知識發展，Moos & Azevedo(in press)則指出概念鷹架亦有助於自我調整的計畫策略，但 Azevedo、Cromley、Winters、Moos 與 Greene(2005)的研究則指出概念鷹架在超媒體的學習環境之中，無助於學習者的自我調整與學習成效。後設認知鷹架的設計方式中，後設認知提示能刺激學習者主動進行反思性認知，或引起策略地使用，如自我監控、自我反思等，能提高個體在學習和問題解決的成效(Hoffman & Spatariu, in press)，King(1991)的研究問題指出，問題提示如「關於問題，我們知道哪些？」，能夠有效地鷹架後設

認知，Davis 與 Linn(2000)指出在電腦支援教學中使用後設認知提示有助於學習者辨別概念瞭解程度，以及促進後設認知，其透過科技軟體提供八年級學生具主動及自我監控的提示，以協助其進行自然科學學習，研究結果問題提示有助於學習者思考、計畫和反思，其中有些學習者能夠精熟地解釋其迷失概念，而這些學習者有較好的學習成效。Zembal-Saul、Munford、Crawford、Friedrichsen 與 Land(2002)以職前教師為對象，利用後設認知提示進行辯證教學，研究指出後設認知提示有助於思考的具體化，但當後設認知鷹架與其瞭解的概念相互矛盾時，學習者以先前對錯誤的認知進行思考，所以學習者可能會產生錯誤的概念，所以 Zembal-Saul 等人(20002)認為提供具有直接指導性鷹架能夠幫助矯正迷失概念。

對於各種類的學習鷹架對學習者自我調整及學習成果的效用是缺乏實徵研究的，而其中概念鷹架與後設認知鷹架對於促進學習者學習歷程的自我調整、以及學習成效並無定論，因此本研究應用不同種類的電腦輔助學習鷹架，以探討其對學習成效與學習態度的影響。

第二節 自我效能

自我效能(self-efficacy)源自 Bandura 所提出的社會認知理論(social cognitive theory)，依據社會認知理論的觀點，個體的行動受到環境、個人及其行為三構面交互作用影響，而自我效能是社會認知理論的核心概念，會影響個人的自我調整與學習成效。本節將分述說明自我效能的意涵、自我效能的訊息來源，以及自我效能、學習過程與學習表現之關係進行探討。

一、自我效能的意涵

Bandura 將自我效能視為個體對達到特定活動或任務的自我能力判斷，且強調自我效能是對自己能力的判斷，是個體運用其特定能力達成任務的能力判斷，並非測量個人對其所知技能的瞭解，因此自我效能是個體判斷其所具有能轉化為行動的技能和能力，是一種對自己能力的信念。此外，由於自我效能是對特定領域或情境的能力感知，因此自我效能唯有連繫具體領域時才顯得有意義(Schunk, 2004)。

從社會認知理論的觀點，在個體與環境的互動過程中，個人會經由自我效能評估自我狀況，進而自我調整以適應外在環境，因此自我效能在個體的活動中扮演核心的角色。換言之，自我效能包含了個體對其能力、努力、任務難度、他人協助、楷模相似度等對個人認知、行為、環境等因素的覺察(Schunk, 2004)，Bandrua(1986)亦表示自我效能不僅會影響個人所設立的目標水準、努力程度，也會影響個體採取的行動、任務的選擇和表現結果。整體而言，自我效能是影響個體行動的關鍵心理機制。

Bandura(1986)更進一步說明自我效能的性質，其表示自我效能來自多向度的認知機制，是動態且具發展性的，會因不同個體、不同情境而不同，不僅是個別的、亦是特殊的。此外，自我效能亦是一種衍生性的能力，可透過透訓練的方式

來增進個人的自我效能。

就學校教育的學習而言，學業的自我效能是學習者對以自身能力能夠成功地組織及執行課程活動以滿足預期水準的知覺(Bandura, 1986; Schunk, 1991)，所以學業的自我效能為學習者對其學業能力的知覺，是執行學習行為的信念，會因不同學業科目而不同。一般而言，學習者在學業活動的歷程中，學習者會評估自身的學業自我效能，進而決定後續的學習行為，另一方面，學習者也會根據自身的學習表現以調整對自身的學業能力的知覺，因此自我效能能有效預期學業表現(Pajares, 1997)，尤其在科學學習中，學習者對其自身於科學學習時的能力感知是影響其投入科學課程及科學表現的重要因素之一 (Ketelhut, 2007)。

綜合上述，自我效能是個體對自己在特定的情境之中能達到特定表現所持的自我能力知覺，從學習的角度觀之，自我效能是學習者對其從事某科目學習的能力預估。在本研究中，自我效能意旨科學自我效能，也就是學習者在科學科目的學習情境下，自覺能有效執行其科學學習活動與科學學習表現的信念。

