

# 國立交通大學

理學院科技與數位學習學程

碩士論文

回饋及信號數位教材設計對奈米科技學習之自我效能與自我調節之影響研究

The effect of feedback and signaling design on students' self-efficacy and self-regulation for learning nanotechnology in an e-learning environment

研究生：楊惠婷

指導教授：孫之元 教授

中華民國一零二年六月

回饋及信號數位教材設計對奈米科技學習之自我效能與

自我調節之影響研究

The effect of feedback and signaling design on students'  
self-efficacy and self-regulation for learning nanotechnology in  
an e-learning environment

研究生：楊惠婷

Student : Hui-Ting Yang

指導教授：孫之元 教授

Advisor : Dr. Jerry Chih-Yuan Sun



A Thesis

Submitted to the Degree Program of E-Learning  
College of Science  
National Chiao Tung University  
In Partial Fulfillment of the  
Requirements for the Degree of  
Master in E-Learning

June 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一零二年六月

回饋及信號數位教材設計對奈米科技學習之  
自我效能與自我調節之影響研究

學生：楊惠婷

指導教授：孫之元 教授

國立交通大學理學院科技與數位學習學程

### 摘要

依據 2011 年 TIMSS (國際數學與科學成就趨勢調查)研究資料顯示，臺灣地區國中八年級學生在科學學習之學習成就高，卻缺乏學習自信心。在新興科技議題之相關學習上，許多學生在學習上常有著迷思概念。以奈米科技之學習為例，學生常認為奈米是一種物質，而忽略了尺度大小的觀念。近年來，數位學習已成為教學趨勢。在進行多媒體學習時，許多教材雖能引起學習動機，卻使學習者忽略學習內容或造成過重的認知負荷，抑或是教材內容過於無趣，導致其無法引起學習動機。本研究旨在探討利用多媒體學習理論中之信號原則及不同回饋之數位學習教材設計方式對國中生學習奈米科技之自我效能、學習成效是否有所影響，並透過數位學習教材之使用，探討學生在自我調節學習之能力上是否有所影響。研究對象為苗栗縣某國中 95 名八年級學生，分為實驗組三組與控制組一組，採 ANCONA、成對樣本 T 檢定等統計方式進行資料處理。

研究結果顯示，雖然就整體性而言，不同信號與回饋設計方式之數位學習教材對於學習奈米科技之自我效能、學習成效與自我調節能力影響不大，但在比較課程前、後差異時發現，除了實驗組 A(僅具信號設計)外，其餘組別在課程前、後之學習成效皆有顯著差異。不論高、低學習成就之學生，在使用具信號、無信號與具回饋設計之數位教材的情況下，課程前、後之進步顯著；然而只有高學習成就之學生使用無回饋設計之數位教材時，才有顯著進步，低學習成就學生則無影響。在具信號與回饋設計之數位學習教材中，高自我調節能力學生較低自我調節能力學生，有較佳之學習奈米科技之自我效能，且達顯著差異。此研究成果希望能作為數位教材開發相關研究或教學者之參考。

關鍵字：奈米科技教學、信號、回饋、自我效能、自我調節

The effect of feedback and signaling design on students' self-efficacy and self-regulation for learning nanotechnology in an e-learning environment

Student: Hui-Ting Yang

Advisor: Dr. Jerry Chih-Yuan Sun

The degree program of E-Ling College of Science, National Chiao Tung University

### **Abstract**

According to the results from the TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) in 2011, Taiwanese eighth-grade students had high academic achievement whereas they had low efficacy in learning science. When learning the topics related to emerging technologies, most students revealed misconceptions. For example, most students perceived the concept of nano as a form of the substance instead of a unit of measure. E-learning instruction has become a promising trend in recent years. Although multimedia teaching materials can enhance learners' motivation, they may distract learners from the process and in turn result in learners' cognitive overload or cause boredom. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of feedback and signaling design on students' academic achievement, self-efficacy and self-regulation for learning nanotechnology in an e-learning environment. Participants were 95 junior high school students in northern Taiwan, randomly assigned to either the control group or one of the three experimental groups. The analysis of ANCOVA and t-test were conducted in order to compare the differences in learning outcomes among different e-learning designs.

The results showed that in general, there were no significant differences in students' academic achievement, self-efficacy, and self-regulation for learning nanotechnology. However, comparing students' learning outcome between pre- and post-test, it was found that students' performance from three of the four groups became significantly higher after using the e-learning material. In addition, both high and low performing students improved significantly after using the e-learning material with signaling, feedback or without signaling, only high performing students were improved significantly after using the e-learning materials without feedback. Lastly, students with high self-regulation had significantly higher self-efficacy for learning nanotechnology than those with low self-regulation in an e-learning environment with both feedback and signaling designs. Recommendations for future studies related to e-learning course design and instructions were also provided.

Keywords: nanotechnology instruction, signaling, feedback, self-efficacy, self-regulation

## 誌謝

又到鳳凰花開的時節，既是終點也是起點。猶記得剛考上交大研究所時的喜悅，然而，開學之後，才發現到念研究所需要耗費許多心力與努力。除了修習課程之外，在研究方面，從蒐集文獻、整理文獻、實驗施測、資料分析到論文撰寫，都需要不斷利用時間及精神進行研究。在研究過程中，往往都會遇到大大小小的困難與瓶頸，這些都需要想辦法克服，同時，也要感謝所有曾經在論文研究中給予幫助的人。

感謝指導教授孫之元教授，總是不忘叮嚀在研究過程中必須注意的各項大小細節，總是關心進度並且針對研究內容提出許多可讓研究更完整的建議；感謝口試委員陳明璋教授，在數位教材設計上給予諸多意見，解決我的困惑，提升對於數位教材設計的感覺與能力；感謝口試委員陳昭秀教授對於論文撰寫方式及各項細節給予寶貴建議，使研究論文能夠更加嚴謹與專業。感謝清華大學動機系葉孟考教授所主持的奈米國家型科技人才培育計畫團隊，提供奈米科技教學的相關資源，使教材設計能夠臻於完善。在施測的過程中，感謝苗栗縣頭份國中李桂雲老師給予支持與協助，使實驗施測能夠順利完成。感謝交通大學周倩教授團隊協助支援數位學習教材設計的工具，使數位教材設計能夠如期完成。

兩年的研究所生涯，最難能可貴的是能有同伴一起在研究路上互相扶持與鼓勵。感謝同實驗室的宥苒、冠賢，每次和你們討論論文時，總會讓我的靈感乍現，並且找到方向。同班同學雅婷、蕙璐、昱茹、思仰、昭吉、士立、天行、佩芳...等同學，都是討論的好伙伴，每次和大家聚在一起聊聊時，總是會有不同的收穫，那歡樂的討論氣氛令人難以忘懷。還有美婷、曉華、佩芬等同學，感謝妳們總是細心的提醒課程中或是在寫論文時應該注意的事項與相關資訊，讓我能夠及時繳交作業或是處理課程上的事情。除此之外，還要感謝主管、同事、大學同學與高中同學，你們的加油打氣總是讓我能夠從精疲力盡的狀態中重新恢復能量。

感謝親愛的家人，家人是我的強大後盾，因為有家人的支持與關心，才能使我在研究的過程中充滿元氣，有力量面對論文研究中的所有挑戰！在人生旅程中，總是「得之於人者太多，施之於己者太少」，最後要感謝的，就是那上蒼，感謝上蒼讓我擁有許多許多，而我也要保持著一顆謙卑之心，珍惜所有，並盡自己所能，幫助需要幫助之人。

惠婷 僅誌於 國立交通大學 2013/6/22

# 目 錄

摘要.....	I
Abstract.....	II
第一章、緒論.....	1
第一節、研究背景與動機.....	1
第二節、研究問題.....	3
第三節、名詞釋義.....	4
第四節、研究範圍與限制.....	5
第二章、文獻探討.....	6
第一節、奈米科技教學.....	6
第二節、多媒體認知學習理論.....	13
第三節、回饋相關研究探討.....	25
第四節、自我效能相關研究探討.....	33
第五節、自我調節相關研究探討.....	38
第六節、小結.....	47
第三章、研究方法.....	49
第一節、研究設計.....	49
第二節、研究流程.....	51
第三節、研究對象.....	53
第四節、研究工具.....	53
第五節、資料處理與分析.....	62
第四章、結果與討論.....	64
第一節、描述性統計.....	64
第二節、不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之自我效能、學習成效與學生之自我調節能力之影響.....	64
第三節、不同學習成就之學生在使用數位教材前、後之學習成效比較分析.....	70

第四節、不同自我調節能力學生學習奈米科技自我效能之比較分析.....	74
第五節、數位學習教材易用性及質化資料分析.....	77
第五章、結論與建議.....	85
第一節、研究結論與討論.....	85
第二節、研究限制.....	92
第三節、未來研究建議.....	93
參考文獻.....	96
附錄一 前、後測問卷-自我效能、自我調節、數位教材易用性.....	111
附錄二 奈米知識測驗題.....	114
附錄三 奈米科技線上課程學生回饋問卷.....	116



## 表 目 錄

表 2-1 多媒體學習理論的三個假設 (Mayer, 2001).....	15
表 2-2 多媒體認知學習理論的 12 個原則 (改編自 Mayer, 2001).....	18
表 2-3 不同類型之回饋分類整理表 (本表改編自 Shute, 2008).....	30
表 2-4 不同程度自我效能與期待結果之學習者行為與反應 (改編自 Schunk et al., 2010) .....	35
表 2-5 自我調節的概念六面向, 改編自 (Zimmerman & Risemberg, 1997).....	42
表 3-1 實驗組別.....	50
表 3-2 本研究之自我調節量表節錄.....	54
表 3-3 雙向細目表.....	55
表 3-4 鑑別度與決策指標對照.....	56
表 3-5 試題鑑別度與難易度分析.....	56
表 3-6 刪題前、後之鑑別度與難易度平均值.....	57
表 4-1 樣本人數統計.....	64
表 4-2 誤差變異量的 Levene 檢定等式.....	65
表 4-3 受試者間效應項的檢定.....	65
表 4-4 自我效能之描述性統計及 ANCOVA 結果.....	66
表 4-5 學習成效之描述性統計及 ANCOVA 結果.....	66
表 4-6 自我調節能力之描述性統計及 ANCOVA 結果.....	67
表 4-7 全體學生前、後測差異之 t-test 結果.....	67
表 4-8 實驗組 A (信號+無回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果.....	68
表 4-9 實驗組 B (無信號+回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果.....	68
表 4-10 實驗組 C (信號+回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果.....	69
表 4-11 實驗組 D (無信號+無回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果.....	69
表 4-12 二因子變異數分析摘要表.....	71



表 4-13 各類型數位學習教材之高學習成就與低學習成就之人數.....	71
表 4-14 不同學習成就學生在具信號設計組別之前、後學習成效比較.....	72
表 4-15 不同學習成就學生在無信號設計組別之前、後學習成效比較.....	72
表 4-16 不同學習成就學生在具回饋設計組別之前、後學習成效比較.....	73
表 4-17 不同學習成就學生在無回饋設計組別之前、後學習成效比較.....	73
表 4-18 高自我調節能力與低自我調節能力之人數.....	75
表 4-19 不同自我調節能力學生在具信號設計組別之自我效能比較.....	75
表 4-20 不同自我調節能力學生在無信號設計組別之自我效能比較.....	76
表 4-21 不同自我調節能力學生在具回饋設計組別之自我效能比較.....	76
表 4-22 不同自我調節能力學生在無回饋設計組別之自我效能比較.....	76
表 4-23 教材易用性調查.....	78
表 4-24 各種信號及回饋設計方式在教材易用性量表中各面向的平均數.....	79
表 5-1 研究結果總表.....	86



## 圖 目 錄

圖 2-1 多媒體學習中的雙聲道處理歷程 (改編自 Mayer & Moreno, 1998).....	14
圖 2-2 Bandura 之 triadic reciprocity 模型(Bandura, 1986).....	36
圖 2-3 依據 Bandura (1986)之 triadic reciprocity 模型設計之研究模型 .....	37
圖 2-4 自我調節循環歷程 (Zimmerman, 1989) .....	39
圖 2-5 強調自我調節的回饋學習模式(改編自祝新華, 2012; Nicol & Macfarlan-Dick, 2006).....	46
圖 3-1 研究架構.....	50
圖 3-2 研究流程圖.....	52
圖 3-3 實驗實施流程圖.....	52
圖 3-4 教材首頁介面設計.....	59
圖 3-5 學習頁面.....	59
圖 3-6 生命體結構大小排列-具信號設計 .....	60
圖 3-7 生命體結構大小排列-不具信號設計 .....	60
圖 3-8 電子顯微鏡下的壁虎-具信號設計 .....	61
圖 3-9 電子顯微鏡下的壁虎-不具信號設計 .....	61
圖 3-10 親水性、疏水性-具信號設計 .....	61
圖 3-11 親水性、疏水性-不具信號設計 .....	61
圖 3-12 無回饋之練習題頁面.....	62
圖 3-13 具 EF 回饋之頁面顯示方式.....	62
圖 5-1 本研究之 EF 回饋設計.....	94
圖 5-2 未來研究之 EF 回饋設計修改示意圖.....	94

# 第一章、 緒論

## 第一節、 研究背景與動機

依據 2007 年的 TIMSS(國際數學與科學成就趨勢調查)研究資料顯示，亞洲地區，如臺灣、日本、新加坡等地區之學生在科學學習上具有高學習成就，卻缺乏學習興趣(李哲迪，2009；林煥祥、劉聖忠、林素微、李暉，2008)。在 2011 年的 TIMSS 的研究調查資料中，臺灣地區之國中八年級學生在整體科學學習的成就上，名列前茅，具有良好之學習表現；然而，在對於科學學習之自信心上，國中八年級之學生中，67%是沒有自信的，這些人在自然科學之相關科目學習上卻有良好的學習表現。由此可見，雖然國中學生在科學學習之學習表現上是優異的，但卻還是有許多學生缺乏自然科學學習之信心(Martin, Mullis, Foy, & Stanco, 2012)。Ketelhut (2007)依據其教學經驗及探討關於學生在自然科學學習信心之相關文獻後，認為美國中學生對於科學學習之自我效能低落，增進學生對於學習科學之自我效能為促進科學教育之第一步。若一位學生在學生時代失去對於科學學習的熱忱，那麼有可能在未來的生涯發展中拒絕進行科學方面之相關研究，如此將會影響國家科學發展。因此，提升學生的科學學習自我效能是必要的，尤其是透過不同的教學媒體與教學方式，以期能提升學生科學學習之自我效能。

奈米科技為 20 世紀以來所發展的新興科技議題之一，在自然科學課程中將科技議題融入課程中是重要的且必要的，可培養學生具有民主素養並讓學生了解在科技發展的過程中，可能造成的衝擊與社會影響，進而增進其思考與判斷能力，並盡到應盡的社會責任(邱文正，2008)。在新興科技議題融入中小學自然科學的學習上，必須採用適當的教學策略與教學方法進行引導，才能引起學生之學習動機與學習興趣，進而提升學生的學習成效(林桂櫻，2005；洪國展，2010)。在奈米科技教學中，激發學生對於學習奈米科技之學習動機為重要的課題，將較難理

解之概念簡化，並與日常生活相結合，將能引發學習動機與學習興趣(邱文正，2008)。以奈米科技教學來說，由於奈米科技難以用肉眼觀察，其抽象概念較不易理解，例如，在奈米科技教學課程中，學生對於「奈米」一詞常常存在著迷思概念，認為奈米是一種物品或物質；因此，若能善用多媒體教材的特性，將奈米科技概念轉化為具體且易於觀察的具象化圖像、文字等，並與學生生活經驗相結合，將能引起學生之學習動機與興趣，並提升學習效果(潘文福，2004；洪國展，2010)。自 2002 年起，教育部及行政院國家科學委員會持續推動奈米國家型科技人才培育計畫，針對中小學生發展出豐富之奈米科技相關之教材教案，其教材內容大多為紙本式之傳統教材，將奈米科技相關概念闡述予中小學生理解(Lee, Wu, Liu, & Hsu, 2006)。若能將數位學習工具應用在奈米科技課程中，將能夠使學習者得到更多學習相關概念的機會(Malsch, 2008)。

近年來，不論是學校教育或企業教育訓練，數位學習已成為教學趨勢(李世忠、趙倩筠，2007)。數位學習具有適性化學習、學習者自行控制、多元互動等特性，將數位科技與教學設計互相融合，以設計出符合使用者需求，進而增進學習成效之數位學習教材，為所關注的焦點(李世忠、趙倩筠，2007)。在多媒體學習與數位學習領域之相關研究中，關於教材設計之研究大多與學習之認知歷程、學習效果、教材易用性等有所關連，較少關於學習動機或動機因素等研究，主要的原因在於，許多多媒體教材會使用過於炫麗、鮮艷的圖像、動畫或是複雜的功能以引起學習動機，然而往往卻造成學習者在學習上的障礙，產生太多的負荷，對於學習之自我效能低落，無法進行完善之自我調節學習，或是無法將專注力聚焦於真正的學習內容上，而將注意力移轉到外在的炫麗動畫、精美圖片、複雜功能等非主要學習內容的部分(Astleitner & Winsner, 2004)。學者 Mayer (2001)提出多媒體教材設計之原則，其中一個為信號原則，信號原則主要之實施方式為增加提示，標示教材中重要的部分，以幫助學習者之學習。因此，本研究假設若能夠善用信號設計所具有之特色，應能解決目前數位教材設計中所遇到之難處，減低學習者

在數位學習環境中所遇到到困擾(如：負荷過重、無法專注等)，以增加學習動機。在數位學習環境中，提供練習題或測驗題，可迅速檢視學習者之學習成效。除了練習題外，若能提供回饋，更能夠在短時間內提升學習成效。目前大多的研究注重不同之回饋型式對於學習成效之影響，較少研究為關於不同之回饋型式對於學習動機因素是否有所影響，如自我效能、自我調節等(Narciss & Huth, 2006)。

有鑑於上述之背景與動機說明，本研究將設計具信號設計與不同回饋方式之奈米科技數位教材，以探討此種數位教材設計方式對於國中學生在學習奈米科技時之自我效能、學習成效與自我調節能力是否有所影響。

## 第二節、 研究問題

依據前一節之論述，本研究將先針對信號設計、回饋、自我效能、自我調節等研究變項進行文獻探討與建立理論基礎，其後進行教材設計並施測、資料分析，以探討數位教材之何種設計方式有利於奈米科技之學習，本研究之研究問題分述如下：

- 一、在數位學習教材中，不同信號與回饋設計方式對於國中學生學習奈米科技之自我效能、學習成效與自我調節能力是否有所影響，以及學習前、後是否有所差異？
- 二、不同學習成就之學生，使用不同信號與回饋設計方式之數位學習教材，在學習前、後，學習成效是否有所差異？
- 三、不同自我調節能力學生，使用不同信號與回饋設計方式之數位學習教材，對於學習奈米科技之自我效能是否有所差異？

### 第三節、 名詞釋義

#### 壹、 奈米科技教學

奈米為一尺度單位，1 奈米等於  $10^{-9}$  公尺。奈米科技則泛指物質在介觀結構中，會改變原有在巨觀世界中所呈現的物理、化學性質，且應用於不同科學、科技領域，如材料、紡織、生物、醫藥、光電等。本研究所指的奈米科技教學為針對中小學生設計奈米科技概念相關之教學活動、教材等。

#### 貳、 信號設計

信號設計指的是在多媒體學習課程中，標示重要的文字與圖片。Mayer (2001) 認為，當提示、信號出現在多媒體教材中時，學習效果較佳。信號設計能夠直接導引學習者至課程中重要的部分，並建立每個關鍵重點的連結性或相關性，以減低學習者外在搜尋的歷程。

#### 參、 回饋

一個學習者經過學習行為後，所獲得之學習結果、成績、教師評語等。回饋能夠幫助學習者了解自己的學習程度，改正在學習過程中所遇到的迷思，進而調整學習狀況，增進學習成效。回饋之形式有許多種，不同形式之回饋方式具有不同的功能，適用於不同類型之學習者(Dempsey, Driscoll, & Swindell, 1993; Shute, 2008)。本研究之回饋主要針對在數位學習環境中，學習者在練習題答題中，系統所給予的回饋。本研究主要採取之回饋方式為無回饋及詳盡回饋。

#### 肆、 自我效能

自我效能為一個人對於完成一個任務、目標之自我判斷與信念。自我效能影響一個學習者對於學習活動的選擇、努力程度，以及持續性，自我效能對於學生之學習行為扮演重要的角色(Bandura,1997)。



## 伍、自我調節

自我調節學習為一個主動、有效益的歷程，藉以讓學習者在學習中設定目標，並且控制學習者的認知、動機、行為以及學習情境。自我調節學習之範圍廣泛，結合了多元且複雜之現象。Zimmerman (1997)提出自我調節研究的六個面向的概念模型，六個面向之自我調節歷程為目標設定、學習策略、時間管理、自我監控、環境結構、尋求資源。

## 第四節、研究範圍與限制

本節進行研究範圍與研究限制之說明：

### 壹、研究範圍

本研究之研究範圍為自行設計之奈米科技數位教材，其教材之設計特色具有信號等相關提示，依課程內容之重要程度給予不同的信號提示；教材中之另外一部分為具有不同回饋形式之練習題。研究對象為苗栗縣某國中學生。本研究僅針對國中學生，探討奈米科技數位教材中不同因素對於其學習奈米科技之自我效能、學習成效與自我調節能力之相關影響，在其他影響層面上將不論述。由於研究中之教材為自行設計，僅就教材本身做探討，因此無法適用於其他教材之相關研究推廣。

### 貳、研究限制

在研究限制的部分，由本研究之研究對象於苗栗縣某鄉鎮之國中學生，無法擴及至其他地區、年級之樣本，研究對象有限，僅為限制結果的推論。在研究時間的部分，由於研究時間有限，僅為課堂時間，無法長時間進行時間與觀測，故本研究結果不宜過度推廣至其他地區之研究對象、其他學習主題、與其他數位學習方式等範圍。

## 第二章、 文獻探討

本章將首先介紹奈米科技教學之相關發展並進行相關文獻探討，以了解奈米科技教學之現況及其與中小學課程連結之相關性。接著介紹多媒體認知理論、信號設計與回饋設計，以了解信號設計與回饋設計在數位學習中所扮演之角色。其後探討動機因素中之自我效能、自我調節，並了解此二者與多媒體學習中之信號設計、回饋設計所具有之相關性，並進行相關文獻討論。

### 第一節、 奈米科技教學

本節將首先說明奈米、奈米科技之定義與相關簡介，其後說明奈米科技教學之相關發展與研究，以了解目前國內外奈米科技教學現況。

#### 壹、 奈米科技定義與簡介

奈米科技為 20 世紀以來所發展的新興科技，奈米科技為現今社會中重要的科學技術。1959 年，物理學家費曼在演講中提到，「底部還有很大的空間」(There's plenty of room at the bottom)，從此展開奈米科技相關技術的研究，使科技發展邁向新的里程碑(Feynman, 1999)。奈米為一尺度單位，1 奈米等於  $10^{-9}$  公尺，奈米屬於介於在「宏觀」與「微觀」之間的「介觀」世界(楊清智，2012)。學術與高科技領域中，奈米科技所應用之範圍包含化學、光電、醫藥、生物、材料、紡織等，同時，奈米科技之發展與人類日常生活息息相關，人們可運用奈米科技相關原理，發展出各種方便日常生活之產品(蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳，2004)。例如，透過奈米科技技術，可將藥物製作成極細小的粉粒，使其具有良好的吸收力；未來，也可透過奈米技術將抗癌藥物製成極小顆粒並且加上電磁，服用後，將磁鐵放在癌細胞部位，藥物便不會擴散而造成對人體的傷害(潘文福，2004)。

許多科技之起源與大自然現象有密切之相關，在奈米科技之領域也不例外(王宗坤，2001)。在奈米科技的研究中，與大自然現象關聯最著名的例子為「蓮葉效應」(lotus effect)，當水滴在蓮葉上時，水不會散開，並會形成水珠，是由於



蓮葉表面上分布細微的奈米結構，使其具疏水性。蓮葉效應常被應用於衣物、織品中，運用疏水性的特性，使物質能夠防水。此外，「彩蝶效應」指的是由於具有光子晶體的奈米孔隙結構，使得蝴蝶翅膀、金龜子等生物能夠因光的反射，而在不同角度下觀看時，會有不同的色彩。壁虎之所以能夠緊黏於牆壁上不滑落的原因便在於其腳掌具有數以百萬根奈米級之剛毛，每根剛毛具有正負電荷吸引之凡得瓦力(van der Waals force)，使得壁虎能夠緊黏於牆壁之上，利用此原理，市面上出現黏著力強之壁虎膠帶，能夠緊黏物體。

奈米科技之發展逐漸受重視，國內外亦積極進行相關之研究，如美國發展國家奈米技術創新計畫 (The National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan, 2001)；英國成立奈米科技學會(Institute of Nanotechnology, ION, 1997)。我國亦將奈米科技列為國家發展計畫重點之一。除了奈米科技之技術發展之外，培育相關人才亦為重點項目(陳沅、曾國鴻，2005)。

## 貳、奈米科技教學相關研究

奈米科技為備受矚目之新興科技議題，培養此方面之相關人才並推廣全民對奈米科技基本概念之認識為目前首要之務(潘文福，2004；盧秀琴、宋家驥，2010)。行政院國家科學委員科學教育發展處會推動「奈米國家型科技人才培育計畫」，預計效益為提升教師於奈米科技之學術涵養與教學品質、提升我國奈米科學教育國際地位、提升國民奈米科技核心素養等(奈米科技教育學院，2009)。吳茂昆(2002)認為在奈米國家型計畫中，所需培育之人才，必須從小學、中學、大學、研究所及在職訓練等各種教育政策目標相結合。藉由奈米人才培育計畫之執行，將科學之概念向下紮根，使中小學生及早了解科學相關理論與概念，將對其未來生涯發展有助益，同時，能夠培育學生具有奈米科技基本素養，加強對奈米科技概念之理解，厚植國家競爭力，加速國內奈米產業推動(李世光、林宜靜、吳政忠、黃圓婷與蔡雅雯，2003)。科技與學術研究之根本在於教育，若要提升奈米科技方

面之競爭力，必須推廣至國民教育，讓中小學生提早了解奈米科技基本概念，以培育更多奈米科技人才(黃佳媛，2010；溫明正，2005)。奈米科技的相關技術應用在產業上可帶來極高的效益，因此，培育具奈米科技素養之研發人才是必要的(Foley & Hersam, 2006)。

在國內外，關於奈米科技教學之相關研究日益漸多，大多為針對不同學習對象、不同教學方式作學習成效之比較。學者吳政忠(2004)認為，由於中小學生心智發展尚未成熟，不贊成讓中小學生學習過於深入之奈米知識，中小學生僅需了解奈米基本概念即可，透過遊戲進行學習與想像抽象之概念，將能擴大中小學生對於奈米科技之視野，中小學生有了奈米基本概念，將來具有此方面之競爭力，具有正面意義(吳政忠，2004)。王美芬(2000)指出，近年來，奈米科技教育已逐漸受重視，一般小學教師普遍認為奈米科技為高深的科技技術，國小學童較無法接受其相關知識，然而，許多科學技術皆是由基礎的知識觀念所衍生而來的，發展一套探究式教學模式之課程將使小學生更能由淺入深獲得基本的科學知識。將奈米科技知識由下而上帶入中小學中，將能夠使奈米科技技術更加精進；在中小學奈米科技課程的設計上，必須能夠傳遞清楚、正確的觀念，同時要以學習者為中心(Foley & Hersam, 2006)。Friedman 及 Nasir(2011)針對將奈米科技教學應用在醫學研究中之相關意見與想法進行線上問卷調查，調查對象為隨機抽取 100 位美國醫學研究中心之皮膚科實習醫生、研究人員等，其結果顯示，有 78% 的人認為進行奈米科技在醫學應用中的相關教學是必要的，同時有 69% 的人曾經參與過奈米科技之相關教學活動。在歐洲國家中，針對大學生、研究生、產業界人士等，進行奈米教育之專案，開設假日訓練課程、技術培訓課程、數位學習課程等，以培育奈米奈米科技專業人才(Malsch, 2008)。由此可見，在不同的領域人才培育中，培養具有奈米科技相關素養的人才也是必要的。

由於在奈米尺度下，許多現象是難以察覺的，中小學生對於抽象之奈米相關概念便會較難以理解。因此，運用實際之動手做實驗展示奈米世界中之相關現象

是重要的。Bagaria、Dean、Nichol 與 Wong (2011)將奈米相關概念中之「自組裝」(Self-assembly)概念，以一系列之實驗展示予中學生，並讓學生實際動手操作，以讓學生了解分子組成的原理。

Schank、Wise、Stanford 與 Rosenquist (2009)於 2008 年之春季課程中，針對 200 位美國舊金山地區之 9 至 12 年級之中學生進行奈米科技課程之教學，其課程融入化學、生物、物理等課程。研究結果顯示，將奈米科技概念課程實施於中學課程是可行的。學生在物理、化學、生物等基礎學科有概念後，再進行奈米科技概念之學習，在課程中表現較佳，學生能夠將基礎科學之知識應用於奈米科技之學習，並能激發學生之學習動機。

