

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班

碩士論文

指導教授：張俊彥 博士

發展以動畫為主的月相盈虧課程
並探討學生的空間能力
對學習成效與認知負荷的影響

The Development of an Animation-Based Curriculum of
Moon Phases and Exploration of the Impact of
Secondary Students' Spatial Ability on Learning
Outcomes and Cognitive Load

研究生：曾冠雲

中華民國一〇一年七月

誌謝

這份研究論文的完成，最重要的是感謝指導教授張俊彥老師的指導與協助，自大學時期進入研究團隊後便給予我許多的指導、研究方向的啟發以及提供豐富的研究資源，有幸進入張老師優秀的研究團隊中，我才能夠順利完成這份研究成果！也感謝口試委員吳穎沛老師與李旻憲老師，細心的看完論文後給予許多寶貴的建議與論文研究的討論，讓研究論文更加完整！

感謝嘉修無條件的提供班級協助實驗研究，施測多虧有你的幫忙才能夠順利進行！感謝文鑫，研究生活互相幫助才能一起順利畢業！感謝張老師優秀的團隊成員與助理們，尤其是庭光、銘照與佑達學長，感謝你們在研究設計、統計分析上的幫助，還有給予我許多的研究論文寫作上的指導與建議，你們真的超棒的！

感謝小希陪伴我度過生活的每一天，有你真好！未來的日子我們一起努力加油！感謝爸爸媽媽與姊姊的支持鼓勵，讓我無後顧之憂順利完成學業！感謝一起運動念書與玩樂的同學朋友們，讓我的研究生活更加豐富！謝謝大家！

摘要

由於概念涉及的時間、空間、日月地的相對關係過於抽象而難以理解，月相盈虧成因是國中學生常感到困難的一個單元。本研究希望發展一套以月相盈虧成因概念為主題的動畫教材輔助國中學生學習。研究者將參考 Mayer (2003) 與 Sweller (2008) 的認知負荷理論，開發「月相盈虧成因的多媒體動畫教材」。本研究的主要目的有二：(1) 探討增加動畫的呈現，是否比圖文教材更能幫助國中學生減少學習的認知負荷，有效提升月相盈虧成因概念學習成效；(2) 探討空間能力、認知負荷、以及國中學生運用不同教材學習月相概念學習成效間的關聯。

本研究以中區某公立國中九年級學生為研究對象，有效樣本共 98 位學生。學生接受空間能力測驗後，隨機分成動畫圖文組與圖文組，使用多媒體月相盈虧概念教材進行學習。課程結束之後接受月相盈虧成因學習成效測驗、認知負荷量表。資料分析方法使用獨立樣本平均數考驗 (t -test, independent samples) 與變異數分析法 (ANOVA)。

研究結果如下：(1) 動畫圖文組與圖文組在學習成效表現上無顯著差異；(2) 認知負荷與學習成效呈現負相關 ($r=-.298, p<.01$)，空間能力與學習成效正相關 ($r=.471, p<.01$)；(3) 高空間能力的學習者無論使用動畫圖文教材或圖文教材，學習成效皆顯著優於低空間能力的學習者 ($F(3,50)=10.458, p=.000, f=0.616$)；(4) 高空間能力的學習者無論使用動畫圖文教材或圖文教材，與低空間能力的學習者的認知負荷沒有顯著差異 ($F(3,50)=2.56, p=.065, f=0.361$)；(5) 高空間能力學習者的教材效果顯著優於低空間能力的學習者 ($F(3,50)=9.985, p=.000, f=0.606$)。

關鍵字：多媒體學習、動畫、認知負荷、空間能力

Abstract

The causes of moon phases is a difficult unit for secondary students to understand, so this study hopes to develop a multimedia animation instrument to assist student's learning. To do so, we used Mayer's(2003) cognitive theory of multimedia learning(CTML) and Sweller's(2008) cognitive load theory(CLT) and instructional designs to develop the multimedia animation instrument.

Ninety-eight students took the spatial ability test, and then were randomly divided into animation graphic group(AGG) and static graphic group(SGG). After multimedia learning, students completed the self-reported scale of cognitive load and multiple choices learning outcomes test.

It was found that the learning outcomes showed no significant difference between AGG and SGG. Learning outcomes had a negative correlation($r=-.298, p<.01$) with cognitive load. Spatial ability was positively related to learning outcomes($r=.471, p<.01$). High spatial ability students' learning outcomes were significantly better than low spatial ability students($F(3,50)=10.458, p=.000, f=0.616$). High spatial ability students reported lower cognitive load than low spatial ability students ($F(3,50)=2.56, p=.065, f=0.361$).

Keyword: multimedia learning, animation, cognitive load, spatial ability

目錄

第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與背景.....	1
第二節 研究目的.....	4
第三節 研究問題.....	5
第四節 名詞解釋.....	5
第二章 文獻探討.....	7
第一節 多媒體學習與教學.....	7
第二節 認知負荷理論.....	16
第三節 動畫.....	24
第四節 空間能力.....	33
第三章 研究方法.....	37
第一節 研究對象.....	37
第二節 研究設計與流程.....	38
第三節 研究工具.....	41
第四節 資料處理與分析.....	48
第四章 研究結果與討論.....	52
第一節 學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上無顯著差異.....	53
第二節 空間能力與認知負荷會影響學生月相盈虧概念的學習成效.....	54
第三節 高空間能力學習者的學習成效顯著優於低空間能力學習者.....	55
第四節 高空間能力學習者的認知負荷低於低空間能力學習者.....	57
第五節 高空間能力學習者的教材效果顯著優於低空間能力學習者.....	59
第五章 結論與建議.....	61
第一節 研究結論.....	61
第二節 研究範圍與限制.....	69
第三節 建議與未來研究方向.....	70

第六章 參考文獻.....	71
附錄.....	79
附錄一 月相盈虧成因動畫圖片教材 截圖	79
附錄二 月相盈虧成因學習成效測驗	88
附錄三 認知負荷量表	94

表目錄

表 2.1.1 三個有關多媒體學習認知理論的假設 (Mayer & Moreno, 2003)	9
表 2.3.1 動、靜態多媒體視覺介面對學習成效相關研究	26
表 3.1.1 實驗分組人數與有效樣本數	37
表 3.3.1 九年一貫課程綱要 (2008)「自然與生活科技」學習領域能力 分段能力指標	41
表 3.3.2 九年一貫課程綱要 (2008)「自然與生活科技」學習領域教材 內容要項與細目	42
表 3.3.3 設計軟體與工作內容	43
表 3.3.4 參考使用 Mayer 的多媒體教材設計原則項目	44
表 3.3.5 參考使用 Sweller 的認知負荷理論教學效應項目	45
表 3.4.1 空間能力分組人數表	51
表 3.4.1 動畫圖文組與圖文組學生先備知識的平均數分析	51
表 4.1.1 動畫圖文組與圖文組學生在「月相盈虧成因學習成效測驗」表 現的差異分析	53
表 4.2.1 「空間能力測驗」、「認知負荷量表」與「月相盈虧成因學習成 效測驗」相關統計分析	54
表 4.3.1 學習成效變異數分析摘要表	56
表 4.4.1 認知負荷變異數分析摘要表	58
表 4.5.1 教材效果的變異數分析摘要表	59

圖目錄

圖 2.1.1 多媒體學習認知理論模型 Mayer (2001)	11
圖 3.2.1 研究流程圖	39
圖 5.1.1 各組學生使用多媒體教材之教材效果示意圖	66

第一章 緒論

第一節 研究動機與背景

月相盈虧的週期變化是日常生活中常可觀察到的天文現象，也是國中學生學習日地月系統的重要概念之一。在國內九年一貫課程綱要中的分段能力指標中也提出月相相關學習概念：2-2-4-2 觀察月亮東昇西落的情形，以及長期持續觀察月相，發現月相盈虧，具有週期性。2-4-3-1 由日、月、地模型瞭解晝夜、四季、日食、月食及潮汐現象（教育部，2008）。但地球科學學習的迷思概念相關研究發現，當學生在學習如日地月之間的相互運動、月相成因、日月食成因等內容時，常出現許多迷思概念，或者是月相的另有概念（王美芬，1992；邱美虹、陳英嫻，1995；毛松霖，1995；賴瑞芳，2001；蔡名杉，2004；呂惠虹，2005）。美國國家科學教育標準（National Science Education Standards, 1996）從研究發現 5-8 年級的學生即使能夠知道日地月系統模型的運行狀況，也無法正確的解釋月相盈虧成因，顯示月相盈虧成因是難以習得的科學概念。由此可見學習日、地、月之間的相對運動並了解月球盈虧與日月食成因等概念是相當重要的，如何幫助學生理解這些概念是科學學習研究者很感興趣的問題。

月相盈虧成因等天文概念在學習上產生困難的原因有很多，歸納過去的文獻主要可以區分為三種：一、月相盈虧成因受時間、空間關係、天體相對運動影響，概念抽象且與學生空間能力密切相關，學生不容易想像，對認知負荷造成負擔而影響學習。二、日地月運動為大尺度的天體模型，受限於時間與空間的尺度規模影響，不利學生進行觀測。三、實體模型受限於教學觀測環境的營造以及教材資源的限制，在教學上有其困難。

在學習月相盈虧成因概念時，此概念牽涉到日、地、月三者間的相對運動，由於太陽、地球與月球是三維空間分布狀態的立體模型，因此學生對空間概念的感知能力便與學習成就有密切相關，邱美虹、陳英嫻（1995）研究發現空間能力是影響學生學習月相概念的重要因素之一。Blake（2005）的研究也提出地球科

學中許多的概念（包含月相與潮汐、日地月系統運動）都與空間能力有高度的相關性。李榮彬（1994）認為，雖然天文相關內容生動有趣，足以學童引發學習動機；但是由於天文單元所涉及的時間、空間、物體的相對關係過於抽象而難以理解，再加上學校的設備不足，屢屢成為學生學習成效不彰的主因。而在進行地球科學課程教學時，教師很難完全進行實驗室內的教學，而必須常以周遭生活實例作為教材，甚至必須走出戶外作實地的考察，但這卻也是傳統課程之固定時間地點的教學方式所難以達成之處（張俊彥、董家莒，2000）。

但是進行實際觀察教學也有其困難之處，固定的上課時間無法配合每天不同時間出沒的月相進行教學，且白天的課程時間也不易觀察月相的變化；課程綱要中指出要長期觀察月亮，瞭解月亮東昇西落現象及盈虧的週期性，但學生常常因為缺乏耐性或是其它因素，不容易完成長期的觀測活動，建立完整的觀察紀錄。因此許多研究提出使用模型教學的可行性（王美芬，1992；陳英嫻，1995），但是利用課堂模擬夜間的環境觀測模型，教室環境的佈置上不容易達成；要讓學生都有機會操作體驗模型又會受限於教具資源不足，而在有限的課堂時間中進行分組教學、個別講解又不符合經濟效益。

目前臺灣學生的教室學習歷程中，紙本教科書仍然是主要的教材。這些紙本的教科書內容多以文字及靜態圖片為主，除了容易流於閱讀上單調乏味外，也不易完整解釋某些抽象概念。近年來，越來越多能夠增進學生理解複雜的過程或是會隨著時間與空間尺度改變之抽象概念的動畫應用於教育上（Ploetzner & Lowe, 2012）。研究者認為利用多媒體動畫來輔助教學恰好很適合應用於月相單元的教學。由於網際網路的普及化，以多媒體為主所呈現的電腦輔助教學，大大顛覆了傳統的教學方式，增加了許多不同的教材呈現方式。多媒體的學習環境也被廣泛認為可以有效改善學習者的學習成效（Mayer, 1999; Sweller, 1999）。在教學過程中利用電腦多媒體動畫輔助來呈現一些大尺度，或微小尺度的學說或模型，正是電腦輔助教學的重要應用之一。利用電腦動畫模擬日、地、月的系統模

型可以提供教室與日常生活不易營造的學習情境，幫助學生學習月相概念。透過動畫直接呈現一個現成的模型，可以幫助學生輕鬆的轉換成動態的心智模型

(Hoffler & Leutner, 2011)。藉由電腦的輔助，文字、圖形、影像、動畫、視訊、音樂、聲音等多元的認知刺激得以同時衝擊學習者的心智，呈現出不同於以往紙本化教科書的教材，而產生醒目的效果並達到持續吸引學習者的興趣及注意力 (Burger, 1993; Griggs, 1988)，還能夠增進學生的學習動機，導致更好的學習成效 (Lepper & Malone, 1987)。

Mayer (2001) 認為使用多媒體學習 (文字與圖片) 的效果比單獨使用文字學習的效果要好。因為當文字及圖片一起呈現的時候，學生有機會去建構語文及圖形的心智模型及整合語文與圖形模型之間的關聯。而圖片的呈現方式又可以分成動態的動畫或是靜態的圖片，至於何種類型的呈現方式對學習者較有幫助至今仍沒有定論。有的研究結果顯示使用動畫學習較有優勢 (Catrambone & Seay, 2002; Spotts & Dwyer, 1996; Yang, Andre, & Greenbowe, 2003) 也有研究結果顯示沒有優勢 (Lewalter, 2003; Mayer, Hegarty, Mayer, & Campbell, 2005; Swezey, 1991)。有研究認為動畫可以幫助學習者在心智上呈現視覺化的過程，和一系列的靜態圖片相比可以減少認知負荷 (Ploetzner & Lowe, 2012)；有的研究則認為圖片可以使用關鍵性的畫面描述過程中非常特殊或重要的程序，提升學習效果。回顧文獻的結果發現，許多的動畫跟靜態圖片相比之下並沒有學習上的優勢 (Betrancourt & Tversky, 2000; Tversky et al., 2002)，但如果是有話，不能僅單純比較動畫跟圖片的學習環境，還要注意到許多其他的因素會影響多媒體的學習成效。

學習者的個別差異就會影響多媒體的學習。在特定學習領域透過動畫或圖片學習知識與技能時，空間能力 (spatial ability) 有很重要的影響 (Blake, 1977; Hays, 1996; Large, Beheshti, Breuleux, & Renaud, 1996; Yang, Andre, & Greenbowe, 2003)。多媒體學習與空間能力的相關研究指出，空間能力在多媒

體的學習中產生能力補償效應 (Ability-as-compensator Effect)，對低空間能力的學習者而言，動畫可以支持他們學習，因為動畫提供一個過程或程序的動態化呈現方式，幫助學習者快速建立心智模型 (Mayer, 2001 ; Mayer & Sims, 1994)，因此動畫對學習者發揮了認知輔助 (cognitive prosthetic) 的效果 (Hegarty & Kriz, 2008)。除此之外教材的設計也會導致多媒體教學的效應影響學生的認知負荷與學習成效，透過多媒體設計原則去設計多媒體教材可以降低學習者的認知負荷，提升學習成效 (Mayer, 2001)；而教學領域的不同在比較動畫與圖片的學習成效差異時也會有不同的結果。

由於月相盈虧概念過於抽象且與學生的空間能力關係密切，學生在學習上易產生困難與迷思概念，且實際觀察較學實施亦有其困難處，因此利用電腦多媒體動畫呈現月相盈虧成因的教材，幫助學生建立正確的日地月系統心智模型，應該能夠降低學生認知負荷，提升學習成效。因此本研究將參考Mayer(2001, 2003)提出的九種減少認知負荷的多媒體設計原則與Sweller (2008) 提出的九種認知負荷理論在學習上產生的效應，開發設計以月相盈虧成因概念為主題的動畫課程，除了呈現原本紙本教科書中的圖文內容外，增加動畫的呈現方式來幫助學生學習，希望國中學生能夠透過學習動畫來幫助理解日地月系統相關概念，減少認知負荷，增進月相盈虧成因概念的學習成效，並嘗試探討空間能力對國中學生使用多媒體教材的學習成效與認知負荷的影響。

第二節 研究目的

綜合前面所述，月相盈虧成因是國中學生常感到困難的一個單元，而動畫輔助學習很可能可以有效提升學生學習相關概念。因此，在本研究中，研究者發展以月相盈虧成因概念為主題的動畫教材並依據 Mayer (2001, 2003) 與 Sweller (2008) 的認知負荷理論發展「月相盈虧成因的動畫教材」，期能有效降低學習者的認知負荷，提升學習成效。

本研究之主要目的如下：

- 一、發展月相盈虧成因概念的電腦多媒體動畫教材。
- 二、評估動畫圖文／圖文教材對國中學生學習月相盈虧概念之影響。
- 三、探討空間能力、認知負荷、以及國中學生運用不同教材學習月相概念學習成效間的關聯。

第三節 研究問題

- 一、學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異？
- 二、空間能力與認知負荷是否會對學生的學習成效產生影響？
- 三、不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異？
- 四、不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在認知負荷上是否有顯著差異？
- 五、不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習的效果是否有顯著差異？

第四節 名詞解釋

一、月相盈虧成因概念

在我國 100 學年度實施的九年一貫課程綱要能力指標細項中提到的認識月亮與地、日、月系統相關概念，本研究設計的月相盈虧成因課程內容包括：日地月之間的相對運動、月亮的盈虧現象、月相與農曆之關係、月相與時間。