二、自我效能的訊息來源

自我效能是對自我能力的察覺，在學校學習時個人對從事學校學習的自我能力的知覺與學習有著密切的關係(Schunk, 2004)，瞭解自我效能的來源，有助於教學者針對不同效能訊息來源，藉以達到改變或促進學習者行為表現的目的。自我效能的形成，主要建立於成就表現、替代經驗、言語說服與生理狀態等向度，而形成對自己能力知覺(Bandra, 1986; Schunk, 2004)。以下彙整學者(Bandra, 1986; Schunk, 2004)的觀點，分述各種訊息來源的內涵。

(一)、成就表現

成就表現為個人實際參與學習活動的成功經驗，是評估效能訊息最主要的來源。一般而言，學習者在歷經的學習活動中，成功的學習經驗會增加自我效能，

當成功的學習經驗累積越多，便會建立較為穩固的自我效能，進而增強了內在動機，當學習者具有穩固的自我效能時，偶發的失敗經驗較不易降低學習者的自我效能，但若有不斷重複的失敗經驗，則會降低自我效能。

(二)、替代經驗

學習者除了依據自身成就表現的經驗做為自我效能的評估的訊息來源外，學習者對他人觀察的替代經驗亦會影響自我效能。學習者透過了解他人的表現而察知自身的能力時，其中一項重要的評估因素為與他人相似或不相似的程度(Rosenthal & Bandura, 1978)，當學習者認為同儕與自己是相似，則同儕的行為可能影響學習者自我效能的評估。例如與自己相似的同儕獲取成功經驗，此時學習者會相信同儕能取得成功，自己應該也會成功，因而提高自我效能知覺。相對的，觀察別人在極端努力下卻導致失敗的表現，則會降低自我能力判斷。

(三)、言語說服

言語說服是用來改變自我效能最廣泛且最容易的一種方法。一般在學校的環境中，教師常使用給予學習者鼓勵、建議的方式，使學習者提升自我效能，並相信自己可以成功地完成困難的學習活動。通常教師、同儕的言語鼓勵能使學習者花費較多的心思與努力去獲致成功，因而增強技能的發展與自我效能，但這樣的影響往往是短暫而微弱的，因為個體沒有親身體驗，一旦個體面對困難或威脅而長期失敗的話，那麼藉由言語說服所提高的效果可能就會被減低或消失。

(四)、生理狀態

學習者可透過自身的生理狀態反應作為效能評斷的依據。在進行學習時，個體的生理狀態如流汗、緊張等較負面的狀態時，較容易使學習者產生沒有能力、失敗等預期。相反的，當個人生理狀態是平穩的，不緊張的，會使學習者較容易

產生成功的預期，感知較有能力完成學習任務。

整體而言，個體自我效能的建立受到多方面的影響，例如自己以前成就表現的經驗的影響、藉由觀察他人替代性的經驗影響、他人言語的說服、個體自己的身心狀況、情緒反應等都會影響自我效能，不過，從這些來源得來的訊息並不會自動地影響自我效能，而是影響內心對自己的評價。自我效能的判斷是一個推斷的過程，在這個過程中，個體要衡量個人、行為和環境因素各起什麼作用，並把這些作用組合起來。一般來說，學習者在判斷學業的自我效能時，一般會考量諸如對學業的表現能力、付出的努力、學業難度、老師的幫助、成功和失敗的次數等因素(Bandura, 1997)。

三、自我效能、學習過程與學習表現之關係

在學校進行學習活動時，自我效能持續地影響學習者的表現(Schunk, 1983)。高、低自我效能者對學習行為的參與程度是不同的，Margolis 與 McCabe(2006)認為具有高自我效能者可以全心地投入學習任務，相信自己能順利完成，而獲得高成就，低自我效能者則常自覺能力不足，無法盡全力於學習活動之中，傾向於認為自己無論再努力也只是導致失敗，不願意針對學習困難多加嘗試與努力，最後導致真正的失敗。Ketelhut(2007)亦表示在學校的教室環境中，當學習者有較高的自我效能時，學習者會對困難情況較為堅持、將複雜的任務視為一種挑戰、較為投入教學活動、將失敗視為需要較多努力的徵兆、選擇特定的策略來提升學習、視成功為能力的展現；相對的，當學習者的自我效能較低時，學習者會將失敗視為缺乏好運和沒有能力、認為問題是比較複雜的，而不願意投入學習之中。

自我效能具有建立、改變、及預測個人學習行為的功能(Bandura, 1986; Pajares, 1997)，且是影響學習者對學習活動的行為參與、認知參與與動機參與的關鍵因素之一(Linnenbrink & Pintrich, 2003)。自我效能影響學習活動參與和學習成效之關係如圖 2-2 所示，在行為的參與方面，學習者的自我效能高低對學習者在學習活

