

國立交通大學

理學院網路學習學程

碩士論文

激發式動態呈現教學設計之研究－以代數為例



A Study on Instruction Design by Trigger-based Animation

in the Algebra

研究生：謝東育

指導教授：陳明璋 博士

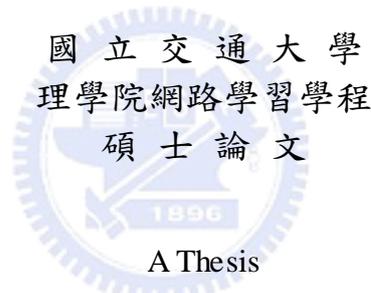
中華民國九十八年七月

激發式動態呈現教學設計之研究
-以代數為例

A Study on Instruction Design by Trigger-based Animation
in the Algebra

研究生：謝東育
指導教授：陳明璋

Student : Tung-Yu Hsieh
Advisor : Ming-Jang Chen



Submitted to Department of E-learning
College of Science
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in

Degree Program of E-learning

July 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

激發式動態呈現教學設計之研究—以代數為例

學生：謝東育

指導教授：陳明璋 博士

國立交通大學理學院網路學習學程

中文摘要

激發式動態呈現教學是基於認知心理學、認知負荷理論與多媒體學習理論提出的概念。教師以激發式動態呈現的方式，設計出配合課堂教學之數位內容教材，將更輕易吸引聽眾的注意力、引導學習、減少工作記憶的負擔，且降低認知負荷。為讓師生能溝通無礙的進行講解與學習，互動式教材的設計對注意力的引導尤其必要，適性指標就是吸引注意力的第一要件。

在林煜庭（2007）的研究顯示，使用具有適性指標教材的課堂授課中，學生的學習成效會優於沒有適性指標的教材的課堂授課。依據其研究可知在激發式動態呈現教學環境下，融合適性指標，有助於數學學習；但在毫無視覺情境、生活體驗、自然語意可言的代數教材學習上，算式展演的繁雜冗長，會讓學習者無法掌握解題過程的主要概念，即使適性指標加入設計亦無法完全解決。

本文研究主題以國中一年級數學科二元一次聯立方程式單元為教材設計主題，隨機挑選對此單元學習成就低落的學生分成兩班進行補救教學實驗，採準實驗研究法。

研究發現教材設計者可遵循教學內容結構化、教材呈現區塊化、建立訊息關聯及口語簡化解說四大原則並搭配適性指標教材設計原則來將繁冗的代數教材予以改良，從研究證實確實產生顯著效果，證實了代數教材設計原則確實能有效幫助學習。

關鍵字：激發式動態呈現、認知負荷、多媒體學習

A Study on Instruction Design by Trigger-based Animation in the Algebra

Student : Tung-Yu Hsieh

Advisor : Dr. Ming-Jang Chen

Degree Program of E-learning
National Chiao Tung University

Abstract

Trigger-based Animated Instruction is based on the concept of cognitive psychology, cognitive load theory and multimedia learning theory. In Trigger-based Animated Instruction, the teacher who designs the digital content teaching material which cooperates with classroom instruction, and will attract the audience's attention more easily, guide studying, reduce the burden of working memory, and reduce cognitive load. The design of the interdynamic teaching material is especially essential to the guide of attention for students. The adaptive pointer plays an important role in attracting attention.

The research by Lin YuTing (2007) reveals, while using the teaching material with the adaptive pointer, the learning effect of students will be superior to using the teaching material without the adaptive pointer. In Trigger-based Animated Instruction, the adaptive pointer helps students to study mathematics easily. But the teaching material of algebra doesn't have any visual situation, life experiences, and natural language, and then it will make the learners unable to grasp the main concept of problem solving, even the adaptive

pointer is adopted.

This study regards the unit of linear equations in two variables of mathematics in junior high material of the first grade as the teaching material, we select those with low-achievement, and divide them into two classes at random, experimented with remedial Instruction, with quasi-experimental design.

Results of this study show we can design the teaching material of algebra by the four major principles with the construction of the content of courses, the block of the teaching material, setting up connected information and simplifying spoken language and to match the principles of the adaptive pointer of teaching material, to improve the complicated, copious teaching material of algebra. The result indicates the experiment really has a significant effect to prove the teaching material design principle of algebra is really helpful to study.

Key word: cognitive load, multimedia learning, trigger-based animation

誌謝

兩年的求學生涯，一路走來心中滿懷感恩。感謝指導教授陳明璋博士，引領我進入數學教材設計這個領域，在每個設計版本的來回揣試中，他總是耐心且不吝指導，因而激發出本研究的代數設計原則，從他身上我看到了學者為基礎數學教育的戮力付出，也看到了資訊融入教學的落實，這種創新、努力不懈、為教育紮根的研究精神實在令人值得效法。

其次，感謝一起進行研究的晏斌、鈴茹、建欽三位同學，謝謝他們在我忙到焦頭爛額，分身乏術時，都能提點我並給予最大的支援，讓我在課業和研究論文撰寫上都能一一完成。

要感謝的人真得很多，但是最後我想感謝「天」。回想兩年前，趕在最後一天才知道交大招生並完成報名，兩年來歷經小孩出生、擔任學校行政職務、家人驟逝、車禍驚魂，一度想放棄學業回歸家庭生活，但都咬牙走過。感謝老天爺給我這樣的歷練，或許現在收成的果實才是最甜美，感謝每一個幫助過我的人，我會銘記在心。謝謝大家！

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iv
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究問題	2
1.4 研究範圍	3
1.5 研究限制	3
第二章 文獻探討	5
2.1 注意力	5
2.1.1 注意力處理程序	5
2.1.2 注意力的選擇	6
2.2 多媒體學習理論	7
2.2.1 多媒體學習理論三大基本假設	7
2.2.2 多媒體教材的教學設計原則	10
2.3 認知負荷	16
2.3.1 學者定義	16
2.3.2 認知負荷的基本假定	17
2.3.3 認知負荷的類型	18
2.3.4 認知負荷理論的教學設計原則	20
2.3.5 認知負荷理論的測量	22
2.4 適性指標與教材設計原則	23
2.4.1 適性指標定義	23
2.4.2 適性指標的視覺特徵	24
2.4.3 適性指標設計原則	27
2.5 激發式動態呈現教學	27
2.5.1 AMA系統	27
2.5.2 激發式動態呈現基本模式	28
2.5.3 激發式動態教學	28
2.6 補救教學	29
2.6.1 補救教學意義	29
2.6.2 補救教學對象	30

2.6.3 補救教學課程設計原則	30
2.6.4 補救教學設計原則	31
2.7 二元一次聯立方程式學習迷失概念	32
第三章 研究方法	35
3.1 研究流程	35
3.2 研究對象	36
3.3 研究設計	36
3.3.1 研究法的選擇	36
3.3.2 研究變項與假設	37
3.3.3 實驗流程	39
3.4 研究工具設計	39
3.4.1 實驗教材製作	39
3.4.2 代數教材設計原則	41
3.4.3 實驗問卷製作	44
3.5 資料分析方法	47
第四章 研究結果與討論	49
4.1 受試學生測驗資料	49
4.2 資料分析與假設說明	50
4.3 研究結果摘要	57
第五章 研究結論與建議	59
5.1 研究結論	59
5.2 建議	59
5.3 未來研究	61
參考文獻	63
中文部分	63
英文部分	65
附錄	69
附錄一、【實驗組】投影片教學過程簡述及教材分析	69
附錄二、【對照組】投影片教學過程簡述及教材分析	86
附錄三、階段學習成就測驗卷	101
附錄四、延後測驗卷	103

表目錄

表 1 多媒體學習的認知理論與認知負荷理論對照表	10
表 2 信號原則的使用方式	12
表 3 多媒體教材的設計原則	15
表 4 認知負荷兩個向度分類關係表	22
表 5 適性指標之形狀特徵 (FORM) 編碼及說明	24
表 6 適性指標之顏色特徵 (COLOR) 編碼及說明	24
表 7 適性指標之深度特徵 (DEPTH) 編碼及說明	25
表 8 適性指標之運動特徵 (MOTION) 編碼及說明	26
表 9 適性指標教材設計原則	27
表 10 受試學生上學期數學科學期成績及標準差摘要表	36
表 11 受試學生上學期數學科學期成績獨立樣本t檢定摘要表	36
表 12 分組教材設計內容摘要表	38
表 13 教學實驗流程與時間分配表	39
表 14 教材投影片與適性指標設計原則對照表	40
表 15 教學投影片的共同適性指標設計表	40
表 16 受測試題難度、鑑別度說明表	45
表 17 代入消去法計算題給分標準	45
表 18 加減消去法計算題給分標準	46
表 19 認知負荷量表	47
表 20 受試學生人數、各項測驗平均數及標準差、Effect size摘要表	49
表 21 階段學習成就測驗成績（代入消去法）獨立樣本t檢定摘要表	51
表 22 階段學習成就測驗成績（加減消去法）獨立樣本t檢定摘要表	51
表 23 延後測成績（代入消去法）獨立樣本t檢定摘要表	52
表 24 延後測成績（加減消去法）獨立樣本t檢定摘要表	53
表 25 實驗組、對照組不同主題後測、延後測成績平均數比較表	53
表 26 後測成績effect size摘要表	54
表 27 延後測成績effect size摘要表	55
表 28 認知負荷測驗（代入消去法）獨立樣本t檢定摘要表	55
表 29 認知負荷測驗（加減消去法）獨立樣本t檢定摘要表	55
表 30 實驗數據綜合比較表	56
表 31 分析結果摘要表	57

圖目錄

圖 1 多媒體學習理論雙通道模型	7
圖 2 文字/聽覺通道示意圖	8
圖 3 文字/視覺通道示意圖	8
圖 4 圖像/視覺通道示意圖	8
圖 5 文字/聽覺通道示意圖	9
圖 6 聽覺/視覺通道同步示意圖	9
圖 7 研究流程	35
圖 8 區塊化過程範例	42
圖 9 對齊過程範例	43
圖 10 建立二維圖像關係過程範例	43
圖 11 受測學生平均分數折線圖（代入消去法、加減消去法）	54



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

近年來因資訊硬體與教學軟體的蓬勃發展，教師運用資訊科技融入教學活動的比例大幅增加。創新的學習型式，優質的網路學習素材，使得各領域均有豐富且具特色的教學資源，讓學生能體驗不同的教材呈現方式，進而提高學習興趣，促使教學品質的提升。

Mayer 多媒體學習理論中提及雙通道假設、容量有限、主動處理三項假設，其中雙通道假設也就是當訊息以圖像與聲音同時呈現時，可以獲得最佳的效益。因此在設計多媒體教材時，為激發學習動機與吸引學生注意力，應將雙碼理論所述之聲音與影像在進入工作記憶是採並行的雙通道，並不互相干擾的概念廣泛運用，讓學生獲得最好的學習成效。

Sweller (1988) 認為傳統的問題解決方法太強調解題技巧，學習者必須使用大量的認知記憶能力，導致沒有多餘的認知能力來從事學習與獲得基模，因而造成加諸於學習者的認知系統上的負荷，更由於訊息進入工作記憶時間很短，如果沒有相關基模與其整合，很快的就會被新進的訊息取代，所以當複雜訊息呈現時，學習者常無法掌握訊息。

陳明璋博士基於認知科學與多媒體學習理論，提出了以課堂授課為導向之激發式動態呈現教學 (Trigger-based Animation) 概念。以 Microsoft PowerPoint 及 AMA (Activate Mind Attention) 外掛增益集為作業平台，提供視覺化環境，讓教師能依本身授課需求，設計出具高度呈現彈性並能配合課堂教學互動之多媒體教材，能更輕易的達成與學習者的認知互動 (Chen, 2003; Chen & Tan, 2007; 陳明璋, 2008)。林煜庭 (2007) 更以激發式動態呈現教材設計理念為基礎，提出了「適性指標」 (adaptive pointer) 概念。適性指標是一種視覺物件，具有「協助視覺搜尋」以及「引導注意力」的特性，在呈現過程中，演講者能彈性地以互動方式操控適性指標，並引導學習者瞭解教材內容。因此在教材設計上，可利用適性指標來吸引學習者的注意力至關鍵的教學訊息上，使之夠得到更多的資源來進行更進一步的認知處理，進而產生學習。

十七世紀法國偉大哲學家、數學家笛卡兒 (Descartes) 曾說：「一切問題都可以轉化為數學問題，一切數學問題都可以轉化成代數問題，一切代數問題都可以轉化為方程式，一切問題均將迎刃而解。」，可見代數方程式其重要性，尋求其解更是數學教育的核心。

但是缺乏視覺情境、生活體驗、自然語意想像的代數教材，往往造成學習者毫無想像空間，多媒體學習理論在此主題的運用似乎有所不足，也甚少相關研究碰觸此類主

題。因此教師若學養不足，在欠缺教學技巧的教學當中，學生的解題就多淪為記憶制式的運算，不知其目的，中上程度學生是如此，更遑論低學習成就學生，最後就是以放棄學習收場。

什麼樣的環境才能支援這樣的教學需求，同時符合學習理論的假設？在此環境下課堂教材應具備怎樣的特性？教材設計及教學策略會有甚麼樣的影響？因此本研究嘗試以注意力引導的角度出發，結合多媒體學習與認知負荷理論的觀點，探討代數教材設計對低學習成就者的影響，並希望能歸納出設計原則供教學使用，讓學生的挫折感迎刃而解。

1.2 研究目的

多媒體學習理論所設定的主題、研究環境多是對學習者有相當程度的想像刺激，但是面對沒有視覺情境、自然想像的代數專業領域，因為條件不同，所以多媒體學習理論在處理上會有其限制，產生的作用似乎有所不足。因此，本研究的目的是：

1. 發展代數教材設計原則以補強多媒體學習理論不足之處。
2. 驗證適性指標結合代數教材設計原則，對學生的學習成效，是否有顯著效果？

1.3 研究問題

綜合研究動機、目的，本研究將以國中一年級數學科二元一次聯立方程式為教材主題，在結合適性指標的激發式動態教學環境下，針對補救教學學生深入探討教材設計對學習成效及認知負荷所造成的影響。

本研究要探討的問題如下：

1. 適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現是否有影響？
2. 適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現在經過四週後是否有持續性的影響？
3. 適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在降低學習認知負荷量方面是否有影響？

1.4 研究範圍

本研究以國中一年級數學科二元一次聯立方程式為研究主題範圍，此範圍為代數的基礎運算能力，影響日後代數課程學習甚鉅。研究對象則挑選此階段學習成效低落，需進行補救教學的學生為受試者，希望驗證代數設計原則對此主題學習成就低落的學生有顯著效果，並加以推廣，幫助學生學習代數教材。

1.5 研究限制

本研究的教學實驗在設計之初務求嚴謹，但因現實環境限制仍產生諸多變因，影響施測結果。現將實際操作過程中可能遭遇到的限制分述如下，應在施測前先行尋覓解決之道，將變因所帶來之影響降到最低。

1. 主題限制

本研究期能驗證代數教材設計原則確實能產生顯著效果，但所得結論能否印證至不同代數主題，仍需設計不同實驗加以證明。

2. 母群體限制

本研究因人力、物力、時間等因素的限制，僅能以某國中國一學生作為施測母群體，所能抽取樣本有限，易有代表性不足之疑慮，但若擴及其他鄉鎮學校，甚或跨縣市，便能合理推論研究結果。

3. 授課環境限制

研究者任教學校，屬非都會區學校，學生甚少接觸大螢幕投影教學；又因受試人員來自各班，在不影響各班正常上課情形下，需另外安排教室進行實驗教學，該教室的明亮程度、物品擺設均非學生平常熟悉的上課環境，容易產生新奇效應而影響施測結果。

4. 受試人員限制

由於受試者非研究者任教班級，對研究者教學時的口語速度、音量、音色均不熟悉，受試學生的不適應有可能會影響施測結果。



第二章 文獻探討

2.1 注意力

注意力在訊息處理過程中扮演著非常重要的角色，有注意力的存在，才能辨別空間中物體的種類與型態。因此，注意力是產生知覺的重要關鍵。注意力機制之所以必須存在的主要原因，是因為我們的心理資源是有限的，無法同時處理過多的事項。雖然所有的視覺刺激平行的進入視覺系統內，其中僅有少數能在某些階段被挑選出來做進一步較精細的知覺分析，因此只有這些刺激達到物體辨識的歷程，其餘的部分可能僅作粗略的處理，甚至是不做任何處理而無法辨識。一旦缺乏這種機制，我們將面對著大量的訊息而無所適從。

2.1.1 注意力處理程序

注意力在訊息處理過程中扮演著非常重要的角色，有注意力的存在，才能辨別空間中物體的種類與型態。注意力處理程序在訊息處理理論中分為兩種，一為快速且自動化的處理，另一為較緩慢且必須接受意識控制的處理，Treisman (1982) 指出人類有兩個分開但會相互影響的注意力處理系統—輸入注意處理 (input attention processing) 與控制注意處理 (controlled attention processing)：

1. 輸入注意的處理

「輸入注意」是指訊息進到認知系統所作的基本處理，屬於較早期的注意力處理。其所處理的內容層次較低，一秒內便可完成自動化的處理，學習者不會查覺到有心智處理過程，因此耗費相當少的心力；其運作方式是平行的。

2. 控制注意的處理

「控制注意」是一種對心智努力或心智焦點做有意的、自發配置的處理，運作方式是序列的、被意識所控制的。在此種處理程序下，心智必需相當努力，才能控制注意力聚焦在某個刺激上，相形耗費許多心力，因此處理速度較緩慢，需要1秒或2秒以上才能完成。

由於兩個性質不同的注意力處理系統的存在，教材內容設計時應思考某個設計的目的是為了引發學習者自動化的處理，或是希望能引發意識聚焦的控制注意，如此才能讓教材內容依其不同的目的而有更適當的安排。

2.1.2 注意力的選擇

注意力的引發有時是在無意識之下進行，毫不費力的；相對的，有些涉及意識層面的注意，就需要高層次的認知處理時。然而在面對大量訊息時，人類又是如何對刺激做選擇或忽略呢？藉著忽略或不強調某個刺激，可以因此凸顯某些顯著的特徵，集中注意力的焦點，以增進我們對這個刺激做更深入的認知理解。注意力的選擇有幾種不同的解釋，說明如下：

1. Broadbent 的模型

Broadbent 認為在感覺刺激的多重管道上會遇到一個注意力的過濾器，使目標刺激通過過濾器，進入知覺歷程，作較高層次的處理，除了目標刺激外，一些有顯著感覺特性的訊息也可以通過注意力系統。而其他的刺激則會在感覺過濾器中被濾掉，永遠無法通過管道進入知覺的層次。

2. Moray 的選擇性過濾器模型

Neville Moray 認為並非所有不被注意的訊息都無法通過過濾器，當強大、高度顯著的訊息出現時，可突破過濾器的機制，使非刺激目標進入知覺層次。Neville Moray (1959) 發現參與實驗的人，會忽略大部分未注意的訊息，但是當未注意的一耳出現自己的名字時，他們仍可注意到。

3. Treisman 的減弱模型

Treisman 在實驗中發現，過濾器機制只是「減弱」非目標刺激，而非完全「阻斷」所有的非目標刺激。Treisman 在實驗中發現兩個現象，當訊息由注意的一耳突然轉到不注意的一耳，參與者會聽到不注意那耳相同訊息的前幾個字。顯示脈絡會短暫地引導參與者注意他本來應該忽略的訊息。未注意的訊息與注意的訊息相同時，甚至是出現的時間不同步，所有的參與者都會注意到。實驗的結果說明了過濾器的減弱效果並沒有大到足以阻止這些較強的刺激進入知覺系統。

4. Deutsch 和 Deutsch 的後過濾器模型

不同於前面三種關於注意力的過濾器理論，後過濾器理論認為過濾器是在知覺及概念分析的後面，以此解釋我們可以聽到自己的名字或對雙語者而言可注意另一耳的翻譯。

由上述幾個對於注意力選擇機制的說明，我們了解個體對注意力的進入具有選擇性，當強大、高度顯著的訊息出現時，可突破過濾器的機制，進入知覺層次運作，由此可見，教材呈現時只要能夠突顯主要訊息、去除雜訊，刺激就可通過過濾器。張景媛(1991)指出教學媒體不需複雜多變，只要能「突出」就可達到引起注意的目的，而所謂的突出就是指提供的刺激可以激發注意力，使這些較強的刺激通過。在激發式動態呈現的教學過程中，我們藉由在複雜畫面中加入或突顯訊息，以強化刺激來源，引發學習者的注意。

2.2 多媒體學習理論

Clark 和 Mayer (2003) 將多媒體學習定義為從使用文字 (包含印刷文字、口述文字) 和圖像 (包含插圖、圖片、照片、地圖、動畫、影像) 共同呈現之材料來學習，因此可將多媒體學習稱之為雙碼學習 (dual-code learning) 或雙通道學習 (dual-channel learning)。多媒體學習理論說明了人類在進行多媒體學習時，認知系統如何分配以處理多媒體訊息的過程 (圖 1)。

