

國立交通大學教育研究所

碩士論文

探討純粹比對類比與傳達屬性類比網路課程對國小
學生科學概念建構與類比推理性之影響

Explore the impact of pure matching and carry over web-based
learning content on 5th grade students' scientific concept construction
and analogical reasoning ability



研究生：莊明樺

指導教授：余曉清 博士

中華民國九十八年七月

探討純粹比對類比與傳達屬性類比網路課程對國小學生科學概念

建構與類比推理能力之影響

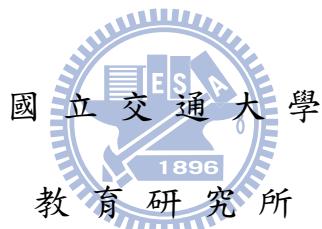
Explore the impact of pure matching and carry over web-based
learning content on 5th grade students' scientific concept construction
and analogical reasoning ability

研究 生：莊明樺

Student : Ming-Hua Chuang

指 導 教 授：余曉清 博 士

Advisor : Hsiao-Ching She, Ph. D



碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Institute of Education
College of Humanities and Social Science
National Chiao Tung University
for the Degree of
Master
in
Education
July 2009
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 九 十 八 年 七 月

探討純粹比對類比與傳達屬性類比網路課程對國小學生科學概念建構與類

比推理能力之影響

研究生：莊明樺

教授：余曉清 博士

國立交通大學教育研究所碩士班

摘要

本研究目的有二，首先是在建構「視覺成像」概念的網路類比學習情境，其次則是在探討純粹比對類比(pure matching)與傳達屬性類比(carry over)對學生之類比推理能力與視覺成像概念建構的影響。

本研究採用準實驗設計，研究對象為新竹市某國小五年級六個班級的學生，總共190人。依研究設計分為三組教學模式，其中純粹比對類比組採用純粹比對類比架構的網路類比學習模式、傳達屬性類比組採用傳達屬性類比架構的網路類比學習模式、對照組則採用傳統講述式教學模式，三組教學模式皆涵蓋了相同的課程內容。並於教學前、後與追蹤，實施視覺成像概念建構測驗、視覺成像概念主題相依類比推理測驗與科學推理測驗，以比較其學習上的差異。另外，對純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，進行視覺成像概念訪談，以針對其視覺成像概念建構、科學推理層級與類比推理層級進行分析。最後，再針對純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，於網路課程類比學習歷程之概念建構與類比學習步驟進行分析。

研究結果顯示，在視覺成像概念建構測驗方面，純粹比對類比組與傳達屬性類比組，均顯著優於傳統講述式教學的學生。其次，在視覺成像主題相依類比推理測驗方面，純粹比對類比組顯著優於傳統講述式教學的學生，而傳達屬性類比組學生也優於傳統講述式教學的學生，只是差異未達顯著。最後，在科學推理測驗方面，純粹比對類比組優於傳達屬性類比組與傳統講述式教學的學生，但皆未達顯著性差異。發現純粹比對類比與傳達屬性類比視覺成像網路課程類比教學，對於促進學習成效與學習的保留效果，都較傳統講述式教學來的好。至於類比推理能力的提昇上，純粹比對類比較傳達屬性類比與傳統講述式教學更具優勢。

訪談分析的結果顯示，無論是純粹比對類比組或傳達屬性類比組的學生，其在正確概念分數、科學推理層級與類比推理層級的提昇，皆表現出明顯的學習效果。網路之類比學習歷程的分析結果顯示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，其在概念建構的學習效果未達顯著差異，但在類比學習歷程上，相較於傳達屬性類比教學模式，純粹比對類比教學模式對於學生具有較佳的學習優勢。

關鍵字：類比推理、視覺成像、純粹比對、傳達屬性、網路互動式學習



Explore the impact of pure matching and carry over web-based learning content
on 5th grade students' scientific concept construction and analogical reasoning
ability

Student : Ming-Hua Chuang

Advisor : Hsiao-Ching She, Ph. D

National Chiao Tung University, Institute of Education

Abstract

This study explored the impact of analogical reasoning (pure matching and carry over) web-based learning content on 5th grade students' analogical reasoning ability and scientific concept construction involving the formation of image and structure of eye.

The quasi- experimental design was used in this study. A total of 190 fifth-grade students from six classes of an elementary school at Hsin-Chu City were involved in the study. Students were assigned into three different groups who received pure matching analogical reasoning web-based learning content (pure matching group), carry over analogical reasoning web-based learning content(carry over group), and conventional instruction (control group), respectively. The same content were covered in these groups. Three different tests were administered to all of students which are scientific conception test, content dependent analogical reasoning test and scientific reasoning test. In addition, the pre-, post-, and retention interviews results were analyzed according to the categories of concept construction, levels of scientific reasoning and analogical reasoning for pure matching group and carry over group. The web-based learning process also were analyzed according to the aspects of concept construction and analogical learning steps.

Results indicate that pure matching group and the carry over group significantly outperformed than control group in scientific conception test on both immediate effect and retaining effect. Pure matching group significantly outperformed than control group in their analogical reasoning test. In terms of the scientific reasoning ability, it shows that there is no significant difference among pure matching, carry over and control group. These findings

demonstrate that both pure matching and carry over instruction indeed foster students' concept construction than conventional instruction. Regarding to the analogical reasoning ability, it seems that pure matching is superior than carry over and conventional instruction.

The results of students' interviews were further analyzed according to the dimensions of scores of correct conceptions, the levels of scientific reasoning and content dependent analogical reasoning for both pure matching and carry over group students. It also shows that pure matching and carry over groups' perform about the same in their web-based concept construction, however, pure matching group is superior than carry over group in the analogical learning steps.

Keyword : analogical reasoning 、 vision imaging 、 pure matching 、 carry over 、 web-based learning



誌謝

詠春拳的一代宗師葉問曾說：「每個人走的路，都是要自己去選擇。」在修改碩士論文的過程中，偷閒欣賞了「葉問」這部電影，著實為之深深感動。在那個社會動盪不安的年代裡，憑藉著自己堅定的信念，葉宗師用自己的絕世武功，於歷史的扉頁寫下了輝煌歷史。回憶三年前的今天，我還在高雄縣山區的原住民小學服教育替代役，從都市的繁華到山間的靜瑟，我開始思考未來之路該何去何從？身處在社會的浪潮裡，深刻體悟到自己已經不再是個小孩，未來想走的路，該由自己去決定，並且為自己的選擇負起所有的責任。三年後的現在，我正著手撰寫碩士論文的誌謝，這一路走來酸甜苦辣交織，譜出一首精彩的碩士生涯圓舞曲，為當初的選擇畫下一個暫時的休止符。而這首圓舞曲的敘章，將由博士生涯再接續…

撰寫一本百餘頁碩士論文的過程，跟拍一部精彩的電影一樣，都必須經歷許多的學習與考驗。而完成時的心情，也跟電影獲得金馬獎肯定站上頒獎台時的心情相似，有很多話想說、有很多人要感謝。但若要細說這些話語，大概可以撰寫成論文中最精彩的「第六章」吧！可惜篇幅有限，而無法將所有的感謝一一細數，僅就以下概述之。

感謝爸媽與家人無怨無悔的支持，諒解我因忙碌而無法時常回家陪伴，並給我選擇未來的權利，讓我在碩士班結束後，繼續向博士班挺進。感謝指導教授余曉清老師的細心教誨，由其是在撰寫論文時，更是不眠不休的給予批改與指導，skype 的 call-in 聲依舊在耳際繚繞不絕。感謝楊文宗老師與張秀濬老師在論文課程設計上的建議，讓我見識到資深教師的真材實料。感謝口試委員周進洋教授與張文華教授對本論文的細心審閱與指正，並於口試進行時給予修改的建議，讓論文能更盡善盡美。感謝大學時的好友原甫情義相挺，提供我七個班級的學生當受試者，擾亂了你原本的上課進度真是不好意思。感謝陳素志主任、楊紋紋老師與全體五年級的導師們，在研究進行時給予我莫大的鼓勵與支援。同時，也要感謝全體五年級的 200 餘位小朋友，在「不知不覺」中參與了這項研究的進行。

接下來是要感謝教育所的好友們，感謝科教組的戰友佩蓉、君婷、梅香、錫裕，大

伙生死與共一同度過每個艱難的挑戰，尤其是佩蓉與君婷在冬天寒冷的早晨裡，離開溫暖的被窩陪我一起去訪談學生。感謝助理群思瑋、佩樺、秉叡、富修、有理在許多繁瑣事務上的協助，215 就像汪洋中的燈塔般射出明亮的燈光，讓我在忙亂中能有所依附。感謝研究室的專屬諮詢商師芳儀、對面鄰居兼搞笑大師艾妘、超神速改考卷高手蕭宇、充滿戲劇性的演技派女優德瑄、超厚論文撰寫高手宇君、科科笑界翹楚羿介、研究室妙廚師瑜鴻、西螺型男晨宏、哲學派諮詢商師莉婷、搞笑派專業攝影師朝陽、人體活動翻譯機柳如，因為有你們的陪伴讓苦悶的日子添增許多甘甜的滋味。感謝文己大師兄、莉郁大師姊、勝昌學長、妤貞統計大師、梓楠學長、歡鵠學姊在統計方法上面的指教，讓我能從統計學的迷霧中找到方向。感謝米珊勇者、汝紋俠女、筱嵐居士在論文口試時，幫忙削水果、準備點心、拼命爆走買便當。最後，還要感謝所辦的嘉凌姊、佩萱姊、雅怡姊在公務上的協助，讓我能如期完成論文口試。

願將完成這本論文的喜悅與感動，分享給這兩年來一直陪伴著我的家人、師長與朋友們。因為有你們的參與，讓我的碩士生涯更加精彩，希望未來的博士生涯中，也能有你們的陪伴與關懷。在誌謝的最後，特別要感謝娜美這兩年來對海賊王的體諒，因為有娜美在背後的支持，讓海賊王能乘著千陽號往偉大航道勇敢邁進。

明樺 謹誌

九八仲夏 於 竹塹城

目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	iii
誌 謝	.....	v
目 錄	.....	vii
表 目 錄	.....	ix
圖 目 錄	.....	xi
第一章 緒論	.....	1
第一節 研究背景與動機	.....	1
第二節 研究目的	.....	2
第三節 研究問題	.....	4
第四節 名詞釋義	.....	5
第五節 研究範圍與限制	.....	7
第二章 文獻探討	.....	9
第一節 類比的相關研究	.....	9
第二節 類比教學與科學概念學習	.....	13
第三節 科學推理與類比推理	.....	15
第四節 建構視覺成像概念的困難	.....	19
第五節 網路科學學習	.....	21
第三章 研究方法	.....	23
第一節 研究對象	.....	23
第二節 研究設計	.....	26
第三節 研究流程	.....	28
第四節 研究工具	.....	30
第五節 教學設計	.....	40
第六節 資料蒐集與分析	.....	46
第四章 研究結果與討論	.....	49
第一節 網路類比學習概念建構教學分析	.....	49
第二節 視覺成像概念訪談分析	.....	59
第三節 網路課程類比學習歷程分析	.....	86
第五章 結論與建議	.....	93
第一節 結論	.....	93
第二節 建議	.....	99
參考文獻	.....	103

附錄	.....
附錄一	視覺成像概念建構測驗.....	109
附錄二	視覺成像概念主題相依類比推理測驗.....	119
附錄三	科學推理測驗.....	127
附錄四	視覺成像概念訪談問題.....	135
附錄五	教學活動設計.....	139

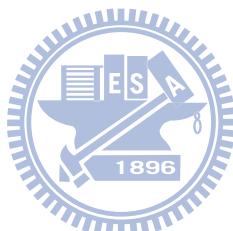


表 目 錄

表 2-1-1	類比的種類.....	13
表 3-1-1	教學模式與人數整理表.....	23
表 3-1-2	純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生各項成績描述性統計表.....	24
表 3-1-3	純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生自然與生活科技學業成績差異檢定摘要表.....	24
表 3-1-4	純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生視覺成像概念建構前測成績差異檢定摘要表.....	25
表 3-1-5	純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生主題相依類比推理前測成績差異檢定摘要表.....	25
表 3-1-6	純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生科學推理前測成績差異檢定摘要表.....	25
表 3-4-1	視覺成像概念建構測驗內容細目表.....	32
表 3-5-1	純粹比對類比架構的類比學習教材.....	41
表 3-5-2	傳達屬性類比架構的類比學習教材.....	42
表 4-1-1	「不同教學模式」對視覺成像概念建構測驗之敘述性統計.....	50
表 4-1-2	教學模式對視覺成像概念建構測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析.....	51
表 4-1-3	教學模式分組對視覺成像概念建構測驗之主要效果摘要表.....	51
表 4-1-4	「不同教學模式」對視覺成像概念主題相依類比推理測驗之敘述性統計.....	52
表 4-1-5	教學模式對視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析.....	53
表 4-1-6	教學模式分組對視覺成像概念主題相依類比推理測驗之主要效果摘要表.....	53
表 4-1-7	「不同教學模式」對科學推理測驗之敘述性統計.....	54
表 4-1-8	教學模式對科學推理測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析.....	55
表 4-1-9	學推理測驗、視覺成像概念建構測驗與視覺成像概念主相依類比推理測驗之前測、後測、追蹤測間的相關係數表.....	56
表 4-1-10	視覺成像概念建構後測與追蹤測的逐步迴歸摘要表.....	58
表 4-2-1	不同教學模式視覺成像正確概念分數之敘述性統計分析.....	60
表 4-2-2	視覺成像訪談問題一科學概念次數與百分比率之敘述性統計.....	61
表 4-2-3	視覺成像訪談問題二科學概念次數與百分比率之敘述性統計.....	62
表 4-2-4	視覺成像訪談問題三科學概念次數與百分比率之敘述性統計.....	63

表 4-2-5	視覺成像訪談問題四科學概念次數與百分比率之敘述性統計	65
表 4-2-6	視覺成像訪談問題五科學概念次數與百分比率之敘述性統計	66
表 4-2-7	視覺成像訪談問題六科學概念次數與百分比率之敘述性統計	67
表 4-2-8	視覺成像訪談問題七科學概念次數與百分比率之敘述性統計	69
表 4-2-9	視覺成像訪談問題八科學概念次數與百分比率之敘述性統計	70
表 4-2-10	不同教學模式下視覺成像正確概念分數之重複量數分析.....	74
表 4-2-11	不同教學模式視覺成像科學推理層級之敘述性統計分析.....	76
表 4-2-12	不同教學模式下視覺成像概念一之科學推理層級之重複量數分析.....	78
表 4-2-13	不同教學模式下視覺成像概念二之科學推理層級之重複量數分析.....	79
表 4-2-14	不同教學模式下視覺成像概念三之科學推理層級之重複量數分析.....	80
表 4-2-15	不同教學模式下視覺成像概念四之科學推理層級之重複量數分析.....	81
表 4-2-16	不同教學模式視覺成像類比推理層級之敘述性統計分析.....	83
表 4-2-17	不同教學模式下眼睛類比概念之類比推理層級之重複量數分析.....	84
表 4-3-1	不同教學模式視覺成像概念網路類比學習歷程正確概念分數之敘述性統計分析.....	87
表 4-3-2	不同教學模式視覺成像概念網路類比學習歷程之類比學習步驟之敘述性統計分析.....	88
表 4-3-3	不同教學模式下網路課程類比學習歷程之類比學習步驟重複量數分析..	91



圖 目 錄

圖 2-1-1	類比物與標的物之間的關係.....	10
圖 3-2-1	研究架構圖.....	26
圖 3-2-2	研究核心架構圖.....	27
圖 3-3-1	研究流程圖.....	29
圖 3-4-1	學習網站登入首頁畫面.....	31
圖 3-5-1	塑膠球與眼睛的共同性類比概念對照圖.....	43
圖 3-5-2	塑膠球與眼睛近視與老花的類比概念對照圖.....	44
圖 3-5-3	相機與眼睛的共同性類比概念對照圖.....	44
圖 3-5-4	相機與眼睛近視與老花的類比概念對照圖.....	44
圖 3-5-5	塑膠球與眼睛的相異性類比概念對照圖.....	45
圖 3-5-6	相機與眼睛的相異性類比概念對照圖.....	45
圖 4-2-1	視覺成像訪談問題一科學概念次數分配.....	61
圖 4-2-2	視覺成像訪談問題二科學概念次數分配.....	62
圖 4-2-3	視覺成像訪談問題三科學概念次數分配.....	64
圖 4-2-4	視覺成像訪談問題四科學概念次數分配.....	65
圖 4-2-5	視覺成像訪談問題五科學概念次數分配.....	66
圖 4-2-6	視覺成像訪談問題六科學概念次數分配.....	68
圖 4-2-7	視覺成像訪談問題七科學概念次數分配.....	69
圖 4-2-8	視覺成像訪談問題八科學概念次數分配.....	73
圖 4-3-1	視覺成像概念網路課程類比學習歷程之類比學習步驟.....	88

第一章 緒論

本章共分為五節，其內容的目的在說明本研究計畫之研究背景與動機、研究目的、研究問題、名詞釋義、研究範圍與限制。

第一節 研究背景與動機

類比已長久被人們使用，來當作與他人溝通的工具 (Dagher, 1998)。然而，類比除了溝通上的功能之外，同時也可用來促進學習。類比的運用對於普遍的教學與推理而言，是一種很有效的技巧 (Gentner, 1988)。因此，類比教學在現今的科學教學中，是經常被科學教師所使用的教學策略之一。在使用類比時，我們必須要了解整個類比描述的過程，就一個好的類比的使用而言，應該是以學生所熟悉的事物為根據 (王美芬與熊召弟，1995)，使學生能夠藉由類比來提升科學概念學習的成效。

在眾多科教學者的研究之下，已經發展出許多不同的類比教學模式，例如：一般類比模式 (Zeitoun, 1984)、類比模式的教學 (Glynn, Britton, Semrud-Clikeman, & Muth, 1989)、銜接類比模式 (Brown & Clement, 1989)、多元類比模式 (Spiro, Feltovich, Coulson, & Anderson, 1989)、學生產生類比模式 (Wong, 1993a, 1993b)、故事性類比模式 (Dagher, 1995)、以實例為基礎的推論模式 (Kolodner, 1997)，皆可用以協助學生學習科學概念。這些類比教學模式主張，學習的過程是學生主動建構科學知識的歷程 (Dagher, 1998)。

類比學習的歷程，大致可以分為下列五個步驟：(1)存取已知的類比物概念；(2)將類比物與標的物進行比對；(3)評估類比物與標的物的吻合度；(4)儲存類比物與標的物比對的推理結果；(5)找出類比物與標的物的共同性 (Clement, 1981；Gentner, 1988；Gentner, 1989)。無論使用的是哪一種類比教學模式，能否確實的執行與掌握上述的類比學習歷程的步驟，對於學生的學習效果似乎是具有相當程度的影響。其中在類比學習時，學生必須進行類比推理，由已存有的基礎知識去推論欲學習的新標的知識之間的關係，並且將兩者之間的相似概念做連結 (Driver & Bell, 1986)。依據 May, Hammer, & Roy (2006) 的研究指出，在小學的科學教學中，科學教師應該注重學生類比推理能力的培

養，以促進學生科學學習的成效。

Gentner (1988,1989) 將類比架構區分為「純粹比對類比(pure matching)」與「傳達屬性類比(carry over)」，並認為純粹比類比對著重在如何去解釋已知概念之間的一些關係以促進學習，而不在於新知識的傳遞；另外，傳達屬性類比則著重在如何把已知的基礎(Base)系統屬性加入到標的(Target)系統中，以得到一些新的看法與想法的發展，並從中產生新的概念知識。Gentner (1988,1989) 認為類比物與標的物之間的相似性包含「表面的相似性(Surface similarity)」與「結構的相似性(Structure similarity)」兩種，並進一步指出類比物與標的物兩系統之間的相似性(Similarity)，是影響類比推理是否可以遷移的重要因素。然而，Vosniadou (1989) 對於相似性則提出不同的看法，認為類比的相似性可分為「表面的相似性(Surface similarity)」與「較深的相似性(Deep similarity)」兩種，並強調只要類比物與標的物兩系統之間具有顯著性(Salient)的相似特質，而研究者認為無論此特性是表面的特質或結構的關係，只要是顯著的皆能有效的促進學習。因此，在設計兩種類比課程時，都著重突顯其顯著性。

純粹比對類比與傳達屬性類比這兩種架構的類比，在科學教學上的運用各具有其優勢，但對於科學概念建構的成效上，究竟是哪一種類比架構的效果會比較好呢？另外，依據研究顯示類比的相似性與顯著性，對於類比推理能否有效的遷移，可能都是重要的影響因素。因此本研究的動機在於，依據純粹比對類比與傳達屬性類比的理論架構，針對同樣的科學概念來設計類比教學課程。以深入探討不同類比架構的教學課程，對學生在科學概念建構成效、類比學習歷程與類比推理能力的影響。

第二節 研究目的

類比的架構可以區分為兩個極端，分別為純粹比對類比與傳達屬性類比 (Gentner, 1988, 1989)，其中純粹比對類比的架構是指就學習者而言，對於類比物(Analogy)的系統有基礎的瞭解，而對於標的物(Target)的系統有些微的瞭解，重點在於將兩者之間相同的屬性結構進行配對，並對標的物建立較完整的理解；而傳達屬性類比的架構是指對

學習者而言，在類比物的系統有些微的瞭解，但是對於標的物的系統只有些微或甚至沒有概念，重點在於藉由用類比將類比物與標的物之間的相關性比對的歷程，並可從中對於類比物產生新的理解，進而將此新的特質也轉入標的物 (Gentner, 1989)。本研究主要是想了解兩種不同的類比架構，在國小學生的類比學習歷程與類比推理上的差異。因此，本實驗採用國小五年級上學期自然與生活科技第三單元(戴眼鏡為什麼可以矯正)，針對視覺成像的概念設計純粹比對類比與傳達屬性類比兩種不同架構的類比教學課程。課程內容則採取網路互動式學習教材設計的理念，希望能藉由網路與電腦資訊的特點，結合文字、圖表、圖片、動畫與影片等各種多媒體的元素，來呈現課程教學內容。以更為生動活潑的方式來引領學生的學習，取代原本枯燥、僵化的教學模式，同時也藉此吸引學生的學習興趣與注意力 (謝明錦與耿筱曾，2003)。網路互動式學習課程，有助於促進學生科學概念的建構、概念改變與科學推理能力的提升 (She & Liao, in press；She & Lee, 2008)。

視覺成像的概念對於國小學生的學習而言，一直是個不易理解但又極為重要的概念。在許多光學另有概念的研究中顯示，大多數學生對於視覺成像這個概念的學習，仍然覺得是相當的困難概念 (Feher & Rice, 1988；Fetherstonhaugh, 1990；Monk, 1991；Osborne & Black, 1993；Rice & Feher, 1987；Saxena, 1991；Selley, 1996a, 1996b；王盈琪與王美芬，2006；王晉基與郭重吉，1992；唐明，2001；張靜儀與李采襄，2004)。主要的原因在於視覺成像的概念，對於國小學生來說是屬於抽象而難以建構的概念。故在教學的過程中，需要藉由類比的使用，以促進學生對於抽象概念的理解，並進一步推理與建構出正確的概念。

因此本研究分別針對兩種不同的類比架構純粹比對類比與傳達屬性類比的理論，結合多媒體與網路化學習環境，設計出視覺成像概念的網路類比學習課程，期望能藉此課程以協助學生視覺成像概念的建構，並提升視覺成像概念的學習成效。本研究的主要目的如下：

一、瞭解不同教學模式（純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式），對學生視覺成像概念建構的影響。

二、瞭解不同教學模式（純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式），對學生類比推理能力的影響。

三、瞭解不同教學模式（純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式），對學生科學推理能力的影響。

四、利用純粹比對類比與傳達屬性類比兩種類比架構和類比推理的理論，建構與發展兩種視覺成像概念的網路類比學習課程。

第三節 研究問題

本研究的主旨旨在於探討將不同的類比架構，運用於網路類比學習時，其促進國小學生視覺成像概念的學習情形，並進一步探討學生的概念建構成效、類比推理能力、科學推理能力，以及類比學習歷程之間的關係。依據上述的研究背景與動機和研究目的，本研究有下列之研究問題：



一、不同教學模式(純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式)，對學生視覺成像概念建構的成效有何差異？

1-1 不同教學模式對學生視覺成像概念建構的成效(後測、追蹤測)達顯著差異。

二、不同教學模式(純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式)，對學生的類比推理能力有何差異？

2-1 不同教學模式對學生的類比推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異。

三、不同教學模式(純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式)，對學生的科學推理能力有何差異？

3-1 不同教學模式對學生的科學推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異。

四、經由三次訪談(教學前、後、追蹤)的內容來分析，學生在兩種不同教學模式(純粹比對類比教學模式與傳達屬性類比教學模式)前、後，其視覺成像正確概念分數、科學推理層級(N、G、EL、J)與類比推理層級(N、SAS、SAD、SRS、SRD)的情形為何？

4-1 不同教學模式的類比教學對學生視覺成像正確概念分數(教學後訪談、追蹤訪談)的影響。

4-2 不同教學模式的類比教學對學生運用科學推理層級(教學後訪談、追蹤訪談)的影響。

4-3 不同教學模式的類比教學對學生運用類比推理層級(教學後訪談、追蹤訪談)的影響。

五、兩種不同教學模式(純粹比對類比教學模式與傳達屬性類比教學模式)在網路課程類比學習歷程中，其視覺成像概念建構與類比學習歷程的情形為何？

5-1 不同教學模式的類比教學對學生在網路課程類比學習歷程中，其視覺成像概念建構的影響。

5-2 不同教學模式的類比教學對學生在網路課程類比學習歷程的影響。



第四節 名詞釋義

1. 視覺成像概念：

依據九十七學年度，南一版自然與生活科技五年級上學期的教材中，第三單元(戴眼鏡為什麼可以矯正)所敘述的相關教學內容，包括「光與透鏡」、「眼睛」與「眼鏡」等。

2. 類比學習歷程：

主要可以分為五個步驟：(1)存取已知的類比物概念；(2)將類比物與標的物進行比對；(3)評估類比物與標的物的吻合度；(4)儲存類比物與標的物比對的結果；(5)找出類比物與標的物的共同性(Clement, 1981; Gentner, 1988; Gentner, 1989)。

3.純粹比對類比：

對學習者而言，對於類比物的系統有基礎的瞭解，而對於標的(Target)的系統有些微的瞭解，重點在於將兩者之間相同的屬性結構進行配對，並對標的物建立較完整的理解，以促進概念的學習 (Gentner, 1989)。

4.傳達屬性類比：

對學習者而言，對於類比物的系統有些微的瞭解，但是對於標的物的系統只有些微或甚至沒有概念，重點在於藉由用類比將類比物與標的物之間的相關性比對的歷程，並可從中對於類比物產生新的理解，進而將此新的特質也轉入標的物系統，以學習新的概念知識 (Gentner, 1989)。

5.類比學習課程：

建製於「科學概念的建構與重建數位學習研究(Research of Scientific Concept Construction & Reconstruction Digital Learning)」的網站上，其教材內容乃依據國小五年級上學期南一版自然與生活科技第三單元為主，分別設計符合「純粹比對類比」與「傳達屬性類比」兩種架構的眼睛成像類比學習課程。

6.科學推理(Scientific reasoning)：

建構科學知識的過程之中，運用觀察、分類、操弄具體實物、假設等控制變因與推測的思考判斷的過程 (Lawson, 2002)。

7.科學推理層級：

修改自 Hogan, Nastasi, & Pressley(2000)對科學推理層級的定義，將科學推理區分成四個層級，分別為不相關(None, N)：學生的回答中完全不包含任何與問題相關的論述；概述(Generativity, G)：學生對自然現象做直觀的描述或以質樸概念來回答；精緻化(Elaboration, EL)：學生能以正確科學術語辭彙或科學方法，如運用測量、估計、數字關係等，對問題相關的現象進行說明；辯證(Justification, J)：在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來說明現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係演繹推論來解釋現象。

8.類比推理(Analogical reasoning)：

從一個已知的來源(Source)到一個未知的標的系統(Target system)之結構訊息的判定(Identification)與轉移(Transfer)的過程。此種知識的轉移需經由配對(Mapping)或比對(Matching)的過程，去找出兩個系統之間的相關性 (Vosniadou, 1989)。

9.類比推理層級：

參考 Gentner(1989)與 Vosniadou(1989)對類比學習機制的定義，將類比推理區分成五個層級，分別為不相關(None, N)：學生的回答中完全不包含任何與問題相關的論述；表面屬性相似(Surface attributes similarity, SAS)：學生能依據類比物與標的物在表面的性質或特質上的相似處，對問題的相關現象進行說明；表面屬性相異(Surface attributes dissimilarity, SAD)：學生能依據類比物與標的物在表面的性質或特質上的相異處，來說明類比限制的現象；結構關係相似(Structure relations similarity, SRS)：學生能依據類比物與標的物之間相關結構的相似處，去推論與解釋待解答的現象；結構關係相異(Structure relations dissimilarity, SRD)：學生能依據類比物與標的物之間相關結構的相異處，來解釋類比限制的現象。

第五節 研究範圍與限制

本研究的研究對象為新竹市某國小五年級的學生，採用便利取樣的方式，以其中四個班級為實驗組(兩班進行純粹比對類比架構的課程學習；而另兩班進行傳達屬性類比架構的課程學習)與另外兩班為對照組，所以不具有全國小學五年級學生的代表性，且教材採用的範圍是以九十七學年度南一版自然與生活科技的教材內容為主。有鑑於研究地區與研究樣本之限制，本研究結果若欲推論到其他群體或教材領域時，需審慎衡量其適切度。



第二章 文獻探討

本章共分為五節，其主要內容乃針對類比的相關研究、類比教學與科學概念學習、科學推理與類比推理、建構視覺成像概念的困難，以及網路科學學習的相關研究，進行文獻的分析與探討。

第一節 類比的相關研究

一、類比

在我們日常生活中，即經常使用類比來當作與他人溝通的方式 (Dagher, 1998)，以增進彼此對所欲談論的事物的了解。類比就像是一個過程，一個用來連結與確認兩個不同概念之間，其相似之處的過程 (Glynn, 1991)。在學校的教學過程中，教師也經常運用類比來當作教學工具，以促進學生學習的效果。利用類比來簡化某些較困難的概念，把某些較為熟悉的事物與較不熟悉、較抽象的事物相互比較，使較不熟悉、較抽象的概念，得以具體化 (Dagher, 1998)。從許多研究中發現，類比的應用在科學的發展與演進上，扮演著極為重要的角色，並且無時無刻都存在於我們的腦海之中 (王美芬與熊召弟，1995)。Duit, Roth, Komorek, & Wilbers (2001)指出使用一個已知的科學概念或事物當作類比物 (Analogy)，來類比一個未知的科學概念或事物，以增進學習者的理解，而將此未知的概念或事物當作標的物 (Target) (見圖 2-1-1)。如果類比物與標的物之間的性質，存在著相同處或相似處時，則兩者之間即可被用來進行類比的連接 (Glynn, 1991)。反觀，若類比物與標的物之間，具有一些不相似的性質或關係時，則很有可能會造成類比的預測與結論產生錯誤 (Dagher, 1998)。因此，教師在使用類比進行教學時，必須謹慎小心的選擇類比物，以避免類比教學可能造成的錯誤概念。Pittman (1999) 指出在類比的使用上常造成失敗的兩個因素：(1) 學生對於類比沒有徹底的了解；(2) 學生無法正確描述類比物的意思。因此，一個好的類比的使用，主要是以學生所熟悉的事物為依據 (王美芬與熊召弟，1995)。因此，教師應當對學生的先備知識有所了解，在選擇所欲使用的類比物時，才能適切的選用，以幫助學生的學習。



二、類比教學模式

在科學教育上，類比是經常被使用的教學技巧之一。在眾多科教學者的研究之下，已經發展出許多種類比教學的模式，以協助學生的學習 (Dagher, 1998)。被應用在科學學科教學中的類比教學模式，大致可分為七種教學模式，分述如下：

1. 一般類比教學模式(The general model of analogy teaching, GMAT)是 Zeitoun (1984) 根據 Rumelhart 和 Norman 的理論所提出，其主要的教學步驟為：(1)測量學生的特質、(2)評估與學習內容相關的先備知識、(3)分析欲學習的教材、(4)判斷類比的適切性、(5)決定類比的特性、(6)選擇教學策略與媒介、(7)將類比物呈現給學生、(8)評估類比的效果、(9)修訂教學模式的步驟。此教學模式包含了許多教學上所需注意的要點，但也由於其教學步驟較多，導致在施行上顯得比較麻煩，因而易於忽略理論的嚴謹性。

2. 類比模式的教學 (Teaching with analogies model, TWA) 是 Glynn, Britton, Semrud-Clikeman, & Muth (1989) 以建構主義為基礎所提出的教學模式，其主要的教學步驟為：(1)介紹欲學習的科學概念、(2)回憶類比的概念、(3)找出概念間的相似特質、(4)比對概念間的相似特質、(5)形成概念的結論、(6)指出類比物與標的物的相異處。此教學模式比一般教學模式簡略許多，因此在施行上較為便利，並能有效減少另有概念的產生，以及促進學生科學概念的學習 (Metsala & Glynn, 1996)。

3. 銜接類比模式(Bridging analogies model)是由 Brown & Clement (1989) (1)呈現定錨類比(Anchor analogy)、(2)呈現標的物並與定錨類比物進行比較、(3)提供類比橋以拉近定錨類比物與標的物的距離、(4)提供可以解釋類比機制的模型。經由定錨概念

(anchoring conception)的使用，讓學生看到類比物與標的物之間的相關性，促使學生連接類比物與標的物，並認為合理，進而願意接受它。

4.多元類比模式(Multiple analogies model)是由 Spiro, Feltovich, Coulson, & Anderson (1989) 所提出的教學模式，其主要的教學步驟為：(1)漸進式的提供學生相關概念的類比；(2)每個類比都依附在前一個類比之上；(3)在學習的過程中，對前一個類比概念不斷進行修飾。此教學模式可減少將複雜概念過於簡單化的疑慮，並有效減少偏見(Reductive bias)的產生。

5.學生產生類比模式(Student-generated analogies model)是由 Zeitoun (1984) 所提出的教學模式，其主要的教學步驟為：(1)解釋科學現象、(2)建立自己的類比、(3)找出類比的相似與相異處、(4)討論類比的適切程度 (Wong, 1993a, 1993b)。經由學生憑其直覺主動建構出的類比，學生對於此類比會較具有擁有權，而教師所扮演的角色為知識的提供者，協助學生進行討論。

6.故事性類比模式(Narrative analogies model)於 Dagher (1995) 所提出的教學模式，其主要的教學步驟為：(1)找出主題的重要性、(2)提出二元的相反物、(3)內容以故事的形式組織化、(4)形成概念的結論、(5)評量學習的效果。隱含在故事中的科學邏輯論述，能夠較為容易被學生所理解，以提升科學概念的學習。

7.以實例為基礎的推論模式(Case-base reasoning model)於 Kolodner (1997) 所提出的教學模式，其主要的教學步驟為：(1)依據個人經驗設計類比推論、(2)找出欲瞭解的議題、(3)檢視概念的形成、(4)評估自己形成方法的效果。此推論模式主要是由學生依據自己或他人的經歷，所設計出來的方法，對於解決問題會有較佳的成效。

綜觀各式不同的類比教學模式，在類比教學學習的歷程上，大致可歸納出下列五個主要步驟：(1)存取已知的類比物概念；(2)將類比物與標的物進行比對；(3)評估類比物與標的物的吻合度；(4)儲存類比物與標的物比對的推理結果；(5)找出類比物與標的物的共同性 (Clement, 1981；Gentner, 1988；Gentner, 1989)。教師若能了解學生的學習方式，將有助於在教學時類比使用的效果，進而與其他教學方式進行整合，以提升學生學習科學的動機，並增強學習時的興趣與投入度 (Dagher, 1998)。

三、類比的學習機制

在類比的架構方面，依據 Gentner (1988, 1989) 指出主要可以區分為兩個極端，純粹比對類比與傳達屬性類比，其中純粹比對類比的架構是指就學習者而言，對於類比物 (Analogy) 的系統有基礎的瞭解，而對於標的物的系統有些微的瞭解，重點在於將兩者之間相同的屬性結構進行配對，並對標的物建立較完整的理解，以促進概念的學習 (Gentner, 1989)；另外，傳達屬性類比的架構是指對學習者而言，在類比物的系統有些微的瞭解，但是對於標的物的系統只有些微或甚至沒有概念，重點在於藉由用類比將類比物與標的物之間的相關性比對的歷程，並可從中對於類比物產生新的理解，進而將此新的特質也轉入標的物，以學習新的概念知識 (Gentner, 1989)。

