

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班

碩士論文

指 導 教 授：張俊彥老師

探究光電效應動畫教學對於高二學生教學成效

Explore Photoelectric Effect Animation

Teaching for Sophomore in High School



研 究 生：楊子誼

中 華 民 國 108 年 08 月

目錄

中文摘要	IV
英文摘要	V
致謝詞	VI
第一章、緒論	
第一節 研究的背景與動機	1
第二節 研究目的及問題	3
第三節 名詞釋義	11
第四節 研究範圍以及限制	11
第二章、文獻探討	
第一節 動畫的歷史以及發展	12
第二節 動畫吸引人的關鍵要素	13
第三節 動畫在教學上的成效	13
第三章、研究方法	
第一節 研究設計	14
第二節 研究對象	17
第三節 研究教材以及工具	19
第四節 資料分析處理	26
第四章、研究結果	
第一節 實驗樣本學生學業成績高分組以及低分組分析與討論	45
第二節 實驗樣本學生學業成績與理工科性向測驗成績分析與討論	45
第三節 實驗樣本學生各項測驗相關性分析與討論	46
第四節 實驗樣本學生學習偏好與物理學習相關性分析與討論	46
第五節 實驗樣本學生光電效應動畫教學學習成效	47
第六節 實驗樣本學生圖表分類與討論	47
第五章、結論以及建議	
第一節 結論	48
第二節 教學建議	49
參考文獻	
一、 中文部分	51
二、 英文部分	52
附件資料與補充資料	54

表目次

表 3-1	STEM 教學框架下融入 6E 的教學模式	5
表 3-2	雲端教學平台 CloudClassRoom 使用方法以及特色	7
表 3-3	6E 教學融入光電效應 STEM 教學模組	15
表 3-4	研究工具與資料分析對照表	16
表 3-5	教材內容	20
表 3-6	測驗計分以及填答方式	22
表 3-7	光電效應教學成效測驗量表專家效度審閱者基本資料	23
表 3-8	施測學生樣本人數分配表	23
表 3-9	01 班級實驗樣本敘述表格	27
表 3-10	02 班級實驗樣本敘述表格	27
表 3-11	01 班級實驗樣本組別統計量表格	27
表 3-12	02 班級實驗樣本組別統計量表格	28
表 3-13	01 班級實驗樣本獨立樣本檢定	29
表 3-14	02 班級實驗樣本獨立樣本檢定	30
表 3-15	01 班級各項目成績之間相關係數整理	31
表 3-16	02 班級各項目成績之間相關係數整理	31
表 3-17	相關係數的強弱大小以及關係	32
表 3-18	01 班級各項相關程度整理	32
表 3-19	02 班級各項相關程度整理	33
表 3-20	實驗學生樣本依據偏好測驗分組狀況	34
表 3-21	學習偏好自學組以及學習偏好教學組資料分析	34
表 3-22	實驗學生樣本光電效應動畫教學成效	35
表 3-23	第一類型實驗學生樣本圖表	35
表 3-24	第二類型實驗學生樣本圖表	37
表 3-25	第三類型實驗學生樣本圖表	40
表 3-26	第四類型實驗學生樣本圖表	42
表 3-27	第五類型實驗學生樣本圖表	43

圖目次

圖 2-1	近代物理光電效應多媒體動畫(中文版)	9
圖 2-2	近代物理光電效應多媒體動畫(英文版)	9
圖 2-3	近代物理光電效應多媒體動畫(進行照射)	10
圖 2-4	近代物理光電效應多媒體動畫(顯示結果)	10

中文摘要

本次研究主題為探究光電效應動畫教學對於高二學生教學成效。本研究將利用光電效應動畫教學進行光電效應的教學並觀察其成效，在研究方法中，首先會對施測學生進行近代物理背景知識的測驗，確認學生對於近代物理光電效應內容並沒有此先備知識，並提供學生近代物理光電效應動畫，讓學生自我探索學習，此階段為以學生為中心，探索式教學，接著進行前測，再讓學生進行以教師為中心引導式教學，接著進行後測，後續分析前測和後測之幅度，比較不同知識背景以及不同學習成就的學生，在結合 STEM 課程框架以及雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)光電效應的光電效應動畫教學模組教學後，對於學習光電效應概念有無顯著幫助。