二、多媒體學習教材

研究者自行設計開發的多媒體教材，主題為月相盈虧成因概念，並參考多

媒體教學理論與認知負荷理論設計動畫和圖片的介面與內容，教材長度約為 25 分鐘。分成動畫圖文版本與圖文版本進行實驗研究。

三、認知負荷

Sweller (1994) 定義認知負荷是學習者在執行一項任務時，加諸於學習者認知系統上的負荷，如果教材或學習步驟遠超過學習者的工作記憶容量，將有損學習者的理解、學習和問題解決能力。本研究的認知負荷程度是根據研究工具「認知負荷量表」所測得的學生自評分數，來表示學生的認知負荷程度。

四、空間能力

綜合各研究對空間能力的定義，空間能力是指將物體以圖像的形式經過感知、記憶、邏輯思考等方式在腦海中思考、旋轉、翻轉、位移、操作並加以應用的能力。

本研究所使用的空間能力量表是引用梁勇能 (2001) 針對國中學生能力設計之評量，分成空間視覺試題與空間方位試題兩部分，以學生作答的成績表示學生的空間能力程度。

五、學習成效

是指學習者經由動畫學習後所得到的效果。本研究所稱學習成效是根據受試者「月相盈虧成因學習成效測驗」的作答結果，來檢視學習者在本單元學習的效果。

第二章 文獻探討

本章將探討針對多媒體學習與教學、認知負荷理論做介紹與探討，再針對動畫、空間能力在多媒體學習上的應用作探討與整理相關研究。

第一節 多媒體學習與教學

一、多媒體的定義

針對「多媒體」這個名詞，過去許多研究者有不同的定義：

Schwartz & Beichner (1999) 認為多媒體是使用多種形式的媒體做為呈現的方式。Brooks (1997) 認為多媒體結合數種媒體，例如電影、幻燈片、音樂和燈光，目的是用於娛樂或是教育上。Greenlaw & Hepp (1999) 認為將資訊以圖表、聲音、影片、或是電影的形式呈現，多媒體文件包含了純粹的文字與多媒體的元素。

簡單來說，多媒體就是以各種不同的形式呈現不同類型的資訊，各研究者在各領域對這些呈現形式與資訊的類型有不同的解釋與定義。本研究探討的是在多媒體應用在教學與學習上的定義。

Mayer (2001) 定義多媒體包含了兩種形式：文字 (words) 形式與圖片 (pictures) 形式。文字的形式可以是書寫的視覺文字或是口語表達的文字；圖片則是圖像形式，包含靜態圖（例如插圖、座標圖、圖解、照片、地圖…等等）與動態圖（動畫、影片）兩種形式。Mayer 認為「多媒體學習」便是從這些文字與圖片中學習；「多媒體教學」則是在教學過程中呈現這些文字與圖片等不同形式的資訊促進學習的效果。

過去的研究中有三種不同的觀點判斷是否為多媒體：

1. 媒體傳遞觀點 (The Delivery Media View)

此觀點是以能夠傳遞訊息的媒體數量來做判斷的依據，認為只要是以二種

以上的媒體來傳遞訊息時便可以稱為多媒體，例如電腦是以螢幕及喇叭兩種媒體設備來傳遞訊息，電腦便可以稱為多媒體；而書本中的訊息僅能藉由單一媒體（即書本）傳遞，故不能稱為多媒體。

2. 呈現模式觀點 (The Presentation Mode View)

此觀點是以媒體呈現模式的數量來做判斷，認為用二種以上呈現模式來呈現訊息時便可稱為多媒體，例如可以呈現螢幕文字、敘述、靜態圖片、動態圖片的電腦多媒體；演講的聲音語文及投影幕上圖像畫面的簡報多媒體；書上的純文字及靜態圖像的書本，皆屬於多媒體。

3. 感官模式觀點 (The Sensory Modalities View)

此觀點認為需要以二種以上感官接受器來接收進入的訊息時可稱之為多媒體，例如以動畫被視覺感官接受器接收、聲音敘述被聽覺感官接受器接收的電腦多媒體，演講者聲音被聽覺感官接受器接收、投影機投射出的畫面訊息被視覺感官接受器接收的演講多媒體。

在這些多媒體的觀點中，Mayer (2001) 反對媒體傳遞觀點，他認為此種觀點的判斷著重於科技的形式種類而非學習者本身。而感官模式觀點的判斷著重於聽覺與視覺兩種處理系統不同的區別，符合其多媒體學習認知理論中雙重管道的假設 (dual-channel assumption)。

二、多媒體學習的認知理論 (Cognitive Theory of Multimedia)

Mayer 整理關於人類認知科學的相關研究結果，根據關於人類心智運作的三個假設：雙重管道假設 (dual channel assumption)、有限的能力假設 (limited capacity assumption) 及主動處理假設 (active processing assumption)，提出多媒體學習的認知理論，來說明人類進行多媒體學習時認知系統如何分配與處理接收到的多媒體訊息。

表 2.1.1

三個有關多媒體學習認知理論的假設 (Mayer & Moreno, 2003)

假設	定義	相關文獻
雙重管道	人類擁有獨立的聽覺訊息及視覺訊息處理管道。	Paivio, 1986; Baddeley, 1998
有限的能力	人類的每一個管道一次能處理的訊息數量是有限的。	Baddeley, 1998; Chandler & Sweller, 1991 Sweller, 1999
主動處理	學習需要在聽覺與視覺管道中進行大量的認知處理	Wittrock, 1989 Mayer, 1999, 2002

多媒體學習認知理論的三個假設：

1. 雙重管道假設 (dual channel assumption)

人類的資訊處理系統是由兩個獨立的管道組成，一個是聽覺／語文 (auditory／verbal) 管道，負責聽覺輸入與語文呈現方式的處理；另一個管道是視覺／圖像 (visual／pictorial) 管道，負責視覺輸入與圖形呈現方式的處理。此假設是根據 Paivio(1986) 的雙碼理論 (dual-coding theory) 與 Baddeley (1998) 的工作記憶理論衍生而來。Mayer (2001) 以二種方式來概念化二個管道間的差異，感官形式觀點著重於學習者在一開始接觸的素材時是經由眼睛還是耳朵接收，一管道負責處理以聽覺表現的素材、另一管道負責處理以視覺表現的素材，呈現模式觀點則著重於呈現方式是以語文 (如視覺書寫文字或口語表達文字) 或是非語文 (如靜態圖片、影片、動畫或背景聲音)，一個管道處理語文素材，另一管道處理圖像及非語文素材。

2. 有限的能力假設 (limited capacity assumption)

人類資訊處理系統的每個管道，一次能夠處理的訊息量是有限的。當呈現圖像時，學習者一次只能注意、並掌握少部分的影像，並將其保存在工作記憶中，人類只能保留住部分呈現的素材而非完整的保留全部；當一段敘述或聲音呈現時，學習者一次只能注意、並保存部分文字在工作記憶中，而非逐字的記錄。

此假設包含了 Chandler and Sweller (1991; Sweller, 1999) 的認知負荷理論與 Baddeley (1998) 的工作記憶理論。

3. 主動處理假設 (active processing assumption)

Mayer (1999, 2002) 提出的主動學習的選擇-組織-整合理論，認為人類在多媒體學習過程中主動進行認知處理時，會分別接收到的文字和圖片訊息，然後針對接收到的資訊進行組織，最後是將所有訊息和原本知識整合在一起。因此人類在主動學習的過程中需要使用大量的認知處理在聽覺與視覺的管道中運作。

多媒體學習認知理論模型：

圖 2.1.1 為多媒體學習認知理論的模型，由上而下分成兩行，上面為聽覺／語文 (auditory/verbal) 管道，負責聽覺輸入與語文模型呈現方式的處理；下面是視覺／圖像 (visual/pictorial) 管道，負責視覺輸入與圖形模型呈現方式的處理。

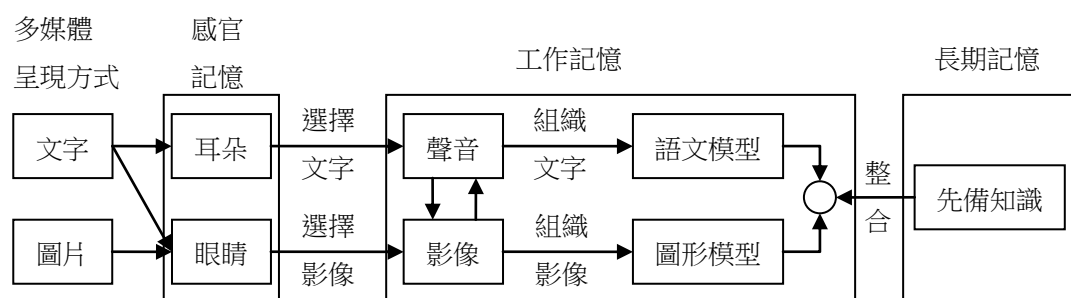


圖 2.1.1

多媒體學習認知理論模型 Mayer (2001)

由左而右分成五欄，分別為多媒體呈現方式（文字形式或圖片形式）、感官接收方式（由耳朵或眼睛接收）、淺層工作記憶呈現的資訊（學習者注意到的聲音形式表徵或影像形式表徵）、深層工作記憶呈現的資訊（由學習者建構的語文模型或圖形模型）與長期記憶中的先備知識，三個框框分別表示記憶儲存的類型，包含感官記憶（sensory）、工作記憶（working memory）與長期記憶（long-term memory）三個部分。箭頭連結表示認知處理的方向，由文字到耳朵表示語言表達的文字由耳朵接收；由文字到眼睛表示書寫文字由眼睛接收；由圖片到眼睛表示圖片由眼睛接收。多媒體學習認知理論的核心在工作記憶中處理，人類將多媒體呈現的內容暫時保存在感官記憶中，然後經由人類主動的認知處理，選擇文字或影像進入工作記憶中，而在工作記憶中形成聲音或影像的表徵形式。並經由工作記憶建構組織而成為語文的心智模型或是圖形的心智模型。而聲音跟影像間的箭頭代表聲音跟影像可以互相轉換，例如當你聽到狗這個字的時候，在腦海中出現的可能是狗的影像，或者是當你看到狗的影像時，在海中可能出現狗這個字的聲音。長期記憶中儲存了很多的知識，當學習者組織完接收到的訊息成為語文模型或圖形模型後，工作記憶會提取長期記憶中相關的先備知識，將語文模型、圖像模型和先備知識整合。

多媒體認知理論的多媒體訊息處理方式

根據 Mayer (2001) 定義的多媒體教學是呈現文字（包含書寫的視覺文字與口語表達的文字）或圖片（包含靜態圖與動態圖）來進行教學。現將根據多媒體認知理論模型描述當學習者使用多媒體教材進行學習時的訊息處理方式，整理如下：

當媒體是以圖片（包含靜態圖與動態圖）方式呈現，以眼睛接收到圖片訊息並暫時儲存於感官記憶中，經由注意力選擇部分適當的影像進入工作記憶，並以影像的形式表徵呈現於工作記憶中，組織影像表徵形成心智中的圖像模型，最後和先備知識整合。

當媒體是以口語表達文字方式呈現，以耳朵接收到文字訊息並暫時儲存於感官記憶中，經由注意力選擇部分適當的口語表達文字進入工作記憶，並以聲音的形式表徵呈現於工作記憶中，組織聲音表徵形成心智中的語文模型，最後和先備知識整合。

當媒體是以書寫的視覺文字方式呈現，以眼睛接收到文字訊息並暫時儲存於感官記憶中，經由注意力選擇部分適當的書寫的視覺文字進入工作記憶，將書寫文字的影像表徵轉換成聲音表徵呈現於工作記憶中，組織聲音表徵形成心智中的語文模型，最後和先備知識整合。

三、多媒體教材設計原則

Mayer (2001) 提出的 9 個多媒體教材設計原則，分別列出說明敘述如下：

1. 多媒體原則 (Multimedia Principle)

使用多媒體學習（文字及圖片）的效果比單獨使用文字學習的效果要好。

因為當文字及圖片一起呈現的時候，學生有機會去建構語文及圖形的心智模型及整合語文與圖形模型之間的關聯。

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

當相對應的文字及圖片彼此位置較接近時，學習者則不需耗費工作記憶進行圖文間的搜尋比對。

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

整合性的呈現文字及相對應圖片對學習者的學習成效優於分離性的文字及相對應圖片呈現。如果文字與相對應的圖片一前一後的出現，學習者必須將先出現的訊息保存在記憶中，待後面的訊息出現後才能建立相關連結，不利於學習。

4. 連貫原則 (Coherence Principle)

跟教材內容無關的媒體材料或訊息可能會造成：（1）在工作記憶中消耗認知資源、（2）分散學習者注意力、（3）分裂組織中的資料或訊息處理、（4）可能使學習者將注意圍繞在不適當的主題組織資料或訊息。研究發現當有趣但不相關的文字及圖片被加入多媒體中呈現時，學生的學習成效降低；當有趣但不相關的聲音或音樂被加入多媒體呈現時，學生的學習成效降低；當不需要的文字從多媒體呈現中被刪除時，學生的學習成效增加。

5. 形式原則 (Modality Principle)

研究發現動畫搭配口語表達文字的學習效果優於動畫搭配書寫的視覺文字。因為視覺文字、圖片、動畫皆利用到視覺／圖像管道，兩者在此管道中彼此競爭認知資源，但當文字以口語表達文字呈現時，口語表達文字使用到聽覺／語文管道，而圖片、動畫則使用到視覺／圖像管道，當兩種管道皆使用到時，可以避免單一管道超過負荷。

6. 多餘原則 (Redundancy Principle)

學生在動畫搭配口語表達文字的多媒體呈現得到的學習結果比在動畫同時搭配口語表達文字及視覺文字的多媒體呈現得到的學習結果佳。根據雙通道假設，口語表達文字及視覺文字的接收感官雖有不同，但在工作記憶中是屬於相同的訊息，因此應移除掉多餘的視覺文字，減少其佔用視覺／圖像管道的認知資源。但在第二語言學習的多媒體環境中，提供學生視覺文字的功能則可幫助其學習第二語言。

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

個別差異原則指的是設計產生的效應，對低知識的學習者而言優於高知識學習者；對高空間能力學習者而言優於低空間能力學習者。

因為高知識學習者可以利用先備知識來補償多媒體教材中缺乏的引導，然而低知識的學習者較不能夠在缺乏引導時學習，因此低知識學習者較需要有良好的教材。而高空間能力學習者擁有較好的心智整合視覺及語文表徵的能力，低空間學習者則否，認知能力多用於在記憶中保留影像，導致缺乏能力用於心智組織與整合。

針對個別差異的不同，Mayer (2001) 整理了三種解決方法：

(1) 個別化 (individualization)：對應學習者的知識程度設計不同的教材。

(2) 多種方法 (multiple methods)：將多種不同的方法融合於多媒體中呈現。

(3) 預先訓練法 (pre-training)：增加學習者的先備知識或技能。

8. 分割原則 (Segmentation Principle)

將一整套多媒體教材分割成數個學習章節或段落，學習者能夠從每一個片段中選擇文字及影像，並且有足夠的時間及能力去組織及整合被選擇的文字及影像後再進入下一片段。

9. 標記原則 (Signaling Principle)

學生學習多媒體教材時，在教材中提供線索協助學生了解教材的重點，學生能夠明白哪些內容才是應該選擇與組織的。例如關鍵字加強重音或標示、使用紅色或藍色的箭頭輔助標示、利用標題或大綱幫助學生組織文字重點、利用地圖顯示課程已呈現的部分幫助學生組織影像。

第二節 認知負荷理論

本研究為探討動畫課程對國中學生在學習月相盈虧成因概念之學習成效與認知負荷的影響，因此在設計教材之前應降低教材的負荷量，以助於學習者學習。本節將探討認知負荷理論的定義、假定與認知負荷來源，探討電腦多媒體的教學效應，在理論基礎之下再進一步探討教育科技設計的原則，以利研究者在設計電腦多媒體教學時更能達到教學目標。

一、認知負荷的定義

Jex (1988) 認為認知負荷是學習者面對學習內容時，置身於學習環境中，欲表現出符合任務的適當行為行為時，所意識到「任務要求」與「自身認知能力」之間，心智負荷差異的評估。

Paas (1992) 認為認知負荷是一個多向度的概念，包含了學習者本身的特性，例如：認知能力與先備經驗等，以及學習環境，例如：學習內容、資訊展現方式、教材編排方式、學習程序與時間壓力等。

Sweller (1994) 定義認知負荷是學習者在執行一項任務時，加諸於學習者認知系統上的負荷，如果教材或學習步驟遠超過學習者的工作記憶容量，將有損學習者的理解、學習和問題解決能力。

宋曜廷 (2000) 則定義認知負荷是個體執行某種作業的過程中，因作業特性所需的認知能量或認知資源而造成認知系統（尤其是工作記憶）的負載狀態。

黃柏勳 (2003) 認為認知負荷是個體在工作情境（學習情境）下處理訊息時，所感受到心智負荷與心智努力的負荷總量。倘若此負荷總量超出個體所能接收的範圍，將導致個體的認知系統無法負載，進而在心理或生理引起焦慮、壓力與苦惱等負面知感，並影響工作（學習）的表現。

陳蜜桃 (2003) 指出「認知負荷」是個體在執行某種工作或任務的過程中，

個體所感受到心智負荷與心智努力的負載狀態。以訊息處理理論而言，「認知負荷」是指工作記憶的負荷。

許多研究者對於認知負荷的定義雖然不同，但內容上是很接近的，本研究定義認知負荷以 Sweller 的觀點，認知負荷是學習者在學習的過程中，加諸於學習者認知系統上的負荷。