在類比的相似性方面，Gentner (1988, 1989) 針對類比物與標的物之間，表面的屬性 (Attributes) 與內部的結構關係 (Relations) 的相似程度，區分出五種不同的類比種類，如表 2-1-1 所示。Gentner (1989) 認為相似性是影響類比學習可否遷移的重要因素，並將類比的相似性分為「表面的相似性」，即依據類比物與標的物在表面的性質或特質上的相似，把類比物的性質轉移到標的物；「結構的相似性」，即依據類比物與標的物之間相關結構的相似性，從類比物去推論與瞭解欲學習的標的物。然而，Vosniadou (1989) 對於相似性則提出不同的看法，將類比的相似性區分為「表面的相似性」與「較深的相似性」，並認為只要類比物與標的物兩系統之間具有顯著性的相似特性，無論此特性是表面特質或相關結構皆能有效的促進學習。

純粹比對類比與傳達屬性類比這兩種架構的類比，在科學教學上的運用各具有其優勢，但對於科學概念建構的成效上，究竟是哪一種類比架構的效果會比較好呢？是個值得深入探討的議題。另外，依據研究顯示類比物與標的物之間的相似性與顯著性，對於類比推理能否有效的遷移，可能都是重要的影響因素。因此，類比的相似性與顯著性，對學生類比學習所可能造成的影響，也是我們在設計類比教材時，所應該深入思考的重點。有鑑於此，本研究將朝著類比的架構、相似性與顯著性的方向去設計，依據純粹比對與傳達屬性的理論架構為主軸，針對同樣的科學概念來設計類比教學課程。以深入探討不同類比架構的教學課程，對學生在科學概念建構成效、類比推理能力、科學推理能

力與類比學習歷程的影響。

表 2-1-1 類比的種類(引自 Gentner,1989)

種類	表面的屬性(Attributes)	結構關係(Relations)
文字的相似性(Literal similarity)	多	多
類比(Analogy)	少	多
抽象的概念(Abstraction)	少	多
異常的相似(Abnormal)	少	少
純粹外觀相似(Mere-appearance)	多	少

第二節 類比教學與科學概念學習

一、類比教學的相關研究



Sarantopoulos & Tsaparlis (2004) 使用類比模式的教學(Teaching with analogies model, TWA)進行高中化學概念的教學，在其研究結果發現：(1)類比對於低認知發展的學生是較有效的、(2)學生對於此教學策略有贊同的傾向、(3)類比模式的教學，對於化學概念的教學是適當與有效的。

Brown & Clement (1989) 利用銜接類比模式(Bridging analogies model)，以彈簧為媒介進行物理作用力與反作用力的教學研究，其研究結果顯示：(1)使用銜接類比能使學生看到類比物與標的物的相關性、(2)互動式的教學環境，可以促進學生對於類比物與標的物的連結、(3)協助學生以不同的方式去理解標的物，並願意接受它。Bryce & MacMillan (2005) 也同樣運用銜接類比教學模式，進行中學物理作用力與反作用力的教學研究，研究發現：(1)銜接類比對於增進學生的科學概念理解是有效的、(2)學生可以理解類比物與標的物之間的概念，並使用這些概念去產生與修改他們自己的理論、(3)銜接類比對於概念改變的效果是優於講述式教學的、(4)提供學生後設認知技巧的發展。

Spiro 等人 (1989) 以多元類比模式(Multiple analogies model)設計五個類比與圖形，

來解釋肌肉纖維的功能。其研究結果顯示，此模式可以成功克服另有概念，並協助學生科學概念基模的建構。而 Chiu & Lin (2005) 也採用多元類比教學模式，來進行小學物理電學概念的教學，研究發現：使用多元類比可促進複雜的科學概念的理解，以及所提供的類比概念可以幫助學生克服他們原本的另有概念。

Wong (1993a, 1993b) 運用學生產生類比模式(Student-generated analogies model)，來進行大氣壓力與活塞移動現象的教學研究，他發現到：(1)學生是主動參與學習，並對所產生的概念具有擁有權、(2)較不會與學生的直覺相違背、(3)可促進學生科學學習的成果。Pittman (1999) 也使用學生產生類比模式，來進行中學生物蛋白質合成概念的教學，他則是發現到：(1)學生較喜歡使用類比來學習科學勝於傳統的學習方法、(2)學生產生的類比是很有意義的，而且學生會依據他們的興趣選擇主題、(3)學生的生活環境與經驗，會影響他們所選擇的類比主題。

另外，Nashon (2004) 提出了工作類比教學模式(Working with analogies, WWA)，來進行高中物理電學與機械單元的教學。工作類比教學模式是參考了 Zeitoun 的一般類比教學模式與 Glynn 的類比模式教學所發展出來的，其研究結果顯示：(1)學生各自描述的類比，多源自於學生的生活(學校)環境、(2)教師提供的類比教學，有助於學生對抽象概念的理解。Baker & Lawson (2001) 利用複合教學類比模式(Complex Instructional Analogies)，以大學生物基因遺傳的單元來進行類比教學，研究結果為：(1)使用複合教學類比可以促進理論概念的獲得、(2)大部分的學生相信，類比教學的課程對他們是有益的、(3)類比對於釐清較困難的概念是有幫助的。

二、類比教學的益處與限制

經由許多科教學者的研究中證實，類比教學的應用，對於促進科學概念的教學是有很多益處的。根據研究結果的探討，可以歸納出類比在科學教學時，常會產生的一些普遍性的特點：(1)類比教學模式，對於促進科學概念的學習與理解皆有其效益 (Baker & Lawson, 2001；Brown & Clement, 1989；Bryce & MacMillan, 2005；Chiu & Lin, 2005；Nashon, 2004；Sarantopoulos & Tsaparlis, 2004；Spiro 等人, 1989；Wong, 1993a, 1993b)；

(2) 學生進行類比學習時，受其生活(教學)環境與興趣的影響(Brown & Clement, 1989；Nashon, 2004；Pittman, 1999；Wong, 1993a, 1993b)；(3) 學生普遍認為類比教學模式優於傳統的講述式教學(Baker & Lawson, 2001；Bryce & MacMillan, 2005；Pittman, 1999；Sarantopoulos & Tsaparlis, 2004)；(4) 類比教學模式的使用，可以促進困難與抽象概念的學習與理解(Baker & Lawson, 2001；Chiu & Lin, 2005；Nashon, 2004；Spiro 等人, 1989)。

在使用類比進行教學時，概括來說就是由一個類比物系統與另一個標的物系統之間，來進行概念的比對與連結。從兩個系統之間所具有的關聯性，提供學習者一個有效的學習途徑，來達到科學教學的學習成果。然而，在類比的過程中，也存在著一些連結上的限制，因而常造成學習者在無意識中產生另有概念(Glynn, 1991)。為避免另有概念的產生，教學者在使用類比進行教學時，對於類比物與標的物兩個系統間的類比限制，必須多加注意與說明。將類比物與標的物之間，無法類比的特質標示出來，讓學生能夠瞭解那些概念是不能類比的，以幫助學生建構正確的概念(Glynn, et al., 1989；Wong, 1993a, 1993b)。使用學生較易理解的類比物系統，並考量學生原本所具有的先備知識，來不斷的修飾與設計所欲教學的標的物科學概念，提供學習者自我修正的機制，以降低無意識中所造成的另有概念(Dagher, 1998)。相信只要能掌握類比教學的各項特點，將能提升類比在科學教學上應用的效果，並且增進學生對於科學概念的建構與學習。

第三節 科學推理與類比推理

一、科學推理

在科學教育的研究中，除了瞭解學生是如何建構知識之外，對於學生科學思考能力的探究，也是近年來科學教育的重要任務之一。整體而言，推理(Reasoning)是指經由觀察的現象，來推論出其原因與結果；而科學推理(Scientific reasoning)意指運用科學方法(包括：觀察、分類、操弄具體實物、控制變因、假設與推理等)，來建構出科學知識的過程。就科學推理的種類又可區分為：「歸納推理(Inductive reasoning)」與「演繹推理

(Deductive reasoning)」，而在科學教育的領域中所指的推理，大部分都是演繹推理 (Voussiadou, 1989)。

在測量學生推理能力的研究中，大多採用了 Lawson (1978, 1987, 2002)所編製的科學推理測驗(Classroom Test of Scientific Reasoning)，此測驗卷共有十二題二階層的選擇題，題目所欲測驗的科學概念依序為：重量守恆(Conservation of weight)、體積守恆(Conservation of displaced volume)、比例思考(Proportional thinking)、進階比例思考(Advance proportional thinking)、定義與控制變因(Identification and control of variables)、可能性思考(Advance probabilistic thinking)、相關性思考(Correlation thinking)、假設演繹思考(Hypothetic-deductive thinking)，給分方式為每一題的兩個階層都必須答對才給予一分，只答對其中一階層則不記分。

Lawson(2002)的研究中將學生的科學推理能力分成四個層次，Level 3-描述性層次 (Descriptive level)，測驗得分為 0-3 分，與皮亞傑的具體操作期相似，只能使用描述性 (Descriptive)的概念；介於 Level 3 與 Level 4 之間-轉變層次(Transitional level)，測驗得分為 4-6 分；Level 4-進階層次(Advanced level)，測驗得分為 7-10 分，與皮亞傑的形式運思期相似，可使用描述性和假設性(Hypothetical)的概念，但只能以具體可見的物體進行假設；Level 5-更進階層次(More advanced level)，測驗得分為 11-12 分，可使用一些理論的概念進行假設，所以此階段的學生具備描述性、假設性和理論性(Theoretical)的概念。

Hogan, Nastasi, & Pressley(2000)從社會建構論來探討學生的科學概念建構歷程，在其研究中針對 12 位八年級的學生進行訪談，並將其回答的內容依據科學推理，區分為六個層級：(1)概述(Generativity, G)：學生以直接觀察的結果或質樸概念，來說明待解答的現象；(2)精緻化(Elaboration, EL)：學生以正確科學術語辭彙或科學方法，如運用測量、估計、數字關係等，來敘述待解答的現象；(3)辯證(Justification, J)：可分為「證據取向」與「推論取向」兩種，學生以證據與推論，來判斷與回答待解答的現象；(4)解釋(Explanation, EX)：學生以科學作用機制，來說明待解答的現象；(5)邏輯演繹(Logical coherence, LC)：學生對現象的論述中包含了判斷與解釋，對其論述不嚴格要求概念正

確性，主要在判斷學生所做的判斷與解釋，是否按照原本的假設進行邏輯演繹而得；(6)綜合(Synthesis, S)：學生對現象的論述中包含了整合相反的觀點，以評斷學生是否具有高階思考能力。

Tytler & Peterson (2003) 指出多數的研究結果都低估了學生的推理能力，其認為多數的學生的能力都足以進行更高階的科學推理任務。因此 Tytler & Peterson (2003, 2004) 的研究提出了四個向度，用來探討國小學生的科學推理能力，並深入瞭解國小學生的科學推理能力發展的過程。四個向度分別為：(1)探究的本質(The nature of exploration)、(2)知識處理過程的深度(The depth of processing)、(3)處理競爭知識回應的能力(Responses to competing knowledge claims)、(4)操作變數(Handling variables)。在 Tytler & Peterson (2004) 的研究中，根據其所提出的科學推理能力的架構，針對孩童從事科學任務的訪談資料進行分類，結果發現學生具有不同層次的科學推理能力，並且在進行不同的科學任務時，所展現與使用的科學推理能力是不同的。研究結果更進一步的指出，國小學生的科學推理與其是否能從事較高層次的解釋能力之間，有著密切的相關性。She & Lee (2008) 其研究以雙重情境學習模式與科學推理為理論基礎，進行設計之網路互動式學習課程顯示，其有助於促進學生科學概念的建構、概念改變與科學推理能力的提升。

本研究在教學設計上針對兩種不同的類比架構純粹比對類比(pure matching)與傳達屬性類比(carry over)的理論為主軸，並結合多媒體與網路互動式學習環境，在開放式的質化研究中(教學前、後、追蹤測訪談)進行學生概念與科學推理過程的分析。在判斷學生的科學推理層級上，則修改 Hogan, Nastasi, & Pressley(2000)的科學推理層級，以對學生在回答訪談問題時所使用的科學推理層級，進行質化的分析。以下為科學推理的四個層級之詳細敘述：(1)不相關(None, N)：學生的回答中完全不包含任何與問題相關的論述；(2)概述(Generativity, G)：學生對自然現象做直觀的描述或以質樸概念來回答；(3)精緻化(Elaboration, EL)：學生能以正確科學術語辭彙或科學方法，如運用測量、估計、數字關係等，對問題相關的現象進行說明；(4)辯證(Justification, J)：在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來說明現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係演繹推論來解釋現象。

二、類比推理

類比推理是許多科學家在進行科學探索與研究時，最為關鍵性的啟發步驟，而且類比推理不僅可以引導學生進行學習，還可以結合邏輯的推理，來進行問題的解決(Nersessian, 1992)。Vosniadou(1989)認為類比推理就是，從一個已知的來源(Source)到一個未知的標的系統(Target system)之結構訊息的判定(Identification)與轉移(Transfer)的過程，而此種知識的轉移需經由配對(Mapping)或比對(Matching)的過程，去找出兩個系統之間的相關性。其又將類比推理區分為兩種，一種是「領域間的類比(Between-domain analogies)」，即類比物與標的物兩個系統的概念和理論是不同的，基本上是屬於不同或有很大差異的系統，但彼此之間卻又有一些相似且能共同解釋的部分，例如原子與太陽系兩者之間的概念和理論不同，但是兩者在系統的結構上卻是相似的；另一種是「領域內的類比(Within-domain analogies)」，意指兩系統之間彼此之間非常相似或非常接近的概念領域，例如可以利用塑膠杯來類比推理陶製茶杯，無論是外型、功能都極為相似。

在類比學習的過程中，學生必須進行類比推理，由已存有的基礎概念知識去推論欲學習的新標的知識之間的關係，並且將兩者之間的相似概念做連結(Driver & Bell, 1986)。如果學生能將過去熟悉的概念與新概念之間，予以正確的連結，則學生對於新概念將能做有意義的理解，因此類比推理是協助學生將過去保存的知識與新知識做統整的有效方法之一(Glynn, 1991)。依據 May, Hammer, & Roy (2006)的研究指出，國小學生是具備有類比推理能力的，並建議在小學的科學教學中，科學教師應該多注重學生類比推理能力的培養，以促進學生科學學習的成效。

當學生在學習新知識的同時，常會根據其所具有的先備知識與經驗，來當作學習新知識的基石。類比推理可以協助學生連結已存有的概念知識與新標的概念之間的關係，並且促使學生能在新概念與舊有的概念知識之間，進行反覆的思考與比對(May, Hammer, & Roy, 2006)。

而在判斷學生的類比推理層級上，則參考 Gentner(1989)與 Vosniadou(1989)對類比學習機制的定義，將類比推理區分成五個層級，以對學生在回答訪談問題時所使用的類比推理層級，進行質化的分析。以下為類比推理的五個層級之詳細敘述：(1)不相關(None,

N)：學生的回答中完全不包含任何與問題相關的論述；(2)表面屬性相似(Surface attributes similarity, SAS)：學生能依據類比物與標的物在表面的性質或特質上的相似處，對問題的相關現象進行說明；(3)表面屬性相異(Surface attributes dissimilarity, SAD)：學生能依據類比物與標的物在表面的性質或特質上的相異處，來說明類比限制的現象；(4)結構關係相似(Structure relations similarity, SRS)：學生能依據類比物與標的物之間相關結構的相似處，去推論與解釋待解答的現象；(5)結構關係相異(Structure relations dissimilarity, SRD)：學生能依據類比物與標的物之間相關結構的相異處，來解釋類比限制的現象。

然而，科學推理與類比推理同樣都是屬於推理能力的範疇，當學生在經過類比推理的教學之後，其科學推理能力是否也會有所提升呢？亦是本研究所欲探討的要點之一。

第四節 建構視覺成像概念的困難

一、視覺成像概念學習困難的因素

針對過去許多科學教育學者，對於光學概念的相關研究中顯示，「視覺成像」的概念一直是學生難以建構的科學知識 (Feher & Rice, 1988；Fetherstonhaugh, 1990；Monk, 1991；Osborne & Black, 1993；Rice & Feher, 1987；Saxena, 1991；Selley, 1996a, 1996b；王盈琪與王美芬, 2006；王晉基與郭重吉, 1992；唐明, 2001；張靜儀與李采襄, 2004)。主要的原因乃在於，視覺成像是屬於抽象的科學概念，導致學生無法將此概念具體化的思考，因此產生學習上的困難 (Selley, 1996a)。故需要藉由類比的使用，將抽象的概念以具體化的方式來呈現，以促進學生對於抽象概念的建構與理解 (Baker & Lawson, 2001；Nashon, 2004)。

除了概念本身的內在特質之外，會影響學生對於概念學習的困難，大致還包含了下列幾項外在因素：學生每天的生活經驗與所使用的語言、學生原本所具有的先備知識、學習者在社會環境中學習所造成的誤解，以及教師錯誤或不正確的教學 (Yip, 1998；Sewell, 2002)。這些外在因素也是我們在設計類比教學課程時，所需考慮到的要素。

二、視覺成像概念的相關研究

回顧國內外各科學教育學者，針對學生視覺成像的相關概念方面，所進行之研究中歸納出學生在學習此概念時，難以建構的概念知識。視覺成像概念包含三個次概念；分別為：光和視覺、光和折射，以及光和反射，而學生在學習這些困難的概念時，產生了許多常見的錯誤概念。詳細的內容分述如下：

1.光和視覺的部份，學習上常見的錯誤概念有：(1)我們能看到物體是來自於直接觀察 (Osborne & Black, 1993；Selley, 1996a, 1996b；Sexena, 1991；王盈琪與王美芬, 2006；唐明, 2001；張靜儀與李采襄, 2004)、(2)光照到眼睛，眼睛就能主動視物(Monk, 1991；Selley, 1996a, 1996b；王盈琪與王美芬, 2006；王晉基與郭重吉, 1992；唐明, 2001；張靜儀與李采襄, 2004)、(3)物體的影像跑到眼中而被看到 (Monk, 1991；Selley, 1996a, 1996b；Sexena, 1991；王盈琪與王美芬, 2006)、(4)在黑暗中仍能看見東西 (Fetherstonhaugh, 1990；王盈琪與王美芬, 2006；張靜儀與李采襄, 2004)。

2.光的折射部份，常見的錯誤概念有：(1)將折射與反射混淆(唐明, 2001；張靜儀與李采襄, 2004)、(2)認為水造成折射(Shapiro, 1989；王盈琪與王美芬, 2006；王晉基與郭重吉, 1992；唐明, 2001；張靜儀與李采襄, 2004)、(3)認為折射是因為物體與容器形狀改變(Shapiro, 1989；王盈琪與王美芬, 2006；王晉基與郭重吉, 1992；唐明, 2001)、(4)依文字聯想的方式解釋折射(王盈琪與王美芬, 2006；唐明, 2001)、(5)對透鏡成像的相關概念不瞭解 (Fetherstonhaugh, 1990；Fetherstonhaugh & Treagust, 1992；Rice & Feher, 1987；王晉基與郭重吉, 1992)、(7)認為凸透鏡一定會將成像放大 (Shapiro, 1989；陳均伊、張惠博與郭重吉, 2004)、(8)不瞭解透鏡對成像的影響 (Fetherstonhaugh, 1990；Fetherstonhaugh & Treagust, 1992；Sexena, 1991)。

3.光的反射部份，常見的錯誤概念有：(1)表面光滑的物體才會反射(Shapiro, 1989；王盈琪與王美芬, 2006；唐明, 2001；張靜儀與李采襄, 2004)、(2)有光亮有影像才叫做反射(唐明, 2001)、(3)不具光不規則反射的概念(唐明, 2001；張靜儀與李采襄, 2004)、(4)認為平面鏡上的像是物體直接被投影上去(Fetherstonhaugh & Treagust, 1992；張靜儀與李采襄, 2004)、(5)認為光不會被吸收與轉換(Shapiro, 1989；唐明, 2001)。

由上述的研究結果來看，在進行視覺成像概念教學時，應多注意這些學生所難以建構的概念，以避免在進行教學過程中造成學生學習的困擾。因此，本研究透過純粹比對類比與傳達屬性類比兩種不同的類比架構，再融入類比推理作為課程設計的要素，來設計視覺成像概念的類比教學課程，以期能藉此提升學生在視覺成像概念的建構與學習效果。

第五節 網路科學學習

一、資訊科技融入教學

隨著網際網路(World Wild Web, WWW)科技的快速發展，使得資訊科技為我們的生活帶來了許多便利性，同時也打開了我們的學習視野。新科技的發展提供了科學教學更多可以使用的有效工具，包括：電腦基礎實驗室(Microcomputer-base laboratory, MBL)、繪圖程式軟體(Photoshop)、動畫製作程式軟體(Macromedia Flash)、電子通訊(Telecommunications)與互動影碟(Videodisks)等 (Krajcik, 1991)。

從網際網路的結構上來看，其具有不受限制的超連結功能，包括資訊之間的關聯性(Associative)、非線性(Nonlinear)與階層性(Hierarchical)等，而這些功能與人類記憶的特質相似，因此利用網際網路來進行科學概念的學習，將可以有效的呈現出專家的概念知識，以協助學生的學習 (Miller & Miller, 2000)。另外，在網際網路媒體的特質上來看，其具有多媒體影音呈現的優勢，使得教學者能在網路上再現真實世界的情境，因而能提供學生對於真實情境的學習 (Miller & Miller, 2000)。因此，利用網際網路與多媒體媒介的結合，來進行網路科學學習活動，已成為近年來許多科學教育的研究者所關注的焦點。

然而，有效的網路學習課程，並非只是利用網路來當作教學媒介，上傳一些文件檔案或使用網頁上的超連結而已。而應該是要在課程設計的內容中，加入不同的多媒體元素與互動式元件，以呈現出高品質的網路學習環境，增進學生的學習動機、興趣與互動性，讓學生在網路學習的課程中，進行真實情境的問題解決，並主動建構知識及對自己

的學習負責 (Berge, Collins, & Dougherty, 2000)。其中，多媒體元素包括有文字、圖表、圖片、音效、動畫、影片，以及網路超連結頁面或非超連結頁面等。因此，教學者若能善加運用這些網路學習的特點，來設計網路學習課程，將有助於促進學生自行統整與建構完整的科學概念 (She & Fisher, 2003)。

二、網路科學學習的相關研究

She & Fisher (2003)運用動畫軟體(Flash)與網際網路來呈現科學概念的學習課程，其研究結果強調藉由網路科技來輔助教學，將可以提升學生深層的心智能力，並且在互動式的學習過程中，增進學生自行統整與建構完整知識的效果。She (2004)使用後設認知策略結合多媒體網路學習，針對學生難以理解的浮力概念，設計網路學習課程，其研究結果顯示此學習課程有助於提升學生浮力概念的認知學習成效。游文楓與余曉清(2006)則是利用網路化問題解決的教學策略，進行生物概念的教學研究，其結果發現網路融入問題解決教學的方式，有助於學生問題解決能力的保留效果。She & Lee (2008)其研究結果發現以雙重情境學習模式與科學推理為理論基礎，針對燃燒單元所設計之網路互動式學習課程，有助於促進學生科學概念的建構、概念改變與科學推理能力的提升。She & Liao (in press) 也以雙重情境學習模式與科學推理為理論基礎，來設計原子概念之互動式網路學習課程，也同樣提升了學生科學概念的建構、概念改變與科學推理能力。另外，許建和與耿筱曾 (2006)指出，網路學習可以提供動態的教學過程以提高學生的學習動機，並且強調網路學習有助於提升學生概念的學習成效。

深究 She & Liao (in press) 與 She & Lee (2008) 研究中的課程設計，主要都是依據雙重情境學習模式為核心，並融入科學推理所設計出的網路互動式教學課程。然而，研究者將改由類比學習模式與類比推理為理論基礎，來當作網路互動式教學課程設計的核心。有鑑於網路學習對於科學概念建構的影響，本研究將分別針對兩種不同的類比架構純粹比對類比與傳達屬性類比的理論，結合多媒體與網路互動式學習環境，以設計出視覺成像概念的網路互動式類比學習課程，期望能藉此網路學習課程來協助學生在視覺成像概念的建構，並提升視覺成像概念的學習成效。

第三章 研究方法

本研究以兩種不同的類比架構純粹比對類比與傳達屬性類比的理論，結合多媒體的數位化網路學環境，建構視覺成像概念的網路類比學習課程，期望能藉此學習課程以協助國小階段的學生建構視覺成像的概念，並提升學生類比推理的能力。

本章共分為六節，依本研究的研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、教學設計、資料蒐集與分析，分別進行詳細的說明。

第一節 研究對象

本研究是以新竹市某國小五年級的學生為研究對象，以便利抽樣的方式，採用六個常態編班的班級，學生人數共 190 人。將學生分為三組，包括純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組各兩個班，其中純粹比對類比組採用純粹比對類比的類比學習課程、傳達屬性類比組採用傳達屬性類比的類比學習課程，而對照組則採用傳統講述式教學。純粹比對類比組於電腦教室使用網路進行純粹比對類比架構網路類比課程學習，共 63 人；傳達屬性類比組於電腦教室使用網路進行傳達屬性類比架構網路類比課程學習，共 62 人；而對照組則在班級教室中進行傳統講述式課程教學，共 65 人，如表 3-1-1 所示。

表 3-1-1 教學模式與人數整理表

項目	組別	純粹比對類比組	傳達屬性類比組	對照組
教學模式	純粹比對類比架構	傳達屬性類比架構	傳統講述式課程	
	網路類比課程	網路類比課程		
教學地點	電腦教室	電腦教室	班級教室	
人數	63 人	62 人	65 人	

本研究於九十七學年度五年級上學期進行研究，而為了確保純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組的學生，在國小自然與生活科技學業成績上無顯著差異，研究者在研究之前，先蒐集這三組學生在自然與生活科技學業成績(包含四年級下學期兩次段考成績與五年級上學期第一次段考成績)、視覺成像概念建構測驗前測成績、視覺成像主題相依類比推理測驗前測成績，以及科學推理測驗前測成績，進行單因子變異數分析(ANOVA)檢定的統計分析，分析數據結果如表 3-1-2、表 3-1-3、表 3-1-4、表 3-1-5 與表 3-1-6 所示。

表 3-1-2 純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生各項成績描述性統計表

項目	純粹比對類比組		傳達屬性類比組		對照組	
	M	SD	M	SD	M	SD
學業成績	92.02	5.07	91.69	5.69	91.37	5.62
概念測驗	6.95	3.11	6.47	3.51	7.38	3.05
類比推理	4.94	2.77	4.55	2.91	4.77	2.40
科學推理	2.84	1.93	2.76	1.65	2.88	1.56

註：N=190

表 3-1-3 純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生自然與生活科技學業成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	df	平均平方和	F	p
組間	13.17	2	6.58	0.22	.803
組內	5593.96	187	29.91		
總和	5607.12	189			

表 3-1-4 純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生視覺成像概念建構前測成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	df	平均平方和	F	p
組間	26.69	2	13.34	1.28	.280
組內	1947.68	187	10.42		
總和	1974.36	189			

表 3-1-5 純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生主題相依類比推理前測成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	df	平均平方和	F	p
組間	4.73	2	2.37	0.33	.721
組內	1352.64	187	7.23		
總和	1357.37	189			

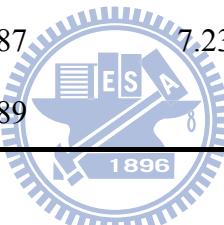


表 3-1-6 純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生科學推理前測成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	df	平均平方和	F	p
組間	.47	2	.24	0.08	.923
組內	550.80	187	2.95		
總和	551.27	189			

根據表 3-1-3、表 3-1-4、表 3-1-5 與表 3-1-6 分析數據顯示，純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組學生之間，其自然與生活科技學業成績、視覺成像概念建構測驗前測成績、視覺成像主題相依類比推理測驗前測成績，以及科學推理測驗前測成績皆未達顯著差異。

第二節 研究設計

本研究採用準實驗設計法 (Quasi-experimental design)，以國小五年級六個班級的學生為樣本，分別以兩個班為純粹比對類比組($N=63$)、兩個班為傳達屬性類比組($N=62$)與兩個班為對照組($N=65$)，做為研究對象。本研究的自變項為教學模式分組；依變項為視覺成像概念建構測驗(前測、後測、追蹤測)、視覺成像主題相依類比推理測驗(前測、後測、追蹤測)，以及科學推理測驗(前測、後測、追蹤測)。此外，針對純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生，進行視覺成像概念訪談(前測、後測、追蹤測訪談)與視覺成像概念類比學習歷程測驗進行分析，研究架構與研究核心架構圖，如圖 3-2-1 與圖 3-2-2 所示。

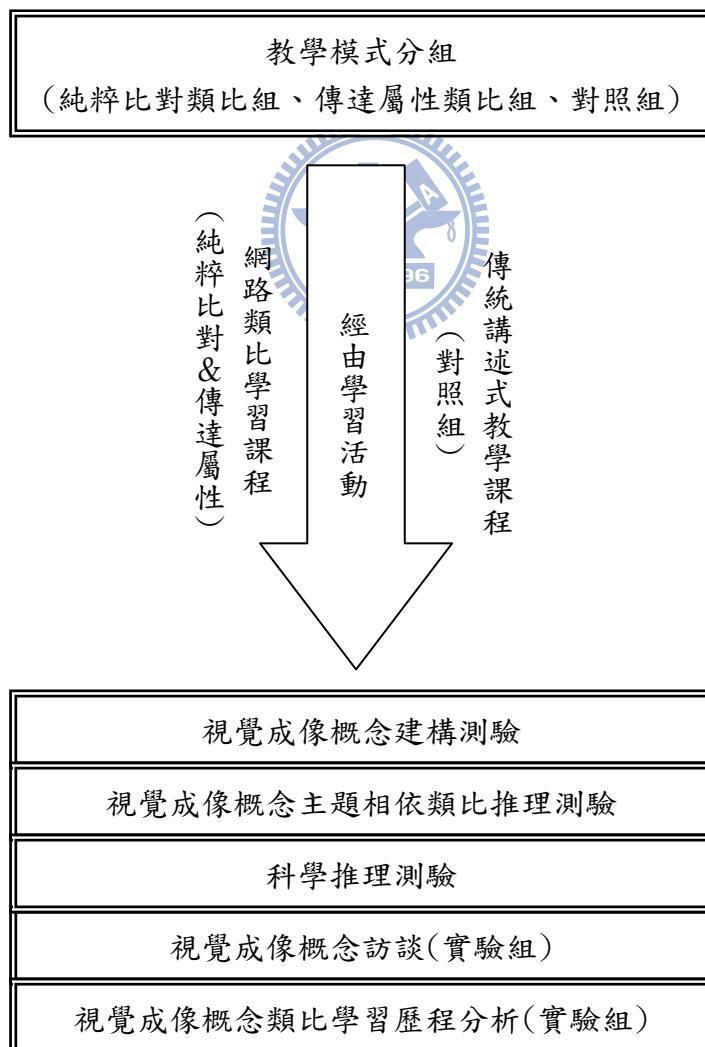


圖 3-2-1 研究架構圖

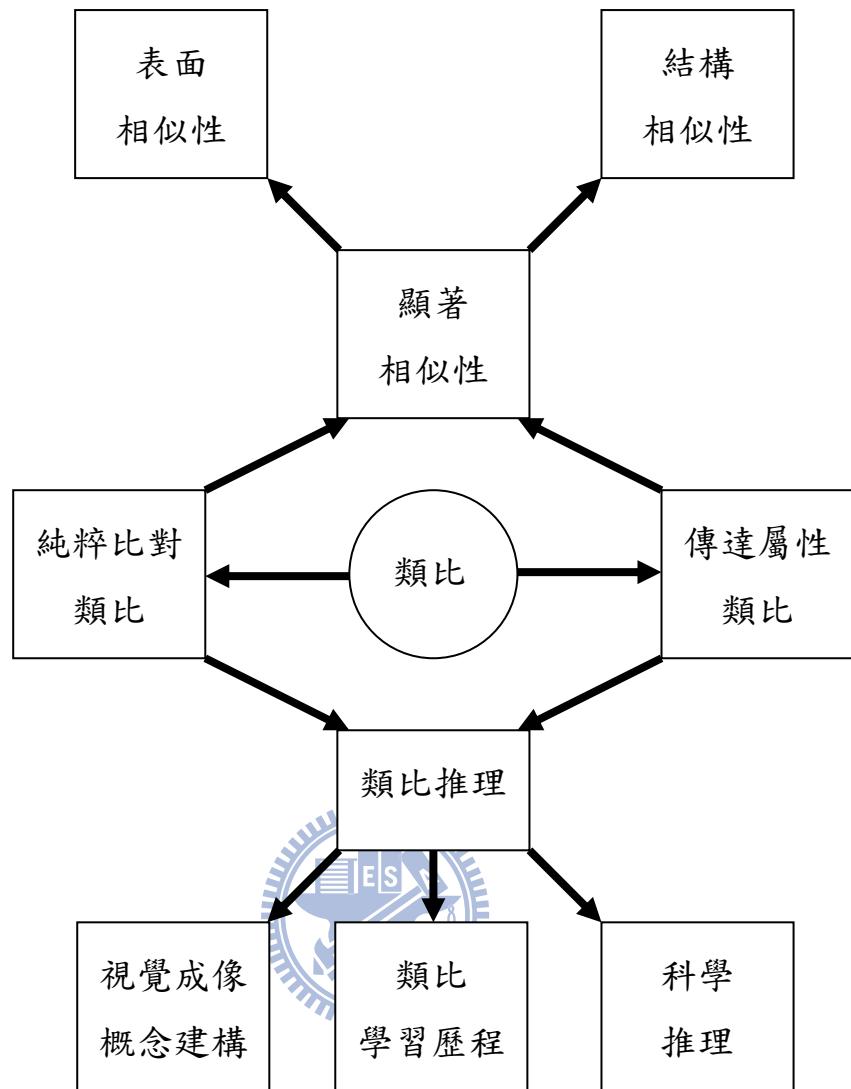


圖 3-2-2 研究核心架構圖

研究中採用的自變項與依變項說明如下：

一、自變項：

本研究的自變項為「教學模式分組」。將「教學模式分組」分為三組，純粹比對類比組採用純粹比對類比架構網路類比學習課程；傳達屬性類比組採用傳達屬性類比架構網路類比學習課程；對照組則採用傳統講述式教學課程。

二、依變項：

本研究的依變項為「視覺成像概念建構測驗」、「視覺成像概念主題相依類比推理測驗」、「科學推理測驗」。在視覺成像概念類比學習歷程方面，則針對兩組實驗

組學生進行網路類比學習課程時，在「視覺成像概念類比學習歷程測驗」之結果進行分析，並且利用「視覺成像概念訪談」來進行質性分析，以探討學生在網路類比學習模式前、後與追蹤三階段，概念建構與類比學習歷程的情形。

第三節 研究流程

本研究的流程共分為三個階段，依序為「研究準備」、「視覺成像概念建構類比教學」，以及「資料處理與分析」，研究流程如圖 3-3-1 所示。

第一階段：研究準備階段。先確定研究目的與研究問題，並收集與研究相關的文獻資料以進行文獻探討、設計學習課程教材，以及編寫測驗工具的內容，並請專家審核與進行施測，以分析信度與修正測驗內容，來確定相關測驗的信效度。此外，於本階段中的首要重點在於網路類比學習教材的設計，並與專家討論類比學習教材內容，以進行修正。期望能讓學生透過網路進行自我掌控之自主學習，結合多媒體的方式來呈現教材內容，包括文字、圖片、表格、動畫與影片。



第二階段：視覺成像概念建構類比教學階段。針對不同教學模式進行教學前、後的各項測驗，以及學生的個別訪談。教學過程中，實驗組學生實際進入電腦教室，進行網路課程之線上學習，共一節課的時間；對照組則是在教室裡進行傳統講述式教學。教學結束後六週，再進行追蹤測驗與追蹤訪談。

第三階段：資料處理與分析階段。針對本研究所收集到的資料，包含「視覺成像概念建構測驗」、「視覺成像概念主題相依類比推理測驗」、「科學推理測驗」、「視覺成像概念類比學習歷程測驗」、「視覺成像概念訪談」，以進行處理與彙整分析，並撰寫研究結果報告。