O'Connor 及 Hayden (2008)於大學化學課程中，針對大二及大四之學生利用一整套之奈米科技教學模組進行 12 小時之教學。其教學方式以演講為主，並配合 DVD 的觀看。在教學過程中，授課教師將每個重要的奈米科技概念融入化學課程中，並指出在日常生活中與化學概念中的應用。該研究之結果顯示，62%的學生認為將奈米科技融入分子等概念是有趣的；69%的學生對於未來若有機會進行奈米科技相關之發表或報告是有自信的；62%的學生對於未來往奈米科技之相關技術研究示有興趣的。

蔡明容 (2005)利用一系列之奈米科技教學模組及相關實驗教材進行教學，以探討對於國小五年級學生在科學過程技能、科學態度及批判思考能力之影響，研究結果顯示接受「奈米科技教學模組」教學的實驗組學生，在「自然科過程技能測驗」、「在自然科學習態度測驗」、「自然科批判思考能力測驗」的得分顯著高於一般教學模式(依照課本指引)之控制組學生。

楊清智 (2012)利用 5E 學習環之教學策略設計奈米科技教學活動。5E 學習環之教學策略包含參與(engagement)、探索(exploration)、解釋(explanation)、精緻(elaboration)、評鑑(evaluation)。該研究之目的為了解國小五年級學童對於奈米科技概念之學習特色。該研究利用半結構式的晤談，進行以質化為主、量化為輔之

研究。研究結果顯示經過 5E 學習環之奈米科技教學活動後，學生能夠建立奈米的基本概念，科學態度亦優於教學前。

陳沅、曾國鴻 (2005) 針對台南、高雄縣市 1852 位國小高年級學生探討對奈米科技熟悉程度、學習需求並研究奈米科技新知的基礎知識融入國小高年級課程的可行性。採用量化為主、質化為輔研究之方式，該實驗將研究對象分為實驗組與控制組兩組。實驗組主要為每週在自然課進行一節奈米科技新知課程，控制組則進行傳統之自然課程內容。研究結果顯示，實驗組學生對奈米科技新知的學習需求與融入課程意願未比控制組高；而參與研究之學生有 60% 願意透過適當方式學習奈米科技。

由於奈米科技為一新興科技議題，因此針對中小學課程內容的開發方面，需特別考慮學生之學習能力與心智發展歷程。Stevens、Sutherland 與 Krajcik (2009) 指出，美國 NSF(National Science Foundation) 於 2006 年至 2007 年間，邀請奈米科技等相關領域之權威科學家、工程師、科學教育學者等，共同於一系列的工作坊中，討論出適合中學生至大學生之九大奈米課程概念。奈米科技教學之九大概念分別為尺度大小(size and scale)、物質結構(structure of matter)、力與交互作用(forces and interactions)、量子效應(quantum effect)、量子效應(size-dependent properties)、自組裝(self-assembly)、工具與儀器(tools and instrumentation)、模型與模擬器(models and simulations)、科學科技與社會(Science, technology and society) (Stevens, Sutherland, Schank, & Krajcik, 2007)。奈米科技所包含之概念較為抽象，因此，於中學進行奈米科技課程時，必須以實體模型或具體事物、活動的呈現，並進行探究式之學習歷程，以讓中學生理解抽象概念。Hingant 與 Albe (2010) 等人針對奈米科技教學進行相關文獻回顧時指出，許多科學教育學者認為在發展奈米科技教學時會引起爭論，因為科技發展與社會問題是密不可分的，在發展科技時需兼顧社會層面之思考，以免對社會引起衝擊。他們認為，為中學生進行奈米科技教學課程是有趣的，可使學生具有奈米科學的素養，並且讓學生探

索對於未來往奈米科技發展的可能性。

### 參、數位學習、學習動機與奈米科技教學

近年來，由於資訊科技之發達，許多學習場域，正規學校、非正規學校、企業界等紛紛風行將資訊科技融入教學。而廣義之數位學習包含透過網際網路、CD、DVD 等多媒體教材進行學習。建構一個優質的奈米科技課程是重要的，將數位學習工具應用在奈米科技課程中，將能夠使學習者容易接收到奈米科技相關概念的訓練課程與機會(Malsch, 2008)。因此，若能夠建構一個針對中小學生設計之奈米科技教材，將能夠增加學生對於奈米科技學習的機會。本小節將探討透過數位學習工具進行奈米科技教學、學習動機之相關實驗研究。

Burns (2007)利用學習管理系統(Learning Management System, LMS)為 150 位澳洲地區不同學校之大學生及 7 位教師共同進行奈米科技之線上教學，在線上課程中，學生必須發表意見，以及在線上報告對於奈米科技概念之了解程度。研究結果顯示，線上學習環境中，學習者與教師間可隨時隨地進行學習，並且互相分享學習心得、內容等。

Jones 等人(2004)利用遠距遙控原子力電子顯微鏡(Atomic Force Microscopy, AFM)之方式，針對 209 位美國北卡羅萊納州(North Carolina)之中學生於自然科學課程時，進行透過 3D 影像與掃描裝置，讓學生實際以遠距遙控之方式操控電子顯微鏡，以了解學生對於病毒及奈米尺度的理解與認識。該研究結果顯示，學生對於奈米尺度大小之相關概念，在課程前、後有顯著之差異，同時，科學態度在課程進行後較佳。運用資訊科技配合動手操作融入教學，能夠增進學生之自然科學學習經驗與對於奈米概念之學習動機。

洪國展 (2010)針對國小六年級學生探討運用資訊科技進行奈米科技教學，將研究對象分為資訊科技教學與傳統教學兩種，對不同學習能力學生在奈米科技之學習動機與學習成就的影響。在資訊教學組的部分，主要教學媒體為研究者自製



之教學簡報與由奈米國家型人才培育計畫所開發之教學動畫；傳統教學則以紙本之教材為主。其研究結果顯示，學生較容易接受以資訊科技融入教學之方式學習奈米科技，學習成就表現較優異；不同學習能力水準學生、不同教學法間與學習成效、學習動機表現有交互作用影響。而在資訊科技影響奈米科技學習動機的研究發現，學習動機太高與太低，對於奈米科技學習成效皆無顯著差異。

蔡鳳娥 (2006)針對台中市國小六年級學生，將不同之資訊科技融入奈米科技教學方式進行教學，以探討學生在奈米科技學習之學習成效以及對奈米科技學習之知覺。該實驗採用準實驗研究法，不同之資訊科技融入方式分別為教師指導組與學生操控組，其研究結果為經由教師指導的資訊科技融入教學學生在奈米科技概念學習成效檢測題得分比自行操控的得分高，且差異達顯著效果；學生操控組在學習動機及學習信心的感受較教師指導組佳，且差異達顯著；不同性別對於奈米科技之學習動機與信心感受並無差異。

邱文正 (2008)探討將 ARCS 動機模式之融入對於國小五年級學生學習奈米科技之影響。ARCS 動機模式為 Keller (1983)所提出，其理論為提升學習者之學習動機主要有四個要素，分別為注意(attention)、相關(relevance)、信心(confidence)、滿足(satisfaction)，ARCS 動機模式為一連串之策略，藉以提升學習成效。在學習者之學習過程中，先引起學習者之注意、興趣，其後提出與學習者個人相關之案例、人、事、物等，使學習者對於學習之內容有所信心，之後學習者便能夠在學習任務完成後充滿滿足感或成就感。在此實驗中，106 名學生隨機平均分配至動機模式組與傳統教學組兩組。動機模式組之教學方式除講述、板書外，配合相關影片之播放、日常生活實例舉例、教具、模型、小組討論等不同方式進行課程；傳統教學組僅有講述、板書等教學方式。其研究結果為，利用動機模式融入奈米科技教學，學習成效、學習動機優於傳統教學方式融入奈米科技教學，且差異達顯著效果。另外，不同教學方式與不同性別在奈米科技概念學習成效檢測題上的得分表現之交互作用未達顯著。

由本節之文獻探討顯示，現今在奈米科技教學之研究大多以行動研究為主，且較偏向於傳統一般之教學方式，以不同的教學策略進行教學。而在數位學習融入奈米科技教學方面，此類之研究論文較為缺乏，且大多為針對教學方式之研究，且著重於學習表現、成效之討論。本研究將拓廣奈米科技教學之研究範疇，探討奈米科技數位學習教材之設計，並將研究重點放在奈米科技學習自我效能及學生的自我調節能力是否有所改變，亦即將數位學習中的教材設計原則與動機因素相結合。

## 第二節、多媒體認知學習理論

在數位學習相關之研究中，多媒體認知學習理論廣為人知，對於數位教材之設計更提供了許多參考方針，因此，為了解數位學習教材之相關設計原則，本節將對多媒體認知學習理論進行文獻探討。同時，針對研究主題之一，信號原則，進行詳細之討論。

### 壹、多媒體認知學習理論的相關定義

數位學習教材中的一些特色，例如，新奇有趣的使用者介面、動畫等之設計，對於激發學習者的學習動機是有幫助的(Malone & Lepper, 1987)。然而，在數位學習教材中，內容的設計是很重要的。在多媒體學習環境中，設計符合使用者習慣的數位學習教材之相關原則已逐漸受重視，也有許多相關之研究(Austin, 2009)。

#### 一、多媒體認知學習理論之三個假設：

Mayer (2001)綜合各家學者之觀點，提出多媒體認知學習理論(cognitive theory of multimedia learning, CTML)，一個成功的多媒體學習環境，必須協調與監控多媒體認知學習理論的相關歷程。在多媒體學習中，包含三個假設，分別為雙聲道假設(dual channels)、有限能力假設(limited capacity)及主動處理假設(active

processing)，三個假設整理如表 2-1。第一個假設為雙通道假設(dual channels)，此假設與 Paivio (1986)所提出之雙碼理論(dual-coding theory)有相關，雙碼理論認為在資訊處理歷程中，人的心智結構會接收兩種不同型式的資訊，包含文字表示式(verbal representation)與圖像表示式(imagined representation)。雙通道假設指的是人類在處理訊息時，會經過兩種不同的通道處理視覺及聽覺訊息，此兩種通道為視覺通道及聽覺通道。視覺通道主要為透過眼睛傳遞螢幕上的文字、圖片、動畫與影像等視覺訊息(Clark & Paivio, 1991)；聽覺通道則是透過耳朵傳遞聲音、旁白等聽覺訊息。圖 2-1 為多媒體學習中，雙通道之處理歷程。當人類在進行多媒體學習時，會將外在的動畫與旁白訊息同時接收至不同的工作記憶通道中，包含視覺與聽覺通道，進行消化吸收，之後影響學習者之學習表現。

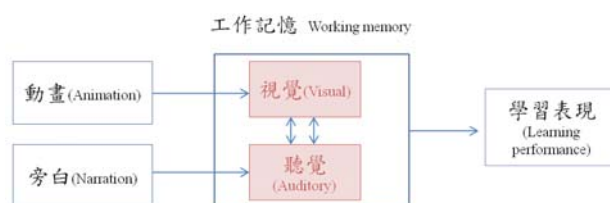


圖 2-1 多媒體學習中的雙聲道處理歷程 (改編自 Mayer & Moreno, 1998)

第二個假設為有限能力假設(limited-capacity)，有限假設能力源自於 Baddeley 的工作記憶理論(Baddeley, 1992, 1999)及 Sweller 等人提出的認知負荷理論(Chandler & Sweller, 1991; Sweller, 1999)。人類在處理每個通道的訊息時，一次只能接收到有限的訊息量。例如，當一個人在看圖片或動畫時，一次只能在工作記憶中捕捉到幾張圖像，無法一次記住全部的圖像。研究者發現，一般人平均能夠記憶的位元大約為 5~7 位元左右，依每個人不同的狀況而有所不同(Baddeley, 1992)。

第三個假設為主動處理假設(active-processing)。當人類進行認知歷程中，會主動與過去的經驗結合，建構具有一致性的心理表徵(Mayer, 2008; Wittrock, 1989)。人類會尋求有意義的多媒體呈現表徵，因此，會主動處理一些認知歷程，



如選擇、注意、組織新的資訊，並且將長期記憶(long term memory)中的知識與新的資訊結合，同時，帶入工作記憶(working memory)中，不斷的重複執行(Mayer, 2001)。在此假設中，Mayer (2001)提出三個多媒體學習環境中的認知歷程：選擇、組織與融合。選擇指的是學習者會在展示的教材中，選擇相關的文字或圖片進入至文字的或視覺的工作記憶中，此歷程包含在認知系統中，從外界帶入相關資訊至工作記憶中。當選擇完成後，便會進行組織，學習者將選擇之文字或圖片建構文字或視覺的心智模型或相關架構，此歷程發生在認知系統中之工作記憶。第三個歷程為融合，當組織完相關的文字或圖片後，學習者會與已存在於長期記憶中的知識、先備知識等相結合，並帶入工作記憶中。例如，在一個演示熱氣流上升過程的多媒體教材中，學習者將注意特定的文字與圖像，並排序熱氣流上升的前因後果等流程，以及結合與先備知識相關的步驟。

表 2-1 多媒體學習理論的三個假設 (Mayer, 2001)

假設	解釋	相關文獻
雙通道假設	人類會透過兩種不同通道接收訊息，分別為視覺通道(眼睛)與聽覺通道(耳朵)。	Paivio, 1986; Baddeley, 1992
有限能力假設	人類一次所能接收到的訊息量有限。	Baddeley, 1992; Chandler & Sweller, 1991
主動處理假設	當人們在進行認知歷程時，會主動與過去經驗結合，建構一致性的心理表徵。	Mayer, 2008; Wittrock, 1989

## 二、12 個多媒體學習教材設計原則

以多媒體學習理論的三個假設為基礎，Mayer (2001)提出 12 個多媒體教材設計的原則。其中，有 5 個原則主要在於減少外在處理歷程(extraneous processing)，3 個原則為管理學習中的必要歷程(essential processing)，4 個關於衍生歷程之原則(generative processing)。表 2-2 為多媒體教材設計之 12 個原則相關整理。

外在處理歷程指的是在學習過程之認知歷程中，學習者接收到與學習目標無關之事物，如獲得與學習內容沒有相關的資訊、廣告等，或是會讓學習者感到困

惑、受干擾的課程內容。Mayer (2001)提出 5 個避免累贅問題所產生的認知過載的解決原則，分別為連貫性原則(coherence)、信號原則(signaling)、累贅原則(redundancy)、空間接近原則(spatial contiguity)與時間接近原則(temporal contiguity)。

連貫性原則指的是在多媒體學習教材中，刪除多餘的文字、聲音與圖片，例如，在多媒體學習教材中，會出現一些有趣、會引起動機，但卻與學習內容無關的小短片、照片、背景音樂等，這些將會造成學習上的負荷過重。在多媒體學習中，多餘的學習內容將會在與工作記憶中的認知資源相抗衡，並從主要應學習的內容中轉移注意力，干擾組織學習教材的歷程，使得學習者很容易學習到錯誤的觀念或是偏離學習主題。

信號原則為在多媒體學習課程中，標示重要的文字與圖片。Mayer (2001)認為，當提示、信號出現在多媒體教材中時，學習效果較佳。例如，在一個演示飛機如何起飛的教學動畫中，可以將信號設計加在演示的句子中，旁白之語調亦可加強，以強調關鍵字。信號設計能夠直接導引學習者至課程中重要的部分，並建立每個關鍵重點的連結性或相關性，以減低學習者外在搜尋的歷程。

累贅原則指的是刪除描述性動畫、多媒體教材中，不必要的處理歷程說明文字或字幕。多媒體學習教材中的累贅，由於同時有太多的圖片與文字出現在同一個螢幕上，造成的不必要的外部處理歷程，使得視覺通道的負荷過重，學習者必須分散額外的注意力進行嘗試、視覺搜尋、聆聽旁白及尋找相對應的說明文字。若將字幕減少、縮短，提前呈現說明文字，將可減少視覺通道的負荷，消除累贅所造成的外部處理歷程。

空間接近原則，在同一頁面中，將相關或相對應的文字與圖片擺在附近或加上連結，藉以彼此參照。例如，在展演閃電過程的教材時，將動畫中的說明放在相關的圖片旁。此原則可協助學習者在同一時間，有足夠的能力處理工作記憶中所接收到的訊息，降低對於外在認知資源的搜尋。空間接近原則使用的最佳時機

為學習者對於教材不熟悉、教材中僅有圖表之呈現或學習內容過於複雜，無法完全說明學習內容時。

時間接近原則，同步呈現相對應的文字與圖片。例如，在一個介紹閃電的動畫中，學習者看到畫面的同時，會聽到相對應的聲音或旁白。當相對應的旁白及動畫同時呈現時，學習者便更加能夠有能力於同一時間在工作記憶中，建立心理中語言與視覺表徵的連結。時間接近原則較不適合使用於連續性(一連串/ 一系列)及小部分連續性呈現或由學習者控制的課程中。

必要處理歷程負荷指的是當教材內容的核心本身是複雜的、學習者從未接觸過的，或教材呈現的步調過於快速時，會使得學習者較難以有能力進行深入的課程。必要處理歷程為學習者領悟、吸收學習內容的重要步驟。若學習者在此歷程中專心一致，可將接收到之知識轉化到工作記憶中，甚至存於長期記憶中解碼。Mayer (2001)提出 3 種解決必要處理歷程負荷之方法，分別為分割原則(segmenting)、事前訓練原則(pre-training)、形式原則(modality)。

分割原則，將課程依據學習者的步調分割成一小部分、一小部分，以取代連續、過於龐大的學習元件。若一次呈現過多、過於冗長的、快速帶過的學習內容，會使得學習者無法在短時間內吸收。此原則適用於解釋過於複雜、步調過於快速、學習者較陌生的學習內容。

事先訓練原則，在進行課程之前，先針對課程中重要的專有名詞或概念講解與說明。事先訓練可幫助學習者減低在必要處理歷程中所受到的干擾，在事前先熟悉學習時會遇到的重要概念。事先訓練原則適用於當學習教材過於複雜、且對學習內容不熟悉時。

形式原則，在展演課程時，口述文字之形式較印刷文字之學習效果佳。當動畫與螢幕文字同時出現時，所有的認知系統皆通過視覺通道，使得視覺系統負荷量過載。若將螢幕文字以口述文字(旁白)取代時，將使視覺負荷量降低。螢幕文字較適用於具有技術性的學習內容或符號說明、非母語學習者、聽障生等對象。

衍生歷程指的是在學習過程中能夠針對學習內容有所了解，並能夠知道接下來所要學習的內容架構，與瞭解整個學習架構，同時與先備知識相結合。而增加衍生歷程是重要的，在多媒體學習中，增加衍生歷程之方式可為多媒體原則(multimedia)、個人化原則(personalization)、聲音原則(voice)、圖像原則(imagine)。

多媒體原則指的是文字加上圖片之呈現方式比僅有文字之呈現方式較佳。當文字與圖片同時呈現時，學習者能夠同時接收到口語與視覺訊息，並從中建立連結，此原則適用於低知識學習者。個人化原則，以對話方式呈現學習內容，較平鋪直敘的呈現方式佳。聲音原則則是人聲的呈現較機器語音佳。圖像原則為若螢幕上出現講課者的影像，對於學習效果幫助不大。

學習者在進行多媒體學習時，常會產生搜尋或不知學習內容為何的困惑。為減低學習者使用教材時的困擾，本研究將採用多媒體認知學習理論中之信號原則，以了解在數位學習教材中，透過信號原則，對於學習效果是否有所影響。

表 2-2 多媒體認知學習理論的 12 個原則 (改編自 Mayer, 2001)

減少外在處理歷程之原則	
原則	解釋
連貫性	刪除外在之文字、圖片、聲音，以幫助個人學習表現。
信號	增加提示，標示教材中重要的部分，幫助學習者的學習。
累贅	學習者對於圖片加旁白比圖片加旁白與字幕之學習成效較佳。
空間接近	相對應之文字與圖片放在附近比相離很遠之學習效果佳。
時間接近	相對應之文字與圖片同步呈現比依序出現更能幫助學習。
管理必要歷程之原則	
分割	當多媒體課程分割成小部分，使用者較能夠控制小部分的學習內容。
事先訓練	學習活動開始前，先讓學習者了解課程中的主要概念、名詞，能夠增進學習表現。
形式	口述性文字較印刷文字佳。
增加衍生歷程之原則	
多媒體	文字與圖片並行排放比只有文字之學習方式學習效率佳。
個人化	對話式學習內容較平鋪直敘佳。
聲音	人聲旁白較機器語音旁白佳。
圖像	講課者的影像放在螢幕上對於學習成效幫助不大。

## 貳、信號原則

信號原則為多媒體學習理論中，Mayer (2001)所提出之 12 個多媒體學習教材設計原則其中之一。本研究將探討在數位學習教材中，具有信號之設計，能否提升學生之學習成效與學習動機因素。本部分首先介紹信號原則之相關定義與設計方式，其後，針對多媒體學習教材中之信號原則相關文獻回顧、實徵研究進行探討。

### 一、信號原則介紹：

信號原則為解決多媒體教材中，外在處理歷程負荷方式之一。在教材中加入提示，以引導學習者之注意力至學習內容中重要的部分。Mayer (2001)依教材呈現的方式，將信號設計分為兩種形式，分別為言語信號設計與圖片信號設計。言語、文字信號設計主要有四種方式，大綱(outline)、標題(heading)、語調加強(vocal emphasis)、編號文字(pointer words)。大綱式之語句、文字內容可為一個課程的開場白，將欲介紹的學習內容做統整性的介紹；例如，在介紹飛機起飛的課程中，首先進行大綱式的說明，說明飛機起飛會受機翼形狀、空氣氣流、空氣氣壓等因素影響。標題則為將關鍵字、重點擷取出來，做一個總的主題，透過標題，讓學習者對於學習內容一目了然。例如，可將一段介紹飛機受機翼因素影響起飛的文字下一個標題，「Wing shape: Curved upper surface is longer」(機翼形狀：上方的曲線表面較長)。語調加強指的是在搭配教材呈現的旁白中，將關鍵字或重點加強語氣、聲音加大或放慢速度。

圖片信號設計則可吸引學習者之注意力至圖片中特定的部分。圖片信號設計主要有五種方式，分別為加入箭號(arrows)、識別色彩(distinctive colors)、閃爍(flashing)、指向手勢(pointing gestures)與漸淡(graying out)。箭號可配合旁白，將箭號指向圖片中欲說明之部分。識別色彩則可將要說明的部分以不同的顏色區別或突顯。閃爍亦可加在圖片中特別要強調的部分。指向手勢之功能類似箭號，可透過手指指向系統中說明的部分。在同一個頁面的學習內容中，除了正在說明的



部分外，其他部分以灰色、淡色之方式呈現，藉以保留學習內容全貌，亦可強調正在講解的部分，並減少干擾。

信號設計對於學習成效的影響，各有正反面的說法。Mayer (2001)指出，依據訊息傳遞的觀點來看，有部分學者認為信號設計對學習是沒有幫助且不必要的，由於增加信號，將可能擾亂學習者之學習，被視為一種累贅。然而，在知識建構的觀點來看，信號設計可指引學習者該如何注意學習教材中重要之處(選擇歷程)，並將課程中關鍵的部分進行內在組織。若數位教材中無信號之設計，將可能無法帶學習者進入合適的認知歷程，容易使學習者尋求外在的認知歷程，例如，從外部資源中重新組成知識。信號可減少外在處理歷程，提供提示指引學習者的注意力、選擇性，從中進入教材中重要的部分，以了解課程中連貫性的架構，及組織知識。

## 二、信號設計在多媒體學習中的相關實驗研究

學習者在閱讀數位教材中的文字時，通常會調適其閱讀習慣，例如詳讀、略讀、挑選個別文字閱讀等，這些閱讀習慣無法進一步促進有意義的學習，並且將導致大量記憶力減低。若想在數位學習環境中，增加有意義的學習，數位教材設計者必須考量到學習主題、學習重點、關鍵語句、是否需放摘要、索引等，此時，信號設計便是減低外部處理歷程策略之一(Sung & Mayer, 2012)。

信號設計在數位學習系統中可協助學習者檢視課程中最重要的部分，並且利用提示、工具等識別相關資訊(Sung & Mayer, 2012)。Sung 與 Mayer (2012)的研究中，將 5 種不同之信號設計方式設計於一個 17 頁內容之數位學習系統中，其課程主要內容為「了解遠距學習：理論與實務」。其 5 種信號設計方式包含標記最重要的內容、依據內容重要性設計大綱、在每個子區塊中摘要資訊、設計階層式的意義結構、設計可直接顯示選單的頁面。

標記最重要的內容，以視覺化之標記方式，將重要的部分以不同顏色突顯出

來。依據內容重要性設計大綱規模，在每個標題下設計預計之課程大綱，分成不同的課程子區塊，將相對應的子區塊排放於大小標題下，並將標題文字放大，以強調具重要性的內容。在每個子區塊中加入摘要資訊，將每個子區塊加入摘要，當滑鼠移過標題時，會顯示該區塊欲介紹的課程摘要，使學習者能夠依據摘要選擇要閱讀的部分。設計階層式的意義結構，在教材中設計關鍵字索引，依字母順序或出現順序排列，讓學習者可隨時自行選擇要學習的頁面。設計開放式的頁面，一開始在學習頁面中放關鍵字或關鍵句，當移過滑鼠或點擊時，會直接呈現可用的摘要資訊。Sung 與 Mayer (2012)將上述具信號與引導設計之數位學習課程實際施測於南韓 122 位大四學生，依不同類型設計之數位學習課程，將樣本分為四組，分別為具引導設計(navigational aids)與信號設計組、引導設計組、信號設計組與控制組(無任何設計)，以了解在數位學習教材中加入引導設計與信號設計對於學習系統之易用性是否有所影響。研究結果顯示，加入引導與信號設計之組別，其對於系統之易用性有所提升，同時，學習表現也較佳。而信號設計組有較高之使用滿意度，並且與記憶測驗的成績有高度的相關性。研究者指出，數位學習教材中之引導與信號設計對於學習者經驗與學習成果有正向影響，由於學習者可了解到更明顯的課程架構及減少引導上的困擾，因此對於學習過程中之認知歷程、學習經驗有所幫助，並增加對於課程的滿意度。

Dillon 與 Jobst (2005)認為在超連結(hypertext)學習環境中，學習者容易迷失方向，因為無法看到完整的課程架構，因此，若在超連結學習環境中應用信號設計原則，提供學習者能夠立即了解整個課程架構的空間，將可解決迷失方向的問題。Naumann、Richter、Flender、Christmann 及 Groeben 等人 (2007)就 Dillon 與 Jobst 提出之觀點，進行實驗研究。提供 504 個參考資料之超連結，供德國大學之學生閱讀參考，並依據參考資料完成相關論文報告。實驗共分兩組，一組為無信號設計組(僅陳列超連結)，一組為信號設計組(將超連結依參考資料內容分類，並設計階層架構)。研究結果顯示，有信號設計的組別表現較佳，能夠寫出切中

要點的論文報告。由此可知，以有組織的方式表現信號設計可幫助學生深入理解超連結課程中的內容(Naumann et al., 2007)。

Hegarty、Kriz (2007)以及 Mautone、Mayer (2001)的研究顯示，在無旁白的動畫教學影片中，加入信號中之箭號設計，對於馬桶如何沖水原理之學習無影響。研究者指出，數位學習教材中之視覺信號設計對於學習者之學習成效並無正向影響亦無幫助。Atkinson (2002)的研究中發現，視覺信號設計對於學習有幫助的情況：在一個線上數學課程中利用旁白進行解題過程，同時，在螢幕中加上指向手勢並配合旁白進行解題過程，可讓學生更加專注於學習，並且學習效率較佳，表現也較好。Jeung、Chandler 與 Sweller 等人 (1997)利用線上課程進行數學幾何問題的教學，該數位教材內容包含口述旁白及顯示於螢幕上之例題。研究者將幾何圖形之解說部分以閃爍圖示(信號設計)，研究結果顯示，具有信號設計的組別，在問題解決能力與學習表現上，均較無信號設計之組別佳。

信號設計必須簡潔有力，並且切勿過多，過於冗餘之信號設計反而造成學習上之困擾(Mayer, 2001)。使用信號設計之教材設計對於低技能之閱讀者比高技能之閱讀者有顯著的進步效果(Naumann et al., 2007)。由此可見，高技能之閱讀者有能力藉由調整其閱讀策略以彌補零散的學習內容。Jeung 等人 (1997)指出，當教材內容過於複雜或零散無組織時，使用信號設計是最佳時機，會使學習較有效率。

李立彬、曾世綺 (2010)，利用信號提示及反思設計探討國中八年級學生對於物理這門科目直線運動單元中之「位移及速度」、「加速度」概念之學習影響。在該實驗中，共分成四組，分別為提示信號+使用者自行控制反思設計組、提示信號+電腦控制反思設計組、無提示信號+使用者自行控制反思設計組、無提示信號+電腦控制反思設計組。其研究結果顯示，在「位移及速度」的概念中，具信號提示設計之教材對於學生之學習成效並無顯著影響；而在「加速度」的概念中，具信號提示設計之教材能夠提升學習成效。研究者認為，由於「加速度」的概念



較「位移及速度」之概念複雜，且具有許多關於「移動」的概念，對於國中學生而言，較不易理解。因此，由此可見，在數位學習環境中，信號提示之設計適用於複雜、不易理解之概念教學。

