

第五章 結論與建議

本章主要依據第四章的資料分析結果彙整成本研究之結論，並提出相關教學的建議。

第一節 研究發現與討論

本節以第四章結果與討論內容，依據各測驗類別依序說明研究的主要發現：

一、常見的力單元成就測驗

由實驗組成就測驗分析，可以發現在實驗組中不論是高分組、中分組及低分組在後測及追蹤測的成對 t 檢定均達顯著差異，顯示使用建構主義式的網路科學學習模式，確實可以讓在自然科成績不論高成就或低成就的學生都可以學得很好，而且學習保持也有不錯的效果。

而針對對照組成就測驗分析顯示，只有高分組的學生在後測成績達顯著，其餘的各組在後測及追蹤測均未達顯著，甚而低分組的學生在後測及追蹤測的成績都低於前測成績，由此顯示，傳統的教學方式只對自然科成績高成就的學生的學習有效，但是對一般或低成就的學生就沒有多大的效果，尤其自然科低成就的學生方面，在經過八節傳統的教學方式後，更讓他們對自然科沒信心、沒興趣，因而造成後測及追蹤測成績低於前測成績。

針對教學分組及成績分組的因素進行分析，發現不同教學分組分別在後測及追蹤測成績上均有顯著差異，且實驗組高於對照組。而針對不同成績分組的資料分析結果顯示分別在後測及追蹤測成績上都是高分組高於中分組及低分組，而中分組也高於低分組，而且均有顯著差異。由以上結果顯示不論在後測及追蹤測成績，實驗組都優於對照組，代表建構主義式的網路科學學習模式不論在學習成效或學習效果的保持都優於傳統的教學方式。最後針對不同教學模式與不同學習成績二變項進行分析，交互作用未達顯著性。

Slavin(1990)、Woolfolk(1993)提到有關網路學習環境的優點有：
1. 學生可以依照自己的方式及興趣學習。
2. 透過自我評估、檢視及反省的策略，建立自我學習模式與建構知識體系。此外 Anderson(1997)也提到 WWW 是一種開放環境，重視的是個體自我控制、擴散式思考模式、多元觀點及獨立思考。所以網路對於促進學習者個別化學

習、自我反省、評估、再建構有很大的潛力。

研究者認為實驗組不論在後測及追蹤測成績都優於對照組，代表建構主義式的網路科學學習模式不論在學習成效或學習效果的保持都優於傳統的教學方式，代表此一「建構主義式的網路科學學習」的模式，有助於提升學生學習，之所以有助於學生學習、建構概念，是在於此一「建構主義式的網路科學學習」網路環境相對於傳統的教學模式，學生可以選擇學習的速度、決定學習順序，來個別學習，主動去嘗試並發掘網站內的資訊，遇有問題時可以停下來問老師或同學，所以整個學習過程就是一個自我學習與建構的過程，這樣得到的知識才具有意義與實用性，也因此提升了學生的學習成效。

許多認知心理學的研究已經指出，學生的學習是主動建構知識的過程而非僅是單純的接受知識。學生以其原先知道的知識來詮釋新的知識。因此為了促進學生學習，教師應該提供合適的心智墊腳石以達成預期的學習（郭重吉，1997）。而此一學習網站正是學生學習的心智墊腳石。

二、學習路徑與學習成效分析

（一）學習路徑

（1）力的效應

此單元有主要的四種學習路徑，第一種是所有次要概念皆正確，第二種是只錯了第二個次要概念（施力體不一定是生物），第三種是同時錯了第二及第八次要概念（物體受力改變運動狀態（速度）），第四種是同時錯了第二及第四次要概念（變形是因為受到力的作用），此四種路徑可以描述學生的學習路徑在高分組達 83.1%，中分組 72.0%，低分組 66.7%，整體是 74%。而此單元所有次要概念全對的答對率高分組為 66.0%，中分組為 60.5%，低分組為 46.7%。