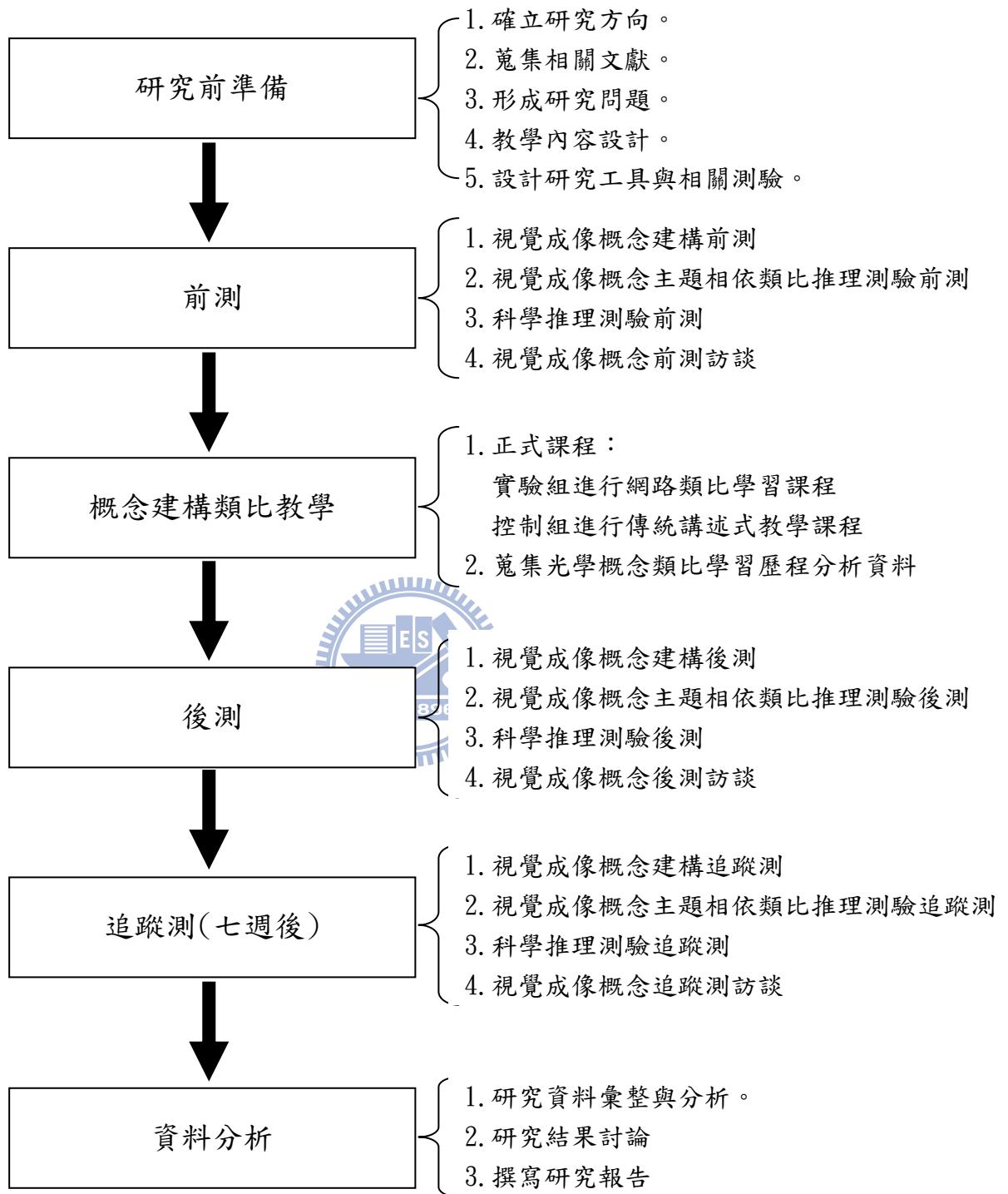


圖 3-3-1 研究流程圖

第四節 研究工具

本研究所使用的研究工具有「視覺成像概念網路類比學習網」、「視覺成像概念建構測驗」、「視覺成像概念主題相依類比推理測驗」、「科學推理測驗」、「視覺成像概念訪談」，以及「視覺成像概念類比學習歷程測驗」。蒐集資料所採用的研究工具，分別詳細說明如下：

一、視覺成像概念網路類比學習網：

為了配合視覺成像概念網路類比學習課程之概念建構教學，此學習網是以純粹比對類比與傳達屬性類比的類比架構理論為基礎設計的概念建構學習課程，並設計一系列的問題與類比推理討論。學習者在進行視覺成像概念學習活動時，於該受試學校的電腦教室，透過網際網路連線至本學習網，以進行概念建構的學習活動。

視覺成像概念網路類比學習網是建製於「科學概念的建構與重建數位學習研究 (Research of Scientific Concept Construction and Reconstruction Digital Learning)」的伺服器下，Web Server 是使用 Apache Server，其主要的程式是使用 PHP 語言所撰寫的，再搭配 MySQL 資料庫來當作資料儲存系統。網頁內容上所呈現的動畫與互動模擬道具等功能，乃是使用 Flash MX 2008 程式所製作而成。網站內容建製完成後，先找尋受試學校的一個班級，進行網路學習的教學測試，目的在於測試系統遠端連線速度與系統穩定性，並找出相關的缺失以進行修正。同時針對網站上的學習內容，經由兩位資深自然與生活科技教師與一位科學教育專家，共同進行校對並給予建議，以確保教學內容的正確性與完整性。視覺成像概念學習各項功能簡介如下：

- 1.申請帳號：在學習者第一次登入此學習網站前，需先申請使用者帳號，待經過註冊之後，即完成帳號之申請作業。
- 2.學習網站登入首頁：學習者通過註冊資格審核後，學習者即可透過網際網路連線，進入科學概念的建構與重建數位學習研究網站時，點選「會員中心」，接下來輸入個人帳號與密碼，就可登入資料庫系統。研究者可以經由此資料庫系統監測學生的學習狀況，最後學習者再點選光學進入學習課程。學習網站登入首頁畫面，如圖 3-4-1 所示。

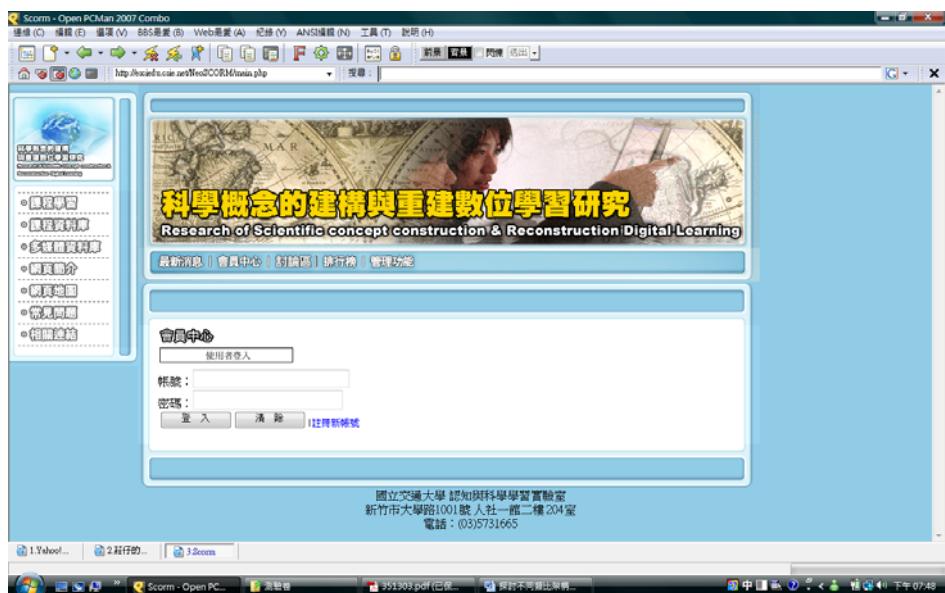


圖 3-4-1 學習網站登入首頁畫面

3.學習事件：當學習者登入網站開始進行課程學習時，即可進入視覺成像概念網路互動式類比學習環境，開始進行一系列的學習事件。學習者依照網頁畫面呈現的步驟，逐頁的進行概念學習與問題回答的活動。其中課程學習的內容，由靜態與動態的文字敘述與圖片、表格、動畫影片與動畫模擬、實際拍攝的教學影片等多媒體組成。

4.離開系統：學習者在完成課程學習之後，點選登出，即可離開視覺成像概念學習系統。

二、視覺成像概念建構測驗：

由研究者依據課程內容編製相關的概念測驗，內容採取二階層選擇題紙筆測驗的形式，測驗時間為三十分鐘。測驗題目分為兩個主題（主題一：光與眼睛；主題二：近視眼、老花眼與矯正），每個主題各包含十題，共計二十題。每一個題目都包含一個概念問題及三個另有概念的選項。答案的選項分成兩個階層，第一階層是詢問學生對於概念的問題的答案，包含四個選項，其中僅有一個適合的答案；第二階層則進一步詢問學生，在第一層次所選擇的答案的理由，包含四個選項，其中三個為學生常有的另有概念，僅有一個適當的概念。學生在做答每題時，需要先選擇第一階層的選項，然後在第二階層選擇其理由的選項。

測驗的記分方式必須兩個階層都答對才給一分，只答對其中一個階層則不給分，總分共二十分。測驗題目編製過程，經由兩位自然與生活科技領域教師與一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。測驗編製完成後，經由施測學校六個班級於教學前、後、追蹤施測，加以檢驗其測驗題目信度(詳見附錄一)。在整份測驗卷的信度分析上，採用SPSS 12.0 版，進行信度的計算。前測信度 Cronbach's α 值為 0.69，後測信度 Cronbach's α 值為 0.80，追蹤測信度 Cronbach's α 值為 0.81，試卷之內容細目表如表 3-4-1 所示。

表 3-4-1 視覺成像概念建構測驗內容細目表

視覺成像概念	題目									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
主題一 光與眼睛										
1.發光物與反光物概念			✓			✓				
2.透鏡折射光線概念	✓	✓			✓				✓	
3.透鏡成像的概念		✓								
4.眼睛構造	✓						✓			✓
5.眼睛成像概念				✓			✓	✓		✓
主題二 近視眼、老花眼與矯正	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.眼睛近視概念		✓				✓	✓			
2.近視眼成像概念		✓		✓	✓	✓				
3.近視眼矯正概念				✓						
4.眼睛老花概念			✓					✓		✓
5.老花眼成像概念	✓							✓	✓	✓
6.老花眼矯正概念	✓									

三、視覺成像概念主題相依類比推理測驗：

為了瞭解學生是否具備正確而完整的視覺成像相關類比推理概念，由研究者依據課程內容編製相關的類比推理測驗題目，內容採取二階層選擇題紙筆測驗的形式，測驗時間為三十分鐘。測驗題目有十三題，每一個題目都包含一個概念問題及三個另有概念的選項。答案的選項分成兩個階層，第一階層是詢問學生對於類比推理的問題的答案，包含四個選項，其中僅有一個適合的答案；第二階層則進一步詢問學生，在第一層次所選擇的答案的理由，包含四個選項，其中三個為學生常有的另有概念，僅有一個適當的概念。學生在做答每題時，需要先選擇第一階層的選項，然後在第二階層選擇其理由的選項。

測驗的記分方式必須兩個階層都答對才給一分，只答對其中一個階層則不給分，總分共十三分。測驗題目編製過程，經由兩位自然與生活科技領域教師與一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。測驗編製完成後，經由施測學校六個班級於教學前、後、追蹤施測，加以檢驗其測驗題目信度(詳見附錄二)。在整份測驗卷的信度分析上，採用 SPSS 12.0 版，進行信度的計算。前測信度 Cronbach's α 值為 0.72，後測信度 Cronbach's α 值為 0.80，追蹤測信度 Cronbach's α 值為 0.78。

四、科學推理測驗：

本實驗是採用 She & Lee (2008) 參考 Lawson (1978) 所編製、且於 2000 年修訂完成的科學推理測驗，經翻譯重新編寫修訂而成的「科學推理測驗國小版」，作為評量受試者的科學推理能力的紙筆測驗題目，測驗時間為二十分鐘。測驗題型採取二階層紙筆測驗選擇題形式，第一階層依題意回答可能的現象或觀察結果；第二階層回答推理的依據為何，題目總共十二題。依科學推理能力的發展，題目主題依序為：1. 質量守恆 (conservation of weight)、2. 置換體積守恆 (conservation of displaced volume)、3. 比例 (proportional thinking)、4. 進階比例 (advanced proportional thinking)、5. 辨識並控制變因 (identification and control of variables)、6. 辨識並控制變因與機率 (identification and control of variables and probabilistic thinking)、7. 辨識並控制變因與機率 (identification and control of variables and probabilistic thinking)。

of variables and probabilistic thinking)、8. 機率(probabilistic thinking)、9. 進階機率(advanced probabilistic thinking)、10. 關聯性思考，比例和機率(correlative thinking includes proportions and probability)、11. 假設演繹思考(hypothetic-deductive thinking)、12. 假設演繹推理(hypothetic-deductive reasoning)。測驗的記分方式必須兩個階層都答對才給一分，只答對其中一個階層則不給分，總分共十二分，其整體試卷前測信度 Cronbach's α 值為 0.71，後測信度 Cronbach's α 值為 0.61，追蹤測信度 Cronbach's α 值為 0.76(詳見附錄三)。

五、視覺成像概念訪談：

本研究除了進行量化研究外，同時也採取質化資料來輔助，檢驗學生在視覺成像概念網路類比學習的成效。由研究者依據課程內容編製相關的訪談問題，其中包含 8 個訪談題目，皆採用半結構式訪談的方式來進行。在訪談過程中，除了讓學生回答問題的答案之外，再進一步追問其回答所根據的理由，以期能對學生視覺成像概念的建構進行更深入的分析與探討(詳見附錄四)。

受訪的學生分成純粹比對類比組與傳達屬性類比組各兩個班，每個班級再依據學生的學業成績分成高、中、低分三組，每組男、女學生各兩位，純粹比對類比組共 24 位、傳達屬性類比組共 24 位學生，總共 48 位學生。分別在學習前先對受試者進行概念前測訪談，以得知學生具有的先備概念；於學習後，再針對受試者進行概念後測訪談；於教學後六週，再針對受試者進行概念追蹤測訪談，以了解學生概念建構的情況。訪談過程中，皆進行全程錄音，並於事後再轉錄成逐字稿。

針對訪談的逐字稿，對八個問題進行統整，以歸納成四個視覺成像概念，然後再分析與探討學生於教學前、後、追蹤測訪談時，其視覺成像正確概念分數、科學推理層級(N、G、EL、J)與類比推理層級(N、SAS、SAD、SRS、SRD)的差異情況。以下就正確概念分數、科學推理層級與類比推理層級進行說明：

1. 正確概念分數：分析學生在訪談問題回答內容的正確性，每回答出一個正確概念即給一分，兩個正確概念則給兩分，依此類推。當累積分數越高，表示學生回答的答案越正確，且相關的概念越豐富。

2. 科學推理層級：分析學生的科學推理層級標準，則修改 Hogan, Nastasi, & Pressley(2000)的科學推理層級分類，將科學推理層級區分成不相關(None, N)、概述(Generativity, G)、精緻化(Elaboration, EL)、辯證(Justification, J)四個等級。同時，在進行科學推理層級分析時，僅針對學生在視覺成像概念訪談中，所回答的正確概念來評定其所屬的科學推理層級。

(1) 不相關(N)：學生的回答中完全不包含任何與問題相關的論述。

例如『我們的眼睛是如何看見東西的呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『我不知道、我忘記了。』

(2) 概述(G)：學生對自然現象做直觀的描述或以質樸概念來回答。

例如『我們的眼睛是如何看見東西的呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『有光線進入眼睛，眼睛就可以看得到。』

(3) 精緻化(EL)：學生能以正確科學術語辭彙或科學方法，如運用測量、估計、數字關係等，對問題相關的現象進行說明。

例如『我們的眼睛是如何看見東西的呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『物體的光線經過眼睛水晶體後，會聚集在一起，使影像落在視網膜上。』

(4) 辯證(J)：在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來說明現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係演繹推論來解釋現象。

例如『我們的眼睛是如何看見東西的呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『物體的光線經過水晶體聚集後，導致在視網膜上的影像是倒立的。』

3. 類比推理層級：分析學生的類比推理層級標準，則參考 Gentner(1989)與 Vosniadou(1989)對類比學習機制的定義，將類比推理區分為不相關(None, N)、表面屬性相似(Surface attributes similarity, SAS)、表面屬性相異(Surface attributes dissimilarity, SAD)、結構關係相似(Structure relations similarity, SRS)、結構關係相異(Structure relations dissimilarity, SRD)五個等級。同時，在進行類比推理層級分析時，僅針對學生在視覺成像概念訪談中，所回答的正確概念來評定其所屬的類比推理層級。

(1) 不相關(N)：學生的回答中完全不包含任何與問題相關的論述。

例如『你覺得塑膠球(相機)與眼睛有哪幾項共同性呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『我不知道、我忘記了。』

(2) 表面屬性相似(SAS)：學生能依據類比物與標的物在表面的性質或特質上的相似處，對問題的相關現象進行說明。

例如『你覺得塑膠球(相機)與眼睛有哪幾項共同性呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『凸透鏡(鏡頭)就像是水晶體。』

(3) 表面屬性相異(SAD)：學生能依據類比物與標的物在表面的性質或特質上的相異處，來說明類比限制的現象。

例如『你覺得塑膠球(相機)與眼睛有哪幾項相異性呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『塑膠球(相機)是透明(方形)的，而眼睛不是透明(方形)的。』

(4) 結構關係相似(SRS)：學生能依據類比物與標的物之間相關結構的相似處，去推論與解釋待解答的現象。

例如『你覺得塑膠球(相機)與眼睛有哪幾項共同性呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『凸透鏡(鏡頭)跟水晶體一樣，兩者都能聚集光線。』

(5) 結構關係相異(SRD)：學生能依據類比物與標的物之間相關結構的相異處，來解釋類比限制的現象。

例如『你覺得塑膠球(相機)與眼睛有哪幾項相異性呢？』的問題中，學生回答的理由如下：

回答：『塑膠球(相機)的凸透鏡(鏡頭)不能自動調整厚薄，而眼睛的水晶體可以自動調整厚薄。』

其中正確概念分數、科學推理層級與類比推理層級的評分者間信度，分別為 0.90、0.89、0.93。

六、視覺成像概念網路課程類比學習歷程：

本研究在視覺成像概念網路課程類比學習課程中，對於兩個主題共設計了九題視覺成像概念的類比推理題目，讓受試者在進行網路課程學習之後作答。第一題至第四題為單選的選擇題、第五題至第九題為三階層的問題，於每一題作答時需先選擇第一階層的答案選項，然後再於第二階層填寫其選擇答案的理由；接下來於第三階層理由選項中選出與自己理由最接近的選項。藉由學生回答問題的答案，來分析學生進行類比推理的歷程(詳見附錄五)。

1. 正確概念分數：分析學生在視覺成像概念網路類比學習課程中，回答九題視覺成像概念的類比推理題目的正確性。在問題一至問題四的單選題部分，答對一題即給一分，答對兩題則給兩分，依此類推。於問題五至問題九的三階層問題部分，答對第一階的選擇題即給一分，在第二階回答的理由正確給一分，最後第三階選出與自己理由最接近的選項正確再給一分，每題皆依此類推。當累積分數越高，表示學生回答的答案越正確，且相關的概念越豐富。

2. 類比學習歷程：分析學生在視覺成像概念網路課程類比學習之類比學習步驟，則參考 Clement(1981)、Gentner(1988)與 Gentner(1989)對類比學習步驟的定義，將類比學習歷程區分為以下五個步驟：

(1) 步驟一：存取已知的類比物概念。

依據學生回答問題五的第一階層『想要讓屏幕上出現影像，需要使用哪一種透鏡呢？

1.厚玻璃、2.凹透鏡、3.凸透鏡』與第二階層『你的理由是？』的情形來進行判定。

因為問題五主要在測驗學生對類比物的概念是否瞭解，所以當第一階的選擇題部分與第二階回答的理由皆正確時，即評定其有達到類比學習歷程之步驟一。學生的選擇與回答如下：

第一階選擇：『3.凸透鏡』

第二階回答：『因為凸透鏡會聚集光線，使影像落在屏幕上。』

(2) 步驟二：將類比物與標的物進行比對。

依據學生回答問題六的第一階層『請問你覺得眼睛的水晶體像是塑膠球(相機)的哪一個構造呢？1.眼球(相機)、2.凸透鏡(鏡頭)、3.屏幕(底片)』與問題七的第一階層『請問你覺得眼睛的視網膜像是相機的哪一個構造呢？1.眼球(相機)、2.凸透鏡(鏡頭)、3.屏幕(底片)』的情形來進行判定。因為上述這兩個部分主要在測驗學生是否能將類比物與標的物進行比對，所以當此二部分皆正確時，即評定其有達到類比學習歷程之步驟二。學生的選擇如下：

問題六的第一階層選擇：『2.凸透鏡(鏡頭)』

問題七的第一階層選擇：『3.屏幕(底片)』

(3) 步驟三：評估類比物與標的物的吻合度。

依據學生回答問題六的第二階層『你的理由是？』與問題七的第二階層『你的理由是？』的情形來進行判定。因為上述這兩個部分主要在測驗學生是否能評估類比物與標的物之間的吻合度，所以當此二部分皆正確時，即評定其有達到類比學習歷程之步驟三。學生的回答如下：

問題六的第二階層選擇：『水晶體與凸透鏡(鏡頭)都可以聚光。』

問題七的第二階層選擇：『視網膜與屏幕(鏡頭)都可以接收影像。』

(4) 步驟四：儲存類比物與標的物比對的推理結果。

依據學生回答問題六的第二階層『你的理由是？』與問題七的第二階層『你的理由是？』的情形來進行判定。因為上述這兩個部分主要在測驗學生是否能將由類比物推理的結果轉移至標的物上，所以當此二部分皆正確時，即評定其有達到類比學習歷程之步驟四。學生的回答如下：

問題六的第二階層選擇：『都會聚集光線，以產生物體(倒立縮小)的影像。』

問題七的第二階層選擇：『都可以讓物體(倒立縮小)的影像呈現在上面。』

(5) 步驟五：找出類比物與標的物的共同性。

依據學生回答問題六的第三階層『你的理由跟下列何者最接近？1.因為水晶體與塑膠球(相機)一樣都可以接收影像、2.因為水晶體與凸透鏡(鏡頭)一樣都可以聚集光線，並產生一個縮小倒立的影像、3.因為水晶體與屏幕(底片)一樣都可以呈現影像』與問題七的第三階層『你的理由跟下列何者最接近？1.因為水晶體與塑膠球(相機)一樣都可以接收影像、2.因為水晶體與凸透鏡(鏡頭)一樣都可以聚集光線，並產生一個縮小倒立的影像、3.因為水晶體與屏幕(底片)一樣都可以呈現影像』的情形來進行判定。因為上述這兩個部分主要在測驗學生是否能將類比物與標的物之間的共同性找出來，所以當此二部分皆正確時，即評定其有達到類比學習歷程之步驟五。學生的選擇如下：

問題六的第二階層選擇：『2.因為水晶體與凸透鏡(鏡頭)一樣都可以聚集光線，並產生一個縮小倒立的影像。』

問題七的第二階層選擇：『3.因為水晶體與屏幕(底片)一樣都可以呈現影像。』

第五節 教學設計

本研究在國小五年級上學期進行教學研究，搭配九十七學年度南一版自然與生活科技第三單元，分別設計兩種不同類比架構純粹比對類比與傳達屬性類比的學習內容，進行一節課的網路類比課程學習。純粹比對類比的類比架構是指針對學習者而言，對於類比物的系統有基礎的瞭解，而對於標的物的系統有些微的瞭解，重點在於將兩者之間相同的屬性結構進行配對，並對標的物建立較完整的理解，以促進概念的學習 (Gentner, 1989)。因此選用「塑膠球」來當作純粹比對類比架構的類比物來設計類比學習教材；而傳達屬性類比的架構是指對學習者而言，在類比物的系統有些微的瞭解，但是對於標的物的系統只有些微或甚至沒有概念，重點在於藉由用類比將類比物與標的物之間的相關性比對的歷程，並可從中對於類比物產生新的理解，進而將此新的特質也轉入標的物系統，以學習新的概念知識 (Gentner, 1989)。因此選用「相機」來當作傳達屬性類比架構的類比物來設計類比學習教材。因此本研究以兩種不同的類比架構純粹比對類比與傳達屬性的理論，結合多媒體的網路學習環境，設計出兩種視覺成像概念的網路類比學習課程，期望能藉此課程以協助學生學習視覺成像的概念(詳見附錄五)。詳細的類比教材架構，如表 3-5-1 與表 3-5-2 所示。



表 3-5-1 純粹比對類比架構的類比學習教材

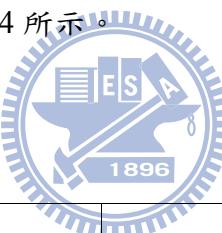
主題一 光與眼睛	類比學習歷程
1.喚起發光物與反光物的概念 2.呈現平玻璃、凹透鏡、凸透鏡折射光線的情形 3.介紹透鏡成像的概念 4.介紹眼球的構造與眼球成像的情形	(1)存取已知的類比物概念
5.利用塑膠球類比眼睛 6.利用塑膠球的凸透鏡類比眼睛的水晶體 7.利用塑膠球的屏幕類比眼睛的視網膜	(2)將類比物與標的物進行比對 (3)評估類比物與標的物的吻合度 (4)儲存類比物與標的物的推理結果
8.說明塑膠球與眼睛之間的類比相似性 9.說明塑膠球與眼睛之間的類比相異性	(5)找出類比物與標的物的共同性
主題二 近視眼、老花眼與矯正	類比學習歷程
1.介紹眼睛近視的概念 2.利用塑膠球搭配厚凸透鏡來類比近視眼的情形 3.利用塑膠球類比近視眼矯正的情形	(1)存取已知的類比物概念 (2)將類比物與標的物進行比對 (3)評估類比物與標的物的吻合度 (4)儲存類比物與標的物的推理結果
4.介紹眼睛老花的概念 5.利用塑膠球搭配薄凸透鏡來類比老花眼的情形 6.利用塑膠球類比老花眼矯正的情形 7.塑膠球與眼睛之近視眼、老花眼與矯正類比概念	(1)存取已知的類比物概念 (2)將類比物與標的物進行比對 (3)評估類比物與標的物的吻合度 (4)儲存類比物與標的物的推理結果 (5)找出類比物與標的物的共同性
總整理	

表 3-5-2 傳達屬性類比架構的類比學習教材

主題一 光與眼睛	類比學習歷程
1.喚起發光物與反光物的概念 2.呈現平玻璃、凹透鏡、凸透鏡折射光線的情形 3.介紹透鏡成像的概念 4.介紹眼球的構造與眼球成像的情形	(1)存取已知的類比物概念
5.利用相機類比眼睛 6.利用相機的鏡頭類比眼睛的水晶體 7.利用相機的底片類比眼睛的視網膜	(2)將類比物與標的物進行比對 (3)評估類比物與標的物的吻合度 (4)儲存類比物與標的物的推理結果
8.說明相機與眼睛之間的類比相似性 9.說明相機與眼睛之間的類比相異性	(5)找出類比物與標的物的共同性
主題二 近視眼、老花眼與矯正	類比學習歷程
1.介紹眼睛近視的概念 2.利用相機搭配縮短的鏡頭來類比近視眼的情形 3.利用相機類比近視眼矯正的情形	(1)存取已知的類比物概念 (2)將類比物與標的物進行比對 (3)評估類比物與標的物的吻合度 (4)儲存類比物與標的物的推理結果
4.介紹眼睛老花的概念 5.利用相機搭配伸長的鏡頭來類比老花眼的情形 6.利用相機類比老花眼矯正的情形	(1)存取已知的類比物概念 (2)將類比物與標的物進行比對 (3)評估類比物與標的物的吻合度 (4)儲存類比物與標的物的推理結果
7.相機與眼睛之近視眼、老花眼與矯正類比概念總整理	(5)找出類比物與標的物的共同性

視覺成像的概念對於國小學生的學習而言，一直是個不易理解但又極為重要的概念。在許多光學另有概念的研究中顯示，大多數學生對於視覺成像這個概念的學習，仍然覺得是相當的困難概念（Feher & Rice, 1988；Fetherstonhaugh, 1990；Monk, 1991；Osborne & Black, 1993；Rice & Feher, 1987；Saxena, 1991；Selley, 1996a, 1996b；王盈琪與王美芬，2006；王晉基與郭重吉，1992；唐明，2001；張靜儀與李采襄，2004）。主要的原因在於視覺成像的概念，對於國小學生來說是屬於抽象而難以建構的概念。故在教學的過程中，需要藉由類比的使用，以促進學生對於抽象概念的建構。

在視覺成像概念的教學過程中，因為概念屬於抽象的特性，故需藉由類比推理的使用，以期能促進學生對於視覺成像概念的學習，並進一步推理與建構出正確而完整的科學概念。此外，除了使用類比物的 Flash 動畫與實際教學影片外，更於影片後使用 Flash 動畫來進一步說明類比物與標的物之間的連結，以加強學生對於抽象概念的理解，如圖 3-5-1、圖 3-5-2、圖 3-5-3 與圖 3-5-4 所示。



Analogy(比喻)	Target(主概念)
塑膠球	眼睛
凸透鏡	水晶體
屏幕	視網膜
凸透鏡會聚集光線	水晶體會聚集光線
影像落在屏幕上=>呈現清楚影像	影像落在視網膜上=>看見清楚影像
屏幕上呈現=>倒立縮小影像	視網膜上呈現=>倒立縮小影像

圖 3-5-1 塑膠球與眼睛的共同性類比概念對照圖

Analogy(比喻)	Target(主概念)
塑膠球	
(1)影像在屏幕前方 =>加凹透鏡片矯正	(1)影像在視網膜前(近視) =>戴凹透鏡片(近視眼鏡)
(2)影像在屏幕後方 =>加凸透鏡片矯正	(2)影像在視網膜後(老花) =>戴凸透鏡片(老花眼鏡)

圖 3-5-2 塑膠球與眼睛近視與老花的類比概念對照圖

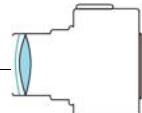
Analogy(比喻)	Target(主概念)
相機	
鏡頭	
底片	視網膜
鏡頭會聚集光線	水晶體會聚集光線
影像落在底片上=>呈現清楚影像	影像落在視網膜上=>看見清楚影像
底片上呈現=>倒立縮小影像	視網膜上呈現=>倒立縮小影像

圖 3-5-3 相機與眼睛的共同性類比概念對照圖

Analogy(比喻)	Target(主概念)
相機	
(1)影像在底片前方 =>加凹透鏡片矯正	(1)影像在視網膜前(近視) =>戴凹透鏡片(近視眼鏡)
(2)影像在底片後方 =>加凸透鏡片矯正	(2)影像在視網膜後(老花) =>戴凸透鏡片(老花眼鏡)

圖 3-5-4 相機與眼睛近視與老花的類比概念對照圖

然而，當使用類比進行教學時，必須注意到類比物與標的物之間，所存在的類比限制。為了避免學生在類比推理的過程中，因為類比物與標的物之間的類比限制，而產生另有概念。因此於類比教學課程中，也特別針對類比物與標的物之間的相異之處進行說明，使學生能釐清兩者之間的概念，如圖 3-5-5 與圖 3-5-6 所示。

Analogy(比喻)	Target(主概念)
當物體與塑膠球的距離改變時 =>塑膠球需更換 不同厚度的凸透鏡	當物體與眼睛的距離改變時 =>水晶體能 自動調整厚薄
要看清楚遠物時 =>需更換成較薄的凸透鏡	要看清楚遠物時 =>水晶體會自動調整變薄
要看清楚近物時 =>需更換成較厚的凸透鏡	要看清楚近物時 =>水晶體會自動調整變厚

圖 3-5-5 塑膠球與眼睛的相異性類比概念對照圖

Analogy(比喻)	Target(主概念)
當物體與相機的距離改變時 =>相機需伸縮 鏡頭的長度	當物體與眼睛的距離改變時 =>水晶體能 自動調整厚薄
要拍清楚遠物時 =>需縮短鏡頭長度	要看清楚遠物時 =>水晶體會自動調整變薄
要拍清楚近物時 =>需伸長鏡頭長度	要看清楚近物時 =>水晶體會自動調整變厚

圖 3-5-6 相機與眼睛的相異性類比概念對照圖

第六節 資料蒐集與分析

本研究在研究期間所蒐集的資料，包括「視覺成像概念建構測驗」、「視覺成像概念主題相依類比推理測驗」、「科學推理測驗」、「視覺成像概念訪談」，以及「視覺成像概念類比學習歷程測驗」。在測驗部份的數據資料分析主要是使用 SPSS 12.0 套裝軟體來進行統計分析，而視覺成像概念訪談與視覺成像概念類比學習歷程測驗的資料，由研究者逐一分析受試者所選擇的選項與回答開放式問題的答案，統整出受試者所欲表達的概念，並進行概念分類、資料彙整與統計分析探討。

1. 視覺成像概念建構測驗：

以視覺成像概念建構測驗前測成績為共變項，進行單因子多變項共變數分析 (one-factor MANCOVA)，以比較不同教學模式(純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式)在後測與追蹤測有何差異。另外，再針對前、後、追蹤測驗進行相關 (Correlation) 與逐步回歸 (Regression) 分析，以瞭解各測驗之間的相互關係。



2. 視覺成像概念主題相依類比推理測驗：

以視覺成像概念主題相依類比推理測驗前測成績為共變項，進行單因子多變項共變數分析，以比較不同教學模式在後測與追蹤測有何差異。另外，再針對前、後、追蹤測驗進行相關與逐步回歸分析，以瞭解各測驗之間的相互關係。

3. 科學推理測驗

以科學推理測驗前測成績為共變項，進行單因子多變項共變數分析，以比較不同教學模式在後測與追蹤測有何差異。另外，再針對前、後、追蹤測驗進行相關與逐步回歸分析，以瞭解各測驗之間的相互關係。

4. 視覺成像概念訪談資料：

將實驗組學生每次個別訪談時所錄製的錄音檔，轉錄成逐字稿，以利於進行質性資料分析，藉此以深入瞭解學生在學習前、後與追蹤時，其視覺成像正確概念分數、科學推理層級(N、G、EL、J)與類比推理層級(N、SAS、SAD、SRS、SRD)的情況。

5. 視覺成像概念類比學習歷程測驗：

實驗組學生在進行網路類比學習教材時，於類比教學活動後，回答問題的資料。由研究者逐一統整出受試者所欲表達的概念，並進行概念的質性分析與量化統計，以深入瞭解學生在視覺成像概念建構的效果與類比學習歷程的情況。





第四章 研究結果與討論

本研究主要是根據視覺成像概念建構測驗、視覺成像概念主題相依類比推理測驗、科學推理測驗、視覺成像概念訪談，以及視覺成像概念類比學習歷程測驗之結果，以進行統計分析與質性分析。藉以瞭解國小五年級在不同教學模式(純粹比對類比模式、傳達屬性類比模式、傳統講述教學模式)學習時，其科學概念建構成效、類比推理能力與科學推理能力是否有所差異。

本章共分為三節，依照網路類比學習概念建構教學分析、視覺成像概念訪談分析、網路類比學習歷程分析，分別進行詳細的說明。

第一節 網路類比學習概念建構教學分析

本節主要是針對兩種網路類比(純粹比對類比、傳達屬性類比)課程和傳統講述教學模式，對學生類比學習與概念建構上的成效進行比較。測驗結果的分析如下：



一、教學前後視覺成像概念學習成效分析

依據研究問題一「不同教學模式(純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式)，對學生視覺成像概念建構的成效有何差異？」進行分析與討論，並在下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。

(一) 視覺成像概念建構測驗之敘述性統計分析

將學生的視覺成像概念建構測驗前測、後測與追蹤測成績，依據教學分組(純粹比對類比、傳達屬性類比與傳統講述式)，進行敘述性統計，其數據分析結果如表 4-1-1 所示。

表 4-1-1 「不同教學模式」對視覺成像概念建構測驗之敘述性統計

	概念前測			概念後測			概念追蹤測		t (後-前)	t (追-前)
	N	M	SD	M	SD	M	SD			
純粹比對類比組	63	6.94	3.12	10.48	4.72	11.35	4.48	7.13***	10.04***	
傳達屬性類比組	62	6.37	3.52	10.56	4.65	11.39	3.89	7.41***	11.11***	
對照組	65	7.38	3.05	8.69	3.05	9.83	4.38	3.76***	5.47***	

註：N=190 *** $p<.001$

從教學模式分組的角度來看，依據表 4-1-1 在視覺成像概念建構測驗前測中，對照組 ($M_{\text{前}}=7.38$) 的平均成績略高於純粹比對類比組 ($M_{\text{前}}=6.94$) 與傳達屬性類比組 ($M_{\text{前}}=6.37$) 的學生，但經過視覺成像網路類比教學後，在視覺成像概念建構測驗後測與追蹤測之成績，純粹比對類比組 ($M_{\text{後}}=10.48$, $M_{\text{追}}=11.35$) 與傳達屬性類比組 ($M_{\text{後}}=10.56$, $M_{\text{追}}=11.39$) 的平均成績皆反而高於對照組 ($M_{\text{後}}=8.69$, $M_{\text{追}}=9.83$) 的學生。

另外，就視覺成像概念建構測驗 t 檢定來看，無論是後-前 t 檢定或追-前 t 檢定，純粹比對類比組 ($t_{\text{後-前}}=7.13$, $t_{\text{追-前}}=10.04$)、傳達屬性類比組 ($t_{\text{後-前}}=7.41$, $t_{\text{追-前}}=11.11$) 與對照組 ($t_{\text{後-前}}=3.76$, $t_{\text{追-前}}=5.47$) 的成績皆達顯著性差異。但是純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生經過視覺成像網路類比教學之後，其後測成績進步的幅度皆比對照組來的大，並且在追蹤測中，依舊是較對照組來的優異，表示教學成效也較對照組來的持久。

(二) 教學模式分組對於視覺成像概念建構成效影響之推論性統計分析

將「教學模式」當作單一因子，進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)。在統計資料分析時以「教學模式」為自變項，「視覺成像概念建構測驗前測成績」為共變數，「視覺成像概念建構測驗後測成績」與「視覺成像概念建構測驗追蹤測成績」為依變項，以比較不同教學模式在後測與追蹤測有何差異，其數據分析結果如表 4-1-2 所示。

