

國立臺灣師範大學科學教育研究所教學碩士班
碩士論文

指導教授：許瑛珺博士

嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法對八年級學生
學習光學概念之成效評估

Incorporating Digital Games into the 5E Learning Cycle to
Promote 8th Graders' Learning in Optics Concepts

研究生：歐建榮

中華民國 102 年 1 月

誌 謝

本論文能夠順利完成，全靠指導教授許瑛珺博士盡心盡力的指導，每次與許教授討論論文的進度，總是獲益良多，讓整個研究的過程、方向不致於走錯，在此首先感謝指導教授許瑛珺老師的指導與建議。另外，感謝兩位口試委員陳素芬教授與黃福坤教授，謝謝您們對於本論文的具體建議，讓本論文更加完整。

感謝黃福坤教授、泓男、豐州為本論文的研究工具做專家審查，文馨學姐對於統計方法、文獻整理的意見提供，研究所共同成長的夥伴泓男、豐州。感謝學校的長官、同事、學生，在我的研究過程中所給予的全力支持，有了你們的協助，才能順利的走到這一天。

最後，感謝我的父親、母親、岳父、岳母、老婆毓方及兒子奐慶，有了你們在背後默默的支持與陪伴，讓我可以專心在研究所的求學，也才有今日的我，願這小小的成就與你們分享。

中文摘要

面對十二年國教的教育改革，讓學生自主的參與課堂上的學習是老師教學的重要目標，透過嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法，讓學生在遊戲中探索進而學習到老師所要教授的科學概念。本研究選取光學概念進行嵌入數位遊戲於 5E 學習環的教學設計。31 位八年級學生實驗組接受嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法，34 位八年級學生接受傳統講述式教學法。本研究採準實驗研究法，以光的反射與折射概念測驗為學習成就評量來瞭解學生教學前後概念轉變情形，並輔以學生學習單的質性資料分析來深入探討造成學生概念轉變的可能理由。並比較傳統講述式教學法與數位遊戲融入教學後對學習成效之影響差異，以及針對不同的學生面向（性別、學習成就）、題目題型（文字題、圖形題）等進行共變數分析（ANCOVA）來探討學生經歷嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法的學習成就差異。

研究結果顯示，實驗組 ($t=-4.995$; $p<.001$) 學生在嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法後的學習成就顯著提升，而對照組 ($t=-2.239$; $p<.05$) 學生在傳統教學後的學習成就顯著提升。但在效果量 (Effect Size, $E.S.$) 上，實驗組達中度效果量 ($E.S.=0.791$) 而對照組為低度效果量 ($E.S.=0.403$)，顯示實驗組之效果量較高。進一步以單因子共變數分析結果顯示，兩種教學法均未達顯著差異 ($F=3.718$; $p>.05$)，表示本研究所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法與傳統教學法間在學生光學概念理解上並無明顯差異。不同性別之學生以傳統教學法 ($F=0.006$; $p>.05$) 或嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法學習光學概念 ($F=0.156$; $p>.05$)，對於其概念學習成就並無明顯差異。

不同學習成就之學生以嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法學習光學概念，對於其概念學習成就有明顯差異 ($F=15.182$; $p<.01$)。針對不同教學法對文字題型的影響未達顯著水準 ($F=1.267$; $p>.05$)；然而，圖形題型的影響達顯著水準 ($F=4.655$; $p<.05$)，表示學生在圖形題的得分上實驗組與對照組有明顯差異，而且實驗組學生的得分顯著高於對照組。

實驗組在光學概念學習上的改變情形，平面鏡部分：(1) 經過教學後，學生可注

意物距與像距相等之關係。(2) 較少學生說出物體大小與成像大小的相等關係。(3) 多數學生認為物體距離鏡子愈遠，鏡中的成像會愈小。凹面鏡部分：(1) 學生受到平面鏡成像性質的影響，認為物距等於像距。(2) 部分學生認為只要是凹面鏡，不論物體所在位置為何，成像都是放大的。凸面鏡部分：(1) 經教學後學生可繪製出物體成像之光徑圖，並得出成像性質及位置。(2) 部分學生具有光線會聚於虛焦點的迷思。凸透鏡部分：(1) 部分學生受到面鏡成像的影響，認為物體經凸透鏡成像是經由反射造成。(2) 部分學生受物體經凸面鏡成像性質的影響，認為物體經凸透鏡成像後會變小。(3) 有學生認為雙凸透鏡兩邊的形狀相同，所以透鏡兩邊物體與像的性質會相同。(4) 部分學生可說出光線經由凸透鏡折射後，光線會往透鏡較厚的一邊偏折，而平行光經透鏡折射後，可會聚於透鏡另一側的焦點上。(5) 大部分學生經教學後，可繪出正確光徑圖及成像之性質。凹透鏡部分：(1) 部分學生受凹面鏡成像性質影響，認為物體經凹透鏡折射後像會變大。(2) 部分學生由 3 張相同大小物體在凹透鏡不同位置的成像學習單，可以說出物體離凹透鏡愈近，經凹透鏡所形成的像愈大。未來研究可設計數位遊戲融入應用電子白板的教學，並讓學生以小組學習的方式進行學習，以探討合作學習對學生在光學概念學習的影響。

關鍵詞：5E 學習環、光學、數位遊戲式學習、概念理解、科學學習

Abstract

One of the crucial goals in the twelve-year compulsory education reform is to encourage students to actively participate in learning activities. Through the pedagogy that incorporating digital games into 5E learning cycle, this study was anticipated that students can learn scientific concepts by exploring the games. In this study, the pedagogical design focused on the concepts of refraction and reflection. A quasi-experimental design was adopted to investigate how the pedagogical design might impact on students' learning of the concepts. A total of 65 eighth graders from two classes participated in this study. One class with 31 students was taught with the new pedagogical design, while the other class with 34 students was taught with traditional lecturing method. An assessment of conceptual understanding was used to examine the students' learning outcomes. Qualitatively, the students' worksheets were analyzed in order to look into the factors that might account for their conceptual change. Regarding the comparison between the two classes, ANCOVA was adopted to examine how students' gender and different levels of achievement, and the types (texts or pictures) of assessment items might influence students' learning. The findings showed that both the experimental and the control group significantly improved their understandings of the concepts after the instruction (the experiment group: $t=-4.995$; $p<.001$; the control group: $t=-2.239$; $p<.05$). According to the effect size (*E. S.*), the experiment group reached a medium level ($E.S.=0.791$) while the control group had a lower effect size ($E.S.=0.403$). This indicates that the experimental group with the new pedagogical design had larger effect size. The one-way ANCOVA analysis showed that there was no significant difference in the students' conceptual understandings between the two groups ($F=3.718$; $p>.05$). Also, there was no significant difference in the students' conceptual understandings between male and female students in both

groups (the control group: $F=0.006$; $p>.05$; the experimental group: $F=0.156$; $p>.05$). Students' different academic levels significantly influenced their understanding of the concepts ($F=15.182$; $p<.01$). Regarding the types of the assessment items, students in the experimental group scored significantly higher on the items presented with pictures than those in the control group ($F=4.655$; $p<.05$). The analysis of qualitative data showed how students' conceptual understandings were changed by the pedagogy that incorporating digital games into 5E learning cycle, the experimental group. For instances, the students' conceptual changes in the concept of **plane mirrors**: (1) Students became more aware of that the object distance is the same as the image distance after the instruction. (2) Fewer students understood that the size of the object was actually the same as that of its image. (3) Most of the students thought the farther the object was, the smaller the image would be. For the students' conceptual changes in the concept of **concave mirrors**: (1) Influenced by the concept of plane mirror, students thought the object distance is the same as the image distance. (2) Part of the students thought the images of a concave mirror are always larger than the object no matter the object distance. For the students' conceptual changes in the concept of **convex mirrors**: (1) Students were able to draw the path of the light, the image and its location in a diagram. (2) Some students still had the myth that through a convex mirror, light converges in a focal point. For the students' conceptual changes in the concept of **convex lenses**: (1) Influenced by the concept of plane mirrors, part of the students thought the formation of the image is because of reflection. (2) Influenced by the concept of convex mirrors, some students thought that through convex lenses, the images are always smaller than the object. (3) Some students thought that as double-convex lenses have the same shapes on both sides, the object and the nature of its images on both sides would be the same. (4) Some students were able to state that through convex lenses, light will deflect to the thicker side of the lens; through the lens,

parallel light will converge on the focal point at the other side of the lens. (5) Most of the students were able to draw correct optical path and images in a diagram. For the students' conceptual changes in the concept of **concave lenses**: (1) influenced by the concept of concave mirrors, some students thought that the images of the concave mirrors are bigger than the object. (2) After completing the worksheets on the topic that different distance results in different size of the image, some students were able to state that to a concave lens, the closer the object is, the bigger its image would be. I suggest that in the future, with students learning in groups, the research may focus on how cooperative learning might impact on students' learning of the concepts of refraction and reflection in a pedagogical design that combined both the digital-game and interactive whiteboard.

Keywords: 5E learning Cycle, Optics, Digital-Game-Based Learning,
Conceptual Understanding, Science Learning

目錄

第一章 緒論	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的與問題	3
第三節 研究的重要性	5
第四節 名詞釋義	7
第二章 文獻探討	9
第一節 認知心理學基礎	9
第二節 學習環教學模式	12
第三節 數位遊戲式學習	16
第四節 光學概念的相關研究	21
第三章 研究方法	23
第一節 研究對象	23
第二節 研究設計與流程	25
第三節 研究教學設計與研究工具	41
第四節 資料處理與分析	47
第五節 研究範圍與限制	49
第四章 結果與討論	50
第一節 不同的教學法對學生光學概念學習的影響	50
第二節 不同性別學生光學概念學習的差異	54
第三節 不同學習成就學生光學概念學習的差異	59
第四節 學生在不同題型的表現差異	63
第五節 實驗組在光學概念學習上的改變情形	68
第五章 結論與建議	82

第一節 結論	82
第二節 綜合討論	86
第三節 建議	88
參考文獻	90
附錄	96
附錄一 概念測驗試題	96
附錄二 實驗組學生學習單作答原始資料	104

表目錄

表 2-2-1 學習環的演變.....	12
表 2-2-2 與 5E 學習環教學模式相關的研究統整表.....	13
表 2-3-1 數位遊戲式學習的相關研究統整表.....	17
表 2-4-1 光學概念的相關研究統整表.....	21
表 3-2-2 數位遊戲評估.....	32
表 3-2-3 融入之國中自然與生活科技能力指標.....	34
表 3-2-4 概念測驗工具雙向細目表.....	38
表 3-2-5 預試之試題分析表.....	39
表 3-3-1 研究教案設計理念說明.....	41
表 3-3-2 教學流程.....	41
表 3-3-3 概念學習單.....	44
表 3-3-4 概念測驗各題測驗目的.....	45
表 3-4-1 各分析問題所用之統計方法統整表.....	47
表 4-1-1 實驗組與對照組概念測驗前、後測答對題數常態性檢定結果表.....	50
表 4-1-2 實驗組與對照組兩組樣本之後測成績同質性考驗.....	51
表 4-1-3 實驗組及對照組在光學概念測驗之前、後測相依樣本 t 檢定結果表.....	51
表 4-1-4 實驗組與對照組概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表.....	52
表 4-1-5 不同教學法概念測驗之描述統計表.....	53
表 4-1-6 不同教學法單因子共變數分析結果表.....	53
表 4-2-1 對照組不同性別學生概念測驗前、後測答對題數常態性檢定結果表.....	54
表 4-2-2 實驗組不同性別學生概念測驗前、後測答對題數常態性檢定結果表.....	54
表 4-2-3 對照組不同性別樣本之後測成績同質性考驗.....	55
表 4-2-4 實驗組不同性別樣本之後測成績同質性考驗.....	55

表 4-2-5 對照組不同性別學生概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表...	56
表 4-2-6 對照組不同性別概念測驗之描述統計表.....	56
表 4-2-7 對照組不同性別學生單因子共變數分析結果表.....	57
表 4-2-8 實驗組不同性別學生概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表...	57
表 4-2-9 實驗組不同性別概念測驗之描述統計表.....	58
表 4-2-10 實驗組不同性別學生單因子共變數分析結果表.....	58
表 4-3-1 實驗組之高學習成就學生成績表.....	59
表 4-3-2 實驗組之低學習成就學生成績表.....	59
表 4-3-3 實驗組高、低學習成就學生在光學概念測驗之前、後測答對題數常態性檢定結果表	60
表 4-3-4 實驗組不同學習成就學生之後測成績同質性考驗.....	60
表 4-3-5 實驗組不同學習成就學生概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表	61
表 4-3-6 實驗組不同學習成就學生概念測驗之描述統計表.....	62
表 4-3-7 實驗組不同學習成就學生單因子共變數分析結果表.....	62
表 4-4-1 實驗組不同題型之前、後測答對題數常態性檢定結果表.....	63
表 4-4-2 對照組不同題型之前、後測答對題數常態性檢定結果表.....	63
表 4-4-3 文字題型在不同教學法樣本之後測成績同質性考驗.....	64
表 4-4-4 圖形題型在不同教學法樣本之後測成績同質性考驗.....	64
表 4-4-5 文字題型前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表.....	65
表 4-4-6 不同教學法文字題型概念測驗之描述統計表.....	65
表 4-4-7 文字題型在不同教學法樣本之單因子共變數分析結果表.....	66
表 4-4-8 圖形題型前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表.....	66
表 4-4-9 不同教學法圖形題型概念測驗之描述統計表.....	67
表 4-4-10 圖形題型在不同教學法樣本之單因子共變數分析結果表.....	67
表 4-5-1 學生說明物在平面鏡中成像情形之探討.....	68

表 4-5-2 學生修正平面鏡學習單至正確概念之概念改變探討.....	69
表 4-5-3 學生說明物在凹面鏡 1 倍焦距內成像情形之探討.....	70
表 4-5-4 學生說明物在凹面鏡 1 倍焦距到 2 倍焦距間成像情形之探討.....	70
表 4-5-5 學生說明物在凹面鏡 2 倍焦距外成像情形之探討.....	70
表 4-5-6 學生修正凹面鏡學習單至正確概念之概念改變探討.....	71
表 4-5-7 學生說明物在凸面鏡不同位置成像情形之探討.....	72
表 4-5-8 學生修正凸面鏡學習單至正確概念之概念改變探討.....	73
表 4-5-9 學生說明物在凸透鏡 1 倍焦距內成像情形之探討.....	74
表 4-5-10 學生說明物在凸透鏡 1 倍焦距到 2 倍焦距間成像情形之探討.....	75
表 4-5-11 學生說明物在凸透鏡 2 倍焦距外成像情形之探討.....	75
表 4-5-12 學生修正凸透鏡學習單至正確概念之概念改變探討.....	77
表 4-5-13 學生說明物在凹透鏡不同位置成像情形之探討.....	78
表 4-5-14 學生修正凹透鏡學習單至正確概念之概念改變探討.....	79
表 4-5-15 成像學習單學生迷思概念統整表.....	80

圖目錄

圖 3-2-1 變項間關係及研究架構圖	25
圖 3-2-2 研究流程圖	26
圖 3-2-3 光的反射定律	27
圖 3-2-4 物體在鏡中的成像	28
圖 3-2-5 光的可逆性	28
圖 3-2-6 光的反射與折射	29
圖 3-2-7 光的發散現象	29
圖 3-2-8 光的會聚現象	30
圖 3-2-9 凸透鏡成像示意圖	30
圖 3-2-10 凹透鏡成像示意圖	30
圖 3-2-11 凸透鏡成像作圖	31
圖 3-2-12 凹透鏡成像作圖	31
圖 3-2-13 雷射死光槍遊戲介面圖	35
圖 3-2-14 雷射死光槍遊戲介面圖	35
圖 3-2-15 雷射死光槍遊戲介面圖	36
圖 3-2-16 快打成像遊戲介面圖	36
圖 3-2-17 快打成像遊戲介面圖	36
圖 3-4-1 學生學習單完成範例	48

第一章 緒論

「活化教學」的目的是讓課堂上每個學生都樂於學習，這個目標對第一線的基層教師是一大挑戰，將資訊科技應用到教學上，或許是個可行的方向。本章就研究動機、研究目的與問題、研究重要性、名詞釋義詳加說明。

第一節 研究動機

我國自 103 學年度起，將實施十二年國民基本教育，教育部長蔣偉寧博士表示：「十二年國教的重點不在考試，在於學生是否能主動學習。」在許多的教學法中，建構式教學注重學生的先備知識，以學生為主體的課程設計，對於學生科學教育的學習是有其成效的（張靜馨，1996；黃松源、王美芬，2001），而應用建構主義的教學者，要讓學生充分主動的學習，教學者需設計適當的環境，而非要學生能在短時間內獲得學習成效（熊召弟，1996）。學生處在教學者所設計的環境中，接受刺激進而自動建構出知識、概念，而非由教學者直接傳授知識（Von Glasersfeld, 1996；張靜馨，1995）。建構式教學在國小自然科操作實驗中，可讓學生合作學習、主動學習並達到教學目標的一種教學模式（曾秋華，2002）。

從我國行政院主計總處 100 年「電腦應用概況報告」顯示，21 世紀是電腦的世代，目前電腦設置概況「我國個人電腦設置數 1,351.8 萬台，平均每千人擁有 582.0 台」，其中每 100 戶家庭擁有 103.2 台來看，電腦已是大部分家庭的必配產品，而青少年課後的休閒活動常常離不開電腦數位遊戲，遊戲本身的娛樂性、衝突性、挑戰性、互動性等特性，讓青少年積極、主動的參與其中。學習成效常決定於學生對課程的參與度，遊戲式學習可讓學生較具學習興趣進而主動參與學習（吳叔鎮，2011；彭成璋，2007；謝甫宜，2011），將數位科技導入遊戲中成為數位遊戲，應用在低成就學生的教學中，可有效提升學生的學習態度（范綱正，2011）。國小學生在歷經自然科學數

位遊戲學習過程時，會主動思考解決問題，而習得自然科學知識，並認為數位遊戲學習系統是好玩且有效的學習（林淑蕙，2009）。電腦輔助教學對國中理化科中抽象的單元-以光的折射為例的學習，可加強學生學習的印象且低學習成就學生的學習態度更為積極（楊明獻，2008）。

一般而言，探究式學習法可以提升學生學習理化的動機（蔡執仲、段曉林，2005），許多實徵研究也發現以資訊融入教學對自然與生活科技領域的學習動機和學習態度有明顯進步（李登隆，2004；阮素貞，2006；林余思，2002）。因此，研究者從任教國中自然與生活科技領域的經驗中，挑選八年級自然與生活科技領域光學的內容做為研究之課程內容，因為光學一直是學生認為較難學習的單元，雖然光的現象在生活中處處可見，但是光學的概念卻是抽象的，加上教學進度的壓力，教師常以講述式教學為主，只是將知識傳輸給學生，學生缺乏主動學習的機會。進入台師大科學教育研究所後，重新認識了5E學習環教學法，筆者嘗試將數位遊戲嵌入參與（Engagement）階段、探索（Exploration）階段、解釋（Explanation）階段、精緻化（Elaboration）階段及評價（Evaluation）階段，藉由學生對玩數位遊戲的自發性，轉移至學習中，讓學生的學習動機增加、學習變得有趣，並在實際操作數位遊戲時學習到所應該學習的科學概念。

如何讓學生主動學習，一直是筆者身為基礎教育工作者的期望，希望能藉由實施十二年國民基本教育此一契機，讓學生主動、快樂、適性的學習。為此本研究試著設計嵌入數位遊戲於5E學習環教學法，並探討該教學活動對學生光學概念學習的影響。

第二節 研究目的與問題

基於上述的研究動機，茲列出本研究之目的與所要探討的問題，詳述如下。

一、 研究目的：

(一) 為了提供老師在教學運用上的資訊，並視教學環境採用不同的教學法，本研究試著瞭解不同教學法（傳統講述式教學法與嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法）對國中八年級學生學習光的反射定律與折射定律之學習成就影響。

(二) 在數位遊戲融入教學的相關研究中，較少討論不同性別對學習成就的影響，但是多數人會認為男生較女生常玩數位遊戲而能在嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法引導下學習成效較佳，故本研究想探討不同性別對學習成就是否具有差異。此外，在針對不同學習成就學生其學習成效之影響，有些研究顯示結果有顯著差異（陳建達，2012），故本研究想知道在不同學習成就的學生是否在學習成就上均有提升。因此瞭解不同特質（性別與學習成就）學生對嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法學習光的反射定律與折射定律之學習成就影響，乃為本研究之目的之一。

(三) 根據雙編碼理論，外在不同類型的刺激，對於學生的學習是有影響的，本研究將數位遊戲融入教學，數位遊戲中所包含的資訊類型有文字、圖形、動畫等，此與傳統講述式教學法中，主要的資訊類型是文字有很大的差別，故本研究希望能知道學生在接受不同的外在刺激後，對於不同的測驗題型是否有差異。故本研究希望能瞭解不同題型（文字題與圖形題）對不同教學法學習光的反射定律與折射定律之學習成就影響。

(四) 瞭解嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法對學生光學概念學習之影響。

二、 研究問題：

(一) 探討傳統講述式教學法與嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法對學生學習光的反射定律與折射定律前、後，對學習成就的表現是否有差異？

(二) 探討不同性別學生於嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法前、後，在學習光的反射定律與折射定律學習成就上是否有差異？

(三) 探討不同學習成就之學生於嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法後，何者在光學概念學習上具有較佳的學習表現？

(四) 探討傳統講述式教學法與嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法對學生回答不同題型題目的學習成就表現是否有差異？

(五) 探討嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法前、後，學生對光學概念學習上的改變情形為何？

第三節 研究的重要性

目前許多有關數位遊戲融入教學的研究，大多著重在學生創造力的影響（林勝介，2009；胡博閔，2009）、問題解決能力的影響（李宜穎，2007；林淑蕙，2009；許昱寧，2010；陳裕民，2012）、學習態度與學習成就的影響（吳天貴，2007；吳叔鎮，2011；李宗倫，2011；范綱正，2011；許湘宜，2012；陳卉綺，2012；陳建達，2012；陳裕民，2012；陳憶萱，2007；黃靚芬，2012；趙秀琴，2011；賴俊甫，2007）、邏輯能力與問題解決能力（李宜穎，2007；林淑蕙，2009；許昱寧，2010；陳彥杰，2008；陳裕民，2012）、融入學習的設計（黃祐謙，2011；蔡宜良，2011），較少針對數位遊戲如何促進學生的概念理解以及如何將數位遊戲融入適當的教學模式進行探討，故本研究將數位遊戲導入 5E 學習環教學法，以探討學生的概念理解改變情形。

從雙編碼理論（Dual Coding Theory）觀點，學習者在學習時對於外在的刺激（圖形、文字、數位動畫）會建立成視覺與語文的心理表徵，而這兩種表徵可以分別或相互連結的儲存在記憶中，這對於學習、回想與檢索所學內容有正向的助益。而使用數位遊戲進行教學可讓學生接觸到多樣化的刺激，進一步增進學生學習、回溯所學內容的效果（Clark & Paivio, 1991；莊雅茹，1996）。所以，本研究以數位遊戲進行教學時，除了讓學生以視覺感官去接受動態的影像、亦輔以遵循 5E 學習環教學設計的學習單來引導學生探索數位遊戲情境中所含的光學概念，可以強化學生的知識建構。在評測學生光學概念的『光學概念測驗』的題目中，設計有文字題型與圖形題型兩大類題型，試圖探討嵌入數位遊戲的教學後，學生對於視覺及文字表徵的理解是否存在差異。

本研究將數位遊戲嵌入 5E 學習環教學法於國中自然與生活科技領域中八年級理化較抽象的單元-光的反射定律與折射定律，本研究之設計理念是針對傳統講述式教學法與數位遊戲融入教學後對學習成效之影響，並就不同的學生面向（性別、學習成就）、題目題型（文字題、圖形題）等分析學生經歷嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法的學習成就差異。

本研究之教學設計，試圖提供對數位遊戲融入教學之自然與生活科技領域教師參考，希望藉由多樣化的教學方法，讓老師樂於教學、學生樂於學習。

第四節 名詞釋義

一、 數位遊戲：

遊戲可以促進孩童認知發展及社交技巧（Rosas, Nussbaum, Cumsille, Marianov, Correa, Flores & Salinas, 2003）。在遊戲中，為了克服遊戲的挑戰必須進行認知的思考，競爭或是合作的關係，可學習與他人互動的技巧（林勝介，2009）。數位內容白皮書（經濟部工業局，2004）將數位遊戲定義為將遊戲內容利用資訊科技設計之產品或服務。包含電視遊戲、電腦遊戲、可攜式遊戲等類型。數位遊戲基本上具備下列元素：娛樂性、遊戲性、規則、目標、人機互動、適性化、產出及回饋、勝利的狀態、衝突/競爭/挑戰/對立、問題解決、社會互動、圖像及情節（Prensky, 2001；吳天貴，2007）。

二、 數位遊戲式學習：

利用數位遊戲的特性：動態影像、衝突及挑戰、互動和及時回饋等，讓學習者主動去學習，學習動機明顯提升，將學習的概念設計到數位遊戲中，而使學習者從遊戲中學習到概念（吳天貴，2007）。教學目標融入遊戲中，可克服教室中教學枯燥乏味的困境（林勝介，2009）。

三、 5E 學習環：

1980 年代，美國小學生物科學課程 BSCS（Biological Science Curriculum Study）發展出含有建構主義特性的教學模式，後由 Bybee 和 Landes（1988）將學習環改變成參與（Engagement）階段、探索（Exploration）階段、解釋（Explanation）階段、精緻化（Elaboration）階段及評價（Evaluation）階段等五個階段（Bybee & Landes, 1988；林佳昌、楊子瑩、王國華、林凱胤、余安順、楊秀停，2009）。

四、 光學概念：

根據國民中小學九年一貫課程綱要，針對自然與生活科技學習領域學習的基本理念提到：「認知這些自然現象和自然的演變規則，使我們能應用自然運作的原理，於是就有了各種創造發明。」科學教師據此可知，在教導學生科學概念時，應使學生清楚瞭解自然現象的原理、原則，再利用所學之原理、原則去應用在生活中。而課綱中自然與生活科技學習領域的次主題 216 中明列國中小階段所要學習有關光學概念的部分有：

- (一) 光的傳播與影像：光的直進性、光的反射。
- (二) 色光與顏色：光的明暗描述。
- (三) 光的折射：光經不同介質會折射。
- (四) 影像與視覺：照光與成像。
- (五) 色光與顏色：物體顏色的形成、陽光折射後的色散現象。
- (六) 影與像的形成：由光的直進性產生針孔成像和影子、面鏡和透鏡成像。
- (七) 聲音和光的應用：生活中的用途。

五、 光學概念測驗

本研究所定義之光學概念測驗乃根據光學概念和布魯姆(1956)認知層次(張春興, 1996)來規劃雙量明細表，概念包含光的反射定律、平面鏡成像原理、凸面鏡成像原理、凹面鏡成像原理、光的折射現象、凸透鏡成像原理、凹透鏡成像原理；認知層次是分成知識、理解、應用、分析等四項。本研究所含之光學概念所設計的題目，共有 34 題。

第二章 文獻探討

本研究旨在探討數位遊戲嵌入 5E 學習環教學法於國中自然與生活科技領域中八年級理化較抽象的單元-光的反射定律與折射定律之影響，本章分四節來分析相關文獻，分別為認知心理學基礎、學習環教學模式、數位遊戲式學習及光學教學與學習的相關研究來討論。

第一節 認知心理學基礎

一、建構主義（Constructivism）的起源

建構主義的起源有以下說法：一是 Von Glasersfeld（1989）認為維柯將知識分為理性的知識與感性的智慧，理性的知識是指科學知識、日常經驗或由經驗所得之理性知識，而感性的智慧是指經驗無法觸及的知識，維柯的認識論被 Von Glasersfeld 認為是建構主義認識論的來源。另一是布魯納（1986）認為康德的批判主義就是建構主義的開端，康德在《純理性批判》一書中提到：認知主體於內在心智主動建構、整合知覺而形成知識。強調個體主動建構知識於內在心智，及認知主體為知識論中的主體（王靜如，2006；陳芸慧，1996）。

二、建構主義的派別

建構主義可大致區分為以下派別：

（一）個人建構主義(individual constructivism)