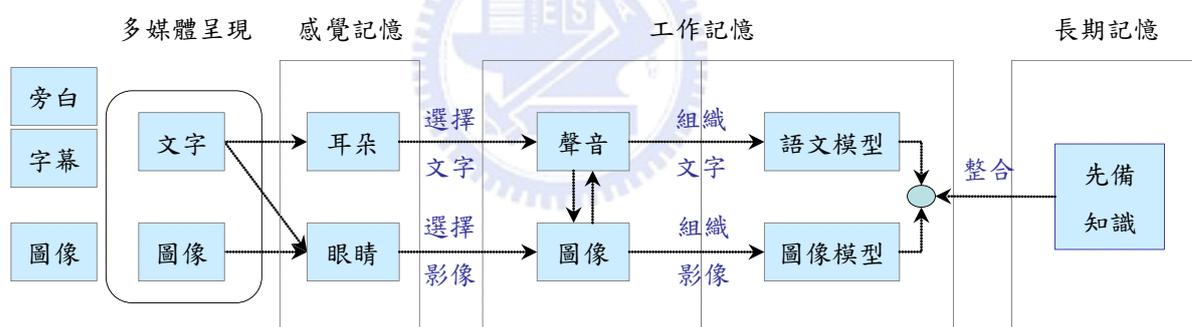


圖 1 多媒體學習理論雙通道模型
資料來源：修改自 Mayer, 2005

2.2.1 多媒體學習理論三大基本假設

多媒體學習理論有三個基本假設，分別為雙通道假設 (Dual channels)、容量有限假設 (Limited capacity)、主動處理假設 (Active processing) (Mayer, 2001)：

1. 雙通道假設 (Dual channels)

雙通道假設源自 Paivio 的雙碼理論 (Clark & Paivio, 1991; Paivio, 1986) 與 Baddeley 的工作記憶模型 (Baddeley, 1986, 1999)。Mayer 認為人類擁有處理視覺及聽覺訊息的兩個獨立通道，由眼睛接收的訊息，會在視覺通道中加工，而由耳朵進入的訊息，則會在

聽覺通道中加工，其中文字訊息可能以旁白的方式進入聽覺通道（圖 2）或是以字幕的方式進入視覺通道（圖 3），圖像訊息則是以視覺通道進入工作記憶體（圖 4）。

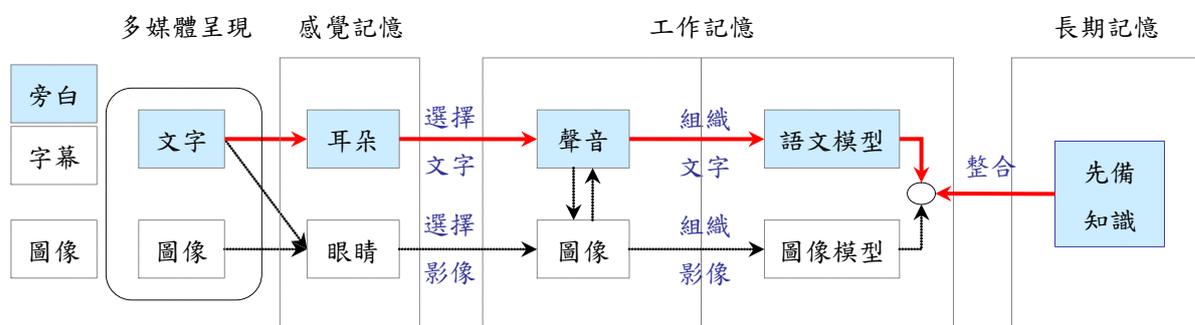


圖 2 文字/聽覺通道示意圖
資料來源：修改自 Mayer, 2005

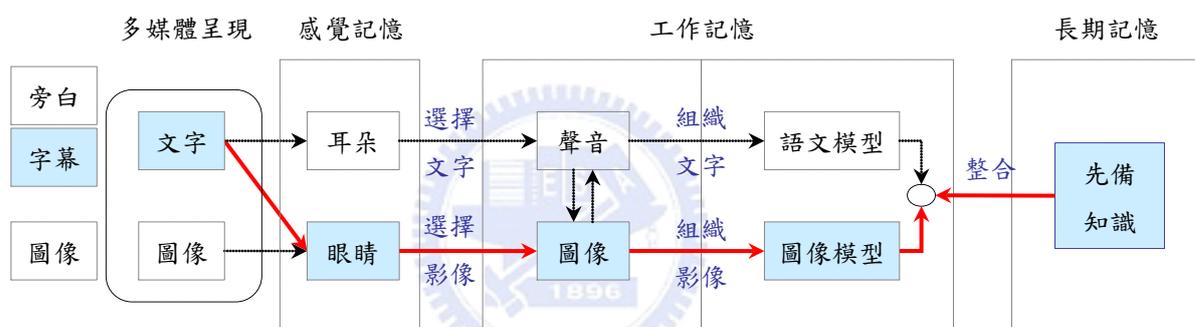


圖 3 文字/視覺通道示意圖
資料來源：修改自 Mayer, 2005

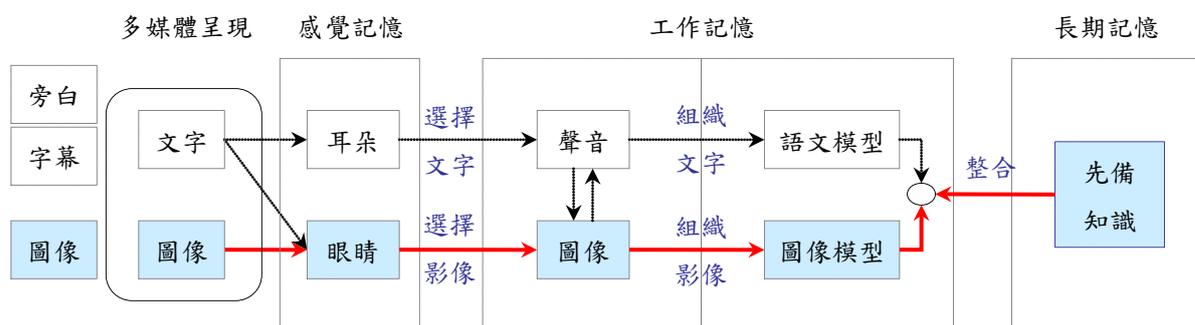


圖 4 圖像/視覺通道示意圖
資料來源：修改自 Mayer, 2005

在雙通道假說中，雖然不同呈現方式的訊息會從各自的通道進入工作記憶，學習者卻可以將兩個管道接收到的訊息相互轉換。例如字幕是由眼睛接收，因此由視覺通道進入工作記憶，但有經驗的讀者卻可以在心智上將字幕訊息轉化成聲音，透過聽覺通道進入工作記憶體（圖 5）。相同的，學習者也可以將聽覺接收器接收到的訊息轉化成影像收錄，所以訊息不管用哪一種方式收錄，可以在原來的通道內流通，也可以轉換到另一個通道進入。雙通道假設認為，當我們可以同步使用不同的兩個收錄訊息的管道，就可以加速訊息接收，形成有意義的學習（圖 6）。

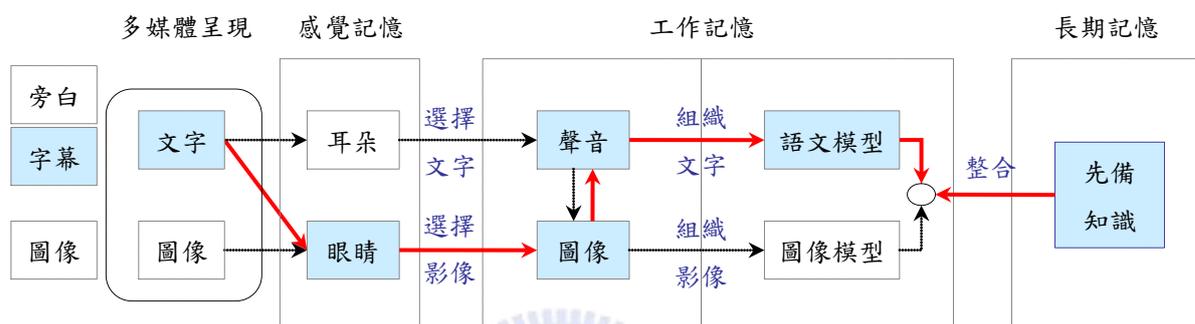


圖 5 文字/聽覺通道示意圖
資料來源：修改自 Mayer, 2005

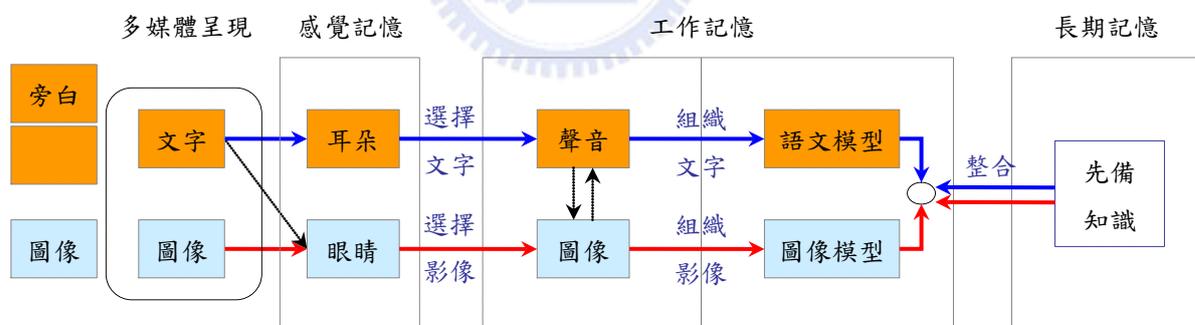


圖 6 聽覺/視覺通道同步示意圖
資料來源：修改自 Mayer, 2005

2. 容量有限假設 (Limited capacity)

人類在每一個通道所能夠同時處理的訊息量是有限的 (Clark & Mayer, 2003; Mayer, 2001)，此假設與 Baddeley 的工作記憶的訊息處理有容量限制及 Sweller 的認知負荷理論主張相同。

當大量訊息湧入，學習者能保留於工作記憶中的訊息只有少部分，也可能是片段而

非完整的。所以如何適當切割訊息、控制呈現量，使學習者能夠進行有意義的學習，則是多媒體教材設計的重點。

3. 主動處理假設 (Active processing)

學習者會將其接收到的訊息與自己的既有經驗、知識和基模整合出一致的心理表徵，這個認知處理歷程是主動進行的 (Clark & Mayer, 2003; Mayer, 2001)。

主動處理歷程包含「選擇相關訊息」、「組織已選擇的訊息」、「將新訊息與既有知識整合」三階段，分述如下：

- (1) 選擇相關訊息：多媒體教材呈現之文字和圖像訊息經由學習者感官收錄 (encoding) 後，會分別形成視覺與聽覺表徵；接著藉由選擇文字或圖像的方式使得訊息表徵進入工作記憶區中。
- (2) 組織已選擇的訊息：學習者在工作記憶區中將所選擇的訊息進行組織，建立訊息文字和圖像各元素間的內在關聯，形成一致的、具有結構的語文模型和圖像模型。
- (3) 將新訊息與既有知識整合：學習者在工作記憶區中將語文模型及圖像模型彼此配對，與長期記憶中的相關既有知識形成外在關聯，並進行整合以使訊息產生意義。

2.2.2 多媒體教材的教學設計原則

Mayer (2009) 認為在學習的過程中有三種認知的處理方式：外在的認知處理、本體的認知處理和衍生的認知處理 (表 1)。

表 1 多媒體學習的認知理論與認知負荷理論對照表

多媒體學習理論 R. E. Mayer	認知負荷理論 Sweller	內容說明
外在的認知處理 (extraneous)	外在認知負荷	在教學目標之外，受到教學設計所引起的認知處理
本體的認知處理 (essential)	內在認知負荷	在訊息選取的處理時，將教材本身描繪到工作記憶中所產生的處理過程，會受到教材本身的複雜性所影響
衍生的認知處理 (generative)	增生認知負荷	在組織和整合訊息的處理時，為了讓學習者更能知覺教材本身的意義，因而藉由提高學習動機的方式所產生的認知處理

資料來源：整理自 R. E. Mayer, 2009 & Sweller, 1998

Mayer 和多位學者經過多實驗研究，提出十二個多媒體教材的設計原則 (R. E. Mayer, 2009)，可作為教材設計的重要參考。若依 Mayer 所提出三種認知的處理方式(外在的、本體的和衍生的認知處理)，可分為：

1. 減低外在處理的設計原則：連貫原則 (Coherence Principle)、信號原則 (Signaling Principle)、重複原則 (Redundancy Principle)、空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)、時間接近原則 (Temporal Contiguity Principle)。
2. 管理本體處理的設計原則：分割原則 (Segmenting Principle)、事先訓練原則 (Pre-training Principle)、形式原則 (Modality Principle)。
3. 增加衍生處理的設計原則：多媒體原則 (Multimedia Principle)、個人化原則 (Personalization Principle)、聲音原則 (Voice Principle)、圖像原則 (Image Principle)。

現將十二個多媒體教材的設計原則詳述如下：

1. 連貫原則 (Coherence Principle)

連貫原則指的就是確立教學目標，教材設計的目的在於呈現教學目標，捨棄不相關的部分，使得教學得以連貫。Mayer (2003) 將學習者所需面對的認知處理分成三個種類：

- (1) 必要的處理 (Essential processing)：「選擇文字」、「選擇圖片」、「組織文字」、「組織圖片」及「整合」。
- (2) 附加的處理 (Incidental processing)：教材內容扣除「必要的處理」剩下的部分。
- (3) 表現的維持 (Representational holding)：在工作記憶區留著口語或視覺的記憶。

將與主題無關之材料 (material) 如：文字、插圖、音樂等排除時，學習者的學習成效優於納入無關材料時 (Clark & Mayer, 2003)。Mayer (2001) 指出無關的材料可能會造成以下幾種情形：

- (1) 無關的材料在工作記憶中與重要的訊息競爭認知資源。
- (2) 使學習者從重要的資料或訊息中分散注意力。
- (3) 分裂組織中的資料或訊息處理。
- (4) 可能使學習者繞著不適當主題組織訊息而產生不恰當之認知活動。

2. 信號原則 (Signaling Principle)

當多媒體教材含有協助如何處理教材的信號（可強調教材內容組織結構與重點的提示）時，學生對教材的瞭解程度會比學習不含協助信號教材的學生好 (Mayer, 2005)。在信號原則中常用的方式為「突顯標題」(heading) 與「強調關鍵訊息」(key information) (Mayer, 2005)，如：在口語中加強重音提醒關鍵字、使用箭號指示注意動畫中的某個影像、添加綱要或標題以協助組織文字、利用底線和粗體字來突顯重要訊息等。

Mayer (2009) 進一步依據不同素材的使用方式，將信號分為使用在文字上的語言信號 (verbal signaling) 和使用在圖像部分的視覺信號 (visual signaling) 兩種 (R. E. Mayer, 2009)，整理如表 2 所示。

表 2 信號原則的使用方式

分類	特徵	使用方式
語言信號 Verbal Signaling	大綱 Outline	在開始進行教學內容講解之前，先呈現課程大綱
	標題 Heading	在教材的每一節開頭處加入標題大綱
	強調聲音 Vocal emphasis	當講解到課程關鍵字時，藉提高音量或是放慢速度逐字念出來提醒學習者
	指標字 Pointer words	在教材內容中加入編號指標字，如：一、二、三、...
視覺信號 Visual Signaling	箭頭 Arows	以箭頭指出圖像的重點部分
	特殊顏色 Distinctive colors	用刺激顯目的顏色來強調圖像的重點概念
	閃爍 Flashing	用閃爍的方式顯示圖像的特定元件
	指示手勢 Pointing gestures	指出圖像的某個部分
	淡化 Graying out	將圖像中非講解部位淡化，讓正在敘述講解的主題能夠凸顯，吸引學習者注意力

資料來源：整理自 R. E. Mayer, 2009

信號原則包含聲音、文字、符號的使用，目的是為了能讓相關的訊息更加地凸顯。透過信號的提示便能引導學習者將注意力投注於重要的教材內容之上，避免注意力分散至其他不重要的內容而造成認知資源的浪費。

3. 重複原則(Redundancy Principle)

學習者的學習成效在「動畫+旁白」的多媒體教材中，比呈現「動畫+旁白+文字」的多媒體還要好。其原因如雙通道假設所述，當僅有動畫及旁白時，兩者可以分別經由視覺及聽覺通道；但當動畫、旁白、文字皆出現時，動畫及文字則會彼此佔用視覺通道的資源，造成干擾。認知負荷理論所探討之重複效應與此原則並不完全相同，重複效應主要涉及了多媒體學習理論之連貫原則，而非關雙通道假設。

4. 空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)

多媒體教材中相對應之文字及圖像呈現的位置彼此接近時，學習者的學習成效會比相對位置遠離的更好 (Mayer, 2001)。因為當相對應的文字及圖像彼此位置接近時，學習者不需耗費認知資源 (mental resources) 於進行視覺搜尋，此時學習者在主動學習的過程中可能行有餘力，可將多餘的認知資源投注在其他的訊息上，進而能增加訊息的獲取量，當然能提高學習成效。

當畫面上需同時呈現的物件量少且複雜度不高時，文字及圖像擺放就可以符合空間接近原則。但實際教學必須呈現高複雜度畫面時，就需變通運用格式塔原理的群化原則，引導、協助學習者連結文字及圖像，降低搜尋所需花費的認知資源，或著利用「激發式動態呈現」的方式彈性激發概念控制訊息量、降低認知負荷。

5. 時間接近原則 (Temporal Contiguity Principle)

多媒體教材中相對應的文字及圖像同時呈現時，學習者的學習成效比兩者呈現出現時間差的效果要好 (Mayer, 2001)。若文字及圖像能同時呈現，則他們在「組織訊息」階段便能順利的產生關聯；但當文字和圖像在不同時間呈現時，學習者較不可能同時在工作記憶中保留兩者的心智表徵，因而難以建立聽覺表徵及視覺表徵間的心智連結而無法做有效的整合。

不過當訊息被切割成小段時，則因訊息的量有所控制，則不管文字及圖像是接續的出現或是同時出現，都不會有明顯的效果差別，學習者靠自己整合資訊，而表現的如同接收整合完的資訊一樣 (Moreno & Mayer, 1999；Mayer, 2001)。

6. 分割原則 (Segmentation Principle)

當多媒體教材被分割成數個小片段時，學習者有足夠的時間及能力從每一個片段中選擇文字及影像並加以組織及整合後，再進入下一片段；相反地，若多媒體教材以連續的方式播放，學習者能夠從第一個片段中選擇文字及影像，但當學習者忙於組織及整合被選擇的文字及影像時，便被要求對於接連呈現的訊息做選擇文字及影像的工作，造成

學習者雙重通道皆超荷的情況 (Mayer & Moreno, 2003)。

7. 事先訓練原則 (Pre-training Principle)

學習者若能夠在學習之前，即先知道主要概念的名字和特徵，則學習效果會較好。類似預習的效果，讓學生再一次看到主題時能有複頌的效果，自然會提高注意力，加深其印象。

8. 形式原則 (Modality Principle)

學習者可從「動畫+旁白」中得到比「動畫+文字」較佳的學習成效。原因在於多媒體訊息中當文字與圖像一起呈現時，在視覺通道中必須同時處理圖像和文字訊息，因而造成認知負荷過重，影響學習成效。認知負荷理論同樣也考慮到了工作記憶的兩個處理訊息通道，並提出了「形式效應」。

9. 多媒體原則 (Multimedia Principle)

教材同時呈現「文字+圖像」的學習效果比僅有「文字」學習的效果好 (Mayer, 2001)。因為當文字和圖像一起呈現時，學習者能建立文字及圖像的心智模型，並建構兩種心智模型之間的關連、進行整合。

10. 個人化原則 (Personalization Principle)

個人化原則是 Mayer 在以電腦為介面的學習環境，考量社交因素會影響學習者的動機，能夠增進認知的處理，進而提出的設計原則之一。多媒體教材的用語採用「對話式」的方式會比「形式化」的方式得到更好的學習效果。教材中對話式用語可多使用第一、二人稱，避免使用第三人稱，並在解說過程增加與學習者對話句子，達到直接和學習者對話的作用 (R. E. Mayer, 2005)。

11. 聲音原則 (Voice Principle)

在個人化原則中提到，多媒體教材以對話式的方式來教學，比形式化的講課更有教學效果。本原則進一步的說明，旁白講述的聲音使用「人聲」錄製的方式會比「機器音」的方式更有教學效果。

12. 圖像原則 (Image Principle)

當畫面中出現了演講者的圖像時，學習效果並不一定會提高。

茲將十二個多媒體教材的設計原則簡述整理如下表 3 所示。

表 3 多媒體教材的設計原則

	設計原則	說明
減低外在的處理	連貫原則	與主題「不相關」的文字、圖像或聲音若能加以排除，學習效果較好
	信號原則	多媒體教材，若含有可強調教材內容組織結構與重點的「提示」(cues)，學習效果較好
	重複原則	學習者從具有「動畫+旁白」的教材比具有「動畫+旁白+文字」的教材能得到更好的學習效果
	空間接近原則	相對應之文字與圖像在畫面中「位置接近」會比位置遠離的學習效果好
	時間接近原則	相關的文字與圖像「同時呈現」比接續呈現的效果好
管理本體的處理	分割原則	當多媒體教材被分割成數個小「片段」，並且能讓使用者自己控制片段的呈現，會比連續播放的方式，學習效果較佳
	事先訓練原則	學習者若能夠事先知道主要概念的名字和特徵，學習效果較佳
	形式原則	文字訊息以「旁白」的方式呈現會比文字有更好的效果
增加衍生的處理	多媒體原則	教材設計採用「文字」與「圖像」並用的學習效果會比僅採用文字好
	個人化原則	教材的用語採「對話式」方式會比採用形式化的方式，得到更好的學習效果。
	聲音原則	旁白講述的聲音採用「人聲」錄製的方式會比機器音的方式，學習者能夠學得更好
	圖像原則	當螢幕上有出現演講者的圖像時，並不必然會得到較好的學習效果