表 4-1-2 教學模式對視覺成像概念建構測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F	p
共變量(概念建構前測)	0.62	2	183	55.19***	0.000
教學模式(純粹比對、傳達屬性、對照)	0.89	4	366	5.57***	0.000

註：1.*** $p<0.001$; df1:假設自由度, df2:誤差自由度

2. 純粹比對：純粹比對類比組, 傳達屬性：傳達屬性類比組, 對照：傳統講述式教學組

從表 4-1-2 得知，在視覺成像概念建構測驗後測與追蹤測中，「教學模式」(Wilk's $\Lambda = 0.89, p = 0.000$)對視覺成像概念建構測驗後測與追蹤測之成績影響效果達到顯著性差異，以下再進行主要效果分析，其數據分析結果如表 4-1-3 所示。

表 4-1-3 教學模式分組對視覺成像概念建構測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's Λ	單變量		事後比較	
		後測	追蹤測	後測：純粹比對 > 對照、傳達屬性 > 對照	追蹤：純粹比對 > 對照、傳達屬性 > 對照
教學模式	0.89***	8.80***	7.95***		

註：1.*** $p<0.001$

2. 純粹比對：純粹比對類比組, 傳達屬性：傳達屬性類比組, 對照：傳統講述式教學組

從表 4-1-3 得知，依據「教學模式」進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)，結果顯示不同教學模式在視覺成像概念建構測驗之後測 ($F = 8.80, p = 0.000$) 與追蹤測 ($F = 7.95, p = 0.000$) 皆達顯著性差異，經過事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組在視覺成像概念建構測驗後測與追蹤測成績，皆優於對照組的學生。

依據上述的推論性統計之結果，支持研究假設 1-1，不同教學模式對學生在視覺成像概念建構的成效(後測、追蹤測)達顯著性差異。

二、教學前後視覺成像概念主題相依類比推理能力分析

依據研究問題二「不同教學模式(純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式)，對學生的類比推理能力有何差異？」進行分析與討論，並在

下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。

(一) 視覺成像概念主題相依類比推理測驗之敘述性統計分析

將學生的視覺成像概念主題相依類比推理測驗前測、後測與追蹤測成績，依據教學分組（純粹比對類比、傳達屬性類比與傳統講述式），進行敘述性統計，其數據分析結果如表 4-1-4 所示。

表 4-1-4 「不同教學模式」對視覺成像概念主題相依類比推理測驗之敘述性統計

	概念前測			概念後測		概念追蹤測		t (後-前)	t (追-前)
	N	M	SD	M	SD	M	SD		
純粹比對類比組	63	4.95	2.78	7.40	3.00	7.53	3.18	6.29***	6.17***
傳達屬性類比組	62	4.48	2.97	6.23	3.01	6.98	2.80	4.08***	5.65***
對照組	65	4.77	2.37	5.62	2.93	6.86	2.46	2.46*	7.03***

註：N=190 * $p<.05$, *** $p<.001$



從教學模式分組的角度來看，依據表 4-1-4 在視覺成像概念主題相依類比推理測驗前測中，純粹比對類比組 ($M_{前}=4.95$) 的平均成績略高於傳達屬性類比組 ($M_{前}=4.48$) 與對照組 ($M_{前}=4.77$) 的學生，而對照組的平均成績則略高於傳達屬性類比組的學生，但經過視覺成像網路類比教學後，在視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測與追蹤測之成績，純粹比對類比組 ($M_{後}=7.40$, $M_{追}=7.53$) 與傳達屬性類比組 ($M_{後}=6.23$, $M_{追}=6.98$) 的平均成績皆高於對照組 ($M_{後}=5.62$, $M_{追}=6.86$) 的學生。

另外，就視覺成像概念主題相依類比推理測驗 t 檢定來看，無論是後-前 t 檢定或追-前 t 檢定，純粹比對類比組 ($t_{後-前}=6.29$, $t_{追-前}=6.17$)、傳達屬性類比組 ($t_{後-前}=4.08$, $t_{追-前}=5.65$) 與對照組 ($t_{後-前}=2.46$, $t_{追-前}=7.03$) 的成績皆達到顯著差異。但是純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生經過視覺成像網路類比教學之後，其後測成績進步的幅度皆比對照組來的大，並且在追蹤測中，依舊是較對照組來的優異，表示學生在視覺成像概念主題相依類比推理能力有所進步且教學成效也較對照組來的持久。

(二) 教學模式分組對於視覺成像概念主題相依類比推理能力影響之推論性統計分析

將「教學模式」當作單一因子，進行單因子多變量共變數分析（one-factor MANCOVA）。在統計資料分析時以「教學模式」為自變項，「視覺成像概念主題相依類比推理測驗前測成績」為共變數，「視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測成績」與「視覺成像概念主題相依類比推理測驗追蹤測成績」為依變項，以比較不同教學模式在後測與追蹤測有何差異，其數據分析結果如表 4-1-5 所示。

表 4-1-5 教學模式對視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F	p
共變量(類比推理前測)	0.80	2	182	22.82***	0.000
教學模式(純粹比對、傳達屬性、對照)	0.93	4	366	3.24*	0.013

註：1.* $p<.05$, *** $p<.001$; df1:假設自由度, df2:誤差自由度

2. 純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組，對照組：傳統講述式教學組



從表 4-1-5 得知，在視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測與追蹤測中，「教學模式」(Wilk's $\Lambda = 0.93$, $p = 0.013$) 對視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測與追蹤測之成績影響效果達到顯著性差異，以下再進行主要效果分析，其數據分析結果如表 4-1-6 所示。

表 4-1-6 教學模式分組對視覺成像概念主題相依類比推理測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's Λ	單變量		事後比較
		後測	追蹤測	
教學模式	0.93*	6.30**	0.78	後測：純粹比對 > 對照組

註：1.* $p<.05$, ** $p<.01$

2. 純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組，對照組：傳統講述式教學組

從表 4-1-6 得知，依據「教學模式」進行單因子多變量共變數分析（one-factor MANCOVA），結果顯示不同教學模式在視覺成像概念主題相依類比推理測驗之後測 ($F = 6.30, p = 0.002$) 達顯著性差異，而於追蹤測 ($F = 0.78, p = 0.462$) 則未達顯著性差異，經過事後比較之後，發現純粹比對類比組在視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測優於對照組的學生，但傳達屬性類比組與對照組則沒有達到顯著性差異。表示純粹比對類比教學模式對於促進學生的類比推理能力上，較傳達屬性類比組來的有效果。

依據上述的推論性統計之結果，支持研究假設 2-1，不同教學模式對學生的類比推理能力(後測)達顯著性差異；但不支持研究假設 2-1，不同教學模式對學生的類比推理能力(追蹤測)達顯著性差異。

三、教學前後科學推理能力分析

依據研究問題三「不同教學模式(純粹比對類比教學模式、傳達屬性類比教學模式與傳統講述式教學模式)，對學生的科學推理能力有何差異？」進行分析與討論，並在下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。

(一) 科學推理測驗之敘述性統計分析

將學生的科學推理測驗前測、後測與追蹤測成績，依據教學分組（純粹比對類比、傳達屬性類比與傳統講述式），進行敘述性統計，其數據分析結果如表 4-1-7 所示。

表 4-1-7 「不同教學模式」對科學推理測驗之敘述性統計

	概念前測			概念後測		概念追蹤測		t	t
	N	M	SD	M	SD	M	SD	(後-前)	(追-前)
純粹比對類比組	63	2.92	2.03	3.10	2.16	3.29	2.46	0.91	1.67
傳達屬性類比組	62	2.74	1.64	2.55	1.66	2.71	1.80	-0.86	-0.14
對照組	65	2.88	1.56	2.84	1.64	2.88	1.96	-0.09	0.00

註：N=190

從教學模式分組的角度來看，依據表 4-1-7 在科學推理測驗前測中，純粹比對類比組 ($M_{\text{前}}=2.92$) 的平均成績略高於傳達屬性類比組二 ($M_{\text{前}}=2.74$) 與對照組 ($M_{\text{前}}=2.88$) 的學生，而對照組的平均成績則略高於傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比教學後，在科學推理測驗後測與追蹤測之成績，純粹比對類比組 ($M_{\text{後}}=3.10$ ， $M_{\text{追}}=3.29$) 的平均成績仍舊高於傳達屬性類比組 ($M_{\text{後}}=2.55$ ， $M_{\text{追}}=2.71$) 與對照組 ($M_{\text{後}}=2.84$ ， $M_{\text{追}}=2.88$) 的學生，然而對照組的平均成績依舊略高於傳達屬性類比組的學生。

另外，就科學推理測驗 t 檢定來看，無論是後-前 t 檢定或追-前 t 檢定，純粹比對類比組 ($t_{\text{後-前}}=0.91$ ， $t_{\text{追-前}}=1.67$)、傳達屬性類比組 ($t_{\text{後-前}}=-0.86$ ， $t_{\text{追-前}}=-0.14$) 與對照組 ($t_{\text{後-前}}=-0.09$ ， $t_{\text{追-前}}=0.00$) 的成績皆未達顯著差異。然而，純粹比對類比組的學生經過視覺成像網路類比教學之後，其後測與追蹤測成績進步的幅度皆比傳達屬性類比組與對照組來的大，並且在追蹤測中，依舊是較傳達屬性類比組與對照組來的優異，表示純粹比對類比組學生科學推理能力有所進步且教學成效也較為持久。



(二) 教學模式分組對於科學推理能力影響之推論性統計分析

將「教學模式」當作單一因子，進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)。在統計資料分析時以「教學模式」為自變項，「科學推理測驗前測成績」為共變數，「科學推理測驗後測成績」與「科學推理測驗追蹤測成績」為依變項，以比較不同教學模式在後測與追蹤測有何差異，其數據分析結果如表 4-1-8 所示。

表 4-1-8 教學模式對科學推理測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	$df1$	$df2$	F	p
共變量(科學推理前測)	0.56	2	183	72.60***	0.000
教學模式(純粹比對、傳達屬性、對照)	0.98	4	366	1.00	0.409

註：1.*** $p<0.001$ ； $df1$ ：假設自由度， $df2$ ：誤差自由度

2.純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組，對照組：傳統講述式教學組

從表 4-1-8 得知，在科學推理測驗後測與追蹤測中，「教學模式」(Wilk's $\Lambda = 0.98$, $p=0.409$) 對科學推理測驗後測與追蹤測之成績影響效果未達到顯著性差異。

依據上述的推論性統計之結果，不支持研究假設 3-1，不同教學模式對學生的科學推理能力(後測、追蹤測)達顯著性差異。

四、各測驗之間的相關與逐步迴歸分析

(一) 九個測驗之間的相關 (Correlation) 分析

將研究中所採用的科學推理測驗、視覺成像概念建構測驗與視覺成像概念主題相依類比推理測驗之前測、後測、追蹤測，共九個測驗之間的相關係數整理如表 4-1-9 所示。

表 4-1-9 學推理測驗、視覺成像概念建構測驗與視覺成像概念主題相依類比推理測驗之前測、後測、追蹤測間的相關係數表

	科推前	科推後	科推追	概念前	概念後	概念追	類推前	類推後	類推追
科推前	1								
科推後	.61**	1							
科推追	.61**	.70**	1						
概念前	.40**	.41**	.47**	1					
概念後	.38**	.45**	.47**	.48**	1				
概念追	.40**	.48**	.58**	.55**	.64**	1			
類推前	.24**	.28**	.32**	.48**	.40**	.45**	1		
類推後	.16*	.35**	.41**	.35**	.59**	.52**	.42**	1	
類推追	.20**	.39**	.51**	.38**	.55**	.58**	.40**	.64**	1

註：1.* $p<.05$, ** $p<.01$

2.科推：科學推理測驗，概念：視覺成像概念建構測驗，類推：視覺成像概念主題相依類比推理測驗

從表 4-1-9 得知，這九個測驗的皮爾森相關均達顯著，而且除了推理前測與推理後測之間的 p 值小於 0.05 之外，其餘的 p 值都在 0.01 以下，由此可知這九個測驗之間屬於中度相關。從三份測驗的相關分析中得知類比推理後測、科學推理後測皆與概念建構測驗後測呈中度相關；類比推理追蹤測、科學推理追蹤測皆與概念建構追蹤測也呈中度相關，因此進一步以逐步迴歸進行分析。

(二) 視覺成像概念建構後測、視覺成像概念建構追蹤測與視覺成像主題相依類比推理後測的逐步迴歸分析

1. 以科學推理後測與視覺成像主題相依類比推理後測為預測變項，進行視覺成像概念建構後測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表 4-1-10 所示。

根據逐步迴歸分析數據估計顯示，科學推理後測的 Beta 值為 0.49， t 值為 8.23 ($p = 0.000$)，而視覺成像主題相依類比推理後測的 Beta 值為 0.28， t 值為 4.72 ($p = 0.000$)。第一個預測視覺成像概念建構後測的最佳預測變項為科學推理後測，其獨立可解釋視覺成像概念建構後測 34.9% 的變異量，而第二個被選入的預測變項為視覺成像主題相依類比推理後測，此變項獨自可解釋視覺成像概念建構後測 7.0% 的變異量，故此模式中共包含科學推理後測與視覺成像主題相依類比推理後測兩個預測變項，總共可以解釋視覺成像概念建構後測 42.0% 的變異量。

2. 以科學推理追蹤測與視覺成像主題相依類比推理追蹤測為預測變項，進行視覺成像概念建構追蹤測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表 4-1-10 所示。

根據逐步迴歸分析數據估計顯示，科學推理追蹤測的 Beta 值為 0.40， t 值為 6.21 ($p = 0.000$)，而視覺成像主題相依類比推理追蹤測的 Beta 值為 0.37， t 值為 5.77 ($p = 0.000$)。第一個預測視覺成像概念建構追蹤測的最佳預測變項為科學推理追蹤測，其獨立可解釋視覺成像概念建構追蹤測 33.9% 的變異量，而第二個被選入的預測變項為視覺成像主題相依類比推理追蹤測，此變項獨自可解釋視覺成像概念建構追蹤測 10.1% 的變異量，故此模式中共包含科學推理追蹤測與視覺成像主題相依類比推理追蹤測兩個預測變項，總共可以解釋視覺成像概念建構追蹤測 44.0% 的變異量。

表 4-1-10 視覺成像概念建構後測與追蹤測的逐步迴歸摘要表

選入變數	標準化係數 (Beta 分配)	解釋 變異量	t	p
預測變數：視覺成像概念建構後測				
科學推理後測	0.49	0.349	8.23***	0.000
視覺成像主題相依類比推理後測	0.28	0.070	4.72***	0.000
R	0.65			
R ²	0.42			
預測變數：視覺成像概念建構追蹤測				
科學推理追蹤測	0.40	0.339	6.21***	0.000
視覺成像主題相依類比推理追蹤測	0.37	0.101	5.77***	0.000
R	0.66			
R ²	0.44			

註：1.*** $p < .001$

依據表 4-1-10 的迴歸分析中發現，「科學推理後測」與「視覺成像主題相依類比推理後測」對「視覺成像概念建構後測」有解釋力，並且「科學推理追蹤測」與「視覺成像主題相依類比推理追蹤測」對「視覺成像概念建構追蹤測」亦有解釋力。因此，再從各變項的解釋變異量來看，顯示出「科學推理測驗」不論在後測或追蹤測，對於「視覺成像概念建構測驗」的預測上，都比「視覺成像主題相依類比推理測驗」具有更強的預測力。

五、小結

本節藉由三個測驗的結果來分析三組教學模式的學生，在經過教學的前後其視覺成像概念建構、視覺成像概念類比推理能力與科學推理能力改變的情況。首先，在視覺成像概念建構測驗方面，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生經過視覺成像網路類比教學之後，其視覺成像概念建構成績皆呈現大幅度進步的情形，學習成效均顯著優於傳統講述式教學的學生，並且學習效果也較為持久。其次，在視覺成像主題相依類比推理測驗方面，此測驗涵蓋兩個向度的學習，其一為視覺成像相關概念的學習，另一為視覺成像概念類比推理能力的學習。經過視覺成像網路類比教學之後，純粹比對類比組學生

的概念學習與視覺成像主題相依類比推理能力均有明顯的進步，顯著優於傳統講述式教學的學生，而傳達屬性類比組學生的概念學習與視覺成像主題相依類比推理能力亦有所進步，也優於傳統講述式教學的學生，只是差異未達顯著。顯示視覺成像網路類比教學，除了可以促進學生視覺成像相關知識的建構，同時也能協助視覺成像概念類比推理能力的發展。最後，在科學推理測驗方面，純粹比對類比組的學生經過視覺成像網路類比教學之後，其科學推理測驗成績呈現略為進步的情形，優於傳達屬性類比組與傳統講述式教學的學生，但皆未達顯著性差異。

第二節 視覺成像概念訪談分析

從上一節三份量化測驗的逐步回歸分析結果來看，顯示科學推理測驗與主題相依類比推理測驗，對於概念建構測驗都具有解釋力。因此，為了更進一步的瞭解科學推理與類比推理能力，在科學概念的建構上所扮演的角色與影響的情形，所以將針對實驗組的學生進行訪談，並根據訪談資料進行分析。

本節主要是依據研究問題四「經由三次訪談(教學前、後、追蹤)的內容來分析，學生在兩種不同教學模式(純粹比對類比教學模式與傳達屬性類比教學模式)前、後，其視覺成像正確概念分數、科學推理層級(N、G、EL、J)與類比推理層級(N、SAS、SAD、SRS、SRD)的情形為何？」，針對視覺成像網路類比教學分析純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念八個訪談問題的回答，以探討學生在教學前、後、追蹤時，其正確概念分數、科學推理層級與類比推理層級的情形，以下依序分別呈現出學生在訪談問題中的敘述性統計與推論性統計之分析結果。

一、視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談之正確概念分數分析

根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念問題之前測、後測、追蹤測訪談中，其正確概念分數（依照每個概念，正確給一分、不正確給零分）的改變情形，進行分析與討論，並呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。

(一) 不同教學模式教學前、後、追蹤視覺成像正確概念分數敘述性統計分析

將學生的視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談，其正確概念分數，依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行敘述性統計，其數據分析結果如表 4-2-1 所示。

表 4-2-1 不同教學模式視覺成像正確概念分數之敘述性統計分析

	概念前測			概念後測		概念追蹤測		t (後-前)	t (追-前)
	N	M	SD	M	SD	M	SD		
純粹比對類比組	24	12.50	9.25	22.29	8.39	25.22	6.46	7.12***	8.71***
傳達屬性類比組	24	12.46	6.58	23.04	6.37	24.17	5.58	11.12***	10.53***

註：N=190 *** $p<.001$

依據表 4-2-1 中顯示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，於教學後、追蹤訪談的正確概念分數皆較教學前高，而且由後-前 t 檢定與追-前 t 檢定可得知，純粹比對類比組 ($t_{後-前}=7.12$, $t_{追-前}=8.71$) 與傳達屬性類比組 ($t_{後-前}=11.12$, $t_{追-前}=10.53$) 的成績皆達顯著性差異。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念的學習成效與學習的保留效果都相當良好。

(二) 不同教學模式教學前、後、追蹤視覺成像概念次數與百分比率之敘述性統計分析

1. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題一「請你畫出眼睛的形狀。」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-2 與圖 4-2-1 所示。

表 4-2-2 視覺成像訪談問題一科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題一	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1. 畫出眼球的輪廓(側面)。	16	66.67	22	91.67	22	95.65	18	75.00	22	91.67	24	100.00
2. 畫出水晶體。	22	91.67	24	100.00	23	100.00	22	91.67	24	100.00	24	100.00
3. 畫出視網膜。	14	58.33	22	91.67	22	95.65	12	50.00	22	91.67	24	100.00
4. 畫出其他部位(睫狀肌、視神經)。	5	20.83	14	58.33	15	65.22	4	16.67	13	54.17	13	54.17
總計	57		82		82		56		81		85	

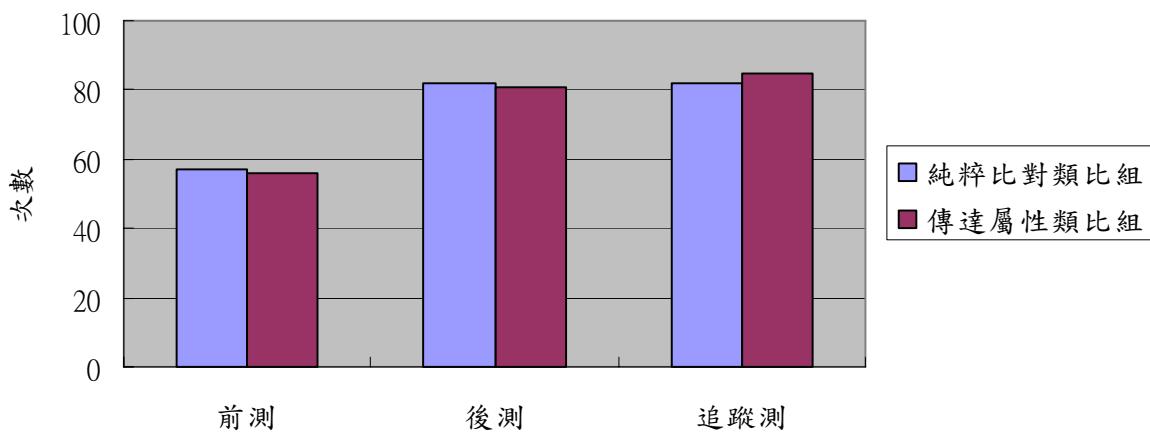


圖 4-2-1 視覺成像訪談問題一科學概念次數分配

從表 4-2-2 與圖 4-2-1 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有大幅增加的趨勢出現。依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數=82)與追蹤測(次數=82)，皆高於前測(次數=57)，而傳達屬性類比組後測(次數=81)與追蹤測(次數=85)，亦皆高於前測(次數=56)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

2. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題二「我們的眼睛有哪些構造呢？」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-3 與圖 4-2-2 所示。

表 4-2-3 視覺成像訪談問題二科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題二	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1. 說出眼球 or 眼睛。	14	58.33	10	41.67	8	34.78	9	37.50	7	29.17	7	29.17
2. 說出水晶體。	15	62.50	20	83.33	21	91.30	16	66.67	23	95.83	22	91.67
3. 說出視網膜。	13	54.17	21	87.50	22	95.65	10	41.67	21	87.50	23	95.83
4. 說出其他構造(睫狀肌、視神經)。	1	4.17	6	25.00	9	39.13	3	12.50	4	16.67	4	16.67
總計	43		57		60		38		55		56	

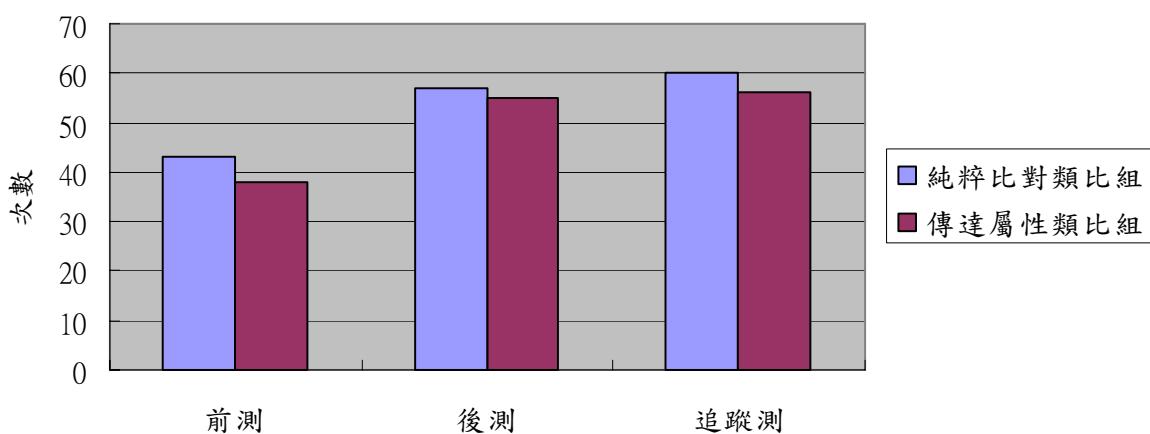


圖 4-2-2 視覺成像訪談問題二科學概念次數分配

從表 4-2-3 與圖 4-2-2 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有大幅增加的趨勢出現。依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數 = 57)與追蹤測(次數 = 60)，皆高於前

測(次數=43)，而傳達屬性類比組後測(次數=55)與追蹤測(次數=56)，亦皆高於前測(次數=38)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

3. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題三「我們的眼睛是如何看見東西的呢？」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-4 與圖 4-2-3 所示。

表 4-2-4 視覺成像訪談問題三科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題三	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1. 物體會反光或發光	1	4.17	4	16.67	4	17.39	5	20.83	11	45.83	8	33.33
2. 有光(反射光)進入眼睛。	12	50.00	22	91.67	23	100.00	17	70.83	20	83.33	24	100.00
3. 光經過水晶體之後會折射(聚集)，使影像落在視網膜上。	10	41.67	16	66.67	20	86.96	8	33.33	16	66.67	20	83.33
4. 眼睛的水晶體會因物體位置的不同而自動調整(厚薄)。	0	0.00	1	4.17	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
5. 物體的影像是倒立的	4	16.67	2	8.33	3	13.04	3	12.50	4	16.67	2	8.33
6. 物體的影像是縮小的。	1	4.17	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	8.33	2	8.33
7. 倒立的影像經由神經傳送 到大腦變回正常(正立)的影像。	1	4.17	0	0.00	2	8.70	2	8.33	5	20.83	1	4.17
總計	29		45		52		35		58		57	

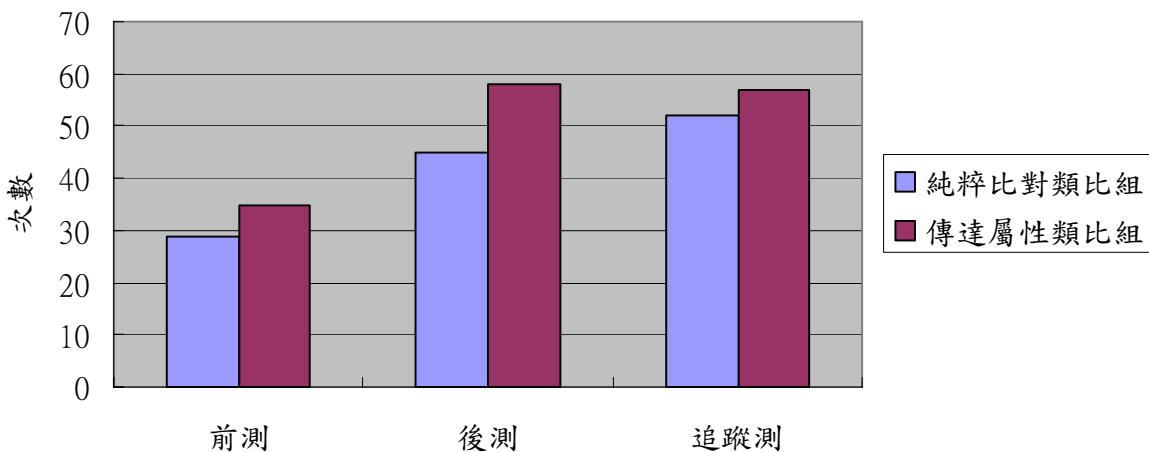


圖 4-2-3 視覺成像訪談問題三科學概念次數分配

從表 4-2-4 與圖 4-2-3 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有大幅增加的趨勢出現。依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數=45)與追蹤測(次數=52)，皆高於前測(次數=29)，而傳達屬性類比組後測(次數=58)與追蹤測(次數=57)，亦皆高於前測(次數=35)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

4. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題四「光線經過凸透鏡之後會產生什麼現象呢？」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-5 與圖 4-2-4 所示。

表 4-2-5 視覺成像訪談問題四科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題四	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1. 光線經過凸透鏡後，會聚集(向內折射)。	14	58.33	21	87.50	23	100.00	15	62.50	22	91.67	22	91.67
2. 光線經過凸透鏡後，會形成一個焦點。	9	37.50	20	83.33	23	100.00	9	37.50	20	83.33	17	70.83
3. 光線經過凸透鏡後，會往厚的地方偏折。	1	4.17	4	16.67	6	26.09	1	4.17	0	0.00	3	12.50
總計	24		45		52		25		42		42	

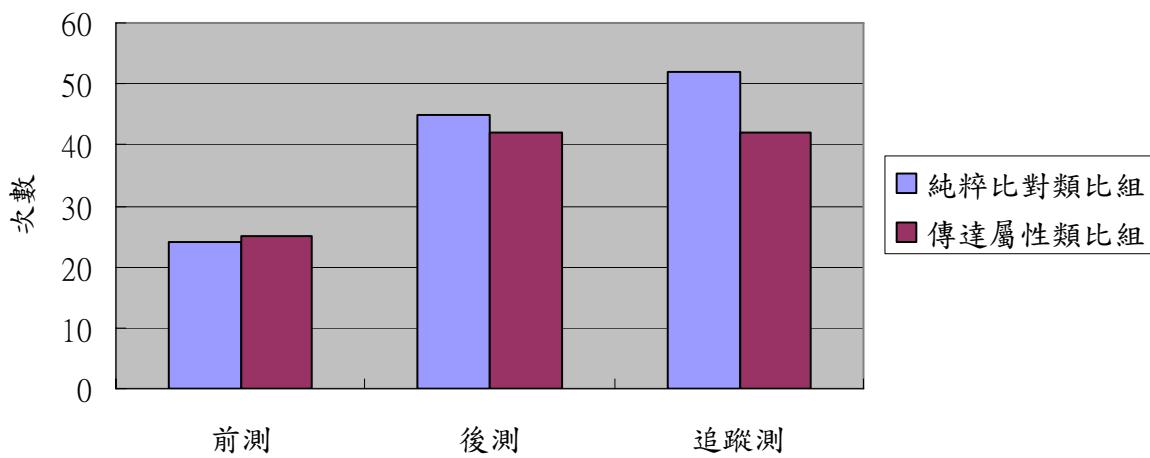


圖 4-2-4 視覺成像訪談問題四科學概念次數分配

從表 4-2-5 與圖 4-2-4 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有大幅增加的趨勢出現。依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數=45)與追蹤測(次數=52)，皆高於前測(次數=24)，而傳達屬性類比組後測(次數=42)與追蹤測(次數=42)，亦皆高於前測(次數=25)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

5. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題五「光線經過凹透鏡之後會產生什麼現象呢？」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-6 與圖 4-2-5 所示。

表 4-2-6 視覺成像訪談問題五科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題五	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1. 光線經過凹透鏡後，會散開(向外折射)。	12	50.00	19	79.17	20	86.96	12	50.00	19	79.17	20	83.33
2. 光線經過凸透鏡後，會形成一個虛焦點。	0	0.00	1	4.17	0	0.00	0	0.00	1	4.17	0	0.00
3. 光線經過凹透鏡後，會往厚的地方偏折。	2	8.33	4	16.67	6	26.09	1	4.17	0	0.00	3	12.50
總計	14		24		26	1896	13		20		23	

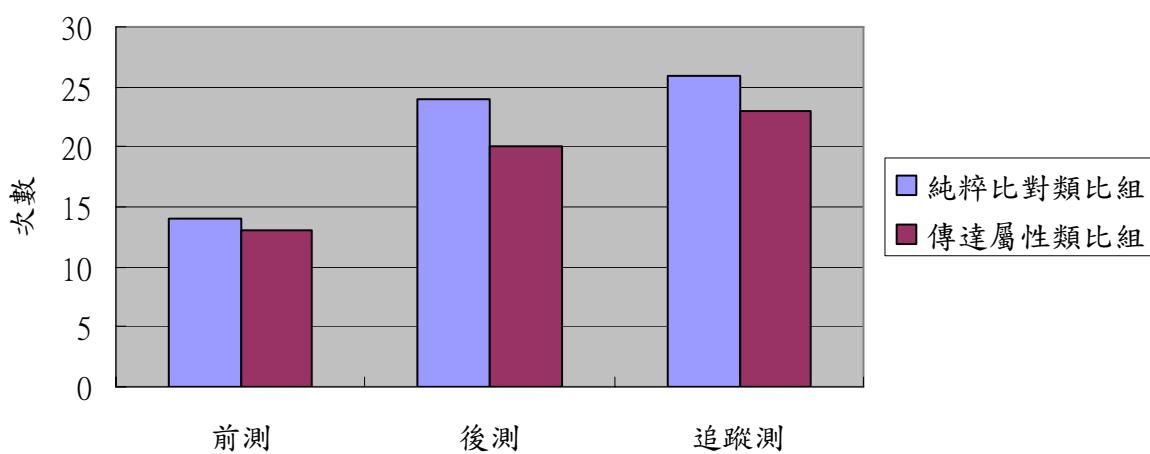


圖 4-2-5 視覺成像訪談問題五科學概念次數分配

從表 4-2-6 與圖 4-2-5 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有增加的趨勢出現。

依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數=24)與追蹤測(次數=26)，皆高於前測(次數=14)，而傳達屬性類比組後測(次數=20)與追蹤測(次數=23)，亦皆高於前測(次數=13)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

6. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題六「什麼是「近視眼」呢？有「近視眼」的人為什麼會看不清楚呢？」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-7 與圖 4-2-6 所示。

表 4-2-7 視覺成像訪談問題六科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題六	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.近視眼遠的東西看不清楚。	11	45.83	9	37.50	7	30.43	11	45.83	4	16.67	1	4.17
2.近視眼的水晶體聚集光線後，影像落在視網膜前。	5	20.83	12	50.00	18	78.26	6	25.00	13	54.17	21	87.50
3.近視眼的水晶體太厚(變形)。	8	33.33	12	50.00	11	47.83	4	16.67	8	33.33	11	45.83
4.近視眼的水晶體無法自動調節(厚薄)。	3	12.50	3	12.50	4	17.39	0	0.00	5	20.83	3	12.50
總計	27		36		40		21		30		36	

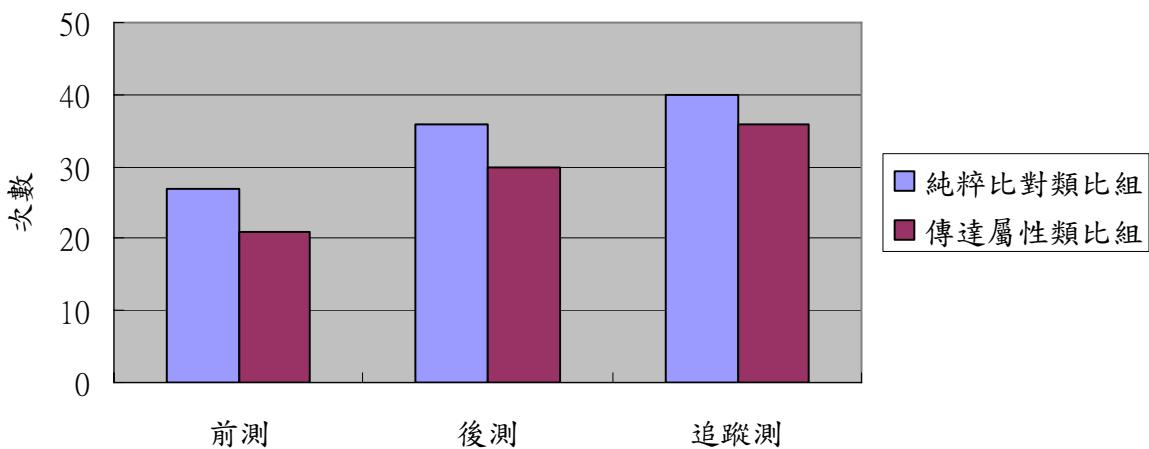


圖 4-2-6 視覺成像訪談問題六科學概念次數分配

從表 4-2-7 與圖 4-2-6 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有增加的趨勢出現。依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數=36)與追蹤測(次數=40)，皆高於前測(次數=27)，而傳達屬性類比組後測(次數=30)與追蹤測(次數=36)，亦皆高於前測(次數=21)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

7. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題七「什麼是「老花眼」呢？有「老花眼」的人為什麼會看不清楚呢？」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-8 與圖 4-2-7 所示。

表 4-2-8 視覺成像訪談問題七科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題七	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1. 老花眼近的東西看不清楚。	6	25.00	7	29.17	7	30.43	6	25.00	4	16.67	0	0.00
2. 老花眼的水晶體聚集光線後，影像落在視網膜後。	3	12.50	10	41.67	18	78.26	5	20.83	14	58.33	21	87.50
3. 老花眼的水晶體太薄(變形)。	5	20.83	11	45.83	11	47.83	1	4.17	9	37.50	10	41.67
4. 老花眼的水晶體無法自動調節(厚薄)。	0	0.00	1	4.17	3	13.04	0	0.00	1	4.17	3	12.50
總計	14		29		39		12		28		34	

