

國立交通大學

理學院網路學習學程

碩士論文

激發式動態教學對三角形外心的學習成效之研究



The Effects of Using Trigger-based Animation on
Learning the Circumcenter of A Triangle.

研究生：黃建欽

指導教授：陳明璋 教授

中華民國九十八年七月

激發式動態教學對三角形外心的學習成效之研究

學生：黃建欽

指導教授：陳明璋 博士

國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班

中文摘要

激發式動態呈現是運用一個物件當激發器 (trigger) 控制一連串訊息的出現、突顯... 等動作，且任一個訊息都能被不同的激發器控制。所以演示者便可彈性的安排物件呈現的方式或順序，讓聽眾自動地將注意力集中在重要的訊息上。而激發式動態教學，則是一種結合認知心理學、認知負荷理論、多媒體學習理論所發展出來的一種以激發式動態呈現為工具的教學內容設計方法及展演環境，讓演示者輕鬆地與學習者互動。

洪榮忠 (2008) 發現激發式動態呈現有助於數學學習成就較低的學生在數學上的學習，吳帝瑩 (2008) 從排列組合的問題中發現使用激發式動態呈現不管對學習成就低或高的學生，在記憶及轉化測驗上都有較佳的表現。本研究則是希望以量化及質化的方式探討使用激發式動態教學，是否能幫助學生學習幾何、降低認知負荷並檢視學生的學習感受。

結果發現，認知負荷量與記憶、轉化測驗都有顯著的相關。接受激發式動態教學的學生，在學習成效上包含記憶、轉化測驗都有較佳的表現，且能降低其認知負荷。

關鍵詞：激發式動態教學、認知負荷、多媒體學習、幾何學習、三角形外心

The Effects of Using Trigger-based Animation on Learning the Circumcenter of A Triangle.

Student : Chien-Chin Huang

Advisor : Dr. Ming-Jang Chen

Degree Program of E-Learning
National Chiao Tung University

Abstract

Trigger-based animation applies an object as a trigger which controls continuous messages to show up, highlighted, etc, and any message can be controlled by different triggers. Therefore, it will make listeners concentrate on important messages naturally if an expresser arranges objects shown in the ways or orders that he or she desires. The trigger-based animation Instruction was developed from cognitive psychology, cognitive load theory and multimedia learning. It uses the trigger-based animation as a tool to design the instruction and expression environment so it can make the expresser interact with the listeners easily.

Rong-Zhong Hong (2008) discovered that Trigger-based animation could improved those students who were in lower educational achievement of math, and Ti-Ying Wu (2008) found from the combinatorial problem that the Trigger-based animation made the students who were in both lower and higher educational achievement of math have better performance. This study tried to use the methods of quantitative and qualitative to research if the trigger-based animation could help the students to improve learning geometry, and reduce cognitive load or inspect their learning feeling.

The research found that Cognitive load is closely related to memory and transform test. Those students who accepted the trigger-based animation instruction had better performance in learning effects including memory and transform test, and reduced cognitive load effectively as well.

Key words: trigger-based animation, cognitive laod, multimedia learning, geometry

誌謝

陳之藩先生曾說過一句話：「因為需要感謝的人太多了，就感謝天吧！」這就是我現在的心境。回想二年前，那時擔任教職差不多四年的時間，正是對教學已經上手，以及如何與學生、家長相處有自己的一套方法的時候。但我卻開始對教師的工作有了麻痺的感覺，失去了初任教師時的熱情與新鮮感。於是，在父母的「刺激」下，我決定參加交通大學理學院在職專班的考試，企圖在學習以及研究的路上，重拾對教職的熱情。謝謝父母將這個機會帶给了我，並始終在一旁鼓勵我，給我最大的加油及打氣。

很幸運的，我並沒有辜負大家期望而順利地考上。沒想到接下來卻是出忽我意料之外的大量作業，壓著我在工作之餘必須全力的準備這些大大小小作業，而冷落了我新婚的妻子，在此謝謝她的體諒及辛苦，以前的人常說；「成功的男人背後，一定有個偉大的女人。」如今這句話，我是百分之百的認同，也希望未來，我也能當她的「偉大的男人」。接著，終於到了選研究題目及找指導教授的時候。我想，老天真的很照顧我，因為他把陳明璋老師送來當我們的班導，指導我們的論文研討，讓我有機會接觸到老師的團隊及激發式動態呈現，而一頭栽了下去。隨即而來的就是與同儕之間的討論及互相切磋，在研究室中與許晏斌、謝東育及李鈴茹這些伙伴及老師的讀書會中，雖然有著壓力，但我真的很快樂地投入這個讀書會，分享我們所閱讀的文章及交換心得。之後，他們更提供我非常多的點子，及協助我完成教材設計及試題編撰。非常感謝他們給我的幫助，拓展了我的視野，祝福他們未來不管是在研究的道路還是人生的道路都能順順利利，平步青雲。

當然，作為一個在職的研究生，就必須兼顧研究及工作，勢必無法將所有的事情都做到完美。感謝我的校長、同事對我的體貼，容忍我在工作上的不完美，讓我在工作之餘完成了我的論文，你們一直是我學習的對象及努力的動力，謝謝你們。也感謝我最可愛的學生，雖然你們總在身旁嘰嘰喳喳，增加我的困擾，但你們也會相當貼心地寫一張小卡，請我繼續加油努力，甚至乖乖當我的研究對象而分文未取，那種感覺實在相當奇妙啊！

兩年的時間，很快就過去了，終於到了要繳出成績單的時刻，我還是想再次對陳明璋老師說出我的感謝。老師從不以嚴格的口吻訓誡我們，或是牽著我們的鼻子前進；取而代之的是自己不斷地精進，以身教做出最好的示範，及給予我們一條非常寬大的路，任我們自由發揮。雖然因此我們走了許多路，碰了很多壁，甚至繞了一圈回到原點，但這些都是相當寶貴的經驗，實力的累積，我相信這一定能成為我的能量，而最後發光發熱的，謝謝您，明璋老師。

目錄

中文摘要.....	i
Abstract.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
一、緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 多媒體學習理論.....	1
1.1.2 數學簡報系統的應用.....	2
1.2 研究目的與問題.....	2
1.3 研究範圍與限制.....	3
1.3.1 研究範圍.....	3
1.3.2 研究限制.....	3
二、文獻探討.....	5
2.1 注意力.....	5
2.1.1 注意力的基本概念.....	5
2.1.2 注意力的選擇及分散.....	5
2.2 認知負荷理論.....	7
2.2.1 認知負荷的基本假定.....	7
2.2.2 認知負荷的來源.....	9
2.2.3 降低負荷的教材設計原則.....	10
2.2.4 認知負荷的測量.....	13
2.3 多媒體學習理論.....	14
2.3.1 多媒體學習理論的三大假設.....	14
2.3.2 多媒體學習理論的教材設計原則.....	15
2.4 AMA 與適性指標.....	20
2.4.1 結構式複製繪圖法 (Structural Cloning Method, SCM).....	20
2.4.2 激發式動態呈現 (Trigger-based Animation, TA).....	21
2.4.3 激發式動態教學 (Trigger-based Animated Instruction, TAI).....	22
2.4.4 適性指標 (Adaptive Pointer).....	23
2.5 幾何學習.....	29
2.5.1 幾何思考發展層次.....	30
2.5.2 幾何圖形的認知理解.....	31
2.5.2 三角形外心的學習內容.....	33
三、研究方法.....	37
3.1 研究流程及架構.....	37

3.2	研究設計	38
3.2.1	研究法的選擇	38
3.2.2	研究變項與假設	39
3.2.3	實驗流程	40
3.3	研究對象	40
3.4	研究工具	41
3.4.1	教材設計	41
3.4.2	測驗設計	63
3.4.3	認知負荷量表設計	68
3.4.4	學習感受問卷設計	68
3.4.5	訪談設計	71
3.5	資料分析方法	72
四、	研究結果與討論	74
4.1	量化資料分析	74
4.1.1	記憶測驗的結果及分析	74
4.1.2	轉化測驗的結果及分析	75
4.1.3	認知負荷測驗的結果及分析	76
4.1.4	認知負荷測驗與記憶測驗的相關性分析	76
4.1.5	認知負荷測驗與轉化測驗的相關性分析	77
4.2	質化資料分析	77
4.2.1	學習感受問卷的結果與分析	77
4.2.2	訪談的結果與分析	85
五、	結論與建議	92
5.1	結論	92
5.2	建議及未來研究方向	93
5.2.1	建議	93
5.2.2	未來研究方向	94
	參考文獻	96
附件一	「三角形外心」單元之記憶測驗	100
附件二	「三角形外心」單元之轉化測驗前測	103
附件三	「三角形外心」單元之轉化測驗後測	105
附件四	「三角形外心」單元之學習成就及認知負荷問卷	107
附件五	「三角形外心」單元之訪談問題	109
附件六	實驗組（激發式動態呈現）的教材內容	110

表目錄

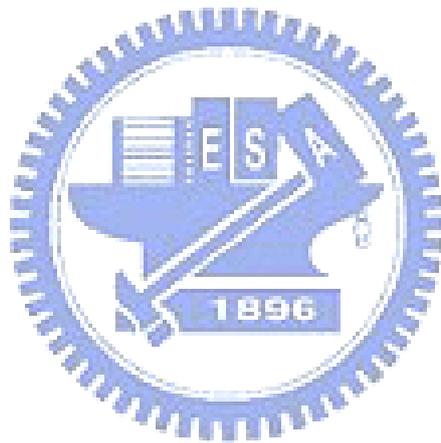
表 2-1 適性指標之形狀特徵 (FORM) 編碼及應用	23
表 2-2 適性指標之顏色特徵 (COLOR) 編碼及應用	24
表 2-3 適性指標之深度特徵 (DEPTH) 編碼及應用	26
表 2-4 適性指標之運動特徵 (MOTION) 編碼及應用	26
表 2-5 九年一貫課程綱要「三角形外心」能力指標對照表	34
表 2-6 「三角形外心」教學內容、目標及先備知識對照表	34
表 3-1 實驗流程與時間分配表	40
表 3-2 實驗組及對照組的段考平均及標準差摘要表	41
表 3-3 實驗組及對照組的段考平均 t 檢定摘要表	41
表 3-4 教學目標與投影片的對照關係表	43
表 3-5 教學投影片的共同適性指標設計表	43
表 3-6 教學投影片的個別適性指標原則表	44
表 3-7 適性指標特徵分類編碼與自訂動畫對照表	45
表 3-8 第二張教學投影片的製作分析與修改表	45
表 3-9 第三張教學投影片的製作分析與修改表	48
表 3-10 第四張教學投影片的製作分析與修改表	50
表 3-11 第五張教學投影片的製作分析與修改表	51
表 3-12 第六張教學投影片的製作分析與修改表	53
表 3-13 第七張教學投影片的製作分析與修改表	54
表 3-14 第八張教學投影片的製作分析與修改表	56
表 3-15 第九張教學投影片的製作分析與修改表	57
表 3-16 第十張教學投影片的製作分析與修改表	59
表 3-17 第十一張教學投影片的製作分析與修改表	60
表 3-18 第十二張教學投影片的製作分析與修改表	61
表 3-19 第十三張教學投影片的製作分析與修改表	62
表 3-20 第十四張教學投影片的製作分析與修改表	62
表 3-21 轉化測驗試題與教學目標分析表	66
表 3-22 轉化測驗前測試題與教學目標分析表	67
表 4-1 實驗組與對照組在各種測驗的敘述統計摘要表	74
表 4-2 記憶測驗的獨立樣本 t 檢定分析摘要表	75
表 4-3 轉化測驗後測的獨立樣本 t 檢定分析摘要表	75
表 4-4 實驗組與對照組的前測與後測之成對樣本 t 檢定分析摘要表 錯誤! 尚未定義書籤。	
表 4-5 轉化測驗後測的獨立樣本 t 檢定分析摘要表	76
表 4-6 認知負荷測驗與記憶測驗的相關係數分析摘要表	76
表 4-7 實驗組認知負荷測驗與記憶測驗的相關係數分析摘要表 錯誤! 尚未定義書籤。	

表 4-8	對照組認知負荷測驗與記憶測驗的相關係數分析摘要表	錯誤! 尚未定義書籤。
表 4-9	認知負荷測驗與轉化測驗的相關係數分析摘要表	77
表 4-10	實驗組認知負荷測驗與轉化測驗的相關係數分析摘要表	錯誤! 尚未定義書籤。
表 4-11	對照組認知負荷測驗與轉化測驗的相關係數分析摘要表	錯誤! 尚未定義書籤。
表 4-12	學習感受問卷第 1 題的作答結果	78
表 4-13	學習感受問卷第 2 題的作答結果	78
表 4-14	學習感受問卷第 3 題的作答結果	79
表 4-15	學習感受問卷第 4 題的作答結果	79
表 4-16	學習感受問卷第 5 題的作答結果	80
表 4-17	學習感受問卷第 6 題的作答結果	80
表 4-18	學習感受問卷第 7 題的作答結果	81
表 4-19	學習感受問卷第 8 題的作答結果	81
表 4-20	學習感受問卷第 9 題的作答結果	82
表 4-21	學習感受問卷第 10 題的作答結果	82
表 4-22	學習感受問卷第 11 題的作答結果	83
表 4-23	學習感受問卷第 12 題的作答結果	83
表 4-24	學習感受問卷第 14 題的作答結果	84
表 4-25	學習感受問卷第 15 題的作答結果	85



圖目錄

圖 2-1 多媒體學習理論雙通道模型.....	14
圖 2-2 Duval 的幾何學習認知歷程圖.....	33
圖 3-1 研究流程圖.....	37
圖 3-2 研究架構圖.....	38
圖 3-3 記憶測驗第一題關鍵內容及解答 (實驗組).....	63
圖 3-4 記憶測驗第一題關鍵內容及解答 (對照組).....	63
圖 3-5 記憶測驗第二題題目及解答.....	64
圖 3-6 記憶測驗第三題關鍵內容及解答.....	64
圖 3-7 記憶測驗第四題題目及解答.....	65
圖 3-8 記憶測驗第五題題目及解答.....	65
圖 3-9 記憶測驗第六題關鍵內容及解答.....	65



一、緒論

本章共包含三節，研究的背景、研究的目的與問題與研究的範圍及限制。

1.1 研究背景

此節以「多媒體學習理論」、「數學簡報系統的應用」二個角度來說明研究的背景。

1.1.1 多媒體學習理論

多媒體 (multimedia) 即是包含多種媒體 (media) 的意思。研究者將它定義成是呈現文字 (以視覺或是聽覺的方式呈現文字) 及圖像 (如動畫、圖片、圖表或影片) 的一種媒介 (Mayer, 2005)。在本研究中，我們將背景音樂及音效予以捨棄，雖說它們也屬於媒體的一種，且適當的加入學習內容中可以製造一個好的學習情境或是提高學習者的興趣，但它們並不是學習中絕對必要的。為了避免在加入它們的同時反而讓認知容量 (cognitive capacity) 超出負荷，所以我們寧願將它去除，以達到較好的學習成效 (Mayer, 2003)。

資訊媒體的不斷進化，讓教與學之間產生了很多的變化，增加了更多的可能性。但操控媒體就像是雙面刃一般，使用得好當然大大加強了教學的效果；相對的，也有可能因一昧而未加規畫的使用媒體，而造成反效果。因此，多媒體學習理論 (multimedia learning) 的研究成為近期來相當熱門的主題。再加上認知負荷理論 (cognitive load theory) 的相關內涵與其相互輝映，眾多的學者於是試著以實驗的方式整合多媒體及人類的認知心理，而發展出許多多媒體教材設計的原則 (Mautone & Mayer, 2001; Mayer, 2001; Mayer & Moreno, 2003; Sweller, Merriënboer & Pass, 1998)。這些原則的確有助於多媒體教材的設計，教材設計者也相當依賴這些原則以做為設計教材時的指引。但在找到這些原則時的實驗場所，並不都是在實際的教學現場中，難道在多了教師的口語及改變了教材的播放速度或順序之後，這些原則都不會改變嗎？如果會變又是如何變法？身為教師又該如何應對、使用教學媒體呢？這都是許多研究者迫在眉梢想要知道的答案！

本研究所要探討的即是上述的眾問題之一：「針對在實際的教學現場中，教師們應當如何使用教學媒體？」而目前使用率最高的教學媒體，當屬 Microsoft 所推出的 Office 系列下的 PowerPoint 簡報軟體了。本研究使用的系統即是一個輔助 PowerPoint 的增益集「AMA」，藉這兩者的結合，來探討激發式動態呈現的教學成效。

1.1.2 數學簡報系統的應用

雖說透過現代科技，可使用多媒體的教學來幫助學習，但數位落差的問題仍普遍地存在。除了硬體設備的不足之外，教師的技術訓練也不夠。前者或許無從使力，但或許能藉由操作簡單、容易自學、隨手可得的軟體給予教師協助。

AMA (Activate Mind Attention) 是國立交通大學網路學習專班從 2003 年，由陳明璋博士開始策畫，與 Informath 工作室共同發展的一套以 Microsoft 的 PowerPoint 為平台的媒體設計與展示增益集〔原名數學簡報系統 (Mathematical Presentation System, MathPS)〕。當初即是為了降低數位落差而發展出來的，選擇 PowerPoint 的原因則是看上它的普及性與適用性，惟其功能對於教學現場來說尚嫌不足，於是才會衍伸出 AMA，以提供教師一個良好的設計教材及展演環境。

AMA 的核心功能為「激發式動態呈現」(Trigger-based Animation, TA)，及「結構式複製繪圖法」(Structural Cloning Method, SCM)。本研究即是致力於將「激發式動態呈現」(陳明璋, 2008) (詳見 2.4.1 小節) 予以發揮，再配合林煜庭 (2007) 提出的「適性指標」(adaptive pointer) (詳見 2.4.3 小節)，並依循多媒體教材的設計原則、認知負荷理論，透過實際的教學現場來教學，探討其是否能協助教師吸引學生的注意，讓學生能自然而然地專注在教師希望其接收的內容上，並降低其認知負荷。

1.2 研究目的與問題

AMA 既原名為數學簡報系統，想當然爾對於數學教材的設計環境下了一番功夫，單就構圖環境而言，AMA 的幾何繪圖能力及處理複雜物件的能力足以應付我們在教授幾何時所需繪製的圖形 (蘇柏奇, 2006)；而洪榮忠 (2008) 以激發式動態呈現來教導二元一次方程式的圖形單元，發現激發式動態呈現有助於數學學習成就較低的學生在數學上的學習；吳帝瑩 (2008) 也以激發式動態呈現來教導一個排列組合的問題，發現不論對學習成就高或低的學生，在記憶及轉化測驗上都有較佳的表現。本研究延續上述研究者的成果，選擇以不容易在傳統課程教導的「幾何」做為教材，繼續探討以激發式動態呈現的教學，對學生的學習成效、認知負荷及學習感受的影響。其中學習成效分為記憶與轉化問題，研究目的如下：

1. 探討以激發式動態呈現教導三角形外心，對學生在記憶、轉化及認知負荷測驗中的

影響。

2. 使用激發式動態呈現的教學方式對學生在學習感受的影響。
3. 探討認知負荷量是否會影響記憶及轉化測驗。

根據以上的研究目的，本研究的研究問題如下：

1. 以激發式動態呈現教導三角形外心，是否會使學生在記憶、轉化及認知負荷測驗的表現優於靜態呈現的教導方式？
2. 以激發式動態呈現教導學生，他們的學習感受為何？
3. 認知負荷量是否與記憶或轉化測驗之間有相關性？

1.3 研究範圍與限制

1.3.1 研究範圍

1. 研究對象：

本研究以新竹縣某國中的二年級兩個班做為研究對象。

2. 研究內容：

本研究是以課堂授課下的激發式動態呈現來教學，課程內容源自三年級課程中的「三角形的三心」。研究者截取其中「三角形的外心」的部分做為授課教材，使教材有難度及複雜度，且確定受試者有足夠的先備知識能學習此教材。

1.3.2 研究限制

1. 範圍的限制：

本研究因人力、物力及時間等因素，並未針對研究對象做隨機抽樣，僅以研究者所任教的學校學生做為研究對象，因此可能使外在效度降低，若要將其推論至其他地區或對象，可能需小心評估以免過度推論。不過，本研究的研究對象會如此選擇，也是有其優點及必要性，將在第三章中再加以陳述。

2. 工具的限制：

本研究使用了「學習感受及認知負荷問卷」，是希望探得學生在學習中的心理感

受，以彌補本研究在量的分析中所測不出來的內在感受、學習歷程。但此問卷是根據「激發式動態教學」的特點來設計，為一初探式的設計，因此，在尚未發展成標準化的問卷時，信、效度可能不足。

3. 教材發展的限制：

本研究的教材是研究者使用AMA自行發展出來，以符合激發式動態呈現的教材，希望透過注意力的導引，引導學生的學習。但注意力導引及其分析過程非常繁複，單純使用理論加以分析或許尚嫌不足，如能同時使用眼球分析甚至腦神經的相關分析，應能更明確的發展出更好的教材，以徹底驗證激發式動態呈現的成效。

4. 授課環境的限制：

本研究採「準實驗研究法」，而無法使用「真實研究法」的原因就在於本研究必須在課堂中進行研究，而在課堂中會影響學習的因素非常多，如教學環境、授課教師、學習者的學習態度...等，研究者只能盡量減少無關變因，但卻無法保證一定能避免，因而勢必影響其推論性。



二、文獻探討

本章主要在說明相關的文獻內容，內容包含了注意力的相關理論、認知負荷理論、多媒體學習理論、激發式動態呈現與適性指標及幾何學習相關理論。

2.1 注意力

本節共分為兩小節，分別說明注意力的基本概念及注意力的選擇、分散，以供我們在設計教材或引導學習時的參考及依據。

2.1.1 注意力的基本概念

導引學生的注意力，在教學過程當中是非常重要的，若無法導引注意力，則更無法引導教學。所以了解何謂注意力，如何維持及導引注意力應是一位教師所要掌握的基本能力。

注意力簡單來說是一種認知所擁有的資源，而這種資源必須是有限的，以免因同時需處理過多的訊息而無法將訊息做有效的處理。注意力的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，Johnston 等人（1995）用「輸入注意」（input attention）及「控制注意」（controlled attention）這兩個名詞分別來命名。這兩種處理程序雖然這樣的不同，但對於我們在處理教材上卻同樣的重要。不過，本研究所使用的激發式動態呈現，較重視「輸入注意」的引導，期望能在最快的時間內引導學習者的注意力、降低其認知負荷，增加學習的空間，所以於「控制注意」的部分著力較少。

2.1.2 注意力的選擇及分散

在教學當中若想導引學習者的注意力，應先了解學習者是如何在眾多的訊息中選擇訊息的。而既然注意力的資源是有限，想必其中應要有個機制能篩選這些待處理的訊息，或是將注意力的資源做合理、有效的分配。相關的理論及模型有很多，先介紹如下：

1. 選擇性過濾理論：

這個理論認為訊息在訊息傳遞的早期即將部分的訊息阻擋於外，以避免造成不必要的負擔。其中，Broadbent（1958）的模型認為訊息可經由不同的通道進入，

但它們都會通過一個過濾器，而這個過濾器僅會讓一個通道中的訊息繼續前進，進行知覺等後續處理，其他的訊息則永遠被過濾掉了。不過，當這個刺激具有較明顯的特性時（如音調的高低、速度、節奏的不同），這個刺激也能順利的通過過濾器。之後，Moray（1959）的模型則主張過濾器會濾掉大部分的訊息，只留下較顯著、較強大的訊息可以通過。

2. 衰減理論：

在 Treisman（1964）的模型中，刺激都會進入一個過濾器，這個過濾器會使所有刺激大幅衰減，若這個刺激在進入過濾器前的強度就很弱，則它就有可能被衰減到幾乎不會通過下一階段。反之，若這個刺激很強，雖其必定會被減弱，也能順利通過過濾器。

3. 後期過濾理論：

Deutsch & Deutsch（1963）及 Norman（1968）都主張所有的訊息都經過了感覺及概念分析之後才進入過濾器中篩減。

4. 注意力資源理論：

上述三種理論的模型都屬於瓶頸理論的模型，即訊息都會通過一個過濾器而留下部分的訊息，但較新的理論（Kahneman, 1973）開始採用注意力的資源分配，這個理論認為根據作業的不同，會分配到不同多寡的注意力資源。

其實不論是瓶頸理論或是資源理論，都再次說明了注意力的資源是有限的，訊息必須有所選擇的輸入。因此，如同本節一開始所述，教學必須小心地讓重要的訊息呈現在學習者的面前，減少不必要的訊息誤入心智中而佔用有限的空間。尤其在多媒體教學的環境中，我們擁有相當多的工具能幫忙引導學生的注意力，但工具若掌握得不好，注意力若引導得不當，反而會造成注意力的分散，降低學習的品質。

當我們必須同時注意兩個或以上的刺激，或是同時從事兩個或以上的作業時，注意力資源必定會因此而分散，這就是產生了「分散注意力」。而分散注意力通常都會使得表現下降，無法達到單一刺激時的集中或單一作業時的水準。（Neisser & Becklen, 1945；Spelke, Hirst & Neisser, 1976；Pashler, 1994）所以不管是在何種情況之下，我們都應當盡量避免分散注意力的發生。在 2.2 及 2.3 節中將會提到的認知負荷理論及多媒體學習理論，也都提到了與分散注意力相關的教材設計原則，再次說明了其重要性。

2.2 認知負荷理論

認知負荷 (cognitive load) 源於歐美的人體工學 (ergonomics) 及人因科學 (human factor) ... 等領域，早期稱為心智工作負荷 (mental workload) 原本是應用於軍事訓練及其他企業上，希望藉由減少執行者在工作及任務的心智負荷，以增加執行工作或任務的績效。直到 Sweller 開始探討教學的內容、方法對學習者產生的認知負荷之負面影響，並於 1988 年提出了「認知負荷理論」，學界才開始針對教學內容、教學法對學習者產生的各種影響聚焦。

Sweller、Van Merriënboer 和 Pass (1998) 指出，認知負荷是將一特定工作加於學習者的認知系統時，所產生的負荷量。如果個體對學習的內容感到越困難，或是在心智上感覺到越費力時，就會產生越大的認知負荷。認知負荷也與工作記憶中的記憶單位數有關，若工作記憶中存放了過多的單位，就會造成過度的負荷。

以下針對認知負荷的基本假定、來源、教材設計原則及測量，共四小節分別敘述：

2.2.1 認知負荷的基本假定

認知負荷對個體的認知架構 (cognitive architecture) 有一些基本的假定規則 (Sweller, Van Merriënboer & Pass, 1998)，這些假定與認知負荷的產生及大小有關，分述如下：

1. 工作記憶的容量有限：

工作記憶 (working memory) 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)。不過工作記憶的容量很有限，且工作記憶的所要做的事並不僅是保有訊息而已，還需處理這些訊息，若訊息的內部元件關聯性很高，即會造成更大的負荷，所以實際上一次能處理的訊息就會更少。

2. 長期記憶的容量無限：

長期記憶 (long-term memory) 就像是一個大型的資料庫一樣，而且這個資料庫還沒有儲存的容量限制。日常生活所要應付的一切，都需要靠我們的長期記憶才能完成：作息時間、上司交代的工作，甚至自己的名字，無一不是儲在這個資料庫中。以學習的角度來說，若沒有在長期記憶中儲存到知識，將會對學習者造成很大的影響，因學習者若僅能在工作記憶及短期記憶中處理這些訊息，就會耗費工作記憶中有限的容量，造成認知負荷。

3. 儲存在長期記憶中的資料是以基模的型式存在：

基模 (schema) 是知識表徵 (knowledge representation) 的一種，會隨經驗累積不斷擴增而形成多個階層性的組織，而這些組織交互連結糾結成一個網，所以基模又叫做認知結構。基模在儲存於長期記憶之前，會先在工作記憶區進行活化，藉此擴增、刪減、重整多個複雜的訊息，也因其有整合的動作，而大符減少佔用的工作記憶容量，讓工作記憶有多餘的空間處理更多的訊息。

4. 使基模的建構自動化相當重要：

自動化 (automatic) 即指不涉及意識控制，沒有意圖且消耗很少的注意力資源 (Posner & Snyder, 1975)。個體在處理周遭的訊息時共有兩種方式，一為使用意識加以控制，另一則為自動化。通常，當對同一件事有了足夠的練習時 (高度複雜的作業，需增加練習的量) 即可使原本需要以意識控制的歷程轉為自動化。因此，若使基模在建構的過程中變為自動化，擺脫意識的控制，則能節省工作記憶的空間，以應付更多的訊息。

Sweller & Sweller (2006) 還提出了另一個假設，「自然資訊處理系統」 (Natural Information Processing Systems)，他們認為人類的認知架構其實與自然演化的發展非常相像。假設共包含五個原則，這些原則可用來產生應有的教學程序：

1. 訊息儲存原則 (Information Store Principle)：

在我們的認知系統中，為了能夠儲存資訊，必定要有一個非常大儲存庫，就如同需維持生命的生存發展所需的基因一般，必須能負荷上千甚至百萬筆的資訊，且能透過複雜的運作，管理複雜的生命活動。而這個龐大的儲存庫就是我們的長期記憶，教學的目的即是將大量的訊息存在長期記憶中。

2. 借用與重組原則 (Borrowing and Reorganizing Principle)：

在生命演化或是認知行為中，我們都必須快速的獲取資訊、重組資料，並在重組的過程或結束時，捨棄無用而保留有用的資訊 (通常會將新知識中與舊有知識不一致的部分刪除)。

3. 隨機生成原則 (Randomness as Genesis Principle)：

就演化來說，遺傳如果一成不變，無法產生新奇的遺傳密碼，則物種就沒有改變的機會而無法適應環境的變化。就認知結構而言，一開始的資訊似乎是隨機而來的，與借用與重組原則一樣在測試之後若是好的、有效的則保留；不好的、無用的

則捨棄。另外，相對與借用與重組的有效性，隨機生成的結果雖然可能較為新奇，但困難度也會相對的較高。

4. 狹窄限制原則（Narrow Limits of Change Principle）：

基因必須選擇讓有用的、新奇的環境資訊收入儲存系統中。所以在收入資訊時一定要有一個機制，負責限制資訊量的大小，透過這機制篩檢出真正有用的資訊。在認知結構中，這個機制就如同我們的工作記憶，雖然可以保護我們不接收無用的資訊，但也因此，讓我們無法一次接收大量有用的資訊（超過認知負荷量就不行）。

5. 環境組織與連結原則（Environmental Organizing and Linking Principle）：

不論認知結構或是生物的遺傳系統中，皆在環境與儲存的資訊間建立了一個連結，允許環境去偵測出哪些資訊是最適用的。長期記憶中的基模（schema）就是與外在的環境連結在一起，而需經由外在刺激而引發。

2.2.2 認知負荷的來源

Sweller 從教學設計的角度將認知負荷的來源分為三種，分述如下：

1. 內在認知負荷（Intrinsic Cognitive Load）：

教材內容的元件（element）數量及之間的關聯度、交互程度如果愈高，或著簡單的說，若教材愈困難，則內在認知負荷就會愈高。當我們在理解低關聯程度的教材時，我們的工作記憶不需同時抓取很多的元件就可理解教材的內容，所以並不會佔用太多工作記憶的容量。但相反的，高關聯程度的教材，就必須佔用較多的工作記憶，因而造成負荷。

另一個影響內在認知負荷的因素，就是學習者本身的先備知識。當學習者在學習新觀念時，若其舊有的基模整理得較完備，則工作記憶就不會很零散的抓取所需的內容，而是將整個基模帶入，大大的降低工作記憶的消耗。所以，教材設計者應確實了解學習者的先備知識，才能配合其基模、掌握學習內容的難易度，降低學習者的內在認知負荷。

2. 外在認知負荷（Extraneous Cognitive Load）：

外在認知負荷與教學內容的呈現有關。教學內容的呈現方式有許多差異，這些差異都會影響學習者的認知負荷。例如，Sweller 跟他的同事曾提出了許多實驗來說明，整合視覺及口語的資訊或許能減少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），這便是一種藉由改變教學設計達到降低外在認知負荷的例子。教學設計者要改變內在認知負荷可能較為困難，但一個設計良好的教材，卻能大幅地降低外在認知負荷，這點相當的重要，是本研究教材設計的最高指導方針之一。

3. 增生認知負荷

在認知負荷理論當中，基模佔了一個很重要的位置，而透過有效的教材設計、呈現及教學活動，能幫助基模的建立與促進基模的自動化。儘管這些教學活動同樣會提高學習者的認知負荷，但卻能使學習者將專注力集中學習上面，達到有效的學習，有點像是「適當的壓力就是助力」的意思。但增生認知負荷並不能夠無上限的增加，而是只有在外在認知負荷低而使得總認知負荷量（外在、增生及內在認知負荷加總）未超出工作記憶的限制時才得以適當的增加（Sweller, Van Merriënboer & Pass, 1998）。在 2009 年的認知負荷研討會中，Sweller 提出了最新的看法，他認為內在認知負荷與增生認知負荷有部分是重疊的，因此總負荷量的計算方式有所改變。

2.2.3 降低負荷的教材設計原則

認知負荷不僅僅提出相關理論而已，也提出了許多的實用的教材設計原則，茲介紹如下：

1. 自由目標效應（Goal-free Effect）：

當學習者面臨一個非單一解決途徑的題目時，不限制其目標的教學方式而讓他自由發展、表達自己的想法或思考歷程，將能有效的降低外在認知負荷（Sweller, 1989）。

對於課堂授課，尤其是本研究的實驗對象國中生而言，課程進度壓力常常是迫使自由目標效應無法發揮的最大阻力，但自由地表達想法或思考歷程又相當重要，因此本研究在實施實驗教學時，皆會在教學的關鍵點盡量給予受試者思考及互動的機會，以增加這個效應的功效。

2. 工作示例效應（Work Example Effect）：

當學習者為新手時，教師在教導「程序性知識」（procedural knowledge）（通

常涉及某種程度的技能，有一定的執行程序的知識）時，若能給予適度的步驟化範例，將能降低外在認知負荷，避免大量的認知資源被消耗（Sweller, 1989）。Copper & Sweller 在 1985 及 1987 證明工作示例效應在代數的學習上是有效的，Zhu & Simon（1987）也在其他的數學主題上，驗證工作示例效應的有效性。

3. 問題完成效應（Problem Completion Effect）：

「問題完成效應」是工作示例效應的延伸，實驗證明當完整的提供範例時的效果，不如僅提供部分的步驟供學習者思考的效果來的好。原因可能有數個：其一為過多的提示將會剝奪學習者的樂趣、學習的慾望及思考的方向；其二為當學習者將完整的範例與自己處理中的問題皆置於工作記憶時，可能會造成負荷，適得其反。

「完成策略（completion strategy）」或許是一個不錯的方法，其指在一開始時提供完整的解題，再進一步的慢慢減少步驟，至最後的僅呈現題目本身（Sweller, Van Merriënboer & Pass, 1998）。

在幾何的認知理解中，包含了循序性理解（sequential apprehension）（詳見 2.5.2 小節），說明了在幾何的學習中，往往包含相當多的程序性知識，因此工作示例效應及問題完成效應在幾何的領域更顯得格外的重要。