關鍵字：光電效應、近代物理、雲端教學平台、及時反饋系統



英文摘要

This study will use the STEM curriculum framework and the cloud teaching platform CloudClassRoom (IRS instant feedback system) to teach the photoelectric effect. For the students to conduct the pre-test of the modern physics background knowledge, it is confirmed that the students have no such content for the modern physical photoelectric effect. Knowledge, first provide students with modern physical photoelectric effect animation, let students explore and learn by themselves, this stage is student-centered, exploratory teaching, and then conduct a test, then let the students conduct teacher-centered instructional teaching, and then conduct a test II The follow-up analysis test 1 and the progress of the test 2, comparing students with different knowledge backgrounds and different learning achievements, after combining the STEM curriculum framework and the cloud teaching platform CloudClassRoom (IRS instant feedback system) photoelectric effect two different types of teaching, Whether there is any significant help in learning the concept of photoelectric effect.

Key word : the photoelectric effect 、 the modern physical 、 cloudclass room 、 IRS instant feedback system

致謝

進入科學教育研究所已經六年的時間，一路上唸書修讀碩士學分，卻始終找不太到寫論文的動力，因此我下定決心先休學去實習，考取教師證，想藉由進入教育的第一現場，去找尋寫論文的動力，進入私立學校兩年的經驗，我深深覺得教育現場缺乏太多適用於教學的工具足以輔助教師的教學，由於我本身是教授物理學科的，這種抽象的理論科學，在教育現場常常會遇到非常多的挫折感，我一直在思考，要如何用具體的方法詮釋給孩子，讓孩子也能理解到抽象的物理內容？就在我在去年的暑假找到了寫論文的動力，就此毅然決然的進行論文的撰寫，過程中當然也遇到許多阻礙，但不論在設計動畫上以及研究方法的設計上，指導教授張俊彥老師都從旁協助以及指教，讓我在這短短的一年內能完成我的碩士論文，期許自己未來能利用這段時間撰寫碩士論文所得到的教育知識，在教學生涯中活用此知識，造福更多想學好物理而不得其門而入的莘莘學子們。

第一章 緒論

本研究探討多媒體動畫對於學生學習光電效應的學習成效，第一節為本研究的背景與動機，第二節為研究目的及問題，第三節為名詞釋義，第四節為研究範圍與限制。

第一節 研究的背景與動機

現今社會科技發達，人們在生活當中必須具備豐富的科學素養以供生活應用。在這科學教育十分盛行的年代，科學教育研究的成果，影響著科學教育制定政策以及國民教育課程改革(靳知勤, 2007)。為了提升國民科學素養，科學教育研究著實重要，其研究成果關係到國家未來科技的發展，尤其以近代物理在科技上的應用更為廣泛，因此物理教育的研究更是科學教育中不可或缺的一環。

科學教育的研究範圍非常廣泛，尤其物理教育研究領域涉及學校中學老師和學生的教學互動、物理課程的發展以及整體在國家在教育制度上不同層面的問題(郭重吉, 2012)，因此不論在物理教育上或是科學教育的研究上都碰到許多的困境及挑戰。在目前高中科學教育當中，物理是自然科學中最基礎，但卻是最抽象、最難學的(東吳大學劉源俊教授, 2019)。目前我國教育部公布十二年國民基本教育課綱，在物理科的課程上，變更幅度相當大，十二年國民基本教育課綱強調以學生為主體以及協同教學的重要性，因此本研究特別設計了相關課程模組，專門針對於協同教學的部分。課程綱要也要求教師開設多元選修的課程以供學生們學習(許繼哲, 2015)，其多元選修內容往往會涉及最新科技的應用，內容大部份都不是屬於古典物理之範疇，人類的科技發展至今，科技日新月異，每天都有新的科技、新的理論被發現，教師必須針對這些科技內容去學習、內化之後研發課程教導給學生，這樣一個過程將是每一位教師的新挑戰。