### 參、多媒體認知學習理論、信號設計對動機因素影響之相關實驗研究

多媒體認知學習理論主要著重在探討多媒體課程設計與學習者之學習歷程所產生的關聯與影響性(Low & Jin, 2009)。在傳統的多媒體學習理論研究中，時常探討認知因素等相關議題(Astleitner & Winsner, 2004)，然而，動機因素卻不常被討論於多媒體學習理論中。目前的研究中，關於多媒體學習理論與動機因素的相關研究，大部分為文獻探討、模型討論等，較少見相關之實驗研究(Low & Jin, 2009)。在多媒體學習環境中，動機扮演著重要的角色。有研究指出，多媒體學習對於學生之學習有正向之幫助，可增加學習動機、激發學習興趣並增進學習表現(Bernard et al., 2004; Low & Jin, 2009)。也有學者指出，雖然在多媒體學習環境中可讓學生更加主動於參與學習活動，但學習成就不盡然完全有進步(Clark & Feldon, 2005)。為了盡可能使學習者的學習經驗更加完美，Low 及 Jin (2009)認為將動機因素融入多媒體學習資源之發展時，必須有以下五個考量：1.理論發展；2.動機因素及多媒體教學設計；3.學習者特質；4.自我調節學習策略及產生動機的練習；5.評鑑動機要素在多媒學習資源的品質。在數位學習環境中，當影片(包含有動態圖片、鮮艷色彩之圖像等)展示於多媒體學習環境時，學習者的學習動機可增加，害怕學習不到東西的機率變低。一個好的多媒體學習教材能夠增加學習者的自我效能與興趣等動機因素(Astleitner & Winsner, 2004; Meluso, Zheng, Spires, & Lester, 2012)。

Hahne、Benndorf、Frey 與 Herzig (2005)，利用電腦輔助學習(computer-based learning)對醫學院學生進行學習態度與學習動機的調查。研究結果顯示，在課程進行初期，學生對於電腦輔助學習的環境充滿興趣，並對於課程學習持正向態度，

然而，當課程快結束時，學生之學習動機卻不高。同時，學生之學習表現與本身之先備知識有相關，與電腦輔助之運用並無相關。由此可見，電腦輔助學習環境對於學習動機之喚起是有效的，然而，對於學習內容之吸收與消化之效果是有待商榷的。

Hwang、Wang 與 Sharple (2007)，在多媒體學習中，利用注釋工具進行對於動機的影響研究。其研究分為兩組，實驗組為具有注釋工具之多媒體學習教材，控制組則不具有注釋工具。研究結果顯示，具有注釋工具之組別在學習動機上較控制組高。然而，後測成績兩組卻無顯著的差異。研究者指出，課業學習表現與學習者想要學習的動機有關，對於使用多媒體教材教學會影響學習表現，不見得是必要的。

Hoskins 及 Van Hooff (2005)，利用網頁課程工具進行如何使用電子佈告欄的教學，研究發現，對於高動機與課業學習能力佳的學生之學習較有幫助。該研究建議，在超媒體學習環境中，學習動機與學習能力扮演著重要的角色，決定一位學習者的學習表現。Reed (2006)建議，設計一個具有動機特色的數位學習教材能夠讓學習者能夠維持主動學習的動機，讓學習者自行建構知識，控制學習歷程並評鑑學習成效。

Zheng、Mcalack、Wilmes、Kohler-Evans 與 Williamson (2009)針對 222 位大學生，調查在多媒體學習環境中，學習者對於多重選擇問題之認知負荷、自我效能與解決能力是否有所影響。該研究之實驗共分兩組，實驗組為具互動式之多媒體學習方式，控制組則不具互動式之多媒體學習方式。其研究結果顯示，在多媒體學習環境中，提供學習者控制功能能夠減低學習者之認知負荷並且增進對於問題解決的自我效能。自我效能在多媒體學習環境與問題解決能力間為一中介者，多媒體學習環境會影響學生多重選擇問題的解決能力；而學生之自我效能亦會影響學生多重選擇問題的解決能力，但影響有限。在互動式的多媒體學習環境中，會減低學習者的認知負荷，且對於學習者之自我效能會有所影響，會增進學習自

我效能。

在數位學習教材中，增加引導、信號之設計等特色，可影響學習者參與之意願(亦即學習動機)，並使學習效果較佳 (Sung & Mayer, 2012)。吳雪櫻 (2011)，利用三種不同呈現形式之多媒體教材，分別為整體呈現、信號提示、分段呈現，探討不同類型之多媒體呈現方式對國中七年級學生對於社會領域中之地理科氣壓概念之學習成效、認知負荷及動機所造成之影響。該研究中所使用之多媒體工具為簡報(Microsoft Power Point)，在研究中進行立即後測與延宕測。其研究結果顯示，信號提示組與分段呈現組在立即後測的學習成效上，表現較整體呈現組佳。而在延宕測中，分段呈現組之學習成效較佳。在認知負荷與動機中，整體呈現組、信號提示組、分段呈現組皆無顯著的影響。另外，研究結果指出，當學生所感受到的認知負荷量愈高時，學習者的學習動機較低。

在多媒體學習環境中，學習者的個性、特質與自我效能皆會影響學習表現 (Judge, Jackson, Shaw, Scott, & Rich, 2007)。設計一個能夠讓學習者主動維持有意義的學習活動之數位課程教材是很重要的，越來越多的研究者發現到，在多媒體教學中，動機為不可或缺的一部分，即使有許多關於此領域的建議，但卻少有實驗研究，實施有系統的調查是有必要的，若能有更多研究者、教學專家投注於動機議題在多媒體學習上的相關研究是有意義的(Low & Jin, 2009)。因此，本研究將針對動機因素中之自我效能與自我調節進行多媒體學習中之研究，以了解多媒體學習教材中之信號提示、回饋對於學習自我效能與自我調節學習策略是否有所影響。

### 第三節、 回饋相關研究探討

回饋為本研究所探討的面向之一。在現今的回饋相關研究中，有許多關於回饋與學習成效、學習表現之相關研究，但甚少有關於回饋對於動機影響之研究 (Narciss & Huth, 2006)。本節中，將首先介紹回饋的意義、類型與功能，其後進

行回饋在數位學習上之應用與相關實驗研究探討，以了解目前回饋在數位學習上所扮演之角色。

## 壹、回饋的意義、類型與功能

### 一、回饋的意義

回饋指的是外界對於個人行為所產生的反應訊息。一個學習者經過學習行為後，所獲得之學習結果、成績、教師評語等，皆為回饋之方式(許廷祥，2009)。回饋(Feedback)為個人所接收到針對其行動結果之訊息，其訊息包含實際成果表現與期望成果之比較訊息。回饋對於學習者來說，是一種資訊傳遞的重要形式(Tanes, Arnold, King, & Remnet, 2011)。回饋讓學習者了解個人在學習過程中的想法、行為是否正確，並能夠檢視其學習成效是否有達到預設目標。當學習者獲得正面或負面回饋時，將影響其再次學習之學習動機。當學習者獲得負面之回饋訊息時，將減低該學習者之學習動機，並降低學習意願；抑或是反向激勵學習者之學習動機，由此可見，回饋訊息對於學習者之學習行為與學習動機影響甚大(許廷祥，2009)。回饋能夠使知識的學習及技能的獲得更加有意義(Tunstall & Gipps, 1996)。回饋是學習的核心，幫助學習者了解在學習歷程中的學習程度，並能夠使之改正錯誤觀念、重建知識、支持後設認知歷程，進而增進學習表現與增強學習動機。回饋提供資訊，讓學生了解如何改進想法與認知方式，為既定的學習目標而調整學習狀況。回饋能夠促進學習者對於學習狀況的評估，適當的回饋可幫助學習者提升學習成效(祝新華，2012)。

### 二、回饋的作用

回饋對於學習上的作用，有正向的，也有負向的，抑或是對於學習無作用(Hattie & Timperley, 2007)。以下為回饋對於學習的主要作用：

1. 加強、修正學習：在學習過程中，當學習者接收到回饋訊息時，可協助學習者強化或修正其學習模式或觀念，以引導至學習目標(Carlson, 1979)。

2. 縮短學習現況與學習目標的差距：回饋訊息可用來補足學習者的學習程度與預計目標程度的程度，以讓學習者了解學習目標，進而彌補不足之處 (Ramaprasad, 1983)。
3. 多元訊息通道：回饋可透過正式、非正式情境與學習者對話，如：教師、同儕、書本、數位教材…等，具有多元性質，學習者可自行選擇不同的策略 (Askew & Caroline, 2000)。
4. 教學與評估的橋梁：回饋為學習評估的一種，能夠促進學習。其學習評估之範圍包含學習者對於知識掌握與能力發展情況以及針對學習表現所給予的適當回饋。當學習者或教學者獲得回饋後，能夠進行教學活動的調整，因此，有學者認為，回饋為下個學習階段的開始，將之稱為前饋(feedforward)(Carless et al., 2006)。

在四個回饋對於學習的主要作用中，祝新華 (2012)指出，前期注重教學者對於學習者的控制，後期注重學習者透過回饋，自行調整與建構知識。回饋必須要能實現訊息作用、激勵作用、導向作用的三方面功能。訊息作用為學習者能夠發現學習進度、學習成就、程度、現況與目標的落差、優缺點等。激勵作用則為回饋必須能夠鼓勵學習者的動機、自尊、信念，增加自我效能感。導向作用對於學生而言，讓學生發現自己的狀況與訂立目標的差距，必要時加以修正與改進，以達到最佳學習效果；對教學者而言，能夠調整教學計畫，甚或依據學生的狀況，重新調整學習目標，以精進教學能力(祝新華，2012)。

### 三、回饋的類型

在回饋類型的分類上，Dempsey 等人(1993) 依據情境與回饋內容，將回饋分為五種型式，分別為無回饋(No feedback)、知識結果回饋(knowledge of results; KR)、正確知識回應回饋(knowledge of correct response; KCR)、詳盡回饋(elaborated feedback; EF)、再次嘗試回饋(try-again feedback)。學者 Shute(2008)根



據回饋內容的特性、複雜度及長短，將回饋分為六種類型，分別為無回饋、知識結果回饋、正確知識回應回饋及詳盡回饋、再次嘗試回饋、錯誤標示(error flagging)。以下茲就較常見之回饋方式進行介紹，表 2-3 整理較常見之不同種類回饋方式與相關特色及適用對象。

知識結果回饋為最簡單之回饋方式，僅說明答題者的答案為正確或錯誤，或是答題的正確率、錯誤率等，無提供較為深層之回應與訊息(Dempsey et al., 1993; Wang & Wu, 2008)。其訊息顯示方式最為簡短，例如：「你答對了！」、「你答錯了！」、「你很不錯喔！」(Dempsey et al., 1993)。將 KR 回饋方式應用於選擇題中，能夠暗示學習者錯誤的答案，以引導至正確的答案(楊亨利、應鳴雄，2006)。

正確知識回應回饋則較知識結果回饋複雜，給予正確答案之相關訊息，使學習者能夠修正與調整個人之認知內容。例如：「不，正確答案應為後突觸感覺器官的結合！」(Dempsey et al., 1993)。

詳盡回饋之方式最為詳細，包含對於正確、錯誤答案之相關解釋，以及提供相關學習內容之參考資料、延伸閱讀、建議等，以讓學習者了解並判斷正確的回答內容與結果。詳盡回饋對於較深入的概念理解及原理的應用是有所幫助的(Bangert-Drowns, Kulik, Kulik, & Morgan, 1991)。詳盡回饋主要為針對六個部分，分別進行回饋：歸因部分(attribute isolation)、主題部分(topic contingent)、回答部分(response contingent)、暗示/提示/提醒(hints/ cues/ prompts)、錯誤概念(bugs/ misconceptions)、教學指引(informative tutoring)。在歸因 isolation 的部分，其回饋內容指出該題目的核心歸因，希望學習者學習的目標概念或技能；而詳盡回饋中，也會提供與主題相關的資源或教材；同時，提供錯誤答案的原因，並提供提示訊息或相關策略，以指引學習者至正確之方向；在詳盡回饋中，亦分析錯誤之迷思概念，以讓學習者了解何者錯誤及原因；有些詳盡回饋不直接告訴學習者正確答案，而是善用策略，將解題過程一步步引導出來。

再次嘗試回饋又稱為重覆到正確答案回饋(answer until correct；AUC)，在學

習過程中，不告知學習者正確的答案，讓學習者不斷嘗試與重複回答，直到回答至正確答案為止。錯誤標示亦稱為錯誤相關回饋(bug-related feedback; BRF 或 location of mistakes)，直接用標記標示出錯誤的地方，僅於錯誤處進行解釋，而未提供正確的答案。

Dempsey 與 Wager (1988)依回饋的時機，將回饋分為即時回饋(immediate feedback)與延遲回饋(delayed feedback)。即時回饋通常為學習者回答完每題測驗題或選項時，即會出現回饋。延遲回饋則有許多不同的呈現方式，例如，學習者必須回答完所有測驗題時才會出現回饋；或是測驗結束過後一天，甚或更晚之時間點才給予回饋(van der Kleij, Eggen, Timmers, & Veldkamp, 2012)。即時回饋與延遲回饋對於學習之效果各有不同，依學習對象與學習內容、學習方式、學習目標而定(黃麗分、吳庭瑜、侯世環與洪瑞雲，2012)。即時回饋能夠立即指出正確的知識或答案，在短時間內使學習者有效率的記憶。延遲回饋則能夠促進學習內容的轉化(Shute, 2008)。



表 2-3 不同類型之回饋分類整理表 (本表改編自 Shute, 2008)

分類	回饋類型	定義	適用對象
回饋內容	知識結果回饋 (knowledge of results; KR)	告知學習者回答的答案正確或錯誤	高學習成就學習者：可依據自己的學習腳步自行調整，使學習更加有效率(Hanna, 1976)
	正確知識回應回饋(knowledge of correct response; KCR)	告知學習者正確的答案	低學習成就學習者：對於初學者或 struggling students 而言，KCR 能夠提供一個指引學習的方向，因此，回饋不需太過於複雜(Moreno, 2004)。
	詳盡式回饋 (elaborated feedback; EF)	告知學習者對於正確、錯誤答案之相關解釋，並依據題目讓學習者複習教材中的某一部分，或提供額外的訊息	低學習成就學習者：對於低自我效能之學習者，給予具體、引導的方向，以確保提升學習者之學習與表現 (Clariana, 1990)。
回饋時機	即時回饋 (immediate feedback)	每完成一個項目即給予回饋	低學習成就學習者：每遇到一個新的學習任務時，從即時回饋中發現困難點，對於低學習成就學習者較適當 (Mason & Bruning, 2001)。
	延遲回饋(delayed feedback)	待完成所有項目後才給予回饋	高學習成就學習者：給予延遲回饋，能夠協助從中等或困難之學習任務中判斷相對容易的部分。

## 貳、回饋與數位學習

在一般教學現場中，回饋對於教師來說是備受重視的，因為可了解學習者的學習成效，進而藉此增加學習者之學習動機。然而，在數位學習環境中，「回饋」之成效與功能性甚少受重視(Narciss & Huth, 2006；許廷祥，2009)。大多數之研究多針對回饋型式與學習成效進行研究，較少研究著重於何種回饋訊息對於學習者之學習動機與學習持續性有所幫助；再者，在數位學習環境中，回饋訊息對於學習動機因素中之自我效能與自我調節之相關研究亦較少著墨。因此，本研究將



回顧相關文獻，並據此進行實驗設計。

在數位學習環境中，依不同之媒體呈現方式，可將回饋分為文字、動畫、圖片、聲音等不同形式。Park 及 Giltelman (1992)將動畫回饋與靜態之圖片回饋應用於排除電子故障的教學中，其研究結果顯示，動畫回饋較圖像回饋更能夠幫助學習者理解概念。Rieber (1996)則使用動畫、文字、動畫加文字等三種不同之回饋呈現方式進行物理概念中速度與加速度的教學，其研究結果指出動畫回饋較能夠使學習者理解描述性知識，而僅有文字之回饋易增加認知負荷。

不同形式的回饋方式對於學習結果有不同的影響(Tseng & Tsai, 2007)。van der Kleij 等人 (2012)的研究指出，在電腦輔助學習的環境下，獲得立即正確知識回應回饋與詳盡回饋的學生較僅獲得知識結果回饋的學生具有正向之學習態度，且更加專注於學習。Dempsey 等人 (1993)之研究結果顯示，獲得 KCR 回饋之學生學習表現與獲得 EF 回饋之學生相同。然而，在花費之時間方面，KCR 回饋所比 EF 回饋或再次嘗試回饋花費較短之時間，由此可見，KCR 是最有效率的回饋方式。

Bangert-Drown 等人 (1991)利用後設分析法(meta-analysis)，進行 40 篇回饋與學習相關的文獻探討。回饋之重要性在於幫助學習者指正錯誤。該研究認為，Bangert-Drown 等人指出，回饋之類型與學習效果有很大的相關性。Bangert-Drown 等人綜合各家研究進行分析，當回饋方式為 KR 時，學習效果較 KCR 差。EF 為最要重要的回饋方式，其能夠讓學習者更加專注，做有效之學習。EF 及 KCR 之回饋方式較 KR 好。

Pridemore 及 Klein (1991)針對93位教育科系之大學生進行數位學習環境中，不同回饋方式(KR、EF)與不同控制方式(自動控制、學習者控制)之教材對於學生學習教育心理學之學習成效與態度(滿意度、享受、控制感)的影響。其研究結果顯示，EF 比 KR 能夠提升學習成效，在態度方面，則無差異；而不同控制方式之學習教材對於學習成效與態度無差異。在學習者控制之教材中，接受 EF 回饋

之組別，其學習表現較 KR 佳。在該研究過程中，同時也記錄了學習者閱讀不同類型的回饋所需花費的時間，學習者閱讀 EF 回饋花費較久的時間，而花越久時間閱讀完 EF 回饋的學習者，學習表現越佳。在該研究之 KR 組中，有學習者反應，希望可以看到更多的訊息。Pridemore 及 Klein (1995) 針對 210 位國中學生，在自然課程中，進行另一個相關研究，以不同之回饋方式與教材控制方式，了解學生之學習成效與態度，其所使用之回饋方式分別為無回饋、KR 與 BRF，研究結果顯示，無回饋與 BRF 皆較 KR 能夠提升學習成效，而在態度分面，不同之回饋方式則無顯著的差異。

Gordijn 及 Nijhof (2002) 利用數位學習之方式，為 537 位荷蘭大學生進行清潔、瓦斯、暖器等安裝技能的理論課程教學。在研究中，將樣本分為三組，其中兩組實驗組與一組控制組。實驗組分別為 KCR 組與 EF 組，兩組所給予之回饋皆為即時回饋，而控制組則無給予任何回饋。該研究之結果為，EF 回饋之應用對於學習是有效的，但提升學習成效的效果不大；在具有 EF 回饋方式的學習中，閱讀能力高的學生，其學習表現優於閱讀能力低之學生。

Narciss 及 Huth (2006) 使用電腦輔助學習教材針對 50 位德國之國小四年級學生進行不同回饋方式對於多位數減法之學習成就、錯誤修正表現、學習動機影響。在該研究中，將學生分成兩組，每組 25 位學生，一組為接受 BRF 回饋方式。另一組則為 KR-KCR 回饋，當學生答對時，直接給予 KCR 回饋；答錯時，先給予 KR 回饋，之後再給予 KCR 回饋。其研究結果顯示，在學習成就的部分，接受 BRF 回饋方式之組別，學習成效較 KR-KCR 高。該研究中亦指出，學生使用電腦、數位學習教材之經驗會影響學習表現與學習動機。高度使用電腦、數位學習教材之學生具有較佳之學習表現與學習動機。在學習動機方面，該研究以社會認知理論為基礎，將學習動機分為六個面向，分別為表現滿意度、努力程度感知、學習程度感知、任務困難度感知、任務樂趣感知與學習歷程感知，認為回饋會影響學習自我效能與能力感知，之後會影響學習動機。研究結果顯示，BRF 回饋

較 KR-KCR 回饋更能夠增加學習之學習動機。

Mandernach (2005) 針對 210 位美國中西部之大學生進行電腦輔助回饋輔以講師回饋之相關研究。該研究所進行之課程為大學部「心理學概要」課程，研究進行時間為 4 小時。在研究中，將樣本隨機分至不同種類之回饋，自變項為不同之回饋，其回饋方式分別為無回饋、KR、KCR、EF、BRF，再輔以電腦輔助及講師回饋兩種方式；依變項為學習成效與學習態度，採用多變數分析之研究方法。研究結果顯示，不同種類之回饋方式對於學習成效並無顯著差異；講師回饋對於學習時之人際關係會有所影響，並對於學習行為會有所影響。

綜合以上回饋在數位學習上應用之相關實驗研究顯示，不同之回饋方式在不同的環境、情境、教學內容中對學習者之學習皆會有不同的影響，影響程度依情況而定。綜括所述，詳盡回饋對於學習之表現大抵上有所幫助，由於詳盡回饋之資料內容豐富、詳細，容易使學習者花費較多的時間閱讀，對於欠缺閱讀能力之學習者，容易造成負擔。而知識回饋對於學習者之學習表現影響不大，僅能暗示學習者有些概念尚未釐清。數位學習環境中，回饋對於動機因素的影響相關實驗研究較少，目前之資料顯示，詳盡回饋能夠增加學習動機。因此，本研究將於數位學習環境中設計不同類型之回饋，以了解何種形式之回饋對於動機因素中之自我效能與自我調節是有所影響的。

#### **第四節、 自我效能相關研究探討**

自我效能為本研究所探討之依變項之一。本研究將針對學生學習奈米科技之自我效能進行實驗研究，以了解透過數位教材設計，是否能夠提升學生在學習奈米科技之自我效能。本節中，將介紹自我效能之相關定義與科學學習中之自我效能相關文獻回顧。

## 壹、自我效能的定義與在科學學習上的應用

自我效能指的是一個人對於完成一件任務或一個目標的自我判斷與信念(Bandura, 1997)。自我效能的評斷來自於一個學習者的結果表現專業經驗(master experience)、替代經驗(vicarious experiences)、社會說服(social persuasion)，以及生理狀況(physiological)、或心理狀況(emotional state)。自我效能影響一個學習者對於學習活動的選擇、努力程度，以及持續性(Schunk, Pintrich, & Meece, 2010)。課業學習的自我效能在學生的學習行為中，扮演著重要的角色(Meluso et al., 2012)，同時，也影響著學習者對於未來生涯規劃的選擇與目標(Cordero, Porter, Israel, & Brown, 2010)。關於自我效能之研究，起初為自我概念(self-concept)的一部分，其後，自我效能被認為與個人的感知能力有相關，並包含於不同形式的自我知識(self-knowledge)與自我評鑑(self-evaluate) (Zimmerman, 2000)。如果一個學習者之自我效能低落，該學習者將會憂於完成一個特定學習任務，並且較無信心於完成該項學習任務。相反的，自我效能高的學習者將樂於參與學習活動，並且會認為有能力完成既定的目標，也因此，自我效能高的學生較努力於學習活動或學習任務。

當遇到挑戰性較高或較為困難的任務時，自我效能高的學生維持性較自我效能低落的學生持久(Schunk et al., 2010)。高自我效能的學習者在面對困難的學習任務時，會比面臨簡單的學習任務時，更樂於參與(Salomon, 1984)。

學者 Bandura (1977)指出，學生的自我效能信念與學習領域中的期待結果有相關。表 2-4 為個人在不同程度的自我效能及期待，所影響的行為與情緒反應。高度結果期待與高自我效能者，會以認知性的方式參與學習任務；高度結果期待與低自我效能的學生將會有自貶(self-devaluated)的情況發生，在學習過程中可能會感到沮喪；低度結果期待與高自我效能之學習者將會對於學習感到不滿與委屈；低度結果期待與低自我效能之學習者將會對於學習任務漠不關心(Bandura, 1997; Schunk et al., 2010)。

表 2-4 不同程度自我效能與期待結果之學習者行為與反應 (改編自 Schunk et al., 2010)

自我效能 Self-efficacy	結果期待 Outcome Expectation	
	低結果期待 Low outcome expectation	高結果期待 high outcome expectation
高自我效能 High self-efficacy	社會激進者 Social activism 反抗者 Protest 不滿、委屈 Grievance 環境改變 Milieu change	適時表現自信 Assured, opportune action 高認知參與者 High cognitive engagement
低自我效能 Low self-efficacy	聽從者 Resignation 被動者 Apathy 適應不良者 Withdrawal	自貶 Self-devaluation 沮喪 Depression

本研究旨在討論透過信號與回饋設計之數位教材，能否提升學生對於學習奈米科技之自我效能，而此部分之相關研究文獻較為少見。在數位學習領域中，大部分之研究主要著重於學習者對於使用電腦學習之自我效能或使用網際網路學習之自我效能。較少部分討論到透過數位學習媒介之使用，學習者對於學習內容或科目學習之自我效能，尤其是對於自然學科方面的學習。Ketelhut (2007)利用一個虛擬的數位學習環境測試美國中學七年級學生的科學學習表現，其研究結果發現，虛擬之數位學習環境能夠提升學生對於科學學習之自我效能。Melus 等人 (2012)及其夥伴調查美國五年級學生透過一學習型態之電腦遊戲，其對於科學學習之內容之知識與自我效能是否有所改變，其研究結果顯示，該校五年級使用過數位學習遊戲之學生，對於科學內容之學習及科學自我效能有顯著性的提升。由上述實驗研究所敘，在某些情況之下，透過數位學習環境，能夠提升學生在科學學習上之自我效能。而在本研究中之科學學習概念為奈米科技，因此，本研究以奈米科技之數位學習教材為主軸，以探討學生對於學習奈米科技之自我效能在使用前、後，是否有所改變。



## 貳、自我效能與回饋

學者 Bandura 於 1986 年提出社會認知理論(social cognitive theory)，其理論將行為主義(behaviorism)及社會學習(social learning)等相關概念相互整合(楊玉麟, 2006)。在 Bandura (1986)社會認知理論中的 triadic reciprocity 模型提到，環境(environment)、行為(behavior)、個人(person)，為影響學習者學習的主要因素，其模型圖如圖 2-2。在傳統的課室教學環境中，環境、行為、個人等三因素環環相扣與相互影響。當學生參與數位學習課程時，數位學習教材便可視為環境因素，而環境因素將會影響到個人因素，例如，個人認知與自我效能(Schunk et al., 2010)。

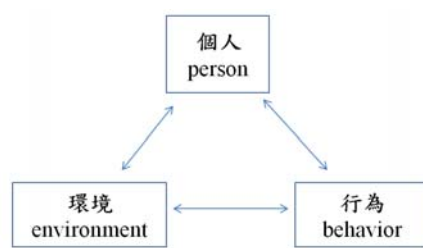


圖 2-2 Bandura 之 triadic reciprocity 模型(Bandura, 1986)

Bangert-Drowns (1991)提出回饋在學習歷程中，幫助學習的五階段模型，五階段分別為初始狀態、搜尋與進行策略、建構回答、評估答題的狀況、學習者的認知狀態調整。其中，在學習的初始狀態中，學生之過往學習經驗以及在做測驗問題、得到之回饋經驗，會影響學生在學習時之知識、興趣、目標及自我效能。在學習活動一開始時，學習者會因學習教材之內容、項目而影響其對於課程之期待，若教材資料量少時，學生可能會對於學習較有把握，對於學習成就有較高的期待，因此，學生便比較不會在意回饋的存在。當學習教材之內容過於簡單時，學生便會感到無聊與無趣。

學者 Wang 及 Wu (2008)依據 Bandura (1986)的社會認知理論中之 triadic reciprocity 模型，利用網路檔案管理系統，研究獲得回饋與學習自我效能之關

係，其研究對象為 76 位修習「教育心理學」課程之大學生。在該研究之研究模型中，以提供回饋功能之網路學習系統視為環境因素，學生學習自我效能則為個人因素，學生之回饋行為與學習策略為行為因素。其研究結果顯示，學生之學習自我效能能夠預測學生學習策略的使用及學生的回饋行為(個人→行為)。獲得設計較佳之回饋會提升學習表現與學習自我效能(環境→個人)。獲得 EF 的學生，學習自我效能顯著增強(環境→個人)，同時對於較深入的概念理解是有幫助的。在研究中也顯示，KR、KCR 對於學生的學習自我效能無顯著增加，但對於學習表現有顯著的進步，尤其是獲得 KCR 的組別。

本研究擬依據 Bandura 之 triadic reciprocity 模型，將數位學習教材中之回饋與信號設計視為環境因素，藉由奈米科技數位教材之設計，以了解學生對於奈米科技學習之自我效能(個人因素)，同時，再經過數位教材之使用後，學生對於奈米科技數位學習的自我調節表現影響(行為因素)，其研究模型圖如圖 2-3 所示。