皮亞傑認為個體是透過基模去探知自然現象，個體認知發展是可經由同化與調適來達成適應的一種過程。強調知識是個人主觀的建構，書中的文字是符號，符號在每個人的腦中建構成個人的知識（陳芸慧，1996）。急進取向的建構主義或稱根本建構主義（radical constructivism），Von Glasersfeld 認為建構主義是知識理論（theory of

knowledge) 甚至是認知理論 (theory of knowing) , 強調外在世界的知識是經由主體的經驗來建構, 這些知識是當前主體對其經驗的理解及意義化 (楊龍立, 1997) 。

(二) 社會建構主義

Vygotsky 認為個體的社會化互動形成文化是個體智力發展的動力, 而文化的發展與傳承需依靠「語言」這項工具, 故社會建構論者認為「語言」是調和知識建構的工具, 社會建構論者強調合作形式下所得到的意義 (林彩岫譯, 1997), 個體所建構出來的知識, 雖然主觀但仍需與他人協商與對話, 並受到當下文化與社會的環境影響 (陳芸慧, 1996)。

整理各派說法, 建構主義有下列三項共同的觀點: (楊龍立, 1997)

- (一) 人們知識的形成是主動建構而產生並非被動的接受。
- (二) 人們的知識並非說明世界的真理而是個人經驗的合理化。
- (三) 人們的知識有其發展性、演化性並非一陳不變。

建構主義的基本原則: (Fosnot, 1989)

- (一) 過去的概念建構成新的知識。
- (二) 知識經由每個人舊有概念的同化與調適而創造。
- (三) 概念是由每個人所發明的, 而非累積的過程。
- (四) 認知的衝突、反思才能建構新的概念。

由上可知建構主義強調學習者的知識來自於其主動建構的歷程, 而依據學習者的先備知識、經驗及他人提供的知識均影響個體所形成知識的觀點。因知識是個人依自己觀點所詮釋, 所以並非世界的真理, 而是依個人經驗的合理化、實用化, 也因此個人的知識是會改變 (楊龍立, 1997) 。

以科學教室的學習來看建構主義, 學習的成效決定於學習者的先備概念, 學習包含了去建構含義 (meanings), 學習者對於含義進行評估、接受或拒絕, 學習為連續的過程 (Driver, 1986)。

建構主義者認為個體主動參與建構以得到知識, 建構主義教學為探究學習的過程。此歷程中教師擔任學習的輔助者, 如何營造教學情境、提供教材、維持教學氣氛,

注意探究過程給學生的經驗，能否更能理解科學概念，而建構起相關概念（李宜蓁，2009；楊清智，2012；楊龍立，1998）。

由建構主義的理念瞭解學生參與探究的過程，根據教學者所設計的概念學習活動，學習者能主動建構知識，進而有效幫助概念之理解。故本研究採建構主義作為理論基礎。

第二節 學習環教學模式

一、學習環教學模式

學習環的教學模式由 Karplus (1967) 提出，將學習分成 (一) 探索階段；(二) 名詞引介；(三) 概念應用階段等三個階段 (張素娟，2008)。其中經過多次演變，如表 2-2-1。學生要改變原有的概念，必需產生概念衝突，而學習環是有效的教學策略之一 (Lawson, 1996；張靜儀，2005)。根據皮亞傑的理論，學習者從探索外界環境獲得訊息，將訊息同化於基模中，經由調適與同化重新建立平衡，而獲得新的知識與技能 (蘇育男，2009)。

表 2-2-1 學習環的演變 (參考自 Bybee, Taylor, Gardner, Scotter, Powell, & Westbrook, 2006；陳伶如，2007；蘇怡芳，2010)

年代	1967	1974	1979	1981	1983	1988	1993
時間軸							
學者	Karplus & Their	Karplus & Lawson	Erikson	Novick & Nussbaum	Renner et. al.	Lawson et. al.	Bybee & Landes
學習環	探索 發明 發現	探索 概念引介 概念應用	經驗 發現異例 重整概念	呈現別種 概念想法 製造概念 衝突 鼓勵認知 調適	經驗 詮釋 概念深入	探索 名詞引介 概念應用	參與 探索 解釋 精緻化 評量

5E學習環教學模式是1980年代，美國小學生物科學課程BSCS(Biological Science Curriculum Study)發展出含有建構主義特性的教學模式，後由Bybee和Landes(1988)將學習環改變成參與(Engagement)階段、探索(Exploration)階段、解釋(Explanation)階段、精緻化(Elaboration)階段及評價(Evaluation)階段等五個階段。分別敘述如下：

參與(Engagement)階段：引發學習任務，這階段活動在於連結過去和現在的學

習經驗，預期將來的活動，並給教師有關學生先備知識的訊息。學生身心皆參與要引入的概念、過程或技能。

探索（Exploration）階段：提供學生一個共同的經驗基礎。他們利用活動以確定和發展當前的概念、流程和技能。在這個階段，學生積極探索環境和使用材料。

解釋（Explanation）階段：著重在學生關注於參與和探索的經驗方面。它提供機會給學生用語言表達自己對概念的理解，並允許教師提出一個正式的術語或定義概念、過程、技巧或行為。

精緻化（Elaboration）階段：利用活動讓學生挑戰和擴大概念的理解，並提供更多的機會練習所需要的技能和行為。經過新的經驗，學生獲得更多給訊息，發展更深入和更廣泛的了解，並學習足夠的技能。

評價（Evaluation）階段：鼓勵學生評估他們的理解和能力，並允許教師評估實現教育目標及進展的情況。

二、5E 學習環教學模式的實徵性研究

以下就 5E 學習環教學模式的學習動機與學習成效、迷思概念等面向的相關研究來分析。在學習動機與學習成效的面向，以 5E 學習環教學模式進行自然課程的教學可提升學生的學習動機與成就。在迷思概念的面向，以 5E 學習環教學模式進行自然課程的教學可有效的改變學生的迷思概念，且概念的改變主要是發生在「探索」及「解釋」階段。整理與 5E 學習環教學模式相關的研究，如表 2-2-2。

表 2-2-2 與 5E 學習環教學模式相關的研究統整表

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
學習動機 學習成效	蘇育男	2009	以 5E 教學模式融入 Tyson 的多面向架構理論，探討學生熱學概念改變與學習動機	國中八年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 以學生為主體的學習科學知識，同儕、師生間探究與解釋的歷程是生活化且有趣的。 ● 5E 教學模式可以提升學生的學習成就及概念的改變。
	李宜蓁	2009	5E 學習環教學模式對國中學生科	國中二年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 長期性的實施「5E 學習環教學模式」有助於提升學生學習動

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
			學學習動機的研究		機及成效。
	林琬縈	2010	5E 學習環教學模式融入高職進修學校的物理教學的影響	高職	● 學生在物理科的學習動機及成效均有增加。
	Porandokht Fazelian, Abdolrarim Naveh ebrahim & Saeed Soraghi	2010	5E 學習環教學模式對中學生學習科學影響	中學生	● 5E 學習環教學模式可增加學習成效並保留科學概念。
	Kaynar, D., Tekkaya, C. & Cakiroglu, J.	2009	探討 5E 學習環對細胞概念學習之影響	中學生	● 5E 學習環教學法較傳統式教學法有較高學習成效。
	Ceylan, E., & Geban, Ö.	2009	探討 5E 學習環對溶解概念學習之影響	高一學生	● 5E 學習環教學法有較好的物質及溶解度概念。
	Liu, T.-C., Peng, H., Wu, W.-H., & Lin, M.-S.	2009	以個案研究方法探討 5E 學習環教導學生學習水生植物課程	國小四年級	● GPS 可提供課堂中戶外活動的相關資源，但需考慮應用的複雜性及老師的接受度。 ● 對於學生而言，5E 學習環是一個可有效學習科學及探究科學的教學法。
	Mustafa Y., & Gokhan D.	2012	探討 5E 學習環對氣體概念教學的影響	高中一年級	● 5E 學習環教學較傳統式教學成效好。 ● 5E 學習環教學更可讓學生將所學與日常生活中的現象做連結。
迷思概念	張素娟	2008	探討融入 PSHG 於 5E 探究式教材學習環對於牛頓運動定律的迷思概念之影響	國中	● 迷思概念能有效的改變。 ● 概念的改變主要發生在「合理性」階段，其次是「可理解性」階段。
	葉基倫	2011	探討融入 5E 學習環的補救教學對低成就國三學生光學迷思概念的影響	國中三年級低成就學生	● 概念改變主要是在探索階段及解釋階段，其次是精緻化階段。 ● 光學概念的補救教學以 5E 學習環設計對迷思概念的改變是有效的。
	侯佳典	2008	5E 探究式學習環對國二學生浮力	國中二年級	● 實驗組較控制組有較佳的浮力迷思概念改變。

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
	Cepni, S., Sahin, C. & Ipek, H.	2010	概念改變成效之 研究 探討 5E 學習環在 不同的教學模式 中對沉浮概念的 教學	國中八年 級	<ul style="list-style-type: none"> ● 5E 探究式學習環是適合做為 概念改變的教學策略。 ● 後測及延宕測驗中，實驗組可 提供正確的推理。 ● 後測中實驗組較易改變其概 念。

第三節 數位遊戲式學習

一、 數位遊戲：

人類社會中一直存在著的重要活動-遊戲，對於兒童的認知發展，遊戲活動更是重要的一部分（張智鈞，2010）。遊戲是隨個人意志而自由選擇的活動，以獲得歡樂作為報酬，對學生而言是有趣的、具吸引力的活動（吳常榮，2009）。遊戲所具備的特性有：幻想、規則/目標、感官刺激、挑戰、神秘、控制（Garris, Ahlers, & Diskell, 2002）。

將資訊科技應用在遊戲的設計上，成為數位遊戲。Prensky（2001）認為數位遊戲具有下列原因，所以吸引使用者：

- （一）娛樂性：讓使用者感覺歡樂。
- （二）遊戲性：讓使用者全心投入。
- （三）規則性：遊戲具有架構及進行規則，使遊戲得以順利進行。
- （四）目標性：遊戲具有目標、任務關卡，給予使用者遊戲動機。
- （五）人機互動性：使用者能輕易操作遊戲介面。
- （六）適性化：使用者能順暢的進行遊戲。
- （七）產出及回饋：提供使用者學習機會。
- （八）勝利的狀態：讓使用者獲得成就感。
- （九）衝突/競爭/挑戰/對立性：讓使用者感覺興奮與刺激。
- （十）問題解決：遊戲提供問題給使用者解決，可引發使用者的創造力。
- （十一）社會互動性：與其他使用者形成社群，共同進行遊戲。
- （十二）圖像及情節性：使用者因圖像或故事情節的刺激，而獲得情感上的滿足。

二、 數位遊戲式學習（ GAME-BASED LEARNING）：

遊戲對學生的吸引力，利用資訊科技將教學單元設計融入遊戲中，提高學生的學習動機進而提升學習成效。遊戲的挑戰性、奇幻性、感官刺激等特性，可以增進學習

動機 (Garris et al., 2002)，而應用數位科技在這些面向的設計上，可更吸引使用者。

傳統遊戲互動、競爭、合作的特質，應用在教育上數位遊戲可以更將之與教育內容及電腦作結合 (蔡福興，2008)。

Prensky (2001) 提出三大數位遊戲可應用在教育上的原因：

- (一) 大部分的人不喜歡學習，以遊戲的方式學習可提升學習者的投入程度。
- (二) 數位遊戲能在學習中包含互動。
- (三) 數位遊戲能夠結合前兩項因素。

三、 數位遊戲式學習的實徵研究：

以下就數位遊戲式學習的創造力、學習態度與學習成效、邏輯能力與問題解決能力、融入學習的設計等面向的相關研究來分析。在創造力的面向，以數位遊戲式學習可提升學生的創造力，且實用技能表現亦會隨之提升。在學習態度與學習成效的面向，以數位遊戲式學習大部分的研究發現可提升學生的學習態度與成效。在邏輯能力與問題解決能力的面向，以數位遊戲式學習發現對於學生的邏輯能力有提升，而不同學習成就、遊戲呈現不同的空間維度與操作介面、學生對遊戲的認同感均會影響學生問題解決的能力與歷程。在融入學習的設計面向，遊戲愈富有滿足感、挑戰性、合作競爭性、互動性對學生的吸引力愈大。整理與數位遊戲式學習的相關研究，如表 2-3-1。

表 2-3-1 數位遊戲式學習的相關研究統整表

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
創造力	林勝介	2009	數位遊戲與創意思考教學對提升國小學童創造力之影響	國小五年級	● 數位遊戲能提升學生創造力。
	胡博閔	2009	探討數位遊戲學習對學童創造力之成效與實作技能之影響		● 數位遊戲學習可提升學童創造力及學童實作技能。 ● 創造力的提升可幫助實作技能的表現。

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
學習態度 學習成就	李宗倫	2011	以電腦遊戲在高中地理教學的應用研究	高中生	<ul style="list-style-type: none"> ● 學生學習態度能有效提高。 ● 男生的學習態度表現優於女生。 ● 學生學習成就有提升。
	黃靚芬	2012	以競賽式數位遊戲融入小組競賽法教學,探討學生的學習成效與動機	國小高年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 可提升學生在社會領域的學習成效與動機。
	陳裕民	2012	數位遊戲對國小生節能減碳概念與問題解決能力之影響	國小四年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 數位遊戲教學對概念學習的成效優於傳統教學。
	陳憶萱	2007	學生進行數位學習時的風格與不同風格的學生之學習表現	國小中年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 視覺偏好強組在文字瀏覽模式中的科學學習成就較優。 ● 聽覺偏好強組與視覺偏好強組在語音模式中的科學學習成就較優。 ● 數位學習能提升學生學習成效。
	陳建達	2012	融入「全球暖化與節能減碳」數位遊戲學習系統中的學習成效	國小五年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 對概念學習有顯著效果。 ● 高分組和中分組學生學習成效優於低分組學生。
	陳卉綺	2012	透過不同效能數位悅趣式學習,探討學生在自然與生活科技領域的學習成效	國中九年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 不同的使用效能會影響概念的學習成就。 ● 學生對於悅趣式學習的態度是正面、肯定的。
	趙秀琴	2011	探討FACEBOOK數位遊戲式學習融入國中社會領域歷史科對於學生學態度與學習成效之研究	國中八年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 數位遊戲式學習有助於提升國中生短期間在歷史科「理解」和「應用」的學習。 ● 中等能力學生在「知識」、「理解」、「分析」有顯著差異。 ● 低能力學生在「應用」有顯著差異。
	吳叔鎮	2011	探討悅趣化數位學習教材對國小學童自然與生活科技領域學習成效及科學過程技能之進步情形	國小高年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 悅趣化數位學習教材進行自然與生活科技領域單元之學習可激發學習者動機。 ● 學習成效方面具有顯著之提升。
	范綱正	2011	數位遊戲式學習融入自然領域對低成就學童補救教學成效與態度之影響	國小三年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 數位遊戲式補救教學提升學習成就幅度較傳統式補救教學高。 ● 學習態度方面數位遊戲式補救教學提高較多。
	吳天貴	2007	以情境式學習的概念結合數位遊戲式學習,以「做中學」的概念及方式來習得對於節約能源的實作知識。	碩士班 研究生	<ul style="list-style-type: none"> ● 有助於提升學習者的動機。 ● 能提昇能源議題的自我覺知及未來節約能源的意願及方式

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
	許湘宜	2012	數位遊戲融入教學對國小生之品德教育認知理解與態度影響之研究	國小學童	<ul style="list-style-type: none"> ● 數位遊戲式學習可提升學習成效。 ● 數位遊戲式學習與經驗式學習於學習態度上無明顯差異。
	賴俊甫	2007	探討國小學童接受「數位遊戲學習系統」教學後，對科學態度的影響	國小五年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 對學習科學的態度實驗組優於對照組學生。
	Ching-Hsue Cheng & Chung-Ho Su	2012	探討遊戲式學習對學生學習效果之影響	大學三年級學生	<ul style="list-style-type: none"> ● 學生的學習動機對其學習成效有顯著影響。 ● 實驗組（數位遊戲式學習）較對照組（傳統面對面教學）有較高的學習成效。
	Han-Yu Sung & Gwo-Jen Hwang	2013	探討協同式的遊戲融入教學對學生科學課程學習的成效	小學六年級學生	<ul style="list-style-type: none"> ● 協同式的教育遊戲有利於促進學習態度和學習動機。 ● 提高學生的學習成就與自我效能。
	Papastergiou, Marina	2009	探討數位遊戲式學習應用於高中電腦教學對學生的學習成效及動機	高中生	<ul style="list-style-type: none"> ● 應用數位遊戲式教學對學生電腦課程的學習較有成效。 ● 男生、女生在經過數位遊戲式教學後，學習成效為顯著不同。
邏輯能力 問題解決能力	陳彥杰	2008	數位遊戲教學對學生邏輯推理能力的影響	國小學童	<ul style="list-style-type: none"> ● 數位遊戲教學能提升學生整體之邏輯三段論推理能力。
	李宜穎	2007	探討數位遊戲學習中學童問題解決歷程的差異	國小五年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 數位遊戲學習系統對不同學習成就學童問題解決歷程的認知無顯著差異。 ● 高學習成就學童易了解遊戲中的問題情境。 ● 高學習成就學童具較好的實際問題解決行為策略並提出較好的解決策略。 ● 高學習成就學童能在使用遊戲時同時學習知識。
邏輯能力 問題解決能力	林淑蕙	2009	以不同空間維度呈現及不同操作介面方式之數位遊戲學習系統進行教學，探討之學習成效。	國小五年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 「三維空間」和「二維圖面」之數位遊戲學習系統，可提升學童之學習成就且具有持續性幫助。 ● 「三維空間」和「二維圖面」之數位遊戲學習系統，可提升學童之問題解決能力且具有持續性幫助。 ● 「三維空間」和「二維圖面」之數位遊戲學習系統，可提升學童之空間能力且具有持續性幫助。 ● 「三維空間」和「二維圖面」之科學問題解決數位遊戲學習系統教學，實驗組 A 的空間能力優於實驗組 B。 ● 能提升學童的想像力、好奇

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
融入學習的設計	許昱寧	2010	探討學生使用數位學習遊戲後對於問題解決能力的影響	國中八年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 心、傾向於主動解決問題、提升解決能力。 ● 最適刺激程度越高、授權賦能的程度越高，則學生對於體驗價值的認同性就越高。 ● 學生對於體驗價值感、授權賦能的程度越高，則問題解決能力的提升也越高。
	陳裕民	2012	數位遊戲對國小生節能減碳概念與問題解決能力之影響	國小四年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 數位遊戲教學對問題解決能力的提升優於傳統教學。
	黃祐謙	2011	建立數位遊戲式學習的模式		<ul style="list-style-type: none"> ● 滿足感會影響遊戲的使用時間。 ● 學習者需富挑戰性的目標。 ● 社群間的合作與競爭會影響數位遊戲的學習。
	蔡宜良	2011	「擴增實境式星體運動教學教材」探討該教材對於學童之動機影響以及系統評估	國小學童	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習內容與擴增實境互動可提升學童興趣與輔助學習。
	DeLeeuw, K. E. & Mayer, R. E.	2011	教育遊戲的設計對認知的影響	大學生	<ul style="list-style-type: none"> ● 遊戲中增加競爭元素，並非對所有學生均可增加其學習動機。 ● 不建議對男生使用的教育遊戲中增加競爭元素。
	Barab, S. A., Scott, B., Siyahhan, S., Goldstone, R., Ingram-Goble, A., Zuiker, S. & Warren, S.	2009	利用電子遊戲對科學教育課程的轉型		<ul style="list-style-type: none"> ● 身歷其境的組別學習成效較佳。

第四節 光學概念的相關研究

以下就光學概念的迷思概念、教學模式、教學成效等面向的相關研究來分析。在迷思概念的面向，有研究發現學生會將物理概念以物質的概念來解釋，有些光的迷思概念不易改變或易轉變成其他迷思概念。在教學模式的面向，以建構取向、POE 教學策略、5E 探究式教學等教學模式對於光學概念的學習均有正向的幫助。在教學成效的面向，多媒體教學與建模教學可提升學生的光學學習成效。整理與光學概念的相關研究，如表 2-4-1。

表 2-4-1 光學概念的相關研究統整表

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
迷思概念	葉基倫	2011	探討以 5E 學習環進行光學的補救教學，研究概念相關問題。	低成就國三學生	● 學生的迷思概念大多是「物質類別」，將物理概念以物質來解釋。
	何嘉峻	2003	探討不同性別之國二、國三學生對光學迷思概念之差異	國二、國三學生	● 整體光學概念對不同性別之國二、國三學生無明顯差異。 ● 男生在「光源」、「光的折射」、「光與影子」概念的得分較女生高。
	蔡明儒	2004	探究國小學生對光學迷思概念之改變	國小	● 「光與陰影」的迷思概念不易改變。 ● 「光的反射」與「視覺」的迷思概念易轉變成其他迷思概念。 ● 「光與視覺」的迷思概念易改變。
	李采襄	2003	探討國小學生光學迷思概念	國小中、高年級	學生在光學的迷思概念有： ● 將光視為物體。 ● 光在黑暗中較白天傳遞遠。 ● 白天無法傳遞光。 ● 黑暗中有影子。 ● 影子的形成概念錯誤。 ● 無漫射的概念。
	黃可欣	2006	研究以二階段評量診斷工具評測國中光學概念	國中	● 二階段評量診斷工具可快速找出學生的迷思概念。
	教學模式	廖經宏	2002	利用建構取向教學模式對國小學生光學概念影響之研究	國小

面向	研究者	年代	研究目的	研究對象	研究結果
	葉基倫	2011	探討以 5E 學習環進行光學的補救教學，研究概念相關問題	低成就國三學生	<ul style="list-style-type: none"> ● 5E 學習環中「探索」、「解釋」兩個階段是發生概念改變的主要階段。
	尤建捷	2008	POE 教學策略對凸透鏡成像概念之學習成效	國中九年級	<ul style="list-style-type: none"> ● POE 教學策略對凸透鏡成像概念學習及迷思概念之解決有成效。
	王敏祝	2004	以探究式教學提升國中學生光學的學習成效	國中	<ul style="list-style-type: none"> ● 探究式教學對國中學生光學的學習是有幫助的。 ● 探究式教學對學生抽象概念的理解是有幫助的。
	李玉貞	2000	探討光學史融入教學對高中生科學本質及光學概念學習之影響	高中一年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 光學史融入教學不會使學生學習成效下降。 ● 光學史融入教學可使學生科學本質觀改變。 ● 接受光學史融入教學的學生較易改變概念。 ● 光學史融入教學可讓學生具反思能力。
	賴廷維	2006	以探究式教學法發展國中光學教學模組之行動研究	國中	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習成效認知的部份良好。 ● 大部份的學生配合資訊融入教學的方式在 5E 探究式教學策略可以充分瞭解光學中反射與折射的概念。
學習成效	陳俊昌	2006	探討多媒體進行透鏡成像補救教學之成效	國中	<ul style="list-style-type: none"> ● 多媒體進行透鏡成像補救教學之前、後學習成效具顯著差異。
	楊宜雯	2009	探究七年級在「光學」建模教學的心智模式改變與建模能力的表現	國中七年級	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習成效後測中實驗組在「反射與平面鏡」、「折射現象」優於控制組。 ● 而控制組在「光與視覺」部分較有助於學習。

第三章 研究方法

基於本研究目的與研究問題，設計相關的教學課程，以研究嵌入數位遊戲於 5E 教學環教學法對學生學習成就之影響。以下就本研究之研究對象、研究設計與流程、研究教學設計與工具、資料處理與分析、研究範圍與限制詳加說明。

第一節 研究對象

研究者任教學校為臺北市某公立完全中學，國中部每個年級有 10 個班級，編班方式為 S 型常態編班，每個班級的人數約 34 人，男女比率約 1.2:1，每年畢業生升公立高中的比率約 5 成。學校座落在市中心，學區內家長的社經背景屬於中階，校內學生單親、隔代教養、中低收入戶、外籍配偶子女約佔 18%。

一、 預試樣本

預試樣本為研究者任教學校九年級其中一個班的學生，本班學生於八年級已學過光的反射定律與折射定律，請學生預試本研究之「概念測驗」題目後進行試題分析。

二、 研究樣本

為方便進行實驗教學及施測，研究樣本中實驗組為研究者所任教之八年級班級，該班男生 16 人，女生 15 人，全班共 31 人，其中有 3 位男學生屬於特教生（1 位自閉症，2 位疑似學習障礙）。對照組為同校之八年級班級，該班男生 17 人，女生 17 人，全班共 34 人。

實驗組段考成績屬於中後，七年級自然與生活科技領域-生物科段考成績於校內班級排名位於後 3 名，八年級第一次段考成績於校內班級排名為第 7 名。對照組段考

成績屬於中後，七年級自然與生活科技領域-生物科段考成績於校內班級排名位於後 3 名，八年級第一次段考成績於校內班級排名為第 10 名。

三、 研究者

研究者本身為國立科技大學化學工程系畢業，輔修中等教育學程 26 學分，教育實習後取得教師證，教師證科別為中等學校理化科及中等學校化學科，任教年資為 7 年。

第二節 研究設計與流程

本研究採用準實驗研究法，研究設計中變項間關係及研究架構如圖 3-2-1 所示。

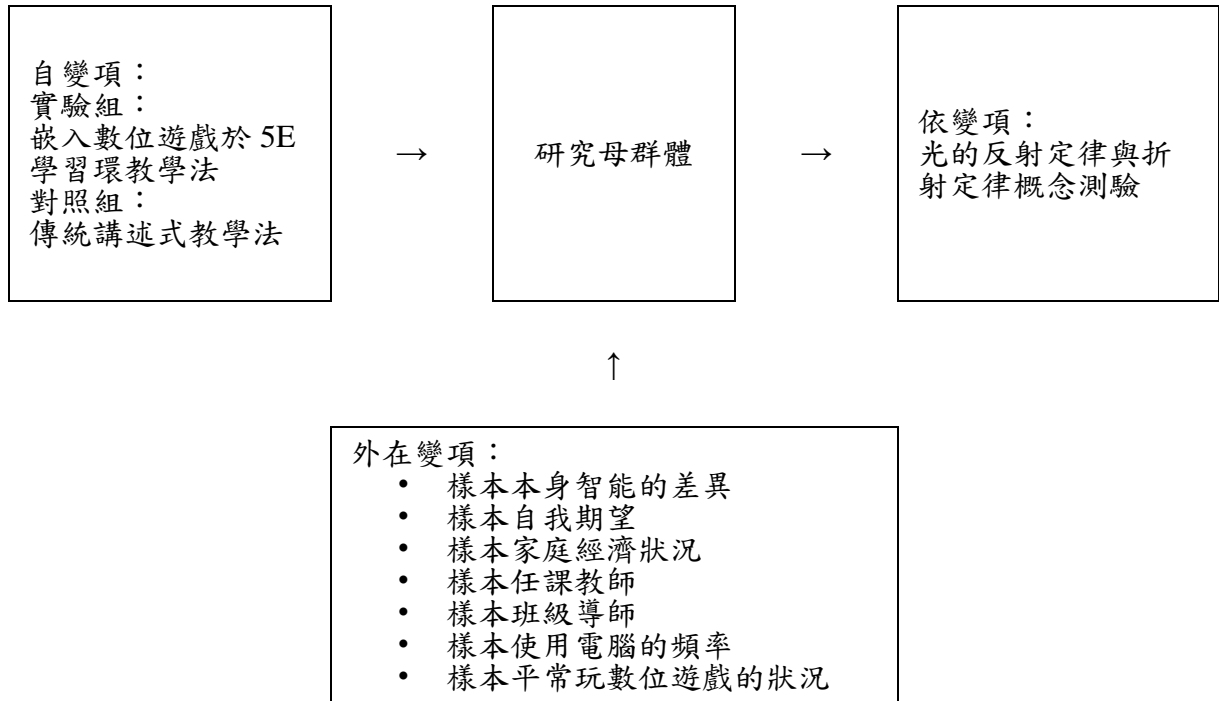


圖 3-2-1 變項間關係及研究架構圖

本研究之教學方法，實驗組為嵌入數位遊戲於 5E 學習環再導入光的反射與折射課程學習中，對照組為傳統的講述式教學。光的反射與折射概念測驗，主要以南一書局所出版的題目光碟再經過修改而得，此概念測驗用來測驗實驗組與對照組之學習前、後測。實驗組在每個概念內容的學習前、後，另需完成該概念內容的學習單，概念教學前以藍色筆完成學習單並說明理由，概念教學完成後以同一份學習單讓同學用紅色筆修正之前所完成的部分，並說明修正的理由。