就課堂中學生的學習而言，我國在國中、高中教育對於物理學的教學，在國二至高二階段，大多數是古典物理，然而高一最後幾個章節的基礎物理以及高三的選修物理，會接觸到近代物理，其中內容包含：光電效應、物質波、宇宙學、夸克……等，這些概念都是 20 世紀初才逐漸發展出來，量子力學和相對論也先後問世，然而這些理論完全與古典物理的概念南轅北轍，也違背學生眼中的大自然法則，學生在思考這抽象問題時，往往會因為過去的知識經驗而受到侷限，就目前教育現場而言，高中量子力學、光電效應的教學，著重於講述性教學，教師所依靠的是高中基礎物理教科書，提供給學生的大多是題目的公式、題目的解法，藉由大量的練習讓學生學習近代物理，很少能提供學生近代物理的科學史、實際的實驗操作、以及近代物理教學動畫(林陳涌、鄭榮輝、張永達, 2009)，因此學生在學習上最常學到的是公式以及解法，對於近代物理抽象概念的思考學習相當欠缺。學生經歷這樣的學習過程，往往會產生很多的迷思概念，正如 McComas(1998)所言：若是學生沒有經過哲學思考上的訓練，對於近代物理的學習上，只存在公式以及解法這類片段性的知識，學生可能會產生 McComas(1998)所列出十項對科學本質的迷思：

- (1)認為假設將成為理論，再成為定律，呈現一種直線關係
- (2)科學定律是絕對的(absolute)
- (3)假說是根據經驗的猜測
- (4)有一個舉世通用的科學方法存在
- (5)證據的累積將導致正確的知識
- (6)科學和科學方法提供了絕對的證明
- (7)科學是程序性的(procedural)，不須創造力
- (8)科學和科學方法可以回答所有的問題
- (9)科學家特別地客觀
- (10)必須經過實驗才能成為科學知識。

第二節 研究目的及問題

為了避免傳統講述式教學的缺點，STEM 的課程模組便專為新課綱規範下的學生設計不同的學習方式(Maryland State Board of Education, 2012)，研究者認為若是將多媒體動畫模擬教學融入教學，可將概念具體化並依學習者的認知程度以適切的表徵呈現，幫助學生了解該現象(黃福坤, 2006)，有研究者顯示若是多媒體動畫越是能提供逼真的模擬系統給予學習者學習，對於學習者學習抽象概念上越是有幫助 (Guadalupe Martinez, Francisco L. Naranjo, Ángel L. Pérez, Maria Isabel Suero, and Pedro J. Pardo Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 7, 020111 - Published 31 October 2011)，學生也可以藉由觀察動畫進行邏輯思考訓練，因此把多媒體動畫模擬教學融入 STEM 課程模組，可以讓學生把抽象概念思考的更清晰以及與同儕之間進行協同教學，此種教學模組，在物理學教育這種抽象學科上是非常合適的學習方法。

基於前述的研究背景，作者參考研究者使用的即時反饋系統(Received 9 December 2014; published 1 June 2015)，並利用現有雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)，設計了一套針對光電效應的教學軟體，並且把此動畫應用於 STEM 教學模組，此教學軟體因為利用雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)，在使用功能上，能即時紀錄學生的思考歷程，突破了以往在教學上無法即時紀錄學生思考歷程的困境，不僅僅可以幫助學生在學習近代物理的課程上更為順利，也利於教師在教學時收集學生資料進行後續的分析以及評量。

以下簡述有關於 STEM 教學以及雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)資訊:

(一) STEM 教學(STEM education)

1980 年代的美國是一個工業社會，社會上需要大量的工業人才，美國政府這時意識到國民科技教育的不足，然而卻發現此類人才極度缺乏，因而在 1986 年提出了由科學、科技、工程和數學整合的 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)教育，由美國國家科學委員會(National Science Board, NSB)培養素質高的數學家、科學家、工程師及科技教育人才，以提升國家的競爭力(柳棟，吳俊杰，謝作如，沈涓，2013)。

STEM 教學課程由美國馬里蘭州教育部門(Maryland State Board of Education, 2012)定義如下：STEM education is an approach to teaching and learning that integrates the content and skills of science, technology, engineering, and mathematics. STEM 教學是一種整合 Science (S)、Technology (T)、Engineering (E)及 Mathematics (M)等四個向度的知識內容及技能的教學模式，在執行上特別強調要結合「探究」(Engage in Inquiry)，STEM 教學為使學生建立正確科學概念與技能，以解決生活中所面臨問題的跨領域學習，於是將科學、科技、工程及數學等四種學科領域緊密相連，以整合方式進行教學。有關於 STEM 課程的操作方式，雖然 STEM 是一種整合知識和實務的教學模式，但是設計時也應當考量四個領域的交互作用，眾多學者提到相關研究困境以及 STEM 課程在教學操作上必須需要注意的事項，比方說蔡蕙文(2007)提到 STEM 教學進行前要確認學生的先備知識是否足夠，陳柏豪(2007)認為教學者在設計 STEM 課程時，除了要熟悉學生的先備知識以外，必須很清楚的知道課程主題之間的聯繫，以上這幾點必須掌握住才能有效的利用 STEM 提升教學成效，若是無法掌握反而會造成課程不順以及學生學習狀況不佳，因此筆者認為 STME 課程對於教育是一把雙面刃，必須妥善使用。