4. 分散注意力效應（Split-attention Effect）：

「分散注意力」的情況我們已經在 2.1 節中介紹過，其發生在當學習者必須分散他們的注意力或是在內心整合不同的資訊時。而「分散注意力效應」即指學習者學習整合過的資訊（指將相關的文字、圖形在空間及時間上做適當的整合），勝過學習以分散注意力型式呈現的資訊。Tarmizi 和 Sweller（1988）算是最早觸及到分散注意力效應的觀念，他們那時在驗證 worked examples 如何幫助學習幾何，之後 Chandler 和 Sweller（1991）也在設計給電子科學徒的教學材料及生物學實驗圖表中找到了分散注意力效應的測驗支持，Sweller 和 Chandler 更在 1994 及 1996 年的兩個研究中，發現分散注意力效應僅會在材料關聯度高的時候出現。

「多媒體學習理論」也同樣的提到了分散注意力效應（Mayer, 2001, 2005），且其還將其依時間及空間的整合原則分為「Temporal Contiguity Principle」及「Spatial Contiguity Principle」，研究者將會在之後的 2.3.2 小節中介紹。

5. 形式效應（Modality Effect）：

工作記憶的運作方式，Baddeley 認為分別由「視覺空間畫板部門」（Visuo-spatial Sketchboard），及「聲韻迴路部門」（Phonological Loop）這兩個部門來處理視覺

及聽覺的訊息。認知負荷理論認為若訊息能被這兩個部門一起處理，效果將會優於僅使用單一部門。如 Mousavi, Low & Sweller (1995) 的實驗指出，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。其他研究如 Mayer & Moreno, 1998；Tindall-ford, Chandler & Sweller, 1977；Moreno & Mayer, 1999...等也全都在他們的實驗得到類似的結果。

6. 累贅效應 (Redundancy Effect)：

對學習者而言，教師提供的訊息並不是愈多便愈能幫助學生建構出他們的知識，如個別的訊息就能使學生理解，那麼再給予其他的訊息便多餘了 (Sweller, Van Merriënboer & Pass, 1998)。我們可以從人類認知結構中了解這個效應發生的原因：新的訊息應該以減少不必要工作記憶負荷的方式呈現，以節省工作記憶的空間，因為工作記憶空間是有限的。例如當學習者必須同時聽及閱讀一段文字，而這兩種型的文字沒有完全相同，或學習者接收的速度沒有一致時，訊息便很可能變得破碎而難以理解，工作記憶將會花更多的時間統整及協調這些訊息。

但「累贅效應」的發生並不是絕對的，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；但若面對的是老手，則會造成多餘效應 (McNamara et al., 1996)。

7. 變化效應 (Variability Effect)：

「變化效應」就是一個使用增生負荷來促進學習的例子。藉由改變問題的情境，刺激思考，幫助基模的建立與拓展，但應用時需注意前述所提到的整體認知負荷量不能超出學習者的能力範圍 (Sweller, Van Merriënboer & Pass, 1998)。

以上幾點都是相當實用的教材設計原則，本研究雖是使用以「課堂授課為導向」的教學方式，但仍將上述原則視為教材編製的指導方針，惟因人、事、時、地、物的不同而加以融入變通使用（基本上會都融入本研究的教材當中，特別需要說明的部分，將會在 3.4.1 小節中說明）。

2.2.4 認知負荷的測量

Sweller、Van Merriënboer 和 Pass (1988) 將認知負荷的概念分為兩種維度，一為「任務向度」(task-based dimension)，另一為「學習者向度」(learner-based dimension)。因此，要測量認知負荷量的多寡，勢必以此為出發點。從任務向度來看，即是測量學習者在達成任務的過程中產生的負荷量，其稱為「心智負荷」(mental load)，它與任務的內在特性（如：教材本身的難易程度）與外在特性（如：教材的展示方式）有關。而從學習者向度來看，即是測量學習者在實行任務時所付出的認知能量，稱為「心智努力」(mental effort)。

Sweller、Van Merriënboer 和 Pass (1988) 針對心智努力的部分引述了 Wierwille 與 Eggemeier 二位學者在 1993 年提出的三種測量方法，分別為主觀測量法、生理測量法、任務及表現測量法，以下分述這三種方法的測量方式：

1. 主觀測量法 (Subjective Technique) :

此測量法必須假設學習者能針對他們的學習歷程，自己做一個反省及檢驗，且有能力使用製定的評定量表將自己「心智努力」的程度加以量化。

2. 生理測量法 (Physiological Technique) :

此測量法是根據量測學習者種種生理現象（如：眼睛的反應、腦中活動、心跳及血壓...等）的變化，檢驗出學習者的認知負荷量。不過這種需要儀器輔助的方法對於研究者而言，是較不便利的，要取到龐大的樣本也較不容易。

3. 任務及表現測量法 (Task And Performance-based Technique) :

此測量法是根據任務的難度及學習者的表現（如：學習成績、速度及錯誤率...等）來推論學習者的認知負荷量。通常來說，若任務愈難且學習者的各種表現愈差，則認知負荷量會愈大。

以上三種方法是測量認知負荷量常見的方法，其中主觀測量法可以很便利且快速的測量出學習者的認知負荷量，且不需要使用儀器、耗費大量的經費，所以是使用最普遍的一種方法，本研究便是使用這種測量法。

2.3 多媒體學習理論

在研究背景中，已經說明了 Mayer 針對「多媒體學習」所下的定義，在此不再贅述。以下針對多媒體學習理論的假設、教材設計原則做進一步的探討：

2.3.1 多媒體學習理論的三大假設

1. 雙通道假設 (Dual-Channel Assumption)：

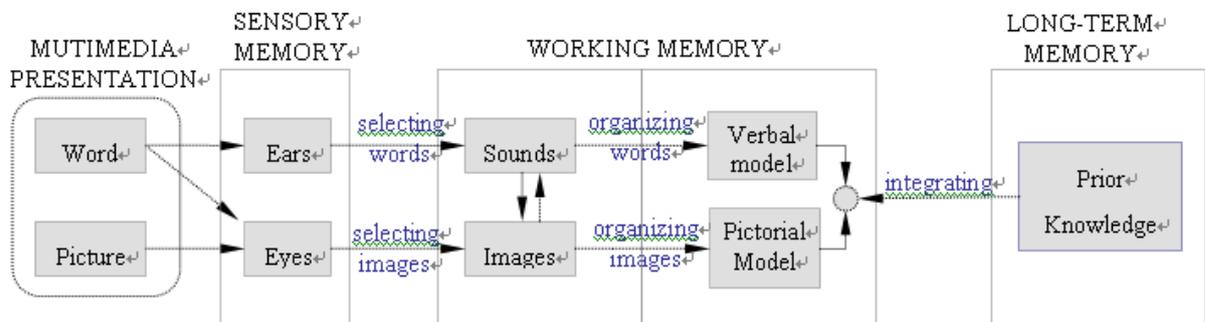


圖 2-1 多媒體學習理論雙通道模型

資料來源：引自 (Mayer, 2001)

早在 1960 晚期，Pavio 就提出了「雙碼理論」，認為我們人類依靠圖像及語言兩種編碼方式表徵訊息，這兩種方式將訊息組織成能夠加以操弄及儲存，往後也能再提取加以使用的知識。而 Baddeley 也提出過「視覺空間畫板部門」與「聲韻迴路部門」，這些基本上與 Mayer 的雙通道假設概念是一樣的。Mayer 認為我們將訊息分成兩個通道來處理，由眼睛接收到的訊息，經由視覺管道處理；由耳朵接收到的訊息則經由聽覺管道處理，其中文字訊息可能以口語文字的方式進入聽覺通道或是以印刷文字的方式進入視覺通道。此外，訊息若能以兩個管道來接收，則效果會較佳，且兩個管道之間的訊息是可以互相轉換的，例如將聽到的文字轉換成心像，便可在視覺管道中進行處理，而這個動作將有助於心智整合訊息，將訊息以較完整的方式儲存。

2. 有限的容量假設 (Limited-Capacity Assumption)：

雙通道同時能夠處理的訊息量是有限的 (Clark & Mayer, 2003; Mayer, 2001)，我們在同一個通道中不能同時接收過多的訊息，這與工作記憶區的容量限制有關，也與 Baddeley 的工作記憶理論及 Sweller 的認知負荷理論中的論述一樣，所以如何

控制訊息的呈現量，使學習者能夠消化，是多種理論中所強調的重點，也是教材設計者及教學者極須注意的地方。

3. 主動處理假設 (Active-Processing Assumption)：

主動處理假設是在敘述學習這個動作的發生是主動。學習者知識的累積是藉著新訊息與舊有的、存在長期記憶中的舊知識、基模的相互作用的結果，所以儘管給予一樣的訊息，每個人都會有不同的解讀與判斷，而這個歷程是主動發生的。主動處理歷程分為三個階段，「選擇訊息」、「組織訊息」、「整合訊息」，分述如下：

(1) 選擇訊息：

學習者將感覺記憶中耳朵及眼睛所得到的文字或圖像訊息做一番篩選而進入了工作記憶中形成了聲音或圖像表徵。

(2) 組織訊息：

進入工作記憶的聲音及圖像表徵進一步進行內部關聯，組織成互有關係的結構—口語及圖像模型。

(3) 整合訊息：

新訊息已經整理成口語及圖像模型，這時長期記憶中的舊有知識、基模便進來工作記憶中與新訊息整合，有意義的學習到此才算正式成形。

2.3.2 多媒體學習理論的教材設計原則

Mayer 在 2005 年出了「The Cambridge Handbook of Multimedia Learning」這本書 (R. E. Mayer, 2005)，書中整理出十項教材設計的原則，簡述如下：

1. 多媒體原則 (Multimedia Principle)：

教材的內容設計應同時包含文字及圖像，會比僅包含文字或僅包含圖像好。這與人接收訊息的雙通道有關，若訊息能分別經由視覺及聽覺通道而進入工作記憶區，則可分擔兩個通道的各別負荷，且這些不同表徵的訊息也可以互相整合及互補，更完整的建構出知識。

2. 空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)：

Mayer (2001) 制定出這個原則，他認為當學習者所學習的文字與相關的圖像在畫面中的位置接近時比遠離時成效更好。這個原則與視覺搜尋有關，當文字與圖像相對位置較近時，因搜尋的時間縮短，所以能夠降低認知資源的消耗，進而能將

多餘的認知資源投注在其他的訊息上。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，我們當然能夠盡量將文字及圖像擺放在附近以符合空間接近原則。但在實際的教學中，我們往往必須呈現複雜度很高的畫面，此時便不容易將文字及圖像擺放靠近，變通的方法就是運用格式塔原理（Gestalt Law）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」的方式適時且彈性地控制訊息量、降低認知負荷。

3. 時間接近原則（Temporal Contiguity Principle）：

與空間接近原則一樣，Mayer（2001）定義了這個原則，不過早在他 1991 及 1992 年的實驗中就驗證了同步呈現比非同步呈現的表現好。Mayer & Smith（1994）除了同樣證明了同步呈現的優點，還發現了時間接近原則對高空間能力的學習者有顯著的影響，但對低空間能力的學習者卻沒有影響。原因在於低空間能力的學習者必須花費更多的認知資源來連結不同種類的資訊，反而造成負荷，形成阻礙。

時間接近原則的敘述如下：當學習者所學習的文字及相關圖像同步化時，會比兩者在不同時間中出現來的好。原因在於當文字及圖像同時呈現時，就能在「組織訊息」階段便順利的產生關聯；但若兩者的出現有時間差，則會因工作記憶的容量限制，而使得先呈現的訊息遺失部分內容，兩者的關聯性當然就大打折扣。

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，如同接收整合完的資訊一樣（Moreno & Mayer, 1999；Mayer, 2001）。在激發式動態呈現的特點中，有一個「分段切割」，便是利用控制訊息的量，來達到優化教材的目的（詳見 2.4.3 小節）。

4. 連貫原則（Coherence effect）：

在多媒體學習理論中，Mayer 將學習者所需面對的認知處理分成三個種類：「必要的處理」（Essential processing）、「附加的處理」（Incidental processing）及「表現的維持」（Representational holding）（Mayer, 2003）。其中，必要的處理包含：「選擇文字」、「選擇圖片」、「組織文字」、「組織圖片」及「整合」；附加的處理指的是教材表達的內容中扣除「必要的處理」剩下的部分；表現的維持則指的是在工作記憶區還留著口語或視覺的記憶。

許多教材製作者總認為在教材中增加一些美觀的背景或是音樂能提高學生的注意力，但 Mayer 認為這些都是一種「附加的處理」，將會造成以下幾種不當的

影響：

- (1) 與「必要的處理」競爭認知資源，消耗工作記憶的容量，分散學習者學習更加重要的知識。
- (2) 學習者可能針對「附加的處理」進行一連串的認知行為，跳脫教師在課堂上的掌握，造成訊息呈現的不連貫，打斷學習的流程。

除了「附加的處理」之外，其實不恰當的文字、圖像也都會造成上述的結果，所以連貫原則指的就是需確立好教學目標，將教材的設計放在呈現目標上，盡量捨棄不相關的部分，使得教學得以連貫。因此，本研究的教材便捨棄了不必要的文字、圖片及動畫，甚至將背景也設成單色的白色，以避免對教學產生干擾。

5. 形式原則 (Modality Principle)：

當同時呈現圖像及文字時，使用「口語文字」會較「印刷文字」好。根據雙通道假設，口語文字是由耳朵接收進入聽覺管道，印刷文字是由眼睛接收進入視覺管道。所以當文字與圖像需一起呈現時，印刷文字會與圖像一起進入視覺管道，彼此佔用資源，以致雙方面的訊息接收都受到干擾；若使用口語文字則可避開這樣的局面。在認知負荷理論中，也同樣提到了這個原則。

6. 累贅原則 (Redundancy Principle)：

當學習者學習具有「動畫、口語文字」的教材，會比學習具有「動畫、口語文字、印刷文字」效果較好。這與形式原則的理由是類似的，都是基於雙通道假設。當僅有動畫及口語文字時，兩者可以分別經由視覺及聽覺通道；但當動畫、口語文字、印刷文字皆出現時，動畫及印刷文字則會彼此佔用視覺通道的資源，造成干擾。所以，當動畫中口語文字及印刷文字同時出現時，我們應將印刷文字視為多餘的訊息而予以捨棄。

不過，換個角度思考，若動畫呈現的時間較長，以致於當口語文字已漸漸消失在我們的工作記憶中或是我們想要強調一些關鍵概念時，我們也可使用彈性指標使文字適時的出現，幫助學生銜接內容或進行加強。所以，並不是印刷文字絕對不可以出現，需視環境、條件而彈性地調整，甚至有些容易聽錯的文字，我們更應藉由印刷文字將其呈現才行。

7. 個別差異原則 (Individual Differences Principle)：

教材設計的好壞對「低知識程度」(low-knowledge)的學習者比「高知識程度」

(high-knowledge) 的學生來得影響大；對「高空間能力」(high-spatial) 的學習者比「低空間能力」(low-spatial) 的學習者來得影響大。以知識程度來說，高知識程度的學習者在面對設計不良的教材時，因先備知識較為完善，所以比較能夠做出正確的整合；相對的，低知識程度的學習者較仰賴教材的導引，而隨著設計的好壞影響表現。以空間能力來說，因在多媒體學習中會碰到大量的圖文，學習者常需靠心像來整合各類表徵，所以對高空間能力的學習者而言，他們運用心像的能力較強，也因此能夠表現的比低空間能力的學習者來的好。

8. 互動原則 (Interactivity Principle)：

這裡的互動指的並不是師生之間的交流，而是學習者不能被牽著鼻子走，一定要按照自己的能力自己的步調，調整課程進行的快慢，以免造成認知負荷。

這項原則比較針對自學的教材設計，但其實對於我們以教師授課的環境來說，其實更為重要。尤其是國內的教學常常都是教師主導教學的流程，更加忽略了這項原則的必要性，所以我們可以使用激發式動態呈現，雖一樣是由教師操控流程，但卻可以讓教材更有彈性，更符合不同能力程度的學習者的需求。當然，教師的先前訓練及學生的主動學習也是不可獲缺的。

9. 個人化原則 (Personalization Principle)：

講課的內容以口語化的方式能比形式化的方式得到更好的效果，形式化指的就是較不接近人類自然溝通的語言。這對我們課堂授課來說，沒有這方面的問題，只要避免機械化的「唸書」即可。

10. 信號原則 (Signal Principle)：

多媒體的教材中，若有辦法強調內容的組織結構或是能給予重點提示時，學習成效會更好。在導引學習的過程中，常會因素材必須大量出現而造成重點失焦，此時，若能引導學習者的注意力，讓學習者專注於該學習的內容上，例如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)，利用加上一段綱要或是標題來協助組織文字，或是以畫底線、變化字型...等方式來強調重點，引導注意力。

激發式動態呈現與信號原則的目的都是為了降低外在認知負荷，導引學習者的注意，只不過方法不同，我們將在下節再做較詳細的介紹

除了上述的十點原則，Mayer 在 2009 年再補充了幾個多媒體學習的設計原則：

1. 事先訓練原則（Pre-training Principle）：

這個原則說明若能夠在學習之前，先知道主要概念的名字和特徵，則學習效果會較好。這有點類似預習的效果，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。

2. 聲音原則（Voice Principle）：

在個人化原則中提到，以對話、口語化的方式來講課，比形式化的講課更有教學效果。本原則進一步的說明，使用「人聲」的方式會比「機器音」的方式更有教學效果。

這個原則，對於以課堂授課為導向的我們來說，完全不成問題，我們不但能做到「人聲」，而且是非常彈性的人聲，能依現實狀況變化的人聲，相信更能達到有效的教學。

3. 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。這個原則同樣地，並不影響課堂授課的教學設計。

除了這些增加的原則之外，Mayer（2009）更配合了 Sweller 的認知負荷理論，重新將學習中的三種認知過程加以定義，分別為：外在的（extraneous）認知處理、本體的（essential）認知處理和衍生（generative）的認知處理。

外在的認知處理，相當於 Sweller 的外在認知負荷，指針對教學的設計產生的認知處理。可減少外在認知處理的原則為：空間接近原則、時間接近原則、連貫原則、累贅原則及信號原則。

本體的認知處理相當於 Sweller 的內在認知負荷，指當教材經由訊息選取的過程而進入工作記憶時，這個過程會受到教材本身的難易、複雜度的影響。可減少本體的認知處理的原則為：形式原則、分割原則及事先訓練原則。

衍生的認知處理過程，相當於 Sweller 的增生認知負荷，指當訊息進入組織及整合的階段時，藉由一些提高學習動機的方式所產生的認知處理。可增加衍生的認知處理原則為：多媒體原則、個人化原則、聲音原則、圖像原則。

上述這些原則，都是研究激發式動態教學所需注意的，或許有些原則當初是針對多媒體學習來設定，情境會與課堂授課有所不同，但基本精神並沒有改變，因此仍是設計激發式動態呈現教材所需參考的原則（基本上會將原則融入教材當中，特別需要說明的

部分，將會在 3.4.1 小節中說明)。

2.4 AMA與適性指標

本節共分三個部分，分別說明 AMA 的兩大功能，結構式複製繪圖法 (Structural Cloning Method, SCM)、激發式動態呈現 (Trigger-based Animation)，及適性指標。

2.4.1 結構式複製繪圖法 (Structural Cloning Method, SCM)

如同 1.1.2 小節中所述，AMA 為一套以 Microsoft 的 PowerPoint 為平台的媒體設計與展示增益集。其功能之一就是「結構式複製繪圖法」。

結構式複製繪圖法的概念，就是利用結構以及複製的手法來造形，精準的操弄大量的物件以協助教材的定位，突破繪圖上人機介面的限制，完成複雜圖案。可運用的範圍涵蓋數學、視覺設計、計算機圖學等方面，是一種新的繪圖法。在 AMA 裡又分為兩大構圖環境，「幾何構圖」及「複雜構圖」，以協助結構式複製繪圖法的運用：

1. 幾何構圖：

在 AMA 下的「Geometer」，可協助各種線段（中垂線、角平分線...等）、弧、圓及三角形...等基本幾何形狀的繪製，以彌補 PowerPoint 簡報軟體中，繪圖環境的不足。本研究教材中的大部分圖形設計，即是仰賴這個環境所製作出來的。

2. 複雜構圖：

通常指的是能處理下列四種狀況的環境（陳明璋, 2006）：

- (1) 視覺能分辨，但不行或不容易滑鼠定位的物件。
- (2) 不容易操作的定位，如旋轉角度、移至定位、縮放調整...等。
- (3) 物件的數量多而處理費時。
- (4) 需簡單的程式才能設計的圖形。

結構式複製繪圖法的功能相當實用、簡單但強大，也持續有新的論文發表出來，不過並不是本研究的重點（本研究大部分構圖僅使用幾何構圖的環境），在此不多加著墨。

2.4.2 激發式動態呈現 (Trigger-based Animation, TA)

激發式動態呈現是 AMA 的另一大功能，它的想法就是運用一個物件當激發器 (trigger) 控制一連串訊息的出現、突顯...等動作，且任一個訊息都能被不同的激發器控制。所以演示者便可彈性的安排物件呈現的方式或順序，讓聽眾自動地將注意力集中在重要的訊息上，讓演示者輕鬆地與學習者互動。

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：

主要是在訊息上設置一個透明物件當作激發器，當滑鼠觸發激發器時，訊息便能在隱藏、顯現兩種狀態中互換，先設定為隱藏或顯現都可彈性應用。

2. 多元開關：

能使用多個控制不同物件的激發器，但都讓物件顯示在同一位置上。

3. 序列式激發：

由同一個激發器循序的激發出訊息，訊息可以是單獨的、並列的或逐一但不消失的呈現，若訊息出現的位置相同，也能藉此製作出簡易的動畫。

4. 串接式激發：

與序列式激發類似，不過串接式激發中新出現的物件或訊息，就是下一個可被觸發的激發器。這個模式可避免因滑鼠不斷地移動所造成的干擾或分散注意力。

5. 全開關 (關閉)：

藉由一個激發器，控制多個訊息或物件同時出現或消失。

6. 1-1 開關：

將物件分為兩組，一組為激發器，另一組則為被激發的物件，兩組中的物件分別以圖層為順序做一對一的配對。

7. 動態表格：

用來操控與表格相關的動作，可設定表格為全開關、個別開關、行或列開關。

除了這七種基本模式之外，還可與 PowerPoint 內建的自訂動畫中的功能配合做出更多更複雜的動作，都可自行彈性運用，不過動態激發的目的是要吸引注意力、降低認知負荷，所以一味的強調動畫並不是我們的目標，過度的使用，反而會有不當的效果。

2.4.3 激發式動態教學(Trigger-based Animated Instruction, TAI)

激發式的動態教學是一種結合認知心理學、認知負荷理論、多媒體學習理論所發展出來的一種以激發式動態呈現為工具的教學內容設計方法及展演環境。其特點說明如下：

1. 激發注意：

透過適性指標，可以導引聽眾的注意、突顯主要的訊息，淡化或關閉次要的訊息，降低其負荷，以幫助其建立訊息間的關聯。並可適時的協助聽眾迅速搜尋訊息，與展示者同步學習。

2. 分段切割：

將教材依其訊息量、與前後訊息的關聯度做彈性的切割分段，以區塊化、模組化的方式呈現訊息。

3. 多重組合：

切割後的訊息可再進行群化、重組，再以不同的激發器來控制。一個訊息也可被包含在不同的群組中，以不同的激發器來控制。

4. 彈性激發：

訊息可順序的、自由的、彈性的被激發。

5. 平順連貫：

訊息的呈現由演示者加以控制，速度可以較平順，內容可以較連貫。

6. 溝通互動：

演示者透過設計好的教材可與聽眾達到良好的互動。

7. 適性教學

教材可依不同學習成就、特性的聽眾加以變化，再由演示者依情況彈性調整呈現方式。

以上的特點皆與適性、彈性有關，好處相當的多。但相對的來說，如果演示的能力不足，或教材設計不良，是有可能將優點轉為缺點，反而增加學生的負荷。



2.4.4 適性指標 (Adaptive Pointer)

雖然在激發式動態教學中，我們歸納出了多項特點，但激發式動態教學最主要的目的就是為了能控制訊息、排除雜訊、降低搜尋的困難度以協助訊息的選取、組織及整合，進而引導先備知識的融合，引導學生主動學習。而「適性指標」便是一種能協助我們達到上述目的的激發式動態呈現方式。

林煜庭(2007)指出，適性指標是一種視覺物件，它能協助視覺搜尋以及引導注意力，並且使演講者能以彈性且互動的方式操控它，互動指的是當演講者對物件或訊息下達指令時(如按滑鼠一下)，物件或訊息能做出回應(例如：出現、隱藏、改變顏色、改變大小、改變形狀、位置移動...等)。而這些改變物件或訊息之「視覺特徵」的「回應」，都是在前注意歷程中自動化運作，使學習者幾乎不須耗費資源就能搜尋、選取到正確的訊息，降低了外在認知負荷。也因其可彈性地選擇是否激發訊息，所以可適當的顯示訊息，增加增生認知負荷，重新導引學習。

設計適性指標所採用的視覺特徵經常是不需學習或練習的，如同前述是一種自動化的運作，林煜庭共歸納出形狀(FORM)、顏色(COLOR)、深度(DEPTH)、及運動(MOTION)四種特徵。在以下幾個表格中，研究者使用林煜庭(2007)的特徵分類編碼，並列出這些特徵及這些特徵延伸出的應用方法，以供我們設計教材的參考：

表 2-1 適性指標之形狀特徵 (FORM) 編碼及應用

特徵分類編碼	說明	特徵應用
1.1.1 FORM-Orientation	目標物與干擾物方向不同	可在方向、長度或寬度特徵上分辨出目標物(線段)。
1.1.2 FORM-Length	目標物與干擾物長度不同	
1.1.3 FORM-Width	目標物與干擾物寬度不同	
1.2 FORM-Size	目標物與干擾物大小不同	可在大小上分辨出目標物。

(接下頁)

表 2-1 適性指標之形狀特徵 (FORM) 編碼及應用

(接上頁)

1.3 FORM-Curvature	目標物與干擾物彎曲程度不同	(1) 曲率差距大時，愈能找到目標物。 (2) 曲率差距小時，應將曲率小的線段當做目標物。 (3) 曲率可用做一種指標符號，如括號來突顯文件。
1.4 FORM-Blur	目標物與干擾物模糊程度不同	(1) 模糊程度差愈多，愈能找到目標物 (2) 應將清晰的物體當作目標物。 (3) 當畫面上不同的顏色或質感太多，可使用模糊程度來強調目標物。
1.5 FORM- Added marks	替目標物外加具有強調效果的標記	
1.5.1 -pointer	替目標物外加指標	可替目標物加上不同顏色的指標。
1.5.2 -underline	替目標物外加底線	可替目標物加上底線
1.5.3 -enclosure-border	外框式區域	可替目標物加上外框
1.5.4 -enclosure-interior	底色質感式區域	可替目標物加上底色或改變其質感

資料來源：改自 (林煜庭, 2007)

表 2-2 適性指標之顏色特徵 (COLOR) 編碼及應用

特徵分類編碼	說明	特徵應用
2.1 COLOR-Hue	目標物與干擾物色相不同	
2.1.1 -strategy : distinct hue	策略：目標與干擾區隔	可在色相上分辨出目標物與干擾物。進一步可將干擾物隱藏或只在目標物上加上彩色提高辨識度。
-strategy : hidden istractors	策略：隱藏干擾物	
-strategy : pop-out target	策略：僅強調目標物	

(接下頁)

表 2-2 適性指標之顏色特徵 (COLOR) 編碼及應用

(接上頁)

2.1.2 -perception : unique hues	知覺：純粹色相	(1) 色相之間的辨別度不受明度的改變而影響。 (2) 教材應使用固定的色相。 (3) 教材設計最好使用白色、黑色、紅色、黃色、綠色、藍色。 (4) 畫面中不宜出現過多的顏色，不要超過五種。	
-perception : cross-cultural naming	知覺：顏色跨文化命名		
-perception : focal colors	知覺：焦點顏色		
-perception : categorical colors	知覺：顏色類別		
2.1.3 -label : distinctness	標示：可區別性	(1) 可將畫面底色設為白色、指標設為黑色。 (2) 若標示物在其他色塊中，可將標示物添加白或黑色外框。 (3) 標示區很小時，不要只靠顏色來標示。	
-label : chromatic simultaneous contrast	標示：色彩同時性對比		
-label : field size	標示—標識區域大小		
-label : color blindness	標示—色盲		
2.2 COLOR-Intensity	目標物與干擾物色彩 強度不同	將目標物與背景的明度差距拉大	
2.2.1 -luminance	明度差異		
2.2.2 -simultaneous brightness contrast	同時性亮度對比		
-SBC : contrast	SBC : 對比因素		
-SBC : luminance difference	SBC : 明度差異		
-SBC : area ratio	SBC : 面積比例		目標物不要太大
-SBC : crispening effect	SBC : 清晰效果		(1) 應使用白色背景 (2) 可將背景的明度設為介在目標物與干擾物之間
-SBC : spatial sensitivity	SBC : 空間敏感度		(1) 文字與背景的明度比至少要 3 : 1, 10 : 1 是最佳的。可將對比盡量拉大。 (2) 可將文字的明度調至比背景低。
2.2.3 -grouping	色彩強度群化		當需要將物件分類或對應時，可利用調整透明度，將其分為兩類。

資料來源：改自 (林煜庭, 2007)

表 2-3 適性指標之深度特徵 (DEPTH) 編碼及應用

特徵分類編碼	說明	特徵應用
3.1 DEPTH-Stereoscopic depth	目標物與干擾物之立體深度不同	
3.1.1 -transparency	透明度圖層	可盡量突顯目標圖層與非目標圖層的差異性
-TP : good continuity	連續性	在圖層的交界處，應使其具有很好的邊界連續性。
-TP : luminance	明度	上方圖層明度要較高。
-TP : texture	質感	質感差異愈大愈好，但重疊區域不能與原本兩圖層差異太大。
3.2 DEPTH-Convexity & Concavity	目標物與干擾物之凸凹感受不同	
3.2.1 -shading orientation	陰影方向	陰影方向最好是上下的型態。
3.2.2 -shading contrast	陰影明度對比程度	若凸凹的感覺不明顯，應將亮區與暗區的明度差異再拉大

資料來源：改自 (林煜庭, 2007)

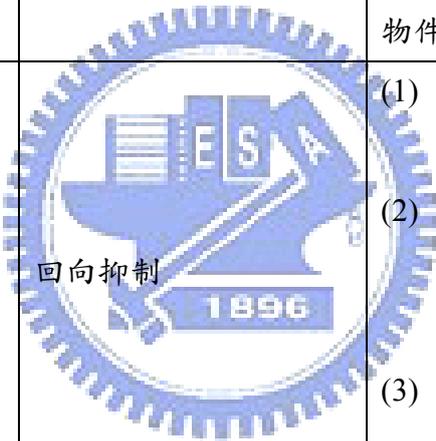
表 2-4 適性指標之運動特徵 (MOTION) 編碼及應用

特徵分類編碼	說明	特徵應用
4.1 MOTION-New object	目標物是突然出現的新物件	
4.1.1 -original location	原始位置	(1) 滑鼠啟動適性指標的位置應在目標物所在的位置，且說明文字應盡量靠近目標物。 (2) 若滑鼠無法在目標物的位置上，至少也應提供「位置訊息」。

(接下頁)

表 2-4 適性指標之運動特徵 (MOTION) 編碼及應用

(接上頁)

		(3) 應讓同一物件在不同頁面當中顯示在同一位置。
4.1.2 -onset and offset	onset 與 offset 因素	<p>(1) 「突然出現」(onset) 的效果比「突然消失」(offset) 的效果好。</p> <p>(2) 原本就在畫面上的物件，可使用 offset。</p> <p>(3) 使用 offset 來強調的部分不應該完全消失，應保留一部分。</p>
4.1.3 -luminance change	明度改變因素	效果不如 onset，但可一起搭配。當新物件與背景的明度差愈大，新物件 onset 的效果愈好。
4.1.4 -inhibition of return	 <p>回向抑制</p>	<p>(1) 兩個訊息出現的時間間隔不要在 300~3000ms 之間。</p> <p>(2) 若要將視線導引回到前一個掃視的位置，不要有其他刺激 onset。</p> <p>(3) 兩個訊息若要序列的出現在同一位置時，應間隔三秒以上。</p>
4.1.5 -CIOH	CIOH	<p>(1) 當物件需要群化時，提示物不要與待搜尋物件有共同的視覺特徵。</p> <p>(2) 當物件不需要群化時，目標物的提示最好有「關鍵特徵」。</p>
4.1.6 -stroop effect	Stroop Effect	<p>(1) 提示物最好與所有待搜尋的物件沒有相同的視覺特徵。</p> <p>(2) 文字附近的物件最好都與文字的含義有關聯。</p>

(接下頁)

表 2-4 適性指標之運動特徵 (MOTION) 編碼及應用

(接上頁)

4.1.7 -negative priming	Negative Priming Effect	前一個干擾物指標不要變成下一個目標物指標，或著上下兩個直接使用不同型態的指標。
4.1.8 -feature-map inhibition	Feature-Map Inhibition	可將特定的「特徵圖」突然出現。
4.1.9 -visual marking	Visual Marking	若要使干擾物消失，應在目標物出現之前。
4.2 MOTION-Transient	目標物的某種視覺特徵發生瞬變	明度瞬變比色相瞬變更能吸引注意力
4.3 MOTION-Looming	目標物感覺上往觀察者接近	可讓物件突然變大，吸引注意力。Powerpoint 動畫中的「閃光燈泡」或「放大/縮小」都是應用的方法。
4.4 MOTION-jitter motion	目標物在畫面中抖動	可讓物件在小範圍內抖動，吸引注意力。Powerpoint 動畫中的「閃光燈泡」或「蹺蹺板」都是應用的方法。
4.5 MOTION-New motion	目標物是突然由靜而動的物件	可讓物件在畫面中「由靜而動」，吸引注意力，其效果與「突然出現」一樣強烈。
4.6 MOTION-Flicker	目標物在畫面中閃爍	(1) 可讓物件忽隱忽現、忽明忽暗，吸引注意力。Powerpoint 動畫中的「閃光燈泡」或「閃爍」都是應用的方法。 (2) 「忽隱忽現」的效果比「出現新物件」吸引注意的效果更長。
4.7 MOTION-Coherence	運動方式一致性所產生的層次感	目標物最好能由下而上激發；干擾物最好能由上而下抑制。
4.8 MOTION-Direction	目標物與干擾物運動方向不同	我們可將注意力放在集中往固定方向運動的物件。

資料來源：改自 (林煜庭, 2007)

林煜庭（2007）更進一步的規納出適性指標的設計原則，可供我們在教材設計中使用適性指標時的參考：

1. 標示原始位置原則：

與適性指標的位置有關，可細分為3個子原則：

- (1) 適性指標之滑鼠啟動點應與目標物位置相同。
- (2) 適性指標應該含有位置資訊。（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。

2. 特徵獨立原則：

- (1) 適性指標應盡量單一特徵，以利辨視。
- (2) 適性指標應盡量獨立其視覺特徵。
- (3) 適性指標應避免使用前一個用來標示干擾物的特徵來標示目標物。

3. 通道原則：

當某類型的視覺特徵通道非常擁擠時，我們應選用其他的視覺特徵。

4. 群化原則：

與各物件間的群化關係有關，可分為兩個子原則：

- (1) 目標物群化，可幫助建立目標物間的關聯性。
- (2) 干擾物群化，可使干擾物以整群的方式被忽略。

5. 明度差異原則：

目標物或是適性指標的明度與干擾物的明度差異越大，搜尋的效果越好。

6. 引導原則：

適性指標的設計應使「目標物由下而上激發，干擾物由上而下抑制」。

2.5 幾何學習

本節共分三個小節，包含幾何思考發展層次、幾何圖形的認知理解及三角形外心的學習內容，藉了解學生的發展層次、理解方式及分析本研究所要教授的主題內容，以協助教材的編撰及教導方式。