（2）力的表示

此單元有主要的四種學習路徑，第一種是所有次要概念皆正，第二種是只錯了第七個次要概念（計算圖示線段長短來代表力的大小），第三種是只錯了第八個次要概念（相同線段箭頭方向可以代表力的方向相同），第四種是同時錯了第七及第八次要概念（變形是因為受到力的作用），此四種路徑可以描述學生的學習路徑在高分組達 82.97%，中分組 65.15%，低分組 55.6%，整體是 67.4%。而此單元所有次要概念全對的答對率高分組為 61.7%，中分組為 32.6%，低分組為 15.6%。



(3)力的測量

此單元有主要的四種學習路徑，第一種是所有次要概念皆正確第二種是只錯了第二個次要概念（閱讀實驗時所記錄的圖表），第三種是只錯了第一個次要概念（彈簧可以測量伸長量），第四種是同時錯了第一及第二次要概念，大部分的學生都是第一種路徑，而此四種路徑可以描述學生的學習路徑在高中低三分組達 100%。而此單元所有次要概念全對的答對率高分組為 72.3%，中分組為 72.1%，低分組為 73.3%。

(4)兩力平衡

此單元有主要的六種學習路徑，第一種是所有次要概念皆正確，第二種是只錯了第五個次要概念（判斷達到「力的平衡」），第三種是同時錯了第五及第六個次要概念（判斷達到「力的平衡」），第四種是同時錯了第四（物體受對稱兩力的作用會產生平衡）、第五及第六個次要概念，第五種是只錯了第四個次要概念，不過低分組的學生並沒有此種路徑，第六種是同時錯了第四及第五個次要概念，不過高分組的學生並沒有此種路徑，此六種路徑可以描述學生的學習路徑在高分組達 78.72%，中分組 69.76%，低分組 73.33%，整體是 74.07%。而此單元所有次要概念全對的答對率高分組為 34.0%，中分組為 27.9%，低分組為 22.2%。

(5)力的合成

此單元有主要的種學習路徑，第一種是所有次要概念皆正確，第二種是只錯了第二個次要概念（物體受對稱兩力的作用會產生平衡），第三種是同時錯了第二及第六個次要概念（會計算力的合成），第四種是同時錯了第二及第四個次要概念（會計算力的合成），第五種是只錯了第六個次要概念，第六種是同時錯了第四次要概念，此路徑是只有中分組的學生才有的，此六種路徑可以描述學生的學習路徑在高分組達 72.63%，中分組 72.10%，低分組 55.55%，整體是 66.67%。而此單元所有次要概念全對的答對率高分組為 34.0%，中分組為 23.3%，低分組為 15.6%。

(6)力的分類

此單元有主要的五種學習路徑，第一種是所有次要概念皆正確，第二種是只錯了第四個次要概念（分辨力的種類），第三種是只錯了第三個次要概念（判斷「施力體」與「受力體」之不同），第四種是同時錯了第二及第四次要概念，第五種是錯了第二個次要概念（分辨力的種類），此六種路徑可以描述學生的學習路徑在高分組達 100%，

中分組 90.75%，低分組 84.44%，整體是 91.85%。而此單元所有次要概念全對的答對率高分組為 74.5%，中分組為 81.4%，低分組為 62.2%。

(7) 摩擦力

分析本單元的學習路徑，除了兩種路徑外，其餘在高中低三組各有十幾種路徑，且每一種學習路徑只有 1~2 同學相同，為免過於瑣碎，所以不將這路徑列出。而此單元所有次要概念全對的答對率高分組為 19.2%，中分組為 11.6%，低分組為 11.1%。

本單元無法如前面幾個單元，以三~四種學習路徑來描述至少 60%~70% 的學生的學習模式，研究者認為是因為本單元摩擦力是屬於力學方面較高層次的概念，而在第二章的文獻探討也提及，過去的許多研究指出(Stead & Osborne, 1980；Kruger et al., 1992；Thijs, 1992；Twigger et al., 1994；Trumper & Gorsky, 1997)，學生對於摩擦力有較多的迷思概念，因為本單元「摩擦力」的次要概念包含「摩擦力方向」、「靜摩擦力」、「最大靜摩擦力」、「動摩擦力」及「影響摩擦力的因素」共五個次要概念，這些概念都是學生容易產生迷思概念的地方，因為學生對於這五個概念迷思的地方不一而足，所以也就無法建立學習的固定模式。