二、認知負荷理論的基本假定

認知負荷理論是立基於記憶、基模發展以及自動化訊息處理等概念，有一些基本假定要點（宋曜廷，2000；Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998）：

（一）工作記憶容量是有限的

人類的工作記憶容量是有限的，一般而言只能儲存 7 ± 2 個字元，且儲存時間短暫，當個體接收新訊息時，如果需要一次處理多個訊息時，容易造成認知負荷過重。若是待處理的訊息和教材內的元素互動性高，必須要相互參照後才能理解，也會產生更大的認知負荷，造成學習上的困難。

（二）長期記憶容量基本上是無限的

人類的長期記憶沒有容量上的限制，能夠長時間保存記憶而不遺忘，但是儲存的內容會使得專家與生手在面對問題時有很大的差異。專家的長期記憶儲存較多問題狀態的知識及對應的解決方法，在面對問題情境時能快速的提取解決問題所需的知識並加以運用，然而生手學習者只能在長期記憶中逐步搜尋可用的知識，耗費大量的工作記憶容量進行推理和尋求問題的解決方法，容易造成過度的認知負荷。

（三）知識是以基模的形式儲存於長期記憶之中

基模建構的過程將佔用工作記憶容量的訊息融合成一個複雜的基模，而形

成一個處理單位使得人類可以發展複雜的工作技能，並在長期記憶中發揮組織與儲存的功用，降低工作記憶的負荷。

（四）自動化是基模結構中重要的程序

人類在面對訊息時有兩種處理模式，分別是意識處理與自動化處理。意識處理發生在短期記憶中，會佔用較多的工作記憶容量；自動化處理則較少受意識監控，佔用極少的工作記憶容量，許多的知識技能初期都是透過意識處理，經由不斷的練習後才轉換成自動化處理。

總合以上關於認知負荷的基本假定，對人類的認知學習而言，工作記憶容量是有限的，長期記憶的容量是無限的，在面對任務時須使用工作記憶從長期記憶中提取相關既有的知識基模，進行組織與整合的工作，並隨著經驗的累積變成自動化的處理。當無法有效率的從長期記憶中提取所需相關知識基模時，可能會因此使用過多的工作記憶而產生不同類型的認知負荷。

三、認知負荷的類型

依據認知負荷理論，在學習歷程中認知負荷可分成三種類型(Cooper, 1998; Sweller, 1994, 2005; Sweller, Merrienboer, & Paas, 1998)：

1. 內在認知負荷 (Intrinsic cognitive load)：

內在認知負荷與學習教材本身元素的交互性有關，當教材元素的交互作用很高時，就表示教材性質比較複雜，教材內容的難易度較高，因此內在認知負荷較重。除此之外，學習者本身的程度與先備經驗也與內在認知負荷有關，隨著先備知識與經驗的增長（基模的建構與自動化處理），學習者感受到的教材難易度也會不同。內在負荷是基本的負荷，無法藉由教學設計來降低，主要來自教材元素的交互性、學習者本身的程度及兩者間的交互作用。

2. 外在認知負荷 (Extraneous cognitive load)：

外在認知負荷與教材設計的關係較為密切，包含教材的呈現及學習活動對學習者工作記憶所產生的負荷。教材內容的呈現與組織方式的不同，例如圖片與文字的編排配置關係太雜亂或是呈現的時間間隔太久，學習者在學習過程中必須先花費心力整合接收到的訊息，有可能因此而增加外在認知負荷，若是同時呈現或是整合後呈現則可以降低認知負荷。因此可見外在認知負荷是外加的，可以透過教學的設計來降低負荷。

3. 有效認知負荷 (Germane cognitive load)：

有效認知負荷是藉由教學設計以吸引學生專注在學習內容或基模建構的認知過程。有效認知負荷和外在認知負荷雖不易釐清，但一般而言外在認知負荷會阻礙學習者學習，而有效認知負荷雖然會增加學習者的負荷，但卻會增進基模的建構。因此若在教學設計的過程中加入適當的呈現方式或元素來吸引學習者專注，

雖然增加負荷但卻有助於提升學習成效。

三、認知負荷理論的教學效應

綜合前面所述，在教學過程中，教師的教學設計會影響學生的外在認知負荷與有效認知負荷，教材內容的難易度則是影響學習者的內在認知負荷。由於外在認知負荷是可以透過教材編排設計來降低負荷量，進而幫助學習者學習。

Swelle (2008) 根據認知負荷理論，從實徵研究歸結出九種因教學設計而產生的效應：

1. 演練範例效應 (Worked example effect)：

讓新手學習者演練問題解決方法的效果會優於在學習過程中提供一個問題讓學習者去解決。透過提供範例的方式幫助學習者組織解決問題的知識，減少外在認知負荷。

在電腦科技為基礎的教學上應用，則是適用於電腦模擬演示一個過程或是程序，協助學習者獲取長期記憶中關於問題解決所需的知識。

2. 分散注意力效應 (Split-attention effect)：

當學習教材中資訊是由兩種以上的呈現方式，如圖形和文字說明分開呈現且未經整合時，對新手學習者而言，單一圖片或是文字說明訊息是難以理解的，必須將兩種以上的來源訊息整合過後才能理解，學習者在閱讀過程中必須將注意力分散到圖形和文字敘述間，而此多重訊息搜尋會耗損工作記憶容量，易導致學習成效不佳。因此在教材設計時應將多重資訊整合呈現，省去圖文之間的搜尋，提高學習成效。

在電腦動畫模擬的呈現時應注意將內容架構清楚的呈現並標示說明內容各部分的關係，並將其中說明文字格式化，減少內容和說明文字間的搜尋。

3. 形式效應 (Modality effect):

形式效應和分散注意力效應一樣，都是發生在當教材中多個資訊來源對學習者而言無法單獨理解其中一種資訊，必須經過整合後才能理解時。透過利用視覺與聽覺雙重管道呈現教材內容，所得到的效果會比只有單一視覺或聽覺的效果要好。

在電腦科技為基礎的教學上應用，使用電腦動畫的過程中應適當的利用聲音呈現文字內容搭配視覺畫面的內容。

4. 多餘效應 (Redundancy effect):

多餘效應指的是學習過程中出現不相關的資訊。最常見的一種是以不同的方式呈現相同的資訊，例如圖片本身即能夠提供學習者所需要的訊息，加入同樣訊息的敘述文字便是多餘的且會干擾學習。另外一種是不需要的額外資訊，例如裝飾用的圖片、背景音效或卡通圖案。

因此在教學設計時應確保所提供的訊息是至關重要的，當單一訊息呈現難以理解時才以多重方式呈現訊息。例如當教材中圖片不易單獨理解時，應整合圖片與口語敘述說明的方式呈現，而非僅僅是以不同形式呈現相同資訊。在動畫模擬時，應確保標示說明的訊息必要的，避免在畫面中呈現無關的訊息而導致多餘效應的形成。

5. 專家逆轉效應 (Expertise reversal effect):

前面幾項效應的基本假設是針對新手學習者而言，且多餘效應是發生在學習教材的使用過程中。但對專家而言，隨著專業知識的增加，許多為了降低生手學習者認知負荷的設計反而會對專家造成多餘效應而產生外在認知負荷。例如對專家而言，練習解決相似問題的訓練方式會比學習範例來的好，或是讓專家閱讀圖表會優於閱讀圖文整合過的內容，許多對新手學習者而言相當重要的說明對專

家來說則變成多餘的訊息。

因此在教學設計前必須要先確認學習者的知識基礎，再針對學習者程度進行教材的建構。

6. 指導褪去效應 (Guidance fading effect):

此效應與演練範例效應及專家逆轉效應有密切關係。在學習的過程中，隨著專業知識的增加，新手學習者會不斷進步成為專家，若是在過程中沒有逐漸將學習的引導減少或移除，同樣會對學習者產生認知負荷。

因此在教學設計時應考慮到此項效應的影響，隨著專業知識的增加，最初提供輔助的引導或資訊應逐漸於之後的內容中減少或移除。

7. 想像效應 (Imagination effect):

想像效應的發生是在學習過程中要求學習者去想像一個過程或概念，這樣子的學習效果會優於學習者直接學習此過程或概念，但這樣做的前題是學習者具備足夠的該領域專業知識，其工作記憶能夠處理學習者在想像過程中所需的相關知識。

在教學設計上來說，一開始學習者因為知識不足，因此無法有效的想像一個過程或概念，需要透過電腦模擬演示來學習，隨著知識經驗的增加，要讓學習者嘗試去想像教材中所包含的資訊，這樣可以幫助學習者快速的將知識轉換成長期記憶，增加學習效果。

8. 元素互動效應 (Element interactivity effect):

認知負荷理論中提到內在認知負荷與元素的互動性有關，元素互動程度過高會佔用過多工作記憶容量而導致內在認知負荷過高，影響學習效果。

因此在設計教材時必須考慮到內容元素的數量、複雜度與元素間的互動程度。

9. 獨立互動性元素效應 (Isolated interacting elements effect):

當教材內容中的元素互動程度很高時，學習者將很難理解教材內容。要解決這個問題的方法是獨立呈現各別的元素，暫時忽略各元素間的互動性。在學習過程中利用教學設計先各別認識學習材料中各個元素的性質，等各元素都熟悉之後再開始強調元素間的互動性。獨立互動性元素的教學方法無法讓學習者建構完整的理解，必須要學習到各元素間的互動後才能夠理解整體內容。

在電腦模擬教學複雜度高、元素多且互動性高的教材內容時，過於真實的模擬對學習者而言認知負荷過高而不易理解，反而使用一個真實度較低、互動元素較少的模擬呈現會比較容易理解與學習。

第三節 動畫

本節將探討動畫的定義，以及動畫與圖片兩種不同呈現形式與多媒體學習的相關研究結果與發現。

動畫是由一系列具有些微差異的靜態畫面或圖像組成，圖像以很快的速度連續呈現，利用視覺暫留的原理，讓觀察者產生畫面連續動作或逐步變化的錯覺（ChanLin, 2000），因此在視覺上產生動態的效果（林麗娟，1996）。Bétrancourt & Tversky（2000）定義動畫是由設計者製造一系列的影格（frame），而一系列與前一個有些微變化的影格連續出現，而產生動畫。Schnotz & Lowe（2008）認為動畫是做為一個視覺化的呈現隨時間的變化結構或者其他性質，觸發人類感知上的連續改變。

Mayer & Moreno（2002）定義動畫具備三個主要的要素：

1. 圖片（picture）：動畫是一種圖像形式的呈現。
2. 動作（motion）：動畫描繪了明顯的動作。
3. 模擬（simulated）：動畫是由人為透過繪畫或是其他方法建構的。

近年來，越來越多能夠增進學生理解複雜的過程或是會隨著時間與空間尺度改變之抽象概念的動畫應用於教育上（Ploetzner & Lowe, 2012）。Gonzales（1996）認為動畫是呈現一系列不同的圖像形成動態的形式，並隨著時間不斷變化，幫助使用者發展更適當的心智模型。

Park & Gittelman（1992; Park, 1998）認為動畫應用於教學上具有三項特點：

1. 能夠吸引與引導學習者，維持學習者的動機。
2. 能夠具體的描述具有動作（motion）或軌跡（trajectory）的事件。
3. 能夠解釋較複雜的概念或現象，例如機械系統的結構以及化學式中組成分子間的聯結。

和靜態的圖片相比之下，動畫能夠傳達更多單一張圖像無法傳達之細節，較能吸引學習的注意力與維持學習動機，因此受到教學設計者的採用（Jacek, 1997；Wright, Milroy, & Lickorish, 1999；Tversky, Morrison, & Betrancourt, 2002；邱惠芬，2003）。

ChanLin（2000）的研究結果發現，動畫提供了空間及時間變化的訊息，有助於解釋事件隨時間演變的過程，以及幫助學習者順利建構事件隨時間轉變的心智模型，可以減輕讀者的認知負荷，而相較之下，當學習者進行靜態圖片的學習時，必須自行在腦海中進行轉換及推論中間的狀態因而增加學習者的認知負荷。Ploetzner & Lowe（2012）也認為動畫可以幫助學習者在心智上呈現視覺化的過程，和一系列的靜態圖片相比可以減少認知負荷。

但是也有研究發現動畫其實會對學習者造成較高的認知負荷導致學習成效不佳。Tversky, Morrison, & Betrancourt（2002）的研究結果表示，動畫需要使用較多的認知處理，對學習者而言，動畫經常過於快速且過於複雜，導致於學習者無法清楚地理解內容，且習慣於文字與靜態圖像整合的紙本環境的學習者在學習動畫教學時，需要重新適應動畫的學習方式，以致於學習者在學習複雜系統時，動畫教學的效果反而比靜態圖像差，且不良的動態呈現、不必要的訊息干擾，反而造成資訊無法正確傳遞而模糊了學習重點。

根據許多文獻研究結果與施駿宏（2009）的研究中整理動、靜態多媒體視覺介面對學習成效相關研究發現（表 2.3.1）：可以發現，過去有許多針對動、靜態多媒體視覺介面的研究，在不同的研究主題與對象的探討下有許多不同的結果，有些研究發現動畫教學效果較佳，有些則是認為靜態圖的效果較佳，也有許多研究認為兩者無差異。但是缺少針對月相盈虧成因概念的研究主題，且研究對象為中學生的研究數量也較少，因此值得進一步探討。

表 2.3.1 動、靜態多媒體視覺介面對學習成效相關研究

研究者	對象/主題	多媒體教材形式	實驗結果	備註
Baek & Layne (1988)	高中生	1. 文字	3 學習成效最佳	動畫優於靜態圖 片
	速度運算軟體	2. 圖+文字	學習時間：	
		3. 動畫+文字	3>2>1	
Rieber (1989)	小學生	1. 字	1~5 成效無差異	動、靜態多媒體 視覺 介面無差異
	牛頓運動定	2. 圖		
	律教學軟體	3. 圖+文字		
		4. 動畫		
Rieber (1991)	小學生	1. 字	3學習成效與學	動畫優於靜態圖 片
	牛頓運動定	2. 圖+文字	習動機最佳，但	
	律教學軟體	3. 動畫+文字	比2易產生迷思	
			概念。	
Park & Gittelman (1992)	大學生	1. 圖	2嘗試錯誤次數	動畫優於靜態圖 片
	電路學介紹	2. 動畫	少於1	
	與故障檢測		1、2 學習時間無 差異	
Asoodeh (1993)	大學生	1. 圖	2在心理旋轉測	動畫優於靜態圖 片
	設計圖學	2. 動畫	驗及學習成效測 驗結果優於1	

(續下頁)

研究者	對象/主題	多媒體教材形式	實驗結果	備註
Hays (1994)	6-8年級	1. 字	2、3成效無差	動、靜態多媒體
	擴散作用	2. 圖+文字	異，但皆優於1。	視覺介面無差異
		3. 動畫+文字		
ChanLin	中學生	1. 字	5 成效最佳	動畫優於靜態圖
(1997)	遺傳科技	2. 字+圖		片
		3. 字+動畫		
		4. 字+圖+語音		
		5. 字+動畫+語音		
Hutcheson	大學生	1. 圖	1、2 無差異	動、靜態多媒體
(1997)	ANCOVA	2. 動畫		視覺介面無差異
	統計課程			
Wilson (1998)	大學生	1. 圖	1~4 無差異	動、靜態多媒體
	人類心臟構造與	2. 照片		視覺介面無差異
	功能	3. 動畫		
		4. 動畫+照片		
Kim (1998)	大學生	1. 圖+文字	1 優於 2	靜態圖片優於動
	板塊構造	2. 動畫+文字	1、2 學習態度無	畫
			差異	
ChanLin	中學生	1. 無圖像（控制	2 學習成效最佳	靜態圖片優於動
(1999b)	DNA 遺傳科技	組）		畫
		2. 圖		
		3. 動畫		

（續下頁）

研究者	對象/主題	多媒體教材形式	實驗結果	備註
Miles & LeeSing (1999)	大學生 族群融合	1. 聲音+文字 2. 圖+文字 3. 動態影像+文字	1、2、3 無差異。	動、靜態多媒體 視覺介面無差異
Smither (1999)	五六年級生 簡單機械	1. 靜態展示+ 因果解說 2. 靜態展示+ 結構解說 3. 動態展示+ 因果解說 4. 動態展示+ 結構解說	3 優於 1 4 優於 2	動態展示顯著優 於靜態展示
Morrison (2000)	大學生 機械系統 地理航行	1. 字 2. 圖 3. 動畫	對低空間能力者 2、3 優於 1，但 2、3 無差異	動、靜態多媒體 視覺介面無差異
Leedy (2002)	大學生 普通化學	1. 圖 2. 平面動畫 3. 立體深度知覺 感知動畫 4. 立體浮雕動畫	1~4 無差異	動、靜態多媒體 視覺介面無差異

(續下頁)

