

國立交通大學

理學院（科技與數位學習）學程



The Effect of Visual Attention Guiding on Dynamic Digital Instructional Design in Learning Achievement and Cognitive Load :
Remedial Instruction of the Formation of Images by Convex Lenses in the Junior High School as An Example

研究 生 : 張世彥

指 導 教 授 : 李榮耀 教授

中 華 民 國 一 百 零 一 年 六 月

視覺注意力引導在動態數位教學設計上對學習成效與認知負荷之影響
— 以國中「凸透鏡折射成像」補救教學為例

The Effect of Visual Attention Guiding on Dynamic Digital
Instructional Design in Learning Achievement and Cognitive Load :
Remedial Instruction of the Formation of Images by Convex Lenses in
the Junior High School as An Example

研究 生 : 張世彥

Student : Shih-Yen Chang

指 導 教 授 : 李 荣 耀 教 授

Advisor : Dr. Jong-Eao Lee

國 立 交 通 大 學

理 學 院 科 技 與 數 位 學 習 學 程

碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Degree Program of E-Learning

College of Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Degree Program of E-Learning

June 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 一 百 零 一 年 六 月

視覺注意力引導在動態數位教學設計上對學習成效與認知負荷之影響

-以國中「凸透鏡折射成像」補救教學為例

學生：張世彥

指導教授：李榮耀 教授

國立交通大學理學院科技與數位學習學程

中文摘要

本研究主要為探究視覺注意力引導在動態數位教學設計對學習成效與認知負荷之影響-以國中凸透鏡折射成像補救教學為例。研究方法採用準實驗研究法-不等組前、後測設計，研究對象分為實驗組與控制組分別為 48 名與 58 名國中九年級自然科學學習成就中、低的學生，教材內容相同，但教材呈現方式不同，實驗組以視覺注意力引導所製作的多媒體教材進行補救教學，而對照組則採用一般傳統圖文簡報進行。實驗前先進行前測，教學實驗後，以獨立樣本 t 檢定分析探討實驗組與對照組受試學生在後測方面的學習成效與認知負荷，以及一個月之後兩組延後測的延續性。而研究結果發現：

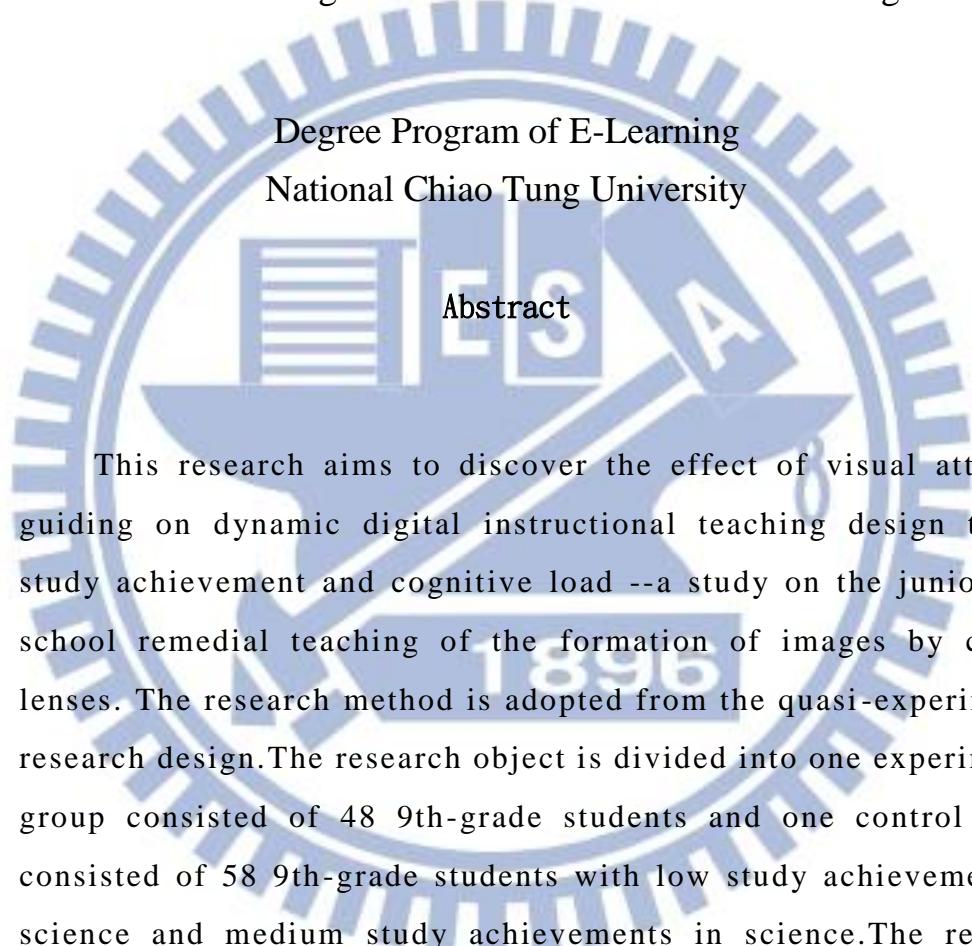
- (一)對於整體學生以及自然科學學習成就中等的學生而言，「視覺注意力引導」動態數位教材能有效地降低學習過程中的認知負荷與提升學習成效，且學習成效延續性較佳。
- (二)對於自然科學學習成就低落的學生而言，「視覺注意力引導」動態數位教材無法降低學習過程中的認知負荷，也無法提升學習成效，且學習成效延續性較差。

關鍵字：視覺注意力、認知負荷、凸透鏡折射成像、補救教學、多媒體學習

The Effect of Visual Attention Guiding on Dynamic Digital
Instructional Design in Learning Achievement and Cognitive Load :
Remedial Instruction of the Formation of Images by Convex
Lenses in the Junior High School as An Example.

Student : Shih-Yen Chang

Advisor : Dr. Jong-Eao Lee

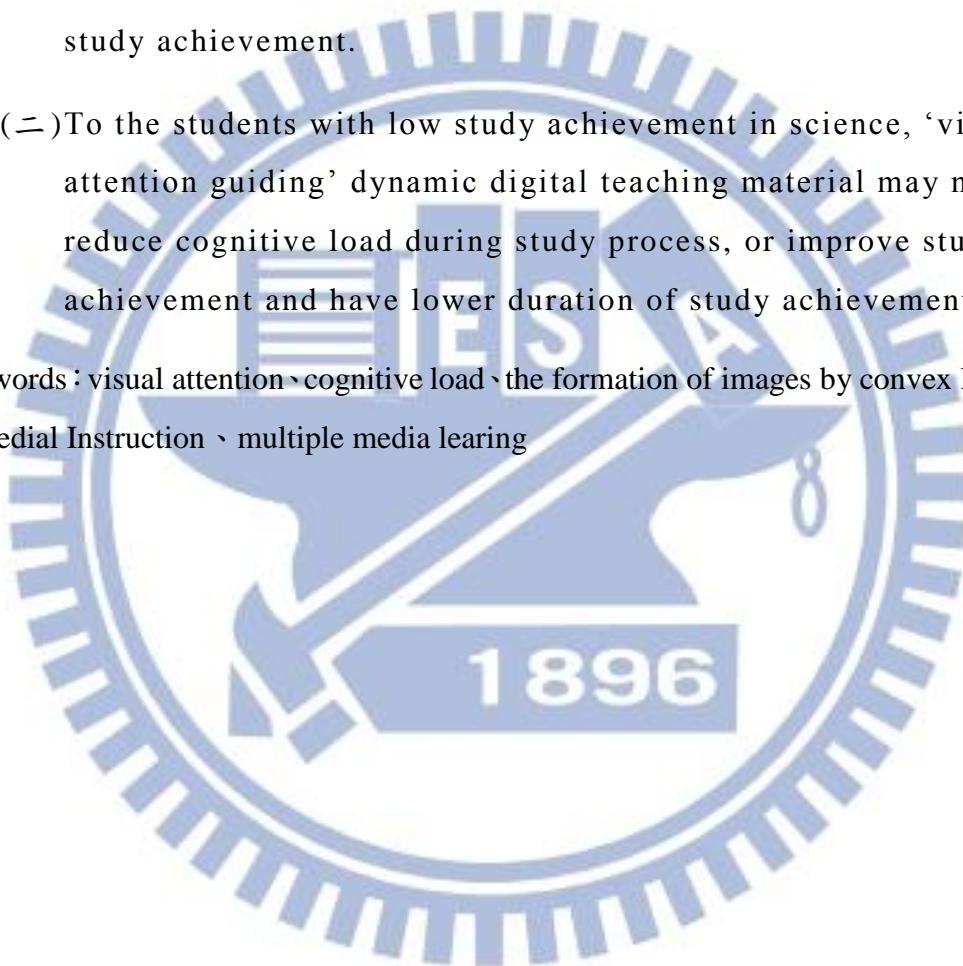


This research aims to discover the effect of visual attention guiding on dynamic digital instructional teaching design toward study achievement and cognitive load --a study on the junior high school remedial teaching of the formation of images by convex lenses. The research method is adopted from the quasi-experimental research design. The research object is divided into one experimental group consisted of 48 9th-grade students and one control group consisted of 58 9th-grade students with low study achievements in science and medium study achievements in science. The research method consists of the same teaching material but with different teaching methods. The experimental group applies multi-media teaching material based on visual attention guiding to practice the remedial teaching. Contrary to that, the control group applies the classic pictorial teaching method. The pretest is executed before the research. After the experimental teaching performed, an independent sample t test is used to analyze the study achievement and cognitive load of the posttest students from the experimental group and the

control group. Consequently, the duration of the delayed posttest from these two groups after one month is also analyzed. Hence, the study result demonstrates the following results:

- (一) To the entirety students and students with medium study achievement in science, 'visual attention guiding' dynamic digital teaching material may reduce the cognitive load efficiently, improve study achievement and has better duration of study achievement.
- (二) To the students with low study achievement in science, 'visual attention guiding' dynamic digital teaching material may not reduce cognitive load during study process, or improve study achievement and have lower duration of study achievement.

Keywords : visual attention、cognitive load、the formation of images by convex lenses 、
Remedial Instruction 、multiple media learning



致謝

在國立交通大學兩年的碩士班生涯裡，非常感謝的李榮耀教授、陳明璋教授、陳永富教授，無論是在我的課程進修、論文撰寫等，都給我非常豐富的指導，提升了我的視野，也精進了我的教學能力。

感謝世易、依萍、淑媛、敏惠等同學，一路走來互相扶持，遇到瓶頸時一起互相討論打氣，讓我這兩年不孤單。

最感謝的就是我最摯愛的家人，謝謝父母親這兩年來幫忙照顧我的女兒，你們真的是辛苦了！謝謝我的老婆對我的包容以及體諒，讓我可以專心完成學業；謝謝我最可愛的女兒以柔，給了我努力的動力。

最後，謹以此論文獻給曾經幫助我完成碩士學業的每一個人。

目次

中文摘要	II
Abstract	III
致謝	V
目次	VI
表次	IX
圖次	XII
一、 緒論	1
1.1 研究背景和動機	1
1.2 研究目的	4
1.3 研究問題	5
1.4 研究的範圍	5
1.4.1 教材內容	5
1.4.2 研究對象	6
1.5 研究的限制	6
1.5.1 主題限制	6
1.5.2 抽樣的限制	6
1.5.3 母群體限制	6
1.5.4 受試人員限制	7
1.5.5 施測時間限制	7
1.6 名詞解釋	7
二、 文獻探討	9
2.1 視覺注意力引導	9
2.1.1 注意力的定義	9
2.1.2 突現刺激(abrupt onset)與捕捉視覺注意力 (capture visual attention)	10
2.2 多媒體學習理論	14
2.2.1 多媒體學習的定義	14
2.2.2 多媒體訊息處理的流程	14
2.2.3 多媒體學習理論的三大基本假設	15
2.2.4 多媒體學習理論教材設計原則	19
2.3 認知負荷理論	22
2.3.1. 認知負荷的定義	23
2.3.2. 認知負荷的基本假定	24
2.3.3. 認知負荷的類型	25
2.3.4. 認知負荷教學設計效應	27

2.3.5. 認知負荷測量.....	31
2.4 透鏡成像的迷思概念.....	32
2.5 補救教學.....	34
2.5.1 補救教學意涵.....	34
2.5.2 補救教學的對象與特徵.....	34
2.5.3 實施補救教學之歷程與課程設計原則.....	35
三、研究方法.....	37
3.1 研究流程.....	37
3.1.1 準備階段.....	39
3.1.2 實驗階段.....	39
3.1.3 分析階段.....	39
3.2 研究對象.....	40
3.2.1 整體學生立足點一致.....	41
3.2.2 各組不同學習成就之學生立足點一致.....	44
3.3 研究設計.....	48
3.3.1 研究法的選擇.....	48
3.3.2 研究變項與假設.....	49
3.3.3 實驗流程.....	52
3.4 研究工具.....	52
3.4.1 實驗教材製作.....	53
3.4.2 前測卷.....	57
3.4.3 階段學習成就測驗.....	66
3.4.4 認知負荷量表.....	66
3.5 資料分析方法.....	67
3.5.1 統計分析軟體.....	68
3.5.2 Effect Size.....	68
3.5.3 學習效率.....	68
3.5.4 投入分數.....	70
3.5.5 綜合學習效率與投入分數.....	71
四、研究結果與討論.....	73
4.1 不同教材設計對學生後測表現之影響.....	73
4.1.1 在整體學生後測方面.....	73
4.1.2 在低自然學習成就學生後測方面.....	75
4.1.3 在中自然學習成就學生後測方面.....	76
4.2 不同教材設計對學生認知負荷之影響.....	78
4.2.1 在整體學生的認知負荷方面.....	78
4.2.2 在低自然學習成就學生的認知負荷方面.....	80
4.2.3 在中自然學習成就學生的認知負荷方面.....	84

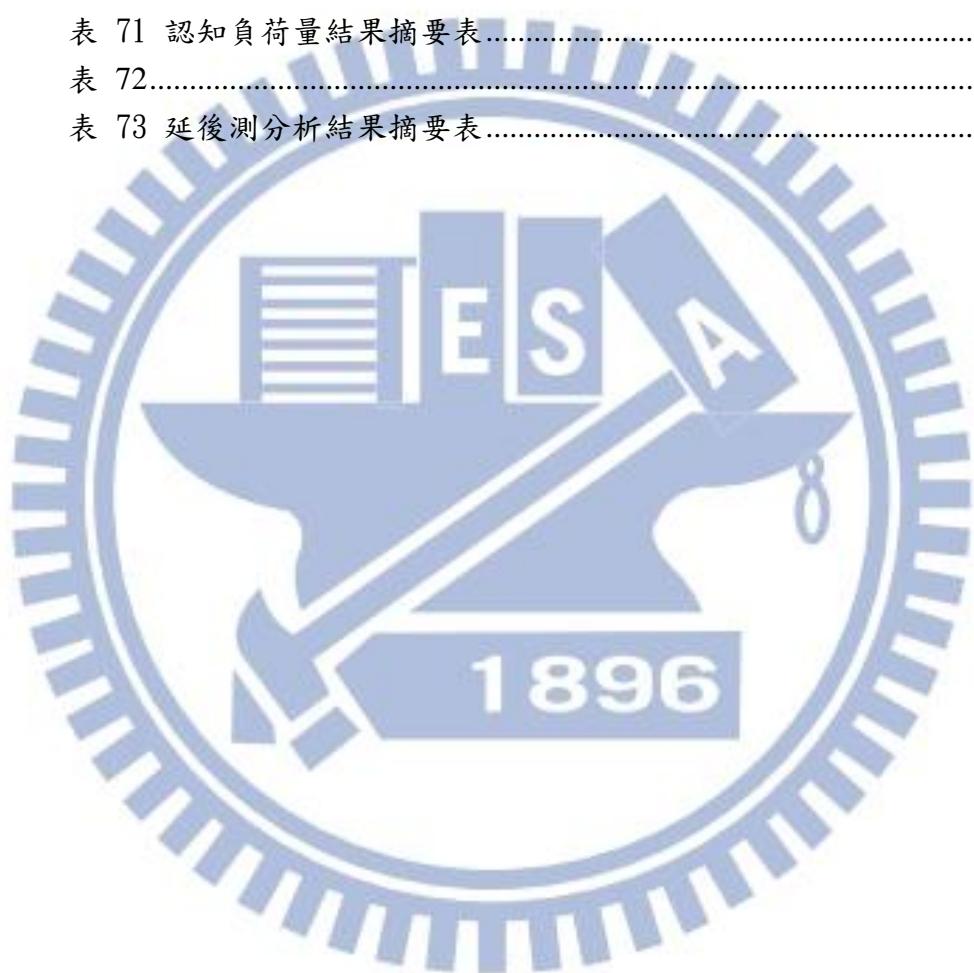
4.3 不同教材設計教學後學生後測成績與認知負荷分析	87
4.3.1 對整體學生而言	87
4.3.2 對不同學習成就之學生而言	88
4.4 不同教材設計對學生延後測表現之影響	91
4.4.1 在整體學生延後測方面	91
4.4.2 在低自然學習成就學生延後測方面	93
4.4.3 在中自然學習成就學生延後測方面	94
4.5 研究結果與分析	96
4.5.1 學習成就部分	96
4.5.2 認知負荷量表部分	98
4.5.3 簡化統整研究結果	99
4.5.4 分析結果摘要表	101
五、 結論與建議	105
5.1 研究結論	105
5.2 檢討與建議	107
5.2.1 對於教學之建議	107
5.2.2 對於未來研究之建議	107
參考文獻	109
附錄一:學習單	117
附錄二:凸透鏡折射成像前測卷	123
附錄三:凸透鏡折射成像後測卷	126
附錄四:凸透鏡折射成像延後測卷	129
附錄五:認知負荷問卷	132
附錄六：自然與生活科技領域凸透鏡折射成像補救教學教學活動設計	133

表次

表 1 注意力的定義.....	9
表 2 信號原則的使用方式.....	22
表 3 認知負荷的定義，整理分述如下：.....	23
表 4 認知負荷測量兩個像度關係表.....	31
表 5 透鏡成像的迷思概念相關的研究.....	32
表 6 受試班級資料	41
表 7 整體受試學生上學期三次自然科定期評量定期評量組別統計量 ...	42
表 8 整體受試學生九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績獨立樣本檢定.....	42
表 9 整體受試學生前測成績組別統計量.....	43
表 10 整體受試學生前測成績獨立樣本檢定.....	43
表 11 低學習成就受試學生上學期三次自然科定期評量定期評量組別統計量	44
表 12 低學習成就受試學生九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績獨立樣本檢定	45
表 13 低學習成就受試學生前測成績組別統計量.....	45
表 14 低學習成就受試學生前測成績獨立樣本檢定	46
表 15 中學習成就受試學生上學期三次自然科定期評量定期評量組別統計量	46
表 16 中學習成就受試學生九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績獨立樣本檢定.....	47
表 17 中學習成就受試學生前測成績組別統計量.....	47
表 18 中學習成就受試學生前測成績獨立樣本檢定	48
表 19 教材設計內容摘要表	49
表 20 不等組前後測實驗設計	52
表 21 凸透鏡折射成像總流程表	52
表 22 實驗教材製作	54
表 23 多媒體學習目標.....	58
表 24 雙向細目表.....	59
表 25 KMO 統計量值意義	60
表 26 預試 KMO 與 Bartlett 檢定	60
表 27 各題 MSA 值	61
表 28 共同性	62
表 29 試題之可靠性統計量	63
表 30 各題難度	64

表 31 鑑別度指數.....	65
表 32 各題鑑別度.....	65
表 33 各題難度與鑑別度統整表.....	66
表 34 認知負荷量表.....	67
表 35.....	74
表 36 整體學生後測獨立樣本 t 檢定.....	74
表 37.....	75
表 38 低自然學習成就學生後測獨立樣本 t 檢定.....	76
表 39.....	77
表 40 中自然學習成就學生後測獨立樣本 t 檢定.....	77
表 41 整體學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量.....	78
表 42 整體學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定.....	79
表 43 整體學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量.....	80
表 44 整體學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定.....	80
表 45 低自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量.....	81
表 46 低自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定.....	81
表 47 低自然學習成就學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量.....	83
表 48 低自然學習成就學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定.....	83
表 49 中自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量.....	84
表 50 中自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定.....	85
表 51 中自然學習成就學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量.....	86
表 52.....	86
表 53 整體學生 學習效率與投入分數數值.....	88
表 54 不同學習成就學生 學習效率與投入分數數值	91
表 55 整體學生延後測獨立樣本 t 檢定組別統計量.....	92
表 56 整體學生延後測獨立樣本 t 檢定	93
表 57 低自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定組別統計量	94
表 58 低自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定	94
表 59 中自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定組別統計量	95
表 60 中自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定	96
表 61 整體學生人數、各項測驗平均數及標準差、effect size 摘要表	96
表 62 低自然學習成就學生人數、各項測驗平均數及標準差、effect size 摘要表	97

表 63 中自然學習成就學生人數、各項測驗平均數及標準差、effect size 摘要表.....	98
表 64 整體學生認知負荷量表.....	98
表 65 低自然學習成就學生認知負荷量表.....	99
表 66 中自然學習成就學生認知負荷量表.....	99
表 67 後測成績 研究結果摘要表.....	100
表 68 認知負荷 研究結果摘要表.....	100
表 69 延後測成績 研究結果摘要表.....	100
表 70 階段學習成就分析結果摘要表.....	101
表 71 認知負荷量結果摘要表.....	102
表 72.....	103
表 73 延後測分析結果摘要表.....	104



圖次

圖 1 Yantis 與 Jonides 突現刺激實驗(Yantis and Jonides 1984)....	12
圖 2 Yantis 與 Jonides 非突現刺激實驗(Yantis and Jonides 1984)....	13
圖 3 Abrupt Visual Onset 實驗結果(Yantis and Jonides 1984).....	14
圖 4 多媒體訊息處理流程	15
圖 5 視覺通道示意圖以圖像為例	16
圖 6 視覺通道示意圖以印刷文字為例	16
圖 7 聽覺通道示意圖以聲音為例	17
圖 8 視覺訊息轉換進入聽覺通道示意圖以印刷文字為例	17
圖 9 聽覺訊息轉換進入視覺通道示意圖以聲音為例	17
圖 10 聽覺訊息與視覺訊息分別進入聽覺通道與視覺通道示意圖	18
圖 11 聲音與印刷文字進入聽覺通道示意圖	18
圖 12 圖像與印刷文字進入視覺通道示意圖	19
圖 13 實施步驟流程圖	39
圖 14 學習效率圖	69
圖 15 教學投入分數圖	71
圖 16 學習效率與學習投入分數圖	72
圖 17 學習效率與投入分數圖（整體）	88
圖 18 學習效率與投入分數圖（不同學習成就）	91

一、緒論

本章共分五節，主要說明本研究之研究動機與背景、研究目的、研究問題、研究範圍與研究限制。

1.1 研究背景和動機

研究者在國中教授自然與生活科技幾年下來察覺，許多學生往往對於較抽象、難理解、微觀世界或同時產生大量訊息的內容無法吸收理解、內化，造成學習速度較緩慢，無法跟上教學進度，導致學業成就低落，甚至內心徬徨無助，進而放棄學習。例如：研究者之前利用傳統板書教學教授「凸透鏡折射成像」，且會帶學生到實驗室完成「凸透鏡的折射成像」實驗，但幾年下來發現，大部分的學生都會反應該單元不易理解、不好學。研究者發現：學生的肉眼無法直接觀察到透明光線的前進，因此無法想像為何光線進入另一介質之後會產生前進方向改變（折射現象），以及折射的光線如何成像、像的性質，如：正立的像、倒立的像、放大的像、縮小的像、實像、虛像，成像的位置等，許多學生皆無法理解，雖課本也有編實驗加以輔助，但是學生只能觀察到巨觀的實驗結果，對於成像過程無法利用肉眼看到光線如何透過透鏡折射成像，導致學生做完實驗之後在學習成效方面還是很有限，可見研究者過去傳統板書教學，將教材內容整理後，利用粉筆在黑板上書寫重點精華以及圖示，再請學生抄寫板書，並搭配講述式教學，雖有其優點，但在教材的呈現以及修改上，卻有不足的地方，因此對學生而言容易產生迷思概念。如何保留傳統教學的優點，突破限制，彌補其不足，為本研究的最主要的動機。

教育部於 2009 年底投入大量經費於國民中、小學進行 e 化教室之建置，幾乎每間教室都有單槍投影機、投影布幕（教育部 2008）。研究者所任教的學校於 2010 年每間教室皆已安裝完成。

四年（2008 至 2011 年）後，應用資訊科技進行教學的教師數達全國中小學教師數的 90%。教師是引導學生習得資訊科技應用能力與態度的關鍵人物(教育部 2008)。因此可見資訊融入教學將漸成教學之常態。資訊科技可以促進教育改革，對傳統教學帶來革新(Dexter, Anderson et al. 1999)。推動資訊科技融入各領域教學，整合教學、學習和人力資源，可增加教學創新的機會，使教學活動更經濟有效(何榮桂 2002)。近幾年在學習環境中優先使用多媒體以及視覺工具作為教學工具的趨勢已大幅增加(Sankey 2003)。更有研究發現 1.學生對資訊科技融入自然與生活科技科教學接受度很高。2.資訊科技融入自然與生活科技科教學實施具有相當高的可行性(汪寶明 2004)。因此研究者開始思考是否利用學校現有的電腦以及單槍投影機進行教學，以彌補研究者過去「凸透鏡折射成像」教學之不足。

根據「教育部中小學資訊教育白皮書」：教育部教學資源網，網站內容涵蓋各項學習領域及重大議題的數位教學資源，現有數位資源數量總計 46,876 筆(教育部 2008)，再加上教科書書商所提供的多媒體數位教學光碟、電子書或利用搜尋引擎進行關鍵字檢索等等，目前中小學教師在資訊融入教學的教學資源方面已有非常多現成的教材可以選擇，且多媒體動畫教學較傳統版書教學更能提升學習的興趣(陳昌宏 2002)，以及多媒體數位教材的最主要特色在於可以整合不同的多媒體，如:文字、圖片、聲音、動畫、影片，可以促進閱讀的興趣以及學習者的意願(Kettanurak, Ramamurthy et al. 2001)。雖然這些現成的多媒體教材一開始提升了學習者的興趣,但是真的能提升學習的成效、協助學生理解教學內容嗎?值得進一步討論。

當多媒體教材設計不佳時，不但各種媒材間的訊息會相互干擾，同時還會導致學習者認知上的負荷，影響學習成效(陳彙芳 & 范懿文 2000)。如果多媒體教材的所呈現的訊息又多且呈現的步驟又快，學習者還來不及選取相關的文字或圖像，下一段的教學訊息又開始，因此，學習者無法進行較深層的組織以及整合，這種情形將導致訊息量超過學習者的認知容量，影響學習的成效

(Mayer and Moreno 2003)。PowerPoint 若一次呈現的訊息太多，讓學習者選取、組織、整合訊息困難，形成負荷(Atkinson and Mayer 2004)。過多的動畫會干擾學習(Rieber 1996)。在教學設計與教學方法相同的情況下，多媒體電腦輔助教學產生的學習成效與傳統教學法產生的學習成效無顯著差異，即單純使用多媒體電腦輔助教學並不能顯著提高學生的學習成效(Zhang 2007)。PowerPoint 教學簡報中，若出現不相關的教學素材，將會影響學習者的學習成效(Bartsch and Cobern 2003)。若同一時間呈現的教學訊息愈多，學習者理解的反而愈少(Mayer, Heiser et al. 2001)。學校推廣資訊融入教學之際，應該注意其教材設計在學生學習上所產生的認知負荷相關問題(王全興 2008)。由上述可知:1.若多媒體教材中出現太多非必要的多媒體元素，在理解教材內容方面並沒有產生更顯著的結果，甚至將會干擾學習者學習，降低學習的成效。2.設計多媒體教材時，若未妥善地運用的認知策略，將可能產生訊息處理的干擾，增加學習者認知上的負荷，而降低了學習的成效。因此，如何設計多媒體教材才能降低學習者學習過程中的認知負荷，有效提升學習的成效，為本研究的最重要的課題。

由於 Microsoft PowerPoint 容易上手，具高普及性，且容易修改，因此研究者選用 Microsoft PowerPoint 製作「凸透鏡折射成像」教學多媒體。自製教學媒體開發不易，但卻最合乎學生的需要(張霄亭譯。Heinich 2002)，以下為本教材設計時的主要理論依據：

1. Mayer 和多位學者經過多年實驗研究，提出十二個多媒體學習的設計原則(Clark and Mayer 2011)。
2. Sweller 等人歸納認知負荷理論在各學科領域的研究結果，提出十四項教學設計原則(Sweller 2010)。
3. 在 Yantis 與 Jonides 所設計的實驗結果支持突現刺激(abrupt onset)可以自動快速地的捕捉視覺注意力(Yantis and Jonides 1984)。

認知負荷理論中，認為外在認知負荷主要來自於教材的呈現

方式，因此教學設計是很重要，若設計得好，則可以降低學習過程中的認知負荷，並且協助基模建立(Sweller 1989])。本數位教材即在 Microsoft PowerPoint 作業環境下，在增益集外掛由陳明璋博士所研發的 AMA (Activate Mind Attention)為教材設計輔助工具(陳明璋 2008)，設計出符合視覺注意力引導且高度彈性呈現的數位教材，讓授課者能依教學現場需求，適時地突顯最主要教學訊息以及訊息之間的關聯，或適時地隱藏其他無關的訊息，將注意力引導到最主要教學訊息上，協助降低學習者選取訊息的困難度，且能讓學習者可以組織、整合授課者傳達的訊息，讓該訊息可以在工作記憶區中有效地處理，進而轉換成基模進入長期記憶中，提升學習成效(Chen, Wu et al. 2008)。

綜合以上所述：本研究嘗試以視覺注意力引導的角度出發，結合多媒體學習理論、認知負荷理論的觀點，設計出「凸透鏡的折射成像」多媒體教材，並使用該教材對國中九年級自然科中、低學習成就的學生進行補救教學，探討該教材設計是否能降低學習過程中的認知負荷，提高學習成效。

1.2 研究目的

基於上述研究的背景和動機，本研究擬達成以下目的：

- (一) 了解以「視覺注意力引導」與「一般傳統圖文簡報教材」所設計之凸透鏡折射成像多媒體教材運用於國中自然科「凸透鏡的折射成像」補救教學下，對學生的階段學習成就表現之影響。
- (二) 了解以「視覺注意力引導」與「一般傳統圖文簡報教材」所設計之凸透鏡折射成像多媒體教材運用於國中自然科「凸透鏡的折射成像」補救教學下，對學生的認知負荷之影響。
- (三) 了解以「視覺注意力引導」與「一般傳統圖文簡報教材」所設計之凸透鏡折射成像多媒體教材運用於國中自然科「凸透鏡的折射成像」補救教學下，學生的階段學習成就表現與認知負荷之間是否存在相

關。

(四) 了解以「視覺注意力引導」與「一般傳統圖文簡報教材」所設計之凸透鏡折射成像多媒體教材運用於國中自然科「凸透鏡的折射成像」補救教學下，對學生的延後測表現之影響。

1.3 研究問題

綜合之前的說明，本研究將國中自然科光學中「凸透鏡折射成像」單元設計成符合「視覺注意力引導」的多媒體數位教材，並運用於補救教學，檢視對「整體」以及「中、低學業成就」的學生在「學習成就」和「認知負荷」是否產生影響為本研究主軸，因此本研究的問題如下：

- (一) 依照「視覺注意力引導」所設計的「凸透鏡折射成像」多媒體數位教材，運用於國中自然科光學補救教學，對整體學生以及自然科中、低學業成就的學生，在階段學習成就的影響為何？
- (二) 依照「視覺注意力引導」所設計的「凸透鏡折射成像」多媒體數位教材，運用於國中自然科光學補救教學，對整體學生以及自然科中、低學業成就的學生，在學習過程的認知負荷的影響為何？
- (三) 學習成就與認知負荷量之間的相關性為何？
- (四) 依照「視覺注意力引導」所設計的「凸透鏡折射成像」多媒體數位教材，運用於國中自然科光學補救教學，對整體學生以及自然科中、低學業成就的學生，在延後測的影響為何？