2.5.1 幾何思考發展層次

Van Hiele 根據完形心理學的結構論及 Piaget 的認知論，於 1957 年提出了一個幾何思考發展層次，藉由五個漸進且無法跳躍的層次來解釋，學習幾何時的觀念及思考能力的發展。這個想法一出現即引起眾多學者的注意及研究，如 Mayberry (1983) 認為學生的幾何層次並不是固定的，會因所學的主題、概念的不同而產生變化；Fuys, Geddes & Tischler (1988) 驗證了幾何思考發展層次的模型。茲將五個層次 (van Hiele, 1986) 介紹如下：

1. 層次 0：視覺層次 (Visualization)

這是最低的一個層次，在這個層次中的學生，是依賴圖形的視覺特徵而加以分辨、操弄幾何圖形，也能簡單的將圖形命名及構圖，但他們卻不知道圖形代表的意義。

2. 層次 1：分析層次 (Analysis)

在第二個層次中，學生能進一步的分析圖形中的組成要素，藉著比對不同圖形中的元素，而能發現他們之間共同的性質或規則，甚至利用這些性質或規則解決問題。例如學生可藉由分析三角形皆有三個邊、三個角，而將擁有這些性質的圖形分類在一起。

3. 層次 2：非形式演繹層次 (Informal Deduction)

在第三個層次中，學生能夠透過非正式的論證，將發現到的性質、規則以邏輯的方式連結起來，建立起圖形內的屬性關係及圖形間的包含關係，甚至使用定義找出圖形的特性，但卻無法作出有系統、形式化的證明。

4. 層次 3：形式化演繹層次 (Formal Deduction)

在第四個層次中，學生已能夠在一個公設的系統中，建立定理，了解幾何圖形的充分及必要條件及正逆命題的差異，並可以邏輯的方式解釋幾何的敘述，寫出符合邏輯的證明。

5. 層次 4：嚴密層次 (Rigor)

在最後一個層次中，學生跨越了單一的公設系統，而能比對、分析不同公設系統 (例如：非歐幾何、歐式幾何)，並從中建立定理。

根據 Crowley (1987) 的分析，Van Hiele 幾何思考發展層次共有五個主要特性，次

序性 (Sequential)、進展性 (Advancement)、內在與外在性 (Intrinsic and Extrinsic)、語言性 (Linguistics) 及不配合性 (Mismatch)，其中「次序性」、「發展性」告訴我們學習必須從低階至高階循序學習，不能跳越，也不是因年紀的增長而發展，而是藉教導及學習一步步的達成目標，若不幸以高層次的教法無法使其學成學習內容，則必須退回較低層次重新學習。「語言性」告訴我們，每一層次所使用的語言、符號都是專屬的，使用的模式也不會相同；「不配合性」則告訴我們，教師的教學層次與學生的學習層次必須相同，才能達到教學效果。

綜合上述這些特性，不難發現，找到學生的幾何思考發展的層次似乎最為重要。此外，Van Hiele (1986) 提出的「五階段學習模式」(Five-phase Learning Model) 當中最先提及的「資訊探究」(Information) 中也說明了，教師應在教學前就先了解學生的先備知識進而分析其幾何思考發展層次，以作為教學的參考。所以，一個設計良好的教材，必須掌握好學生的學習能力，配合其發展層次加以設計，不躁進、不強迫其學習高層次的內容，才能達到真正的學習。

凌久原 (2007) 分析我國九年一貫所規畫的國中階段，所發展的最高幾何思考層次到達層次 2，而陳創義等人 (2007) 的報告中指出，全國仍有相當多的學生還停留在層次 0 的階段。再加上研究者分析受試學生的程度之後，本研究的教材以層次 2 的要求來設計教學內容，但卻同時輔以大量的圖形及使用自然語言、簡易的符號，及彈性的再導入學生曾經學習過的舊有知識，以幫助較低階層次的學生學習。

2.5.2 幾何圖形的認知理解

Duval 在 1995 年發現，每個人理解幾何的方式都不同，他共提出了四種理解的面向，可幫助我們設計出更適性、更完整且有啟發性的幾何教材：

1. 知覺性理解 (Preceptual Apprehension)：

指人在看到圖形時產生的各種認知、感覺，包含圖形的樣式、組成圖形的元件、元件間的關係、大小、方向、位置... 等都包含在內。其中，或許有些是與事實不符或更為精進的理解，原因在於知覺性理解除了眼見為憑之外，還包含了與舊有基模、知識的交融，而激盪出來的結果。所以不當的訊息將會造成更深的誤解；相對的，設計適當的教材則可以激發出最佳的學習效果。

2. 循序性理解 (Sequential Apprehension)：

圖形的組成是有結構性、順序性及符合數學法則的，所以在循序性理解中的認

知就必須建立在個體能以限制繪圖工具及數學方法的方式，將圖形循序的畫出。限制工具及方法的原因在於一個完整的圖形是由許多基本元件依一定順序組成，若能夠在整個繪圖過程中很順利地將構圖與圖形連結起來，才算是了解圖形；如果學生不能夠將此圖形畫出，便不能說已經理解此圖形。

所以，在課堂中或是回家作業中盡量讓學生能夠自己動手將圖形繪出，教師也應該在教材中將繪圖的步驟列出，並帶領學生經歷繪圖的經驗。

3. 推論性理解 (Discursive Apprehension) :

指的是能將圖形以語言文字的方式表徵出來。如果只將圖形的認知置於心理，則必定因人而異，唯有將想法以文字的方式呈現，才能確定其正確的理解圖形，完整的學習到圖形所要表達的意涵。

這種理解方式對於學習數學來說相當重要，因數學中牽扯到了許多計算及代數的部分，並不像國文、自然、歷史...等科目擁有豐富的生活情境，能產生適當的心像、想像來輔助知識的建立，所以更應加強推論性理解，自己串聯、整合知識，也讓教師了解學生是否完整學習。

4. 操作性理解 (Operative Apprehension) :

所謂的操作，指的是操弄、變換心智或實體圖形，即可以只在腦中做想像，亦或將圖形繪出。經由這種理解，學習者往往才能找到答案或是找到提供答案所需的步驟，這個過程在啟發中扮演相當重要的角色，經由這種訓練，學生才不會只認識特定圖形，在圖形稍加改變時便不知所措。操作圖形的方式有三種：

(1) 組塊方式 (The Mereologic Way) :

將圖形分解成多個部分，且可將多個部分組合成其他圖形。

(2) 光學方式 (The Optic Way) :

對圖形做放大、縮小、鏡射...等方式的變化操作。

(3) 位移方式 (The Place Way) :

改變圖形的位置或是方位。

Duval 在 1988 年進一步提出了三種認知處理的過程，是在學習幾何時所須經歷的：

1. 視覺過程 (Visualization) : 對於各種圖形空間表徵的認知歷程。
2. 建構過程 (Construction) : 使用製圖工具將圖形進行再製的歷程。
3. 推理過程 (Reasoning) : 推論的過程，如說明、證明...等。

Duval 認為這三種過程，並不一定會同時存在，如可能對某個圖形產生了知覺，但

卻不一定有建構它或是有推理它的歷程產生，除非個體自主的想要產生這些歷程。但若是完整的證明一個圖形或是解答一個幾何的題目，則這三種歷程中的二種或全部必定得互相配合，才能達到目的。而唯有當這三個過程的個別發展都很完整，三者才能緊緊的結合，真正的大功告成。

下圖為這三種過程的交互影響模型，1 號箭頭代表「推理過程」能輔助「視覺過程」的產生甚至運作，其他的實線箭頭都代表相似的含意。2 號箭頭為虛線箭頭，代表「視覺過程」或許能輔助「推理過程」的產生與運作，但並不是必定的。5 號箭頭代表「推理過程」有兩種情況，5(A)代表使用自然語言（在內心思維或是對外提出）來命名、描述或是提出討論。5(B)則代表為了論述的演繹組織而陳述定義、原理的理論情況。

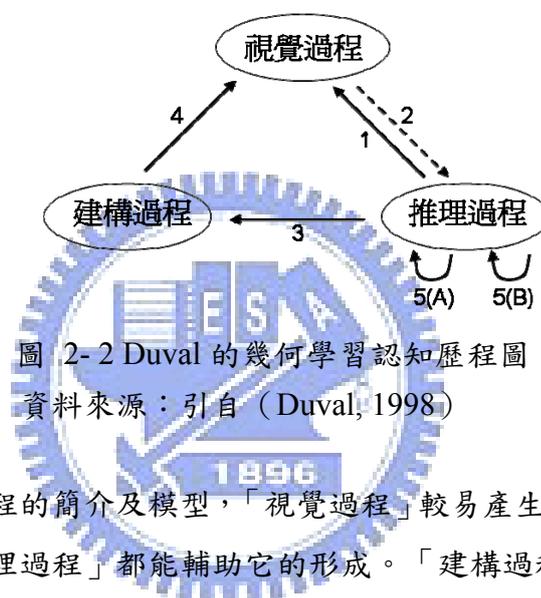


圖 2-2 Duval 的幾何學習認知歷程圖
資料來源：引自 (Duval, 1998)

綜合前面對三種過程的簡介及模型，「視覺過程」較易產生（雖然未必一定正確），且「建構過程」及「推理過程」都能輔助它的形成。「建構過程」需將圖形進行再製，所以「推理過程」可以輔助它的形成。而推理過程則必須靠自然語言的命名、描述及討論，或是論述定義、理論等數學語言，並不太能夠依靠「視覺過程」或「建構過程」來給予幫助，雖然模型告訴我們「視覺過程」或許可以幫助「推理過程」，但卻難保不會有誤導的可能。因此，在設計幾何教材時要特別小心地操弄視覺物件，以免適得其反產生錯誤的視覺過程，導致錯誤的知識建立。

2.5.2 三角形外心的學習內容

研究者根據教育部(2003)所訂出的「國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域」的能力指標及分年細目說明中與本研究的教學課程「三角形的外心」單元相關的內涵製成表 2-5。表 2-6 則是將表 2-5 中的「說明」欄訂成本研究教材的「教學內容」，再依「教學內容」制訂出「教學目標」，以做為本研究設計教學活動、教材的依據及內容，最後

再列出教學目標所對應的先備知識。

表 2-5 九年一貫課程綱要「三角形外心」能力指標對照表

分年細目及內容	說明	對照能力指標
9-s-08 能理解三角形外心的定義和相關性質。	1. 過三角形三頂點的外接圓圓心稱為三角形的外心。	S-4-13 能運用相似三角形的性質進行測量。
	2. 理解三角形的外心至三頂點等距離。	S-4-14 能理解圓的幾何性質。
	3. 理解直角三角形斜邊中點到三頂點等距離。	S-4-15 能利用三角形及圓的性質作推理。

資料來源：（教育部, 2003）

表 2-6 「三角形外心」教學內容、目標及先備知識對照表

主題	教學內容	教學目標	先備知識
外心	1. 過三角形三頂點的外接圓圓心稱為三角形的外心。	1-1 理解外心即為外接圓的圓心。	圓的基本性質。
		1-2 理解三角形任兩邊的中垂線交點即為外心，第三邊的中垂線也必交於同點。	中垂線的畫法及性質。
		1-3 理解鈍角、銳角及直角三角形的外心分別在三角形的外部、內部及斜邊上。	三角形基本性質。
	2. 理解三角形的外心至三頂點等距離。	2-1 理解三角形外心至三頂點等距，此距即為外接圓半徑。	中垂線性質。

（接下頁）

表 2-6 「三角形外心」教學內容、目標及先備知識對照表

(接上頁)

	2-2 理解銳角三角形中，外心與任兩頂點連線所形成的夾角，等於第三個頂點內角度數的一半。	三角形外角性質。
	2-3 理解鈍角三角形中，外心與任兩頂點連線所形成的夾角等於 360 度減去 2 倍第三個頂點的內角度數。	三角形的內角和。
3. 理解直角三角形斜邊中點到三頂點等距離。	3-1 理解直角三角形斜邊中點至三頂點等距，此距即為外接圓半徑。	三角形與圓的基本性質。

資料來源：改自（教育部, 2003）

此外，呂益昇（2005）曾提出國中生「三角形外心與內心概念」的學習困難因素：

1. 未能以正確、完整的數學語言或符號描述圖形或數學專有名詞。
2. 未能將所學的知識整理成有系統的概念幫助學習。
3. 論證觀念不完整，文字表徵與形式論證的能力不足。
4. 缺少相關的解題經驗，沒有主動繪製參照圖的習慣。
5. 未熟悉預備知識，缺乏利用已知性質推理的能力。

研究者也針對上述這些因素改良了教材，以下根據上述困難因素條列出本研究相對應的處理對策：

1. 適時的帶入專有的數學語言、符號與圖形：

英國的數學教育家（A. G. Howson）曾指出：「沒有必要引入任何符號或縮寫，除非學生自己已確實的感受到需引入符號或縮寫的必要性，體會到其優越性，甚至他們自己提出這方面的建議時」。

這與研究者希望引導學生的想法很類似，在本研究的實驗教材中就是將不必要的數學語言、符號與圖形省去，而改以「適性指標」加以引導，以自然語言、沒有溝通障礙的方式讓學生理解艱澀的題目，待學生理解時再適時的將專有的數學語言

介紹給學生，使其自然的接受，而不是只能強記，不知所云。

2. 類比學習統整系統：

呂益昇（2005）認為，可以藉類比策略、類比遷移，建立知識之間的關係，進而將知識系統化，這與 Sweller 的變化效應（variability effect）有點類似，在不超過認知負荷總量的情況之下，改變题目的情境，達到知識的延伸、連結，學習者因可習得更完整的知識。

因此，針對本研究的實驗教材中較複雜的部分，研究者皆有設計例題，供學習者消化課程內容、建立知識的關係。

3. 強化「推理過程」：

這裡的「推理過程」指的就是 Duval（1998）的幾何認知處理過程三項的其中一項，請參閱前文。此外，研究者所使用的激發式動態教學，將大大的提升「視覺過程」，若在教學的期中適時引導，或許也能協助「推理過程」。

4. 反覆練習，加強「操作性理解」：

Duval（1995）的「操作性理解」中強調的就是藉由操弄、變換心智或實體圖形，來達到對幾何的理解。所以我們應盡量讓學習者有機會「玩」圖形，不管是手動、眼動、或心動都可。

在本研究的實驗課程中，雖沒有給受試者以手操作圖形的機會，但教師在教授中都會不斷的提問，以期增加受試者眼動及心動的機會。

5. 複習先備知識，提示教學內容：

在單元內容開始之前，即先針對內容所應具備的先備知識預做複習，或在教學中視情況彈性的複習。以三角形的外心形成為例，可以先複習中垂線的畫法、性質再教畫外心，或是在要畫出外心時順便帶出中垂線的畫法及性質。所謂的提示教學內容，則為在複習先備知識時，則提示後續的單元中會使用到這些知識，學習者便會多一分留意，經過這樣的訓練之後，便會習慣主動做推理的動作了。

本研究在正式實施實驗課程前，便準備了使用「激發式動態呈現」的先備知識課程，一方面使受試者習慣此種教學環境與方法，另一方面則達到複習先備知識，提示教學內容的目的。

三、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、研究設計、研究對象、研究工具及資料分析方法。

3.1 研究流程及架構

本研究流程共分為準備階段、施測階段及分析階段三個部分，實施流程如圖 3-1。

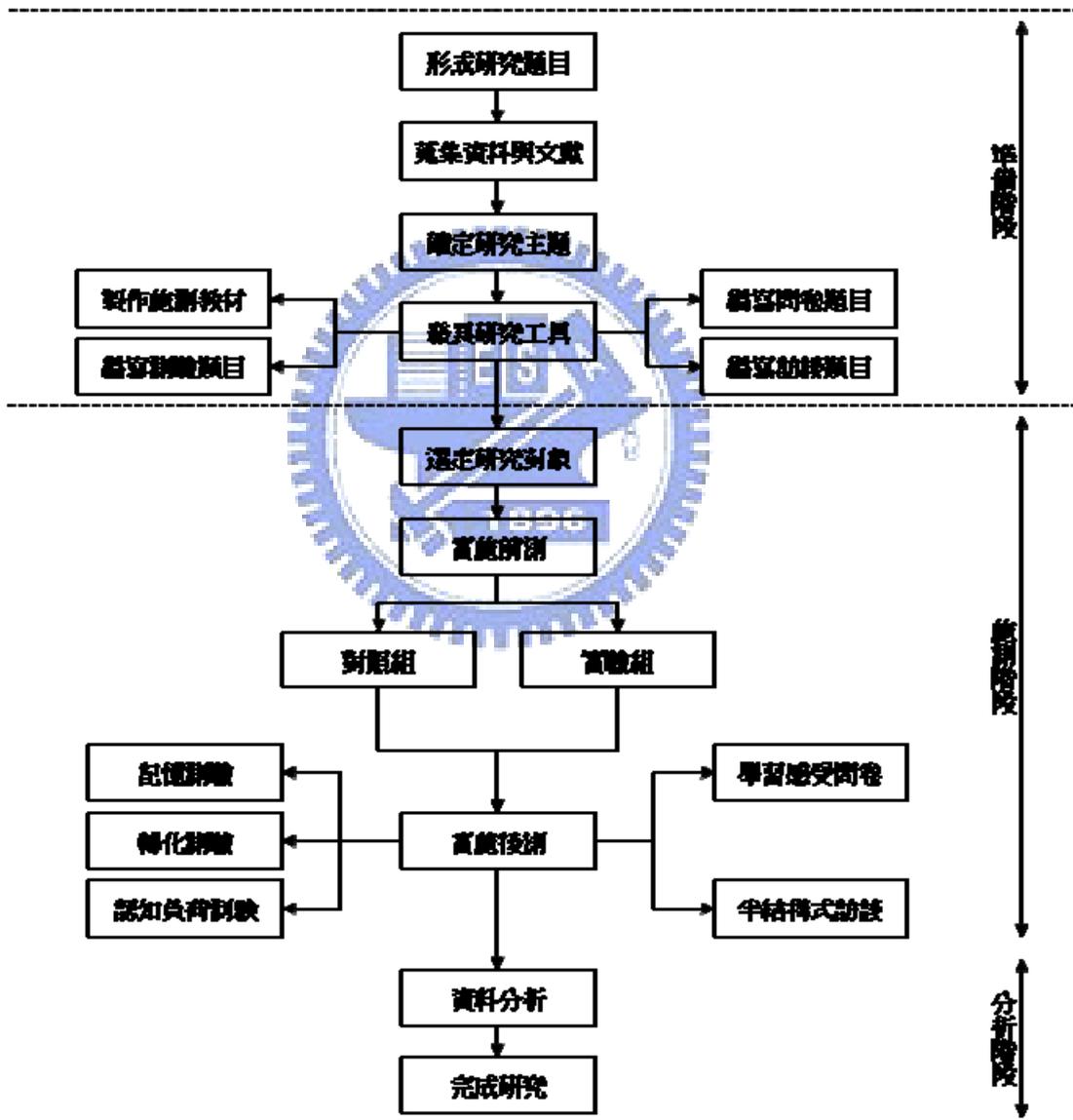


圖 3-1 研究流程圖

研究架構如圖 3-2：

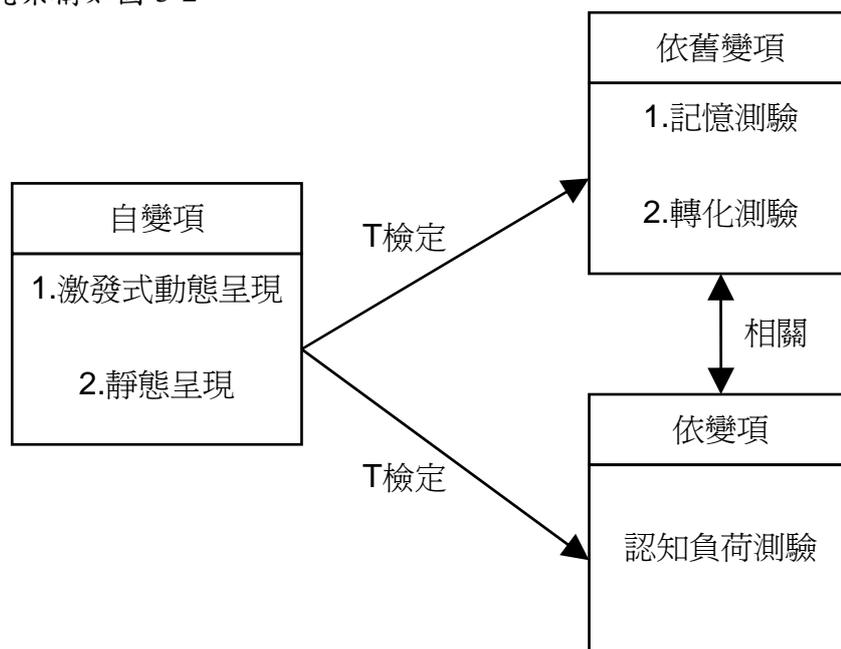


圖 3-2 研究架構圖

3.2 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

3.2.1 研究法的選擇

本研究是以課堂授課為導向，探討激發式動態教學對學生的學習成效及認知負荷所造成的影響。既以課堂授課為導向，所以希望以教師平日即有在授課的班級作為對象，因此並無隨機選擇受試者，故研究法選擇了準實驗研究法，並以一幾何教材「三角形的外心」來教導學生，學生共分為實驗組及對照組兩組，實驗組使用「激發式動態呈現」的教材；對照組則使用「靜態呈現」的教材。在實施課程之前，針對轉化測驗先予以前測，實施課程之後再進行記憶、轉化測驗、及認知負荷測驗，並將這三種測驗做量化分析。除了量化分析外，也輔以質性分析，調查學生對激發式動態呈現的教學課程的學習感受。

3.2.2 研究變項與假設

1. 研究變項：

(1) 自變項：激發式動態呈現與靜態呈現

實驗組使用了「激發式動態呈現」的教材來教學，而對照組則使用了「靜態呈現」的教材來教學。自變項中詳細的教材內容、施教方式將在 3.4「研究工具」中再加以說明

(2) 依變項：轉化測驗、記憶測驗、認知負荷測驗、學習感受。

依變項中詳細的測驗及問卷、訪談的內容將在 3.4 節「研究工具」中再加以說明。

(3) 控制變項：

① 授課教師：

因本研究旨在探討「課堂授課」下的教學，不同的教師將會影響授課的情況，所以本研究在實驗組及對照組的授課教師皆為同一人，且擁有多年的教學經驗，也在平日就與實驗及對照組的學生培養出良好的互動默契。

② 授課環境：

避免產生新環境的新鮮感，實驗組及對照組皆在原班級授課，使用相同的筆記型電腦及單槍投影機且架設在同樣的位置，兩班級的人數、座位安排的方式、投影幕的位置、授課的時間點及教室的地理位置也都相似。

因「激發式動態教學」為一創新的教學方式，且授課教師平日必無使用此教學法，所以安排在實驗的前幾天，先使用「激發式動態教學」來教導實驗課程的先備知識，使學生熟悉此方法的教學方式，以降低實際授課時不必要的干擾。

2. 研究假設：

林煜庭(2007)發現，在課堂授課中，學生在具有適當設計的彈性指標多媒體教材中學習，會比在沒有彈性指標的教材中學習來得效果好。緊接著洪榮忠(2008)及吳帝瑩(2008)分別發現激發式動態呈現有助於數學學習成就較低的學生在數學上的學習，及從排列組合的問題中發現不管對學習成就低或高的學生，在記憶及轉化測驗上都有較佳的表現。根據以上研究者的研究及本研究的研究問題，提出以下

量化研究的假設：

- (1) 激發式動態呈現的組別比靜態呈現的組別在記憶測驗的成績高，且有達顯著差異。
- (2) 激發式動態呈現的組別比靜態呈現的組別在轉化測驗的成績高，且有達顯著差異。
- (3) 激發式動態呈現的組別比靜態呈現的組別在認知負荷測驗的成績高，且有達顯著差異。
- (4) 認知負荷測驗與記憶測驗有顯著的相關。
- (5) 認知負荷測驗與轉化測驗有顯著的相關。

3.2.3 實驗流程

實驗組及對照組分別進行課程教學、各項測驗及訪談，整個流程共分為 6 個步驟，如表 3-1。

表 3-1 實驗流程與時間分配表

流程	內容	所需時間
1	轉化測驗（前測）	15 分鐘
2	實驗課程教學	45 分鐘
3	記憶測驗	10 分鐘
4	轉化測驗（後測）	15 分鐘
5	學習感受及認知負荷問卷	5 分鐘
6	訪談	150 分鐘

3.3 研究對象

本研究的研究對象為新竹縣某國中二年級的學生，該校為山區學校，地處偏遠，所有二年級的學生僅有兩班。以新竹縣最近的一次的模擬考為例，全縣應考人數共 51572 人，該校二年級學生百分等級最高分者僅 48%，第二名以後全都在 30% 以下，顯示學生學習成就偏低。

研究者選擇的這兩個班級皆為常態編班（以下稱為甲班、乙班），人數皆為 20 人，不過施測當天因個人因素，兩班皆只有 17 人參與課程及施測，所以以下分析都將未參與實驗的學生去除。研究者最初僅比較兩班最近的兩次數學段考成績，發現兩班居然達到顯著的差異，後來增加比較的段考次數（最近的四次成績）之後，才發現其並無顯著

差異，研究者認為這應是學生的學習狀況不穩定的緣故。表 3-2 列出這兩班在二年級上學期數學的三次段考及下學期第一次段考，共四次的段考成績的平均數與標準差摘要表。

表 3-2 甲班及乙班的段考平均及標準差摘要表

班別	樣本數	平均數	標準差
甲班	17	19.941	6.402
乙班	17	19.622	7.484

由上表可看出，兩組的平均數差不多，以下再將兩組的成績進行獨立樣本 t 檢定，並將其摘要表製成表 3-3：

表 3-3 甲班及乙班的段考平均 t 檢定摘要表

	Levene 檢定		t	自由度	顯著性 (雙尾)
	F 檢定	顯著性			
四次段考平均	.006	.940	.117	32	.908

由上表可看出，在 Levene 檢定下，兩班在變異數同質性的顯著性為 $.940 > .05$ ，表示兩個樣本的離散情形並無明顯差別，因此觀察假設變異數相等時的 t 值為 $.117$ ，顯著性為 $.908 > .05$ ，驗證兩班在段考平均上並無顯著的差異。隨機抽選一班為實驗組，另一班則為對照組。

3.4 研究工具

本節分成五個部分，分別說明教材設計、測驗設計、認知負荷量表設計、學習感受問卷設計及訪談設計。

3.4.1 教材設計

實驗組的教材是遵循認知負荷理論、多媒體學習理論、幾何圖形的相關學習理論及激發式動態教學所設計出來的。教材使用投影幕播放出來，並利用滑鼠的單擊，觸發事

件的發生。滑鼠在同一張投影片中盡量不移動，一方面使學習不受到干擾，另一方面則讓適性指標發揮作用，確實引導學習。

對照組的教材與實驗組的差異主要有二，一為將激發式動態呈現的部分去除，改以靜態畫面呈現；二則是使用滑鼠當作引導的工具，標示學生應當注意的位置。除此之外，對照組的教材皆與實驗組相同，教師在兩組的口語解說也盡量相同。

本研究為驗證激發式動態呈現的教學成效，選擇了一個幾何的主題—「三角形的外心」作為實驗的教材，原因有以下二點：

1. 幾何教材圖形繁複：

如同 2.5.1「幾何圖形的認知理解」該節所述，Duval (1998) 認為幾何圖形的了解過程必定要有三個過程，視覺、建構及推理過程，而傳統的教學無法同時提供大量的圖形及細緻的解析，處理的不好將會使教學畫面過於混亂，導致學生在視覺過程中無法理解，相當然爾影響到其他兩個過程的學習。再者，選擇「三角形的外心」作為教材是希望教材的圖形不要過於簡單，以免激發式動態教學無法發揮它的效能，而與靜態呈現的教學無異。

2. 降低教材的外在認知負荷：

本研究的教學單元原是三年級的課程，選擇二年級學生當作研究對象，勢必會增加其內在認知負荷，但在適當的教材設計之下將能大幅地降低外在負荷。因此研究者在確定學生已具備了先備知識之後，實施了「三角形的外心」這個單元的教學，以驗證是否符合研究者的假設。

以下針對教材的內容列出與投影片的對照關係、教學投影片的共同適性指標設計、教學投影片的個別適性指標設計、教材製作分析與投影片的對照關係來說明教材的製作：

1. 教學目標內容與投影片對照關係：

將 2.5.2「三角形外心的學習內容」該小節中列出的教學目標與投影片做對照，除第一張為主題名稱不列入之外，其餘如表 3-4：

表 3-4 教學目標與投影片的對照關係表

目標編號	學習目標	投影片編號
1-1	理解外心即為外接圓的圓心。	7、8
1-2	理解三角形任兩邊的中垂線交點即為外心，第三邊的中垂線也必交於同點	2
1-3	理解鈍角、銳角及直角三角形的外心分別在三角形的外部、內部及斜邊上。	5、6、8
2-1	理解三角形外心至三頂點等距，此距即為外接圓半徑。	3、4、7、8
2-2	理解銳角三角形中，外心與任兩頂點連線所形成的夾角，等於第三個頂點內角度數的一半。	9、10、11
2-3	理解鈍角三角形中，外心與任兩頂點連線所形成的夾角等於 360 度減去 2 倍第三個頂點的內角度數。	12、13、14
3-1	理解直角三角形斜邊中點至三頂點等距，此距即為外接圓半徑。	5、6、8

2. 教學投影片的共同適性指標設計：

教材投影片所使用的適性指標皆根據林煜庭（2007）所歸納出的原則加以應用，表 3-5 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 3-5 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
1. 投影片底色統一使用白色	明度差異原則
2. 教材內容使用白、黑、紅、黃、綠、藍色	明度差異原則
3. 畫面顏色不超過五種	明度差異原則

（接下頁）

(接上頁)

4. 同一物件在不同頁面當中顯示在同一位置	標示原始物件原則
5. 物件不重要時使其淡化，不要突然使其消失	引導原則
6. 文字盡量靠近圖形，且與圖形都有關聯	群化原則

3. 教學投影片的個別適性指標設計：

除了列出所有投影片的共同適性指標設計之外，表 3-6 再列出適性指標原則與個別投影片的對照關係：

表 3-6 教學投影片的個別適性指標原則表

適性指標原則	投影片編號
1. 標示原始位置原則	全部
2. 特徵獨立原則	全部
3. 通道原則	2、8
4. 群化原則	2、3、4、5、7、9、12
5. 明度差異原則	全部
6. 引導原則	全部（除了 10、13 張）
7. 觸發原則	全部（除了 10、13 張）

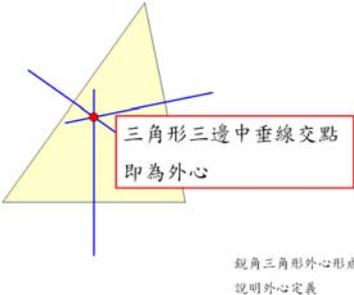
4. 教材製作分析與投影片對照關係：

表 3-7 先列出教材中使用的適性指標特徵與 PowerPoint 中「自訂動畫」的關係表。表 3-8 至表 3-20 則將各個投影片的制作重點、版本的演進及使用的自訂動畫列出（第一張為主題名稱，不列出）。

表 3-7 適性指標特徵分類編碼與自訂動畫對照表

適性指標特徵分類編碼	PowerPoint 的自訂動畫
進入\出現	4.1 MOTION -New object
進入\淡出	4.1 MOTION -New object
進入\擦去	4.1 MOTION -New object 4.5 MOTION-New motion
強調\蹺蹺板	4.4 MOTION-jitter motion
強調\閃爍	4.6 MOTION-Flicker
強調\陀螺轉	4.5 MOTION-New motion
強調\滾輪	4.1 MOTION -New object 4.5 MOTION-New motion

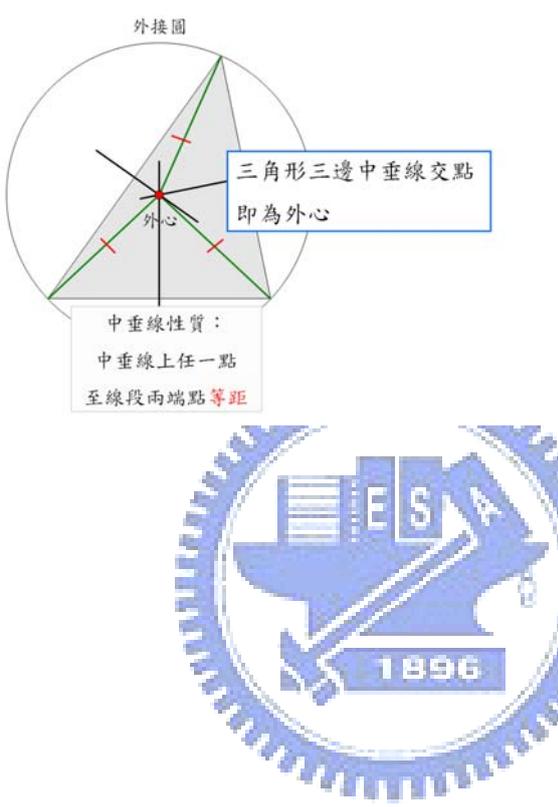
表 3-8 第二張教學投影片的製作分析與修改表

教學投影片		教材製作分析與修改
第二張 (第一版)		<p>(1) 實際上使用了三張投影片，即正、銳角、鈍角三角形來說明外心的形成。</p> <p>(2) 直接畫出三邊的中垂線（未使用尺規作圖的方法）。說明三邊中垂線交點即為外心。</p> <p>(3) 按鈕在三角形內。</p>

(接下頁)

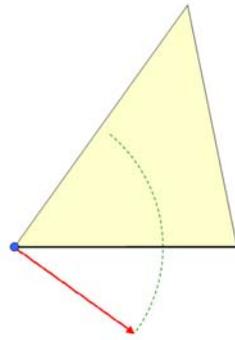
表 3-8 第二張教學投影片的製作分析與修改表

(接上頁)

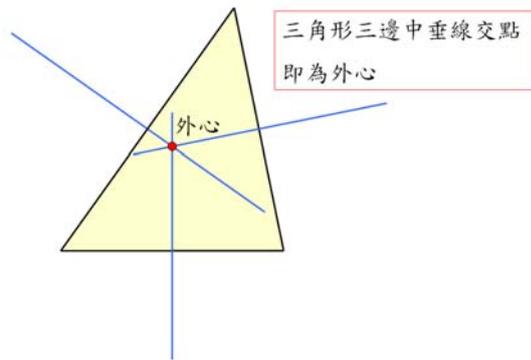
		<p>(4) <u>文字說明框</u>會遮住圖形。</p> <p>(5) <u>外心</u>及<u>文字說明</u>使用「進入\出現」動畫；「三中垂線」則使用「進入\擦去」動畫。</p>
<p>第二張 (第二版)</p>		<p>(1) 使用與第一版不同的方式講解：先介紹外接圓，再導入外心及其性質。</p> <p>(2) 秀出外接圓，找到外心（圓心），連線至各頂點的連線即為半徑，再利用中垂線線上任一點至兩端點等距，說明三邊中垂線交點即為外心。</p> <p>(3) <u>文字說明框</u>會遮住圖形。</p> <p>(4) 按鈕除<u>中垂線性質說明</u>設定為「關閉」外，其餘直接使用滑鼠當激發器。</p> <p>(5) 與第一版相同的物件使用相同的動畫；<u>三角形三邊</u>使用「強調\蹺蹺板」動畫；<u>半徑相等的標示</u>則使用「強調\閃爍」動畫。</p>