研究者	對象/主題	多媒體教材形式	實驗結果	備註
Brickley (2003)	大學生	1. 簡化動畫	1、2 優於 3	靜態圖片的學習
	論說文	2. 靜態圖示		成效優於動畫
		3. 動畫		
McAuliffe (2003)	高中生	1. 平面靜態圖	1、2 無差異	平面動、靜態多
	地形圖	2. 立體動畫	1 顯著優於 3	媒體視覺介面無
		3. 立體互動式動畫	3 時間最長	差異
Tsang (2003)	大學生	1. 圖	1、2 無差異	動、靜態多媒體
	摺紙作業	2. 動畫		視覺介面無差異
Koroghlanian & Klein (2004)	高中生	1. 圖+文字	1~4 無差異	動、靜態多媒體
	電池的循環	2. 圖+解說		視覺介面無差異
		3. 動畫+文字		
Angarola (2005)	12-16歲球員	1. 照片+解說	1、2 認知測驗無	動、靜態多媒體
	多媒體籃球教練系統	2. 影片+解說	差異。	視覺介面認知成
			1 技能測驗優於 2	效無差異
Miller (2005)	成人	1. 圖	2 顯著優於 1、3	動畫的學習成效
	珠寶製作	2. 動畫		優於靜態圖片及
		3. 影片		影片

(續下頁)

研究者	對象/主題	多媒體教材形式	實驗結果	備註
Puente (2006)	18-56歲具有學	1. 字	5 最佳	動畫的學習成效
	生身份之成人	2. 圖+文字		優於靜態圖片
	地下儲油罐處理	3. 彈出式圖+解		
	方式	說		
		4. 圖+解說		
Moon (2007)	大學生	1. 字	3 優於 21	動畫的學習成效
	月經週期	2. 圖+文字		優於靜態圖片
		3. 動畫+解說		
Chan (2008)	六、七年級生	1. 字	六年級生不論教	動畫的學習成效
	機械能量轉移	2. 圖+文字	材複雜度高、低3	優於靜態圖片
		3. 動畫+文字	皆優於1、2。	
			教材複雜度高對	
			七年級生3較佳	
Jan & Els Van (2008)	小學生	1. 圖	1、4無差異	動、靜態多媒體
	程序性知識	2. 圖+文字	2、5無差異	視覺介面無差異
	敘述性知識	3. 圖+解說	3、6 無差異	
		4. 動畫		
		5. 動畫+文字		
		6. 動畫+解說		

(續下頁)

研究者	對象/主題	多媒體教材形式	實驗結果	備註
宋曜廷 (2000)	國二生	1. 圖+文章+旁白	2優於1	動畫的學習成效
	不同結構文章	2. 動畫+文章+旁白	2可提升情境興趣進而提升閱讀投入(時間)而促進閱讀成效。	優於靜態圖片
徐易稜 (2001)	大學生	1. 字	靜態圖片多媒體	靜態圖片多媒體
	台灣鳥類	2. 圖+文字	優於動態影片多媒體。	優於動態影片多媒體
		3. 圖+旁白		
		4. 圖+文字+旁白		
		5. 影片+文字		
		6. 影片+旁白		
		7. 影片+文字+旁白		
邱惠芬 (2003)	國小學生	1. 圖+文字	1~4 學習成效無差異	動、靜態多媒體
	大氣壓力	2. 圖+文字+旁白		視覺介面無差異
		3. 動畫+文字		
		4. 動畫+文字+旁白		
陳澤榮 (2003)	成人	1. 圖+旁白	不限時間時，1、2、3無差異	學習者控制情境下，動、靜態多媒體視覺介面無差異。
	產品設計研發概念介紹	2. 動畫+旁白		
		3. 虛擬影像+旁白		

(續下頁)

研究者	對象/主題	多媒體教材形式	實驗結果	備註
陳立烜（2004）	國中學生	1. 圖+文字	1、2、3 成效無差	動、靜態多媒體
	科學知識	2. 動畫+文字	異。	視覺介面無差異
		3. 影片+文字		
梁雪娟（2005）	高中生	1. 單一圖	3 有利於高空間	對於高空間能力
	數學教材	2. 多張圖	能力者	者
		3. 動畫		3. 成效優於 1. 2.
莊新怡（2005）	商職學生	1. 單張圖	高先備知識者，3	動畫有助於高空
	圓錐曲線	2. 多張圖	優於 1、2	間能力者；低空
		3. 動畫	低先備知識者無 差異	間能力者動靜態 無差異
劉佳綺（2005）	高職生	1. 單張圖	3 優於 2 優於 1	動畫的學習成效
	圓錐曲線	2. 多張圖		優於靜態圖片
	橢圓單元	3. 動畫		
施駿宏（2009）	國中生	1. 動畫+文字	地震與海嘯單元	學習者自行播放
	地震與海嘯	2. 動畫+旁白	2 優於 1、3	模式下，動、靜
		3. 動畫+旁白+文 字	5 優於 4、6	態多媒體視覺介 面無差異。
		4. 圖+文字		
		5. 圖+旁白		
		6. 圖+旁白+文字		

資料來源：施駿宏（2009）與本研究整理。

第四節 空間能力

一、空間能力基本定義

空間能力的定義由於受研究者探討的觀點、分析的角度不同，而有許多不同的定義與解釋。Kelly (1928) 認為空間能力是對幾何形式的認知與記憶，是在心裡操作物體形狀之流暢能力。Thurstone (1938) 的基本心智能力理論中提出了七項人類的基本心理能力，其中也包含了空間與視覺化能力，認為空間能力是能在心中記住一個空間圖像，並在腦海中扭轉、移轉或旋轉此圖像至新的位置，再將此變動之圖像進行比對的能力。Guilford & Lacey (1947) 認為空間能力是能在心裡想像物體的旋轉，在平面上想像物體展開的平面圖或摺疊成立體圖形，或是了解空間中物體位置改變之關係的能力。

McGee (1979) 整理過去的空間能力因素研究，將空間能力分成空間視覺 (Spatial Visualization) 與空間方位 (Spatial Orientation)。空間視覺是能將 2D 或 3D 的物體進行心智上的操作、轉動與翻轉的能力；空間方位是指在物體或圖形不斷改變方位後，個體保持清晰而不混亂仍能正確辨識的能力。

Lohman (1979) 的分析研究結果將空間能力的因素分為十個因素，而其中的視覺化 (Visualization)、空間方位 (Spatial Orientation) 與空間關係 (Spatial Relations) 則是影響空間能力的主要因素。視覺化是指將平片物體想像成立體的能力；空間方位是個體從不同角度觀察物件的能力；空間關係是個體運用心智快速解決問題的能力。

Linn & Petersen (1985) 則是將空間能力分成空間知覺 (Spatial Perception)、心智旋轉 (Mental Rotation) 與空間視覺 (Spatial Visualization)。空間知覺是個體力用自己身體的方位去辨識空間關係之能力；心智旋轉是個體能想像旋轉 2D 或 3D 圖像的能力；空間視覺是個體能操作一連串複雜影像摺疊與移動及使用解決策略之能力。

Carroll(1993)認為空間能力是由空間視覺化(Spatial Visualization)、空間關係(Spatial Relations)、完形速度(Closure Speed)、形狀變通(Flexibility of Closure)及感知速度(Perceptual Speed)五個因素共同構成的廣義概念。

路君約、盧欽銘、歐滄和(1989)認為空間能力是由視覺處理具體材料的能力，並將空間能力命名為空間關係。蔣家唐(1995)定義空間能力是以圖像記憶、複製、觀察、配對等認知能力為基礎，將二度空間中的平面圖像或者三度空間中的立體圖像在腦海中想像性地轉換、辨識圖像及操控圖像的能力。李琛玫(1996)認為空間能力是能夠正確辨識、觀察、透視與記憶圖像，然後在心理想像，操弄、變化圖像等想像性的動態轉換能力。不僅靜態辨識、想像或記憶，更含有移動、旋轉、摺疊與拆解圖像的能力。

許多的研究者對於空間能力有不同的定義，也認為空間能力可以分成許多不同的因子，因此在多媒體學習的相關研究中也探討了空間能力對多媒體學習的影響。而在多媒體學習的研究中，空間能力通常被定義為在腦海中旋轉或折疊物件的能力，以及想像位置的改變與操作的能力(Brunken, Steinbacher, & Leutner, 2000; Mayer & Sims, 1994)。而在這些多媒體學習的研究中發現，空間視覺化與空間關係這兩項因素是最常被測量的，表示空間能力的這兩項因子與多媒體學習最有關係(Hoffler, 2010)。

二、多媒體學習與空間能力

雖然多媒體學習與空間能力的相關研究很多，但根據許多研究結果顯示，關於多媒體學習與空間能力的關係一直沒有定論，但可以確定的是空間能力在多媒體學習中扮演一個至關重要的角色（Blake, 1977; Hays, 1996; Large, Beheshti, Breuleux, & Renaud, 1996; Yang et al., 2003）。Mayer (2001) 也認為多媒體訊息採語言與圖形兩個管道，學習者需要能夠形成、保持和使用視覺心智表徵的心理技能，這與空間能力的基本定義有許多相似之處，表示多媒體學習的過程中是需要用到空間能力的。

多媒體學習與空間能力的相關研究指出，空間能力在多媒體的學習中具有能力補償效應(Ability-as-compensator Effect)，對低空間能力的學習者而言，動畫可以支持他們學習，因為動畫提供一個過程或程序的動態化呈現方式，幫助學習者快速建立心智模型（Mayer, 2001；Mayer & Sims, 1994），因此動畫對學習者發揮了認知輔助(cognitive prosthetic)的效果(Hegarty & Kriz, 2008)。Hays (1996) 的研究結果也發現：低空間能力的學習者使用動畫與文字學習時的效果優於使用圖片與文字、及單獨使用文字的組別。表示對於空間能力較低的學習者，利用動畫的形式呈現教材可以讓他們在學習上有比較好的表現。這表示動畫在學習中發揮了補償能力的功用，空間能力不足的學習者在學習過程中無法有效理解與建構知識，透過動畫提供的視覺化教材，支持學生建立心智模型，補充其能力不足對學習的影響，幫助學生學習。

不過對於空間能力對多媒體學習的影響，也有另外一種的研究發現：空間能力在多媒體學習中發揮的是增強效應（Ability-as-enhancer Effect），高空間能力學習者從良好的多媒體設計中獲益的效果優於低空間能力學習者，動畫對低空間能力的學習者造成過大的認知負荷，因此低空間能力學習者無法在多媒體學習中獲取有效的助益（Mayer & Sims, 1994; Hegarty, 2005）。

Mayer (2001) 說明，對於設計不良的教材呈現的資訊，高、低空間能力學

習者都難以建構同時保存於工作記憶中的圖形表徵和語文表徵，因此高、低空間能力學習者的學習效果都不好，當呈現設計良好的教材內容，高空間能力者較容易建構對應的圖形表徵和語文表徵，並形成合適的整合與聯結導致學習成效提升；而低空間能力學習者消耗很多的時間與認知資源在建構和保持圖形表徵上，而沒有足夠的資源用於形成圖形表徵和語文表徵之間的聯結，因此，高空間能力的學習者比低空間能力的學習者更能從良好的教學訊息中獲益，空間能力增強了好的多媒體設計效果（Mayer & Sims, 1994）。

綜觀過去的研究結果，空間能力在多媒體學習中動畫與靜態圖片呈現時所扮演的角色目前仍有爭議，有些研究認為動畫有助於低空間能力學習者學習，因為可以協助建立心智模型；有些研究則認為在良好的多媒體教材設計下，高空間能力的學習者獲益較低空間能力學習者來的多；不過也有研究顯示空間能力與多媒體學習以動靜態呈現方式的學習成效沒有交互作用，因此有待累積更多的研究結果，以獲得更嚴謹的結論。

第三章 研究方法

第一節 研究對象

本研究的對象來自臺灣中部某間國民中學，一百學年度下學期接受地球科學課程的九年級學生。該校採用常態分班及男女合班的模式進行教學，共有四個班級參與研究，各班學生於教室內隨機分為動畫圖文組與圖文組，各組人數與有效樣本數如表所統計。各組人數與有效樣本之差異是來自於資料蒐集過程中，受到施測時電腦教室網路系統不穩定影響，以及學生出缺席狀況，導致學生資料蒐集不完整，故將資料不齊全之樣本去除後，總共有效樣本數為 98 人，其中動畫圖文組 53 人，男生 26 人，女生 27 人；圖文組 45 人，男生 27 人，女生 18 人。

表 3.1.1

實驗分組人數與有效樣本數

組別	人數（男，女）	有效樣本（男，女）
動畫圖文組	60（29, 31）	53（26, 27）
圖文組	57（30, 27）	45（27, 18）
總計	117（59, 58）	98（53, 45）

第二節 研究設計與流程

本研究的課程依據Mayer(2001, 2003)多媒體教材設計原則與Sweller(2008)認知負荷理論的教學效應設計多媒體的月相盈虧成因課程教材，試圖探討學生進行多媒體動畫圖文教材與圖文教材時學習成效的差異，以及空間能力對學生學習成效與認知負荷之影響，本研究流程共可分為三個階段，分別為「準備階段」、「實驗階段」與「結果分析」，各個階段的工作項目及進度與研究流程圖繪製如下：(圖 3.2.1)

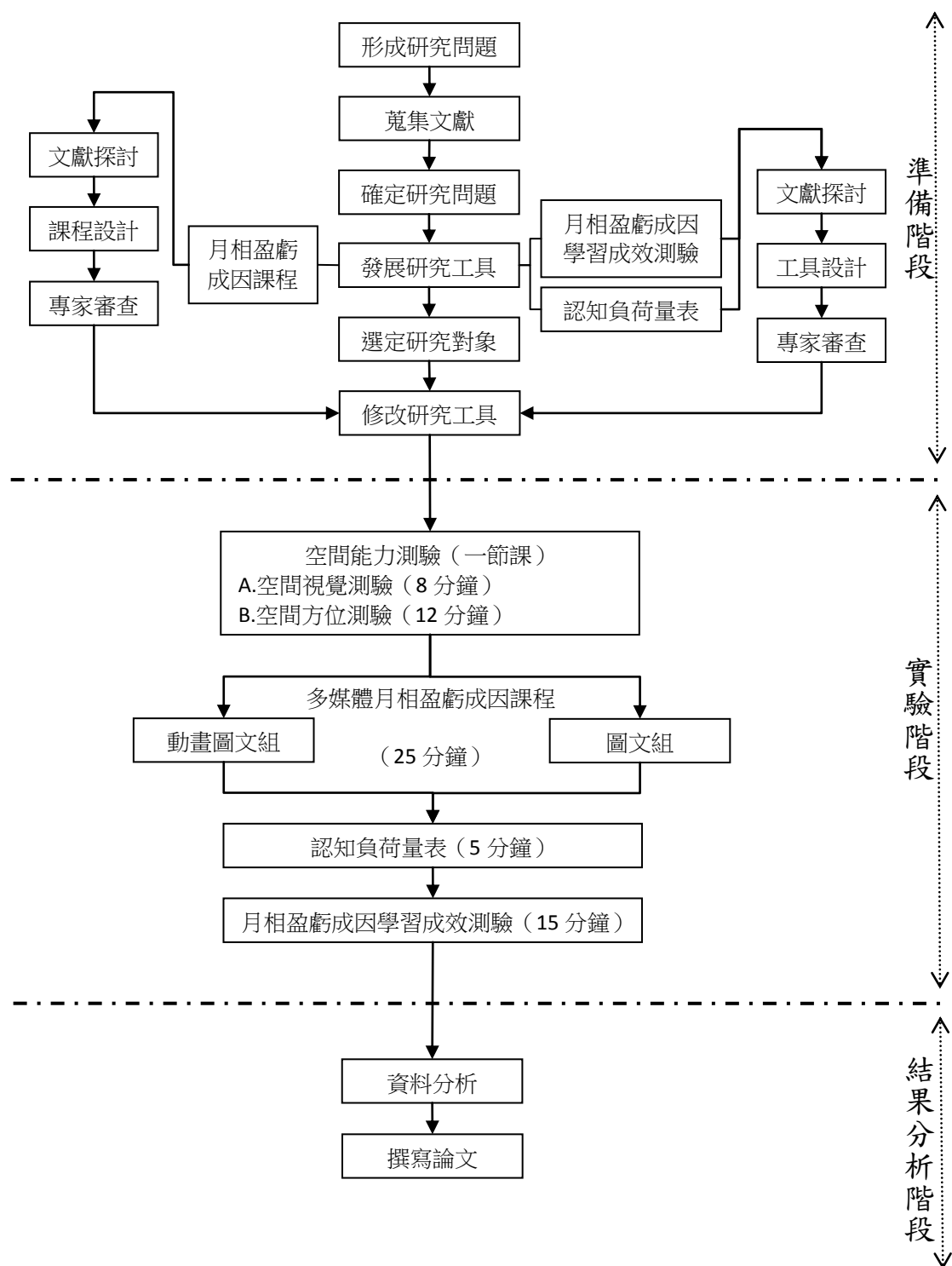


圖 3.2.1 研究流程圖

一、準備階段

經過閱讀相關文獻資料，確定研究主題，整理文獻中多媒體相關的設計原則與認知負荷產生的教學效應，開始著手發展多媒體的月相盈虧成因課程教材、月相盈虧成因學習成效測驗、認知負荷量表。在發展過程中，經天文領域專家與科教領域專家及國中地科教師協助審查與修正教材與測驗量表。