1.4 研究的範圍

1.4.1 教材內容

本研究所發展的教材內容以國中八年級自然與生活科技領域第三冊第四章第三節「光學」單元中「凸透鏡折射成像」的為主題（康軒版，民國 100 年 9 月再版，國民中學自然與生活科技教

科書第三冊）。

1.4.2 研究對象

研究者所任教之學校於第八節輔導課班編班時，教務處將九年級所有自願參加第八節輔導課的學生，學業全年級排名 140 名之前(即學業成就高)的學生集中教學，而學業年級排名 140 名之後(即學業成就中、低)的學生，教務處則將學生隨意編班，進行補救教學。

研究者研究的對象即任教學校中九年級學業成就中、低且自願參加第八節輔導課的學生所組的班級，研究者並依研究對象九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績進行獨立樣本 t 檢定，選擇其中四個成績無顯著差異之班級學生作為研究對象。

1.5 研究的限制

1.5.1 主題限制

本研究僅針對國中自然科光學單元中的「凸透鏡折射成像」補救教學討論，因此對於不同的自然科主題或不同的領域仍需設計不同的實驗與教材加以印證，無法類推。

1.5.2 抽樣的限制

基於受試學生的受教權，以及不影響研究者任教學校的正常運作，因此義務教育時間內無法將受試學生進行隨機抽樣，只能以教務處編的班級採取便利抽樣。

1.5.3 母群體限制

本研究因人力、物力、時間等因素的限制，僅能以研究者所任教之苗栗縣立某國中九年級第八節輔導課編班，其中四個學業成就中、低學生所組成班級做為施測母群體，易有代表性不足之

疑慮，因此研究結果有侷限性，無法推論至全國國民中學的學生。

1.5.4 受試人員限制

抽樣出來的四個班級中，有三個班級為研究者原本的授課班級，另一個班級平常並非研究者所任教，但該班級暑期輔導課自然科為研究者所任教，所以對研究者有一定的熟悉度，為求謹慎，教學實驗之前，到該班級代課兩堂，複習與教學實驗無關的單元。

1.5.5 施測時間限制

班級的教學與施測時間點稍不相同，稍微影響

1.6 名詞解釋



1. 視覺注意力引導:在 Yantis 與 Jonides 所設計的實驗可以發現:「突現刺激」可以減少搜尋時間以及可以捕捉視覺注意力(Yantis and Jonides 1984)。
2. 突現刺激(abrupt onset):目標物突然出現在畫面中空白處，可以提升搜尋效率以及可以捕捉視覺注意力(Yantis and Jonides 1984)。
3. 非突現刺激(no-onset):目標物由原來的物件演變形成，目標物出現的位置，原來就有其他物件。
4. 認知負荷：個體在執行某種工作、作業或任務的過程中，個體所感受到的心智負荷與心智努力的負載狀態，且就訊息處理理論而言，「認知負荷」係指工作記憶的負荷 (working memory load)(陳密桃 2003)。
5. 自然科學業成就高：九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績在整個九年級前 27%。(吳明隆 2011)
6. 自然科學業成就中：九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績介於整個九年級前 27%~後 27% 之間。(吳明隆 2011)

7. 自然科學業成就低：九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績在整個九年級後 27%。(吳明隆 2011)
8. 學習成效：學習成效是指受試學生經過教學實驗之後，能利用所學解決問題的能力，本研究之「學習成效」之操作型定義為教師自編「凸透鏡折射成像」單元成就測驗之分數，包含記憶與理解兩種題型。
9. 多媒體學習：Clark 和 Mayer(2003)將多媒體學習定義為從使用文字（包含印刷文字、口述文字）和圖像（包含插圖、圖片、照片、地圖、動畫、影像）共同呈現之材料來學習，因此可將多媒體學習稱之為雙碼學習(dual-code learning)或雙通道學習(dual-channel learning)(Mayer and Moreno 2003)。
10. 一般傳統圖文簡報教材：傳統教科書串流式版面配置方式呈現或書商製作的教學簡報，一次呈現大量的教學圖文訊息。
11. 注意力(Attention)：注意力是指個體對情境中的眾多刺激，只選擇其中一個或一部份去反應，並從而獲得知覺經驗的心理活動（張春興，1989）。在人類訊息處理中有重要作用，它具有選擇功能、維持功能、調節功能和整合訊息的功能。
12. AMA 系統：國立交通大学陳明璋教授於 2002 年成立 Informath 工作室，以 PowerPoint 簡報系統為平台，結合軟體中的優點，針對軟體的缺點改善，重新組成增益集，開發出 Mathematical Presentation System（數學簡報系統，MathPS），原本是以數學科教材設計及教學開發為出發點，後因不斷開發創新，不再侷限在數學科，涵蓋數學教育、視覺設計、以及計算機圖學方面等，因此改名為 Activate Mind Attention 系統（簡稱 AMA），使其運用的範圍更廣(陳明璋 2008; 轉引自謝東育 2009)

二、文獻探討

本章共分五節，主要對視覺注意力引導、多媒體學習理論、認知負荷理論、透鏡成像迷思概念及補救教學進行文獻探討。

2.1 視覺注意力引導

實驗心理學家 Treicher 經由大量的心理實驗，發現 83% 的人類是通過視覺從獲得外界的資訊，換言之，資訊透過視覺接收是最容易被大部分的人所接受且有效的方式(Treicher 1967)。學習的首要步驟在「注意」，否則不能處理訊息，亦不可能接受或認知(朱敬先 2002)。教學的過程若能主動吸引學生的注意力，學習者才會有機會進一步將教學內容組織與整合。因此，如何設計多媒體教材才可以捕獲學生的視覺注意力是非常重要的一個課題。

2.1.1 注意力的定義

以下為國內外學者對於注意力的定義，見下表 1：

表 1
注意力的定義

學者	注意力的定義
張春興 1989	個體對情境中的眾多刺激，只選擇其一個或一部分去反應，並從而獲得知覺經驗的心理活動。
鍾聖校 1990	是一種專注的覺醒狀態，伴隨著清晰的感覺、知覺和中樞神經系統對刺激做反應的預備狀態。
宋淑慧 1992	注意力的作用在於選擇反應，而不在於選擇刺激。
彭聃齡&張必隱 2000	注意力是一種有意識和受控制的活動，具有意識的指向性及集中性的特點。
鄭昭明 2004	是指從事某種作業時心智活動的分配。

(接下頁)

表 1(續)

Das, Naglieri et al. 1994	注意力是在「顯著的清晰(sensible clearness)」或「清楚的知覺(clarity of sensation)」的項目。
李玉琇&蔣文祁 2009	注意力(attention)指的是我們主動處理有限的訊息，這些訊息來自我們的感官、我們所儲存的記憶以及其他認知歷程所可獲得的大量訊息，它包含了意識和潛意識的歷程。
Broadbent 1957	注意力的作用在於選擇刺激，防止個體傳遞訊息的能力超載；注意的功能是選擇或接受某些資料而排除其餘者。
Kahneman 1973	是一種具有限容量之資源，與努力集中之特性。

資料來源：修改自余鳳庭 2009

2.1.2 突現刺激(abrupt onset)與捕捉視覺注意力 (capture visual attention)

在 Yantis 與 Jonides 的研究中所設計的實驗結果支持突現刺激(abrupt onset)可以自動快速地的捕捉視覺注意力，實驗過程說明如下(Yantis and Jonides 1984[47]):

(一) 專有名詞解釋

1. 位置指標 placeholder)：實驗中，畫面裡的「**8**」會逐漸減少兩筆演變成英文字母「**E**」、「**H**」、「**P**」、「**S**」或「**U**」，而未產生變化之前的「**8**」即位置指標。
2. 目標英文字母(又稱目標物或刺激物)：實驗一開始會指定，五個英文字母「**E**」、「**H**」、「**P**」、「**S**」或「**U**」其中任一個，這些字母由位置指標「**8**」的某兩條線段開始逐漸淡化消失演變成。

3. 非突現刺激 (no-onset)：實驗一開始畫面裡的所指定的目標英文字母「E」、「H」、「P」、「S」或「U」由位置指標「B」的某兩條線段開始逐漸淡化消失演變形成，目標英文字母出現的位置即「B」原來的位置。
4. 突現刺激 (abrupt onset)：指定的目標英文字母突然出現在畫面中原本空白的地方，而非出現在位置指標「B」的位置。

(二) 實驗設計：

以下的實驗節錄於 Yantis 與 Jonides 在 1984 年所發表的論文：

1. 實驗目的：比較目標物以 onset 方式呈現還是以 no-onset 方式呈現較易搜尋。
2. 自變相：突現刺激與非突現刺激。
3. 控制變項：畫面上一定會出現一個突現刺激，可能是目標字母或其他非目標字母。藉由控制住目標字母以突現刺激或以非突現刺激方式呈現的機率相同，因此實驗的過程可以避開受試者本身喜好所產生的干擾。
4. 依變相：受試者的反應速度。如果測量到突現刺激與非突現刺激所需反應的時間有差異，表示受試者有不同的注意力表現。

(三) 實驗過程舉例：

1. 正六邊形六個頂點為目標英文字母(刺激物)可能出現的位置，而正中間的十字則為受試者的視覺中心點，如圖 1(1)。
2. 實驗一開始先讓受試者了解目標英文字母(刺激物)為哪一個英文字母，以下圖 1(2)為例，「P」即為目標英文字母。
3. 接下來六角形的三個頂點分別出現三個位置指標「B」，顯示三個 no-onset 的位置，如圖 1(3)。

4. 然後位在 on-onset 的這三個位置指標「**8**」某兩條線段逐漸開始淡化消失，分別形成三個英文字母「**E**」、「**S**」、「**U**」，如圖 1(4)。

5. 當三個非目標英文字母「**E**」、「**S**」、「**U**」完成變化的一瞬間，六邊形的另外三個頂點，即畫面中原本空白的地方，隨機選出一點，讓目標英文字母(刺激物)「**P**」以「突然出現」的方式呈現，並記錄搜尋目標英文字母(刺激物)「**P**」所需時間，如圖 1(6)。

6. 以上的「**P**」稱為「突現刺激」(abrupt onset)。

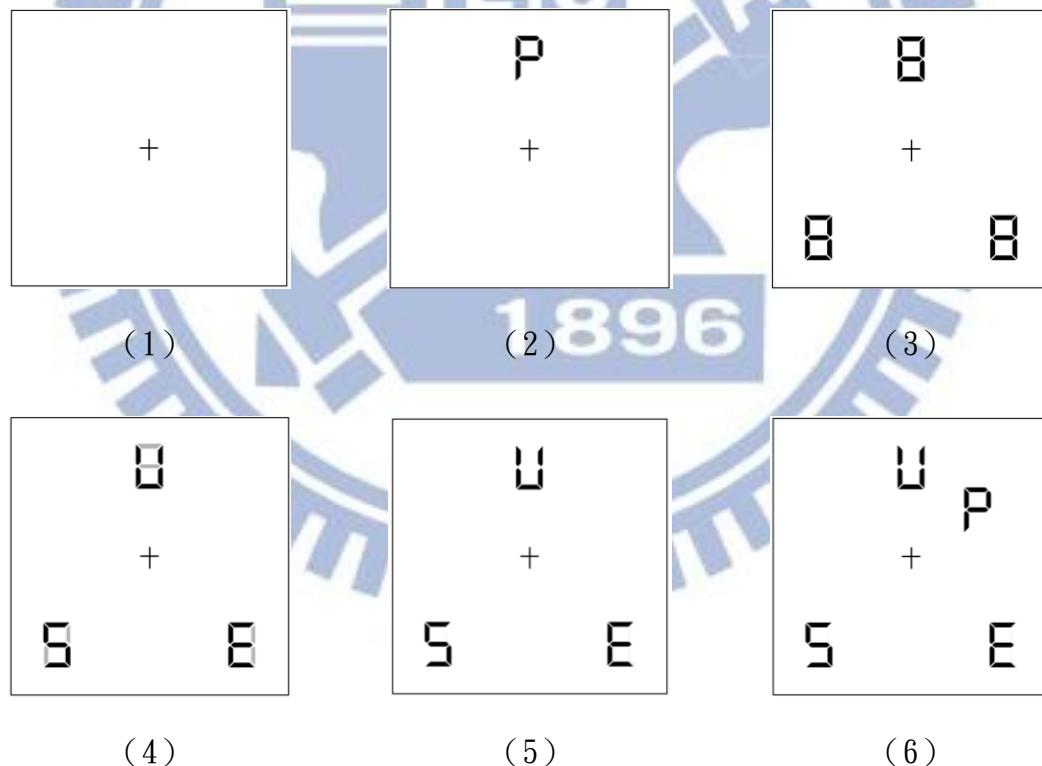


圖 1 Yantis 與 Jonides 突現刺激實驗(Yantis and Jonides 1984)

7. 如果目標英文字母(刺激物)「**P**」，是由圖 1(3)中三個位置指標「**8**」其中任一個逐漸演變形成，且其畫面中空白的地方「突然出現」的英文字母並非實驗一開始指定的目標英文字母，以上的「**P**」則稱

為「非突現刺激」(no-onset)，如圖 2。

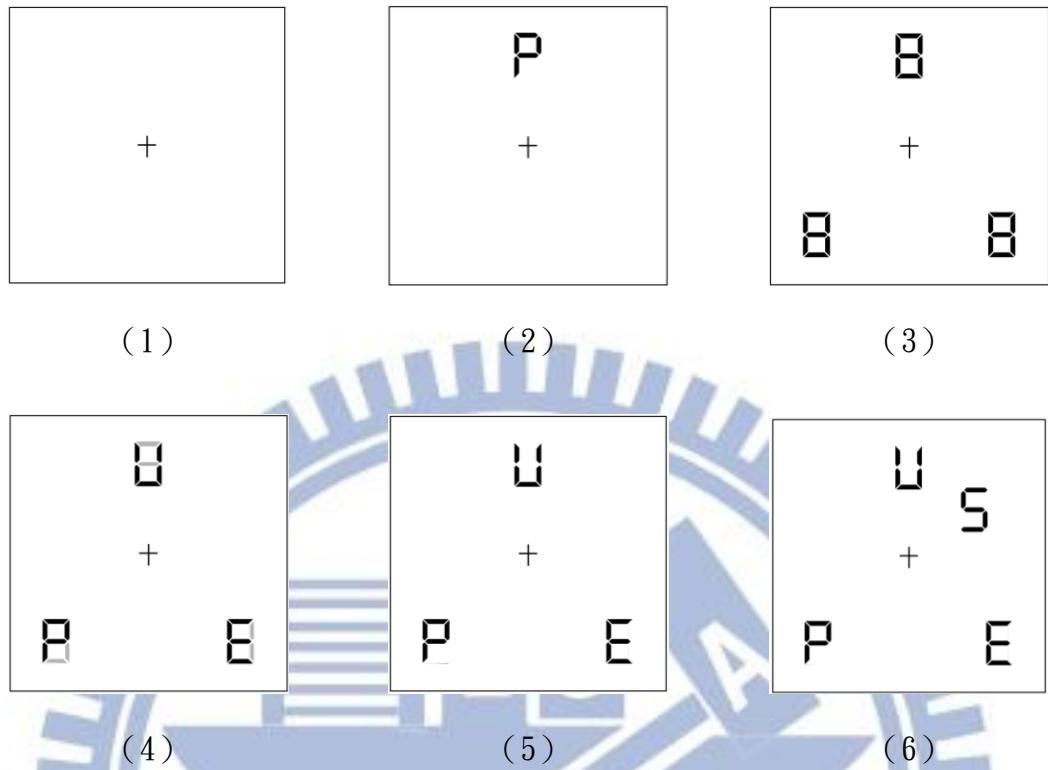


圖 2 Yantis 與 Jonides 非突現刺激實驗(Yantis and Jonides 1984)

實驗發現，利用回應時間當 Y 軸，顯示畫面的大小（刺激物的數量）當 X 軸，突現刺激所畫出的斜直線斜率幾乎為零，突現刺激(abrupt onset)的搜尋速度較非突現刺激(no-onset)更快，由此可知，將受試者主動注意的部分控制住，當目標英文字母突然呈現在空白的無位置指標的畫面上，突現刺激可以增加視覺搜尋效率，以及捕捉注意力見下圖 3。

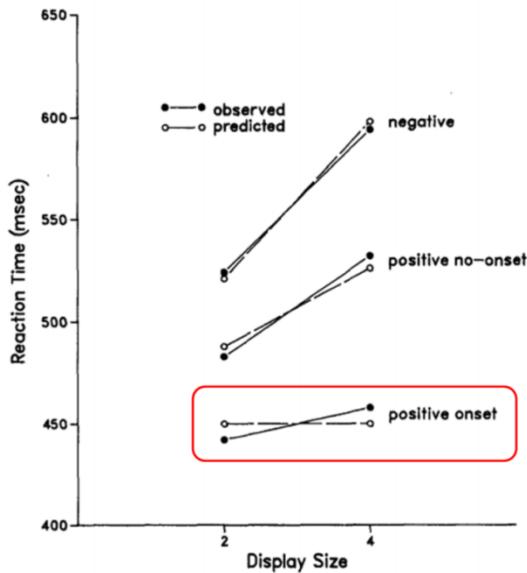


圖 3 Abrupt Visual Onset 實驗結果(Yantis and Jonides 1984)

2.2 多媒體學習理論

本節將針對多媒體學習理論及多媒體學習理論教學設計原則等進行介紹。

2.2.1 多媒體學習的定義

多媒體學習 (Multimedia Learning) 被定義為利用「文字」與「圖像」呈現教材內容並進行學習 (Mayer 2001)：

(一) 文字包含了印刷文字與口述文字。在紙張上印刷或是在螢幕上呈現的字幕皆可歸類為印刷文字；而口述文字則為旁白、演講者說出來的話等。

(二) 圖像包括靜態與動態。靜態的例如：照片、圖畫、圖表、地圖等；而動態的例如：影片或動畫等。

因此，多媒體學習也可以被認定為雙通道 (dual-channel) 學習或雙碼 (dual-code) 學習 (Mayer 2009)

2.2.2 多媒體訊息處理的流程

學習者接收多媒體訊息之後，將進行以下三階段的認知處理流程，如圖 4：

(一)選取相關訊息：

學習者經由耳朵與眼睛接收到文字或圖像的多媒體訊息之後，會分別形成視覺與聽覺表徵，接著自動選取有意義的相關文字或圖像，並且儲存在工作記憶區中。

(二)組織已選擇的訊息：

先前自動選取的文字與圖像在工作記憶區中進行組織形成具有連貫、結構性的語文模型和圖像模型。

(三)新訊息與既有知識整合：

語文模型及圖像模型在工作記憶區中彼此聯結、配對，並與長期記憶中原先既有的相關先備知識形成外在關聯，並進行整合，讓訊息產生意義。

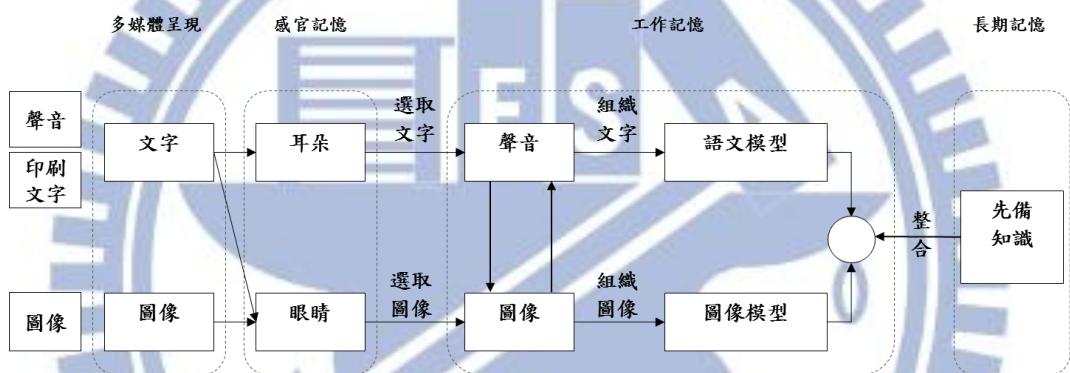


圖 4 多媒體訊息處理流程

資料來源：修改自(Mayer 2009)

2.2.3 多媒體學習理論的三大基本假設

多媒體學習理論有三個基本假設，分別為雙通道假設 (Dual-channel Assumption)、有限容量假設 (Limited-capacity Assumption) 及主動處理假設 (Active-processing Assumption) (Mayer 2001)，分述如下：

(一)雙通道假設：

根據 Paivio 所提出的雙碼理論(Clark and Paivio 1991)以及 Baddeley 的工作記憶模型(Baddeley 1992)，Mayer 認為處理視覺訊息的視覺通道以及處理聽覺訊息的聽覺通道的兩個通道是互相分開的獨立通道：

1. 視覺通道：當眼睛接收到視覺訊息時，會經由視覺通道進入工作記憶區，如圖像、印刷文字等(Mayer, Heiser et al. 2001)，見下圖 5 與下圖 6。

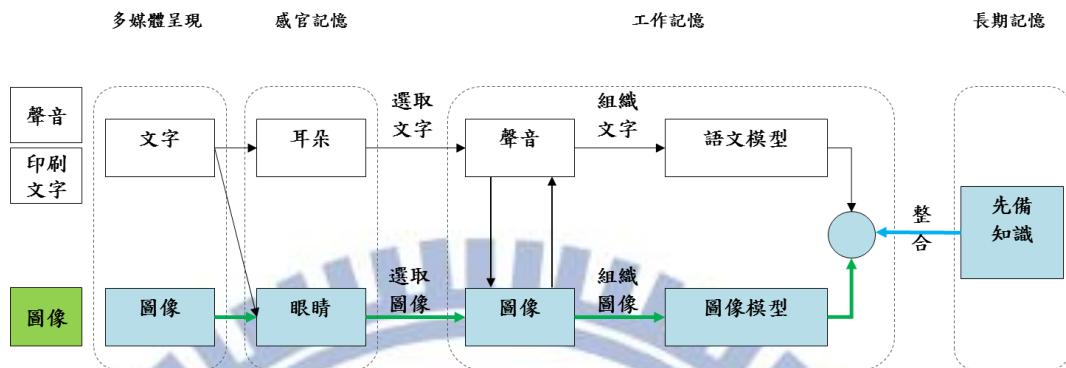


圖 5 視覺通道示意圖以圖像為例

資料來源：修改自(Mayer 2005)

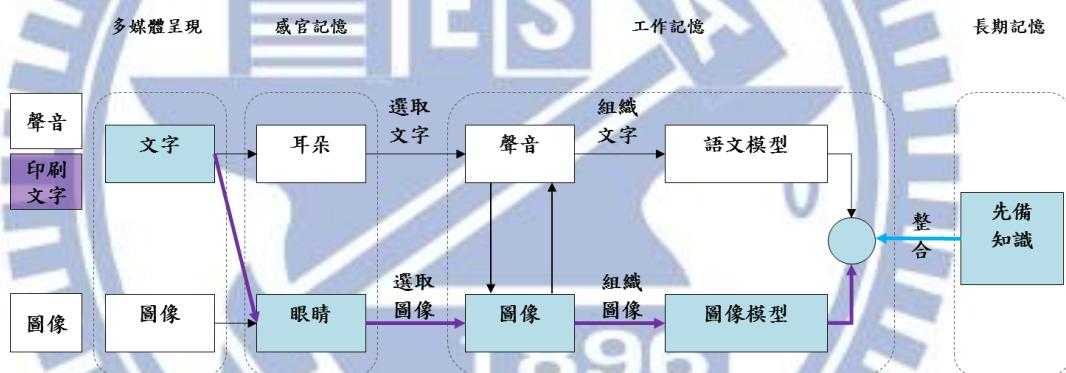


圖 6 視覺通道示意圖以印刷文字為例

資料來源：修改自(Mayer 2005)

2. 聽覺通道：當耳朵接收到聽覺訊息時，會經由聽覺通道進入工作記憶區，如聲音等(Mayer 2001)，見下圖 7。

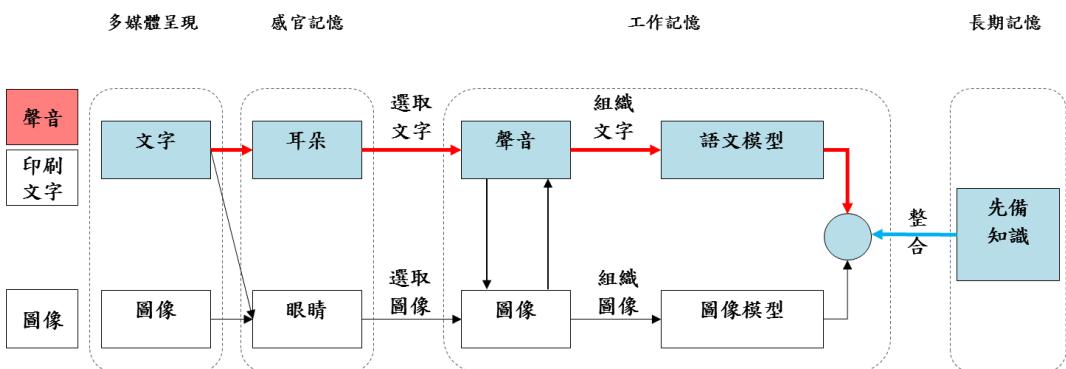


圖 7 聽覺通道示意圖以聲音為例

資料來源：修改自(Mayer 2005)

在雙通道假說中，有經驗的學習者不管訊息用哪一種方式收錄，皆可以將兩個通道收到的訊息相互轉換，說明如下：

1. 印刷文字訊息雖然經由眼睛接收，但有經驗的學習者卻可以將印刷文字訊息轉換成聲音，並在工作記憶區中形成語文模型與先備知識進行整合，見下圖 8。

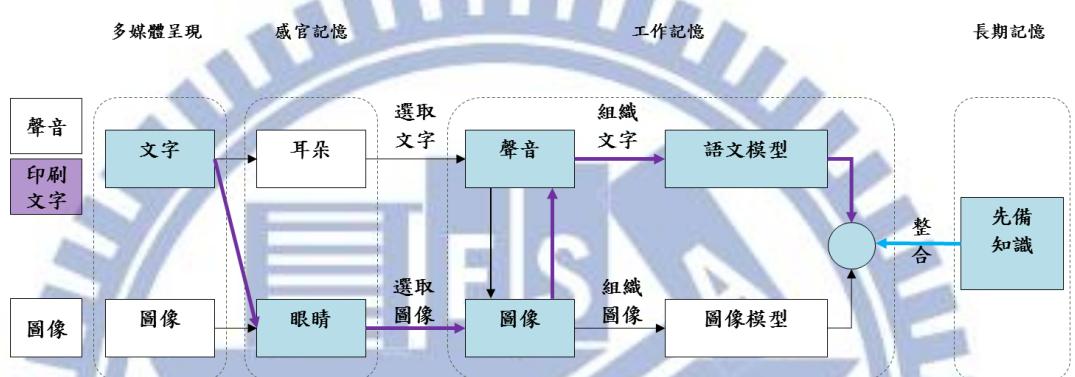


圖 8 視覺訊息轉換進入聽覺通道示意圖以印刷文字為例

資料來源：修改自(Mayer 2005)

2. 聲音訊息雖然經由耳朵接收，但有經驗的學習者卻可以將聲音訊息轉換成圖像，並在工作記憶區中形成圖像模型與先備知識進行整合，見下圖 9。

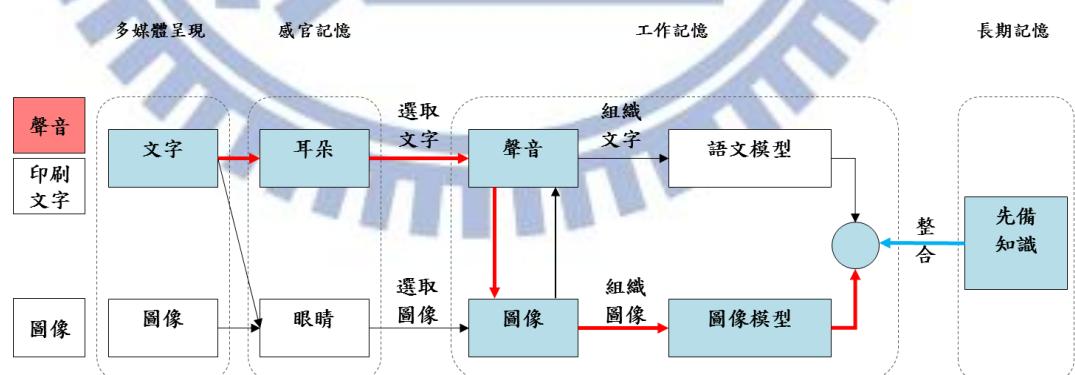


圖 9 聽覺訊息轉換進入視覺通道示意圖以聲音為例

資料來源：修改自(Mayer 2005)

因此，如果學習者同時使用視覺通道以及聽覺通道進行學習，工作記憶區不會超過容量限制，訊息收錄更為快速，學習成效可以提升，所以能達到好的學習效果，見下圖 10。

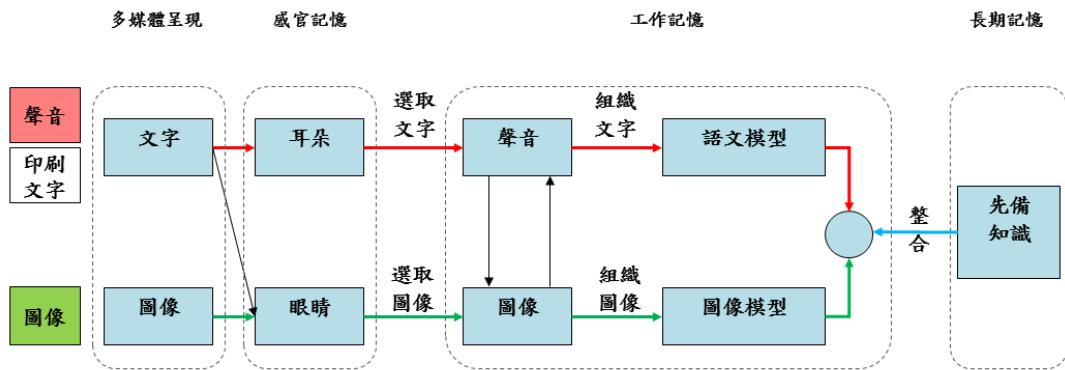


圖 10 聽覺訊息與視覺訊息分別進入聽覺通道與視覺通道示意圖

資料來源：修改自(Mayer 2005)

反之，當學習者接收訊息時，若所有的訊息皆經由同一個通道收錄，工作記憶區將超過容量限制，訊息收錄會變慢，則學習成效將會降低：

1. 例如：印刷文字和聲音同時呈現時，兩者訊息在工作記憶區中同時使用聽覺通道，見下圖 11。

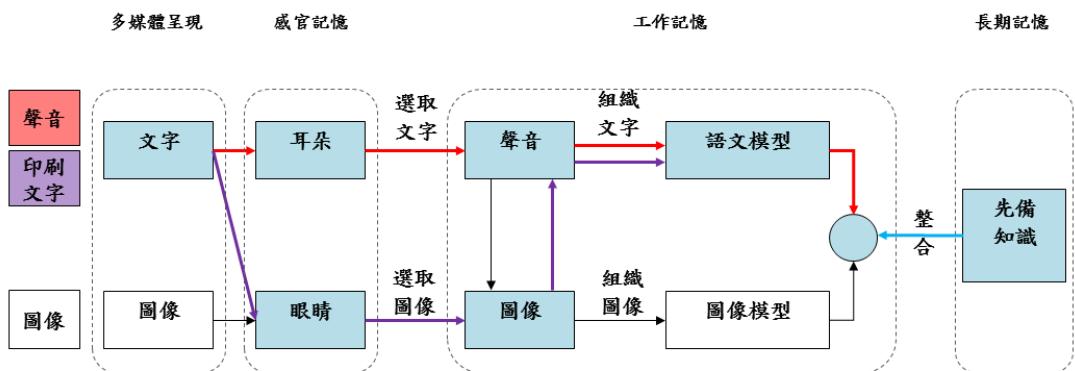


圖 11 聲音與印刷文字進入聽覺通道示意圖

資料來源：修改自(Mayer 2005)