資料來源：整理自 R. E. Mayer, 2009

2.3 認知負荷

認知負荷理論 (Cognitive Load) 來自歐美的人體工學 (ergonomics) 與人因科學 (human factor) 等領域，從心理、生理與認知層面，探討工作與任務對執行者的影響與適合性 (黃克文, 1996)；早期應用於軍事訓練與各種企業上，稱為「心智工作負荷」(mental workload)，直至澳洲新南威爾斯大學教育學院 Sweller (1988) 將此理論引入教育界，隨即引起國際的重視，不但成為許多研究的理論基礎，也廣泛被應用於教學設計，是當前有關學習與教學設計最具影響的理論之一。

2.3.1 學者定義

國內外有多位學者或研究者對認知負荷提出不同的看法，茲整理分述如下：

Sweller (1988) 認為傳統的問題解決法太強調解題技巧，學習者必須使用大量的認知記憶能力，導致沒有多餘的認知能力來從事學習與獲得基模，因而造成認知負荷，所以「認知負荷」是將一特定工作加諸於學習者的認知系統時所產生的負荷，其與工作記憶中的記憶單位數有關，個體若將一大堆的記憶項目儲存於工作記憶中，就容易造成「過度」的認知負荷。

Jex (1988) 認為認知負荷是學習者在面對學習內容時，置身於一個相關脈絡中，欲表現符合適當任務行為時，所意識到「任務要求」與「自身認知能力」之間，心智負荷差異的評估。

Paas (1992) 則指出認知負荷是一種多向度的概念，包含兩種面向：一是「心智負荷」(mental load)，二是「心智努力」(mental effort)；因此 Paas 認為，若個體對於學習內容所知覺的困難度越大，或者個體在心智上更需努力，則認知負荷就會越大。因此，給予學習者的工作任務太過困難，或工作需要投入極大心力，都將容易加重認知上的負荷。

黃克文 (1996) 指出認知負荷是學習者在接收、處理與運用訊息過程中，因訊息內容 (數量、質量、脈絡...等)、學習環境、傳輸環境與互動方式等因素，超越了學習者所知覺的認知能力，在當時的「心理」或「生理」上引起了負擔、重擔、苦惱與憂慮，甚至失敗、挫折的後設概念。

宋曜廷 (2000) 則認為認知負荷係指執行某種作業過程中，因作業特性所需的認知能量 (capacity) 或認知資源 (resources) 而造成認知系統 (特別是工作記憶) 的負載狀態。

陳蜜桃(2003)指出「認知負荷」係指個體在執行某種工作、作業或任務的過程中，個體所感受到的心智負荷與心智努力的負載狀態，且就訊息處理理論而言，「認知負荷」係指工作記憶的負荷 (working memory load)。

黃柏勳(2003)認為「認知負荷」是個體在工作情境(學習情境)下處理訊息時，所感受到心智負荷與心智努力的負荷總量。若負荷總量超出個體所能接受的上限，將導致個體的認知系統無法負載，進而在心理或生理上引起焦慮、壓力與苦惱等負面知覺，並影響工作(學習)的表現。

歸納以上學者的觀點可知，「認知負荷」是個體於面對訊息時所產生的「負荷量」，工作記憶的項目越多，認知負荷越大；任務要求與自身認知能力間差距越大，則認知負荷越大；在學習過程中，越需要付出較多的心智努力來學習時，認知負荷就越大。在心智負荷與心智努力的負荷總量上，如果超出個體所能接受的範圍，而導致認知系統過度負載，將會造成心理或生理上的負面效應，進而影響學習的表現。也象徵著心智負荷與心智努力的「交互作用」、訊息難度與掌握訊息程度上的落差區間，以及因負擔而產生的情緒性的後設概念。

2.3.2 認知負荷的基本假定

認知負荷理論對人類認知架構 (cognitive architecture) 有四個基本假定 (Mousavi, Low, & Sweller, 1995; Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998)，茲分述如下：

1. 工作記憶容量有限

「工作記憶」是一個負責暫時儲存的系統，能操控部分的資訊且在感知及動作的控制間形成一個重要的連結 (Baddeley, 1998)。人類的工作記憶容量是有限制的，只能儲存平均約 7 ± 2 個單位，但是真正能進行操作處理的，只有2~4個單位，且工作記憶運作或保留的時間極短，若未經複誦 (rehearsal)，大約20秒隨即消失，若一次需處理多個訊息、待處理訊息內在要素彼此互動關聯性高、則必須不斷搜尋元件之間的關聯度因而耗費許多工作記憶，便會產生較大的認知負荷，導致學習困難。因此教學教材的設計必須考量到工作記憶容量的問題，分析教材內容並作適當的切割，以區塊化的方式呈現，單一區塊呈現的訊息量適中，避免超過工作記憶的容量，確保學習成效。

2. 長期記憶容量無限

人類長期記憶像是一個大型的資料庫本身沒有儲存容量上的限制。長期記憶中儲存的訊息都是經過處理，有組織的知識基模，初學者 (naïve) 與專家 (expert) 最大的差別

就在於長期記憶的儲存內容，專家在長期記憶中儲存許多問題狀態及其對應策略，因此專家在面對問題情境時，可迅速的激發長期記憶中的相關基模，立即檢索提取長期記憶中的解決策略至工作記憶進行處理，進而解決問題，反觀初學者的處理之道則只能於工作記憶中搜尋、推理、嘗試，尋找解決策略，因而耗費大量的工作記憶容量，而造成過度的認知負荷。簡單來說，專家在遇到問題時，長期記憶中有較多相關解題基模可以參照處理，相較初學者會有較好的表現。

3. 知識與技能以基模的型態儲存於長期記憶中

基模 (schema) 是敘述性知識的一種形式，藉由簡單到複雜，由粗略到精緻的基模建構 (schema construction) 過程，發展專門知識 (expertise) 及複雜的工作技能。最後儲存入長期記憶中，基模主要功能有二，一是在長期記憶中提供組織與儲存訊息的功能，二是在工作記憶中處理新訊息，降低工作記憶運作所產生的負荷。

4. 基模運作自動化(schema automation)是基模建構的重要過程

自動化 (automatic) 通常不涉及意識控制，沒有意圖且消耗很少的注意力資源 (Posner & Snyder, 1975)。人類在面對週遭訊息時不是透過意識 (conscious) 處理，就是透過自動化 (automatic) 處理。人類的意識活動處理都是在工作記憶中進行，會佔用許多工作記憶的空間；而自動化處理則少為意識所監控，其佔用極少的工作記憶容量。許多知識技能經由不斷練習之後，才從意識處理轉換成自動化處理，基模運作自動化 (schema automation) 將可節省許多工作記憶的空間，而對更多訊息作同時或更深入的處理，由此可知，基模的自動化是基模建構過程中很重要的步驟。

由上述基本假定中可歸納出：工作記憶在運作過程中，需從長期記憶中檢索提取既有相關的知識基模，進行整合以解決問題。因此，若無法從長期記憶中有效、快速提取相關既有知識基模處理新訊息，可能會消耗過多的工作記憶之認知資源，將產生不同類型的認知負荷。

2.3.3 認知負荷的類型

認知負荷理論強調教學設計首重「基模的建構」與「自動化」，要達成這兩個目標必須借助工作記憶的運作，Sweller 等人 (1998) 從教學設計的角度分析認為在此過程中將產生下列三種類型的認知負荷：

1. 內在認知負荷 (Intrinsic Cognitive Load)

內在認知負荷主要受到教材的特性（內在元素間的關聯程度）與學習者本身的程度（所具備的先備經驗），以及兩者間交互作用的影響。

教材的特性即教材本身難易程度。若教材內容複雜，學習者需同時將大量元素置入工作記憶區中，將造成其較高的內在認知負荷；相反的，若教材內容簡單，因為不需同時將大量元素置入工作記憶區中，即可對各元素有所理解，故其內在認知負荷較低。

除了教材特性外，另一個影響內在認知負荷的因素，就是學習者本身的專門知能及先備知識。相同的學習內容（教材）對於擁有不同專門知能和先備知識的學習者，將會導致不同程度的內在認知負荷。如果學習者具備完整的先備知識，本身具有與教材相關的認知基模，當訊息進入工作記憶，便能迅速將外在訊息與自動化的基模進行整合，大大的降低工作記憶的消耗，降低內在認知負荷。倘若無基模存在，則所有訊息必須在工作記憶區中單獨處理，則易造成更大的認知負荷。

有鑑於此，教材設計者應考量教材本身難易程度與學習者的先備知識是否足夠，才可盡量降低學習者的認知負荷。內在認知負荷是基本的負荷，它無法經由教學設計來降低，但可經由基模的建構和自動化來降低，降低內在認知負荷就可降低整體認知負荷。

2. 外在認知負荷 (Extraneous Cognitive Load)

外在認知負荷或稱為無效的認知負荷 (ineffective cognitive load)，主要是因為教材呈現方式與教材設計不同的因素，造成學習者不同程度額外的負荷，與學習者的基模建構和自動化無關，又因此種認知負荷是外加的，因此可藉由教材內容呈現與組織方式的設計修改來減低，其為多媒體或教材設計者所致力研究的重點之一。

當訊息需經過整合才能彼此參照了解時，若於其呈現的時間上加以錯開，則會加重外在認知負荷；若同時呈現或是預先將訊息比較、整合，則可降低外在認知負荷，例如：Sweller 提出許多實驗來證明，整合視覺及口語的資訊能防止實驗者在文字及圖片上分散注意力，提高教學成果 (Chandler & Sweller, 1992； Sweller, Chandler, Tierney & Cooper, 1990； Tarmizi & Sweller, 1988)，這便是改變教學設計達到降低外在認知負荷的例子。

3. 增生認知負荷 (Germane Cognitive Load)

增生認知負荷又稱為有效的認知負荷 (effective cognitive load)，此種負荷產生是因為教材設計者提供額外訊息或教學活動給予學習者，協助其對學習內容建構基模與自動化時所產生的認知負荷。例如：設計未完成的數學推理範例，引導學習者完成後續解題，此種方式便增加了「增生認知負荷」，但卻可協助學習者建構相關之基模。

增生認知負荷雖看起來像是增加學習者的負荷感，但此種負荷是促進學習而非干擾學習。由於會增加學習者的負荷感，因此必須於內在認知負荷、外在認知負荷與增生認知負荷的總和，未超出學習者工作記憶所能負荷的範圍，適時引入增生認知負荷才具有意義。

Sweller (2009) 在認知負荷研討會中更進一步出新的看法，認為內在的認知負荷和增生認知負荷並非完全獨立，而是有部分重疊的，因此認知負荷的總量計算更加重要。為了降低內在認知負荷而增加了增生負荷，卻使得認知負荷總量超過學習者的能力，這樣的增生負荷並沒有存在的意義。

2.3.4 認知負荷理論的教學設計原則

Sweller 等人 (1998) 歸納認知負荷理論在各學科領域的研究結果，提出七項的教學設計原則，茲分別說明如下：

1. 自由目標效應 (Goal Free Effect)

傳統的目標導向教學，侷限學習者的想法與解題目標，容易造成極大的認知負荷，因此當學習者面臨非單一解答題目時，主張應採開放目標的方式教學，給予學習者自由思考的空間，使其不受教師目標的限制，可多重表達個人的思考歷程，啟發創造力，因而可降低外在認知負荷。

2. 示例效應 (Worked Example Effect)

教師在教導有關程序性知識 (procedure knowledge) 時，若呈現適當的步驟化解題範例，將可協助學生對問題有所理解，藉此建構較完整的解題基模，以減少學生面對問題與解題時產生的認知負荷。

3. 問題完成效應 (Completion Problem Effect)

由於學生的學習能力不同，完整提供解題範例不但限制學習者的思考方向、剝奪學習慾望，更因問題與示例同時置入工作記憶佔據運作空間，造成外在認知負荷。為減低外在認知負荷，可將示例呈現一半的解法，另一半由學生自行完成，可促使學生對示例作較精緻化的研讀與判斷，引導學生於外在認知負荷減低的狀況下學習。另一種方式則採完成策略 (completion strategy)，一開始時提供完整的解題範例，然後逐次減縮示例的解題步驟，增加學習者需要自主完成的部份，最後僅呈現題目本身，學習者就可以自行完整解題 (Sweller et al., 1998)。

4. 分心效應 (Split-Attention Effect)

分心效應可視為認知負荷中的一個現象。當學習者面對許多不同來源訊息時，必須將這些訊息加以參照整合始可達成學習目標，因此這些訊息的呈現若在分散的空間（圖形與解說文字分散放置）、或出現時間不一致（動畫和語音未能適當搭配），都可能使學習者分散其注意力，以致增加其認知負荷 (Sweller et al., 1998)。因此，為減少額外的負荷，許多研究驗證，將相同內容訊息以實際整合的方式呈現，而不是靠心力去整合時，可以減低工作記憶區的負荷量、去除分散注意力的效應 (Mousavi, et al., 1995)。舉例來說：閱讀一篇文章時，當註釋與內文分開時，讀者遇到不熟悉的辭彙，則須跳離內文，到註釋處讀完解釋後，將解釋短暫的記在記憶區中，再回到先前文章處，將文章內容與辭彙解釋合併在一起，如此便產生較高的認知負荷，因此設計教材的時候可按照多媒體教材設計原則中 (Mayer, 2005) 空間接近原則與時間接近原則妥善安排訊息位置，避免學習者產生過多的外在認知負荷。

5. 重複效應 (Redundancy Effect)

當學習者面對的訊息是多元且單獨呈現就可了解時，這些大量的訊息若同時置入學習者的工作記憶當中，反而增加學習者的認知負荷，不利教材學習，此時便產生了重複效應。舉例來說：當圖片與文字分別都能解釋內容時，若二者同時放置一起，將強迫學習者去建立二者間的關聯，此舉非但不能加強學習效果，反而會造成認知負荷 (范懿文、陳彙芳，2000)。在 Bobis, Sweller, 和 Cooper (1993) 的研究中，對小學生作摺紙教學的實驗，其將摺紙方法繪製成圖，重複效應的組別則是在流程圖旁加上許多的文字敘述，研究結果發現，只看圖形的學習者，其所花的學習時間較短。

但重複效應並非絕對，往往與學習者的先備知識有關，若學習者的先備知識不足，則另加的說明文字可能是需要的；但若面對的是有經驗的專家，則會造成重複效應 (McNamara et al., 1996)。面對教材可能產生的重複效應可以使用激發式動態教學，隱藏次要訊息，凸顯主要訊息，利用注意力導引建立訊息之間的關聯。

6. 形式效應 (Modality Effect)

Mousavi, et al. (1995) 的研究提及形式效應是由分心效應所導出。Baddeley (1976) 提出工作記憶的運作，包含主要的中央執行 (central executive) 系統，以及語音迴路 (articulatory) 系統與視覺空間掃描 (visuo-spatial sketchpad) 系統等兩大輔助系統來獨立處理視覺及聽覺的訊息。訊息若能被這兩個部門一起處理，效果將會優於僅使用單一部門。其原因在於以雙重來源的方式呈現訊息，將可啟動學習者工作記憶運作的輔助系統，共同處理多方訊息，分擔工作記憶對於訊息處理的負荷量，改善分心效應的影響；

若以單一管道來處理訊息，將可能造成學習者認知負荷的增加。如 Mousavi, Low & Sweller (1995) 的實驗證實，若將教材中的「印刷文字」改以「聲音文字」表達，則可與「以視覺呈現的圖片」相配合，經由視覺及聽覺兩通道來接收訊息，而不會因文字、圖片都以視覺呈現而分散了注意力。

7. 變化效應 (Variability Effect)

「變化效應」就是一個利用增生認知負荷來促進學習的例子。教師教學時可以多元呈現訊息，變化不同的問題狀態和學習情境，刺激學習者多元思考，建立其學習基模。雖然變換情境可能在表面上造成認知負荷，但有助於引起學習者的注意力，更投入學習與作業，因此在學習遷移上的效果將更為明顯（宋曜廷，2000；Sweller et al., 1998）。

2.3.5 認知負荷理論的測量

認知負荷是訊息進入工作記憶運作時所產生的負荷總量，而如何測量這些所謂的「負荷量」，便成為研究者所面臨的一大挑戰；由認知負荷的測量，可了解學習者在處理新訊息時所遇到的困難，進而從中探求教學的改進，對於認知負荷理論而言，更提升其教育層面的應用價值。

認知負荷的測量方式可以歸類成兩個向度 (Brunken, L.Plass et al. 2003)：客觀性（主觀或客觀），關係（直接或間接）。客觀性向度著重在測量的方式是否主觀：自評報告或客觀行為觀察、生理狀況觀察或表現觀察。而關係向度測量方法的分類是依據行為實際特徵與測量的觀察。下頁表 4 為認知負荷測量兩個向度的關係表：

表 4 認知負荷兩個向度分類關係表

客觀性	關係	
	間接	直接
主觀	自我評量心智努力	自我評量壓力等級 自我評量教材難易
客觀	生理測量 行為評量 學習成效評量	腦部活動測量 雙重任務表現

資料來源：整理自 Brunken, L.Plass et al., 2003

1. 間接/主觀：學習者回顧學習的認知歷程，並依照付出的心智努力程度填寫量表。
2. 直接/主觀：藉由學習者評量教材的難易程度，直接關連學習者認知負荷的強度。
3. 間接/客觀：測量學習的成效或採用測量生理相關的訊息（例如眼動儀的測量）。這些方法雖然客觀，卻都只是利用注意力間接的證實與認知負荷相關。
4. 直接/客觀：最直接且客觀的評量方式，利用神經影像、功能性核磁共振、陽電子放射觀察腦部活動。雙重任務表現則是給予不同的主要任務與次要任務，藉由兩個任務產生的負荷進行測量。

本研究礙於設備與課程限制，無法採用直接/客觀的觀察方式測量認知負荷，而是以郭璟瑜（2003）的測量認知負荷題目為藍本來作修改，共兩題，就學習者對教材內容所感受到的難易程度與自認為需付出的努力，分七個向度做為選項，以測量本實驗的認知負荷量。

2.4 適性指標與教材設計原則

注意力是教學過程最重要的資源之一，它貫穿整個學習的過程，過程中即使教師能掌握學習者的注意力未必保證有效學習，但是沒有注意力的學習必然是無效果。適性指標就是吸引注意力的第一要件。適性指標必須符合「協助視覺搜尋」以及「引導注意力」的特性，其視覺特徵必須強烈到足夠讓被強調的內容從整個頁面突顯出來。

2.4.1 適性指標定義

適性指標是一種視覺物件，此物件具有協助視覺搜尋以及引導注意力的特性，並且在呈現過程中，演講者能彈性地以互動方式操控此物件。前述的「互動方式」指的是負責視覺呈現的系統平台能對演講者的輸入訊息做出「回應」，例如按一下滑鼠或是按下鍵盤的某個鍵。而「回應」指的是改變指標物件的視覺特徵，例如由隱藏轉變成顯示、由顯示轉變成隱藏、改變顏色、改變大小、改變形狀或是移動位置。

從使用的角度來看，適性指標有以下三個主要用途：

1. 引導注意力。
2. 協助選取相關圖文碼（增進訊息易得性，減少不必要的編碼（encoding）與解碼（decoding），降低外部認知負荷）。
3. 協助組織相關圖文碼（建立訊息之間的關聯性）。

2.4.2 適性指標的視覺特徵

適性指標所採用的視覺特徵經常不需學習或練習就能以自動化的方式運作，並且幾乎不耗費注意力資源。林煜庭（2007）共歸納出形狀 (FORM)、顏色 (COLOR)、深度 (DEPTH)、及運動 (MOTION) 四種視覺特徵，分述如下：

1. 形狀特徵 (FORM)

適性指標可讓目標物在方向、長度、寬度、尺寸大小、彎曲程度、模糊處理、外加標記等視覺特徵上與干擾物有所區別，進而達到標示出目標物的目的，吸引觀看者的注意力。表 5 列出形狀特徵的編碼及說明：

表 5 適性指標之形狀特徵 (FORM) 編碼及說明

特徵分類編碼		說明
1.1	FORM-Orientation,Length,Width	目標物與干擾物方向、長度、寬度不同
1.2	FORM-Size	目標物與干擾物大小不同
1.3	FORM-Curvature	目標物與干擾物彎曲程度不同
1.4	FORM-Blur	目標物與干擾物模糊程度不同
1.5	FORM-Added marks	
1.5.1	FORM-Added marks-pointer	替目標物外加指標
1.5.2	FORM-Added marks-underline	替目標物外加底線
1.5.3	FORM-Added marks-enclosure-border	外框式 common region
1.5.4	FORM-Added marks-enclosure-interior	底色質感式 common region

資料來源：整理自林煜庭，2007

2. 顏色特徵 (COLOR)

適性指標利用色相 (hue)、色彩強度 (intensity) 來增強視覺搜尋與引發注意力，研究顯示依據「顏色」來偵測物體或標定其位置會比根據或大小等其他屬性來得迅速穩定。表 6 列出顏色特徵的編碼及說明：

表 6 適性指標之顏色特徵 (COLOR) 編碼及說明

特徵分類編碼		說明
2.1	COLOR-Hue	
2.1.1	COLOR-Hue-(strategy:distinct hue)	策略—目標與干擾區隔
	COLOR-Hue-(strategy:hidden distractors)	策略—隱藏干擾物
	COLOR-Hue-(strategy:pop-out target)	策略—僅強調目標物
2.1.2	COLOR-Hue-(perception:unique hues)	知覺—純粹色相
	COLOR-Hue-(perception:cross-cultural naming)	知覺—顏色跨文化命名