二、實驗階段

實驗階段工作內容包含進行「空間能力測驗」、「月相盈虧成因課程」、「認知負荷量表」、「月相盈虧成因學習成效量表」，實驗過程如圖 3.2.1 所示：

「空間能力測驗」：分成 A、空間視覺測驗與 B、空間方位測驗，測驗進行前先請學生填好班級、座號、姓名與性別，然後講解測驗說明測驗規則與試題範例完畢後，才開始計時作答。空間視覺測驗時間限制為 8 分鐘，空間方位測驗時間限制為 12 分鐘，總計 20 分鐘。

「月相盈虧成因課程」：分成動畫圖文組與圖文組同時進行，由學生自行操作電腦進行學習，老師在旁隨時提供學生協助，學習時間 25 分鐘。

「認知負荷量表」：進行多媒體月相盈虧成因課程後，請學生作答認知負荷量表，4 題自評式量表在電腦上作答，作答時間約 5 分鐘。

「月相盈虧成因學習成效測驗」：最後進行請學生作答學習成效量表，20 題單選題在電腦上作答，作答時間約 15 分鐘。

三、結果分析階段

此階段的任務為進行「資料分析」與「撰寫論文」。將實驗蒐集的數據整理分析，瞭解學生空間能力、認知負荷與學習成效之關係、多媒體課程對學生學習成效與認知負荷的影響、不同空間能力的學生使用多媒體課程後學習成效與認知負荷的差異，最後進行論文撰寫。

第三節 研究工具

本研究工具分成兩類，包含教學工具與測驗工具。教學工具為「月相盈虧成因課程」，而評量工具包括「空間能力測驗」、「月相盈虧成因學習成效測驗」、「認知負荷量表」，將上述研究工具之發展原則與流程詳述如下：

一、月相盈虧成因課程

（一）確認教學內容

教育部 100 學年度實施的九年一貫課程綱要(2008)中「自然與生活科技」學習領域提到關於月相相關學習概念的科學與技術認知能力分段能力指標(表 3.3.1)與教材內容自然界的組成與特性課題，地球的環境主題中，次主題地球和太空的要項與細目(表 3.3.2)，要點如下：

表 3.3.1

九年一貫課程綱要(2008)「自然與生活科技」學習領域能力分段能力指標

階段	內容
第二階段	認識環境
(國小三至四年級)	2-2-4-2 觀察月亮東昇西落的情形，以及長期持續觀察月相，發現月相盈虧，具有週期性。
第四階段	認識環境
(國中一至三年級)	2-4-3-1 由日、月、地模型瞭解晝夜、四季、日食、月食及潮汐現象。
	2-4-3-4 知道地球在宇宙中的相關地位。

表 3.3.2

九年一貫課程綱要（2008）「自然與生活科技」學習領域教材內容要項與細目

要項	細目
月亮	2a. 察覺月亮東昇西落。 2b. 觀察並知道月亮有盈虧現象（月相變化）。
地、日、月系統	4a. 利用模型描述地、日、月之間的相對運動，並解釋月相變化、日食、月食的現象。

參考各版本教科書內容，月相盈虧成因概念分成三個單元進行學習，分別為「月相盈虧成因」、「月相與農曆日期」、「月相與時間」三個單元，月相盈虧成因內容包含月亮受光照形成亮暗面、月相變化的成因與週期、月亮同一面朝向地球的原因；月相與農曆日期單元內容包含不同月相形狀的名稱，不同月相對應到的農曆日期；月相與時間單元包含各月相的月出月末與月亮升到最高點的時間、月相亮面方位。

（二）多媒體課程設計

使用多種電腦軟體設計多媒體動畫教材(表 3.3.3)，利用 3dsMax 軟體建立 3D 模型，使用 iClone 軟體製作日地月系統並依單元需求做成動畫，使用 Corel Video Studio 剪輯動畫影片搭配字幕，利用 Photoshop 編輯修改圖片，最後用 Flash 將所有教材單元所需的動畫、圖片包裝成一個完整的電腦多媒體動畫教材。

表 3.3.3

設計軟體與工作內容

軟體工具	工作內容
3dsMax	製作擬真的太陽、月球、地球 3D 模型
iClone	將太陽、地球、月球 3D 模型佈置成日地月系統模型，利用不同視角攝影機拍攝不同單元所需的日地月系統相對運動的動畫及月相週期性盈虧變化的動畫
Corel Video Studio	將輸出的動畫剪輯，搭配上說明字幕，輸出成各單元內容所使用的完整教學動畫
Photoshop	將動畫影片截圖修改成各單元所需的整合性圖片
Flash	將所有單元的內容、動畫與圖片包裝在一個檔案中，製作成完整的電腦多媒體動畫教材。

參考 Mayer (2001) 多媒體教材設計原則與 Sweller (2008) 認知負荷理論的教學效應設計多媒體的月相盈虧成因課程教材課程設計完成後經由清華大學天文領域教授與臺灣師範大學科教領域教授指導審查修改完成。將本研究設計使用之多媒體設計原則 (表 3.3.4) 與認知負荷理論教學效應 (表 3.3.5) 整理如下：

表 3.3.4

參考使用 Mayer 的多媒體教材設計原則項目

設計原則	設計內容
多媒體原則	動畫+圖片+文字呈現。 圖片+文字呈現。
空間接近原則	動畫／圖片和相關文字同時呈現時彼此排列緊密，方便閱讀。
時間接近原則	動畫／圖片和相關文字敘述同時呈現。
連貫原則	去除無關的教學素材，保留與課程內容相關的資訊。
分割原則	將課程分成三個學習單元段落，學習者可以自由控制學習速度。
標記原則	標題、大綱提供重點標記，文字敘述重點以紅色字體標記。

表 3.3.5

參考使用 Sweller 的認知負荷理論教學效應項目

教學效應	設計內容
演練效應	使用動畫呈現，模擬演示日地月系統模型的相對運動過程。
分散注意力效應	將教材內容的動畫／圖片與說明的文字敘述同時呈現並排列緊密，可以避免學生在閱讀上產生困擾。
專家逆轉效應	本研究之對象皆為新手學習者，故本研究設計之多媒體動畫教材不會產生專家逆轉效應。
想像效應	在課程開始之初，教材內容提供簡單的問題，要求學習者先針對月相盈虧概念進行相關的思考活動，試著想像日地月系統的運作並回答問題，有助於提升學習效果。
元素互動效應	元素太多、互動性太高會增加學習者的內在認知負荷，在動畫中只呈現相關的地球、月球、太陽模型，並在動畫中非必要時不呈現地球自轉、地球公轉、太陽自轉等元素間互動內容，避免元素互動性過高導致畫面過於複雜混亂。
獨立互動性元素效應	依各單元的內容提供需要的元素與元素間的互動呈現，例如在月相盈虧單元時獨立呈現月球公轉與自轉；在月相與時間單元時獨立呈現地球自轉的內容。

二、評量工具

（一）空間能力測驗

為了瞭解學生在使用多媒體月相盈虧成因課程時，空間能力對學生學習成效與認知負荷的影響，因此在課程進行前，先讓學生進行空間能力測驗，並以此測驗分數代表學生的空間能力程度進行分析。由於研究對象為國中九年級的學生，因此本研究引用梁勇能（2001）針對國中學生發展的空間能力測驗，測驗內容包含「空間方位測驗」與「空間視覺測驗」。「空間方位測驗」有 25 題單選題，限制時間為 8 分鐘；「空間視覺測驗」有 25 題單選題，限制時間為 12 分鐘，總分數為五十分。每份測驗前會先進行測驗說明與範例講解，然後才開始計時進行測驗。

根據正式施測結果，空間能力測驗的 KR-20 信度值為 0.89；空間方位測驗的 KR-20 信度值為 0.83；空間視覺測驗的 KR-20 信度值為 0.82。

（二）月相盈虧成因學習成效測驗

為了瞭解學生使用月相盈虧成因課程後的學習成效，因此設計月相盈虧成因學習成效測驗來評估學生的學習成效。試題設計參考民國 90 年至 100 年間國民中學基本能力測驗中與月相概念相關之試題，並根據各版本教科書與教師手冊課程內容設計可以評估學生學習成效的題目，題目參閱附錄二。

題目總數 20 題，列出月相盈虧成因學習成效測驗雙向細目表（表 3.3.6），此研究工具內容效度採用專家效度，經由清華大學天文研究所教授與國中地球科學教師指導審查修正。根據正式施測結果，月相盈虧成因學習成效測驗的 KR-20 信度值為 0.84。

（三）認知負荷量表

為了瞭解學生使用月相盈虧成因課程的認知負荷，因此設計認知負荷量表來評估學生的認知負荷程度。測量方法採用 Sweller(1998)提出的主觀測量法，此測量法是基於受試者有能力回顧及反思其學習過程中的認知歷程，並將自己感知的負荷量化。由於主觀測量法不需使用大量儀器輔助進行測驗，且採用學生自評的方式，最為方便且快速，普遍受到研究者使用（e.g., Paas, 1992; Paas & van Merriënboer, 1993; Sweller et al., 1998; Tuovinen & Paas, 2004; van Merriënboer & Sweller, 2005），故本研究之認知負荷量表以主觀測量法的形式進行。針對課程單元內容與整體教材設計 4 題問題，題目請參閱附錄三。本量表設計以李克特氏七分量表（Likert Scale）的形式，以 1-7 的數值代表學習者自評耗費心力的程度，數字越高代表越耗費心力，認知負荷越高。

第四節 資料處理與分析

本研究主要採用量化的資料分析，研究者在「空間能力測驗」「月相盈虧成因學習成效測驗」、「認知負荷量表」施測結束後，將蒐集之資料整理輸入電腦以 IBM SPSS Statistics 19 軟體進行統計分析，並針對本研究之研究問題進行分析與考驗，本節將依據各研究問題所使用的分析方法及統計分析的考驗與原則分別說明如下：

一、各研究問題使用的分析方法

（一）學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異？

將動畫圖文組與圖文組學生的「月相盈虧成因學習成效測驗」分數進行獨立樣本的平均數考驗（t-test, independent samples），比較兩組學生的學習成效是否有顯著差異。

（二）空間能力與認知負荷是否會對學生的學習成效產生影響？

將學生於「空間能力測驗」、「認知負荷量表」與「月相盈虧成因學習成效測驗」中的分數，進行皮爾森積差相關統計（Pearson' s Correlation），求得積差相關係數 r ，以瞭解學生的空間能力、認知負荷與學習成效之間的相關性。

（三）不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異？

依學生在「空間能力測驗」成績表現分類學生的空間程度，前百分之二十七為高空間能力者，後百分之二十七為低空間能力者，然後依學生的使用多媒體教材的組別分成四組：高空間能力者使用動畫圖文組、高空間能力者使用圖文組、低空間能力者使用動畫圖文組與低空間能力者使用圖文組，將學生於「月相盈虧成因學習成效測驗」中的分數，進行單因子變異數分析（Analysis of Variance,

ANOVA)，以瞭解不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異？

(四) 不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在認知負荷上是否有顯著差異？

依學生在「空間能力測驗」成績表現分類學生的空間程度，前百分之二十七為高空間能力者，後百分之二十七為低空間能力者，然後依學生的使用多媒體教材的組別分成四組：高空間能力者使用動畫圖文組、高空間能力者使用圖文組、低空間能力者使用動畫圖文組與低空間能力者使用圖文組，將學生於「認知負荷量表」中的分數，進行單因子變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA)，以瞭解不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在認知負荷上是否有顯著差異？

(五) 不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材，教材的效果是否有顯著差異？

為了瞭解多媒體學習教材對學生的認知負荷與學習成效之影響，應同時考慮學習者認知負荷與學習成效的表現，根據 Paas and van Merriënboer (1993) 提出的方法，將學生的認知負荷與學習成效原始分數轉換成標準化分數 (Z 分數)，可以得到每個學生的標準化學習成效 Z 分數與認知負荷 Z 分數，便可以根據下列公式計算出每個學生的相對教材效果分數 (relative instructional Efficiency scores, E)：

$$E = \frac{\text{學習成效} - \text{認知負荷}}{\sqrt{2}}$$

本研究將分別計算出學生的學習成效 Z 分數與認知負荷 Z 分數，求出教材效果分數 E 值後，進行單因子變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA)，比較不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材的效果。

二、統計分析的考驗與原則

進行統計分析前，資料須滿足平均數考驗方法與變異數分析方法的基本假定：常態性檢定與變異數同質性檢定，故資料分析的步驟如下：

（一）常態性檢定：

使用「月相盈虧成因學習成效測驗」、「認知負荷量表」所測得的分數，檢驗兩組受試者之成績是否達常態的標準。根據 Stevens (1996, p. 217) 所述：未達常態分佈時僅對 Type I error 有影響 (robust to Type I error)，而即使是非常歪斜 (skewed) 的分佈，也僅使 Type I error 高估為 .055 或 .06。故若樣本無法滿足常態分布的條件時，則降低研究之顯著水準由 $p < .05$ 降低成為 $p < .04$ 。

（二）變異數同質性檢定：

使用「月相盈虧成因學習成效測驗」、「認知負荷量表」所測得的分數進行變異數同質性檢定，檢驗兩組成績是否可代表同一母群。若無法滿足時，則將原始的數據資料加以轉換 (transform)，使之符合變異數同質性的假定。

三、空間能力分組

將學生在「空間能力測驗」成績排序，前百分之二十七的學生成績介於 38~49 分之間，共 27 人為高空間能力者；後百分之二十七的學生成績介於 9~27 分之間，共 27 人為低空間能力者。

表 3.4.1

空間能力分組人數表

	動畫圖文組	圖文組	總人數
高空間能力	15	12	27
低空間能力	15	12	27
總人數	30	24	54

四、先備知識

進行實驗前，取得學生 100 學年度上學期地球科學的段考成績當作學生的先備知識程度，分成動畫圖文組與圖文組進行平均數考驗，發現兩組學生的先備知識未達顯著差異，因此視為兩組學生具備相似的先備知識程度。

表 3.4.1

動畫圖文組與圖文組學生先備知識的平均數分析

Group	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>S.D.</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
動畫圖文組	53	80.7	10.3	4.14	.68	0.08
圖文組	45	79.9	9.8			

* $p < .05$

第四章 研究結果與討論

本研究的實驗分析結果，依研究的問題分成五個部分進行討論，包括「學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異？」、「空間能力與認知負荷是否會對學生的學習成效產生影響？」、「不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異？」、「不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在認知負荷上是否有顯著差異？」與「不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材，教材的效果是否有顯著差異？」。分別敘述如下

第一節 學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上無顯著差異

為了瞭解使用多媒體月相盈虧成因課程動畫圖文版本的學生與圖文版本的學生在學習成效上是否有顯著差異，因此將動畫圖文組與圖文組學生的「月相盈虧成因學習成效測驗」分數進行獨立樣本的平均數考驗（t-test, independent samples）。進行平均數考驗前必須先檢定兩組學生「月相盈虧成因學習成效測驗」分數是否滿足常態性檢定與變異數同質性檢定，資料處理分析後發現：兩組學生的成績均通過變異數同質性檢定，但動畫圖文組的學生成績分佈未達常態性分佈，當無法滿足常態分佈的條件時，因此應降低本研究分析之顯著水準由 $p < .05$ 降低為 $p < .04$ 。降低顯著水準後進行獨立樣本的平均數考驗，分析結果如表。

表 4.1.1

動畫圖文組與圖文組學生在「月相盈虧成因學習成效測驗」表現的差異分析

Group	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>S.D.</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
動畫圖文組	53	11.8	4.7	-0.076	.94	0.015
圖文組	45	11.8	4.5			

* $p < .04$ （未通過常態性檢定，故臨界值由.05降低至.04）

由表的結果可以得知，接受多媒體月相盈虧成因課程動畫圖文版本的學生在月相盈虧成因學習成效測驗上的表現（ $M=11.8$ ）與接受圖文版本的學生之表現（ $M=11.8$ ）沒有顯著差異（ $p=.94$ ）。

第二節 空間能力與認知負荷會影響學生月相盈虧概念的學習成效

將學生於「空間能力測驗」、「認知負荷量表」與「月相盈虧成因學習成效測驗」中的分數，進行皮爾森積差相關統計 (Pearson's Correlation)，求得積差相關係數 r ，以瞭解學生的空間能力、認知負荷與學習成效之間的相關性，分析結果如表 4.2.1。

表 4.2.1

「空間能力測驗」、「認知負荷量表」與「月相盈虧成因學習成效測驗」相關統計分析

	空間能力	認知負荷	學習成效
空間能力	—		
認知負荷	-.289**	—	
學習成效	.471**	-.298**	—

* $p < .05$

** $p < .01$

由表的結果可以得知，學生空間能力測驗分數與認知負荷量表分數的相關性達顯著，呈現低度負相關 ($r = -.289, p < .01$) 學生空間能力測驗分數與月相盈虧成因學習成效測驗分數的相關性達顯著，呈現中度相關 ($r = .471, p < .01$)；學生認知負荷量表分數與月相盈虧成因學習成效測驗分數的相關性達顯著，呈現低度負相關 ($r = -.298, p < .01$)。