(二) 學習成效

在實驗組依上學期自然科成績分為高、中、低三組，經過學習網站學習後，在「力的測量」、「兩力平衡」、「力的合成」、「力的分類」及「摩擦力」等單元高分組的學生成就測驗後測成績與低、中分組的學生成績都達到顯著差異，顯示高分組的學生使用「學習網站」來學習，可以得到較佳的學習效果。而中分組與低分組的學生成就測驗後測未達顯著，顯示使用「學習網站」學習可拉近二組的學習差異。

另外在經過學習網站學習後五週的追蹤測驗，在高分組的學生追蹤測驗成績與低、中分組的學生成績除了「力的測量」及「摩擦力」兩個單元外都達到顯著差異，顯示高分組的學生使用「學習網站」來學習，隨著時間的經過其學習效果的保持，較低、中分組的學生佳。而中分組與低分組的學生追蹤測驗成績只在「兩力平衡」單元達顯著差異，顯示使用「學習網站」來學習，隨著時間的經過，在學習保持效果上，二組距離愈為接近。

由網站學習的成效分析發現，實驗組低分組的學生幾乎在各單元與的後測及追蹤測成績並未與中分組的學生成顯著差異，代表此一

「建構主義式的網路科學學習」的模式，有助於提升自然科低成就的學生學習。許多的研究者(張史如，1997；林家弘，2000；黃淑敏，2000)認為從建構主義的觀點探討網路應用於學習上的意義包含了：1.符合自我建構的學習。2.提供體系化的學習環境3.可與他人對話和討論。4.滿足自主性的探索學習。Marchionini(1988)也認為超媒體是一種充分授權的科技(Enabling technology)，可以讓學習者有更高層次的控制力，且他們可以根據本身的認知結構來選擇學習的材料。

研究者認為以上的幾點，也是促使自然科低成就的學生可以在學習網站學習成效提升的因素。因為基本上自然科低成就的學生就比較不「適應」傳統教室單純教師講課的教學模式，而在網路學習的環境中，這些學生可以主動地選擇與做決定，例如選擇學習的速度、決定學習順序，主動去嘗試並發掘資訊，學習過程中遇有問題可以停下來問老師、同學，所以整個學習過程，是學習者自我知識的建構與整合，這樣得到的知識才是有意義與實用的，也因此提升了實驗組自然科低成就學生的學習成效。

三、網路學習動機問卷

網路學習動機的五個向度與成就測驗的前測、後測在統計上沒有顯著的相關，只有在「對學習成績的自我效能信念」這一個向度與後測的顯著達0.057，接近顯著相關。但是觀察追蹤測與學習動機的五個向度，可以發現在統計上都呈現顯著相關，表示認為網路課程內在目標導向(有趣)、外在目標導向(實用)、功課作業價值(富挑戰性)及學習的控制信念(有信心、有能力學好網路課程)這五個向度較高的學生，其學習效果的保持較好，而且他們都認為可以拿到高分及認為網路課程是有用的，可以應用在其他學科上。

研究者認為，本研究所採用的學習模式是「建構主義式的網路科學學習」模式，因為在學習的過程中知識概念是個人的、領悟的、過程的，而不是一般傳統教學所傳受的結果的、他人的、接受的、傳遞的堆積性知識，所以可以激發學生的、學習興趣、學習動機、學習的積極性，其學習的效果就具有較佳的持久性。

四、網路學習環境問卷

在該問卷中的四個向度，學生對於網路學習環境之「學習彈性」給予中等的評價，有45%上下的同學認為有學習彈性，可以以自己的速度、方式學習。

對於網路學習環境之「學習知識重整」給予中等的評價，有53%

的學生認為如果在學習網站上，有關於學習內容的問題，可以由學習網站的網路資源得到答案，也有 40% 的學生認為在此網路學習的環境讓學習者可以重新組織網路學習內容，並把它整合成解決問題的方法，可以應用在日常生活上。

對於網路學習環境之「學習者反應」給予中等的評價，有一半的學生認為在此網路學習的環境讓學習者有非常好的學習反應，學生非常喜歡在網路學習環境中學習、覺得這個網路學習課程很有趣也讓他感到成就感，並且非常期待這種網路學習的課程。