2. 例如：印刷文字和圖像同時呈現時，兩者訊息皆經由視覺通道進入工作記憶區，見下圖 12。

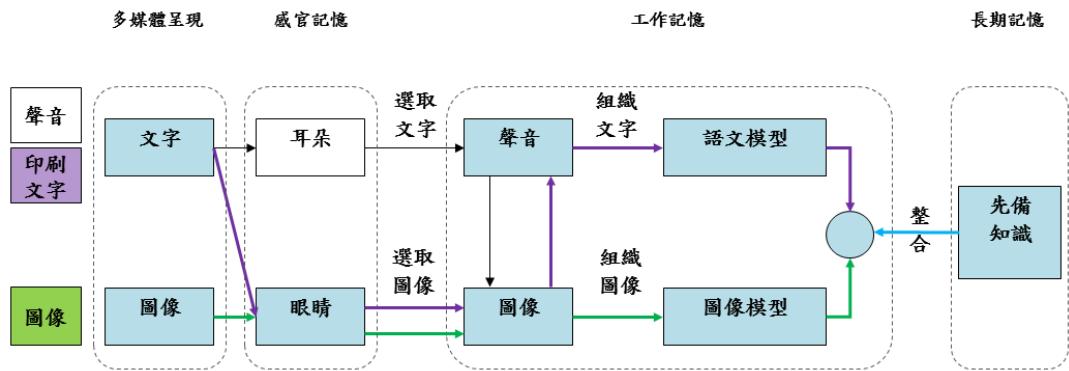


圖 12 圖像與印刷文字進入視覺通道示意圖

資料來源：修改自(Mayer 2005)

(二) 有限容量假設：

視覺通道與聽覺通道同一時間所能處理的訊息量有限，因此當大量的訊息湧入時，學習者無法接收所有的訊息，僅有少部分的訊息能保留在工作記憶中，所以工作記憶區容量有限，但長期記憶區容量無限。

(三) 主動處理假設：

當學習者接收到新的訊息時，會主動將其與長期記憶中的既有經驗、基模和先備知識一併整合，進行認知處理

2.2.4 多媒體學習理論教材設計原則

(一) 多媒體原則 (Multimedia Principle)

「文字+圖像」並用的教材設計，學習效果比僅用「文字」更好，也就是以多媒體組合呈現教材的形式勝過以單一媒體的形式呈現之教材。

(二) 空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle)：

設計教材時，若圖像與相關的說明文字相對位置較近，學習者的學習成效會比相對位置較遠時更好。因為圖像與說明文字的相對位置較近時，學習者的視覺可以快速搜尋相關的教學訊息，不會讓認知資源浪費在搜尋教學訊息，因此學習者可將更多的認知資源專注於其它訊息上，故可以提升教學成效。

(三)時間接近原則(Temporal Contiguity Principle)：

當對應的視覺與聽覺教材同時呈現，其教學成效比接續出現的成效更好。人類的短期記憶容量有限，若學習者在聽完教學訊息之後才開始播放相關視覺訊息，此時學習者為了保留先出現的訊息，將會耗費認知的空間，因此較無法在容量有限的工作記憶區內同時留住，較難以將兩者之關聯建立，所以學習成效因此而降低。

(四)形式原則(Modality Principle)：

對學習者而言，「動畫+旁白」的學習成效會比「動畫+字幕」更佳。因為「動畫+字幕」設計的教材，動畫與字幕同時呈現時，視覺通道同時湧進動畫與文字訊息，視覺通道將會阻塞，造成認知負荷過重，或者，眼睛必須來回搜尋動畫與字幕的關聯性，導致無法完整接收訊息，導致之後的組織以及整合作業無法順利進行。反之，若使用「動畫+旁白」設計教材時，動畫是視覺訊息，經由視覺管道接收，而旁白則是聽覺訊息，利用到聽覺管道接收，兩個通道同時使用時，學習者的學習成效較好。

(五)重複原則(Reudundancy Principle)

「圖像+旁白」的教材設計比用「圖像+旁白+字幕」的教材設計讓學習者獲得更佳的學習成效。因為圖像與字幕皆是經由視覺通道接收，同時呈現的話會同時佔用視覺通道，而造成認知負荷過重，因此使用「圖像+旁白」學習成效較佳。

但以下的情況，字幕的出現對於學習是有幫助的：(1) 旁白並非學習者的母語，或是口語的內容對於學習者而言太過於困難且有不熟悉的關鍵字；(2) 多媒體教材沒有圖像可呈現；(3) 圖像與字幕循序呈現或呈現的速度較慢。(Mayer 2009)

(六)連慣性原則(Coherence Principle)

當多媒體教材的內容呈現與內容不相關的聲音、文字或圖

像，將會降低學習者的學習成效。與教學無關的訊息可能會占用工作記憶區中的認知資源，會使學習者分散注意力。因此屏除與教學目標無關的聲音、文字或圖像，將可提升學習者的學習效果。

(七)個人化原則 (Personalization Principle)

數位教材設計時，使用「我」和「你」第一、二人稱的對話方式，盡量避免使用第三人稱，並且以對話的方式設計教材會比使用形式化的方式設計之教材更好，因為學習者會覺得教學者好像就交談的對象，所以學習者會更專注於教學者想要傳達的訊息，可提升學習者的學習動機。

(八)圖像原則 (Image Principle)

當教學的畫面中出現了教學者的圖像時，學習者的學習成效並不一定會比較好。因為教學者或演講者的影像會干擾學習者，產生額外的處理過程。

(九)聲音原則 (Voice Principle)

教材的旁白講述若使用「人聲」呈現會比「機器聲」呈現更佳。

(十)分割原則 (Segmentation Principle)

當教材內容對於學習者而言較複雜、教材展演速度較快或很陌生時，此時可以使用分割原則。因為當多媒體教材以連續不間斷的方式展演時，將會造成學習者認知負荷超載，降低學習成效；此時，可使用分割原則將教材內容分割成數個小部分，並設計讓教學者或學習者能操控教學，依個人步驟進行學習，讓學習者有充分的時間可以對於選擇文字及影像進行組織及整合，完全了解教學內容之後再進入下一個步驟。

(十一) 事先訓練原則 (Pre-training Principle)

類似預習的效果，讓學習者在正式學習之前就已先知道主要概念特徵與教學內容的專有名詞，先幫學習者建立起基本基模，

當正式學習開始時，先前建立的基本基模可以協助教學內容建立關聯，使學習者學習更深入，有效提升學習成效。

(十二) 信號原則 (Signaling Principle)

設計多媒體教材適時加入可以提示教學內容重點之信號，可以引導學生將注意力投注於重要的教材內容之上，避免認知資源的浪費，因此可以提升學習者對於教學內容的理解程度。常用的方法如下表 2：

表 2
信號原則的使用方式

分類	特徵	使用方式
語言信號	大綱 Outline	課程還未開始解說之前，先將大綱呈現出來
	標題 Heading	每一節一開始就先加入標題，而此標題與大綱有密切的關係
Verbal Signaling	強調聲音 Vocal emphasis	以較大的音量或是較慢的速度念出關鍵字
	指標字 Pointer words	在文中加指標字，如：首先…第二…第三…
視覺信號 Visual Signaling	箭頭 Arrows	利用箭頭指出圖像中重要的部位
	特殊顏色 Distinctive colors	利用特別顯目的顏色強調圖像的概念
	閃爍 Flashing	利用閃爍的方式顯示圖像的特定部位
	指示手勢 Pointing gestures	利用手指圖案，指向圖像的某個部分
	淡化 Graying out	將圖像目前還未強調的部位的顏色變淡，讓正在強調的部分能夠得更多的注意力

資料來源：整理自 Mayer 2009

2.3 認知負荷理論

本節將介紹澳洲心理學家 Sweller(1988)所提出的「認知負荷理論」(Cognitive Load Theory, CLT)。

2.3.1. 認知負荷的定義

以下為國內外研究者對於認知負荷的定義，見下表 3：

表 3

認知負荷的定義，整理分述如下：

研究者	定義
Sweller 1994	學習者在問題解決時花費太多的心力於解題的技巧，所以必須使用大量的認知記憶能力，導致沒有多餘的認知能力來從事新的學習以獲得基模。所以，將認知負荷定義為執行特定的任務時加諸於個人認知系統的負荷。
Paas 1992	認知負荷是一種多向度的概念，包含兩種面向：一是「心智負荷」(mental load)，二是「心智努力」(mental effort)；因此 Paas 認為，若個體對於學習內容所知覺的困難度越大，或者個體在心智上更需努力，則認知負荷就會越大。因此，給予學習者的工作任務太過困難，或工作需要投入極大心力，都將容易加重認知上的負荷(轉引自謝東育 2009)。
陳密桃 2003	個體在執行某種工作、作業或任務的過程中，個體所感受到的心智負荷與心智努力的負載狀態，且就訊息處理理論而言，「認知負荷」係指工作記憶的負荷(working memory load)。
宋曜廷 2000	指在執行某種作業的過程中，因作業特性所需的認知能量(capacities)或認知資源(resources)而造成認知系統(特別是工作記憶)的負載狀態。

綜合上述各學者對認知負荷所做的定義，本研究所指之「認知負荷」為研究者利用視覺注意力引導所設計的動態數位教材，在第八節輔導課對國中九年級進行凸透鏡折射成像補救教學，學習者在進行學習時，多媒體教材的設計對學習者認知系統(特別指

工作記憶)所產生的負荷。

2.3.2. 認知負荷的基本假定

認知負荷理論對人類認知結構有四項基本假定，分述如下

(一)工作記憶區(Working Memory)的容量有限

根據 Baddeley (1992)的工作記憶理論，訊息的處理主要在工作記憶中。Miller(1956)研究發現，一般人只能記下 7 ± 2 個單位，但是真正操作處理的，只有 2~4 個單位，若未經複誦，大約 20 秒隨即消失(Miller 1956)，可見人類的工作記憶容量很小且容量有限制，訊息停留時間極為短暫。

(二)長期記憶區(Long-term Memory)的容量無限

訊息經過工作記憶中的處理後會進入長期記憶區，長期記憶區的儲存量不但無限，同時也是永久的(張春興 1996)。長期記憶中儲存的訊息都是經過處理，有組織的基模(schema)；專家和生手在面對新的學習時的差別，即專家在長期記憶中存有大量的解決方法，擁有較多的基模，可以快速地在其中尋求解決之道，而生手的長期記憶中沒有相關解決問題的基模，就只能在工作記憶區中不斷地推理想和搜尋，因此會耗費大量的工作記憶容量，增加了認知負荷。

(三)知識和技能是以基模 (Schema) 的型態儲存於長期記憶區中

學習所得知識概念或技能從簡單到複雜，由粗糙到精緻的過程，以基模的形式進行編碼，最終存於長期記憶中，此過程會發展出專門的知識以及複雜的工作技能。基模主要功能有二：其一、基模在長期記憶中提供組織與儲存訊息的功能，其二、基模在工作記憶中處理新訊息，將眾多訊息組成一個較複雜的基模，形成一個單一的處理單位，因此，可使工作記憶區釋放出更多的資源空間，達到降低工作記憶區的認知負荷。

(四)基模運作自動化是基模建構的重要過程

人類處理訊息的模式有兩種，一種是透過意識的控制式 (Controlled Processing) 處理，一種是不透過意識的自動式

(Automatic Processing) 處理 (Sweller, Van Merriënboer et al. 1998)。控制處理在工作記憶區中運作時，需運用意識控制，所以會佔據許多工作記憶區容量；而自動化(automatic)處理則完全不同，藉由不斷地反覆練習，將基模運作自動化之後，很少運用意識控制，因此可以節省工作記憶的認知資源，降低認知負荷。由以上可知，基模運作自動化 (schema automation) 將可節省許多工作記憶的認知資源，釋放工作記憶容量，因此可以同時對更多訊息作更深入更順暢的處理，故基模的自動化是基模建構過程中很重要的步驟。

综合上述可以得知：工作記憶是有限的，而長期記憶是無限的，工作記憶在運作過程中，需從長期記憶中檢索提取既有相關的知識基模，進行整合以解決問題。所以，如果無法從長期記憶中有效提取相關基模來處理新訊息時，可能會因此而消耗過多的工作記憶的認知資源，因而產生不同類型的認知負荷。

2.3.3. 認知負荷的類型

新的訊息必須在工作記憶區處理形成基模之後才能進入長期記憶區，而在此處理的過程中所產生的認知負荷，Sweller 分為三種主要型式：內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)、外在認知負荷 (extraneous cognitive load)、增生認知負荷或稱為有效認知負荷 (germane cognitive load) (Sweller, Van Merriënboer et al. 1998)。

(一) 內在認知負荷：

內在認知負荷取決於教材本質上的複雜度、困難度(元素間的關聯程度)以及學習者本身的程度(所具備的先備知識或經驗)之間的交互作用 (Paas, Tuovinen et al. 2003)。若教材原本的結構困難度很高，學習者需要在工作記憶區中不斷處理關聯性高的元素，將造成較高的認知負荷而降低學習的成效，相反的，若教材內容簡單，則不需同時將大量元素置入工作記憶區中，即可對各元素有所理解，故其內在認知負荷較低。除了教材外，學習者本身的專

門知能及先備知識也是內在認知負荷的來源，高先備知識者因為擁有自動化的基模，因此當新的訊息進入工作記憶，便能迅速與自動化的基模進行整合，可以減少工作記憶的消耗，降低內在認知負荷，反之低先備知識者，因長期記憶區中缺少相關基模，所有新的訊息必須在工作記憶區中單獨地不斷進行處理，則易消耗工作記憶區，造成更大的認知負荷(Van Merriënboer and Sweller 2005)，可見雖然同一份教材，由於每位學習者的先備知識不同，因此對於不同的學習者將產生因人而異的內在認知負荷。由上述可知內在認知負荷是基本的負荷，無法經由教學設計來改變，然而可利用學習者基模的獲得和自動化來降低。

近年來相關的研究更進一步提出有效管理內在認知負荷的教學策略，例如可以將複雜的教材切割成較小的部分，阻隔教材內部元素之間的互動，讓學習者可以從同時一次處理大量的複雜的教材變成分批處理 (Kalyuga 2009)。設計教材時，雖然不能直接改變教材本身內在認知負荷，但可以間接地管理。

(二) 外在認知負荷：

指學習者感受到心智負荷，但卻無法達到學習目標且浪費有限的認知資源(Clark, Nguyen et al. 2006)，因此又稱之為壞(bad)的、無益的(unproductive)和非建設性的(non-constructive)負荷(Kalyuga 2009)。主要來自不佳的教學方法、教學設計及多媒體展演形式等所影響(Paas, Tuovinen et al. 2003)。教材呈現與組織方式的不同，對學習者來說會造成不同程度的負荷(Gerjets and Scheiter 2003)。因此，改善教材呈現形式、組織方式或教學程序，可以降低外在認知負荷，提升學習成效。

(三) 增生(有效)認知負荷：

來自於學生專注於處理、理解學習內容的過程或基模建構的認知過程(Gerjets and Scheiter 2003; Renkl and Atkinson 2003)，雖然會增加學習者的負荷感，但能協助基模的建構。當內在認知負荷與外在認知負荷之總和未超出學習者的能力範圍時，適當的引

入有效認知負荷才能有效提昇學習。

認知負荷理論認為內在認知負荷、外在認知負荷和增生(有效)認知負荷具有相加性，三者總和為人類的總認知容量(Paas, Tuovinen et al. 2003)，即人的工作記憶區是有容量上的限制，所以學習時這三種認知負荷的總和不能夠超過工作記憶的容量，否則就會影響學習的成效(Sweller, Van Merriënboer et al. 1998)。

內在認知負荷無法經由教學設計來降低，但可以經由基模的建構和自動化來降低，降低之後便可以挪出更多的認知容量，以容納更多的外在認知負荷。適當的教材呈現方式，可以降低外在認知負荷，也可以協助學習者將學習內容進行組織、整合及基模建構(Brunken, Plass et al. 2003)。

2.3.4. 認知負荷教學設計效應

為了能讓教學者設計教學內容與教學展演時有準則，Sweller提出十四項因教學設計所產生的效應(Sweller 2010)，希望藉由這些教學設計所產生的效應能引導學習者降低認知負荷，提升學習成效。教學設計原則與其主要影響的認知負荷類型，茲分別說明如下：

(一)開放目標效應 (Goal Free Effect) — 外在認知負荷

傳統的單一目標教學方法也就是找出標準答案的解題方式，限制學習者的想法，使學習者限制在框架內進行認知處理，容易造成工作記憶區的超載。開放目標就是讓學習者在盡可能地表達個人思考過程中任何步驟或結論，給予學習者自由思考的空間，不受教師目標的限制(Sweller 2004)。

(二)解題範例效應 (Worked Example Effect) — 外在認知負荷

如果學習者是初學者，教師在教導程序性的知識時，若可以呈現適當的步驟化解題範例，讓其閱讀參考，可以降低資源耗費並減少學習時間，會比初學者自己探索解決來得好。即解題範例能減少外在認知負荷(Sweller 2004)，降低工作記憶區的負荷，因此可以協助學習者建構基模。

(三)完成問題效應 (Completion Problem Effect) — 外在認知負荷

上述解題範例雖有助於學習者進行學習，但是並非每個學生都會仔細的閱讀解題範例，且題目與解答同時置入工作記憶區，同時佔據工作記憶區，易造成外在認知負荷，因此將上述的解題範例進行修改，保留部分解題步驟，剩下的由學習者自己完成解題，完成問題效應與解題範例效應一樣，能降低外在認知負荷，促進基模建立(Sweller, Van Merriënboer et al. 1998)。

(四)分散注意力效應 (Split-attention Effect) — 外在認知負荷

分散注意力效應常發生在真實的教育環境，例如：學習時，學習者常需要整合許多訊息，若這些訊息的呈現安排在不同的位置（例如：圖形與解說文字分離放置）、或出現時間不一致（例如：動畫和語音未能適當搭配），學習者需要在相關的訊息之間來回搜尋與比對，分散注意力效應就會發生，因此浪費了大量的工作記憶資源，使認知負荷增加(Sweller, Van Merriënboer et al. 1998)。

(五)冗餘效應 (Redundancy Effect) — 外在認知負荷

當學習者所面對的教學訊息單獨呈現不需相互參照整合就能理解就可以理解時，不需再以不同樣貌的同時呈現，若同一訊息同時出現不同的呈現樣貌，將同時佔據工作記憶區，冗餘效應就會發生，例如：當圖片與文字分別都能解釋內容時，若二者同時放置一起，將強迫學習者去建立二者間的關聯，此舉非但不能加強學習效果，反而會造成認知負荷(陳彙芳 & 范懿文 2000)

(六)形式效應 (Modality Effect) — 外在認知負荷

Baddeley (1976)提出工作記憶的運作，包含主要的中央執行系統，以及視覺空間掃描系統與語音迴路系統，兩大輔助系統獨立處理視覺及聽覺的訊息。當學習者處理訊息時，若經由視覺以及聽覺管道分別處理不同性質的訊息，分擔工作記憶對於訊息處理的負荷量，比只經由單一管道處理訊息，學習成效更佳。例如：「圖片+印刷文字」的教材呈現方式，因為圖片訊息與印刷文字訊息皆必須由視覺通道處理，會產生爭道的問題，分散了注意力，因此學習成效不佳；反之，若將文字的部分改成口語解說，即以

「圖片+口語」的教材呈現方式，因為圖片訊息與口語訊息分別由視覺通道以及聽覺通道處理，因此不會產生爭道的現象，工作記憶區即能擴展應用，因此學習成效較佳(Sweller 2010)。

(七)變化效應 (Variability Effect) — 增生(有效)認知負荷

教師進行教學時若能營造有變化的學習情境或轉換問題的狀態，將有助於學習者運用多元的訊息處理管道，建立其學習基模。雖然轉換問題情境表面上看來似乎會造成更大的認知負荷，但事實上卻有助於引起學習者的注意力，使其更投入與學習有關的作業，因此在學習遷移上的效果將更為明顯(宋曜廷 2000)。

(八)專業知識反轉效應 (Expertise Reversal Effect) — 外在認知負荷

對於低先備知識的學習者(新手)是有效的某一種教學設計方式，對於高先備知識者(專家)則無效甚至有負面的結果(Kalyuga 2009)。

(九)引導漸減效應 (Guidance Fading Effect) — 外在認知負荷

若學習者為初學者，應先給予完整的解題範例(worked example)，當相關知識逐漸產生之後，後再給予問題完成(completion problems)，等到相關的基模都建立之後，最後給予完整的問題解決(full problems) (Sweller 2010)，由以上可知，當學習者相關的知識建構之後，原先教材本身的困難度所產生的內在認知負荷，已轉變成外在的認知負荷，因此學習者所需要的協助將漸漸減少，以避免專業知識反轉效應 (Expertise Reversal Effect) 的發生。

(十)獨立互動元素效應 (Isolated-interacting Elements Effect) — 內在認知負荷

如果教材中包含了許多高交互作用的元素，對學習者而言，這種教材會讓工作記憶區必須同時處理大量的訊息，將超出工作記憶容量，因此容易造成大量的內在認知負荷，降低學習成效。有鑑於此，教學設計時，利用延遲元素互動性的方式處理教材，先將一部分的互動元素在工作記憶區中被獨立處理，使其成為基礎基模，建構於長期記憶中，當分別學習完所有獨立元素後，再

回頭學習最初的教材，可將原來高交互作用的教材轉變為低交互作用，降低學習者的認知負荷，提升學習成效(Sweller 2010)。

(十一) 整體-模組效應 (Molar-Modular Effect) — 內在認知負荷

整體 (Molar)：提供學習者一個整體的方法或程序，讓學習者遵循此方法解決問題，但是這樣的模式使得學習者的工作記憶區同一個時間內必須處理許多必要訊息，會造成大量的認知負荷，降低學習成效。

模組 (Modular)：教學者將一個複雜的問題解決方法切割成數個較易被理解的元素，換言之，就是將主目標分割為數個有意義的子目標，並引導學習者將子目標一一理解，最後再予以統合成最後結論，此概念與獨立互動元素效應 (Isolated-interacting Elements Effect) 相似。

(十二) 元素交互作用效應 (Element Interactivity Effect) — 內在認知負荷

當教材本身的是低交互作用的元素，其內在認知負荷就是低的，所以這種教材不會因為教學設計不良所產生的外在認知負荷影響學習成效，因為總認知負荷不會超過工作記憶容量(Sweller 2010)。反之，若教材元素交互作用高時，因其內在認知負荷已較高，教學者應思考如何安排這些教材以降低外在認知負荷。

(十三) 想像效應 (Imagination Effect) — 增生(有效)認知負荷

當學習者已具有許多相關知識的基模，先備知識高，教學者可以要求學習者想像一個過程或概念，效果會比只要求學習者研讀同樣的過程和概念來的好，此即想像效應。因為先備知識高的學習者在進行想像時，會將原本儲存在長期記憶區裡面相關的基模提取至工作記憶區中進行處理，因此可以促使基模自動化，提升學習成效。反之，如果學習者為先備知識較低，不太具有相關知識基模，教學者施予想像指令，學習者的認知負荷將會大增，因此對於低先備知識的學習者，應該利用研讀相關教材的方式進行學習，等長期記憶區中有一定量的相關知識基模之後，才可以利用想像效應進行學習。

(十四) 自我解釋效應 (Self-explanation Effect) — 增生(有效)認知負荷

教學進行時，教學者引導學習者嘗試自行解釋一個新的概念，讓學習者進行思考的方式教學，而不是直接教導，可以讓學習者從長期記憶區提取相關基模至工作記憶區進行處理，逐步引導的過程中可讓學習者專注於學習，建立增生(有效)認知負荷。

2.3.5. 認知負荷測量

認知負荷的測量方式可以從兩個向度來評估：一為客觀性（主觀或客觀），另一為因果關係（直接或間接）。客觀性向度測量使用主觀的自評評估資料或客觀的行為觀察、生理狀況觀察或表現觀察。而因果關係向度測量方法的分類是依據行為實際特徵與測量的觀察(Brunken, Plass et al. 2003)。表 4 為認知負荷測量兩個向度的關係表：

表 4
認知負荷測量兩個像度關係表

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

資料來源:Brunkens, Plass et al. 2003

1. 間接的、主觀的測量法：學習者回顧學習的認知歷程，並依照付出的心智努力程度填寫量表。使用後測問卷的方式，要求學習者在理解學習教材時，所投入的心智努力量(Paas, van Merriënboer et al. 1994)。
2. 直接的、主觀的測量法：藉由學習者評量教材的難易程度，直接關連學習者認知負荷的強度，為高敏感度的方法。會因任務的困難度、學習者個別的能力程度或不同的注意力過程而有所差異。

3. 間接的、客觀的測量法：測量學習的成效最常見的方法或採用測量生理相關的訊息（如心跳、瞳孔擴張、眼動儀等測量）。這些方法雖然客觀，卻都只是利用注意力間接的證實與認知負荷相關(Brunken, Plass et al. 2003)。
4. 直接的、客觀的測量法：最直接且客觀的評量方式，方法有兩種，一是利用神經影像、功能性核磁共振、陽電子放射觀察腦部活動來斷定認知負荷的變。二為雙重重任務表現，給予受測者不同的主要任務與次要任務，藉由兩個任務產生的負荷進行測量。

2.4 透鏡成像的迷思概念

光之實際存在，卻又無法具體描述的性質，使得學生因此產生許多個人的想法、概念，但遺憾的是這些概念往往是迷思概念，與他們在教科書或課堂上所要學習的新概念互相衝突(邱美虹 2000)。

當學童出生後，便會觀察自然界各種現象，他們運用自己的語言來描述他們所看見的現象，然而學童對於自然現象的解釋常與科學家有所不同，如果這解釋無法被科學家所認同，則稱此為迷思概念。根據許多研究發現，迷思概念可能產生在每一個階層，因此迷思概念可以說是來自學童時期，而且非常難以改變或取代(Eaton, Anderson et al. 1984; 轉引自何嘉峻 2003)。下表 5 為透鏡成像的迷思概念相關的研究

表 5
透鏡成像的迷思概念相關的研究

研究者	透鏡成像迷思概念內容
Watts 1985	光必須停留在紙屏上，否則成像會隨著光線不斷移動。
Anderson and Smith 1986	1. 眼睛會發出視線，因此我們能看見物體。 2. 物體的像會進入眼睛，因此我們能看見它。

(接下頁)

表 5(續)

Goldberg and McDermott 1983	1. 遮蔽透鏡上半部，則成像只有一半。 2. 移動屏幕會使成像位置跟著改變。 3. 移除透鏡亦會成像，因為成像是由物體直接投影上去的。
Feher and Rice 1987	一個點會發出一束光線，透鏡的成像位置是多變的。
Fetherstonhaugh 1990	在透鏡成像中，成像是物體直接投影上去，而不是透鏡的作用。
Saxena 1991	蠟燭無透鏡仍能在布幕成像。
Fetherstonhaugh&Treagust 1992	需要完整的透鏡才能成像。
Galili, Bendall et al. 1993	光經過透鏡後交會於布幕上成像。
Galili 1996	以不透光的物體遮住部分透鏡，成像會不完整或無法成像。
王晉基&郭重吉 1992	1. 學生對於實像、虛像的問題普遍有概念上的混淆。 2. 學生對於折射問題的迷思概念相當常見，對於光線由空氣中進入水路，不曉得其行走方向。
古智雄 1992	若遮住部分透鏡，則成像會不完整。
許榮富 & 洪振方 1993	1. 光源都是圓形的，經過凸透鏡才能會聚形成焦點。 2. 對虛像有多方面的想法，例如變大變虛的像、無實際物體的像與物體同側的像等。
王龍錫 & 張靜儀 1994	物體與眼睛同時發出某種東西而相遇，因此產生視覺。
唐明 2002	折射是因物體及容器形狀造成。
竇一龍 2002	1. 三條主要的光線必須能夠穿過透鏡，才能「成像」。若將凸透鏡遮住一部份時，有一部份的影像會消失。 2. 凸透鏡折射成像與針孔成像的原理相似。
江文雄 2003	遮住一半的透鏡，成像會只剩一半。
蕭倍如 2005	透鏡成像的原理是物體的光照射透鏡，透鏡產生影像。

資料來源：轉引自陳俊昌 2006

2.5 補救教學

2.5.1 補救教學意涵

教學的最終目的無非是希望每位學生在學習上能獲得相當的成效，但由於每個學習者本身的個別差異，因而容易產生學習落差的現象，影響學習成效。從國小升國中，由於課程內容增加、各科不同的老師與教學方法的改變等原因，使學生易產生適應上的困難，進而影響學習的效果(歐思慧 1992)。補救教學就是一種診療教學模式(Clinical Teaching)，其目的在透過診斷、補救與評估程序，發現學生的學習困難，幫助那些不能在一般時間內達到應有學習標準的學生發揮潛能，達到學習目標(黃淑苓 1999)。補救教學係指針對學業低成就的學生，診斷其學習困難原因，所採取補救教學的學習措施(高廣孚 1997)。

2.5.2 補救教學的對象與特徵

補救教學的對象為低成就學生。早期諸多學者對「低成就學生」(under-achievers)的界定為：智力正常，但其實際的學業表現明顯低於其能力水準。近期對於補救教學受教對象之界定，分為三類：一為學生的實際學業表現明顯低於其應有的能力水準，即原稱之為低成就。另一為學生的實際學業表現明顯低於其班級平均水準，亦稱之為低成就。最後一類為學生學科成就不及格，且其學業成就表現明顯低於其他學生許多者，稱之為成績低落者(張新仁 2001)。

綜合諸多學者的研究，低成就或成績低落學生具有某些相類似的特徵(張新仁、邱上真、李素慧 民 88)在學業表現部分，低成就學生的特徵包括：(1)測驗的表現上，呈現低的基本作答技巧；(2)學業成績表現較差；(3)在閱讀或數學的程度比一般的學生來得低(4)被留級或有學業方面的挫折(5)經常找藉口不交作業或遲交，或是向同學拷貝作業。在日常行為表現部分，低成就或成績低落學生的特徵包括：(1)依賴性重，需要家長或教師的特別注意；(2)對於有興趣的科目或課程，有優異的理解力及記憶力，並有固

著的傾向；(3)容易分心，不易專心及努力工作；(4)學習態度不佳、缺乏動機、恆心；(5)在自我或社會性的控制適應部分，有些困難；(6)在學習部分，需要比其他同學更多的時間；(7)不喜歡學校及家庭作業；(8)習慣性的遲緩以及較低的出席率；(9)家庭提供較少的支持。

2.5.3 實施補救教學之歷程與課程設計原則

補救教學是一種「評量—教學—再評量」的循環歷程。就理想上而言，期望補救教學實施一段時期後，學生能跟得上原班級的教學進度。（杜正治，民 82；林建平，民 86；郭生玉，民 84；楊坤堂，民 82；轉引自張新仁、邱上真、李素慧，民 88）

雖然目前大多數學校皆有補救教學措施，但成效卻不彰(詩永 1997)。教師將原教材、教法以重述的方式來教導低成就學生，這種「舊調重彈」式的補救教學，是成效不佳的原因(黃木蘭 2000)。補救教學的課程設計首先要考慮到學習的原則，由易而難、由簡而繁、從已學到未學等，才能建立學生的自信心與學習動機。其次，課程應具高度的結構性，同時學習目標需明確與具體才能掌握學習的重心。另外，學習活動的設計要考慮學生能力、學習動機、學生的接受程度及注意廣度，對中低程度的學生來說，宜簡化教材且學習活動應更富有變化及趣味性(張新仁 2000)。