(接下頁)

第二張
(實驗版)



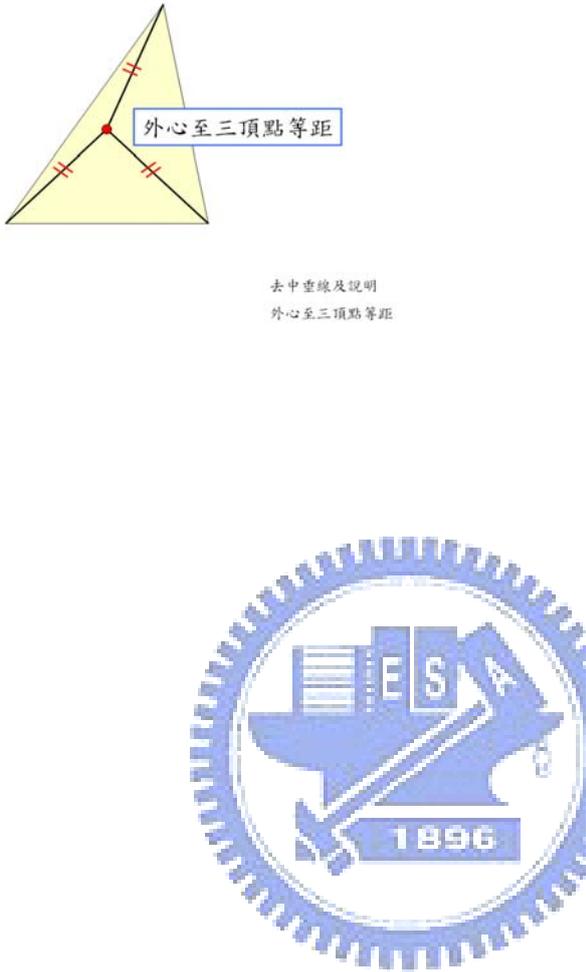
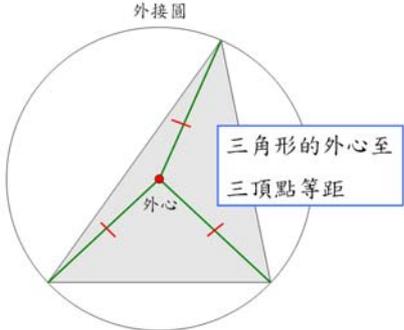
圖片說明：使用模擬尺規作圖的方式，畫出中垂線。



圖片說明：第二張投影片播放結束的畫面。

- (1) 捨棄第二版的方式，因恐對學生造成額外的內在認知負荷（教材內容太多轉折）與外在認知負荷（畫面較複雜）。重新選用第一版的方式，惟獨中垂線改使用尺規作圖的方式呈現，使學生較能接受其真實性，也加強「循序性理解」。
- (2) 僅使用滑鼠當激發器，避免因過多的按鈕對教學者產生負荷。
- (3) 與第一版相同的物件使用相同的適性指標；三角形三邊除了使用第二版的指標外，激發後再根據 Form-size 的特徵應用，使其線條變粗，免得部分學生因分心沒注意到 jitter motion 的引導而無法跟上。
- (4) 文字說明框改成不遮住圖形，以免影響學生視圖，妨礙其雙通道的整合。

表 3-9 第三張教學投影片的製作分析與修改表

	教學投影片	教材製作分析與修改
<p>第三張 (第一版)</p>		<ol style="list-style-type: none"> (1) 實際上為避免過多的「自訂動畫」使得教材更改不易，而使用了三頁投影片來說明這個概念。 (2) 利用中垂線至兩端點等距來說明外心至三頂點等距。 (3) 按鈕都在三角形內部。 (4) 文字說明框會遮住圖形。 (5) 三角形三邊使用「進入\出現」及「強調\閃爍」動畫；中垂線與文字說明框也使用「進入\出現」動畫；外心到三頂點的連線使用「進入\擦去」動畫；距離相等的標示使用「強調\閃爍」動畫。 (6) 畫面物件過於複雜時依 New object-[visual marking] 的特徵應用，將其淡出。
<p>第三張 (第二版)</p>		<ol style="list-style-type: none"> (1) 如同第一張投影片一樣的模式講解，先介紹了外接圓，外心即圓心之後。外心至三頂點的連線即為半徑，距離相等。 (2) 文字說明框會遮住圖形。 (3) 直接使用滑鼠當激發器。 (4) 文字說明、外心到三頂點的連線、距離相等的標示使用與第二版相同的適性指標。

(接下頁)

表 3-9 第三張教學投影片的製作分析與修改表

(接上頁)

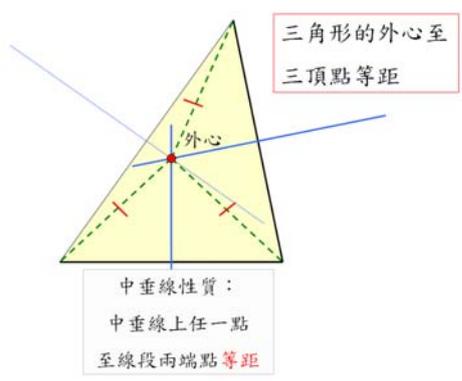
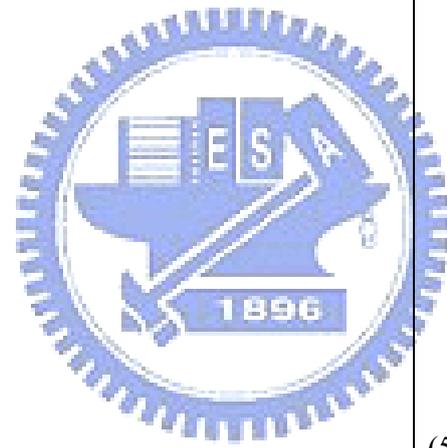
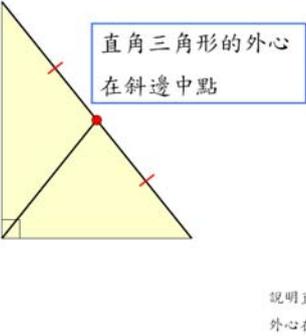
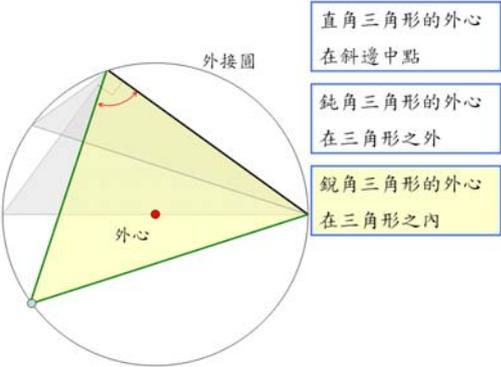
<p>第三張 (實驗版)</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>	<ol style="list-style-type: none"> (1) 捨棄第二版的方式，理由同第二張的「教材製作分析與修改」第(1)點，重新選用第一版的方式。 (2) 按鈕除中垂線性質說明設定為「關閉」（可彈性激發，適時導引）外，其餘直接使用滑鼠當激發器。 (3) <u>文字說明</u>改成不遮住圖形。 (4) <u>三角形三邊</u>使用「強調蹺蹺板」動畫，激發後再根據Form-size的特徵應用，將線條變粗；<u>中垂線</u>使用「強調閃爍」動畫，且同樣在激發後變粗；<u>外心到三頂點的連線、距離相等的標示與文字說明</u>使用與第二版相同的適性指標。 (5) <u>外心到三頂點的連線</u>改為虛線，以與<u>中垂線</u>區隔。
----------------------	---	--

表 3-10 第四張教學投影片的製作分析與修改表

	教學投影片	教材製作分析與修改
<p>第四張 (第三版)</p>	 <p>目標：井水到三間房子的 距離一樣</p> <p>三角形的外心至 三頂點等距</p>	<p>(1) 根據認知負荷理論中的工作示例及問題完成效應，增加第一、二版中所沒有的「例題」，幫助學生了解第三張投影片所要學會的概念。</p> <p>(2) 按鈕除文字說明框設定為「關閉」外，其餘直接使用滑鼠當激發器。</p> <p>(3) <u>水井</u>使用具有「進入\出現」動畫；<u>目標</u>、<u>外心</u>、<u>文字說明框</u>、<u>三角形三邊</u>、<u>外心至三頂點的連線</u>使用「進入\擦去」動畫依序呈現，圍出三角形之後隨即呈現出<u>三角形</u>；<u>距離相等</u>的標示則接續使用「進入\出現」、「強調\閃爍」動畫。</p>
<p>第四張 (實驗版)</p>	 <p>目標：井水到三間房子的 距離一樣</p> <p>三角形的外心至 三頂點等距</p>	<p>只有<u>水井</u>的呈現與第三版不同。第三版的水井最後僅以箭頭指示出位置；而此版本則使用「強調\陀螺轉」動畫，邊旋轉、縮小邊移動的方式使其直接定位於外心上，一目瞭然，且增加了趣味性。</p>

表 3-11 第五張教學投影片的製作分析與修改表

教學投影片		教材製作分析與修改
<p>第五張 (第一版)</p>		<p>(1) 實際上使用了兩頁投影片來說明這個概念：第一頁畫出直角三角形的外心，第二頁連線至三個頂點並說明外心在斜邊中點。</p> <p>(2) 僅有一按鈕在三角形內部。</p> <p>(3) <u>外心</u>使用「進入\出現」動畫；<u>中垂線及外心至三頂點的連線</u>使用「進入\擦去」動畫依序呈現；<u>距離相等的標示與文字說明框</u>使用「進入\淡出」動畫。</p>
<p>第五張 (第二版)</p>		<p>(1) 嘗試利用外接圓將直角、鈍角、銳角三角形的外心位置放在同一張投影片上介紹。直角三角形因外心剛好位在斜邊上，即外接圓的直徑上，所以至斜邊兩端等距。接著再調整邊與角作出銳角及鈍角三角形，介紹他們的外心的位置。</p> <p>(2) 三種三角形依序出現，且在介紹下一種三角形前使其變為灰階但不消失，淡化訊息。</p> <p>(3) 文字說明配合三角形出現，並依 FORM-Added marks 特徵應用而加上底色。</p>

(接下頁)

表 3-11 第五張教學投影片的製作分析與修改表

(接上頁)

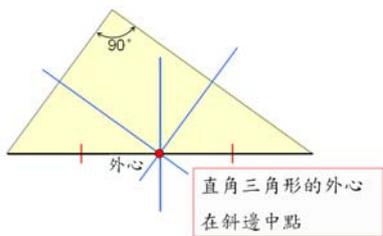
		<p>(4) 僅使用滑鼠當激發器。</p> <p>(5) <u>弧度</u>使用具有「進入\擦去」動畫；<u>文字說明框</u>使用「進入\淡出」動畫。</p>
<p>第五張 (實驗版)</p>		<p>(1) 重新使用第一版的做法。因本教材將於國中二年級下學期施測，學生尚未學習到圓內角的概念，先備知識不足。</p> <p>(2) 將第一版的二頁投影片整合成一頁。</p> <p>(3) 僅使用滑鼠當激發器。</p> <p>(4) <u>中垂線</u>使用具有「進入\擦去」動畫依序呈現；<u>外心</u>與<u>文字說明框</u>使用「進入\淡出」動畫；<u>斜邊</u>使用「強調\蹺蹺板」動畫，激發後再根據 Form-size 特徵應用，將線條變粗；<u>距離相等的標示</u>使用「強調\閃爍」動畫。</p>

表 3-12 第六張教學投影片的製作分析與修改表

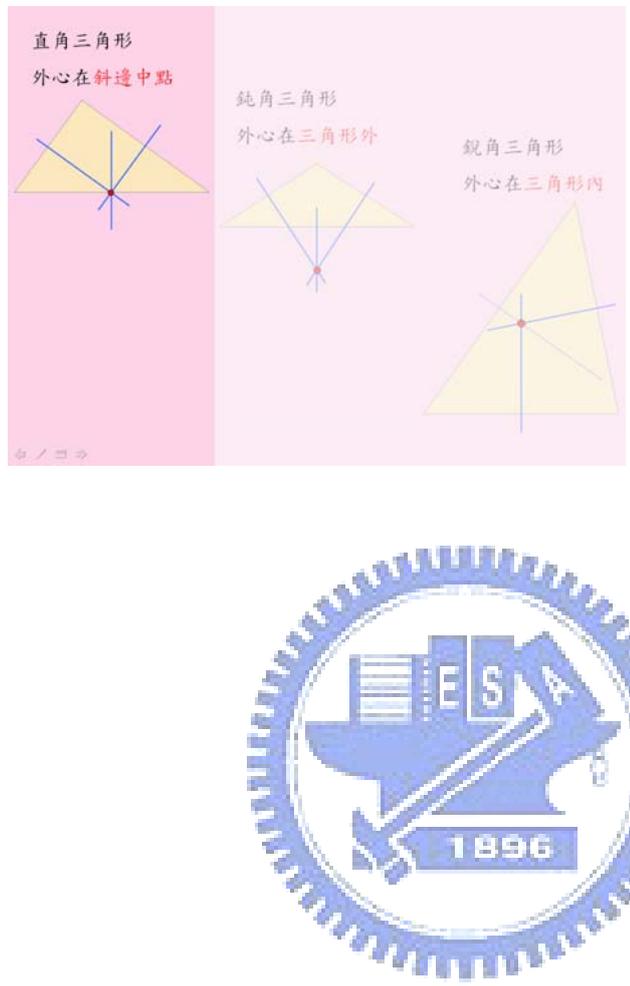
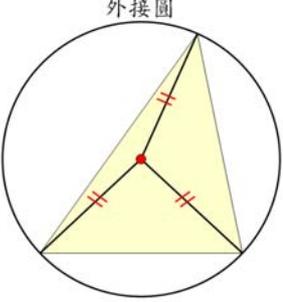
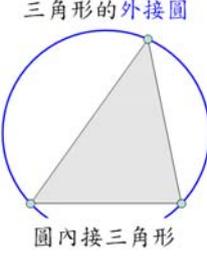
	教學投影片	教材製作分析與修改
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">第六張（實驗版）</p>	<div style="text-align: center;">  </div>	<ol style="list-style-type: none"> (1) 本來在第二版第五張投影片介紹的「外心在各種三角形中的位置」改置於本投影片中。 (2) 將投影片區分三塊，使其可個別被激發，激發的那塊根據 COLOR-Hue 的特徵應用，使其彩度變高，吸引注意力。 (3) 在三個三角形上各覆蓋一具有透明度的白色四邊形，將其設為「關閉」，彈性的引導學生。

表 3-13 第七張教學投影片的製作分析與修改表

教學投影片		教材製作分析與修改
第七張 (第一版)	 <p style="text-align: center;">畫外接圓</p>	<p>(1) 延續「外心至三頂點等距」的觀念，以外心為圓心，至頂點的距離為半徑畫出三角形的外接圓。</p> <p>(2) 按鈕在三角形內部。</p> <p>(3) <u>外心</u>、<u>外心至頂點的連線</u>使用具 flicker 特徵的「強調閃爍」適性指標；<u>外接圓</u>則使用「強調滾輪」動畫。</p>
第七張 (第二版)		<p>(1) 第二版將這個概念放在第二張講解，但研究者為了與其他版本做比較而在這陳述。</p> <p>(2) 內容說明：在一圓內任取三點，連接起來形成一三角形我們稱此三角形「圓內接三角形」；而此圓稱三角形的「外接圓」。</p> <p>(3) 按鈕設置在外接圓內。</p> <p>(4) 所有依序出現的動畫皆使用「出現\淡出」動畫；惟外接圓一開始便已出現，之後再一次介紹時根據 Color-Hue 適性指標將其變色，引導學習者學習。</p>

(接下頁)

表 3-13 第七張教學投影片的製作分析與修改表

(接上頁)

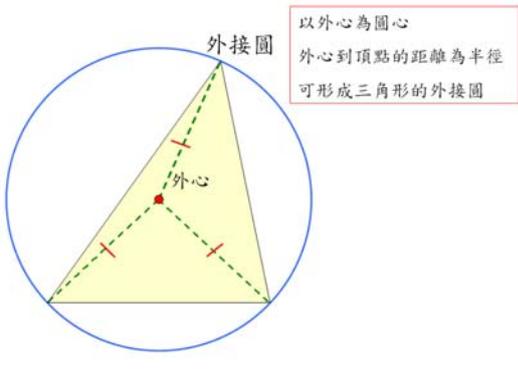
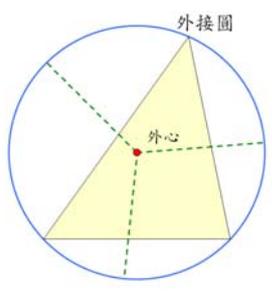
<p>第七張 (第三版)</p>		<p>(1) 回歸第一版的教法，因第二版的教法不好導入後續的教材。</p> <p>(2) 與第一版的差異主要在畫出外接圓前，讓半徑旋轉 360 度而外接圓隨著半徑轉動的軌跡顯現，加強其真實性。</p> <p>(3) 直接使用滑鼠當做激發器。</p> <p>(4) <u>外心</u>、<u>文字說明框</u>使用「出現\淡出」動畫；旋轉的半徑使用「強調\滾輪」動畫，而<u>外接圓</u>緊跟在後呈現，也使用相同的適性指標。</p>
<p>第七張 (實驗版)</p>		<p>(1) 與第三版雷同，僅在以外心至頂點的距離當半徑畫出外接圓之後，再讓三段半徑同時旋轉描繪出外接圓，再次證明外心至三頂點等距且等於外接圓的半徑。</p>

表 3-14 第八張教學投影片的製作分析與修改表

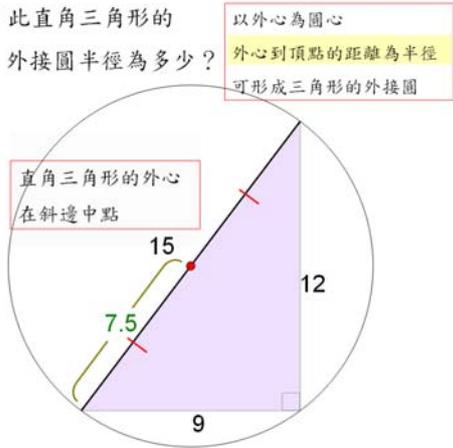
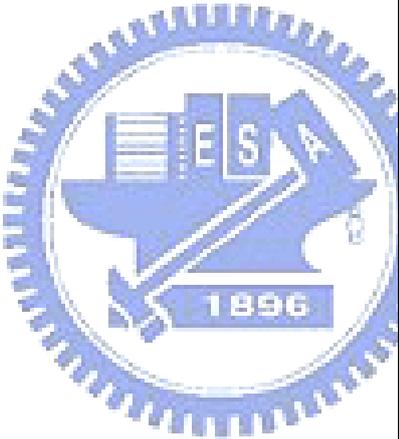
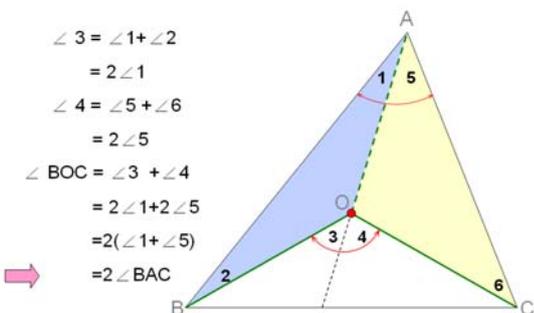
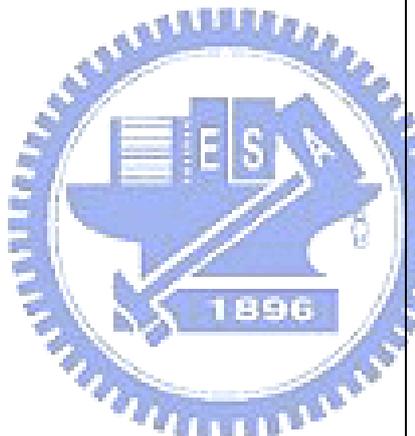
	教學投影片	教材製作分析與修改
<p>第八張（實驗版）</p>	<p>問：此直角三角形的 外接圓半徑為多少？</p>  <p>直角三角形的外心 在斜邊中點</p> <p>以外心為圓心 外心到頂點的距離為半徑 可形成三角形的外接圓</p> 	<ol style="list-style-type: none"> (1) 根據認知負荷理論中的工作示例及問題完成效應，增加前幾版中所沒有的「例題」，幫助學生學習。 (2) 藉由例題了解「直角三角形斜邊中點至三頂點等距，此距即為外接圓半徑」的概念。 (3) 在<u>文字說明框</u>中根據FORM-Added marks 特徵應用依步驟加上底色，引導說明。 (4) 按<u>文字說明框</u>設定為「關閉」外，其餘直接使用滑鼠當激發器。 (5) <u>外心</u>、<u>距離相等</u>的標示使用「進入\出現」動畫；<u>文字說明框</u>、<u>數字</u>使用「進入\淡出」動畫；<u>直角三角形斜邊</u>使用「強調\閃爍」動畫；<u>外接圓</u>使用「強調\滾輪」動畫。

表 3-15 第九張教學投影片的製作分析與修改表

	教學投影片	教材製作分析與修改
<p>第九張 (第三版)</p>	<p>證明：銳角三角形中，O點為外心， 求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$</p> <p> $\angle 3 = \angle 1 + \angle 2$ $= 2\angle 1$ $\angle 4 = \angle 5 + \angle 6$ $= 2\angle 5$ $\angle BOC = \angle 3 + \angle 4$ $= 2\angle 1 + 2\angle 5$ $= 2(\angle 1 + \angle 5)$ $= 2\angle BAC$ </p>  	<p>(1) 增加第一、二版都沒有的外心的角度應用。說明銳角三角形中，外心與任兩頂點連線所形成的夾角，等於第三個頂點內角度數的一半。</p> <p>(2) 以例題的方式切入，並利用了外角定理來講解。其中外角定理將在施測前以同樣的教法實施教學，補足先備知識與使學生習慣教學環境。</p> <p>(3) 將<u>演算說明</u>呈現在畫面的左邊，並設置了一個按鈕控制箭頭，使其能循序的輔助算式說明。</p> <p>(4) 除<u>演算說明</u>的按鈕外，另設置了兩個按鈕分別控制左右兩個三角形的「關閉」，其餘則使用滑鼠當做激發器。</p> <p>(5) <u>外心</u>使用「進入\出現」動畫；兩<u>三角形與其上的角度</u>與<u>外心</u>使用相同的適性指標，但他們可以在突之後變淡；<u>角度標示與輔助線</u>使用「進入\擦去」動畫；<u>外心至三頂點的連線</u>使用「強調\閃爍」動畫，並在閃爍後根據 Form-size 及 Color-hue 特徵應用使其變粗、變色。</p>

(接下頁)

表 3-15 第九張教學投影片的製作分析與修改表

(接上頁)

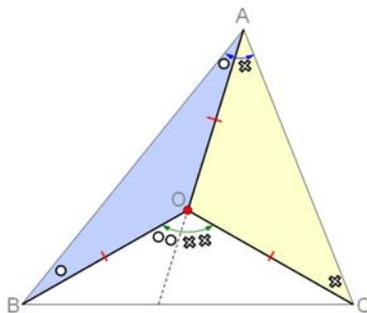
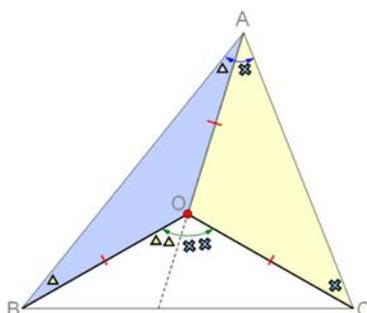
<p style="writing-mode: vertical-rl;">第九張 (第四版)</p>	<p>證明：銳角三角形ABC中，O點為外心。 求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$</p>  	<p>(1) 此版捨棄<u>演算說明</u>，改以符號的方式表達，將原本的角度編號改成圈及叉。因原本的方式易造成分散注意力，學習者必須在文字與圖像間左右搜尋，且加上演算說明後相對的也增加了外在認知負荷。</p> <p>(2) 只留滑鼠當激發器。三版中將兩個三角形分別設按鈕，此版則將這兩個相像的三角形同時呈現、一起比較。原因在於算式說明去掉之後，工作記憶的空間增加了，沒必要分別呈現。</p> <p>(3) 增加了<u>距離相等</u>的標示，使用「進入\出現」動畫。其餘動畫則與第三版中的相同。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl;">第九張 (實驗版)</p>	<p>證明：銳角三角形ABC中，O點為外心。 求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$</p> 	<p>(1) 將三角形 ABO 的角度相等符號從○改成△，以免將○看成0，造成困擾。</p> <p>(2) 最後激發 $\angle BAC$ 時，將線段 AO 變至透明度 50，以降低干擾。</p>

表 3-16 第十張教學投影片的製作分析與修改表

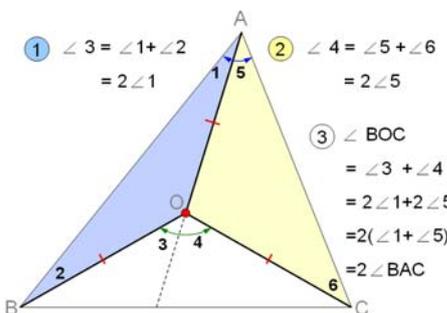
	教學投影片	教材製作分析與修改
<p>第十張 (實驗版)</p>	<p>證明：銳角三角形ABC中，O點為外心。 求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$</p> 	<p>(1) 將實驗版第九張的內容再呈現出演算過程的方式供學生參閱。</p> <p>(2) 本張投影片不設任何動畫，期望學生自行整合，並學習演算的過程。</p> <p>(3) 雖無使用動畫，但仍在畫面中根據群化原則將相關算式與其相對應的圖形使用相同色彩來呈現，並盡量讓算式靠近相對應的圖形，以減低分散注意力。</p>

表 3-17 第十一張教學投影片的製作分析與修改表

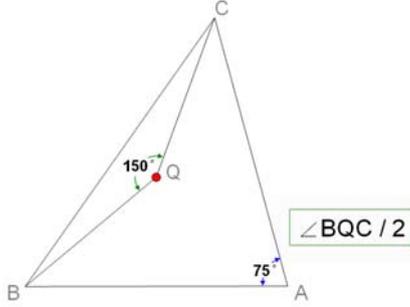
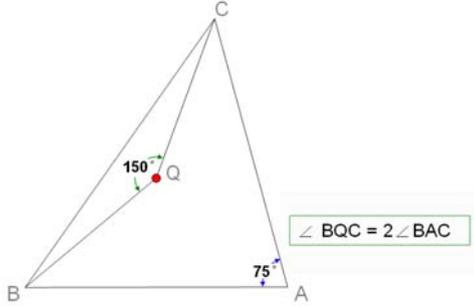
	教學投影片	教材製作分析與修改
<p>第十一張 (第四版)</p>	<p>問：銳角三角形ABC中，若Q點為外心， $\angle BQC = 150^\circ$，則$\angle BAC$幾度？</p> 	<p>(1) 於四版中增加了此張投影片，理由與第八張相同，根據認知負荷理論中的工作示例及問題完成效應，增加「例題」，幫助學生學習。</p> <p>(2) 題目是根據第十張的原理設計的，除了<u>答案的提示</u>設定成「關閉」之外，其餘使用滑鼠當激發器。</p> <p>(3) <u>外心</u>使用「進入\出現」動畫；<u>兩弧度</u>使用「進入\擦去」動畫；<u>答案</u>使用「強調\閃爍」動畫。</p>
<p>第十一張 (實驗版)</p>	<p>問：銳角三角形ABC中，若Q點為外心， $\angle BQC = 150^\circ$，則$\angle BAC$幾度？</p> 	<p>(1) 將答案的題示換種寫法，使其較接近原始題目，以確實達到提示的效果。其餘與第四版相同。</p>

表 3-18 第十二張教學投影片的製作分析與修改表

	教學投影片	教材製作分析與修改
第十二張 (第四版)	<p>證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心， 求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$</p>	<p>(1) 於第四版中增加前幾版都沒有的鈍角三角形的外心角度應用。說明鈍角三角形中，外心與任兩頂點連線所形成的夾角等於 360 度減去 2 倍第三個頂點的內角度數。以例題的方式切入，並利用了三角形內角和為 180 度來講解。</p> <p>(2) 全部使用滑鼠當做激發器。</p> <p>(3) <u>外心</u>使用「進入\出現」動畫；<u>弧線與延長線</u>使用「進入\擦去」動畫；<u>外心至三頂點的連線</u>使用「強調\閃爍」動畫，並在閃爍後根據 Form-size 特徵應用使其變粗。<u>角度相等的符號與距離相等的符號</u>使用「進入\淡出」動畫。</p>
第十二張 (實驗版)	<p>證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心， 求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$</p>	<p>(1) 改版的目的與第九張實驗版相同。</p> <p>(2) 將三角形 ABO 的角度相等符號從○改成△，以免將○看成 0，造成困擾。</p>

表 3-19 第十三張教學投影片的製作分析與修改表

	教學投影片	教材製作分析與修改
第十三張 (實驗版)	<p>證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心， 求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$</p> <p>① $\angle 3 = 180^\circ - \angle 1 - \angle 2$ $= 180^\circ - 2\angle 1$</p> <p>② $\angle 4 = 180^\circ - \angle 5 - \angle 6$ $= 180^\circ - 2\angle 5$</p> <p>③ $\angle BOC$ $= \angle 3 + \angle 4$ $= (180^\circ - 2\angle 1) + (180^\circ - 2\angle 5)$ $= 360^\circ - 2(\angle 1 + \angle 5)$ $= 360^\circ - 2\angle BAC$</p>	<ol style="list-style-type: none"> (1) 將實驗版第十二張的內容再以呈現出演算過程的方式供學生參閱。 (2) 本張投影片不設任何動畫，期望學生自行整合，並學習演算的過程。 (3) 雖無使用動畫，但仍在畫面中根據群化原則將相關算式與其相對應的圖形使用相同色彩來呈現，並盡量讓算式靠近相對應的圖形，以避免注意力分散。

表 3-20 第十四張教學投影片的製作分析與修改表

	教學投影片	教材製作分析與修改
第十四張 (實驗版)	<p>問：鈍角三角形ABC中，若Q點為外心， $\angle ABC = 130^\circ$，則$\angle CQB$幾度？</p> <p>$360^\circ - 2\angle ABC$</p>	<ol style="list-style-type: none"> (1) 於實驗版中增加了此張投影片，理由與第八張相同，根據認知負荷理論中的工作示例及問題完成效應，增加「例題」，幫助學生學習。 (2) 題目是根據第十二張的原理設計的，除了答案的提示設定成「關閉」之外，其餘使用滑鼠當激發器。 (3) 各適性指標的設計方式與第十一張投影片相同。

3.4.2 測驗設計

本研究的學習成效測驗共分記憶、轉化兩種。以下分別說明選擇的理由及製作方式：

1. 記憶測驗：

在 Mayer 的多媒體學習理論當中，提到學習必須包含記憶及了解，其中記憶指的就是能加以辨認及重新呈現的能力。本研究的記憶測驗即是根據 Mayer(2001) 的實驗方式加以改變，以填充的方式要求學生寫出學習單元的重點內容（意思相近，即算得分），答對一個子題即有一分；或是以圈選、勾選、標記的方式要求學生重現教學內容，答對一個應選的位置則得一分，若在正確答案區域以外的位置圈選、勾選、標記則不予加分及扣分。

經指導教授調整試題及與受試者同校之三年級學生的預試之後，進行難度、鑑別度、信度的分析，去除不適合的試題，總分共 19 分。題目說明及解答如下：

(1) 第一題：

本題是檢測第四張投影片的內容，請受測者分別圈選及框選出「水井」及「文字框」出現的位置。一個位置一分，共兩分，投影片的內容與題目解答如圖 3-2 及圖 3-3 所示。