於網路學習環境之網路「課程結構」給予中等的評價，有 40% 的學生認為在此網路學習的環境中學習的內容或目標在每個主題中都有清楚的說明，每個主題的編排順序很清楚，讓學生很容易按照順序去學習，有一半的學生同時也認為此網路學習活動是經過精心設計，學習內容的呈現也很清楚，而網站上的小測驗對其學習也很有幫助。

從以上的結果顯示，採用建構主義式的網路科學學習的教學方式，有助於學生學習，另外維持學生較高的學習動機，亦有助於學生學習效果的維持。而學習網站的設計，除了採用建構主義式的網路科學學習外，設計一個符合使用者操作、與使用者互動及讓使用者易於操作的網路學習環境，則是學生維持較高學習動機的主要關鍵因素。

五、網路學習環境問卷與成就測驗相關分析

分別以成就測驗前測、後測及追蹤測成績為依變項，網路學習環境態度問卷的四個向度為自變項，作線性迴歸分析。首先就「學習彈性」部分，得到其與後測及追蹤測的相關值都為負值，代表認為網路學習的學習彈性高的同學其成就測驗成績是較低的，檢視該向度的題目，例如：「網路學習時，我可以自由選擇學習活動，和我將如何進行學習活動」、「我可以決定自己在某一時段內要學習多少東西」、「網路學習的彈性可以讓我探究我有興趣的主題」、「我被允許以我自己的學習速度完成學習活動」及「網路學習時，我可以選擇與同學不同的學習流程」，發現學習網站有較高的學習彈性（給予學生選擇學習活動、學習時間、學習的流程），對學生的學習效果可能幫助不大，反而可能因為學習網站的學習太彈性，而讓學生迷失在網站中，忘記了這個時間點所要從事的學習任務。

而學習者對網路學習環境中「學習知識重整」的態度與其學習成就表現呈現出正向的關連與影響，所以在網路學習環境中，「學習知識重整」因素對學習者的學習成就具有正向的影響力，同時從 β 標準

化係數亦可看出「學習知識重整」因素對學習成就後測及追蹤測均有正向及較大的影響力。檢視該向度的題目，例如：「我能容易地重整我從網路學習活動得到的龐大資料」、「我能結合不同網路學習內容，將它整理成解決問題的方法」及「我可以把在網站上所學到的一些主題，再整合成自己的知識」，發現可以將網路學習所得到的資料、內容整理成自己的知識或變成解決問題的方法的學生，應是屬於會將學習素材整理成知識的學生，所以，在網路學習的過程中時，他會將所收到的資料整理成有用的資訊，因此由以上的分析可以得知，學習知識重整度高的學生，其成績就相對比較高，亦即由「學習知識重整」可以預測學生的學習成就。另外在「學習者反應」及「網路課程結構」則與成就測驗沒有太大的相關。

六、網路學習環境與學習動機相關分析

在目標導向、功課作業價值、學習的信念控制及對學習與成績的自我效能為依變項，網路學習環境問卷的四個向度為自變項，作線性迴歸分析，得到在所有的自變項（網路學習環境問卷的四個向度）對依變項（學習動機的五個分向度內在目標導向、外在目標導向、功課作業價值、學習的信念控制及對學習與成績的自我效能）的相關值都是正向且顯著，也就是說網路學習環境的四個向度，對於學習動機的每一個向度都能預測，亦即若是有較高網路學習環境滿意度，其學習動機的分向度應也會較高的。

觀察標準迴歸係數(standardized regression coefficient β)，可以發現網路學習環境的「網路課程的結構」對「功課作業價值」的動機會有顯著影響，同時也會顯著影響到「對學習與成績的自我效能」的動機，亦即網路學習環境的「網路課程的結構」對學生此二個學習動機向度有較大的預測力。觀察 R 平方值可以得到網路學習環境的四個向度對學習動機的五個分向度的變異量貢獻大約 8%~14%。