課程設計可考慮下列項目(杜正治 1993)：

1. 分析基本能力

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

2. 評量學科能力

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

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

3. 擬定課程目標

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

4. 選擇適合受試者能力的教材

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



三、研究方法

本章共分為五節說明研究方法，分別就研究流程、研究對象、研究設計、研究工具及資料分析方法進行探討。

3.1 研究流程

圖 為本研究之實施步驟流程圖，研究流程共分為三個階段，包括準備階段、實驗階段及分析階段。



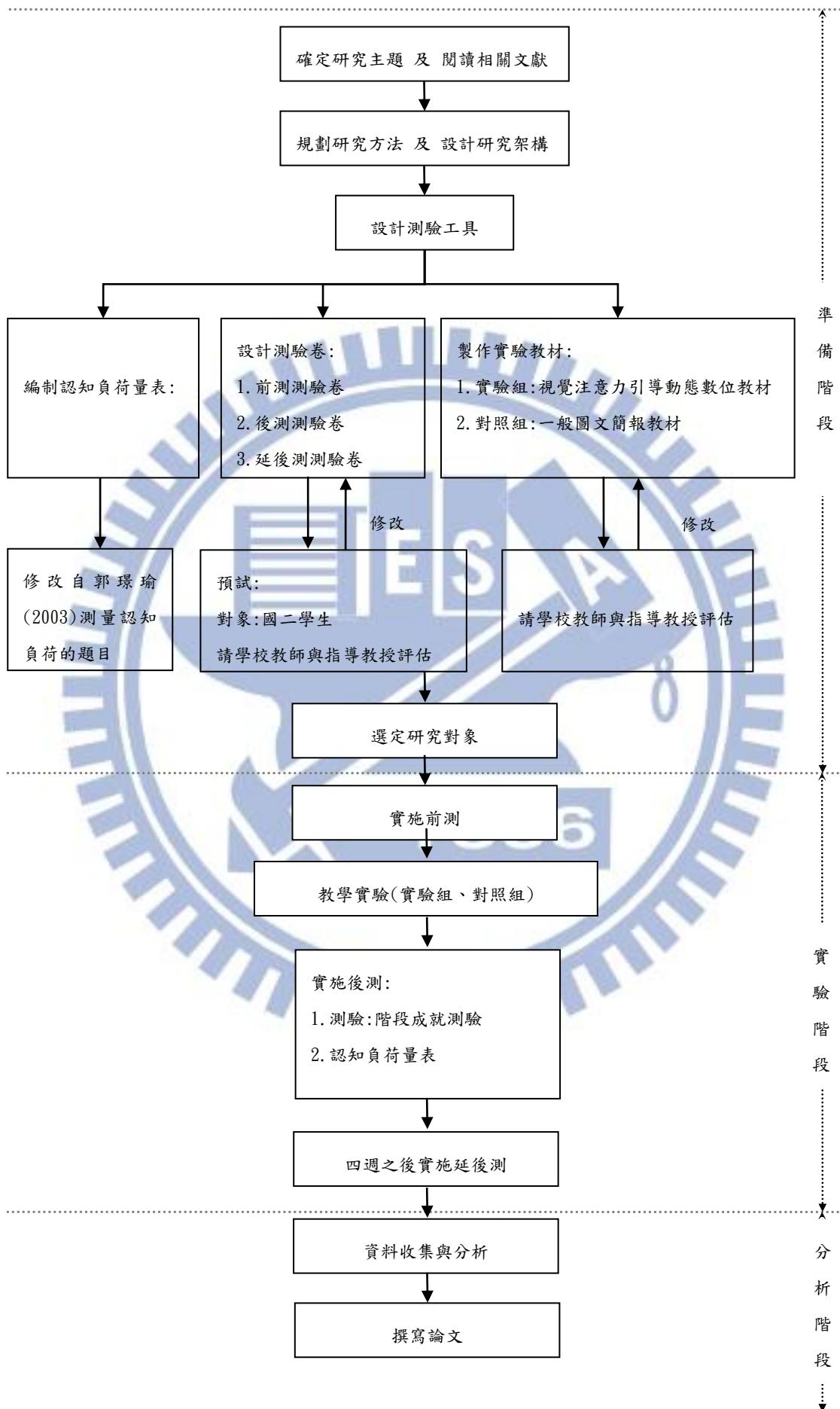


圖 13 實施步驟流程圖

3.1.1 準備階段

(一)確定研究主題及閱讀相關文獻：研究者在國中教學多年之後，反思教學現場所面臨的問題以及疑惑，藉由大量閱讀學者專家的文獻資料與理論之後，再與指導教授討論確定研究題目，進而藉由此研究可以解決問題並釐清疑惑。

(二)規劃研究方法及設計研究架構：與指導教授討論之後，確定研究方法以及研究架構。

(三)製作實驗教材：依據「視覺注意力引導」分別設計實驗教材。

(四)設計測驗卷：以與本研究對象同一國中之八年級三個班的學生進行預試，並根據預試的結果與本校資深自然科教師以及指導教授討論之後修正測驗內容。

(五)編製認知負荷量表：根據文獻並與指導教授共同討論編制。

(六)選定研究對象：研究者所任教的苗栗縣某縣立國中，九年級學業成就中、低且自願參加第八節輔導課的學生所組成的班級，研究者並依研究對象九年級上學期三次自然科定期評量之成績總和進行獨立樣本 t 檢定，選擇其中四個成績無顯著差異之班級學生分成實驗組與對照組兩組作為研究對象。

3.1.2 實驗階段

(一)前測：分別對兩班實驗組與兩班對照組進行「凸透鏡折射成像」之前測。

(二)教學實驗：以研究者所設計之教材進行實驗授課。

(三)後測：分為「階段成就測驗」及「認知負荷量表」，藉以瞭解實驗教學對於學生的階段學習成效及對其認知負荷之影響。

(四)延後測：教學實驗結束四周之後實施延後測。

3.1.3 分析階段

分析實驗階段搜集所得的資料，以了解在「視覺注意力引導動態數位教材」以及「一般傳統圖文簡報教材」下，不同的教材設計模式，對於學生其階段學習成效及認知負荷量所產生之影響，並將研究結果撰寫於論文中。

3.2 研究對象

本研究的教學者即本論文執筆者，有 10 年的國中自然科教學經驗，受測學生為苗栗某縣立國中學生，該校共有 51 班（七年級 17 班、八年級 17 班、九年級 17 班），除各年級已成立美術班與體育班各一班，其餘學生分班方式皆依教育局的常態編班編成共 15 個班級。而參與本研究的學生分為預試樣本及正式施測樣本。

一、預試樣本：為使測驗卷試題在本研究中更客觀、準確，於該校以方便抽樣挑選三個常態編班的八年級學生共 76 人為預試試卷施測對象，以作為正式試卷的參考、準備。

二、正式施測樣本：研究者所任教的學校，教務處第八節輔導課編班時，將學業成就高的學生編班集中上課，而學業成就中或低的學生則另外編班進行補救教學。研究者研究的對象即任教學校中九年級學業成就中、低且自願參加第八節補救教學輔導課的學生所組的班級，但在這些進行補救教學班級中有少數幾位學生雖學業成就屬於中或低，但其自然科學業成就（九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績）卻是在所有九年級學生中排名前 27% (吳明隆 2011)，即屬於自然科學業成就高的學生，根據第二章補救教學文獻，補救教學主要對象是學業成就低或學習意願低落的學生，所以自然科學業成就高的學生不符合補救教學的定義，因此研究者在進行教學實驗時，自然科學業成就高的學生基於受教權必須一起上課，但在蒐集資料或執行資料分析時，研究者並未將自然科學業成就高的學生納入，換言之，本研究的研究對象即研究者所任教的學校九年級自願參加第八節補救教學輔導課且自然科學業成就屬於中或低的學生。排除自然科學業成就高的

學生之後，研究者依研究對象九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績選擇其中四個成績差異不大之班級學生作為研究對象，分別命名為甲、乙、丙、丁班作為區分。下表 6 為受試對象的人數、九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績、組別。

表 6
受試班級資料

班級	甲(904)	乙(905)	丙(908)	丁(912)
自然科學業成就中	19 人	21 人	16 人	16 人
自然科學業成就低	10 人	8 人	6 人	10 人
總人數	29 人	29 人	22 人	26 人
評量平均分數	46.95	46.07	48.02	44.99
組別	對照組	對照組	實驗組	實驗組

甲、乙兩班合併之後的平均分數 46.38，丙、丁兩班合併之後的平均分數為 46.51。考慮到自然科成績較高的班級安排為實驗組可能造成實驗結果的影響因素，本研究將自然科平均成績較低的甲、乙兩班安排為實驗組，自然科平均成績較高丙、丁兩班安排為對照組，其中甲、乙、丁三個班皆研究者第八節輔導課原本任教的班級，而丙班第八節輔導課自然科並非研究者所任教，但該班暑期輔導課的自然科由研究者任教，再加上研究者在教學實驗進行之前到丙班代兩堂第八節輔導課，進行其他自然科單元的補救教學，因此丙班受試學生對研究者有一定的熟悉度，可以避免丙班學生的新奇效應。

3.2.1 整體學生立足點一致

以「九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績」及「前測成績」為取樣依據，並利用獨立樣本 t 檢定檢驗兩組受試學生的立足點是否一致。

(一)以「九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績」進行獨立樣本 t 檢定

實驗組與對照組的人數分別為 48 人和 58 人，平均數分別為 46.38 和 46.52，標準差分別為 11.79 和 11.88，檢定資料如表 7。

表 7

整體受試學生上學期三次自然科定期評量定期評量組別統計量

組別	定期評量平均分數	
	實驗組	對照組
	個數	平均數
個數	48	58
平均數	46.3750	46.5115
標準差	11.78624	11.87594
平均數的標準誤	1.70120	1.55939

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=.075$, 顯著性 $=.784 > .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 $-.059$ 、自由度 $= 104$ 、顯著性 (雙尾) $=.953 > .05$ ，呈現考驗結果未達顯著，因此兩組程度可視為相同，檢定資料如表 8。

表 8

整體受試學生九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績獨立樣本檢定

	定期評量平均分數		
	假設變異數		不假設變異
	相等	數相等	
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定		.075
	顯著性		.784
平均數相等的 t 檢定	t	-.059	-.059
	自由度	104	100.601
	顯著性 (雙尾)	.953	.953
	平均差異	-.13649	-.13649
	標準誤差異	2.30943	2.30776
	差異的下界	-4.71618	-4.71469
	95% 信賴上界	4.44319	4.44170
	區間		

(二)以「前測成績」進行獨立樣本 t 檢定

實驗組與對照組的人數分別為 43 人和 55 人，平均數分別為 5.47 和 5.07，標準差分別為 1.764 和 1.752，檢定資料如表 9。

表 9

整體受試學生成績組別統計量

	前測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	43	55
平均數	5.47	5.07
標準差	1.764	1.752
平均數的標準誤	.269	.236

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準($F=.109$ ，顯著性 $=.742 > .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 1.097、自由度 = 96、顯著性(雙尾) $=.275 > .05$ ，呈現考驗結果未達顯著，因此兩組程度可視為相同，檢定資料如表 10。

表 10

整體受試學生成績獨立樣本檢定

	前測	
	假設變異數 相等	不假設變異 數相等
變異數相等的 Levene 檢定 F 檢定	.109	
顯著性	.742	
平均數相等的 t 檢定	t	1.097
	自由度	96
	顯著性 (雙尾)	.275
	平均差異	.392
	標準誤差異	.358
	差異的 95% 下界	-.318
	信賴區間 上界	1.102
		1.104

3.2.2 各組不同學習成就之學生立足點一致

為確認兩組之學習成就中、低之學生其立足點是否一致，以下將分別以「九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績」及「前測成績」為取樣依據，並利用獨立樣本 t 檢定檢驗兩組學習成就中、低之受試學生的立足點是否一致。

(一)各組低學習成就學生立足點一致

1. 以「九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績」進行獨立樣本 t 檢定

實驗組與對照組之低學習成就的受試學生人數分別為 16 人和 18 人，平均數分別為 32.81 和 32.48，標準差分別為 4.60 和 4.48，檢定資料如表 11。

表 11

低學習成就受試學生上學期三次自然科定期評量定期評量組別統計量

	定期評量平均分數	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	16	18
平均數	32.8125	32.4815
標準差	4.59624	4.48122
平均數的標準誤	1.14906	1.05623

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準($F=.110$ ，顯著性 $=.743>.05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組之低學習成就的受試學生變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 .212、自由度 $=32$ 、顯著性(雙尾) $=.833>.05$ ，呈現考驗結果未達顯著，因此兩組之低學習成就的受試學生程度可視為相同，檢定資料如表 12。

表 12

低學習成就受試學生九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績獨立樣本檢定

		定期評量平均分數	
		假設變異數 相等	不假設變異 數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	.110	
	顯著性	.743	
平均數相等的 t 檢定	t	.212	.212
	自由度	32	31.325
	顯著性 (雙尾)	.833	.833
	平均差異	.33102	.33102
	標準誤差異	1.55836	1.56076
	差異的 95% 下界	-2.84326	-2.85084
	信賴區間 上界	3.50530	3.51287

2. 以「前測成績」進行獨立樣本 t 檢定

實驗組與對照組的人數分別為 13 人和 18 人，平均數分別為 5.23 和 5.06，標準差分別為 1.79 和 2.10，檢定資料如表 13。

表 13

低學習成就受試學生前測成績組別統計量

	前測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	13	18
平均數	5.23	5.06
標準差	1.787	2.100
平均數的標準誤	.496	.495

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=.361$, 顯著性 $=.552 > .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組之低學習成就的受試學生變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 .244、自由度 = 29、顯著性 (雙尾) = .809 > .05，呈現考驗結果未達顯著，因此兩組之低學習成就的受試學生程度可視為相同，檢

定資料如表 14。

表 14

低學習成就受試學生前測成績獨立樣本檢定

		前測	
		假設變異數 相等	不假設變異 數相等
變異數相等的 Levene 檢定 F 檢定		.361	
顯著性		.552	
平均數相等的 t 檢定	t	.244	.250
自由度		29	28.125
顯著性 (雙尾)		.809	.804
平均差異		.175	.175
標準誤差異		.719	.700
差異的 95% 下界		-1.296	-1.259
信賴區間 上界		1.646	1.610

(二)各組之中學習成就學生立足點一致

- 以「九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績」進行獨立樣本 t 檢定

實驗組與對照組之中學習成就的受試學生人數分別為 32 人和 40 人，平均數分別為 53.16 和 52.83，標準差分別為 7.61 和 8.10，檢定資料如表 15。

表 15

中學習成就受試學生上學期三次自然科定期評量定期評量組別統計量

	定期評量平均分數	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	32	40
平均數	53.1563	52.8250
標準差	7.61482	8.10226
平均數的標準誤	1.34612	1.28108

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=.961$, 顯著性 $=.330 > .05$)，

應接受虛無假設，代表實驗組與對照組之中學習成就的受試學生變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 .177、自由度 = 70、顯著性(雙尾) = .860 > .05，呈現考驗結果未達顯著，因此兩組之中學習成就的受試學生程度可視為相同，檢定資料如表 16。

表 16

中學習成就受試學生九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績獨立樣本檢定

	定期評量平均分數	
	假設變異數	不假設變異
	相等	數相等
變異數相等的 Levene 檢定 F 檢定		.961
顯著性		.330
平均數相等的 t 檢定	t	.177
自由度		70
顯著性 (雙尾)		.860
平均差異		.33125
標準誤差異		1.87130
差異的 95% 下界		-3.40095
信賴區間 上界		4.06345
		4.03925

2. 以「前測成績」進行獨立樣本 t 檢定

實驗組與對照組的人數分別為 30 人和 37 人，平均數分別為 5.57 和 5.08，標準差分別為 1.78 和 1.59，檢定資料如表 17。

表 17

中學習成就受試學生前測成績組別統計量

	前測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	30	37
平均數	5.57	5.08
標準差	1.775	1.588
平均數的標準誤	.324	.261

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準($F=.566$, 顯著性 $=.454>.05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組之中學習成就的受試學生變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 1.181、自由度 $=65$ 、顯著性(雙尾) $=.242>.05$ ，呈現考驗結果未達顯著，因此兩組之中學習成就的受試學生程度可視為相同，檢定資料如表 18。

表 18

中學習成就受試學生前測成績獨立樣本檢定

		前測	
		假設變異數 相等	不假設變異 數相等
變異數相等的 Levene 檢定 F 檢定		.566	
顯著性		.454	
平均數相等的 t 檢定	t	1.181	1.167
	自由度	65	58.874
	顯著性 (雙尾)	.242	.248
	平均差異	.486	.486
	標準誤差異	.411	.416
	差異的 95% 下界	-.336	-.347
信賴區間	上界	1.307	1.318

3.3 研究設計

本節中分別論述研究法的選擇、研究變項與假設、實驗流程

3.3.1 研究法的選擇

基於下面三點理由，本研究採用「準實驗設計法」之「不等組前後測」進行實驗研究。

(一) 本研究的目的在於「視覺注意力引導」動態數位教材的教學呈現模式應用於國中自然科光學單元「凸透鏡折射成像」補救教學，是否對學習成效與認知負荷產生影響進行研究。

(二) 本實驗亦利用獨立樣本 t 檢定，檢視自然科學學習成就中、低學生透

過「視覺注意力引導」動態數位教材的教學呈現模式進行補救教學之後，對於其學習成就及認知負荷量之影響。

(三) 本研究以研究者任教學校第八堂輔導課課堂授課方式進行實驗研究，盡量不影響學校行政與學生正常上課。

3.3.2 研究變項與假設

(一) 研究變項

1. 自變項：教材設計

本研究以「視覺注意力引導」動態數位教材進行教材設計。本研究之實驗處理變項為教材設計，各組之教材設計模式如下表 19：

表 19
教材設計內容摘要表

	實驗組	對照組
視覺注意力引導	✓	✗

(1) 實驗組：用「視覺注意力引導」動態數位教材進行教學，將教學訊息切割分成較小的部分，並將教學訊息區塊化，教學進行時一次僅出現一個教學訊息區塊，且滑鼠游標所指的位置即出現新訊息，步驟化呈現，此外所有教學訊息區塊上皆有設開關，進一步更可以建立訊息區塊之間的關聯，或依照課堂需求適時的消失或再出現，以達到突現刺激的效果，減少視覺搜尋時間，捕捉視覺注意力。

(2) 對照組：用「一般傳統圖文簡報」進行教學，即一次呈現大量的教學圖文訊息。製作時直接利用實驗組已製作好的教材修改，讓所有教學訊息一次全部出現在同一張投影片上，即與目前課本的串流編排模式或書商所製作的電子書、投影片相同。

2. 依變項

(1) 階段學習成就

(2) 認知負荷量

3. 控制變項

(1) 受試者學習年段：九年級

(2) 授課教師：授課教師皆研究者本人。乙、丙、丁班為研究者原本任教班級，甲班非原授課班級，為避免學生新奇效應，於實驗前到該班代兩堂課，並利用多媒體進行其它的理化單元補救教學。

(3) 授課情境：在第八節輔導課的固定班級教室上課

(4) 教材內容：實驗組和對照組上課的教材主題單元皆為「生活中折
射實例」以及「透鏡折射成像」，教材內容均相同。

(5) 授課時間：實驗組和對照組授課時間均相同。

(6) 測驗問卷：實驗組和對照組在教學實驗之前的前測卷，教學實驗之後的階段學習成就測驗卷、認知負荷量表，以及教學實驗結束四周之後的延後測卷，其題目內容、施測時間、給分標準皆相同。

(二) 研究假設

根據研究目的及研究問題提出以下的假設：

假設 1-1：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其階段學習成就表現有顯著差異。

假設 1-2：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其階段學習成就表現有顯著差異。

假設 1-3：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其階段學習成就表現有顯著差異。

假設 2-1-1：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其困難度認知負荷有顯著差異。

假設 2-1-2：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其花費心力認知負荷有顯著差異。

假設 2-2-1：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其困難度認知負荷有顯著差異。

假設 2-2-2：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文

簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其花費心力認知負荷有顯著差異。

假設 2-3-1：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其困難度認知負荷有顯著差異。

假設 2-3-2：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其花費心力認知負荷有顯著差異。

假設 3-1-1：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學整體學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

假設 3-1-2：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學整體學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

假設 3-2-1：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學低自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

假設 3-2-2：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學低自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

假設 3-3-1：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學中自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

假設 3-3-2：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學中自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

假設 4-1：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其延後測表現有顯著差異。

假設 4-2：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其延後測表現有顯著差異。

假設 4-3：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其延後測表現有顯著差異。

3.3.3 實驗流程

(一) 本實驗之設計模式如下表 20 所示：

表 20

不等組前後測實驗設計

	前測	教學實驗	後測	延後測
實驗組	0 ₁	X	0 ₃	0 ₅
對照組	0 ₂		0 ₄	0 ₆

0₁：實驗組學生做前測卷。

0₂：對照組學生做前測卷。

0₃：實驗組學生做階段學習成就測驗後測卷。

0₄：對照組學生做階段學習成就測驗後測卷。

0₅：實驗組學生做階段學習成就測驗延後測卷。

0₆：對照組學生做階段學習成就測驗延後測卷。

X：用「視覺注意力引導」動態數位教材進行教學。

(二) 本研究實施步驟、實驗內容與時間分配如下表 21 所示：

表 21

凸透鏡折射成像總流程表

步驟	內容	時間
一	前測	13 分鐘
二	課程教材教學	30 分鐘
三	階段成就測驗（後測）	13 分鐘
四	認知負荷量表問卷	2 分鐘

3.4 研究工具

本研究所使用的工具包括：實驗教材兩組(實驗組、對照組)、前測卷、階段學習成就測驗(後測卷、延後測卷)、學習單，以及認知負荷量表，說明如下：

3.4.1 實驗教材製作

由於 Microsoft PowerPoint 容易上手，具高普及性，且容易修改，因此研究者選用 Microsoft PowerPoint 製作「凸透鏡折射成像」補救教學多媒體。

(一) 實驗組教材製作原則：

1. 利用多媒體學習理論教材設計原則中的分割原則以及認知負荷教學設計中的獨立互動元素效應，將教材切割成數個區塊。
2. 設計成一次只有一個教學訊息區塊出現，步驟化呈現，以避免工作記憶區認知負荷超載，且符合突現刺激的呈現方式，以達到降低視覺搜尋時間，且可以捕捉視覺注意力。
3. 利用 AMA 系統製作動態表格，可設定表格全開關、行開關、列開關、以及個別開關，用來控制與其有行列關係的資料(陳明璋 2006[82])。
4. 每個教學訊息區塊上皆有設計開關，因此可讓每個教學訊息區塊依照課堂上的需求選擇性的消失或再一次出現，建立起教學訊息之間的關聯，以符合突現刺激的呈現方式，進而可以降低視覺搜尋時間以及捕捉視覺注意力，故稱為「視覺注意力引導」，見下表 22 實驗組。

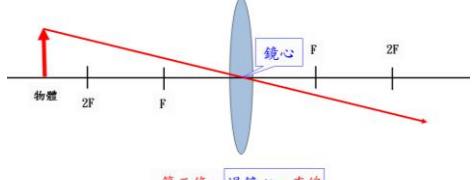
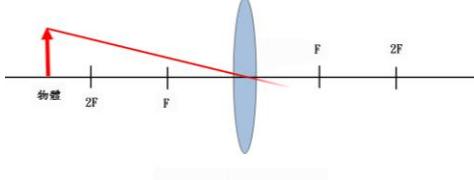
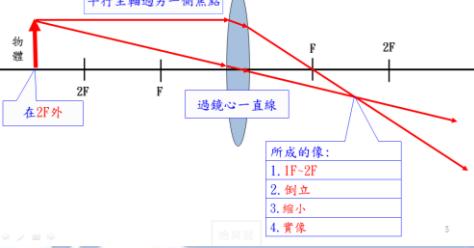
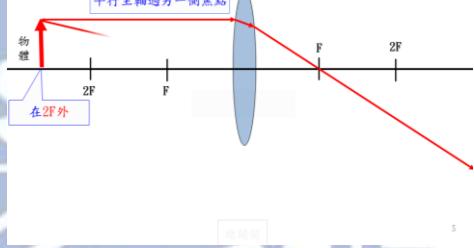
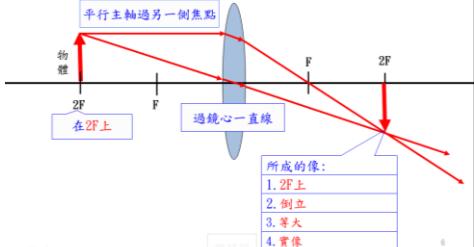
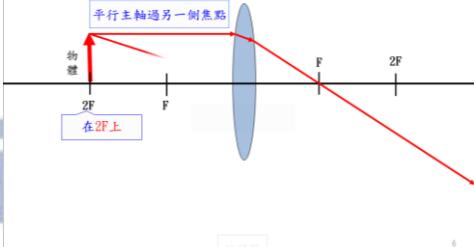
(二) 對照組教材製作原則

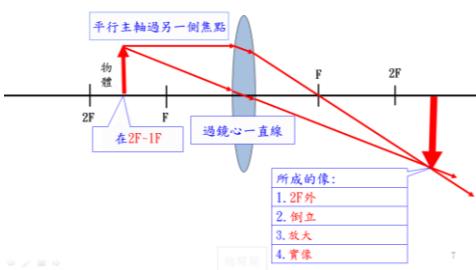
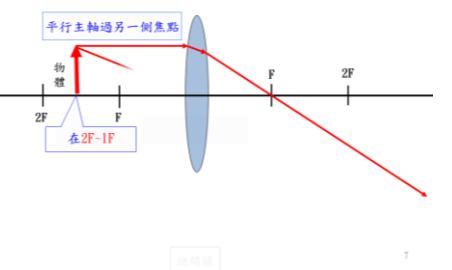
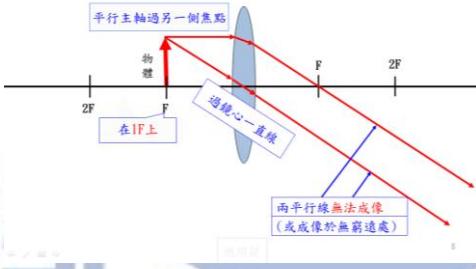
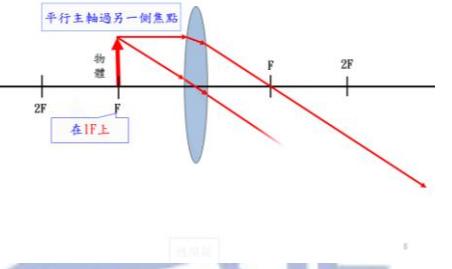
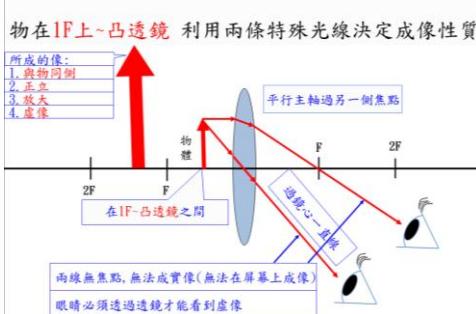
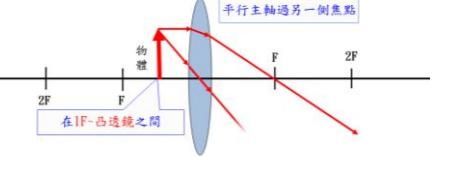
1. 為了能讓實驗的控制變因控制住，對照組所有教材皆由實驗組修改製作。
2. 將所有教學訊息一次全部出現在同一張投影片上，即與目前課本的串流編排模式或書商所製作的電子書、投影片相同，稱為「一般傳統圖文簡報」，見下表 22 對照組。

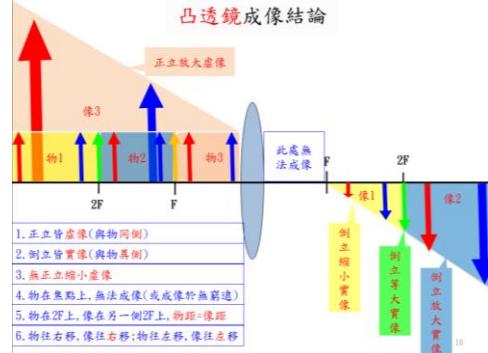
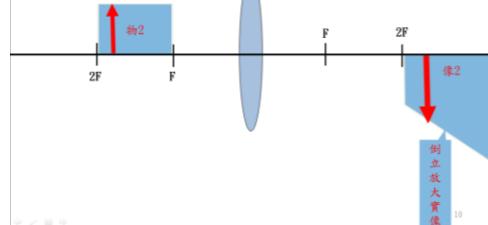
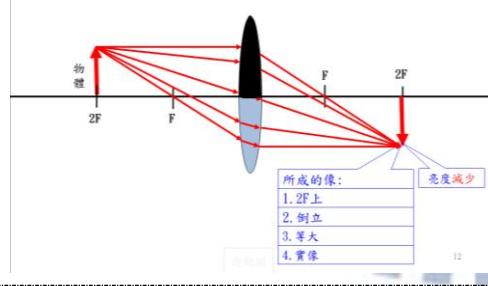
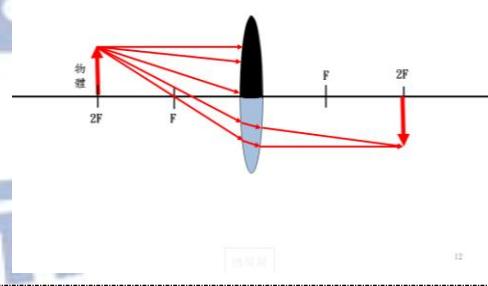
表 22

實驗教材製作

編 碼	對照組	實驗組
1	<p>雷射光由空氣射入雙凸透鏡再射入空氣</p> <p>地圖圖 1</p>	<p>雷射光由空氣射入雙凸透鏡再射入空氣</p> <p>地圖圖 1</p>
	<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「雷射光由空氣射入雙凸透鏡再射入空氣」。</p>
2	<p>光學折射成像的三條特殊光線：第一條</p> <p>地圖圖 2</p>	<p>光學折射成像的三條特殊光線：第一條</p> <p>地圖圖 2</p>
	<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「光學折射成像的三條特殊光線中第一條特殊光線」。</p>
3	<p>光學折射成像的三條特殊光線：第二條</p> <p>地圖圖 3</p>	<p>光學折射成像的三條特殊光線：第二條</p> <p>地圖圖 3</p>
	<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「光學折射成像的三條特殊光線中第二條特殊光線」。</p>

4	<p>光學折射成像的三條特殊光線：第三條</p>  <p>第三條：過鏡心一直線</p>	<p>光學折射成像的三條特殊光線：第三條</p> 
	<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「光學折射成像的三條特殊光線中第三條特殊光線」。</p>
5	<p>物在2F外 利用兩條特殊光線決定成像性質</p>  <p>平行主軸過另一側焦點</p> <p>過鏡心一直線</p> <p>所成的像: 1. 1F-2F 2. 倒立 3. 縮小 4. 實像</p>	<p>物在2F外 利用兩條特殊光線決定成像性質</p> 
	<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「物體在兩倍焦距外時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」。</p>
6	<p>物在2F上 利用兩條特殊光線決定成像性質</p>  <p>平行主軸過另一側焦點</p> <p>過鏡心一直線</p> <p>所成的像: 1. 2F上 2. 倒立 3. 等大 4. 實像</p>	<p>物在2F上 利用兩條特殊光線決定成像性質</p> 
	<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「物體在兩倍焦距上時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」。</p>

<p>7 物在 $2F \sim 1F$ 利用兩條特殊光線決定成像性質</p>  <p>所成的像：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $2F$ 外 2. 倒立 3. 放大 4. 實像 	<p>物在 $2F \sim 1F$ 利用兩條特殊光線決定成像性質</p> 
<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「物體在兩倍焦距到一倍焦距之間時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」。</p>
<p>8 物在 $1F$ 上 利用兩條特殊光線決定成像性質</p>  <p>兩平行線無法成像 (或成像於無窮遠處)</p>	<p>物在 $1F$ 上 利用兩條特殊光線決定成像性質</p> 
<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「物體在一倍焦距上時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」。</p>
<p>9 物在 $1F$ 上~凸透鏡 利用兩條特殊光線決定成像性質</p>  <p>兩線無焦點，無法成實像(無法在屏幕上成像) 眼睛必須透過透鏡才能看到虛像</p>	<p>物在 $1F$ 上~凸透鏡 利用兩條特殊光線決定成像性質</p> 
<p>一般傳統的圖文簡報，一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p>利用視覺注意力引導的方式製作「物體在一倍焦距內時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」。</p>