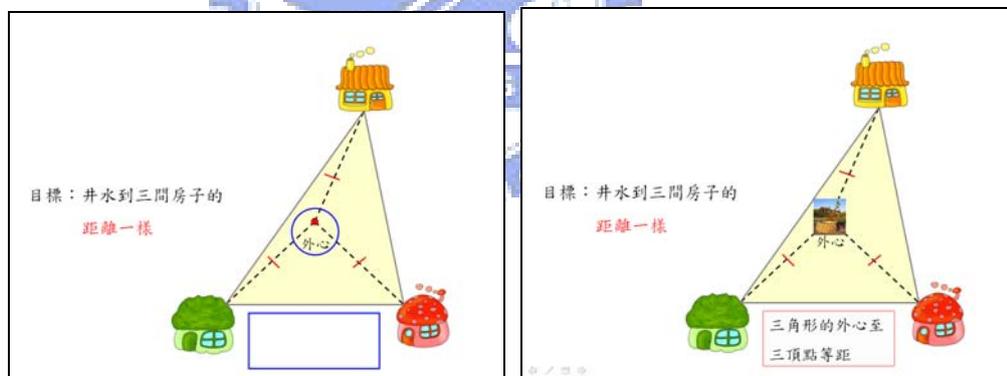


圖 3-3 記憶測驗第一題關鍵內容及解答（實驗組）

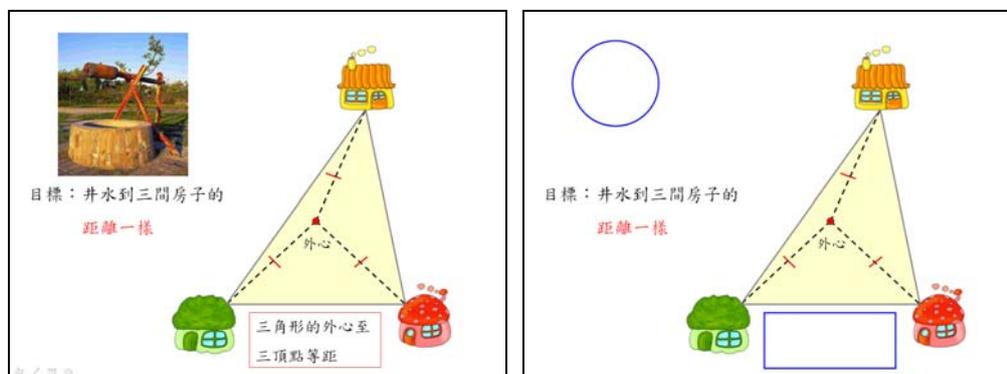


圖 3-4 記憶測驗第一題關鍵內容及解答（對照組）

(2) 第二題：

本題是檢測第五張投影片的內容，請受測者寫出此張投影片的重點（文字說明框的內容）。共一分，題目及解答如圖 3-4 所示。

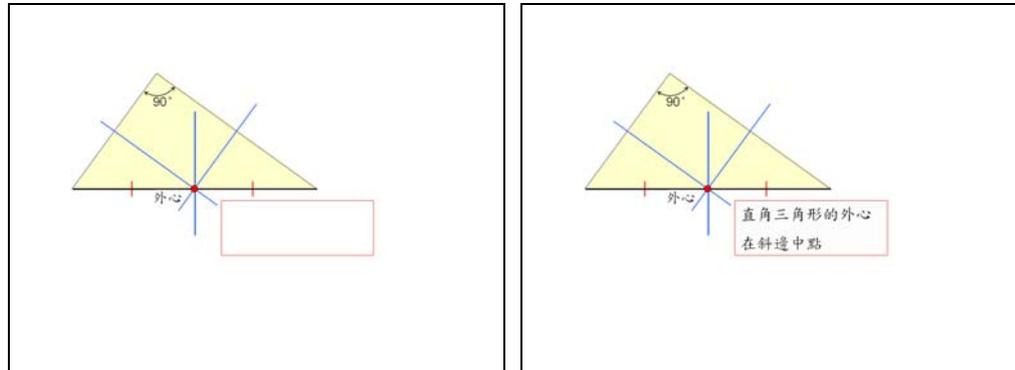


圖 3-5 記憶測驗第二題題目及解答

(3) 第三題：

本題是檢測第七張投影片的內容，請受測者分別圈選及勾選出投影片中綠色及藍色的線條。一個位置一分，共四分，投影片的內容與題目解答如圖 3-5 所示。

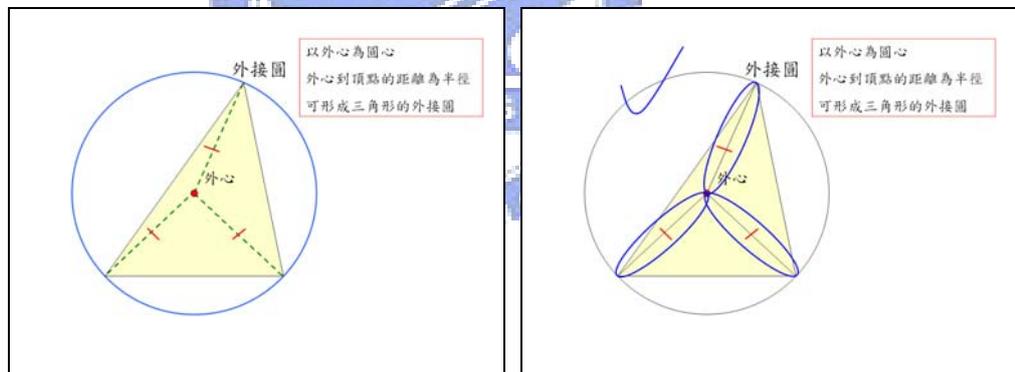


圖 3-6 記憶測驗第三題關鍵內容及解答

(4) 第四題：

本題是檢測第九張投影片的內容，請受測者繪製出投影片中的三角形及叉形的符號出現的位置。一個位置一分共六分，投影片的題目及解答如圖 3-6 所示。

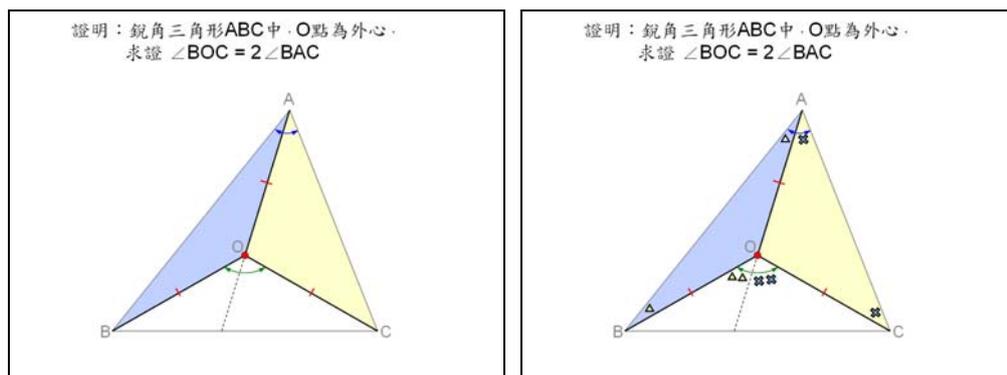


圖 3-7 記憶測驗第四題題目及解答

(5) 第五題：

本題是檢測第六張投影片的內容，請受測者寫出此張投影片的三個重點（文字說明框的內容）。一個重點一分共三分，投影片的題目及解答如圖 3-7 所示。

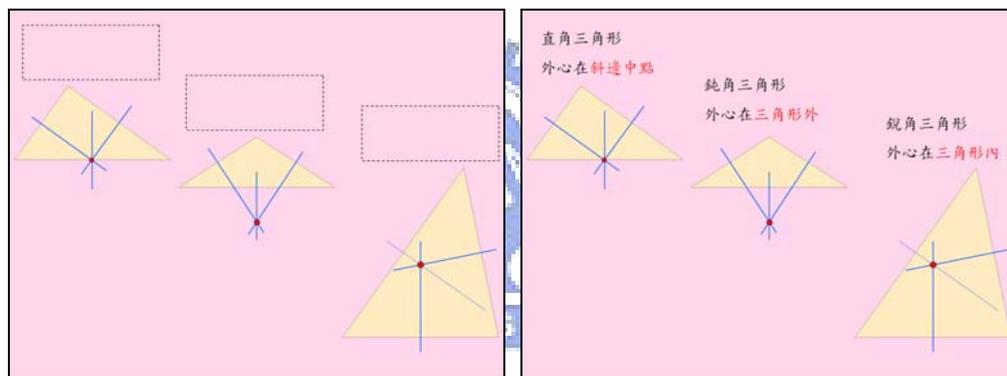


圖 3-8 記憶測驗第五題題目及解答

(6) 第六題：

本題是檢測第八張投影片的內容，請受測者框選出投影片中「文字框」的位置及寫出「問號」的顏色。答對一題一分，共三分，投影片的內容與題目解答如圖 3-8 所示。

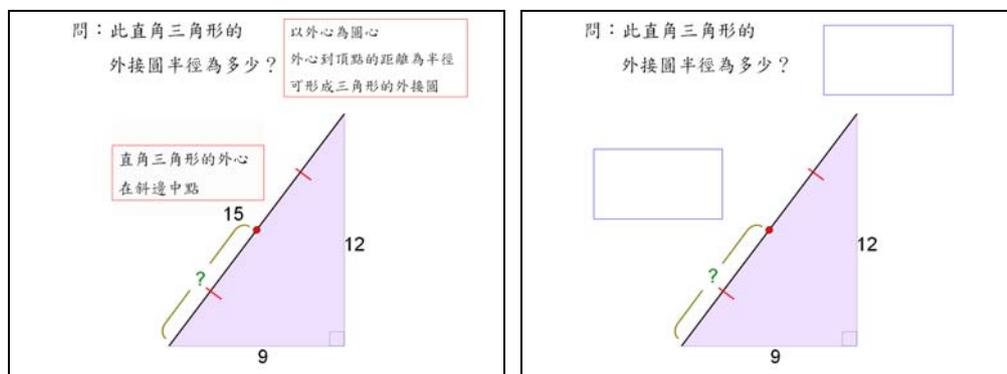


圖 3-9 記憶測驗第六題關鍵內容及解答

2. 轉化測驗：

學生除了須有辨認及重新呈現的能力之外，還必須要能將舊知識、基模與新訊息作整合的，才能不斷解決新的問題、累積舊的經驗。轉化測驗的目的即是希望學生有「問題解決」的能力，於是研究者針對轉化測驗設計了前測及後測，希望藉此了解學生在課程實施前後的能力差異。測驗的內容是根據表 2-6「三角形外心」教學內容、目標及先備知識對照表中的教學目標來設計，測驗的題目皆為非選擇題，以避免學生因猜測而影響得分，每一大題有若干子題，一個子題答對得一分。試題初版完成後，請指導教授及三位教學經驗豐富（任教年資 8~13 年）的國中數學教師根據教學目標、教材內容來調整試題，使題目更符合教學目標，具有專家效度。最後經與受試者同校之三年級學生的預試之後，再經難度、鑑別度、及信度的分析刪除不合適的試題，共有題目八題計十二分。表 3-21 列出修改過後的試題與教學目標分析表，其中的教學目標對應自表 2-6，轉化測驗的試題則詳如附件。

表 3-21 轉化測驗試題與教學目標分析表

試題 教學目標	1	2	3	4	5	6	7	8
1-1					V			
1-2	V				V			
1-3		V	V					V
2-1	V						V	
2-2				V				
2-3						V		
3-1		V						V

前測的部分則是將轉化測驗的題目再簡單化，並將題目減少至六題，與後測同樣為答對一個子題得一分共計十一分。表 3-22 列出試題與教學目標分析表，教學目標同樣對應自表 2-6，前測的試題詳如附件。受試的結果因實驗課程並不符合原教學進度，故學生的分數皆為零分。

表 3-22 轉化測驗前測試題與教學目標分析表

試題 教學目標	1	2	3	4	5	6
1-1	V					
1-2	V					
1-3			V			
2-1				V		
2-2					V	
2-3						V
3-1		V				

3. 記憶及轉化測驗難度、鑑別度及信度分析：

(1) 難度：

將預試的分數做高低的排序，從最高分向下取總人數的 27% 為高分組，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)。記憶測驗的難度都介於 0.2 ~ 0.8 之間，難度適當 (郭生玉, 1999)，但轉化測驗的第 2 題及第 5 題過於簡單，予以刪除。

(2) 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)。除記憶測驗的第 2 題、轉化測驗的第 2 及第 5 題鑑別度不佳而予以刪除外，其餘题目的鑑別度都在 0.4 以上，非常優良 (郭生玉, 1999)。

(3) 信度分析：

經難度及鑑別度分析之後，記憶測驗保留原來的六題，而轉化測驗則保留八題。分別將記憶及轉化測驗做信度分析，得到內部一致性信度 Cronbach's α 值分別為 0.704、0.774，顯示皆具有良好的信度值。

3.4.3 認知負荷量表設計

在 2.2.4 小節中有提到，最方便及普遍的認知負荷測量方法是「主觀測量法」，本研究使用的方法即是「主觀測量法」，量表的設計則是修改宋曜廷（2000）參考國內外學者所製作的認知負荷量表，周惠文和周賢彬（2004）及吳帝瑩（2008）所製作的量表也是參考他的量表。每個題目以李克特七點尺度衡量，選項從「非常容易」至「非常困難」共七個選項，分數對照選項從一至七分，兩題加總的得分即為受試者的認知負荷量，題目設計如下：

1. 第 1 題：你認為這次的課程學習起來容易還是困難？

本題是檢驗學習者的「心智負荷」程度，共分為七個向度，從非常容易至非常困難。

2. 第 2 題：你同意你花費了很大的心力，才能記起來這門課的內容嗎？

本題是檢驗學習者的「心智努力」程度，同樣分為七個向度，從非常不同意至非常同意。

3.4.4 學習感受問卷設計

本研究除了希望能從記憶、轉化測驗，及認知負荷問卷的量化資料中，得到「激發式動態教學」確實較「靜態呈現教學」能夠幫助學生學習，降低認知負荷之外，還希望能利用問卷及訪談了解受試者心理層面的各種感受，藉此印證實驗組的教材能否符合激發式動態教學、認知負荷理論、多媒體學習理論教材設計的各项特點、原則；或是對照組在沒有激發式動態呈現的輔助下，會不會影響學習，造成學生的困擾。

學習感受問卷的 1 到 6 題都是以「當老師在講解課程，而你要在投影片中找到老師講解的位置時」的情況，而 7 到 10 題都是以「當你在看課程投影片時」的情況詢問受試者的學習狀況。以下分別敘述各題的設計：

1. 第 1 題：你能容易地找到投影片中對應的位置嗎？

設計理由：本題是根據激發式動態教學的特點「激發注意」來設計。檢驗教材中有動態激發能否導引學習者的注意，降低分散注意力，使其找到投影片中正確的位置，進而幫助學習者建立訊息間的關聯，達到與教學者同步的目的。

2. 第 2 題：你同意你不會被滑鼠干擾嗎？

設計理由：傳統的投影片教學，演示者常利用滑鼠當作指標，指示方向並導引學習者學習。但有時，滑鼠的軌跡所造成的注意力吸引是不必要的，不但會增加學習者的認知負荷，佔用其視覺通道的空間，使學習產生了困擾，更會讓學習者無所適從，不知重點在何處。本題即是希望能檢驗出激發式動態呈現確實可大幅降低滑鼠的干擾，使重點的突顯更為容易與精準。

3. 第3題：你同意你不會被老師講解的聲音干擾嗎？

設計理由：在降低認知負荷的原則中的「形式效應」(Modality Effect)與多媒體學習理論教材設計原則中的「形式原則」(Modality Effect)，都說明了使用「口語文字」的教學較「印刷文字」來得好。多媒體學習理論教材設計原則中的「個人化原則」(Personalization Principle)也說明了自然口語的教學，比形式化的電腦聲音還要好。以上說明了教師在課堂中的口語演示是何等的重要與不可取代，但在傳統的投影片教學中，學生可能忙著細看投影片的內容都來不及了，根本無法有多餘的心力聽教師講解，本題即是希望能檢驗出教材是否有符合激發式動態教學的特點「溝通互動」，能否真讓「教師」、「教材」、「學生」三者之間達到良好的互動及溝通。

4. 第4題：你同意你不會因畫面上東西太多而被干擾嗎？

第5題：你同意你不會因畫面上顏色太多而被干擾嗎？

設計理由：以上二題是根據激發式動態教學的特點「分段切割」來設計。在降低認知負荷的原則中的「多餘效應」(Redundancy Effect)說明了訊息並不是愈多愈好，若個別的訊息已足夠使學習者了解，則其他的訊息便是多餘了。但在常態教學中，每個學生的程度不一，教材的製作不可能只針對少部分的學生的需求來設計，因此需要設計出通用的教材，但卻可彈性地調整訊息量。激發式動態呈現強調以模組化、區塊化的方式呈現訊息，以不超過認知負荷的訊息量使學習者能輕鬆學習。因此，雖然投影片中的物件或顏色可能很多，但透過適性指標的處理，就能適時地突顯主要訊息，逐步淡化或關閉次要訊息，藉此控制訊息量。以上二題即是檢驗教材能否成功地控制訊息量，幫助學習者學習。

5. 第6題：你同意你不會因畫面上的東西會動而被干擾嗎？

設計理由：本題與第4、5題的設計理由大致相同，不過因對照組的教材設計中並沒有讓物件動態呈現，所以本題只針對實驗組加以檢驗。

6. 第 7 題：你同意你的眼睛不會因滑鼠移動而覺得累嗎？

第 8 題：你同意你的眼睛不會因畫面上東西太多而覺得累嗎？

第 9 題：你同意你的眼睛不會因畫面上顏色太多而覺得累嗎？

設計理由：激發式動態教學的一大優點，即是可以操弄大量的物件而不會對學習者造成負擔。所以，以上三題即是檢驗教材是否因設計不當，而造成學習者的眼睛及心理負擔。

7. 第 10 題：你同意你的眼睛不會因畫面上的東西會動而覺得累嗎？

設計理由：本題與第 7、8、9 題的設計理由大致相同，不過因對照組的教材設計中並沒有讓物件動態呈現，所以本題只針對實驗組加以檢驗。

8. 第 11 題：你同意你能夠邊專心看投影幕，邊專心聽老師講解嗎？

設計理由：在多媒體學習理論的「有限的容量假設」(Limited-Capacity Assumption) 中，說明了雙通道同時能夠處理的訊息量是有限的。但激發式動態教學的特點中的「彈性激發」也說明了激發式動態呈現能適時導引學習者的注意力。因此，經過訓練的老師便能讓學生同時聽到口語訊息及看到畫面訊息，進而讓視覺管道與聽覺管道進行良好的組織及整合。本題即是檢驗教材設計能否符合「彈性激發」的特點，幫助學習者學習。

9. 第 12 題：課程的最後，教了三角形外心的角度應用。其中老師先單純使用簡易的符號講解，之後再列出算式請同學自己學習，這種學習方式你覺得容易理解嗎？

第 13 題：承上題，你的理由是什麼？

設計理由：以上二題是根據激發式動態教學的特點「適性教學」來設計。本研究在 2.5.2 節中提到了利用「適時的帶入專有的數學語言、符號與圖形」來幫助學習者學習數學，且本研究旨在了解激發式動態教學對低成就學習者的學習所產生的影響。所以在設計教材時，為避免過多的代號對低成就的學習者造成負荷，因此使用各種適性指標取代這些代號來導引學習者。但為了避免完全將代號刪去將會對學習者在未來考試時，面對考題的型式會過於陌生，所以實驗組在教材中使用動態激發教學（對照組則使用相同的指標，但為靜態的）使學習者了解課程之後，再呈現出傳統的代號教學畫面供學生比較及學習。以上二題即是希望能替這種教學方式探路，了解學生的心理感受。

10. 第 14 題：在這個課程當中，你有沒有分心過？

第 15 題：你同意當你重新看投影片時，能夠馬上找到老師講解的地方嗎？

設計理由：以上二題是根據激發式動態教學的特點「激發注意」來設計。教學的最高理想便是教學者能與學習者達到同步兩方面愈是配合得完美，成效當然愈高。但學習者的分心是無可避免的，我們除了盡量使學習者不分心外，其餘的只有在當學習者再回過神時，我們能立刻使其跟上教學者的進度。

3.4.5 訪談設計

本研究的訪談方式採用半結構式的訪談，與學習感受問卷同屬於質性分析，主要的目的即是希望針對學習感受問卷所無法釐清、無法探得的問題加以深入討論或是針對學習「三角形外心」這個課程的意見、態度，提出想法。訪談對象為實驗及對照兩組隨機抽選各十名學生，其中並無學生不願配合訪談，故並無更換抽選的對象。以下分別敘述各題的設計：

1. 第 1 題：你喜歡這種上課方式嗎？為什麼？

設計理由：好的教師，好的教學方式，若是無法受到學生歡迎，讓學生感到興趣，則一切都是惘然。所以，本題探討學生是否喜歡各組的授課方式，希望從此題了解在受訪者的眼中，此兩組有何優缺點。

2. 第 2 題：你覺得這次的課程學習起來容易還是困難？為什麼？

設計理由：本題與認知負荷測驗的第 1 題相似，主要是希望藉此題了解受訪者覺得課程困難還是容易的原因，是否與激發式動態呈現有關？亦或是課程本身的難易度的影響？

3. 第 3 題：當老師在講解課程時，你能很快地在投影片中找到老師講解的位置嗎？

設計理由：本題與學習感受問卷的第 1 題相似，設計理由也一樣，但還希望了解其中的原因是否與激發式動態呈現有關？

4. 第 4 題：你的注意力可以一直集中嗎？是什麼事情讓你分心？

設計理由：本題與學習感受問卷的第 14 題相似。希望藉此題了解受訪者分心的理由，可做為設計教材或引導教學的參考。

5. 第 5 題：當你分心，要再重新看投影片時，你能找到老師講解的位置嗎？

設計理由：本題與學習感受問卷的第 15 題相似。希望藉此題了解激發式動態

呈現的特點「激發注意」能否幫助受訪者更迅速且正確的找到教師講解的投影片位置？與對照組的差異會不會很大？

6. 第 6 題：你有辦法邊上課邊進行思考嗎？

設計理由：研究者在 2.3.1 節中有提到，學習者知識的累積是藉著新訊息與舊有的、存在長期記憶中的舊知識、基模的相互作用的結果。換句話說，若無法自行整合資訊，內化而成為自己的一部分，則這樣的知識是無法為己所用的。但知識的內化需要一定的時間，視知識的大小、難易而定，但本研究卻希望藉由激發式動態教學，將複雜且量多的物件在短時間內加以呈現。因此，本題就是在檢驗激發式動態教學特點中的「分段切割」能否幫助學習者學習？若教材以區塊化、模組化的方式呈現，能否降低認知負荷，使學生有餘力可進行思考並整合？

7. 第 7 題：老師彈性的顯示出「重點提示文字框」，對你有沒有幫助？

設計理由：本題是根據激發式動態教學的特點「適性教學」來設計。在降低認知負荷的教材設計中有提到「問題完成效應」，本教材中的「重點提示文字框」的構想就是企圖幫助學生在未得知答案之前，提供他們想像的空間，而不是把答案攤開在陽光下。待學生已有自己的答案、想法時，或已無法產生任何聯想時（當然盡量避免這個情況），才將提示展現出來。既是為「適性教學」所設計，當然可以很彈性地使用這個文字框，若學生根本對這個問題已有十足的把握，那麼也可選擇不將文字框展現出來，以免造成「專家反效效應」及「多餘效應」。（本題在對照組的訪談中會將題目改成一課程中的「重點提示文字框」，對你有沒有幫助？）

8. 第 8 題：當你在看投影片時，眼睛會不會覺得很累？為什麼？

本題與學習感受問卷的 7 至 10 題類似，希望檢驗教材是否因設計不當，而造成學習者的眼睛及心理負擔。

3.5 資料分析方法

本研究採量與質的方式進行分析。量的資料蒐集有實驗組及對照組轉化測驗前後測、記憶測驗、認知負荷測驗的成績。質的資料蒐集則有學習感受問卷及學生訪談記錄。

在量化分析上使用了 SPSS 12.0 版作為統計分析的軟體工具，虛無假設的顯著水準 α 皆設為 .05。針對實驗組及對照組的學生分別進行對記憶、轉化及認知負荷三種測驗的 t 檢定，及將認知負荷測驗分別與記憶、轉化測驗進行相關性檢定。

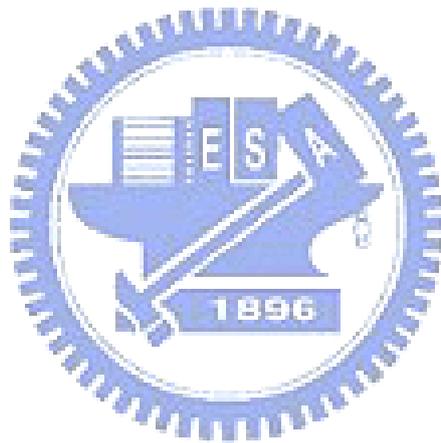
在質化分析上，分別分析學習感受問卷及訪談內容，再比較其中的異同：

1. 學習感受問卷分析：

將各題各選項的填答數加總，再針對各組人數的比例，檢視結果。

2. 訪談內容分析：

將訪談的內容錄音，並打成逐字稿，再針對逐字稿的內容與應答人數的比例，檢視各個問題。



四、研究結果與討論

本章共分為二節，第一節為量化資料分析，第二節為質化資料分析。

4.1 量化資料分析

量化資料共有記憶測驗、轉化測驗、認知負荷測驗三種，研究者將這些測驗的結果進行獨立樣本 t 檢定，effect size 檢定及相關係數分析。表 4-1 為實驗組及對照組針對上述多項測驗的敘述統計摘要表。

表 4-1 實驗組與對照組在各種測驗的敘述統計摘要表

	組別	樣本數	平均數	標準差
記憶測驗	實驗組	17	12.29	5.324
	對照組	17	6.47	4.432
轉化測驗前測	實驗組	17	0.00	0.000
	對照組	17	0.00	0.000
轉化測驗後測	實驗組	17	7.88	3.295
	對照組	17	5.41	3.144
認知負荷測驗	實驗組	17	5.47	2.375
	對照組	17	7.24	2.166

由表 4-1 可知實驗組與對照組在轉化測驗的前測當中，平均數及標準差均為 0，表示兩組都沒學習過「三角形外心」這個課程，起點行為一樣。而在其他測驗當中，實驗組的平均數都較對照組為高，以下各小節分別敘述各個測驗的結果與分析。

4.1.1 記憶測驗的結果及分析

本研究的研究假設一：激發式動態呈現的組別比靜態呈現的組別在記憶測驗的成績高，且有達顯著差異。表 4-2 為假設一的獨立樣本 t 檢定的分析資料。

表 4-2 記憶測驗的獨立樣本 t 檢定分析摘要表

	Levene 檢定		t	自由度	顯著性(雙尾)
	F 檢定	顯著性			
記憶測驗	2.231	.145	3.466	32.000	.002**

**p < .01

由上表可看出，在 Levene 檢定下，兩組在變異數同質性的顯著性為 $.145 > .05$ ，表示兩個樣本的離散情形並無明顯差別，因此觀察假設變異數相等時的 t 值為 3.466，顯著性為 $.002 < .01$ ，故實驗組與對照組在記憶測驗上有明顯的差異，實驗組的成績較對照組高，支持了假設一。接著進行 effect size 的檢定得到 Cohen 的 d 值為 $1.188 > .5$ ，為一有效的教學 (Mayer, 2009)。

4.1.2 轉化測驗的結果及分析

本研究的研究假設二：激發式動態呈現的組別比靜態呈現的組別在轉化測驗的成績高，且有達顯著差異。

實驗組及對照組在轉化測驗的所有成績皆為 0 分，故本研究直接將後測成績進行獨立樣本 t 檢定的考驗，表 4-3 為假設二的獨立樣本 t 檢定的分析資料。

表 4-3 轉化測驗後測的獨立樣本 t 檢定分析摘要表

	Levene 檢定		t	自由度	顯著性(雙尾)
	F 檢定	顯著性			
轉化測驗後測	.523	.474	2.237	32.000	.032*

*p < .05

從表 4-3 中可看出，在 Levene 檢定下，兩組在變異數同質性的顯著性為 $.474 > .05$ ，表示兩個樣本的離散情形並無明顯差別，因此觀察假設變異數相等時的 t 值為 2.237，顯著性為 $.032 < .05$ ，故實驗組與對照組在轉化測驗的後測有明顯的差異，實驗組的成績較對照組好，支持了假設二。接著進行 effect size 的檢定得到 Cohen 的 d 值為 $0.767 > .5$ ，為有效的教學 (Mayer, 2009)。

4.1.3 認知負荷測驗的結果及分析

本研究的研究假設三：激發式動態呈現的組別比靜態呈現的組別在認知負荷測驗的成績高，且有達顯著差異。表 4-5 為假設三的獨立樣本 t 檢定的分析資料。

表 4-4 轉化測驗後測的獨立樣本 t 檢定分析摘要表

	Levene 檢定		t	自由度	顯著性(雙尾)
	F 檢定	顯著性			
轉化測驗後測	1.726	.198	-2.264	32.000	.031*

*p < .05

從表 4-5 中可看出，在 Levene 檢定下，兩組在變異數同質性的顯著性為 .198 > .05，表示兩個樣本的離散情形並無明顯差別，因此觀察假設變異數相等時的 t 值為 -2.264，顯著性為 .031 < .05，故實驗組與對照組在認知負荷測驗的分數有明顯的差異，實驗組的分數較對照組好，支持了假設三。

4.1.4 認知負荷測驗與記憶測驗的相關性分析

本研究的假設四：認知負荷測驗與記憶測驗有顯著的相關。本研究以 Pearson 相關係數來檢定兩變數的相關性，表 4-6 為假設四的 Pearson 相關係數分析摘要表。

表 4-5 認知負荷測驗與記憶測驗的相關係數分析摘要表

	記憶測驗
Pearson 相關	-.65463
認知負荷測驗	顯著性(雙尾)
	.00003***
	個數
	34

***p < .001

從表 4-6 可看出，兩個變項的相關性達-.65463，顯著性為 .00003 < .001 達顯著水著，表示認知負荷測驗與記憶測驗有顯著的相關（相關係數的絕對值介於 .5 至 .75 為中度相關），支持了假設四。

4.1.5 認知負荷測驗與轉化測驗的相關性分析

本研究的假設五：認知負荷測驗與轉化測驗有顯著的相關。本研究以 Pearson 相關係數來檢定兩變數的相關性，表 4-7 為假設五的 Pearson 相關係數分析摘要表。

表 4-6 認知負荷測驗與轉化測驗的相關係數分析摘要表

		轉化測驗
認知負荷測驗	Pearson 相關	-.6184
	顯著性 (雙尾)	.0001***
	個數	34

*** $p < .001$

從表 4-9 可看出，兩個變項的相關性達-.6184，顯著性為 $.0001 < .001$ 達顯著水著，表示認知負荷測驗與轉化測驗有顯著的相關，支持了假設五。

4.2 質化資料分析

本研究在質化的資料共收集了學習感受問卷及訪談記錄兩種，分別在以下兩小節中分析。

4.2.1 學習感受問卷的結果與分析

學習感受問卷共發出了 34 份，其中實驗組 17 份、對照組 17 份，皆為有效的問卷，其中學習感受問卷的 1 到 6 題都是以「當老師在講解課程，而你要在投影片中找到老師講解的位置時」的情況，而 7 到 10 題都是以「當你在看課程投影片時」的情況詢問受試者的學習狀況，以下是各題的結果與分析：

1. 第 1 題：

如下表所示，對照組中多數 (58.8%) 的學生覺得「普通」，但仍有 23.6% 的學生持「困難」及「非常困難」的負面意見；在實驗組中，大部分 (52.9%) 的學生持「容易」及「非常容易」的正面意見，且完全沒有人持負面的意見，顯示激發式動態教學應能幫助引導注意力，達到其特點—激發注意。

表 4-7 學習感受問卷第 1 題的作答結果

題目 1：你能容易地找到投影片中對應的位置嗎？					
組別	選項				
	非常容易	容易	普通	困難	非常困難
實驗組的勾選個數	3	6	8	0	0
實驗組的勾選百分比	17.6%	35.3%	47.1%	0.0%	0.0%
對照組的勾選個數	2	1	10	2	2
對照組的勾選百分比	11.8%	5.9%	58.8%	11.8%	11.8%

2. 第 2 題：

如下表所示，不論是對照組或實驗組，大部分的學生都持「普通」以上的意見，各佔 94% 及 100%。顯示演示者的滑鼠的操控達到一定的水準，不管以何種方式呈現教材，都不會過分的依賴滑鼠，但也因此無法從此題看出激發式動態呈現優於靜態呈現的表現。

表 4-8 學習感受問卷第 2 題的作答結果

題目 2：你同意你不會被滑鼠干擾嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	5	5	7	0	0
實驗組的勾選百分比	29.4%	29.4%	41.2%	0.0%	0.0%
對照組的勾選個數	4	4	8	0	1
對照組的勾選百分比	23.5%	23.5%	47.1%	0.0%	5.9%

3. 第 3 題：

如下表所示，對照組中大部分（52.9%）的學生都持「非常同意」及「同意」的正面意見，但仍有 17.7% 的學生持「非常不同意」及「不同意」的負面意見；實驗組也是大部分（41.2%）的學生都持「非常同意」及「同意」的正面意見，顯示教師與教材及學生之間配合良好，不論在實驗組及對照組都不太會因講解的聲音而造成學生的困擾。但兩組相較之下還是實驗組的表現更優，因教師在兩組中的口語

幾近相等，所以應該是教材本身發揮了功能，達到激發式動態教學「溝通互動」的特點。

表 4-9 學習感受問卷第 3 題的作答結果

題目 3：你同意你不會被老師講解的聲音干擾嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	5	2	9	1	0
實驗組的勾選百分比	29.4%	11.8%	52.9%	5.9%	0.0%
對照組的勾選個數	4	5	5	2	1
對照組的勾選百分比	23.5%	29.4%	29.4%	11.8%	5.9%

4. 第 4 題：

如下表所示，對照組中大部分（41.1%）的學生持「非常同意」及「同意」的正面意見，持「普通」意見的學生也佔 41.2%，但仍有 17.6% 的學生持「非常不同意」及「不同意」的意見；實驗組則是大部分（94.1%）的學生都持「非常同意」、「同意」及「普通」的意見。顯示教材在畫面上有其複雜度，而這個複雜度會增加對照組的學生的搜尋困難，導致其較易受干擾；而實驗組因有達到激發式動態呈現「分段切割」的特點，所以可降低受干擾的程度。

表 4-10 學習感受問卷第 4 題的作答結果

題目 4：你同意你不會因畫面上東西太多而被干擾嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	3	4	9	1	0
實驗組的勾選百分比	17.6%	23.5%	52.9%	5.9%	0.0%
對照組的勾選個數	3	4	7	3	0
對照組的勾選百分比	17.6%	23.5%	41.2%	17.6%	0.0%

5. 第 5 題：

本題目的設計理由與第 4 題相同。如下表所示，實驗組持「非常同意」、「同意」的正面意見人數比例較第 4 題多。因此本題比第 4 題更能代表實驗組的教材有達到激發式動態呈現「分段切割」的特點。

表 4-11 學習感受問卷第 5 題的作答結果

題目 5：你同意你不會因畫面上顏色太多而被干擾嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	4	5	7	1	0
實驗組的勾選百分比	23.5%	29.4%	41.2%	5.9%	0.0%
對照組的勾選個數	2	2	10	2	1
對照組的勾選百分比	11.8%	11.8%	58.8%	11.8%	5.9%

6. 第 6 題：

本題目的設計理由與第 4、5 題相同，不過僅有檢視實驗組。如下表所示，實驗組僅有 5.9% 的人持「不同意」的負面意見，顯示教材應有達到激發式動態教學的特點—分段切割。

表 4-12 學習感受問卷第 6 題的作答結果

題目 6：你同意你不會因畫面上的東西會動而被干擾嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	4	6	6	1	0
實驗組的勾選百分比	23.5%	35.3%	35.3%	5.9%	0.0%

7. 第 7 題：

如下表所示，對照組持「非常同意」及「同意」的正面意見的人數佔 35.3% 而持「普通」意見的人數佔 47.1%；而實驗組的結果更佳，持「非常同意」及「同意」的正面意見人數達 52.9%。顯示教材本身設計良好，都沒有過度依賴滑鼠的現象，結果與第 2 題相同。

表 4-13 學習感受問卷第 7 題的作答結果

題目 7：你同意你的眼睛不會因滑鼠移動而覺得累嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	3	6	5	3	0
實驗組的勾選百分比	17.6%	35.3%	29.4%	17.6%	0.0%
對照組的勾選個數	1	5	8	1	2
對照組的勾選百分比	5.9%	29.4%	47.1%	5.9%	11.8%

8. 第 8 題：

本題目的設計理由與第 7 題相同，結果也相似。如下表所示，對照組的學生持「非常同意」及「同意」的正面意見及「普通」的意見，各佔 47.1% 及 41.2%；而實驗組的結果更佳，持「非常同意」及「同意」的正面意見的學生佔 53%。顯示教材本身設計良好，兩組都沒因畫面複雜而增加眼睛的負擔。

表 4-14 學習感受問卷第 8 題的作答結果

題目 8：你同意你的眼睛不會因畫面上東西太多而覺得累嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	1	8	7	1	0
實驗組的勾選百分比	5.9%	47.1%	41.2%	5.9%	0.0%
對照組的勾選個數	2	6	7	2	0
對照組的勾選百分比	11.8%	35.3%	41.2%	11.8%	0.0%

9. 第 9 題：

本題目的設計理由與第 7、8 題相同，結果也相似。如下表所示，對照組大部分的學生都持「非常同意」及「同意」的正面意見及「普通」的意見，各佔 41.2% 及 47.1%；而實驗組的結果更佳，持「非常同意」及「同意」的正面意見的學生佔 58.8%。顯示刻意限制顏色的種類，的確有助於減輕眼睛的負擔。

表 4-15 學習感受問卷第 9 題的作答結果

題目 9：你同意你的眼睛不會因畫面上顏色太多而覺得累嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	3	7	6	1	0
實驗組的勾選百分比	17.6%	41.2%	35.3%	5.9%	0.0%
對照組的勾選個數	1	6	8	2	0
對照組的勾選百分比	5.9%	35.3%	47.1%	11.8%	0.0%

10. 第 10 題：

本題目的設計理由與第 7、8、9 題相同，不過僅有檢視實驗組。如下表所示，實驗組大部分（58.8%）的同學都持「非常同意」及「同意」的正面意見。顯示教材設計良好，並不會因動態呈現而增加眼睛的負擔。

表 4-16 學習感受問卷第 10 題的作答結果

題目 10：你同意你的眼睛不會因畫面上的東西會動而覺得累嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	3	7	6	1	0
實驗組的勾選百分比	17.6%	41.2%	35.3%	5.9%	0.0%