(二)STEM 教學框架下融入 6E 的教學模式

這套 6E 以學生為中心所設計的教學模組，目的要強調 STEM 教育理念中的設計 (design)與探究(inquiry)能力的培育，是由美國國際科技與工程教師學會 (ITEEA)的 Barry N. Burke, DTE 在 2013 年提出。

表 3-1 STEM 教學框架下融入 6E 的教學模式

Engage 參與	教師在教學的時候，讓學生想起先備知識或者是過往的學習經驗，藉由這樣的方法激發學生的學習動機
Explore 探索	提供學生主動探索的機會，藉由這樣的活動讓學生能建構對於老師想要教授課程主題的理解(如資料分析、小組討論、腦力激盪)參與
Explain 解釋	給學生機會讓他詮釋自己所探索到的知識內容，並且重新思考所學，讓學生能對於課程有更深層的理解
Engineer 建造	透過實作活動，讓學生了解課程內容最主要的核心，並且應用到日常生活當中
Enrich 深化	透過課程讓學生為了要處理更複雜的問題
Evaluate 評量	讓學生與老師有機會評量理解程度與學習成效

資料來源:ITEEA - 6E Learning

byDeSIGN <http://www.iteea.org/STEMCenter/6ELearningbyDeSIGN.aspx>

(三) 雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)

雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)是由臺師大「邁向頂尖大學計畫」支援相關經費所開發出的一套 IRS 即時反饋系統中的軟體，這套軟體可以支援 IRS 即時反饋系統支援 PC、OSX、iOS、Android，系統以 HTML5 架構撰寫，幾乎支援所有電腦和行動裝置，只要裝置能開啟網頁，並且在有網路的環境下，就能立即進入雲端教室，進行教室中的互動教學，功能如下：

- (1)在課堂中老師借由某些輔助器具與學生互動，讓學生可以即時反饋相關資訊給老師的一種教學應用系統。
- (2)透過該系統，教室內的每個學生可使用自己的手機，以即時並隱匿的方式表達意見。
- (3)系統將自動統計學生的回答情形，讓老師在課堂中即時掌握學生的學習狀態。



下表 3-2 簡述使用方法以及特色：

表 3-2 雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)使用方法以及特色

使用步驟一	使用步驟二	使用步驟三
不需要註冊帳號，直接登入，學生只要輸入老師的教室編號，即可使用。	CCR-IRS 協助老師提高出題效率，可依照老師的需求快速出題，提供是非、選擇、問答，選項內容老師可以自行自訂，每一種題型皆可上傳圖片，這些圖片可以利用老師手機功能立即拍攝出題或者是選取已存在的照片。	學生答題後，系統將會自動把答案已統計的數據方式呈現，讓老師立即了解學生答題狀況。