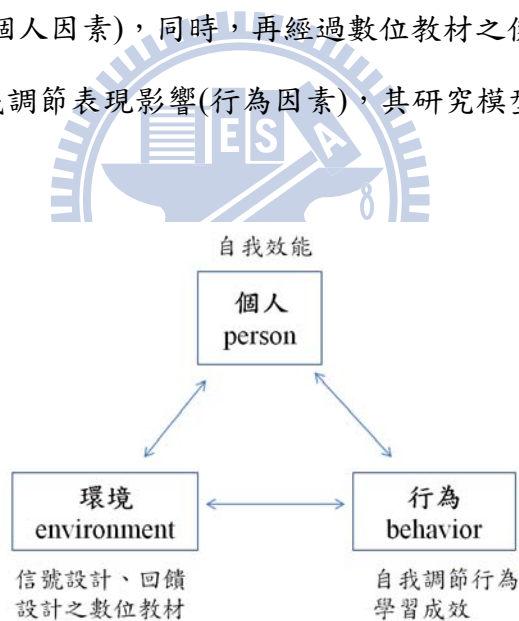


圖 2-3 依據 Bandura (1986)之 triadic reciprocity 模型設計之研究模型

## 第五節、 自我調節相關研究探討

自我調節在學習上，扮演著重要的角色。本研究將探討數位學習教材中，對於學生之自我調節學習是否有所影響。自我調節學習所包含之範圍甚廣，本節首先介紹自我調節之基本概念，並說明 Zimmerman (1997)所提出之自我調節六面向的模型，以作為本研究中研究面向。其後探討自我調節在多媒體學習中以及自我調節應用在回饋中之相關實驗研究。

### 壹、 自我調節的定義

自我調節學習指的是一個主動、有效益的歷程，藉以讓學習者在學習中設定目標，並且控制學習者的認知、動機、行為以及學習情境(Zimmerman, 1989)。

自我調節學習範圍廣泛，結合多元、複雜之現象(簡曉琳，2004)。從個人後設認知、動機、行為、環境，對於學習歷程皆有所影響(Zimmerman, 1986)。自我調節學習之概念由後設認知演變而成。後設認知可分成兩種，其一為後設認知知識，個人在歷經學習活動後，能夠明確瞭解所學知識之內容及意義。其二為後設認知技能，個人在學習歷程中的自我行為監控之心理歷程(張春興，2006)。後設認知在心理學界中受到不少討論，其後自我調節學習逐漸被重視(顧韶洵，2012)。1977年，學者 Bandura 由社會認知理論中提出自我調節的概念，認為個人具有自我指導、主動求知的能力，之後藉由自我觀察、個人經驗進行調整，其後由個人認知、情感、行為中進行引導(Bandura, 1977)。

Zimmerman (1994) 認為自我調節學習指的是學習者在達成學習目標的過程中，所產生的思想、情感與行動。早期之自我調節歷程包含自我觀察(自我監控)(self-observation, self-monitoring)、自我判斷(self-judgement)、自我反應(self-reaction)，三歷程間相互作用。自我觀察為個人對於自己的所作所為有正確的知覺，對於訂立標準或評估行為時有所幫助。自我判斷則依據自我標準與他人做比較，了解自己的表現，提供予自我反應之資訊。自我反應將決定後續的行動，自我反應有三種方式，行為的、個人的、環境的，因此，Bandura (1986)認為，

自我調節為行為、個人、環境的三元互動歷程。

Zimmerman (1989)將自我調節循環歷程歸納為三階段：預慮(fore-thought)、表現或意志控制(performance or volitional control)及自我省思(self-reflection)，其概念圖如下圖 2-4。

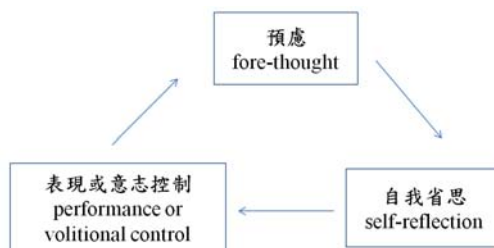


圖 2-4 自我調節循環歷程 (Zimmerman, 1989)

預慮為學習前的設定過程，與個人過去之學習經驗、信念有相關，此階段包含任務分析(task analysis)和自我動機信念(self-motivation beliefs)。任務分析易受到自我動機信念因素影響，使目標設定或策略計畫有所變化。任務分析包括目標設定(goal setting)與策略計畫(strategic planning)；自我動機信念則包含自我效能(self-efficacy)、個人興趣、價值觀等。

表現、意志控制階段中，為學生之學習表現行為，包含自我控制(self-control)與自我觀察(self-observation)。自我控制為學習者能夠心無旁騖，排除外界分心事物，專注於學習任務中，以維持預慮階段中所設定之目標、策略及動機。自我觀察指學習者對自己學習過程中的學習焦慮、環境、時間管理等因素有所知覺，進而調整。在學習過程中，學習者也將對於自己的學習過程進行自我監控(self-monitor)，以了解是否達成最初所訂立之目標。當達成目標後，學習者將進行自我判斷(self-judgment)。結合以往之學習經驗，對於學習結果進行評鑑，並了解影響達成目標成敗的歸因。而學習者對於學習成果的內心感受，稱為「自我反應」。

自我調節學習包含許多策略，為自我調節歷程中重要的技巧，其策略為：1. 時間策略，包含時間管理、時程表、規畫學習時間。2. 自我監控，包含目標設定、注意焦點、監控學習活動。

Winne 及 Hadwin (1998)指出，維持自我調節學習須包含四個要素：任務的定義、設定目標及達到預計目標的策略、策略的應用、對於未來類似情況的調適。同樣的，Zimmerman (2000)也提出四個自我調節學習歷程，包含自我評鑑與自我監控、目標設定、策略計畫與計畫實行。

自我調節歷程能夠改善學生的學習表現，並且增強學習自我效能(Schunk, 1995; Zimmerman, 1995)。學者 Zimmerman (2000)指出，自我調節能力與課業表現成就有高度的相關性。他比較低學習成就與高學習成就學生在自我調節歷程中所面臨到之狀況。其研究結果顯示，高學習成就之學生，自我調節能力較佳，能夠充分利用時間，設定符合自己能力或甚高的目標，並有良好的自我監控能力，同時具有較高之學習自我效能與學習效率。而低學習成就之學生則無法有效的控制自己的學習狀況，無法有效的管理時間，並且對於課業表現目標的訂立標準較低，無法在學習過程中有良好的自我監控能力，同時對於學習之自我效能低落、容易焦慮、學習效率較差(Zimmerman & Risemberg, 1997)。

為了解釋學習行為、動機歷程以及學習活動中的自我調節，Zimmerman 及 Risemberg (1997)提出自我調節研究的六個面向的概念模型。此六個主要面向分別為動機、方法、時間、表現、環境、社會等。此六個面向由原本的動機、方法、時間、表現四面向所延伸而來。表 2-5 為依據 Zimmerman 及 Risemberg (1997) 提出之自我調節概念六面向所整理而成。以下為自我調節六面向之相關介紹：

1. 動機(Motivation)：當遇到一項學習任務時，學習者必須自行決定是否參與該項學習任務，學習者對於該學習活動是否有所動機與動力。若教學者強迫學習者進行活動，將使學習者無法調整自己的動機。而影響自我調節行為的歸因在於內在動機或自我動機，例如，內在興趣或是尋求挑戰，這些歸因與



學習表現有高度相關性。內在動機在自我調節信念與歷程中，包含目標設定、自我效能、價值與歸因。若要提升學生之自我調節能力，必須讓學生了解這些信念與歷程。

2. 方法(Method)：使學生了解如何進行學習任務。例如，使用圖像或口語來記住美國每一洲的洲名。自我調節能力良好的學生，在方法面向中，能夠在進行學習任務之前，有能力規畫學習相關內容或計畫如何進行學習任務，例如，在寫一篇作文前，會勾勒大綱。學習者之規畫或計畫依完成之學習任務將有所調整，計畫經過調整後，學習者便可在每次類似的學習任務中，進行同樣的學習策略，使原本之計畫在日後成為例行性的學習策略。在調整的過程中，學習者會依情況結合個人經驗使用不同的學習策略。
3. 時間(Time)：自我調節的學生會規畫時間的分配並善用時間。時間的控制能力依學習者的年齡、年級不同而有所差異。以年紀較小的幼童來說，須由教學者密集的安排課程時間，以便於監控學習情況。而對於具有自我管理能力的大學生而言，便可依自己的需求、學習情況安排屬於自己的課程時間。此類的歸因在於時間性與效率，例如，在一定時間內完成功課。自我調節歷程包含時間管理、計畫與有效率完成學習任務的自我信念。
4. 表現(Performance)：對於表現之自我評估，此面向與自我調節學習者的行為表現有所關聯。為了調節個人的表現，學習者從回饋或學習結果中進行選擇、修正與調整。具有自我調節能力知學生能夠從學習表現結果中辨認學習狀況，並且改善情況，以調節成最理想的狀態。例如：有些學生會從老師所給予的回饋或是以前的表現中，來評斷這次的測驗表現如何，是否達到標準。影響對於學習表現所做之自我評估熟練程度之自我調節歷程包含自我監控、自我反應、自我指導與決定等。
5. 環境(Environment)：學生學習時，對於物理環境的調節，例如：學習地點或是教學設備的使用(電腦、錄音筆等)。大多數學生的主要學習環境為學校，

較無能力改變已設定好的學校環境。而有些人會在家裡進行學習活動，由於家裡常會有噪音、電視誘惑、缺乏學習資源等問題，因此，較無法控制此類學習環境。自我調節能力高之學生，會選擇對於自己有利的學習環境，排除外在干擾，以獲得較佳的學習情況，例如：選擇到圖書館念書，除了有安靜的學習空間，同時，也能擁有豐富的學習資源。

6. 社會(Social)：自我調節高的學生常會尋求外在資源，以利自己的學習，其尋找的對象多為同儕、教師、師長等；而自我調節低落的學習者通常會拒絕尋求外在的幫助，這是由於不確定要問什麼，以及不知要如何問。此面向之自我調節歷程包含典範的選擇、尋求教師或同儕的協助。

表 2-5 自我調節的概念六面向，改編自(Zimmerman & Risemberg, 1997)

基本問題	心理層面	任務狀況	自我調節歸因	自我調節信念與歷程
Why	動機(Motive)	選擇參與	內在或自我動機	目標設定
How	方法(Method)	控制方法	計畫的或例行的	學習策略
When	時間(Time)	控制時間限制	時間與效率	時間管理
What	表現 (Performance)	控制表現	自我表現與結果 覺知	自我監控
Where	環境 (Environment)	控制物理設定	環境感知與資源	環境結構
With whom	社會(Social)	控制社會環境	社會感知與資源	尋求資源

依據上述 Zimmerman & Risemberg (1997)提出之自我調節六個概念研究面向，本研究擬針對六面向中的自我調節信念與歷程進行研究，分別為目標設定、學習策略、時間管理、自我監控、環境結構、尋求資源，以了解在數位學習環境中，學生之自我調節學習是否有所影響，以及何種面向在數位學習環境中是有效果的。在科學學習中，為了要達成學習目標，學習者通常必須管理及評鑑自己的學習努力程度，透過科技工具的使用，例如，在情境式的學習環境中，利用探究式教學

(inquiry)與問題解決式學習(problem-based learning)進行科學概念的教學，研究結果顯示，情境式學習環境能夠增進自我調節學習能力(Manlove, Lazonder, & Jong, 2007)。本研究之教學內容為奈米科技，奈米科技為一新興科技議題，利用數位學習工具進行教學，是否對於自我調節能力有所影響。

## 貳、自我調節與多媒體學習理論

本節將探討自我調節在多媒體學習中所扮演之角色。多媒體學習環境中具有豐富、多元、有挑戰性之內容，由於學習者必須學會如何處理多媒體學習環境中，不同形式之大量訊息(例如：文字、圖片等)，以及對於從龐大資訊量中擷取、注意、檢核必要之學習內容，因此，多媒體學習環境能夠提升學習者的自我調節能力。在 Mayer (2005)的研究指出，參與者使用客製化之多媒體教材，建立起多媒體學習理論中的連貫或不連貫原則。在學者 Mayer 的研究中，大多著重於多媒體學習教材的可用性與學習者之學習行為、學習結果之研究，較少關於學習者自我調節的研究(Colombo & Antonietti, 2011)。在數位學習環境中，自我調節學習者將面臨與傳統課室學習不同的狀況(Zimmerman, 2000)。由於在數位學習環境中，有大量的可用資訊及引人入勝卻與學習內容較不相干的教材出現，例如，圖片、動畫等，這些將可能造成學習者認知過載，並使得學習者在控制、調節學習活動時出現障礙(Narciss, Proske, & Koerndle, 2007)。

Colombo 與 Antonietti (2011)為 24 位義大利大學生進行多媒體學習中自我調節策略與認知風格的相關研究，實際施行兩個不同主題的多媒體教學。在多媒體教材呈現形式方面，分為聽覺型與影像型兩種方式。研究結果顯示，僅有聽覺設計之教材，會使學習者對於學習內容較不熟悉，這是由於缺乏後設認知知覺，使得學習者無法從中判斷教材裡的教授內容。若將圖像增加於聽覺教材中，可增進學習內容的連貫性，較易於學習。在自我調節能力方面，透過多媒體教材之學習，使得參與者較有能力依據所遇之多媒體教材呈現之特色，進行學習策略之調整。

例如：聽覺教材組的學生，會要求授課者提供相關的圖片或說明。因此，Colombo 與 Antonietti (2011) 認為，多媒體學習環境能夠協助學習者對於授課主題、內容之了解有所進步，並且增進自我調節能力。

Olakanmi、Blake 與 Scanlon 等人 (2011) 針對英國 30 位 12~13 歲之中學生調查數位學習環境中，具有自我調節提示功能之教材，對於學生學習科學之課業表現與學習成效影響。研究結果指出，具有自我調節提示功能之教材，使學生對於化學反應速率變化之概念理解之學習表現較佳，且數位學習環境中之自我調節學習能提升學習成效。

李麗娟 (2010) 運用電子歷程檔案系統為國小學生進行簡報軟體之教學，以探討學生之學習成效以及對於自我調節學習策略的影響。研究結果顯示，利用電子歷程檔案系統進行教學，對於自我調節中之學習策略、後設認知策略、情感與環境控制、工作價值、任務調整、表現目標導向等構面，均無顯著之影響。然而，利用數位化之歷程檔案系統，可幫助學生提升對於簡報軟體學習之學習成效。

綜上所述，不同類型之多媒體學習教材以及不同之學習對象，對於自我調節能力皆有不同的影響與效果，因此，設計符合學習者能力、年紀及需求之多媒體學習教材為一重要的課題。

### 參、自我調節與回饋

本部分主要討論關於在數位學習中，自我調節與回饋的相關實驗研究。

Nicol 及 Macfarlan-Dick (2006) 依據自我建構知識、學習者為學習中心的概念，建立起強調自我調節的回饋模式，其回饋模式圖如圖 2-5。同時，提出七個良好回饋與自我調節發展的原則。

在此模式中，教師或教學者設定學習任務，即自我調節歷程中之目標設定，參與學習任務之時，學習者需具備先備知識及動機信念以建構個人對於任務需求、意義的詮釋，其後依據學習者的內在概念，建立屬於自己的任務目標。若學生與

教師之間的任務目標有落差，會使得學習者的目標較不明確。這些目標能形成學習策略、技巧等，以達成學習結果。學習結果可分成內在與外在，內在之學習結果指的是在學習過程中，學習者的認知、動機、情感有所改變，例如，對於學習自我效能的看法有所改變。而外在之學習結果則為可觀察的學習表現或是產生不同的學習行為。在學習過程中，學習者將會產生內部回饋通道，比較自己的學習歷程與既定的學習目標，並進行自我調節歷程，包含認知、動機、行為的調整，修正、判斷學習策略或改變動機信念。在外部回饋的部分，由教師、教學者、同儕、電腦、數位教材等提供，有可能與學習者的內在回饋相抵觸，因此，學習者必須主動了解接收到的外部回饋之意義，而教師也必須協助學生回應、解釋回饋所給予的意義，建構更加廣闊的學習模式。

Nicol 及 Macfarlan-Dick (2006)提出七個有助於提升自我調節能力、增進學習表現的回饋給予原則：1. 幫助學習者釐清什麼是好的表現(符合目標、指標、期望標準等)；2. 在學習中促進自我評估；3. 在學習時傳遞高品質的資訊給學生；4. 鼓勵教師與同儕在學習時互相討論；5. 鼓勵正向動機信念與自我價值；6. 給予補足實際學習現狀與目標表現落差的機會；7. 利用回饋資訊增進教學效果。



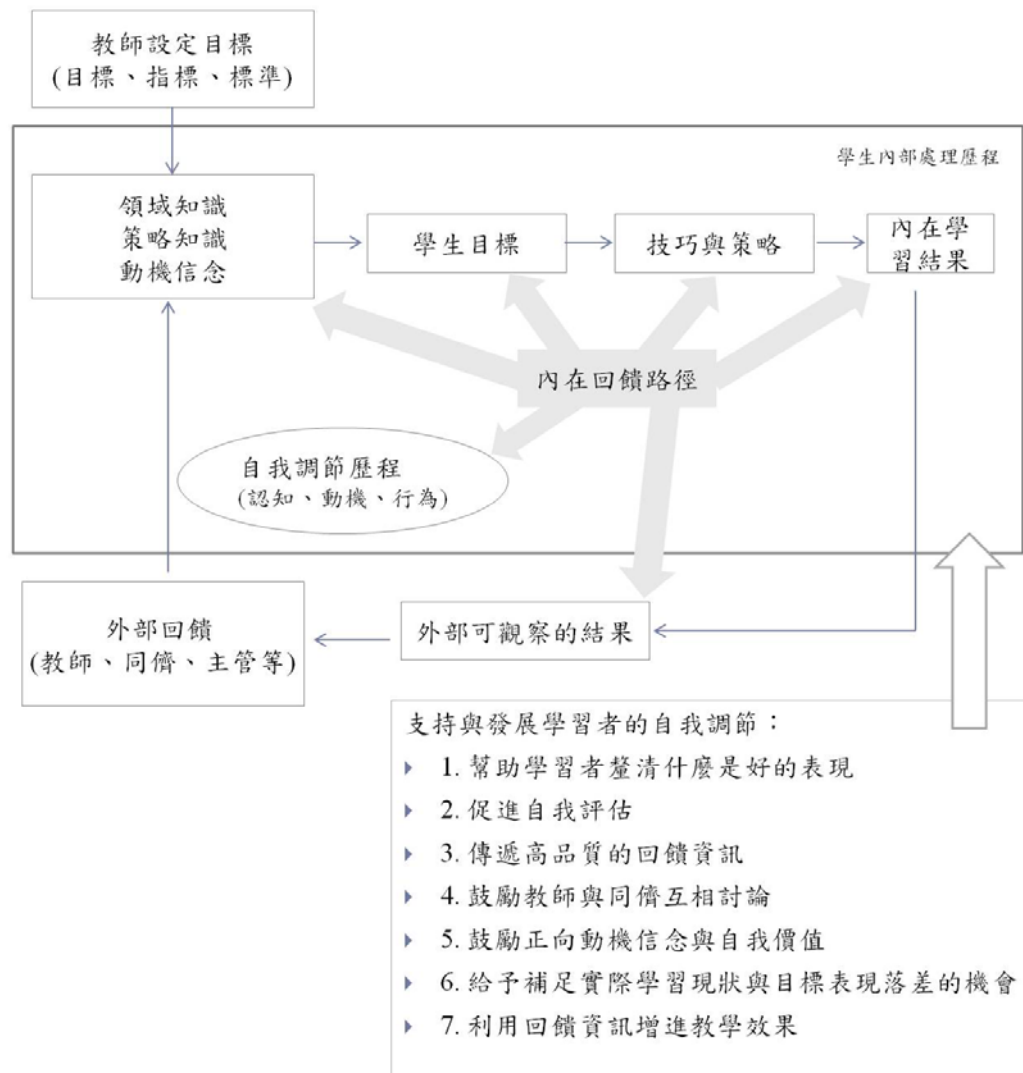


圖 2-5 強調自我調節的回饋學習模式(改編自祝新華，2012； Nicol & Macfarlan-Dick, 2006)

Hattie 及 Timperley (2007)指出一個有效的回饋內容必須能夠使教學者或學習者了解以下三點：目的是什麼？如何達成目標？必須執行什麼相關的活動以獲得更好的過程？此三點包含回饋所進行的不同層次，從任務、程序、自我調整至個人本身。成效最低之回饋，例如：「很好，你是個好學生。」，這句敘述性的回饋語句，便偏離以上 Hattie 及 Timperley 所指的三個要點。一個有效的回饋能夠將學生學習的層次從任務上引導至個人本身。

Moose (2011) 研究 65 位美國大學生在超媒體學習環境中，回饋對於自我調

節學習的影響。在研究中，先進行 30 分鐘之超媒體使用學習，其後將學習者隨機分為三組進行不同之學習任務，分別為控制組(無引導式問題，僅由教師進行授課)、問題組(此組有 4 個引導問題，在學習過程中無任何回饋，待學習者完成所有問題後，才有回饋)、問題+回饋組(此組亦包含 4 個引導問題，每完成一個問題，便立即產生回饋，回饋之內容為「正確」、「部分正確」及「不正確」)。研究結果顯示，問題組與問題+回饋組之自我監控能力比控制組較佳，問題組與問題+回饋組之學習者會回想、應用過去學習過之相關知識，並擬定策略，以解決學習任務。問題組的學生之思考策略較問題+回饋組豐富多元，這可能是由於在無即時回饋的狀況下，需靠自己的能力完成學習任務。

顧韶洵 (2012)利用即時回饋系統，探討國小三年級學生在數位學習環境中，對於數學學習態度與自我調節學習策略的影響，其所探討之自我調節面向為學前計畫、意志控制與監控省思三方面。其研究結果顯示，即時回饋系統對於學生之自我調節能力有正面影響，而自我調節的三個面向中之即時回饋系統對於學習者的意志控制未受影響，研究者推論為國小學生之自我調節能力尚未純熟。

由上述文獻所知，回饋對於自我調節能力扮演著重要的角色。回饋能夠提供學習者了解自己的學習狀況，並依據回饋內容調整學習方式，因此，善用回饋之特性，將能夠提升學習效果。

## 第六節、 小結

由本章之文獻探討可知，在現今的研究中，多媒體學習理論中之教材設計原則對於學習動機因素，如自我效能、自我調節等之相關實驗研究甚少，大部分之多媒體學習教材設計為針對學習成效、認知歷程、認知負荷等面向進行探討。除教材設計外，為讓學習者檢視在學習過程中吸取多少知識，本研究將增加測驗題與不同回饋類型之設計，以了解學習者在何種回饋類型之學習方式下，對於學習動機是有所幫助的。而在學習主題的部分，為讓學生增進對於新興科技議題之相

關知識，以及增進科學知識，選用奈米科技為教材設計內容，並藉此探討在數位學習環境中，對於學習奈米科技之相關學習動機因素是否有所影響或改變。另外，本研究亦將討論不同學習成就與不同自我調節能力之學生對於利用不同設計方式之數位學習教材進行奈米科技課程時，在學習成效與自我效能上是否有所影響，以了解在數位學習環境進行學習活動時，學習者本身之特質對於數位學習課程進行時之相關影響，並藉此在日後能夠針對不同對象，設計出符合不同學習者特質之數位學習教材。



### 第三章、 研究方法

本研究之目的為探討數位學習教材中信號設計與回饋設計對於國中學生學習奈米科技之自我效能、學習成效與自我調節能力是否有所影響。依據研究背景與文獻探討，進行準實驗研究法，以達成研究目的。

本章主要分為六節，第一節說明研究設計，包含研究架構、研究假設等；第二節則說明研究流程；第三節進行研究對象選取之說明；第四節為說明主要採取之研究工具；第五節則說明資料之處理與分析。

#### 第一節、 研究設計

本研究採用準實驗研究法，將四個常態分班之班級分為四組，其中實驗組三組及控制組一組。本研究自製奈米科技數位教材，以探討數位教材中的信號設計與回饋設計對於學習自我效能、學習成效與自我調節學習之影響。在本研究中，依據教材內容設計與練習題回饋之設計方式分為實驗組與控制組，整理如表 3-1 所示。實驗組為三組，A 組：信號設計組，數位教材中僅具有信號設計，而所提供之練習題，無任何回饋；B 組：無信號設計 + EF 回饋組，數位教材中無信號設計，並有練習題，每答完一題後，會立即給予詳盡回饋；C 組：信號設計 + EF 回饋組，數位教材中具有信號設計，並有練習題，每答完一題後，會立即給予詳盡回饋。控制組則為一組，在數位教材中無信號與無回饋之設計，以作比較。

本研究之自變項為信號設計與回饋設計之方式，依變項分別為奈米科技學習之自我效能、學生之自我調節能力與奈米科技學習成效。在進行施測之前，首先進行奈米科技知識之前測，以作為研究之共變項，確保受試者具同質性。其研究架構如圖 3-1 所示。

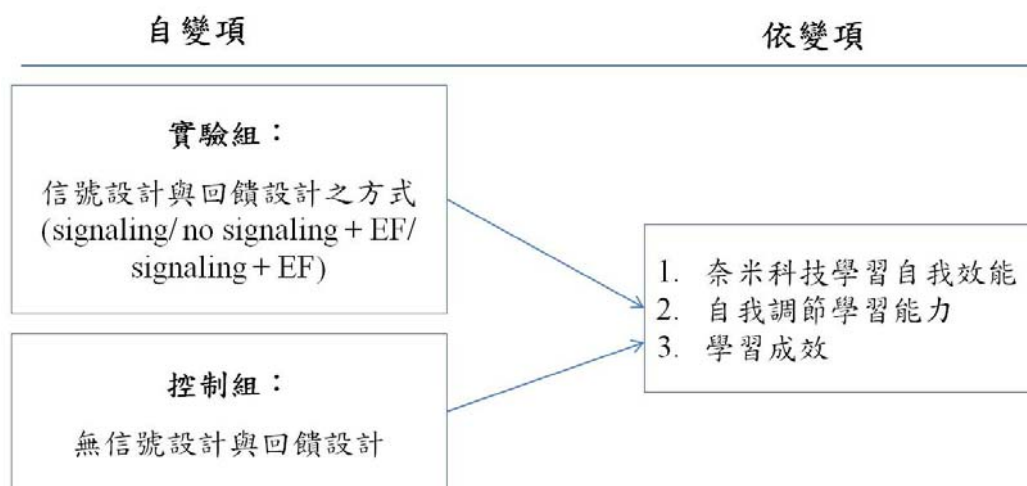


圖 3-1 研究架構

表 3-1 實驗組別

實驗組			控制組
A 組	B 組	C 組	D 組
信號設計組 + 無回饋	無信號設計 + EF 回饋	信號設計 + EF 回饋	無信號 無回饋
教材內容具有信號設計；並提供練習題，練習題無任何回饋	教材內容無信號設計；並提供練習題，每答完一題練習題後，提供詳盡回饋	教材內容具有信號設計；並提供練習題，每答完一題練習題後，提供詳盡回饋	教材內容無信號設計；並提供練習題，練習題無任何回饋

依據文獻探討與研究架構，本研究之主要研究目的如下：

1. 探討不同信號與回饋設計方式對於國中學生學習奈米科技之自我效能、學習成效與自我調節能力是否有所影響，以及學習前、後是否有所差異。
2. 探討在不同信號與回饋設計方式之數位學習教材中，不同學習成就之學生在學習前、後之學習成效是否有所改變。
3. 探討不同自我調節能力學生學習奈米科技自我效能是否有所差異。



## 第二節、 研究流程

本研究之研究流程如下圖 3-2 所示，其研究流程之說明如下：

準備階段：主題確立後，開始蒐集資料與進行文獻探討，並且進行預試，以了解學生對於奈米科技數位教材之期待與了解數位教材的哪些功能是學生可接受的。其後進行奈米科技自我效能量表、自我調節能力量表、數位學習教材易用性量表之編製與建立奈米知識測驗題，並針對量表進行專家審查，以建立專家效度。同時，依據實驗設計，設計四種不同類型之奈米科技數位教材，並由專家進行知識正確性之審查。

施測階段：先於課程前，選定實驗樣本，進行奈米科技自我效能、自我調節能力、奈米知識測驗前測，以了解學生之起點能力。之後，正式進行教學實驗。課程開始時，在學生使用進行數位教材前進行約 20 分鐘之說明，主要說明課程實施方式、教材使用方式、教材內容大綱與先備知識介紹。其後，由學生自行操作數位課程教材，研究者從旁給予協助並觀察，每堂課之課程教材操作時間約為 30~45 分鐘。研究時程為兩週，第二週之課程結束後，進行後測，由施測學生填寫奈米科技學習自我效能量表、自我調節學習量表、奈米知識測驗題及數位教材易用性量表，並輔以奈米科技線上課程學生回饋問卷之作答，以蒐集質化資料。實驗實施流程圖如圖 3-3，4 個實驗組別之施測流程皆相同。