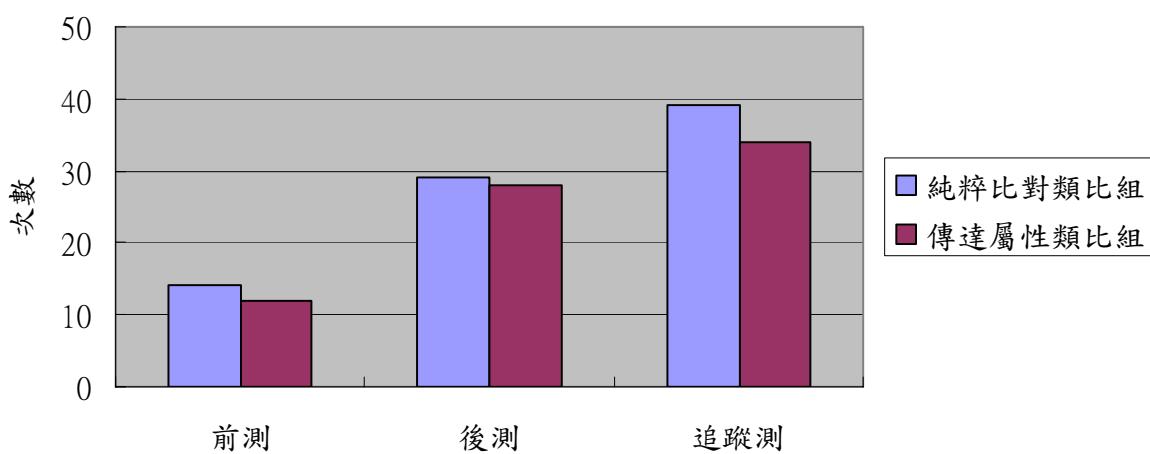


圖 4-2-7 視覺成像訪談問題七科學概念次數分配

從表 4-2-8 與圖 4-2-7 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有大幅增加的趨勢出現。依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數=29)與追蹤測(次數=39)，皆高於前測(次數=14)，而傳達屬性類比組後測(次數=28)與追蹤測(次數=34)，亦皆高於前測(次

數=12)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

8. 根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組學生在前、後、追蹤測，回答視覺成像訪談問題八「請試著使用塑膠球(相機)模型去推測下列眼睛的情況。」時，其所採用的科學概念次數與百分比率進行統整分析，其數據分析結果如表 4-2-9 與圖 4-2-8 所示。

表 4-2-9 視覺成像訪談問題八科學概念次數與百分比率之敘述性統計

問題八	純粹比對類比組						傳達屬性類比組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題八之一.從相機外觀的構造上來看，你覺得塑膠球(相機)與眼睛有哪幾項共同性呢？												
1. 塑膠球(相機)像眼球。	2	8.33	6	25.00	5	21.74	1	4.17	5	20.83	0	0.00
2. 凸透鏡(鏡頭)像水晶體。	12	50.00	21	87.50	21	91.30	14	58.33	24	100.00	24	100.00
3. 屏幕(底片)像視網膜。	12	50.00	21	87.50	21	91.30	10	41.67	22	91.67	23	95.83
4. 凸透鏡(鏡頭)與水晶體，兩者皆能聚集光線。	2	8.33	6	25.00	17	73.91	4	16.67	5	20.83	21	87.50
5. 屏幕(底片)與視網膜，兩者皆能呈現物體影像。	1	4.17	7	29.17	19	82.61	3	12.50	4	16.67	23	95.83
問題八之二.從相機外觀的構造上來看，你覺得塑膠球(相機)與眼睛有哪幾項相異性呢？												
1. 塑膠球(相機)的凸透鏡(鏡頭)不能自動調整厚薄；而眼睛的水晶體可以。	0	0.00	7	29.17	3	13.04	0	0.00	7	29.17	5	20.83
2. 眼睛的水晶體不能更換(伸縮)；而塑膠球	0	0.00	5	20.83	1	4.35	2	8.33	9	37.50	7	29.17

(相機)的凸透鏡(鏡頭)可以。

3. 塑膠球(相機)的屏幕(底片)沒有神經連接傳送影像到大腦(使其變正立)。

問題八之三. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入正常的眼睛後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜上。

2. 物體的影像

會落(呈現)在視網膜上。

3. 物體的影像
是倒立的。

4. 物體的影像
是縮小的。

5. 倒立縮小的
影像傳送到大
腦後會變正常
(正立)。



問題八之四. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入「近視眼」後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜前 or 聚集的較快(焦距較短)。

2. 物體清楚的
影像會落(呈
現)在視網膜
前。

3. 物體的影像
會落(呈現)在
視網膜上，但影

2	8.33	1	4.17	1	4.35	0	0.00	2	8.33	0	0.00
---	------	---	------	---	------	---	------	---	------	---	------

問題八之三. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入正常的眼睛後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜上。

2. 物體的影像

會落(呈現)在視網膜上。

3. 物體的影像
是倒立的。

4. 物體的影像
是縮小的。

5. 倒立縮小的
影像傳送到大
腦後會變正常
(正立)。

問題八之四. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入「近視眼」後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜前 or 聚集的較快(焦距較短)。

2. 物體清楚的
影像會落(呈
現)在視網膜
前。

3. 物體的影像
會落(呈現)在
視網膜上，但影

11	45.83	16	66.67	20	86.96	11	45.83	18	75.00	23	95.83
----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------

問題八之三. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入正常的眼睛後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜上。

2. 物體的影像

會落(呈現)在視網膜上。

3. 物體的影像
是倒立的。

4. 物體的影像
是縮小的。

5. 倒立縮小的
影像傳送到大
腦後會變正常
(正立)。

17	70.83	19	79.17	21	91.30	14	58.33	21	87.50	23	95.83
----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------

問題八之四. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入「近視眼」後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜前 or 聚集的較快(焦距較短)。

2. 物體清楚的
影像會落(呈
現)在視網膜
前。

3. 物體的影像
會落(呈現)在
視網膜上，但影

0	0.00	5	20.83	2	8.70	0	0.00	9	37.50	4	16.67
---	------	---	-------	---	------	---	------	---	-------	---	-------

問題八之三. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入正常的眼睛後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜上。

2. 物體的影像

會落(呈現)在視網膜上。

3. 物體的影像
是倒立的。

4. 物體的影像
是縮小的。

5. 倒立縮小的
影像傳送到大
腦後會變正常
(正立)。

0	0.00	1	4.17	1	4.35	1	4.17	4	16.67	2	8.33
---	------	---	------	---	------	---	------	---	-------	---	------

問題八之四. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入「近視眼」後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜前 or 聚集的較快(焦距較短)。

2. 物體清楚的
影像會落(呈
現)在視網膜
前。

3. 物體的影像
會落(呈現)在
視網膜上，但影

0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	12.50	0	0.00
---	------	---	------	---	------	---	------	---	-------	---	------

問題八之三. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入正常的眼睛後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜上。

2. 物體的影像

會落(呈現)在視網膜上。

3. 物體的影像
是倒立的。

4. 物體的影像
是縮小的。

5. 倒立縮小的
影像傳送到大
腦後會變正常
(正立)。

9	37.50	19	79.17	19	82.61	11	45.83	19	79.17	22	91.67
---	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------	----	-------

問題八之四. 使用塑膠球(相機)來推測，當光線進入「近視眼」後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集在視網膜前 or 聚集的較快(焦距較短)。

2. 物體清楚的
影像會落(呈
現)在視網膜
前。

3. 物體的影像
會落(呈現)在
視網膜上，但影

像是模糊的。

4. 物體的影像 是倒立的。	0	0.00	3	12.50	3	13.04	0	0.00	3	12.50	1	4.17
5. 物體的影像 是縮小的。	0	0.00	1	4.17	1	4.35	0	0.00	1	4.17	0	0.00
6. 近視眼要戴 凹透鏡來矯正。	0	0.00	6	25.00	1	4.35	1	4.17	7	29.17	0	0.00
7. 戴凹透鏡可 以使光線散 開，讓影像回到 視網膜上。	0	0.00	4	16.67	1	4.35	0	0.00	6	25.00	0	0.00

問題八之五. 使用塑膠球(相機)來說明，當光線進入「老花眼」後會怎麼樣呢？那物體的影像會呈現在哪裡呢？

1. 光線經過水

晶體後會聚集

在視網膜後 or

聚集的較慢(焦
距較長)。

2. 物體清楚的
影像會落(呈
現)在視網膜
後。

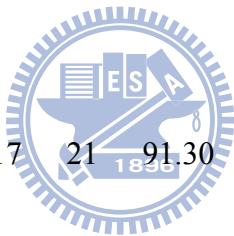
3. 物體的影像
會落(呈現)在
視網膜上，但影
像是模糊的。

4. 物體的影像
是倒立的。

5. 物體的影像
是縮小的。

6. 老花眼要戴
凸透鏡來矯正。

7. 戴凸透鏡可
以使光線聚
集，讓影像回到
視網膜上。



總計	92	217	229	99	239	247
----	----	-----	-----	----	-----	-----

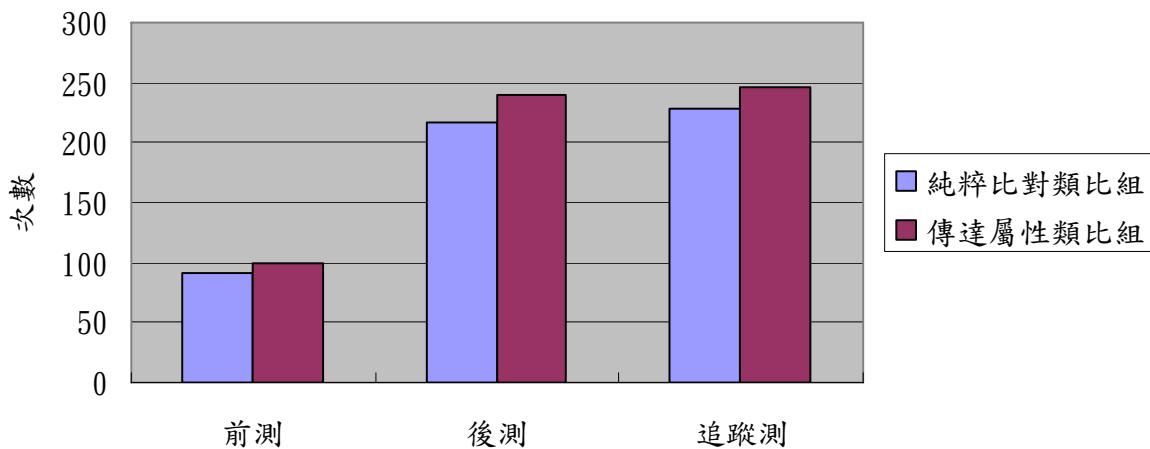


圖 4-2-8 視覺成像訪談問題八科學概念次數分配

從表 4-2-9 與圖 4-2-8 中得知，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，經過視覺成像網路類比學習後，其所採用的科學概念次數與百分比率，皆有大幅增加的趨勢出現。依據總計次數來看純粹比對類比組後測(次數 = 217)與追蹤測(次數 = 229)，皆高於前測(次數 = 92)，而傳達屬性類比組後測(次數 = 239)與追蹤測(次數 = 247)，亦皆高於前測(次數 = 99)。表示學生在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也相當良好。

(三) 不同教學模式教學前、後、追蹤視覺成像正確概念分數推論性統計分析

將學生的視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談，其正確概念分數，依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行單因子重複量數 (One-factor repeated measure) 分析。在統計分析時，以兩種不同教學模式為受試者間因子，正確概念分數(前測、後測、追蹤測)為受試者內因子，來進行比較以分析學生之總分、問題一、問題二、問題三、問題四、問題五、問題六、問題七、問題八的正確概念分數的差異情形，並將有顯著差異的變項再進行事後比較，其數據分析結果如表 4-2-10 所示。

表 4-2-10 不同教學模式下視覺成像正確概念分數之重複量數分析

變異來源	N	F	p	事後比較
總分				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	119.96	0.000***	後 > 前(.000)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.07	0.798	
正確概念分數×教學模式	47	0.25	0.780	
問題一				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	36.34	0.000***	後 > 前(.000)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.09	0.769	
正確概念分數×教學模式	47	0.03	0.926	
問題二				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	15.26	0.000***	後 > 前(.001)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	1.13	0.294	
正確概念分數×教學模式	47	0.20	0.821	
問題三				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	20.73	0.000***	後 > 前(.000)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	1.33	0.255	
正確概念分數×教學模式	47	0.82	0.443	
問題四				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	28.20	0.000***	後 > 前(.000)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	2.16	0.148	
正確概念分數×教學模式	47	1.73	0.184	
問題五				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	12.26	0.000***	後 > 前(.000)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	1.25	0.269	
正確概念分數×教學模式	47	0.28	0.758	
問題六				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	10.32	0.000***	後 > 前(.032)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	1.38	0.246	
正確概念分數×教學模式	47	0.03	0.975	
問題七				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	37.22	0.000***	後 > 前(.000)；追 > 前(.000)； 追 > 後(.019)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.66	0.423	
正確概念分數×教學模式	47	0.38	0.686	
問題八				
正確概念分數(前、後、追蹤)	47	82.58	0.000***	後 > 前(.000)；追 > 前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.17	0.685	

註： $***p < .001$ 事後比較：前=前測，後=後測，追=追蹤測

從表 4-2-10 的結果顯示，學生在視覺成像正確概念分數之總分 ($F=119.96, p=0.000$)、問題一 ($F=36.34, p=0.000$)、問題二 ($F=15.26, p=0.000$)、問題三 ($F=20.73, p=0.000$)、問題四 ($F=28.20, p=0.000$)、問題五 ($F=12.26, p=0.000$)、問題六 ($F=10.32, p=0.000$)、問題七 ($F=37.22, p=0.000$)、問題八 ($F=82.58, p=0.000$) 來看皆達顯著性差異，經事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像正確概念分數後測與追蹤測成績，皆顯著優於前測成績。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念的建構與學習的保留效果都有非常良好的表現。然而，以兩種不同教學模式間在視覺成像正確概念分數之總分 ($F=0.07, p=0.798$)、問題一 ($F=0.09, p=0.769$)、問題二 ($F=1.13, p=0.294$)、問題三 ($F=1.33, p=0.255$)、問題四 ($F=2.16, p=0.148$)、問題五 ($F=1.25, p=0.269$)、問題六 ($F=1.38, p=0.246$)、問題七 ($F=0.66, p=0.423$)、問題八 ($F=0.17, p=0.685$) 來看皆未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像正確概念分數的表現沒有差別。此外，正確概念分數與教學模式間均沒有出現交互作用的情況。

根據上述的敘述性統計與推論性統計之結果，來說明研究假設 4-1，不同教學模式的類比教學對學生視覺成像正確概念分數(教學後訪談、追蹤訪談)的學習效果沒有差異，但兩種教學模式的類比教學，都能有效促進學生視覺成像概念的建構與學習。

二、視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談之科學推理層級分析

根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念問題之前測、後測、追蹤測訪談中，其科學推理層級 (包括 N：不相關、G：概述、EL：精緻化、J：辯證) 的改變情形，進行分析與討論，並呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。同時，在進行科學推理層級分析時，僅針對學生在視覺成像概念訪談中，所回答的正確概念來評定其所屬的科學推理層級。

(一) 不同教學模式教學前、後、追蹤視覺成像概念之科學推理層級統計分析

將學生的視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談，其科學推理層級，依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行敘述性統計，其數據分析結果如表 4-2-11 所示。

表 4-2-11 不同教學模式視覺成像科學推理層級之敘述性統計分析

	前測		後測		追蹤測		平均差	平均差	
	M	SD	M	SD	M	SD	(後-前)	(追-前)	
概念一：光線與(凹、凸)透鏡折射的概念									
純粹比對	N	0.38	0.50	0.13	0.34	0.00	0.00	-0.25	-0.38
	G	1.08	0.93	1.67	0.70	1.91	0.29	0.59	0.83
	EL	0.08	0.41	0.04	0.20	0.22	0.60	-0.04	0.14
	J	0.54	0.88	1.21	1.02	1.48	0.95	0.67	0.94
傳達屬性	N	0.38	0.50	0.08	0.28	0.08	0.28	-0.30	-0.30
	G	1.13	0.95	1.71	0.62	1.75	0.61	0.58	0.62
	EL	0.04	0.20	0.00	0.00	0.04	0.20	-0.04	0.00
	J	0.50	0.72	0.87	0.45	0.96	0.91	0.37	0.46
概念二：眼睛與眼睛成像的概念									
純粹比對	N	0.13	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	-0.13
	G	0.54	0.59	1.08	0.50	1.17	0.39	0.54	0.63
	EL	0.75	0.44	0.79	0.42	0.91	0.29	0.04	0.16
	J	0.25	0.61	0.33	0.57	0.26	0.62	0.08	0.01
傳達屬性	N	0.13	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	-0.13
	G	0.92	0.58	1.29	0.75	1.33	0.48	0.37	0.41
	EL	0.67	0.48	0.92	0.28	0.96	0.20	0.25	0.29
	J	0.21	0.51	0.96	1.04	0.38	0.82	0.75	0.17
概念三：近視眼與近視眼成像的概念									
純粹比對	N	0.08	0.28	0.13	0.34	0.00	0.00	0.05	-0.08
	G	0.71	0.46	0.37	0.50	0.39	0.50	-0.34	-0.32
	EL	0.42	0.50	1.04	0.70	0.96	0.37	0.62	0.54
	J	0.42	0.58	0.92	1.10	0.83	0.98	0.50	0.41
傳達屬性	N	0.13	0.34	0.00	0.00	0.04	0.20	-0.13	-0.09
	G	0.58	0.50	0.33	0.48	0.08	0.28	-0.25	-0.50
	EL	0.67	0.48	1.13	0.74	0.92	0.28	0.46	0.25
	J	0.17	0.38	0.96	1.08	0.63	0.71	0.79	0.46
概念四：老花眼與老花眼成像的概念									
純粹比對	N	0.33	0.48	0.17	0.38	0.00	0.00	-0.16	-0.33

粹比對	G	0.50	0.51	0.29	0.46	0.35	0.49	-0.21	-0.15
	EL	0.33	0.48	1.08	0.72	0.91	0.29	0.75	0.58
	J	0.21	0.42	0.88	1.04	0.70	0.64	0.67	0.49
傳達屬性	N	0.37	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.37	-0.37
	G	0.38	0.50	0.29	0.46	0.08	0.28	-0.09	-0.30
	EL	0.37	0.50	1.21	0.72	0.92	0.28	0.84	0.55
	J	0.04	0.20	0.92	1.02	0.58	0.72	0.88	0.54

註：1. $N_{\text{純粹比對}} = 24$, $N_{\text{傳達屬性}} = 24$

2. 純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

依據表 4-2-11 中顯示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，由科學推理層級的平均差來看，學生經過網路類比教學後，在概念一、概念二、概念三與概念四上，其所使用不相關 (N) 與概述 (G) 之科學推理層級出現減少的情況，而精緻化 (EL) 與辯證 (J) 之推理層級出現增加的趨勢。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在概念一、概念二、概念三與概念四的科學推理層級皆有所提升，同時精緻化 (EL) 與辯證 (J) 科學推理層級在追蹤測的保留效果皆相當良好。



(二) 不同教學模式教學前、後、追蹤視覺成像概念之科學推理層級推論性統計分析

將學生的視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談，其視覺成像概念之科學推理層級 (包括 N：不相關、G：概述、EL：精緻化、J：辯證)，依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行單因子重複量數 (One-factor repeated measure) 分析。在統計分析時，以兩種不同教學模式為受試者間因子，科學推理層級 (前測、後測、追蹤測) 為受試者內因子，來進行比較以分析學生之概念一、概念二、概念三、概念四的科學推理層級的差異情形，並將有顯著差異的變項再進行事後比較，其數據分析結果如表 4-2-12~表 4-2-15 所示。

表 4-2-12 不同教學模式下視覺成像概念一之科學推理層級之重複量數分析

變異來源	N	F	p	事後比較
不相關(N)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	12.98	0.000***	前>後(.001)；前>追(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.31	0.582	
科學推理層級×教學模式	47	0.21	0.79	
概述(G)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	18.03	0.000***	後>前(.000)；追>前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.21	0.649	
科學推理層級×教學模式	47	0.23	0.799	
精緻化(EL)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	1.40	0.249	
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	2.17	0.148	
科學推理層級×教學模式	47	0.68	0.441	
辯證(J)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	12.87	0.000***	後>前(.000)；追>前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	3.15	0.083	
科學推理層級×教學模式	47	1.35	0.263	

註：1.*** $p<.001$

2.前：前測、後：後測、追：追蹤測

3.純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

從表 4-2-12 的結果顯示，學生在視覺成像概念一之科學推理層級，除了精緻化(EL) ($F=1.40, p=0.249$) 之外，不相關(N) ($F=12.98, p=0.000$) 、概述(G) ($F=18.03, p=0.000$) 與辯證(J) ($F=12.87, p=0.000$) 皆達顯著性差異，經事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生其科學推理層級之不相關(N)在視覺成像概念一的後測與追蹤測，皆顯著低於前測，而科學推理層級之概述(G)與辯證(J)的後測與追蹤測，則皆顯著優於前測。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念一中科學推理層級的使用有所成長，且保留效果也都有非常良好的表現。然而，以兩種不同教學模式間在視覺成像概念一之科學推理層級，無論是不相關(N) ($F=0.31, p=0.582$) 、概述(G) ($F=0.21, p=0.649$) 、精緻化(EL) ($F=2.17, p=0.148$) 與辯證(J) ($F=3.15, p=0.083$) 皆未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視

覺成像概念一之科學推理層級的表現沒有差別。此外，科學推理層級與教學模式間均沒有出現交互作用的情況。

表 4-2-13 不同教學模式下視覺成像概念二之科學推理層級之重複量數分析

變異來源	N	F	p	事後比較
不相關(N)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	5.33	0.006**	
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.17	0.680	
科學推理層級×教學模式	47	0.17	0.842	
概述(G)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	13.11	0.000***	後>前(.006)；追>前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	5.08	0.029*	傳達屬性>純粹比對(.029)
科學推理層級×教學模式	47	0.42	0.607	
精緻化(EL)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	7.49	0.003**	追>前(.003)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.01	0.936	
科學推理層級×教學模式	47	1.89	0.168	
辯證(J)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	5.91	0.004**	後>前(.008)；後>追(.039)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	2.24	0.141	
科學推理層級×教學模式	47	3.58	0.051	

註：1.* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

2.前：前測、後：後測、追：追蹤測

3.純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

從表 4-2-13 的結果顯示，學生在視覺成像概念二之科學推理層級，不相關(N) ($F = 5.33, p = 0.006$) 、概述(G) ($F = 13.11, p = 0.000$) 、精緻化(EL) ($F = 7.49, p = 0.003$) 與辯證(J) ($F = 5.91, p = 0.004$) 皆達顯著性差異，經事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生其科學推理層級之概述(G)在視覺成像概念二的後測與追蹤測，皆顯著低於前測，而科學推理層級之精緻化(EL)其追蹤測，顯著高於前測，至於辯證(J)的後測，則顯著優於前測與追蹤測。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念二中科學推理層級的使用有所成長，且保留效果也都有良好的表

現。然而，以兩種不同教學模式間在視覺成像概念二之科學推理層級，除了概述(G) ($F = 5.08, p = 0.029$) 之外，不相關(N) ($F = 0.17, p = 0.68$)、精緻化(EL) ($F = 0.01, p = 0.936$) 與辯證(J) ($F = 2.24, p = 0.141$) 皆未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念二之科學推理層級的表現沒有差別。此外，科學推理層級與教學模式間均沒有出現交互作用的情況。

表 4-2-14 不同教學模式下視覺成像概念三之科學推理層級之重複量數分析

變異來源	N	F	p	事後比較
不相關(N)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	1.55	0.217	
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.15	0.703	
科學推理層級×教學模式	47	2.07	0.132	
概述(G)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	12.56	0.000***	前>後(.004)；前>追(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	2.40	0.128	
科學推理層級×教學模式	47	1.61	0.206	
精緻化(EL)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	19.76	0.000***	後>前(.000)；追>前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.45	0.508	
科學推理層級×教學模式	47	1.19	0.308	
辯證(J)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	8.84	0.002**	後>前(.001)；追>前(.005)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.86	0.359	
科學推理層級×教學模式	47	0.39	0.657	

註：1.** $p < .01$, *** $p < .001$

2.前：前測、後：後測、追：追蹤測

3.純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

從表 4-2-14 的結果顯示，學生在視覺成像概念三之科學推理層級，除了不相關(N) ($F = 1.55, p = 0.217$) 之外，概述(G) ($F = 12.56, p = 0.000$) 精緻化(EL) ($F = 19.76, p = 0.000$)、與辯證(J) ($F = 8.84, p = 0.002$) 皆達顯著性差異，經事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生其科學推理層級之概述(G)在視覺成像概念三的後

測與追蹤測，皆顯著低於前測，而科學推理層級之精緻化(EL)與辯證(J)的後測與追蹤測，則皆顯著優於前測。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念三中科學推理層級的使用有所成長，且保留效果也都有非常良好的表現。然而，以兩種不同教學模式間在視覺成像概念三之科學推理層級，無論是不相關(N) ($F=0.15, p=0.703$)、概述(G) ($F=2.40, p=0.128$)、精緻化(EL) ($F=0.45, p=0.508$) 與辯證(J) ($F=0.86, p=0.359$) 皆未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念三之科學推理層級的表現沒有差別。此外，科學推理層級與教學模式間均沒有出現交互作用的情況。

表 4-2-15 不同教學模式下視覺成像概念四之科學推理層級之重複量數分析

變異來源	N	F	p	事後比較
不相關(N)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	20.47	0.000***	前>後(.000)；前>追(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.33	0.572	
科學推理層級×教學模式	47	0.98	0.357	
概述(G)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	3.15	0.048*	
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	1.96	0.169	
科學推理層級×教學模式	47	1.13	0.327	
精緻化(EL)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	38.84	0.000***	後>前(.000)；後>追(.020)；追>前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.11	0.739	
科學推理層級×教學模式	47	0.08	0.893	
辯證(J)				
科學推理層級(前、後、追蹤)	47	15.93	0.000***	後>前(.000)；追>前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.46	0.502	
科學推理層級×教學模式	47	0.21	0.767	

註：1.* $p<.05$, *** $p<.001$

2.前：前測、後：後測、追：追蹤測

3.純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

從表 4-2-15 的結果顯示，學生在視覺成像概念四之科學推理層級，無論不相關(N) ($F=20.47, p=0.000$)、概述(G) ($F=3.15, p=0.048$)、精緻化(EL) ($F=38.84, p=0.000$) 與辯證(J) ($F=15.93, p=0.000$) 皆達顯著性差異，經事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生其科學推理層級之不相關(N)在視覺成像概念四的後測與追蹤測，皆顯著低於前測，而科學推理層級之精緻化(EL)與辯證(J)的後測與追蹤測，則皆顯著優於前測，另外，科學推理層級之精緻化(EL)的後測，亦顯著高於追蹤測。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念四中科學推理層級的使用有所成長，且保留效果也都有非常好的表現。然而，以兩種不同教學模式間在視覺成像概念四之科學推理層級，無論是不相關(N) ($F=0.33, p=0.572$)、概述(G) ($F=1.96, p=0.169$)、精緻化(EL) ($F=0.11, p=0.739$) 與辯證(J) ($F=0.46, p=0.502$) 皆未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念四之科學推理層級的表現沒有差別。此外，科學推理層級與教學模式間均沒有出現交互作用的情況。

根據上述的敘述性統計與推論性統計之結果，來說明研究假設 4-2，不同教學模式的類比教學對學生運用科學推理層級(教學後訪談、追蹤訪談)沒有差異，但兩種教學模式的類比教學，都能有效促進學生在回答視覺成像概念問題時，從原本使用較低階的科學推理層級不相關(N)與概述(G)，轉而採用較高階的科學推理層級精緻化(EL)與辯證(J)。

三、視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談之類比推理層級分析

根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念問題之前測、後測、追蹤測訪談中，其類比推理層級（包括 N：不相關、SAS：表面屬性相似、SAD：表面屬性相異、SRS：結構關係相似、SRD：結構關係相異）的改變情形，進行分析與討論，並呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。同時，在進行類比推理層級分析時，僅針對學生在視覺成像概念訪談中，所回答的正確概念來評定其所屬的類比推理層級。

(一) 不同教學模式教學前、後、追蹤視覺成像概念之類比推理層級統計分析

將學生的視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談，其類比推理層級，依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行敘述性統計，其數據分析結果如表 4-2-16 所示。

表 4-2-16 不同教學模式視覺成像類比推理層級之敘述性統計分析

	前測		後測		追蹤測		平均差	平均差
	M	SD	M	SD	M	SD	(後-前)	(追-前)
眼睛類比概念								
純粹比對	N	0.25	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.25
	SAS	1.54	1.32	2.50	0.98	2.48	0.85	0.96
	SAD	0.17	0.38	0.42	0.50	0.30	0.56	0.25
	SRS	0.13	0.45	0.54	0.78	1.57	0.79	0.41
	SRD	0.08	0.28	0.54	0.88	0.22	0.52	0.46
	N	0.08	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.08
傳達屬性	SAS	1.25	0.80	2.13	0.54	2.08	0.50	0.88
	SAD	0.33	0.48	0.50	0.60	0.38	0.58	0.17
	SRS	0.25	0.44	0.42	0.78	1.83	0.48	0.17
	SRD	0.08	0.28	0.75	0.94	0.50	0.72	0.67
								0.42

註：1. $N_{\text{純粹比對}} = 24$, $N_{\text{傳達屬性}} = 24$

2. 純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

依據表 4-2-16 中顯示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，由類比推理層級的平均差來看，學生經過網路類比教學後，在眼睛類比概念上，其所使用不相關 (N) 之類比推理層級出現減少的情況，而表面屬性相似(SAS)、表面屬性相異(SAD)、結構關係相似(SRS)與結構關係相異(SRD)之推理層級出現增加的趨勢。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在眼睛類比概念之類比推理層級皆有所提升，同時在追蹤測的保留效果亦相當良好。

(二) 不同教學模式教學前、後、追蹤視覺成像概念之類比推理層級推論性統計分析

將學生的視覺成像概念前測、後測與追蹤測訪談，其視覺成像概念之類比推理層級

(包括 N：不相關、SAS：表面屬性相似、SAD：表面屬性相異、SRS：結構關係相似、SRD：結構關係相異)，依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行單因子重複量數(One-factor repeated measure)分析。在統計分析時，以兩種不同教學模式為受試者間因子，類比推理層級(前測、後測、追蹤測)為受試者內因子，來進行比較以分析學生之眼睛類比概念的類比推理層級的差異情形，並將有顯著差異的變項再進行事後比較，其數據分析結果如表 4-2-17 所示。

表 4-2-17 不同教學模式下眼睛類比概念之類比推理層級之重複量數分析

變異來源	N	F	p	事後比較
不相關 (N)				
類比推理層級(前、後、追蹤)	47	9.99	0.000***	前>後(.008)；前>追(.008)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	2.66	0.110	
類比推理層級×教學模式	47	2.66	0.076	
表面屬性相似(SAS)				
類比推理層級(前、後、追蹤)	47	24.68	0.000***	後>前(.000)；追>前(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	4.56	0.038*	純粹比對>傳達屬性(.038)
類比推理層級×教學模式	47	0.04	0.942	
表面屬性相異(SAD)				
類比推理層級(前、後、追蹤)	47	3.12	0.049*	後>前(.033)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	1.26	0.268	
類比推理層級×教學模式	47	0.32	0.730	
結構關係相似(SRS)				
類比推理層級(前、後、追蹤)	47	89.61	0.000***	後>前(.040)； 追>前(.000)；追>後(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	0.40	0.533	
類比推理層級×教學模式	47	1.57	0.215	
結構關係相異(SRD)				
類比推理層級(前、後、追蹤)	47	11.92	0.000***	後>前(.001)；後>追(.028)； 追>前(.023)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	47	1.24	0.272	
類比推理層級×教學模式	47	0.77	0.454	

註：1.* $p<0.05$, *** $p<0.001$

2.前：前測、後：後測、追：追蹤測

3.純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

從表 4-2-17 的結果顯示，學生在眼睛類比概念之類比推理層級，無論是不相關 (N) ($F=9.99, p=0.000$)、表面屬性相似(SAS) ($F=24.68, p=0.000$)、表面屬性相異(SAD) ($F=3.12, p=0.049$)、結構關係相似(SRS) ($F=89.61, p=0.000$) 與結構關係相異(SRD) ($F=11.92, p=0.000$) 皆達顯著性差異，經事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生其類比推理層級之不相關 (N) 在眼睛類比概念的後測與追蹤測，皆顯著低於前測，而類比推理層級之表面屬性相異(SAD)的後測，以及表面屬性相似(SAS)、結構關係相似(SRS)與結構關係相異(SRD)的後測與追蹤測，則皆顯著優於前測，另外，類比推理層級之結構關係相似(SRS)的追蹤測，亦顯著高於後測，而類比推理層級之結構關係相異(SRD)的後測，亦顯著高於追蹤測。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在眼睛類比概念中類比推理層級的使用有所成長，且保留效果也都有非常良好的表現。然而，以兩種不同教學模式間在眼睛類比概念之類比推理層級，除了表面屬性相似(SAS) ($F=4.56, p=0.038$)之外，不相關 (N) ($F=2.66, p=0.110$)、表面屬性相異(SAD) ($F=1.26, p=0.268$)、結構關係相似(SRS) ($F=0.40, p=0.533$) 與結構關係相異(SRD) ($F=1.24, p=0.272$)皆未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在眼睛類比概念之類比推理層級的表現沒有差別。此外，類比推理層級與教學模式間均沒有出現交互作用的情況。

根據上述的敘述性統計與推論性統計之結果，來說明研究假設 4-3，不同教學模式的類比教學對學生運用類比推理層級(教學後訪談、追蹤訪談)沒有差異，但兩種教學模式的類比教學，都能有效促進學生在回答視覺成像概念問題時，從原本使用較低階的類比推理層級，轉而採用較高階的類比推理層級。

四、小結

本節藉由三次訪談(教學前、後、追蹤)的結果來分析兩種不同教學模式的學生，在經過網路互動式類比教學的前後，其視覺成像正確概念分數、科學推理層級(N、G、EL、J)與類比推理層級(N、SAS、SAD、SRS、SRD)改變的情況。由訪談分析所得到的結果顯示，經過網路類比教學後，無論是純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，其在概

念建構、概念學習的保留效果、科學推理層級的提升與類比推理層級的成長，皆表現出明顯的學習效果。純粹比對類比教學模式與傳達屬性類比教學模式，對於學生的概念建構、科學推理能力與類比推理能力的提升，皆有顯著的影響。

將質性訪談的結果與上一節量化測驗的結果進行比對，以學生正確的科學概念為前提之下，在科學推理層級方面，發現高階科學推理層級的使用，於後測與追蹤測時皆出現顯著提升的趨勢，而低階科學推理層級的使用，則出現顯著下降的趨勢；在類比推理層級方面，也發現到高階類比推理層級的使用，於後測與追蹤測時皆出現顯著提升的趨勢，而低階類比推理層級的使用，則出現顯著下降的趨勢。顯示出科學推理能力與類比推理能力對於學生在建構科學概念時，具有正向的影響效果。其中科學推理能力扮演著主要的關鍵角色，所以當學生欲建構正確的科學概念時，必須先經過科學推理的過程將已知概念與新概念之間做連結。另外，類比推理能力則能幫助學生在進行類比學習時，可以有效的將類比物概念轉移至欲學習的標的物概念，以達到對新概念的學習效果。



第三節 網路課程類比學習歷程分析

本節主要是依據研究問題五「兩種不同教學模式(純粹比對類比教學模式與傳達屬性類比教學模式)在網路課程類比學習歷程中，其視覺成像概念建構與類比學習歷程的情形為何？」，針對視覺成像網路課程類比教學分析純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念的學習過程，以探討學生在教學時，其視覺成像概念建構與類比學習歷程的情形，以下依序分別呈現出學生在訪談問題中的敘述性統計與推論性統計之分析結果。

一、視覺成像概念網路課程類比學習歷程之正確概念分數分析

根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念網路課程類比學習歷程中，回答課程內的九個問題之正確概念分數進行分析與討論，並呈現出敘述性統計之分析結果。其數據分析結果如表 4-3-1 所示。

表 4-3-1 不同教學模式視覺成像概念網路課程類比學習歷程正確概念分數之敘述性統計分析

	N	M	SD	t	p
純粹比對類比組	63	13.33	4.13		
傳達屬性類比組	61	13.30	3.18	0.06	.954

註：N=124

依據表 4-3-1 的結果顯示，純粹比對類比組 ($M=13.33$) 與傳達屬性類比組 ($M=13.30$) 的學生在視覺成像概念網路課程類比學習歷程正確概念分數是相近的，再由 t 檢定的結果來看，正確概念分數 ($t=0.06, p=.954$) 的成績並未達顯著性差異。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像概念網路課程類比學習歷程中，回答課程內問題所得之正確概念分數的表現沒有差異。