11. 第 11 題：

如下表所示，對照組大部分的學生都持「非常同意」及「同意」的正面意見及「普通」意見，各佔 47% 及 47.1%；而實驗組的結果更佳，持「非常同意」、「同意」的正面意見達 76.5%，且完全沒有人持「非常不同意」、「不同意」的負面意見。顯示老師的引導同時幫助了兩組的學生學習，而實驗組的教材應有達到激發式動態教學的特點「激發注意」，所以發揮的更好。

表 4-17 學習感受問卷第 11 題的作答結果

題目 11：你同意你能夠邊專心看投影幕，邊專心聽老師講解嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	7	6	4	0	0
實驗組的勾選百分比	41.2%	35.3%	23.5%	0.0%	0.0%
對照組的勾選個數	4	4	8	1	0
對照組的勾選百分比	23.5%	23.5%	47.1%	5.9%	0.0%

12. 第 12 題：

如下表所示，對照組多數的學生持「普通」的意見，佔 47.1%，且有 11.8% 的學生持「困難」的意見；而實驗組的結果較佳，持「非常同意」、「同意」的正面意見的學生達 64.7%。顯示這種教學法對於使用激發式動態呈現教學的實驗組可能更為適合。原因應為當教師以靜態呈現來教學，可能較易對學生造成過重的認知負荷。雖然使用此種方法可使學生較易了解，但因再加上算式的部分，所以負荷累積下來，學生當然無法承受；相反的，若教師使用激發式動態教學，則可減輕學生的負荷，更能依學生的能力，調整教材的使用方式。

表 4-18 學習感受問卷第 12 題的作答結果

題目 12：課程的最後，教了三角形外心的角度應用。其中老師先單純使用簡易的符號講解，之後再列出算式請同學自己學習，這種學習方式你覺得容易理解嗎？					
組別	選項				
	非常容易	容易	普通	困難	非常困難
實驗組的勾選個數	5	6	5	1	0
實驗組的勾選百分比	29.4%	35.3%	29.4%	5.9%	0.0%
對照組的勾選個數	3	3	8	3	0
對照組的勾選百分比	17.6%	17.6%	47.1%	11.8%	0.0%

13. 第 13 題：（題目：承上題，你的理由是什麼？）

此題為非選擇題，以下將兩組的答案列出，並將相似的答案以其中一名學生的答案為代表列出：

(1) 實驗組：

我沒有認真上課（1位）；因為有圖片，再加上老師講解，會學得比較輕鬆（2位）；因為我有專心聆聽，老師講得讓我容易了解（2位）；因為老師講得簡單又明瞭（4位）；如果講太快會聽不懂，再講仔細一點；我覺得很容易理解（3位）。

(2) 對照組：

有一點不懂（3位）；還可以（3位）；這樣很好,下次再講深一點；這樣講解覺得很簡單（4位）；還可以適應學習（1位）；有點難（2位）。

實驗組的學生因教材中有圖片，老師講解得清楚，再加上自己有專心，而覺得可以輕鬆應付；而對照組的學生，有些覺得這種講解方式很簡單，但仍有多位學生覺得有點不懂、有點難。結果跟第12題雷同，分析的結論也如同第12題。

14. 第14題：

如下表所示，兩組分心的學生都較未分心的多，各佔58.8%及64.7%。

表 4-19 學習感受問卷第14題的作答結果

題目 14：這個課程當中，你有沒有分心過？		
組別	選項	
	沒有	有
實驗組的勾選個數	6	11
實驗組的勾選百分比	35.3%	64.7%
對照組的勾選個數	7	10
對照組的勾選百分比	41.2%	58.8%

15. 第15題：

研究者關心的並不是有無分心，如3.4.4小節中所述，學生分心在所難免，重要的是學生能否重新跟上教師的教學及引導才是重要的。所以第15題僅針對分心的同學調查。結果如下表所示，對照組中大部分（80%）的同學持「普通」的意見；而實驗組的學生則多數（63.6%）持「非常同意」及「同意」的正面意見，且都沒有學生持「非常不同意」及「不同意」的反面意見。顯示實驗組的教材應有達到激發式動態教學的特點「激發注意」，使其有較佳的表現。

表 4-20 學習感受問卷第 15 題的作答結果

題目 15：承上題，你同意當你重新看投影片時，能夠馬上找到老師講解的地方嗎？					
組別	選項				
	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
實驗組的勾選個數	3	4	4	0	0
實驗組的勾選百分比	27.3%	36.4%	36.4%	0.0%	0.0%
對照組的勾選個數	0	1	8	0	1
對照組的勾選百分比	0.0%	10.0%	80.0%	0.0%	10.0%

4.2.2 訪談的結果與分析

本研究隨機訪談了各 10 名實驗組及對照組的學生，實驗組的 10 名學生在下述的將以 A1~A10 代表；對照組的 10 名學生則以 B1~B10 代表，教師則以 T 代表。以下分別列出各題的訪談節錄及分析，並將相似的答案以其中一名學生的答案為代表列出；

1. 問題 1：你喜歡這種上課方式嗎？為什麼？

實驗組：

- (1) A1、A3、A10：喜歡。比較好理解。
- (2) A2：還蠻喜歡的。比較簡單。
- (3) A4：還不錯。比較容易懂。
- (4) A5、A7：喜歡。用投影機上課，比較容易理解，因為比較多圖。
- (5) A6：還好。自己聽得懂就好。
- (6) A8：還好。

T：如果給你選擇，你會選擇這種方式還是用黑板教學就好？

A8：這種。比較有趣，比較容易。

- (7) A9：喜歡。比較清楚。

對照組：

- (1) B1：還可以。因為一次沒有教太多，可以接受。
- (2) B2：還不錯。因為用投影機不像黑板那麼呆板。
- (3) B3：喜歡啊！比較容易理解。
- (4) B4：喜歡。很好玩，比較快學習。
- (5) B5：喜歡。跟平常不一樣，比較好，圖比較多較清楚。

- (6) B6：還好，有點無聊。
- (7) B7：還可以。
- (8) B8：喜歡呀。跟以前不一樣。
- (9) B9：還好。比較簡單。
- (10) B10：普通。

T：如果給你選擇，你會選擇這種方式還是用黑板教學就好？

B10：都可以，差不多。

兩組中大部分的學生都蠻喜歡使用投影機的教學，覺得新鮮、圖片多、容易理解，因而比較不出兩組的優劣。推測兩組無法互換授課的方式，無從比較，應為主要的原因。

2. 問題 2：你覺得這次的課程學習起來容易還是困難？為什麼？

實驗組：

(1) A1：容易。比較好理解。

(2) A2：應該算容易吧。

T：雖然是三年級的課程，還是覺得容易？

A2：對呀！

T：上次幫你們上的中垂線及外角的性質，有幫助嗎？

A2：有幫助啊！

(3) A3：還好，有一點難。

(4) A4、A8：還好。

(5) A5：簡單。因為有圖，老師講解的很深入。

(6) A6：還好。不難。

(7) A7、A9、A10：容易

對照組：

(1) B1、B8、B9：容易。覺得比較簡單。

(2) B2：應該算容易吧。

(3) B3：剛剛好。

(4) B4：蠻簡單。黑板的比較看不懂。

(5) B5、B7、B10：還好。

(6) B6：應該是容易吧，有一點點辛苦。因為上課會分心想別的事，不想上，

很煩，問題不懂時就覺得很煩。

兩組中大部分的學生都覺得課程很容易，因而比較不出兩組的優劣。應該是由於使用投影機教學，畫面較傳統黑板清楚且精準，使老師的導引更輕鬆，學生因而覺得課程變容易。

3. 問題 3：當老師在講解課程時，你能很快地在投影片中找到老師講解的位置嗎？

實驗組：

- (1) A1：不會說很快。
- (2) A2：要找一下。
- (3) A3、A5、A6、A9、A10：可以。因為畫面會動。
- (4) A4、A8：要花點時間
- (5) A7：不一定，有時不容易找到

對照組：

- (1) B1：要花一點時間才找得到。
T：你覺得你靠什麼來找到我講解的位置？
B1：滑鼠的位置。
- (2) B2：當然，超快就找到。
- (3) B3：可以很快啊，不用花什麼時間。
- (4) B4：一半。要花點時間，有時快有時慢。
- (5) B5：要花點時間。
- (6) B6、B7：可以。
- (7) B8、B10：可以。滑鼠有指到啊。
- (8) B9：可以。因為我頭腦好。

在兩組中，大約各有一半的人覺得可以很快，另一半的人覺得需要花點時間。從學生的理由可發現實驗組的同學可以快速找到目標的原因，出自於物件本身的動作吸引了學生的注意力，表示適性指標發揮了作用；而對照組中可以快速找到目標的原因則是由於滑鼠指標提供了位置資訊。兩相比較可以發現，實驗組的學生必定能比對照組的學生更快找到目標，原因出自於物件本身的動作必定比滑鼠指示還要迅速（滑鼠移動需要時間）。這個推論也與學習感受問卷的第 1 題的結果相符。

4. 問題 4：你的注意力可以一直集中嗎？是什麼事情讓你分心？

實驗組：

- (1) A1、A9：有分心。看走廊上的人。
- (2) A2：有點分心。看不懂的時候會問別人。
T：是因為太快而看不懂嗎？
A2：不，是因為想不到。
- (3) A3：有分心。想事情，想女朋友。
- (4) A4：有分心。發呆，有點無聊。
- (5) A5、A6：沒有分心。
- (6) A7：有分心。想睡覺，太累。
- (7) A8、A10：有分心。有人跟我講話。

對照組：

- (1) B1、B4、B9：會分心。被隔壁的同學干擾，他要我教他要寫哪裡。
- (2) B2、B8：很集中，都沒分心。
- (3) B3：有分心。因為有點累。
- (4) B5、B10：分心。有人影響我。
- (5) B6：有分心。想別的事。
- (6) B7：我想沒有那麼集中。我不知道我為什麼分心。

兩組中大部分的人都有分心，與學習感受問卷第 14 題結果相同。分心的理由也很多，似乎跟課程並沒有直接的關係，但未追問詳細緣由，此題僅能參考。

5. 問題 5：當你分心，要再重新看投影片時，你能找到老師講解的位置嗎？

實驗組：

- (1) A1、A7、A8：會花點時間。
- (2) A2、A3、A4、A9、A10：可以。

對照組：

- (1) B1：會問別人講到哪裡了，要花時間才找得到在講哪裡。
- (2) B3：可以馬上找到。因為滑鼠有指到。
- (3) B4：會花點時間找。
- (4) B5、B6：可以馬上就找到。
- (5) B7：不知道。應該還可以。

(6) B9：還可以。但比之前沒分心前花更多時間找。

(7) B10：還好。

就比例上而言，實驗組比對照組更能讓學生找到目標，結果與學習感受問卷第 15 題相同。但兩組的學生都說不出理由，僅有對照組一人認為應是滑鼠指示的關係，而能馬上找到位置。因此，無法比較其中的原因。

6. 問題 6：你有辦法邊上課邊進行思考嗎？

實驗組：

(1) A1、A2、A3、A4、A6、A7、A9：可以。

(2) A5：有時可以，需要思考比較久的就沒有辦法。

(3) A8：沒有辦法，只能專心想。

T：這個課程你是花比較多時間想還是看？

A8：想。

(4) A10：可以，但會比較慢。

對照組：

(1) B1：很困難，想的時候就沒辦法看投影片的東西。

(2) B2：圖片出來時我會想怎麼會這樣，有時間思考。

(3) B3、B6、B8：沒辦法。

(4) B4：有時候可以，看心情。

(5) B5：可以。

(6) B7：不知道。

(7) B9、B10：還可以。

實驗組中大部分的學生都有辦法邊上課邊進行思考；而對照組的學生則是大部分的學生覺得沒辦法或持中間意見。這個結果顯示實驗組的教材應有達到激發式動態教學的特點「分段切割」，讓教材以區塊化、模組化的方式呈現，降低學生的認知負荷，使學生能有餘力進行思考與整合。

7. 問題 7：老師彈性的顯示出「重點提示文字框」，對你有沒有幫助？

實驗組：

(1) A1、A3：應該有。

(2) A2：比較有幫助，沒有的話會花比較多的時間去想。

- (3) A4、A6、A7：有幫助。
- (4) A5：有，有文字框會比較容易理解。
- (5) A8：有。可以比較快懂。
- (6) A9：有幫助。比較詳細。
- (7) A10：還好，可有可無。因為講就大概懂了啊！

對照組：

- (1) B1：算有吧！有點提示的效果。
- (2) B2、B6、B8：有幫助。
- (3) B3：有幫助。比較簡單。
- (4) B4：有。像有個小筆記一樣提示我。
- (5) B5：有幫助。沒有提示會比較辛苦。
- (6) B7：應該有。
- (7) B9：有幫助，比較快了解。
- (8) B10：還可以。

兩組的答案都認為「重點提示文字框」對學習是有幫助的。不過實驗組與對照組的教材是有差異的，實驗組並未直接展示給學生看，而是待學生稍微思考過後，才以適性指標突顯給學生看；而對照組的文字框則是一開始即顯示給學生看。

由課堂上的觀察可發現，對照組因文字提示框一開始即顯示，所以學生似乎很放心的學習，等於只把課程「看」過去，而並未多加思考；反觀實驗組的學生，多了一個思考的機會，雖然大部分的同學都講不出來（應與其為低成就學習者有關），但當文字提示框出現時，大多有豁然開朗的感覺，且皆表示十分了解課程的內容，想必對他們的學習已造成了影響，加深了他們的印象。

8. 問題 8：當你在看投影片時，眼睛會不會覺得很累？為什麼？

實驗組：

- (1) A1、A3、A4、A6、A7、A8、A9、A10：不會。
- (2) A2：還好，不會。
- (3) A5：不會。因為有很多變化，很有趣。

對照組：

- (1) B1、B2、B3、B5、B8、B9：不會。

- (2) B4：不會累。坐比較後面所以不會，如果坐前面會有點看不清楚。
- (3) B6：有一點累。可能是畫面上太多東西吧！
- (4) B7：還好。
- (5) B10：會。很累就對了。

實驗組中，全部的學生都不覺得眼睛很累，更有一位學生提到因投影片畫面有很多的變化、很有趣，反而有舒緩心理壓力的效果；而在對照組中，不會累的學生居多，但仍有學生覺得因畫面上東西很多，而覺得眼睛很累。但實際上，兩組的物件是一樣多的，所以並沒有哪組東西比較多的因素存在，推測原因應為實驗組的激發式動態呈現有操控大量物件的能力，能適時突顯或淡化、消失物件，而降低學生的認知負荷。



五、結論與建議

本研究使用 PowerPoint 簡報製作軟體，結合 AMA 媒體設計與展示增益集，設計了「三角形的外心」這個幾何多媒體課程，探討使用激發式動態呈現與靜態呈現對學生的學習成就（又分為記憶及轉化測驗）、認知負荷量及學習感受有何影響，也探討了認知負荷量是否與記憶及轉化測驗的成績相關。其中，激發式動態呈現及靜態呈現這兩組，除了呈現方式不同之外，投影片的編排、內容及教師的口述都是一樣的，且符合認知負荷及多媒體學習理論的教材設計原則。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 結論

根據研究結果及研究問題，本研究提出以下的研究結論：

1. 以激發式動態呈現教導三角形外心，能提高學生在記憶測驗上的成績

從記憶測驗的分析中我們發現，實驗組較對照組的成績佳且有顯著差異，顯示激發式動態呈現能提升學生辨認及重新呈現課程等與記憶相關的能力。此結果與吳帝瑩（2008）以激發式動態呈現來教導一個排列組合的問題的研究相同。

2. 以激發式動態呈現教導三角形外心，能提高學生在轉化測驗上的成績

從轉化測驗的分析中我們發現，實驗組較對照組的成績佳且有顯著差異，顯示激發式動態呈現能提升學生將舊知識、基模與新訊息作整合，有問題解決的能力。此結果與洪榮忠（2008）以激發式動態呈現來教導二元一次方程式的圖形單元，及吳帝瑩（2008）的研究相同。

3. 以激發式動態呈現教導三角形外心，能降低學生的認知負荷量：

從認知負荷測驗的分析中我們發現，實驗組較對照組的認知負荷量低，顯示激發式動態呈現能降低學生對內容感知的困難度，或是降低在心智上的費力程度。此結果與吳帝瑩（2008）的研究相同。

4. 認知負荷量與學生的學習成效有顯著的負相關：

從認知負荷測驗與記憶及轉化測驗的相關分析中發現，認知負荷量與記憶或轉化測驗呈負相關。顯示我們若能在教學當中降低學生的認知負荷，或許能幫助學生提高其學習成效。

5.2 建議及未來研究方向

依據本研究的實施過程及結果分析，提出有關於激發式動態教學的建議及未來研究的方向，分別敘述如下：

5.2.1 建議

1. 使用激發式動態教學教導幾何

從實驗中我們得知以激發式動態教學教導三角心外心，成功地提高了學生的學習成效及降低認知負荷。因此，我們相信若以激發式動態教學教導其他的幾何單元，應該也是適用的。

2. 設計激發式動態呈現教材的建議

從質化分析中，我們得知若激發式動態呈現教材設計得當，應能發揮激發式動態教學的特點「激發注意」、「分段切割」及「溝通互動」。反過來說，教師便可以從如何設計教材以達到這三項特點中著手，進而開發符合激發式動態呈現的教材。

「激發注意」可從平常的教學中培養引導注意力的能力開始，雖然利用的工具、方法及技巧不同，但原則是相同的。另外，在與學生訪談當中得知，學生會因畫面上的圖片而覺得新鮮、有趣。雖然 Mayer 在 2003 年中有提到，增加一些美觀的背景或是音樂等附加的處理 (Incidental processing) 將會造成許多不當的影響 (詳見 2.3.2 小節)，但學校教學並不是短時間的實驗能夠比擬，在一天七、八節，一堂四十五分鐘的長時間學習中，如何使學生喜愛學習、享受學習，可能比起這些不當的影響更為重要，當然這還待後續的研究才能得知。

「分段切割」則需練習將呈現的訊息模組化、區塊化，取代多而零散的呈現方式，以降低學生的認知負荷，幫助基模的建立。如在實驗教材中，研究者應用「先使用簡易的符號講解，再列出算式請同學自己學習」的教學方式，由於圖像相當複雜，所以在對照組中應無法將訊息模組化，所以反而讓學生覺得更難。

「溝通互動」則需將教材視為自身的延伸，就像網球選手或是桌球選手必須視網球拍、桌球拍為手的一部分，身體的一部分一樣。也就是教師必須對教材充份了解，掌握好每個元件，控制好進行的速度，讓使用多媒體如同使用粉筆那樣地自然。另外，以目前的 PowerPoint 簡報製作軟體來說，尚無法提供演示者的螢幕畫面與聽

眾的投影畫面能分開播放。也就是說，我們無法製作一個教材，能同時顯示教師畫面（有按鈕說明、講解提示的畫面）及學生畫面（簡單、乾淨的畫面）。因此，在教材中安排按鈕，除了要能輕鬆記住它們的位置，減少其教學的負荷之外，也要使這個按鈕符合「標示原始位置」的原則（林煜庭, 2007），讓滑鼠的動作變得更有意義及必要。

5.2.2 未來研究方向

針對激發式動態教學已經有越來越多的研究及證據證實它的有效及必須性，但仍需繼續努力才能使其完備，以下提出數點未來可能的研究方向：

1. 在山區持續嘗試激發式動態教學：

儘管市面上的教材眾多，網路上的教學資源發達，教師還是必須在了解地區性之後，自行發展合適的教材。但，弱勢地區的老師進修機會不多（徐易男, 2003），且人少事多負擔重，根本無力自行製作教材。因此，合適的教材發展及教學工具便顯得格外重要。

使用激發式動態教學的 AMA，除了不需使用昂貴的軟硬體，能在不影響校務支出的情況供學校使用之外，在學習及操作上也相當的簡單、易上手，因此，可大大減輕教師自行研發教材的負擔。加上許多研究者（吳帝瑩, 2008；林煜庭, 2007；洪榮忠, 2008）都支持激發式動態教學的效果，再再證明了 AMA 是一個適於學習不利地區的利器。

2. 檢驗激發式動態教學的特點

本研究在質化研究的部分，初步性地探討了部分激發式動態教學的特點，檢視在真正激發式動態教學當中能否達到這些特點，成果相當的好。但還缺乏完整且系統的檢驗，因此期待後續的研究能更加驗證這些特點，讓激發式動態教學更完整。

3. 檢驗完整、長時間的單元及其他教學科目的教學效果

目前針對激發式動態教學的研究，還沒有完整且長時間的單元設計，但一般的單元通常都是連續且長時間的。因此，這方面的研究是未來一定要努力發展的部分。此外，對於「幾何」之外的數學單元，或是其他科目是否也適用激發式動態呈現，也是極待驗證的。

4. 檢驗不同能力的學生的教學效果

本研究只針對山區學生加以檢驗激發式動態呈現的教學效果。但學生的學習能力並不是只靠學習成績來加以評斷及分類，許多研究都有提到工作記憶、學習風格、學習型態、知覺偏好、...等都是依照學生不同能力、喜好、習慣...等來加以分類，而激發式動態呈現是否適用於不同能力的學生呢？相信這是相當值得注意的一個研究方向。

5. 檢驗激發式動態呈現是否會造成學生視覺的負擔

視力不好一直我國的大問題，而使用激發式動態教學，甚至多媒體教學到底會不會更增加學生視覺的負擔呢？本研究在質化分析上，初步檢驗出學生並不會在激發式動態教學上感到視覺的負擔，但並沒有經過長時間且使用儀器來測量學生的視力變化，或許未來可朝這個方向研究。



參考文獻

- 呂益升 (2005)。國三學生三角形外心與內心概念學習之困難因素及類比教學實驗的探討。國立臺灣師範大學數學系在職進修碩士班碩士論文。
- 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。國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系博士論文。
- 吳帝瑩 (2008)。激發式動態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學程碩士論文。
- 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學程碩士論文。
- 洪榮忠 (2008)。激發式動態教學設計之研究-以二元一次方程式的圖形為例。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班。
- 凌久原 (2007)。動態多重表徵對於國中生幾何單元學習成效之影響。國立成功大學教育研究所。
- 徐易男 (2003)。偏遠與離島地區教育之困境與生機，國教之友，54，67-69。
- 教育部 (2003)。國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域。台北市：教育部。10
- 郭生玉 (1999)。心理與教育測驗。精華書局。11
- 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. Paper presented at the 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。
- 陳創義 (2008)。青少年數學概念的『學習與教學』之研究--子計畫二：青少年幾何形狀概念的『學習與教學』之研究(3/3)。行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告(完整版)。
- 楊坤堂 (2005)。數學學習障礙學生的認識與教學。台北市立師範學院身心障礙研究所。
- 蘇柏奇 (2005)。數學教材設計之研究—以知覺理論為基礎。國立交通大學理學院碩士在職專班。
- Baddeley, A. (1998). Working memory. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Series III Sciences de la Vie*, 321(2-3), 167-173.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition & Instruction*, 8(4), 293-332.

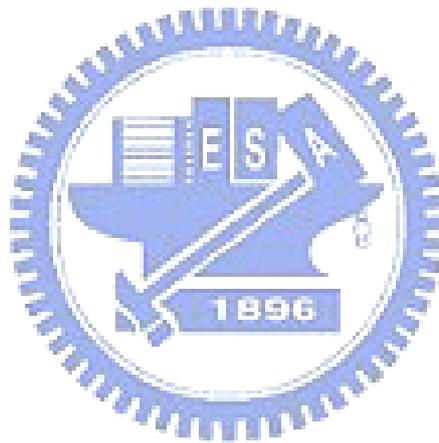
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 233-246.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied cognitive psychology*, 10(2).
- 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.
- Crowley, M. L. (1987). The van Hiele model of the development of geometric thought. *Learning and teaching geometry, K-12 (1987 NCTM Yearbook, pp. 1-16)*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- 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.
- Duval, R. (1995), Geometrical Picture: Kinds of Representation and Specific Processing. In R. Sutherland & J. Mason (Eds.), *Exploiting Mental Imagery with computers in Mathematics Education*. pp. 142-157. Berlin: Springer (NATO ASI Series n°138).
- Duval, R. (1998). Geometry from a cognitive of view. Perspectives on the Teaching of Geometry for the 21st century. *An ICMI Study*. pp37-52.
- Fuys, D., Geddes, D., & Tischler, R. (1988). The van Hiele model of thinking in geometry among adolescents. *Journal for Research in Mathematics Education. Monograph*.
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377-389.
- Mayberry, J. (1983). The van Hiele levels of geometric thought in undergraduate preservice teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 58-69.
- 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), 312-320.

- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.
- 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.
- Parmar, R. S., & Cawley, J. F. (1997). Preparing teachers to teach mathematics to students with learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 30(2), 188.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Ed.), *Information processing and cognition* (pp. 55-85).
- Sternberg, R. J. (2003). *Cognitive psychology* (3E.). Thomson Learning.
- 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., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of experimental psychology. General*, 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., & 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.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When Two Sensory Modes Are Better

Than One. *Journal of experimental psychology: Applied*, 3(4), 257-287.

Van Hiele, P. M. (1986). *Structure and insight: A theory of mathematics education*. Academic Press Orlando.

Zhu, X., & Simon, H. A. (1987). Learning mathematics from examples and by doing. *Cognition and Instruction*, 4(3), 137-166.



附件一 「三角形外心」單元之記憶測驗

班級：

姓名：

座號：

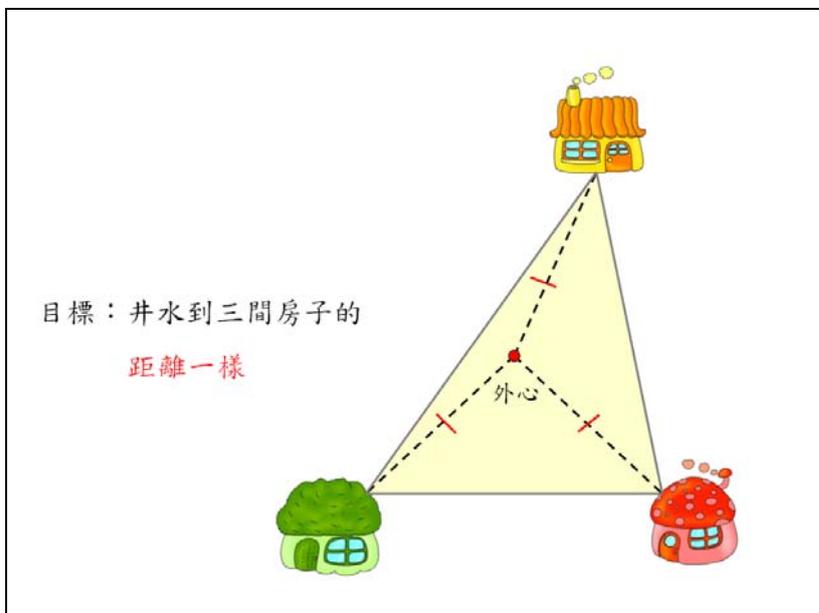
- ◎ 測驗說明：此份考卷將會測驗各位同學是否有記住課程投影片的內容，請根據題目要求答。使用黑色或藍色原子筆作答即可。



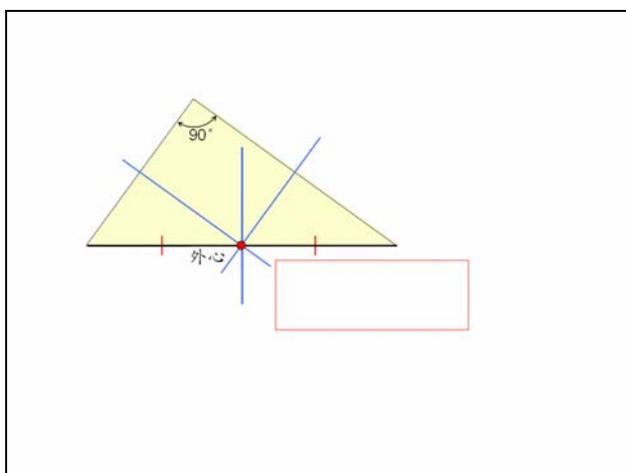
1. 這張圖，最後出現在畫面中的哪裡？請直接在下圖中「圈出它的位置」

三角形的外心至
三頂點等距

這個文字框出現在畫面的哪個位置？請直接在下圖中「框出它的位置」

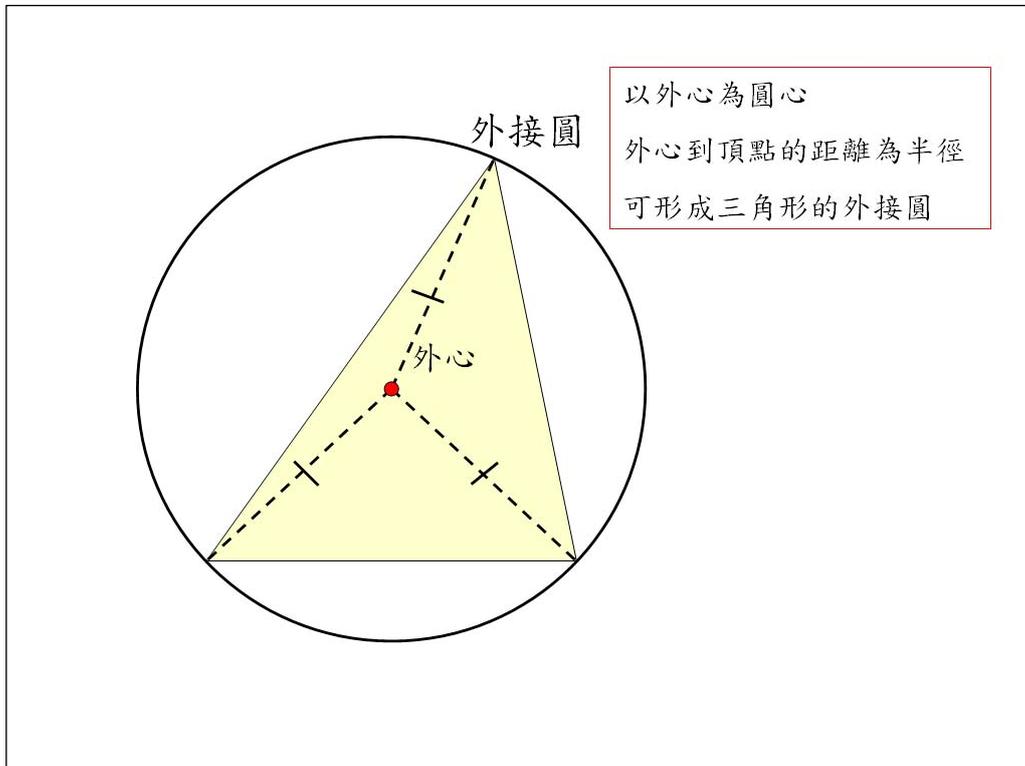


2. 請將紅色文字框內的文字寫出（意思一樣即可）

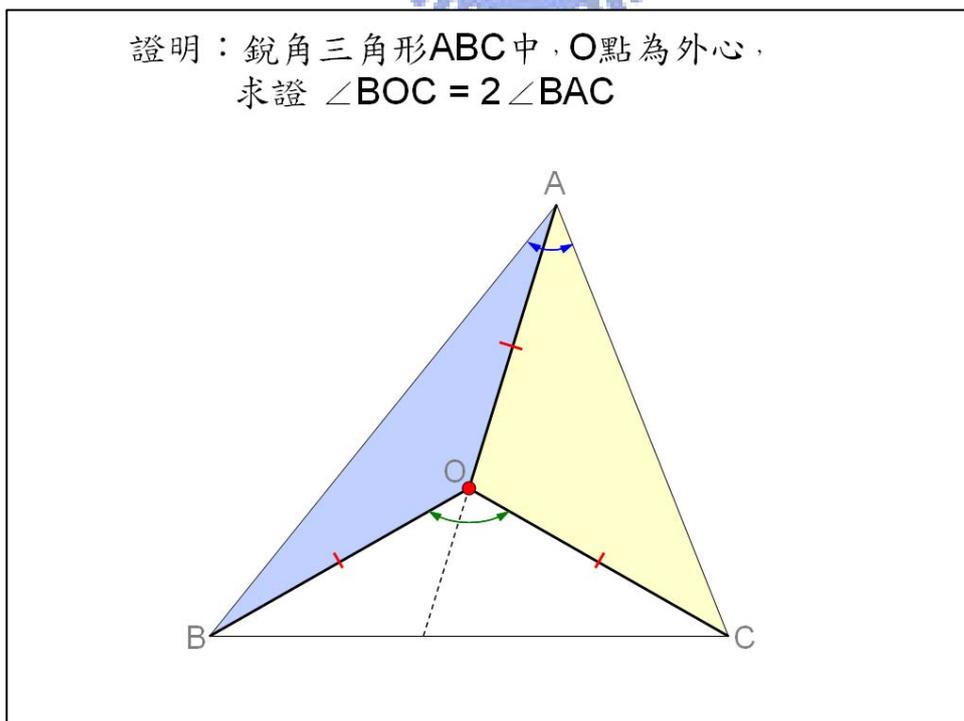


作 答 區

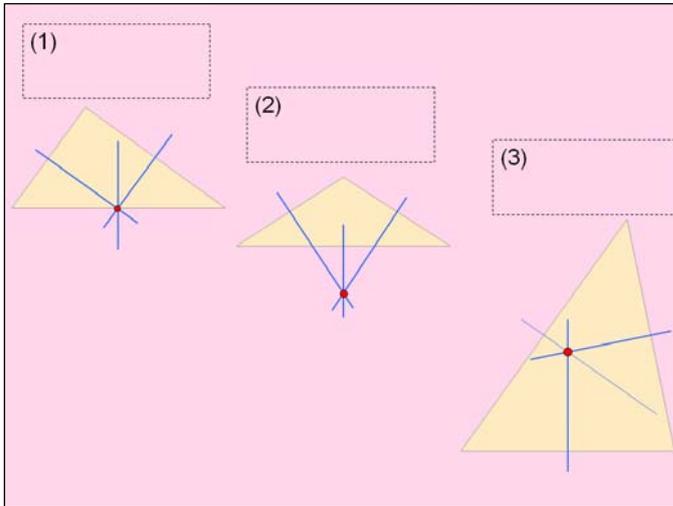
3. 下面這張講解外接圓的投影片當中，有些線條（實線虛線都有）的顏色被改變了。請直接在下圖將本來是「綠色」的線條「圈起來」；將本來是「藍色」的線條「打勾」。



4. 下面這張講解外心角度應用的投影片當中，有些符號不見了。請直接在下圖將 \triangle 、 \times 這兩個符號畫在它們原本的位置，出現的地方有好幾個唷！



5. 下圖的三個文字框中本來都有寫一些重點，請分別寫出其內容（意思一樣即可）



作 答 區

(1)

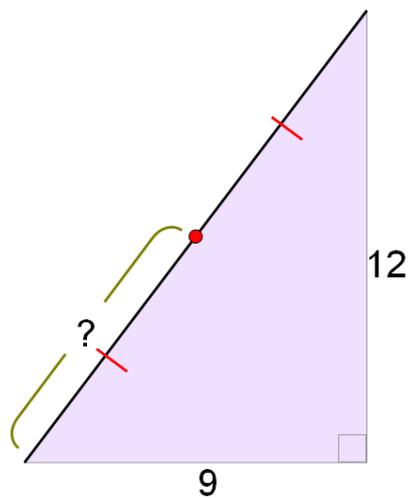
(2)

(3)