本研究採量化與質性的研究方式並行，探討嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法導入學習對國八學生光的反射與折射學習成就之影響。本研究之研究流程，如圖 3-2-2。



圖 3-2-2 研究流程圖

一、 研究準備及工具發展階段

(一) 擬定研究主題

研究者原本對於數位軟體融入教學就很有興趣，加上從事教職的經驗中看到許多

學生因為玩數位遊戲而荒廢學業，若能將學生對玩數位遊戲的主動積極性轉移至學習，對於學生的學習成就是否有差異？在嵌入數位遊戲式學習的過程中，學生的科學概念的學習上有何改變？

在許多的研究中指出遊戲融入教學中對於學生的學習興趣能有所提升，在與指導教授-許瑛瑄博士討論的過程中，指出學生玩數位遊戲後是否對於所要學習的概念能得到學習成效及科學概念的學習如何改變，因此本研究試著以嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法的教學過程中，檢測進行本研究的實驗教學前、後對於學生科學概念學習成就及科學概念的學習改變之影響。

(二) 搜尋適合融入教學之數位遊戲並設計教學概念活動教案

1. 教科書之分析

研究者任教學校之自然與生活科技領域所用教科書版本為南一版，在此先分析南一版教科書中有關光的反射定律與折射定律概念之課程內容。本單元安排在國八上學期的課程內容第四章第 2 節及第 3 節，在介紹光的反射定律時輔以圖 3-2-3 教學，圖中清楚指出有關反射定律中的名詞。在平面鏡成像的內容中，以人從平面鏡看到自己的像及從平面鏡看到花的像，以上這兩個情況的成像圖來說明人如何看見鏡中的像，如圖 3-2-4。並利用物體在鏡中的成像圖，介紹「虛像」的定義及成像的性質。

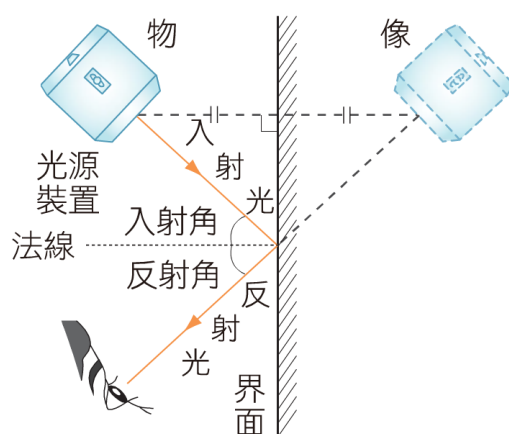


圖 3-2-3 光的反射定律 (南一出版社, 2012, p98)

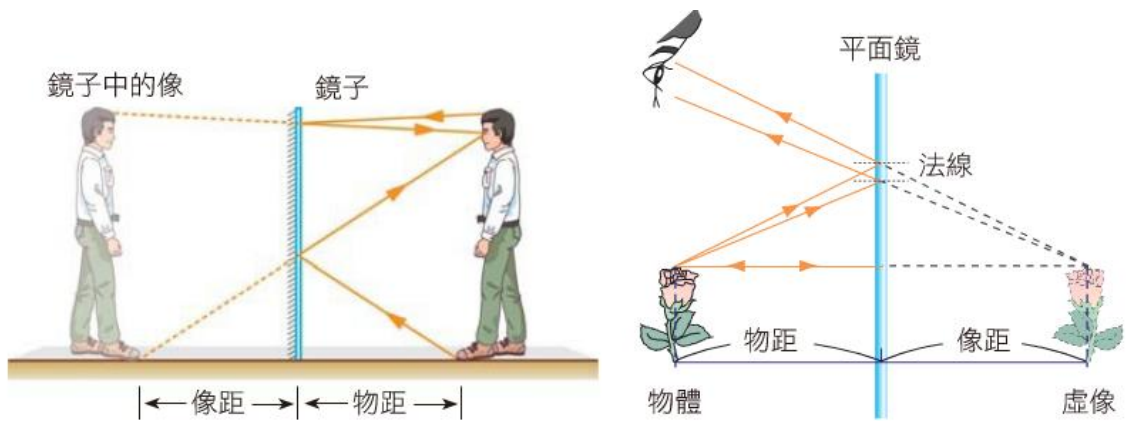


圖 3-2-4 物體在鏡中的成像（南一出版社，2012，p99）

凹面鏡與凸面鏡的內容中，包含介紹何謂凹面鏡與凸面鏡，並舉例說明生活中的應用及其成像的性質，並以圖 3-2-5 說明「焦點」及「光的可逆性」。

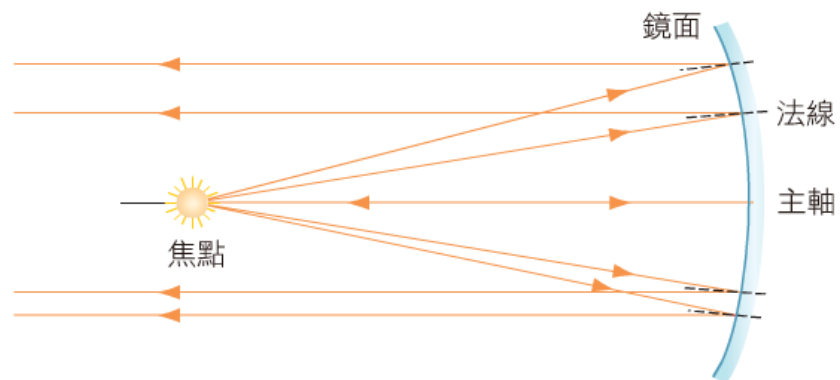


圖 3-2-5 光的可逆性（南一出版社，2012，p101）

在介紹光的折射定律時，輔以圖 3-2-6 指出各名詞位置，並以「碗中硬幣」、「水中筷子」的照片，讓學生看見生活中的折射現象。

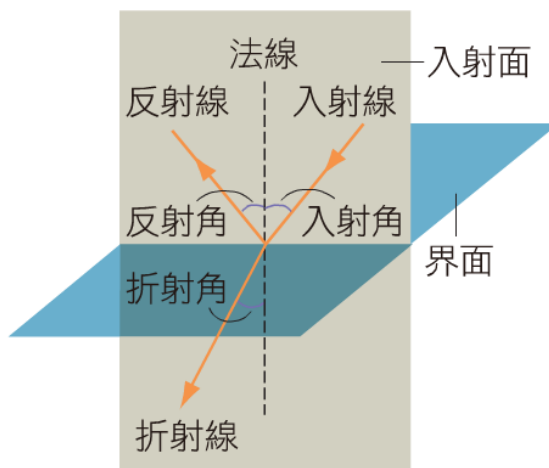


圖 3-2-6 光的反射與折射（南一出版社，2012，p104）

再利用光通過三稜鏡的特性，介紹凸透鏡與凹透鏡的定義，並以平行光通過凸透鏡與凹透鏡所看到「光的發散」、「光的會聚」現象，介紹「焦點」、「虛焦點」及「焦距」。如圖 3-2-7 及圖 3-2-8。

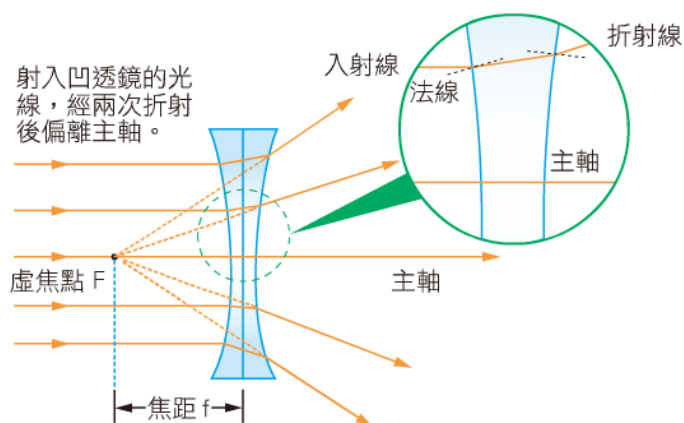


圖 3-2-7 光的發散現象（南一出版社，2012，p109）

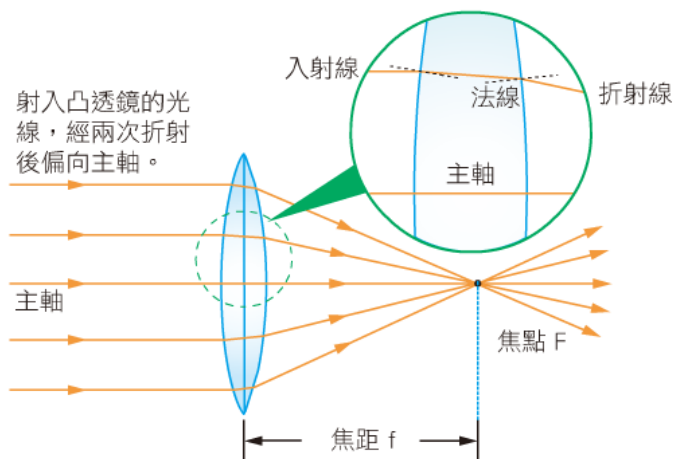


圖 3-2-8 光的會聚現象（南一出版社，2012，p108）

利用透鏡成像的實驗，讓學生觀察物體在透鏡的不同位置時，所成像的性質為何？並輔以圖 3-2-9 及圖 3-2-10 呈現成像的性質。

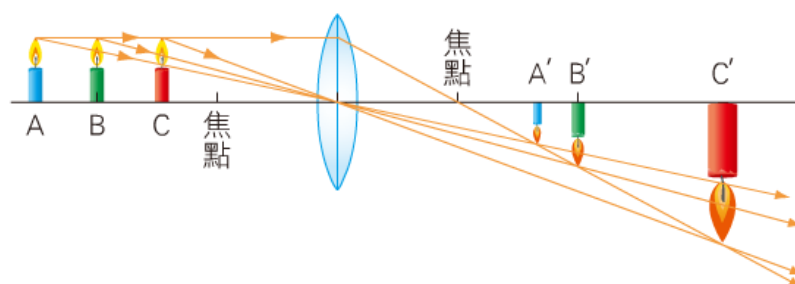


圖 3-2-9 凸透鏡成像示意圖（南一出版社，2012，p111）

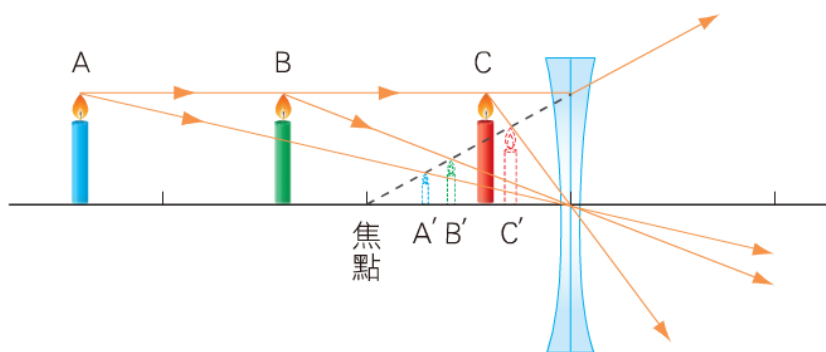


圖 3-2-10 凹透鏡成像示意圖（南一出版社，2012，p112）

接著說明如何以作圖的方式得到物體經透鏡所成的像，並輔以圖 3-2-11 與圖 3-2-12 呈現。

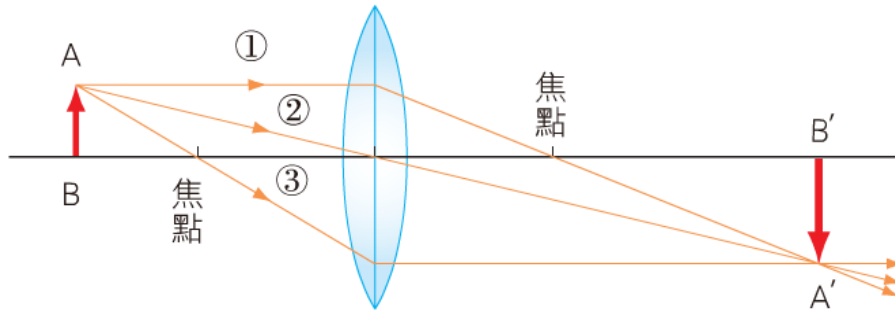


圖 3-2-11 凸透鏡成像作圖（南一出版社，2012，p112）

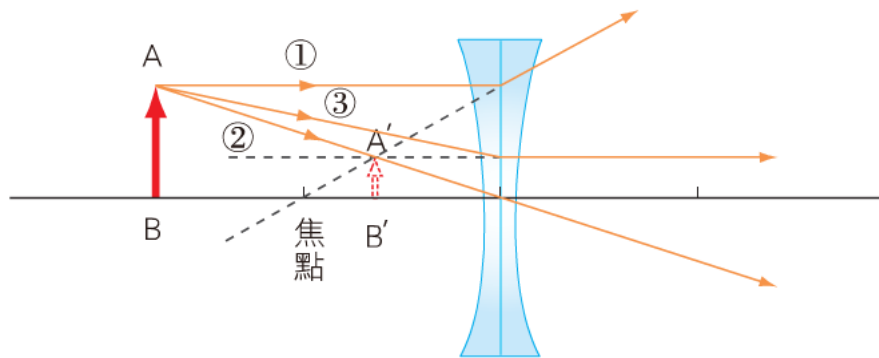


圖 3-2-12 凹透鏡成像作圖（南一出版社，2012，p113）

2. 搜尋適合融入教學之數位遊戲

搜尋市面上現成的數位遊戲軟體及網路數位小遊戲，分析各遊戲所融入之科學概念及遊戲本身操作方式、介面設計對於教學之評估，如表 3-2-2。融入之國中自然與生活科技能力指標，如表 3-2-3。

表 3-2-2 數位遊戲評估

遊戲名稱 融入之科學概念	軟體或網 址	融入之國中自然與生活 科技能力指標	優點	缺點
瘋狂機器 2	Crazy Machines 2	2-4-1-1 2-4-4-2 2-4-5-6 2-4-5-7 2-4-6-1 6-4-2-1 6-4-2-2 6-4-4-1 6-4-4-2 8-4-0-4	1.以解決謎題的方式進行遊戲，富挑戰性。 2.設計好執行流程，可即時進行，即時回饋。 3.畫面精緻。 4.包含之科學概念多元。	1.操作界面與遊戲訊息為英文，學生操作時增加困難度。 2.一個關卡中需應用多個科學概念，對尚未學習過的概念，學生不易過關。
憤怒鳥	Angry Bird	2-4-6-1 6-4-4-1	1.遊戲界面簡單易上手。 2.有故事性，富趣味性。	1.無法記錄學生操作歷程。 2.拋體運動國中未學習。 3.較難讓學生知道所要教的概念。
拋體運動 國八自然與生活科技-槓桿原理 國九自然與生活科技-運動定律	http://www.i-gamer.net/play/2611.html	2-4-1-1 2-4-4-2 2-4-5-6 6-4-2-1 6-4-2-2 6-4-4-1 6-4-4-2 8-4-0-4	1.操作容易。 2.競爭：以計分闖關方式進行。 3.學生可即時的調整射擊角度，訓練學生面對不同情境，做出即時判斷。 4.可以自行設計關卡。 5.遊戲界面有趣。	1.無法記錄學生操作歷程。
雷射死光槍	http://www.i-gamer.net/play/2611.html	2-4-1-1 2-4-4-2 2-4-5-6 6-4-2-1 6-4-2-2 6-4-4-1 6-4-4-2 8-4-0-4	1.操作容易。 2.競爭：以計時方式進行，遊戲結束會即時給評語。 3.學生可即時的調整反射面，訓練學生面對不同情境，做出即時判斷。	1.無法記錄學生操作歷程。
反射大進擊	http://i-gameworld.com/games/gc586.php	2-4-1-1 2-4-5-6 6-4-2-1 6-4-2-2 6-4-4-1 6-4-4-2	1.操作容易。 2.競爭：以計時方式進行，遊戲結束會即時給評語。 3.學生可即時的調整反射面，訓練學生面對不同情境，做出即時判斷。	1.無法記錄學生操作歷程。
鏡面反彈(Labyrex)	http://www.qk3000.com/game/5625.html	2-4-1-1 2-4-5-6 6-4-2-1 6-4-2-2 6-4-4-1 6-4-4-2	1.操作容易。 2.競爭：以闖關方式進行。	1.無法記錄學生操作歷程。

遊戲名稱 融入之科學概念	軟體或網址	融入之國中自然與生活 科技能力指標	優點	缺點
奇妙反射鏡一代及二代 國八上學期自然與生活科技-反射定律	http://game.youthwant.com.tw/fr ee game/page?gid=1591 http://game.youthwant.com.tw/fr ee game/page?k=QzA1OIY2MDAwMTY2	2-4-1-1 2-4-5-6 6-4-2-1 6-4-2-2 6-4-4-1 6-4-4-2	1.操作容易。 2.競爭：以闖關方式進行。 3.即時回饋結果，學生可用試誤法進行。	1.無法記錄學生操作歷程。
鏡子的遊戲 國八上學期自然與生活科技-平面鏡成像	http://www.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/optics/mirrorgame.html	2-4-1-1 2-4-5-6 6-4-4-1 6-4-4-2	1.競爭：以時間長短及是否超出範圍計算分數多寡。 2.即時回饋結果，學生可多次練習。	1.學生必須熟練滑鼠移動。 2.無法記錄學生操作歷程。
物理畫線一刀切 國九上學期自然與生活科技-重力	http://my-gamer.com/games/gc1408.html	2-4-1-1 6-4-4-1 6-4-4-2	1.競爭：以時間長短計算分數多寡。 2.即時回饋結果，學生可多次練習。	1.無法記錄學生操作歷程。
Assembler 移動箱子 國九上力矩、槓桿 國八下浮力	http://www.physicsgames.net/game/Assembler.html	2-4-1-1 6-4-4-1	1.競爭：以時間長短計算分數多寡。 2.即時回饋結果，學生可多次練習。	1.無法記錄學生操作歷程。
斜坡：力與運動 國九上力與運動 國八下摩擦力	http://phet.colorado.edu/zh_TW/simulation/ramp-forces-and-motion	2-4-1-1 6-4-4-1	1.可記錄學生操作歷程。 2.可用數值更改數字。 3.變更改動的物體，較有趣。 4.小遊戲可計分。	1.畫面設計較簡單。
達文西的興趣小遊戲 國九上學期力與運動	http://www.game388.com/flash-game/3659.html	6-4-4-1 6-4-4-2	1.競爭：以時間長短計算分數多寡。 2.即時回饋結果，學生可多次練習。	1.無法記錄學生操作歷程。

遊戲名稱 融入之科學概念	軟體或網址	融入之國中自然與生活 科技能力指標	優點	缺點
快打成像	http://haha90.phy.ntn	2-4-1-1 2-4-4-2	1.競爭：以答對題數計算分數多寡。	1.畫面設計較簡單。
國八上學期光的反射與折射	u.edu.tw/	2-4-5-6 6-4-2-1 6-4-2-2	2.即時回饋結果，學生可多次練習。	

表 3-2-3 融入之國中自然與生活科技能力指標

國中自然與生活科技能力指標	內容
2-4-1-1	由探究的活動，嫻熟科學探討的方法，並經由實作過程獲得科學知識和技能。
2-4-4-2	探討物質的物理性質與化學性質。
2-4-5-6	認識聲音、光的性質，探討波動現象及人對訊息的感受。
2-4-5-7	觀察力的作用與傳動現象，察覺力能引發轉動、移動的效果。以及探討流體受力傳動的情形。
2-4-6-1	由「力」的觀點看到交互作用所引發物體運動的改變。改用「能」的觀點，則看到「能」的轉換。
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。
6-4-2-2	依現有理論，運用演繹推理，推斷應發生的事。
6-4-4-1	養成遇到問題，先行主動且自主的思考，謀求解決策略的習慣。
6-4-4-2	在不違背科學原理的最低限制下，考量任何可能達成目的的途徑。
8-4-0-4	設計解決問題的步驟。

根據研究者任教學校國八自然與生活科技領域所用教科書版本，規劃適合融入教學之數位遊戲，最後以光的反射定律與折射定律為融入之教學章節，選擇之數位遊戲為「雷射死光槍」與潘冠琦老師所製作之「快打成像」遊戲。

「雷射死光槍」遊戲（軟體介面圖，如圖 3-2-13、圖 3-2-14、圖 3-2-15）可以訓

練學生由入射線與反射面之角度去判斷反射線的角度，讓學生在遊戲中學習到入射角度與反射角度之關係。學生只需具備反射定律的概念，即可進行遊戲，對於大多數的學生而言是容易的遊戲。

「快打成像」遊戲（軟體介面圖，如圖 3-2-16、圖 3-2-17）可以訓練學生利用所學之面鏡、透鏡成像原理，快速的判斷物體成像的位置，並可即時回饋學生正確性，在遊戲中物體放在不同的面鏡、透鏡前，學生依面鏡、透鏡種類及其焦點，可看到成像的位置、大小等性質。學生要進行此遊戲，必需具備物體在不同的面鏡、透鏡前，所成像的性質之概念，才能順利進行遊戲，此遊戲易對學生有造成一定程度的認知負荷，乃為學生會認為較困難的遊戲。



圖 3-2-13 雷射死光槍遊戲介面圖



圖 3-2-14 雷射死光槍遊戲介面圖



圖 3-2-15 雷射死光槍遊戲介面圖

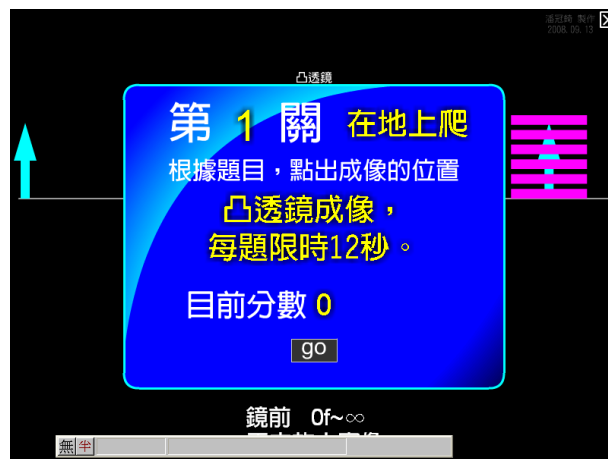


圖 3-2-16 快打成像遊戲介面圖

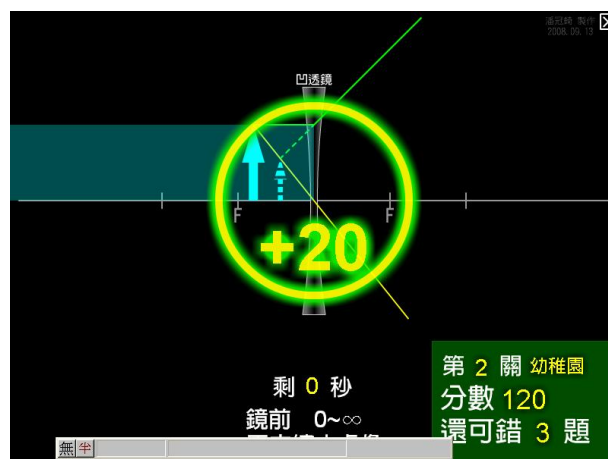


圖 3-2-17 快打成像遊戲介面圖

3. 設計教學概念活動教案

教學概念活動教案的設計，以 5E 學習環理論為架構設計，其中參與(Engagement)階段、探索(Exploration)階段、解釋(Explanation)階段、精緻化(Elaboration)階段依教學活動設計進行兩次的循環，評價(Evaluation)階段在上面的教學活動循環結束後進行。參與階段：以學生的日常生活經驗介紹進入教學活動，再導入設計之數位遊戲故事的前言，引起學生學習的動機與興趣。探索階段：讓學生寫概念單元的學習單(以藍筆書寫)，再利用融入之闖關秘笈及執行數位遊戲，學習所要教授的概念。解釋階段：讓學生發表遊戲成績或遊戲進行中所遭遇的困難，引導其他同學一起討論與概念單元的關係。精緻化階段：讓學生再寫一次概念單元的學習單(以紅筆書寫)，完成後老師公布正確的答案。評價階段：請同學回想所學到有關反射與折射的知識並分享給其他同學，其他同學給回饋，並進行概念測驗後測。

根據研究者任教學校的行事曆及期初所擬訂之教學進度表，在正式進行教學活動前，先進行概念測驗前測。本研究規劃 4 堂課的時間進行數位遊戲融入教學的活動，並在每個概念教學前先寫概念單元活動學習單，教學活動結束後再寫一次該學習單，讓學生有機會重新檢視自己在學習前、後的概念有何不同，亦可讓研究者瞭解自身的教學是否對學生有概念上的影響，再根據學習單回饋的質性資料修正教學方法，即時的將學生錯誤的概念引導到正確的概念。本研究所設計的概念活動課程結束後，再進行概念測驗後測。

4. 編寫概念單元活動學習單

依每個概念單元再細分成更小的概念單元去製作，每張學習單依物體所在位置去做區分，分為平面鏡成像 1 張、凹面鏡成像 3 張、凸面鏡成像 3 張、凹透鏡成像 3 張、凸透鏡成像 3 張。

(三) 發展研究工具

本研究所用的概念測驗乃利用研究者任教學校自然與生活科技領域教科書版本提供之題庫修改而得，先請 2 位分別教授國中理化科 5 年及高中物理科 10 年的老師進行專家審查，針對題本中題目敘述不清、圖形表達不明進行修改，並針對學習概念

內容題目及認知層次的雙向細目表進行審查，修改完成後再請 1 位國立大學物理系教授進行專家審題後修改題目，以建立專家效度，完成後請研究者任教學校之國中九年級 1 個班級（共 33 人）進行預測，然後進行試題分析。

本研究之概念測驗工具雙向細目表，如表 3-2-4。預試之試題分析，如表 3-2-5。

表 3-2-4 概念測驗工具雙向細目表

認知層次 學習概念	知識		理解		應用		分析		合計題數
	文字	圖形	文字	圖形	文字	圖形	文字	圖形	
光的反射定律		1		2		3		4、5	5
平面鏡成像原理	6			7		8、9	10		5
凸面鏡成像原理	11			12			13		3
凹面鏡成像原理			14		15、16		17		4
光的折射現象	18	19	20	21	29	22		23、24	8
凸透鏡成像原理	25			26		27、28	30	31、32	7
凹透鏡成像原理						33	34		2
文字、圖形 表徵題數	4	2	2	5	3	7	5	6	34
合計題數	6		7		10		11		34

表 3-2-5 預試之試題分析表

題號	答對率	PH	PL	難度	鑑別度
1	0.697	1.000	0.400	0.700	0.600
2	0.879	1.000	0.700	0.850	0.300
3	0.636	1.000	0.200	0.600	0.800
4	0.636	0.889	0.600	0.744	0.289
5	0.636	0.889	0.500	0.694	0.389
6	0.576	0.778	0.200	0.489	0.578
7	0.788	1.000	0.400	0.700	0.600
8	0.697	1.000	0.300	0.650	0.700
9	0.576	1.000	0.200	0.600	0.800
10	0.515	0.667	0.300	0.483	0.367
11	0.636	0.889	0.300	0.594	0.589
12	0.273	0.333	0.300	0.317	0.033
13	0.485	0.778	0.300	0.539	0.478
14	0.667	0.889	0.300	0.594	0.589
15	0.212	0.444	0.000	0.222	0.444
16	0.515	0.889	0.400	0.644	0.489
17	0.364	0.667	0.200	0.433	0.467
18	0.758	1.000	0.500	0.750	0.500
19	0.636	1.000	0.300	0.650	0.700
20	0.697	0.889	0.400	0.644	0.489
21	0.152	0.556	0.000	0.278	0.556
22	0.576	1.000	0.400	0.700	0.600
23	0.333	0.556	0.200	0.378	0.356
24	0.303	0.778	0.200	0.489	0.578
25	0.545	1.000	0.100	0.550	0.900
26	0.455	0.889	0.400	0.644	0.489
27	0.182	0.333	0.100	0.217	0.233
28	0.333	0.889	0.200	0.544	0.689
29	0.515	0.889	0.400	0.644	0.489
30	0.212	0.222	0.100	0.161	0.122
31	0.182	0.333	0.100	0.217	0.233
32	0.364	0.556	0.100	0.328	0.456
33	0.515	0.889	0.100	0.494	0.789
34	0.424	0.556	0.100	0.328	0.456