動的努力程度、堅持度、以及尋求協助等行為有所影響，高自我效能者面對困難的學習任務，較願意努力付出並堅持完成任務，而低自我效能者則容易在面對困難時放棄學習任務。在認知的參與方面，自我效能高低將影響學習者對學習策略、後設認知的應用，具有高自我效能者較會使用適當的認知及後設認知策略進行學習，低自我效能者較無法自行採取適當策略來學習。在動機的參與方面，學習者的自我效能高低影響其對學習的興趣，以及對學習活動的意願。自我效能除了調節行為外，也會進一步影響學習結果，當累積較多相似的學習結果後，會進而影響學習者對自我效能的判斷(黃佳琳,2007)。

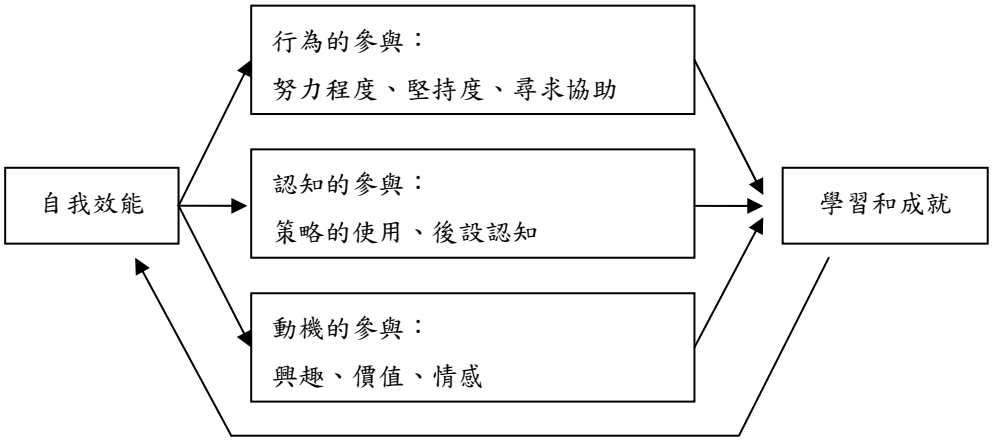


圖 2-2 自我效能、學習活動的參與和學習成就關係圖

基於上述，學習者的自我效能的高低程度會影響學習者在學習行為參與的程度、認知策略的使用情形、學習動機投入程度，Suhunk 與 Ertmer(2000)指出自我效能會影響整個自我調整階段。對於高自我效能學習者而言，當其面對學習任務是較為困難時，其願意付出較多努力以及堅持力，同時高自我效能的學習者也會使用較適當的認知策略來學習，他們較會監控計畫以及調整自己的學習策略來完成學習的目標及任務，並且具有較高的動機。相對地，低自我效能之學習者，在面對學習任務時，即使具備了相關的先備知識，也較容易因為沒有信心而放棄，對於認知的策略則較無法自行選擇出適當的策略、也較缺乏足夠的動機進行學習

活動。因此，我們可以說自我效能與自我調整的關係密切，自我效能高低不僅會影響自我調整策略的使用，也對學習者認知投入與學業表現有所影響。Pajares 與 Miller(1994)指出在個人特質中，自我效能與學術表現有強烈的相關性，Mitchell、Hopper 與 Daniel(1994)指出在科技的學習環境中如模擬學習等，自我效能可預測學習者的學習成果，周俊豪(2007)、林文乾(2006)與胡國偉(2002)指出在科學學習中，自我效能能顯著預測學習成效，自我效能高者有較佳的學習成效，反之亦然。

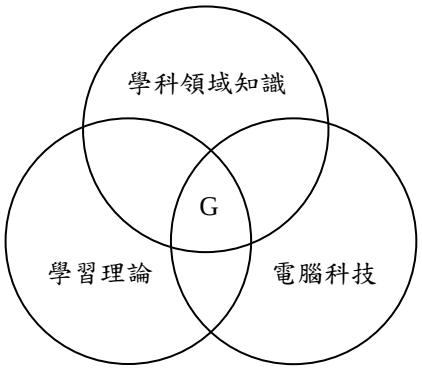
自我效能影響學習者自我調整行為，進而影響學習成效，然而在學習的過程中，學習的指引、指示等鷹架支持，則有助於學習者的自我調整行為(Davis, 2003)，因此本研究以自我效能影響自我調整與成效的觀點出發，探討高低自我效能者於鷹架支持的學習環境下對學習成效與學習態度的影響。