研究者認為網路學習環境的「網路課程的結構」對「功課作業價值」的動機會有顯著影響，應是網路課程如果整理建置的具有結構、體系，學生一進站一目了然，知道如何在網站裡瀏覽、進行學習任務，就會認為學習網站比較有趣、實用，所以就會影響其「功課作業價值」的動機。而「網路課程的結構」對「對學習與成績的自我效能」的動機會有顯著影響，應是網路課程如果具有結構性，學生不只容易在網站內瀏覽、學習，而且學生學習過後，更容易自行整理成自己的知識，因為可以整理建構自己學過的知識概念，所以就會影響其「對學習與成績的自我效能」動機，認為自己一定可以學得好這些單元。

第二節研究建議

本研究以概念改變的教學策略融入學習網站，期能建立一種教學模式，作為教師進行類似教學活動時的參考。

一、對「常見的力」單元教學建議

經過一整個教學過程，發現在此單元有以下的幾點在教學時應特別注意：(1)施力體不一定是「生物」或「手」的概念。(2)物體受到力的作用，會改變運動狀態，所謂的運動狀態包含運動速度或運動方向。(3)利用線段長短及箭頭方向來表示「力」。(4)力的測量實驗時，閱讀實驗時所記錄的圖表。(5)支撐力與地心引力平衡時，忽略地心引力的存在。(6)力的合成計算。(7)判斷「施力體」與「受力體」之不同概念。(8)摩擦力、最大靜摩擦與動摩擦。(9)影響摩擦力的因素。

二、對「學習網站」設計建議

經過了本此的教學實驗，研究者認為，利用網路來學習相關的科學概念，確實對學生的學習成效有所幫助，尤其是對自然科成績較為低落的學生。學習網站如何讓自然科成績較為低落的學生學得有興趣、有效率，以下有幾點建議：

(1)開放的學習環境：傳統的教學方式，許多的「概念」往往就是課本裡的幾行字，老師可能一句話就帶過了，致使就算有問題，學生也不敢發問或無法發問，尤其是對於低成就的學生，在傳統的教室教學模式，他們可能只是整個教學過程的旁觀者，老師講解的概念，可能只是板書、課本及一些文字數字的組合，他們若想參與教學活動，就必須跟上與其他同學的學習速度，既然是低成就的學生，當然是跟不上進度，久而久之就會造成自然科低成就的學生對自然科不感興趣。而在網路的學習模式與可以設計與傳統單純老師講課的模式不一樣，配合符合建構主義的教學策略，學生在網站裡可以自己決定、選擇學習的方式、速度，而在學習網站學習時，有問題可以請教老師、同學或網頁上的說明、指引，相對於傳統教學的線性學習模式，學習網站的學習模式是多元、多路徑且具有個別化的，而且知識概念是自行組織、建構的，不是別人傳輸的，所以每個學生有自己的學習速度、學習歷程，因此不管是低成就的學生或高成就的學生都可以依自己的學習狀況學習。

(2)維持學習興趣：自然科低成就的學生，其學習自然科時的動機或興趣，長久以來受其「成績不理想」的影響，因此學習的動機就不會很高。傳統的教學模式，中、高成就的學生可能為了「成績」而

努力用功或專心聽講以便取得較高的學習成績，但是低成就的學生因為成績本來就不理想，所以學習的意願就不會很高，更不會為了分數而專心聽講來獲取分數，因此在本研究中嘗試增加一些計分或累計功力的機制，來維持學生的學習興趣。從整個研究的教學歷程，研究者發現自然科低成就的學生在學習的過程中，在乎的不是自己學到了多少，而是與其他同學比較「戰鬥力」、「經驗值」及「金幣」累計的多少，因為要累計這些數值，學生就必須多次進入學習網站學習，許多的概念學生在不知不覺中就記住了，甚至有些低成就的學生還可以反過來告訴其他的學生答案是什麼，這種情形在傳統教室的教學過程是不會發生的，因此不採取測驗成績取向，而是在學習網站設計一種機制，讓低成就的學生有機會因為累計「功力」相關數據，而贏過其他的同學，讓他們在這種機制下，有機會贏過別人，以激發他們的學習動機，保持學習興趣主動學習。