10	<p style="text-align: center;">凸透鏡成像結論</p>  <p>1. 正立皆虛像(與物同側) 2. 倒立皆實像(與物異側) 3. 無正立縮小虛像 4. 物在焦點上, 無法成像(或成像於無窮遠) 5. 物在2F上, 像在另一側2F上, 物距=像距 6. 物往右移, 像往右移; 物往左移, 像往左移</p>	<p style="text-align: center;">凸透鏡成像結論</p> 																																																				
11	<p style="text-align: center;">凸透鏡折射成像性質總整理</p> <table border="1" data-bbox="366 765 854 1035"> <thead> <tr> <th>透鏡種類</th> <th>紅箭頭 (物體)位置</th> <th>能否在屏幕上成像</th> <th>成像性質</th> <th>成像位置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">凸透鏡</td> <td>2F外</td> <td>能(實像)</td> <td>倒立縮小實像</td> <td>與物不同側 1F~2F</td> </tr> <tr> <td>2F上</td> <td>能(實像)</td> <td>倒立等大實像</td> <td>與物不同側 2F上</td> </tr> <tr> <td>2F~1F</td> <td>能(實像)</td> <td>倒立放大實像</td> <td>與物不同側 2F外</td> </tr> <tr> <td>1F上</td> <td>否</td> <td>無法成像或 成像於無窮遠</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1F~凸透鏡</td> <td>否(虛像)</td> <td>正立放大虛像</td> <td>與物同側 物體的後方</td> </tr> </tbody> </table>	透鏡種類	紅箭頭 (物體)位置	能否在屏幕上成像	成像性質	成像位置	凸透鏡	2F外	能(實像)	倒立縮小實像	與物不同側 1F~2F	2F上	能(實像)	倒立等大實像	與物不同側 2F上	2F~1F	能(實像)	倒立放大實像	與物不同側 2F外	1F上	否	無法成像或 成像於無窮遠		1F~凸透鏡	否(虛像)	正立放大虛像	與物同側 物體的後方	<p style="text-align: center;">凸透鏡折射成像性質總整理</p> <table border="1" data-bbox="890 765 1378 1035"> <thead> <tr> <th>透鏡種類</th> <th>紅箭頭 (物體)位置</th> <th>能否在屏幕上成像</th> <th>成像性質</th> <th>成像位置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">凸透鏡</td> <td>2F外</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2F上</td> <td>能(實像)</td> <td>倒立等大實像</td> <td>與物不同側 2F上</td> </tr> <tr> <td>2F~1F</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1F上</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1F~凸透鏡</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	透鏡種類	紅箭頭 (物體)位置	能否在屏幕上成像	成像性質	成像位置	凸透鏡	2F外				2F上	能(實像)	倒立等大實像	與物不同側 2F上	2F~1F				1F上				1F~凸透鏡			
透鏡種類	紅箭頭 (物體)位置	能否在屏幕上成像	成像性質	成像位置																																																		
凸透鏡	2F外	能(實像)	倒立縮小實像	與物不同側 1F~2F																																																		
	2F上	能(實像)	倒立等大實像	與物不同側 2F上																																																		
	2F~1F	能(實像)	倒立放大實像	與物不同側 2F外																																																		
	1F上	否	無法成像或 成像於無窮遠																																																			
	1F~凸透鏡	否(虛像)	正立放大虛像	與物同側 物體的後方																																																		
透鏡種類	紅箭頭 (物體)位置	能否在屏幕上成像	成像性質	成像位置																																																		
凸透鏡	2F外																																																					
	2F上	能(實像)	倒立等大實像	與物不同側 2F上																																																		
	2F~1F																																																					
	1F上																																																					
	1F~凸透鏡																																																					
12	<p style="text-align: center;">物在2F上 透鏡上半部遮住成像性質</p>  <p>所成的像: 1. 2F上 2. 倒立 3. 等大 4. 實像</p>	<p style="text-align: center;">物在2F上 透鏡上半部遮住成像性質</p> 																																																				
	<p style="text-align: center;">一般傳統的圖文簡報, 一次呈現所有的教學訊息。</p>	<p style="text-align: center;">利用 AMA 系統中的動態表格功能製作「凸透鏡折射成像性質總整理表格」。</p>																																																				

3.4.2 前測卷

前測卷主要是想了解在教學實驗之前，學生對教材內容的熟悉程度，研究者依據實驗單元編製與修正，過程如下：

(一) 試題編修

研究者參考「康軒版」八年級自然與生活科技教科書課本、習作、教師手冊、多媒體光碟以及題庫光碟編製而成，完成試題共十六題。

1. 內容效度

本研究之試題透過雙向細目表來檢核其內容效度。

依據 Mayer 多媒體學習理論中，學習的目標有兩種：記憶 (remembering) 和理解 (understanding) 兩類 (Clark and Mayer 2011)，見下表 23。

表 23
多媒體學習目標

學習目標	定義	測驗方式
記憶 (remembering)	上過的教材內容牢記在心，具有再呈現與辨識教學內容的能力。	記憶測驗 (retention test)，測驗的題目與先前的教學內容幾乎相同，例如：默背出課程中所呈現的教材。
理解 (understanding)	上過教材之後可以進一步推廣到其他教材中未出現的部分，建立新的心智認知的過程，具有解決新問題的能力。	轉化測驗 (transfer test)，測驗的題目為教材內容進一步延伸，可將所學應用於教材中未出現過的狀況。

而根據「康軒版」八年級自然與生活科技教科書課本、習作、國中歷屆基本學力試題以及題庫光碟，解題的過程常用到的概念有：

- (1) 三條特殊光線基本做圖題：劃出三條特殊光線中的任兩條，即可以決定成像位置。
- (2) 成像的性質：像的放大或縮小、正立或倒立、實像或虛像、物移動時，像如何變化。

綜合上述，本研究的雙向細目表如下表 24:

表 24

雙向細目表

	題型 & 題號		總題數	百分比
	記憶	理解		
三條特殊光線基本作圖	12、13、 15	1、2、6、 7	7	43.75%
成像性質	8、10、11	3、4、5、 9、14、16	9	56.25%
總題數	6	10	16	100%
百分比	37.5%	62.5%	100%	

2. 專家效度

請指導教授以及四位教學年資 6 至 15 年之自然科教師審閱後，依所提供之建議，加以修正。

(二) 試題預試

本研究的前測卷與階段學習成就測驗卷皆為選擇題，若答對一題則可以得一分，若該題答錯則零分計算，總共十六題，滿分為十六分。試題編制完成之後，另找三個國中八年級常態編班的班級，學生共 88 人進行預試，在回收試卷中排除一些無效問卷(如生病未完成、亂猜、資源班學生)之後，有效回收試卷共 76 份，藉由此 76 份有效的試卷檢測試題的建構效度、信度、試題難度指標值、試題鑑別度指標值，說明如下：

1. 建構效度：

本研究以因素分析來考驗其建構效度(Construct Validity)。對於判別量變項是否進行因素分析，一個常為研究者採用的判斷指標為 Kaiser(1970；1974) 所提出的「取樣適當性量數」(Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy；簡稱 KMO 或 MSA)，KMO 值介於 0 至 1 之間，其值愈接近 1 時，表示變項的

相關性愈高，愈適合進行因素分析；其值愈接近 0 時，表示變項的相關愈低，愈不適合進行主成分分析（吳明隆 & 涂金堂 2006）。其判斷的準則如下表 25（吳明隆 2011）：

表 25

KMO 統計量值意義

KMO 統計量值 因素分析適合性	
.90 以上	極適合進行因素分析
.80 以上	適合進行因素分析
.70 以上	尚可進行因素分析
.60 以上	勉強可進行因素分析
.50 以上	不適合進行因素分析
.50 以下	非常不適合進行因素分析

由表 26 可見本研究階段成就測驗試題之 $KMO=.800$ ，指標統計量值 >0.8 ，呈現的性質為「適合進行因素分析」標準，表示變項間具有共同因素存在，且卡方值為 526.836 , $p=.000 < .05$ 達顯著，表示母群體的相關矩陣間有共同因素存在，故本份試卷適合進行因素分析。

表 26

預試 KMO 與 Bartlett 檢定

Kaiser-Meyer-Olkin 取樣適切性量數。	.800
Bartlett 的球形檢定	526.836
自由度	120
顯著性	.000

此外，反映像相關矩陣的對角線數值代表每一個變項「取樣適當性量數」(Measures of Sampling Adequacy；簡稱 MSA)，「取樣適當性量數」數值大小的右邊會加註「a」的標示。MSA 值類似 KMO 值，KMO 值愈接近 1，表示整體資料(整個量表)愈適合進行因素分析，而個別題項的 MSA 值愈接近 1，則表示此個別題項愈適

合投入於因素分析程序中，一般而言，如果個別題項的 MSA 值小於 .50，表示該題項（變項）不適合進行因素分析，而在進行因素時可考慮將之刪除（吳明隆 2011）。

表 27 為列有各題整理之後之 MSA 值，皆 >0.5 ，表示各題皆適合進行因素分析。

表 27 各題 MSA 值

題號	MSA
第一題	.751 ^a
第二題	.799
第三題	.921 ^a
第四題	.697 ^a
第五題	.793 ^a
第六題	.764 ^a
第七題	.773 ^a
第八題	.826 ^a
第九題	.777 ^a
第十題	.865 ^a
第十一題	.786 ^a
第十二題	.756 ^a
第十三題	.793 ^a
第十四題	.825 ^a
第十五題	.860 ^a
第十六題	.761 ^a

表 28 為每題的初始共同性以及以主成份分析法抽取主成分後的共同性。共同性愈低，表示該變項不適合投入主成份分析之中，共同性越高，表示該題項與其他題項可測量的共同特質愈多，也就是該題愈有影響力。採用主成份分析法抽取共同因素時，初步的共同性估計值均為 1（吳明隆 & 涂金堂 2006）。表 28 中各題項的共同性皆高於 0.2，因此所有題目皆保留。

表 28 共同性

題號	初始	萃取
第一題	1.000	.619
第二題	1.000	.647
第三題	1.000	.637
第四題	1.000	.757
第五題	1.000	.582
第六題	1.000	.353
第七題	1.000	.629
第八題	1.000	.660
第九題	1.000	.592
第十題	1.000	.785
第十一題	1.000	.659
第十二題	1.000	.781
第十三題	1.000	.643
第十四題	1.000	.551
第十五題	1.000	.612
第十六題	1.000	.569

萃取法：主成份分析。

2. 信度 (reliability):

信度的涵意即是經由多次複本測驗測量所得結果間的一致性或穩定性，或估計測量誤差有多少，以實際反映出真實量數程度的一種指標。而 Cronbach's Alpha 值是內部一致性之函數，也就是試題間相互關聯程度的函數(吳明隆 2011)。

在信度係數的接受度上面，因素層面的 Cronbach's Alpha 值最好在 .70 以上，如果是在 .60 以上勉強也可以接受。而總量表的 Cronbach's Alpha 值最好在 .80 以上，如果在 .90 以上則信度更佳(吳明隆 & 涂金堂 2006)。表 29 為本研究前測卷試題之可靠性統計量，其中 Cronbach's Alpha 值為 .890，表示此份試卷之內部一致性信度算好。

表 29

試題之可靠性統計量

以標準化項目為準的		項目的個數
Cronbach's Alpha值	Cronbach's Alpha值	
.890	.891	16

3. 試題難度指標值(item difficulty index):

當測驗分數是常態分布時，從成績最高分向下取總人數的 27% 為高分組，從最低分向上取總人數的 27% 為低分組(吳明隆 2011)。分別計算高分及低分組在每一試題的答對人數及百分比，再將兩組在每一試題的答對百分比相加除以 2，藉此計算出各題的難度指數(郭生玉 1995)，計算公式： $P = \frac{P_H + P_L}{2}$ ，其中 P：試題難度指標值； P_H ：高分組答對某題的百分比； P_L ：低分組答對某題的百分比。

試題難度指標值的數值介於 0 至 1 中間，難度數值越小者，表示試題愈困難(答對者愈少)；難度數值越大者，表示試題越簡單(答對者愈多)，當難度數值(P 值)接近.50 時，表示答對和答錯的學生各占一半，因而試題是難易適中，難度的數值如果小於.25，題目被認為相當困難；當難度的數值大於.75，題目被認為過於簡單，在一份良好的試題中，題目難度最好介於.20 至.80 之間，並有一個平均 P 值約.50。當所有其他的因素是均等的，所有的 P 值大約在.50 時，測驗的區別力會最大(陳李綱譯 民 89)。

下表 30 為本研究前測卷試題各題的難度(P)，每一題的難度皆介於.20 至.80 之間：

表 30 各題難度

題號	難度(P)
第一題	0.61
第二題	0.67
第三題	0.63
第四題	0.69
第五題	0.52
第六題	0.67
第七題	0.67
第八題	0.65
第九題	0.61
第十題	0.63
第十一題	0.63
第十二題	0.80
第十三題	0.70
第十四題	0.63
第十五題	0.65
第十六題	0.56

4. 試題鑑別度指標值(item discrimination index):

試題鑑別度指標值為高分組答對某題的百分比減去低分組答對某題的百分比所得之值，試題鑑別度指標值數值介於-1~1之間，數值為負值為不具鑑別度，相關試題應刪去，數值在.2以上即有參考價值(郭生玉 1995)，計算公式: $D = P_H - P_L$ ，其中 D：試題鑑別度指標值； P_H :高分組答對某題的百分比； P_L :低分組答對某題的百分比。

根據學者 Ebel 與 Frisbie(1991)及 Ebel(1979)的觀點，試題鑑別力的評鑑標準如下表 31(吳明隆 & 涂金堂 2006):

表 31
鑑別度指數

鑑別度指數	試題判斷標準
.40 以上	試題非常優良
.30 以上，未達.40	試題優良可用，可能需要細部修改
.20 以下，未達.30	試題尚可，可能要大幅修改
.20 以下	試題不佳，須淘汰或重新修改

下表 32 為本研究前測卷試題各題的鑑別度(D)，其中第十二題鑑別度=0.39，未達.40 以上，請教指導教授之後，完成細部修正，而其他的試題的鑑別度皆達.40 以上，表示試題的鑑別度非常優良，故所有試題皆保留。

表 32 各題鑑別度	
題號	鑑別度(D)
第一題	0.69
第二題	0.65
第三題	0.74
第四題	0.52
第五題	0.77
第六題	0.65
第七題	0.65
第八題	0.70
第九題	0.78
第十題	0.74
第十一題	0.65
第十二題	0.39
第十三題	0.61
第十四題	0.74
第十五題	0.70
第十六題	0.60

綜合上述，可以得到下表 33 結果：

表 33

各題難度與鑑別度統整表

題號	高分組答對率	低分組答對率	難度(P)	鑑別度(D)
第一題	0.95	0.26	0.61	0.69
第二題	1.00	0.35	0.67	0.65
第三題	1.00	0.26	0.63	0.74
第四題	0.95	0.43	0.69	0.52
第五題	0.90	0.13	0.52	0.77
第六題	1.00	0.35	0.67	0.65
第七題	1.00	0.35	0.67	0.65
第八題	1.00	0.30	0.65	0.70
第九題	1.00	0.22	0.61	0.78
第十題	1.00	0.26	0.63	0.74
第十一題	0.95	0.30	0.63	0.65
第十二題	1.00	0.61	0.80	0.39
第十三題	1.00	0.39	0.70	0.61
第十四題	1.00	0.26	0.63	0.74
第十五題	1.00	0.30	0.65	0.70
第十六題	0.86	0.26	0.56	0.60

3.4.3 階段學習成就測驗

(一) 後測卷

將上述的前測卷每一題的選項重新隨意編排之後，即為本研究的階段學習成就測驗後測卷(附件三)。受試學生上完教學實驗後立即以學習成就測驗後測卷施測，可收集到受試學生的學習成效。

(二) 延後測卷

將上述的前測卷每一題的選項再一次重新隨意編排，並確認選項與學習成就測驗後測卷的選項順序不同，即為本研究的延後測卷(附件四)，而延後測卷可以了解教學實驗的延續效果。

3.4.4 認知負荷量表

在第二章文獻中有提過四種測量認知負荷量的方法，本研究基於以下三點所以決定採用主觀衡量法：

(一) 於研究經費、測量儀器的可得性，所以本研究無法以儀器進行生理衡量法。

(二) 主觀衡量法較具信度、效度，敏感度也較生理衡量佳(Paas and Van Merriënboer 1994; Sweller, Van Merriënboer et al. 1998)。

(三) 認知負荷的測量方法，自 1990 年代後期以來，大致以七點量表或九點量表的「主觀測量法」為主(Paas, Tuovinen et al. 2003)。

本研究的認知負荷問卷題目總共有兩題，修改自(郭璟諭 2003)測量認知負荷的題目。兩題皆以李克特氏量表採七點量表，以 1 分～7 分來表示，由非常同意～非常不同意，兩題的得分之總和即為受試學生之認知負荷量，分數愈高表示認知負荷量愈高，認知負荷量的總得分最低為 2 分，最高為 14 分。實施方法為教學實驗後馬上請受試學生填寫，可藉此收集受試學生在教材感受與心智努力的直覺感受，題目敘述如下表 34：

表 34
認知負荷量表

	非常 同意	同 意	還 算 同 意	無 意 見	有 點 不 同 意	不 同 意	非 常 不 同 意
1. 我認為『凸透鏡折射成像』的內容在學習上很容易。	1	2	3	4	5	6	7
2. 我覺得我花了很多的心力，就能學會『凸透鏡折射成像』的內容。	1	2	3	4	5	6	7

3.5 資料分析方法

本研究採量化分析，所使用的資料分析方法包括：統計分析

軟體、Effect Size、學習效率、投入分數、綜合學習效率與投入分數，說明如下：

3.5.1 統計分析軟體

資料統計分析的工具為 Microsoft Excel 以及 PASW Statistics18，虛無假設的顯著水準 α 皆設為.05。本研究只有一組實驗組與一組對照組，為了檢驗此兩組的研究對象立足點是否一致，因此採用九年級上學期三次自然科定期評量之平均成績與前測成績，並利用 PASW Statistics18 進行獨立樣本 t 檢定；為比較實驗、對照兩組是否因教材設計不同，而產生顯著差異，階段學習成就測驗成績以及認知負荷量表，均採獨立樣本 t 檢定。

3.5.2 Effect Size

為了確認教學方式是否有效，Mayer 使用 Cohen's d 值來當作 Effect size，以互相比較兩組運用不同原則所設計的教材是否有差異，計算公式(1)如下(Mayer 2009)：

$$\text{Cohen's } d = \frac{M_1 - M_2}{\sigma_{pooled}} \quad (1)$$
$$(\sigma_{pooled} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}}); M_1 - M_2 = \text{實驗組平均} - \text{控制組平均}; \sigma = \text{標準差}$$

Effect Size 的值若小於.2 是小效果，若為.5 左右為中效果，如果值約為.8 為大效果，若值大於 1 則為是強效果。本研究將於透過獨立樣本 t 檢定確定該實驗為有效後，採用 Effect Size 來決定教學效果值大小(Mayer 2009)。

3.5.3 學習效率

雖然本研究利用獨立樣本 t 檢定與 effect size 對階段學習成就以及認知負荷量分別進行比較，但是階段學習成就高的學習者，不見得為高學習效率，舉例來說：有兩位學生同時進行學習，其階段學習成就相同，但兩位學生在學習的過程付出的心力卻不同，因此學習效率有差異性；或在學習的過程所付出的心力相同，

但兩者最後的階段學習成就卻不同，學習效率亦有不同。

有鑑於此，認知負荷理論學者 Paas 和 van Merriënboer 提出了視覺化的學習效率(Instructional Efficiency)公式及效率圖像(Efficiency Graph)處理上述現象，利用任務表現分數與認知負荷量透過平面坐標呈現學習者真正的學習效率(吳嘉惠 2011)。其方法如下：透過 PASW Statistics18 軟體將階段學習成就分數轉化成 Z 分數，作為學習效率圖上的縱座標，接著再利用相同的方法將認知負荷量分數轉化成 Z 分數，作為學習效率圖上的橫座標，即可利用此座標圖標示本實驗各組別的結果。計算公式(2)如下，學習效率圖如下圖 15：

$$E = \frac{Z_p - Z_c}{\sqrt{2}}$$

$$(Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}) \quad ; \quad Z_p = \text{學習成就表現 Z 分數} \quad ; \quad Z_c = \text{認知負荷 Z 分數}$$

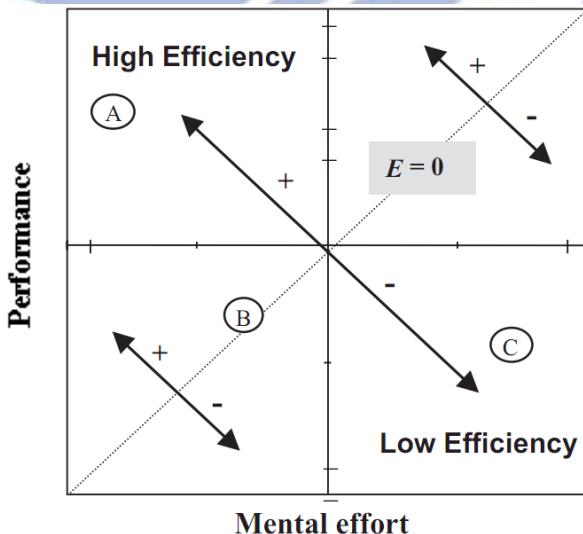


圖 14 學習效率圖

資料來源：Paas, Tuovinen et al. 2003

此圖可分成以下三種情況討論：

- (一) $Z_p = Z_c$ ，表一條 $Z_p = Z_c$ 的直線方程式即 $E=0$ ，表階段學習成就與認知負荷量達到相同。
- (二) 當 $Z_p > Z_c$ 時，表示坐標會落在左上區域 A 區，即學習者為高階段

學習成就且認知負荷量低，此為高學習效率（High-instructional Efficiency）。

(三) 當 $Z_p < Z_c$ 時，表示坐標會落在右下區域 C 區，即學習者為低階段學習成就且認知負荷量高，則為低學習效率（Low-instructional Efficiency）。

學者 Paas 和 van Merriënboer 認為這比只有單獨分析階段學習成就成績或認知負荷量，更能完整地表達出整體學習狀態(吳嘉惠 2011)，因此利用學習效率檢驗本研究。

3.5.4 投入分數

Paas 認為學習者的學習動機是影響學習很重要的因素，如果學習者在學習過程中有較強的學習動機，則自然而然會付出的心力較多，則學習成就表現會比較好(Paas, Tuovinen et al. 2005)，例如：如果學習內容對高先備知識的學習者而言，過於簡單或曾經學過且非常熟悉，那麼學習者將缺乏學習的動機，不願意盡心盡力學習；反之，如果學習內容對初學者而言，從未見過且對初學者而言具有新鮮感，則初學者會有較強烈的學習動機，願意盡心盡力付出心力學習，因此，基於動機、心智努力和表現為正相關的前提下，提出了以下的計算公式(3)及投入分數圖如下圖 16：

$$I = \frac{Z_p + Z_c}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

$(Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma})$; $Z_p = \text{學習成就表現 Z 分數}$; $Z_c = \text{認知負荷 Z 分數}$

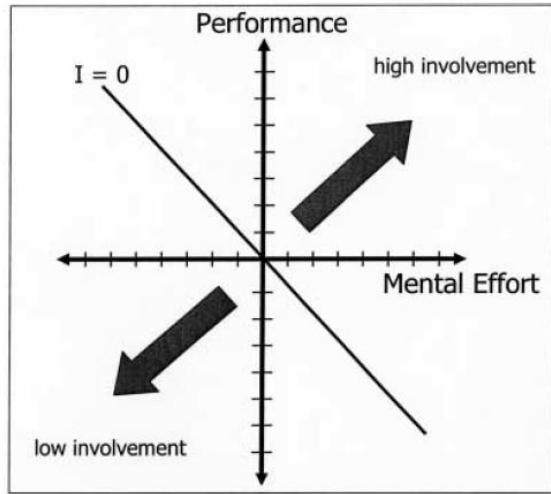


圖 15 教學投入分數圖

資料來源：(Paas, Tuovinen et al. 2005[31])

透過 PASW Statistics18 軟體將階段學習成就分數轉化成 Z 分數，作為投入分數圖上的縱座標，接著再利用相同的方法將認知負荷量分數轉化成 Z 分數，作為投入分數圖上的橫座標，即可利用此座標圖標示本實驗各組別的結果。

此圖可以分成以下兩種情況討論：

- (一) 坐標在 $I=0$ 右上方區塊時，表示為高投入(hight involvement)。
- (二) 坐標在 $I=0$ 左下區塊時，表示為低投入(low involvement)。

研究者藉此可以觀察出學習者在學習過程中所投入的心力。

3.5.5 綜合學習效率與投入分數

上述的學習效率圖與投入分數圖為相同的平面座標，因此可以將兩圖重疊，如圖 17，而 $I=0$ 和 $E=0$ 兩線互相垂直將平面分隔成四個區塊，如以 $I=0$ 為 Y 軸， $E=0$ 為 X 軸，則可以分成下列四種情況討論(Kalyuga 2009)：

- (一) 第一象限：高投入且高效率，為最佳情況。
- (二) 第二象限：低投入但高效率。
- (三) 第三象限：低投入且低效率，為最糟情況。
- (四) 第四象限：高投入但低效率。

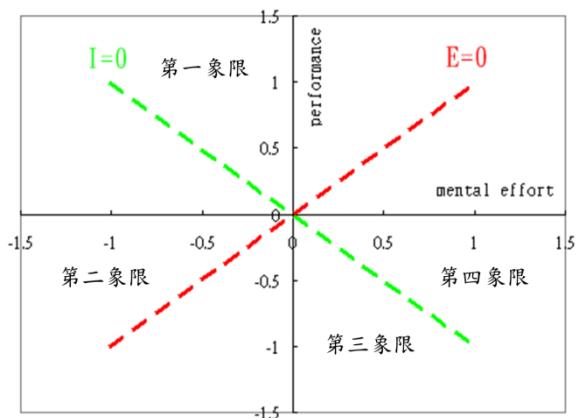


圖 16 學習效率與學習投入分數圖

資料來源：修改自 (Kalyuga 2009)



四、研究結果與討論

在教學實驗後，收集階段學習成就測驗及認知負荷問卷數據利用 Microsoft Excel 以及 PASW Statistics18 軟體加以分析。本章共分為五節，第一節為不同視覺注意力引導之教材對學生階段學習成就表現之影響；第二節為不同視覺注意力引導之教材對學生認知負荷之影響；第三節為經不同視覺注意力引導之教材教學後學生其後測成績與認知負荷分析；第四節為不同教材設計對學生延後測表現之影響；第五節為研究結果與分析。並將樣本區分為整體學生與不同自然學業成就學生等兩大部分進行分析。

4.1 不同教材設計對學生後測表現之影響

以下將樣本區分為整體學生、低自然學習成就學生、中自然學習成就學生三小節進行分析。

4.1.1 在整體學生後測方面

假設 1-1：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其階段學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-1 的虛無假設 H_01-1 ，敘述如下：

H_01-1 ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其階段學習成就表現沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組的學習成就表現成績，實驗組與對照組的人數分別為 43 人和 55 人，平均數分別為 8.84 和 7.22，標準差分別為 2.911 和 2.753，檢定資料如表 35。

表 35

整體學生後測獨立樣本 t 檢定組別統計量

	後測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	43	55
平均數	8.84	7.22
標準差	2.911	2.753
平均數的標準誤	.444	.371

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=.024$, 顯著性 = .878 > .05), 應接受虛無假設, 代表實驗組與對照組的變異數相等, 離散情形無明顯差別。由假設變異數相等, 其 t 值等於 2.82、自由度 = 96、顯著性(雙尾) = .006 < .05, 呈現考驗結果達顯著, 應拒絕虛無假設 $H01-1$, 接受對立假設 1-1, 因此整體受試學生兩組的後測成績有顯著差異, 且 t 值為正, 故實驗組平均分數顯著高於對照組平均分數, 而 Effect size 即 Cohen's $d=0.57$ 為中效果, 檢定資料如表 36。

表 36

整體學生後測獨立樣本 t 檢定

	後測		
		假設變異數	不假設變異
		相等	數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	.024	
	顯著性	.878	
平均數相等的 t 檢定	t	2.817	2.798
	自由度	96	87.870
	顯著性 (雙尾)	.006	.006
	平均差異	1.619	1.619
	標準誤差異	.575	.579
	差異的下界	.478	.469
	95% 信賴上界	2.760	2.769
	區間		

4.1.2 在低自然學習成就學生後測方面

假設 1-2：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其階段學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-2 的虛無假設 H_{01-2} ，敘述如下：

H_{01-2} ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其階段學習成就表現沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組的學習成就表現成績，實驗組與對照組的人數分別為 13 人和 18 人，平均數分別為 6.69 和 5.22 標準差分別為 2.323 和 2.130，檢定資料如表 37。

表 37

低自然學習成就學生後測獨立樣本 t 檢定組別統計量

	後測	
	實驗組	對照組
個數	13	18
平均數	6.69	5.22
標準差	2.323	2.130
平均數的標準誤	.644	.502

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準($F=.002$, 顯著性 $=.963 > .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 1.826、自由度 = 29、顯著性(雙尾) $=.078 > .05$ ，呈現考驗結果未達顯著，應接受虛無假設 H_{01-2} ，拒絕對立假設 1-2，因此低自然學習成就受試學生兩組後測成績沒有顯著差異，檢定資料如表 38。

表 38

低自然學習成就學生後測獨立樣本 t 檢定

			後測	
			假設變異數	不假設變異數相等
			相等	數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定		.002	
	顯著性		.963	
平均數相等的 t 檢定	t		1.826	1.800
	自由度		29	24.592
	顯著性（雙尾）		.078	.084
	平均差異		1.470	1.470
	標準誤差異		.805	.817
	差異的下界		-.176	-.214
	95% 信賴上界		3.117	3.154
	區間			

4.1.3 在中自然學習成就學生後測方面

假設 1-3：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其階段學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-3 的虛無假設 H_01-3 ，敘述如下：

H_01-3 ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其階段學習成就表現沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組的學習成就表現成績，實驗組與對照組的人數分別為 30 人和 37 人，平均數分別為 9.77 和 8.19，標準差分別為 2.661 和 2.504，檢定資料如表 39。

表 39

中自然學習成就學生後測獨立樣本 t 檢定組別統計量

	後測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	30	37
平均數	9.77	8.19
標準差	2.661	2.504
平均數的標準誤	.486	.412

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準($F=.104$, 顯著性 = $.748 > .05$), 應接受虛無假設, 代表實驗組與對照組的變異數相等, 離散情形無明顯差別。由假設變異數相等, 其 t 值等於 2.493、自由度 = 65、顯著性(雙尾) = $.015 < .05$, 呈現考驗結果達顯著, 應拒絕虛無假設 H_0 1-3, 接受對立假設 1-3, 因此中自然學習成就受試學生兩組後測成績有顯著差異, 且 t 值為正, 故實驗組平均分數顯著高於對照組平均分數, 而 Effect size 即 Cohen's d = 0.61 為中效果, 檢定資料如表 40。

表 40

中自然學習成就學生後測獨立樣本 t 檢定

		後測	
		假設變異數	不假設變異
		相等	數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	.104	
	顯著性	.748	
平均數相等的 t 檢定	t	2.493	2.477
	自由度	65	60.473
	顯著性(雙尾)	.015	.016
	平均差異	1.577	1.577
	標準誤差異	.633	.637
	差異的下界	.314	.304
	95% 信賴上界	2.841	2.851
	區間		

4.2 不同教材設計對學生認知負荷之影響

4.2.1 在整體學生的認知負荷方面

假設 2-1-1：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其困難度認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-1-1 的虛無假設 H_0 2-1-1，敘述如下：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其困難度認知負荷沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗整體兩組的困難度認知負荷，實驗組與對照組的人數分別為 43 人和 55 人，平均數分別為 3.07 和 3.84，標準差分別為 1.261 和 .898，檢定資料如表 41。

表 41

整體學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量

	困難度	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	43	55
平均數	3.07	3.84
標準差	1.261	.898
平均數的標準誤	.192	.121

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=6.321$ ，顯著性 = .014 < .05)，應拒絕虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數不相等，離散情形有明顯差別。由不假設變異數相等，其 t 值等於 -3.373、自由度 = 72.971、顯著性 (雙尾) = .001 < .05，呈現考驗結果達顯著，應拒絕虛無假設 H_0 2-1-1，接受對立假設 2-1-1，因此對整體學生的困難度認知負荷方面有顯著差異，且 t 值為負，故對照組困難