經由試題分析所得鑑別度在 0.2 以下的題目有第 12 題和第 30 題共 2 題，第 12 題為圖形題，主要目的檢測學生利用面鏡成像及透鏡成像的基本性質去判斷光學鏡片

的種類，學生可由題目中得到鏡中的像為正立縮小像，利用此條件可知有可能的鏡片為凹透鏡與凸面鏡，再由鏡中的像為鏡前的人所成的像，可得結果為凸面鏡。第 30 題為文字題，主要目的檢測學生對物體在凸透鏡前由遠至近的位置，所產生的像之性質的統整性，本題為本研究希望能看到學生操作動態的數位遊戲與動畫，可增進在此類型題目的學習成效。

二、 實驗進行階段

本研究實驗組利用研究者所任教之班級進行，共進行 4 節課，每節課 50 分鐘。對照組為同校同年級之另一班級，任教教師為國立師範大學物理系畢業之合格教師，目前身份為代課教師。

實驗組融入之數位遊戲與動畫為網路搜尋及書商所提供之教學資源光碟所得，學生課後可利用網路再做練習。對照組為傳統的講述式教學。

實驗組教師與對照組教師於研究進行前，針對本研究的目的與資料收集流程進行討論，在不影響學生學習進度與教師教學情形下進行概念測驗前測與後測的施測。

三、 資料分析與論文撰寫階段

研究根據所得「概念測驗」成績進行資料整理，再依研究之問題進行不同方面的統計分析，所得的結果依研究目的編寫成討論與建議，最後彙整結論撰寫於論文中定稿。

第三節 研究教學設計與研究工具

一、 研究教學設計

本研究之教學設計，設計理念說明，如表 3-3-1。教學流程，如表 3-3-2。

表 3-3-1 研究教案設計理念說明

單元名稱		光的反射與折射			
適用對象	國中八年級學生	班級人數	31 人	教學時間	四節課 每節 50 分鐘
教學模式	嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法	器材	南一版自然與生活科技八上課本、學習單、單槍、電腦		
教學目標		設計理念 說明所採用的教學模式和策略如何能達成各項教學目標			
學生能說出反射定律的內容		學生在「參與」、「探索」階段經由思考整理光的反射現象，並歸納出反射定律。			
學生能應用反射定律預測物體的成像位置		學生在「探索」階段將所學的反射定律應用於遊戲軟體操作中。			
學生能夠說出凸面鏡、凹面鏡成像的原理		教師在「解釋」階段引導學生釐清反射定律，並於「精緻化」延伸學生所學到凸面鏡、凹面鏡的成像。			
學生能說出透鏡成像的原理		學生在「參與」、「探索」階段試著歸納出折射定律。在「解釋」階段學生釐清折射定律。			
學生能夠畫出凸透鏡、凹透鏡成像的性質		教師於「精緻化」階段引導學生延伸所學，試著將折射概念應用解釋凸透鏡、凹透鏡的成像。			

表 3-3-2 教學流程

教學階段	教學活動	關鍵問題	評量方式	時間(分)	教學資源
第一節					
參與	1. 老師利用電腦呈現在日常生活中常見之光的反射現象的照片，問同學是否有看過這些現象，並鼓勵同學說出自己的經驗。	是否看過這些光的反射現象，喚起學生記憶	<u>評量方式</u> 問答法 <u>預期表現</u> 學生能說出自己的經驗，但對於反射現象的細節無法清楚說明	5min	電腦教室 個人電腦 公播系統 黑板
	2. 引導學生思考這些現象可能形成的原因，並說出自己的想法。			6min	
	3. 以設計之數位式遊戲，帶入故事性的前言，引起學生學習動機。			4min	

教學階段	教學活動	關鍵問題	評量方式	時間(分)	教學資源
探索	1. 學生第一次挑戰平面鏡成像的學習單。(用藍筆作答)	請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。 將所學的反射定律應用在數位遊戲“雷射死光槍”上	<u>評量方式</u> 學習單、數位遊戲 <u>預期表現</u> 學生能畫出大致的成像，但在二次成像會有錯誤或是說明理由不清。 學生能投入在數位遊戲中，並將所學得的反射定律應用在遊戲操作上。	6min	電腦教室 個人電腦 公播系統 黑板
	2. 讓學生利用“練功坊”中的秘笈1，學得反射定律的概念。引導同學一同討論。			6min	
	3. 讓學生應用所學得反射定律的概念，去執行數位遊戲“雷射死光槍”。			10min	
解釋	讓學生發表遊戲成績或遊戲進行中所遭遇的困難，引導其他同學一起討論與反射定律的關係。	學生發表遊戲中的體驗與觀察，並討論如何解釋。	<u>評量方式</u> 小組討論 <u>預期表現</u> 學生能說出遭遇困難，同儕也能給予回應。	8min	黑板
第二節					
精緻化	1. 讓學生利用所學之反射定律，請同學挑戰平面鏡成像之性質。	在凸面鏡、凹面鏡前，物體的成像又是如何？ 請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。	<u>評量方式</u> 學習單 <u>預期表現</u> 學生或許能探索出面鏡會聚或發散光線的功能，但對於成像概念無法掌握 <u>評量方式</u> 學習單 <u>預期表現</u> 學生能掌握概念修正第一次繪圖的結果	7min	電腦教室 個人電腦 公播系統 學習單
	2. 學生完成平面鏡成像學習單。(用紅筆作答)			10min	
	3. 學生第一次挑戰凸面鏡、凹面鏡成像的學習單。(用藍筆作答)			8min	
	4. 讓學生看有關凸面鏡、凹面鏡成像的影片，引導學生獲得「焦距」的概念。			6min	
	5. 利用“練功坊”中的秘笈2球面鏡成像動畫檔，讓學生了解凸面鏡、凹面鏡的成像原理及性質。			8min	
	6. 學生完成凸面鏡、凹面鏡成像學習單。(用紅筆作答)			6min	
	7. 收回完成的學習單，教師公布正確答案。				
第三節					
參與	1. 介紹學生折射現象的照片，請學生提出自身的經驗。	請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。	<u>評量方式</u> 學習單 <u>預期表現</u> 學生可能會畫出單一條光線的折射狀況，但無法完成正確成像作圖。	6min	電腦教室 個人電腦 公播系統 學習單
	2. 以設計之數位式遊戲，帶入後續的故事，引起學生學習動機。			4min	
	3. 學生第一次挑戰凸透鏡、凹透鏡成像學習單。(用藍筆作答)			10min	

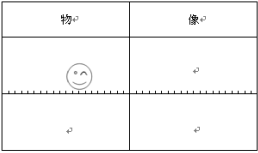
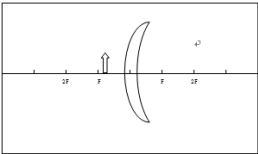
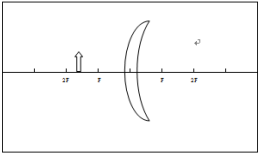
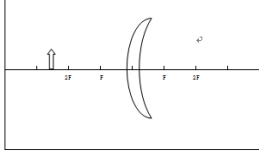
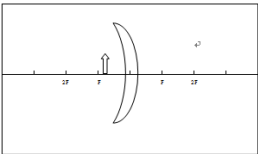
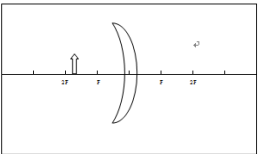
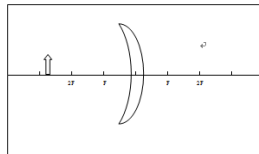
教學階段	教學活動	關鍵問題	評量方式	時間(分)	教學資源
探索	1. 讓學生利用“練功坊”中的秘笈3，學得折射定律的概念。	問同學在執行透鏡成像動畫檔時，可看見物體與成像之間的關係。	<u>評量方式</u> 學生參與度 <u>預期表現</u> 學生能從練功坊與示範實驗中得到折射定律概念，並嘗試應用在數位遊戲上	5min	電腦教室 個人電腦 公播系統 凸透鏡、凹透鏡實驗 教具
	2. 示範實驗：找凸透鏡、凹透鏡的焦距。			10min	
	3. 讓學生利用“練功坊”中的秘笈4透鏡成像動畫檔，讓學生了解凸透鏡、凹透鏡的成像原理及性質。			4min	
	4. 讓學生應用所學得折射定律的概念，去執行數位遊戲“成像遊戲”。			6min	
第四節					
解釋	讓學生發表遊戲成績或遊戲進行中所遭遇的困難，引導其他同學一起討論與折射定律的關係。	學生發表遊戲中的體驗與觀察，並討論如何解釋。	<u>評量方式</u> 小組討論 <u>預期表現</u> 學生能說出遭遇困難，同儕也能給予回應。	8min	黑板
精緻化	1. 讓學生利用所學之折射定律，請同學完成透鏡成像學習單。(用紅筆作答)	請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。	<u>評量方式</u> 學習單 <u>預期表現</u> 經由數位遊戲操作學生能應用精緻化過後的概念修正作圖	12min	學習單
	2. 收回完成的學習單，教師公布正確答案，講述正確作圖原理。			15min	
評價	1. 請同學回想上兩堂課所學到有關反射與折射的知識並分享給其他同學，其他同學給回饋。	請問同學這兩堂課學習到什麼，可利用表格方式統整學習內容。	<u>評量方式</u> 概念測驗 <u>預期表現</u> 經由全班性討論所學習的內容，學生可完成學習單	5min	黑板 學習單
	2. 請同學完成回饋學習單。			5min	
課後					
評價	1. 老師批改同學所完成之學習單，發還給同學。 2. 老師從同學的學習單評估教育目標的實現情形。				學習單

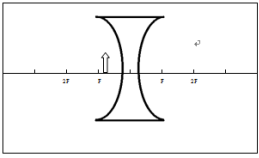
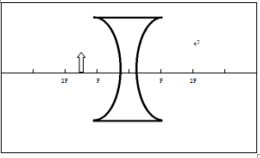
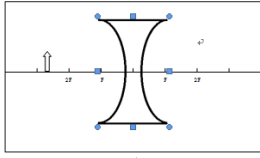
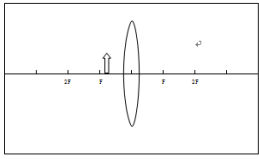
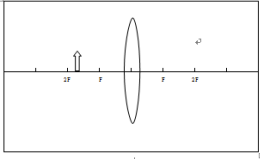
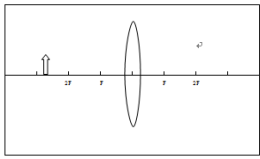
二、 研究工具

(一) 概念學習單

本研究融入之教學內容為光的反射定律與折射定律，在每個教學概念學習前、後，請同學判斷物體在不同的光學鏡片前，物體在不同的位置會形成什麼樣的像，請同學畫出來，並說明繪製的原因，利用此學習單做質性的分析，看出學生經過本研究的教學設計在學習前、後概念的改變。概念學習單，如表 3-3-3。

表 3-3-3 概念學習單

概念	學習單																				
平面鏡成像	<p style="text-align: center;">平面鏡成像的學習單-1⁰¹</p> <p style="text-align: center;">班級： 座號： 姓名：⁰¹</p> <p style="text-align: center;">同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p style="text-align: center;">請注意：第一次挑戰請以益華做答。...</p> <p style="text-align: center;">第二次完成請以社華做答。...</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">物⁰¹</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">像⁰¹</div> </div>  <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">我會這麼畫的理由。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第一次挑戰。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第二次完成。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>			...	我會這麼畫的理由。	第一次挑戰。	...	第二次完成。	...												
...	我會這麼畫的理由。																				
第一次挑戰。	...																				
第二次完成。	...																				
凸面鏡成像	<p style="text-align: center;">凸面鏡成像的學習單-1⁰¹</p> <p style="text-align: center;">班級： 座號： 姓名：⁰¹</p> <p style="text-align: center;">同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p style="text-align: center;">請注意：第一次挑戰請以益華做答。...</p> <p style="text-align: center;">第二次完成請以社華做答。...</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">我會這麼畫的理由。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第一次挑戰。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第二次完成。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	...	我會這麼畫的理由。	第一次挑戰。	...	第二次完成。	...	<p style="text-align: center;">凸面鏡成像的學習單-2⁰¹</p> <p style="text-align: center;">班級： 座號： 姓名：⁰¹</p> <p style="text-align: center;">同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p style="text-align: center;">請注意：第一次挑戰請以益華做答。...</p> <p style="text-align: center;">第二次完成請以社華做答。...</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">我會這麼畫的理由。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第一次挑戰。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第二次完成。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	...	我會這麼畫的理由。	第一次挑戰。	...	第二次完成。	...	<p style="text-align: center;">凸面鏡成像的學習單-3⁰¹</p> <p style="text-align: center;">班級： 座號： 姓名：⁰¹</p> <p style="text-align: center;">同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p style="text-align: center;">請注意：第一次挑戰請以益華做答。...</p> <p style="text-align: center;">第二次完成請以社華做答。...</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">我會這麼畫的理由。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第一次挑戰。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第二次完成。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	...	我會這麼畫的理由。	第一次挑戰。	...	第二次完成。	...
	...	我會這麼畫的理由。																			
	第一次挑戰。	...																			
第二次完成。	...																				
...	我會這麼畫的理由。																				
第一次挑戰。	...																				
第二次完成。	...																				
...	我會這麼畫的理由。																				
第一次挑戰。	...																				
第二次完成。	...																				
凹面鏡成像	<p style="text-align: center;">凹面鏡成像的學習單-1⁰¹</p> <p style="text-align: center;">班級： 座號： 姓名：⁰¹</p> <p style="text-align: center;">同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p style="text-align: center;">請注意：第一次挑戰請以益華做答。...</p> <p style="text-align: center;">第二次完成請以社華做答。...</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">我會這麼畫的理由。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第一次挑戰。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第二次完成。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	...	我會這麼畫的理由。	第一次挑戰。	...	第二次完成。	...	<p style="text-align: center;">凹面鏡成像的學習單-2⁰¹</p> <p style="text-align: center;">班級： 座號： 姓名：⁰¹</p> <p style="text-align: center;">同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p style="text-align: center;">請注意：第一次挑戰請以益華做答。...</p> <p style="text-align: center;">第二次完成請以社華做答。...</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">我會這麼畫的理由。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第一次挑戰。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第二次完成。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	...	我會這麼畫的理由。	第一次挑戰。	...	第二次完成。	...	<p style="text-align: center;">凹面鏡成像的學習單-3⁰¹</p> <p style="text-align: center;">班級： 座號： 姓名：⁰¹</p> <p style="text-align: center;">同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p style="text-align: center;">請注意：第一次挑戰請以益華做答。...</p> <p style="text-align: center;">第二次完成請以社華做答。...</p>  <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">...</td> <td style="text-align: center;">我會這麼畫的理由。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第一次挑戰。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">第二次完成。</td> <td style="text-align: center;">...</td> </tr> </table>	...	我會這麼畫的理由。	第一次挑戰。	...	第二次完成。	...
	...	我會這麼畫的理由。																			
	第一次挑戰。	...																			
第二次完成。	...																				
...	我會這麼畫的理由。																				
第一次挑戰。	...																				
第二次完成。	...																				
...	我會這麼畫的理由。																				
第一次挑戰。	...																				
第二次完成。	...																				

概念	學習單											
凹透鏡成像	<p>凹透鏡成像的學習單-1⁴¹</p> <p>班級： 座號： 姓名：⁴¹</p> <p>同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p>請注意：第一次挑戰請以藍筆作答。...</p> <p>第二次完成後請以紅筆作答。...</p>  <table border="1" data-bbox="375 571 619 672"> <tr><td>我會這麼畫的理由：</td></tr> <tr><td>第一次挑戰：</td></tr> <tr><td>第二次完成：</td></tr> </table>	我會這麼畫的理由：	第一次挑戰：	第二次完成：	<p>凹透鏡成像的學習單-2⁴¹</p> <p>班級： 座號： 姓名：⁴¹</p> <p>同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p>請注意：第一次挑戰請以藍筆作答。...</p> <p>第二次完成後請以紅筆作答。...</p>  <table border="1" data-bbox="743 571 987 672"> <tr><td>我會這麼畫的理由：</td></tr> <tr><td>第一次挑戰：</td></tr> <tr><td>第二次完成：</td></tr> </table>	我會這麼畫的理由：	第一次挑戰：	第二次完成：	<p>凹透鏡成像的學習單-3⁴¹</p> <p>班級： 座號： 姓名：⁴¹</p> <p>同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p>請注意：第一次挑戰請以藍筆作答。...</p> <p>第二次完成後請以紅筆作答。...</p>  <table border="1" data-bbox="1110 571 1355 672"> <tr><td>我會這麼畫的理由：</td></tr> <tr><td>第一次挑戰：</td></tr> <tr><td>第二次完成：</td></tr> </table>	我會這麼畫的理由：	第一次挑戰：	第二次完成：
	我會這麼畫的理由：											
	第一次挑戰：											
第二次完成：												
我會這麼畫的理由：												
第一次挑戰：												
第二次完成：												
我會這麼畫的理由：												
第一次挑戰：												
第二次完成：												
凸透鏡成像	<p>凸透鏡成像的學習單-1⁴¹</p> <p>班級： 座號： 姓名：⁴¹</p> <p>同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p>請注意：第一次挑戰請以藍筆作答。...</p> <p>第二次完成後請以紅筆作答。...</p>  <table border="1" data-bbox="375 1003 619 1104"> <tr><td>我會這麼畫的理由：</td></tr> <tr><td>第一次挑戰：</td></tr> <tr><td>第二次完成：</td></tr> </table>	我會這麼畫的理由：	第一次挑戰：	第二次完成：	<p>凸透鏡成像的學習單-2⁴¹</p> <p>班級： 座號： 姓名：⁴¹</p> <p>同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p>請注意：第一次挑戰請以藍筆作答。...</p> <p>第二次完成後請以紅筆作答。...</p>  <table border="1" data-bbox="743 1003 987 1104"> <tr><td>我會這麼畫的理由：</td></tr> <tr><td>第一次挑戰：</td></tr> <tr><td>第二次完成：</td></tr> </table>	我會這麼畫的理由：	第一次挑戰：	第二次完成：	<p>凸透鏡成像的學習單-3⁴¹</p> <p>班級： 座號： 姓名：⁴¹</p> <p>同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。...</p> <p>請注意：第一次挑戰請以藍筆作答。...</p> <p>第二次完成後請以紅筆作答。...</p>  <table border="1" data-bbox="1110 1003 1355 1104"> <tr><td>我會這麼畫的理由：</td></tr> <tr><td>第一次挑戰：</td></tr> <tr><td>第二次完成：</td></tr> </table>	我會這麼畫的理由：	第一次挑戰：	第二次完成：
	我會這麼畫的理由：											
	第一次挑戰：											
第二次完成：												
我會這麼畫的理由：												
第一次挑戰：												
第二次完成：												
我會這麼畫的理由：												
第一次挑戰：												
第二次完成：												

(二) 概念測驗

概念測驗共 34 題，詳見附錄一，各個題目測驗目的，如表 3-3-4。

表 3-3-4 概念測驗各題測驗目的

題號	測驗目的
1	測驗學生對反射定律的基本知識，由圖中入射光方向去判斷反射光的路徑。
2	測驗學生對反射定律的基本知識，由入射角=反射角解題。
3	測驗學生應用反射定律，繪出各物體經由平面鏡反射後的光的路徑，再判斷是否可由觀察者觀察到物體之像。
4	測驗學生應用反射定律，在平面鏡旋轉的情形下，判斷光的反射路徑會有何改變，進而推論出入射角度。
5	承第 4 題，相同情境下延伸問題，請學生推論出反射角度。
6	測驗學生對於物體在平面鏡中成像的性質。
7	測驗學生應用所知物在平面鏡中成像的性質，判斷選項中圖形的正確性，學生需將文字形態的知識，轉化為圖形上的理解。
8	測驗學生應用所知物在平面鏡中成像的性質，由平面鏡中的像反推回物體實際的像。
9	測驗學生在兩面鏡子的情境下，能知道物體於各面鏡子的成像性質，仍符合物體在單一平面鏡中成像的性質。
10	測驗學生應用所知物在平面鏡中成像的性質，判斷鏡前移動的物體其位置與鏡中物體所形之像的位置之關係，屬於動態的題型。

題號	測驗目的
11	測驗學生對於物體在面鏡、透鏡中成像的性質。
12	測驗學生應用物體在面鏡、透鏡中成像的性質，觀察題目中物體在鏡面中所成的像之圖形，判斷鏡子的種類。
13	測驗學生應用物體在凸面鏡中成像性質，判斷移動中的物體在凸面鏡中所成的像會有何變化。測驗實驗組學生在經過本研究以數位遊戲及動畫融入教學的學習過程後，在此類屬於動態的題型，是否有較高的學習成就。
14	測驗學生對於物體在面鏡中成像的性質。
15	測驗學生應用物體在凹面鏡中成像的性質及光的可逆性，判斷探照燈的燈泡裝設位置，屬生活化的應用題型。
16	測驗學生應用平行光經凹面鏡的反射現象，判斷在特殊情境下的應用方式，屬生活化的應用題型。
17	測驗學生應用物體在凹面鏡中成像性質，判斷移動中的物體在凹面鏡中所成的像會有何變化。測驗實驗組學生在經過本研究以數位遊戲及動畫融入教學的學習過程後，在此類屬於動態的題型，是否有較高的學習成就。
18	測驗學生是否認識生活中的折射現象。
19	測驗學生應用折射定律，觀察光在不同介質中的傳播的圖形，判斷入射角度、折射角度之關係。
20	測驗學生對實像、虛像性質的基本知識。
21	測驗學生應用折射定律，觀察題目中呈現水中硬幣如何讓人看到的圖形，判斷硬幣反射出的光線由水中進入空氣中的路徑圖。
22	測驗學生應用光線在面鏡、透鏡中，反射與折射的性質，判斷鏡面的種類。
23	測驗學生應用折射定律，觀察光在不同介質中的傳播的圖形，判斷光的折射路徑。
24	測驗學生應用光在透鏡中折射的路徑，判斷選項中正確的圖形。
25	測驗學生對光線進入面鏡、透鏡後折射的基本知識。
26	測驗學生對物鏡經凸透鏡成像的基本性質之了解。
27	測驗學生在特殊的情境下對物鏡經凸透鏡成像的理解，判斷物體是否能完整的成像。
28	測驗學生應用物鏡經凸透鏡成像的基本性質之了解，判斷物體在凸透鏡的位置。
29	承上題，測驗學生應用平行光經凸透鏡的折射現象，判斷在特殊情境下的應用方式，屬生活化的應用題型。
30	測驗學生應用物體在凸透鏡中成像性質，判斷移動中的物體在凸透鏡中所成的像會有何變化。測驗實驗組學生在經過本研究以數位遊戲及動畫融入教學的學習過程後，在此類屬於動態的題型，是否有較高的學習成就。
31	測驗學生應用物體經透鏡的折射現象，觀察題目中鏡面的成像，回推鏡面的種類，屬生活化的應用題型。
32	測驗學生對於物體經凸透鏡成像的作圖能力，進而判斷焦點位置。
33	測驗學生應用物體經凹透鏡成像的性質，判斷物體移動方向。
34	測驗學生應用物體在凹透鏡中成像性質，判斷移動中的物體在凹透鏡中所成的像會有何變化。測驗實驗組學生在經過本研究以數位遊戲及動畫融入教學的學習過程後，在此類屬於動態的題型，是否有較高的學習成就。

第四節 資料處理與分析

本研究所收集之資料包含概念測驗及概念單元學習單，其中概念測驗資料用來分析不同變項（本研究融入數位遊戲之教學方法、性別、題型、高中低學習成就學生）對於本單元學習成就之影響，屬於量化資料；概念單元學習單，利用學生學習前、後以不同的顏色書寫，分析教學對學生學習概念的影響，屬於質性資料。

一、 量化資料處理

本研究預試所收集之概念測驗資料先批改，再建立成電子檔（Excel2003）後，進行試題分析，得到各題目之難易度、鑑別度等資料。

資料進行推論性統計前，先進行 Shapiro Wilk 常態性檢定、變異數同質性考驗（Levene 檢定）和迴歸係數同質性考驗。若通過檢定，則可以針對實驗組、對照組學習成就評量的前、後測成績，以 SPSS 統計軟體進行單因子共變數分析，本研究所有的統計分析的顯著水準(α)定為.05。分析項目如下(如表 3-4-1)：

- (一) 實驗組、對照組對學習總成就之分析。
- (二) 實驗組內學生性別對學習總成就之分析。
- (三) 實驗組內高、低學習成就學生對學習總成就之分析。
- (四) 實驗組、對照組在不同的題型（文字題、圖形題）之學習成就分析。

表 3-4-1 各分析問題所用之統計方法統整表

分析問題	統計方法
不同教學法概念測驗前測對後測之影響	相依樣本 <i>t</i> 檢定 單因子共變數分析
不同性別學生概念測驗前測對後測之影響	單因子共變數分析
不同學習成就學生概念測驗前測對後測之影響	單因子共變數分析
文字題型在不同教學法前測對後測之影響	單因子共變數分析
圖形題型在不同教學法前測對後測之影響	單因子共變數分析

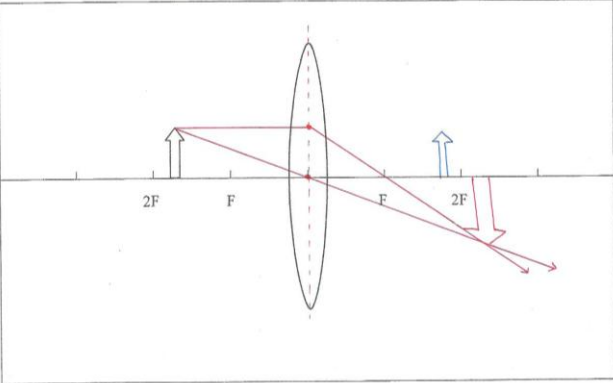
二、質性資料處理

收集概念單元學習單進行篩選、分類，將有效之學習單進行內容質性分析後，繪製圖形來表示個別學生如何修改概念理解的歷程，亦即由不會或錯誤概念至正確概念的轉變，並且標示個別學生如何由不會或錯誤概念轉變至正確概念的背後理由。學生學習單完成範例，如圖 3-4-1。

同學請畫出下面物體成像的情形，包含大小、方向、距離，並寫下你為什麼要這麼畫的理由。

請注意：第一次挑戰請以藍筆作答。

第二次完成請以紅筆作答。



	我會這麼畫的理由
第一次挑戰	因為凸鏡兩面都一樣。
第二次完成	倒立、放大、實像，2倍位子外

圖 3-4-1 學生學習單完成範例

第五節 研究範圍與限制

1. 本研究之教學內容為「光的反射定律與折射定律」，操弄變項為數位遊戲融入教學，以此變項進行教學流程之融入與設計，課程時間設計為4節課，研究對象為研究者任教的國中八年級一個班級學生，學校編班方式以智力測驗S型常態編班，該班學生在校段考的學習成就屬於中後段，研究結果僅適用於狀況類似的學生及教學單元為光的反射定律與折射定律。
2. 本研究的教學流程融入5E學習環，故不適合推論至其他的教學模式。

第四章 結果與討論

實施本研究設計之教學方法後，收集實驗組與對照組進行概念測驗前、後測成績資料，概念測驗前測資料經刪除無效樣本後，實驗組之樣本數為 30 位八年級生，對照組之樣本數共 33 位八年級生。概念測驗後測資料經刪除無效樣本後，實驗組之樣本數為 30 位八年級生，對照組之樣本數為 30 位八年級生。分別從教學法、性別、學習成就、題型等面向去做分析。下述各面向之分析，皆已刪除無效樣本。