根據上述的敘述性統計之結果，來說明研究假設 5-1，不同教學模式的類比教學對學生在網路課程類比學習歷程中，其視覺成像概念建構沒有差異。



二、視覺成像概念網路課程類比學習歷程分析⁶

根據純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在網路課程類比學習歷程中，其類比學習步驟（包括步驟一：存取已知的類比物概念、步驟二：將類比物與標的物進行比對、步驟三：評估類比物與標的物的吻合度、步驟四：儲存類比物與標的物的推理結果、步驟五：找出類比物與標的物的共同性）的改變情形，進行分析與討論，並呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。

(一) 不同教學模式在視覺成像概念網路課程類比學習歷程之類比學習步驟統計分析

將學生在視覺成像概念網路課程類比學習歷程中，回答課程內問題的答案來進行分析與判斷，其類比學習步驟的情形，依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行敘述性統計，其數據分析結果如表 4-3-2 與圖 4-3-1 所示。

表 4-3-2 不同教學模式視覺成像概念網路課程類比學習歷程之類比學習步驟之敘述性統計分析

組別	N	步驟一	步驟二	步驟三	步驟四	步驟五
純粹比對類比組	63	54	50	37	16	47
傳達屬性類比組	61	47	53	28	17	43

註：N=124

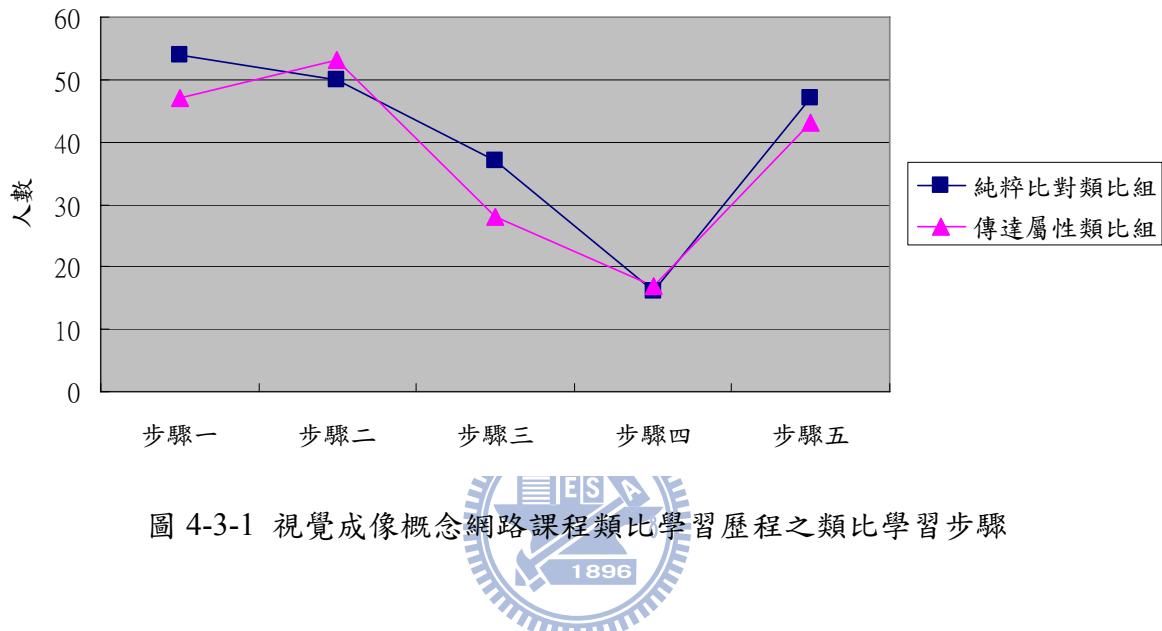


圖 4-3-1 視覺成像概念網路課程類比學習歷程之類比學習步驟

表 4-3-2 與圖 4-3-1 的結果顯示，從學生達到之類比學習步驟的人數來看，由步驟一至步驟四呈現出逐漸下降的趨勢，而步驟五則出現上升的情況。另外，分別從兩種不同教學模式來看，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在步驟二與步驟四的累積人數相當接近，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在進行類比推理歷程的步驟二與步驟四時，其表現是沒有差異的。然而，在步驟一、步驟三與步驟五的累積人數上，純粹比對類比組都比傳達屬性類比組來的高，表示純粹比對類比組在進行類比學習歷程的步驟一、步驟三與步驟五時，其表現比傳達屬性類比組的學生來的優異。學生在類比學習歷程之類比學習步驟的人數與百分比敘述性統計如下：

(1) 步驟一：存取已知的類比物概念。

依據學生回答問題五的第一階層『想要讓屏幕上出現影像，需要使用哪一種透鏡呢？』

1.厚玻璃、2.凹透鏡、3.凸透鏡』與第二階層『你的理由是？』的情形來進行判定。

學生的選擇與回答如下：

第一階選擇：『3.凸透鏡』

第二階回答：『因為凸透鏡會聚集光線，使影像落在屏幕上。』

其中，學生達到類比學習步驟一的總人數共 101 人，佔全體學生的 81.45%；而未達到的總人數共 23 人，佔全體學生的 18.55%。

(2) 步驟二：將類比物與標的物進行比對。

依據學生回答問題六的第一階層『請問你覺得眼睛的水晶體像是塑膠球(相機)的哪一個構造呢？1.眼球(相機)、2.凸透鏡(鏡頭)、3.屏幕(底片)』與問題七的第一階層『請問你覺得眼睛的視網膜像是相機的哪一個構造呢？1.眼球(相機)、2.凸透鏡(鏡頭)、3.屏幕(底片)』的情形來進行判定。學生的選擇如下：

問題六的第一階層選擇：『2.凸透鏡(鏡頭)』

問題七的第一階層選擇：『3.屏幕(底片)』

其中，學生達到類比學習步驟二的總人數共 103 人，佔全體學生的 83.06%；而未達到的總人數共 21 人，佔全體學生的 16.94%。

(3) 步驟三：評估類比物與標的物的吻合度。

依據學生回答問題六的第二階層『你的理由是？』與問題七的第二階層『你的理由是？』的情形來進行判定。學生的回答如下：

問題六的第二階層選擇：『水晶體與凸透鏡(鏡頭)都可以聚光。』

問題七的第二階層選擇：『視網膜與屏幕(鏡頭)都可以接收影像。』

其中，學生達到類比學習步驟三的總人數共 65 人，佔全體學生的 52.42%；而未達到的總人數共 59 人，佔全體學生的 47.58%。

(4) 步驟四：儲存類比物與標的物比對的推理結果。

依據學生回答問題六的第二階層『你的理由是？』與問題七的第二階層『你的理由是？』的情形來進行判定。學生的回答如下：

問題六的第二階層選擇：『水晶體與凸透鏡(鏡頭)都可以聚光。』

問題七的第二階層選擇：『視網膜與屏幕(鏡頭)都可以接收影像。』

其中，學生達到類比學習步驟四的總人數共 33 人，佔全體學生的 26.61%；而未達到的總人數共 91 人，佔全體學生的 73.39%。

(5) 步驟五：找出類比物與標的物的共同性。

依據學生回答問題六的第二階層『你的理由跟下列何者最接近？1.因為水晶體與塑膠球(相機)一樣都可以接收影像、2.因為水晶體與凸透鏡(鏡頭)一樣都可以聚集光線，並產生一個縮小倒立的影像、3.因為水晶體與屏幕(底片)一樣都可以呈現影像』與問題七的第二階層『你的理由跟下列何者最接近？1.因為水晶體與塑膠球(相機)一樣都可以接收影像、2.因為水晶體與凸透鏡(鏡頭)一樣都可以聚集光線，並產生一個縮小倒立的影像、3.因為水晶體與屏幕(底片)一樣都可以呈現影像』的情形來進行判定。學生的選擇如下：

問題六的第二階層選擇：『2.因為水晶體與凸透鏡(鏡頭)一樣都可以聚集光線，並產生一個縮小倒立的影像』

問題七的第二階層選擇：『3.因為水晶體與屏幕(底片)一樣都可以呈現影像』

其中，學生達到類比學習步驟五的總人數共 90 人，佔全體學生的 72.58%；而未達到的總人數共 34 人，佔全體學生的 27.42%。

(二) 不同教學模式在視覺成像概念網路課程類比學習歷程之類比學習步驟推論性統計分析

將學生在視覺成像概念網路課程類比學習歷程中，其類比學習步驟（包括步驟一：存取已知的類比物概念、步驟二：將類比物與標的物進行比對、步驟三：評估類比物與標的物的吻合度、步驟四：儲存類比物與標的物的推理結果、步驟五：找出類比物與標的物的共同性），依據純粹比對類比組與傳達屬性類比組進行單因子重複量數（One-factor repeated measure）分析。在統計分析時，以兩種不同教學模式為受試者間因子，類比學習步驟（步驟一、步驟二、步驟三、步驟四、步驟五）為受試者內因子，來進行比較以分析學生之類比學習步驟的差異情形，並將有顯著差異的變項再進行事後比較，其數據分析結果如表 4-3-3 所示。

表 4-3-3 不同教學模式下網路課程類比學習歷程之類比學習步驟重複量數分析

變異來源	N	F	p	事後比較
類比學習步驟(步驟一~步驟五)	124	55.03	0.000***	1>3(.000)；1>4(.000) 2>3(.000)；2>4(.000)；2>5(.043) 5>3(.000)；5>4(.000)
教學模式(純粹比對、傳達屬性)	124	3.03	0.084	
類比學習步驟×教學模式	124	1.00	0.403	

註：1.*** $p<.001$

2.1：步驟一、2：步驟二、3：步驟三、4：步驟四、5：步驟五

3.純粹比對：純粹比對類比組，傳達屬性：傳達屬性類比組

從表 4-3-3 的結果顯示，學生在網路課程類比學習歷程中，其類比學習步驟 ($F=55.03, p=0.000$) 達顯著性差異，經事後比較之後，發現純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，其類比學習步驟之步驟一與步驟五皆顯著高於步驟三與步驟四，而步驟二則顯著高於步驟三、步驟四與步驟五。顯示其類比學習步驟的表現情形，由步驟一至步驟四產生逐漸下降的趨勢，而在步驟五出現顯著回升的現象，但仍舊顯著低於步驟二。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在步驟三、步驟四與步驟五的表現皆較步驟一與步驟二差，其中又以步驟四的表現最差。然而，以兩種不同教學模式間在網路類比學習歷程中，其類比學習步驟 ($F=3.03, p=0.084$) 未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在網路課程類比學習歷程之類比學習步驟的表現沒有差別。此外，類比學習步驟與教學模式間均沒有出現交互作用的情況。

根據上述的敘述性與推論性統計之結果，來說明研究假設 5-2，不同教學模式的類比教學對學生在網路課程類比學習歷程中的步驟二至步驟四沒有差異，但在步驟一、步驟三與步驟五上，純粹比對類比組的表現皆較傳達屬性類比組來的好，只是差異未達顯著性。顯示純粹比對類比教學模式對於促進學生在類比推理學習歷程上，較傳達屬性類比教學模式來的較具優勢。另外，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在步驟三、步驟四與步驟五的表現皆較步驟一與步驟二差，其中又以步驟四的表現最差。

三、小結

本節藉由學生在兩種不同網路教學模式之類比學習歷程的結果，來分析其視覺成像概念建構與類比學習歷程的情形。由視覺成像概念類比學習歷程中，回答課程內的九個問題分析所得到的結果顯示，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，其在概念建構的學習效果沒有出現差異，同時在類比學習歷程的步驟二與步驟四亦沒有差異，但在步驟一、步驟三與步驟五時，純粹比對類比教學模式較傳達屬性類比教學模式來的優異。由此可知，純粹比對類比教學模式對於學生在類比學習歷程上，具有較佳的優勢。若細看其類比學習步驟之間的差異，在步驟三、步驟四與步驟五的表現皆較步驟一與步驟二差，其中又以步驟四的表現最差，顯示學生在將類比物與標的物的推理結果儲存的表現不佳。從學生在視覺成像概念建構測驗與視覺成像概念訪談正確概念分數的結果來看，學生在後測與追蹤測的分數皆顯著優於前測，而後測與追蹤測之間的分數相近，表示學生在學習的立即成效與保留效果皆相當良好。由此可知，步驟四對於學生在建構科學概念的過程中，並未造成關鍵性的影響，即使學生未能達到步驟四仍可以建構出正確的科學概念。



第五章 結論與建議

本章共分為兩節，第一節主要是根據第四章的資料分析結果，以彙集整理成本研究的結論，的第二節主要是針對後續相關的研究提出建議，以下將分別進行詳細的說明。

第一節 結論

本節針對在第四章的研究結果與討論，依據各研究工具的類別依序說明本研究的主要發現，並分別探討兩種視覺成像網路類比教學模式，對學生學習前後視覺成像概念建構、科學推理層級、類比推理層級與類比學習歷程的影響，以彙整成結論。

一、視覺成像網路類比學習概念建構成效

(一) 教學前後視覺成像概念建構

以視覺成像概念建構測驗的結果來看，經過視覺成像網路類比教學後，純粹比對類比組與傳達屬性類比組其後測與追蹤測的成績，都高於對照組的學生，並且皆達顯著性差異。上述的研究結果支持研究假設 1-1，不同教學模式對學生在視覺成像概念建構的成效(後測、追蹤測)達顯著性差異。表示學生在經過視覺成像網路類比教學之後，較傳統講述式教學下的學生，更能立即建構科學概念，且持續的學習效果也較為持久。由此可知，類比教學模式對於促進學生在科學概念的學習與理解上，皆有其效益 (Baker & Lawson, 2001 ; Brown & Clement, 1989 ; Bryce & MacMillan, 2005 ; Chiu & Lin, 2005 ; Nashon, 2004 ; Sarantopoulos & Tsaparlis, 2004 ; Spiro 等人, 1989 ; Wong, 1993a, 1993b)。

(二) 教學前後視覺成像概念主題相依類比推理

以視覺成像概念主題相依類比推理測驗的結果來看，經過視覺成像網路類比教學後，純粹比對類比組在視覺成像概念主題相依類比推理測驗後測優於對照組的學生，但傳達屬性類比組與對照組則沒有達到顯著性差異，然而在追蹤測方面三組學生的成績皆未達顯著性差異。上述的研究結果支持研究假設 2-1，不同教學模式對學生的類比推理

能力(後測)達顯著性差異；但不支持研究假設 2-1，不同教學模式對學生的類比推理能力(追蹤測)達顯著性差異。而且，研究結果亦顯示學生在經過視覺成像網路類比教學之後，較傳統講述式教學下的學生，更能獲得較為立即的學習效果。另外，純粹比對類比教學模式對於促進學生的類比推理能力上，較傳達屬性類比組來的有效果。

(三) 教學前後科學推理

以科學推理測驗的結果來看，經過視覺成像網路類比教學後，純粹比對類比組、傳達屬性類比組與對照組的學生，在視覺成像概念建構測驗之後測與追蹤測，皆未達顯著性差異。上述的研究結果不支持研究假設 3-1，不同教學模式對學生的科學推理能力(後測、追蹤測)達顯著性差異。

二、視覺成像訪談分析不同教學模式對概念建構、科學推理層級與類比推理層級之影響

(一) 教學前後視覺成像正確概念分數

以學生回答視覺成像訪談問題的結果來看，經過視覺成像網路類比教學後純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生其後測、追蹤測正確概念分數之總分、問題一、問題二、問題三、問題四、問題五、問題六、問題七、問題八，皆顯著高於前測成績，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在經過視覺成像網路類比學習之後，其擁有的科學概念較學習前來的豐富與完整，而且學習的保留效果也有相當良好的表現。然而，兩種不同教學模式間在視覺成像正確概念分數之總分、問題一、問題二、問題三、問題四、問題五、問題六、問題七、問題八皆未達顯著性差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在視覺成像正確概念分數的表現沒有差別。上述的研究結果說明研究假設 4-1，不同教學模式的類比教學對學生視覺成像正確概念分數(教學後訪談、追蹤訪談)的學習效果沒有差異，但兩種教學模式的類比教學，都能有效促進學生視覺成像概念的建構與學習。與 May, Hammer, & Roy (2006)的研究相符，國小學生是具備有類比推理能力的，並建議在小學的科學教學中，科學教師應該多注重學生類比推理能力的培養，以促進學生科學學習的成效。

(二) 視覺成像概念建構的效果

以學生回答視覺成像訪談問題的結果來看，分別比對後測、追蹤測正確概念分數之問題一、問題二、問題三、問題四、問題五、問題六、問題七、問題八的次數百分比率，相較於前測皆呈現顯著提升的趨勢。其中所涵蓋的概念包括：眼睛結構的概念（問題一與問題二）、透鏡折射的概念（問題四與問題五）、眼睛成像的概念（問題三與問題八）、近視眼的概念（問題六與問題八）、老花眼的概念（問題七與問題八）。由此可知，經過視覺成像網路類比教學後，學生對於上述的概念皆能達到有效的學習效果。顯示純粹比對類比與傳達屬性類比，皆能提供有效的類比物來幫助學生克服抽象的視覺成像概念，以建構出正確的科學概念。

(三) 教學前後科學推理層級

以學生回答視覺成像訪談問題時，所採用的科學推理層級的結果來看，經過視覺成像網路類比教學後，純粹比對類比組與傳達屬性類比組在概念一、概念二、概念三與概念四上，其所使用不相關(N)與概述(G)之科學推理層級出現減少的情況，而精緻化(EL)與辯證(J)之推理層級出現增加的趨勢。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在概念一、概念二、概念三與概念四的科學推理層級皆有所提升，同時精緻化(EL)與辯證(J)科學推理層級在追蹤測的保留效果皆相當良好。然而，以兩種不同教學模式間在視覺成像概念一、概念二、概念三與概念四之科學推理層級來看，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在四個視覺成像概念之科學推理層級的表現，皆沒有差別。上述的研究結果說明研究假設 4-2，不同教學模式的類比教學對學生運用科學推理層級(教學後訪談、追蹤訪談)沒有差異，但兩種教學模式的類比教學，都能有效促進學生在回答視覺成像概念問題時，從原本使用較低階的科學推理層級不相關(N)與概述(G)，轉而採用較高階的科學推理層級精緻化(EL)與辯證(J)。顯示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，其科學推理層級的使用皆有所成長，且保留效果也都有非常良好的表現。此結果與 She & Liao (in press) 與 She & Lee (2008) 的研究相符，融入科學推理所設計出的網路學習課程，其有助於促進學生科學概念的建構、與科學推理能力的提升。

(四) 教學前後類比推理層級

以學生回答視覺成像訪談問題時，所採用的類比推理層級的結果來看，經過視覺成像網路類比教學後，純粹比對類比組與傳達屬性類比組在眼睛類比概念上，其所使用不相關(N)之類比推理層級出現減少的情況，而表面屬性相似(SAS)、表面屬性相異(SAD)、結構關係相似(SRS)與結構關係相異(SRD)之推理層級出現增加的趨勢。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在眼睛類比概念之類比推理層級皆有所提升，同時在追蹤測的保留效果亦相當良好。然而，以兩種不同教學模式間在眼睛類比概念之類比推理層級，除了表面屬性相似(SAS)之外，不相關(N)、表面屬性相異(SAD)、結構關係相似(SRS)與結構關係相異(SRD)皆未達顯著差異，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在眼睛類比概念之類比推理層級的表現沒有差別。上述的研究結果說明研究假設 4-3，不同教學模式的類比教學對學生運用類比推理層級(教學後訪談、追蹤訪談)沒有差異，但兩種教學模式的類比教學，都能有效促進學生在回答視覺成像概念問題時，從原本使用較低階的類比推理層級，轉而採用較高階的類比推理層級。顯示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在眼睛類比概念中類比推理層級的使用有所成長，且保留效果也都有非常良好的表現。May, Hammer, & Roy(2006)的研究指出，類比推理可以協助學生連結已存有的概念知識與新標的概念之間的關係，並且促使學生能在新概念與舊有的概念知識之間，進行反覆的思考與比對。

三、視覺成像網路課程類比學習對概念建構與類比學習歷程之影響

(一) 網路課程類比學習歷程之概念建構成效

以學生在視覺成像概念網路課程類比學習歷程中，回答課程內的九個問題之正確概念分數來看，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在視覺成像概念網路課程類比學習歷程正確概念分數的成績並未達顯著性差異。

依據上述的研究結果，來說明研究假設 5-1，不同教學模式的類比教學對學生在網路課程類比學習歷程中，其視覺成像概念建構沒有差異。

(二) 網路課程類比學習歷程之類比學習步驟

以學生在視覺成像概念網路課程類比學習歷程中，其類比學習步驟來看，步驟一與步驟五皆顯著高於步驟三與步驟四，而步驟二則顯著高於步驟三、步驟四與步驟五。其類比學習步驟的表現情形，由步驟一至步驟四產生逐漸下降的趨勢，而在步驟五出現顯著回升的現象，但仍舊顯著低於步驟二。表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在步驟三、步驟四與步驟五的表現皆較步驟一與步驟二差，其中又以步驟四的表現最差。另外，分別從兩種不同教學模式來看，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在步驟二與步驟四的累積人數相當接近，表示純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生在進行類比推理歷程的步驟二與步驟四時，其表現是沒有差異的。然而，在步驟一、步驟三與步驟五的累積人數上，純粹比對類比組都比傳達屬性類比組來的高，表示純粹比對類比組在進行類比推理歷程的步驟一、步驟三與步驟五時，其表現比傳達屬性類比組的學生來的優異。

依據上述的研究結果，來說明研究假設 5-2，不同教學模式的類比教學對學生在網路課程類比學習歷程中的步驟二至步驟四沒有差異，但在步驟一、步驟三與步驟五上，純粹比對類比組的表現皆較傳達屬性類比組來的好。顯示純粹比對類比教學模式對於促進學生在類比推理學習歷程上，較傳達屬性類比教學模式來的較具優勢。另外，純粹比對類比組與傳達屬性類比組的學生，在步驟三、步驟四與步驟五的表現皆較步驟一與步驟二差，其中又以步驟四的表現最差，顯示學生在將類比物與標的物的推理結果儲存的表現不佳，但步驟四對於建構正確的科學概念上，並未造成關鍵性的影響。

四、小結

本研究採取質量並重的方式來收集研究資料，在量化的資料方面採用視覺成像概念建構測驗、視覺成像概念主題相依類比推理測驗與科學推理測驗，目的在於比較不同教學模式下的學生，其在於各測驗之間的表現的差異。而在質化的資料方面採用視覺成像概念訪談與視覺成像概念類比學習歷程測驗，目的在於瞭解學生在視覺成像概念學習上的細部情況，並與量化資料的研究結果進行驗證。

首先，在視覺成像概念建構方面，從量化測驗分析的結果得知，視覺成像網路課程類比教學對學生視覺成像概念建構的成效，具有顯著增進的效應。同時，從訪談分析的結果來看，學生在經過網路課程類比教學後，其正確概念的建構逐漸趨於豐富與完整。由量化測驗與質性訪談兩者的結果，可以瞭解到視覺成像網路課程類比教學對於建構視覺成像概念，具有極為顯著的效益。

其次，在科學推理能力方面，從量化測驗分析的結果得知，科學推理測驗對於視覺成像概念建構，具有最佳的解釋力。同時，從訪談分析的結果來看，學生在經過網路課程類比教學後，以其正確的科學概念為前提之下，高階科學推理層級的採用，於後測與追蹤測時皆出現顯著提升的趨勢，而低階科學推理層級的採用，則出現顯著下降的趨勢。由量化測驗與質性訪談兩者的結果，可以推測科學推理能力對於建構視覺成像概念時，具有不可或缺的地位。而且，視覺成像網路課程類比教學對於學生科學推理能力的提昇，具有極為顯著的效益。

最後，在類比推理能力方面，從量化測驗分析的結果得知，視覺成像網路課程類比教學對學生的類比推理能力，具有顯著增進的效應。另外，視覺成像主題相依類比推理測驗對於視覺成像概念建構，具有次佳的解釋力。同時，再從訪談分析的結果來看，學生在經過網路課程類比教學後，以其正確的科學概念為前提之下，高階類比推理層級的採用，於後測與追蹤測時皆出現顯著提升的趨勢，而低階類比推理層級的採用，則出現顯著下降的趨勢。由量化測驗與質性訪談兩者的結果，可以推測類比推理能力對於建構視覺成像概念時，亦扮演著另一個重要的角色。而且，視覺成像網路課程類比教學對於學生類比推理能力的提昇，具有極為顯著的效益。

綜觀量化測驗與質性訪談的結果，兩者皆顯示出科學推理能力與類比推理能力，對於學生在建構科學概念的效果上，具有重要的影響。其中，科學推理能力扮演著主要的關鍵角色，當學生在建構正確的科學概念時，必須先經由科學推理的過程，將已知的概念與未知的新概念之間進行連結，以促進新概念的學習。其次，類比推理能力則扮演次重要的角色，當學生在進行網路類比課程學習時，可以有效的協助其將類比物概念轉移至欲學習的標的物概念，以達到對標的物概念的學習與理解。由此可知，網路類比學習

情境的建構，對於促進學生科學概念建構、科學推理能力與類比推理能力，皆能達到提升的效果。

此外，由視覺成像概念主題相依類比推理測驗與視覺成像概念類比學習步驟的結果可得知，純粹比對類比組的學生在類比推理測驗與類比學習歷程的表現，皆較傳達屬性類比組來的好。在量化測驗與質性訪談結果的相互佐證下，可以更明確的瞭解到純粹比對類比教學模式對於促進學生在類比推理學習歷程的學習上，較傳達屬性類比教學模式來的具有優勢。由此可推論，當使用的類比物是學習者較熟悉的概念時，對於其在進行類比推理的過程是比較容易的，所以在類比推理能力的表現上亦較為優異。

第二節 建議

本節針對結合類比推理教學的網路課程設計，提出下列之建議，期盼能提供教學者與後續研究者做為參考。



一、對「視覺成像概念」教學與教材設計上的建議

視覺成像的概念對於國小學生的學習而言，一直是個不易理解但又極為重要的概念。主要的原因在於視覺成像的概念，對於國小學生來說是屬於抽象而難以建構的概念 (Selley, 1996a)。故在教學的過程中，需要藉由類比的使用，以促進學生對於抽象概念的理解 (Baker & Lawson, 2001 ; Chiu & Lin, 2005 ; Nashon, 2004 ; Spiro 等人, 1989)，並進一步推理與建構出正確的概念。

本研究分別針對兩種不同的類比架構純粹比對類比與傳達屬性類比的理論，結合多媒體與網路化學習環境，將抽象的概念具體化，以設計出視覺成像概念的網路類比學習課程，讓學生能藉此克服抽象的視覺成像概念，結果顯示皆能有效協助學生視覺成像概念的建構，並提升視覺成像概念的學習成效。

在本研究進行的過程中，研究者將提出一些在其中所發現的問題，並列出幾點於教學中的建議，以作為教學者或研究者在進行類似活動時的參考。

(一)學生的先備經驗：在學生操作電腦的能力上需要多加注意的，研究者觀察發現在網路類比學習過程中，部分學生的基本電腦能力不佳，導致其在學習上產生困擾，因此可以適時的提供協助。

(二)教材與教學的準備：為了能有效促進學生在視覺成像概念的學習，因此在課程設計時，應對學生具有的先備知識與另有概念有所瞭解，使課程設計的內容能更為貼近學生的思維。另外，在製作教學媒體時，教材選用圖片與動畫版面的設計上，也要盡量符合學生的年齡階層，減少學生陌生的教材與複雜的版面設計，以促進學生視覺成像的學習效果。

(三)類比推理步驟的訓練：學生在網路類比學習歷程時，其類比學習的五個步驟中，在步驟四(儲存類比物與標的物的推理結果)明顯的出現下降的情形，表示學生對於儲存類比推理的結果表現不佳，因此教學者在教學時，應該多著重學生在此步驟的訓練。

(四)團隊的合作學習：本研究的教材內容、測驗卷與訪談問題的設計，是研究者與一位科學教育專家，以及兩位自然與生活科技領域教師所共同設計與檢驗完成的，而教學網站程式的編寫與架設仍需由網路科技專業人員的協助，因此在整體課程的設計上較傳統教學模式耗費更多的人力與時間。但網路教學課程具有能共同分享與破除教學時空限制的優點，所以教學團隊若能相互分工合作與學習，相信能從中獲得豐富的收穫。

二、對「網路化學習環境」的建議

本研究針對視覺成像概念設計網路類比學習課程，學生在視覺成像概念建構學習成效、學習的保留效果與學習的動機，都有明顯的提升效果，因此對於網路課程的設計與使用，將提出以下幾點建議。

(一)自主的學習環境：網路學習環境相較於傳統的教室，能提供學生更自由與開方的學習空間。學生可以自己控制學習的速度，並且能無限次的反覆學習，讓不同程度的學生能擁有適合自己的學習步調。增進學生的學習動機、興趣與互動性，讓學生在

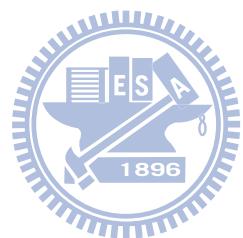
網路學習的課程中，進行真實情境的問題解決，並主動建構知識及對自己的學習負責（Berge, Collins, & Dougherty, 2000）。

(二)網路資源的使用：由於網路資源的蓬勃發展，使得現今的網路資源日趨豐富與多元，再加上學生普遍對於網路環境的喜爱，因此教學者若能善用此項資源，來進行教材的設計與教學，將有助於學生的學習。

(三)善用即時回饋鼓勵：在網路學習課程的歷程中，研究者發現當學生在完成一項挑戰或問題時，若能給予立即的回饋鼓勵，對於學生的學習動機與興趣，具有相大的激勵效果。因此，網路學習課程的設計上，在完成挑戰或問題後，可以加入鼓勵的動畫頁面，給予學生立即性的回饋，藉以增強其學習的興趣。

(四)網路學習課程的限制：由於網路學習環境的高度自由，導致有部分學生在進行課程學習時，並沒有專心投入學習，只是進行走馬看花式的瀏覽，進而影響概念建構的成效，因此需多加注意。另外，在多媒體課程內容的呈現上，應確認其表徵出來的意義與設計者所要傳達的概念是否相符，以避免學生在學習上的誤解與另有概念的產生。





參考文獻

一、中文部份

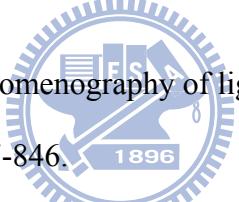
- 王美芬、熊召弟 (1995)。國民小學自然科教材教法。台北市：心理。
- 王盈琪、王美芬 (2006)。利用POE教學模式探討國小三年級學童光迷思概念及其概念改變之成效。第二十二屆科學教育學術研討會論文發表。
- 王晉基、郭重吉 (1992)。利用選擇題的方式來探求國中學生對『光』的迷思概念之研究。科學教育，3，73-92。
- 唐明 (2001)。國小五年級學童光概念及相關迷思概念之研究。台北市：台北市立師範學院數理教育研究所碩士論文 (未出版)。
- 陳均伊、張惠博&郭重吉 (2004)。光反射與折射的另有概念診斷工具之發展與研究。科學教育學刊，12(3)，311-340。
- 許建和、耿筱曾 (2006)。網路化學習環境對國小學童「光」概念學習之影響。國立台北教育大學學報，19(1)，95-116。
- 張靜儀、李采襄 (2004)。國小中、高年級學童光迷思概念與相關因素探究。屏東師院學報，20，315-354。
- 游文楓、余曉清 (2006)。網路化問題解決教學策略對學生生物學習成效的影響。科學教育學刊，14(4)，381-400。
- 謝明錦、耿筱曾 (2003)。利用學習網站探究國小五年級學童「光」的概念學習。第十九屆科學教育學術研討會論文發表。

二、英文部分

- Baker, W. P., & Lawson, A. E. (2001). Complex instructional analogies and theoretical concept acquisition in college genetics. *Science Education*, 85(6), 665-683.
- Berge, Z. L., Collins, M., & Dougherty, K. (2000). Design guidelines for web-based courses. In B. Abbey (Ed.), *Instructional and cognitive impacts of web-based education* (pp. 32-40). Hershey: Idea Group Publishing.
- Brown, D. E., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Bryce, T., & MacMillan, K. (2005). Encouraging conceptual change: The use of bridging analogies in the teaching of action-reaction forces and the 'at rest' condition in physics. *International Journal of Science Education*, 27(6), 737-763.
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464.
- Clement, J. (1981). Analogy generation in scientific problem solving. *Science Education Research*, 40, 1-12.
- Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- Dagher, Z. R. (1998). The case for analogies in teaching science for understanding. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp.195-211). California: San Diego.
- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-356.
- Duit, R. (1991). Students' conceptual frameworks: Consequences for learning science. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science*

- (pp.65-85). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Duit, R., Roth, W. M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies-between scylla and charybdis. *Learning and Instruction, 11*, 283-303.
- Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: Children's conceptions of light and vision II. *Science Education, 72*(5), 637-649.
- Fetherstonhaugh, A. R. (1990). Misconceptions and light: A curriculum approach. *Research in Science Education, 20*, 105-113.
- Fetherstonhaugh, A. R., & Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. *Science Education, 76*(6), 653-672.
- Gentner, D. (1988). Analogical inference and analogical access. In A. Prieditis (Eds), *Analogica* (pp.63-88). London: Pitman.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning* (pp.199-241). New York: Cambridge University Press.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp.219-240). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., & Muth, K. D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp.383-398). New York: Plenum Press.
- Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction, 17*(4), 379-432.
- Krajcik, J. S. (1991). Developing students' understanding of chemical concepts. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp.117-147). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Kolodner, J. L. (1997). Educational implications of analogy: A view from case-base reasoning. *American Psychologist*, 52(1), 57-66.
- Lawson, A. E. (1978). Development and validation of the classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.
- Lawson, A. E. (1987). Hofstein and Mandler's use and interpretations of the Lawson test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(7), 683-686.
- Lawson, A. E. (2002). The learning cycle. In Fuller, R. G. (Ed.), *A love of discovery: Science education-The second career of Robert Karplus*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- May, D. B., Hammer, D., & Roy, P. (2006). Children's analogical reasoning in a third-grade science discussion. *Science Education*, 90, 316-330.
- Metsala, J. L., & Glynn, S. (1996). Teaching with analogies: Building on the science textbook. *The Reading Teacher*, 49(6), 490-492.
- Miller, S. M., & Miller, K. L. (2000). Theoretical and practical constructions in the design of web-based instruction. In B. Abbey (Ed.), *Instructional and cognitive impacts of web-based education* (pp. 156-177). Hershey: Idea Group Publishing.
- Monk, M. (1991). Genetic epistemological notes on recent research into children's understanding of light. *International Journal of Science Education*, 13(3), 255-270.
- Nashon, S. M. (2004). The nature of analogical explanations: High school physics teachers use in Kenya. *Research in Science Education*, 34, 475-502.
- Nersessian, N. J. (1992). How do scientific think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp.3-44). Minnesota studies in the philosophy of science, Vol. XV. Minneapolis, MN: University of Minnesota press.
- Osborne, J. F., & Black, P. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.

- Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: Another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.
- Rice, K., & Feher, E. (1987). Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision I. *Science Education*, 71(4), 629-639.
- Sarantopoulos, P., & Tsaparlis, G. (2004). Analogies in chemistry teaching as a means of attainment of cognitive and affective objectives: A longitudinal study in a naturalistic setting, using analogies with a strong social content. *Methods and Issues of Teaching and Learning*, 5(1), 33-50.
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, 13(3), 283-289.
- Selley, N. J. (1996a). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
- Selley, N. J. (1996b). Towards a phenomenography of light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(7), 837-846.
- 
- Sewell, A. (2002). Cells and atoms-Are they related? *Australian Science Teachers' Journal*, 48(2), 26-30
- Shapiro, B. L. (1989). What children bring to light: Giving high status to learners' views and actions in science. *Science Education*, 73(6), 711-733.
- She, H. C. (2004). Facilitating students' learning of difficult science concepts through integrating a metacognitive approach into a web-based multimedia science learning program. *Accepted by the International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE)*, Kawai, Hawaii.
- She, H. C., & Fisher, D. L. (2003). Web-base e-learning environments in Taiwan: The impact of the online science flash program on students' learning. In M. S. Khine, & D. L. Fisher (Eds.), *Technology-rich learning environment: A future perspective* (pp. 343-368). Singapore: World Scientific.

- She, H. C., & Lee, C. Q. (2008). SCCR digital learning system for scientific conceptual change and scientific reasoning. *Computers & Education*, 51, 724-742.
- She, H. C., & Liao, Y. W. (in press). Enhancing eight grade students' scientific conceptual change and scientific reasoning through a web-based learning program. *Educational Technology & Society*.
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Coulson, R. L., & Anderson, D. K. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 498-531). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2003). Tracing young children's scientific reasoning. *Research in Science Education*, 33, 433-465.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2004). From "try it and see" to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 94-118.
- The logo of the Florida Science Teachers Association (FSTA) is a circular emblem. It features a blue and white striped pattern in the background. In the center, there is a blue ribbon banner with the letters "FSTA" in white. Below the banner, the year "1896" is written in blue. The entire logo is surrounded by a thin blue circular border.
- Vousniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 413-437). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wong, E. D. (1993a). Self-Generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 367-380.
- Wong, E. D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1259-1272.
- Yip, D. Y. (1998). Teachers' misconceptions of the circulatory system. *Journal of Biological Education*, 32(3), 207-215.
- Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technological Education*, 2, 107-125.