	COLOR-Hue-(perception:focal colors)	知覺－焦點顏色
	COLOR-Hue-(perception:categorical colors)	知覺－顏色類別
2.1.3	COLOR-Hue-(label:distinctness)	標示－可區別性
	COLOR-Hue-(label:chromatic simultaneous contrast)	標示－色彩同時性對比
	COLOR-Hue-(label:field size)	標示－標識區域大小
	COLOR-Hue-(label:color blindness)	標示－色盲
2.2	COLOR-Intensity	
2.2.1	COLOR-Intensity-(luminance)	明度差異
2.2.2	COLOR-Intensity-(simultaneous brightness contrast)	同時性亮度對比
	COLOR-Intensity-(SBC:contrast)	SBC:對比因素
	COLOR-Intensity-(SBC:luminance difference)	SBC:明度差異
	COLOR-Intensity-(SBC:area ratio)	SBC:面積比例
	COLOR-Intensity-(SBC:crispning effect)	SBC:清晰效果
	COLOR-Intensity-(SBC:spatial sensitivity)	SBC:空間敏感度
2.2.3	COLOR-Intensity-(grouping)	色彩強度群化

資料來源：整理自林煜庭，2007

3. 深度特徵 (DEPTH)

深度特徵可分為「立體深度」(stereoscopic depth) 及「凸凹感受」(convexity & concavity) 兩個面向來做探討。立體深度視覺與圖層的上下安排緊密相關，而「凸凹差異」則因人的基本視覺特徵的搜尋效果會受到陰影方向 (shading orientation) 以及陰影對比 (shading contrast) 影響。表 7 列出深度特徵的編碼及說明：

表 7 適性指標之深度特徵 (DEPTH) 編碼及說明

特徵分類編碼		說明
3.1	DEPTH-Stereoscopic depth	
3.1.1	DEPTH-Stereoscopic depth-(transparency)	透明度圖層
	DEPTH-Stereoscopic depth-(TP:good continuity)	連續性
	DEPTH-Stereoscopic depth-(TP:luminance)	明度
	DEPTH-Stereoscopic depth-(TP:texture)	質感
3.2	DEPTH-Convexity & Concavity	
3.2.1	DEPTH-Convexity & Concavity-(shading orientation)	陰影方向
3.2.2	DEPTH- Convexity & Concavity-(shading contrast)	陰影明度對比程度

資料來源：整理自林煜庭，2007

4. 運動特徵 (MOTION)

運動特徵包含了「突然出現 (new object)」、「瞬變 (transient)」、「接近

(looming)」、「突然由靜而動 (new motion)」、「閃爍 (flicker)」、「運動方向 (direction)」以及「運動一致性 (coherence)」七種引發注意力的重要特徵。表 8 列出運動特徵的編碼及說明：

表 8 適性指標之運動特徵 (MOTION) 編碼及說明

特徵分類編碼		說明
4.1	MOTION-New object	目標物是突然出現的新物件
4.1.1	MOTION-New object-(original location)	原始位置
	MOTION-New object-(original location:mouse)	動畫之滑鼠啟動點
	MOTION-New object-(original location:information)	提示含有位置資訊
	MOTION-New object-(original location:between pages)	頁間定位
4.1.2	MOTION-New object-(onset and offset)	onset 與 offset 因素
4.1.3	MOTION-New object-(luminance change)	明度改變因素
4.1.4	MOTION-New object-(inhibition of return)	回向抑制
	MOTION-New object-(inhibition of return:CTOA)	「提示」與「目標」不同步開始的時間差在 300ms~3000ms 之間 IOR 效應最強
	MOTION-New object-(inhibition of return:previous saccade)	視線重回前一掃視位置誘發回向抑制
	MOTION-New object-[inhibition of return:previous stimulus)	視覺刺激出現在前一刺激的相同位置誘發回向抑制
4.1.5	MOTION-New object-(CIOH)	CIOH
4.1.6	MOTION-New object-(stroop effect)	Stroop Effect
4.1.7	MOTION-New object-(negative priming)	Negative Priming Effect
4.1.8	MOTION-New object-(feature-map inhibition)	Feature-Map Inhibition
4.1.9	MOTION-New object-(visual marking)	Visual Marking
4.2	MOTION-Transient	目標物的某種視覺特徵發生瞬變
4.3	MOTION-Looming	目標物感覺上往觀察者接近
4.4	MOTION-jitter motion	目標物在畫面中抖動
4.5	MOTION-New motion	目標物是突然由靜而動的物件
4.6	MOTION-Flicker	目標物在畫面中閃爍
4.7	MOTION-Coherence	運動方式一致性所產生的層次感
4.8	MOTION-Direction	目標物與干擾物運動方向不同

資料來源：整理自林煜庭，2007

2.4.3 適性指標設計原則

適性指標是林煜庭（2007）針對 AMA 系統特性，提出一種協助視覺搜尋以及引導注意力的教材設計原則。適性指標共有七項原則（表 9）：

表 9 適性指標教材設計原則

原則	說明
標示原始位置原則	1. 滑鼠啟動點應與目標物位置相同 2. 直接與目標位置相同，或是能指出目標物的所在位置 3. 相同的物件在不同頁面出現時位置要相同
特徵獨立原則	1. 單一特徵 2. 標示待搜物與干擾物的適性指標特徵不同 3. 避免使用前一個用來標示干擾物的特徵來標示目標物
通道原則	1. 教材設計時，對於畫面上的顏色應避免超過五種 2. 當色彩使用過量，需標示目標物時，應採用不同類型特徵
群化原則	為區分干擾物與目標物： 1. 目標物群化：建立目標之間的關聯性 2. 干擾物群化：將干擾物整群忽略，協助目標搜尋
明度差異原則	利用干擾物與目標物之間明度的差異，協助搜尋目標
引導原則	1. 利用知覺中，由下而上的激發注意力、由上而下的抑制干擾物 2. 將學習者的視覺避開不相干的刺激，以特徵搜尋的方式找到目標
觸發原則	適性指標必須要有動態視覺特徵(new object onset 或 new motion onset)，以便激發注意力

資料來源：整理自林煜庭，2007

2.5 激發式動態呈現教學

2.5.1 AMA 系統

陳明璋教授於 2002 年成立 Informath 工作室，以 PowerPoint 簡報系統為平台，結合軟體中的優點，針對軟體的缺點改善，重新組成增益集，開發出 Mathematical Presentation System（數學簡報系統，MathPS），原本是以數學科教材設計及教學開發為出發點，後因不斷開發創新，不再侷限在數學科，涵蓋數學教育、視覺設計、以及計算機圖學方面等，因此改名為 Activate Mind Attention 系統（簡稱 AMA），使其運用的範圍更廣（陳明璋，2008）。

AMA 是一個以降低數位落差為出發點，發展出一個媒體設計及展演的環境，核心功能有激發式動態呈現 (Trigger-based Animation, TA)，及結構式複製繪圖法 (Structural Cloning Method, SCM)。本研究主要是應用激發式動態呈現，將一個物件當按鈕來控制一連串的動態呈現，讓教材在教師的掌握下，隨著課堂教學活動的進行，選擇性的運作，以步驟化、非循序的方式呈現，吸引學生的注意力，引導學習，降低認知負荷，兼顧全班的整體性及個別性，同步的達到適性教學的效果。

2.5.2 激發式動態呈現基本模式

激發式動態呈現的基本模式共有七種，分述如下：

1. 開關/關閉/突顯：在訊息的上方加設一個透明的開關，當滑鼠觸發時，可以激發、關閉物件，也可以改變物件性質，藉以凸顯訊息。
2. 多元開關：控制物件的按鈕，可將不同物件在相同位置顯示，當滑鼠觸發按鈕時，物件會在顯示區分別呈現。
3. 序列式激發：由一個激發器控制一連串的動態呈現，可以是逐一、並列產生，也可以排他產生（上一個物件在下一個出現時消失，若訊息位置重疊，就會呈現動畫模式）。
4. 串接式激發：串接式激發也是循序的，與序列式激發不同處在於每一個被激發呈現的物件本身也就是下一個即將被激發的物件之激發器。
5. 全開關（關閉）：就是一個開關物件控制一群物件，同時出現或消失。
6. 1-1 開關：以群組物件的方式設定開關或關閉，第一群當作激發器，另一群當作被激發的物件，激發器與被激發物件之間的關係，以各群組中物件圖層的順序，分別一對一對應。
7. 動態表格：可設定表格全開關、行開關、列開關、以及個別開關，用來控制與其有行列關係的資料。

2.5.3 激發式動態教學

激發式動態教學 (Trigger-based Animated Instruction, TAI) 是以認知負荷理論、多媒體教學理論及認知心理學為理論基礎、以激發式動態呈現為工具所發展出動態數位內容的設計方法以及展演環境。其特點說明如下：

1. 激發注意：突顯主要訊息，淡化或關閉次要訊息，協助搜尋訊息、發現訊息關聯。
2. 分段切割：教材設計過程前先進行內容分析，依工作記憶體容量的限制將與前後訊息的關聯度做有意義的切割分段，使訊息可以在工作記憶體完整的保留、整合。
3. 多重組合：分段切割過後的教材內容可以予以分組、群化、區塊化，由不同的激發器控制。相同的訊息可由不同激發器控制，適時出現。
4. 彈性激發：訊息可以按照展演者的順序或隨意的被激發。
5. 平順連貫：訊息間的呈現速度完全由展演者依據課堂情境控制。
6. 溝通互動：教學過程中，透過設計良好的教材，師生能夠互動溝通無礙。
7. 適性教學：訊息的呈現順序、速度、組合與移除完全由展演者依據課堂演情境控制。

2.6 補救教學



2.6.1 補救教學意義

皮亞傑認知發展階段論：感覺動作期、前運思期、具體運思期及形式運思期，其發展階段是有順序性的。先前發展階段是往後發展階段的基礎，若前面認知階段的發展不完全，則往後的認知階段必不可能發展出來。數學領域課程內容有一定的結構性及順序性，如果學習者未具備某個學習所需的子技能 (Sub-skill)，就無法達到該單元的學習目標，往後的學習也會受到影響。由此可知，學生在學習數學的過程當中，應該要達到每一個學習階段的學習目標，如果沒有學會，就必須進行補救教學。

補救教學 (Remedial Instruction) 係指針對低學習成就、學習意願低落或欠佳的學生，利用課堂額外時間實施教學，以提升其學習成就的一種教學方式。由於學生具有個別差異，各自學習能力不一，因此必須採取適材適性的方法給予學習者有效的協助和指導，第一步驟便是問題診斷，了解學習者的問題癥結，然後針對問題對症下藥，給予適當的補救教育。補救教學的好處在於能夠及時補救學生之前產生的學習障礙，不致於造成累積，使學習愈加困難，造成學習者對學習失去信心甚至產生恐懼的心理。

2.6.2 補救教學對象

早期的補救教學對象都是以特殊學生為主，後來隨著「因材施教」及「適性教育」的教育理念逐漸被重視，補救教學便擴及到一般學業成績低成就學生 (Under-achievement)。許宛琪 (2005) 綜合眾學者對「低成就學生」一詞的定義，摘錄如下：

1. 低成就學生是指那些學業成就顯著低於其潛在能力水準或該年級水準的學生。
2. 低成就學生成績低落原因是由於某些學習障礙的存在，可能是情緒、動機、焦慮、毅力和不夠努力。
3. 這些學習障礙可透過教育診斷，施予補救教學而予以改進。

由於考慮本研究的研究設計及課程內容，故本研究對於低成就學生的定義為：「智力正常，但其實際的學業成就表現低於該年級的水準。」

2.6.3 補救教學課程設計原則

補救教學的課程設計首先要考慮到學習的原則，由易而難、由簡而繁、從已學到未學等，才能建立學生的自信心與學習動機。其次，課程應具高度的結構性，同時學習目標需明確與具體才能掌握學習的重心。另外，學習活動的設計要考慮學生能力、學習動機、學生的接受程度及注意廣度，對中低程度的學生來說，宜簡化教材且學習活動應更富有變化及趣味性 (張新仁，2000)。

課程設計可考慮下列項目 (張新仁，2000)：

1. 分析基本能力

任何學科目標的達成均需一定程度的心智能力，包括注意力、理解力、記憶力、觀察力、知覺力以及想像力，相關能力不足必然造成學習的困難。因此，教師在設計補救教學課程時，要先考量學生的相關能力再配合教材與教法，如此才能事半功倍。

2. 評量學科能力

在進行補救教學前，須先針對學科的學習能力進行測試與評量，以作為課程設計的依據。而學科能力的評量大多為成就評量，如單字的記憶與瞭解、寫作能力測驗等。

3. 評量學習動機

學習動機往往會影響學習成就，因此在進行補救教學前，教師應先瞭解學生學習動機的強弱，一方面設法對缺乏學習動機的學生提供外在的增強；另一方面可考慮將學習動機強的低成就學生列為優先補救的對象。

4. 擬定課程目標

課程目標的擬定決定教學方法的選擇，也關係到教學的成效，教師擬定課程目標時，要先瞭解學生的學習能力以及學習的客觀條件。此外，課程目標的訂定，務必指出學習的對象、學習的內容、行為的標準、教學方法以及評量的方式。

5. 選擇適合受試者能力的教材

有效的補救教學課程設計，宜根據學生程度選擇合適的教材，包括：訓練有效的學習策略、簡化原有教科書內容、另行編選坊間的教材、自行重新設計教材。

2.6.4 補救教學設計原則

許天威（1986）認為補救教學的原則如下：

1. 運用診斷評量資料設計教學

評量實施的結果只是提供我們一個分析學習結果的依據，教學者必須彙整各方面資料，再給予分析、統整及歸納，進而找出學生真正的學習困難所在，再針對不足之處設計補救教學活動。

2. 教材與教學法的多元性

教師對於整個教學活動與教材教法必須做有效的連結與安排，使其有意義化。

3. 個別化

對於特別需求的學生，需要考慮教材教法的適切性，針對學生個別差異詳加考量。

4. 教師積極投入

補救教學的有效性與教師態度及能力有關，教師積極參與有助於教學活動成效。

5. 評量方法的多元性

補救教學活動是否有效，端視是否能診斷出學生學習上的困難。

6. 持續評量

對補救教學活動而言，最初的評量及診斷結果只是初步的結果及教學的一個起點行為，教師必須在「教學—評量—再教學」的歷程中持續觀察學童的表現。

7. 指導學習

教學的過程中，目標清楚、逐步進行、隨時評量，並使學童可立即獲得回饋。

8. 早期鑑定

學童的學習困難愈早診斷出來，其補救教學成功的機率就愈大。

2.7 二元一次聯立方程式學習迷失概念

二元一次聯立方程式的求解是國中學生重要的代數解題基本能力，未能臻熟運算方法將影響日後代數課程學習。因此，找出國中學生在解二元一次聯立方程式之錯誤類型並探討學生發生錯誤之原因相當重要，找出學生對此單元的錯誤迷思概念之後，再根據學生的錯誤情形來幫助學生釐清錯誤想法、解決學習障礙。

莊淑鈴(2005)發現二元一次聯立方程式時所產生的解題錯誤類型，共有下列幾種：

1. 文字符號的轉換。
2. 基本式子的化簡。
3. 對未知數之假設。
4. 運算能力之不足。
5. 運算符號的省略。
6. 定理公式的使用。

學生在解二元一次聯立方程式單元的錯誤原因：

1. 對基本公式的認知不清。
2. 無法將文字敘述轉換成式子。
3. 對去括號規則的不瞭解。
4. 不清楚分配律等定律。
5. 不能擅用等量公理。

涂佩瑜（2004）研究結果發現學生發生錯誤主要有下列類型：

1. 錯誤的使用運算規則。
2. 先備知識的不足。
3. 不瞭解方程式的意義。
4. 等量公理之錯誤使用。
5. 不清楚題目設計或文字敘述。
6. 忽略題目所給條件或答案的完備性。

數學的學習著重於整體概念結構的理解與交叉應用，若學生在此結構中存有任何迷思概念，將影響往後的數學學習，形成學習障礙。本研究係對此主題學習成就較低的學生進行補救教學，補救教材旨在幫助學生重新建構此主題的概念。設計過程均針對上述迷失概念加以消弭，若涉先備知識部分，則另行複習解決，期望能幫助學生建構此階段概念，不因學習障礙而放棄學習。





第三章 研究方法

此章共分為五節說明研究的方法與步驟：研究流程、研究對象、研究設計、研究工具及資料分析方法。

3.1 研究流程

本研究流程共分為整理準備階段、施測實驗階段及成效分析階段三個部分，研究流程如圖 7：

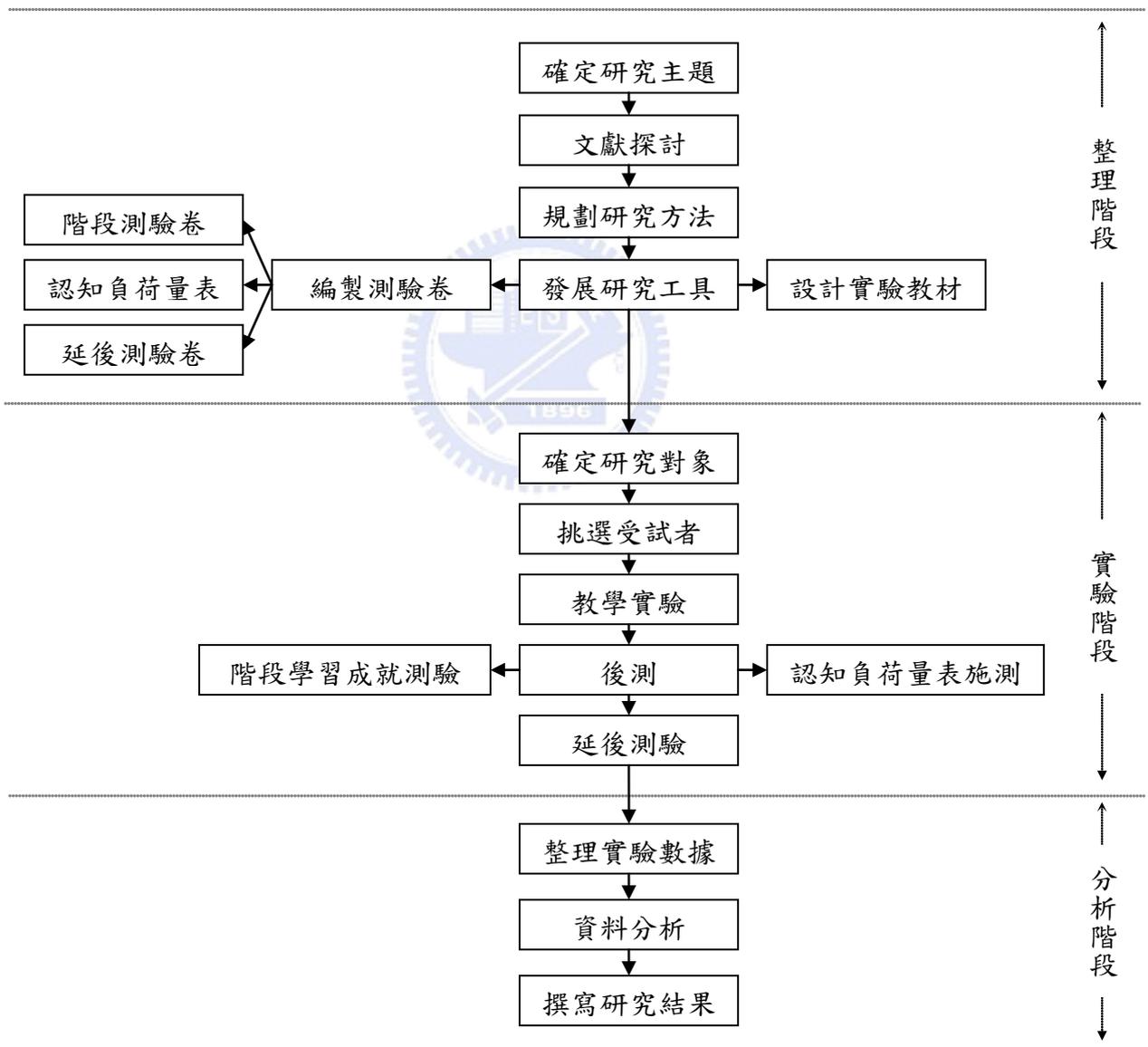


圖 7 研究流程

3.2 研究對象

本研究的研究對象母群體係依新竹縣某國中一年級下學期第一次數學科段考試卷中，兩題需分別用『代入消去法』、『加減消去法』解答的計算題錯誤的同學計有 191 人，從中亂數挑選兩班各 40 人為受試者，以下採實驗組、對照組作為區分。

原預定兩班均採 40 人次，後因施測當日實驗組有 3 位同學缺席，僅剩 37 員應測；對照組則維持原規劃 40 員應測。因受試樣本為全校隨機抽選，故研究者均無任教此兩組學生，就教師熟悉度而言，兩班學生均立足點相同。受試學生上學期數學科學期成績，如下表：

表 10 受試學生上學期數學科學期成績及標準差摘要表

	分組	人數	平均數	標準差
上學期 數學成績	實驗組	37	52.46	14.51
	對照組	40	55.04	14.07

利用 Levene's test of homogeneity 來作變異數分析 (F 檢定)，可以發現兩組學生無顯著差異，成績離散程度相同；利用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組成績也呈現無顯著差異，因此兩組程度可視為相同，檢定資料如下表：

表 11 受試學生上學期數學科學期成績獨立樣本 t 檢定摘要表

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定		
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)
上學期數學成績	假設變異數相等	.041	.840	-.791	75	.431
	不假設變異數相等			-.790	74.117	.432