第一節 不同的教學法對學生光學概念學習的影響

針對實驗組與對照組在光學概念測驗之前、後測答對題數進行常態性檢定，因題數小於 50 題，故採用 Shapiro-Wilk 常態性檢定（王保進，2009），如表 4-1-1。由表 4-1-1 可知實驗組與對照組之前、後測概念測驗之 S-W 統計量值，其檢定結果均未達顯著，故可推論研究樣本在前、後測概念測驗應屬常態分佈。

表 4-1-1 實驗組與對照組概念測驗前、後測答對題數常態性檢定結果表

組別	統計量	<i>p</i>
實驗組前測	0.964	.381
實驗組後測	0.953	.205
對照組前測	0.936	.052
對照組後測	0.943	.113

* $p < .05$

在變異數同質性考驗（Levene 檢定）中， F 值=0.412； $p > .05$ ，未達顯著水準，

接受虛無假設，表示實驗組與對照組兩組樣本之後測成績具有同質性。如表 4-1-2。

表 4-1-2 實驗組與對照組兩組樣本之後測成績同質性考驗

依變數: 後測答對題數

<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
.412	1	58	.524

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

為瞭解經過教學後，實驗組在光學概念測驗之前、後測有無差異與對照組在光學概念測驗之前、後測有無差異，分別進行相依樣本 *t* 檢定。由檢定結果可得實驗組與對照組在經過教學後，概念測驗的平均成績均有進步，實驗組進步 4.40 題，而對照組進步 1.90 題。實驗組之概念測驗前、後測檢定 ($t = -4.995$, $p < .001$) 顯示明顯有差異，而對照組之概念測驗前、後測檢定 ($t = -2.239$, $p < .05$) 亦顯示有明顯差異(如表 4-1-3)。由結果顯示，本研究所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法和傳統教學法皆可增進學生的光學概念學習。但在效果量 (Effect Size, *E.S.*) 上，實驗組達 0.791 屬於中度效果量，而對照組為 0.403 屬於低度效果量，顯示實驗組所實施的嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法較對照組所採用的傳統教學法有更高的效果量。

表 4-1-3 實驗組及對照組在光學概念測驗之前、後測相依樣本 *t* 檢定結果表

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>ES</i>
實驗組前測答對題數 - 實驗組後測答對題數	-4.400	4.825	-4.995	29	.001	0.791
對照組前測答對題數 - 對照組後測答對題數	-1.900	4.649	-2.239	29	.033	0.403

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

比較實驗組與對照組在光學概念測驗之後測是否達到顯著水準，乃進行共變數分析，因只有一個操縱變因，故使用單因子共變數分析，教學法為操縱變因，前測為共

變量，後測為依變量，進行 ANCOVA 分析。

進行共變數分析前，需先考驗組內迴歸係數是否符合同質性假設(如表 4-1-4)。組內迴歸係數同質性考驗結果， F 值=0.003； $p>.05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，兩組迴歸線的斜率相同。符合組內迴歸係數同質性假設，可以進行共變數分析。

表 4-1-4 實驗組與對照組概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表

依變數：後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	1298.865 ^a	3	432.955	19.539	.000
截距	.764	1	.764	.034	.853
組別	4.466	1	4.466	.202	.655
前測答對題數	1081.683	1	1081.683	48.816	.000
組別 * 前測答對題數	.071	1	.071	.003	.955
誤差	1240.869	56	22.158		
總數	16524.000	60			
校正後的總數	2539.733	59			

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

調整後的實驗組後測平均數為 16.432，調整後的對照組後測平均數為 14.101(表 4-1-5)。表 4-1-6 為單因子共變數分析結果表，排除概念測驗前測成績（共變項）對概念測驗後測成績（依變項）的影響後，教學法對概念測驗後測成績的影響效果檢定之 F 值=3.718； $p>.05$ ，未達顯著水準，表示在學習光學概念中，本研究所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法與傳統教學法間在學生光學概念理解上並無明顯差異。

表 4-1-5 不同教學法概念測驗之描述統計表

依變數：後測答對題數

	<i>M</i>	<i>SD</i>	調整後平均數
實驗組	16.80	6.865	16.432 ^a
對照組	13.73	5.965	14.101 ^a

表 4-1-6 不同教學法單因子共變數分析結果表

依變數：後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	1298.794 ^a	2	649.397	29.829	.000
截距	.913	1	.913	.042	.839
前測答對題數	1157.727	1	1157.727	53.178	.000
組別	80.953	1	80.953	3.718	.059
誤差	1240.940	57	21.771		
總數	16524.000	60			
校正後的總數	2539.733	59			

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

第二節 不同性別學生光學概念學習的差異

針對實驗組與對照組不同性別學生在光學概念測驗之前、後測答對題數進行常態性檢定，因題數小於 50 題，故採用 Shapiro-Wilk 常態性檢定（王保進，2009），如表 4-2-1 及表 4-2-2。由表 4-2-1 可知對照組不同性別學生之前、後測概念測驗之 S-W 統計量值，其檢定結果均未達顯著，故可推論對照組不同性別學生在前、後測概念測驗應屬常態分佈。由表 4-2-2 可知實驗組不同性別學生之前、後測概念測驗之 S-W 統計量值，其檢定結果均未達顯著，故可推論實驗組不同性別學生在前、後測概念測驗應屬常態分佈。

表 4-2-1 對照組不同性別學生概念測驗前、後測答對題數常態性檢定結果表

組別	統計量	<i>p</i>
對照組男生前測	0.938	.330
對照組女生前測	0.936	.269
對照組男生後測	0.890	.080
對照組女生後測	0.936	.298

* $p < .05$

表 4-2-2 實驗組不同性別學生概念測驗前、後測答對題數常態性檢定結果表

組別	統計量	<i>p</i>
實驗組男生前測	0.935	.325
實驗組女生前測	0.952	.556
實驗組男生後測	0.918	.179
實驗組女生後測	0.947	.477

* $p < .05$

對照組不同性別樣本之後測成績在變異數同質性考驗（Levene 檢定）中， F 值 = 2.845； $p > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，表示對照組不同性別樣本之後測成績具有同質性。如表 4-2-3。

表 4-2-3 對照組不同性別樣本之後測成績同質性考驗

依變數：對照組後測答對題數

F	$df1$	$df2$	p
2.845	1	28	.103

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

實驗組不同性別樣本之後測成績在變異數同質性考驗（Levene 檢定）中， F 值 = 0.175； $p > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，表示實驗組不同性別樣本之後測成績具有同質性。如表 4-2-4。

表 4-2-4 實驗組不同性別樣本之後測成績同質性考驗

依變數：實驗組後測答對題數

F	$df1$	$df2$	p
.175	1	28	.679

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

比較對照組不同性別之學生在光學概念測驗之後測是否達到顯著水準，乃進行共變數分析，因只有一個操縱變因，故使用單因子共變數分析，學生性別為操縱變因，以前測為共變量，後測為依變量，進行 ANCOVA 分析。

進行共變數分析前，需先考驗組內迴歸係數是否符合同質性假設。如表 4-2-5。組內迴歸係數同質性考驗結果， F 值 = 0.002； $p > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，兩組迴歸線的斜率相同。符合組內迴歸係數同質性假設，可以進行共變數分析。

表 4-2-5 對照組不同性別學生概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表

依變數：對照組後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	426.269 ^a	3	142.090	6.100	.003
截距	3.507	1	3.507	.151	.701
對照組性別	.010	1	.010	.000	.984
對照組前測答對題數	303.624	1	303.624	13.035	.001
對照組性別 * 對照組前測答對題數	.035	1	.035	.002	.969
誤差	605.597	26	23.292		
總數	6690.000	30			
校正後的總數	1031.867	29			

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

調整後的對照組男生後測平均數為 13.655，調整後的對照組女生後測平均數為 13.802(表 4-2-6)。表 4-2-7 為單因子共變數分析結果表，排除對照組概念測驗前測成績（共變項）對對照組概念測驗後測成績（依變項）的影響後，不同性別對對照組概念測驗後測成績的影響效果檢定之 F 值=0.006； $p > .05$ ，未達顯著水準，表示不同性別之學生以傳統教學法學習光學概念，對於其概念學習成就並無明顯差異。

表 4-2-6 對照組不同性別概念測驗之描述統計表

依變數：後測答對題數

	<i>M</i>	<i>SD</i>	調整後平均數
男生	15.07	5.650	13.655 ^a
女生	12.56	6.164	13.802 ^a

表 4-2-7 對照組不同性別學生單因子共變數分析結果表

依變數：對照組後測答對題數

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	p
校正後的模式	426.234 ^a	2	213.117	9.501	.001
截距	3.779	1	3.779	.168	.685
對照組前測答對題數	379.234	1	379.234	16.907	.000
對照組性別	.142	1	.142	.006	.937
誤差	605.632	27	22.431		
總數	6690.000	30			
校正後的總數	1031.867	29			

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

比較實驗組不同性別之學生在光學概念概念測驗之後測是否達到顯著水準，乃進行共變數分析，因只有一個操縱變因，故使用單因子共變數分析，學生性別為操縱變因，以前測為共變量，後測為依變量，進行 ANCOVA 分析。

進行共變數分析前，需先考驗組內迴歸係數是否符合同質性假設。如表 4-2-8。組內迴歸係數同質性考驗結果， F 值=1.239； $p > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，兩組迴歸線的斜率相同。符合組內迴歸係數同質性假設，可以進行共變數分析。

表 4-2-8 實驗組不同性別學生概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表

依變數：實驗組後測答對題數

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	p
校正後的模式	764.078 ^a	3	254.693	10.987	.000
截距	6.158	1	6.158	.266	.611
實驗組性別	32.248	1	32.248	1.391	.249
實驗組前測答對題數	556.696	1	556.696	24.015	.000
實驗組性別 * 實驗組前測答對題數	28.717	1	28.717	1.239	.276
誤差	602.722	26	23.182		
總數	9834.000	30			
校正後的總數	1366.800	29			

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

調整後的實驗組男生後測平均數為 16.450，調整後的實驗組女生後測平均數為 17.150(表 4-2-9)。表 4-2-10 為單因子共變數分析結果表，排除實驗組概念測驗前測成績（共變項）對實驗組概念測驗後測成績（依變項）的影響後，不同性別對實驗組概念測驗後測成績的影響效果檢定之 F 值=0.156； $p>.05$ ，未達顯著水準，表示不同性別之學生以嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法學習光學概念，對於其概念學習成就並無明顯差異。

表 4-2-9 實驗組不同性別概念測驗之描述統計表

依變數：後測答對題數

	<i>M</i>	<i>SD</i>	調整後平均數
男生	16.80	8.360	16.450 ^a
女生	16.80	5.267	17.150 ^a

表 4-2-10 實驗組不同性別學生單因子共變數分析結果表

依變數：實驗組後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	735.361 ^a	2	367.680	15.722	.000
截距	.710	1	.710	.030	.863
實驗組前測答對題數	735.361	1	735.361	31.444	.000
實驗組性別	3.655	1	3.655	.156	.696
誤差	631.439	27	23.387		
總數	9834.000	30			
校正後的總數	1366.800	29			

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

綜合上述，可知本研究中之教學法（嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法與傳統教學法）對於不同性別之學生，在概念測驗中均未有明顯差異。

第三節 不同學習成就學生光學概念學習的差異

學生的學習成就分組是採研究樣本在校內自然與生活科技領域理化科第一次段考成績為依據，高學習成就為段考成績前 27% 之學生，低學習成就為段考成績後 27% 之學生。實驗組共 31 名學生，高學習成就學生數為 8 人，段考成績為 80 分以上、低學習成就學生數為 8 人，段考成績為 50 分以下。實驗組低學習成就學生中，扣除 1 個無效樣本，共計 7 位學生供後續分析。實驗組之高、低學習成就學生成績，如表 4-3-1 及表 4-3-2。

表 4-3-1 實驗組之高學習成就學生成績表

序號	ID	第 1 次段考成績
1	實驗組 S05	95
2	實驗組 S12	95
3	實驗組 S10	92.5
4	實驗組 S30	92.5
5	實驗組 S26	90
6	實驗組 S02	82.5
7	實驗組 S22	82.5
8	實驗組 S21	80

表 4-3-2 實驗組之低學習成就學生成績表

序號	ID	第 1 次段考成績
1	實驗組 S07	50
2	實驗組 S11	47.5
3	實驗組 S13	47.5
4	實驗組 S17	47.5
5	實驗組 S18	47.5
6	實驗組 S20	45
7	實驗組 S01 (無效樣本)	30
8	實驗組 S14	30

針對實驗組高、低學習成就學生在光學概念測驗之前、後測答對題數進行常態性

檢定，因題數小於 50 題，故採用 Shapiro-Wilk 常態性檢定（王保進，2009），如表 4-3-3。由表 4-3-3 可知實驗組高、低學習成就學生在光學概念測驗之前、後測答對題數之 S-W 統計量值，其檢定結果均未達顯著，故可推論實驗組高、低學習成就學生在光學概念測驗之前、後測應屬常態分佈。

表 4-3-3 實驗組高、低學習成就學生在光學概念測驗之前、後測答對題數常態性檢定結果表

組別	統計量	<i>p</i>
高低學習成就前測	0.933	.273
高低學習成就後測	0.924	.193

**p*<.05

在變異數同質性考驗（Levene 檢定）中，*F* 值=0.547；*p*>.05，未達顯著水準，接受虛無假設，表示實驗組不同學習成就樣本之後測成績具有同質性。如表 4-3-4。

表 4-3-4 實驗組不同學習成就學生之後測成績同質性考驗

依變數：實驗組不同學習成就學生後測答對題數

<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
.547	1	14	.472

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

比較嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法對不同學習成就學生在光學概念測驗之後測是否達到顯著水準，乃進行共變數分析，因只有一個操縱變因，故使用單因子共變數分析，不同學習成就學生為操縱變因，以前測為共變量，後測為依變量，進行 ANCOVA 分析。

進行共變數分析前，需先考驗組內迴歸係數是否符合同質性假設。如表 4-3-5。組內迴歸係數同質性考驗結果， F 值=0.254； $p>.05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，兩組迴歸線的斜率相同。符合組內迴歸係數同質性假設，可以進行共變數分析。

表 4-3-5 實驗組不同學習成就學生概念測驗前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表
依變數：實驗組不同學習成就學生後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	957.091 ^a	3	319.030	25.078	.000
截距	90.503	1	90.503	7.114	.021
實驗組高低學習成就學生	37.596	1	37.596	2.955	.111
實驗組高低學習成就學生前測	23.775	1	23.775	1.869	.197
實驗組高低學習成就學生 * 實驗組高低學習成就學生前測	3.234	1	3.234	.254	.623
誤差	152.659	12	12.722		
總數	6366.000	16			
校正後的總數	1109.750	15			

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

調整後的高學習成就學生後測平均數為 24.012，調整後的低學習成就學生後測平均數為 12.238(表 4-3-6)。表 4-3-7 為單因子共變數分析結果表，排除實驗組不同學習成就學生概念測驗前測成績（共變項）對實驗組不同學習成就學生概念測驗後測成績（依變項）的影響後，不同學習成就學生對概念測驗後測成績的影響效果檢定之 F 值=15.182； $p<.05$ ，達顯著水準，表示不同學習成就之學生以嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法學習光學概念，對於其概念學習成就有明顯差異。

表 4-3-6 實驗組不同學習成就學生概念測驗之描述統計表

依變數：後測答對題數

	<i>M</i>	<i>SD</i>	調整後平均數
高學習成就	25.75	3.845	24.012 ^a
低學習成就	10.50	3.295	12.238 ^a

表 4-3-7 實驗組不同學習成就學生單因子共變數分析結果表

依變數：實驗組不同學習成就學生後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	953.856 ^a	2	476.928	39.771	.000
截距	87.758	1	87.758	7.318	.018
實驗組高低學 習成就學生前 測	23.606	1	23.606	1.969	.184
實驗組高低學 習成就學生	182.060	1	182.060	15.182	.002
誤差	155.894	13	11.992		
總數	6366.000	16			
校正後的總數	1109.750	15			

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

第四節 學生在不同題型的表現差異

針對實驗組與對照組在概念測驗中不同題型之前、後測答對題數進行常態性檢定，因題數小於 50 題，故採用 Shapiro-Wilk 常態性檢定 (王保進, 2009)，如表 4-4-1 及表 4-4-2。由表 4-4-1 及表 4-4-2 可知實驗組與對照組在不同題型之前、後測概念測驗答對題數之 S-W 統計量值，其檢定結果均未達顯著，故可推論實驗組與對照組在不同題型之前、後測概念測驗答對題數應屬常態分佈。

表 4-4-1 實驗組不同題型之前、後測答對題數常態性檢定結果表

組別	統計量	<i>p</i>
文字題前測	0.945	.121
圖形題前測	0.939	.085
文字題後測	0.957	.267
圖形題後測	0.952	.187

**p*<.05

表 4-4-2 對照組不同題型之前、後測答對題數常態性檢定結果表

組別	統計量	<i>p</i>
文字題前測	0.944	.089
圖形題前測	0.948	.116
文字題後測	0.977	.734
圖形題後測	0.946	.134

**p*<.05

在變異數同質性考驗 (Levene 檢定) 中，*F* 值=0.261；*p*>.05，未達顯著水準，

接受虛無假設，表示文字題型在不同教學法樣本之後測成績具有同質性。如表 4-4-3。

表 4-4-3 文字題型在不同教學法樣本之後測成績同質性考驗

依變數：文字題型在不同教學法之後
測答對題數

<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
.261	1	58	.611

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

在變異數同質性考驗 (Levene 檢定) 中， F 值=0.481； $p > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，表示圖形題型在不同教學法樣本之後測成績具有同質性。如表 4-4-4。

表 4-4-4 圖形題型在不同教學法樣本之後測成績同質性考驗

依變數：圖形題型在不同教學法之後
測答對題數

<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
.481	1	58	.491

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

就光學概念測驗之文字題型比較嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法與傳統教學法於概念測驗後測是否達到顯著水準，乃進行共變數分析，因只有一個操縱變因，故使用單因子共變數分析，不同教學法為操縱變因，以前測為共變量，後測為依變量，進行 ANCOVA 分析。

進行共變數分析前，需先考驗組內迴歸係數是否符合同質性假設。如表 4-4-5。組內迴歸係數同質性考驗結果， F 值=0.946； $p > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，兩組迴歸線的斜率相同。符合組內迴歸係數同質性假設，可以進行共變數分析。

表 4-4-5 文字題型前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表

依變數：文字題型後測答對題數

來源	型 III 平方和	Df	平均平方和	F	p
校正後的模式	126.047 ^a	3	42.016	7.538	.000
截距	93.819	1	93.819	16.832	.000
組別	1.105	1	1.105	.198	.658
文字題前測	100.856	1	100.856	18.094	.000
組別 * 文字題前測	5.273	1	5.273	.946	.335
誤差	312.136	56	5.574		
總數	2757.000	60			
校正後的總數	438.183	59			

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

調整後的實驗組文字題型後測平均數為6.561，調整後的對照組文字題型後測平均數為5.872(表4-4-6)。表4-4-7為單因子共變數分析結果表，排除不同教學法文字題型概念測驗前測成績（共變項）對不同教學法文字題型概念測驗後測成績（依變項）的影響後，不同教學法文字題型概念測驗後測成績的影響效果檢定之 F 值=1.267； $p > .05$ ，未達顯著水準，表示文字題型以嵌入數位遊戲於5E學習環教學法或傳統教學法，對於其概念學習成就無明顯差異。

表 4-4-6 不同教學法文字題型概念測驗之描述統計表

依變數：文字題型後測答對題數

	M	SD	調整後平均數
實驗組	6.70	2.806	6.561 ^a
對照組	5.73	2.599	5.872 ^a

表 4-4-7 文字題型在不同教學法樣本之單因子共變數分析結果表

依變數：文字題型在不同教學法樣本之後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	120.774 ^a	2	60.387	10.844	.000
截距	91.728	1	91.728	16.472	.000
文字題前測	106.757	1	106.757	19.171	.000
組別	7.057	1	7.057	1.267	.265
誤差	317.409	57	5.569		
總數	2757.000	60			
校正後的總數	438.183	59			

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

就光學概念測驗之圖形題型比較嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法與傳統教學法於概念測驗後測是否達到顯著水準，乃進行共變數分析，因只有一個操縱變因，故使用單因子共變數分析，不同教學法為操縱變因，以前測為共變量，後測為依變量，進行 ANCOVA 分析。

進行共變數分析前，需先考驗組內迴歸係數是否符合同質性假設。如表 4-4-8。組內迴歸係數同質性考驗結果， F 值=0.244； $p > .05$ ，未達顯著水準，接受虛無假設，兩組迴歸線的斜率相同。符合組內迴歸係數同質性假設，可以進行共變數分析。

表 4-4-8 圖形題型前測對後測之迴歸係數同質性考驗結果表

依變數：圖形題型後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>Df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	330.851 ^a	3	110.284	8.748	.000
截距	54.577	1	54.577	4.329	.042
組別	.525	1	.525	.042	.839
圖形題前測	235.345	1	235.345	18.668	.000
組別 * 圖形題前測	3.078	1	3.078	.244	.623
誤差	705.999	56	12.607		
總數	5951.000	60			
校正後的總數	1036.850	59			

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

調整後的實驗組圖形題型後測平均數為10.033，調整後的對照組圖形題型後測平均數為8.067(表4-4-9)。表4-4-10為單因子共變數分析結果表，排除不同教學法圖形題型概念測驗前測成績（共變項）對不同教學法圖形題型概念測驗後測成績（依變項）的影響後，不同教學法圖形題型概念測驗後測成績的影響效果檢定之 F 值=4.655； $p<.05$ ，達顯著水準，表示接受嵌入數位遊戲於5E學習環教學法的學生在光學概念圖形題型的答對題數顯著高於接受傳統教學法的學生。

表 4-4-9 不同教學法圖形題型概念測驗之描述統計表

依變數：圖形題型後測答對題數

	<i>M</i>	<i>SD</i>	調整後平均數
實驗組	10.10	4.428	10.033 ^a
對照組	8.00	3.723	8.067 ^a

表 4-4-10 圖形題型在不同教學法樣本之單因子共變數分析結果表

依變數：圖形題型在不同教學法樣本之後測答對題數

來源	型 III 平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	<i>p</i>
校正後的模式	327.773 ^a	2	163.886	13.174	.000
截距	51.549	1	51.549	4.144	.046
圖形題前測	261.623	1	261.623	21.031	.000
組別	57.903	1	57.903	4.655	.035
誤差	709.077	57	12.440		
總數	5951.000	60			
校正後的總數	1036.850	59			

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

第五節 實驗組在光學概念學習上的改變情形

為能探討嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法前、後，學生對光學概念學習上的改變情形，研究者針對學生在教學單元開始和結束時所填寫的學習單內容進行分析，包括單元前後呈現想法的圖形和兩次繪圖間修正的理由。以下分別就平面鏡成像、凹面鏡成像、凸面鏡成像、凸透鏡成像、凹透鏡成像之學習單，探討學生於學習單所呈現的概念改變情形。

一、平面鏡成像學習單

歸納「物在平面鏡中成像情形」的學習單，發現多數學生在一開始就提出物體與成像之左右方向相反，可能是因為日常生活中平面鏡的應用較普遍。而物距與像距相等之關係，則較少學生注意。至於物體大小與成像大小的相等關係，僅 1 人提出此概念，與學生晤談發現，學生認為物體距離鏡子愈遠，鏡中的成像會愈小，見表 4-5-1。

表 4-5-1 學生說明物在平面鏡中成像情形之探討







概念	學生	提出時間
物與像左右相反	S02、S06、S12、S14、S18、S19、 S21、S22、S23、S24	第一次挑戰
	S27	第二次完成
物距=像距	S02、S14、S28	第二次完成
物長=像長	S28	第二次完成

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

表 4-5-2 顯示一位個案學生在平面鏡學習單中的繪圖如何由錯誤概念修正至正確概念及其修正的理由。學生一開始只說明平面鏡成像時，物體與像之方向相反，並未

注意到物體與鏡子之距離和成像位置與鏡子之距離的關係。經過教學後，學生再改繪製成像情形，就可注意到物體與鏡子的距離=成像與鏡子的距離。

表 4-5-2 學生修正平面鏡學習單至正確概念之概念改變探討

學生	學習單											
S02	<table border="1"> <thead> <tr> <th>物</th> <th>像</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	物	像			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">我會這麼畫的理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一次 挑戰</td> <td>因為左右相反</td> </tr> <tr> <td>第二次 完成</td> <td>左右相反距離相等</td> </tr> </tbody> </table>	我會這麼畫的理由		第一次 挑戰	因為左右相反	第二次 完成	左右相反距離相等
物	像											
												
我會這麼畫的理由												
第一次 挑戰	因為左右相反											
第二次 完成	左右相反距離相等											

二、凹面鏡成像學習單

歸納「物在凹面鏡中不同位置成像情形」的學習單，發現學生一開始受到先前平面鏡成像性質的影響，認為物體所成像與鏡子相對位置和物體與鏡子相對位置相同（物距=像距）。有部分學生認為只要是凹面鏡，不論物體所在位置為何，成像都是放大的。經過教學後，學生可以繪出物體經凹面鏡成像的情形。部分學生對於實像、虛像的概念仍不清楚，見表 4-5-3、表 4-5-4 及表 4-5-5。

物體在 1 倍焦距到 2 倍焦距間的成像情形學習單中，學習單之物體位置太靠近 2 倍焦距，易使學生作圖時發生錯誤，此是未來需注意的部分。

表 4-5-3 學生說明物在凹面鏡 1 倍焦距內成像情形之探討

概念	學生	提出時間
凹面鏡放大	S02、S27、S31	第一次挑戰
物在 1 倍焦距內，成正立放大虛像	S02、S04、S05、S06、S12、S15、 S18、S19、S21、S23、S24、S27、 S30、S31	第二次完成
成像在 1 倍焦距內	S02、S09、S15、S20、S21、S24	第一次挑戰

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

表 4-5-4 學生說明物在凹面鏡 1 倍焦距到 2 倍焦距間成像情形之探討

概念	學生	提出時間
凹面鏡放大	S02、S24、S27、S31	第一次挑戰
放大倒立實像	S02、S12、S24、S26	第二次完成
倒立縮小實像	S04、S23、S27、S31	第二次完成

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

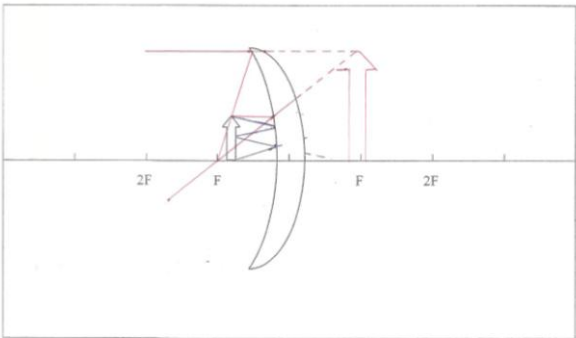
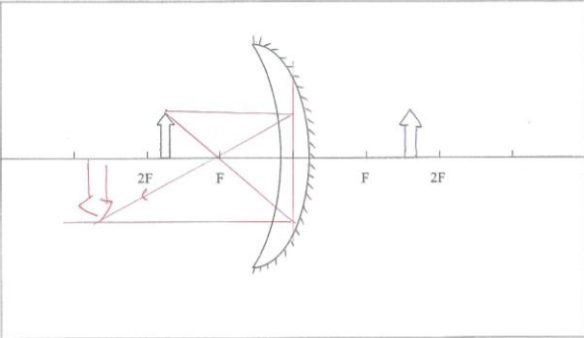
表 4-5-5 學生說明物在凹面鏡 2 倍焦距外成像情形之探討

概念	學生	提出時間
物距=像距	S02、S15、S20、S21、S24	第一次挑戰
凹面鏡放大	S02、S19、S27、S31	第一次挑戰
倒立縮小實像	S02、S12、S15、S19、S23、S25、 S27、S30、S31	第二次完成
倒立縮小虛像	S05、S29	第二次完成
以光徑來說明作圖方式	S02、S19	第二次完成

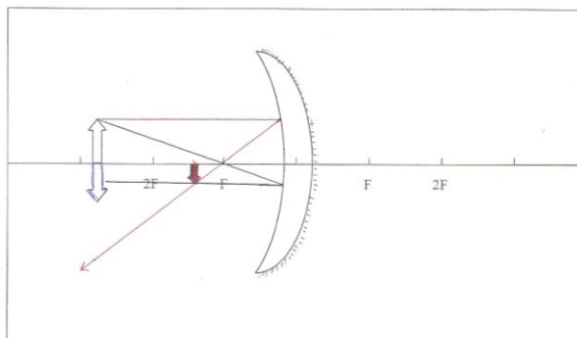
(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