第三節 電腦輔助學習

資訊科技的發展快速，電腦在各方面的運用越來越普遍，教育界於電腦輔助教學之推廣，已有二十多年之歷史(李偉新, 2002)。吳鐵雄(1992)認為電腦輔助學習的意涵較為廣泛，包含了電腦輔助教學、電腦引導教學及電腦加強教學，遂提出以「電腦輔助學習」一詞以取代電腦輔助教學。電腦輔助學習除了是讓學習者有運用多媒體學習的機會，更應強調從教學或學習的觀點出發加以整合學科內容與資訊科技，使學生產生有意義的學習(邱貴發, 1994)。本節分別探討電腦輔助學習之意義、電腦輔助學習與建構主義、多媒體設計原則。

一、電腦輔助學習之意義

電腦輔助學習是指在某個文化社會環境中，以專業領域知識為主幹，運用合適的學習理念及合適的電腦科技輔助領域知識的學習(邱貴發,1994)。換言之，電腦輔助學習是以學習理論為基礎，結合學科領域知識，並輔以適當電腦資訊技術，以供學習者進行學習。專業領域知識、學習理論、電腦科技三者間的關係如圖 2-3 所示，



G：電腦輔助學習

圖 2-3 學科領域知識、學習理論、電腦科技、電腦輔助學習關係圖

由圖 2-3 中可看出是電腦輔助學習(G) 整合了學科領域知識、學習理論以及

電腦科技三者而成的研究發展領域，因此進行電腦輔助學習時，此三者之間彼此的協調性與支援性是教學設計者應該加以考量的重點。邱貴發(1996)亦強調電腦輔助學習的研究設計應由學習理念主導，不應該在沒有教育觀點的狀況下，被電腦科技拉著跑，亦即學科領域知識、學習理論以及電腦科技三者在電腦輔助學習中皆扮演重要角色，但我們應先以教育觀點審視電腦科技在學習上之可行性。

二、電腦輔助學習與建構主義

電腦學習環境如果經過適當的設計，將足以支持建構和探索的學習，使學習者在學習過程之中，獲得比較多的學習機會。本研究基於建構主義的觀點，於科學探究過程中輔以鷹架支持，以協助學習者學習，著重在認知過程中的主動性與建構性。當教學習者使用建構主義的觀點應用於教學時，教師的角色應由主導者轉為教學環境中的引導者或輔助者，而學習者須為教學環境中的主要角色；在進行教學活動時，教師應可提供啟發性的學習情境，使協助學習者能參與在學習活動之中，建構自己的知識，此外教師必須透過與學習者協商、對話的方式進行學習活動：最後，教師須重視學習過程，而非學習結果(林生傳, 1998)。簡言之，建構主義的教學理念為：學習活動以學習者為中心，學習者是知識建構與探究者，教師透過引導的方式，引導學習者建立知識。

建構主義的教學理念應用於電腦輔助學習中，曾振富(2000)表示建構主義對電腦輔助學習的意義可從學習環境、學習者、學習活動三個面向來看。首先，建構主義強調做中學、自己建構的觀點，因此在以電腦資訊科技提供虛擬學習環境下，學習者能透過學習教材的虛擬環境，進行操弄與探索的學習活動，以建構、發展自己的知識。其次，建構主義著重學習者是以其需求進行主動學習，因此學習者可透過電腦資訊科技的網路特性，與社群進行互相討論、研商或觀察，以達到知識建構。最後，建構主義強調互動的經驗有助於增進個人對知識的意義，是以學習者透過電腦資訊科技提供的學習者互動機制，能夠在與他人溝通互動的歷

程，逐漸形成個人的認知基模，進而建構個人的知識意義。整體而言，在建構主義的教學理念下，善用電腦輔助學習的特質，有效地整合學習與科技，以促進學習者主動且有效地建構屬於自己的知識。

三、多媒體設計原則

使用電腦輔助學習時，為達到良好的傳遞及促進學習成效，呈現適當的媒體呈現是不可忽視的重點。關於多媒體(multimedia)的定義，一般所謂的多媒體，包括文字和旁白(text & narration)、圖案和插畫(graphics & illustration)、靜態的照片(still photographs)、圖表和圖形(charts & graphs)、動畫和視訊(animation & video)、音樂和音效(music & sound effects)、虛擬實境(Virtual Reality)(李賢輝, 1999)。Mayer(2001)提出多媒體包含文字(words)與圖形(pictures)，其中文字意旨語文形式的媒體，包括視覺文字和口語表達的文字兩類；圖形意旨圖畫形式的媒體，包括靜態的圖(插圖、照片、圖案等)和動態的圖(動畫、影片)兩類。本研究所說明的多媒體為電腦科技之中的語文形式和圖形形式等媒體。