使用步驟四 (A)玫瑰花 (B)太陽花 (C)百合花 (D)水仙花 (E): <table border="1"> <thead> <tr> <th>答案</th> <th>人數</th> <th>百分比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>太陽花</td> <td>1</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>玫瑰花</td> <td>1</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table> 答案不同一組。 2位學生已回答, 每組至少有 2 位學生 學生編號: 20140917022912: Group #1 學生編號: 20140917033929: Group #1 依照結果進行分組 答案不同一組 ☒ 2人 ☒ 確定送出	答案	人數	百分比	太陽花	1	50%	玫瑰花	1	50%	使用步驟五 CCR- 學生端 編... ☒ 登出 您的組別是:1 我(#0229):我覺得是玫瑰花阿 某人(#0339):是嗎?這明明就是太陽花 我(#0229):拜託, 太陽花沒有黃色的 某人(#0339):是這樣嗎? 我怎麼看都像太陽花耶 我(#0229):相信我這是玫瑰花, 前天我才送過 某人(#0339):好吧, 你有經驗, 我相信了 輸入聊天內容 確定送出	使用步驟六 教室編號: 2 - 在線學生: 3 已答人數: 2/3 公佈結果N 依照結果進行分組N 題目:同學有什麼問題想問老師的? 全選 取消 ☐ 什麼時候下課? ☐ 剛剛應用戴維寧定理求等效電阻那題不太懂 全選 取消 ☒ 給學生投票 ☒ 公布結果			
答案	人數	百分比												
太陽花	1	50%												
玫瑰花	1	50%												
在教學上可以進行分組教學 ，學生可以藉由系統快速分組。	分組後的學生可直接在CCR 內進行小組討論。老師也能透過系統分出的組別進行其他利用。	使用開放式問題，透過CCR 表達內心意見，教師也可以透過提出開放式問題，回收答案轉換成選擇題，給學生進行投票。												
七 CCR- 學生端 編... ☒ 登出 題目:同學有什麼問題想問老師的? - 你覺得哪個答案好? ☐ (1) 什麼時候下課? ☐ (2) 剛剛應用戴維寧定理求等效電阻那題不太懂 確定回答	八 教室編號: 2 - 在線學生: 3 已答人數: 3/3 公佈結果N 顯示選項Y 依照結果進行分組N 題目:同學有什麼問題想問老師的? - 你覺得哪個答案好? (1):什麼時候下課? (2):剛剛應用戴維寧定理求等效電阻那題不太懂 <table border="1"> <thead> <tr> <th>答案</th> <th>人數</th> <th>百分比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>什麼時候下課?</td> <td>3</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> 什麼時候下課? 3	答案	人數	百分比	什麼時候下課?	3	100%	九 CCR- 學生端 編... ☒ 登出 已答人數: 3/3 題目:同學有什麼問題想問老師的? - 你覺得哪個答案好? (1):什麼時候下課? (2):剛剛應用戴維寧定理求等效電阻那題不太懂 <table border="1"> <thead> <tr> <th>答案</th> <th>人數</th> <th>百分比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>什麼時候下課?</td> <td>3</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> 什麼時候下課? 3	答案	人數	百分比	什麼時候下課?	3	100%
答案	人數	百分比												
什麼時候下課?	3	100%												
答案	人數	百分比												
什麼時候下課?	3	100%												
老師把剛剛收到的答案，轉成選擇題，再給學生們進行同儕間的互評以及票選，了解學生間的想法。	開放式問可以答快速的把學生的想法轉成選擇題。	老師可將學生的回答狀況廣播，回傳到學生介面，讓學生看看其他同學的答案。												

資料來源: <https://www.ccr.tw/feature.php>

(四) 近代物理光電效應動畫

作者利用近代物理光電效應為內容研發出多媒體動畫，應用到 STEM 教學課程模組，如下圖：



圖 2-1 近代物理光電效應多媒體動畫(中文版)