表 4-5-6 顯示三位個案學生在凹面鏡學習單中的繪圖如何由錯誤概念修正至正確概念及其修正的理由。學生一開始的繪製的光徑並未符合反射定律，經由教學後，學生知道利用平行光經凹面鏡的反射後會聚於焦點，及由焦點發出的光經凹面鏡的反射後會平行主軸射出來繪出正確成像。

表 4-5-6 學生修正凹面鏡學習單至正確概念之概念改變探討

學生	學習單						
S05	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">我會這麼畫的理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一次挑戰</td> <td>不會。</td> </tr> <tr> <td>第二次完成</td> <td>在焦點和鏡面間，成像是正立放大虛像。</td> </tr> </tbody> </table>	我會這麼畫的理由		第一次挑戰	不會。	第二次完成	在焦點和鏡面間，成像是正立放大虛像。
我會這麼畫的理由							
第一次挑戰	不會。						
第二次完成	在焦點和鏡面間，成像是正立放大虛像。						
S26	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">我會這麼畫的理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一次挑戰</td> <td>憑之前看電腦範例印象。</td> </tr> <tr> <td>第二次完成</td> <td>物體反射，放大倒立實像。</td> </tr> </tbody> </table>	我會這麼畫的理由		第一次挑戰	憑之前看電腦範例印象。	第二次完成	物體反射，放大倒立實像。
我會這麼畫的理由							
第一次挑戰	憑之前看電腦範例印象。						
第二次完成	物體反射，放大倒立實像。						

S30



我會這麼畫的理由	
第一次挑戰	印象中之前看的影片,起過二倍焦距的物體反射出來好像是倒立,其它我不知道了。
第二次完成	因為老師解釋了光的反射路徑後,我才懂,實際操作顯然是倒立縮小實像。

三、凸面鏡成像學習單

歸納「物在凸面鏡中不同位置成像情形」的學習單，發現部分學生的先備概念就知道物體經凸面鏡成像後會變小。學生在經過教學後，能應用反射定律的概念作圖，推得正確的成像。部分學生具有光線會會聚於虛焦點的迷思，可能是作圖時光線經凸面鏡反射後，發散的反射光線往後之延伸線交會於另一側虛焦點所致，見表 4-5-7。

表 4-5-7 學生說明物在凸面鏡不同位置成像情形之探討

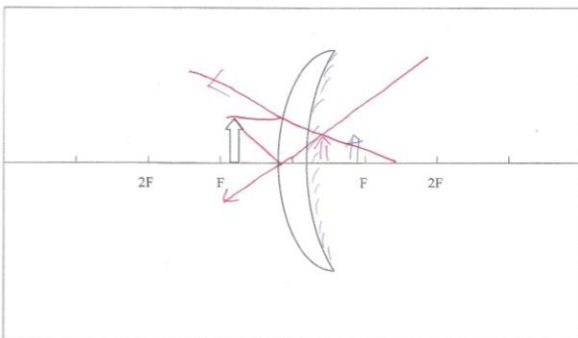
概念	學生	提出時間
正立縮小虛像	S05、S06、S09	第一次挑戰
	S03、S18、S20、S25、S26、S27、S29、S30、S31	第二次完成
提到遵守反射定律	S06、S09、S12、S15、S20、S21、S28	第二次完成
物經凸面鏡成像後像會變小	S12、S20、S27、S31	第一次挑戰

概念	學生	提出時間
凸面鏡會聚焦	S15、S21、S26	第二次完成
正立放大虛像	S19	第二次完成

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

表 4-5-8 顯示一位個案學生在凸面鏡學習單中的繪圖如何由錯誤概念修正至正確概念及其修正的理由。學生一開始只說明凸面鏡成像時，物體經凸面鏡所成之像的大小與原物相比是縮小的，但成像之光徑圖及成像位置並未正確。經教學後學生可繪製出物體成像之光徑圖，並得出成像性質及位置。但學生作圖時未用直尺，此為需注意提醒學生之處。

表 4-5-8 學生修正凸面鏡學習單至正確概念之概念改變探討

學生	學習單						
S12	 <table border="1" data-bbox="625 1585 1171 1816"> <thead> <tr> <th colspan="2">我會這麼畫的理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一次挑戰</td> <td>凸面鏡照到的東西會變小</td> </tr> <tr> <td>第二次完成</td> <td>會遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小</td> </tr> </tbody> </table>	我會這麼畫的理由		第一次挑戰	凸面鏡照到的東西會變小	第二次完成	會遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小
我會這麼畫的理由							
第一次挑戰	凸面鏡照到的東西會變小						
第二次完成	會遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小						

四、凸透鏡成像學習單

歸納「物在凸透鏡中不同位置成像情形」的學習單，發現部分學生一開始受到先前面鏡成像的影響，認為物體經凸透鏡成像是經由反射造成，此乃反射與折射定義不清楚所造成。部分學生受物體經凸面鏡成像性質的影響，認為物體經凸透鏡成像後會變小。有一位學生認為雙凸透鏡兩邊的形狀相同，所以透鏡兩邊物體與像的性質會相同，為一個較特別的迷思概念。部分學生對於實像、虛像的概念仍不清楚。部分學生可說出光線經由凸透鏡折射後，可看到光線會往透鏡較厚的一邊偏折，而平行光經透鏡折射後，可會聚於透鏡另一側的焦點上，此現象在課本上有圖示。經過教學後，學生可以繪出物體經凸透鏡成像的情形，見表 4-5-9、表 4-5-10 及表 4-5-11。

表 4-5-9 學生說明物在凸透鏡 1 倍焦距內成像情形之探討

概念	學生	提出時間
正立放大虛像	S03、S05	第一次挑戰
	S02、S09、S12、S19、S21、S23、 S24、S26、S27、S29、S30、S31	第二次完成
正立放大實像	S04、S28	第二次完成
反射	S14、S17、S26	第一次挑戰
折射	S18	第一次挑戰
以光徑來說明作圖方式	S25	第二次完成
因為是雙凸透鏡，所以透鏡兩邊 物與像的大小、與透鏡相對距 離、方向均會相同	S28	第一次挑戰
物體經凸透鏡成像後會變小	S27	第一次挑戰

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

表 4-5-10 學生說明物在凸透鏡 1 倍焦距到 2 倍焦距間成像情形之探討

概念	學生	提出時間
光經折射後會往厚的一邊偏折	S02	第一次挑戰
倒立放大實像	S03、S05	第一次挑戰
	S02、S04、S12、S19、S20、S23、 S24、S27、S28、S29、31	第二次完成
反射	S14、S17、S26	第一次挑戰
折射	S18	第一次挑戰
平行光經凸透鏡折射後會會聚	S15、S21	第一次挑戰
以光徑來說明作圖方式	S12、S25、S30	第二次完成
因為是雙凸透鏡，所以透鏡兩邊 物與像的大小、與透鏡相對距 離、方向均會相同	S28	第一次挑戰
物體經凸透鏡成像後會變小	S27	第一次挑戰

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

表 4-5-11 學生說明物在凸透鏡 2 倍焦距外成像情形之探討

概念	學生	提出時間
光經折射後會往厚的一邊偏折	S02	第一次挑戰
倒立縮小實像	S03、S05、	第一次挑戰
	S02、S04、S12、S19、S23、S24、 S27、S28、S29、S30	第二次完成
反射	S14、S17、S26	第一次挑戰

概念	學生	提出時間
折射	S18	第一次挑戰
以光徑來說明作圖方式	S12、S25	第二次完成
因為是雙凸透鏡，所以透鏡兩邊 物與像的大小、與透鏡相對距 離、方向均會相同	S28	第一次挑戰
物體經凸透鏡成像後會變小	S27	第一次挑戰

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄二)

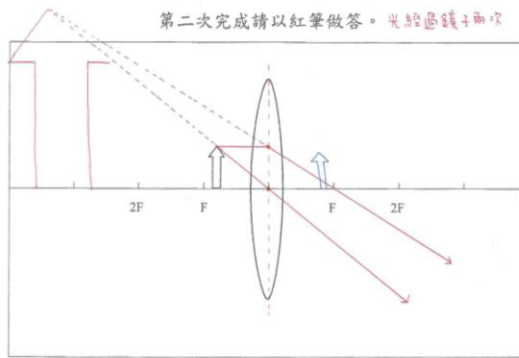
表 4-5-12 顯示三位個案學生在凸透鏡學習單中的繪圖如何由錯誤概念修正至正確概念及其修正的理由。部分學生原先完全沒有概念。有一學生原先認為雙凸透鏡兩邊相同，故物體經凸透鏡所成之像與物體相同。部分學生受課本中呈現凸透鏡使平行光會聚的圖形之影響，造成繪製第一次挑戰時的圖形發生錯誤。大部分學生經教學後，可繪出正確光徑圖及成像之性質。

表 4-5-12 學生修正凸透鏡學習單至正確概念之概念改變探討

學生

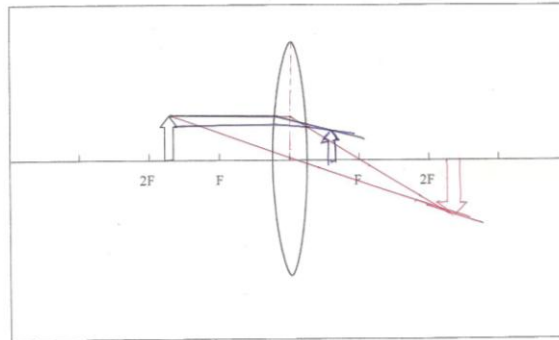
學習單

S28



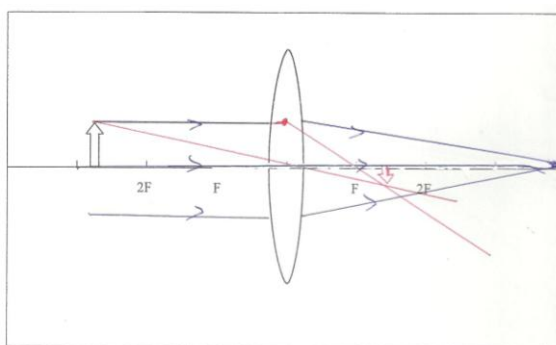
我會這麼畫的理由	
第一次挑戰	因為凸面鏡兩面都一樣
第二次完成	正立, 放大, 實像

S30



我會這麼畫的理由	
第一次挑戰	好像有那麼回事, 抓書了。
第二次完成	第一條, 平行光過未往焦點, 第二條通過鏡心, 不偏折成倒立放大實像, 在 2 倍焦距外。

S09



	我會這麼畫的理由
第一次挑戰	不會
第二次完成	成倒立實像

五、凹透鏡成像學習單

歸納「物在凹透鏡中不同位置成像情形」的學習單，發現部分學生受凹面鏡成像性質影響，認為物體經凹透鏡折射後像會變大。經過教學後，學生可以繪出物體經凹透鏡成像的情形，且有部分學生可以說出物體離凹透鏡愈近，所形成的像愈大，表 4-5-13。

表 4-5-13 學生說明物在凹透鏡不同位置成像情形之探討

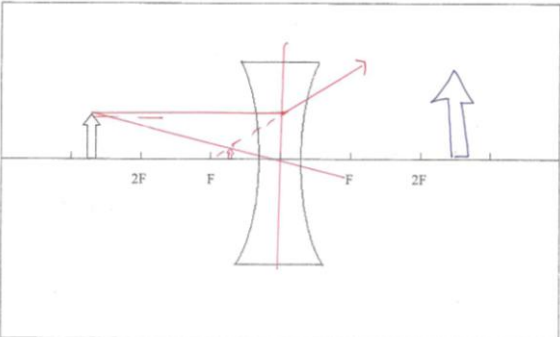
概念	學生	提出時間
物愈靠近鏡子，經凹透鏡折射所成之像愈大	S02、S12、S20、S21、S30	作圖正確可歸納出此一性質。
正立縮小虛像	S03、S05、S09、S18、S19、S30 S02、S04、S06、S12、S15、S20、 S21、S25、S26、S27、S28、S29、 S31	第一次挑戰就正確。 第二次完成概念正確。
以光徑來說明作圖方式	S05、S25、S28	能試著以光前進的路徑來說明。

概念	學生	提出時間
物體經凹透鏡折射後像會變大	S27	受凹面鏡成像性質影響。

(實驗組學生學習單作答原始資料如附錄)

表 4-5-14 顯示一位個案學生在凹透鏡學習單中的繪圖如何由錯誤概念修正至正確概念及其修正的理由。學生原本認為物體經凹透鏡成像會放大，後經教學，學生可以繪出正確光徑圖及成像性質。

表 4-5-14 學生修正凹透鏡學習單至正確概念之概念改變探討

學生	學習單						
S27	 <table border="1" data-bbox="635 1227 1161 1456"> <thead> <tr> <th colspan="2">我會這麼畫的理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一次挑戰</td> <td>凹透鏡物體會放大</td> </tr> <tr> <td>第二次完成</td> <td>正立縮小虛像</td> </tr> </tbody> </table>	我會這麼畫的理由		第一次挑戰	凹透鏡物體會放大	第二次完成	正立縮小虛像
我會這麼畫的理由							
第一次挑戰	凹透鏡物體會放大						
第二次完成	正立縮小虛像						

六、成像學習單中的迷思概念

統整學生成像學習單，學生具有的迷思概念整理如表 4-5-15。

學生在平面鏡的學習單中提到物體與像的方向相同，而大多數學生認為物體經平面鏡成像後，所成的像其方向與物體相反，因為人站立在平面鏡之前，故會有此一感受，但因物體與像的方向和物體與鏡子的相對方向有關係，故應再與學生確定其配置的方向為何。

物體在凹面鏡 1 倍焦距到 2 倍焦距間的情形，學生的迷思概念增加，推測原因為學習單的製作上，物體太接近 2 倍焦距所致。在教學上的應用時，應將物體位置畫在遠離 2 倍焦距，而儘量靠近 1 倍焦距，學生在作圖上較不會產生錯誤。

少數學生無法正確判斷實像、虛像，可設計實驗讓學生由紙屏上是否成像來得到成像來判斷。

學生認為凸面鏡會會聚光線，推測原因為課本的圖「光的發散」中平行光反射後，其反射光向後的延伸線會交在虛焦點上，而讓學生產生迷思概念。

學生認為雙凸透鏡兩面相同，故物體與像的性質應相同，日後在教學上，可設計實驗，增加運用不同種類的透鏡，如平凸透鏡、凹凸透鏡，讓學生去實際操作看到所成的像與凸透鏡種類的關係。

表 4-5-15 成像學習單學生迷思概念統整表

光學鏡種類及物體位置	迷思概念	第一次挑戰 (人數)	第二次完成 (人數)
平面鏡	方向相同	1	2
凹面鏡 1 倍焦距內	物距=像距	1	0
	成像會顛倒	4	0
凹面鏡 1 倍焦距~2 倍焦距間	物距=像距	4	0
	虛像	0	2
	正立放大	0	1
	倒立縮小	1	6
凹面鏡 2 倍焦距外	物距=像距	4	0
	放大像	4	0
	虛像	0	3
凸面鏡	凸面鏡會聚焦	3	0
	凸面鏡聚焦在虛焦點	0	2
	放大像	1	1
	倒立實像	1	0

光學鏡種類及物體位置	迷思概念	第一次挑戰 (人數)	第二次完成 (人數)
凸透鏡 1 倍焦距內	正立實像	0	2
	因為反射成像	1	0
	縮小像	1	0
	因為兩面都一樣	1	0
凸透鏡 1 倍焦距~2 倍焦距間	因為反射成像	3	0
	縮小像	1	0
	因為兩面都一樣	1	0
凸透鏡 2 倍焦距外	因為反射成像	2	0
	因為兩面都一樣	1	0
凹透鏡	放大像	1	0

第五章 結論與建議

本研究以國中八年級學生為研究樣本，比較數位遊戲嵌入 5E 學習環教學法與傳統式教學法對國中自然與生活科技領域中八年級理化光學概念學習的影響差異，並探討嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法對不同的學生面向（性別、學習成就）與題目題型（文字題、圖形題）間的學習成就差異。

經資料分析後，針對本研究的發現進行討論，本章將分為結論、綜合討論、建議等三節。

第一節 結論

一、不同的教學法對學生光學概念學習的影響

經過不同的教學後，實驗組與對照組分別進行概念測驗前、後測的相依樣本 t 檢定，檢定結果中發現兩種教學法在概念測驗的平均成績均有進步進一步以單因子共變數分析中，發現這兩種教學法在概念測驗後測得分上未達顯著水準，表示本研究所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法與傳統教學法兩者對學生光學概念理解的影響無明顯差異。

二、不同性別學生光學概念學習的差異

以單因子共變數分析對照組不同性別學生對概念測驗後測成績的影響未達顯著水準，表示不同性別之學生以傳統教學法學習光學概念，對於其概念學習成就並無明顯差異。同樣地，以單因子共變數分析實驗組不同性別學生對組概念測驗後測成績的影響未達顯著水準，表示不同性別之學生在嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法或傳統教學法學習光學概念，對於其概念學習成就並無明顯差異。

三、不同學習成就學生光學概念學習的差異

以單因子共變數分析實驗組不同學習成就學生對概念測驗後測成績的影響效果達顯著水準，表示不同學習成就之學生以嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法學習光學概念，對於其概念學習成就有明顯差異。而比較高學習成就和低學習成就學生的調整後平均數，發現高學習成就學生在教學後的光學概念理解顯著高於低學習成就學生。

四、學生在不同題型的表現差異

以單因子共變數分析探討不同教學法對學生在文字題型及圖形題型的概念測驗得分的影響，結果發現，不同教學法對文字題型概念測驗後測成績的影響未達顯著水準，亦即接受嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法和傳統教學法的學生在文字題的得分無明顯差異。然而，不同教學法對圖形題型概念測驗後測成績的影響達顯著水準，表示接受嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法的學生在圖形題型得分顯著高於接受傳統教學法的學生。

五、實驗組在光學概念學習上的改變情形

(一) 平面鏡成像學習單

在學習單分析，顯示平面鏡中成像概念改變情形有下列幾項：(1) 多數學生具有物體與成像之左右方向相反之先備概念。(2) 較少學生說出物距與像距相等之關係。經過教學後，學生再次繪製成像情形，就可注意到此一關係。(3) 較少學生說出物體大小與成像大小的相等關係。(4) 多數學生認為物體距離鏡子愈遠，鏡中的成像會愈小。

(二) 凹面鏡成像學習單

在學習單分析，顯示凹面鏡不同位置之成像概念學習上的改變，有下列幾項：(1)

學生一開始受到先前平面鏡成像性質的影響，認為物體所成像與鏡子相對位置和物體與鏡子相對位置相同（物距等於像距）。(2) 部分學生認為只要是凹面鏡，不論物體所在位置為何，成像都是放大的。(3) 學生對於實像、虛像的概念仍不清楚。

個案學生一開始繪製的光徑並未符合反射定律，經由教學後，學生知道利用平行光經凹面鏡的反射後會聚於焦點，及由焦點發出的光經凹面鏡的反射後會平行主軸射出來繪出正確成像。

由學生的學習單發現，學習單中要求學生繪圖表示物體在凹面鏡 1 倍焦距到 2 倍焦距間的成像情形時，學習單上所提供的底圖中將物體置於太靠近 2 倍焦距的位置，易使學生作圖時發生錯誤，此是學習單設計未來需修改的部分。

(三) 凸面鏡成像學習單

在學習單分析，顯示學生在凸面鏡不同位置之成像概念學習上的改變，有下列幾項：(1) 部分學生具有物體經凸面鏡成像後，成像的大小會小於原本物體大小的先備概念，但成像之光徑圖及成像位置並未正確。經教學後學生可繪製出物體成像之光徑圖，並得出成像性質及位置。(2) 部分學生具有光線會聚於虛焦點的迷思，探究其原因可能是作圖時光線經凸面鏡反射後，發散的反射光線往後之延伸線交會於另一側虛焦點所致。(3) 學生在經過教學後，能應用反射定律的概念作圖，推得正確的成像。

由收集之凸面鏡學習單中，發現學生作圖時未用直尺，此會造成物體經凸面鏡成像後性質之誤判，是未來需再注意提醒學生之處。

(四) 凸透鏡成像學習單

在學習單分析，顯示學生在凸透鏡不同位置之成像情形的概念學習上的改變，有下列幾項 (1) 部分學生一開始受到先前面鏡成像的影響，認為物體經凸透鏡成像是經由反射造成。(2) 部分學生受物體經凸面鏡成像性質的影響，認為物體經凸透鏡成像後會變小。(3) 有學生認為雙凸透鏡兩面的形狀相同，所以兩邊物體與像的性質會相同。(4) 部分學生對於實像、虛像的概念仍不清楚。(5) 部分學生由課本上的圖示，

可說出光線經由凸透鏡折射後，可看到光線會往透鏡較厚的一邊偏折，而平行光經透鏡折射後，可會聚於透鏡另一側的焦點上。(6) 大部分學生經教學後，可繪出正確光徑圖及成像之性質。

(五) 凹透鏡成像學習單

在學習單分析，顯示學生在凹透鏡不同位置之成像概念學習上的改變，有下列幾項：(1) 部分學生受凹面鏡成像性質影響，認為物體經凹透鏡折射後像會變大。經過教學後，學生可以繪出物體經凹透鏡成像的情形。(2) 部分學生由 3 張相同大小物體在凹透鏡不同位置的成像學習單，可以說出物體離凹透鏡愈近，經凹透鏡所形成的像愈大。

(六) 成像學習單中的迷思概念

學生在平面鏡的學習單中提到物體與像的方向相同，應與學生確定其物體與鏡子相對位置配置的方向為何。而物體在凹面鏡 1 倍焦距到 2 倍焦距間，迷思概念的學生人數增加，推測原因為學習單的製作上，日後教學上應更注意學習單的製作。學生對於實像、虛像的判別仍有問題，可利用實像、虛像的性質設計實驗讓學生動手操作去認識實像、虛像。學生認為凸面鏡會會聚光線，推測原因為課本的圖「光的發散」中平行光反射後，其反射光向後的延伸線會交在虛焦點上，而讓學生產生迷思概念。

學生認為雙凸透鏡兩面相同，故物體與像的性質應相同，日後在教學上，可設計實驗，增加運用不同種類的透鏡，如平凸透鏡、凹凸透鏡，讓學生去實際操作看到所成的像與凸透鏡種類的關係。

第二節 綜合討論

國內有研究針對數位遊戲式學習對國中生學科成就之影響，其研究結果發現傳統教學法與數位遊戲式學習在學科成就上沒有顯著差異(周清壺，2004；高建斌，2009)，與本研究中探討不同教學法對概念測驗後測成績的影響未達顯著水準之結果相同，可知本研究所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法較傳統教學法對於概念測驗無明顯差異。由此證明，在本研究的光學概念學習中，教師可視教學環境、時間來安排教學方法，因不論是傳統式教學法或本研究所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法，對於學生光學概念的學習均可達到教學成效。但教師在實際的教學過程中觀察到，實驗組的學生學習動機高且更主動的參與學習，未來可以輔以教師觀察來了解學生學習投入和學習動機等相關議題。

在數位資訊媒體應用於教學的研究中，不同性別的學生對於學習成效的影響不顯著(李原富，2009)。本研究結果發現不論是傳統式教學法或本研究所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法，對於不同性別的學生其概念測驗的影響均不明顯。由此可推論本研究之教學法在現場教學應用中，不會因為對象學生性別而有應用上的限制。

不同學習成就背景的學生，在資訊融入教學的學習成就表現，高學習能力學生與低學習能力學生具有顯著差異(周清壺，2004)。本研究亦發現所設計之嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法，針對不同學習成就有不同影響，結果發現可得高學習成就學生光學概念測驗之前、後測有明顯差異。低學習成就學生光學概念測驗之前、後測無明顯差異。而以單因子共變數分析中，不同學習成就學生對概念測驗後測成績的影響效果達顯著水準，表示高學習成就學生在嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法後的光學概念理解顯著高於低學習成就學生。本研究所嵌入的數位遊戲「雷射死光槍」與「快打成像」中，「雷射死光槍」應用的光學原理主要是反射定律，對大部分的學生而言，遊戲上較為容易，而「快打成像」必需具備物在凹面鏡、凸面鏡、凹透鏡、凸透鏡前

不同位置時，其成像的性質及位置，才能夠順利過關，對於學生而言是具有難度的，低學習成就的學生在此易遭遇到困難。遊戲的內容較複雜，讓低學習成就學生的認知負荷較高而學習成效未如預期。

在多重表徵的相關研究中，多重表徵的教學相較於傳統的教學，在學習成效上有顯著差異（卓憲瑞，2008），本研究所設計的嵌入數位遊戲於5E學習環教學法，便運用了文字、圖片、動畫等表徵，在進行概念測驗時，不同題型的概念測驗題目中，文字題的部份，實驗組與對照組無明顯差；而圖形題的部份，實驗組與對照組有明顯差異，而且實驗組學生的得分顯著高於對照組。推論可能是實驗組所使用的嵌入數位遊戲於5E學習環教學法呈現較多視覺表徵，讓學生學習到如何解讀視覺表徵的意義，而能正確作答圖形題型。

第三節 建議

本研究對於教師應用在教學上的設計、研究工具及未來研究的方向提出檢討與建議。

一、教學設計的建議

即將到來的十二年國教，現場教師因應更為開放的學習環境時，沒有考試壓力的學生，要如何帶領他們進入學習的世界呢？資訊媒體的活化應用是可以考慮的方向，由本研究可看到融入數位遊戲的教學與傳統教學，在光學概念的學習上對學生的助益，雖然兩種教學法沒有顯著差異，但教學過程中可以觀察到不論男生、女生或是不同學習成就的學生都主動積極的參與課程，因此現場教師有機會可以試著使用，讓老師與學生雙贏。

而不同性別在嵌入數位遊戲於 5E 學習環教學法中，概念測驗成績無明顯差異，因此本教學法對於單一性別的學校，亦可嘗試實施教學。

在成像學習單中可看到學生的迷思概念，以下就教學上做幾項建議：(一) 在平面鏡的教學中，應注意物體方向與成像方向的敘述，避免學生認為平面鏡成像時，物體與成像的方向一定相反。(二) 應更注意學習單上物體位置的畫法，避免學生因為練習學習單而產生迷思概念。(三) 利用實像、虛像的性質設計實驗讓學生動手操作去認識實像、虛像。(四) 平行光經凸面鏡反射後，其反射光向後的延伸線會交在虛焦點上，需強調往後延伸的光線並非實際光線，避免讓學生產生光線是由虛焦點發射出去的迷思概念。(五) 設計運用不同種類的透鏡實驗，讓學生去實際操作看到所成的像與凸透鏡種類的關係。