Mayer(2001)的多媒體學習原則主要多媒體學習認知理論(cognitive theory of multimedia learning)建構而成。多媒體學習認知理論的基礎論點是基於人類有語文及圖像兩種不同認知管道的、每種管道皆有認知容量的限制、有意義的學習在於語文表徵及圖形表間建立連結三種假設(Baddeley, 1998; Paivio, 1986; Sweller, 1999; Wittrock, 1974)，以探討人類進行多媒體學習時多媒體設計與學習成效的關係。Mayer(2001)、Mayer 和 Moreno(2002)提出七種多媒體設計的原則，分述如下：

(一)、多媒體原則

多媒體原則(multimedia principle)指的是使用語文形式與圖形形式的教學呈現較單獨使用語文形式更能促進學習了解。換言之，使用兩種不同表徵系統會比單一表徵來得好，因為當語文與圖形一起呈現時，學習者較能建構語言與圖形心智表徵之間的關聯。例如使用聲音講述及動畫並用的教學方法，學習者的學習表

現優於單獨使用講述的方式(Mayer & Anderson, 1991)。使用多媒體進行教學時，能夠建立兩種不同的心智表徵的連結，換言之，結合語言和視覺的表徵有助於學習成效的提升。

(二)、空間接近原則

空間接近原則(spatial contiguity principle)說明學習者進行多媒體學習時，文字形式與圖形形式的教學呈現在鄰近位置時，學習者的學習成效將比文字形式、圖形分開呈現有較佳的學習成效。空間接近原則的基礎論點與多媒體學習認知理論是一致的，因相關的文字與圖形同時運作較不會耗費工作記憶區的負荷量，並能有效建立彼此間的連結。換言之，整合文字與相對應的圖片的呈現，對學習者的學習較有助益。相關的研究(Chandler & Sweller, 1991; Mayer & Sims, 1994; Mayer, Steinhoff, Bower, & Mars, 1995; Paas & van Merriënboer,1994; Sweller & Chandler, 1994)皆指出接近原則有助於學習成效的提升。

(三)、時間接近原則

時間接近原則(temporal contiguity principle)說明學習者進行多媒體學習時，相對應的文字形式與圖形形式在同一時間呈現的學習成效比文字與圖形不同時間呈現的學習成效較好。時間接近原則的基礎論點為相對應的文字和圖形表徵同時保留在工作記憶中，學習者能夠建構彼此之間的心智整合，換言之，當圖形與文字分離時，學習者因工作記憶的限制，學習者較難建立文字與圖形之間的連結。相關研究證實(Mayer & Moreno, 2002; Mayer & Sims, 1994)證實，不同時間呈現教材將會影響學習者的學習成效，同時呈現圖形與文字的學習成效較佳。

(四)、連貫原則

連貫原則(coherence principle)指的是在多媒體學習中，學習者面對排除與教

學無關的文字、聲音、音樂和影片的呈現比納入無關資訊的呈現有較佳的學習表現。換言之，多媒體教材的呈現並非一味地加入媒體資訊，與學習無關的媒體(例如背影音樂、有趣的影片、動畫等)會妨礙學習的學習、分散學習的注意力，因而降低其學習成效。就多媒體學習的認知觀點而言，學習者分散注意力於不相干的教材時，其處理建構心智模式相關連結的認知資源是減低的。因此，移開與教學無直接關聯的詳細文字資料、有趣的影片等，僅呈現與教學相關的媒體，會有助於學習者的學習理解。相關的研究(Mayer, Bove, Bryman, Mars & Tapangco, 1996; Mayer & Moreno, 2002; Harp & Mayer, 1997)皆證實以相關圖文進行學習之學習者的學習表現優於加入不相關文字、圖形於學習中之學習者。

(五)、形式原則

形式原則(modality principle) 說明在多媒體學習中，圖形形式搭配口語表達的學習效果比圖形形式搭配視覺文字的學習效果為佳。形式原則的基礎論點為當圖形、文字或動畫皆同時以視覺的方式呈現時，對學習者的視覺系統(visual channel)可能會造成負載，而語文系統(verbal channel)卻沒有被用到；相對地，若文字以視覺呈現時，文字使用語文系統(verbal channel)進入認知系統，圖片、動畫使用視覺系統進入認知系統，此時視覺系統較不會造成負載， 學習者會有較足夠的認知容量去建立文字與圖形間的連結。因此，多媒體學習的設計需考量語文與視覺系統的同時使用，以獲得較好的學習成效。相關的研究(Harskamp, Mayer, & Suhre, 2007); Mayer & Moreno, 2002; Moreno & Mayer, 1999)證實以動畫、圖形搭配口語講解的學習方式能達到較好的學習成效，然而 Harskamp 等人(2007)亦指出在教室環境中使用形式原則並不利於學習緩慢的學習者，Kalyuga、Ayres、Chandler 與 Sweller(2003)也證實形式原則較適用於初學者，對有經驗學習者而言，可能會有反轉的效果，因此，進行形式原則的多媒體設計時，應加以考量學習者因素。