度負荷指數顯著高於實驗組，而 Effect size 即 Cohen's $d=-0.70$ ，檢定資料如表 42。

表 42
整體學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定

		困難度	
		假設變異數 相等	不假設變異 數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	6.321	
	顯著性	.014	
平均數相等的 t 檢定	t	-3.513	-3.373
	自由度	96	72.971
	顯著性 (雙尾)	.001	.001
	平均差異	-.767	-.767
	標準誤差異	.218	.227
	差異的下界	-1.200	-1.219
	95% 信賴上界	-.333	-.314
	區間		

假設 2-1-2：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其花費心力認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-1-2 的虛無假設 H_02-1-2 ，敘述如下：

H_02-1-2 ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其花費心力認知負荷沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗整體兩組的花費心力認知負荷，實驗組與對照組的人數分別為 43 人和 55 人，平均數分別為 3.35 和 3.98，標準差分別為 1.478 和 1.194，檢定資料如表 43。

表 43

整體學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量

	花費心力	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	43	55
平均數	3.35	3.98
標準差	1.478	1.194
平均數的標準誤	.225	.161

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=2.730$ ，顯著性 =.102 $> .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 -2.345、自由度 =96、顯著性(雙尾) =.021 $< .05$ ，呈現考驗結果達顯著，應拒絕虛無假設 H_0 2-1-2，接受對立假設 2-1-2，因此對整體學生的花費心力認知負荷方面有顯著差異，且 t 值為負，故對照組花費心力負荷指數顯著高於實驗組，檢定資料如表 44。

表 44

整體學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定

	花費心力		
	假設變異數		不假設變異
	相等	數相等	
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	2.730	
	顯著性	.102	
平均數相等的 t 檢定	t	-2.345	-2.285
	自由度	96	79.656
	顯著性(雙尾)	.021	.025
	平均差異	-.633	-.633
	標準誤差異	.270	.277
	差異的下界	-1.169	-1.184
	95% 信賴上界	-.097	-.082
	區間		

4.2.2 在低自然學習成就學生的認知負荷方面

假設 2-2-1：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其困難度認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-2-1 的虛無假設 H_02-2-1 ，敘述如下：

H_02-2-1 ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其困難度認知負荷沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗低自然學習成就學生兩組的困難度認知負荷，實驗組與對照組的人數分別為 13 人和 18 人，平均數分別為 3.31 和 4.11 標準差分別為 1.702 和 .963，檢定資料如表 45。

表 45

低自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量

	困難度	
	實驗組	對照組
組別		
個數	13	18
平均數	3.31	4.11
標準差	1.702	.963
平均數的標準誤	.472	.227

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=4.735$ ，顯著性 = .038 $< .05$)，應拒絕虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數不相等，離散情形有明顯差別。由不假設變異數相等，其 t 值等於 -1.534、自由度 = 17.532、顯著性(雙尾) = .143 $> .05$ ，呈現考驗結果未達顯著，應接受虛無假設 H_02-2-1 ，拒絕對立假設 2-2-1，因此對低自然學習成就學生的困難度認知負荷方面無顯著差異，檢定資料如表 46。

表 46

低自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定

		困難度	
		假設變異數 相等	不假設變異 數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	4.735	
	顯著性	.038	
平均數相等的 t 檢定	t	-1.672	-1.534
	自由度	29	17.532
	顯著性 (雙尾)	.105	.143
	平均差異	-.803	-.803
	標準誤差異	.481	.524
	差異的下界	-1.786	-1.906
	95% 信賴上界	.179	.299
	區間		

假設 2-2-2：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其花費心力認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-2-2 的虛無假設 H_0 2-2-2，敘述如下：

H_0 2-2-2：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其花費心力認知負荷沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗低自然學習成就學生兩組的花費心力認知負荷，實驗組與對照組的人數分別為 13 人和 18 人，平均數分別為 4.08 和 4.11 標準差分別為 1.605 和 1.278，檢定資料如表 47。

表 47

低自然學習成就學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量

	花費心力	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	13	18
平均數	4.08	4.11
標準差	1.605	1.278
平均數的標準誤	.445	.301

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=.643$ ，顯著性 = .429 $> .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 -.066、自由度 = 29、顯著性(雙尾) = .948 $> .05$ ，呈現考驗結果未達顯著，應接受虛無假設 H_0 ，拒絕對立假設 H_1 ，因此對低自然學習成就學生的花費心力認知負荷方面無顯著差異，檢定資料如表 48。

表 48

低自然學習成就學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定

	花費心力		
	假設變異數		不假設變異
	相等	數相等	
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	.643	
	顯著性	.429	
平均數相等的 t 檢定	t	-.066	-.064
	自由度	29	22.218
	顯著性(雙尾)	.948	.950
	平均差異	-.034	-.034
	標準誤差異	.518	.538
	差異的下界	-1.093	-1.148
	95% 信賴上界	1.025	1.080
	區間		

4.2.3 在中自然學習成就學生的認知負荷方面

假設 2-3-1：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其困難度認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-3-1 的虛無假設 H_0 2-3-1，敘述如下：

H_0 2-3-1：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其困難度認知負荷沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗中自然學習成就學生兩組的困難度認知負荷，實驗組與對照組的人數分別為 30 人和 37 人，平均數分別為 2.97 和 3.70 標準差分別為 1.033 和 .845，檢定資料如表 49。

表 49

中自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量

	困難度	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	30	37
平均數	2.97	3.70
標準差	1.033	.845
平均數的標準誤	.189	.139

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=2.321$ ，顯著性 = .132 $> .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 -3.208、自由度 = 65、顯著性 (雙尾) = .002 $< .05$ ，呈現考驗結果達顯著，應拒絕虛無假設 H_0 2-3-1，接受對立假設 2-3-1，因此對中自然學習成就學生的困難度認知負荷方面有顯著差異，且 t 值為負，故對照組困難度負荷指數顯著高於實驗組，而 Effect size 即 Cohen's

$d = -0.77$ ，檢定資料如表 50。

表 50

中自然學習成就學生困難度認知負荷獨立樣本 t 檢定

			困難度	
			假設變異數	不假設變異
			相等	數相等
變異數相等的	Levene 檢定	F 檢定	2.321	
		顯著性	.132	
平均數相等的	t 檢定	t	-3.208	-3.141
		自由度	65	55.783
		顯著性（雙尾）	.002	.003
		平均差異	-.736	-.736
		標準誤差異	.229	.234
		差異的下界	-1.194	-1.205
		95% 信賴上界	-.278	-.267
		區間		

假設 2-3-2：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其花費心力認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-3-2 的虛無假設 H_0 2-3-2，敘述如下：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其花費心力認知負荷沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗中自然學習成就學生兩組的花費心力認知負荷，實驗組與對照組的人數分別為 30 人和 37 人，平均數分別為 3.03 和 3.92 標準差分別為 1.326 和 1.164，檢定資料如表 51。

表 51

中自然學習成就學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定組別統計量

組別	花費心力	
	實驗組	對照組
	個數	平均數
個數	30	37
平均數	3.03	3.92
標準差	1.326	1.164
平均數的標準誤	.242	.191

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=.920$ ，顯著性 = .341 $> .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 -2.910、自由度 = 65、顯著性(雙尾) = .005 $< .05$ ，呈現考驗結果達顯著，應拒絕虛無假設 H_0 ，接受對立假設 H_1 ，因此對中自然學習成就學生的花費心力認知負荷方面有顯著差異，且 t 值為負，故對照組花費心力負荷指數顯著高於實驗組，檢定資料如表 52。

表 52

中自然學習成就學生花費心力認知負荷獨立樣本 t 檢定

	花費心力		
	假設變異數 相等	不假設變異 數相等	
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	.920	
	顯著性	.341	
平均數相等的 t 檢定	t	-2.910	-2.870
	自由度	65	58.244
	顯著性(雙尾)	.005	.006
	平均差異	-.886	-.886
	標準誤差異	.304	.309
	差異的下界	-1.493	-1.503
	95% 信賴上界	-.278	-.268
	區間		

4.3 不同教材設計教學後學生後測成績與認知負荷分析

Paas 等學者以「花費心力」與「困難度」兩項作為學習過程中認知負荷的評定之方法(Paas, van Merriënboer et al. 1994)，本研究以整體和學習成就中、低作為樣本區分，利用統計軟體分別將階段學習成就表現分數轉為 Z_p ，認知負荷量表中的「花費心力」分數轉為 Z_c ，並算出學習效率 E 以及投入分數 I 。

4.3.1 對整體學生而言

假設 3-1-1：

完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學整體學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-1-1 的虛無假設 H_03-1-1 ，敘述如下：

H_03-1-1 ：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學整體學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間沒有顯著相關。

假設 3-1-2：

完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學整體學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-1-2 的虛無假設 H_03-1-2 ，敘述如下：

H_03-1-2 ：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學整體學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間沒有顯著相關。

如表 53 所示，分析學習效率及投入分數，在學習效率部分：實驗組 > 對照組；在投入分數方面：實驗組 > 對照組。

從表 53 可得以下結論：

對整體學生而言

1. 實驗組：用「視覺注意力引導」動態數位教材授課其學生所投入

之心力較高，且學習效率較好。

2. 對照組：使用「一般傳統圖文簡報」授課其學生所投入之心力低，且學習效率較差。

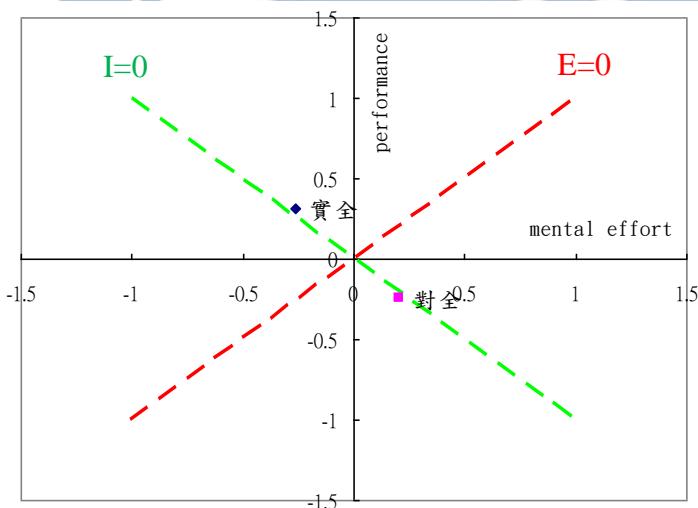
可見對整體學生而言，利用「視覺注意力引導」動態數位教材對國中九年級進行「凸透鏡折射成像」補救教學，比起「一般傳統圖文簡報」更能有效降低學習過程中的認知負荷，提升學習成效。

表 53
整體學生 學習效率與投入分數數值

組別	Zp (Y)	Zc (X)	E	I
對照組	-0.24	0.20	-0.32	-0.03
實驗組	0.31	-0.26	0.41	0.03

註： Zp ：學習成就 Z 分數， Zc ：花費心力認知負荷 Z 分數。

E ：學習效率， I ：投入分數



實全：實驗組整體學生；對全：對照組整體學生

圖 17 學習效率與投入分數圖（整體）

4.3.2 對不同學習成就之學生而言

(一) 對低學習成就學生而言

假設 3-2-1：

完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學低自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-2-1 的虛無假設 H_03-2-1 ，敘述如下：

H_03-2-1 ：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學低自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間沒有顯著相關。

假設 3-2-2：

完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學低自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-2-2 的虛無假設 H_03-2-2 ，敘述如下：

H_03-2-2 ：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學低自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間沒有顯著相關。

如表 54 所示，分析學習效率及投入分數，在學習效率部分：實驗組中成就 > 對照組中成就 > 實驗組低成就 > 對照組低成就；在投入分數方面：對照組中成就 > 實驗組中成就 > 實驗組低成就 > 對照組低成就。

從表 54 可得以下結論：

1. 實驗組：用「視覺注意力引導」動態數位教材授課其學生所投入之心力低，且學習效率差。
2. 對照組：使用「一般傳統圖文簡報」授課其學生所投入之心力低，且學習效率較差。

可見對低學習成就學生而言，不論是利用「視覺注意力引導」動態數位教材或「一般傳統圖文簡報」對國中九年級進行「凸透鏡折射成像」補救教學，皆無法降低學習過程中的認知負荷，也无法提升學習成效。

(二) 對中學習成就學生而言

假設 3-3-1：

完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學中自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-3-1 的虛無假設 H_03-3-1 ，敘述如下：

H_03-3-1 ：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學中自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間沒有顯著相關。

假設 3-3-2：

完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學中自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-3-2 的虛無假設 H_03-3-2 ，敘述如下：

H_03-3-2 ：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學中自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間沒有顯著相關。

如表 54 所示，分析學習效率及投入分數，在學習效率部分：實驗組中成就>對照組中成就>實驗組低成就>對照組低成就；在投入分數方面：對照組中成就>實驗組中成就>實驗組低成就>對照組低成就。

從表 54 可得以下結論：

1. 實驗組：用「視覺注意力引導」動態數位教材授課其學生所投入之心力較高，且學習效率較好。
2. 對照組：使用「一般傳統圖文簡報」授課其學生所投入之心力高，但學習效率較差。

可見對中學習成就學生而言，利用「視覺注意力引導」動態數位教材對國中九年級進行「凸透鏡折射成像」補救教學，比起「一般傳統圖文簡報」更能有效降低學習過程中的認知負荷，提升學習成效。

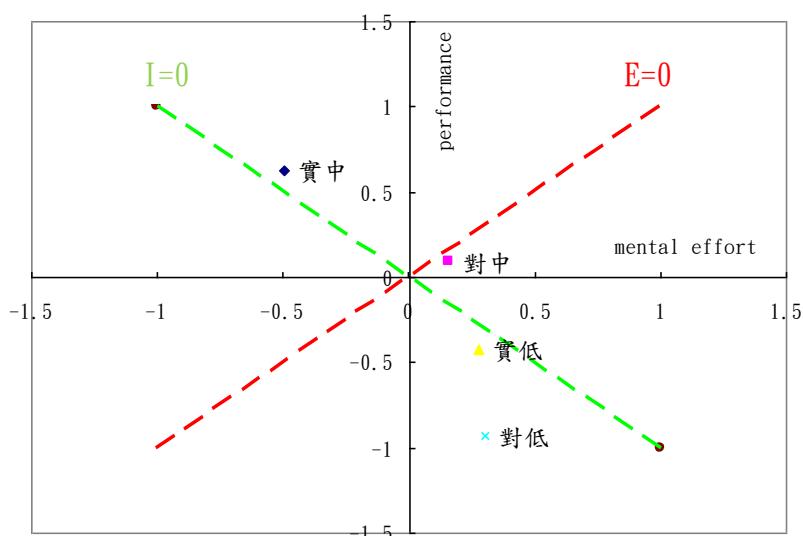
表 54

不同學習成就學生 學習效率與投入分數數值

組別	學習成就	$Zp (Y)$	$Zc (X)$	E	I
對照組	低成就	-0.93	0.30	-0.87	-0.44
	中成就	0.09	0.16	-0.05	0.18
實驗組	低成就	-0.42	0.27	-0.49	-0.10
	中成就	0.63	-0.49	0.79	0.10

註： Zp ：學習成就 Z 分數， Zc ：花費心力認知負荷 Z 分數。

E ：學習效率， I ：投入分數



實中：實驗組自然學習成就中等學生；對中：對照組自然學習成就中等學生
 實低：實驗組自然學習成就低落學生；對低：對照組自然學習成就低落學生
 圖 18 學習效率與投入分數圖（不同學習成就）

4.4 不同教材設計對學生延後測表現之影響

4.4.1 在整體學生延後測方面

假設 4-1：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其延後測表現有顯著差異。

考驗假設 4-1 的虛無假設 H_04-1 ，敘述如下：

H_04-1 ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的整體學生而言，其延後測表現沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組的延後測成績，實驗組與對照組的人數分別為 43 人和 55 人，平均數分別為 7.42 和 5.62，標準差分別為 2.547 和 2.329，檢定資料如表 55

表 55

整體學生延後測獨立樣本 t 檢定組別統計量

	延後測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	43	55
平均數	7.42	5.62
標準差	2.547	2.329
平均數的標準誤	.388	.314

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準 ($F=.094$, 顯著性 $=.760 > .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 3.644、自由度 = 96、顯著性 (雙尾) $=.000 < .05$ ，呈現考驗結果達顯著，應拒絕虛無假設 H_04-1 ，接受對立假設 4-1，因此整體受試學生兩組的延後測成績有顯著差異，且 t 值為正，故實驗組平均分數顯著高於對照組平均分數，而 Effect size 即 Cohen's $d=0.74$ 為中效果，檢定資料如表 56。

表 56

整體學生成延後測獨立樣本 t 檢定

		延後測	
		假設變異數 相等	不假設變異 數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	.094	
	顯著性	.760	
平均數相等的 t 檢定	t	3.644	3.604
	自由度	96	86.213
	顯著性 (雙尾)	.000	.001
	平均差異	1.800	1.800
	標準誤差異	.494	.500
	差異的下界	.820	.807
	95% 信賴上界	2.781	2.793
	區間		

4.4.2 在低自然學習成就學生延後測方面

假設 4-2：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其延後測表現有顯著差異。

考驗假設 4-2 的虛無假設 H_{04-2} ，敘述如下：

H_{04-2} ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的低自然學習成就學生而言，其延後測表現沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組的延後測成績，實驗組與對照組的人數分別為 13 人和 18 人，平均數分別為 5.00 和 4.28，標準差分別為 .467 和 4.484，檢定資料如表 57。

表 57

低自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定組別統計量

	延後測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	13	18
平均數	5.00	4.28
標準差	1.683	2.052
平均數的標準誤	.467	.484

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準($F=.914$ ，顯著性 $=.347 > .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 1.040、自由度=29、顯著性(雙尾) $=.307 > .05$ ，呈現考驗結果未達顯著，應接受虛無假設 H_04-2 ，拒絕對立假設 4-2，因此低自然學習成就受試學生兩組延後測成績沒有顯著差異，檢定資料如表 58。

表 58

低自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定

	延後測		
	變異數相等的 Levene 檢定	假設變異數	不假設變異
		相等	數相等
	F 檢定	.914	
	顯著性	.347	
平均數相等的 t 檢定	t	1.040	1.074
	自由度	29	28.451
	顯著性(雙尾)	.307	.292
	平均差異	.722	.722
	標準誤差異	.695	.672
	差異的下界	-.698	-.654
	95% 信賴上界	2.143	2.098
	區間		

4.4.3 在中自然學習成就學生延後測方面

假設 4-3：

「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其延後測表現有顯著差異。

考驗假設 4-3 的虛無假設 H_04-3 ，敘述如下：

H_04-3 ：「視覺注意力引導」動態數位教材以及「一般傳統圖文簡報」教材，不同的教材設計，對於需進行補救教學的中自然學習成就學生而言，其延後測表現沒有顯著差異。

利用獨立樣本 t 檢定來考驗兩組的學習成就表現成績，實驗組與對照組的人數分別為 30 人和 37 人，平均數分別為 8.47 和 6.27，標準差分別為 2.113 和 2.194，檢定資料如表 59。

表 59

中自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定組別統計量

	延後測	
	組別	
	實驗組	對照組
個數	30	37
平均數	8.47	6.27
標準差	2.113	2.194
平均數的標準誤	.386	.361

Levene 檢定的 F 值未達顯著水準($F=.467$, 顯著性 $=.497 > .05$)，應接受虛無假設，代表實驗組與對照組的變異數相等，離散情形無明顯差別。由假設變異數相等，其 t 值等於 4.142、自由度 $=65$ 、顯著性(雙尾) $=.000 < .05$ ，呈現考驗結果達顯著，應拒絕虛無假設 H_04-3 ，接受對立假設 4-3，因此中自然學習成就受試學生兩組延後測成績有顯著差異，且 t 值為正，故實驗組平均分數顯著高於對照組平均分數，而 Effect size 即 Cohen's $d=1.02$ 為強效果，檢定資料如表 60。

表 60

中自然學習成就學生延後測獨立樣本 t 檢定

		延後測	
		假設變異數	不假設變異數相等
		相等	數相等
變異數相等的 Levene 檢定	F 檢定	.467	
	顯著性	.497	
平均數相等的 t 檢定	t	4.142	4.159
	自由度	65	63.052
	顯著性 (雙尾)	.000	.000
	平均差異	2.196	2.196
	標準誤差異	.530	.528
	差異的下界	1.137	1.141
	95% 信賴上界	3.255	3.252
	區間		

4.5 研究結果與分析

4.5.1 學習成就部分

(一) 整體學生

表 61

整體學生人數、各項測驗平均數及標準差、effect size 摘要表

	分組	人數	平均數	標準差	effect size
上學期三次評量自然平均分數	實驗組	48	46.38	11.79	
	對照組	58	46.51	11.88	

(接下頁)

表 61(續)

前測總分	實驗組	43	5.47	1.76	
	對照組	55	5.07	1.75	
後測成績	實驗組	43	8.84	2.91	0.57
	對照組	55	7.22	2.75	
延後測成績	實驗組	43	7.42	2.55	0.74
	對照組	55	5.62	2.33	

(二) 低自然學習成就學生

表 62

低自然學習成就學生人數、各項測驗平均數及標準差、effect size 摘要表

	分組	人數	平均數	標準差	effect size
上學期三次評量自然平均分數	實驗組	16	32.81	4.60	
	對照組	18	32.48	4.48	
前測總分	實驗組	13	5.23	1.79	
	對照組	18	5.06	2.10	
後測成績	實驗組	13	6.69	2.32	
	對照組	18	5.22	2.13	
延後測成績	實驗組	13	5.00	1.68	
	對照組	18	4.28	2.05	

(三) 中自然學習成就學生

表 63

中自然學習成就學生人數、各項測驗平均數及標準差、effect size 摘要表

	分組	人數	平均數	標準差	effect size
上學期三次評量自然平均分數	實驗組	32	53.16	7.61	
	對照組	40	52.83	8.10	
前測總分	實驗組	30	5.57	1.78	
	對照組	37	5.08	1.59	
後測成績	實驗組	30	9.77	2.66	0.61
	對照組	37	8.19	2.50	
延後測成績	實驗組	30	8.47	2.11	1.02
	對照組	37	6.27	2.19	

4.5.2 認知負荷量表部分

(一) 整體學生

表 64

整體學生認知負荷量表

認知負荷面相	分組	人數	平均數	標準差
困難度	實驗組	43	3.07	1.26
	對照組	55	3.84	.90
花費心力	實驗組	43	3.35	1.48
	對照組	55	3.98	1.19

(二) 低自然學習成就學生

表 65

低自然學習成就學生認知負荷量表

認知負荷面相	分組	人數	平均數	標準差
困難度	實驗組	13	3.31	1.70
	對照組	18	4.11	.96
花費心力	實驗組	13	4.08	1.60
	對照組	18	4.11	1.28

(三) 中自然學習成就學生

表 66

中自然學習成就學生認知負荷量表

認知負荷面相	分組	人數	平均數	標準差
困難度	實驗組	30	2.97	1.03
	對照組	37	3.70	.85
花費心力	實驗組	30	3.03	1.33
	對照組	37	3.92	1.16

4.5.3 簡化統整研究結果

利用以下的代號簡化統整研究結果於下表 67、表 68 及表 69 中：

(一) 「一般」：代表對照組「一般傳統圖文簡報」。

(二) 「視覺」：代表實驗組「視覺注意力引導」動態數位教材。

表 67

後測成績 研究結果摘要表

面向	全體	低成就	中成就
後測成績	視覺 > 一般	未達顯著	視覺 > 一般

表 68

認知負荷 研究結果摘要表

面向	全體	低成就	中成就
困難度	視覺 < 一般	未達顯著	視覺 < 一般
花費心力	視覺 < 一般	未達顯著	視覺 < 一般

表 69

延後測成績 研究結果摘要表

面向	全體	低成就	中成就
延後測成績	視覺 > 一般	未達顯著	視覺 > 一般

4.5.4 分析結果摘要表

(一) 階段學習成就部分

表 70

階段學習成就分析結果摘要表

研究假設	結論
假設 1-1：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，對整體學生的階段學習成就表現有顯著差異。	有差異性且實驗組表現優於對照組
假設 1-2：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，對低自然學習成就學生的階段學習成就表現有顯著差異。	無差異性
假設 1-3：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，對中自然學習成就學生的階段學習成就表現有顯著差異。	有差異性且實驗組表現優於對照組

(二) 認知負荷量部分

表 71

認知負荷量結果摘要表

研究假設	結論
假設 2-1-1：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，對整體學生的困難度認知負荷方面有顯著差異。	有差異性且實驗組認知負荷量小於對照組。
假設 2-2-1：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，對低自然學習成就學生的困難度認知負荷方面有顯著差異。	無差異性
假設 2-3-1：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，對中自然學習成就學生的困難度認知負荷方面有顯著差異。	有差異性且實驗組認知負荷量小於對照組。



(三) 階段學習成就與認知負荷部分

表 72

階段學習成就與認知負荷結果摘要表

研究假設	結論
假設 3-1-1：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學整體學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。	投入之心力較高，且學習效率較好。
假設 3-1-2：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學整體學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。	投入之心力低，且學習效率較差。
假設 3-2-1：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學低自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。	投入之心力低，且學習效率差。
假設 3-2-2：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學低自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。	投入之心力低，且學習效率較差。
假設 3-3-1：完成「視覺注意力引導」動態數位教材之補救教學中自然學習成就學生(實驗組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。	所投入之心力較高，且學習效率較好。
假設 3-3-2：完成「一般傳統圖文簡報」教材之補救教學中自然學習成就學生(對照組)，其階段學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。	投入之心力高，但學習效率較差。

(四) 延後測部分

表 73

延後測分析結果摘要表

研究假設	結論
假設 4-1：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，有差異性且實驗組表現應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，優於對照組對整體學生的延後測表現有顯著差異。	
假設 4-2：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，無差異性應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，對低自然學習成就學生的延後測表現有顯著差異。	
假設 4-3：以「不同的視覺注意力引導」教材設計，有差異性且實驗組表現應用於國中九年級「凸透鏡折射成像」補救教學，優於對照組對中自然學習成就學生的延後測表現有顯著差異。	



五、結論與建議

本研究針對國中九年級自然科「凸透鏡折射成像」進行教材設計，並分別以「視覺注意力引導」以及「一般傳統圖文教材」、所設計之多媒體教材運用於第八節輔導課補救教學下，對學生的階段學習成效及認知負荷進行探討，此外，本研究亦以「不同自然學習成就」作為樣本區隔進而探討。以下根據研究結果與分析，歸納出結論與建議以作為未來研究之參考。

5.1 研究結論

根據第四章第五節研究結果與分析，可知分別將「視覺注意力引導」以及「一般傳統圖文簡報」所製作出來的「凸透鏡折射成像」多媒體教材，運用在國中九年級第八節輔導課補救教學，可得以下結論：

- (一) 對於整體學生而言，兩組的後測成績有顯著差異。運用「視覺注意力引導」設計之動態數位教材授課，受試學生學習成效顯著優於使用「一般傳統圖文簡報」設計之教材。
- (二) 對於低自然學習成就學生而言，兩組的後測成績無顯著差異。
- (三) 對於中自然學習成就學生而言，兩組的後測成績有顯著差異。運用「視覺注意力引導」設計之動態數位教材授課，受試學生學習成效顯著優於使用「一般傳統圖文簡報」設計之教材。
- (四) 對於整體學生而言，兩組的認知負荷量有顯著差異。運用「視覺注意力引導」設計之動態數位教材授課，受試學生認知負荷量顯著低於使用「一般傳統圖文簡報」設計之教材。
- (五) 對於低自然學習成就學生而言，兩組的認知負荷量無顯著差異。
- (六) 對於中自然學習成就學生而言，兩組的認知負荷量有顯著差異。運用「視覺注意力引導」設計之動態數位教材授課，受試學生認知負荷量顯著低於使用「一般傳統圖文簡報」設計之教材。

(七) 對於利用「視覺注意力引導」動態數位教材授課之整體學生而言，其後測成績與認知負荷量之間存在相關：所投入之心力較高，且學習效率較好。

(八) 對於利用「一般傳統圖文簡報」教材授課之整體學生而言，其後測成績與認知負荷量之間存在相關：所投入之心力低，且學習效率差。

(九) 對於利用「視覺注意力引導」動態數位教材授課之低自然學習成就學生而言，其後測成績與認知負荷量之間存在相關：所投入之心力低，且學習效率差。

(十) 對於利用「一般傳統圖文簡報」教材授課之低自然學習成就學生而言，其後測成績與認知負荷量之間存在相關：所投入之心力低，且學習效率差。

(十一) 對於利用「視覺注意力引導」動態數位教材授課之中自然學習成就學生而言，其後測成績與認知負荷量之間存在相關：所投入之心力較高，且學習效率較好。

(十二) 對於利用「一般傳統圖文簡報」教材授課之中自然學習成就學生而言，其後測成績與認知負荷量之間存在相關：所投入之心力高，但學習效率差。

(十三) 對於整體學生而言，兩組的延後測成績均比前測成績衰退，但有顯著差異。運用「視覺注意力引導」設計之動態數位教材授課，受試學生延後測成績顯著優於使用「一般傳統圖文簡報」設計之教材，可使整體學生學習更具延續性。

(十四) 對於低自然學習成就學生而言，兩組的延後測成績均比前測成績衰退，且無顯著差異。

(十五) 對於中自然學習成就學生而言，兩組的延後測成績均比前測成績衰退，但有顯著差異。運用「視覺注意力引導」設計之動態數位教材授課，受試學生延後測成績顯著優於使用「一般傳統圖文簡報」設計之教材，可使中自然學習成就學生學習更具延續性。

5.2 檢討與建議

本節依據實驗所呈現的結果提出檢討，並對未來的研究方向提出建議。

5.2.1 對於教學之建議

根據本研究結果，建議於進行國中九年級「凸透鏡折射成像」之補救教學時：

(一) 針對需補救教學的全體學生授課時：

建議適度地利用「視覺注意力引導」設計動態數位教材，如此一來可有效降低學生學習過程的認知負荷且可以有效地提升學習成效；此外，較不建議採用「一般傳統圖文簡報」設計之教材，其認知負荷量較高且學習成效較差。

(二) 針對需補救教學裡低自然學業成就之學生授課時：

不論採用「視覺注意力引導」所設計之動態數位教材或「一般傳統圖文簡報」所設計之教材，不論是學習成效或認知負荷皆無顯著差異，建議教學者採用其他教學法，如一對一教學，或採用輔導的方式，先了解學生的內心的想法，再決定教學策略。

(三) 針對需補救教學裡中自然學業成就之學生授課時：

建議與需補救教學的全體學生授課時採用同樣之策略。

5.2.2 對於未來研究之建議

由本實驗的過程及結果，提出未來相關研究之建議：

(一) 本教學實驗授課教師為同一人，為控制變項，所以進行教學實驗的班級數僅限於四班，實驗人數明顯不足，再加上將樣本依照自然科學習成就作區隔為中自然學習成就以及低自然學習成就後，各組樣本數更少，因此建議未來擴大樣本數進行實驗。

(二) 本研究僅設計選擇題施測，建議未來可將題型增設做圖題，並分段

配分，更可以直接觀察到學生的學習成效。

- (三) 本研究利用「突現刺激」吸引學生注意力，並未探討注意力與眼動的關聯，建議未來可以利用眼動儀進一步探討「突現刺激」所產生的注意力與眼動之間的關係。
- (四) 本研究的認知負荷量表雖多人使用，但是題目僅有兩題，建議未來可以往發展認知負荷量表的方向繼續做研究。
- (五) 可將本研究「視覺注意力引導」多媒體教材製作的觀念製作其它較複雜不易理解的單元，如：面鏡反射成像、鋅銅電池、電解、電鍍等單元，並進行施測，討論對於學習成效與認知負荷的影響。



参考文献

Anderson, C. W. and E. L. Smith (1986). "Children's Conceptions of Light and Color: Understanding the Role of Unseen Rays. Research Series No. 166."

Atkinson, C. and R. E. Mayer (2004). "Five ways to reduce PowerPoint overload." Creative Commons.

Baddeley, A. (1992). "Working memory." Science **255**(5044): 556-559.

Bartsch, R. A. and K. M. Cobern (2003). "Effectiveness of PowerPoint presentations in lectures." Computers & Education **41**(1): 77-86.

Broadbent, D. E. (1957). "A mechanical model for human attention and immediate memory." Psychological review **64**(3): 205-215.