第三節 高空間能力學習者的學習成效顯著優於低空間能力學習者

依學生在「空間能力測驗」成績表現分類學生的空間程度，前百分之二十七為高空間能力者，後百分之二十七為低空間能力者，然後依學生的使用多媒體教材的組別分成四組：高空間能力者使用動畫圖文組、高空間能力者使用圖文組、低空間能力者使用動畫圖文組與低空間能力者使用圖文組，將學生於「月相盈虧成因學習成效測驗」中的分數，進行單因子變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA)，以瞭解不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上是否有顯著差異。進行變異數分析前必須先檢定四組學生「月相盈虧成因學習成效測驗」分數是否滿足常態性檢定與變異數同質性檢定，資料處理分析後發現：四組學生的成績均通過變異數同質性檢定，但動畫圖文組的高空間能力學生成績分佈未達常態性分佈，當無法滿足常態分佈的條件時，因此應降低本研究分析之顯著水準由 $p < .05$ 降低為 $p < .04$ 。降低顯著水準後進行變異數分析，若達顯著差異則使用 Tukey' s HSD 的 Post-hoc 多重成對比較方法，瞭解哪些組別之間的差異達顯著，分析結果如表 4.3.1。

表 4.3.1

學習成效變異數分析摘要表

	Group	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> (3,50)	<i>p</i>	<i>f</i>	Tukey's HSD
高空間能力	1 動畫圖文組	15	14.1	4.9	10.458**	.000	0.616	1>3,4
	2 圖文組	12	14.5	3.6				2>3,4
低空間能力	3 動畫圖文組	15	8.1	3.5				
	4 圖文組	12	8.9	2.9				

* $p < .04$ （未通過常態性檢定，故臨界值由.05降低至.04）

** $p < .01$

由表的結果可以得知，不同空間能力的學生在使用動畫圖文或圖文教材後，四個組別在學習成效上達到顯著的差異（ $F(3,50)=10.458, p=.000, f=0.616$ ）。

使用Tukey's HSD的Post-hoc多重成對比較方法後發現：高空間能力學生使用動畫圖文教材後在學習成效的表現顯著優於低空間能力學生使用動畫圖文教材（ $p=.000$ ）與低空間能力學生使用圖文教材（ $p=.005$ ）；高空間能力學生使用圖文教材後在學習成效的表現顯著優於低空間能力學生使用動畫圖文教材（ $p=.000$ ）與低空間能力學生使用圖文教材（ $p=.004$ ）；而高空間能力學習者使用動畫圖文教材或圖文教材兩組的學習成效表現上沒有顯著差異（ $p=.995$ ）；低空間能力學習者使用動畫圖文教材或圖文教材兩組的學習成效表現上也沒有顯著差異（ $p=.952$ ）。

第四節 高空間能力學習者的認知負荷低於低空間能力學習者

依學生在「空間能力測驗」成績表現分類學生的空間程度，前百分之二十七為高空間能力者，後百分之二十七為低空間能力者，然後依學生的使用多媒體教材的組別分成四組：高空間能力者使用動畫圖文組、高空間能力者使用圖文組、低空間能力者使用動畫圖文組與低空間能力者使用圖文組，將學生於「認知負荷量表」中的分數，進行單因子變異數分析（Analysis of Variance, ANOVA），以瞭解不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在認知負荷上是否有顯著差異？進行變異數分析前必須先檢定四組學生「認知負荷量表」分數是否滿足常態性檢定與變異數同質性檢定，資料處理分析後發現：四組學生的成績均通過常態性檢定與變異數同質性檢定。接著進行變異數分析，若達顯著差異則使用 Tukey' s HSD 的 Post-hoc 多重成對比較方法，瞭解哪些組別之間的差異達顯著，分析結果如表 4.4.1。

表 4.4.1

認知負荷變異數分析摘要表

	Group	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> (3,50)	<i>p</i>	<i>f</i>	Tukey's HSD
高空間能力	1 動畫圖文組	15	3.7	1.7	2.56	.065	0.361	
	2 圖文組	12	4.2	1.3				1<3
低空間能力	3 動畫圖文組	15	5.1	1.1				<i>p</i> =.057
	4 圖文組	12	4.8	1.2				

**p*<.05

由表的結果可以得知，不同空間能力的學生在使用動畫圖文或圖文教材後，四個組別在認知負荷上的差異接近顯著（ $F(3,50)=2.56$, $p=.065$, $f=0.361$ ）。

使用Tukey's HSD的Post-hoc多重成對比較方法後發現：在動畫圖文教材的學習上，高空間能力學習者感受到的認知負荷與低空間能力學習者的差異接近顯著（ $p=.057$ ）

第五節 高空間能力學習者的教材效果顯著優於低空間能力學習者

本研究將分別計算出學生的學習成效 Z 分數與認知負荷 Z 分數，求出教材效果分數 E 值後，進行單因子變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA)，比較不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材的效果。

進行變異數分析前必須先檢定四組學生「教材效果」分數是否滿足常態性檢定與變異數同質性檢定，資料處理分析後發現：四組學生的成績均通過常態性檢定與變異數同質性檢定。接著進行變異數分析，若達顯著差異則使用 Tukey' s HSD 的 Post-hoc 多重成對比較方法，瞭解哪些組別之間的差異達顯著，分析結果如表。

表 4.5.1

教材效果的變異數分析摘要表

	Group	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i> (3,50)	<i>p</i>	<i>f</i>	Tukey's HSD
高空間能力	1 動畫圖文組	15	0.61	1.2	9.985**	.000	0.606	
	2 圖文組	12	0.44	0.8				1>3,4
低空間能力	3 動畫圖文組	15	-0.93	0.9				2>3,4
	4 圖文組	12	-0.67	0.6				

* $p < .04$ (未通過常態性檢定，故臨界值由 .05 降低至 .04)

** $p < .01$

由表的結果可以得知，不同空間能力的學生在使用動畫圖文或圖文教材後，四個組別在教材的效果上達到顯著的差異 ($F(3,50)=9.985, p=.000, f=0.606$)。

使用 Post-hoc 多重成對比較的 Tukey' s HSD 方法後發現：高空間能力學生

使用動畫圖文教材後在教材的效果上顯著優於低空間能力學生使用動畫圖文教材 ($p=.000$) 與低空間能力學生使用圖文教材 ($p=.004$)；高空間能力學生使用圖文教材後在教材的效果上顯著優於低空間能力學生使用動畫圖文教材 ($p=.002$) 與低空間能力學生使用圖文教材 ($p=.024$)；而高空間能力學習者使用動畫圖文教材或圖文教材兩組的教材效果沒有顯著差異 ($p=.962$)；低空間能力學習者使用動畫圖文教材或圖文教材兩組的教材效果也沒有顯著差異 ($p=.881$)。

第五章 結論與建議

本研究希望了解研究者參考 Mayer (2003) 與 Sweller (2008) 理論開發之「月相盈虧成因的動畫教材」和傳統常見的圖文教材相比之下，增加動畫的呈現是否能幫助國中學生減少認知負荷，有效提升學習成效；並探討空間能力對國中學生使用動畫圖文教材或是圖文教材的學習成效與認知負荷的影響。

本章節將針對本研究主要發現作一說明與解釋，並列出本研究研究限制，最後提出建議與未來研究方向。

第一節 研究結論

一、評估動畫圖文／圖文教材對國中學生學習月相盈虧概念之影響。

研究目的希望透過呈現日地月的模型教學動畫，能夠提升學生學習成效，但研究結果發現，接受多媒體月相盈虧成因課程動畫圖文版本的學生在月相盈虧成因學習成效測驗上的表現與接受圖文版本的學生之表現沒有顯著差異。

研究結果和預期動畫能夠提升學生的學習成效不同，研究者認為可能的原因是圖文教材提供的資訊量非常充足的關係。本研究設計之多媒體月相盈虧成因教材的圖文部分，提供學生在月相盈虧成因單元所需的資訊量很足夠，例如在呈現月相盈虧的月相變化與日地月相對位置時，圖文畫面中清楚呈現一個月之內日地月的相對位置變化與其對應的月相形狀，搭配簡要的文字說明，等同於將動畫的關鍵畫面整合在一張圖中。雖然有部分日期的月相畫面沒有呈現，但是由於呈現的日期很接近，學生能夠自行想像補足缺少的畫面，因此不會影響學生的學習。在呈現月相與農曆日期之關係時，圖文畫面也是清楚呈現各月相形狀之名稱與對應之農曆日期，方便學生做重點式的內容統整。由於整合式的圖文資訊量充足，導致動畫的有無對學生學習此單元並不會造成太大的影響，因此學生在使用動畫圖文教材與圖文教材的學習成效表現上沒有差異。

研究結束後與學生的晤談結果也有類似的發現，無論是動畫圖文組或圖文組的學生，都有學生認為整合式的圖文呈現，學習過程中的感受不會過於複雜而難以理解，認為整合過的圖文重點很清楚，方便閱讀也比較好複習，甚至可以再加入方位等其他資訊。

另外一個影響的因素可能是月相盈虧成因學習成效測驗的內容不能完全反應出動畫對學習成效的影響，本研究在進行學習成效測驗時，各組別是使用相同的圖文測驗問卷，但是各組在學習時是有分動畫圖文組跟圖文組兩種形式的多媒體學習，若是於測驗時以不同的呈現方式測驗，如都使用動畫試題評量，或是動畫圖文組用動畫試題、圖文組用圖文試題，都有可能影響研究的結果。因此是否本研究使用的測驗型式無法真實的反應出各組學生的學習成效，亦或是有其他的因素，而導致研究結果未達顯著值得未來研究進一步探討。

二、評估空間能力對學生學習動畫圖文／圖文教材的學習成效與認知負荷之影響。

（一）空間能力與學習成效呈現正相關、認知負荷與學習成效呈現負相關

過去研究發現，雖然空間能力對多媒體學習的影響仍不明確，但是可以肯定的是空間能力在多媒體學習中扮演一個至關重要的角色（Blake, 1977; Hays, 1996; Large, Beheshti, Breuleux, & Renaud, 1996; Yang et al., 2003）。且邱美虹、陳英嫻（1995）研究提出空間能力也是影響學生學習月相概念的重要因素之一。Blake（2005）的研究也提出地球科學中許多的概念（包含月相與潮汐、日地月系統運動）都與空間能力有高度的相關性。本研究結果發現空間能力與學習成效呈現正相關，表示高空間能力的學生使用月相盈虧成因單元的多媒體教材學習成效較好，低空間能力的學生學習成效較差。和先前的研究有一致的結果。

認知負荷與學習成效呈現負相關，表示高認知負荷量會有較差的學習成效，低認知負荷量會有較好的學習成效。也與 Sweller 的認知負荷理論有一致的結果，認知負荷感受較低的學生，學習的效果會比較好，當學生感受到較高的認知負荷時，學生的工作記憶在處理訊息時耗費較多心力，由於工作記憶有限，因此無法有效整合接收到的資訊並建構知識基模於長期記憶之中，導致學習效果不佳。

（二）高空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，在學習成效上皆顯著優於低空間能力程度的學生。

研究結果顯示高空間能力的學生使用多媒體教材學習的成效顯著優於低空間能力的學生，結果符合 Mayer（2001）提出的個別差異原則中：由於高空間能力學習者擁有較好的心智整合視覺及語文表徵的能力，低空間學習者則否，認知能力多用於在記憶中保留影像，導致缺乏能力用於心智組織與整合。因此高空間

能力者在多媒體學習的表現上皆優於低空間能力者。

另一個結果顯示，多媒體教材的呈現方式與學生的空間能力沒有交互作用，無論是高空間能力學習者或是低空間能力的學習者，在使用動畫圖文教材與圖文教材的學習成效上皆沒有顯著差異。表示空間能力對不同的教材呈現方式在學習成效上沒有發揮效果，因此高空間能力學習者在動畫圖文教材與圖文教材的呈現方式在學習成效上沒有顯著差異，低空間能力學習者也是如此。

可能的原因是對高空間能力者而言，無論是用動畫圖文呈現，或是僅用圖文呈現教材內容，高空間能力者都能夠處理與建構呈現的資訊，因此使用不同的教材時學習成效沒有差異。而對低空間能力者而言，增加動畫的呈現沒有辦法幫助學生更容易理解內容，因此學生在使用動畫圖文教材或圖文教材時的學習成效沒有差異。研究結束後與學生的晤談結果發現，低空間能力的學生表示自己的方向感不好，無法理解「由地球北極上空往下看」的敘述意義，因此雖然有動畫輔助也無法幫助想像。

也有可能是因為本研究實驗樣本過小，經空間能力分組後每組樣本不到 30 人，導致樣本不能有效反應母體，而產生交互作用不顯著的情形。

(三) 高空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文教材學習後，其認知負荷與低空間能力程度的學生相比沒有顯著差異。

研究結果發現，高空間能力學生與低空間能力學生使用動畫圖文教材與動畫教材後的認知負荷沒有顯著差異。

但是高空間能力學生感受到的認知負荷皆低於低空間能力學生，在動畫圖文組的差異則接近顯著 ($p=.065$)，表示使用動畫教材學習時，對高空間能力發揮增強的作用 (Ability-as-enhancer Effect)，高空間能力的學習者感受到的認知負荷較低，而對低空間能力的學習者而言，動畫對低空間能力的學習者造成

過大的認知負荷，因此低空間能力學習者無法在多媒體學習中獲取有效的助益（Mayer & Sims, 1994; Hegarty, 2005）。

研究結束後與學生的晤談結果也有類似的發現，動畫圖文組低空間能力的學生覺得自己要花較多心力跟時間看才能看懂動畫，如果要看的太多，看完一遍就不會想再看。不過可能因為研究實驗樣本過小，經空間能力分組後每組樣本不到 30 人，導致樣本不能有效反應母體，因此差異未達顯著。

三、不同空間能力程度的學生使用動畫圖文／圖文的教材效果有顯著差異。

結果發現四組學生在使用多媒體教材的教材效果上有顯著差異，無論是使用動畫圖文教材或是圖文教材，高空間能力學生的教材效果皆顯著優於低空間能力的學生。而動畫圖文教材與圖文教材的教材效果對高空間能力學習者而言沒有顯著差異，對低空間能力學習者也是如此。

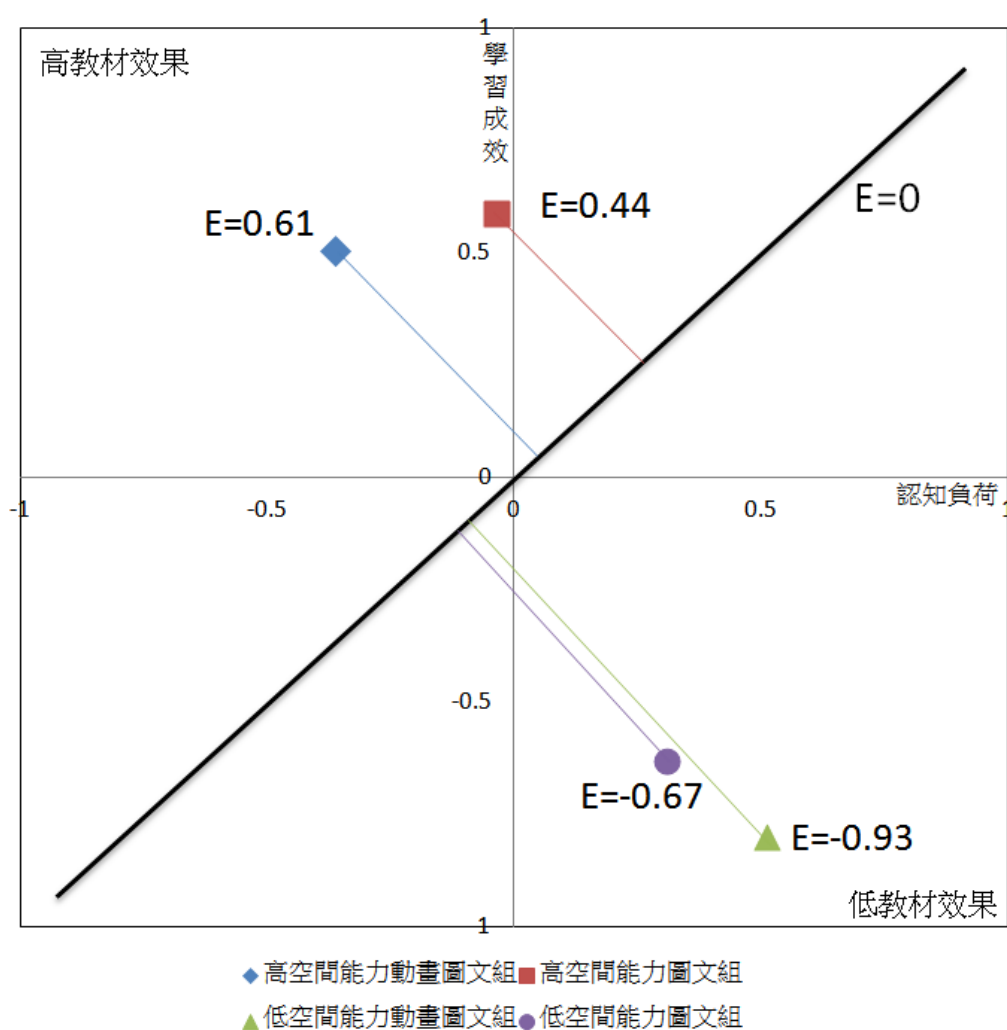


圖 5.1.1 各組學生使用多媒體教材之教材效果示意圖

綜合學生的學習成效與認知負荷的程度來評估本研究設計之教材效果，圖表示座標為不同空間能力使用多媒體動畫圖文或圖文教材的效果，X 軸為學生感受的認知負荷，Y 軸為學生的學習成效，E 值表示教材的效果，座標越靠近左上