施測完畢、資料蒐集完成後，則進行資料整理與分析，並進行論文之撰寫。

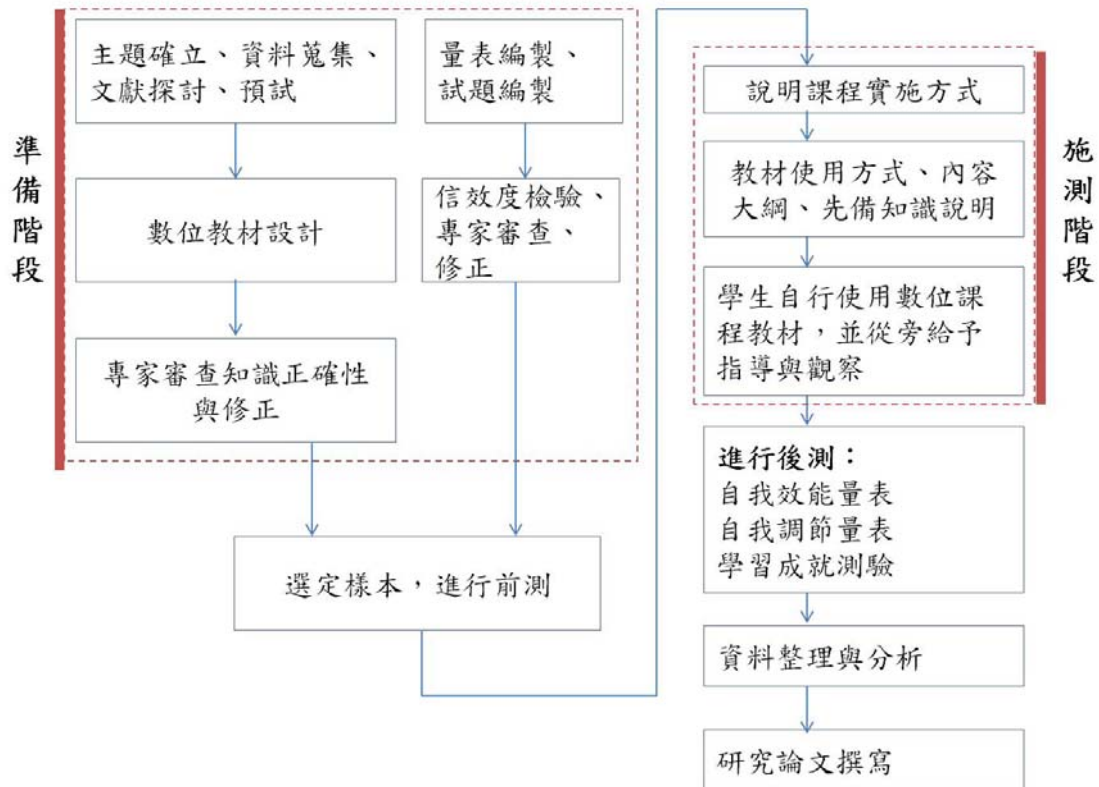


圖 3-2 研究流程圖



圖 3-3 實驗實施流程圖

### 第三節、 研究對象

本研究之研究對象為苗栗縣某鄉鎮國中八年級普通班學生約 95 人，並隨機分為四組。三組實驗組、一組控制組，每組實驗組人數各 24 人，控制組人數為 23 人。研究對象之平均年齡約為 14.1 歲，計有男生 59 人，女生 36 人。本研究於 101 學年度寒假期間進行施測。

### 第四節、 研究工具

在研究工具的部分，分為量表設計與教材設計兩個部分，本節將依此兩大部分進行說明與敘述：

#### 壹、 量表設計

##### 一、 奈米科技學習自我效能量表

在量表設計的部分，共分為奈米科技學習自我效能量表、自我調節量表、奈米知識前後測測驗題、數位學習教材易用性量表等。在量表的信度係數上來說，若 Cronbach's alpha 值在 .90 以上，表示該量表具高信度；.70~.90 為可接受之範圍；當 Cronbach's alpha 值低於 .60 時，則需重新修訂量表題目；低於 .35 以下則捨棄不用，表示該量表不具信度(Nunnally, 1978)。

奈米科技學習自我效能量表為依據 Pintrich、Smith、Garcia 與 McKeachie 等人(1991)之 MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire)量表編製而成。本研究選取該量表中之「期望成分：學習與表現自我效能」(Expectancy Component: Self-efficacy for Learning and Performance)的部分進行編製。該量表具內部一致性，Cronbach's alpha 值為 .93，並經專家效度審查。採用李克特氏(Likert)六點量表，選項自非常同意至非常不同意，共有 7 題。該量表之計分方式為非常同意=6、同意=5、有點同意=4、有點不同意=3、不同意=2、非常不同意=1。量表中主要為測量國中學生在數位學習環境中對於學習奈米科技之自我效能，例如：我有自信我可以了解這門課中奈米科技的基本概念；我確定我可以非常熟悉這門課中所教

的奈米科技知識等，本研究所採用自我效能量表題目如附錄一。

## 二、自我調節學習量表

自我調節學習量表為依據 Zimmerman (1997)自我調節概念六構面之模型進行設計，六個構面分別為目標設定(5 題)、環境結構(4 題)、學習策略(3 題)、時間管理(3 題)、尋求協助(4 題)、自我評鑑(4 題)，共 23 題，並且採用李克特氏六點量表 (非常同意=6、同意=5、有點同意=4、有點不同意=3、不同意=2、非常不同意=1)。本研究所使用之量表為依據由 Barnard、Lan、To、Paton 與 Lai 等人 (2009)編製之 OSLQ 量表 (Online Self-regulated Learning Questionnaire) 進行翻譯與改編，並經由專家效度審查而成。該量表之內部一致性信度為.90，每一構面之 Cronbach's alpha 值為.67 至.90，分別為目標設定( $\alpha = .86$ )、環境結構( $\alpha = .90$ )、學習策略( $\alpha = .67$ )、時間管理( $\alpha = .78$ )、尋求協助( $\alpha = .69$ )、自我評鑑( $\alpha = .78$ )。下表 3-2 為節錄本研究所使用之自我調節量表題目，詳細之自我調節量表題目如附錄一。

表 3-2 本研究之自我調節量表節錄

構面	題目
目標設定	在課程中，我會為老師指定的作業設定標準。
	我不會因為這個課程是以數位學習的方式進行而抱持著隨便的態度。
環境結構	如果可以的話，我會選擇避免使我分心的學習地點。
	我可以找到讓我感到很舒適的學習地點來學習這個課程。
學習策略	我會試著在學習過程中反覆閱讀、播放教材以讓我專心一致。
	如果有參加線上課程，我會在線上課程進行時做筆記，因為在線上課程中做筆記可以幫助理解，所以很重要。
時間管理	如果可以的話，我會分配額外的時間進行課程的學習，因為我知道上課的時間有限。
	雖然有些課程不是每天都上，但是我仍然會試著平均分配我的學習時間。
尋求協助	如果有其他同學對課程內容很了解，當我需要幫忙時，我會請教他們。
	當我發現困難時，我會試著尋找網路資源，以獲得和課程相關的補充知識。
自我評鑑	我會與我的同學互相討論，以了解我在這個課程學習的結果好不好。
	我會與我的同學互相討論，以找出我所學習到的東西和其他同學有何不同。

### 三、奈米知識測驗題

為了解透過信號與回饋設計之數位學習教材之使用後，學生之學習成效是否有所改變，本研究將進行奈米知識測驗，奈米知識測驗題之題目為研究者自編，測驗題之 Cronbach's Alpha 值為.994，並經兩位奈米科技教學專家效度審查，完整之測驗試題如附錄二。本研究採用奈米知識測驗題以了解學生經過實驗後之學習成效。奈米知識測驗題主要參考洪國展(2012)之「奈米學習成效測驗」，並且依據「教育部中北區奈米科技 K-12 教育發展中心系列叢書」之內容所改編而成，同時經過國中自然科學教師之潤飾。在實驗前，進行奈米知識測驗題前測；實驗後，則進行奈米知識測驗題後測，前、後測之試題相同，唯題目順序不同，以免受記憶效應影響。本研究透過奈米知識測驗題以檢視學習成效。

#### 1. 雙向細目分析表

在雙向細目分析表方面，依據 Bloom (1956)提出之雙向細目表進行編修，將奈米科技知識測驗題根據教材內容及教學目標分類，雙向細目表之分類如下表 3-3。

表 3-3 雙向細目表

教材內容	教學目標			題目總計	百分比
	知識	理解	應用		
由大到小	1	0	2	3	18.75%
蓮葉效應	1	1	0	2	12.50%
壁虎效應	0	2	1	3	18.75%
彩蝶效應	1	1	1	3	18.75%
生物羅盤	0	1	1	2	12.50%
生活應用	2	1	0	3	18.75%
總計	5	6	5	16	100%
百分比	31.25%	37.5%	31.25%	100%	

#### 2. 試題鑑別度與難易度分析

在試題鑑別度分析的部分，利用受試者之前測成績，以難度與鑑別度進行試題的篩選，並以 Ebel 及 Frisbie (1991)提出之鑑別度標準表(如表 3-4)，刪除鑑別度低於 0.2 之試題，並修改 0.2 至 0.3 之題目。平均鑑別度為 0.33，平均難易度



為 0.45。經過鑑別度分析後，刪除第 6 題(D=0.13)、第 8 題(D=0.07)、第 11 題(D=0.07)、第 13 題(D=0.13)、第 16 題(D= -0.13)、第 18 題(D=0.00)、第 20 題(D=0.07)及第 24 題(D=0.17)等 8 題，保留 16 個題目。刪題後之平均鑑別度為 0.46，平均難易度為 0.51。詳細資料如表 3-5、表 3-6。

### 3. 測驗題計分方式：

在本研究中，測驗題之計分方式採用每位受試者之答對率(即答對題數/ 總題數)來計算。

表 3-4 鑑別度與決策指標對照

鑑別度	決策指標
.40 以上	非常好的題目
.30 ~ .39 間	合理可用的題目，可能要細部修改
.20 ~ .29 間	邊緣的題目，通常需大幅修改

表 3-5 試題鑑別度與難易度分析

測驗試題	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
PH	0.63	0.63	1.00	0.73	0.87	0.70	0.77	0.70	0.77
PL	0.40	0.37	0.70	0.30	0.37	0.57	0.23	0.63	0.30
難易度	0.51	0.54	0.86	0.48	0.55	0.64	0.50	0.63	0.57
前測 D 值	0.23	0.27	0.30	0.43	0.50	0.13	0.53	0.07	0.47
刪題						刪除		刪除	

測驗試題	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18
PH	0.93	0.17	0.97	0.23	0.83	0.77	0.03	0.47	0.30
PL	0.17	0.10	0.37	0.10	0.37	0.13	0.17	0.27	0.30
難易度	0.49	0.17	0.67	0.18	0.57	0.43	0.10	0.32	0.24
前測 D 值	0.77	0.07	0.60	0.13	0.47	0.63	-0.13	0.20	0.00
刪題		刪除		刪除			刪除		刪除

測驗試題	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24			
PH	0.30	0.30	0.83	0.83	0.77	0.37			
PL	0.10	0.23	0.20	0.23	0.27	0.20			
難易度	0.18	0.30	0.50	0.54	0.46	0.32			
前測 D 值	0.20	0.07	0.63	0.60	0.50	0.17			
刪題		刪除				刪除			

表 3-6 刪題前、後之鑑別度與難易度平均值

刪題前		刪題後	
鑑別度平均值	0.33	鑑別度平均值	0.46
難易度平均值	0.45	難易度平均值	0.51

除此之外，由於本研究設計具有信號設計與回饋設計之奈米科技之數位學習教材，為了解學生對於該數位學習教材之使用性與滿意度，故進行教材易用性量表之問卷調查與學生回饋問卷進行量化與質化資料收集。教材易用性量表為依據 Nokelainen (2006) 及 Sung 與 Mayer (2012) 所編製之易用性量表 (usability questionnaire) 進行翻譯與刪題，並採用李克特氏六點量表。該量表將使用性分為使用容易性(ease of use, 0.84)、使用滿意度(satisfaction of use, 0.83)、課程架構察覺(awareness of lesson structure, 0.84)、課程架構察覺(awareness of lesson length, 0.85)、閱讀位置察覺(awareness of location, 0.86)、引導容易性(ease of navigation, 0.85)、課程全面性(lesson comprehension, 0.82)及課程學習(lesson learning, 0.84) 等 8 個面向，每個面向之 Cronbach alpha 值為 .80~.92，量表之信度係數(reliability coefficient)為 0.95，並經專家效度審查，採用李克特氏六點量表(非常同意=6、同意=5、有點同意=4、有點不同意=3、不同意=2、非常不同意=1)。教材易用性量表主要為針對學生對於數位學習教材之使用感受，例如：我認為這個數位教材的介面設計對我的課程內容閱讀及理解有幫助；我認為這個數位學習教材比其他的教材在閱讀內容上更容易了解等題目，本研究所採用之教材易用性量表如附錄一。

## 貳、教材設計

本研究主要依據文獻探討與研究設計，設計具有不同形式之信號與回饋設計之奈米科技數位學習教材。學習目標為使國中學生學會奈米科技之基本知識，能夠了解奈米科技相關議題。設計教材之主要使用軟體為 Microsoft PowerPoint

2007、Articulate Studio 2009 及 PowerCam 6 等。教材內容的部分，以圖片為主，文字為輔，並設有內容大綱，以讓學習者了解所學之大致內容。同時設有練習題，每題練習題附有不同形式之回饋方式，為研究變項。教材呈現之形式則為視覺與聽覺共同呈現，以圖象與旁白為主。本數位教材主要發佈於線上平台中，學習者能夠直接從線上觀看，教材網址：<http://www.camdemy.com/user/mswelfare>。

本研究所使用之教材為研究者依據「教育部中北區奈米科技 K-12 教育發展中心系列叢書」改編建置之數位學習教材，並且依照研究變項設計不同類型之數位學習教材。教材首頁之介面設計如圖 3-4 所示，將奈米科技之相關概念共分成六個主題進行介紹，分別為「由大到小」、「蓮葉效應」、「壁虎效應」、「彩蝶效應」、「生物羅盤」、「生活應用」。由大到小主要介紹尺度大小的轉換，讓學生從具體的圖像、概念中了解奈米是一個尺度大小的單位；蓮葉效應、壁虎效應、彩蝶效應、生物羅盤等主題為大自然中所隱藏的奈米相關現象，透過圖像及說明讓學生了解自然現象中包含的奈米相關概念；生活應用則介紹日常生活中目前所應用到與奈米科技相關概念之產品及未來奈米科技發展之可能性。當點擊學習主題後，即可進入學習頁面，如圖 3-5 所示，學習頁面主要有 3 個區塊，分別為主選單、功能列表區、教學內容顯示區。主選單列出各學習主題，學習者可自行點選欲學習之主題；功能列表區則以圖示上一頁、回首頁、下一頁，及顯示目前所在學習主題之頁數。



圖 3-4 教材首頁介面設計



圖 3-5 學習頁面

本研究所使用到之自變項為信號及回饋設計，將研究對象分為信號設計 + 無回饋組、無信號設計 + EF 回饋組、信號設計 + EF 回饋組、無信號設計 + 無回饋組等四組。在數位教材設計中，設計四個教學內容、練習題內容相同之教材，依不同之變項進行教材設計之編修。當學生觀看完教學內容後，可進入練習題之

畫面，進行習題演練，並針對不同之實驗組別，進行不同之回饋方式。圖 3-6 至圖 3-11 所列為同樣主題，具信號設計之學習內容與不具信號之學習內容對照。圖 3-6、圖 3-8、圖 3-10 為具信號設計之教學內容範例，圖 3-6 中介紹生命體中之結構大小排列，以灰色漸淡顯示以提及過之構造，並以藍色突顯正在演示中的內容；圖 3-8 以信號突顯需注意的部分；圖 3-10 則給予不同角度編號，以便辨識。圖 3-7、圖 3-9、圖 3-11 為不具信號設計之教學內容範例，圖 3-7 直接說明每張圖所代表之生物體構造，並無提示曾經提及過之構造；圖 3-9 未以信號突顯重要部分；圖 3-11 並未給予不同之角度編號，且未給予垂直線辨識角度。



圖 3-6 生命體結構大小排列-具信號設計  
註：以灰色漸淡顯示以提及過之構造，並以藍色突顯正在演示中的內容

圖 3-7 生命體結構大小排列-不具信號設計  
註：直接說明每張圖所代表之生物體構造，並無提示曾經提及過之構造



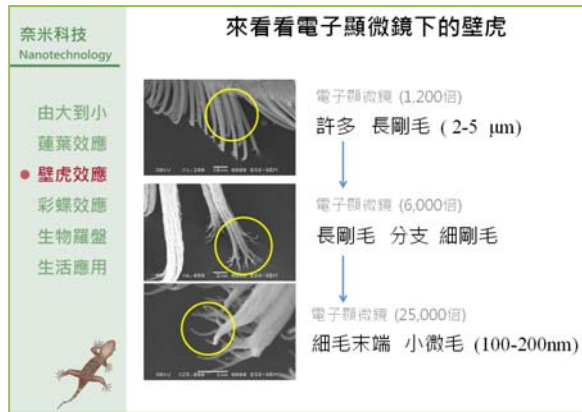


圖 3-8 電子顯微鏡下的壁虎-具信號設計  
註：以信號(圓圈、顏色、箭號)突顯需注意的部分

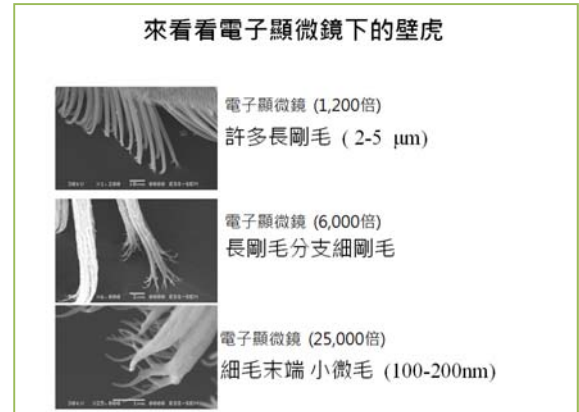


圖 3-9 電子顯微鏡下的壁虎-不具信號設計  
註：不使用信號設計

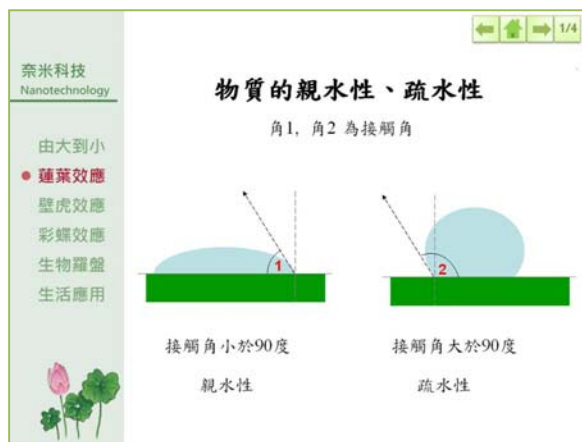


圖 3-10 親水性、疏水性-具信號設計  
註：給予垂直線及不同角度編號

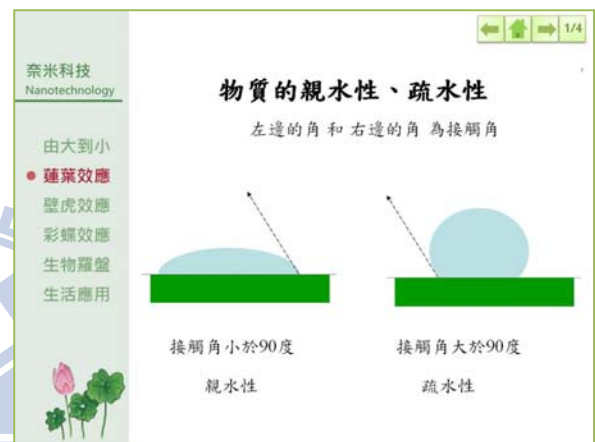


圖 3-11 親水性、疏水性-不具信號設計  
註：未給予垂直線及辨識角度

圖 3-12 至圖 3-13 所列为練習題中，不同形式之回饋方式。本研究所採用之練習題為單選題之形式，每題有四個選項供選擇，當學習者選擇完成後，即可按「提交」按鈕，之後便會出現回饋，不論對、錯皆會出現即時回饋。圖 3-12 所示為無回饋之頁面顯示方式，學習者答題完成後，將直接跳至下一題。圖 3-13 則為具 EF 之回饋方式，答題完成後，除出現對話視窗顯示對、錯外，學習者必須按下「老師的話」，閱讀詳細之解題說明後，才可進入下一題作答。



圖 3-12 無回饋之練習題頁面



圖 3-13 具 EF 回饋之頁面顯示方式

## 第五節、 資料處理與分析

施測完成後，本研究進行資料處理與分析，參考邱皓政 (2010)之量化統計分析方式，採用 SPSS 統計軟體第 17 版，詳細之研究目的及所使用之量化統計方法分述如下：

1. 研究樣本統計：描述性統計。
2. 不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之自我效能、學習成效與學生之自我調節能力之影響：共變數分析(ANCOVA)。

3. 不同實驗組別中，學習前、後之學習成效差異：成對樣本 t-test。
4. 不同學習成就之學生，使用不同信號與回饋設計方式之數位學習教材前、後之學習成效差異：成對樣本 t-test。
5. 不同自我調節能力之學生，使用不同信號與回饋設計方式之數位學習教材前、後，學習奈米科技之自我效能差異：獨立樣本 t-test。
6. 信號與回饋間是否具交互作用：二因子變異數分析(ANOVA)。

本研究所使用之統計方法包含描述性統計、ANCONA 共變數分析與成對樣本 t-test 等。關於奈米科技學習自我效能與自我調節能力之測量，以推論性統計進行資料處理與分析，主要採用獨立樣本單因子 ANCOVA 統計分析法，為確保研究對象之均質性，以前測表現作為共變項。透過推論性統計，以了解國中八年級學生再經過具信號與回饋設計之數位學習教材之使用後，對於奈米科技學習之自我效能及自我調節能力是否有所影響，並做概括性之描述。在檢視學習成效的部分，利用奈米知識測驗，針對研究對象回答測驗題之平均數和標準差進行資料分析，在試題的部分，進行鑑別度及信度之分析。在學生完成施測後，另以奈米科技線上課程學生回饋問卷進行質化資料之蒐集，以了解在數位學習環境中，研究對象對於學習奈米科技之相關看法。同時，利用數位教材易用性量表了解學習者對於此使用數位學習教材之相關評價。

## 第四章、 結果與討論

本章主要在於呈現實驗後之相關統計研究結果。本研究主要採用之統計工具為 SPSS 17 統計軟體。本章共有六小節，第一節主要利用描述統計，說明本研究之樣本數；第二節之重點為利用共變數分析了解不同信號與回饋設計方式間，對於學習者之奈米科技學習自我效能、自我調節能力及學習成效是否有所影響；第四節主要利用成對樣本 t-test 探討不同學習成就之學生在不同類型之數位學習教材中，其學習前、後之學習成效是否有所差異；第五節則採用獨立樣本 t-test 了解不同自我調節能力學生學習奈米科技自我效能之比較；第六節將呈現數位學習教材易用性之描述性統計分析及半開放式問卷之質性資料分析。

### 第一節、 描述性統計

在實驗實施之前，依據參與寒假輔導課之班級，將學生隨機分成 4 組，由於班級人數及寒假期間出席狀況的不同，各組之樣本數有些許差距。實驗組 A 之參與人數為 25 人，有效樣本數為 25；實驗組 B 之參與人數為 26 人，有效樣本數為 25；實驗組 C 之參與人數為 23 人，有效樣本數為 23；控制組之參與人數為 21 人，有效樣本數為 20；表 4-1 所示為各組之人數及有效樣本數。

表 4-1 樣本人數統計

組別	類型	人數	有效樣本數
實驗組 A	有信號設計 + 無回饋	25	24
實驗組 B	無信號設計 + EF 回饋	26	25
實驗組 C	有信號設計 + EF 回饋	23	23
控制組 D	無信號設計 + 無回饋	21	20
	總計	95	92

### 第二節、 不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之自我效能、學習成效與學生之自我調節能力之影響

本研究之主要之研究目的為，探討不同信號與回饋設計方式之數位學習教材

對於國中學生學習奈米科技之自我效能、學習成效與學生之自我調節能力是否有所影響。採用之統計方法為獨立樣本單因子共變數分析(ANCOVA)，相關之統計結果分述如下：

### 壹、受試者間之同質性檢定

在進行獨立樣本單因子共變數分析之前，首先進行受試者間之同質性檢定，以了解受試者之間是否同質。在本研究中，自變項為實驗組別(信號與回饋設計之方式)，共變項為前測之平均數。由表 4-2 之 Levene 的變異數同質性檢定可知， $F=1.076, p=0.363$ ，未達顯著性，接受虛無假設，表受試者間具同質性。由表 4-3 的組內迴歸係數同質性考驗的結果顯示，自變項與共變項之交互作用項  $F(3,84)=.265, p=.851$ ，未達顯著標準，表示各組內的共變項與依變項的線性關係具有一致性，亦即受試者間具同質性。

表 4-2 誤差變異量的 Levene 檢定等式

F	df1	df2	p
1.076	3	88	.363

表 4-3 受試者間效應項的檢定

來源	型 I 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
實驗組別	.054	3	.018	.634	.595
前測平均	.378	1	.378	13.304	.000
交互作用	.023	3	.008	.265	.851
誤差	2.389	84	.028		
總數	41.164	92			
校正後的總數	2.845	91			

### 貳、不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之自我效能之影響

經過同質性檢定後，接著比較 4 個實驗組別在施測後，對於學習奈米科技之自我效能是否有所差別。由表 4-4 之 ANCOVA 結果顯示，3 個實驗組及 1 個控



制組在組間無顯著差異( $F=.041, p=.989$ )，4 個組之平均數分別為 4.3750, 4.3714, 4.3106, 4.3429，以實驗組 A 之自我效能平均數最高。由此可見，在數位學習教材中，不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之自我效能無顯著影響。

表 4-4 自我效能之描述性統計及 ANCOVA 結果

Group	N	M	SD	Adjusted mean	SE	F	p
實驗組 A	24	4.3750	.93991	4.362	.176	.041	.989
實驗組 B	25	4.3714	.61307	4.389	.173		
實驗組 C	23	4.3106	.90725	4.303	.180		
控制組 D	20	4.3429	.95932	4.346	.192		
總數	92	4.3509	.84513				

#### 參、不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之學習成效之影響

表 4-5 所示為 4 個實驗組別在使用不同信號與回饋設計方式之數位學習教材後之學習成效 (後測成績) 比較。在描述性統計方面，實驗組 C (同時具信號及回饋設計) 之後測平均數最高 ( $M=0.68$ )，其次為控制組 D ( $M=0.66$ )、實驗組 A ( $M=0.63$ )，平均數最低者為實驗組 B ( $M=0.62$ )。由 ANCOVA 結果可知，4 個實驗組別之後測成績在組間無顯著差異( $F=.615, p=.607$ )。

表 4-5 學習成效之描述性統計及 ANCOVA 結果

Group	N	M	SD	Adjusted mean	SE	F	p
實驗組 A	24	.6276	.20480	.611 <sup>a</sup>	.035	.615	.607
實驗組 B	25	.6200	.15721	.632 <sup>a</sup>	.035		
實驗組 C	23	.6793	.15345	.672 <sup>a</sup>	.035		
控制組 D	20	.6594	.19394	.661 <sup>a</sup>	.038		
總數	92	.6454	.17680				

#### 肆、不同信號與回饋設計方式對於學生之自我調節能力之影響

在自我調節學習能力方面，由表 4-6 可知，4 個組別在經過不同設計方式之數位學習教材的使用後，自我調節能力無顯著差異( $F=.236, p=.871$ )。在本研究中

之數位學習教材中，不同之信號、回饋設計對於學習者之自我調節能力亦無顯著影響。

表 4-6 自我調節能力之描述性統計及 ANCOVA 結果

Group	N	M	SD	Adjusted mean	SE	F	p
實驗組 A	24	4.6167	.84340	4.613 <sup>a</sup>	.145	.236	.871
實驗組 B	25	4.4712	.53847	4.476 <sup>a</sup>	.142		
實驗組 C	23	4.4721	.63518	4.470 <sup>a</sup>	.147		
控制組 D	20	4.5696	.76472	4.570 <sup>a</sup>	.158		
總數	92	4.5308	.69283				

#### 伍、全體學生在使用此數位教材之前、後差異分析

利用成對樣本 t-test 檢測發現(如表 4-7)，不論各實驗組別，全體學生經過此奈米科技數位學習教材之課程後，在學習成效表現方面，前測成績與後測成績有顯著的進步( $t = -5.884, p < .001$ )。後測成績平均值為 0.69，較前測成績平均值 0.65 高。在奈米科技學習之自我效能及自我調節能力方面，整體學生在學習前、後無顯著差異( $t = -1.734; t = -0.838$ )。

表 4-7 全體學生前、後測差異之 t-test 結果

DV		M	N	SD	SE	t	p
自我效能	前測	4.1894	92	.80926	.08437	-1.734	.086
	後測	4.3509	92	.84513	.08811		
自我調節	前測	4.4679	92	.65021	.06779	-.838	.404
	後測	4.5308	92	.69283	.07223		
學習成效	前測	.5109	92	.21039	.02194	-5.884	.000***
	後測	.6454	92	.17680	.01843		