6. (1)下圖中出現的「？」，本來應該是什麼顏色的：_____（請直接於此作答）
- (2)下圖中有「兩個」文字框出現在畫面的哪個位置？請直接在下圖中「框出它們的位置」



問：此直角三角形的
外接圓半徑為多少？



附件二 「三角形外心」單元之轉化測驗前測

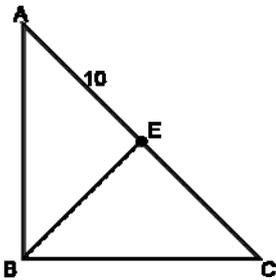
班級：

姓名：

座號：

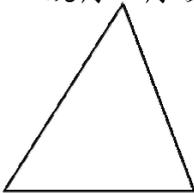
1. 請解釋什麼是三角形的「外心」？並說明如何找到「外心」

2. 如下圖，E點為 $\triangle ABC$ 的外心且 $\overline{AE}=10$ 公分。則 \overline{BE} 多長？ $\triangle ABC$ 又為何種三角形？

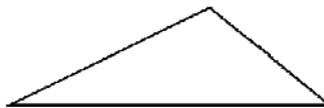


3. 銳角、鈍角、直角三角形的外心分別位在三角形的什麼位置上？（請直接在下圖中作圖，不需精準，只要位置大概就可以了。）

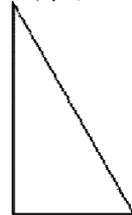
銳角三角形



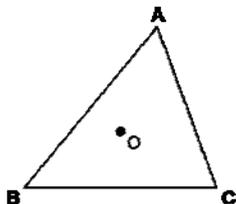
鈍角三角形



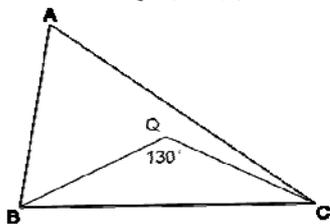
直角三角形



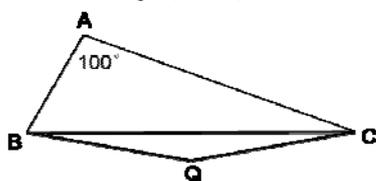
4. 如下圖，O點為 $\triangle ABC$ 的外心。若 $\overline{AO}=10$ 公分，則 \overline{BO} 多長？三角形的外接圓半徑多長？



5. 如下圖，Q 為銳角 $\triangle ABC$ 的外心，若 $\angle BQC=130^\circ$ 則 $\angle BAC$ 幾度？



6. 如右圖，Q 為鈍角 $\triangle ABC$ 的外心，若 $\angle BAC=100^\circ$ 則 $\angle BQC$ 幾度？°



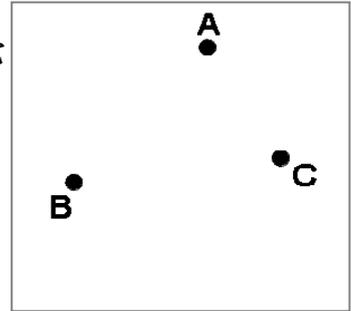
附件三 「三角形外心」單元之轉化測驗後測

班級：

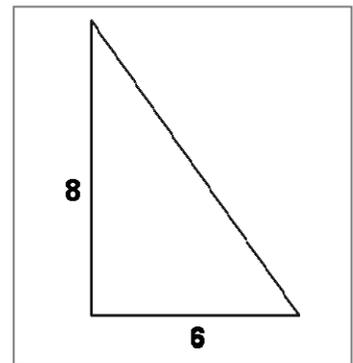
姓名：

座號：

1. 若教育處希望在 A、B、C 這三間學校（如右圖）中央蓋一座游泳池，使得這座游泳池到三間學校的距離相等，則它應該蓋在哪裡？如何找到那個位置？

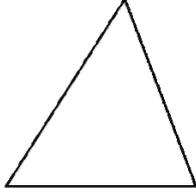


2. 如右圖，已知「直角三角形」兩股分別為 6 公分及 8 公分，則此三角形的外接圓半徑多長？

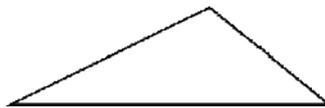


3. 銳角、鈍角、直角三角形的外心分別位在三角形的什麼位置上？（請直接在下圖中作圖，不需精準，只要位置大概就可以了。）

銳角三角形



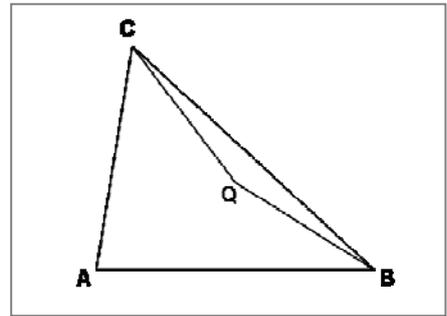
鈍角三角形



直角三角形

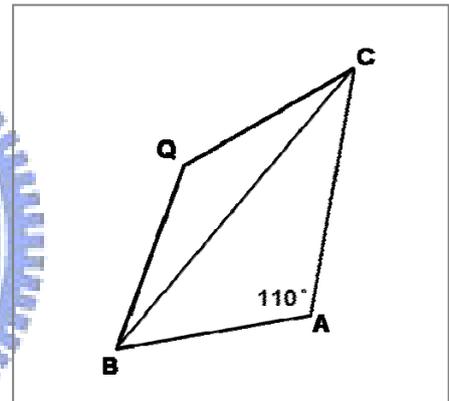


4. 如右圖，Q 為 $\triangle ABC$ 的外心，若 $\angle BAC=80^\circ$ 則 $\angle BQC$ 幾度？



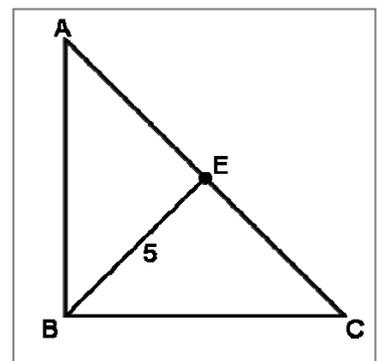
5. 請解釋什麼是三角形的「外心」？

6. 如右圖，Q 為 $\triangle ABC$ 的外心，若 $\angle BAC=110^\circ$ 則 $\angle BQC$ 幾度？



7. 已知某 $\triangle ABC$ 的外接圓直徑為 10 公分，則 $\triangle ABC$ 的外心到頂點的距離應為多少公分？

8. 如右圖，已知 E 點為 $\triangle ABC$ 的外心且 $\overline{BE}=5$ 公分。則 \overline{AC} 多長？ $\triangle ABC$ 又為何種三角形？



附件四 「三角形外心」單元之學習成就及認知負荷問卷

班級：

姓名：

座號：

以下(1至(6)題，請你都以「當老師在講解課程，而你要找到投影片中對應的位置時」的情況來作答！

(1) 你能容易地找到投影片中對應的位置嗎？

非常容易 容易 普通 不容易 非常不容易

(2) 你同意你不會被滑鼠干擾嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(3) 你同意你不會被老師講解的聲音干擾嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(4) 你同意你不會因畫面上東西太多而被干擾嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(5) 你同意你不會因畫面上顏色太多而被干擾嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(6) 你同意你不會因畫面上的東西會動而被干擾嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

以下(7)至(10)題，請你都以「當你在看課程投影片時」的情況來作答！

(7) 你同意你的眼睛不會因滑鼠移動而覺得累嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(8) 你同意你的眼睛不會因畫面上東西太多而覺得累嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(9) 你同意你的眼睛不會因畫面上顏色太多而覺得累嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(10) 你同意你的眼睛不會因畫面上的東西會動而覺得累嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(11) 你同意你能夠邊專心看投影幕，邊專心聽老師講解嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意

(12) 課程的最後，教了三角形外心的角度應用。其中老師先單純使用簡易的符號講解，之後再列出算式請同學自己學習，這種學習方式你覺得容易理解嗎？

非常容易 容易 普通 不容易 非常不容易

(13) 承上題，你的理由是什麼？

(14) 在這個課程當中，你有沒有分心過？

沒有 (勾選此選項的同學，不用再寫第15題)

有

(15) 承上題，你同意當你重新看投影片時，能夠馬上找到老師講解的地方嗎？

非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意



以下為認知負荷問卷

(1) 你認為這次的課程學習起來容易還是困難？

非常容易 容易 還算容易 難易適中 有點困難 困難 非常困難

(2) 你同意你花費了很大的心力，才能記起來這門課的內容嗎？

非常不同意 不同意 有點不同意 普通 有點同意 同意 非常同意

附件五 「三角形外心」單元之訪談問題

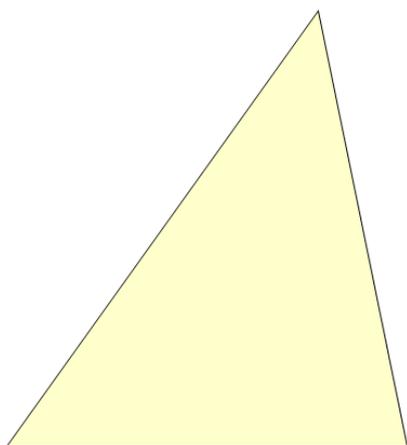
1. 你喜歡這種上課方式嗎？為什麼？
2. 你覺得這次的課程學習起來容易還是困難？為什麼？
3. 當老師在講解課程時，你能很快地在投影片中找到老師講解的位置嗎？
4. 你的注意力可以一直集中嗎？是什麼事情讓你分心？
5. 當你分心，要再重新看投影片時，你能找到老師講解的位置嗎？
6. 你有辦法邊上課邊進行思考嗎？
7. 老師彈性的顯示出「重點提示文字框」，對你有沒有幫助？
8. 當你在看投影片時，眼睛會不會覺得很累？為什麼？



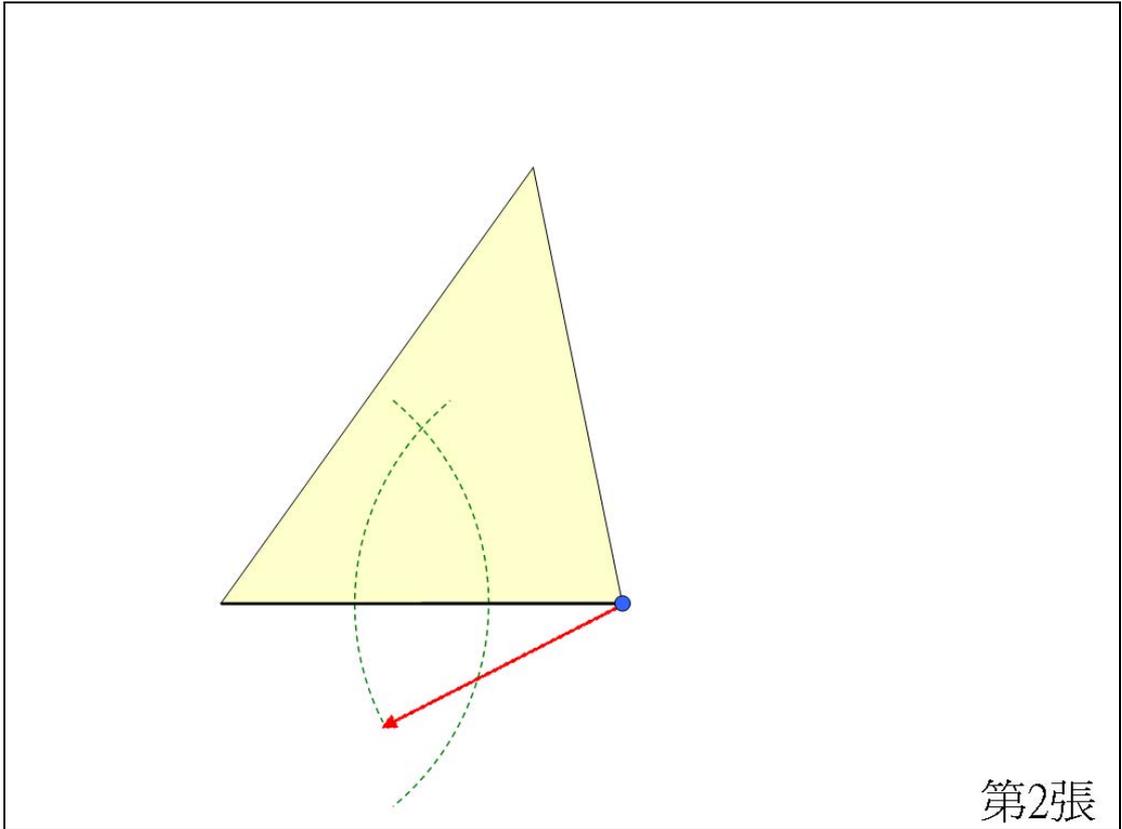
附件六 實驗組（激發式動態呈現）的教材內容

三角形的外心

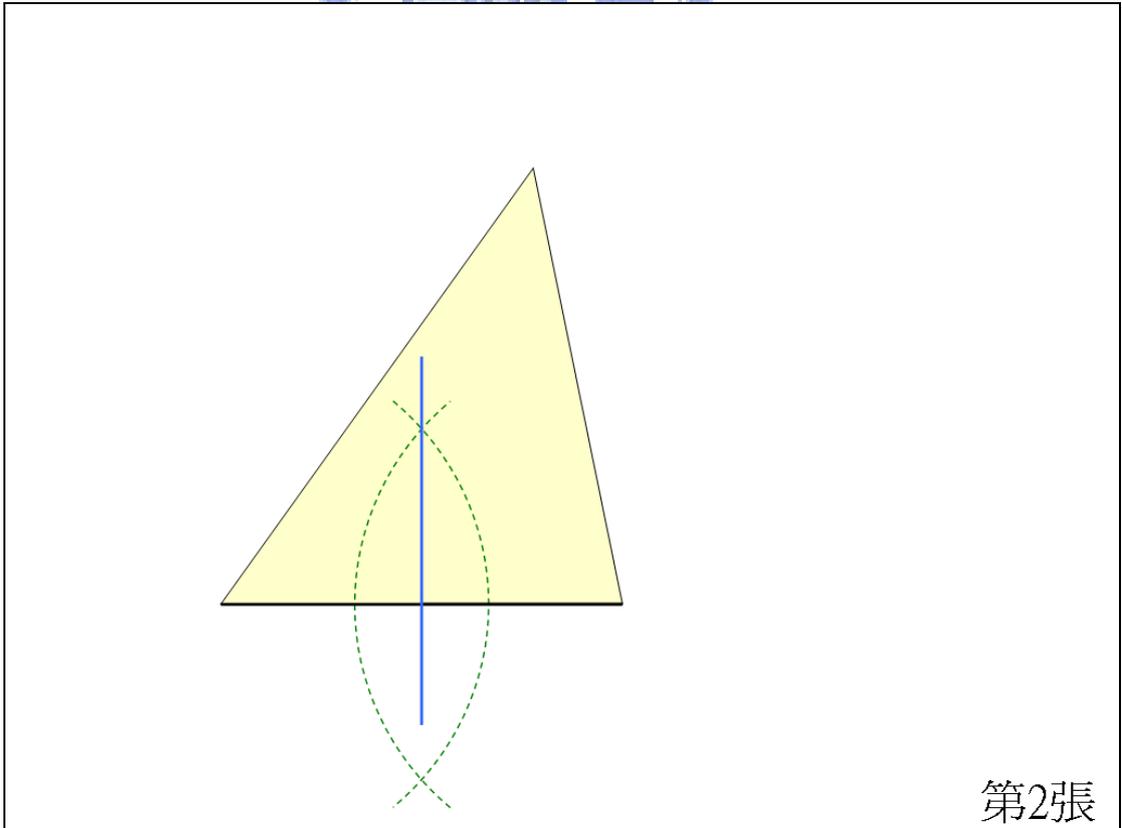
第1張



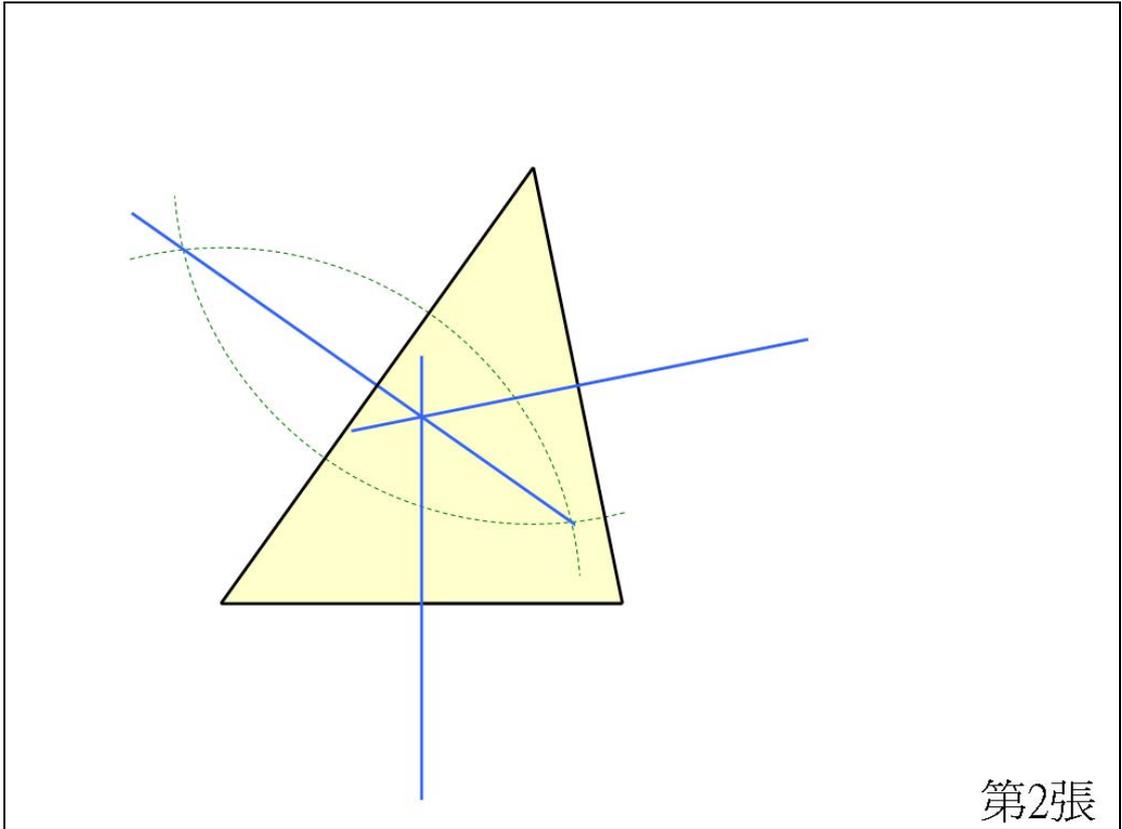
第2張



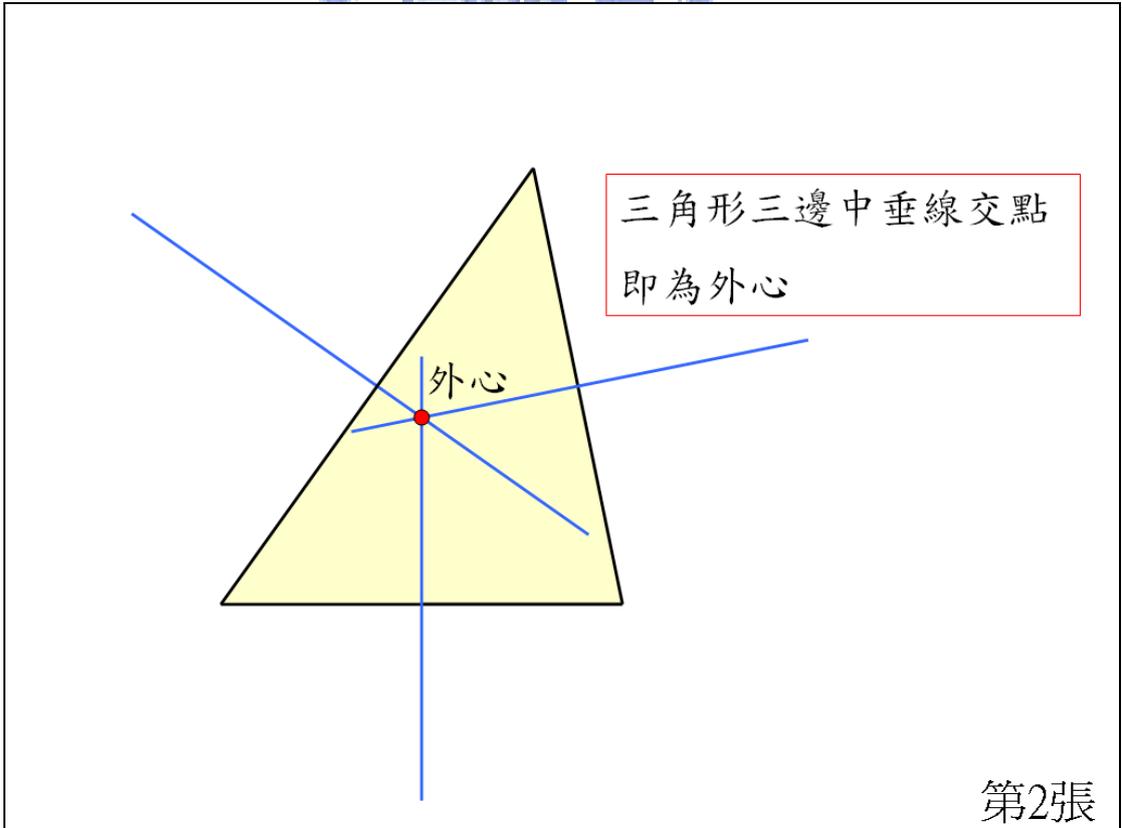
第2張



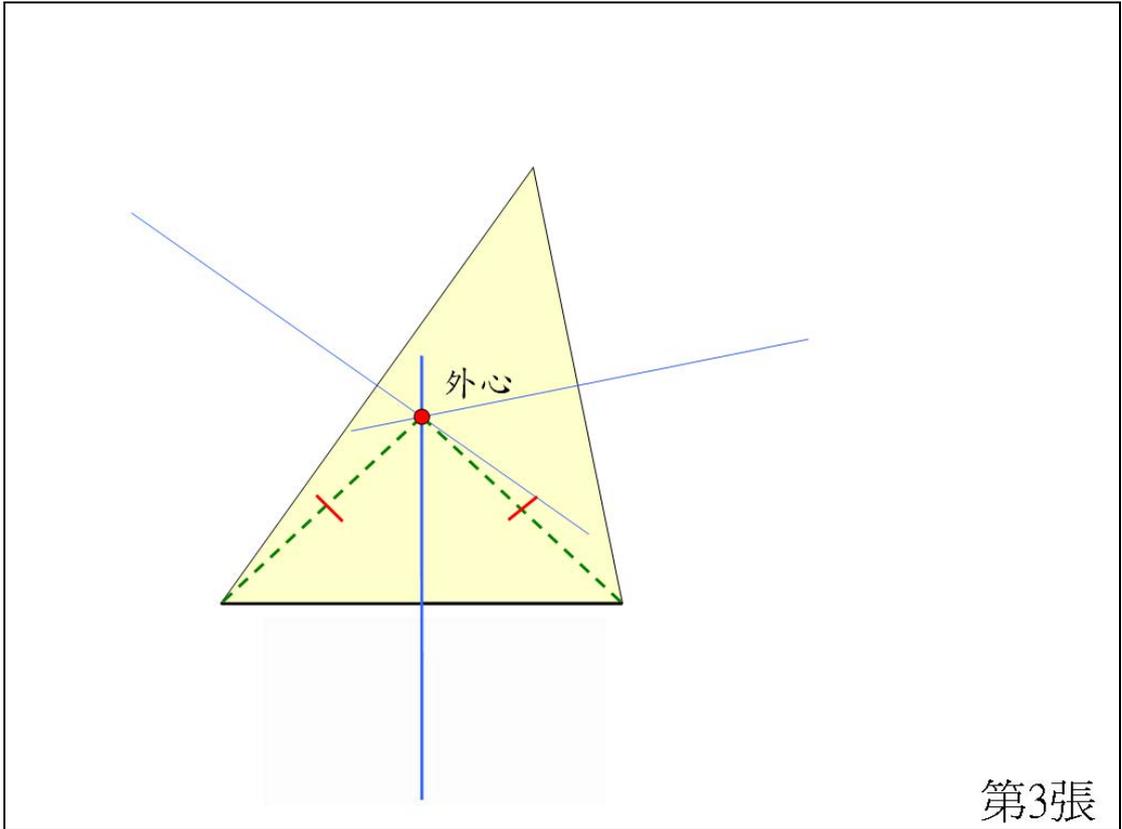
第2張



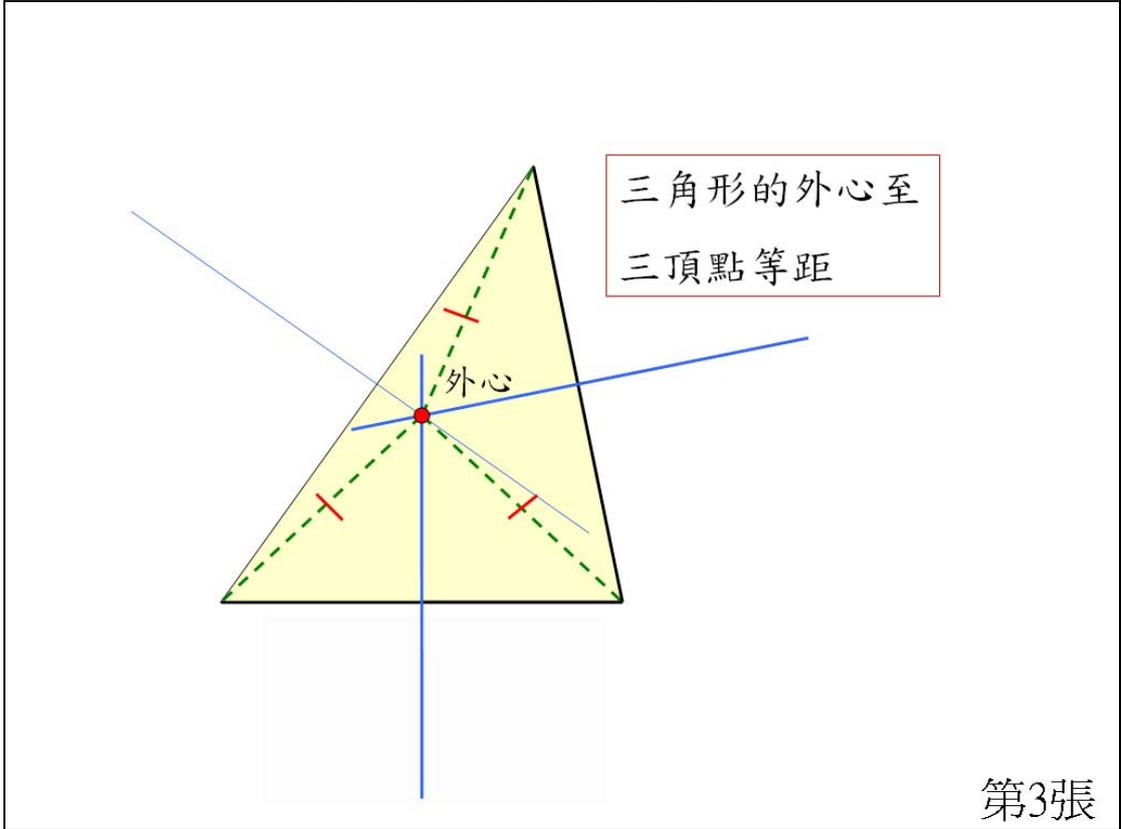
第2張



第2張



第3張



第3張



目標：井水到三間房子的

距離一樣



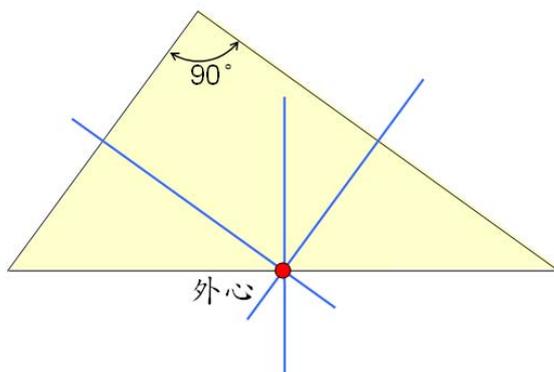
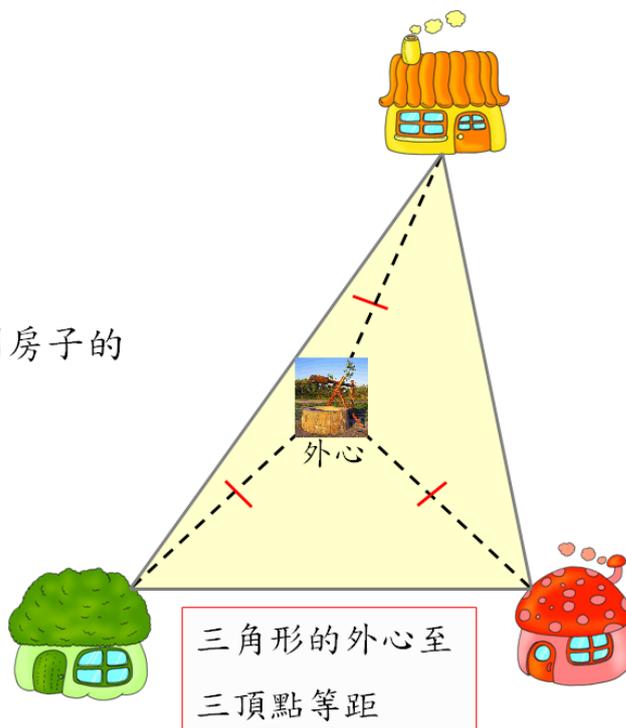
目標：井水到三間房子的

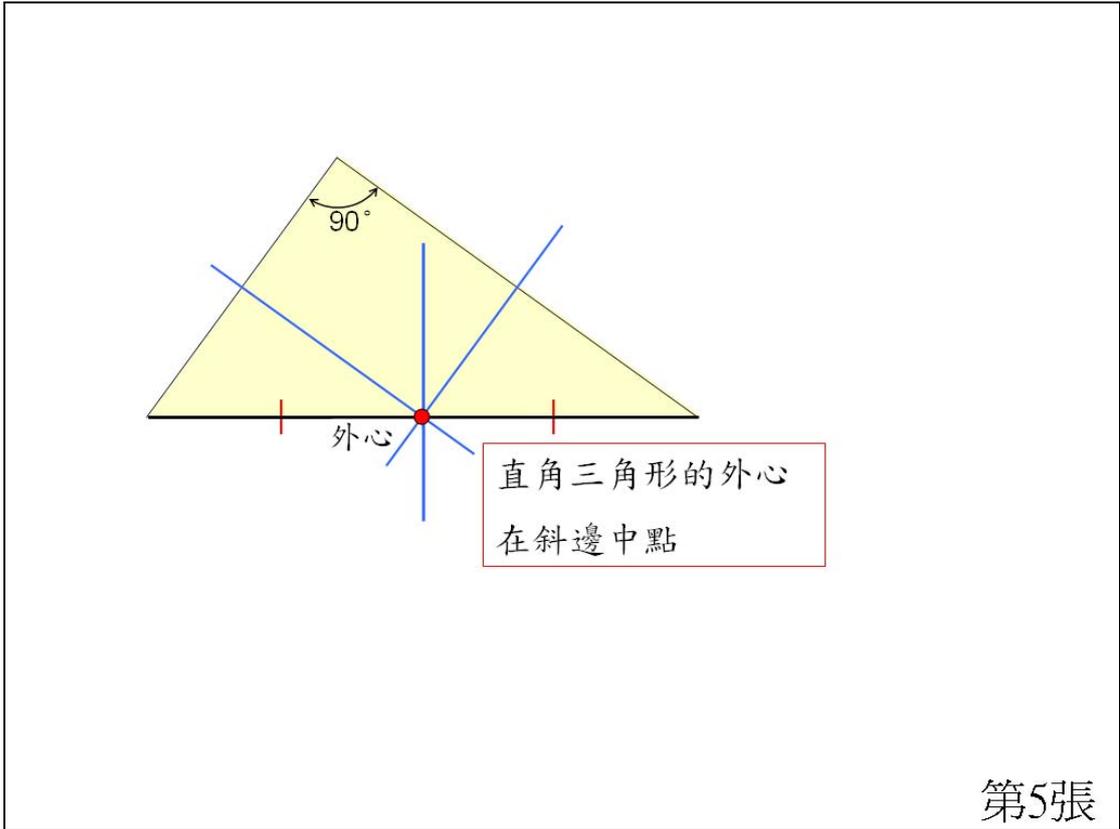
距離一樣

外心

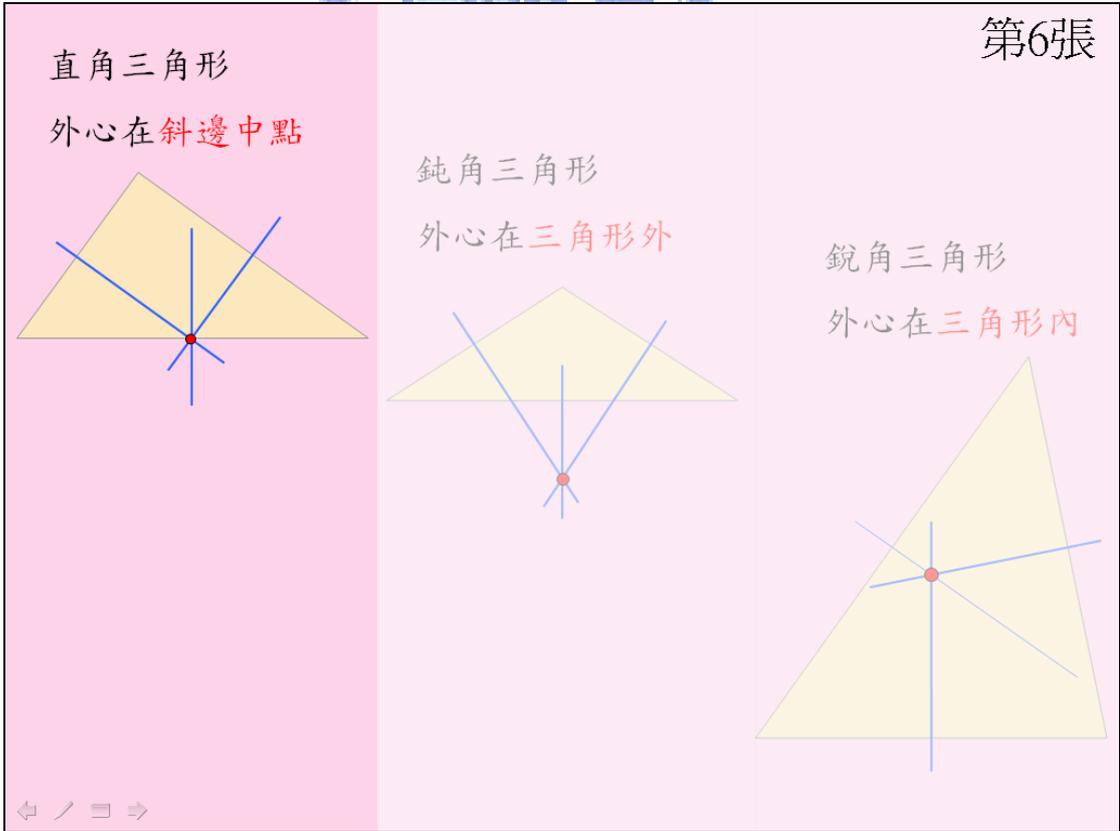


目標：井水到三間房子的
距離一樣





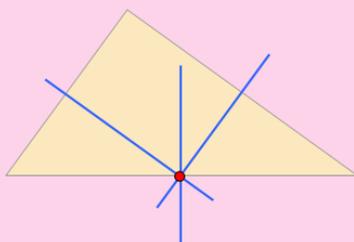
第5張



第6張

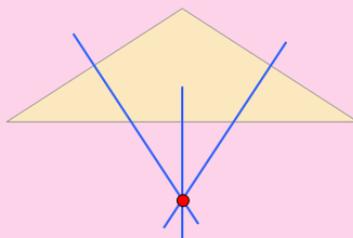
直角三角形

外心在斜邊中點



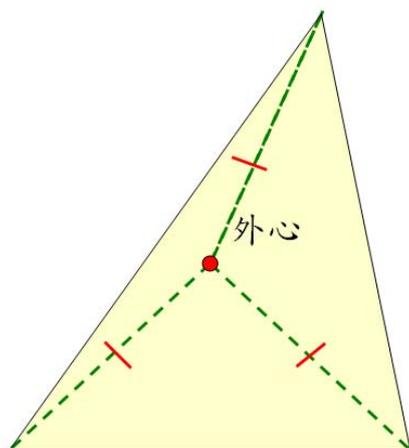
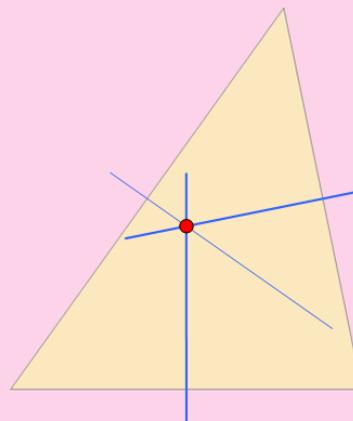
鈍角三角形