3.3 研究設計

本節將分別說明研究法的選擇、研究變項與假設及實驗流程。

3.3.1 研究法的選擇

本研究是挑選國中一年級數學科代數教材進行結構化設計，在激發式動態教學環境下，融合適性指標，針對補救教學學生深入探討其學習成效及認知負荷所造成的影響，

採準實驗研究法進行實驗設計。

就內在效度而言，本研究有實驗組、控制組兩組可供比較，學生分組程度及前測成績顯示兩組並無顯著差異，各方因素如：教學時間、教學內容、測驗工具與時間也妥善控制。

惟受試樣本非研究者任教班級學生，心理、環境干擾因素難免，因此，為避免大螢幕投影教學新鮮感、適應新教師...等因素產生的新奇性效應，而影響施測信度，研究者於施測日 5/7、8 前三天中午午休時間集合受試學生，一方面複習預備知識，另一方面讓學生熟悉投影教學、滑鼠移動導引、架設 DV 錄影機、教室明亮程度、教師口語（速度、音量、音色）、施測時間（45 分鐘）眼睛疲勞適應、個人桌椅座位...等等，所有教學環境均比照施測當天佈置。另為求本實驗延續效果，6/5、6/6 兩日又在原教室實施延後測，將外在影響降到最小。

3.3.2 研究變項與假設

1. 研究變項

(1) 控制變項

①授課教師

本研究在實驗組及控制組的授課教師皆為同一人，均未任教受試樣本班級，多年教學經驗對課堂授課時間均能確實掌握。

②授課環境

為避免學生新奇效應，實驗組及控制組雖不在原班級施測，但施測前三天便讓學生先行熟悉施測教室、大螢幕投影、授課教師適應等，以期降低不必要之干擾。

③教材內容

兩組上課的教材主題單元、授課時間均相同。

④測驗問卷

兩組在教學實驗後所作的階段學習成就測驗（後測）、認知負荷問卷量表、及延後測，其題目內容、施測時間、給分標準均相同。

(2) 自變項

①教材設計方式：實驗、對照組兩組教材設計比較如表 12：

表 12 分組教材設計內容摘要表

教材設計 \ 分組	實驗組	對照組
適性指標	✓	✓
代數教材設計原則	✓	×

實驗組：教材以激發式動態呈現來設計，教材元素由適性指標引導學生學習，並依代數教材設計原則安排教材元素在簡報畫面的相對位置。

控制組：教材以激發式動態呈現來設計，教材元素由適性指標引導學生學習。

(3) 依變項：

①階段學習成就（轉化測驗）

本研究針對補救教學學生在不同教材設計的教學實驗後，檢視兩組人員的後測成績、四週後的延後測成績來評估其學習成就。

②認知負荷（認知負荷評量）

包括教材感受和心智努力兩個向度的認知負荷量。

2. 研究假設

在林煜庭（2007）的研究顯示，使用具有適性指標教材的課堂授課中，學生的學習成效會優於沒有適性指標的教材的課堂授課。依據其研究可知在激發式動態呈現教學環境下，融合適性指標，有助於數學學習；但在毫無視覺情境、生活體驗、自然語意可言的代數教材學習上，除融入適性指標外，再加入代數教材設計原則，學生的學習成就是否有顯著差異？提出以下的假設：

假設一、適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現有顯著差異。

假設二、適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在延後測的成績表現有顯著差異。

假設三、適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在降低學習認知負荷量方面有顯著差異。

3.3.3 實驗流程

表 13 教學實驗流程與時間分配表

階段別	步驟	內容	時間
第一階段	第一天	I 課程教材教學（代入消去法）	45 分鐘
		II 階段學習成就轉化測驗（後測）	20 分鐘
		III 學習感受及認知負荷問卷	5 分鐘
	第二天	I 課程教材教學（加減消去法）	45 分鐘
		II 階段學習成就轉化測驗（後測）	30 分鐘
		III 學習感受及認知負荷問卷	5 分鐘
第二階段		延後測（四週後）	50 分鐘

3.4 研究工具設計

3.4.1 實驗教材製作

本研究以國中一年級數學科第二冊二元一次聯立方程式為教材設計範圍。莊淑鈴（2005）歸納學生在解二元一次聯立方程式單元的錯誤原因分為：對基本公式的認知不清、對去括號規則的不瞭解、不清楚分配律等定律、不能善用等量公理等，為避免影響施測，因此本實驗進行教材設計時將針對以上問題進行解決。

純代數的教材內容讓學生在學習時缺乏情意想像，可知教材呈現的良窳將扮演學生在初學代數時的關鍵角色。本次實驗所使用之教材是以 PowerPoint 2003 簡報軟體及 AMA 外掛增益集為作業平台來設計，在激發式動態呈現的環境下來展演，融合適性指標，實驗、對照兩組不同之處在於：實驗組教材除結合適性指標外，再加入代數教材設計原則概念來安排教材元素在簡報畫面的相對位置，對照組未使用代數教材設計原則，藉此比較代數教材設計原則在教學上是否能提升學生的學習成就。除教材元素在簡報畫

面的相對位置不同之外，舉凡內容文字、口語說明、講述時間與滑鼠引導方式等皆屬控制變項，兩組均同。

兩個主題單元的教材內容、講述過程及教材分析請見附錄一，因實驗教材元素由適性指標引導學生學習，表 14 列出教材投影片對照林煜庭（2007）所歸納出的適性指標設計原則：

表 14 教材投影片與適性指標設計原則對照表

適性指標原則	投影片編號
標示原始位置原則	1、2、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14-1、14-2、15-1、15-2
特徵獨立原則	6、7、8、10、11、12、13、14-1、14-2、15-1、15-2
通道原則	全部投影片
群化原則	6、7、8、9、10、11、12、13、14-1、14-2、15-1、15-2
明度差異原則	全部投影片
觸發原則	3、6、7、8、10、11、12、13、14-1、14-2、15-1、15-2

表 15 列出本教材中所有投影片共同的適性指標設計及對應的適性指標原則：

表 15 教學投影片的共同適性指標設計表

投影片共同適性指標設計	適性指標原則
同一物件在不同頁面當中顯示在同一位置	標示原始位置原則
標示教師講解的算式列	標示原始位置原則
引導學習的彈性指標採用單一特徵的設計方式，未與干擾物相同	特徵獨立原則
畫面顏色不超過五種	通道原則
算式區塊化	群化原則
投影片底色統一使用白色、教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色	明度差異原則
引導學習的適性指標可以控制出現消失	觸發原則

3.4.2 代數教材設計原則

缺乏視覺情境、生活體驗、自然語意想像的代數領域，造成學習者毫無想像空間。學習者的解題過程往往淪為制式化的運算，不易了解其運算內容及目的。因此針對代數教材的設計，我們提出了教學內容結構化、教材呈現區塊化、建立訊息關聯及口語簡化解說四大原則，要讓學習者知其所以然而運算無罣礙。四大原則詳述如下：

1. 教學內容結構化

結構化是分析訊息內容，再依其概念或性質作適當的分段切割。代數教材在內容呈現時經常是繁瑣、冗長、缺乏視覺情境概念，運算過程往往動輒十數個計算式，遠遠超過工作記憶所能負荷的5~7個單位。因此，教材設計者必須針對授課內容進行結構性分析，將眾多訊息依主題或概念予以分段切割，統整歸納出教學順序，讓學習者在教學過程中，依序學習且目標明確，如同大樓鷹架逐層搭建組合般地完成代數概念學習。Mayer (2009) 提出分割原則(Segmenting Principle)與本原則有概念類似之處。

2. 教材呈現區塊化

區塊化的概念是將已完成段落切割的訊息，打破算式由上而下的循序藩籬，由教材設計者依講解需求自行安排訊息的所在位置。在教學內容已結構化切割完畢後，若仍採取原本展演過程的序列來呈現，上下列算式訊息的對比、引用將較不容易。區塊化原理與多媒體學習理論的接近原則有相近之處，避免在繁長的各列算式中能用區塊的方式表示大區塊之間的關聯。

傳統的代數展演結構因為缺乏視覺情境，學習者在上下比對算式的學習過程中，往往欠缺廣度與深度，僅能理解上下列算式的單一概念，往往演算到最後已經觀念混淆，必須再從起始算式重新逐列學習。

運用適性指標所設計的教材，在引導學習者的注意力上，有顯著的結果。但在代數領域，算式展演若過長，會讓學習者無法掌握解題過程的主要概念。

代數運算展演步驟往往相當繁雜，上下列元素若一次進行多項轉換，會太複雜不容易理解；但若只進行單一轉換，又會太繁長。因此我們需將繁長的解題過程分成數個大區塊，也就是訂立解題的子目標，每個子目標就是一個區塊，學習者採區塊化的學習，了解每一個區塊的意涵即完成單一子目標，將各區塊的概念串連便達了解題所需的大目標。對教師的課堂授課而言，子目標區塊化可讓教師容易導引、講解，學習者容易記住現階段的處理步驟及目標，即使學習者有不清楚之處，都可以很快回到該區塊重新學習。

區塊呈現可利用空間位置安排、符號標示、內容色彩...等視知覺完形心理學的概念，來讓學習者分類、區隔，區塊彼此不可銜接太過緊密，否則不容易辨認。

單一區塊算式的展演過程採逐列陳述、逐列轉換，並搭配適性指標，引導學生將注意力集中在教師所講述的內容，藉逐列步驟化的呈現來方便學生上下比對，了解演算變化、公式運用及找尋對應關係。

如圖 8 將解題過程分為兩大區塊，使學習者易於區分、方便觀察，完成第一個子目標的學習後，再作下一階段的學習。

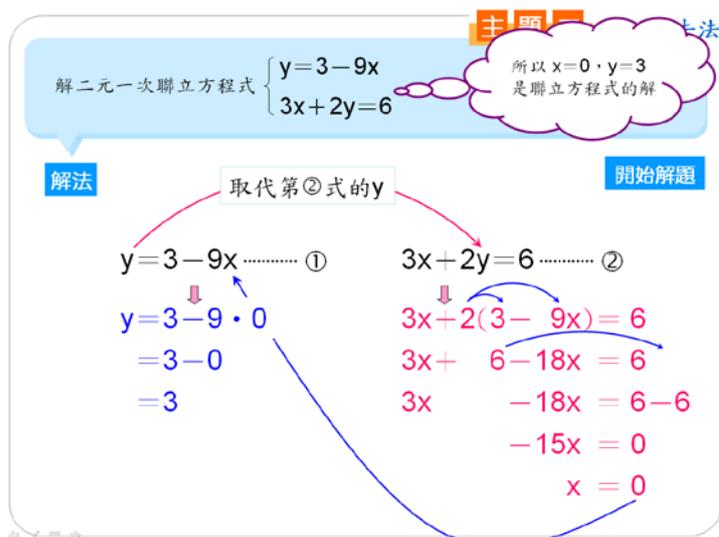


圖 8 區塊化過程範例

3. 建立訊息關聯

代數式的運算旨在建立訊息關聯，了解各元素間的推演關係。其中包括了上下列算式的關聯、不同區塊的關聯，因此，我們歸納出兩種操作方式來建立訊息間的關聯、現分述如下：

(1) 對齊

上下列算式的計算演變中，未涉及運算的既有元素（包含文字、數字、運算符號、等號、性質符號...等）採上下元素對齊，如圖 9；須運算部分，逐列演算採單一元素變化，如此可避免增生認知負荷，另可讓學習者藉由上下對照算式，觀察出元素間的變化並學習。

主題二 代入法

解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x + 5y = 350 \\ 3x + 3y = 270 \end{cases}$ 所以 $x=50, y=40$ 是聯立方程式的解

解法 **開始解題**

$$\begin{cases} 3x + 5y = 350 & \text{..... ①} \\ 3x + 3y = 270 & \text{..... ②} \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} 3x + 5y = 350 \\ -) 3x + 3y = 270 \\ \hline 2y = 80 \\ y = 40 \end{array}$$

$3x + 3 \cdot 40 = 270$

$$\begin{array}{r} 3x + 120 = 270 \\ 3x = 270 - 120 \\ 3x = 150 \\ x = 50 \end{array}$$

圖 9 對齊過程範例

(2) 二維圖像關係

在教材結構化、區塊化的原則下，我們必須將教材依其內容分割成數個區塊，受限於教室黑板尺寸或電腦版面設定，各區塊並無法採單一方向連貫式的排列，但不同區塊或區塊內的元素在彼此有對應關係時，若僅採文字敘述，會不易建立訊息關聯；若能利用曲線、線段並搭配適性指標彈性激發，就能串連訊息區塊，也同時達到引導注意力的效果。在本次實驗代入消去法、加減消去法均廣泛運用此項原則，讓學習者理解「代入」的意涵。如圖 10 為建立二維圖像關係過程範例。

主題一 代入法

解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 2x + 6y = x + 41 \\ 3x + 4y = 39 \end{cases}$ 所以 $x=5, y=6$ 是聯立方程式的解

解法 **開始解題**

取代第②式的 x

$$\begin{array}{r} 2x + 6y = x + 41 \text{ ①} \\ 2x - x = 41 - 6y \\ x = 41 - 6y \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3x + 4y = 39 \text{ ②} \\ 3(41 - 6y) + 4y = 39 \\ 123 - 18y + 4y = 39 \\ -18y + 4y = 39 - 123 \\ -14y = -84 \\ y = 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x = 41 - 6 \cdot 6 \\ = 41 - 36 \\ = 5 \end{array}$$

圖 10 建立二維圖像關係過程範例

經由對齊、二維圖像關係這兩項操作原則的運用，可讓學習者在各區塊內透過上下比對先解決子目標，也更清楚各區塊彼此訊息的關聯，易於統整相關概念而完成學習。

4. 口語簡化解說

Mayer (2009) 提出個人化原則 (Personalization Principle) 認為口語對話式的說明會比專業術語形式化的講解更有效用，代數語言因缺乏自然生活語意想像，更加適用此規則，依循此規則，教師講解時應避免缺乏想像的代數語言及專業術語。若直接口述算式將每一列元素逐一念出，會讓學生更加模糊。應搭配適性指標的設置、利用口語描述適性指標的特徵（如：請看這個紅色的箭頭、請注意這個藍色的算式），明確引導學習者注意力聚焦在教師欲講解的訊息上，便能將意義相關的算式建立關連及了解訊息之間的演化關係，進而找出訊息之間的關聯度，讓學生減少蒐尋比對、降低編碼頻率，能夠自我觀察發現上下算式的不同處。

3.4.3 實驗問卷製作

本實驗問卷共分成：階段學習成就測驗卷、學習感受與認知負荷量表、延後測驗卷三大類。

1. 階段學習成就測驗卷

為了解實驗、對照兩組學生在課程教學後，對教材的學習成效，施以階段學習成就測驗（後測），收集成績資料供分析使用。因代數教材特殊性，故僅有轉化題型，取消記憶題型設計。

設計之初先行收集代入消去法、加減消去法計算題各 20 題，經由三位認教年資 5~10 年的教師及指導教授審閱，聽其建議作部分的修改，最後選定代入消去法 2 題、加減消去法 3 題，因此具有基本的專家效度。為避免施測失效，另找國三常態班級學生 103 人預試，預試結果如表 16，針對測驗题目的信度、難度、鑑別度均依測驗理論評析，分述如下：

(1) 信度

將回收的 103 份預試卷作信度分析，得到內部一致性信度 Cronbach's α 值為 0.704，顯示具有良好的信度值。

(2) 難度

將預試成績最高分向下取總人數的 27% 為高分組，從最低分向上取總人數的 27% 為低分組 (Kelly, 1939)。分別計算高分及低分組在每一試題的答對人數及百分比，再將兩組在每一試題的答對百分比相加除以 2，藉此計算出各題的難度指數 (郭生玉, 1999)。測驗的難度都介於 0.2~0.8 之間，難度適當 (郭生玉, 1999)。

(3) 鑑別度

以每一試題在高分組的答對人數百分比減去低分組的答對人數百分比，算出鑑別指數（郭生玉, 1999）。

表 16 受測試題難度、鑑別度說明表

代入消去法			加減消去法		
題號	難度	鑑別度	題號	難度	鑑別度
代入 1	0.36	0.64	加減 1	0.31	0.25
代入 2	0.65	0.43	加減 2	0.43	0.89
			加減 3	0.72	0.30

(4) 給分標準

由於施測題型均為計算題，單題成績計算採局部給分，給分標準如下表 17、表 18，若只採答案對錯兩極式給分，所得之分數將無法誠實反應學生學習狀況，故不採納。

表 17 代入消去法計算題給分標準

選 項	分 數
完全正確	10
代入概念正確，計算雖錯誤，但有將未知數算出	8
有做到初步的代入步驟，有算出兩個未知數	6
有做到初步的代入步驟，有將未知數其一算出	4
有做到初步的代入步驟，未算出兩個未知數	2

表 18 加減消去法計算題給分標準

選 項	分 數
完全正確	10
轉換倍數、加減概念正確， 計算雖錯誤，但有將未知數算出	9
轉換倍數、加減概念正確， 計算雖錯誤，但有將未知數其一算出	8
轉換倍數、加減概念正確， 但未將未知數算出	7
有做到初步的式子轉換，但加減引用錯誤， 惟計算過程正確，有算出兩個未知數	6
有做到初步的式子轉換，但加減引用錯誤， 惟計算過程正確，未算出兩個未知數	5

2. 認知負荷量表

本研究認知負荷量表問卷敘述(表 19)，以郭璟瑜(2003)的測量認知負荷題目為藍本來作修改，共兩題，以李克特氏量表採七點尺度測量，針對學習者對教材內容所感受到的難易程度與自認為需付出的努力兩個向度，在教學演示後馬上蒐集，可知其直覺感受，兩題得分之加總即為該受測者之認知負荷量，分數越高表示認知負荷量越高。

(1) 心智負荷的測量

「我認為本次的上課內容在學習上很容易」，量尺分為七個等級，由「非常同意」至「非常不同意」。

(2) 心智努力的測量

「我覺得我花了很少的心力，就能學會 XX 消去法的教材內容」，量尺分為七個等級，由「非常同意」至「非常不同意」。

表 19 認知負荷量表

	非常同意	同意	還算同意	普通	有點不同意	不同意	非常不同意
1.我認為代入消去法的內容在學習上很容易	1	2	3	4	5	6	7
2.我覺得我花了很少的心力，就能學會代入消去法的教材內容	1	2	3	4	5	6	7

3. 延後測驗卷

考題內容與學習成就測驗卷相同，四週後再次施測，包含測驗地點、時間長度均與前次階段學習成就測驗相同。為蒐集學生的學習效果在經過四週後是否持續，有必要作延後測，來驗證本實驗的顯著效果。

3.5 資料分析方法

本研究採量化分析，採用 SPSS 12.0 版作為資料統計分析的工具，虛無假設的顯著水準 α 皆設為 .05 等級。蒐集到資料計有代入消去法、加減消去法兩大主題設計的階段學習成就測驗、認知負荷測驗、延後測驗的成績，以及受試者上學期數學科學期成績。

為比較實驗、對照兩組是否因教材設計不同，而產生顯著差異，甚至效果可延續至四週後，故採獨立樣本 t 檢定來考驗階段學習成就測驗、延後測兩個測驗平均數的差異；認知負荷量表採用獨立樣本 t 檢定來檢測兩組是否有顯著不同；受試者上學期數學科學期成績也以獨立樣本 t 檢定來考驗兩組程度可否視為相同。

兩組運用不同原則設計的教材，可根據 Mayer (2009) 所著 Multimedia Learning，使用 Cohen 的 d 值來當作 effect size，計算公式如下：

$$\text{Cohen's } d = M_1 - M_2 / \sigma_{\text{pooled}}$$

$$\text{where } \sigma_{\text{pooled}} = \sqrt{[(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) / 2]}$$

$M_1 - M_2$ ：(實驗組的平均) - (控制組的平均)

σ ：標準差

透過計算 effect size 就能夠在共同的標準下來互相比較這些實驗設計的效應大小 (即設計效應)。因此除了獨立樣本 t 檢定，另外再加入計算 effect size，來確認教學方式是否有效。



第四章 研究結果與討論

本章將針對受試學生在課程教學後，進行轉化測驗、認知負荷測驗、及四週後延後測所蒐集到的成績數據進行資料分析，以驗證本研究三項假設。本章共分節，第一節為受試學生測驗資料，第二節為資料分析與假設說明，第三節為研究結果摘要。

4.1 受試學生測驗資料

表 20 受試學生人數、各項測驗平均數及標準差、Effect size 摘要表

	分組	人數	平均數	標準差	Effect size
上學期 數學學期成績	實驗組	37	52.46	14.51	
	對照組	40	55.04	14.07	
第一次段考 計算題成績	實驗組	37	8.43	7.17	
	對照組	40	10.80	6.68	
轉化測驗 (代入消去法)	實驗組	37	6.24	3.24	0.5
	對照組	40	4.45	4.08	
轉化測驗 (加減消去法)	實驗組	37	6.63	2.95	0.6
	對照組	40	4.58	3.80	
認知負荷測驗 (代入消去法)	實驗組	37	5.76	2.87	
	對照組	40	5.43	2.50	
認知負荷測驗 (加減消去法)	實驗組	37	5.22	2.43	
	對照組	40	6.10	3.59	
延後測驗 (代入消去法)	實驗組	37	6.86	3.14	0.9
	對照組	40	3.63	3.77	
延後測驗 (加減消去法)	實驗組	37	6.52	2.80	0.7
	對照組	40	4.17	3.58	

數據資料呈現以下幾個現象：

1. 本次對象係針對需補救教學學生，觀察上學期數學學期成績，兩組平均分數對照組略高於實驗組，經由資料分析後兩組並無明顯差異，可視為程度相當；在第一次段考計算題成績表現方面，平均分數對照組成績亦優於實驗組。
2. 在轉化測驗中，不論是後測或四周後的延後測，實驗組成績均領先對照組。
3. 對教材內容所感受到的難易程度與自認為需付出的努力這兩個向度的認知負荷量，實驗組所得之數值在代入消去法時略高於對照組，在加減消去法時則低於對照組。
4. 利用實驗、控制兩組施測所得的平均值與標準差計算出的 effect size 分數，從 0.5~0.9，將依據 Mayer (2009) 所述之規則，判斷教學方式是否有效。