\*\*\* $p < .001$

#### 陸、不同實驗組別學生在使用此數位教材之前、後差異分析

依據不同實驗組別，分別進行成對樣本 t-test，以了解不同實驗組別之學生，在使用此數位學習教材前、後，對於學習奈米科技之自我效能、自我調節能力及

學習奈米科技知識之學習成效，是否有所改變。

表 4-8 所示為實驗組 A 學生之前、後差異。經過信號設計及無回饋設計之數位學習課程後，受試學生學習奈米科技之自我效能 ( $t = -0.835, p = 0.413$ )、自我調節能力 ( $t = -0.571, p = 0.574$ ) 及學習奈米科技知識之學習成效 ( $t = -1.850, p = 0.077$ ) 皆無顯著之變化。

表 4-8 實驗組 A (信號+無回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果

DV		M	N	SD	SE	t	p
自我效能	前測	4.1964	24	.93328	.19050	-.835	.413
	後測	4.3750	24	.93991	.19186		
自我調節	前測	4.5091	24	.75235	.15357	-.571	.574
	後測	4.6167	24	.84340	.17216		
學習成效	前測	.5469	24	.18997	.03878	-1.850	.077
	後測	.6276	24	.20480	.04180		

表 4-9 所示為實驗組 B 學生之前、後差異。經過無信號且具回饋設計之數位學習課程後，受試學生對於學習奈米科技之自我效能 ( $t = -1.329, p = 0.196$ )、自我調節能力 ( $t = -0.264, p = 0.794$ ) 皆無顯著之變化。在學習奈米科技知識之學習成效方面，學習前、後有顯著的進步 ( $t = -3.539, p < .01$ )，學習後之後測平均數為 0.62，顯著高於學習前之前測平均數 0.46。就本研究而言，具回饋設計之數位學習教材，可提升學習成就。

表 4-9 實驗組 B (無信號+回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果

DV		M	N	SD	SE	t	p
自我效能	前測	4.1371	25	.76984	.15397	-1.329	.196
	後測	4.3714	25	.61307	.12261		
自我調節	前測	4.4330	25	.62409	.12482	-.264	.794
	後測	4.4712	25	.53847	.10769		
學習成效	前測	.4625	25	.22023	.04405	-3.539	.002**
	後測	.6200	25	.15721	.03144		

\*\* $p < .01$

表 4-10 所示為實驗組 C 學生之前、後差異。經過同時具信號與回饋設計之數位學習課程後，受試學生對於學習奈米科技之自我效能 ( $t = -1.306, p = 0.205$ )、自我調節能力 ( $t = -0.46, p = 0.963$ ) 皆無顯著之變化。在學習奈米科技知識之學習成效方面，學習前、後有顯著的進步 ( $t = -3.617, p < .01$ )，學習後之後測平均數為 0.68，顯著高於學習前之前測平均數 0.53。具信號與回饋設計之數位學習教材，對於學習成就有所影響。

表 4-10 實驗組 C (信號+回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果

DV		M	N	SD	SE	t	p
自我效能	前測	4.0807	23	.84606	.17642	-1.306	.205
	後測	4.3106	23	.90725	.18917		
自我調節	前測	4.4669	23	.55233	.11517	-.046	.963
	後測	4.4721	23	.63518	.13244		
學習成效	前測	.5326	23	.19753	.04119	-3.617	.002**
	後測	.6793	23	.15345	.03200		

\*\* $p < .01$

表 4-11 所示為控制組 D 學生之前、後差異。在無信號且無回饋設計之數位學習課程後，受試學生對於學習奈米科技之自我效能 ( $t = 0.16, p = 0.874$ )、自我調節能力 ( $t = -0.713, p = 0.485$ ) 皆無顯著之變化。在學習奈米科技知識之學習成效方面，學習前、後有顯著的進步 ( $t = -2.772, p < .05$ )，學習後之後測平均數為 0.66，顯著高於學習前之前測平均數 0.5。

表 4-11 實驗組 D (無信號+無回饋組) 學生前、後測差異之 t-test 結果

DV		Mean	N	SD	SE	t	p
自我效能	前測	4.3714	20	.67230	.15033	.160	.874
	後測	4.3429	20	.95932	.21451		
自我調節	前測	4.4631	20	.70048	.15663	-.713	.485
	後測	4.5696	20	.76472	.17100		

	DV	Mean	N	SD	SE	t	p
學習成效	前測	.5031	20	.23776	.05316	-2.772	.012*
	後測	.6594	20	.19394	.04337		

\* $p < .05$

### 第三節、不同學習成就之學生在使用數位教材前、後之學習成效比較分析

綜合第一節之第三節之研究結果可知，將四種不同信號與回饋設計方式之數位學習教材做比較，對於學生學習奈米科技之自我效能、學習成效及自我調節能力皆無顯著影響。若分別將四個實驗組別進行施測前、後之成對樣本 t-test，由結果可知，除實驗組 A (信號+無回饋)外，其餘組別之學習成效在學習前、後皆有顯著進步；而四組學生之自我效能及自我調節能力在學習前、後皆無顯著改變。除了數位學習教材之設計方式外，為進一步了解此數位學習教材適用於何種類型之學習對象，本研究將學生本身之學習成就列入考量之因素，以了解不同學習成就之學生，使用不同類型之數位學習教材前、後，其學習效果是否有所不同。另外，由第一節之相關性分析可知，信號及回饋設計方式對於學生之自我效能及自我調節能力皆無顯著相關，因此，本節不討論不同學習成就之學生，在使用不同信號及回饋設計方式之數位學習教材前、後，其自我效能及自我調節能力是否有所差異。

#### 壹、學生之學習成就分組

受測全體學生依據國中二年級 101 學年度第 1 學期之整體學期平均分數，將學生之學習成就分組，高於平均分數( $M = 68.49$ )之前 1/2 者為高學習成就組，低於平均分數之 1/2 者為低學習成就組。受限於樣本人數之關係，因此僅將全體學生分為高學習成就及低學習成就兩組。同時，依據信號設計與回饋設計之有無，將 4 個實驗組別依不同屬性相合併。由表 4-12 之二因子變異數分析(ANOVA)結果得知，信號與回饋兩個變項間無顯著交互作用，顯示信號與回饋兩個變項不互



相影響。本實驗中，將實驗組 A 與實驗組 C 合併為具信號設計組；實驗組 B 與控制組 D 為無信號設計組；實驗組 B 與實驗組 C 為具回饋設計組；實驗組 A 與控制組 D 為無回饋設計組。表 4-13 所示為各類型數位學習教材之高學習成就與低學習成就之人數。在具信號設計組別中，高學習成就組 22 人，低學習成就組 25 人；在無信號設計組別中，高學習成就組 24 人，低學習成就組 21 人；在具回饋設計組別中，高學習成就組 27 人，低學習成就組 21 人；在無回饋設計組別中，高學習成就組 19 人，低學習成就組 25 人。

表 4-12 二因子變異數分析摘要表

來源	型 III SS	df	平均平方和	F	p
A (信號)	.082	1	.082	.321	.572
B (回饋)	.357	1	.357	1.402	.240
A × B	.097	1	.097	.380	.539
誤差	22.437	88	.255		
總數	230.000	92			

表 4-13 各類型數位學習教材之高學習成就與低學習成就之人數

組別	高學習成就組(人)	低學習成就組(人)
具信號設計組 (A+C)	22	25
不具信號設計組 (B+D)	24	21
具回饋設計組 (B+C)	27	21
不具回饋設計組 (A+D)	19	25

## 貳、不同學習成就學生在具信號設計之數位教材學習成效比較

表 4-14 為在具信號設計之數位學習教材中，不同學習成就學生之前、後測成績比較。低學習成就學生在使用此數位學習教材後，後測平均數有顯著提升( $t = -2.255, p < .05$ )。低學習成就學生之平均數由前測平均數 0.465，提升至 0.565。在高學習成就學生方面，經過具信號設計之數位學習課程後，前、後測成績達顯著差異( $t = -3.182, p < .01$ )。高學習成就學生由前測平均數 0.625 顯著進步至 0.753。

表 4-14 不同學習成就學生在具信號設計組別之前、後學習成效比較

		<i>M</i>	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低學習成就	前測	.4650	25	.15318	.03064	-2.255	.034*
	後測	.5650	25	.17351	.03470		
高學習成就	前測	.6250	22	.19858	.04234	-3.182	.004**
	後測	.7528	22	.13429	.02863		

\* $p < .05$     \*\* $p < .01$

### 參、不同學習成就學生在無信號設計之數位教材學習成效比較

表 4-15 所示為在無信號設計之數位學習教材中，不同學習成就學生之前、後測成績比較。低學習成就學生在使用此數位學習教材後，後測平均數有顯著提升 ( $t = -3.662, p < .01$ )。低學習成就學生之前測平均數為 0.372，後測平均數明顯提升至 0.548。在高學習成就學生方面，經過無信號設計之數位學習課程後，前、後測成績達顯著差異 ( $t = -2.777, p < .05$ )。高學習成就學生由前測平均數 0.576 進步至 0.716。

表 4-15 不同學習成就學生在無信號設計組別之前、後學習成效比較

		<i>M</i>	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低學習成就	前測	.3720	21	.18273	.03987	-3.662	.002**
	後測	.5476	21	.18425	.04021		
高學習成就	前測	.5755	24	.22115	.04514	-2.777	.011*
	後測	.7161	24	.11941	.02437		

\* $p < .05$     \*\* $p < .01$

### 肆、不同學習成就學生在具回饋設計之數位教材學習成效比較

在具回饋設計之數位學習教材中，由表 4-16 之成對樣本 t-test 結果發現，低學習成就學生在使用此數位學習教材前、後，學習成效有顯著差異 ( $t = -5.331, p < .001$ )。低學習成就學生由前測平均數 0.363，明顯提升至後測平均數 0.574。在高學習成就學生方面，在具有回饋設計之數位學習課程中，前、後測成績達顯

著差異( $t = -2.541, p < .05$ )。高學習成就學生由前測平均數 0.596 進步至 0.706。

表 4-16 不同學習成就學生在具回饋設計組別之前、後學習成效比較

		<i>M</i>	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低學習成就	前測	.3631	21	.13202	.02881	-5.331	.000***
	後測	.5744	21	.15514	.03386		
高學習成就	前測	.5995	27	.20309	.03908	-2.541	.017*
	後測	.7060	27	.13406	.02580		

\* $p < .05$       \*\*\* $p < .001$

#### 伍、不同學習成就學生在無回饋設計之數位教材學習成效比較

在無回饋設計之數位學習教材中，由表 4-17 之成對樣本 t-test 結果發現，低學習成就學生在使用此數位學習教材前、後，學習成效無顯著差異( $t = -1.491, p = 0.149$ )，其前測平均數為 0.473，後測平均數為 0.543。在高學習成就學生方面，在無回饋設計之數位學習課程中，前、後測成績達顯著差異( $t = -3.438, p < .01$ )。高學習成就學生由前測平均數 0.599 進步至 0.773。

表 4-17 不同學習成就學生在無回饋設計組別之前、後學習成效比較

		<i>M</i>	<i>N</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低學習成就	前測	.4725	25	.18757	.03751	-1.491	.149
	後測	.5425	25	.19492	.03898		
高學習成就	前測	.5987	19	.22469	.05155	-3.438	.003**
	後測	.7730	19	.10666	.02447		

\*\* $p < .01$

#### 陸、小結

本節主要討論不同學習成就學生使用不同設計方式之數位學習教材，其學習成效在學習後是否有所差異。對於低學習成就之學生而言，使用具信號及無信號設計之數位學習教材皆可提升學習成效。同時，低學習成就學生使用具回饋之數

位學習教材時，在學習前、後，有顯著進步；低學習成就學生使用無回饋之數位學習教材時，在學習前、後，無顯著差異。就高學習成就學生而言，不論是否使用具信號設計之教材，在學習前、後皆有進步，且達顯著差異；同時，在具回饋與無回饋之數位學習教材中，高學習成就之學生在課程前、後，皆有進步，且達顯著差異。

#### 第四節、不同自我調節能力學生學習奈米科技自我效能之比較分析

本研究主要之研究目的在於探討不同信號、回饋設計方式之數位學習教材對於學生學習奈米科技之自我效能、學習成效及自我調節能力是否有所影響。由 Zimmerman (1995) 之研究可知，自我調節能力與自我效能具相關性。除了數位學習教材設計方式、學生本身學習成就外，為了解何種因素會影響學生之自我效能，在本節中，將學生本身之自我調節能力列為考量因素之一，以探討在不同類型之數位學習教材中，不同自我調節能力之學生，對於學習奈米科技之自我效能是否有所影響。

##### 壹、自我調節能力分組

在自我調節能力分組方面，依據受測全體學生在由本研究編製之「自我調節量表」前測表現進行分組。由於受限於樣本人數之關係，因此僅將全體學生分為低自我調節能力組及高自我調節能力組兩組。以平均數為基礎，將低於平均數 ( $M=4.47$ ) 之 50% 受試者為低自我調節能力組，高於平均數之 50% 受試者為高自我調節能力組。表 4-19 所示為各類型數位學習教材之高自我調節能力與低自我調節能力之人數。在具信號設計組別中，高自我調節能力組 21 人，低自我調節能力組 26 人；在無信號設計組別中，高自我調節能力組 25 人，低自我調節能力組 20 人；在具回饋設計組別中，高自我調節能力組 21 人，低自我調節能力組 27 人；在無回饋設計組別中，高自我調節能力組 25 人，低自我調節能力組 17 人。

表 4-18 高自我調節能力與低自我調節能力之人數

組別	高自我調節能力組(人)	低自我調節能力組(人)
具信號設計組 (A+C)	21	26
無信號設計組 (B+D)	25	20
具回饋設計組 (A+D)	21	27
無回饋設計組 (B+C)	25	19

## 貳、不同自我調節能力學生在具信號設計數位學習教材中，學習奈米科技之自我效能比較

在具信號設計之數位學習教材中，由表 4-19 所示，高自我調節能力之學生，在經過課程後，其對於學習奈米科技之自我效能較低自我調節能力之學生佳，且具顯著差異( $t = -2.274, p < .05$ )。高自我調節能力組之自我效能平均數為 4.667，低自我調節能力組之自我效能平均數為 4.082。

表 4-19 不同自我調節能力學生在具信號設計組別之自我效能比較

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低自我調節能力	26	4.0824	.89550	.17562	-2.274	.028*
高自我調節能力	21	4.6667	.85037	.18557		

\*  $p < .05$

## 參、不同自我調節能力學生在無信號設計數位學習教材中，學習奈米科技之自我效能比較

在無信號設計之數位學習教材中，由表 4-20 所示，經過課程後，對於學習奈米科技之自我效能方面，高自我調節能力之學生與低自我調節能力之學生無顯著差異( $t = -1.948, p = 0.058$ )。高自我調節能力組之自我效能平均數為 4.554，低自我調節能力組之自我效能平均數為 4.114。



表 4-20 不同自我調節能力學生在無信號設計組別之自我效能比較

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低自我調節能力	20	4.1143	.63652	.14233	-1.948	.058
高自我調節能力	25	4.5543	.83332	.16666		

#### 肆、不同自我調節能力學生在具回饋設計數位學習教材中，學習奈米科技之自我效能比較

在具回饋設計之數位學習教材中，由表 4-21 所示，高自我調節能力之學生，在經過課程後，其對於學習奈米科技之自我效能較低自我調節能力之學生佳，且達顯著差異( $t = -2.39, p < .05$ )。高自我調節能力組之自我效能平均數為 4.626，低自我調節能力組之自我效能平均數為 4.122。

表 4-21 不同自我調節能力學生在具回饋設計組別之自我效能比較

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低自我調節能力	27	4.1217	.80491	.15491	-2.390	.021*
高自我調節能力	21	4.6259	.60521	.13207		

\* $p < .05$

#### 伍、不同自我調節能力學生在無回饋設計數位學習教材中，學習奈米科技之自我效能比較

在無信號設計之數位學習教材中，由表 4-22 所示，經過課程後，對於學習奈米科技之自我效能方面，高自我調節能力之學生與低自我調節能力之學生無顯著差異( $t = -1.907, p = 0.063$ )。高自我調節能力組之自我效能平均數為 4.589，低自我調節能力組之自我效能平均數為 4.06。

表 4-22 不同自我調節能力學生在無回饋設計組別之自我效能比較

	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
低自我調節能力	19	4.0602	.77710	.17828	-1.907	.063
高自我調節能力	25	4.5886	.99857	.19971		

由本節之研究結果可知，在具信號設計或是具回饋設計之數位學習教材中，高自我調節能力學生較低自我調節能力學生，有較佳之學習奈米科技之自我效能。在無信號設計或是無回饋設計之數位學習教材中，對於學習奈米科技之自我效能方面，高自我調節能力學生與低自我調節能力學生無顯著差異。

## 第五節、數位學習教材易用性及質化資料分析

本研究之主要目的在於探討在數位學習教材中，不同信號、回饋設計對於學生學習奈米科技知自我效能、自我調節及學習成效之相關影響。除此之外，為了解此數位學習教材是否容易讓學習者使用及進行學習，因此進行數位學習教材易用性之問卷調查，以作為日後數位學習教材設計參考之用。同時，為了解本研究之受試者對於此種課程方式及學習教材內容之相關想法，本研究針對全體受試者進行奈米科技線上學習學生回饋問卷之調查，主要採用質化資料呈現。

### 壹、數位學習教材易用性

在數位學習教材易用性之調查中，整體平均值為 4.56，介於有點同意與同意之間。由表 4-23 可知，在數位學習教材易用性之調查中，平均值最高之項目為「我認為這個數位教材中提供的資訊可以幫助我閱讀及了解課程內容。」(M=4.74)；其次為「我認為這個數位教材的介面設計對我的課程內容閱讀及理解有幫助。」(M=4.71)；再者為「我可以容易了解如何使用這個數位教材。」(M=4.7)。由此可見，本研究之數位學習教材在內容提供、介面設計及操作上皆能夠使使用者滿意。平均值最低之項目為「當我一看到這個教材時，我可以立刻知道整個課程的架構。」(M=4.29)，由此可知，在課程架構上仍需加強，過於複雜之課程架構容易造成學習者的學習負擔。

表 4-23 教材易用性調查

Item	M
1. 我認為這個數位教材的介面設計對我的課程內容閱讀及理解有幫助。	4.71
2. 我可以容易了解如何使用這個數位教材。	4.70
3. 我認為這個數位學習教材比其他的教材在閱讀內容上更容易了解。	4.61
4. 我認為這個數位學習教材比其他的教材在閱讀內容上花更少的時間。	4.59
5. 在這個數位學習教材中，我對於教材裡的內容很有興趣。	4.43
6. 當我一看到這個教材時，我可以立刻知道整個課程的架構。	4.29
7. 我可以很容易清楚知道在這個數位學習教材中，每一頁大概的字數與分配。	4.35
8. 我認為螢幕中的空間分配可以幫助我閱讀與了解課程。	4.68
9. 我認為這個數位教材中提供的資訊可以幫助我閱讀及了解課程內容。	4.74
10. 我認為這個教材中的介面設計可以幫助我學習與記住每個主題。	4.51
11. 我認為這個教材中的選單設計可以幫助我學習與記住課程內容。	4.54
總計	4.56

在教材易用性問卷(Usability Questionnaire)調查表中，共包含 6 個針對數位學習教材易用性之項目，分別為使用容易度、使用滿意度、課程結構與長度、引導性、課程連貫性與課程學習等。在本研究之數位學習環境中，共有 4 種不同之方式，分別為具信號設計、無信號設計、具回饋設計、無回饋設計。經過課程後，對受試者實施教材易用性之調查，以了解使用者對於此種數位學習教材設計之相關意見，調查結果如表 4-24。在信號設計方面，使用容易度、使用滿意度、課程連貫性皆為具信號設計組之平均數較高；而引導性、課程學習則為無信號設計組之平均數較高，由此可知，具信號設計之數位學習教材雖然具有容易閱讀、介面設計良好等優點，但在課程引導性與選單設計上仍需加強。在回饋設計方面，使用容易度、使用滿意度、引導性、課程連貫性及課程學習上，皆為具回饋設計組之平均數較高；而在課程結構、長度上，則為無回饋設計組之平均數較高，由此可知，具回饋設計之數位學習教材具有容易閱讀、介面設計良好、容易引導學習、容易幫助理解與記憶等優點。由於本研究採用之回饋設計之類型為詳盡式回饋，

容易使學習者在閱讀時，失去耐心閱讀，因此在課程內容長度上，需加以改進，並以容易閱讀為目標，使學習者有繼續閱讀之動機。

表 4-24 各種信號及回饋設計方式在教材易用性量表中各面向的平均數

項目	具信號	無信號	具回饋	無回饋
使用容易度(ease of use)	4.76	4.64	4.78	4.61
使用滿意度(ease of satisfaction)	4.59	4.50	4.59	4.49
課程結構、長度(awareness of lesson structure, length)	4.30	4.30	4.31	4.33
引導性(navigation)	4.68	4.69	4.75	4.61
課程連貫性(lesson comprehension)	4.79	4.69	4.81	4.66
課程學習(lesson learning)	4.45	4.61	4.54	4.51
整體平均	4.6	4.57	4.63	4.54

## 貳、質化資料分析

本研究中，針對研究對象進行奈米科技線上課程學生回饋問卷(如附錄三)之調查，以了解學生在使用完數位學習教材後之相關意見與心得，並將之與前五節之結果做對照與驗證。在奈米科技線上課程學生回饋問卷中，包含開放式與半開放式問題，透過開放式與半開放式問題，可得知學生對於透過數位學習教材學習奈米科技之相關看法及想法。

### 1. 學生對於的內容喜好程度，及對各學習單元的理解程度

在本研究所使用之數位學習教材中，有 35.71% 的學生最喜歡「壁虎效應」單元，由此可見，對國中學習階段的學生而言，越容易在日常生活中看到的事物，越能夠引起學生的注意力及好奇心。在問卷中，有學生回答：

「壁虎效應，因為我以前一直很想了解壁虎是怎麼爬牆的。」(學生 A2)

「壁虎效應，很有趣，了解很多一般人不會注意的地方。而那些地方是很特別的。」(學生 C7)

「壁虎效應，它有很多部分滿有趣的。」(學生 A5)

同時，12.5% 的學生表示最喜歡「蓮葉效應」單元；8.93% 的學生喜歡「彩蝶

效應」單元；5.36%喜歡「由大到小」單元；3.57%的學生喜歡「生物羅盤」單元。除了對於線上學習中，對於各單元的理解或學習心得外，有學生表達了對於某些現象的應用層面，表示部分學生對於所學知識有所理解，並且能夠舉一反三。雖然有學生對於奈米相關知識仍存在迷思概念(如學生 C10，認為奈米是一種物質)，但卻能舉出奈米相關的應用實例。

「蓮葉效應，因為蓮葉上有奈米，所以就不怕髒了，如果人身上有這種結構的話，人們就再也不用怕髒了。」(學生 C10)

「蓮葉效應，原來蓮葉上的水珠是因為有奈米組織突起，水珠才不會散掉。」(學生 A8)

「蓮葉效應，了解蓮葉的親、疏水性。」(學生 B13)

「蝴蝶效應，由多種角度看會出現不同顏色，感覺很神奇。」(學生 B9)

「彩蝶效應，因為它的原理我覺得很酷。」(學生 C3)

「由大到小排列，原來還有更小的分子」(學生 B10)

「生物羅盤，很想應用在人類身上。」(學生 C7)

## 2. 學生對於教學方式的喜好程度

除了教材的內容外，亦有 7.14%學生提到教學方式和一般傳統教學方式的不同，並且喜歡此種教學方式。

「用電腦看影片，很有趣。」(學生 A10)

「教學方式、聲音清晰、清楚、有活力。」(學生 B16)

## 3. 學生的動機

當學生完成此線上數位學習課程後，72%的學生表示會想繼續了解奈米科技的相關概念，對於學習奈米科技之動機是存在的，由此可見，透過此數位學習教材的使用，可增進學生對於奈米科技的學習動機。同時，在想要繼續了解奈米科技概念的學生中，大部分皆表示會使用網路資源去搜尋奈米科技相關概念的資料，有 1 位學生表示會想聽和奈米科技有關的演講，也有學生提到會透過看書、去圖書館、詢問專業人員等方法了解奈米科技相關概念。學生想要了解的相關概念為

壁虎效應、蓮葉效應、彩蝶效應、尺度等。以下摘錄自學生的相關看法：

- 「如果可以的話，我會用網路搜尋蓮葉效應。」(學生 B2)
- 「想，壁虎效應，網路資料。」(學生 C12)
- 「想，比較想了解蝴蝶效應，去圖書館找資料。」(學生 B7)
- 「我會更想了解奈米科技，只要有教的，我都很想了解看看，我會利用各種不同的方式去更深了解奈米科技(去聽聽奈米科技的講習)。」(學生 D7)
- 「會，關於奈米的製品，看書、詢問專業人員，上網找資料。」(學生 B14)
- 「會，會不會還有比奈米更小的長度，上網查資料。」(學生 B9)

然而，有 28% 的受測學生不會想繼續了解奈米科技的相關概念，並且表示對於此領域無興趣。有學生對於利用線上學習的方式學習奈米科技，抱持著負面的看法：

- 「應該是不會吧！這奈米科技計算單位，我看過後就忘了，也沒什麼興趣。」(學生 A3)
- 「沒有很有興趣。」(學生 C16)

#### 4. 學生對於練習題及回饋的看法

在此數位學習教材中，設計回饋方式的有、無為實驗自變項之一。不論是具有回饋設計之組別或是不具回饋設計的組別中，93% 的受試者皆認為此數位學習教材之練習題方式對於學習奈米科技的概念是有幫助的，可加深對於學習內容的印象。在具回饋設計的組別中，有學生認為此種練習方式可立即了解錯誤的觀念，並且知道正確觀念及相關補充內容，可以知道自己對於學習內容吸收了多少；同時，也有學生覺得此種練習方式有趣的；有學生認為如果老師能夠實際講解的話，比直接在電腦上觀看解說來的好。以下為學生之相關看法：

- 「藉由線上教學練習，不但有說明，還有變化的試題，可說是事半功倍。」(學生 B15)
- 「可以，因為可以讓我不知道的東西有更深入的理解。」(學生 B5)
- 「以練習題方式回答問題，回答完又有講解，可以加深印象。」(學生 B8)
- 「這種有趣的上課方式可以讓我印象深刻。」(學生 A7)
- 「看過一遍，再去做練習，才能看自己是否有吸收。」(學生 C7)



「老師講解因(應)該會比電腦講解來的好。」(學生 B21)

然而，也有學生抱持著負面的態度。在不具回饋設計的組別中，有學生覺得題目的轉換太快，還沒理解之前，就直接跳到下一題，來不及了解題目相關觀念。

「雖然有做題目，但數(速)度太快，頭腦還沒消化完，就開始練習下一個。」(學生 A10)

## 5. 操作教材的流暢程度

在數位學習教材的操作容易程度來看，82.7%的受試者皆可順利操作教材，並且表示在使用過程中，無遇到困難。大部分使用此教材有遇到問題的學生表示，在使用此教材時，容易找不到自己想要的單元。由此可見，此數位學習教材在課程內容之引導上，需在功能上作加強。學生之相關回答如下：

「如果沒聽老師講解，很難找到單元。」(學生 B8)

「找不到我要的單元。」(學生 D5)

另一方面，也有學生表示，由於對於課程內容的不熟悉，因此會比較需要花費較多的心力去理解較以往不同的課程內容，如學生 C16 之回答。因此，本研究需加強先備知識的訓練，以減低學習者在學習上的困擾。

「在完全沒接觸的課程，要用更多的心思去了解和聆聽。」(學生 C16)

## 6. 對於教材的相關建議

在學習者對於此數位學習教材的相關建議方面，有學生認為在此教材中可加上遊戲、更多圖片、照片或影片、更多有趣的例子，以增加樂趣及學習印象，如學生 B18、B14、D8、A9 所述；另外，也有學生希望在教材引導上，能夠簡化每個單元的索引列表，以方便點選，如學生 C15、A8 所述。同時，有學生希望可以增加一些實際的手動實驗，配合課程的學習，可增加學習動機，如學生 C13、

C12 所述。由此可見，國中學生在進行學習時，引起情境興趣是必要的，在數位學習教材設計時，除教材內容外，加入一些具趣味性的元素或是直接動手操作的機會，將更能夠引起學習動機。

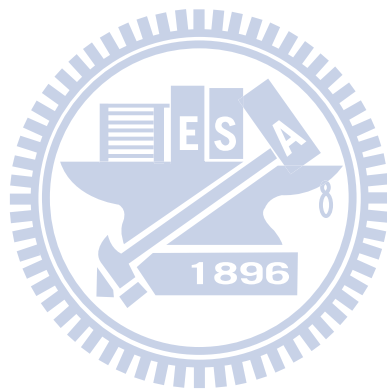
- 「遊戲測驗或利用遊戲增加我們的印象。」(學生 B18)
- 「多點對課程有關的一些小遊戲。」(學生 B14)
- 「一些有趣的例子。」(學生 D3)
- 「可以增加一些影片或圖片。」(學生 D8)
- 「希望可以更有趣。」(學生 A9)
- 「將每個章節分成一章一影片…等。」(學生 C15)
- 「可以的話，主題一頁單元，可以試著給我們點選。」(學生 A8)
- 「加一點實驗小遊戲。」(學生 C13)
- 「手動實驗。」(學生 C12)