Brunkin, R., J. L. Plass, et al. (2003). "Direct measurement of cognitive load in multimedia learning." Educational psychologist **38**(1): 53-61.

Chen, M. J., H. M. Wu, et al. (2008). "Making PowerPoint More Effective: A Test on Trigger-based Animation." 2nd International Cognitive Load Theory Conference, Wollongong, Australia.

Clark, J. M. and A. Paivio (1991). "Dual coding theory and education." Educational psychology review **3**(3): 149-210.

Clark, R. C. and R. E. Mayer (2011). E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning, Pfeiffer.

Clark, R. C., F. Nguyen, et al. (2006). Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load, Pfeiffer.

Das, J. P., J. A. Naglieri, et al. (1994). Assessment of cognitive processes: The PASS theory of intelligence, Allyn

& Bacon.

Dexter, S. L., R. E. Anderson, et al. (1999). "Teachers' views of computers as catalysts for changes in their teaching practice." Journal of Research on Computing in Education 31: 221-239.

Eaton, J. F., C. W. Anderson, et al. (1984). "Students' misconceptions interfere with science learning: Case studies of fifth-grade students." The Elementary School Journal 84(4): 365-379.

Feher, E. and K. Rice (1987). "Pinhole and images: Children's conceptions of light and vision." Science Education 71: 629-667.

Fetherstonhaugh, A. (1990). "Misconceptions and light: A curriculum approach." Research in Science Education 20(1): 105-113.

Fetherstonhaugh, T. and D. F. Treagust (1992). "Students' understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change." Science Education 76(6): 653-672.

Galili, I. (1996). "Students' conceptual change in geometrical optics." International Journal of Science Education 18(7): 847-868.

Galili, I., S. Bendall, et al. (1993). "The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation." Journal of Research in Science Teaching 30(3): 271-301.

Gerjets, P. and K. Scheiter (2003). "Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from hypertext-based instruction." Educational psychologist 38(1): 33-41.

Goldberg, F. M. and L. C. McDermott (1983). "Not all the wrong answer give misconception: Example from interview on geometrical optics." (ERIC Document Reproduction Service No. ED242553)

Kahneman, D. (1973). "Attention and effort."

Kalyuga, S. (2009). Managing cognitive load in adaptive multimedia learning, Information Science Reference.

Kettanurak, V. N., K. Ramamurthy, et al. (2001). "User attitude as a mediator of learning performance improvement in an interactive multimedia environment: an empirical investigation of the degree of interactivity and learning styles* 1." International journal of human-computer studies **54**(4): 541-583.

Mayer, R. E. (2001). Multimedia Learning. New York, Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2005). The Cambridge handbook of multimedia learning, Cambridge Univ Pr.

Mayer, R. E. (2009). "Multimedia learning (2nd ed.)." Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E., J. Heiser, et al. (2001). "Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding." Journal of educational psychology **93**(1): 187.

Mayer, R. E. and R. Moreno (2003). "Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning." Educational psychologist **38**(1): 43-52.

Miller, G. A. (1956). "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information." Psychological review **63**(2): 81.

Paas, F., J. E. Tuovinen, et al. (2003). "Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory." Educational psychologist **38**(1): 63-71.

Paas, F., J. E. Tuovinen, et al. (2005). "A motivational perspective on the relation between mental effort and performance: Optimizing learner involvement in instruction." Educational Technology Research and Development **53**(3): 25-34.

Paas, F., J. van Merriënboer, et al. (1994). "Measurement of cognitive load in instructional research." Perceptual and motor skills **79**(1): 419-430.

Paas, F. G. (1992). "Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach." Journal of educational psychology **84**(4): 429.

Paas, F. G. W. C. and J. J. G. Van Merriënboer (1994). "Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach." Journal of educational psychology **86**(1): 122.

Renkl, A. and R. K. Atkinson (2003). "Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective." Educational psychologist **38**(1): 15-22.

Rieber, L. P. (1996). "Animation as a Distractor to Learning." International Journal of Instructional Media **23**(1): 53-57.

Sankey, M. (2003). Visual and multiple representation in learning materials: an issue of literacy, Citeseer.

Saxena, A. (1991). "The understanding of the properties of light by students in India." International Journal of Science Education **13**(3): 283-289.

Sweller, J. (1989). "Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science." Journal of educational psychology **81**(4): 457.

Sweller, J. (1994). "Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design." Learning and instruction **4**(4): 295-312.

Sweller, J. (2004). "Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture." Instructional Science **32**(1): 9-31.

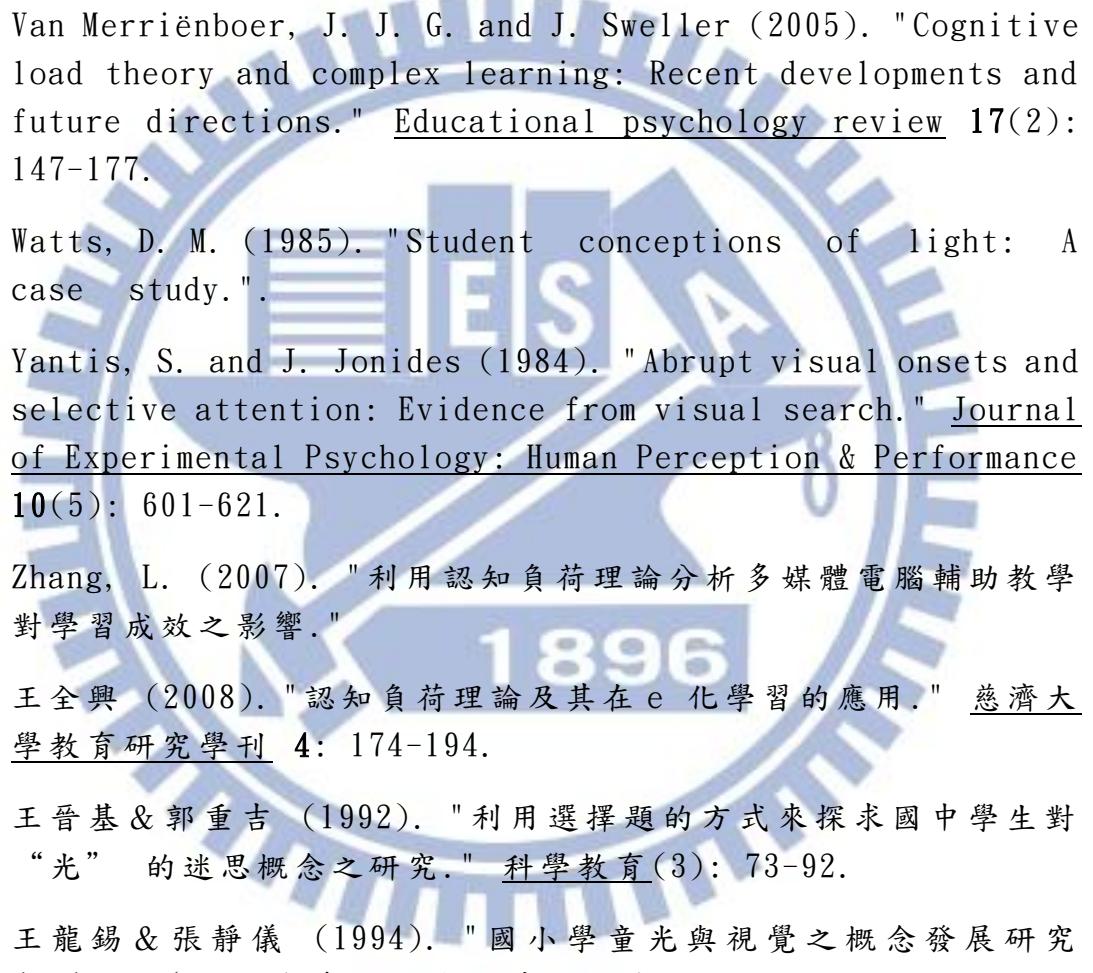
Sweller, J. (2010). "Element interactivity and intrinsic,

extraneous, and germane cognitive load." Educational psychology review 22(2): 123-138.

Sweller, J., J. J. G. Van Merriënboer, et al. (1998). "Cognitive architecture and instructional design." Educational psychology review 10(3): 251-296.

Treicher, D. (1967). Are you missing the boat in training aids? Audio-visual communications, New York: United Business Publications.

Van Merriënboer, J. J. G. and J. Sweller (2005). "Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions." Educational psychology review 17(2): 147-177.

Watts, D. M. (1985). "Student conceptions of light: A case study.". 

Yantis, S. and J. Jonides (1984). "Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search." Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance 10(5): 601-621.

Zhang, L. (2007). "利用認知負荷理論分析多媒體電腦輔助教學對學習成效之影響."

王全興 (2008). "認知負荷理論及其在e化學習的應用." 慈濟大學教育研究學刊 4: 174-194.

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.

王龍錫&張靜儀 (1994). "國小學童光與視覺之概念發展研究(二)." (國科會專題研究計畫成果報告編號：NSC83-01 1 1-S153-001N) 台北：中華民國行政院國家科學委員會。

古智雄 (1992). 凸透鏡成像迷思概念的詮釋系統研究. 物理研究所. 台北市, 國立臺灣師範大學. 碩士: 242.

朱敬先 (2002). "教育心理學(第二版)." 台北: 五南.

江文雄 (2003). 國小高年級學童光迷思概念之研究. 自然科學教育學系碩士班. 台中市, 臺中師範學院. 碩士: 128.

何嘉峻 (2003). 國二、國三不同性別學生光學迷思概念的研究. 科學教育研究所. 嘉義市, 國立嘉義大學. 碩士: 123.

何榮桂 (2002). "台灣資訊教育的現況與發展—兼論資訊科技融入教學." 資訊與教育雜誌 87: 22-48.

余鳳庭 (2009). 多媒體呈現方式與注意力對國小學童學習成效之影響--以環保議題為例. 技術及職業教育研究所. 屏東縣, 屏東科技大學. 碩士: 164.

吳明隆 (2011). "SPSS 統計應用學習實務: 問卷分析與統計應用." 易習圖書: 8-2.

吳明隆 & 涂金堂 (2006). "SPSS 與統計應用分析." 五南圖書出版股份有限公司.

吳嘉惠 (2011). 視覺引導在代數教材設計之探討—以解二元一次聯立方程式為例. 理學院科技與數位學習學程. 新竹市, 國立交通大學. 碩士: 184.

宋淑慧 (1992). "多向度注意力測驗編製之研究." 未出版之碩士論文, 彰化市, 國立彰化師範大學特殊教育研究所.

宋曜廷 (2000). 先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響, 國立台灣師範大學教育心理與輔導學系博士論文, 未出版, 台北.

李玉琇 & 蔣文祁 (2009). "Robert J." 認知心理學 (Cognitive Psychology (3E)), 湯姆生公司, 2005 年 6 月.

杜正治 (1993). "補救教學的實施." 刊於李永吟 (民 82). 學習輔導: 學習心理學的應用. 台北市: 心理.

汪寶明 (2004). "資訊科技融入國民小學自然與生活科技課程成效之研究." 生活科技教育 37(1): 36-56.

邱美虹 (2000). "概念改變研究的省思與啟示." 科學教育學刊, 第八卷第一期: 1-34.

唐明 (2002). 國小五年級學童光概念及相關迷思概念之研究. 科學教育研究所. 台北市, 臺北市立師範學院. 碩士: 131.

高廣孚 (1997). 教學原理, 五南圖書出版公司.

張春興 (1989). "張氏心理學辭典, 東華書局."

張春興 (1996). 教育心理學. 台北市, 東華.

張新仁 (2000). "補救教學面面觀." 論文發表於義務教育階段補救教學系統研究與實務研討會. 國立高雄師範大學特殊教育中心, 高雄市.

張新仁 (2001). "實施補救教學之課程與教學設計." Educational Review 17: 85-106.

張新仁、邱上真、李素慧 (民 88). "國中學習困難學生之補救教學方案研究." 行政院國家科學委員會專題 研究成果報告 (NSC 88-2614-H-017-011).

張霄亭譯。Heinich, M., Russell, & Smaldino 著 (2002). "教學媒體與學習科技." 臺北市：雙葉.

教育部 (2008). 中小學資訊教育白皮書.

許榮富 & 洪振方 (1993). 凸透鏡成像理解的心智表徵及潛在特質分析, 科學教育學刊.

郭生玉 (1995). "心理與教育測驗." 台北縣：精華書局.

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

陳李綱譯 (民 89). "教育測驗與評量." 台北：五南圖書公司.

陳昌宏 (2002). 應用模擬動畫對高中學生物理學習之成效研究. 物理學系. 高雄市, 國立高雄師範大學. 碩士: 134.

陳明璋 (2006). "數學簡報系統-一個克服數位落差之教師專業發展環境." 第十屆全球華人計算機教育應用大會 (GCCCE200). 北京: 清華大學 200.

陳明璋 (2008). "一個以授課為導向之數位教材設計及展演環境-Activate Mind Attention (AMA)系統." 國民教育月刊 48:6: 頁 57-63.

陳俊昌 (2006). 多媒體對中、低成就國中生補救教學之研究 — 以「透鏡成像」為例. 科學教育研究所. 嘉義市, 國立嘉義大學. 碩士.

陳密桃 (2003). "認知負荷理論及其對教學的啟示."

陳彙芳 & 范懿文 (2000). 認知負荷對多媒體電腦輔助學習成效之

影響研究，資訊管理研究。

彭聃齡 & 張必隱 (2000). "認知心理學." 台北：東華.

黃木蘭 (2000). "換個方式做做看-談補救教學的改進之道." 師友 397(頁 10-14).

黃淑苓 (1999). "補救教學之設計與實施." 論文發表於學習落後學生的補救教學與輔導研討會. 國立中興大學教育學程中心，台中市：頁 53-67.

詩永 (1997). "提高學習興趣是重點." 師說 112: 頁 14-15.

歐思慧 (1992). "國中補救教學." 諮商與輔導 75: 頁 35.

鄭昭明 (2004). "認知心理學：理論與實踐." 台北縣：桂冠.

蕭倍如 (2005). 台中縣中小學學生對於光學迷思概念之研究.
自然科學教育學系碩士班. 台中市，臺中師範學院. 碩士：166.

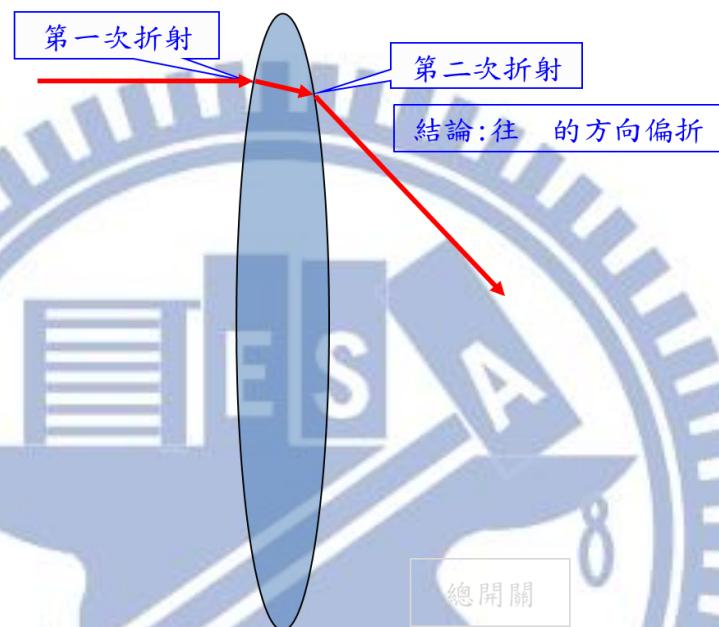
謝東育 (2009). "激發式動態呈現教學設計之研究-以代數為例."

鍾聖校 (1990). "認知心理學."

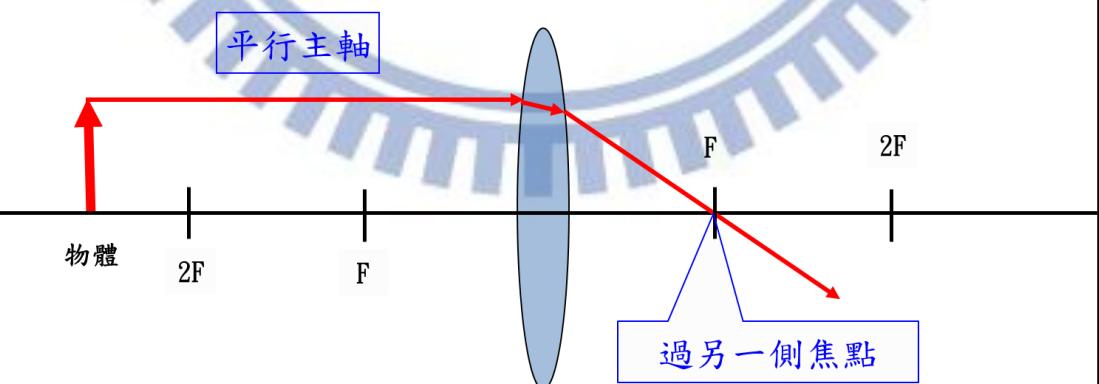
竇一龍 (2002). "高一學生凸透鏡折射成像另有架構類型與成因."

1896

雷射光由空氣射入雙凸透鏡再射入空氣



光學折射成像的三條特殊光線：第一條

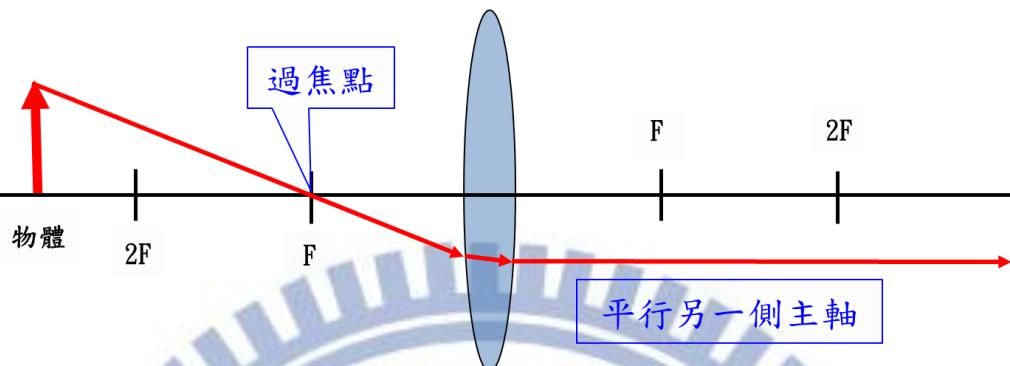


第一條：平行 過另一側

總開關

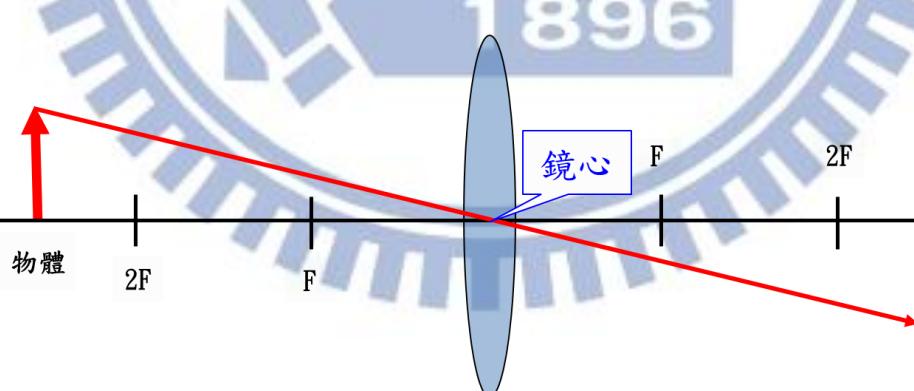
2

光學折射成像的三條特殊光線：第二條



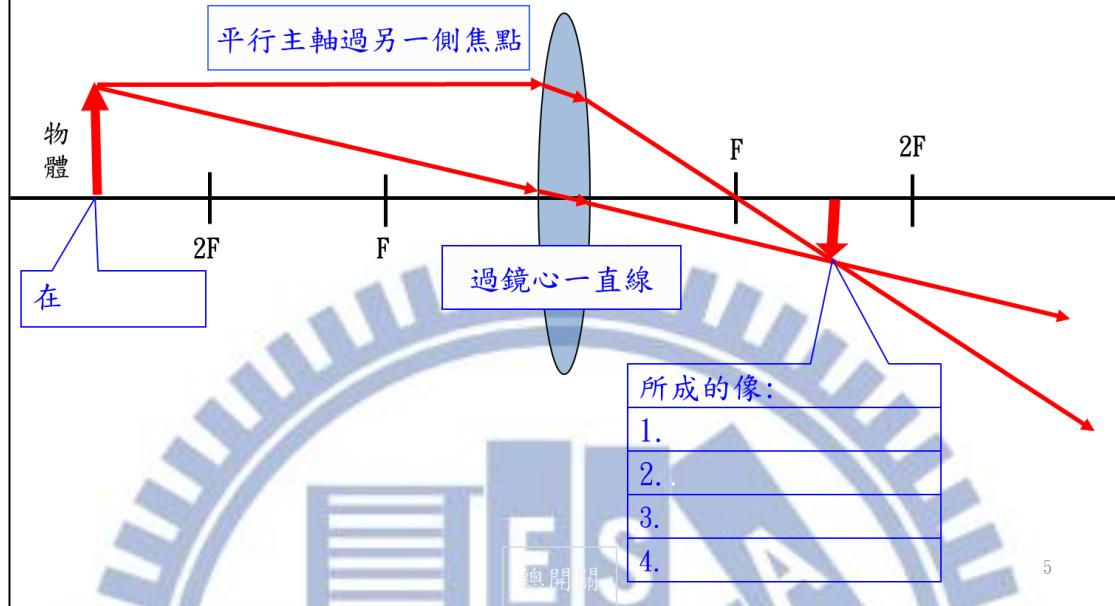
3

光學折射成像的三條特殊光線：第三條

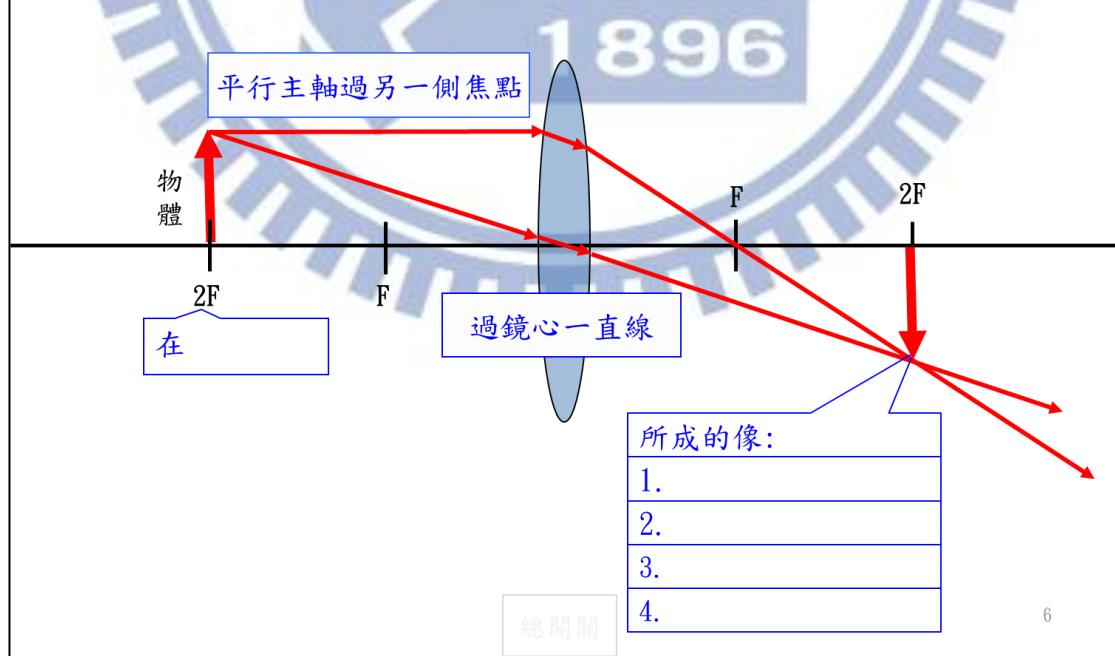


4

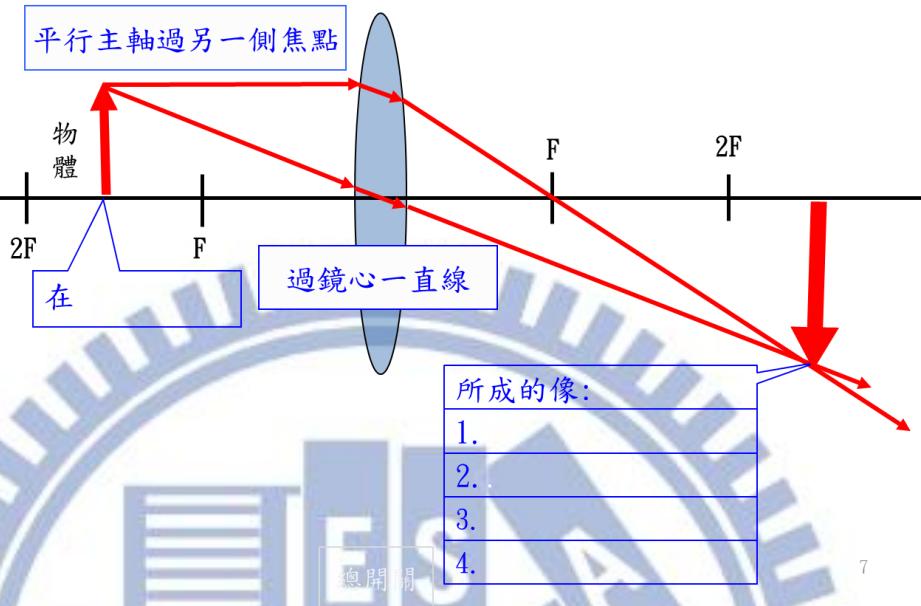
物在 $2F$ 外 利用兩條特殊光線決定成像性質



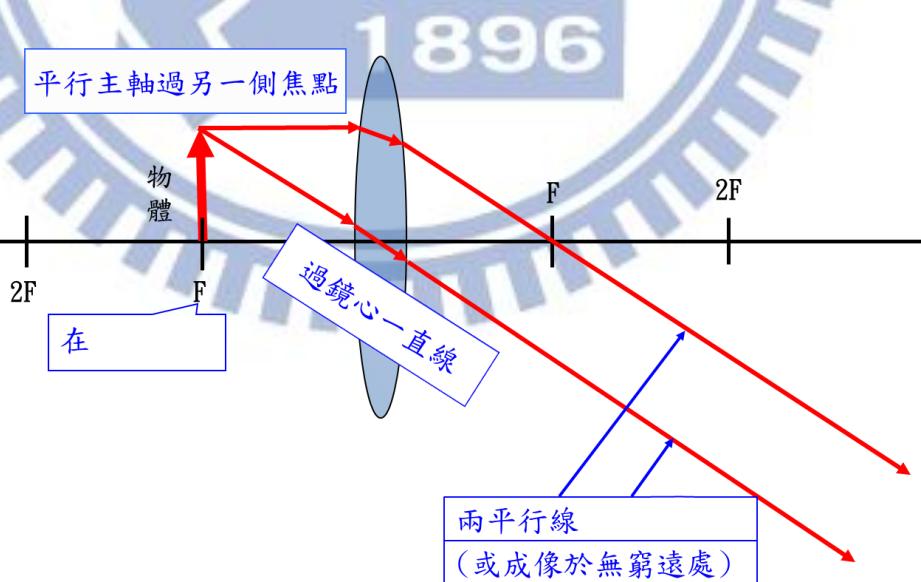
物在 $2F$ 上 利用兩條特殊光線決定成像性質



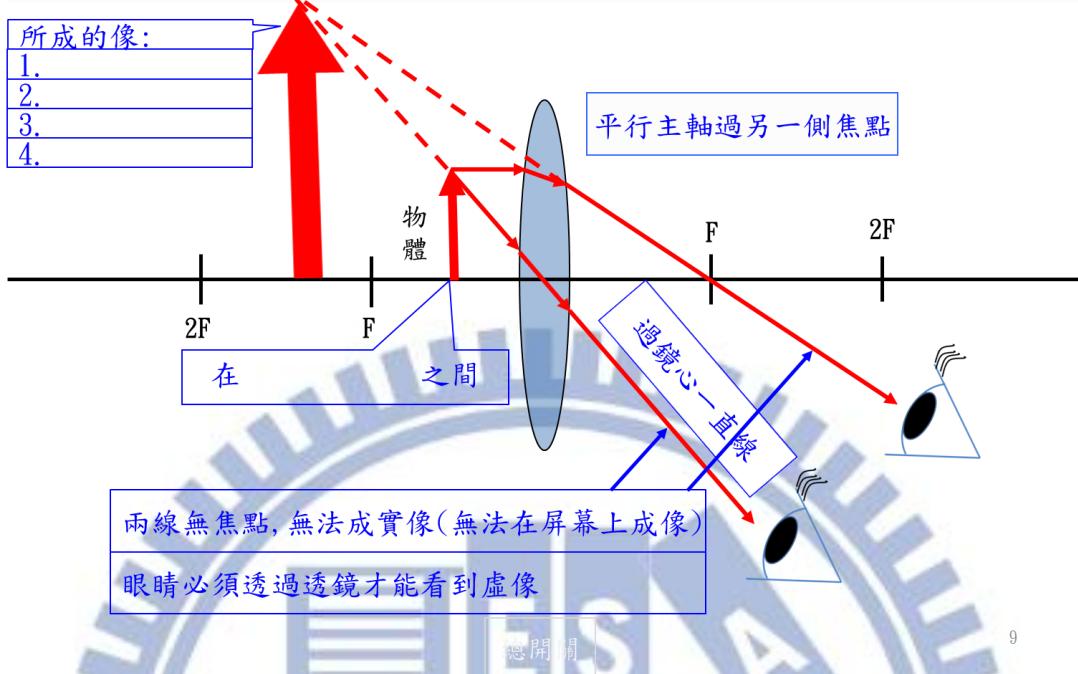
物在 $2F \sim 1F$ 利用兩條特殊光線決定成像性質



物在 $1F$ 上 利用兩條特殊光線決定成像性質

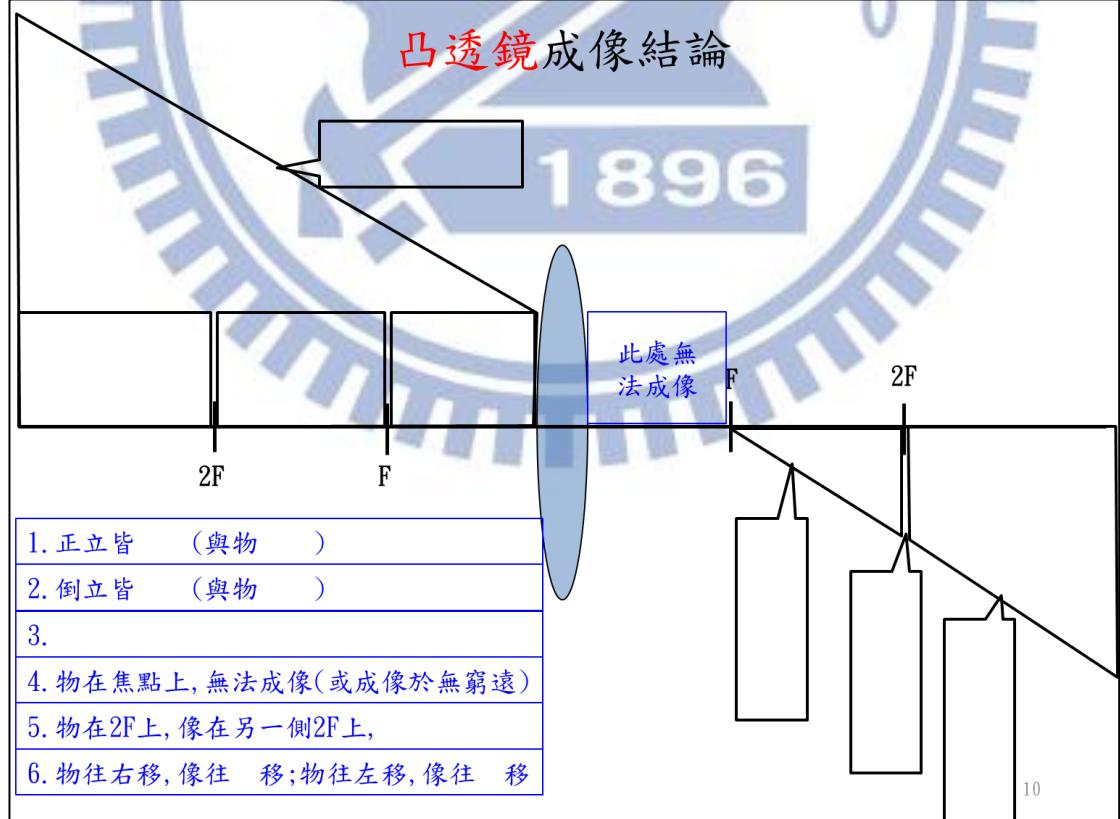


物在 $1F$ 上 ~ 凸透鏡 利用兩條特殊光線決定成像性質



9

凸透鏡成像結論

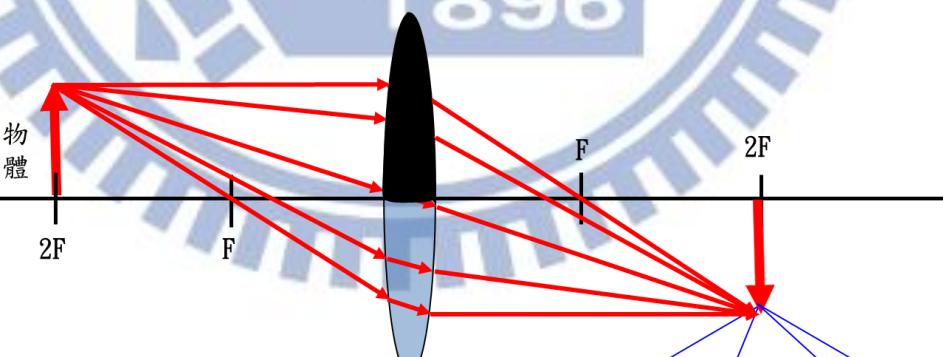


10

凸透鏡折射成像性質總整理

透鏡種類	紅箭頭 (物體)位置	能否在屏 幕上成像	成像性質	成像位置
凸透鏡	2F外	能(實像)	倒立縮小實像	與物不同側 1F~2F
	2F上	能(實像)	倒立等大實像	與物不同側 2F上
	2F~1F	能(實像)	倒立放大實像	與物不同側 2F外
	1F上	否	無法成像或 成像於無窮遠	
	1F~凸透鏡	否(虛像)	正立放大虛像	與物同側 物體的後方