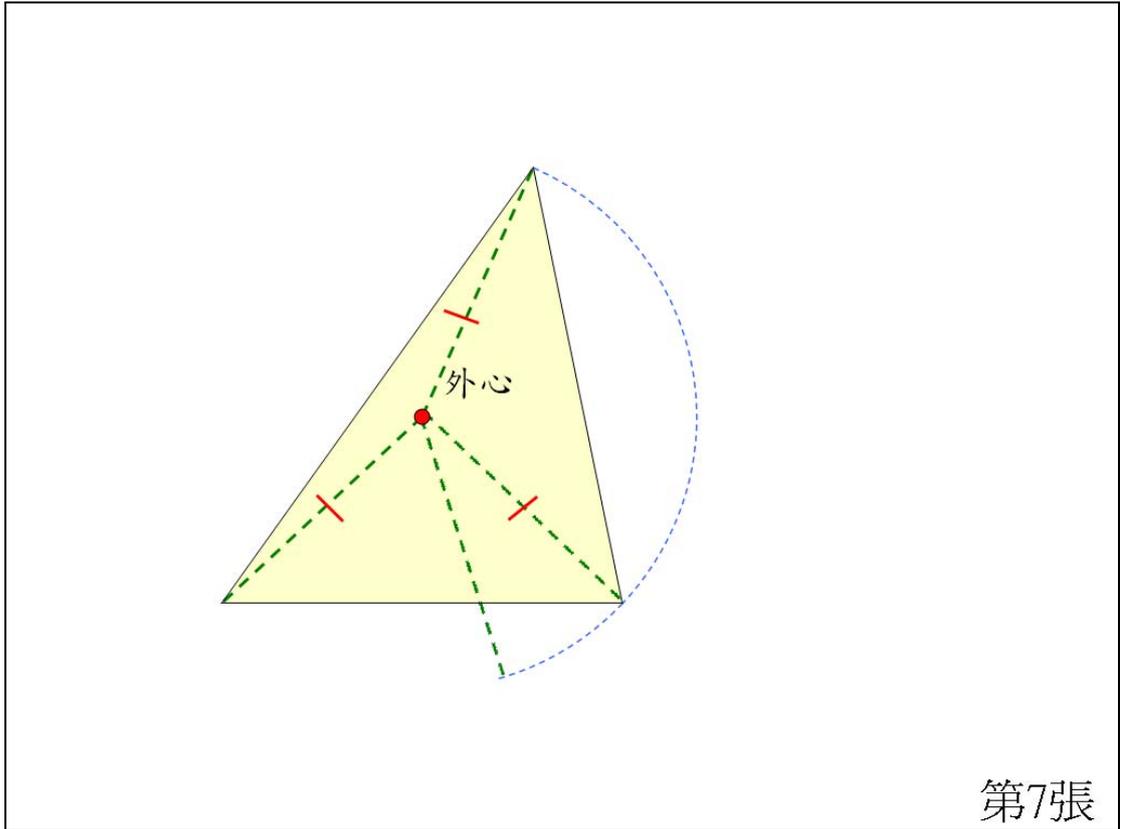
外心在三角形外



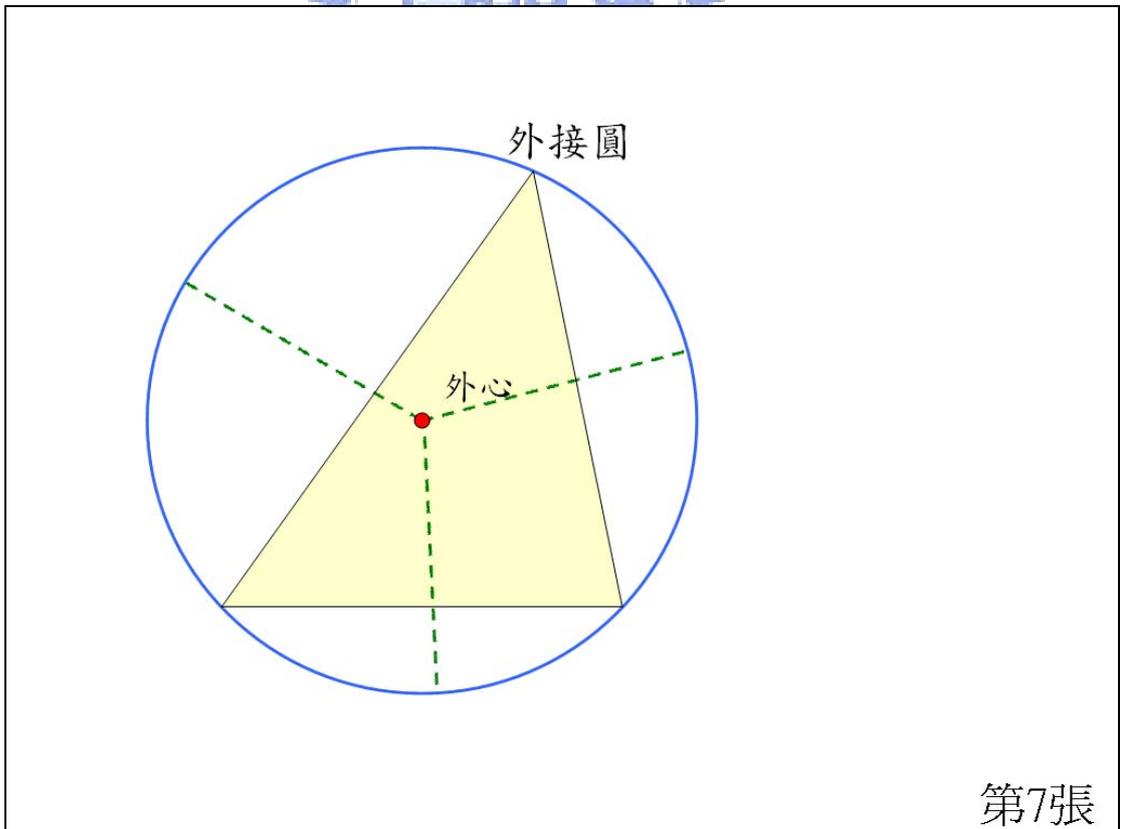
銳角三角形

外心在三角形內

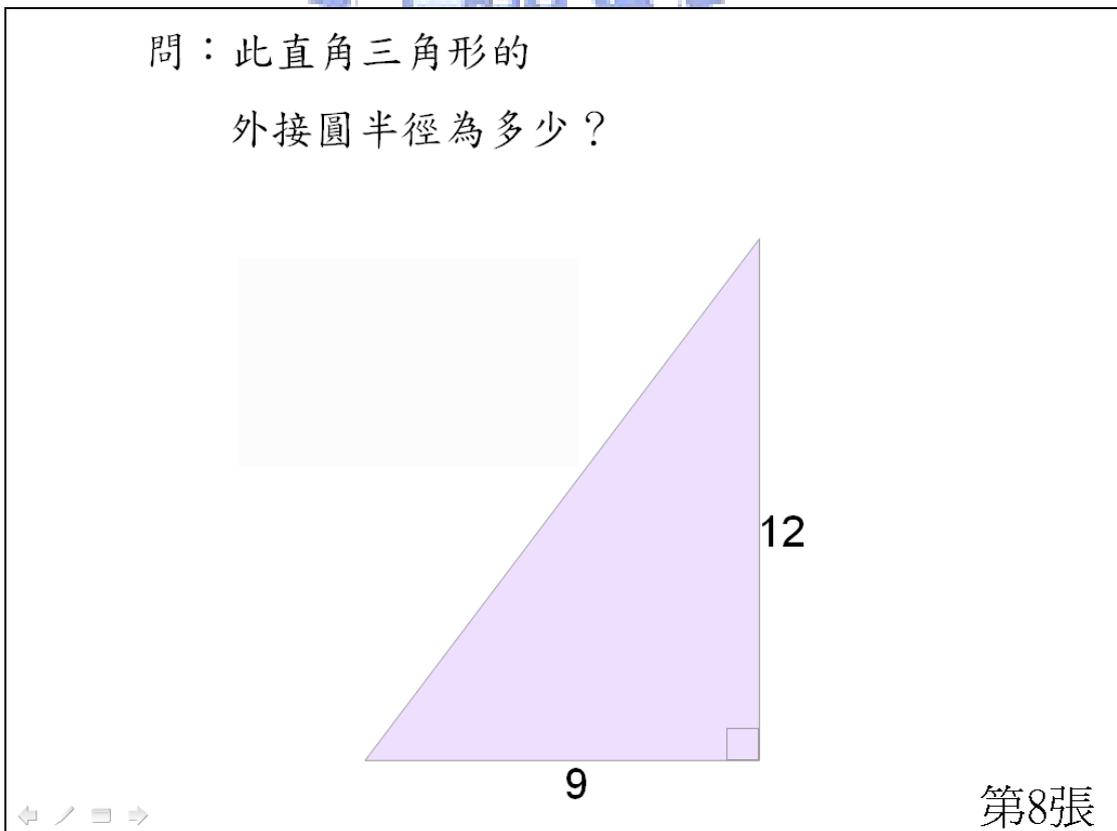
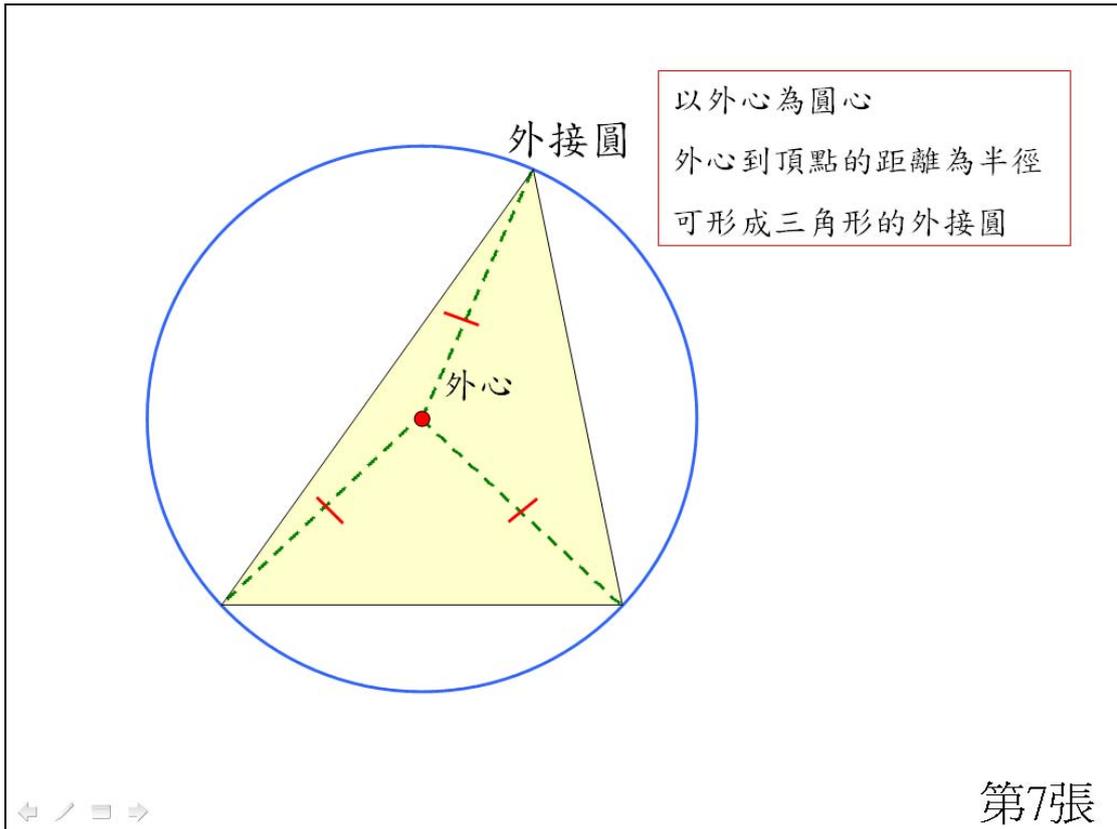




第7張

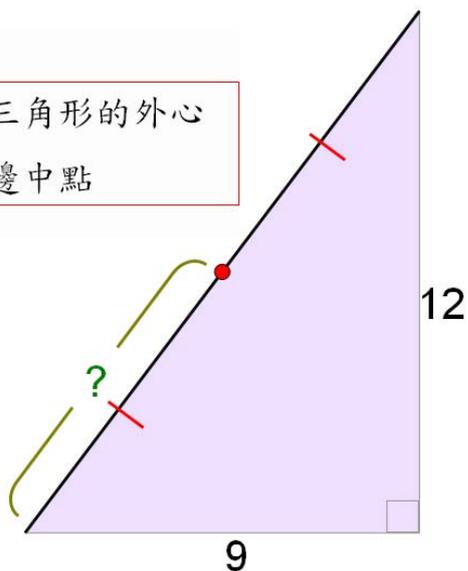


第7張



問：此直角三角形的
外接圓半徑為多少？

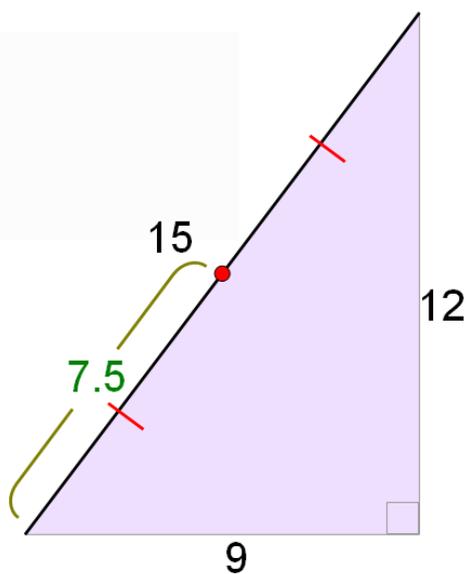
直角三角形的外心
在斜邊中點



第8張

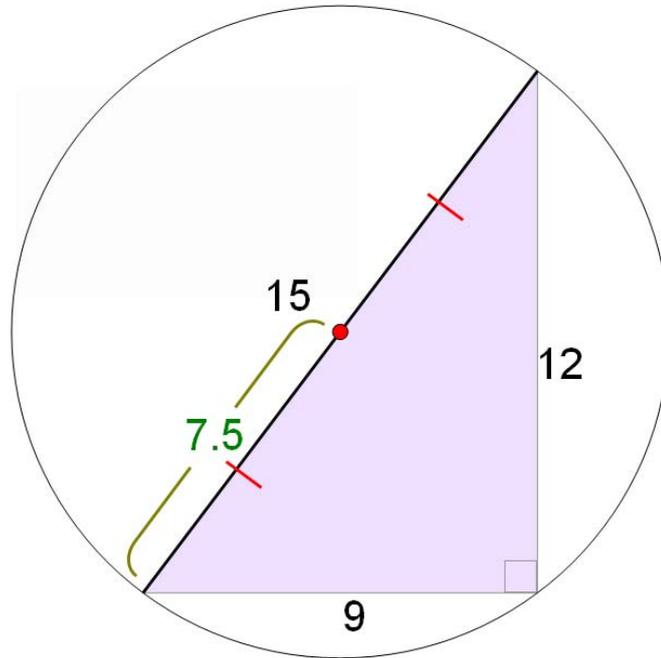
問：此直角三角形的
外接圓半徑為多少？

以外心為圓心
外心到頂點的距離為半徑
可形成三角形的外接圓



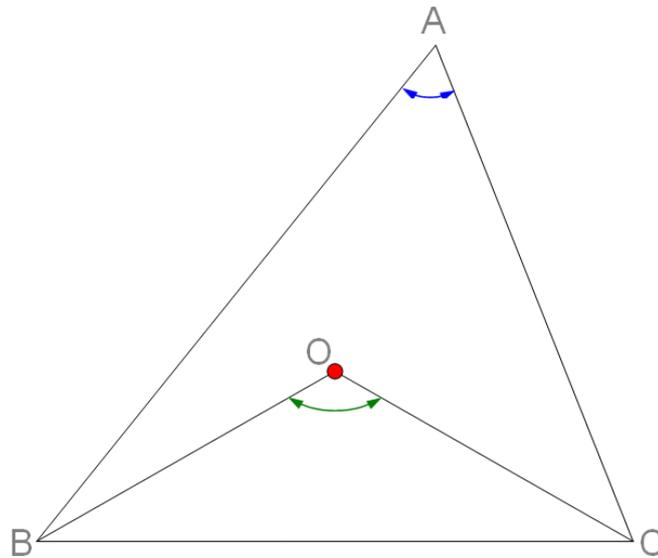
第8張

問：此直角三角形的
外接圓半徑為多少？



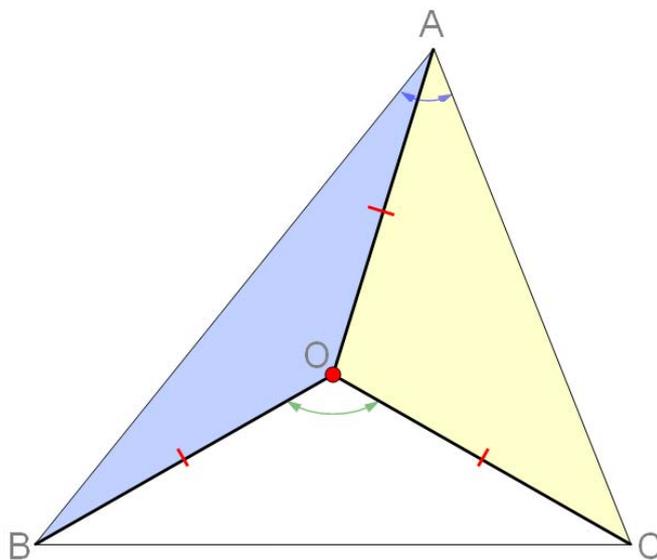
第8張

證明：銳角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$



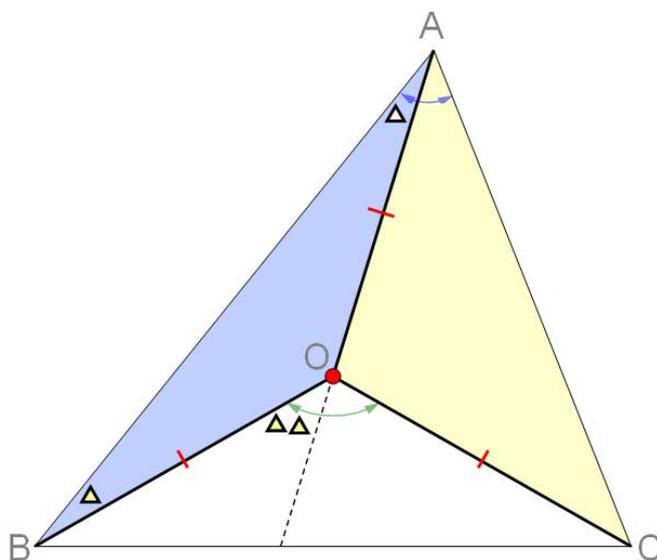
第9張

證明：銳角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$



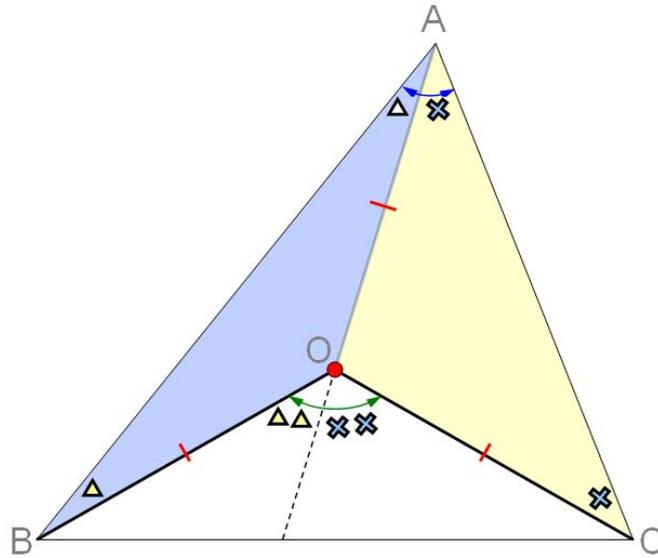
第9張

證明：銳角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$



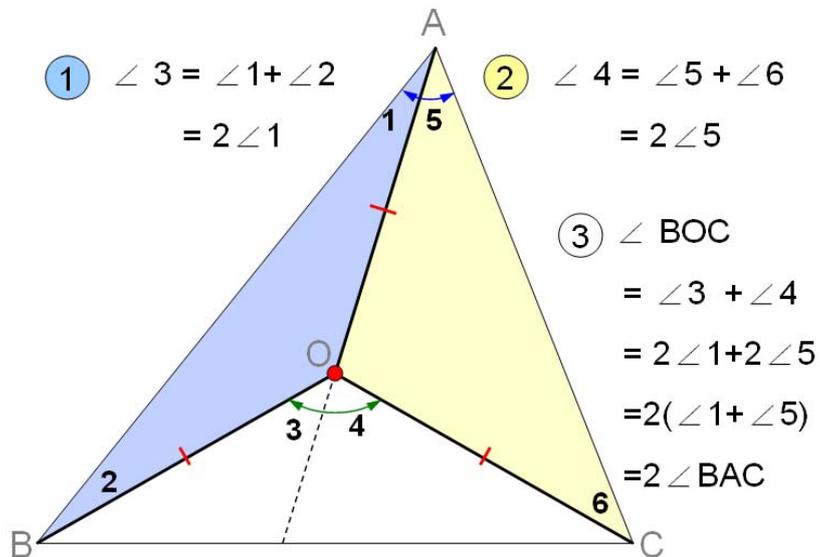
第9張

證明：銳角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$



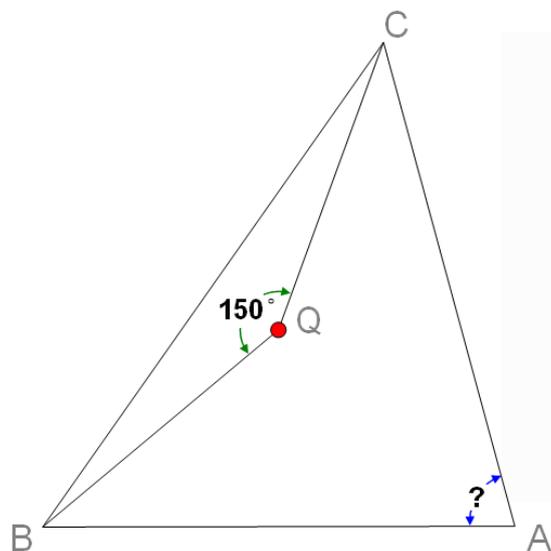
第9張

證明：銳角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 2\angle BAC$



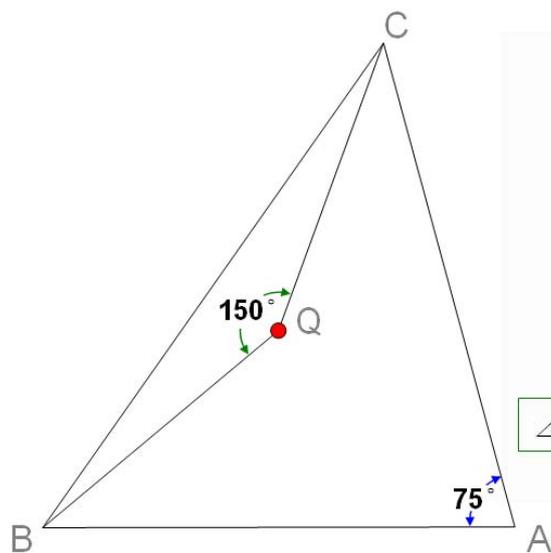
第10張

問：銳角三角形ABC中，若Q點為外心，
 $\angle BQC = 150^\circ$ ，則 $\angle BAC$ 幾度？



第11張

問：銳角三角形ABC中，若Q點為外心，
 $\angle BQC = 150^\circ$ ，則 $\angle BAC$ 幾度？

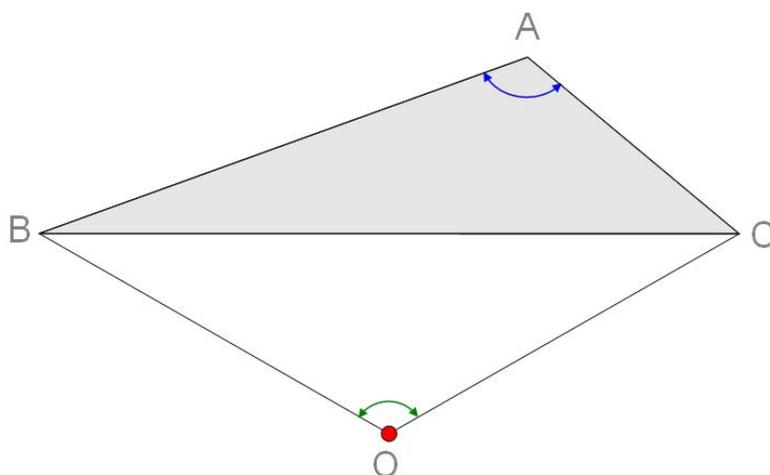


$$\angle BQC = 2\angle BAC$$

第11張

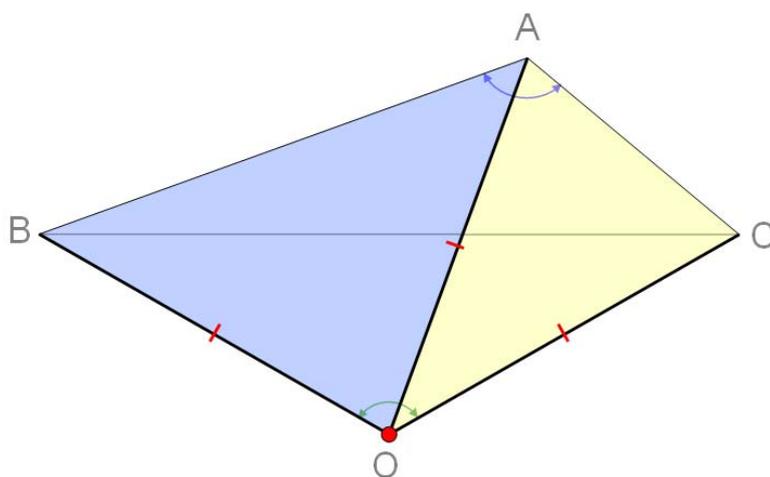


證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$



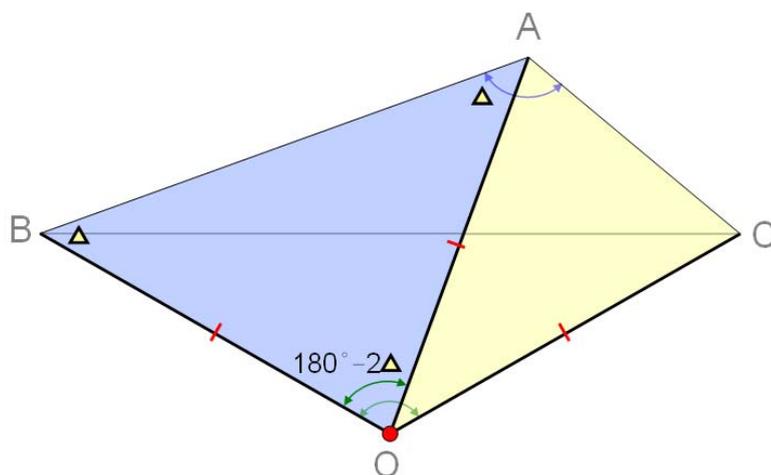
第12張

證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$



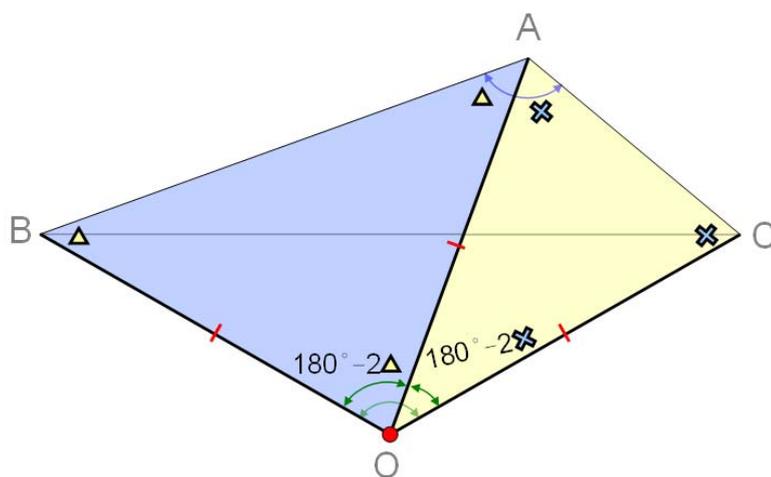
第12張

證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$



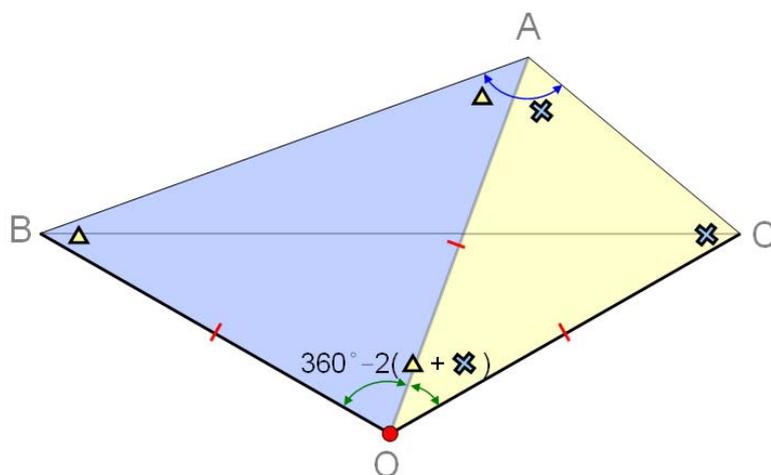
第12張

證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$



第12張

證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$



第12張

證明：鈍角三角形ABC中，O點為外心，
求證 $\angle BOC = 360^\circ - 2\angle BAC$

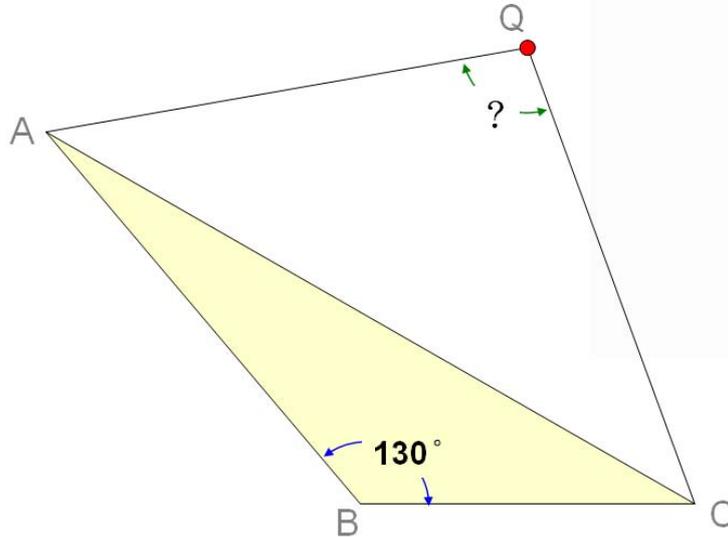
第13張

① $\angle 3 = 180^\circ - \angle 1 - \angle 2$
 $= 180^\circ - 2\angle 1$

② $\angle 4 = 180^\circ - \angle 5 - \angle 6$
 $= 180^\circ - 2\angle 5$

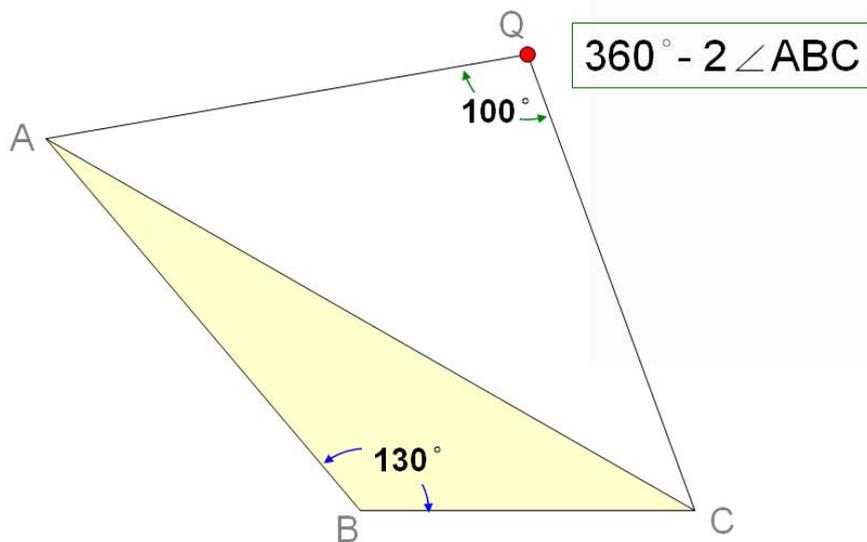
③ $\angle BOC$
 $= \angle 3 + \angle 4$
 $= (180^\circ - 2\angle 1) + (180^\circ - 2\angle 5)$
 $= 360^\circ - 2(\angle 1 + \angle 5)$
 $= 360^\circ - 2\angle BAC$

問：鈍角三角形ABC中，若Q點為外心，
 $\angle ABC = 130^\circ$ ，則 $\angle CQB$ 幾度？



第14張

問：鈍角三角形ABC中，若Q點為外心，
 $\angle ABC = 130^\circ$ ，則 $\angle CQB$ 幾度？



第14張