在提供建議的部分，有學生表達希望以後可以有更多此種學習方式的機會，以及利用此種學習方式可以加強學習效果。由此可見，數位學習教材在一定的程度上，能夠吸引學生的學習動機，然而，如何設計一個既能吸引學生學習又可以減低認知負荷之教材為一重要的課題。

- 「希望可以上比較多堂課。」(學生 C7)
- 「希望往後會有更多類似的學習方式。」(學生 B17)
- 「利用網路學習增加學習效果也可用一些習題。」(學生 D8)

由「奈米科技線上課程學生回饋問卷」之質化資料分析可知，在本研究中，透過線上數位學習教材，能夠增進國中學生對於學習奈米科技之學習動機，然而，有鑑於學生之個人特質、自我效能、學習成就等因素，學習者之學習動機會因對於學習內容之先備知識熟悉程度而有所影響。對於國中學生而言，與日常生活相關之事物往往能引起學生之興趣，例如，在本研究中，學生對於常見之壁虎相關奈米知識感到濃厚興趣。在練習題設計的部分，大部分的受試者認為具有回饋設計之數位學習教材能夠增進對於學習內容的印象，增加學習效果。本研究之數位

學習教材著重於信號與回饋之設計，因此，在教材中，缺乏絢麗的色彩與有趣的動畫、遊戲等元素，使部分學習者感到較為無趣，由此可知，如何設計一個能夠兼顧娛樂性與學習效果之數位學習教材，為一重要的課題。



## 第五章、 結論與建議

本研究之主要目的在於探討數位學習教材中，不同信號及回饋設計方式對於國中學生學習奈米科技之自我效能、自我調節能力及學習成效是否有所影響。同時，探討不同學習成就之學生，使用不同信號與回饋設計之數位學習教材，對於學習奈米科技之學習成效，在學習前、後，是否有所影響。此外，透過本研究，了解不同自我調節能力學生在具不同信號及回饋設計之數位學習環境下，對於學習之自我效能是否有所差異。期能透過本研究，找出適合不同學習型態學生之數位學習教材設計方式，以達因材施教的效果。在本章中，第一節將歸納各研究結果，並討論說明相關現象及結論；第二節則針對研究結果說明本研究之限制。第三節則依據研究結果與結論，提出具體建議以及未來在相關研究時，可進行之方向。

### 第一節、研究結論與討論

依據第四章之結果與討論，本研究之結論歸納如下表 5-1，由表 5-1 可知本研究之各探討目的與其研究結果。根據表 5-1 之研究結果總表可得到以下 3 個研究結果：

1. 在數位學習教材中，不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之自我效能、學習成效及自我調節能力無顯著差異；在課程前、後，除實驗組 A 外，其餘組別學生之學習成效皆有顯著進步。
2. 在具信號、無信號及具回饋之數位學習教材中，不論高、低學習成就學生，課程前、後之奈米知識測驗，皆有顯著進步；而在無回饋之情況下，高學習成就學生之進步前後達顯著差異，低學習成就學生在課程前後無差異。
3. 在具信號或回饋之設計方式之數位學習教材中，高自我調節能力學生在學習奈米科技之自我效能較低自我調節能力學生佳，且達差異。

表 5-1 研究結果總表

組別	屬性	自我效能	自我調節能力	學習成效	前、後進步
A	具信號 + 無回饋	4 組間皆無顯著差異			無顯著進步
B	無信號 + 具回饋				顯著進步
C	具信號 + 具回饋				顯著進步
D	無信號 + 無回饋				顯著進步
課程前、後學習成效		高學習成就	低學習成就		
A + C	具信號	顯著進步	顯著進步		
B + D	無信號	顯著進步	顯著進步		
B + C	具回饋	顯著進步	顯著進步		
A + D	無回饋	顯著進步	無顯著進步		
自我效能		高自我調節能力	低自我調節能力		
A + C	具信號	較佳，且達顯著	x		
B + D	無信號	兩組間無差異			
B + C	具回饋	較佳，且達顯著	x		
A + D	無回饋	兩組間無差異			

為探討本研究所使用之數位學習教材設計方式對於學習者學習奈米概念之學習成效、自我調節、自我效能等影響，本節中將首先檢討本研究使用之數位學習教材在設計時應改進之部份，其後討論表 5-1 中之各研究結果。

#### 壹、本研究設計之數位學習教材檢討

本研究邀請數位學習教材製作之專家為本研究設計之數位學習教材進行檢視與審查，以了解在設計數位學習教材時，應改進之缺失。由專家審查意見可知，在本教材之設計中，各單元的內容設計脈絡較不順暢，可能為所參考之教材內容本身結構較為鬆散，且在設計數位教材時未考量到各單元銜接的脈絡，使得內容上的脈絡不順暢，造成學習者對於課程內容無感覺，無法產生共鳴。同時，由於教材內容設計之因果關係及訊息處理之優先順序有時較為凌亂，使得學習者容易無法即時掌握訊息，或是無法立即理解課程內容，造成過重之認知負荷。關於本研究中數位教材之設計，專家建議在進行課程之引導時，可在教材中營造情境式

之學習環境，如加入圖片等，利用和學習者自身環境相關的人、事、物，以引導學習者的學習動機。同時，本教材中有較多部分進行知識性的陳述及串流式的文字呈現方式，若能以圖像或圖文對照的方式取代，對於引起學習者的動機是有幫助的，使得學習者較容易進入學習狀況。

由本研究之研究結果可知，在實驗過後，四組間在學習奈米科技之自我效能、自我調節能力與學習成效皆無顯著差異，由此可見，在教材設計的方式上，若能依據上述之專家建議進行修改與設計，並且加強不同信號與回饋設計方式之區別，相信對於未來的研究結果會有所幫助。

**貳、數位學習教材中，不同信號與回饋設計方式對於學習奈米科技之自我效能、學習成效及自我調節能力無顯著差異；在課程前、後，除實驗組 A 外，其餘組別學生之學習成效皆有顯著進步。**

本研究中，將不同信號與回饋設計方式之數位學習教材做比較，四種不同之教材設計方式對於學生學習奈米科技之自我效能( $F=.041, p=.989$ )、學習成效( $F=.615, p=.607$ )及自我調節能力( $F=.236, p=.871$ )皆無顯著影響。

本研究發現，在課程初期，學習者對於在數位學習環境進行學習活動感到非常有興趣，然而，當課程進行至後期時，部分學習者對於「奈米科技」課程之學習內容，逐漸失去興趣，學習動機也逐漸下降，在課程結束後，填寫半開放式問卷時，有學習者表示對於奈米科技的相關知識沒有興趣，不想了解。此現象與 Hahne 等人(2005)之研究結果相呼應，學生之學習表現與本身之先備知識有關，與數位學習相關輔助工具之運用無關；當課程接近尾聲時，學生的學習動機會隨著學習內容而降低。由前測奈米科技知識測驗可知，學生對於奈米科技知識不甚熟悉。由此可知，在本研究中，由於學生對於「奈米科技」先備知識不足的緣故，使得學生對於課程內容不熟悉，在學習過程中，需耗費較大的心力理解課程內容。當數位學習課程進行時，加入過多且較無意義之信號設計時，對於受試者可能造



成心理負擔，並可能影響學習效果。如同 Hegarty、Kriz (2007)之研究，數位學習教材中之視覺信號設計對於學習者之學習成效無正向影響。

不論是否具有信號設計，學生對於學習奈米科技之自我效能，在各實驗組間中無顯著差異，由此可見，學生本身的特質、興趣所佔的影響因素極大，與數位學習教材設計方式較無相關。本研究所加入之信號大多為不具意義的符號或圖形，透過質化資料顯示，有學生認為課程內容不夠有趣，一方面無法引人入勝，一方面則造成學習者在控制、調節學習活動時，產生障礙，進而影響到對於學習課程內容的自我效能(Narciss, et al., 2007)。在自我調節能力方面，組間亦無顯著差異，由質化資料所示，由於施測的時間點為課堂時間，而大部分的受試者在課後較少進行自主學習。

在回饋設計的部分，本研究採用之回饋方式為無回饋與 EF 回饋兩種。無回饋指的是僅給予練習試題，答題完成後不給予任何有關答案的資訊；EF 回饋則是給予和答案有關的詳細資訊。在本研究中，將 EF 回饋組及無回饋組所造成之學習成效做比較，是無顯著差異的。由於閱讀 EF 回饋需花費較多時間，對於閱讀能力較低之學生不利，提升學習成效之效果有限(Pridemore, & Klein, 1995)。透過本研究之觀察，在 EF 回饋組的部分，大部分受試學生對於文字較多或是較繁瑣之課程內容較無耐心閱讀完回饋之所有內容。另一方面，在無回饋的部分，當練習題回答完成後，系統便會立即跳到下一題；同時，部分練習題為課程內容之延伸與變化，需要多加思考或尋找額外資料，對於低學習成就學生造成困擾。因此，未來，在回饋的設計上，應以簡潔有力、淺顯易懂之方式進行設計。

在回饋對於自我效能之影響方面，本研究與 Wang 及 Wu (2008)之研究不盡相同。Wang 及 Wu (2008)針對大學生的研究顯示，獲得 EF 回饋之學習者，學習之自我效能顯著增強，並且能夠理解較深入的概念。而本研究中，不論是無回饋組或是 EF 回饋組，受試者之自我效能皆無顯著差異，並且學習前、後也無顯著改變。根據質性資料顯示，有學生認為在練習題答題的部分，若有老師講解，較

能夠理解其內容；由此可見，在利用數位學習教材進行自主學習時，國中學生仍需教師在一旁給予指導與協助，才能夠了解學習內容並增進對於學習內容之自我效能。此結果與蔡鳳娥(2006)之研究結果相呼應，經由教師指導的資訊科技融入教學方式比學習自行操控組在奈米科技學習成效較佳。

另一方面，在組內比較的部分，課程前、後，除僅有信號設計之組別(實驗組 A,  $t = -0.571, p = 0.077$ )外，其餘組別學生之學習成效皆有顯著進步(實驗組 B,  $t = -3.539, p < .01$ ；實驗組 C,  $t = -3.617, p < .01$ ；實驗組 D,  $t = -2.772, p < .05$ )。另外，各組學生在課程前、後，對於奈米科技學習之自我效能及自我調節能力方面則無顯著改變。

在李立彬、曾世綺(2010)的研究中提到，信號設計適用於較複雜且不易理解的概念，以利於教學。在此奈米科技之數位學習教材中，部分單元偏向記憶性的內容，如尺度大小的分辨、光子晶體的概念等；也有部分需理解或應用的概念，如凡得瓦力、親水性、疏水性的概念等。因此，在數位學習教材設計中，必須依據不同學習內容之屬性，進行不同程度的信號設計，若在所有課程內容中皆加入同樣多或是同樣比重之信號設計，有時反而會造成學習者的負擔，並影響學習成效；反之，在較需理解的課程內容中，加入適當之信號設計將可幫助學習者學習。例如：在壁虎效應單元中，牽涉到較抽象、複雜的「凡得瓦力」的概念與計算，一般學習者較不易理解，而在本研究具信號設計組別的受試者指出，最有興趣、最喜歡且最想繼續進行學習的單元為壁虎效應，由此可見，在數位學習教材中，若能配合學習內容，加上適當之信號設計可增進學習效果與學習動機。

本研究結果顯示信號設計可增進學習成效，但對於改變自我調節、自我效能之效果不大。主要原因可能在於學習者自身的個性、特質、自我效能不同(Judge, 2007)，使得學習者在進行數位學習課程時，對於自我效能或自我調節等動機因素，會有不同結果，對於有些學習者無影響，有些學習者則可能因此增進學習之自我效能或自我調節能力。由於在數位學習課程進行時，主要由學習者自行操控

教材，雖然有口語引導，然而在操作上，教材引導性不足，部分學生容易在教材中迷失方向，使得學習者在課程後期，學習動機有下降之趨勢。因此，對於奈米科技學習之自我效能在課程前、後無顯著差異( $t=-1.734, p=0.086$ )。

由於本研究進行之時間點，為一般課堂時間，且施測之時，為寒假期間，多數學生較少心思放在課堂功課上，使得在課後時間進行線上課程之學生為數不多。另外，實驗進行之期間較短，僅為期兩週，故在實驗進行前、後，學生之自我調節能力( $t= -0.838, p=0.404$ )變化不大。由 Zimmerman (1989)之理論可知，自我調節學習歷程複雜，與學習者過往之學習經驗、自我信念相關，因此自我調節能力之改變需經由長期觀察得知。

在本研究中，無論是否具有回饋設計，對於學習前、後之自我調節能力皆無影響。根據顧韶洵(2012)之研究結果推論，由於國中學生在數位學習環境中進行學習活動時，自我調節能力尚未純熟，容易受外在環境影響，如同儕、網路中與學習不相干之事物等，使得數位學習教材設計之方式對於自我調節能力影響不大。

參、在具信號、無信號及具回饋之數位學習教材中，不論高、低學習成就學生，課程前、後之奈米知識測驗，皆有顯著進步；而在無回饋之情況下，高學習成就學生之進步前後達顯著差異，低學習成就學生在課程前後無差異。

由本研究之結果可發現，在具信號、無信號及具回饋的情況中，不論學習成就高、低，學習者之奈米知識測驗在課程前、後，皆有進步，且達顯著性。對於高學習成就之學生而言，能夠理解信號設計伴隨著學習內容的意義，能夠輔助學習，並且組織知識。對低學習成就之學生來說，信號設計可輔助學生了解課程內容的相關概念。而在無回饋設計之數位學習教材中，低學習成就學生之進步程度未達顯著性；高學習成就者則在學習前、後，有顯著進步。對於高學習成就之學生而言，不需要透過回饋，便能夠自行蒐集資料，建構屬於自己的知識；在無回

饋的情況下，必須靠自己的能力答題，高學習成就之學生較擅長回想與應用所學知識，並解決問題 (Moose, 2011)。因此，無回饋之情況對於高學習成就之學生較無太大問題；太多的回饋內容，反而會使高學習成就之學生感到過於繁瑣，較不會花費太多心力在閱讀回饋上。對於低學習成就之學生來說，在進行練習題之回答時，必須透過回饋，才能夠了解學習內容，因此，低學習成就學生在無回饋之情況下，學習前、後之成效進步效果有限；透過質化資料(學生 A10)與研究觀察可知，低學習成就學生在無回饋之情形下，較無法靠自己的能力答題，當題目直接跳到下一題時，容易不知所措，影響其學習狀況。

**肆、在數位學習環境中，具信號或回饋之設計方式，對於不同自我調節能力之學生，在學習之自我效能會有不同的影響。**

本研究中，在具信號設計之數位學習教材中，高自我調節能力學生較低自我調節能力學生，有較佳之學習奈米科技之自我效能，且達顯著差異( $t = -2.274, p < .05$ )。在具回饋設計之數位學習教材中，高自我調節能力學生較低自我調節能力學生，有較佳之學習奈米科技之自我效能( $t = -2.39, p < .05$ )，且達顯著差異。

由本研究之相關性分析結果可知，自我調節能力與自我效能具高度相關性，此結果與 Zimmerman (1995)提出之理論相符合，自我調節能與自我效能會互相影響。自我調節能力好的人對於學習有較高的自我效能與較好的學習表現 (Zimmerman, & Risemberg, 1997)。在本研究中，高自我調節能力之學生，對於具信號、回饋之數位學習教材能夠懂得如何操作教材、尋求幫助及掌握學習進度，因此，在奈米科技課程的學習上，有較佳之自我效能。此結果符合由 Bandura (1986) 在社會認知理論中提出之 triadic reciprocity，亦即數位學習環境對於個人之自我效能有所影響(環境→個人)。

綜上所述，數位學習教材為一種學習上的工具，在設計數位學習教材時，必須考量到學習者之特質、個性及本身之學習能力，並且配合課程內容的特性與複

雜程度，才有可能使學習者透過數位學習教材有良好的學習成果。奈米科技為一跨領域之知識，在設計其數位學習教材時，必須依照各概念之特性進行設計。在數位學習教材中，於課程內容中加入信號設計時，需於適當時機加入，並且必須在學習者之先備知識足夠及授課課程概念較不易理解時，加入信號設計，對於學生提升學習成效之幫助較大。在數位學習教材中，當課程學習內容告一段落時，加入適度之練習題，可檢視學習效果，同時透過練習題，可延伸學習範圍。配合練習題，加入回饋設計時，詳盡回饋雖可幫助學習者的認知提升，但需考量學習者的特質與能力，回饋之內容需引起學習者閱讀動機，以容易閱讀、淺顯易懂為主，否則將使學習者容易忽略回饋內容。另一方面，在進行數位學習課程時，對於數位學習教材或系統的操作過程訓練是必要的，如此才可讓學習者在數位學習環境進行學習活動時，減少外在的障礙。

在數位學習環境中，學習者之自我調節能力會受到學習者本身的特質、個性、學習能力及外在環境等種種社會因素影響，在短時間內，較難以看出自我調節能力之改變(Zimmerman & Risemberg, 1997)。在本研究中，將數位學習教材以不同之設計方式呈現，如加入信號、回饋設計，對於自我調節能力之影響不大。另一方面，不同自我調節能力之學生，在不同數位學習環境中進行課程時，對於學習內容之自我效能會有所影響。高自我調節能力之學生，在具信號、回饋之數位教材中之學習時，對於學習奈米科技有較佳之自我效能。對於國中學生而言，利用數位學習課程教材進行學習活動時，為提升學習者對於學習內容的自我效能，教學者在課程內容方面的引導與講解佔重要的地位。

## 第二節、研究限制

在本研究中，由於施測期間為寒假時間且施測對象為國中二年級之學生，大部分之受試者放較少心思於寒假輔導課之課程中，大多學生進行奈米科技線上學習課程之時間點多為課堂時間，下課後，較少進行自主學習；又因本研究之施測



時間僅為二週，施測時間較為短期且密集，故對於學習者之內在動機等因素變化不大。此外，本研究之研究對象為苗栗縣某鄉鎮之某國中學生，若將研究對象推廣至其他地區學生，將可能會有不同的結果。在數位學習教材設計方面，本研究之主要學習內容為奈米科技相關概念，若改變學習主題並配合信號與回饋之設計，將可能會因受試者之先備知識、個人特質等因素，而會有不同之研究結果。

### 第三節、未來研究建議

在本研究中，由量化分析結果可知，4種不同信號及回饋設計方式之數位學習教材對於學習者之學習奈米科技之學習成效、自我效能皆無顯著差異，另外，從前測與質化分析資料可知，部分學習者對於奈米科技之概念不甚熟悉與了解。因此，未來在進行相關研究時，尤其是與數位學習相關之學習活動，必須加強事前訓練的工作，讓學習者能夠有足夠之先備知識，使學習者對於數位學習課程之內容能夠先有所了解，當透過數位學習工具進行課程時，較能夠掌握與課程內容之相關知識，以免使學習者在數位課程進行時，花費太多心力於理解課程之基本概念。

在數位學習教材設計的部分，必須配合課程內容及研究對象之程度，適當的加入信號於教材中，將可達到提升學習成效的效果。在本研究中，由教材易用性問卷之分析結果可知，具信號設計之數位學習教材雖然具有容易閱讀、介面設計良好等優點，但在課程引導性與選單設計上仍需加強，因此，未來在設計數位學習教材時，必須考量到課程的引導性與精進選單的設計，當學習者在進行自主學習時，在不需經教學者的解說下，便能夠直接了解如何操作教材。透過數位學習教材易用性問卷可知，本研究之數位學習教材中，具回饋設計的部分具有容易閱讀、介面設計良好、容易引導學習、容易幫助理解與記憶等優點。然後，未來在進行回饋設計時，可將詳盡回饋之設計方式加以改良，將原本之文字閱讀的部分(如圖 5-1)，改成以圖像、重點式為主呈現的方式(如圖 5-2)，將有可能對學習者



有所幫助，較能夠學習者之注意力。未來，在設計相關之數位學習教材時，必須配合學習者自身之學習能力設計相關內容，才能達到因材施教的目的。另外，在數位學習環境中，國中學生或是一般青少年，對於動畫、圖像等呈現方式或是透過遊戲學習之教學，較能夠產生共鳴，因此，未來在設計數位學習教材時，必須兼顧趣味性及學習內容之專業性。

**老師的話**

正確答案是 E→B→H→A→G→J→D→I→F→C。

E 原子的大小約為 0.1~0.3 奈米。

B 分子由原子組合而成，大小約在數十奈米至數百奈米左右。

H 病毒：小病毒約為 10~22 奈米，大病毒則為 300 奈米左右。

A 粒線體：大多數細胞中由兩層膜包被的細胞器，能夠協助產生人體所需的能量，大小約為 1.5~3 微米左右。

G 紅血球：直徑為 6~8 微米。

J 大頭針：約為 28~30 厘米。

D 螞蟻：大螞蟻約為 3 公分左右。

I 成人：一般成人之身高約為 160~180 公分左右。

F 山：台灣的第二高峯玉山約為 3,950 公尺；世界第一高峯聖母峰約為 8,848 公尺。

C 地球：地球的平均直徑約為 12,756 公里。



圖 5-1 本研究之 EF 回饋設計



圖 5-2 未來研究之 EF 回饋設計修改示意圖

在本研究進行之時，經研究觀察發現，由於研究對象為國中學生，部分國中學生對於前、後測問卷之填寫，易抱持著較消極或輕忽的態度進行，有可能影響

到研究之統計結果。因此，未來，在做類似之研究時，若能夠直接將施測問卷的部分加入數位學習教材中，使之成為數位學習課程之一部分，答題結束後才算完成課程，將提升研究結果之可信度。由於本研究在施測進行之時間點，為寒假輔導課期間，研究樣本所在之學校尚有部分學生為參與，同時，寒假期間，學生容易花較少之心思於課程中，因此，未來若能夠選擇於學期中施測，或將研究對象推廣至其他地區學校，將有可能會有不同的結果。另外，若能夠將施測期間拉長，由二週的時間延長為數個月或一學期，對於學習者之自我調節能力或是自我效能，將可能會有所改變。



## 參考文獻

### 英文部分

- Askew, S., & Caroline, L. (2000). *Feedback for Learning*. London: Routledge and Falmer.
- Astleitner, H., & Winsner, C. (2004). An integrated model of multimedia learning and motivation. *Journal of educational multimedia and hypermedia*, 13(1), 3-21.
- Atkinson, R. (2002). Optimizing learning from examples using animated pedagogical agents. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 416-427. doi: citeulike-article-id:86378
- Austin, K. A. (2009). Multimedia learning: Cognitive individual differences and display design techniques predict transfer learning with multimedia learning modules. *Computers & Education*, 53, 1339-1354. doi: 10.1016/j.compedu.2009.06.017
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1999). *Human memory*. Boston: Allyn & Bacon.
- Bagaria, H. G., Dean, M. R., Nichol, C. A., & Wong, M. S. (2011). Self-assembly and nanotechnology: Real-time, hands-on, and safe experiments for K-12 students. *Journal of Chemical Education*, 88, 609-614.
- Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bangert-Drowns, R. L., Kulik, C.-L. C., Kulik, J. A., & Morgan, M. (1991). The instructional effect of feedback in test-like events. *Review of Educational*

*Research*, 61(2), 213-238.

Barnard, L., Lan, W. Y., To, Y. M., Paton, V. O., & Lai, S.-L. (2009). Measuring self-regulation in online and blended learning environments. *The Internet and Higher Education*, 12(1), 1-6. doi:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.iheduc.2008.10.005>

Bernard, R. M., Abrami, C., Lou, Y., Borokhovski, E., Wade, A., Wozney, L., . . .

Huang, B. (2004). How does distance education compare with classroom instruction? A meta-analysis of the empirical literature. *Review of Educational Research*, 74(3), 379-439.

Bloom(1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I, The cognitive domain*. New York, Longmans: Green.

Burns, T. (2007). *Using digital media to develop learner engagement*. Paper presented at the 2007 iNet Online Conference: How do we meet the challenge of inspiring learners.

Carless, D., Gordon, J., Ngar-Fun, L., & Associates. (2006). *How Assessment Supports Learning: Learning-Oriented Assessment in Action*. Hong Kong: Hong Kong University Press.

Carlson, C. R. (1979). Feedback for Learning. In O. Milton (ed.), *On College Teaching* (pp. 125-152). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.

Clariana, R. B. (1990). A comparison of answer until correct feedback and knowledge of correct response feedback under two conditions of contextualization. *Journal of Computer-Based Instruction*, 17(4), 125-129.

Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational*

*Psychology Review*, 3(3), 149-210.

- Clark, R. E., & Feldon, D. F. (2005). Five common but questionable principles of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 97-115): New York: Cambridge University Press.
- Colombo, B., & Antonietti, A. (2011). Self-regulated strategies and cognitive styles in multimedia learning. In G. Dettori & D. Persico (Eds.), *Fostering self-regulated learning through ICT* (pp. 54-69). New York: Information Science Reference.
- Cordero, E. D., Porter, S. H., Israel, T., & Brown, M. T. (2010). Math and science pursuits: a self-efficacy intervention comparison study. *Journal of Career Assessment*, 18(4), 362-375. doi: 10.1177/1069072710374572
- Dempsey, J. V., Driscoll, M. P., & Swindell, L. K. (1993). Text-based feedback. In J. V. Dempsey & G. C. Sales (Eds.), *Interactive instruction and feedback* (pp. 21-54). Englewood Cliffs, NJ: Education Technology Publications.
- Dempsey, J. V., & et al. (1993). Feedback, retention, discrimination error, and feedback study time. *Journal of Research on Computing in Education*, 25(3), 303-326.
- Dempsey, J. V., & Wager, S. U. (1988). A taxonomy for the timing of feedback in computer-based instruction. *Educational Technology*, 28(10), 20-25. doi: citeulike-article-id:9651576
- Dillon, A., & Jobst, J. (2005). Multimedia learning with hypermedia. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 569-588). Cambridge MA: Cambridge University Press.
- Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement*, 5th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- Feynman, R. P. (1999). *The pleasure of finding things out: The best short works of Richard P. Feynman*.
- Foley, E. T., & Hersam, M. C. (2006). Assessing the need for nanotechnology education reform in the United States. *Nanotechnology Law & Business*, 3(4), 467-484.
- Friedman, A., & Nasir, A. (2011). Nanotechnology and dermatology education in the United States: Data from a pilot survey. *Journal of Drugs in Dermatology*, 10(9), 1037-1041.
- Gordijn, J., & Nijhof, W. J. (2002). Effects of complex feedback on computer-assisted modular instruction. *Computers & Education*, 39(2), 183-200. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1315\(02\)00025-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1315(02)00025-8)
- Hahne, A. K., Benndorf, R., Frey, P., & Herzig, S. (2005). Attitude towards computer-based learning: Determinants as revealed by a controlled interventional study. *Medical Education*, 39(9), 935-943.
- Hanna, G. S. (1976). Effects of total and partial feedback in multiple-choice testing upon learning. *The Journal of Educational Research*, 69(5), 202-205.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Hegarty, M., & Kriz, S. (2007). Effects of knowledge and spatial ability on learning from animation. In R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with Animation - Research Implications for Design* (pp. 3-29). New York: Cambridge University Press
- 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.



- Hoskins, S. L., & Van Hooff, J. C. (2005). Motivatio and ability: Which students use online learning and what influence does it have on their achievement? *British Journal of Educational Psychology*, *36*(2), 171-192.
- Hwang, W., Wang, C., & Sharples, C. (2007). A study of multimedia annotation of Web-based materials. *Computers & Education*, *48*, 680-692.
- Jeung, H. J., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). The role of visual indicators in dual sensory mode instruction. *Educational Psychology*, *17*(3), 329-345. doi: 10.1080/0144341970170307
- Jones, M. G., Andre, T., Kubasko, D., Bokinsky, A., Tretter, T., Negishi, A., . . . Superfine, R. (2004). Remote atomic force microscopy of microscopic organisms: Technological innovations for hands-on science with middle and high school students. *Science Education*, *88*(1), 55-71. doi: 10.1002/sce.10112
- Judge, T. A., Jackson, C. L., Shaw, J. C., Scott, B. A., & Rich, B. L. (2007). Self-efficacy and work-related performance: The integral role of individual differences. *Journal of applied psychology*, *92*(1), 107-127.
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status* (pp. 384-434). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ketelhut, D. J. (2007). The impact of student self-efficacy on scientific inquiry skills: an exploratory investigation in River City, a multi-user virtual environment. *Journal of Science Education and Technology*, *16*, 99-111. doi: 10.1007/s10956-006-9038-y
- Lee, C.-K., Wu, T.-T., Liu, P.-L., & Hsu, S. (2006). Establishing a K-12 nanotechnology program for teacher professional development. *IEEE Transactions on Education*, *49*(1), 141-146.