(3)多媒體呈現：現在的教科書不論是部編版或一般出版社所編輯出版的，有日益簡化的趨勢，許多的「概念」往往就是一句話帶過，自然科低成就的學生，其對語文的理解力，往往就較高成就的學生差，所以在傳統的教室教學過程中，老師敘述相關的概念時，可能中、高成就的學生都聽懂了，但是低成就的學生可能還是無法理解老師所敘述的概念為何，因此在學習網站設計時融入電腦多媒體的特性，利用媒體（圖片、影片）的呈現來代替相關的文字說明，讓低成就的學生有多一個學習理解的選擇。而與傳統教室「資訊融入」教學不同的是，在教室的「資訊融入教學」是老師掌握「媒體」的播放權，老師進度的掌握是以全班大多數人的進度為進度，雖然有媒體的呈現，但是看不懂的人，仍然沒有機會根據自己的需求再看一次，而在學習網站中，由於每個學生可以控制自己的學習進度及方式，充分發揮以學生為「學習中心」的特色，每個人針對自己不懂的地方可以重複瀏覽、閱讀，直到瞭解為止。

另外針對教師在設計學習網站的學習內容應注意以下的幾個重點：1.整理該單元學生會有哪些迷思概念。2.網站課程具有完整架構。3.教學策略的設計需符合建構主義的精神。4.結合網頁互動多媒體的特性。另外在網站設計實務，提出以下的幾點建議供教師設計類似網站的參考。

(1)善用及管制連上網際網路時機：在網站測試初期發現，學生一到電腦教室，第一件事就是連上網際網路，所以對於有關的學習內容，不是草草的結束，甚或邊上網邊學習，影響學習品質甚鉅。而在測試初期也曾發生伺服器當機，致使該節課完全無法施行網路教學，

綜合網站測試初期的一些缺失，因此在正式教學時建議可以將伺服器搬至電腦教室，以利隨時掌控伺服器的狀況，而伺服器放置在電腦教室的另一個好處，則可以關閉網際網路連線，學生可以連到學習網站進行學習，但是，卻無法連上網路，可以讓學生專心在學習網站上學習。學習網站的設計，一定會有融入要到網際網路搜尋資料，此時，再開啟網路連線即可，為避免學生在網際網路漫無目的的搜尋，建置完整的網路資源網頁，讓學生可以快速找到資料，回到學習網站學習，也是必須的。

(2)善用獎勵機制：如何讓學生維持一定的興趣在學習網站上，可以比照線上遊戲的方式，給予學生相關的線上獎勵措施，例如：多多閱讀學習網站的資料即可以提升「經驗值」，挑戰每一個單元教學的挑戰區，及可以獲得「戰鬥力」，而通過每一個單元的驗收區，及可以獲得一定的「金幣」。根據整個研究的過程觀察，以上這些在線上的數據，不論是「經驗值」、「戰鬥力」或「金幣」，都是學生每此登入到學習網站炫耀的數值，由於有了同儕的比較，想要獲得更多的獎勵，因此就會在學習網站上多多瀏覽，也維持在學習網站的學習興趣。

(3)善用留言版與討論區：網路學習不可或缺的機制之一就是互動機制，而設計一個留言版或討論區的網頁，除了可以讓學生達到互相交流的目的外，也可以透過留言版，讓學生與教師交流，而針對發言品質較佳的同學給予「金幣」的制度，也是讓學生願意在討論區或留言版發言的一項措施。

(4)簡化網頁瀏覽功能：開啟瀏覽器時，瀏覽器上方有許多的功能表及工具列，在瀏覽網頁時，這些工具可以讓我們便利的操作瀏覽器，但是在網路學習時，過多的工具列卻會妨礙學習，因此建議在設計學習網站時，尤其進入到學習區在自我學習時，應設計類似 CAI 軟體的操作介面，讓操作者有簡單的操作介面，而不會有過多的工具列或功能表影響其學習。

(5)善用網頁記事本功能：網際網路學習的另一項優點，就是可以將學習者的學習歷程記錄下來，在本研究中，除了記錄學習者在每一個單元小節所瀏覽的網頁路徑外，在每一個單元小節之後，都設計有一個類似「學習回顧」的留言版，可以讓學習者記錄一下這一個小節的學習心得，而這個學習心得是可以累計，最後整個學習結束後，學習者可以瀏覽整個學習心得區，來審視自己的學習歷程。