角表示教材效果越高，座標越靠近右下角表示教材效果越低。

本研究設計之多媒體月相盈虧成因課程的動畫圖文教材對高空間能力學生而言，有較高的學習成效表現與較低的認知負荷；對低空間能力的學生則有較高的認知負荷與較低的學習成效表現。表示高空間的能力學生在使用本研究開發設計之教材時，感受到較低的認知負荷，在學習成效的表現上較好；而低空間能力的學生在使用時便會產生較高的認知負荷，學習成效的表現較差。這樣的結果符合 Mayer (2001) 多媒體設計原則中提出的個別差異原則，高空間能力的學習者在設計良好的教材效果優於低空間能力學習者，由於高空間能力學習者擁有較好的心智整合視覺及語文表徵的能力，低空間學習者則否，認知能力多用於在記憶中保留影像，導致缺乏能力用於心智組織與整合。當呈現良好設計的教材時，高空間能力的學習者比較容易建構對應的圖形表徵和語文表徵，並形成合適的整合與聯結導致學習成效提升；而低空間能力學習者耗費較多的時間及認知資源在建構和保持圖形表徵上，而沒有足夠的資源用於形成圖形表徵和語文表徵之間的聯結，因此，高空間能力的學習者比低空間能力的學習者更能從良好的教學訊息中獲益，空間能力增強了好的多媒體設計效果 (Mayer & Sims, 1994)。

四、結論

本研究以參考 Mayer 的多媒體設計原則與 Sweller 的認知負荷理論在教學設計上的效應發展月相盈虧概念的多媒體教材，比較動畫圖文教材與圖文教材對學生學習成效的差異。結果發現學生使用不同形式的教材時，在學習成效上的表現沒有顯著差異。進一步分析空間能力對學生認知負荷與學習成效的影響，發現空間能力確實會影響學生在月相盈虧成因單元的學習，且是很重要的一個因素。高空間能力的學生無論使用動畫圖文教材或是圖文教材時，都有較低的認知負荷與較佳的學習成效表現。本研究的多媒體教材效果的比較上也發現高空間能力的學生顯著優於低空間能力的學生。

空間能力程度的高低會影響學生在認知負荷與學習成效的表現，而空間能力是否能夠透過學習或訓練的方式來提升，使學生可以具備足夠的空間能力學習科學相關知識。如果空間能力不能透過訓練或學習的方式增加，那麼應如何設計適合不同空間能力程度學生的教材來減少因學生個別差異帶來的影響？因此如何幫助空間能力程度不足的學生學習相關的科學概念是未來值得研究的方向。

第二節 研究範圍與限制

本研究以國中九年級學生為對象，依據 Mayer (2001) 多媒體教材設計原則與 Sweller (2008) 認知負荷理論的教學效應設計多媒體的月相盈虧成因課程教材，探討動畫對學習者的影響以及空間能力對學習者的學習成效與認知負荷的影響。基於有限的時間以及受試者本身的影響，本研究結果推論有以下的限制：

一、研究對象

本研究以中部地區某國民中學常態編班的九年級學生為研究對象，由於研究地區與研究樣本之限制，不宜將研究結果推論至所有國中學生，只適合情境相近的學生做推論。

二、課程主題

本研究之課程以地球科學中的月相盈虧成因概念為主題，因此本研究知結果不宜推論至其他科目之多媒體動畫教學課程，也不宜推論至地球科學其他主題概念之課程。

第三節 建議與未來研究方向

在研究的過程中陸續發現一些重要且有意義的研究課題，可供未來研究參考。

一、學習成效的測量

（一）測驗的呈現方式

本研究測驗學生的學習成效採用一致的圖文試題，但在教學呈現使動畫圖文教材與圖文教材兩種形式，若是以不同的呈現方式進行測驗，例如以動畫試題評量，是否會有不同的學習成效表現，值得未來後續研究者深思的問題。

（二）試題的編制

本研究發現空間能力與教材的呈現方式在學習成效上沒有交互作用，可能的原因是學習成效測驗的內容不能完全反應出學生空間能力對學習成效的影響，本研究的學習成效測驗試題包含了記憶、理解、應用三個層次，而沒有針對學生的空間推理能力進行評量，評估的是綜合的學習成效，可能是導致學生在多媒體教材的學習上，空間能力與教材呈現方式在學習成效上效果不顯著的原因。

二、變因的控制

除了空間能力之外，影響學習者在多媒體學習的學習成效與認知負荷的變因有很多，如學習時間的長短、學習者的個人特質、空間能力、先備知識、資訊量的多寡、教材主題的選擇、多媒體教材的呈現方式等，本研究控制了學習的時間、先備知識、教材主題等因素，比較不同空間能力的學生使用不同呈現方式的多媒體教材對學習成效與認知負荷的影響。是否還有其他的變因未控制而導致研究結果有無顯著的差異，在未來後續的研究可以嘗試找出其他變因進行研究。

第六章 參考文獻

- 毛松霖(1995)。國小五、六年級兒童「傳達」及「解釋資料」能力與天文概念架構之關係研究。行政院國家科學委員會專題研究成果報告，(NSC-82-0111-S003-069-N)，未出版。
- 王美芬(1992)。我國五、六年級學生有關月亮錯誤概念的診斷及補救教學策略的應用。台北市立師範學院學報，23，357-380。
- 呂志峰(2008)。中學生月相盈虧改相關迷思概念類型與概念改變過程之探討。國立台灣師範大學地球科學研究所碩士論文。
- 呂惠虹(2005)。資訊融入國小四年級月項概念教學之研究。國立新竹教育大學課程與教學研究所碩士論文。
- 宋曜廷(2000)。先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響。臺北：國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文。
- 李人傑(2010)。以互動軟體融入探究教學對九年級學生月相概念學習成效影響之研究。國立彰化師範大學物理學系碩士論文。
- 李原富(2010)。不同多媒體教學對四年級月項概念學習成就與學習動機之研究。國立台南大學材料科學系碩士論文
- 李琛玫(1996)。資優生空間能力之相關研究。資優教育季刊，59，21-24。
- 李榮彬(1994)。國民小學天文教材淺談。嘉義市天文協會會刊(一)，27。
- 林麗娟(1996)。多媒體電腦圖像設計與視覺記憶的關係。教學科技與媒體，28，3-12。
- 邱美虹、陳英嫻(1995)。月相盈虧之概念改變。師大學報 40, 509-548。
- 邱惠芬(2003)。多媒體介面對國小學童學習動機、學習成就及學習保留的影響。國立屏東師範學院教育科技研究所碩士論文。
- 施駿宏(2009)多媒體呈現方式與空間能力對國二學生「地震」與「海嘯」學習結果之影響。

- 徐易稜（2001）。多媒體呈現方式對學習者認知負荷與學習成效之影響研究。國立中央大學資訊管理研究所碩士論文。
- 馬紀楨（2008）。3D 動畫應用於國小四年級自然領域之教學成效-以月相概念為例。國立台東大學教育學系碩士論文。
- 張俊彥、董家莒（2000）。「問題解決」或「無問題解決」？電腦輔助教學成效的比較研究。科學教育學刊，8(4)，357-377。
- 張春興（1997）。教育心理學。台北：五南圖書
- 教育部（2008）。國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。
- 梁勇能（2001）。動態幾何環境下，國二學生空間能力學習之研究。國立台灣師範大學數學研究所碩士論文，台北市。
- 陳英嫻（1995）。月相盈虧之概念改變。師大學報，1995，40，509-548。
- 陳蜜桃（2003）。認知負荷理論及其對教學的啟示。國立高雄師範大學教育學系教育學刊，21，29-51。
- 黃柏勳（2003）。認知上的瓶頸—認知負荷理論。教育資料與研究，55，71-78。
- 楊宗樺（2011）。POE 教學策略融入互動式電子白板對中學生月相概念學習成效之影響。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。
- 路君約、盧欽銘、歐滄和（1989）。修訂區分性向測驗。台北：中國行為科學社。
- 蔡名杉（2005）。國小月相另有概念改變教學之行動研究。國立臺南大學國民教育研究所碩士論文。
- 蔣家唐（1995）。視覺空間認知能力向度分析暨數學—語文資優生視覺空間認知能力差異研究。國立彰化師範大學特殊教育學系碩士論文。
- 賴瑞芳（2002）。小學生月亮迷思概念之研究。台中師範學院自然科學教育教育學系碩士論文。

- Baddeley, A. (1998). Human memory. Boston: Allyn & Bacon.
- Betrancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effects of computer animation on users' performance: a review. *Le travail humain*, 63, 311–329.
- Blake, A. A. (2005) Spatial Ability and Earth Science Conceptual Understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 402-414
- Blake, T. (1977). Motion in instructional media: Some subject-display mode interactions. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 975–985.
- Brooks, D. W. (1997). Web-teaching: A guide to designing interactive teaching for the World Wide Web. New York:Plenum.
- Brünken, R., Steinbacher, S., & Leutner, D. (2000). Räumliches Vorstellungsvermögen und Lernen mit Multimedia. In D. Leutner & R. Brünken (Eds.), *Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung, Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung* (pp. 37–46). Münster: Waxmann.
- Carroll, J. B. (1993). Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies. New York: Cambridge University Press.
- Catrambone, R., & Seay, A. F. (2002). Using animation to help students learn computer algorithms. *Human Factors*, 44, 495e511.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293–332.
- ChanLin, L. J. (2000). Attributes of animation for learning scientific knowledge. *Journal of Instructional Psychology*, 27(4), 228-239.
- Cooper, G.A. (1998) Research into Cognitive Load Theory and Instructional Design at UNSW. <http://www.arts.unsw.edu.au/education/clt.html>
- Gonzales, C. (1996). Does animation in user interfaces improve decision making? In M. J. Tauber (Ed.), *Proceedings of the conference on human factors in*

- computing systems: Common ground (pp. 27–34). New York: American Association for Computing Machinery.
- Greenlaw, R., & Hepp, E. (1999). In-line / On-line: Fundamentals of the Internet and the World Wide Web. Boston: McGraw-Hill.
- Guilford, J. P. & Lacey, J. I. (1947). Printed Classification Tests. AAF Aviation Psychology Research Program, Report No. 5. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Hays, T. A. (1996). Spatial abilities and the effects of computer animation on short-term and long-term comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 14, 139–155.
- Hegarty, M., & Kriz, S. (2008). Effects of knowledge and spatial ability on learning from animation. In R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 3–29). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoffler, T. N. (2010). Spatial Ability: Its Influence on Learning with Visualizations—a Meta-Analytic Review. *Educ Psychol Rev* 22:245–269
- Hoffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17, 722–738.
- Hoffler, T. N., & Leutner, D. (2011). The role of spatial ability in learning from instructional animations – Evidence for an ability-as-compensator hypothesis. *Computers in Human Behavior* 27,209–216.
- J. Spotts, F.M. Dwyer. (1996). The effect of computer-generated animation on student achievement of different types of educational objectives. *International Journal of Instructional Media*, 23,365–375
- Jacek, L. L. (1997). Gender differences in learning physical science concepts: Does computer animation help equalize them? unpublished Ph.D. dissertation,

Oregon State University, United States -- Oregon

- Jex, H.R. (1988). Measuring mental workload: Problems, progress and promises. In P.A. Hancock and N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload*. Amsterdam: North Holland.
- Kelly, T. L. (1928). *Crossroads in the mind of man*. Stanford: Stanford University Press.
- Large, A., Beheshti, J., Breuleux, A., & Renaud, A. (1996). Effect of animation in enhancing descriptive and procedural texts in a multimedia learning environment. *Journal of the American Society for Information Science*, 47, 437–448.
- Lepper, M. R., & Malone, T. W. (1987). Intrinsic motivation and instructional effectiveness in computer-based education. In R. E. Snow & M. J. Farr (Eds.), *Aptitude, learning, and instruction: Vol. 3. Conative and affective process analyses* (pp. 255–286). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning and Instruction*, 13, 177–189.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, 56, 1479-1498.
- Lohman, D. F. (1979). *Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature* (Tech. Rep. No. 8), Stanford, CA: Stanford University, Aptitude Research project, School of Education. (NTIS NO. AD-A075 972).
- Mayer, R. E. (1999). *The promise of educational psychology: Vol. 1 Learning in the content areas*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Mayer, R. E. (2001). *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.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43–52.
- Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389.
- Mayer, R. E., Hegarty, M., Mayer, S., & Campbell, J. E. (2005). When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11, 256–265.
- Mayer, R.E., & Moreno, R. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Paas F (1992) Training strategies for attaining transfer of problemsolving skill in statistics: a cognitive-load approach. *J Educ Psychol* 84(4),429–434
- Paas F, van Merriënboer J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance-measures. *Hum Factors* 35(4),737–743
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38, 1–4.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational*

- Psychologist*, 38, 63–71.
- Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419–430.
- Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Ploetzner, R., & Lowe, R. (2004). Editorial: dynamic visualization and learning. *Learning and Instruction*, 14, 235-240.
- Ploetzner, R., & Lowe, R. (2012). A systematic characterisation of expository animations. *Computers in Human Behavior*. 28(3),781-794
- Schnotz, W., & Lowe, R. K. (2008). A unified view of learning from animated and static graphics. In R. K. Lowe, & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 304-356). New York: Cambridge University Press.
- Schwartz, J.E., & Beichner, R.J. (1999). *Essentials of educational technology*. Boston: Allyn and Bacon.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effect on learning. *Cognitive Science*, 12(2),257-285.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*. Camberwell, Australia: ACER press.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19–30). New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2008). Cognitive bases of human creativity. *Educational Psychology Review*.

- Swezey, R. W. (1991). Effects of instructional strategy and motion presentation conditions on the acquisition and transfer of electromechanical troubleshooting skill. *Human Factors*, 33, 309–323
- Swller, J., Van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-297.
- Thurstone, L. L. (1938). Primary mental abilities. Chicago: University of Chicago Press.
- Tversky, B., Heiser, J., Lozano, S., MacKenzie, R., & Morrison, J. (2008). Enriching animations. In R. K. Lowe, & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research implications for design* (pp. 263-285). New York: Cambridge University Press.
- Tversky, B., Morrison, J. B. & Betrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *Human - Computer Studies*, 57, 247-262.
- Wright, P., Milroy, R., & Lickorish, A. (1999). Static and animated graphics in learning from interactive texts. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 203-224.
- Yang, E. M., Andre, T., & Greenbowe, T. Y. (2003). Spatial ability and the impact of visualization/animation on learning electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 25, 329–349.
- Yu Ta Chien and Chun Yen Chang, (2012). Comparison of Different Instructional Multimedia Designs for Improving Student Science-Process Skill Learning.

附錄

附錄一 月相盈虧成因動畫圖片教材 截圖

月相大哉問

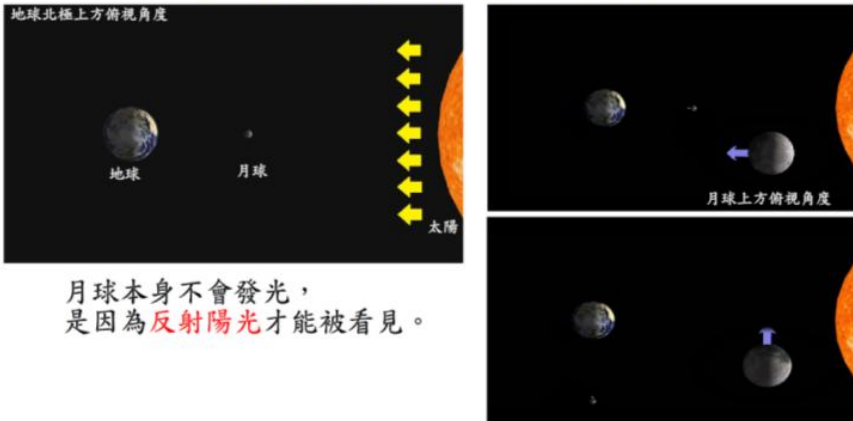


Q：夜晚抬頭仰望星空可以看到月亮,是因為月球會發光嗎？
Q：為什麼不同夜晚看到的月亮會有不同的形狀呢？
Q：每天晚上看到的月亮形狀都略有不同，但是為什麼月球都是同一面朝向地球呢？

動動腦
想一想

BACK NEXT

為什麼看的到月亮？



地球北極上方俯視角度

地球 月球 太陽

月球本身不會發光，
是因為**反射陽光**才能被看見。

月球上方俯視角度

月球受太陽照射，不管運行到何處，
總是**一半亮一半暗**。

BACK NEXT

為什麼看的到月亮？



BACK

Science Education

NEXT

為什麼看的到月亮？

月球繞地球公轉的過程中
不管月球運行到哪個位置
受光面與背光面的界線永遠與陽光照射方向垂直

This diagram shows the Moon's position relative to Earth and the Sun during its orbit. The Earth is on the left, the Sun is on the right, and the Moon is in the center. A blue arrow points from the Moon towards the Sun, indicating the direction of sunlight. The Sun is partially visible on the right edge of the frame.