- Lee, W. W., & Owens, D. L. (2006). *Multimedia-based instructional design: computer-based training, Web-Based Training, Distance Broadcast Training*.
- Low, R., & Jin, P. (2009). Motivation and multimedia learning. In R. Zheng (Ed.), *Cognitive Effects of Multimedia Learning* (pp. 154-171): Hershey : Information Science Reference, c2009.
- Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun. A taxonomy of intrinsic motivations for learning. *Aptitude, learning, and instruction*, 3, 223-253.
- Malsch, I. (2008). Nano-education from a European perspective. *Journal of Physics: Conference Series*, 100, 1-7.
- Mandernach, B. J. (2005). Relative effectiveness of computer-based and human feedback for enhancing student learning. *The Journal of Educators Online*, 2(1), 1-17.
- Manlove, S., Lazonder, A., & Jong, T. (2007). Software scaffolds to promote regulation during scientific inquiry learning. *Metacognition and Learning*, 2(2-3), 141-155. doi: 10.1007/s11409-007-9012-y
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Stanco, G. M. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. Chestnut Hill, MA, USA. Amsterdam, the Netherlands: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, & International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) IEA Secretariat.
- Mason, B. J., & Bruning, R. (2001). Providing feedback in computer-based instruction: What the Research Tells Us Retrieved Oct. 10, 2012, from <http://dwb.unl.edu/Edit/MB/MasonBruning.html>
- Mautone, P., & Mayer, R. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377-389. doi:

citeulike-article-id:86341

- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*: Cambridge: University Press.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31-48). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2008). *Learning and instruction* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Person Merrill Prentice Hall.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology, 90*(2), 312-320.
- Meluso, A., Zheng, M., Spires, H. A., & Lester, J. (2012). Enhancing 5th graders' science content knowledge and self-efficacy through game-based learning. *Computers & Education, 59*, 497-504. doi: doi:10.1016/j.compedu.2011.12.019
- Moos, D. C. (2011). Self-regulated learning and externally generated feedback with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research, 44*(3), 265-297.
- Moreno, R. (2004). Decreasing cognitive load for novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback in discovery-based multimedia. *Instructional Science, 32*(1), 99-113. doi: 10.1023/B:TRUC.0000021811.66966.1d
- Narciss, S., & Huth, K. (2006). Fostering achievement and motivation with bug-related tutoring feedback in a computer-based training for written subtraction. *Learning and Instruction, 16*(4), 310-322. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.07.003
- Narciss, S., Proske, A., & Koerndle, H. (2007). Promoting self-regulated learning in

- web-based learning environments. *Computers in Human Behavior*, 23(3), 1126-1144. doi: 10.1016/j.chb.2006.10.006
- Naumann, J., Richter, T., Flender, J., Christmann, U., & Groeben, N. (2007). *Signaling in expository hypertexts compensates for deficits in reading skill* (Vol. 99). Washington, DC, ETATS-UNIS: American Psychological Association.
- Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199-218.
- Nokelainen, P. (2006). An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. *Educational Technology & Society*, 9(2), 178-197.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory* (2nd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- O'Connor, C., & Hayden, H. (2008). Contextualising nanotechnology in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(35), 1-29.
- Olakanmi, E. E., Blake, C., & Scanlon, E. (2011). The role of self-regulated learning in enhancing conceptual understanding of rate of chemical reactions. In G. Dettori & D. Persico (Eds.), *Fostering self-regulated learning through ICT* (pp. 248-265). New York: Information Science Reference.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual-coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Park, O.-C., & Gittelman, S. (1992). Selective use of animation and feedback in computer-based instruction. *Educational Technology Research and Development*, 40(4), 27-38. doi: 10.1007/bf02296897
- Pintrich, P. R., & Groot, E. V. D. (1990). Motivational and self-regulated learning

- components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan.
- Pridemore, D. R., & Klein, J. D. (1991). Control of feedback in computer-assisted instruction. *Educational Technology Research and Development*, 39(4), 27-32. doi: 10.2307/30218350
- Pridemore, D. R., & Klein, J. D. (1995). Control of practice and level of feedback in computer-based instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 20(4), 444-450. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1995.1030>
- Ramaprasad, A. (1983). On the definition of feedback. *Behavioral Science*, 28(1), 4-13.
- Reed, S. K. (2006). Cognitive architectures for multimedia learning. *Educational Psychologist*, 41(2), 87-98.
- Rieber, L. (1996). Animation as feedback in a computer-based simulation: Representation matters. *Educational Technology Research and Development*, 44(1), 5-22. doi: 10.1007/bf02300323
- Salomon, G. (1984). Television is "easy" and print is "tough": The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology*, 76, 647-658.
- Schank, P., Wise, A., Stanford, T., & Rosenquist, A. (2009). Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the NanoSense curriculum. Menlo Park, CA: SRI International.
- Schunk, D. H. (1995). *Self-monitoring of skill acquisition through self-evaluation of*

*capabilities*. Paper presented at the the meention of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.

Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2010). *Motivation in education* (Third edition ed.). New Jersey, America: Person Prentice Hall.

Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153-189. doi: 10.3102/0034654307313795

Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. (2009). *The "big ideas" of nanoscale science and Engineering*. Arlington, VA: National Science Teachers Association press.

Stevens, S. Y., Sutherland, L., Schank, P., & Krajcik, J. (2007). The big ideas of nanoscience., from <http://hice.org/projects/nano/index.html>

Sung, E., & Mayer, R. E. (2012). Affective impact of navigational and signaling aids to e-learning. *Computers in Human Behavior*, 28(2), 473-483. doi: 10.1016/j.chb.2011.10.019

Sweller, J. (1999). *Instructional design in the technical areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.

Tanes, Z., Arnold, K. E., King, A. S., & Remnet, M. A. (2011). Using Signals for appropriate feedback: Perceptions and practices. *Computers & Education*, 57(4), 2414-2422. doi: 10.1016/j.compedu.2011.05.016

Timmers, C., & Veldkamp, B. (2011). Attention paid to feedback provided by a computer-based assessment for learning on information literacy. *Computers & Education*, 56(3), 923-930. doi: 10.1016/j.compedu.2010.11.007

Tseng, S.-C., & Tsai, C.-C. (2007). On-line peer assessment and the role of the peer feedback: A study of high school computer course. *Computers & Education*, 49(4), 1161-1174. doi: 10.1016/j.compedu.2006.01.007

Tunstall, P., & Gipps, C. (Sep., 1996). Teacher feedback to young children in



- formative assessment: A Typology. *British Educational Research Journal*, 22(4), 389-404.
- van der Kleij, F. M., Eggen, T. J. H. M., Timmers, C. F., & Veldkamp, B. P. (2012). Effects of feedback in a computer-based assessment for learning. *Computers & Education*, 58(1), 263-272. doi: 10.1016/j.compedu.2011.07.020
- Wang, S.-L., & Wu, P.-Y. (2008). The role of feedback and self-efficacy on web-based learning: The social cognitive perspective. *Computers & Education*, 51(4), 1589-1598. doi: 10.1016/j.compedu.2008.03.004
- Winne, P. H., & Hadwin, A. F. (1998). Studying self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky & A. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 277-304). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 345-376.
- Zheng, R., Mcalack, M., Wilmes, B., Kohler-Evans, P., & Williamson, J. (2009). Effects of multimedia on cognitive load, self-efficacy, and multiple rule-based problem solving. *British Journal of Educational Technology*, 40(5), 790-803. doi: 10.1111/j.1467-8535.2008.00859.x
- Zimmerman, B. J. (1986). Development of self-regulated learning: Which are the key subprocesses? *Contemporary Educational Psychology*, 16, 307-313.
- Zimmerman, B. J. (1989). A social-cognitive view of self-regulated learning. *Journal of Educational Psychology*, 81, 329-339.
- Zimmerman, B. J. (1994). Dimensions of academic self-regulation: A conceptual framework for education. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications* (pp. 3-21). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Zimmerman, B. J. (1995). Self-efficacy and educational development. In A. Bandura (Ed.), *Self-efficacy in changing societies* (pp. 202-231). New York: Cambridge University Press.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice*. San Diego, CA: Academic Press.
- Zimmerman, B. J. (2000). Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 82-91.
- Zimmerman, B. J., & Risemberg, R. (1997). Self-regulatory dimensions of academic learning and motivation. In G. D. Phye (Ed.), *Handbook of academic learning: Construction of knowledge* (pp. 105-125). San Diego, CA: Academic Press.

#### 中文部分

- 王宗坤 (2001)。從「自然與生活科技」領域課程的目標談科普教育的作法。 *研習資訊*, 18 (1), 79-85。
- 王美芬 (2000)。國小教師面對九年一貫「自然與生活科技」領域新課程因應策略。 *國教新知*, 46 (3), 31-36。
- 吳政忠 (2004)。往下紮根的奈米教育, 台北市雜誌商業同業工會—電子報。
- 吳茂昆 (2002)。美好的未來不是夢-簡介奈米國家型科技計畫。 *科技發展政策報導*, SR9109。
- 吳雪櫻 (2011)。信號提示與分段呈現融入多媒體教材對七年級學生氣壓概念學習之影響。未出版之碩士論文, 佛光大學學習與數位科技學系。
- 李世光、林宜靜、吳政忠、黃圓婷、蔡雅雯 (2003)。奈米科技人才培育計畫之推動規劃與展望: 從 k-12 奈米人才培育試行計劃談起。 *物理雙月刊*, 25 (3), 435-461。

- 李世忠、趙倩筠(2007)。步驟性教材製作軟體於 e-learning 應用軟體學習之探討。  
*教育資料與圖書館學*，45 (2)，233-248。
- 李立彬、曾世綺 (2010)。多媒體中的提示信號與反思之使用對學習物理概念的影響。*教學科技與媒體*，93，2-16。
- 李哲迪 (2009)。臺灣國中學生在 timss 及 pisa 的科學學習成果表現及其啟示。  
*研習資訊*，26 (2)，73-88。
- 李麗娟 (2010)。運用電子歷程檔案於國小資訊課程對學生學習成效及自我調整之研究。未出版，國立臺北教育大學理學院教育傳播與科技研究所，臺北市。
- 奈米科技教育學院 (2009)。上網日期：2012，Dec. 10。檢自：  
<http://nano.narl.org.tw/index.aspx>
- 林桂櫻 (2005)。科技議題融入國小自然生活科技領域教學模式之研究-以奈米應用為例。未出版之，國立花蓮師範學院國小科學教育研究所，花蓮縣。
- 林煥祥、劉聖忠、林素微、李暉 (2008)。臺灣參加 PISA 2006 成果報告：行政院國家科學委員會專題研究成果報告(NSC 95-2522-S-026-002)。
- 邱文正 (2008)。動機模式融入國小奈米科技教學之研究。未出版，國立屏東教育大學應用化學暨生命科學系。
- 邱皓政 (2010)。量化研究與統計分析：SPSS(PASW) 資料分析範例解析。臺北市：五南。
- 洪國展 (2010)。資訊科技對國小六年級學童奈米科技學習成效之研究。未出版，國立臺南大學材料科學系自然科學教學碩士班。
- 祝新華 (2012)。促進學習的評估中的回饋成分及適當運用。*中國語文通訊*，91 (1)，21-36。
- 張春興 (2006)。教育心理學。台北市：東華。
- 許廷祥 (2009)。數位學習回饋訊息對於學習動機之影響—以策略賽局為例。未

- 出版，國立嘉義大學數位學習設計與管理學系研究所，嘉義市。
- 陳志恆、林清文（2008）。國中學生自我調整學習策略量表之編製及效度研究。  
*輔導與諮商學報*。
- 陳沅、曾國鴻（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*，3（1），424-432。
- 陳緯（2009）。數位學習環境增加社會臨場感對於自我調整能力、學習動機與學  
習成就之影響-以國小高年級學生為例。未出版，雲林科技大學資訊管理  
系碩士班，雲林縣。
- 費曼（2001）。費曼的主張。在天下遠見出版編著。台北市。
- 黃佳媛（2010）。小學奈米科技核心概念之研究。未出版，國立台中教育大學科  
學應用與推廣系碩士論文，台中市。
- 黃麗分、吳庭瑜、侯世環、洪瑞雲（2012）。回饋類型、問題呈現方式與練習對  
問題解決的影響。*教育心理學報*，43（4），855-874。
- 楊玉麟（2006）。數位學習教學策略在學習成效上之研究。未出版，國立中央大  
學資訊管理研究所。
- 楊亨利、應鳴雄（2006）。線上測驗系統的評分機制及回饋方式對測驗成績、評  
分效力、測驗系統滿意度之影響研究。*資訊管理展望*，8（2），1-24。
- 楊清智（2012）。以5e學習環教學策略探究國小高年級學童對奈米科技的概念學  
習成效。未出版，臺北教育大學自然科學教育學系。
- 溫明正（2005）。奈米科技融入教學之應用。*師友月刊*，451，8-15。
- 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（2），20-25。
- 蔡元福、吳佳瑾、胡焯淳（2004）。奈米科技融入自然科技教學初探。*科學教育  
研究與發展*，35，39-52。
- 蔡明容（2005）。探討奈米科技融入國小五年級自然與生活科技領域教學之研究。

未出版，臺北市立師範學院科學教育研究所，臺北市。

蔡鳳娥 (2006)。資訊科技融入國小奈米科技教學之研究。未出版，國立台中教育大學自然科學教育學系，台中市。

盧秀琴、宋家驥 (2010)。高中奈米科技課程的專家概念與情境式問卷之建構。教育實踐與研究，23 (1)，85-114。

簡慧茹 (2003)。以 addie model 來探討網路化訓練方案之設計流程。品質月刊，39 (10)，1-4。

簡曉琳 (2004)。Target 方案及自我調整模式在教學上之應用。上網日期：2012，20 Oct。檢自：

<http://enews.trsc.chc.edu.tw/93Webs/before.php?A=93paper19.htm>

顧韶洵 (2012)。即時回饋系統對國小學生數學學習態度與自我調整學習策略之影響及其相關研究。未出版，淡江大學淡江大學教育科技學系碩士班學位論文。



## 附錄一 前、後測問卷-自我效能、自我調節、數位教材易用性

各位同學好：

這份問卷主要想瞭解同學對於線上課程、數位課程的學習情形，這不是考試，沒有標準答案，不計名也不計分，請放心依據你的感覺來作答，請每一題都要回答，感謝各位同學的協助與合作。祝學業進步，萬事順心！

### 一、基本資料：

1. 性別：	<input type="checkbox"/> 男	<input type="checkbox"/> 女				
2. 年齡：	<input type="checkbox"/> 13歲	<input type="checkbox"/> 14歲	<input type="checkbox"/> 15歲	<input type="checkbox"/> 16歲		
3. 你有聽過「奈米」、「奈米科技」嗎？	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 沒有				
4. 你有上過與「奈米」相關的課程嗎？	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 沒有				
5. 你會使用網路進行學習活動嗎？(包含查資料、看教學影片、寫作業、交作業等)	<input type="checkbox"/> 會	<input type="checkbox"/> 不會				
6. 你通常多久會使用網路進行學習活動一次？	<input type="checkbox"/> 每天	<input type="checkbox"/> 一週	<input type="checkbox"/> 二週	<input type="checkbox"/> 一個月以上	<input type="checkbox"/> 老師指定才用	<input type="checkbox"/> 其他，_____

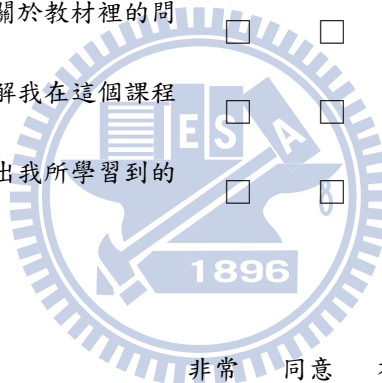
### 二、自我調節量表：

	非常同意	同意	有點同意	有點不同意	不同意	非常不同意
1. 在課程中，我會為老師指定的作業設定標準。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 我會設定短期的學習目標(每天或每週)也會設定每個月長期目標(每個月或一學期)。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我會在課程中設定較高的學習標準。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我會設定目標以幫助我管理進行線上課程的學習時間。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 我不會因為這個課程是以數位學習的方式進行而抱著隨便的態度。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 如果可以的話，我會選擇避免使我分心的學習地點。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 我可以找到讓我感到很舒適的學習地點來學習這個課程。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 我知道我在哪裡進行課程的學習是最有效率的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 我會選擇對學習較少受到干擾的時間點進行這個課程的學習。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 如果有參加線上課程，我會在線上課程進行時做筆記，因為在線上課程中做筆記可以幫助理解，所以很重要。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 我會試著在學習過程中反覆閱讀、播放教材以讓我專心一致。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. 除了老師指定的學習教材或作業習題，我會另外	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



找其他相關的學習資源，以讓我更熟悉課程內容。

- |   |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 13. 如果可以的話，我會分配額外的時間進行課程的學習，因為我知道上課的時間有限。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14. 如果可以的話，我會試著在每天或每週的同一個時間學習。            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15. 雖然有些課程不是每天都上，但是我仍然會試著平均分配我的學習時間。      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. 如果有其他同學對課程內容很了解，當我需要幫忙時，我會請教他們。       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17. 當我發現問題時，我會與我的同學互相分享，以找出解決的方法。         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18. 當我發現困難時，我會試著尋找網路資源，以獲得和課程相關的補充知識。     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19. 我會和上課的老師以 e-mail 聯絡，以得到和課程學習有關的幫助。    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20. 我在學習時，會摘錄學習內容，以檢視對於學習內容了解了多少。         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21. 在上課時，我會自己問自己很多關於教材裡的問題。               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22. 我會與我的同學互相討論，以了解我在這個課程學習的結果好不好。        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23. 我會與我的同學互相討論，以找出我所學習到的東西和其他同學有何不同。     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

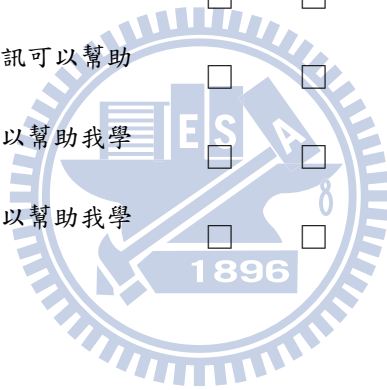


### 三、自我效能量表

- |  | 非常<br>同意                 | 同意                       | 有點<br>同意                 | 有點不<br>同意                | 不同意                      | 非常不<br>同意                |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. 我相信我在這門課中，我的學習表現會很好。                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. 我確定我可以了解這門課中最困難的部分。                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. 我有自信我可以了解這門課中奈米科技的基本概念。                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. 我有自信我可以了解這門課中最複雜的奈米科技相關概念。                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. 我有自信我可以把這門課中的練習題及作業做得很好。                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. 我確定我可以非常熟悉這門課中所教的奈米科技知識。                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. 考慮到這個課程的困難度、老師上課的方式及我的能力，我認為我可以把這門課表現到最好。 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

#### 四、教材易用性量表

	非常 同意	同意	有點 同意	有點不 同意	不同意	非常不 同意
1. 我認為這個數位教材的介面設計對我的課程內容閱讀及理解有幫助。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 我可以容易了解如何使用這個數位教材。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 我認為這個數位學習教材比其他的教材在閱讀內容上更容易了解。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 我認為這個數位學習教材比其他的教材在閱讀內容上花更少的時間。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 在這個數位學習教材中，我對於教材裡的內容很有興趣。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 當我一看到這個教材時，我可以立刻知道整個課程的架構。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 我可以很容易清楚知道在這個數位學習教材中，每一頁大概的字數與分配。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 我認為螢幕中的空間分配可以幫助我閱讀與了解課程	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 我認為這個數位教材中提供的資訊可以幫助我閱讀及了解課程內容。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 我認為這個教材中的介面設計可以幫助我學習與記住每個主題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 我認為這個教材中的選單設計可以幫助我學習與記住課程內容。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



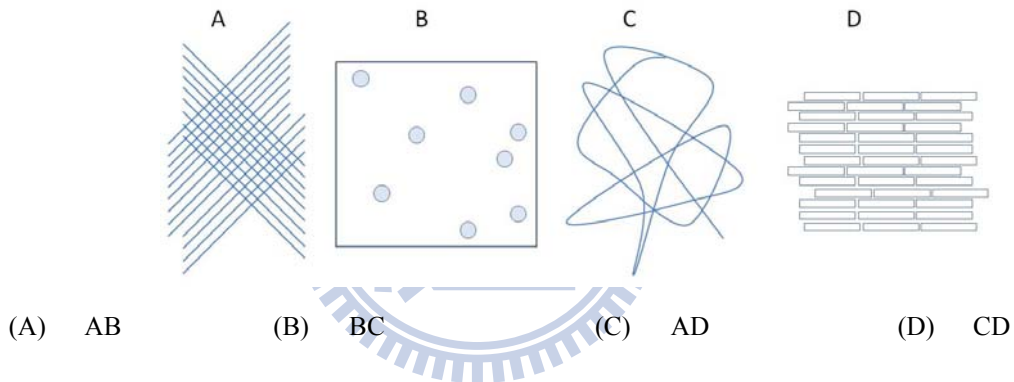
## 附錄二 奈米知識測驗題

### 苗栗縣立頭份國民中學 101 學年度寒假輔導課 奈米科技知識測驗試題

班級： 座號： 姓名：

#### 選擇題：

- ( ) 蓮葉效應產生的原因為何？  
(A) 葉子的表面葉脈很多 (B) 葉面有許多突起的微小奈米級結構  
(C) 葉子表面的紋路複雜 (D) 葉面很大可以裝很多水
- ( ) 奈米是什麼？  
(A) 一種重量單位 (B) 一種長度單位 (C) 一種物質 (D) 一種物品
- ( ) 一般人類的紅血球直徑大約是  $6\ \mu\text{m}$  長，那麼大概為多少奈米呢？  
(A)  $600\ \text{nm}$  (B)  $60\ \text{nm}$  (C)  $6000\ \text{nm}$  (D)  $60000\ \text{nm}$
- ( ) 趨磁細菌是一種生活於深水中的生物，它的體積、質量很小，會產生奈米等級的磁性粒子，而會沿著磁場方向運動，以判定上下的位置。你認為趨磁細菌有何種特性？  
(A) 光子晶體 (B) 生物羅盤 (C) 蓮葉效應 (D) 法拉第效應
- ( ) 蓮葉效應最大的特點在於？  
(A) 超疏水性 (B) 可融化性 (C) 超親水性 (D) 可吸收性
- ( ) 下圖中，哪個具有光子晶體結構的特性？



- ( ) 奈米等級的粒子非常細微，利用奈米的相關技術開發產品是近年來流行的趨勢，請問奈米科技是否會造成危害？  
(A) 是。不小心吸入奈米微粒，可能傷害呼吸道。  
(B) 否。奈米科技是高科技產業，對人類沒有危害。  
(C) 否。開發奈米科技只有好處，沒有壞處。  
(D) 是。奈米科技的發達與我無關。
- ( ) 有些蝴蝶的翅膀會隨著不同觀看角度而會有不同的色彩，這是因為什麼原因？  
(A) 本身的色素 (B) 身上有染料 (C) 翅膀有特殊結構 (D) 有發光的器官
- ( ) 下列何種動物體內可能具有生物羅盤的功能？  
A. 鴿子 B. 海龜 C. 蜜蜂 D. 海豚 E. 螞蟻  
(A) ABCED (B) ABC (C) ADE (D) CDE
- ( ) 壁虎之所以能夠飛簷走壁是因為什麼原因？  
(A) 大氣壓力 (B) 地球引力 (C) 凡得瓦力 (D) 摩擦力
- ( ) 若將水滴在銅錢草的葉片上，水會立刻散開，成為支離破碎的水滴。我們可推測，此時的水滴和銅錢草的接觸角大約為？  
(A) 小於  $90^\circ$  (B) 大於  $90^\circ$  (C) 等於  $180^\circ$  (D) 等於  $360^\circ$
- ( ) 以下哪些生物具有彩蝶效應的特色，所以會隨著觀察的角度不同而會產生不同的顏色？  
A. 小灰蝶 B. 溪哥 C. 鸚鵡 D. 三線蝶 E. 聖誕紅  
(A) ABC (B) BCD (C) CDE (D) ABCD

13. ( ) 黃金在什麼情況下不會呈現金黃色，而且熔點會降低?  
 (A) 加熱時 (B) 埋在地底下時 (C) 在奈米尺度時 (D) 加壓時
14. ( ) 為什麼壁虎皮瓣上的剛毛所產生的凡得瓦力並不會使它時時刻刻緊黏在牆壁上，反而可以使壁虎可以移動自如呢?  
 (A) 因為壁虎的足部關節很有韌性 (B) 因為剛毛和牆壁的接觸角可以隨時調整  
 (C) 因為壁虎的剛毛很粗大 (D) 因為剛毛和牆壁的接觸角是固定的
15. ( ) 以下哪些生物跟壁虎一樣，利用微細的奈米等級結構產生強大的吸引力?  
 A. 大花咸豐草 B. 含羞草 C. 豬籠草 D. 蜘蛛 E. 蟑螂  
 (A) ABC (B) BCD (C) ADE (D) ACE
16. ( ) 以下哪種植物也具有蓮葉效應的特性，使它能夠防風抗沙，常出現在海濱地區?  
 (A) 木麻黃 (B) 濱刺麥 (C) 水筆仔 (D) 布袋蓮
17. ( ) 炎炎夏日，當你去海邊玩或上體育課時，想要使皮膚不被曬黑，通常都會擦防曬油，請問防曬油含有什麼成分，能夠隔離紫外線？如果把這個成分變成奈米等級的話，會變成什麼顏色呢？  
 (A)  $\text{CO}_2$ ; 白色 (B)  $\text{H}_2\text{O}$ ; 透明色 (C)  $\text{TiO}_2$ ; 透明色 (D)  $\text{TiO}_2$ ; 白色
18. ( ) 請將下列物質或生物依照大小，由大至小 排列：  
 A. 玉山 B. 林書豪 C. 氫原子 D. 地球 E. 病毒 F. 紅血球  
 (A) DABEFC (B) DABCEF (C) CEFBAD (D) DABFEC
19. ( ) 候鳥、紫斑蝶不迷路的原因為以下哪些？  
 A. 利用不同的地形當地標 B. 利用太陽、月亮測相對角度 C. 利用地磁系統定位  
 (A) AB (B) BC (C) AC (D) ABC
20. ( ) 奈米塗料的哪些特性常被應用在汽車上，使汽車能夠保持光亮的光澤？  
 A. 不易沾染污垢 B. 不易褪色 C. 硬度高，不易產生刮痕 D. 殺菌除臭  
 (A) ABC (B) BCD (C) ABD (D) ABCD
21. ( ) 目前有開發出一種叫做奈米馬桶的產品，主要是將奈米藥添加何種物質並且覆蓋在馬桶上，以達自潔性並防污垢？  
 (A) 鋁離子 (B) 銀離子 (C) 氫離子 (D) 鉀離子
22. ( ) 奈米光觸媒可應用在以下哪些用途？  
 A. 空氣清淨 B. 水質淨化 C. 殺菌 D. 除臭 E. 去角質  
 (A) ABCE (B) BCDE (C) ABCD (D) ABDE
23. ( ) 在壁虎的四隻腳趾的皮瓣上，有著數以萬計的細微剛毛，使壁虎可以飛簷走壁。假設一隻壁虎的重量是 50 公克，請問它可以產生多大的吸附力？  
 (A) 50 公斤 (B) 40 公斤 (C) 20 公斤 (D) 2 公斤
24. ( ) 請問大部分光子晶體的特性為何？  
 (A) 凌亂的排列 (B) 規則、重覆排列 (C) 無重複性 (D) 隨機排列

### 附錄三 奈米科技線上課程學生回饋問卷

苗栗縣立頭份國民中學 101 學年度寒假輔導課 奈米科技線上課程 學生回饋問卷

班級：            座號：            姓名：

線上課程網址：<http://www.camdemy.com/user/mswelfare>

我的線上課程使用紀錄表：(可以按照你的實際情況重複勾選)

進行課程日期	<input type="checkbox"/> 1/24 <input type="checkbox"/> 1/25 <input type="checkbox"/> 1/26 <input type="checkbox"/> 1/27 <input type="checkbox"/> 1/28 <input type="checkbox"/> 1/29 <input type="checkbox"/> 1/30
每次進行課程的時數	<input type="checkbox"/> 少於 1 小時 <input type="checkbox"/> 1 小時 <input type="checkbox"/> 1~2 小時 <input type="checkbox"/> 2 小時以上
進行課程的地點	<input type="checkbox"/> 家裡 <input type="checkbox"/> 學校 <input type="checkbox"/> 圖書館 <input type="checkbox"/> 其他，_____
進行課程的夥伴	<input type="checkbox"/> 自己 <input type="checkbox"/> 父母 <input type="checkbox"/> 同學 <input type="checkbox"/> 其他，_____

1. 你覺得在這個數位學習課程的教材中，最吸引你的是哪個單元或哪個部分？為什麼？

\_\_\_\_\_

2. 當你使用完這個數位學習教材後，你會想要再繼續了解更多奈米科技的相關概念嗎？是哪方面的概念？你會利用哪種方式去了解？(例如：找網路資料、圖書館找資料...等)

\_\_\_\_\_

3. 你在使用這個數位學習教材時，有遇到什麼困難嗎？(例如：找不到你要的單元等)

\_\_\_\_\_

4. 你覺得教材中的練習題方式可以幫助你了解奈米科技的概念嗎？

可以。為什麼？\_\_\_\_\_

不可以。為什麼？\_\_\_\_\_

5. 在進行奈米科技的線上課程學習時，你覺得你還不夠了解哪個概念？請把你的問題寫下來。

\_\_\_\_\_

6. 如果可以的話，你會希望在這個教材中增加哪些功能？

\_\_\_\_\_

7. 你對於本數位學習教材還有什麼建議嗎？

\_\_\_\_\_

全文完