(六)、多餘原則

多餘原則(redundancy principle)說明在多媒體學習中，圖行形式搭配口語表達的學習成效較圖行形式搭配口語表達以及視覺文字的學習成效為佳。該論點與形式原則相同，當相同性質的媒體重複使用時，學習者的視覺系統或語文系統之一會造成負載，因此降低有意義學習的機會。Moren 與 Mayer(2002)研究指出口語講述與視覺圖形的呈現，學習者較能了解科學解釋。Leahy、Chanlder 與 Sweller(2003)研究指出學習者進行整合圖形、視覺文字及口語講述的多媒體學習，其無法獲得最佳的學習成效。

(七)、個人化原則

個人化原則(personalization principle)說明當口語講述以對話的形式進行，學習者的學習成效較將比正式口吻的講述有較佳的學習成效，而對話的方式可透過第一人稱和第二人稱的對話來解釋教學內容。個人化原則的基礎論點為對話容易使學習者將自己投入於對話角色之中，學習者將更容易獲得瞭解，有助於深入學習。Mayer 與 Moreno(2002)研究指出透過對話式的教學講解，學習者有較好的學習成效。

基於上述多媒體的設計原則，以及因應電腦教室環境的考量，本研究之電腦輔助學習鷹架教材設計之媒體設計重點為：(1)使用語文形式與圖形形式之媒體呈現：教材中提供文字、動畫、圖案等形式之資訊，以助學習者能對教學內容進行理解。(2)相對應文字與圖形放置於同一畫面：基於接近原則，相輔之圖文內容置於螢幕同一畫面，使學生能快速連結圖文之間的關聯。(3)口語講述時，呈現相對應之圖形形式：教師以口語進行教學內容之講述時，電腦輔助教材呈現相對應之圖形、動畫，並且減少過多視覺文字的資訊，以避免學習者學習受到妨礙。另外，為了顧及全體學習者之學習差異，教師口語講解重要概念時，電腦輔助教材仍呈現相關視覺文字，但教師進行講解之步調將會較為緩慢，以供學習者有足夠的時

間進行理解。(4)學習者進行電腦操作時，提供視覺文字與圖形：學習者進行電腦操作時，教師不進行口語講述，電腦輔助教材呈現視覺文字與圖形供學習者進行學習。(5)教學畫面提供引導人物，教師之講述以對話方式進行：於教材中提供引導人物，引導學習者進行學習。教師則以對話的口吻進行教學，以促使學習者能投入學習活動之中。

第四節 科學探究教學

現今科學教育的主流趨勢重視探究(inquiry)教學，強調透過探究環境的提供引導學習者學習科學，並培養探究、思考與問題解決能力。我國的國民中小學九年一貫課程「自然與生活科技」學習領域基本理念提出自然與生活科技的學習應以探究和實作的方式來進行，並於分段能力指標中說明經由科學探究的教學活動，能使學習者獲得自然科學的相關知識與技能，而教師教學方法可以學生活動為主題的方式，透過問題解決的流程，引導學習者進行科學探究(教育部, 2003)；美國國家科學教育標準(National Science Education Standards，NSES)提出科學探究重視科學的過程，是科學學習的重心，教師應以探究(inquiry-based)為基礎進行教學計畫，對學習者進行教導與協助，以協助學習者學會科學的技巧(NRC, 1996)。經由上述可知，探究教學藉由探求問題的過程取得知識技能，並培養學習者解決問題和探究的能力，本研究欲透過探究教學活動，讓學習者透過探究、實作的過程，進行知識之建構。本節將分述說明探究教學的意涵、科學探究教學模式及 5E 學習環探究教學模式。

一、探究教學的意涵

探究(inquiry)是指學生主動去探尋並尋求解決問題的過程。希臘哲學家 Socrates 的詰問法(maieutic)被認為是最早期的探究教學，詰問法強調引出和誘發，亦即在問答和對話中，以懷疑為出發，誘發學生去探究問題，以發現真知識。Dewey 則被認為是探究教學法的始祖，其提出問題解決的演繹—歸納法模式，主要的思考歷程五步驟：(1)問題的確定與定義；(2)假設的建立；(3)資料的蒐集、組織與分析；(4)結論的陳述；(5)考驗假設，將假設給予證實、拒絕或修正，為許多知識探究模式的基礎。Bruner 的發現學習論影響探究教學甚鉅，其重視學生參與，以及獲取知識的過程，並認為教學在使學習者為自己而學習，教師可透過安