二、研究工具的建議

(一) 成像學習單的設計，可減少張數，設計成平面鏡、凸面鏡、凹面鏡、凸透鏡、凹透鏡各 1 張，以更有效掌控學生寫作進度。

(二) 物體在不同位置時的成像，繪製在同一張學習單上，更有助於學生觀察物體與鏡子之相對位置和成像性質之關係。

三、未來研究方向的建議

(一) 可設計數位遊戲融入應用電子白板的教學，讓學生以小組學習的方式進行學習，以探討合作學習對學生個體在光學概念學習的影響。

(二) 本研究對照組並未繪製成像學習單，在探討實驗組概念學習改變時，較缺乏相對應的比較，建議日後的研究可增加對照組的成像繪製。

(三) 本研究的樣本取自同一學校，未來研究若能擴大進行不同區域、學校的學生，將有助於釐清不同區域、老師是否有相同研究結果。

參考文獻

一、中文部分：

- 尤建捷(2008)。**POE 教學策略對於九年級學生學習「凸透鏡成像」概念改變之研究**。國立臺灣師範大學科學教育研究所，未出版，台北市。
- 王秉程(2011)。**應用擴增實境於兒童教育用品設計對海洋教育學習興趣影響之研究——以國小中年級學生為例**。國立臺北教育大學數位科技設計學系(含玩具與遊戲設計碩士班)，未出版，台北市。
- 王保進(2009)。**中文視窗版 SPSS 與行為科學研究**。台北市：心理出版社。
- 王敏祝(2004)。**以探究導向教學提昇國中學生學習成效之研究——以「光學」單元為例**。國立彰化師範大學科學教育研究所，未出版，彰化市。
- 王靜如(2006)。**傳達科學本質之理論與教學實例**。台北市：秀威資訊科技股份有限公司。
- 何嘉峻(2003)。**國二、國三不同性別學生光學迷思概念的研究**。國立嘉義大學科學教育研究所，未出版，嘉義市。
- 吳天貴(2007)。**建置一個數位遊戲式學習系統以促進能源教育之學習動機及自我覺知**。國立中央大學網路學習科技研究所，未出版，中壢市。
- 吳叔鎮(2011)。**悅趣化數位學習對國小高年級學童自然與生活科技領域學習成效之影響**。國立臺北教育大學教育傳播與科技研究所，未出版，台北市。
- 吳常榮(2009)。**國中學生電子運動遊戲涉入、流暢體驗與課業壓力之研究**。國立臺灣師範大學體育學系在職進修碩士班，未出版，台北市。
- 李玉貞(2000)。**光學史融入教學對高中學生科學本質觀及光概念的改變之研究**。國立高雄師範大學科學教育研究所，未出版，高雄市。
- 李宗倫(2011)。**電腦遊戲在高中地理教學的應用——以企業霸主 II 模擬遊戲為例**。國立臺灣師範大學地理學系在職進修碩士班，未出版，台北市。
- 李宜蓁(2009)。**探討 5E 學習環教學模式對國二學生科學學習動機之影響**。高雄師範大學科學教育研究所，未出版，高雄市。
- 李宜穎(2007)。**不同學習成就學童在數位遊戲學習系統中問題解決歷程之比較——以「希望之旅」為例**。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班，未出版，台北市。
- 李采裛(2003)。**國小中、高年級學童光迷思概念研究**。屏東師範學院數理教育研究所，未出版，屏東市。
- 李原富(2009)。**不同多媒體教學對四年級月相概念學習成就與學習動機之研究**。國立臺南大學材料科學系自然科學教育碩士班，未出版，台南市。
- 李登隆(2004)。**資訊融入專題導向學習對國小學生自然科學學習態度與問題解決能力之影響**。臺北市立師範學院科學教育研究所，未出版，台北市。

- 阮素貞 (2006)。國小四年級自然與生活科技領域之主動學習行動研究。淡江大學教育科技學系碩士在職專班，未出版，新北市。
- 卓憲瑞 (2008)。探究多重表徵教學對於八年級學生學習化學平衡概念與概念改變的影響。國立臺灣師範大學科學教育研究所，未出版，台北市。
- 周清壺 (2004)。資訊融入自然與生活科技領域教學對國小學生學習動機與學習成就的影響。國立臺南大學材料科學系自然科學教育碩士班，未出版，台南市。
- 林余思 (2002)。國中學生在資訊科技融入生物科學習中後設認知的表現。國立臺灣師範大學生物學系在職進修碩士學位班，未出版，台北市。
- 林佳昌、楊子瑩、王國華、林凱胤、余安順、楊秀停 (2009)。資訊融入 5E 探究教學對八年級學生學習成效之行動研究。國立嘉義大學國民教育研究學報，22，131-157。
- 林彩岫譯 (1997)。Hein, G. H. 著。建構主義者的博物館學習理論。博物館學季刊，11 (4)，27-30。
- 林淑蕙 (2009)。學童在不同空間維度之科學問題解決數位遊戲學習情境之學習成效研究。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班，未出版，台北市。
- 林勝介 (2009)。運用數位遊戲提升國小學童創造力之探討及成效評估。國立臺南大學數位學習科技學系碩士班，未出版，台南市。
- 林琬縈 (2010)。以 5E 學習環教學模式融入高職進修學校物理教學之行動研究—以摩擦力單元為例。高雄師範大學物理學系，未出版，高雄市。
- 侯佳典 (2008)。5E 探究式學習環教學對國二學生浮力概念改變成效之研究。國立彰化師範大學物理學系，未出版，彰化市。
- 南一出版社 (2012)。國民中學自然與生活科技課本第三冊。台南市：南一出版社。
- 洪正龍 (1997)。科學遊戲對國小五年級不同學習動機類型學童的學習動機之影響研究。國立新竹教育大學應用科學系碩士班，未出版，新竹市。
- 胡博閔 (2009)。數位遊戲學習對學童創造力與實作技能影響之研究。國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系，未出版，台北市。
- 范綱正 (2011)。數位遊戲式學習融入自然領域對國小三年級低成就學童補救教學成效與態度之影響。淡江大學教育科技學系碩士在職專班，未出版，新北市。
- 高建斌 (2009)。數位遊戲式學習對國中生學習動機、問題解決能力與學科成就之影響。國立成功大學教育研究所，未出版，台南市。
- 張春興 (1996)。教育心理學。台北市：東華。
- 張素娟 (2008)。融入 PSHG 於 5E 探究式教學對國中生概念改變影響之研究~以牛頓運動定律為例。國立彰化師範大學科學教育研究所，未出版，彰化市。
- 張智鈞 (2010)。以大型多點觸控螢幕進行數位遊戲式協同學習活動之研究。國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系，未出版，台北市。
- 張靜儀 (2005)。國小自然科教學個案研究-以 ARCS 動機模式解析。科學教育學刊，13 (2)，191-216。
- 張靜馨 (1995)。何謂建構主義。建構與教學，3，217-240。

- 張靜馨 (1996)。建構教學：採用建構主義如何教學？。建構與教學，7，1-8。
- 莊雅茹 (1996)。CAL 軟體電腦動畫應用與學習成效分析。視聽教育雙月刊，38(2)，9-16。
- 許昱寧 (2010)。國中學生數位遊戲學習之研究：授權賦能、最適刺激程度、體驗價值、問題解決能力。高雄師範大學資訊教育研究所，未出版，高雄市。
- 許湘宜 (2012)。數位遊戲融入教學對國小生之品德教育認知理解與態度影響之研究-以弟子規為例。淡江大學教育科技學系數位學習在職專班，未出版，新北市。
- 陳卉綺 (2012)。探討數位悅趣式學習使用效能對於國中生自然與生活科技學習成效影響之研究。淡江大學教育科技學系碩士班，未出版，新北市。
- 陳伶如 (2007)。科學寫作融入 5E 學習環教學模式在國小生活課程之研究。中原大學教育研究所，未出版，中壢市。
- 陳芸慧 (1996)。建構主義理論之探討。網路社會學習通訊期刊，53。
- 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。國立嘉義大學科學教育研究所，未出版，嘉義市。
- 陳建達 (2012)。探討融入數位遊戲學習在國小五年級學童「全球暖化與節能減碳」概念學習成效之研究。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班，未出版，台北市。
- 陳彥杰 (2008)。數位遊戲設計教學對於國小學童學習演繹邏輯推理能力成效之研究。國立屏東教育大學教育科技研究所，未出版，屏東市。
- 陳裕民 (2012)。節能減碳數位遊戲之發展及其對國小學童相關概念與問題解決能力之研究。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班，未出版，台北市。
- 陳憶萱 (2007)。數位遊戲學習系統對不同學習風格的國小中年級學童科學學習成就之影響-以「希望之旅」為例。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班，未出版，台北市。
- 彭成璋 (2007)。建置一適用於小學自然科學之線上遊戲學習系統。樹德科技大學資訊工程學系，未出版，高雄市。
- 曾秋華 (2002)。利用建構式教學於國小自然科操作實驗之行動研究：以「電磁鐵與電動機」為例。科學教育研究與發展季刊，29，17-32。
- 黃可欣 (2006)。科學概念二階段評量診斷工具之發展—以國中光學概念評測為例。慈濟大學教育研究所，未出版，花蓮市。
- 黃松源、王美芬 (2001)。國小自然科建構取向教學之行動研究。科學教育研究與發展季刊，57-82。
- 黃祐謙 (2011)。建立數位遊戲式學習教材之探討。世新大學資訊傳播學研究所(含碩專班)，未出版，台北市。
- 黃靚芬 (2012)。競賽式數位遊戲融入教學對小學生社會領域學習成效影響之研究。淡江大學教育科技學系數位學習在職專班，未出版，新北市。
- 楊宜雯 (2009)。探究七年級在「光學」建模教學的心智模式改變與建模能力表現。國立臺灣師範大學科學教育研究所在職進修碩士班，未出版，台北市。

- 楊明獻 (2008)。改進國中理化課程教學-以「光的折射」單元為例。科學教育月刊，306，27-42。
- 楊清智 (2012)。以 5E 學習環教學策略探究國小高年級學童對奈米科技的概念學習成效。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班，未出版，台北市。
- 楊龍立 (1997)。建構主義教學的檢討。教育資料與研究，18，1-6。
- 楊龍立 (1998)。建構教學的研究。台北市市立師範學院學報，18，1-6。
- 經濟部工業局 (2004)。數位內容白皮書。
- 葉基倫 (2011)。融入 5E 學習環的補救教學對低成就國三學生光學迷思概念影響之研究。國立彰化師範大學物理學系，未出版，彰化市。
- 廖經宏 (2002)。建構取向教學模式對國小學童光學相關概念之影響。國立花蓮師範學院國小科學教育研究所，未出版，花蓮市。
- 熊召弟 (1996)。建構者觀的自然科教學。科學教育研究與發展季刊，3，3-11。
- 趙秀琴 (2011)。數位遊戲式學習對國中學生歷史科學學習態度與學習成效之研究。國立中正大學教育學研究所，未出版，嘉義縣。
- 蔡宜良 (2011)。擴增實境式星體運動悅趣學習設計與成效研究。國立新竹教育大學數位學習科技研究所，未出版，新竹市。
- 蔡明儒 (2004)。國小學童光學概念改變之研究。國立嘉義大學科學教育研究所，未出版，嘉義市。
- 蔡執仲、段曉林 (2005)。探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響。科學教育學刊，13(3)，289-315。
- 蔡福興 (2008)。線上遊戲式學習在知識獲取與學習遷移成效之研究。國立臺灣師範大學工業科技教育學系，未出版，台北市。
- 賴廷維 (2006)。以探究式教學法發展國中光學教學模組之行動研究。國立彰化師範大學物理學系，未出版，彰化市。
- 賴俊甫 (2007)。數位遊戲學習系統對不同學習風格學生科學態度之影響-以「希望之旅」為例。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士班，未出版，台北市。
- 謝甫宜 (2011)。科學遊戲本位教學模式對於學生科學學習成效之影響與分析。高雄師範大學科學教育研究所，未出版，高雄市。
- 蘇育男 (2009)。融入 Tyson's 多面向架構之 5E 教學策略發展國中自然與生活科技之熱學單元之研究。國立彰化師範大學科學教育研究所，未出版，彰化市。
- 蘇怡芳 (2010)。國小自然與生活科技領域教科書「電磁學概念」單元活動之內容分析~以 5E 學習環為例。國立臺中教育大學科學應用與推廣學系科學教育碩士班，未出版，臺中市。

二、西文部分：

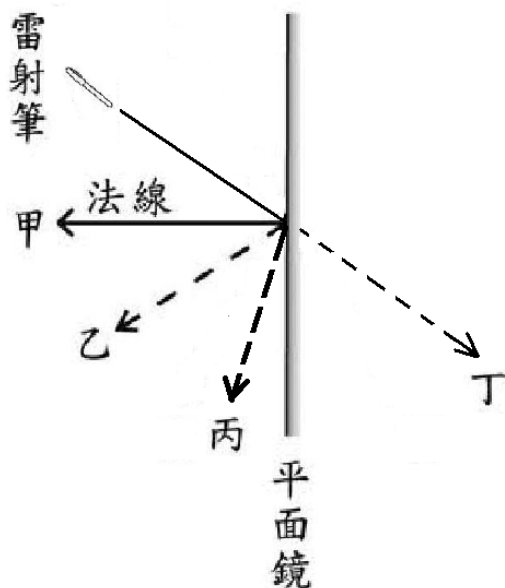
- Barab, S. A., Scott, B., Siyahhan, S., Goldstone, R., Ingram-Goble, A., Zuiker, S., & Warren, S. (2009). Transformational play as a curricular scaffold: Using videogames to support science education. *Journal of Science Education and Technology*, 18(4), 305-320.
- Bybee, R. F., & Landes, N. M. (1988). The biological science curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25(8), 36-37.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J.C., & Westbrook, A. et al (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. *Office of Science Education National Institutes of Health*, 2, 33-34.
- Cepni, S., Sahin, C., & Ipek, H. (2010). Teaching Floating and Sinking Concepts with Different Methods and Techniques Based on the 5E Instructional Model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), 1-39.
- Cheng, C. H., & Su, C. H. (2012). A Game-based learning system for improving student's learning effectiveness in system analysis course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 669-675.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Media*, 24(4), 333-339.
- Ceylan, E., & Geban, Ö. (2009). Facilitating conceptual change in understanding state of matter and solubility concepts by using 5E learning cycle model. *Hacettepe University Journal of Education*, 36, 41-50.
- DeLeeuw, K. E., & Mayer, R. E. (2011). Cognitive consequences of making computer-based learning activities more game-like. *Computers in Human Behavior*, 27(5), 2011-2016.
- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456.
- Fosnot, C. T. (1989). Enquiring teachers, enquiring learners: A constructivist approach for teaching. *New York: Teachers College Press*.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: a research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467.
- Kaynar, D., Tekkaya, C., & Cakiroglu, J. (2009). Effectiveness of 5E learning cycle instruction on students' achievement in cell concept and scientific epistemological beliefs. *Hacettepe University Journal of Education*, 37, 96-105.
- Lawson, A. E. (1996). Introducing mendelian genetics through a learning cycle. *The American Biology Teacher*, 58(1), 38-42.
- Liu, T.-C., Peng, H., Wu, W.-H., & Lin, M.-S. (2009). The Effects of Mobile Natural-science Learning Based on the 5E Learning Cycle: A Case Study. *Educational Technology & Society*, 12 (4), 344-358.

- Mustafa Y., & Gokhan D. (2012). The Effect of Activities Based on 5e Model on Grade 10 Students' Understanding of the Gas Concept. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 634–637.
- Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52, 1-12.
- Porandokht F., Abdolrarim N. e. & Saeed S. (2010). The effect of 5E instructional design model on learning and retention of sciences for middle class students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 5, 140-143.
- Prensky, M. (2001). Digital game-based learning. *New York: McGraw-Hill*.
- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M. N., Flores, P., & Salinas, M. (2003). Beyond nintendo: Design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education*, 40, 71-94.
- Sung, H. Y. & Hwang, G. J., (2013). A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers & Education*, 63, 43-51.
- Von Glasersfeld, E. (1996). Introduction: Aspects of constructivism. In Fosnot, C.T., constructivism: Theory, perspectives, and practice. *New York: Teachers College Press*.

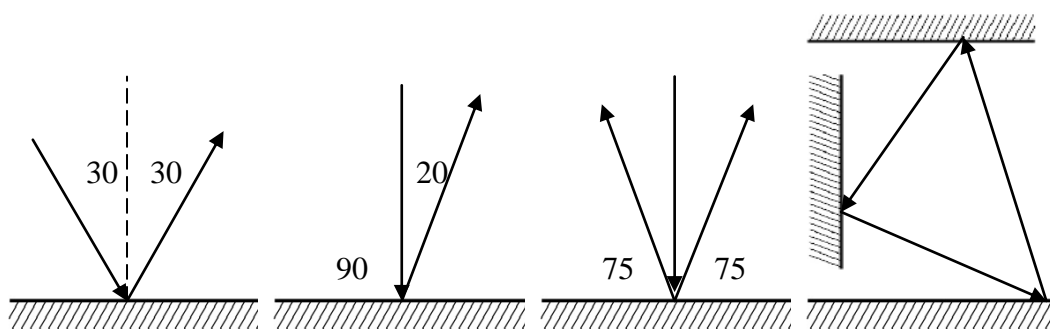
附錄

附錄一 概念測驗試題

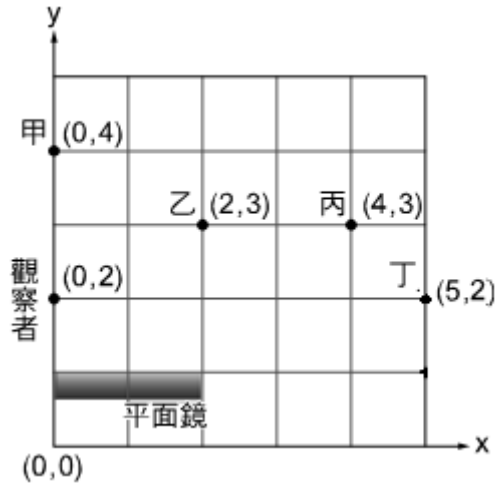
- 1.() 小榮用雷射筆對著平面鏡作反射定律的實驗，如圖所示。雷射筆發出的光線經平面鏡反射後，其行進的路線為圖中的哪一條線？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁



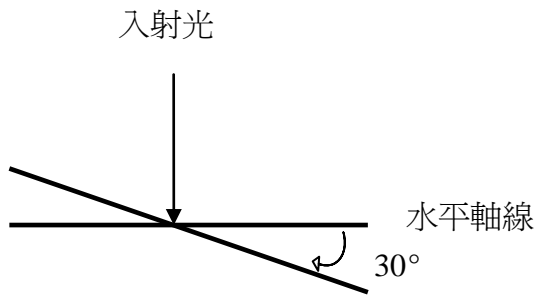
- 2.() 下列光的反射路徑，何者正確？（數字為角度值，箭頭為光前進方向）



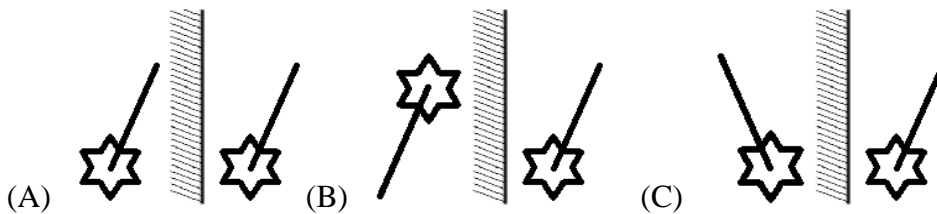
- 3.() 在水平地面的平面坐標上，觀察者在位置 (0, 1) 到位置 (2, 1) 放置一大平面鏡，且觀察者、甲、乙、丙和丁五人的位置如附圖所示。經由平面鏡的反射，觀察者看不到哪一個人的像？ (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

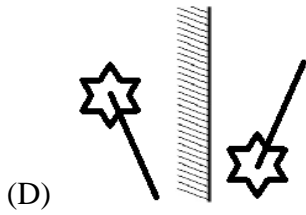


- 4.() 光線垂直射到一平面鏡上，如下圖所示，如果入射光線方向不變，則將平面鏡繞著通過入射點的水平軸線順時針旋轉 30° ，則入射角為幾度： (A) 0° (B) 30° (C) 45° (D) 90°



- 5.() 承上題，則將平面鏡繞著通過入射點的水平軸線順時針旋轉 30° ，則反射角為幾度： (A) 0° (B) 30° (C) 45° (D) 90°
- 6.() 對於平面鏡成像的敘述，何者正確？ (A)遵守折射定律 (B)所看到的像為實像 (C)像與物體大小不一樣 (D)像與鏡面的距離等於物與鏡面的距離
- 7.() 下列各圖中，物體在平面鏡中的成像何者正確（平面鏡左側為像、右側為物）？

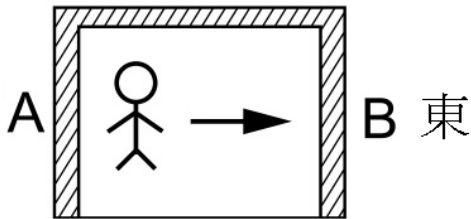




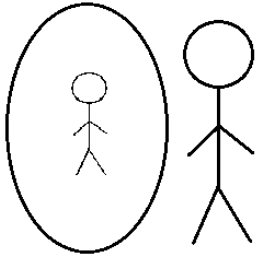
- 8.() 表面無數字刻度之時鐘，平面鏡內看見時鐘所指示之時間為 7 時 15 分，如附圖所示，則此時之正確時間應為： (A) 4 時 45 分 (B) 7 時 15 分 (C) 7 時 45 分 (D) 9 時 22 分



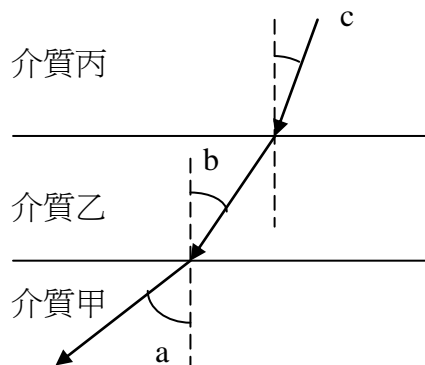
- 9.() 小榮在電梯中如附圖，向東邊的鏡子 B 移動，則小榮在 A、B 兩個鏡子經一次反射所成的像之移動，應該為何？ (A) A 向西；B 向東 (B) A 向西；B 向西 (C) A 向東；B 向東 (D) A 向東；B 向西



- 10.() 小榮照平面鏡，若平面鏡向人靠近 0.5 公尺時，則小榮的像與鏡子之間的距離如何變化？ (A) 像與平面鏡的距離增加 1 公尺 (B) 像與平面鏡的距離增加 0.5 公尺 (C) 像與平面鏡的距離縮短 1 公尺 (D) 像與平面鏡的距離縮短 0.5 公尺
- 11.() 物體經過何種鏡片，所成的像永遠比原物小？ (A) 平面鏡 (B) 凸透鏡 (C) 凸面鏡 (D) 凹面鏡
- 12.() 小榮站在一面大型的光學鏡片前面，距離該光學鏡片兩倍焦距外的位置，結果看到如附圖的影像（正立縮小），請問該光學鏡片是： (A) 平面鏡 (B) 凹透鏡 (C) 凹面鏡 (D) 凸面鏡

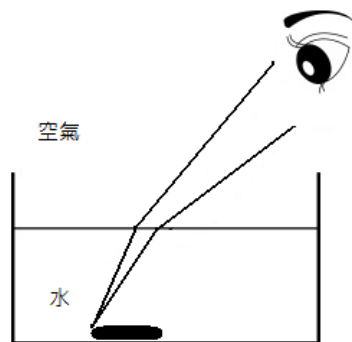
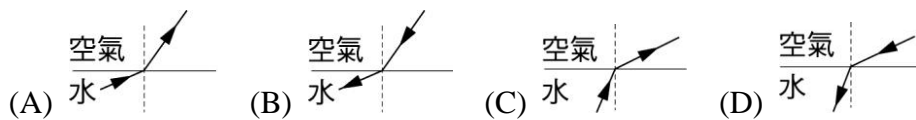


- 13.() 有一發光體從遠處移動至凸面鏡前，請判斷成像位置的變化為何？ (A) 遠離面鏡 (B) 靠近面鏡 (C) 先遠離面鏡再靠近面鏡 (D) 先靠近面鏡再遠離面鏡
- 14.() 下列關於面鏡可能成像的敘述，何者正確？ (A)平面鏡——倒立實像 (B)凹面鏡——正立虛像 (C)凸面鏡——倒立虛像 (D)凹面鏡——正立實像
- 15.() 強力探照燈的燈泡是安裝在何種鏡面的那個位置上，所以光線照到遠處仍然保持較為集中？ (A)凹面鏡 1 倍焦距 (B) 凹面鏡 2 倍焦距 (C) 凸面鏡 1 倍焦距 (D) 凸面鏡 2 倍焦距
- 16.() 今年夏天，風和日麗的假期中，小榮帶兒子到墾丁烤肉時，忘了帶打火機，但是他們帶了很多種鏡子，小榮可用下列那一個鏡子對著太陽將火種點燃？ (A) 凹面鏡 (B)凸面鏡 (C)平面鏡 (D)凹透鏡
- 17.() 有一發光體從遠處移動至凹面鏡前，請判斷成像大小的變化為何？ (A) 像漸大 (B) 像漸小 (C) 先漸大再漸小 (D) 先漸小再漸大
- 18.() 下列現象和光的折射現象有關的是： (A) 影子 (B) 日、月食 (C) 針孔成像 (D) 游泳池的底部看起來比實際淺
- 19.() 如附圖，光線經過甲、乙、丙三層互相平行的介質時發生折射，且角度 $a > b > c$ ，則光線在三介質中的速率大小關係，下列何者正確？ (A)甲 $>$ 乙 $>$ 丙 (B)甲 $>$ 丙 $>$ 乙 (C)丙 $>$ 甲 $>$ 乙 (D)丙 $>$ 乙 $>$ 甲

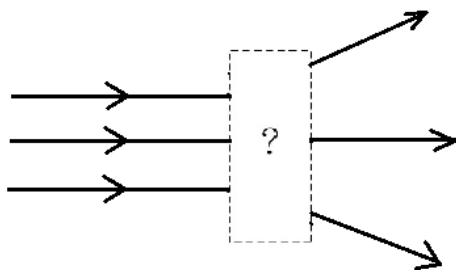


20.() 下列關於實像、虛像的敘述，何者正確？ (A)面鏡所成的必定是虛像 (B)由光的反射而成的必定是實像 (C)實像能在光屏上呈現 (D)虛像必定是放大的

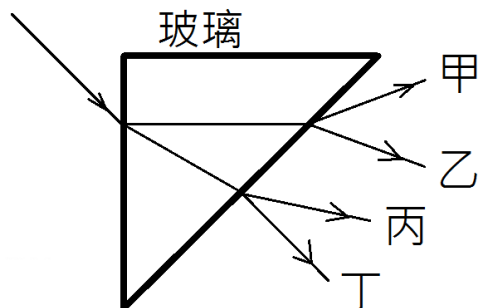
21.() 從水面上看一枚在水中的硬幣，如附圖，則下列何者為上述現象的合理光線路徑圖？



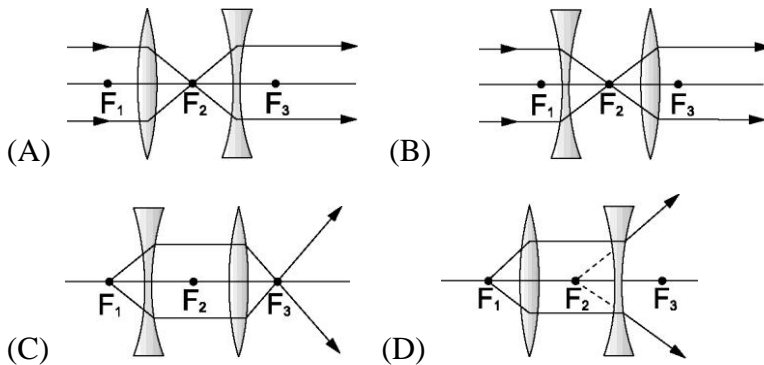
22.() 光線通過一未知的光學鏡如附圖所示。這光學鏡是下列的哪一個？ (A)凸面鏡 (B)凹透鏡 (C)凹面鏡 (D)凸透鏡



23.() 一束光線射入三角形的玻璃，如附圖所示，則折射光線可能是： (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁

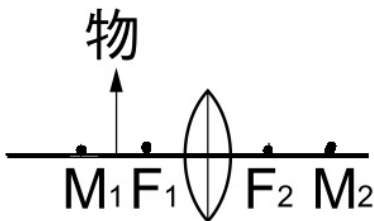


- 24.() 凹透鏡與凸透鏡各一面，兩鏡之間的焦點在 F_2 重合，同軸而立，則下列各圖所繪光線經兩透鏡所走之路徑何者正確？（ F_1 、 F_2 、 F_3 均為焦點）

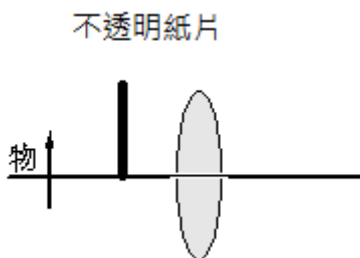


- 25.() 下列那一個光學鏡片單獨使用時具有會聚光線的特性？ (A)凸面鏡 (B)平面鏡 (C)凹透鏡 (D)凸透鏡

- 26.() F_1 及 F_2 分別為凸透鏡的兩邊焦點， M_1 及 M_2 為兩倍焦距處。若物置於 1 倍焦距到 2 倍焦距之間，吾人以肉眼在鏡的另一邊觀察，則下列何者正確？ (A) 沒有屏幕，故看不到像 (B) 可看到倒立放大實像 (C) 可看到倒立縮小實像 (D) 可看到正立放大虛像