物在2F上 透鏡上半部遮住成像性質



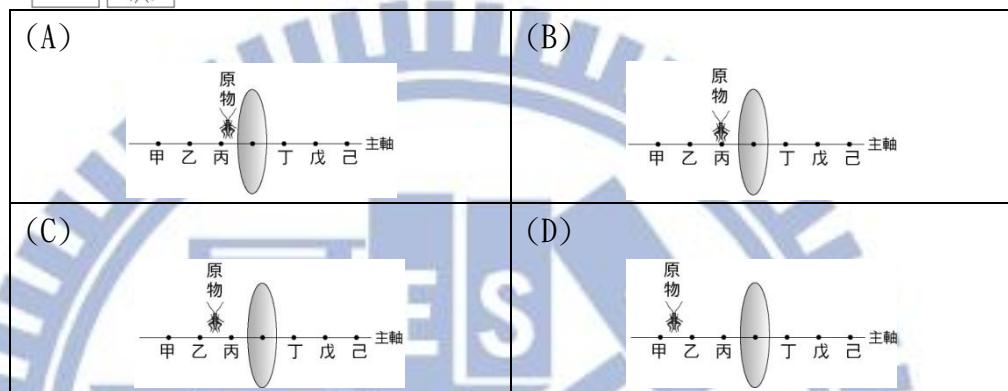
總開關

12

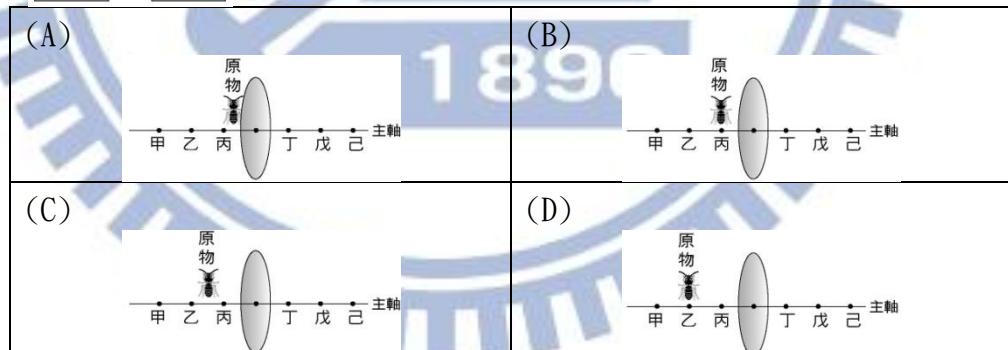
附錄二：凸透鏡折射成像前測卷

請利用 13 分鐘完成下列各題：

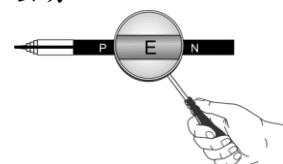
1. () 小偉使用凸透鏡觀察昆蟲，得到其成像如附圖所示，已知丙點為此透鏡的焦距，任相鄰二點的距離相等，則此昆蟲應是位於透鏡的何處觀察而得？



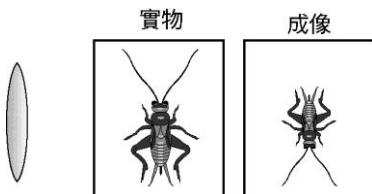
2. () 小偉使用凸透鏡觀察昆蟲，得到其成像如附圖所示，已知丙點為此透鏡的焦距，則此昆蟲應是位於透鏡的何處觀察而得？



3. () 小如拿著一個凸透鏡，置於原子筆上方 15 公分的地方，觀測結果如圖，則該透鏡焦距可能為何？ (A)5 公分 (B)7.5 公分 (C)10 公分 (D)20 公分。



4. () 小偉以附圖的透鏡觀察某昆蟲並記錄其成像如附圖所示，則下列敘述何者錯誤？ (A)此透鏡為凸透鏡 (B)此物所成的像是實像 (C)此物位於一倍焦距內 (D)此物可以在紙屏上成像。



5. () 立倫作凸透鏡成像實驗，所測得數據如下表，試問當物距小於多少時，會發現另一側紙屏無法成像？ (A)6公分 (B)10公分 (C)12公分 (D)20公分。

物距 (公分)	12	14	15	20	30	45	60
像距 (公分)	60	35	29	20	15	13	12

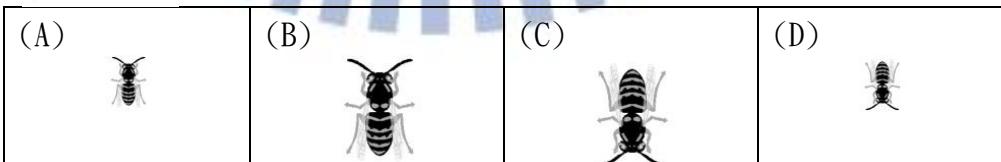
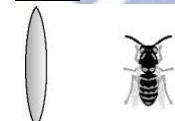
6. () 有一個物體放在凸透鏡前，並在鏡後的紙屏得到一個清晰的像，若將透鏡的上半部用不透光的物體遮住，則紙屏上的像會如何？ (A)不變 (B)亮度變小，但像的大小不變 (C)像的大小變為一半，但亮度不變 (D)亮度變小，且像的大小也變為原來的一半。

7. () 將燭火置於凸透鏡前，若凸透鏡之焦距為 f ，則當物距 $>2f$ 時，可在鏡後 q 處找到燭火的實像，則 q 的位置應為下列何者？ (A) $0 < q < f$ (B) $f < q < 2f$ (C) $2f < q < 3f$ (D) $q > 2f$ 。

8. () 下列關於凸透鏡成像的敘述，何者正確？ (A)一定是實像 (B)若為虛像，則一定是倒立 (C)若為實像，則一定是縮小 (D)實像一定與物體在凸透鏡的相反兩側。

9. () 有一焦距為40公分的凸透鏡，今將一物體放在凸透鏡左側，距凸透鏡70公分處，試問所成像為何？ (A)在凸透鏡左側的紙屏上形成放大的倒立實像 (B)在凸透鏡右側的紙屏上形成放大的倒立實像 (C)透過凸透鏡看到左側有一個放大的正立虛像 (D)透過凸透鏡看到右側有一個放大的正立虛像

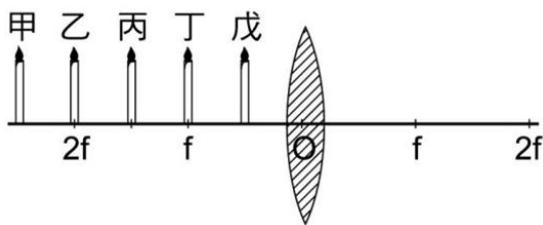
10. () 小偉以附圖的透鏡觀察此昆蟲，則小偉不可能看到下列哪一個成像？



11. () 因為老花眼，所以爺爺在看報紙的時候都必須拿一個放大鏡才能看得比較清楚，試問在報紙上的一個英文字母「P」，透過放大鏡無法看到下列哪一個像？

(A) **d** (B) **P** (C) **d** (D) **P**

◎在一凸透鏡前標定甲、乙、丙、丁、戊五個位置，另置一屏幕於凸透鏡右邊，如圖所示，若將燭火在這幾個位置上移動，並觀察其成像情形。請回答下列問題：



12. () 將燭火放在上述哪幾個位置時，無法在屏幕上成像？ (A) 甲乙丙丁戊
 (B) 甲乙丙 (C) 丁戊 (D) 丙丁戊。

13. () 若將燭火放在甲處，鏡後的紙屏該挪到何處，才能呈現清晰的像？ (A) f 之內
 (B) $f \sim 2f$ 之間 (C) $2f$ 之後 (D) 無法找到清晰的像。

14. () 若將燭火由丙處往外移動，使其遠離透鏡，則成像將會有何變化？ (A) 越來越小
 (B) 越來越大 (C) 由倒立變正立 (D) 由正立變倒立。

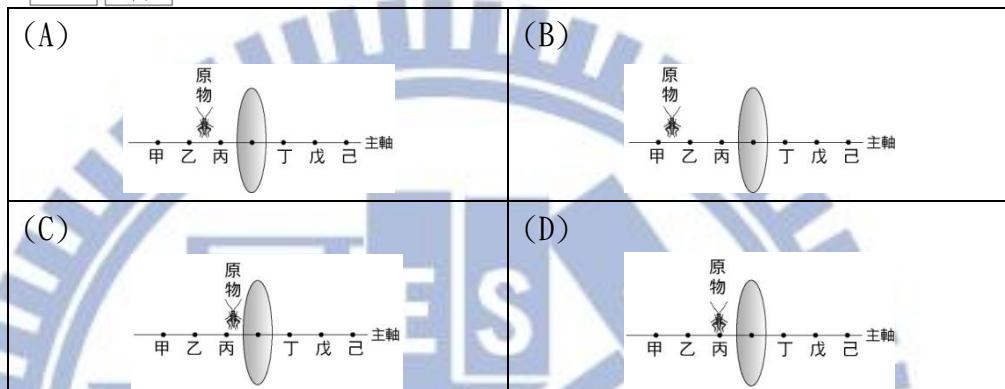
15. () 若將物體置於戊處，有關其成像的性質，下列敘述何者正確？ (A) 正立
 放大的虛像 (B) 倒立放大的實像 (C) 倒立縮小的實像 (D) 正立縮小
 的虛像。

16. () 承上題，若將燭火往鏡心方向移動，則像將會有何變化？ (A) 越來越小
 (B) 越來越大 (C) 由倒立變正立 (D) 由正立變倒立。

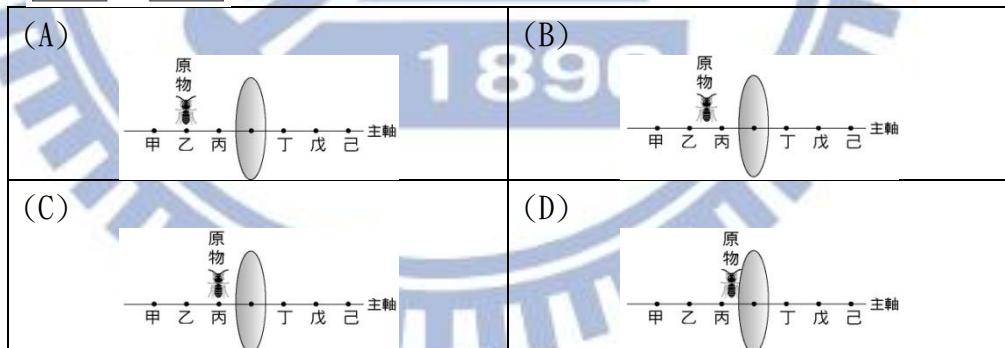
附錄三：凸透鏡折射成像後測卷

請利用 13 分鐘完成下列各題：

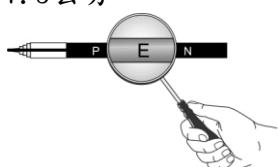
1. () 小偉使用凸透鏡觀察昆蟲，得到其成像如附圖所示，已知丙點為此透鏡的焦距，任相鄰二點的距離相等，則此昆蟲應是位於透鏡的何處觀察而得？



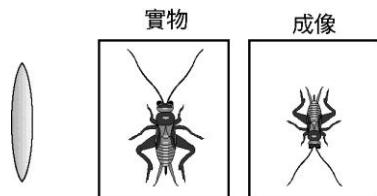
2. () 小偉使用凸透鏡觀察昆蟲，得到其成像如附圖所示，已知丙點為此透鏡的焦距，則此昆蟲應是位於透鏡的何處觀察而得？



3. () 小如拿著一個凸透鏡，置於原子筆上方 15 公分的地方，觀測結果如圖，則該透鏡焦距可能為何？ (A) 20 公分 (B) 5 公分 (C) 10 公分 (D) 7.5 公分。



4. () 小偉以附圖的透鏡觀察某昆蟲並記錄其成像如附圖所示，則下列敘述何者錯誤？ (A) 此物可以在紙屏上成像 (B) 此物位於一倍焦距內 (C) 此物所成的像是實像 (D) 此透鏡為凸透鏡。



5. () 立倫作凸透鏡成像實驗，所測得數據如下表，試問當物距小於多少時，會發現另一側紙屏無法成像？ (A) 6公分 (B) 12公分 (C) 10公分 (D) 20公分。

物距 (公分)	12	14	15	20	30	45	60
像距 (公分)	60	35	29	20	15	13	12

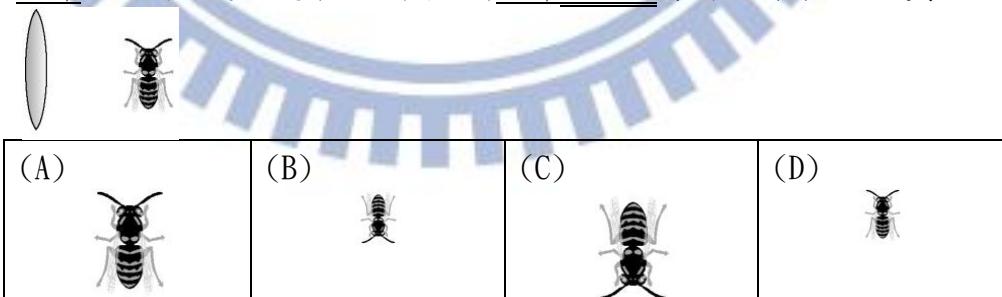
6. () 有一個物體放在凸透鏡前，並在鏡後的紙屏得到一個清晰的像，若將透鏡的上半部用不透光的物體遮住，則紙屏上的像會如何？ (A) 亮度變小，但像的大小不變 (B) 亮度變小，且像的大小也變為原來的一半。 (C) 不變 (D) 像的大小變為一半，但亮度不變

7. () 將燭火置於凸透鏡前，若凸透鏡之焦距為 f ，則當物距 $>2f$ 時，可在鏡後 q 處找到燭火的實像，則 q 的位置應為下列何者？ (A) $q > 2f$ (B) $f < q < 2f$ (C) $0 < q < f$ (D) $2f < q < 3f$ 。

8. () 下列關於凸透鏡成像的敘述，何者正確？ (A) 實像一定與物體在凸透鏡的相反兩側。 (B) 若為實像，則一定是縮小 (C) 若為虛像，則一定是倒立 (D) 一定是實像

9. () 有一焦距為40公分的凸透鏡，今將一物體放在凸透鏡左側，距凸透鏡70公分處，試問所成像為何？ (A) 透過凸透鏡看到右側有一個放大的正立虛像 (B) 透過凸透鏡看到左側有一個放大的正立虛像 (C) 在凸透鏡左側的紙屏上形成放大的倒立實像 (D) 在凸透鏡右側的紙屏上形成放大的倒立實像

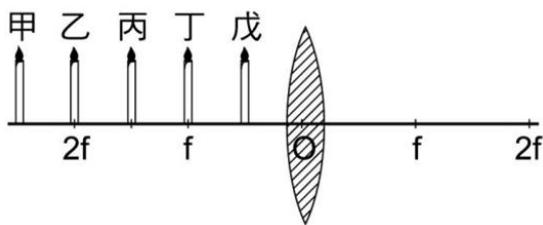
10. () 小偉以附圖的透鏡觀察此昆蟲，則小偉不可能看到下列哪一個成像？



11. () 因為老花眼，所以爺爺在看報紙的時候都必須拿一個放大鏡才能看得比較清楚，試問在報紙上的一個英文字母「P」，透過放大鏡無法看到下列哪一個像？

(A) **d** (B) **P** (C) **P** (D) **d**

◎在一凸透鏡前標定甲、乙、丙、丁、戊五個位置，另置一屏幕於凸透鏡右邊，如圖所示，若將燭火在這幾個位置上移動，並觀察其成像情形。請回答下列問題：



12. () 將燭火放在上述哪幾個位置時，無法在屏幕上成像？ (A) 丙丁戊 (B) 甲乙丙丁戊 (C) 丁戊 (D) 甲乙丙。

13. () 若將燭火放在甲處，鏡後的紙屏該挪到何處，才能呈現清晰的像？ (A) $2f$ 之後 (B) f 之內 (C) $f \sim 2f$ 之間 (D) 無法找到清晰的像。

14. () 若將燭火由丙處往外移動，使其遠離透鏡，則成像將會有何變化？ (A) 越來越大 (B) 由倒立變正立 (C) 越來越小 (D) 由正立變倒立。

15. () 若將物體置於戊處，有關其成像的性質，下列敘述何者正確？ (A) 正立放大的虛像 (B) 正立縮小的虛像 (C) 倒立放大的實像 (D) 倒立縮小的實像。

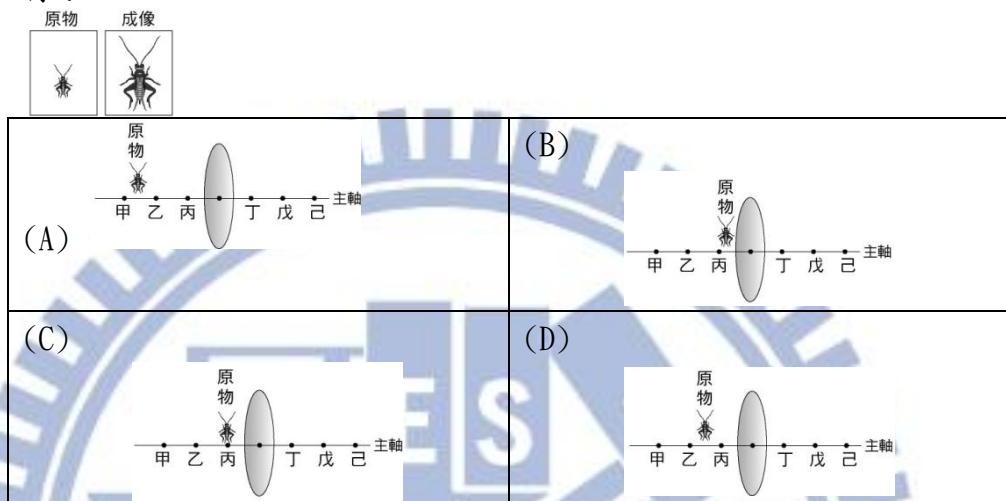
16. () 承上題，若將燭火往鏡心方向移動，則像將會有何變化？ (A) 由倒立變正立 (B) 越來越大 (C) 由正立變倒立 (D) 越來越小。



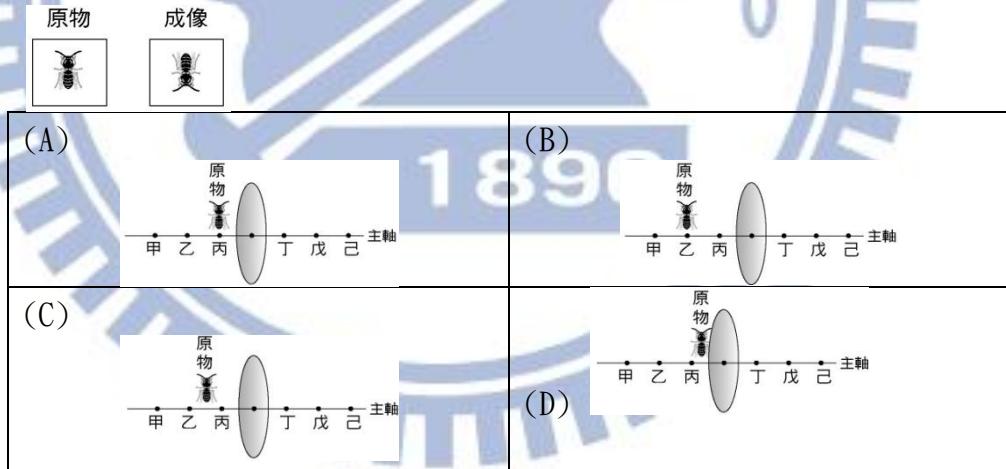
附錄四：凸透鏡折射成像延後測卷

請利用 13 分鐘完成下列各題：

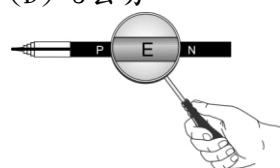
1. () 小偉使用凸透鏡觀察昆蟲，得到其成像如附圖所示，已知丙點為此透鏡的焦距，任相鄰二點的距離相等，則此昆蟲應是位於透鏡的何處觀察而得？



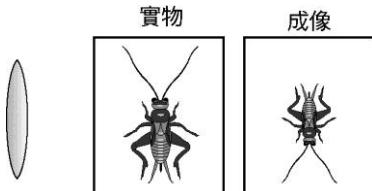
2. () 小偉使用凸透鏡觀察昆蟲，得到其成像如附圖所示，已知丙點為此透鏡的焦距，則此昆蟲應是位於透鏡的何處觀察而得？



3. () 小如拿著一個凸透鏡，置於原子筆上方 15 公分的地方，觀測結果如圖，則該透鏡焦距可能為何？ (A) 20 公分 (B) 10 公分 (C) 7.5 公分 (D) 5 公分。



4. () 小偉以附圖的透鏡觀察某昆蟲並記錄其成像如附圖所示，則下列敘述何者錯誤？ (A) 此物位於一倍焦距內 (B) 此透鏡為凸透鏡 (C) 此物所成的像是實像 (D) 此物可以在紙屏上成像。



5. () 立倫作凸透鏡成像實驗，所測得數據如下表，試問當物距小於多少時，會發現另一側紙屏無法成像？ (A) 10公分 (B) 20公分 (C) 6公分 (D) 12公分。

物距 (公分)	12	14	15	20	30	45	60
像距 (公分)	60	35	29	20	15	13	12

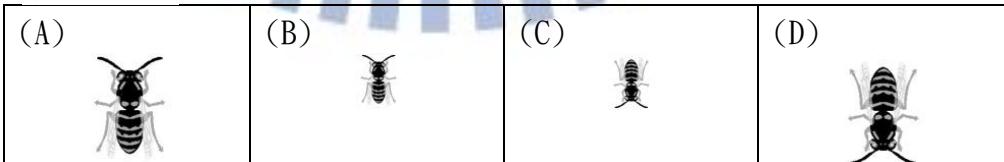
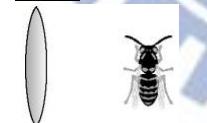
6. () 有一個物體放在凸透鏡前，並在鏡後的紙屏得到一個清晰的像，若將透鏡的上半部用不透光的物體遮住，則紙屏上的像會如何？ (A) 亮度變小，但像的大小不變 (B) 亮度變小，且像的大小也變為原來的一半 (C) 像的大小變為一半，但亮度不變 (D) 不變。

7. () 將燭火置於凸透鏡前，若凸透鏡之焦距為 f ，則當物距 $>2f$ 時，可在鏡後 q 處找到燭火的實像，則 q 的位置應為下列何者？ (A) $f < q < 2f$ (B) $0 < q < f$ (C) $q > 2f$ (D) $2f < q < 3f$ 。

8. () 下列關於凸透鏡成像的敘述，何者正確？ (A) 實像一定與物體在凸透鏡的相反兩側 (B) 若為實像，則一定是縮小 (C) 若為虛像，則一定是倒立 (D) 一定是實像。

9. () 有一焦距為40公分的凸透鏡，今將一物體放在凸透鏡左側，距凸透鏡70公分處，試問所成像為何？ (A) 在凸透鏡右側的紙屏上形成放大的倒立實像 (B) 透過凸透鏡看到右側有一個放大的正立虛像 (C) 透過凸透鏡看到左側有一個放大的正立虛像 (D) 在凸透鏡左側的紙屏上形成放大的倒立實像

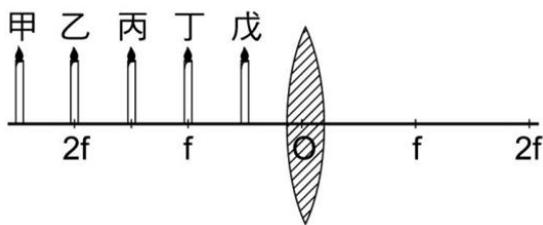
10. () 小偉以附圖的透鏡觀察此昆蟲，則小偉不可能看到下列哪一個成像？



11. () 因為老花眼，所以爺爺在看報紙的時候都必須拿一個放大鏡才能看得比較清楚，試問在報紙上的一個英文字母「P」，透過放大鏡無法看到下列哪一個像？

(A) **d** (B) **P** (C) **d** (D) **P**

◎在一凸透鏡前標定甲、乙、丙、丁、戊五個位置，另置一屏幕於凸透鏡右邊，如圖所示，若將燭火在這幾個位置上移動，並觀察其成像情形。請回答下列問題：



12. () 將燭火放在上述哪幾個位置時，無法在屏幕上成像？ (A) 丙丁戊 (B) 丁戊 (C) 甲乙丙 (D) 甲乙丙丁戊。

13. () 若將燭火放在甲處，鏡後的紙屏該挪到何處，才能呈現清晰的像？ (A) $f \sim 2f$ 之間 (B) 無法找到清晰的像 (C) $2f$ 之後 (D) f 之內。

14. () 若將燭火由丙處往外移動，使其遠離透鏡，則成像將會有何變化？ (A) 越來越大 (B) 越來越小 (C) 由正立變倒立 (D) 由倒立變正立。

15. () 若將物體置於戊處，有關其成像的性質，下列敘述何者正確？ (A) 正立縮小的虛像 (B) 倒立縮小的實像 (C) 倒立放大的實像 (D) 正立放大的虛像。

16. () 承上題，若將燭火往鏡心方向移動，則像將會有何變化？ (A) 越來越大 (B) 由倒立變正立 (C) 越來越小 (D) 由正立變倒立。



附錄五：認知負荷問卷

請利用 5 分鐘完成下列問題：

認知負荷量表

* 請根據學習『透鏡折射成像』過程中您真實的感受，圈選下列的數字。

* 請注意：每題只能選出出 一個 可代表你您真實的感受的數字，每人感受不同，
並無標準答案。

	非常 同意	同 意	還 算 同 意	無 意 見	有 點 不 同 意	不 同 意	非 常 不 同 意
1. 我認為『凸透鏡折射成像』的內容在學習上很容易。	1	2	3	4	5	6	7
2. 我覺得我花了很多的心力，就能學會『凸透鏡折射成像』	1	2	3	4	5	6	7

附錄六：自然與生活科技領域凸透鏡折射成像補救教學教學活動設計

設計人：張世彥

教學節數：共一節

教學起訖日期	單元名稱	凸透鏡折射成像		
		1-4-1-1 能由不同角度或方法做觀察 1-4-4-2 能選用適當的方式登錄及表達資料 1-4-5-3 將研究內容做有條理的、科學性的描述 3-4-0-1 體會「科學」是經由探究、驗證獲得的知識 5-4-1-1 知道細心的觀察以及嚴謹的思辯，才能獲得可信的知識 6-4-1-1 在同類事件，但由不同來源的資料中，彙整出一通則性 6-4-2-1 依現有的理論，運用類比、轉換等推廣方式，推測可能發生的事	教學準備 行動電腦 單槍投影機 投影布幕 學習單 階段學習成就測驗卷 認知負荷量表	
能力指標	學習目標			
1. 體會雷射光由空氣射入凸透鏡再射入空氣。 2. 學會凸透鏡折射成像中三條特殊光線的畫法。 3. 能畫出當物體在兩倍焦距外時，透過凸透鏡折射之後其成像的性質。 4. 能畫出當物體在兩倍焦距上時，透過凸透鏡折射之後其成像的性質。 5. 能畫出當物體在兩倍焦距到一倍焦距時，透過凸透鏡折射之後其成像的性質。 6. 能畫出當物體在一倍焦距上時，透過凸透鏡折射之後其成像的性質。 7. 能畫出當物體在一倍焦距之內時，透過凸透鏡折射之後其成像的性質。 8. 理解虛像與實像。 9. 能理解不透明紙板遮住一半透鏡，成像有何變化。				
教學指導要點			教學時間	教學資源
1. 利用多媒體教材教導學生「雷射光由空氣射入凸透鏡之後再射空氣」，並請學生將學習單上的重點填上。 2. 利用多媒體教材教導學生「光線折射成像的三條特殊光線中第一條特殊光線」，並			2分 2分	單槍投影機 手提電腦 投影布幕

請學生將學習單上的重點填上。		
3. 利用多媒體教材教導學生「光線折射成像的三條特殊光線中第二條特殊光線」，並請學生將學習單上的重點填上。	2分	
4. 利用多媒體教材教導學生「光線折射成像的三條特殊光線中第三條特殊光線」，並請學生將學習單上的重點填上。	2分	
5. 利用多媒體教材教導學生「物體在兩倍焦距外時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」，並請學生將學習單上的重點填上。	3分	
6. 利用多媒體教材教導學生「物體在兩倍焦距上時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」，並請學生將學習單上的重點填上。	3分	
7. 利用多媒體教材教導學生「物體在一倍焦距到兩倍焦距時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」，並請學生將學習單上的重點填上。	3分	
8. 利用多媒體教材教導學生「物體在一倍焦距上時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」，並請學生將學習單上的重點填上。	3分	
9. 利用多媒體教材教導學生「物體在一倍焦距之內時，利用兩條特殊光線決定成像的性質」，並請學生將學習單上的重點填上。	3分	
10. 利用多媒體教材教導學生「凸透鏡折射成像結論」，並請學生將學習單上的重點填上。	3分	
11. 利用 AMA 系統中的動態表格功能所製作的「凸透鏡折射成像性質總整理表格」教導學生，並請學生將學習單上的重點填上。	2分	
12. 利用多媒體教材教導學生「物在兩倍焦距上，透鏡上半部遮住成像性質」，並請學生將學習單上的重點填上。	2分	

13. 填寫階段學習成就測驗卷。	13 分		
14. 填寫認知負荷量表。	2 分		