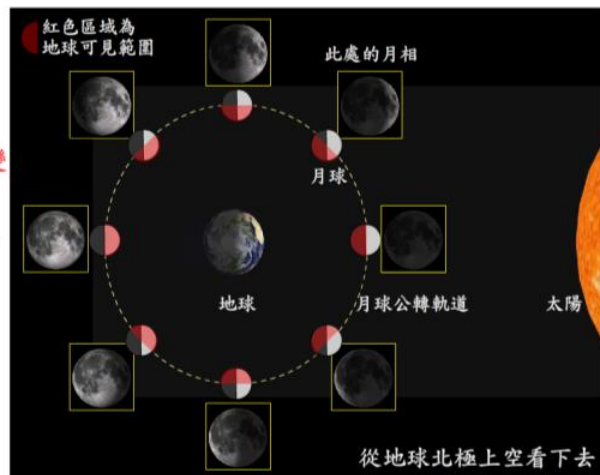
BACK

Science Education

NEXT

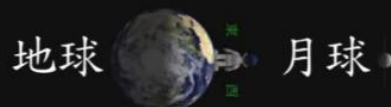
月相成因-不同形狀的月亮

月球繞地球公轉，
太陽、地球、月球
相對位置隨著時間改變
在地球上觀察月球
亮暗面的角度不同，
產生不同形狀的月亮。



月相成因-不同形狀的月亮

從地球的北極上空看下去



Science Education



月相成因-不同形狀的月亮

月球以逆時針方向繞地球公轉
地球上可見月相隨日地月相對位置改變
形成不同形狀的月相



同一面的月亮

月球自轉與公轉的週期相同
在地球上看見的月相都是同一面



月相與農曆

日地月位置
農曆日期
月相名稱
對應關係圖



BACK NEXT

月相與農曆

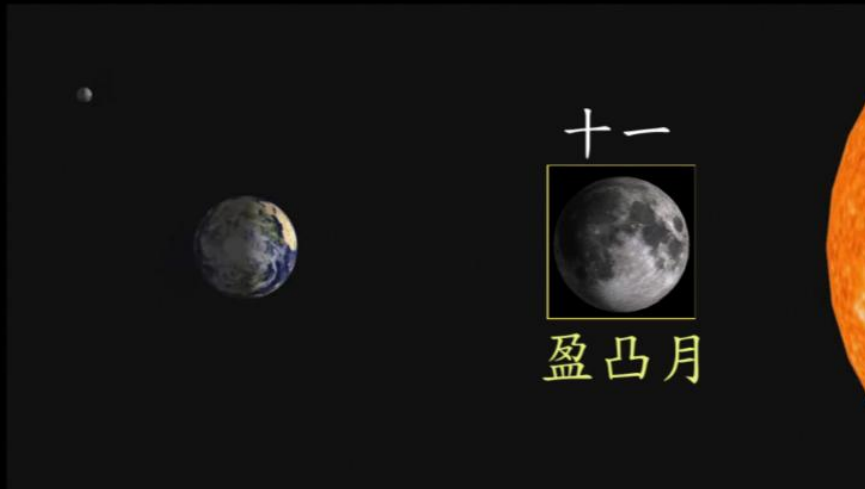


BACK

Science Education

NEXT

月相與農曆



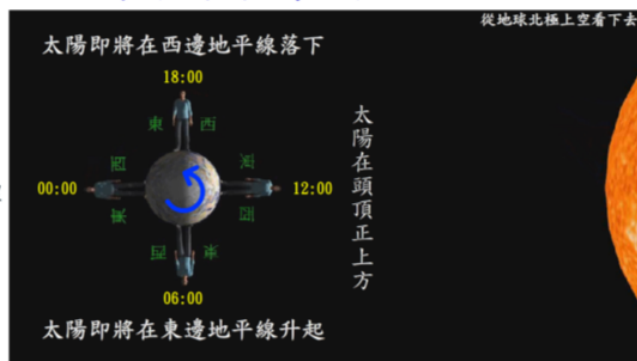
BACK

Science Education

NEXT

月相與時間

人面向北方站立
左手邊為西方
右手邊為東方
地球由西向東自轉
因此在地球上看法體
為東升西落

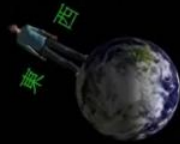


BACK

NEXT

月相與時間

地球自轉方向由西向東
因此站在地球上看到天體多為東升西落



BACK

Science Education

NEXT

月相與時間

此時太陽即將從東方升起
時間為早上06:00



06:00



BACK

Science Education

NEXT

月出月末時間

滿月



時間 18:00
月亮在東邊地平線附近
逐漸升起

時間 00:00
月亮升到最高點的位置

時間 06:00
月亮在西邊地平線附近
逐漸隱沒

← BACK
NEXT →

滿月

18



0

農曆十五：滿月(望)



12

月出：18點

最高：00點

月末：06點

06

← BACK Science Education NEXT →

重點回顧

☀	月相成因	☞
☀	為什麼看的到月亮?	☞
☀	不同形狀的月亮	☞
☀	同一面的月球	☞
☀	月相與農曆日期的關係	☞
☀	月相與時間的關係	☞
☀	月出月末的時間	☞
	新月	☞
	上弦月	☞
	滿月	☞
	下弦月	☞

結束

附錄二 月相盈虧成因學習成效測驗

1. 為什麼夜晚仰望星空時，可以看到月亮呢？
 - A. 月球本身會發光。
 - B. 月球反射陽光。
 - C. 月球折射陽光。
 - D. 地球反射陽光。
2. 月球受太陽照射的表面積約有多少？
 - A、 不一定，要看當天月相形狀而定。
 - B、 月球表面積的全部。
 - C、 月球表面積的 $1/4$ 。
 - D、 月球表面積的 $1/2$ 。
3. 在一年之中，從地球上是否可以觀察到月球全部的面貌？
 - A、 不可以，因為月球公轉週期=月球自轉週期。
 - B、 不可以，因為月球公轉週期=地球自轉週期。
 - C、 可以，因為月球自轉週期=地球公轉週期。
 - D、 可以，因為月球自轉週期=地球自轉週期。
4. 請問**中秋節**當天晚上的月相為何？
 - A、 朔月。
 - B、 下弦月。
 - C、 望月。
 - D、 眉月。

5. 請問七夕情人節當天晚上的月相為何？
- A、 上弦月。
- B、 新月。
- C、 殘月。
- D、 虧凸月。
6. 在天氣晴朗的夜晚仰望星空，下列哪一天一定看不到月亮？
- A、 國曆三月一日。
- B、 農曆五月初八。
- C、 國曆六月十五。
- D、 農曆正月初一。
7. 為什麼不同夜晚看到的月亮會有不同的形狀呢？
- A、 太陽照射月球表面不均勻的關係。
- B、 地球的影子遮住了陽光，導致月亮形狀改變。
- C、 日地月相對位置改變，使得地球上看到月球角度不同。
- D、 月球本身的亮面區域會隨時間變化而有不同的形狀。
8. 下圖為阿呆站在北半球面向南方時所看到的月相，請排列出月相圓缺變化的



- A、 己→辛→乙→戊→甲→丙→庚→丁。
- B、 甲→丙→庚→丁→己→辛→乙→戊。
- C、 己→丁→庚→丙→甲→戊→乙→辛。
- D、 甲→戊→乙→辛→己→丁→庚→丙。

9. 請問月相變化的週期大約為多久時間？

- A、 七天。
- B、 半個月。
- C、 一個月。
- D、 半年。

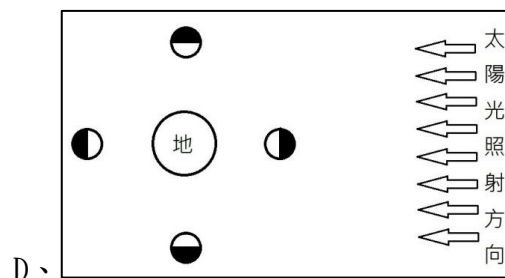
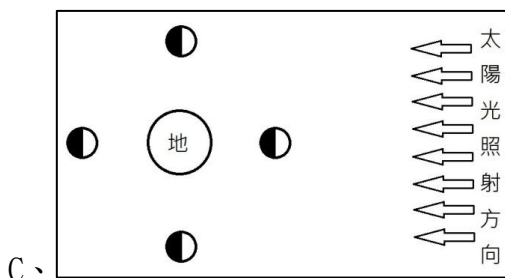
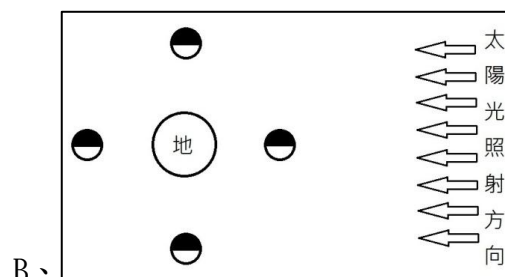
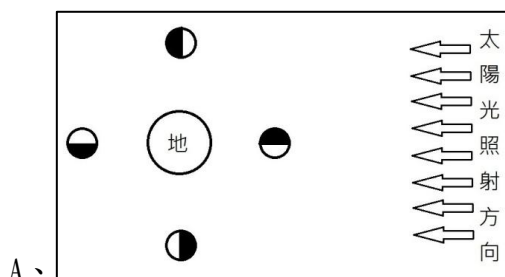


10. 為某天晚上 9 點夜空中所見月相，請問到了隔天凌晨四點左右，



- A、 B、 C、 D、

11. 請問下列各圖何者為正確的月球在不同位置時受光情形示意圖？



12. 為林書豪在紐約的凌晨所看到的月亮，請問同一天在臺灣所看到



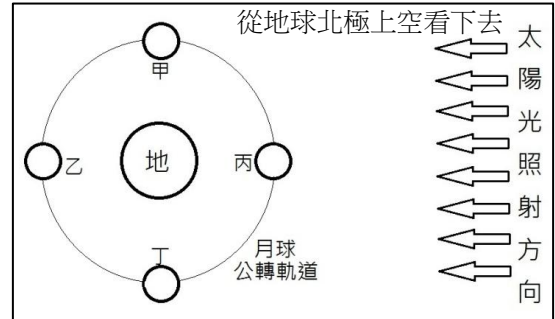
- A、 B、 C、 D、



13. 納豆觀察月相的紀錄如右圖，

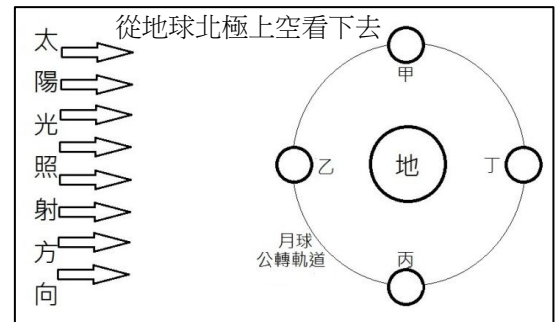
請問納豆開始記錄到結束這段期間，月球的位置變化順序為下列何者？

- A、 乙→甲→丙。
- B、 丙→甲→乙。
- C、 乙→丁→丙。
- D、 丙→丁→乙。



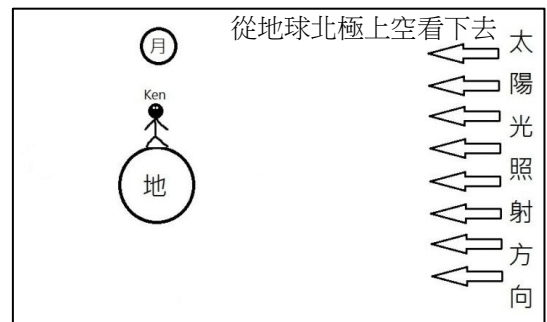
14. 請問農曆二十二日的時候，月球會出現在右圖中的哪個位置？

- A、 甲。
- B、 乙。
- C、 丙。
- D、 丁。



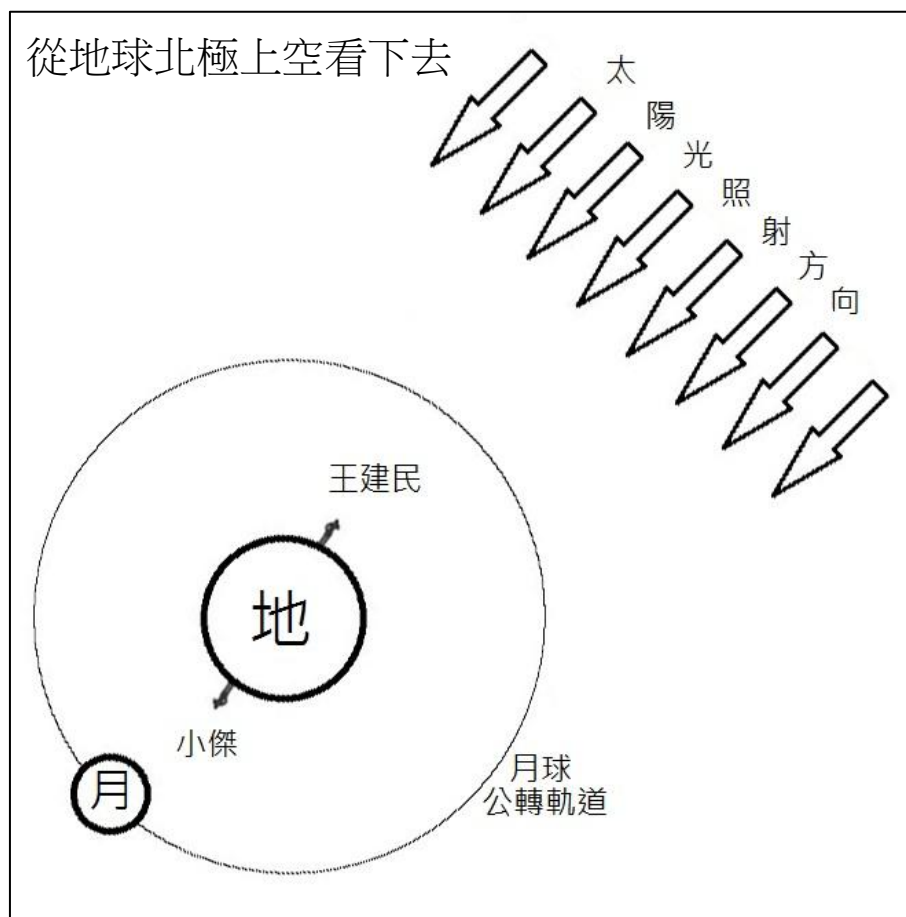
15. 阿Ken所在位置如右圖，請問月落時間(月亮從西邊地平線落下)約為幾點？

- A、 12:00。
- B、 18:00。
- C、 00:00。
- D、 06:00。



請根據提供的訊息回答 16~17 題：

在臺灣的小傑半夜起床看王建民在美國大聯盟的比賽，下圖為小傑看棒球時兩人所在位置的地球、月球與太陽光方向相對位置示意圖。



16. 請問王建民比賽時，美國當地約為幾點？

- A、 07：00。
- B、 13：00。
- C、 19：00。
- D、 01：00。

17. 請問小傑在臺灣看棒球時，夜空中可看到的月相為何？

- A、 新月。
- B、 上弦月。
- C、 下弦月。
- D、 滿月。

18. 在臺灣的阿強某天早上六點左右在西邊的地平線附近看到月亮，則下列關於月球位置與所見月相的敘述，何者正確？

A、 月球位置在甲，月相為



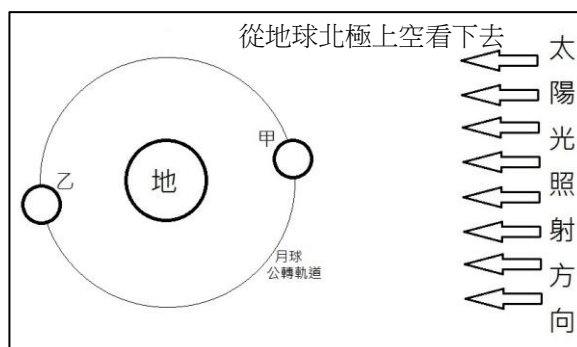
B、 月球位置在乙，月相為



C、 月球位置在甲，月相為



D、 月球位置在乙，月相為



19. 若不考慮天氣與地形的影響，位於臺灣的觀察者於農曆十六日較可能觀察到下列何種現象？

A、 白天可以看到眉月出現在天空中。

B、 整個晚上都可以觀察到月亮。

C、 月亮約在傍晚 18：00 時於西方地平線落下。

D、 弦月約在半夜 00：00 時升到最高點。

20. 在臺灣時間農曆初七的當天，位於臺灣的妮妮和位於南半球澳洲的雪莉於當地所觀察的月相為何？

A、 妮妮和雪莉看到的都是上弦月。

B、 妮妮看到的是上弦月，雪莉看到的是下弦月。

C、 妮妮和雪莉看到的都是下弦月。

D、 妮妮看到的是下弦月，雪莉看到的是上弦月。

附錄三 認知負荷量表

認知負荷量表

同學您好！本量表主要希望了解您在使用課程時的感受，所以請您試著回想學習的過程，並於填答時依照您的真實感受作答，謝謝！

	非常不同意 1	不同意 2	有點不同意 3	沒意見 4	有點同意 5	同意 6	非常同意 7
我覺得我花了很多心力才理解課程中「月相成因」的部分。							
我覺得我花了很多心力才理解課程中「月相與農曆」的部分。							
我覺得我花了很多心力才理解課程中「月相與時間」的部分。							
我覺得我花了很多心力才理解整個月相課程。							
我覺得我花了很多心力才理解課程中的文字敘述(包含概念的解釋、動畫旁的文字解說…等文字內容)							

全文完