光看平均數字，雖不能立即判斷是否顯著，但從數字的差異，似乎能反應出確實在教學實驗後，與對照組相比，實驗組成績大幅度提升、甚至超越。證明我們的教材設計似乎已達到某種程度的效果，但仍需用研究法的統計檢定概念來作驗證，以確定先前的假設成立與否。

4.2 資料分析與假設說明

假設一、適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現有顯著差異。

考驗假設一的虛無假設 H_0

H_0 ：適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現沒有顯著差異（假設兩組平均成績變異數相等）。

將實驗組 37 人、對照組 40 人在兩階段主題課程教學後所得的學習成就測驗成績，輸入 SPSS 軟體進行獨立樣本 t 檢定的資料統計分析，代入消去法主題所得檢定結果如表 21：

表 21 階段學習成就測驗成績（代入消去法）獨立樣本 t 檢定摘要表

		平均數相等的 t 檢定		
		t	自由度	顯著性 (雙尾)
代入消去法	不假設變異數相等	2.146	73.354	.035 *

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

F 檢定值 4.617，顯著性 P 值 $0.035 < 0.05$ ，應棄卻虛無假設 H_0 ，接受兩組變異數不相等。再檢視『不假設變異數相等』列之 t 值及統計量，t 值 $2.146 > 1.960$ 、顯著性 P 值 $0.035 < 0.05$ ，達到顯著水準。另外從分析結果「差異的 95%信賴區間」下界 0.12805、上界 3.45844 未包含 0 在其中，亦表示兩組的差異顯著。

將實驗組 37 人、對照組 40 人在兩階段主題課程教學後所得的學習成就測驗成績，輸入 SPSS 軟體進行獨立樣本 t 檢定的資料統計分析，加減消去法主題所得檢定結果如表 22：

表 22 階段學習成就測驗成績（加減消去法）獨立樣本 t 檢定摘要表

		平均數相等的 t 檢定		
		t	自由度	顯著性 (雙尾)
加減消去法	不假設變異數相等	2.654	72.866	.010 **

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

F 檢定值 4.330，顯著性 P 值 $0.041 < 0.05$ ，應棄卻虛無假設 H_0 ，接受兩組變異數不相等。再檢視『不假設變異數相等』列之 t 值及統計量，t 值 $2.654 > 1.960$ 、顯著性 P 值 $0.010 < 0.05$ ，達到顯著水準。另外從分析結果「差異的 95%信賴區間」下界 0.50997、上界 3.58403 未包含 0 在其中，亦表示兩組的差異顯著。

綜合以上不同主題的後測成績資料分析結果：假設一成立，即『適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現有顯著差異。』

由於兩組學生在尚未施以教學實驗前可視為程度相當、無顯著差異，但從上述資料分析結果發現施測後差異顯著。歸咎原因為教材設計不同所導致，代數教材設計原則能提供低學習成就學習者更快速的搜尋、組織、理解、整合、應用，最後產生較好的學習成效。

假設二、適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在延後測的成績表現有顯著差異。

考驗假設二的虛無假設

H_0 ：適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在延後測的成績表現沒有顯著差異。(假設兩組平均成績變異數相等)

將實驗組 37 人、對照組 40 人在教學實驗四週後再次施以延後測驗，所得成績輸入 SPSS 軟體進行獨立樣本 t 檢定的資料統計分析，代入消去法主題所得檢定結果如表 23:

表 23 延後測成績 (代入消去法) 獨立樣本 t 檢定摘要表

		平均數相等的 t 檢定		
		t	自由度	顯著性 (雙尾)
代入消去法	不假設變異數相等	4.111	74.206	.000 ***

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

F 檢定值 4.606，顯著性 P 值 $0.035 < 0.05$ ，應棄卻虛無假設 H_0 ，接受兩組變異數不相等。再檢視『不假設變異數相等』列之 t 值及統計量，t 值 $4.111 > 1.960$ 、顯著性 P 值 $0.000 < 0.05$ ，達到顯著水準。另外從分析結果「差異的 95% 信賴區間」下界 1.66967、上界 4.81006 未包含 0 在其中，亦表示兩組的差異顯著。

將實驗組 37 人、對照組 40 人在教學實驗四週後再次施以延後測驗，所得成績輸入 SPSS 軟體進行獨立樣本 t 檢定的資料統計分析，加減消去法主題所得檢定結果如表 24:

表 24 延後測成績（加減消去法）獨立樣本 t 檢定摘要表

		平均數相等的 t 檢定		
		t	自由度	顯著性 (雙尾)
加減消去法	不假設變異數相等	3.229	73.025	.002 **

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

F 檢定值 4.117，顯著性 P 值 $0.046 < 0.05$ ，應棄卻虛無假設 H_0 ，接受兩組變異數不相等。再檢視『不假設變異數相等』列之 t 值及統計量，t 值 $3.229 > 1.960$ 、顯著性 P 值 $0.002 < 0.05$ ，達到顯著水準。另外從分析結果「差異的 95% 信賴區間」下界 0.90151、上界 3.80782 未包含 0 在其中，亦表示兩組的差異顯著。

綜合以上不同主題的延後測成績資料分析結果：假設二成立，即『適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在延後測的成績表現有顯著差異。』

為了解學生學習行為是否延續，並非教學實驗的短暫記憶，訂於四週後另作延後測驗。由於事先未先預告，並且這四週間學校課堂進度為教授比例式概念，並未重新複習該段內容，因此，可確定延後測驗成績可視為之前教學實驗的延續。觀察兩組成績除仍維持顯著差異、驗證假設之外，從表 25 可發現實驗組的延續效果較佳，甚至在代入消去法主題的平均分數更優於先前施測；反觀對照組成績則呈現衰退。兩相比較實驗組在延後測驗方面表現明顯優於對照組，獲得較佳的延續效應。

表 25 實驗組、對照組不同主題後測、延後測成績平均數比較表

	實驗組		對照組	
	代入消去法	加減消去法	代入消去法	加減消去法
後測平均數	6.24	6.63	4.45	4.58
延後測平均數	6.86	6.52	3.63	4.17

將受測學生在不同主題（代入消去法、加減消去法）所得的後測及延後測驗成績繪製成折線圖如圖 11 所示：

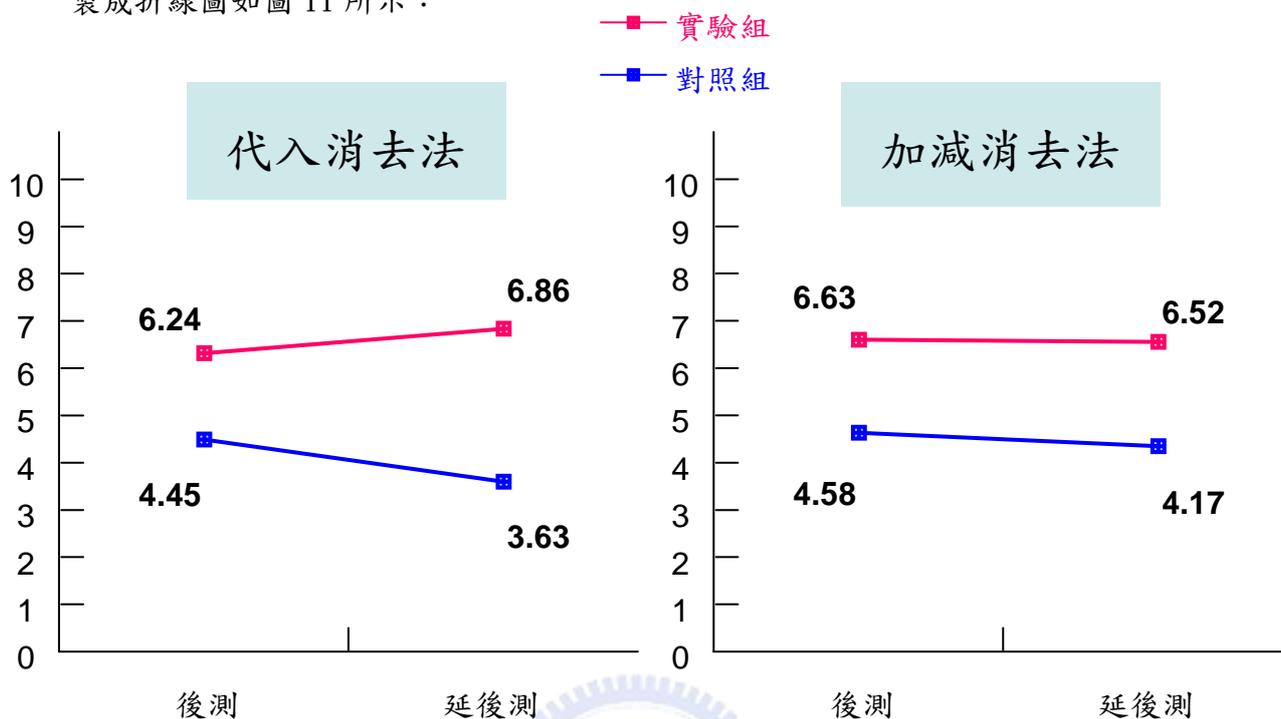


圖 11 受測學生平均分數折線圖（代入消去法、加減消去法）

綜合後測與延後測成績資料分析結果，代數教材設計原則確實能提供低學習成就學習者更快速的搜尋、組織、理解、整合、應用，產生較好的學習成效，並且學習成效能持續四週以上。

本研究除了獨立樣本 T 檢定，另外再加入計算 effect size，來確認教學方式是否有效。表 26、27 整理出後測、延後測兩次測驗中，利用實驗組與對照組的成績平均值與標準差所算出的 effect size。

表 26 後測成績 effect size 摘要表

後測	代入消去法		加減消去法	
	實驗組	對照組	實驗組	對照組
平均數	6.24	4.45	6.63	4.58
標準差	3.24	4.08	2.95	3.80
effect size	0.5		0.6	

表 27 延後測成績 effect size 摘要表

延後測	代入消去法		加減消去法	
	實驗組	對照組	實驗組	對照組
平均數	6.86	3.63	6.52	4.17
標準差	3.14	3.77	2.80	3.58
effect size	0.9		0.7	

從不同主題、兩次測驗（後測、延後測）中、經由公式所算出的 effect size 有三組數據超過 0.5，教學方式有效程度屬於中等以上（>.5），另一組數據為 .9，教學方式屬於高度有效程度以上（>.8），也驗證假設一、二正確，教材的設計確實顯著影響學生學習成效。

假設三、適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在降低學習認知負荷量方面有顯著差異。

考驗假設三的虛無假設

H_0 : 適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在降低學習認知負荷量方面沒有顯著差異。

表 28 認知負荷測驗（代入消去法）獨立樣本 t 檢定摘要表

		平均數相等的 t 檢定		
		t	自由度	顯著性 (雙尾)
代入消去法	不假設變異數相等	.539	71.664	.592

表 29 認知負荷測驗（加減消去法）獨立樣本 t 檢定摘要表

		平均數相等的 t 檢定		
		t	自由度	顯著性 (雙尾)
加減消去法	不假設變異數相等	-1.274	68.903	.207

由施測資料結果分析（表28、表29）可知：兩個主題教材均需接受虛無假設。意即適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在降低學習認知負荷量方面沒有顯著差異。

推測原因可能為兩組的教材呈現均為激發式動態呈現教學，差異僅是教材各元素位置安排是否使用代數教材設計原則，因此，兩組受試者在學習過程中所感受到的認知負荷已因激發式動態呈現而全面降低，是故差異不大。

將上述各項實驗數據，綜合整理出表30：

表 30 實驗數據綜合比較表

		平均數相等的 t 檢定		
		t	自由度	顯著性 (雙尾)
代入消去法 後測	不假設變異數相等	2.146	73.354	.035*
加減消去法 後測	不假設變異數相等	2.654	72.866	.010**
代入消去法 延後測	不假設變異數相等	4.111	74.206	.000***
加減消去法 延後測	不假設變異數相等	3.229	73.025	.002**
代入消去法 認知負荷量	不假設變異數相等	.539	71.664	.592
加減消去法 認知負荷量	不假設變異數相等	-1.274	68.903	.207

4.3 研究結果摘要

將以上資料分析的重點與結果摘要如下表31：

表 31 分析結果摘要表

研究主題	結論
適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現有顯著差異。	有顯著差異
適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其在延後測的成績表現有顯著差異。	有顯著差異
適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在降低學習認知負荷量方面有顯著差異。	沒有顯著差異





第五章 研究結論與建議

本研究是挑選國中一年級數學科代數教材進行結構化設計，在激發式動態呈現教學環境下，融合適性指標，針對補救教學學生探討在教材設計不同前提下，其學習成效及認知負荷所造成的影響，採準實驗研究法進行實驗設計。以下根據研究結果與分析，歸納出結論與建議，以作為後續研究的參考。

5.1 研究結論

根據第四章研究結果，本研究歸納以下結論：

1. 適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其學習成就表現有顯著差異。
2. 適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生在延後測的成績表現有顯著差異，並能讓學習者延續其學習成效達四週以上。
3. 適性指標設計原則結合代數教材設計原則運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生其降低學習認知負荷量方面沒有顯著差異。

5.2 建議

為驗證代數教材設計原則是否有效？有其必要性嗎？提出以下研究建議可供完備驗證：

1. 延後測驗週期拉長與施測次數增加

為驗證本研究所提之代數教材設計原則有其學習延續性，四週後的延後測驗可將時間再行延長，或是在八週後再實施第二次延後測驗，取得成績數據分析其顯著性，但需考慮期間是否有干擾行為，避免影響施測結果。

2. 評估受試者起點行為

本研究施測對象的選取係從數學科段考『代入消去法』、『加減消去法』計算錯誤的同學中亂數挑選80人接受教學實驗，評估學生起點行為的前測就以段考考題對錯與否作為依據。但為確保受試者確實學習成就低落，需進行補救教學，應再施予評估起點行為測驗，測驗成績作為篩選人員依據，再行編組。待教學實驗結束，屆時可將蒐集到的前測、後測、延後測三項成績交叉比對，確定兩組學生是否因教材設計不同而產生差異。

3. 增加施測題目數量

本研究在教學實驗後，分別對受試者施以階段學習成就測驗，兩主題測驗題目數量分別為代入消去法2題、加減消去法3題。測驗題目稍嫌不足，亦可再增加測驗題目數，蒐集更多測驗成績，供作比對樣本。但因本研究係針對學習成就低落學生，需進行補救教學者，若題目數過多，恐造成受試者因此產生抗拒感而不作答，故題目數量需審慎評估，以防施測失效。

4. 針對不同能力受試者的學習成效

在受試者尚未學習此段內容前施以教學實驗，確保每位受試者的起點行為均無作為後，再將施測對象區分成高、中、低學習成就三組，採二因子變異數交叉分析就可驗證代數教材設計原則對不同學習成就學生，其學習成效與認知負荷方面的表現。

5. 針對不同學習型態受試者的學習成效

除了以成績分數界定的高、中、低學習成就外，亦可針對學習型態、學習風格來分類的學生進行施測，驗證是否也如本研究所觀察到的結論。

6. 發展更精確的認知負荷量表

此次實驗所使用的認知負荷量表，是以郭璟瑜（2003）的測量認知負荷題目為藍本來作修改，共兩題，以李克特氏量表採七點尺度測量，問題內容、數量、順序編排都可以再作更精確的修正，使施測量表更具信度與效度。

5.3 未來研究

本次研究歸納出教學內容結構化、教材呈現區塊化、建立訊息關聯（對齊、二維圖示關係）、口語簡化解說四大概念，作為代數教材設計結構化的細項原則，屬於初探性的研究，因此仍有許多不完備之處，有待未來更多進一步的相關研究之發展，後續研究者可在現有基礎下，另加衍生使其更完備，針對未來相關的研究方向，提出以下建議：

1. 擴大研究範圍

多媒體學習理論所設定的主題、研究環境多是對學習者有相當程度的想像刺激，但是面對沒有視覺情境、自然想像的代數專業領域，因為條件不同，所以多媒體學習理論在處理上會有其限制，產生的作用似乎有所不足。因此，本研究所歸納發展出的代數教材設計原則是為了彌補多媒體學習理論的不足之處、讓學習者能解決此類型主題的學習困擾。初探的研究已針對二元一次聯立方程式，歸納出四項原則，未來研究可先就國中數學其他代數主題單元（如：一元一次方程式、一元二次方程式公式解）進行實驗驗證，最後擴大運用到類似知識結構的學習領域或跨足不同學習領域。

2. 擴充設計原則

本研究的源起在於彌補多媒體學習理論之不足，但面對不同學習領域、不同主題，本研究所歸納出的原則應無法一體適用，後續研究可針對研究主題的知識結構進行分析、統整出其他不同原則，與多媒體學習理論及認知負荷理論作更密切的詮釋、結合，以彌補本研究所歸納原則未臻完備之處。

3. 口語解說的研究

本研究所歸納出的原則中有說明口語簡化解說能減少學習者搜尋比對、降低編碼頻率。非制式化語言講解，而用口語解說方式引導學生注意力，這與 Mayer (2009) 提出多媒體教材設計採個人化原則有類似之處。若能進行眼球移動研究確認教師利用口語講解時，學習者目光焦點定位時間少於未使用口語解說，如此可使本研究更加有驗證基礎。至於口語簡化解說，該如何敘述？字句如何用字？字句字數？這都仰賴未來研究再作更細部的研究歸納。



參考文獻

中文部分

王文科、王智弘 (2007)。教育研究法。台北市：五南。

認知心理學 (李玉琇、蔣文祁譯) (2005)。台北：雙葉。(原著出版年：2003 年)

郭生玉 (1999)。心理與教育測驗。台北市：精華。

黃克文 (1996)。認知負荷與個人特質及學習成就之關聯。國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文。

許天威 (1986)。學習障礙者之教育。台北市：五南。

張新仁 (2001)。實施補救教學之課程與教學設計。國立高雄師範大學教育學系教育學刊，17，85-106。

莊淑鈴 (2005)。高雄地區國二生解二元一次聯立方程式錯誤類型之分析。國立高雄師範大學數學系碩士論文。

涂佩瑜 (2004)。國中生解二元一次聯立方程式錯誤類型之分析研究。國立高雄師範大學數學系碩士論文。

吳帝瑩 (2008)。激發式動態呈現教學設計之研究以一個排列組合問題為例。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習組碩士論文。

林煜庭 (2007)。適性指標：多媒體學習中一種基於視覺認知理論的引導方式。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習組碩士論文。

洪榮忠 (2008)。激發式動態呈現教學設計之研究-以二元一次方程式的圖形為例。國立交通大學理學院碩士在職專班網路學習組碩士論文。

許宛琪 (2005)。數位學習於國中數學補救教學之成效-以國一「一元一次方程式」單元為例。國立新竹教育大學教育研究所碩士論文。

宋曜廷 (2000)。先前知識、文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響。國立師範大學教育心理與輔導研究所博士論文。

陳彙芳、范懿文 (2000)。認知負荷對多媒體電腦輔助學習成效之影響研究。資訊管理研究, 2 (2), 45-60。

陳蜜桃 (2003)。認知負荷 理論及其對教學的啟示。國立高雄師範大學教育學系教育學刊, 21, 29-51。

廖子慧 (2009)。激發式教材設計中適性指標對於眼球運動之影響初探。國立新竹教育大學數位科技研究所碩士論文。

陳明璋 (主編) (2005)。萬腦奔騰數學網(第三輯)。新竹市：交通大學理學院網路學習碩士專班。

陳明璋 (2006)。數學簡報系統—一個克服數位落差之教師專業發展環境。第十屆全球華人計算機教育研討會，北京清華大學。

陳明璋 (2008)。一個以授課為導向之數位教材設計及展演環境—Activate Mind Attention (AMA) 系統。國民教育月刊。

黃柏勳 (2003)。從認知負荷 省思九年一貫課程的實施。國民教育研究集刊, 11, 103-119。

郭璟諭 (2003)。媒體組合方式與認知型態對學習成就與認知負荷之影響。國立中央大學資訊管理研究所碩士論文。

英文部分

- Baddeley, A. D. (1976). *The psychology of memory*. New York: Basic Books.
- Baddeley, A. D. (1998). Working memory. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Series III Sciences de la Vie* 321(2-3): 167-173.
- Bobis, J., Sweller, J., & Cooper, M. (1993), Cognitive Load Effects in a Primary-School Geometry Task, *Learning & Instruction*, 3, 1-21
- Brunken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct Measurement of Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychology* 38(1): 53-61.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition & Instruction*, 8(4), 293-332.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology* 62(2): 233-246.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied cognitive psychology* 10(2).
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2003). *E-Learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. San Francisco, CA: Jossey-Bass/Pfeiffer.
- Cooper, G. & Sweller, J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology* 79(4): 347-362.
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377-389.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2005). *The cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

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): 312-20.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43.

McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14(1), 1-43.

Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology* 91(2): 358-368.

Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87(2), 319-334.

Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434.

Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 457-466.

Sweller, J., P. Chandler, et al. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of experimental psychology* 119(2): 176-192.

Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction* 12(3): 185-233.

Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251.

Sweller, J. (2009,03). *Element interactivity as the basic mechanism of intrinsic, extraneous and germane cognitive load*. Paper presented at the 3rd International Cognitive Load Theory Conference, Heerlen, the Netherlands.

Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction* 2(1): 59-89.

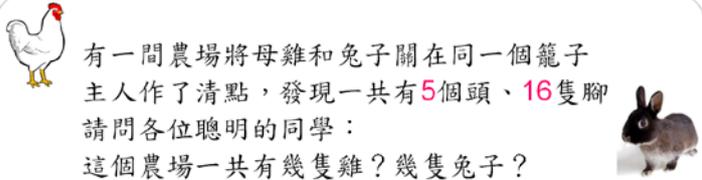
Sweller, J., & Sweller, S. (2006). Natural information processing systems. *Evolutionary Psychology* 4: 434-458.

Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology* 80(4): 424-436.



附錄

附錄一、【實驗組】投影片教學過程簡述及教材分析

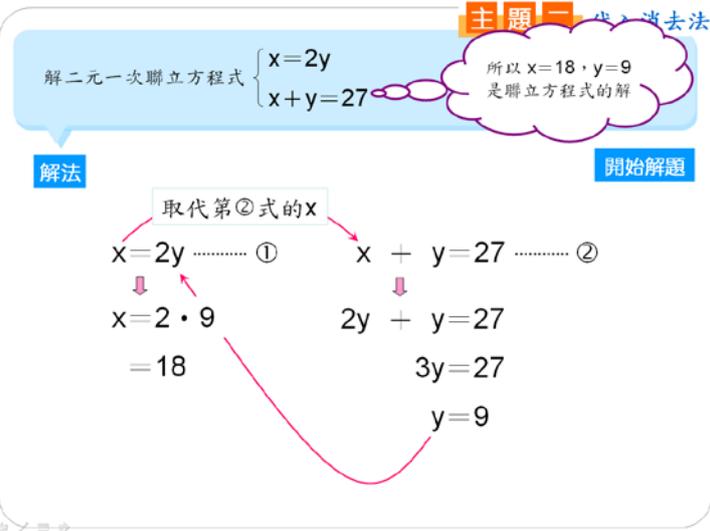
實驗組教學投影片 1	講述內容
<div style="border: 1px solid gray; border-radius: 10px; padding: 10px;">  <p>有一間農場將母雞和兔子關在同一個籠子 主人作了清點，發現一共有5個頭、16隻腳 請問各位聰明的同學： 這個農場一共有幾隻雞？幾隻兔子？</p> <p style="text-align: right; color: blue; border: 1px solid blue; padding: 2px 5px;">我想知道答案</p> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">尋找答案中...</p> </div>	<p>各位同學，在課程開始前，我們先來幫農場主人清點他養了多少隻雞？多少隻兔子？</p>
<p style="text-align: center;">教材分析</p>	<p>藉由情境的設計引導，讓學生對二元一次聯立方程式進行初步的探索。</p>
<p style="text-align: center;">適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：第 1、2 張投影片內的同一物件出現位置相同（頁間定位）。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。

實驗組教學投影片 2	講述內容
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>有一間農場將母雞和兔子關在同一個籠子 主人作了清點，發現一共有5個頭、16隻腳 請問各位聰明的同學： 這個農場一共有幾隻雞？幾隻兔子？</p> </div>  </div> <p>想法</p> <p>我們可假設母雞有x隻、兔子有y隻 把農場主人清點的結果，列成下列算式：</p> $\begin{cases} x + y = 5 & \text{..... ①} \\ 2x + 4y = 16 & \text{..... ②} \end{cases}$ <p style="text-align: right;">🤔 這個算式怎麼解啊？</p>	<p>我們先來想想該怎麼算出兩個動物的數量？我們可以假設母雞有x隻、兔子有y隻，把農場主人清點的結果，列出算式：總共有5個頭，所以$x+y=5$；</p> <p>腳有16隻，一隻雞有幾隻腳？一隻兔子有幾隻腳？所以我們可以列出第二條算式$2x+4y=16$</p> <p>但是這個算式怎麼解啊？</p>
教材分析	能根據情境假設未知數，並列出聯立方程式。
能力指標	<p>A-4-03 能用x、y、...符號表徵問題情境中的未知量及變量，並將問題中的數量關係，寫成恰當的算式。</p> <p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-02 能用符號算式記錄生活情境中的數學問題。</p> <p>7-a-07 能理解二元一次聯立方程式，及其解的意義，並能由具體情境中列出二元一次聯立方程式。</p>
適性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：第1、2張投影片內的同一物件出現位置相同（頁間定位）。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。

實驗組教學投影片 3	講述內容																					
<div style="border: 1px solid gray; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $\begin{cases} x + y = 5 & \text{..... ①} \\ 2x + 4y = 16 & \text{..... ②} \end{cases}$ </div> <div style="border: 1px solid purple; border-radius: 50%; padding: 10px; color: purple; font-size: 0.9em;"> 也就是雞有 2 隻， 兔子有 3 隻 </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>解法</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;">x</td> <td style="padding: 5px;">0</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px; background-color: #FFC0CB;">2</td> <td style="padding: 5px;">3</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px;">5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">y</td> <td style="padding: 5px;">5</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px; background-color: #FFC0CB;">3</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; font-size: 0.8em;">是否符合 第②式</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px; color: red;">✓</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px;">×</td> </tr> </table> </div> </div> </div>	x	0	1	2	3	4	5	y	5	4	3	2	1	0	是否符合 第②式	×	×	✓	×	×	×	<p>總共有 5 個頭，我們來想想會有幾種可能的組合？把它一一列出來！但是，還得符合腳有 16 隻，我們會發現到只有一組會符合兩個條件，所以我們知道雞有 2 隻，兔子有 3 隻。</p>
x	0	1	2	3	4	5																
y	5	4	3	2	1	0																
是否符合 第②式	×	×	✓	×	×	×																
<p>教材分析</p>	<p>列出二元一次聯立方程式的可能解，讓學生知道正確答案必須同時符合兩個算式。</p>																					
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。 7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>																					
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 2. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 3. 觸發原則：激發表格中紅色長方形、對錯符號，可控制出現消失。 																					

實驗組教學投影片 4		講述內容
 <p>我有疑問</p> <p>這樣的方法，如果正確答案數字很大， 那我不就要花很多時間一個一個找答案！ 有沒有可以一次就算出答案的方法？</p>		<p>這樣的方法，如果正確答案數字很大，那我不就要花很多時間一個一個找答案！有沒有可以一次就算出答案的方法？</p>
教材分析	引導學生思考其他算出答案的方法。	
適性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 2. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 	

實驗組教學投影片 5		講述內容
<div style="text-align: right; color: orange; font-weight: bold;">主題二</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid orange; padding: 2px;">代入消去法</div> <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} x=2y \\ x+y=27 \end{cases}$</p> <p>想法</p> <p>要同時找出x、y太難，所以若能先解決其中一項，把聯立方程式變成只有一個未知數的方程式，那就可輕易地先把一個未知數求出來。</p>		<p>因為要同時找出 x、y 太難，所以若能先解決其中一項，把聯立方程式變成只有一個未知數的方程式，那就可輕易地先把一個未知數求出來，這叫做代入消去法。</p>
教材分析	講解代入消去法精神。	
能力指標	A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。 7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。	
適性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 	

實驗組教學投影片 6	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} x=2y \\ x+y=27 \end{cases}$</p> <p>主題一 代入消去法</p> <p>所以 $x=18, y=9$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> <p>開始解題</p> <p>取代第②式的x</p> $\begin{array}{l} x=2y \dots\dots\dots ① \\ \downarrow \\ x=2 \cdot 9 \\ =18 \end{array} \quad \begin{array}{l} x + y = 27 \dots\dots\dots ② \\ \downarrow \\ 2y + y = 27 \\ 3y = 27 \\ y = 9 \end{array}$	如左圖逐列講述。
教材分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 3. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 4. 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生的變化，了解代入消去法運算步驟。
能力指標	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
適性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間在同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色箭頭引導代入概念，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 7	講述內容
<p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} y=3-9x \\ 3x+2y=6 \end{cases}$ 所以 $x=0, y=3$ 是聯立方程式的解</p> <p>取代第②式的y</p> <p>解法</p> <p>開始解題</p> <p>$y=3-9x \dots\dots\dots ①$ $3x+2y=6 \dots\dots\dots ②$</p> <p>$y=3-9 \cdot 0$</p> <p>$=3-0$</p> <p>$=3$</p> <p>$3x+2(3-9x)=6$</p> <p>$3x+6-18x=6$</p> <p>$3x-18x=6-6$</p> <p>$-15x=0$</p> <p>$x=0$</p>	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調分配律概念。 3. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 4. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 5. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 6. 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生的變化，了解代入消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅、藍色箭頭引導代入概念，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 8	講述內容
<p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 2x + 6y = x + 41 \\ 3x + 4y = 39 \end{cases}$ <p>所以 $x=5, y=6$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> <p>取代第②式的 x</p> <p>開始解題</p> $\begin{aligned} 2x + 6y &= x + 41 \dots\dots\dots ① \\ 3x + 4y &= 39 \dots\dots\dots ② \end{aligned}$ $\begin{aligned} 2x - x &= 41 - 6y \\ x &= 41 - 6y \end{aligned}$ $\begin{aligned} 3(41 - 6y) + 4y &= 39 \\ 123 - 18y + 4y &= 39 \\ -18y + 4y &= 39 - 123 \\ -14y &= -84 \\ y &= 6 \end{aligned}$ $\begin{aligned} x &= 41 - 6 \cdot 6 \\ &= 41 - 36 \\ &= 5 \end{aligned}$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調分配律概念。 3. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 4. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 5. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 6. 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生變化，了解代入消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅、藍色箭頭引導代入概念，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 9	講述內容
<div style="text-align: right; color: orange; font-weight: bold;">主題三 加減消去法</div> <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x+5y=350 \\ 3x+3y=270 \end{cases}$</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>解法</p> <div style="text-align: center;"> <p>\$ 350</p>  <p>350 - 270 ----- 80 = \$ 40</p> </div> </div> <div style="width: 45%;"> <p>開始解題</p> <div style="text-align: center;"> <p>\$ 270</p>  <p>270 - 120 ----- 150 = \$ 50</p> </div> </div> </div>	<p>我們用情境想像這個聯立方程式，3 顆漢堡、5 瓶汽水要 350 元；3 顆漢堡、3 瓶汽水要 270 元；如左圖逐列講述。</p>
教材分析	藉由具體情境，講解加減消去法精神。
能力指標	<p>A-4-03 能用 x、y、... 符號表徵問題情境中的未知量及變量，並將問題中的數量關係，寫成恰當的算式。</p> <p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-02 能用符號算式記錄生活情境中的數學問題。</p> <p>7-a-07 能理解二元一次聯立方程式，及其解的意義，並能由具體情境中列出二元一次聯立方程式。</p>
適性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間同一物件出現位置相同(頁間定位)。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 群化原則：畫面元素及算式區塊化。 4. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。

實驗組教學投影片 10	講述內容
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 主題 二 法 </div> <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x + 5y = 350 \\ 3x + 3y = 270 \end{cases}$</p> <div style="border: 1px solid purple; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block; margin: 10px 0;"> 所以 $x=50, y=40$ 是聯立方程式的解 </div> <p>解法 開始解題</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 350 & \text{..... ①} \\ 3x + 3y = 270 & \text{..... ②} \end{cases}$ $\begin{array}{r} \\ -) \\ \hline 2y = 80 \end{array}$ $y = 40$ $3x + 3 \cdot 40 = 270$ $3x + 120 = 270$ $3x = 270 - 120$ $3x = 150$ $x = 50$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生的變化，了解加減消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。 7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 特徵獨立原則：紅色線段引導學生代入觀念、紅、藍色方框用以標示文字符號，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 通道原則：畫面顏色不超過五種。 群化原則：算式區塊化。 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 11	講述內容
<p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 4 \\ 2x - 5y = 11 \end{cases}$ <p>所以 $x=3, y=-1$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 4 & \text{..... ①} \\ 2x - 5y = 11 & \text{..... ②} \end{cases}$ $\begin{array}{r} 2 \cdot 3 - 5y = 11 \\ -5y = 11 - 6 \\ -5y = 5 \\ y = -1 \end{array}$ $\begin{array}{r} 3x + 5y = 4 \\ +) 2x - 5y = 11 \\ \hline 5x = 15 \\ x = 3 \end{array}$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生的變化，了解加減消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 特徵獨立原則：紅色線段引導學生代入觀念、紅、藍色方框用以標示文字符號，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 通道原則：畫面顏色不超過五種。 群化原則：算式區塊化。 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 12	講述內容
<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 主題 二元一次聯立方程式 </div> <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x + 5y = 4 \\ 2x - 5y = 11 \end{cases}$</p> <div style="border: 1px solid purple; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block; margin: 10px 0;"> 所以 $x=3, y=-1$ 是聯立方程式的解 </div> <p>解法</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 4 \\ 2x - 5y = 11 \end{cases}$ <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">開始解題</p> $\begin{array}{r} 3x + 5y = 4 \quad \dots\dots\dots ① \\ +) 2x - 5y = 11 \quad \dots\dots\dots ② \\ \hline 5x \quad = 15 \\ x \quad = 3 \end{array}$ <p> $3 \cdot 3 + 5y = 4$ $5y = 4 - 9$ $5y = -5$ $y = -1$ </p>	<p>如左圖逐列講述。</p>
教材分析	<p>利用動畫、彈性指標告知學生求出其中一解後，可選擇不同二元一次方程式代入，亦可求出另一解。</p>
能力指標	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。 7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
適性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間之同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色線段引導學生代入觀念、紅、藍色方框用以標示文字符號，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 13	講述內容
<p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 5x - 2y = -4 \\ 3x + 4y = 8 \end{cases}$ 所以 $x=0, y=2$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> $\begin{cases} 5x - 2y = -4 \\ 3x + 4y = 8 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \times 2 \\ \hline 10x - 4y = -8 \dots\dots ① \\ +) 3x + 4y = 8 \dots\dots ② \\ \hline 13x = 0 \\ x = 0 \end{array}$ <p>開始解題</p> $\begin{aligned} 3 \cdot 0 + 4y &= 8 \\ 4y &= 8 \\ y &= 2 \end{aligned}$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 3. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 4. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 5. 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生的變化，了解加減消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色線段引導學生代入觀念、紅、藍色方框用以標示文字符號，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

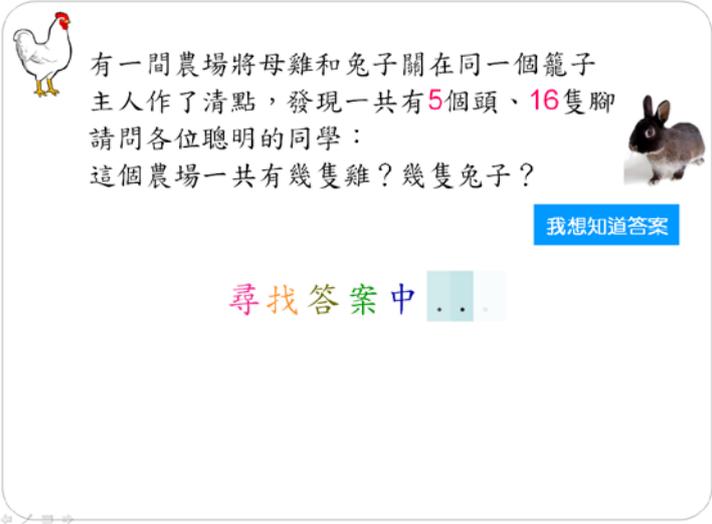
實驗組教學投影片 14-1	講述內容
<div style="text-align: right; margin-bottom: 5px;">主題三 加減消去法</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; margin-bottom: 10px;"> <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x+5y=8 \\ 4x+3y=7 \end{cases}$</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 解法 開始解題 </div> <div style="margin-top: 10px;"> $\begin{cases} 3x + 5y = 8 & 12x + 20y = 32 \cdots \cdots \textcircled{1} \\ 4x + 3y = 7 & 12x + 9y = 21 \cdots \cdots \textcircled{2} \end{cases}$ <p style="text-align: center; margin-top: -10px;"> $\xrightarrow{\times 4}$ $\xrightarrow{\times 3}$ </p> </div>	<p>如左圖逐列講述。</p>
教材分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 2. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。
能力指標	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
適性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色箭頭線段引導算式演變，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 14-2	講述內容
<p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 8 \\ 4x + 3y = 7 \end{cases}$ <p>所以 $x=1, y=1$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 8 \\ 4x + 3y = 7 \end{cases}$ $\begin{aligned} 4x + 3 \cdot 1 &= 7 \\ 4x &= 7 - 3 \\ 4x &= 4 \\ x &= 1 \end{aligned}$ <p>開始解題</p> $\begin{aligned} 12x + 20y &= 32 \cdots \cdots \textcircled{1} \\ -) 12x + 9y &= 21 \cdots \cdots \textcircled{2} \\ \hline &11y = 11 \\ &y = 1 \end{aligned}$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 3. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 4. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 5. 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生的變化，了解加減消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色線段引導學生代入觀念、紅、藍色方框用以標示文字符號，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 15-1	講述內容
<div style="text-align: right; color: orange; font-weight: bold;">主題三 加減消去法</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x+5y=8 \\ 4x+3y=7 \end{cases}$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">解法</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">開始解題</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> $\begin{cases} 3x + 5y = 8 \\ 4x + 3y = 7 \end{cases}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 5px 0;"> x 3 x 5 </div> $\begin{cases} 9x + 15y = 24 \cdots \cdots \textcircled{1} \\ 20x + 15y = 35 \cdots \cdots \textcircled{2} \end{cases}$ </div>	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 特徵獨立原則：紅色箭頭線段引導算式演變，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 通道原則：畫面顏色不超過五種。 群化原則：算式區塊化。 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

實驗組教學投影片 15-2	講述內容
	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 3. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 4. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。 5. 列與列之間的關係元素均結構化整齊排列，容易觀察逐列所產生的變化，了解加減消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>適性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色線段引導學生代入觀念、紅、藍色方框用以標示文字符號，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 群化原則：算式區塊化。 5. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 6. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

附錄二、【對照組】投影片教學過程簡述及教材分析

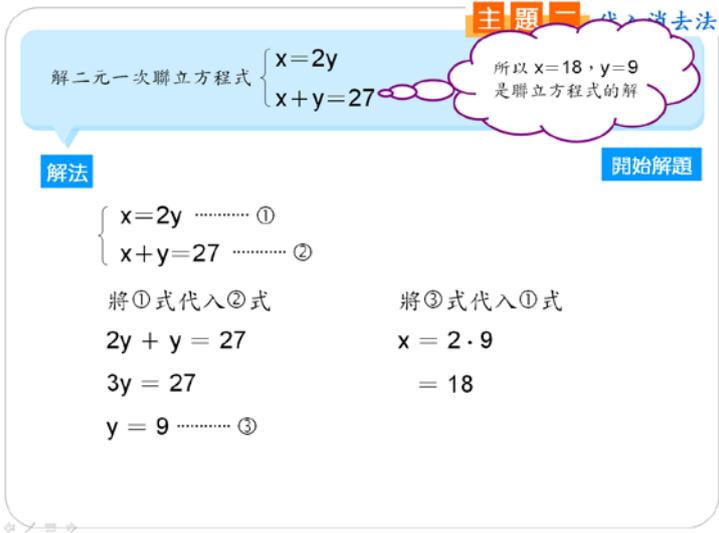
對照組教學投影片 1	講述內容
 <p>有一間農場將母雞和兔子關在同一個籠子 主人作了清點，發現一共有5個頭、16隻腳 請問各位聰明的同學： 這個農場一共有幾隻雞？幾隻兔子？</p> <p>我想知道答案</p> <p>尋找答案中...</p>	<p>各位同學，在課程開始前，我們先來幫農場主人清點他養了多少隻雞？多少隻兔子？</p>
教材分析	藉由情境的設計引導，讓學生對二元一次聯立方程式進行初步的探索。
彈性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：第 1、2 張投影片內的同一物件出現位置相同（頁間定位）。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。

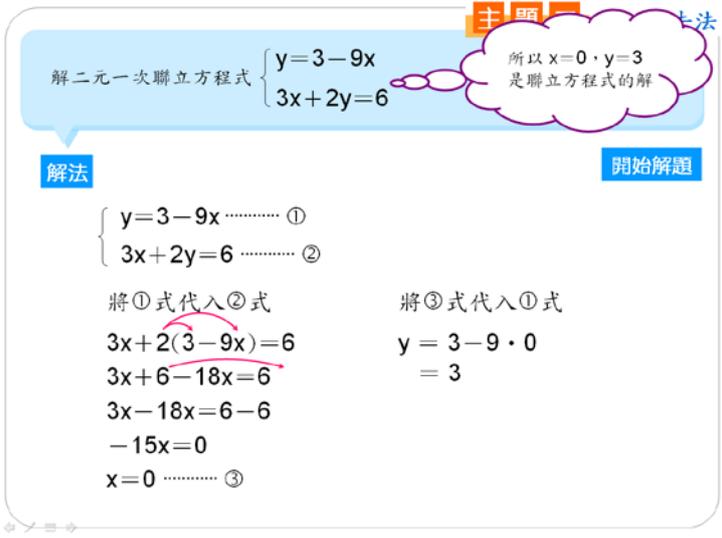
對照組教學投影片 2	講述內容
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>有一間農場將母雞和兔子關在同一個籠子 主人作了清點，發現一共有5個頭、16隻腳 請問各位聰明的同學： 這個農場一共有幾隻雞？幾隻兔子？</p> </div>  </div> <p>想法</p> <p>我們可假設母雞有x隻、兔子有y隻 把農場主人清點的結果，列成下列算式：</p> $\begin{cases} x + y = 5 & \cdots\cdots\cdots ① \\ 2x + 4y = 16 & \cdots\cdots\cdots ② \end{cases}$ <p style="text-align: right;">🤔 這個算式怎麼解啊？</p>	<p>我們先來想想該怎麼算出兩個動物的數量？我們可以假設母雞有x隻、兔子有y隻，把農場主人清點的結果，列出算式：總共有5個頭，所以$x+y=5$；</p> <p>腳有16隻，一隻雞有幾隻腳？一隻兔子有幾隻腳？所以我們可以列出第二條算式$2x+4y=16$</p> <p>但是這個算式怎麼解啊？</p>
教材分析	能根據情境假設未知數，並列出聯立方程式。
能力指標	<p>A-4-03 能用x、y、\cdots符號表徵問題情境中的未知量及變量，並將問題中的數量關係，寫成恰當的算式。</p> <p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-02 能用符號算式記錄生活情境中的數學問題。</p> <p>7-a-07 能理解二元一次聯立方程式，及其解的意義，並能由具體情境中列出二元一次聯立方程式。</p>
彈性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：第1、2張投影片內的同一物件出現位置相同（頁間定位）。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。