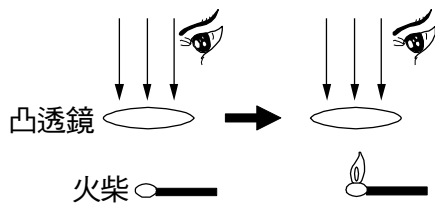


- 27.() 使用一凸透鏡做實驗，裝置透鏡如附圖所示，使用一不透明紙片將透鏡上半部遮住，物體位在此凸透鏡的一倍焦距到二倍焦距之間，則此物體經由凸透鏡所成的像應為何？ (A) 只有下半部 (B) 只有上半部 (C) 不能成像 (D) 完整的像



- 28.() 如附圖，小榮將凸透鏡放在太陽光下，並將火柴棒置於凸透鏡下方，看到縮小倒立的火柴棒，請問此時火柴棒可能在凸透鏡的那個位置上？ (A) 凸透鏡的 1 倍焦距內 (B) 凸透鏡的 1 倍焦距到 2 倍焦距間 (C) 凸透鏡的 2 倍焦距上

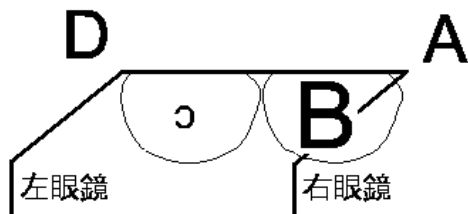
(D)凸透鏡的 3 倍焦距上。



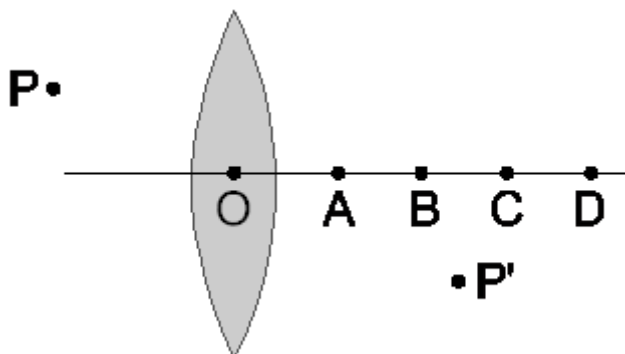
29.() 承上題，後來他緩慢移動凸透鏡，卻發現火柴棒起火了，請問：他是如何移動凸透鏡的？ (A)將凸透鏡向左移 (B)將凸透鏡向右移 (C)將凸透鏡向下移 (D)將凸透鏡向上移。

30.() 有一發光體從遠處移動至凸透鏡前，請判斷成像位置的變化為何？ (A) 遠離透鏡 (B) 靠近透鏡 (C) 先遠離透鏡再靠近透鏡 (D) 先靠近透鏡再遠離透鏡

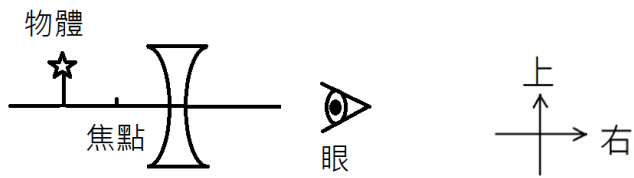
31.() 用一眼鏡來看相同大小的 ABCD 時，結果如附圖所示，則左、右眼鏡各為何種透鏡？ (A)左眼鏡是凸透鏡，右眼鏡是凸透鏡 (B)左眼鏡是凸透鏡，右眼鏡是凹透鏡 (C)左眼鏡是凹透鏡，右眼鏡是凸透鏡 (D)左眼鏡是凹透鏡，右眼鏡是凹透鏡



32.() 已知 P 光源經由凸透鏡成像於 P' 點，如附圖所示。則凸透鏡的右側焦點在何處？ (A) A (B) B (C) C (D) D



33.() 在凹透鏡成像中，如附圖所示，若欲看到較大的像，凹透鏡必須如何移動？ (A)將凹透鏡右移 (B)將凹透鏡左移 (C)將凹透鏡上移 (D)將凹透鏡下移



- 34.() 有一發光體從遠處移動至凹透鏡前，請判斷成像大小的變化為何？ (A) 像漸大 (B) 像漸小 (C) 先漸大再漸小 (D) 先漸小再漸大

附錄二 實驗組學生學習單作答原始資料

一、平面鏡成像學習單

S02：因為左右相反。(第一次挑戰)

S02：左右相反，距離相等。(第二次完成)

S06：鏡子是左右相反。(第一次挑戰)

S06：鏡子與現實是相反的。(第二次完成)

S09：我照鏡子裡的像畫。(第一次挑戰)

S12：因為鏡中照出來的像會左右相反。(第一次挑戰)

S14：因為左右相反。(第一次挑戰)

S14：左右相反，距離相等。(第二次完成)

S16：因為相反。(第一次挑戰)

S16：鏡子與現實是相反。(第二次完成)

S17：感覺成像在鏡後，但所在位置並不實際。(第一次挑戰)

S18：因為我自己在照鏡子的時候，我舉我的右手，但鏡子雖然和我一樣，但卻
是它的左手，如果是我舉右手，它也舉右手的話，那就是靈異的事件。(第一次
挑戰)

S19：因為物去照像會呈左右相反，但比例和物並沒有差別，所以唯一的差別就
是左右相反。(第一次挑戰)

S19：想法一樣。(第二次完成)

S20：因為鏡子反映會倒反。(第一次挑戰)

S21：因為會左右相反。(第一次挑戰)

S21：因為一樣。(第二次完成)

S22：左右相反(第一次挑戰)

S23：因為鏡中的像會左右相反。(第一次挑戰)

S23：會左右相反。(第二次完成)

S24：因為會左右相反。(第一次挑戰)

S24：因為一樣。(第二次完成)

S25：相反。(第一次挑戰)

S25：相反。(第二次完成)

S26：照鏡子的經驗突發奇想。(第一次挑戰)

S27：因為照鏡子的時候，方向和上下都相同。(第一次挑戰)

S27：平面鏡大小物體相同，上下相同，但左右相反。(第二次完成)

S28：因為我覺得照鏡子東西會黏在一起。(第一次挑戰)

S28：我還是覺得一樣，因為照鏡子距離、方向、大小都會一樣。(第二次完成)

S29：因為我把紙折起來畫。(第一次挑戰)

S30：因為鏡子照出來我們看到的是物體的對稱。(第一次挑戰)

S31：因為會相反。(第一次挑戰)

二、凹面鏡成像學習單

(一) 物在 1 倍焦距內

S02：物距=像距，凹面鏡放大。(第一次挑戰)

S02：一條平行射出反射通過焦點，一條射出延伸線通過焦點反射的虛線與上條線交點。在焦點前，正立放大虛像。(第二次完成)

S04：不知道。(第一次挑戰)

S04：正立放大虛像。(第二次完成)

S05：不會。(第一次挑戰)

S05：在焦點和鏡面間，成像是正立放大虛像。(第二次完成)

S06：因為不太會，所以自己先猜猜看。(第一次挑戰)

S06：正立、放大，在一倍焦距內，虛像。(第二次完成)

S09：正立放大，在一倍焦距內。(第一次挑戰)

S12：凹面鏡應該是離越近就會越大。(第一次挑戰)

S12：正立放大虛像，因為在焦點內。(第二次完成)

S15：像距不變，在一倍像距內，成像會顛倒。(第一次挑戰)

S15：正立、放大，在一倍焦距內，虛像。(第二次完成)

S18：我不知道如何畫。(第一次挑戰)

S18：正立放大虛像。(第二次完成)

S19：不太了解，按照課本上畫。(第一次挑戰)

S19：成為正立放大虛像。(第二次完成)

S20：像距不變，在一倍像距內，成像會顛倒。(第一次挑戰)

S20：正立、放大。(第二次完成)

S21：像距不變，在一倍像距內，成像會顛倒。(第一次挑戰)

S21：正立、放大，在一倍焦距內，虛像。(第二次完成)

S23：不會。(第一次挑戰)

S23：在焦點和鏡面間，成像是正立放大虛像。(第二次完成)

S24：像距不變，在一倍像距內，成像會顛倒。(第一次挑戰)

S24：正立、放大，在一倍焦距內，虛像。(第二次完成)

S26：憑之前電範例印象。(第一次挑戰)

S26：反射物體，放大實像。(第二次完成)

S27：凹面鏡物體會放大。(第一次挑戰)

S27：正立放大虛像。(第二次完成)

S28：因為我覺得是這樣。(第一次挑戰)

S28：反射物體，放大實像。(第二次完成)

S29：不知道。(第一次挑戰)

S29：物體放大。(第二次完成)

S30：憑感覺，覺得是虛像、放大。(第一次挑戰)

S30：實際是放大虛像，但位置和大小跟第一張比準確很多。(第二次完成)

S31：凹面鏡會放大。(第一次挑戰)

S31：正立放大虛像。(第二次完成)

(二) 物在 1 倍焦距到 2 倍焦距間

S02：物距=像距，凹面鏡放大。(第一次挑戰)

S02：在一焦、二焦中，倒立放大實像。(第二次完成)

S04：不會。(第一次挑戰)

S04：成像倒立縮小實像。(第二次完成)

S05：不會。(第一次挑戰)

S05：在兩倍焦點和焦點間，成像為倒立縮小虛像。(第二次完成)

S09：不會。(第一次挑戰)

S09：正立放大，在兩倍焦距內。(第二次完成)

S12：直覺。(第一次挑戰)

S12：倒立放大實像，在 1 倍焦距及 2 倍焦距內。(第二次完成)

S15：像距不變，像變大。(第一次挑戰)

S15：成像顛倒，大小變小。(第二次完成)

S20：像距不變。(第一次挑戰)

S20：成像上下顛倒，縮小。(第二次完成)

S21：像距不變，像變大。(第一次挑戰)

S21：成像顛倒，大小變小。(第二次完成)

S23：不會。(第一次挑戰)

S23：成像倒立縮小實像。(第二次完成)

S24：像變大。(第一次挑戰)

S24：在 1 倍焦距至 2 倍焦距中，倒立放大實像。(第二次完成)

S26：物體反射，放大倒立實像。(第二次完成)

S27：凹面鏡物體會放大。(第一次挑戰)

S27：倒立縮小實像。(第二次完成)

S29：物體放大。(第一次挑戰)

S29：倒立、虛像。(第二次完成)

S31：凹面鏡會放大。(第一次挑戰)

S31：倒立縮小實像。(第二次完成)

(三) 物在 2 倍焦距外

S02：物距=像距，凹面鏡放大。(第一次挑戰)

S02：一條平行，一條通過焦點，兩條交點在二倍焦距後，倒立縮小實像。(第二次完成)

S05：不會。(第一次挑戰)

S05：在二倍焦點後，成像為倒立縮小虛像。(第二次完成)

S09：大小變小，上下顛倒。(第一次挑戰)

S12：直覺。(第一次挑戰)

S12：倒立縮小實像，因為超過二倍焦距。(第二次完成)

S15：像距一樣，大小變小。(第一次挑戰)

S15：大小變小，成像顛倒。(第二次完成)

S18：不知道。(第一次挑戰)

S18：正立虛像。(第二次完成)

S19：因為看了圖片後，發現凹面鏡裡的東西會變大。(第一次挑戰)

S19：一條平行、一條通過焦點，共有兩點連接起來的交點，倒立縮小實像。(第二次完成)

S20：像距一樣，大小變小。(第一次挑戰)

S20：大小變小，成像顛倒。(第二次完成)

S21：像距一樣，大小變小。(第一次挑戰)

S21：大小變小，成像顛倒。(第二次完成)

S23：不會畫。(第一次挑戰)

S23：因為凹面鏡的成像是縮小倒立實像。(第二次完成)

S24：像距一樣，大小變小。(第一次挑戰)

S24：大小變小，成像顛倒。(第二次完成)

S25：不知道。(第一次挑戰)

S25：倒立縮小實像。(第二次完成)

S27：凹面鏡物體會放大。(第一次挑戰)

S27：倒立縮小實像。(第二次完成)

S28：因為我覺得應該是這樣。(第一次挑戰)

S28：物體反射上下顛倒，倒立實像。(第二次完成)

S29：不知道。(第一次挑戰)

S29：倒立、縮小、虛像。(第二次完成)

S30：印象之前看的影片，超過二倍焦距的物體反射出來好像是倒立，其它就不知道了。(第一次挑戰)

S30：實際操作顯示是倒立縮小實像。(第二次完成)

S31：凹面鏡會放大。(第一次挑戰)

S31：倒立縮小實像。(第二次完成)

三、凸面鏡成像學習單

(一) 物在 1 倍焦距內

S03：不會。(第一次挑戰)

S03：正立縮小虛像。(第二次完成)

S05：應為正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S05：成像為正立縮小虛像。(第二次完成)

S06：可以在凸面鏡看到正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S06：平行光往外發散，遵守光的反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)

S09：凸面鏡中所看見的正立縮小虛像。(第一次挑戰)

- S09：遵守反射定律。(第二次完成)
- S12：凸面鏡照到的東西會變小。(第一次挑戰)
- S12：會遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小。(第二次完成)
- S15：凸面鏡會聚焦。(第一次挑戰)
- S15：遵守反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)
- S18：凸面鏡遵守光的反射定律，正立縮小虛像。(第二次完成)
- S19：不懂該怎麼畫。(第一次挑戰)
- S19：愈近愈小，正立縮小虛像。(第二次完成)
- S20：凸面鏡照到的東西會變小。(第一次挑戰)
- S20：會遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小。(第二次完成)
- S21：凸面鏡聚焦。(第一次挑戰)
- S21：遵守反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)
- S22：不會畫。(第一次挑戰)
- S22：像變小，左右不相反。(第二次完成)
- S26：焦集在虛焦點，正立縮小虛像。(第二次完成)
- S27：凸面鏡物體會變小。(第一次挑戰)
- S27：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S28：不會。(第一次挑戰)
- S28：入射角=反射角，左右沒有相反也沒有倒立。(第二次完成)
- S29：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S30：凸面鏡的成像是左右相反的縮小虛像。(第一次挑戰)
- S30：正立縮小虛像，距離越近，成像越近、越大。(第二次完成)
- S31：因為凸面鏡會變小。(第一次挑戰)
- S31：正立縮小虛像。(第二次完成)

(二) 物在 1 倍焦距到 2 倍焦距間

S03：不會。(第一次挑戰)

S03：正立縮小虛像。(第二次完成)

S05：不會。(第一次挑戰)

S05：成像為正立縮小虛像。(第二次完成)

S06：可以在凸面鏡看到正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S06：平行光往外發散，遵守光的反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)

S09：凸面鏡中所看見的正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S09：遵守反射定律。(第二次完成)

S12：凸面鏡照到的東西會變小。(第一次挑戰)

S12：會遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小。(第二次完成)

S15：凸面鏡會聚焦。(第一次挑戰)

S15：遵守反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)

S18：正立縮小虛像。(第二次完成)

S19：不懂該怎麼畫。(第一次挑戰)

S19：正立放大虛像。(第二次完成)

S20：凸面鏡照到的東西會變小。(第一次挑戰)

S20：會遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小。(第二次完成)

S21：凸面鏡聚焦。(第一次挑戰)

S21：遵守反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)

S22：不會畫。(第一次挑戰)

S22：像變小，左右不相反。(第二次完成)

S25：正立縮小虛像。(第二次完成)

S26：焦集在虛焦點，正立縮小虛像。(第二次完成)

S27：凸面鏡物體會變小。(第一次挑戰)

S27：正立縮小虛像。(第二次完成)

S29：倒立放大實像。(第一次挑戰)

S29：正立縮小虛像。(第二次完成)

S30：凸面鏡的成像是左右相反的縮小虛像。(第一次挑戰)

S30：正立縮小虛像。(第二次完成)

S31：因為凸面鏡會變小。(第一次挑戰)

S31：正立縮小虛像。(第二次完成)

(三) 物在 2 倍焦距外

S03：不會。(第一次挑戰)

S03：正立縮小虛像。(第二次完成)

S05：不會。(第一次挑戰)

S05：成像為正立縮小虛像。(第二次完成)

S09：凸面鏡中所看見的正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S09：遵守反射定律。(第二次完成)

S12：凸面鏡照到的東西會變小。(第一次挑戰)

S12：正立縮小虛像，遵守反射定律，把圖畫出來，東西會變小和距離無關。(第二次完成)

S15：凸面鏡會聚焦。(第一次挑戰)

S15：遵守反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)

S18：正立縮小虛像。(第二次完成)

S20：凸面鏡照到的東西會變小。(第一次挑戰)

S20：正立縮小虛像和距離無關。(第二次完成)

S21：凸面鏡聚焦。(第一次挑戰)

S21：遵守反射定律，入射角=反射角。(第二次完成)

S22：不會畫。(第一次挑戰)

S22：像變小，左右不相反。(第二次完成)

S25：正立縮小虛像。(第二次完成)

S26：焦集在虛焦點，正立縮小虛像。(第二次完成)

S27：凸面鏡物體會變小。(第一次挑戰)

S27：正立縮小虛像。(第二次完成)

S29：倒立縮小實像。(第一次挑戰)

S29：正立縮小虛像。(第二次完成)

S30：越遠越小，縮小虛像。(第一次挑戰)

S30：正立縮小虛像。(第二次完成)

S31：因為凸面鏡會變小。(第一次挑戰)

S31：正立縮小虛像。(第二次完成)

四、凸透鏡成像學習單

(一) 物在 1 倍焦距內

S02：正立放大虛像。(第二次完成)

S03：正立放大虛像。(第一次挑戰)

S04：不知道。(第一次挑戰)

S04：正立放大實像。(第二次完成)

S05：正立放大虛像。(第一次挑戰)

S05：正立放大虛像。(第二次完成)

S09：不會。(第一次挑戰)

S09：在焦點內成正立放大虛像。(第二次完成)

S12：不知道。(第一次挑戰)

S12：正立放大虛像，兩條線平行，往後延伸。(第二次完成)

S14：反射。(第一次挑戰)

S14：正立虛像。(第二次完成)

S17：反射。(第一次挑戰)

S18：會折射。(第一次挑戰)

- S18：折射會有兩條。(第二次完成)
- S19：看課本第 112 頁，圖案大小一樣，但倒立。(第一次挑戰)
- S19：正立放大虛像。(第二次完成)
- S21：因為在焦點內，折射的焦點看不到。(第一次挑戰)
- S21：在焦點內成正立放大虛像。(第二次完成)
- S22：不會畫。(第一次挑戰)
- S22：正立放大。(第二次完成)
- S23：會畫但不知原因。(第一次挑戰)
- S23：正立放大虛像。(第二次完成)
- S24：不知道。(第一次挑戰)
- S24：正立放大虛像。(第二次完成)
- S25：不會。(第一次挑戰)
- S25：以三條靠近軸心的光線來作圖。(第二次完成)
- S26：反射。(第一次挑戰)
- S26：正立放大虛像。(第二次完成)
- S27：凸透鏡物體會變小。(第一次挑戰)
- S27：正立放大虛像。(第二次完成)
- S28：因為雙面鏡，兩面都一樣。(第一次挑戰)
- S28：正立放大實像。(第二次完成)
- S29：正立放大虛像。(第二次完成)
- S30：雖然聽了老師講解光線的路徑，但不知道成像在那裡。(第一次挑戰)
- S30：二條線沒有碰到，往回連，成正立放大虛像。(第二次完成)
- S31：正立放大虛像。(第二次完成)

(二) 物在 1 倍焦距到 2 倍焦距間

- S02：往厚的地方偏。(第一次挑戰)

S02：倒立放大實像。(第二次完成)

S03：倒立放大實像。(第一次挑戰)

S04：不知道。(第一次挑戰)

S04：倒立放大實像。(第二次完成)

S05：倒立放大實像。(第一次挑戰)

S05：倒立放大實像。(第二次完成)

S09：不會。(第一次挑戰)

S09：成倒立實像。(第二次完成)

S12：不知道。(第一次挑戰)

S12：倒立放大實像，兩條線，第一條是折射，第二條通過鏡心不折射。(第二次完成)

S14：反射。(第一次挑戰)

S14：上下顛倒。(第二次完成)

S15：會聚集。(第一次挑戰)

S15：成倒立實像。(第二次完成)

S17：反射。(第一次挑戰)

S18：會折射。(第一次挑戰)

S18：折射會有兩條。(第二次完成)

S19：倒立放大實像。(第二次完成)

S20：不知道。(第一次挑戰)

S20：倒立放大實像，實像位置兩倍焦距外。(第二次完成)

S21：因為會聚焦。(第一次挑戰)

S21：成倒立實像。(第二次完成)

S22：不會畫。(第一次挑戰)

S22：倒立實像。(第二次完成)

S23：會畫但不知原因。(第一次挑戰)

- S23：倒立放大實像。(第二次完成)
- S24：不知道。(第一次挑戰)
- S24：倒立放大實像。(第二次完成)
- S25：不會。(第一次挑戰)
- S25：物體經凸透鏡折射成像時，以三條靠近軸心的光線來作圖。(第二次完成)
- S26：反射。(第一次挑戰)
- S26：上下顛倒。(第二次完成)
- S27：凸透鏡物體會變小。(第一次挑戰)
- S27：倒立放大實像。(第二次完成)
- S28：因為雙凸面鏡，兩面都一樣。(第一次挑戰)
- S28：倒立放大實像，2 倍位置外。(第二次完成)
- S29：倒立放大實像。(第二次完成)
- S30：第一條平行光過來往焦點，第二條通過鏡心不偏折，成倒立放大實像，在 2 倍焦距外。(第二次完成)
- S31：倒立放大實像。(第二次完成)

(三) 物在 2 倍焦距外

- S02：往厚的地方偏。(第一次挑戰)
- S02：倒立縮小實像。(第二次完成)
- S03：倒立縮小實像。(第一次挑戰)
- S04：不知道。(第一次挑戰)
- S04：倒立縮小實像。(第二次完成)
- S05：倒立縮小實像。(第一次挑戰)
- S05：倒立縮小實像。(第二次完成)
- S09：不會。(第一次挑戰)
- S09：成倒立實像。(第二次完成)

S12：不知道。(第一次挑戰)

S12：倒立縮小實像，第一條是折射通過一倍焦距，第二條通過鏡心不折射。(第二次完成)

S14：反射。(第一次挑戰)

S14：上下顛倒。(第二次完成)

S15：在相同距離內，鏡心不偏折。(第一次挑戰)

S15：物體在 2 倍焦距外，焦點在 1 倍焦距內，成倒立縮小實像。(第二次完成)

S17：反射。(第一次挑戰)

S18：會折射。(第一次挑戰)

S18：折射會有兩條。(第二次完成)

S19：倒立縮小實像。(第二次完成)

S21：在相同距離內，鏡心不偏折。(第一次挑戰)

S21：物體在 2 倍焦距外，焦點在 1 倍焦距內，成倒立縮小實像。(第二次完成)

S22：不會畫。(第一次挑戰)

S22：倒立實像。(第二次完成)

S23：會畫但不知原因。(第一次挑戰)

S23：倒立縮小實像。(第二次完成)

S24：不知道。(第一次挑戰)

S24：倒立縮小實像。(第二次完成)

S25：不會。(第一次挑戰)

S25：以三條靠近軸心的光線來作圖。(第二次完成)

S26：反射。(第一次挑戰)

S26：上下顛倒。(第二次完成)

S27：凸透鏡物體會變小。(第一次挑戰)

S27：倒立縮小實像。(第二次完成)

S28：因為雙面鏡，兩面都一樣。(第一次挑戰)

S28：倒立縮小實像。(第二次完成)

S29：倒立縮小實像。(第二次完成)

S30：物體在 2 倍焦距外，成像在 1 倍到 2 倍焦距內，是倒立縮小實像。(第二次完成)

五、凹透鏡成像學習單

(一) 物在 1 倍焦距內

S02：愈靠近鏡像愈大，正立縮小虛像。(第二次完成)

S03：正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S04：不知道。(第一次挑戰)

S04：正立縮小虛像。(第二次完成)

S05：正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S05：微調，通過鏡心不偏折。(第二次完成)

S06：上課時的範例參考。(第一次挑戰)

S06：正立縮小虛像。(第二次完成)

S09：正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S12：不知道。(第一次挑戰)

S12：正立縮小虛像，都是在一倍焦距內，越靠近鏡面像越大，離越遠像越小。(第二次完成)

S15：正立縮小。(第一次挑戰)

S15：正立縮小虛像。(第二次完成)

S18：凹透鏡是正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S19：正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S21：不知道。(第一次挑戰)

S21：正立縮小虛像，越靠近鏡面，像越大，離越遠，像越小。(第二次完成)

S25：以三條靠近軸心的光線來作圖。(第一次挑戰)

- S25：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S26：同側正立縮小虛像。(第二次完成)
- S27：凹透鏡物體會放大。(第一次挑戰)
- S27：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S28：因為兩次折射後沒有焦點，再從後面推回來。(第一次挑戰)
- S28：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S29：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S30：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S30：越靠近鏡子像越大。(第二次完成)
- S31：正立縮小虛像。(第二次完成)

(二) 物在 1 倍焦距到 2 倍焦距間

- S02：愈靠近鏡像愈大，正立縮小虛像。(第二次完成)
- S03：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S04：不知道。(第一次挑戰)
- S04：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S05：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S05：微調，通過鏡心不偏折。(第二次完成)
- S06：上課時的範例參考。(第一次挑戰)
- S06：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S09：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S12：不知道。(第一次挑戰)
- S12：正立縮小虛像，都是在一倍焦距內，越靠近鏡面像越大，離越遠像越小。(第二次完成)
- S15：縮小。(第一次挑戰)
- S15：正立縮小虛像。(第二次完成)

- S18：凹透鏡是正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S19：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S20：不知道。(第一次挑戰)
- S20：正立縮小虛像，越靠近鏡面，像越大，離越遠，像越小。(第二次完成)
- S21：縮小。(第一次挑戰)
- S21：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S25：經凹透鏡發散後，會平行主軸射出。(第一次挑戰)
- S25：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S26：同側正立縮小虛像。(第二次完成)
- S27：凹透鏡物體會放大。(第一次挑戰)
- S27：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S28：因為兩次折射後沒有焦點，再從後面推回來。(第一次挑戰)
- S28：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S29：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S30：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S30：越靠近鏡子像越大。(第二次完成)
- S31：正立縮小虛像。(第二次完成)

(三) 物在 2 倍焦距外

- S02：愈靠近鏡像愈大，正立縮小虛像。(第二次完成)
- S03：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S04：不知道。(第一次挑戰)
- S04：正立縮小虛像。(第二次完成)
- S05：正立縮小虛像。(第一次挑戰)
- S05：微調，通過鏡心不偏折。(第二次完成)
- S06：上課時的範例參考。(第一次挑戰)

S06：正立縮小虛像。(第二次完成)

S09：正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S12：不知道。(第一次挑戰)

S12：正立縮小虛像，都是在一倍焦距內，越靠近鏡面像越大，離越遠像越小。(第二次完成)

S15：正立縮小。(第一次挑戰)

S15：正立縮小虛像。(第二次完成)

S18：凹透鏡是正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S19：正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S20：不知道。(第一次挑戰)

S20：正立縮小虛像，越靠近鏡面，像越大，離越遠，像越小。(第二次完成)

S21：正立縮小。(第一次挑戰)

S21：正立縮小虛像。(第二次完成)

S22：不會。(第一次挑戰)

S22：正立縮小。(第二次完成)

S25：通過對邊焦點的光線，經凹透鏡發散後，會平行主軸射出。(第一次挑戰)

S25：正立縮小虛像。(第二次完成)

S26：同側正立縮小虛像。(第二次完成)

S27：凹透鏡物體會放大。(第一次挑戰)

S27：正立縮小虛像。(第二次完成)

S28：因為兩次折射後沒有焦點，再從後面推回來。(第一次挑戰)

S28：正立縮小虛像。(第二次完成)

S29：正立縮小虛像。(第二次完成)

S30：正立縮小虛像。(第一次挑戰)

S30：越靠近鏡子像越大。(第二次完成)

S31：正立縮小虛像。(第二次完成)