概念建構測驗



給同學的建議：

這份試卷主要是測驗你對視覺成像概念瞭解的程度，請在答案卷上選出最適當的答案，如果題目有不懂的地方，請舉手向監考老師發問。

在監考老師要求你開始作答之前，請勿翻閱試卷

選擇題：請在答案卷上填寫 a、b、c...的答案

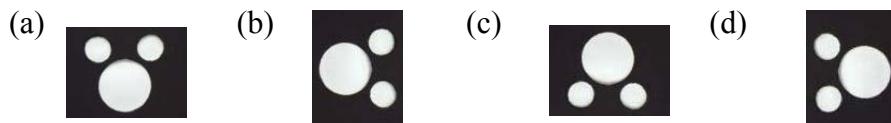
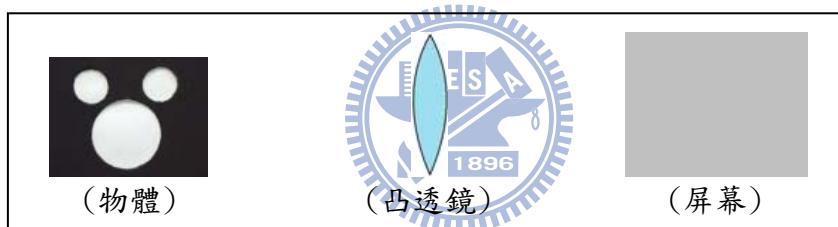
() 1-1. 眼睛水晶體的形狀和下列何者相似呢？



() 1-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 水晶體和凸透鏡一樣，可以讓光線往內聚集
- (b) 水晶體和平玻璃一樣，可以讓光線通過
- (c) 水晶體和鏡子一樣，可以讓光線反射
- (d) 水晶體和凹透鏡一樣，可以讓光線往外散開

() 2-1. 如下圖所示，光經過凸透鏡後，在屏幕上呈現的影像是哪一個呢？



() 2-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 因為光經過凸透鏡反射與折射所共同造成的
- (b) 因為光經過凸透鏡折射所造成的
- (c) 因為光經過凸透鏡反射所造成的
- (d) 因為光走直線所造成的

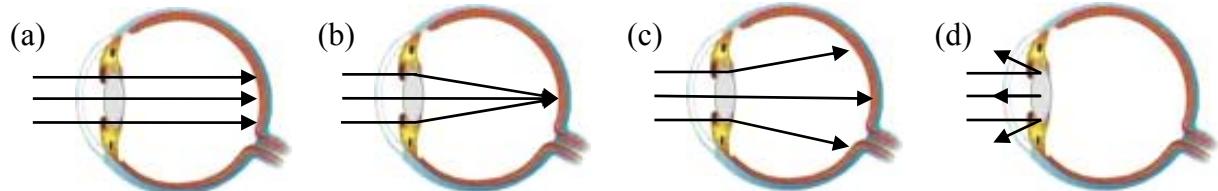
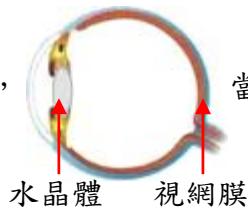
() 3-1. 如果你站在一個完全黑暗，沒有光也沒有窗戶的房間裡，請問你能看見東西嗎？

- (a) 什麼也看不到
- (b) 可以看得到
- (c) 站久一點就看得到
- (d) 站近一點就看得到

()3-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)只要眼睛適應了就可以看得到東西
- (b)完全沒有光就會看不見
- (c)東西距離我近一點我就可以看得到
- (d)只要有東西在我前面我就看得到

()4-1.如右圖，當光線經過眼睛的水晶體後，會發生什麼情形呢？



()4-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

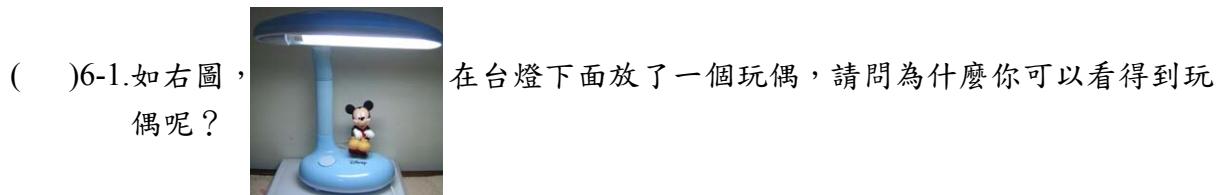
- (a)光線通過水晶體會聚集，在視網膜上呈現影像
- (b)光線通過水晶體會反射回去，使眼睛看不見影像
- (c)光線通過水晶體會直線前進，在視網膜上沒有影像
- (d)光線通過水晶體會散開，在視網膜上呈現模糊影像

()5-1.相機鏡頭的形狀和下列何者相似呢？



()5-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)鏡頭和凹透鏡一樣，可以讓光線往外散開
- (b)鏡頭和鏡子一樣，可以讓光線反射
- (c)鏡頭和平玻璃一樣，可以讓光線通過
- (d)鏡頭和凸透鏡一樣，可以讓光線往內聚集

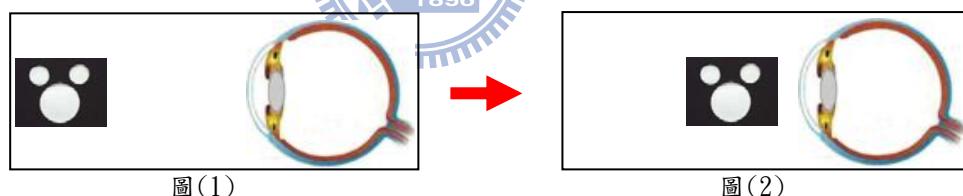


- (a)因為台燈會發光
- (b)因為玩偶會發光
- (c)因為眼睛會反光
- (d)因為玩偶會反光

()6-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)台燈發出的光線射到我的眼睛裡
- (b)玩偶發出的光線射到我的眼睛裡
- (c)玩偶反射台燈的光線射到我的眼睛裡
- (d)眼睛反射台燈的光線射到玩偶上面

()7-1.圖(1)是眼睛在這個距離看米老鼠圖片的情況，若將米老鼠圖片移動靠近眼睛如圖(2)所示，請問眼睛水晶體的形狀會如何變化呢？



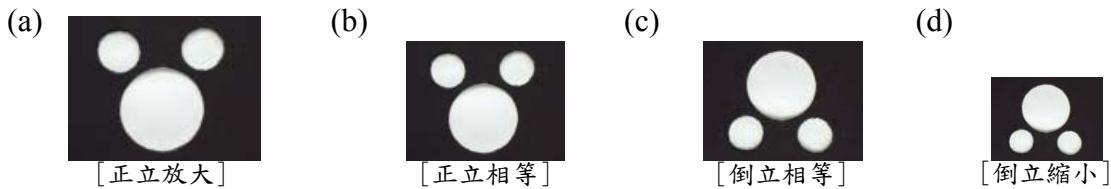
()7-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)因為物體太靠近眼睛，使水晶體變凹
- (b)水晶體不用改變就能看得很清楚
- (c)使應該呈現在視網膜後方的影像，往前拉回到視網膜上
- (d)使應該呈現在視網膜前方的影像，往後退回到視網膜上

()8-1.如果在你眼前擺放米老鼠的圖片
何者？



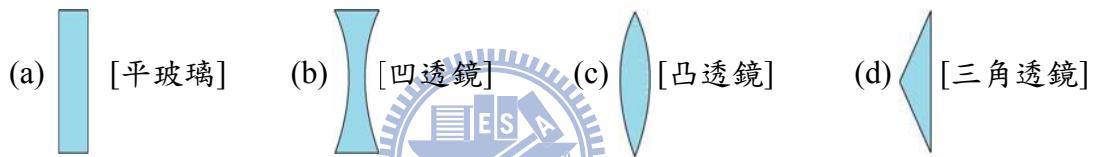
，請問在視網膜上的影像是下列



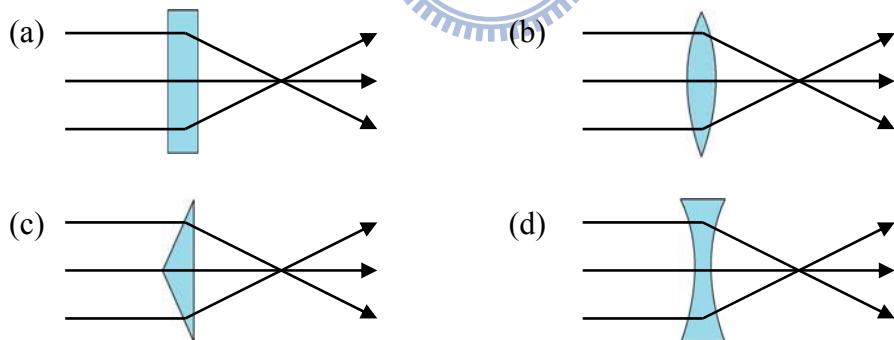
()8-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)因為視網膜上的影像與物體一樣大，但經過水晶體後會上下顛倒
- (b)因為物體經過水晶體後，會在視網膜上產生上下顛倒的縮小影像
- (c)因為物體有多大在視網膜上的影像就有多大
- (d)因為水晶體的形狀與放大鏡相似，所以影像會變大

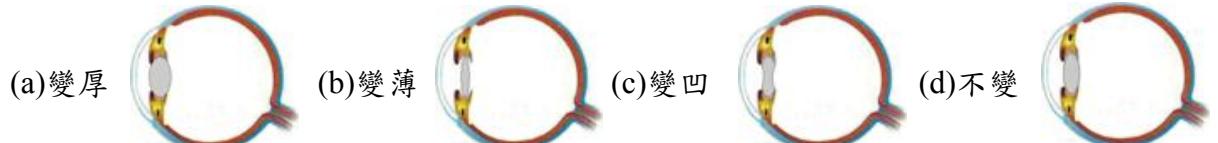
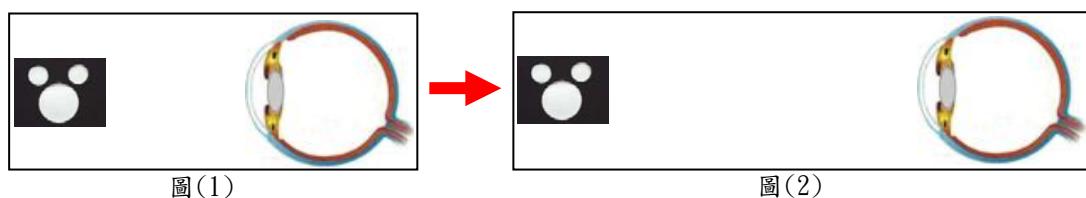
()9-1.光線經過哪一種透鏡後，光線會聚集呢？



()9-2.承上題，光線經過該透鏡後行進的情形是：



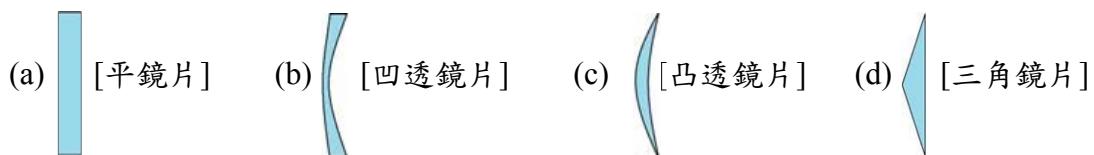
()10-1.圖(1)是眼睛在這個距離看米老鼠圖片的情況，若將米老鼠圖片移動遠離眼睛
如圖(2)所示，請問眼睛水晶體的形狀會如何變化呢？



() 10-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 使應該呈現在視網膜前方的影像，往後退回到視網膜上
- (b) 因為物體離眼睛太遠，使水晶體變凹
- (c) 水晶體不用改變就能看得很清楚
- (d) 使應該呈現在視網膜後方的影像，往前拉回到視網膜上

() 11-1. 患有老花眼的人，應該配戴哪一種鏡片的眼鏡來矯正呢？



() 11-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 因為三角鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往前移動到視網膜上
- (b) 因為凹透鏡片可以使光線散開，導致物體影像會往後移動到視網膜上
- (c) 因為平鏡片可以使光線直線前進，導致物體影像會往後移動到視網膜上
- (d) 因為凸透鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往前移動到視網膜上

() 12-1. 如右圖，這是視力正常的眼睛，請問有近視眼的眼睛是哪一個呢？



(a) 水晶體比較厚



(b) 水晶體比較薄



(c) 水晶體比較長



(d) 水晶體比較短



()12-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)水晶體太長，使落在視網膜上的物體影像太長，因此看到的影像是模糊的
- (b)水晶體太短，使落在視網膜上的物體影像太短，因此看到的影像是模糊的
- (c)水晶體太薄，使物體影像落在視網膜後面，因此看到的影像是模糊的
- (d)水晶體太厚，使物體影像落在視網膜前面，因此看到的影像是模糊的



()13-1.如右圖所示，這是視力正常的人看電腦螢幕的距離，請問有老花眼的人該怎麼做才能看清楚電腦螢幕呢？

(a)保持原來距離



(b)把電腦移遠一點



(c)把電腦移近一點



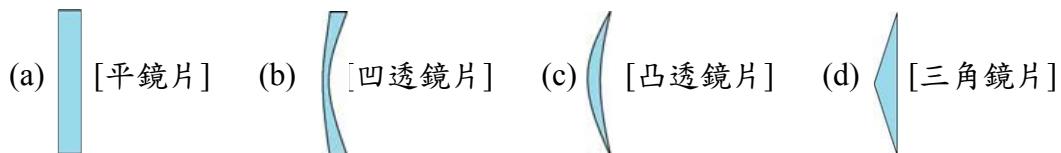
(d)在電腦旁放一盞檯燈



()13-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

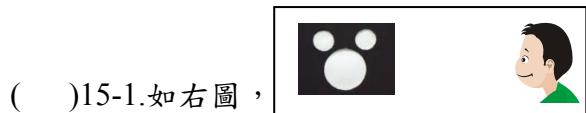
- (a)有老花眼的人看不清楚距離太近的東西，所以電腦要移遠
- (b)有老花眼的人需要比較亮的光線才能看清楚
- (c)有老花眼的人只要看久一點就看的清楚了，不用改變距離
- (d)有老花眼的人看不清楚距離太遠的東西，所以電腦要移近

()14-1.患有近視眼的人，應該配戴哪一種鏡片的眼鏡來矯正呢？

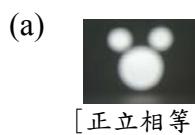


()14-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

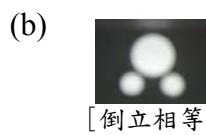
- (a)因為凸透鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往前移動到視網膜上
- (b)因為平鏡片可以使光線直線前進，導致物體影像會往後移動到視網膜上
- (c)因為三角鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往前移動到視網膜上
- (d)因為凹透鏡片可以使光線散開，導致物體影像會往後移動到視網膜上



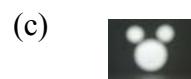
() 15-1. 如右圖，這個距離是視力正常的人可以清楚看見米老鼠圖片的距離，如果換成有近視眼的人在相同的距離看米老鼠的圖片，請問在他視網膜上的影像是下列何者？



[正立相等]



[倒立相等]



[正立縮小]

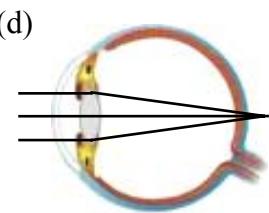
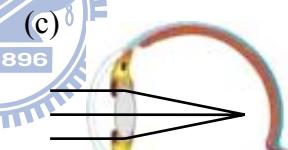
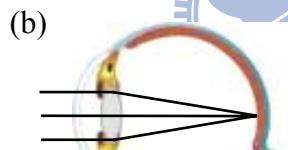
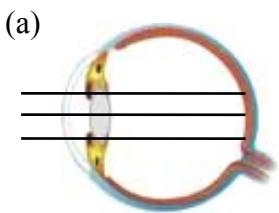


[倒立縮小]

() 15-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 物體影像經過近視眼的水晶體後，會在視網膜上產生縮小的模糊影像
- (b) 視網膜上的影像和物體一樣大，但經過近視眼的水晶體之後會上下顛倒且變模糊
- (c) 物體影像經過近視眼的水晶體後，會在視網膜上產生上下顛倒且縮小的模糊影像
- (d) 視網膜上的影像和物體一樣大，但經過近視眼的水晶體之後會變模糊

() 16-1. 下列圖形是光線進入眼睛後的現象，請問哪一個是近視眼的情形呢？



() 16-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜後
- (b) 光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜上
- (c) 光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會直線通過落在視網膜上
- (d) 光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜前

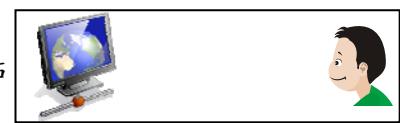


() 17-1. 如右圖所示，這是視力正常的人看電腦螢幕的距離，請問有近視眼的人該怎麼做才能看清楚電腦螢幕呢？

(a) 保持原來距離



(b) 把電腦移遠一點



(c) 把電腦移近一點



(d) 在電腦旁放一盞檯燈



() 17-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 有近視眼的人只要看久一點就看的清楚了，不用改變距離
- (b) 有近視眼的人看不清楚距離太遠的東西，所以電腦要移近
- (c) 有近視眼的人看不清楚距離太近的東西，所以電腦要移遠
- (d) 有近視眼的人需要比較亮的光線才能看清楚

() 18-1. 如右圖，這是視力正常的眼睛，請問有老花眼的眼睛是哪一個呢？



(a) 水晶體比較厚



(b) 水晶體比較薄



(c) 水晶體比較長



(d) 水晶體比較短



() 18-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

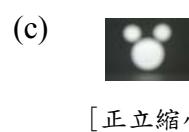
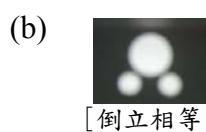
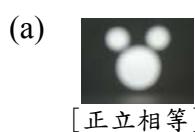
- (a) 水晶體太厚，使物體影像落在視網膜前面，因此看到的影像是模糊的
- (b) 水晶體太長，使落在視網膜上的物體影像太長，因此看到的影像是模糊的
- (c) 水晶體太薄，使物體影像落在視網膜後面，因此看到的影像是模糊的
- (d) 水晶體太短，使落在視網膜上的物體影像太短，因此看到的影像是模糊的

() 19-1. 如右圖，這個距離是視力正常的人可以清楚看見米老鼠圖片的距離，如果換成有老花眼的人在相同的距離看米老鼠的圖片，請問在他視網膜上的影像是下列何者？



這個距離是視力正常的人可以清楚看見米老鼠

圖片的距離，如果換成有老花眼的人在相同的距離看米老鼠的圖片，請問在他視網膜上的影像是下列何者？

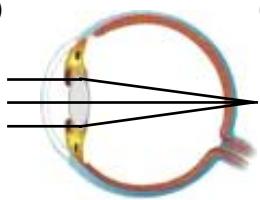


()19-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

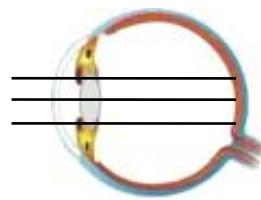
- (a)視網膜上的影像和物體一樣大，但經過老花眼的水晶體之後會上下顛倒且變模糊
- (b)物體影像經過老花眼的水晶體後，會在視網膜上產生上下顛倒且縮小的模糊影像
- (c)視網膜上的影像和物體一樣大，但經過老花眼的水晶體之後會變模糊
- (d)物體影像經過老花眼的水晶體後，會在視網膜上產生縮小的模糊影像

()20-1.下列圖形是光線進入眼睛後的現象，請問哪一個是老花眼的情形呢？

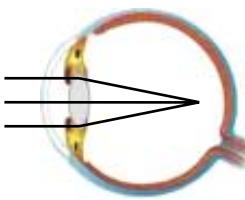
(a)



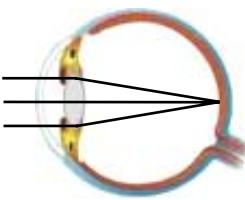
(b)



(c)



(d)



()20-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜前
- (b)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜上
- (c)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會直線通過落在視網膜上
- (d)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜後

類比推理測驗



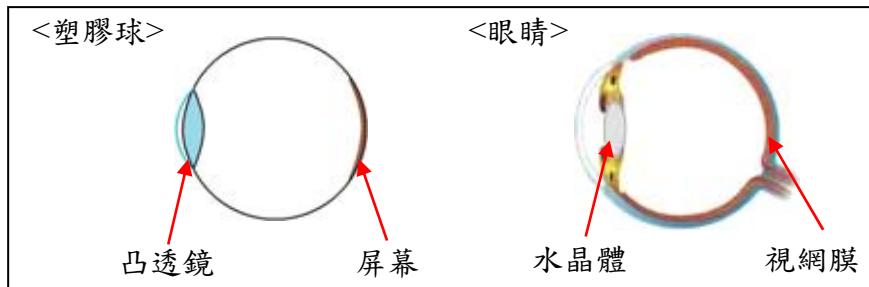
給同學的建議：

這份試卷主要是測驗你應用類比的推理方式，做出預測及解決問題的能力，請在答案卷上選出最適當的答案，如果題目有不懂的地方，請舉手向監考老師發問。

在監考老師要求你開始作答之前，請勿翻閱試卷

選擇題：請在答案卷上填寫 a、b、c...的答案

() 1-1. 如下圖所示，你認為塑膠球與眼睛之間有何相似之處？

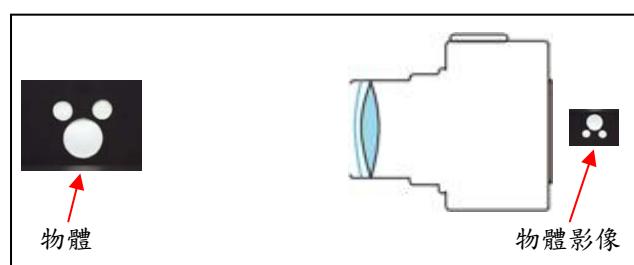


- (a) 凸透鏡像水晶體；屏幕像視網膜
- (b) 凸透鏡像視網膜；屏幕像水晶體
- (c) 凸透鏡像水晶體；屏幕像水晶體
- (d) 凸透鏡像視網膜；屏幕像視網膜

() 1-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 因為凸透鏡像視網膜一樣可以呈現影像；屏幕像水晶體一樣會聚集光線
- (b) 因為凸透鏡像水晶體一樣會聚集光線；屏幕像水晶體一樣會聚集光線
- (c) 因為凸透鏡像水晶體一樣會聚集光線；屏幕像視網膜一樣可以呈現影像
- (d) 因為凸透鏡像視網膜一樣可以呈現影像；屏幕像視網膜一樣可以呈現影像

() 2-1. 如下圖所示，當物體的影像落在相機底片後面時，應該要使用哪一種透鏡才能讓影像落在底片上呢？

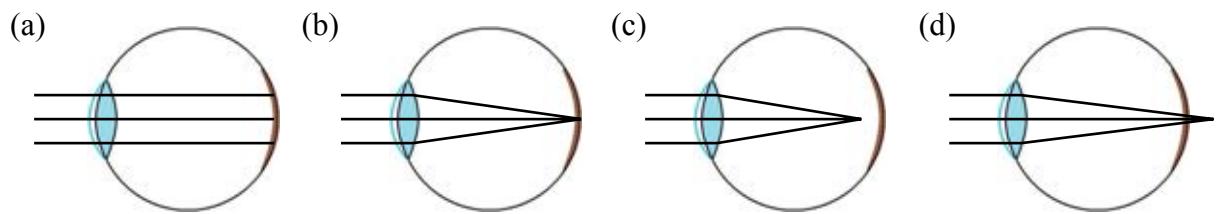


- (a) [平鏡片] (b) [凹透鏡片] (c) [凸透鏡片] (d) [三角鏡片]

() 2-2. 你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 因為凸透鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往前移動到底片上
- (b) 因為凹透鏡片可以使光線散開，導致物體影像會往前移動到底片上
- (c) 因為平鏡片可以使光線直線前進，導致物體影像會往前移動到底片上
- (d) 因為三角鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往前移動到底片上

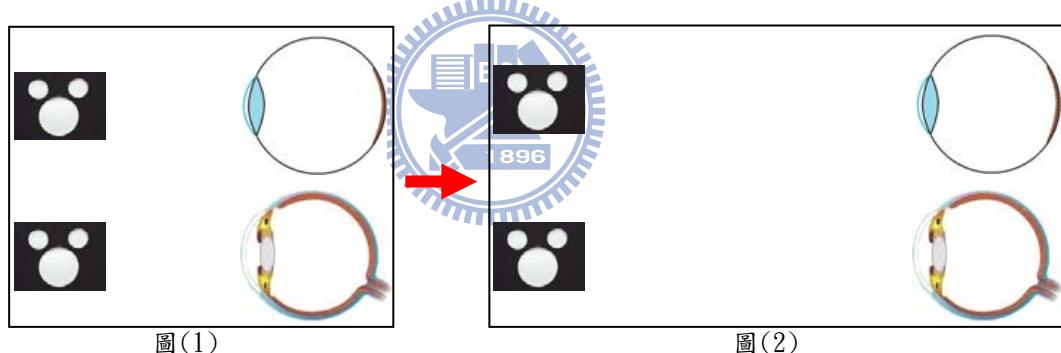
()3-1.下列圖形是光線進入塑膠球後的現象，請問哪一個可以用來表示近視眼的情形呢？



()3-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜後
- (b)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜上
- (c)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會直線通過落在視網膜上
- (d)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜前

()4-1.如圖(1)所示，米老鼠的影像能在屏幕與視網膜上呈現出清楚的影像。若將圖片移動遠離塑膠球與眼睛如圖(2)所示，請問此時要在屏幕與視網膜上呈現清楚的影像，應該如何調整呢？



圖(1)

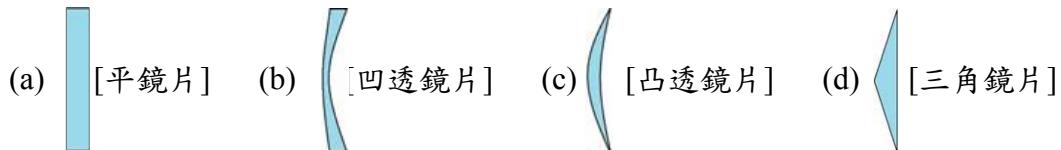
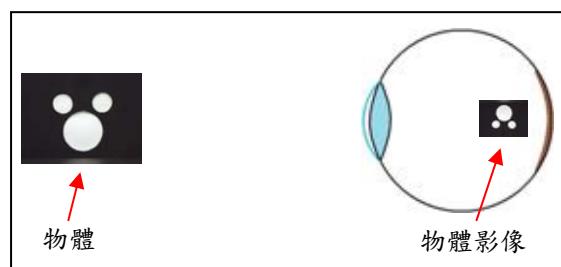
圖(2)

- (a)塑膠球更換凸透鏡；眼睛的水晶體改變厚薄
- (b)塑膠球更換凸透鏡；眼睛更換水晶體
- (c)將塑膠球拉長；眼球變長
- (d)將塑膠球壓扁；眼球變短

()4-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)物體越遠離；影像會越靠近屏幕與視網膜
- (b)凸透鏡無法改變影像位置，水晶體能改變影像位置
- (c)凸透鏡跟水晶體一樣，無法改變影像的位置
- (d)物體越遠離；影像會越遠離屏幕與視網膜

- ()5-1.如下圖所示，當物體的影像落在塑膠球屏幕前面時，應該要使用哪一種透鏡才能讓影像落在屏幕上呢？

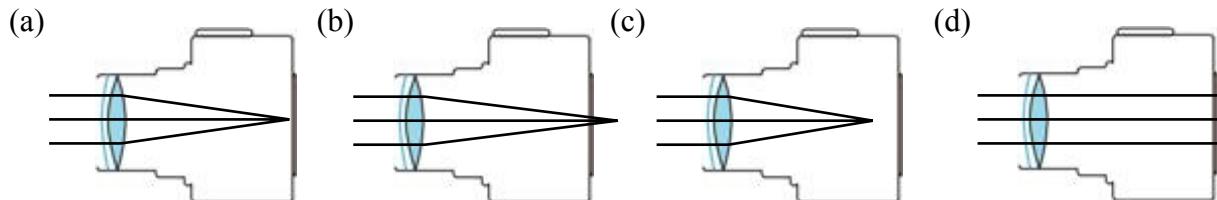


- ()5-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)因為凹透鏡片可以使光線散開，導致物體影像會往後移動到屏幕上
- (b)因為凸透鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往後移動到屏幕上
- (c)因為平鏡片可以使光線直線前進，導致物體影像會往後移動到屏幕上
- (d)因為三角鏡片可以使光線聚集，導致物體影像會往後移動到屏幕上



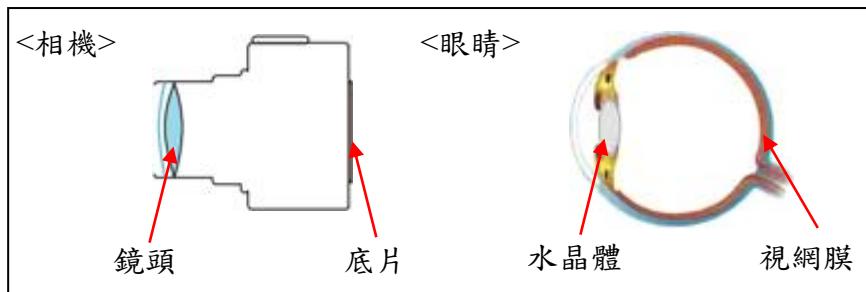
- ()6-1.下列圖形是光線進入相機後的現象，請問哪一個可以用來表示老花眼的情形呢？



- ()6-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜上
- (b)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會直線通過落在視網膜上
- (c)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜前
- (d)光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜後

()7-1.如下圖所示，你認為相機與眼睛之間有何相似之處？



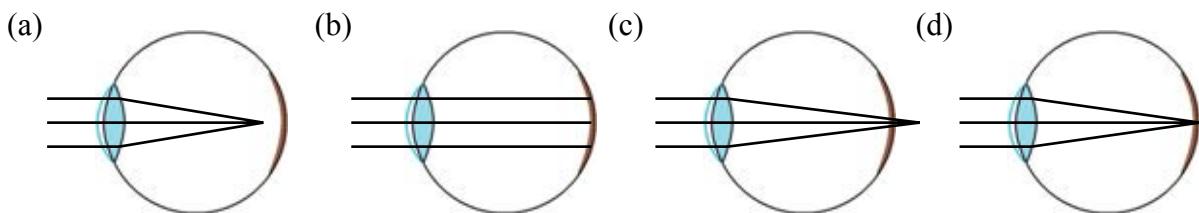
- (a) 鏡頭像視網膜；底片像水晶體
- (b) 鏡頭像水晶體；底片像水晶體
- (c) 鏡頭像視網膜；底片像視網膜
- (d) 鏡頭像水晶體；底片像視網膜

()7-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 因為鏡頭像視網膜一樣可以呈現影像；底片像水晶體一樣會聚集光線
- (b) 因為鏡頭像水晶體一樣會聚集光線；底片像視網膜一樣可以呈現影像
- (c) 因為鏡頭像視網膜一樣可以呈現影像；底片像視網膜一樣可以呈現影像
- (d) 因為鏡頭像水晶體一樣會聚集光線；底片像水晶體一樣會聚集光線



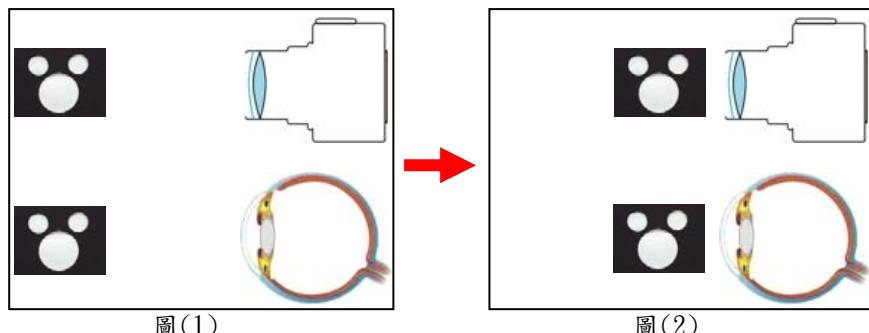
()8-1.下列圖形是光線進入塑膠球後的現象，請問哪一個可以用來表示老花眼的情形呢？



()8-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a) 光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會直線通過落在視網膜上
- (b) 光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜上
- (c) 光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜前
- (d) 光線經過有老花眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜後

()9-1.如圖(1)所示，米老鼠的影像能在底片與視網膜上呈現出清楚的影像。若將圖片移動靠近相機與眼睛如圖(2)所示，請問此時要在底片與視網膜上呈現清楚的影像，應該如何調整呢？



圖(1)

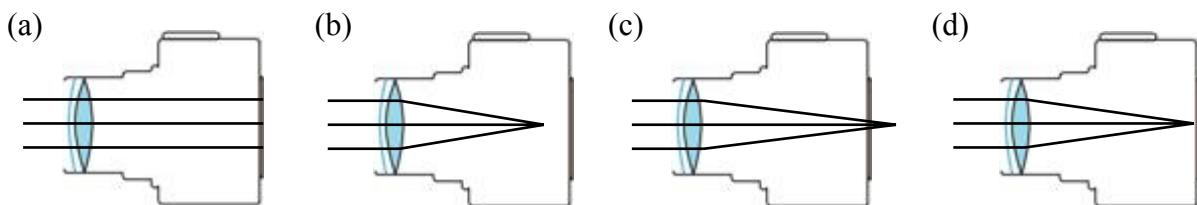
圖(2)

- (a)相機鏡頭伸長；眼睛的水晶體改變厚薄
- (b)相機鏡頭伸長；眼球變長
- (c)相機鏡頭縮短；眼球變短
- (d)相機更換鏡頭；眼睛更換水晶體

()9-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)鏡頭跟水晶體一樣，無法改變影像的位置
- (b)物體越靠近，影像會越靠近底片與視網膜
- (c)物體越靠近，影像會越遠離底片與視網膜
- (d)鏡頭無法改變影像位置，水晶體能改變影像位置

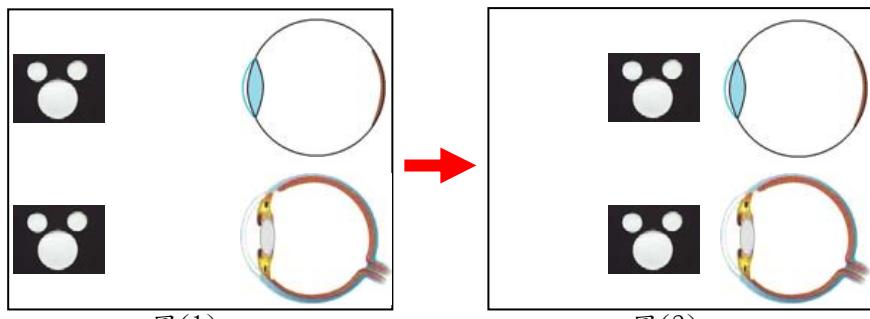
()10-1.下列圖形是光線進入相機後的現象，請問哪一個可以用來表示近視眼的情形呢？



()10-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜上
- (b)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜後
- (c)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會聚集在視網膜前
- (d)光線經過有近視眼的人的水晶體後，影像會直線通過落在視網膜上

()11-1.如圖(1)所示，米老鼠的影像能在屏幕與視網膜上呈現出清楚的影像。若將圖片移動靠近塑膠球與眼睛如圖(2)所示，請問此時要在屏幕與視網膜上呈現清楚的影像，應該如何調整呢？

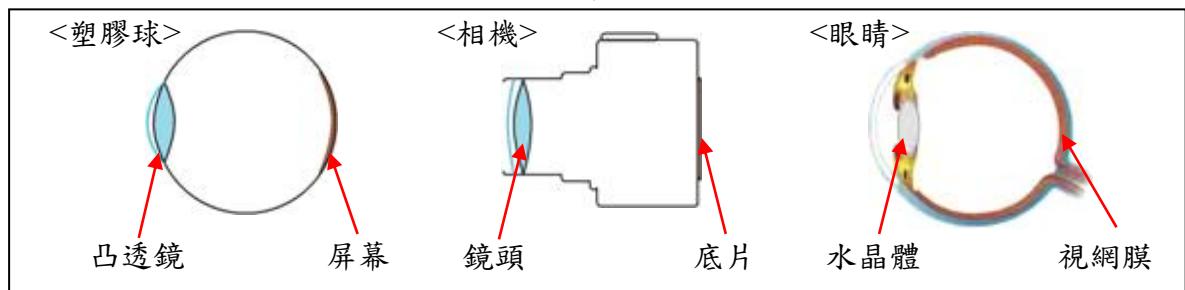


- (a)塑膠球更換凸透鏡；眼睛更換水晶體
- (b)塑膠球更換凸透鏡；眼睛的水晶體改變厚薄
- (c)將塑膠球拉長；眼球變長
- (d)將塑膠球壓扁；眼球變短

()11-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)物體越靠近，影像會越靠近屏幕與視網膜
- (b)物體越靠近，影像會越遠離屏幕與視網膜
- (c)凸透鏡跟水晶體一樣，無法改變影像的位置
- (d)凸透鏡無法改變影像位置，水晶體能改變影像位置