對照組教學投影片 3	講述內容																					
<div style="border: 1px solid gray; padding: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $\begin{cases} x + y = 5 & \dots\dots\dots ① \\ 2x + 4y = 16 & \dots\dots\dots ② \end{cases}$ </div> <div style="border: 1px solid purple; border-radius: 50%; padding: 10px; color: purple; font-size: 0.9em;"> 也就是雞有 2 隻， 兔子有 3 隻 </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>解法</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="padding: 5px;">x</td> <td style="padding: 5px;">0</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px; background-color: #FFC0CB;">2</td> <td style="padding: 5px;">3</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px;">5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">y</td> <td style="padding: 5px;">5</td> <td style="padding: 5px;">4</td> <td style="padding: 5px; background-color: #FFC0CB;">3</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px;">0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; font-size: 0.8em;">是否符合 第②式</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px;">✓</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px;">×</td> <td style="padding: 5px;">×</td> </tr> </table> </div> </div> </div>	x	0	1	2	3	4	5	y	5	4	3	2	1	0	是否符合 第②式	×	×	✓	×	×	×	<p>總共有 5 個頭，我們來想想會有幾種可能的組合？把它一一列出來！但是，還得符合腳有 16 隻，我們會發現到只有一組會符合兩個條件，所以我們知道雞有 2 隻，兔子有 3 隻。</p>
x	0	1	2	3	4	5																
y	5	4	3	2	1	0																
是否符合 第②式	×	×	✓	×	×	×																
<p>教材分析</p>	<p>列出二元一次聯立方程式的可能解，讓學生知道正確答案必須同時符合兩個算式。</p>																					
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。 7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>																					
<p>彈性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 2. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 3. 觸發原則：激發表格中紅色長方形、對錯符號，可控制出現消失。 																					

對照組教學投影片 4		講述內容
 <p>我有疑問</p> <p>這樣的方法，如果正確答案數字很大， 那我不就要花很多時間一個一個找答案！ 有沒有可以一次就算出答案的方法？</p>		<p>這樣的方法，如果正確答案數字很大，那我不就要花很多時間一個一個找答案！有沒有可以一次就算出答案的方法？</p>
教材分析	引導學生思考其他算出答案的方法。	
彈性指標 設計原則分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 2. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 	

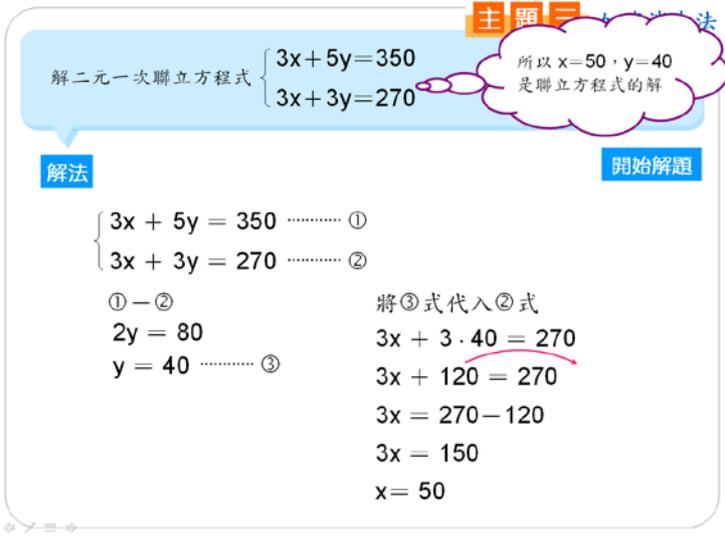
對照組教學投影片 5		講述內容
<div style="text-align: right; color: orange; font-weight: bold;">主題二</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid orange; padding: 2px;">代入消去法</div> <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} x=2y \\ x+y=27 \end{cases}$</p> <p>想法</p> <p>要同時找出x、y太難，所以若能先解決其中一項，把聯立方程式變成只有一個未知數的方程式，那就可輕易地先把一個未知數求出來。</p>		<p>因為要同時找出 x、y 太難，所以若能先解決其中一項，把聯立方程式變成只有一個未知數的方程式，那就可輕易地先把一個未知數求出來，這叫做代入消去法。</p>
教材分析	講解代入消去法精神。	
能力指標	A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。 7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。	
彈性指標 設計原則分析	1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。	

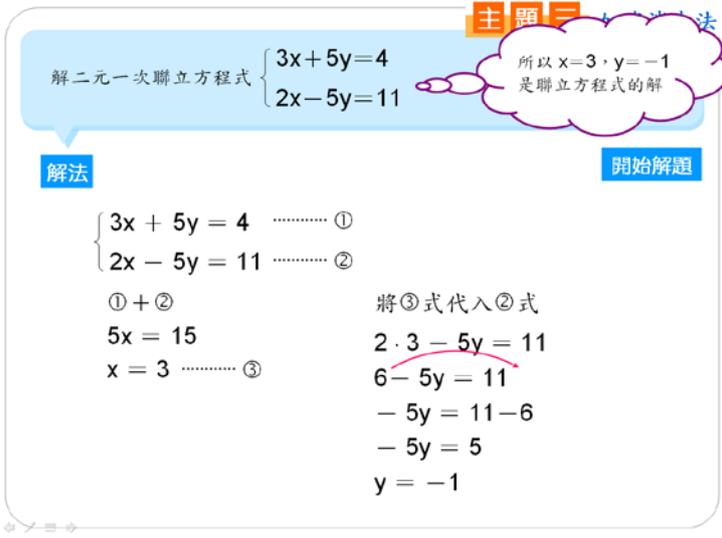
對照組教學投影片 6	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} x=2y \\ x+y=27 \end{cases}$</p> <p>主題一 代入消去法</p> <p>所以 $x=18, y=9$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> <p>開始解題</p> $\begin{cases} x=2y & \text{..... ①} \\ x+y=27 & \text{..... ②} \end{cases}$ <p>將①式代入②式</p> $2y + y = 27$ $3y = 27$ $y = 9 \text{ ③}$ <p>將③式代入①式</p> $x = 2 \cdot 9$ $= 18$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採課本編排方式呈現教材，以文字敘述式強調代入動作。 2. 各列採逐步呈現，搭配口語化解說引導學生注意力。 3. 列與列之間的關係元素未有結構化整齊排列，逐列演示計算過程，讓學生觀察所產生的變化，了解代入消去法運算步驟。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>彈性指標 設計原則分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 4. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

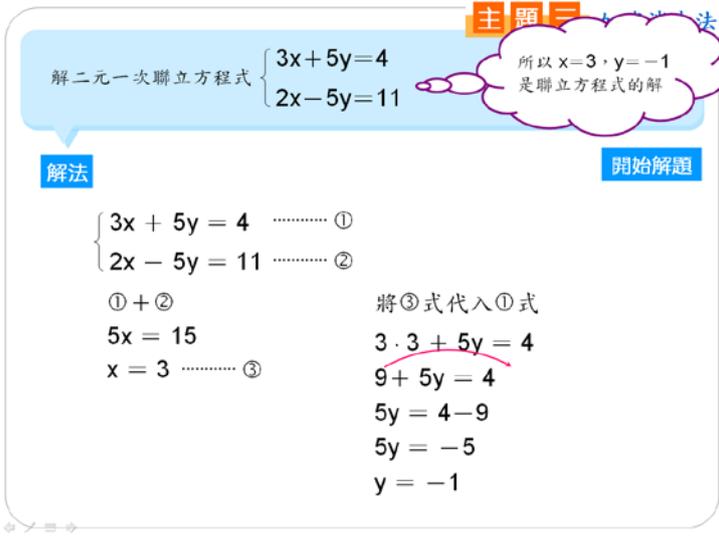
對照組教學投影片 7	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} y=3-9x \\ 3x+2y=6 \end{cases}$</p> <p>所以 $x=0, y=3$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法 開始解題</p> $\begin{cases} y=3-9x \cdots \cdots \textcircled{1} \\ 3x+2y=6 \cdots \cdots \textcircled{2} \end{cases}$ <p>將①式代入②式 將②式代入①式</p> $\begin{aligned} 3x+2(3-9x) &= 6 & y &= 3-9 \cdot 0 \\ 3x+6-18x &= 6 & &= 3 \\ 3x-18x &= 6-6 \\ -15x &= 0 \\ x=0 & \cdots \cdots \textcircled{3} \end{aligned}$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調分配律概念。 3. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 4. 各列採逐步呈現，引導學生注意力。 5. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>彈性指標分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間在同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色箭頭引導代入概念，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 5. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

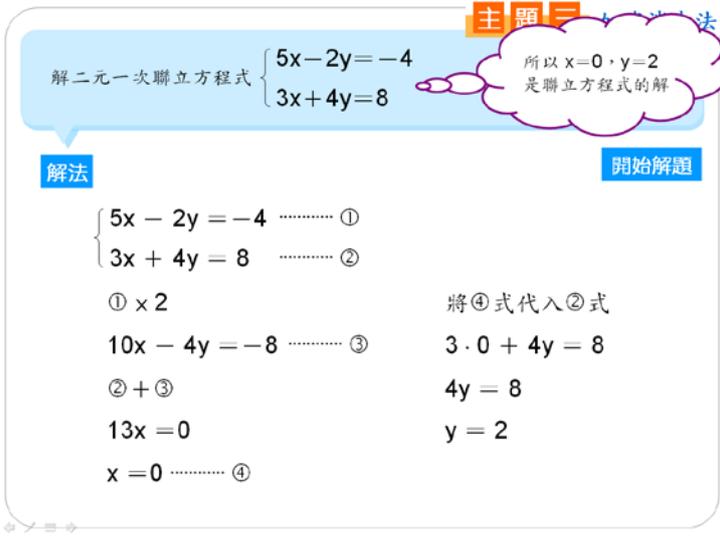
對照組教學投影片 8	講述內容
<p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 2x+6y=x+41 \\ 3x+4y=39 \end{cases}$ <p>所以 $x=5, y=6$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法 開始解題</p> $\begin{cases} 2x+6y=x+41 \cdots \cdots \textcircled{1} \\ 3x+4y=39 \cdots \cdots \textcircled{2} \end{cases}$ <p>整理①式</p> $2x-x = 41-6y$ $x = 41-6y \cdots \cdots \textcircled{3}$ <p>將③式代入②式</p> $3(41-6y)+4y=39$ $123-18y+4y=39$ $-18y+4y=39-123$ $-14y=-84$ $y=6 \cdots \cdots \textcircled{4}$ <p>將④式代入③式</p> $x=41-6 \cdot 6$ $=41-36$ $=5$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調分配律概念。 3. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 4. 各列採逐步呈現，引導學生注意力。 5. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>彈性指標分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間의同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色箭頭引導代入概念，均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 5. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

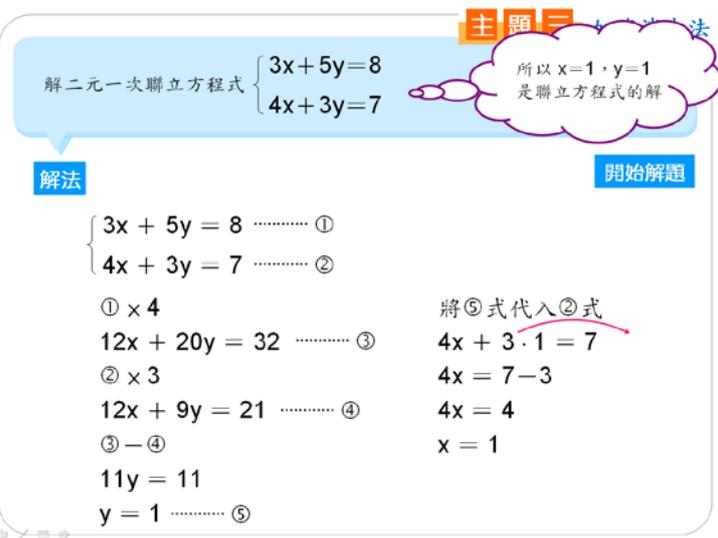
對照組教學投影片 9	講述內容
<div style="text-align: right; color: orange; font-weight: bold;">主題三 加減消去法</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x+5y=350 \\ 3x+3y=270 \end{cases}$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>解法</p> <div style="text-align: center;"> </div> </div> <div style="width: 45%;"> <p>開始解題</p> <div style="text-align: center;"> </div> </div> </div>	<p>我們用情境想像這個聯立方程式，3 顆漢堡、5 瓶汽水要 350 元；3 顆漢堡、3 瓶汽水要 270 元；如左圖逐列講述。</p>
教材分析	藉由具體情境，講解加減消去法精神。
能力指標	<p>A-4-03 能用 x、y、\dots 符號表徵問題情境中的未知量及變量，並將問題中的數量關係，寫成恰當的算式。</p> <p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-02 能用符號算式記錄生活情境中的數學問題。</p> <p>7-a-07 能理解二元一次聯立方程式，及其解的意義，並能由具體情境中列出二元一次聯立方程式。</p>
彈性指標分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)。 2. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 3. 群化原則：畫面元素及算式區塊化。 4. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。

對照組教學投影片 10	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 350 \\ 3x + 3y = 270 \end{cases}$ <p>所以 $x=50, y=40$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 350 & \text{..... ①} \\ 3x + 3y = 270 & \text{..... ②} \end{cases}$ <p>① - ②</p> $2y = 80$ $y = 40 \text{ ③}$ <p>將③式代入②式</p> $3x + 3 \cdot 40 = 270$ $3x + 120 = 270$ $3x = 270 - 120$ $3x = 150$ $x = 50$	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 3. 各列採逐步呈現，引導學生注意力。 4. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>彈性指標分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色線段均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 5. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

對照組教學投影片 11	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 4 & \text{①} \\ 2x - 5y = 11 & \text{②} \end{cases}$ <p>解法</p> $\begin{aligned} \text{①} + \text{②} & \quad \text{將①式代入②式} \\ 5x = 15 & \quad 2 \cdot 3 - 5y = 11 \\ x = 3 & \quad 6 - 5y = 11 \\ & \quad -5y = 11 - 6 \\ & \quad -5y = 5 \\ & \quad y = -1 \end{aligned}$ <p>所以 $x=3, y=-1$ 是聯立方程式的解</p>	如左圖逐列講述。
教材分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 2. 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 3. 各列採逐步呈現，引導學生注意力。 4. 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。
能力指標	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
彈性指標分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 2. 特徵獨立原則：紅色線段均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 3. 通道原則：畫面顏色不超過五種。 4. 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 5. 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

對照組教學投影片 12	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 4 \\ 2x - 5y = 11 \end{cases}$ <p>所以 $x=3, y=-1$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法 開始解題</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 4 & \text{..... ①} \\ 2x - 5y = 11 & \text{..... ②} \end{cases}$ <p>①+② 將③式代入①式</p> $5x = 15 \quad 3 \cdot 3 + 5y = 4$ $x = 3 \quad \text{..... ③} \quad 9 + 5y = 4$ $5y = 4 - 9$ $5y = -5$ $y = -1$	如左圖逐列講述。
教材分析	告知學生求出其中一解後，可選擇不同二元一次方程式代入，亦可求出另一解。
能力指標	A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。 7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。
彈性指標分析	<ol style="list-style-type: none"> 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 特徵獨立原則：紅色線段均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 通道原則：畫面顏色不超過五種。 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

對照組教學投影片 13	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式</p> $\begin{cases} 5x - 2y = -4 \\ 3x + 4y = 8 \end{cases}$ <p>所以 $x=0, y=2$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法 開始解題</p> $\begin{cases} 5x - 2y = -4 & \text{..... ①} \\ 3x + 4y = 8 & \text{..... ②} \end{cases}$ <p>① $\times 2$ 將①式代入②式</p> $10x - 4y = -8 \text{ ③} \quad 3 \cdot 0 + 4y = 8$ <p>② + ③ $4y = 8$</p> $13x = 0 \quad y = 2$ <p>$x = 0 \text{ ④}$</p>	<p>如左圖逐列講述。</p>
<p>教材分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 各列採逐步呈現，引導學生注意力。 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。
<p>能力指標</p>	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
<p>彈性指標分析</p>	<ol style="list-style-type: none"> 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 通道原則：畫面顏色不超過五種。 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

對照組教學投影片 14	講述內容
 <p>解二元一次聯立方程式 $\begin{cases} 3x + 5y = 8 \\ 4x + 3y = 7 \end{cases}$</p> <p>所以 $x=1, y=1$ 是聯立方程式的解</p> <p>解法</p> $\begin{cases} 3x + 5y = 8 & \text{..... ①} \\ 4x + 3y = 7 & \text{..... ②} \end{cases}$ <p>① $\times 4$ 將①式代入②式 $12x + 20y = 32$ ③ $4x + 3 \cdot 1 = 7$ ② $\times 3$ $4x = 7 - 3$ $12x + 9y = 21$ ④ $4x = 4$ ③ - ④ $x = 1$ $11y = 11$ $y = 1$ ⑤</p>	<p>如左圖逐列講述。</p>
教材分析	<ol style="list-style-type: none"> 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調代入動作。 藉由動畫、彈性指標在運算過程中強調等量公理概念。 各列採逐步呈現，引導學生注意力。 各列之前均加入彈性指標，採輪流出現模式，縮短學生搜尋時間，降低學生外在認知負荷。
能力指標	<p>A-4-12 能熟練二元一次聯立方程式的解法，並用來解題。</p> <p>7-a-08 能熟練使用代入消去法與加減消去法解二元一次方程式的解。</p>
彈性指標分析	<ol style="list-style-type: none"> 標示原始位置原則：投影片之間的同一物件出現位置相同(頁間定位)、標示教師講解的算式列。 特徵獨立原則：紅色線段均採單一特徵設計，未與干擾物相同。 通道原則：畫面顏色不超過五種。 明度差異原則：投影片底色統一使用白色，教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色。 觸發原則：箭頭、文字符號可控制出現消失。

附錄三、階段學習成就測驗卷

第一單元、代入消去法

一、認知負荷量表

說明：

- 1.請在學習過代入消去法後，試著回想自己的學習過程，並回答以下兩個問題。
- 2.請在題目右方的選項中，選出你的真實感受，並將對應的數字圈起來。

	非常同意	同意	還算同意	普通	有點不同意	不同意	非常不同意
1.我認為代入消去法的內容在學習上很容易	1	2	3	4	5	6	7
2.我覺得我花了很少的心力，就能學會代入消去法的教材內容	1	2	3	4	5	6	7

二、請用『代入消去法』計算下列二元一次聯立方程式。(※需列出計算過程)

1.

$$\begin{cases} x = 2y + 3 & \text{..... ①} \\ 5x - 12y = 23 & \text{..... ②} \end{cases}$$

2.

$$\begin{cases} 2x + y = 5 & \text{..... ①} \\ 5x - 3y = 18 & \text{..... ②} \end{cases}$$

第二單元、加減消去法

一、認知負荷量表

說明：

- 1.請在學習過**加減消去法**後，試著回想自己的學習過程，並回答以下兩個問題。
- 2.請在題目右方的選項中，選出你的真實感受，並將對應的數字圈起來。

	非常同意	同意	還算同意	普通	有點不同意	不同意	非常不同意
1.我認為 加減消去法 的內容在學習上很容易	1	2	3	4	5	6	7
2.我覺得我花了很少的心力，就能學會 加減消去法 的教材內容	1	2	3	4	5	6	7

二、請用『**加減消去法**』計算下列二元一次聯立方程式。(※需列出計算過程)

1.

$$\begin{cases} 5x + 2y = 17 & \text{..... ①} \\ 5x - 7y = 8 & \text{..... ②} \end{cases}$$

2.

$$\begin{cases} 2x + 5y = -10 & \text{..... ①} \\ 5x - 3y = 6 & \text{..... ②} \end{cases}$$

3.

$$\begin{cases} 3y = -4x - 5 & \text{..... ①} \\ 2x + y = -3 & \text{..... ②} \end{cases}$$

附錄四、延後測驗卷

第一單元、代入消去法

◎請用『代入消去法』計算下列二元一次聯立方程式。(※需列出計算過程)

1.

$$\begin{cases} x = 2y + 3 & \text{..... ①} \\ 5x - 12y = 23 & \text{..... ②} \end{cases}$$

2.

$$\begin{cases} 2x + y = 5 & \text{..... ①} \\ 5x - 3y = 18 & \text{..... ②} \end{cases}$$



第二單元、加減消去法

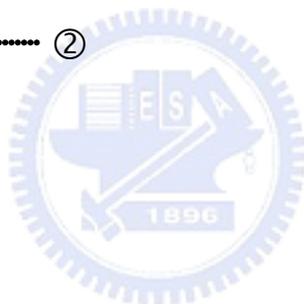
◎請用『加減消去法』計算下列二元一次聯立方程式。(※需列出計算過程)

1.

$$\begin{cases} 5x + 2y = 17 & \text{..... ①} \\ 5x - 7y = 8 & \text{..... ②} \end{cases}$$

2.

$$\begin{cases} 2x + 5y = -10 & \text{..... ①} \\ 5x - 3y = 6 & \text{..... ②} \end{cases}$$



3.

$$\begin{cases} 3y = -4x - 5 & \text{..... ①} \\ 2x + y = -3 & \text{..... ②} \end{cases}$$