排活動，讓學習者在活動中搜尋、操作、探究和調查，其中學習者應該是主動的探究者(林寶山, 1998; 黃婉鈴, 2004)。1980 年代開始，建構主義逐漸興起，對科學教學產生很大的影響。建構主義認為學習是認知建構的過程，知識是由個體主動建構的。對於科學探究活動，建構主義認為在教學上，科學概念要與科學活動結合，透過提供真實的探究機會、互動的過程，協助學習者發展科學概念，以建構符合的知識概念(陳姿妙, 2005)。

探究教學與一般教學最大的不同，在於其藉由尋求探究問題答案的過程而獲得知識，因此重視的是學習的過程，這是一種以學習者為中心的教學。在學習過程中，學習者必須是知識建構的主動探求者，而教學者則在其所建立的教學活動中，以引導、諮詢的角色協助學生進行思考、實作及討論。探究教學的實施，不僅有助於學習者對科學本質的理解、技能的獲得、培養正向的科學態度(陳姿妙, 2005; 黃婉鈴, 2004; Gibson & Chase, 2002)，亦有助於科學概念的學習成效的提升(Leonard, Speziale, & Penick, 2001; Marx et al., 2004)。

二、探究教學模式

探究教學由綜合許多學習理論而成，其重視探究過程，強調培養問題解決、以及探究能力。探究教學是沒有固定的一個模式，實施的方式亦是相當多元的，以下就幾種主要的探究教學模式(陳姿妙, 2005; 黃婉鈴, 2004; 黃淑卿, 2003;趙偉智, 2005)分述之。

(一)、探究訓練模式

探究訓練模式(Inquiry training model)由 Suchman 所提出，該模式基於科學方法的概念，教導學習者探討並解釋不尋常的現象，以培養學習者解決問題的能力。教學過程分為五個階段：(1)面對問題；(2)蒐集資料－驗證；(3)實驗；(4)組織，形成一個解釋；(5)分析探究過程。探究訓練模式以詰問的方式引導學生探究

思考，在教學運用上，教學習者須給予充裕的時間，以協助學習者思考。

(二)、科學探究模式

科學探究模式(Scientific inquiry model) 由 Schwab，其將教學內容分為若干單元，單元順序由易至難，每單元有一主要概念，並透過四個階段來進行探討：(1)教學者提出研究範圍、並提示討論方式；(2)學習者組織問題；(3)學習者分辨問題，以指出需要解決的困難；(4)學習者提出解釋以解決問題。教學過程中，教學者透過逐步的問題引導學習者，重視學習者對探討過程的自主反應，是一種重視科學方法訓練的教學模式。

(三)、組織因子探究教學模式

組織因子探究教學模式(Advance organizer inquiry model)由 Ausubel 提出，該模式重視學習者的認知結構，教學以學習者舊有的知識概念作為前導組織因子，以協助學習者對新概念的理解。此一模式是以教師為中心的接受式教學模式，有助學習者對對科學抽象、複雜的內容進行思考。教學分為三個階段：(1)提示前導組織：說明學習目標、定義、提示概念；(2)學習活動；(3)加強認知組織：統整新舊知識。

(四)、學習環教學探究模式

Karplus 和 Their 在美國科技教育課程改革計畫(Science Curriculum Improvement Study，SCIS)中提出學習環(learning cycle)教學模式，該模式以探索(exploration)、發明(invention)和發現(discovery) 三階段步驟教學(Karplus & Their, 1967)，其後經由 Lawson 等人多次的改革，學習環模型的步驟名稱經過多次修改，且加入更多步驟，演變出 3E、5E、7E 等學習環教學模式。

學習環教學是一套符合建構主義理念的教學模式之一，其藉由活動提供學習

者直接經驗，以促進學習者進行觀察、測量、解釋等以形成概念，並將概念應用於其他情境。3E 學習環教學模式的三階段為：探索(exploration)、概念/名詞引介(concept /term introduction)、概念應用(concept application)；5E 學習環教學模式為：投入(engagement)、探索(exploration)、解釋(explanation)、精緻化(elaboration)、評量(evaluation)；7E 學習環模式則將投入階段擴展為引導和投入兩階段，並於精緻化和評量階段整合為精緻化、評量及延伸三階段，整個模式強調先備知識的引導與概念的延伸。