()12-1.如下圖所示，請問塑膠球、相機與眼睛的構造之間，其功能上有何相似之處？



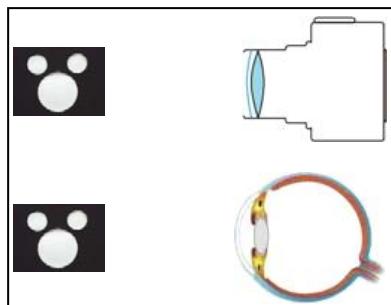
- (a)屏幕、底片與視網膜相似
- (b)屏幕、鏡頭與水晶體相似
- (c)凸透鏡、鏡頭與視網膜相似
- (d)凸透鏡、底片與水晶體相似

()12-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

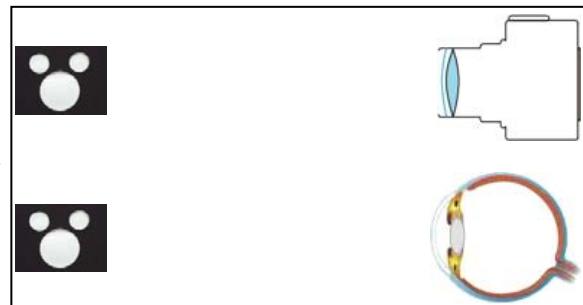
- (a)因為凸透鏡、鏡頭與視網膜一樣可以都可以呈現影像
- (b)因為屏幕、鏡頭與水晶體一樣都會聚集光線
- (c)因為屏幕、底片與視網膜一樣可以都可以呈現影像

(d)因為凸透鏡、底片與水晶體一樣都會聚集光線

- ()13-1.如圖(1)所示，米老鼠的影像能在底片與視網膜上呈現出清楚的影像。若將圖片移動遠離相機與眼睛如圖(2)所示，請問此時要在底片與視網膜上呈現清楚的影像，應該如何調整呢？



圖(1)



圖(2)

- (a)相機鏡頭縮短；眼球變短
- (b)相機鏡頭伸長；眼球變長
- (c)相機更換鏡頭；眼睛更換水晶體
- (d)相機鏡頭縮短；眼睛的水晶體改變厚薄

- ()13-2.你選擇了上面的答案，你的理由是：

- (a)鏡頭無法改變影像位置，水晶體能改變影像位置
- (b)物體越遠離，影像會越靠近底片與視網膜
- (c)鏡頭跟水晶體一樣，無法改變影像的位置
- (d)物體越遠離，影像會越遠離底片與視網膜

科學推理測驗



給同學的建議：

這份試卷主要是測驗你應用科學和數學的推理方式，做出預測及解決問題的能力，請在答案卷上選出最適當的答案，如果題目有不懂的地方，請舉手向監考老師發問。

在監考老師要求你開始作答之前，請勿翻閱試卷

選擇題：請在答案卷上填寫 a、b、c...的答案

() 1.假如桌上有兩塊大小相同、形狀相同、重量也相同的黏土球，現在你將其中一塊黏土壓平成碟子的形狀，以下的敘述何者正確？

- a.壓平成碟子的黏土比另一塊球狀的黏土還要重。
- b.這兩塊黏土一樣重。
- c.球狀的黏土比壓平成碟子的黏土還要重。

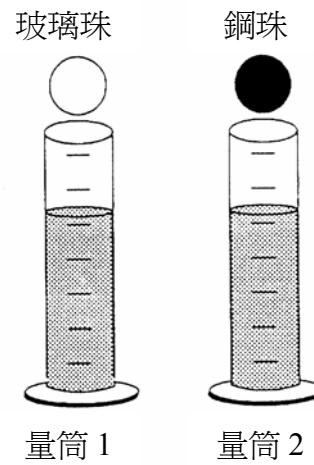
() 2.因為

- a.壓平的黏土有比較大的面積。
- b.球狀的黏土只有一個點接觸到桌上，重量向下推力較大。
- c.物體被壓平後，重量就會減少。
- d.黏土並沒有增加或減少。
- e.物體被壓平後，重量就會增加。



() 3.右下圖畫了兩個大小和形狀都一樣的量筒，裝了一樣高的水。有兩個彈珠，一個是玻璃珠，另一個是鋼珠。這兩個彈珠的大小相同，但是鋼珠的重量比玻璃珠重。把玻璃珠放入第一個量筒，筒中的水上升至第 6 個刻度。假如我們將鋼珠放入第二個量筒，筒中的水將會

- a.升高到和第一個量筒水面相同的高度
- b.升高到比第一個量筒水面還高的高度
- c.升高到比第一個量筒水面還低的高度

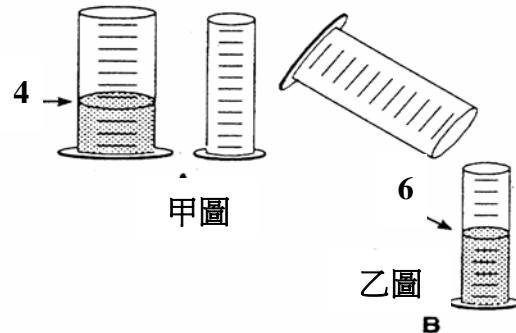


() 4.因為

- a.鋼珠下沉較快
- b.兩個彈珠的材質不同
- c.鋼珠比玻璃珠還要重
- d.玻璃珠造成的壓力較小
- e.兩個彈珠的大小相同

()5.右下圖畫了兩個量筒，一個管徑較粗，另一個較細。兩個量筒上的刻度距離都相同。把水倒入粗的量筒，水的高度上升到第四個刻度(甲圖)。把水從粗的量筒倒入細的量筒中時，水的高度上升到第六個刻度(乙圖)。把水倒掉再做一次，這次水倒入粗的量筒時，水的高度上升到第 6 個刻度。把水從粗的量筒倒入細的量筒時，水的高度會上升到

- a.大約第 8 格刻度
- b.大約第 9 格刻度
- c.大約第 10 格刻度
- d.大約第 12 格刻度
- e.以上皆非



()6.因為

- a.無法從題目中的資料算出答案
- b.粗量筒上升 2 格高度，所以細量筒也會上升 2 格高度
- c.粗量筒每上升 2 格高度的水量，可使細量筒的水量上升 3 格
- d.第二個量筒的管徑比第一個量筒細
- e.必須要實際倒水操作才能由觀察得到結果



()7.把水加到細的量筒(如第 5 題)到第 11 格刻度，再把水倒回粗的量筒時，水會上升到

- a.大約第 7.5 格刻度
- b.大約第 9 格刻度
- c.大約第 8 格刻度
- d.大約第 $7\frac{1}{3}$ 格刻度
- e.以上皆非

()8.因為

- a.比例不變
- b.我們必須要實際倒水並觀察，才能找到答案
- c.題目所給的資料不夠，無法找到答案
- d.因為剛才(第 5 題)粗、細量筒的水面高度差兩格，所以現在也會差兩格
- e.每次從粗的量筒減去 2 格的水，會相當於細的量筒 3 格的水量

() 9. 下圖有三個電路，圖 1 和圖 2 的電路上都有 1 個燈泡，圖 3 的電路上有 2 個串聯的燈泡。圖 2 的電路上只有 1 個電池，圖 1 和圖 3 的電路上有 2 個串聯的電池。你想要研究「電池的數目對燈泡發光的影響」，請問你要使用哪個(些)電路來研究？

- a. 只要任意拿其中一個電路即可
- b. 所有三個圖(圖 1、圖 2、圖 3)的電路都必須要使用
- c. 要使用圖 2 和圖 3 兩個電路
- d. 要使用圖 1 和圖 3 兩個電路
- e. 要使用圖 1 和圖 2 兩個電路

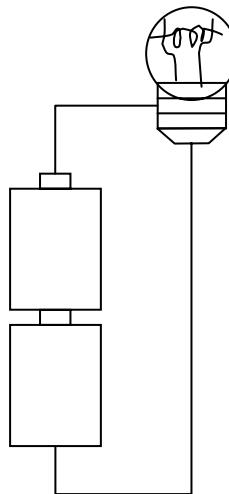


圖 1

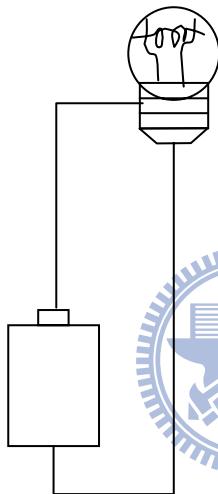


圖 2

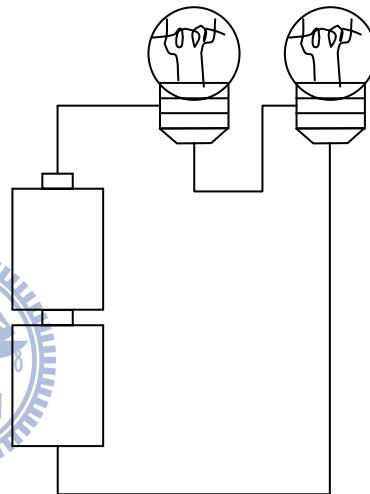


圖 3

() 10. 因為

- a. 必須要使用到電池最多的電路
- b. 必須要把「不同電池數目」和「不同燈泡數目」造成的影響同時做比較
- c. 只有電池數目不同，其它條件都相同
- d. 必須把所有的可能性都做比較
- e. 燈泡數目不同

() 11. 小明種杜鵑花，他想要研究在土中加入「雞糞」或加入「蛇木屑」可以讓杜鵑花開花。於是把他杜鵑花分成四組，每組 20 棵，分別實驗。

最後他整理結果如下表：

組 別	開花的杜鵑花數	沒開花的杜鵑花數
第一組：只加入雞糞	18 棵	2 棵
第二組：只加入蛇木屑	11 棵	9 棵
第三組：同時加入雞糞及蛇木屑	19 棵	1 棵
第四組：雞糞和蛇木屑都不加	10 棵	10 棵

從這個實驗結果看起來...

- a. 會影響開花的因素可能是雞糞，不是蛇木屑
- b. 會影響開花的因素可能是蛇木屑，不是雞糞
- c. 雞糞和蛇木屑可能都會影響開花
- d. 雞糞和蛇木屑可能都不會影響開花

() 12. 因為

- a. 第三組中大部份的杜鵑花都開花了，而第二組開花的比例則很平均
- b. 從第一組和第三組的結果來看，大部分的杜鵑都開花了
- c. 杜鵑花要開花需要雞糞中所含的養分，蛇木屑養分含量不高
- d. 加入雞糞或蛇木屑的杜鵑花，開花的比例都很高
- e. 不管加不加雞糞或蛇木屑，杜鵑都會開花

() 13. 不久之後，小明種了桂花，他又想要研究在土中加入雞糞或加入豆渣對桂花開花的影響，於是把他桂花分成四組，每組 20 棵，分別實驗。

最後他整理結果如下表：

組 別	開花的桂花數	沒開花的桂花數
第一組：只加入雞糞	19 棵	1 棵
第二組：只加入豆渣	18 棵	2 棵
第三組：同時加入雞糞及豆渣	18 棵	2 棵
第四組：雞糞和豆渣都不加	10 棵	10 棵

這個結果顯示

- a. 會影響開花的因素可能是雞糞，不是豆渣
- b. 會影響開花的因素可能是豆渣，不是雞糞
- c. 雞糞和豆渣可能都會影響開花
- d. 雞糞和豆渣可能都不會影響開花

() 14. 因為

- a. 不管加不加雞糞或豆渣，桂花都會開花
- b. 桂花要開花需要雞糞中所含的養分，豆楂的養分含量也很高
- c. 第四組開花的比例很平均，第三組大部分的桂花都開花了
- d. 第一組只加雞糞、第二組只加豆渣、第三組同時加入，開花比例都很高。
- e. 第二組只加豆渣、第三組同時加入雞糞及豆渣，開花比例都很高。

() 15. 有 6 個木塊，大小和形狀都相同，但其中 3 個木塊是紅色的，另外 3 個木塊是黃色的。把木塊放在袋中，並均勻混合。某人從袋中拿出一個木塊，拿到紅色木塊的機會有多大呢？

- a. $\frac{1}{6}$
- b. $\frac{1}{3}$
- c. $\frac{1}{2}$
- d. $\frac{1}{1}$
- e. 無法決定

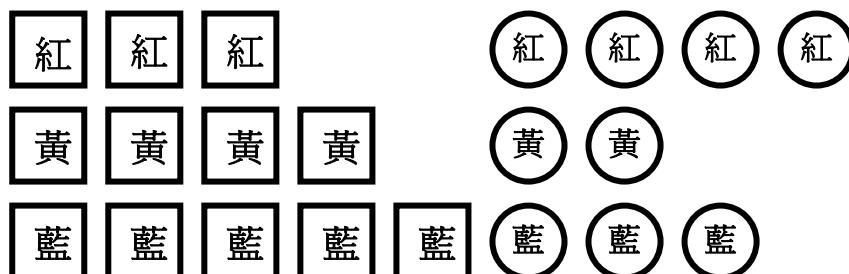


() 16. 因為

- a. 6 個木塊中有 3 個是紅的
- b. 我們無法分辨將會拿到哪一個木塊
- c. 袋子中只能從 6 個木塊中挑出 1 個
- d. 所有 6 個木塊的大小和形狀都一樣
- e. 3 個紅色木塊中，只有 1 個能夠被拿出來

() 17. 把 3 個紅色木塊、4 個黃色木塊、5 個藍色木塊放入袋子中，再把 4 個紅球、2 個黃球、3 個藍球也放入袋子。充分混合後，某人隨意從袋子中拿出 1 個物品，請問拿到紅球或藍球的機會有多大呢？

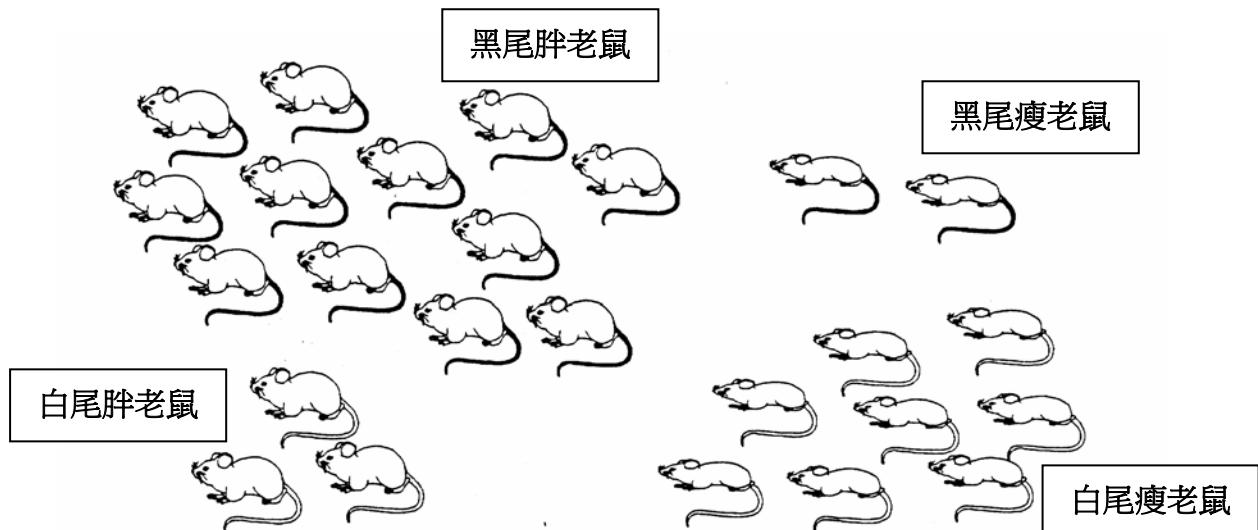
- a. 無法決定
- b. $\frac{1}{3}$
- c. $\frac{1}{21}$
- d. $\frac{15}{21}$
- e. $\frac{1}{2}$



() 18. 因為

- a. 袋子內的所有物品中，有 $1/2$ 是球形的
- b. 21 個物品之中有 15 個是紅色或黃色的
- c. 無法分辨將會拿到哪一個木塊
- d. 全部 21 個物品中，只有 1 個能夠被拿出來
- e. 每 3 個物品中，就有 1 個是紅球或藍球

() 19. 王老先生觀察到有很多老鼠在他的田裡生活著，他發現所這些老鼠如果不是很胖就是很瘦，他又發現牠們的尾巴如果不是黑色的，就是白色的。這個結果使他猜測，老鼠的胖瘦和尾巴的顏色之間有某種關係。於是他便把田裡的老鼠都抓來，並觀察牠們的胖瘦和尾巴顏色。以下就是他所抓到的老鼠...



你認為老鼠的胖瘦和尾巴的顏色是否存在某種特定的關係呢？

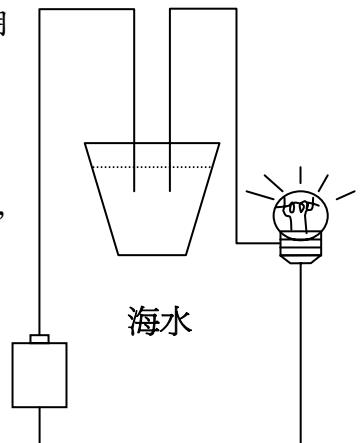
- a. 是的，老鼠的胖瘦和尾巴顏色之間有某種關係
- b. 不，老鼠的胖瘦和尾巴顏色之間沒有任何關係
- c. 不能做出合理的猜測

() 20. 因為

- a. 因為各種外型的老鼠都存在。
- b. 可能老鼠的胖瘦和尾巴之間，存在著某種遺傳的關係
- c. 抓到老鼠的數量不夠多
- d. 大部分胖老鼠的尾巴是黑的，同樣的大部分瘦老鼠的尾巴是白的
- e. 當老鼠長胖時，牠們的尾巴就變成黑色的

() 21. 小華拿了一杯海水，利用電池、小燈泡、電線和這杯海水組成電路(如右下圖)，發現燈泡會發光。小華思考之後提出了一個解釋：「海水中溶解了很多鹽分，就是這些鹽分幫助海水導電」。下列哪個實驗方法可以證明小華的想法？

- a. 利用儀器把海水中的鹽分去除，而且海水無法再導電
- b. 如果鹽分可以幫助海水導電，那就再多加一些鹽分到海水中，觀察整個電路導電的結果
- c. 在電路中再多加兩個電池，觀察整個電路導電的情形是否改變
- d. 在海水中加入其它物質(例如糖)，看看有沒有辦法繼續導電。
- e. 重新做一次海水導電的實驗，確實控制每一個可能的變因，仔細的觀察整個電路導電的結果



() 22. 做了實驗之後，下列哪個結果能夠證明小華原先的解釋可能是錯的？

- a. 海水仍然可以導電。
- b. 海水變得不能導電了。
- c. 小燈泡變得更亮了。
- d. 小燈泡變得更暗了。



() 23. 小英餵魚時發現，家中的金魚特別愛吃她新買的紅色顆粒飼料，她推想之後，覺得有二個可能的原因...

原因 1：魚對「紅色」非常敏感，所以一看到紅色的飼料便馬上游過來。

原因 2：魚飼料中，加了味道比較濃的原料，魚嗅到味道便馬上游過來。

她把紅色的 BB 彈放到魚缸中，觀察金魚的反應。下列哪個實驗的結果可以證明原因 1 是錯的？

- a. 魚被紅色 BB 彈吸引而游過來
- b. 魚對紅色 BB 彈不理不睬，沒有反應
- c. 魚對紅色 BB 彈有時有興趣，有時沒有反應

() 24. 下列哪個實驗的結果可以證明原因 2 是錯的？

- a. 魚被紅色 BB 彈吸引而游過來
- b. 魚對紅色 BB 彈不理不睬，沒有反應
- c. 魚對紅色 BB 彈有時有興趣，有時沒有反應

視覺成像概念訪談問題(純粹比對類比組)

班級：_____ 姓名：_____ 座號：_____

1. 請你畫出眼睛的形狀。

【一. 請繪圖並說明】

2. 我們的眼睛有哪些構造呢？

3. 我們的眼睛是如何看見東西的呢？

4. 光線經過凸透鏡之後會產生什麼現象呢？

【二. 請繪圖並說明】

5. 光線經過凹透鏡之後會產生什麼現象呢？

【三. 請繪圖並說明】



6. 什麼是「近視眼」呢？有「近視眼」的人為什麼會看不清楚呢？

7. 什麼是「老花眼」呢？有「老花眼」的人為什麼會看不清楚呢？

8. 請試著使用塑膠球模型去推測下列眼睛的情況：

(1) 從塑膠球外觀的構造上來看，你覺得塑膠球與眼睛有哪幾項共同性呢？

(2) 從塑膠球外觀的構造上來看，你覺得塑膠球與眼睛有哪幾項相異性呢？

(3) 使用塑膠球來推測，當光線進入正常的眼睛後會怎麼樣呢？

那物體的影像會呈現在哪裡呢？

【四. 請繪圖並說明】

(4) 使用塑膠球來推測，當光線進入「近視眼」後會怎麼樣呢？

那物體的影像會呈現在哪裡呢？

【五. 請繪圖並說明】

(5) 使用塑膠球來說明，當光線進入「老花眼」後會怎麼樣呢？

那物體的影像會呈現在哪裡呢？

【六. 請繪圖並說明】

視覺成像概念訪談繪圖卷(純粹比對類比組)

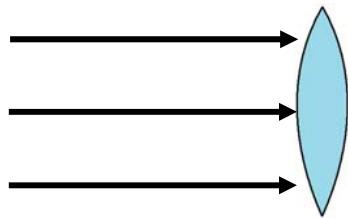
班級：_____

姓名：_____

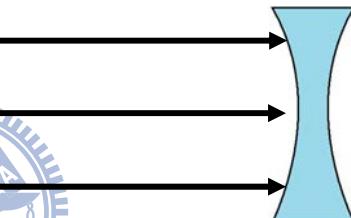
座號：_____

一.(眼睛的形狀)

二.



三.



四.

五.

六.

視覺成像概念訪談問題(傳達屬性類比組)

班級：_____ 姓名：_____ 座號：_____

1. 請你畫出眼睛的形狀。

【一. 請繪圖並說明】

2. 我們的眼睛有哪些構造呢？

3. 我們的眼睛是如何看見東西的呢？

4. 光線經過凸透鏡之後會產生什麼現象呢？

【二. 請繪圖並說明】

5. 光線經過凹透鏡之後會產生什麼現象呢？

【三. 請繪圖並說明】

6. 什麼是「近視眼」呢？有「近視眼」的人為什麼會看不清楚呢？



7. 什麼是「老花眼」呢？有「老花眼」的人為什麼會看不清楚呢？

8. 請試著使用相機模型去推測下列眼睛的情況：

(1) 從相機外觀的構造上來看，你覺得相機與眼睛有哪幾項共同性呢？

(2) 從相機外觀的構造上來看，你覺得相機與眼睛有哪幾項相異性呢？

(3) 使用相機來推測，當光線進入正常的眼睛後會怎麼樣呢？

那物體的影像會呈現在哪裡呢？

【四. 請繪圖並說明】

(4) 使用相機來推測，當光線進入「近視眼」後會怎麼樣呢？

那物體的影像會呈現在哪裡呢？

【五. 請繪圖並說明】

(5) 使用相機來說明，當光線進入「老花眼」後會怎麼樣呢？

那物體的影像會呈現在哪裡呢？

【六. 請繪圖並說明】

視覺成像概念訪談繪圖卷(傳達屬性類比組)

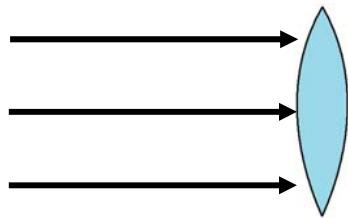
班級：_____

姓名：_____

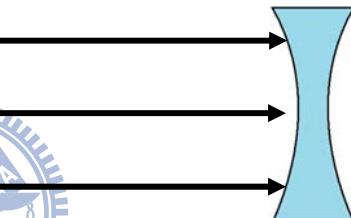
座號：_____

一.(眼睛的形狀)

二.



三.



四.

五.

六.

附錄五 教學活動設計

1.純粹比對類比網路類比學習課程

教學主題	教學活動流程
主題一 光、透鏡與 眼睛	<p>1.發光物與反光物概念影片</p> <p>2.問題(1)：為什麼我們可以看見太陽呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1.因為眼睛會發光 <input type="checkbox"/> 2.因為太陽會發光</p> <p><input type="checkbox"/> 3.因為眼睛會反光 <input type="checkbox"/> 4.因為太陽會反光</p> <p>3.學生作答與參考答案的比較(問題 1)</p> <p>4.問題(2)：在教室裡的黑板不會發光，為什麼我們還是可以看見黑板呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1.因為眼睛會發光 <input type="checkbox"/> 2.因為眼睛會反光</p> <p><input type="checkbox"/> 3.因為黑板會反光</p> <p>5.學生作答與參考答案的比較(問題 2)</p> <p>6.秘笈一</p> <p>*發光物：自己本身就可以發出光線的物體。 (例如)太陽、電燈、火焰</p> <p>*反光物：自己本身無法發出光線，但可以反射光線的物體。 (例如)黑板、椅子、桌子</p> <p>7.透鏡折射現象影片</p> <p>8.透鏡成像現象影片</p> <p>9.問題(3)：光線經過透鏡後，會改變原本行進的方向， 請問這是光的什麼現象呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1.反射 <input type="checkbox"/> 2.折射 <input type="checkbox"/> 3.反射與折射</p> <p>10.學生作答與參考答案的比較(問題 3)</p> <p>11.問題(4)：光線經過哪一種透鏡折射後，會使光線聚集呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1.平玻璃 <input type="checkbox"/> 2.凹透鏡 <input type="checkbox"/> 3.凸透鏡</p>

12.學生作答與參考答案的比較(問題 4)

13.秘笈二

*光線經過平玻璃後，其行進路線不會改變

*光線經過凹透鏡後，其行進路線會向外散開

*光線經過凸透鏡後，其行進路線會向內聚集

14.問題(5)：想要讓屏幕上出現影像，需要使用哪一種透鏡呢？

- 1.平玻璃 2.凹透鏡 3.凸透鏡

你的理由是_____

你的理由跟下列何者最接近？

- 1.因為平玻璃可以讓光線通過，所以屏幕上會出現影像。
- 2.因為凹透鏡可以聚集光線，所以屏幕上會出現影像。
- 3.因為凸透鏡可以聚集光線，所以屏幕上會出現影像。

15.學生作答與參考答案的比較(問題 5)



16.秘笈三

*平玻璃不能聚集光線，所以屏幕上不會出現影像

*凹透鏡會將光線散開，所以屏幕上不會出現影像

*凸透鏡會將光線聚集，所以屏幕上會出現影像

17.眼睛實際構造 Flash

18.眼睛構造圖 Flash

19.眼睛成像 Flash

20.塑膠球構造影片

21.塑膠球模型構造 Flash

22.塑膠球構造圖 Flash

23.塑膠球成像影片

24.塑膠球與眼睛構造比對 Flash

25.問題(6)：請問你覺得眼睛的水晶體像是塑膠球的哪一個構造呢？

- 1.塑膠球 2.凸透鏡 3.屏幕

你的理由是_____

你的理由跟下列何者最接近？

- 1.因為水晶體與塑膠球一樣都是圓的
 2.因為水晶體與凸透鏡一樣都可以聚集光線，
並產生一個縮小倒立的影像
 3.因為水晶體與屏幕一樣都可以呈現影像

26.學生作答與參考答案的比較(問題 6)

27.問題(7)：請問你覺得眼睛的視網膜像是塑膠球的哪一個構造呢？

- 1.塑膠球 2.凸透鏡 3.屏幕

你的理由是_____

你的理由跟下列何者最接近？

- 1.因為視網膜與塑膠球一樣都是圓的
 2.因為視網膜與凸透鏡一樣都可以聚集光線，
並產生一個縮小倒立的影像
 3.因為視網膜與屏幕一樣都可以呈現影像

28.學生作答與參考答案的比較(問題 7)

29.塑膠球近物與遠物成像影片

30.塑膠球近物與遠物成像解說 Flash

31.塑膠球近物與遠物模糊成像解說 Flash

31.健康的眼睛近物與遠物成像解說 Flash

32.不健康的眼睛近物與遠物成像解說 Flash

33.塑膠球與眼睛的共同性類比對照表 Flash

34.塑膠球與眼睛的相異性類比對照表 Flash

主題二 近視眼、老花眼與矯正	<p>1.近視的情形說明 Flash</p> <p>2.當物體影像落在塑膠球屏幕前方時，該選用哪一種透鏡鏡片，讓影像可以落在屏幕上呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>3.現在請你想想看，有『近視』的人該配帶什麼鏡片的眼鏡來矯正呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>4.問題(8)：請問有『近視』的人該配帶哪種鏡片的眼鏡呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1. 凹透鏡片 <input type="checkbox"/> 2. 凸透鏡片</p> <p>你的理由是_____</p> <p>你的理由跟下列何者最接近？</p> <p><input type="checkbox"/> 1. 因為凹透鏡片可以使物體影像往前移動</p> <p><input type="checkbox"/> 2. 因為凹透鏡片可以使物體影像往後移動</p> <p><input type="checkbox"/> 3. 因為凸透鏡片可以使物體影像往前移動</p> <p><input type="checkbox"/> 4. 因為凸透鏡片可以使物體影像往後移動</p> <p>5.學生作答與參考答案的比較(問題 8)</p> <p>6.問題(8)之解答說明 Flash</p> <p>7.老花的情形說明 Flash</p> <p>8.當物體影像落在塑膠球屏幕後方時，該選用哪一種透鏡鏡片，讓影像可以落在屏幕上呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>9.現在請你想想看，有『老花』的人該配帶什麼鏡片的眼鏡來矯正呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>10.問題(9)：請問有『老花』的人該配帶哪種鏡片的眼鏡呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1. 凹透鏡片 <input type="checkbox"/> 2. 凸透鏡片</p> <p>你的理由是_____</p> <p>你的理由跟下列何者最接近？</p> <p><input type="checkbox"/> 1. 因為凹透鏡片可以使物體影像往前移動</p>
--------------------------	---

- 2. 因為凹透鏡片可以使物體影像往後移動
- 3. 因為凸透鏡片可以使物體影像往前移動
- 4. 因為凸透鏡片可以使物體影像往後移動

11. 學生作答與參考答案的比較(問題 9)
12. 問題(9)之解答說明 Flash
13. 『塑膠球與眼睛』近視&老花的類比概念對照表 Flash
14. 學習結束



2. 傳達屬性類比網路類比學習課程

教學主題	教學活動流程
主題一 光、透鏡與 眼睛	<p>1. 發光物與反光物概念影片</p> <p>2. 問題(1)：為什麼我們可以看見太陽呢？</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 1. 因為眼睛會發光 <input type="checkbox"/> 2. 因為太陽會發光</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 3. 因為眼睛會反光 <input type="checkbox"/> 4. 因為太陽會反光</p> <p>3. 學生作答與參考答案的比較(問題 1)</p> <p>4. 問題(2)：在教室裡的黑板不會發光，為什麼我們還是可以看見黑板呢？</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 1. 因為眼睛會發光 <input type="checkbox"/> 2. 因為眼睛會反光</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 3. 因為黑板會反光</p> <p>5. 學生作答與參考答案的比較(問題 2)</p> <p>6. 秘笈一</p> <p style="text-align: center;"> * 發光物：自己本身就可以發出光線的物體。 (例如)太陽、電燈、火焰</p> <p style="text-align: center;">* 反光物：自己本身無法發出光線，但可以反射光線的物體。 (例如)黑板、椅子、桌子</p> <p>7. 透鏡折射現象影片</p> <p>8. 透鏡成像現象影片</p> <p>9. 問題(3)：光線經過透鏡後，會改變原本行進的方向， 請問這是光的什麼現象呢？</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 1. 反射 <input type="checkbox"/> 2. 折射 <input type="checkbox"/> 3. 反射與折射</p> <p>10. 學生作答與參考答案的比較(問題 3)</p> <p>11. 問題(4)：光線經過哪一種透鏡折射後，會使光線聚集呢？</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> 1. 平玻璃 <input type="checkbox"/> 2. 凹透鏡 <input type="checkbox"/> 3. 凸透鏡</p> <p>12. 學生作答與參考答案的比較(問題 4)</p>

13.秘笈二

*光線經過平玻璃後，其行進路線不會改變

*光線經過凹透鏡後，其行進路線會向外散開

*光線經過凸透鏡後，其行進路線會向內聚集

14.問題(5)：想要讓屏幕上出現影像，需要使用哪一種透鏡呢？

- 1.平玻璃 2.凹透鏡 3.凸透鏡

你的理由是_____

你的理由跟下列何者最接近？

1.因為平玻璃可以讓光線通過，所以屏幕上會出現影像。

2.因為凹透鏡可以聚集光線，所以屏幕上會出現影像。

3.因為凸透鏡可以聚集光線，所以屏幕上會出現影像。

15.學生作答與參考答案的比較(問題 5)

16.秘笈三



*平玻璃不能聚集光線，所以屏幕上不會出現影像

*凹透鏡會將光線散開，所以屏幕上不會出現影像

*凸透鏡會將光線聚集，所以屏幕上會出現影像

17.眼睛實際構造 Flash

18.眼睛構造圖 Flash

19.眼睛成像 Flash

20.相機構造影片

21.相機構造 Flash

22.相機模型構造影片

23.機模型構造 Flash

24.相機模型構造圖 Flash

25.相機成像影片

26.相機與眼睛構造比對 Flash

27.問題(6)：請問你覺得眼睛的水晶體像是相機的哪一個構造呢？

- 1.相機 2.鏡頭 3.底片

你的理由是_____

你的理由跟下列何者最接近？

- 1.因為水晶體與相機一樣可以接收影像
 2.因為水晶體與鏡頭一樣都可以聚集光線，
並產生一個縮小倒立的影像
 3.因為水晶體與底片一樣都可以呈現影像

28.學生作答與參考答案的比較(問題 6)

29.問題(7)：請問你覺得眼睛的視網膜像是相機的哪一個構造呢？

- 1.相機 2.鏡頭 3.底片

你的理由是_____

你的理由跟下列何者最接近？

- 1.因為水晶體與相機一樣可以接收影像
 2.因為水晶體與鏡頭一樣都可以聚集光線，
並產生一個縮小倒立的影像
 3.因為水晶體與底片一樣都可以呈現影像

30.學生作答與參考答案的比較(問題 7)

31.相機近物與遠物成像影片

32.相機近物與遠物成像解說 Flash

33.相機近物與遠物模糊成像解說 Flash

34.健康的眼睛近物與遠物成像解說 Flash

35.不健康的眼睛近物與遠物成像解說 Flash

36.相機與眼睛的共同性類比對照表 Flash

	37.相機與眼睛的相異性類比對照表 Flash
主題二 近視眼、老 花眼與矯 正	<p>1.近視的情形說明 Flash</p> <p>2.當物體影像落在相機底片前方時，該選用哪一種透鏡鏡片，讓影像可以落在底片上呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>3.現在請你想想看，有『近視』的人該配帶什麼鏡片的眼鏡來矯正呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>4.問題(8)：請問有『近視』的人該配帶哪種鏡片的眼鏡呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1. 凹透鏡片 <input type="checkbox"/> 2. 凸透鏡片</p> <p>你的理由是_____</p> <p>你的理由跟下列何者最接近？</p> <p><input type="checkbox"/> 1. 因為凹透鏡片可以使物體影像往前移動</p> <p><input type="checkbox"/> 2. 因為凹透鏡片可以使物體影像往後移動</p> <p><input type="checkbox"/> 3. 因為凸透鏡片可以使物體影像往前移動</p> <p><input type="checkbox"/> 4. 因為凸透鏡片可以使物體影像往後移動</p> <p>5.學生作答與參考答案的比較(問題 8)</p> <p>6.問題(8)之解答說明 Flash</p> <p>7.老花的情形說明 Flash</p> <p>8.當物體影像落在相機底片後方時，該選用哪一種透鏡鏡片，讓影像可以落在屏幕上呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>9.現在請你想想看，有『老花』的人該配帶什麼鏡片的眼鏡來矯正呢？(模擬操作 Flash)</p> <p>10.問題(9)：請問有『老花』的人該配帶哪種鏡片的眼鏡呢？</p> <p><input type="checkbox"/> 1. 凹透鏡片 <input type="checkbox"/> 2. 凸透鏡片</p> <p>你的理由是_____</p>

你的理由跟下列何者最接近？

- 1. 因為凹透鏡片可以使物體影像往前移動
- 2. 因為凹透鏡片可以使物體影像往後移動
- 3. 因為凸透鏡片可以使物體影像往前移動
- 4. 因為凸透鏡片可以使物體影像往後移動

11. 學生作答與參考答案的比較(問題 9)

12. 問題(9)之解答說明 Flash

13. 『相機與眼睛』近視&老花的類比概念對照表 Flash

14. 學習結束