上述的探究教學模式闡述了科學探究教學的重要歷程，並說明探究教學模示非固定不變的。科學探究模式可從教學目標、教學內容等方面加以考量，亦可依教學需要對教學模式加以重組應用。基於本研究的探究教學為在教室環境中進行，教學內容著重於概念、問題解決的學習，以及強調探究中的引導、建構作用等因素的考量，文獻探討發現使用學習環模式可在教室環境中達到探究活動的目的，又可避免時間上的花費(Linad, 2005)，此外，學習環的教學模式是基於建構主義的基礎，有一定的步驟和檢驗方法(林曉雯, 2000)，更對學習者在正確概念的瞭解、概念的保留、學習成效、學習態度有所提升與助益(林曉雯, 2000; Purser & Renner, 1983; Stepans, Dyche, &Beiswenger, 1988)。整體而言，學習環探究教學模式適合於教室環境中進行外，並對概念提升、態度改善、學習成效等有所助益，故本研究採用學習環探究教學模式進行探究教學。

三、5E學習環探究教學模式

在學習環探究教學模式之中，美國國家科學標準(NRC, 2000)列出的探究教學的階段與 5E 學習環探究教學模式的意義是相互對應的，Allen 與 Tanner(2005)則指出最常用在科學教育的學習環方法為 5E 學習環探究教學模式，且 5E 學習環探究教學模式在教學設計上強調情境脈絡的建立，而具有投入階段的學習活動更有助於增強教學效果，可作為教材設計的依據。以下就 5E 學習環探究教學模式的

教學階段目的，以其教學活動(林曉雯, 2000; 趙偉智, 2005)分述之。

(一)、投入

投入(engagement)階段的主要目的在激發學習者的興趣、好奇心，以引導學習者將心智投入於課程的主要概念，並藉由活動以探知、連結學習者對新概念的先備知識或舊經驗。在此一階段可透過提出問題、閱讀、寫作、放映與概念有關的影片、圖像等活動來進行，活動內容設計可以是讓學習者觀察周遭環境好奇的地方、注意意外的自然現象、辨別所處的情境、引出真實世界的問題等內容。

(二)、探索

探索(exploration)階段的主要目的在以探討、實驗、調查、等具體經驗，讓學習者能在引導的問題下，從先備知識與新經驗中澄清新概念和技能。在此一階段可透過設計並引導實驗、讓學生投入在玩(play)、收集並組織資料、討論、觀察、應用問題解決策略等教學活動，以讓學習者更為了解新概念。

(三)、解釋

解釋(explanation)階段的主要目的在協助學習者對新概念進行組織、澄清說明，並做合理的解釋。教學者透過澄清、說明新概念的知識，能讓學習者對新概念更為了解。此一階段教學者可以透過想法的溝通、模式的建構和解釋、蒐集答案、回顧並評論解答、分析資料、做出決論等教學活動來加強學習者對新概念的瞭解。

(四)、精緻化

精緻化(elaboration)階段的主要目的在使學習者能將所學到的新概念加以應用，或轉移到不同情境之中，以求深化、擴展學習者對新概念的瞭解。此一階段可透過應用知識與技能到其他規則之中、提出新的問題、遷移知識技能、引導其

他活動、發展成果等教學活動來加強概念的應用。

(五)、評量

評量(evaluation)階段的主要目的在鼓勵學習者評量自身所學到的概念，並提供學習者評量學習者進步的情況，以考量對學習者重複學習環的不同階段，以促進概念、技能的增進。此一階段可透過學習者的歷程檔案、作品、實施評量、測驗等活動來評量學習者在知識、技能、態度等方面的情況。

從上述可知，5E 學習環探究教學模式提供學生探索問題、形成解釋、建構與應用概念、溝通與表達想法的活動，有助於教師教學活動的實施，且更能讓學習者透過參與的過程，建構新的概念，獲得有意義的學習。

隨著資訊科技的發展，配合電腦科技所具備的虛擬實境、動畫、超文件、超媒體等功能，能促進學生知識建構的各種活動，與建構主義的精神相得益彰。學習環探究教學模式與資訊科技結合，則能在資訊科技特性的輔助下，讓學習者有更多自主權來建構知識。在國內的教學環境中，許多研究(林建隆、徐順益, 2007; 黃健彰, 2006; 趙偉智, 2005)指出，融入資訊科技的 5E 學習環教學模式，在幫助學生科學概念的學習、正向科學態度的培養、科學學習成效等方面，都有值得肯定的正面效果。另外，以資訊融入的 5E 探究教學設計的教材，則可透過增加引導，以協助歸納出正確的結果(黃建彰, 2006)，而在活動設計應讓學習者在小組合作過程中，能夠進行親自體驗、動手操作的活動(林建隆、徐順益, 2007)。

本研究將採取 5E 學習環教學模式，學習過程中以學習者為中心，給予學習者動探索、操作與研究的情境，並輔以小組合作的方式進行探究活動，以增進科學概念、學習態度、問題解決等能力。