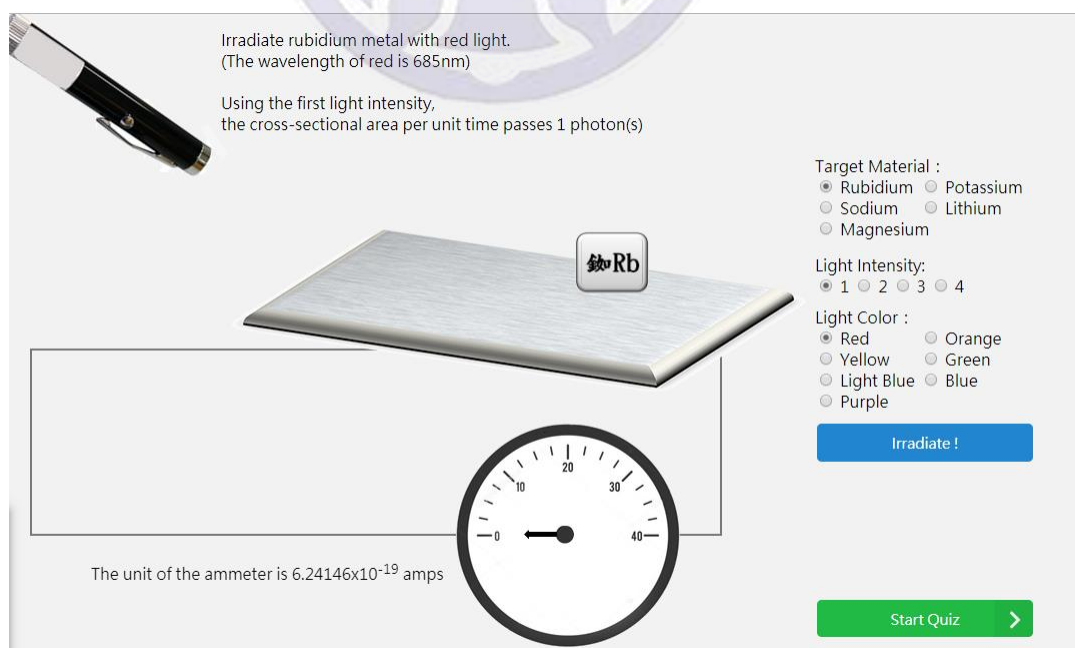


圖 2-2 近代物理光電效應多媒體動畫(英文版)

以上介面，學生可以選擇調整目標金屬、光強度、光頻率，選擇完之後就可按下照射，接著就會顯示出結果，能知道是否會產生光電效應，如下圖：



圖 2-3 近代物理光電效應多媒體動畫(進行照射)



圖 2-4 近代物理光電效應多媒體動畫(顯示結果)

綜合以上研究動機以及研究目的，以下列舉本次研究主要問題：

1. 探討實驗學生在接受光電效應動畫教學模組後的學習成效
2. 探討實驗學生學習成效與學習偏好的相關性

第三節 名詞釋義

一、光電效應動畫教學：

此為作者自行設計之教學模組以下敘述之，本教學設計分成兩個部分，第一個部分為自學模組，讓學生自我探索教學動畫，推導出結論，再進行前測，第二個部分為引導式教學模組，讓學生透過引導式教學學習單進行動畫操作，再進行後測，進而判斷此教學成效

第四節 研究範圍以及限制

- 一、本研究所選的學生驗本實驗來自台北市私立東山高級中學高中二年級的學生，此研究為行動研究，為了能完全掌握研究品質，因此選擇本研究者教授的班級，進行行動研究。
- 二、為了讓實驗樣本學生能在研究的初始點相同，本研究者所選擇的實驗樣本學生來自於兩個物理學科能力相當的班級。
- 三、在物理學科內容當中，並不是每個單元內容都適合進行多媒體教學，因此在實驗之前參考眾多文獻資料，並且與教授以及學校教職同事討論，選擇物理學科內容最為抽象，學生學起來較為困難的近代物理章節進行研究設計。

第二章 文獻探討

本章節分成三個部份去探討:第一節是動畫的歷史、發展，第二節是動畫吸引人的關鍵要素，第三節是動畫在教學上的成效。

第一節 動畫的歷史以及發展

早在人類歷史文明開始，在舊石器時代的石洞上，常常會發現那時候的人們所繪製的動物圖像，此時人類就有使用圖像記錄物體動作以及時間的習慣，這也就是人類最早開始使用動畫的證據。

一直到了文藝復興時期，開始出現手翻書這種利用視覺暫留造成類似動畫的效果，此為動畫製作的先驅。後來 19 世紀末電影業的興起，動畫技術才開始蓬勃發展，在這一時期，很多人所做的工作，都與創作動畫有關，也因為往往都是一群人一起製作，很難發現有人單獨製作，因此我們很難界定究竟誰是發動畫製作的創始人。

在 1920 年代，動畫製作上的填色和上墨是屬於兩個不同的部門，此處理過程已經慢慢有生產線的雛型。比如說，在整合攝影鏡頭之間的溶接、特寫鏡頭、標題卡以及生活動作慢慢的逐漸成熟，這都是一些富有經驗的畫漫畫法。在這年代，有滿多的改革，例如賽璐璐處理方法、情節層次的部分重疊、獨立物體的運動。隨著卡通片繪製技術的進步與發展，疊合透明層的觀念不斷地延伸，使用於許多電腦軟體程式，產生特效。包括運用許多半透明的單張賽璐璐，發展出完全正確記錄的一個方法系統，及創新使用長的單張紙來繪製背景圖。(動畫基礎教學方法, 2011)(徐慶禎, 2008)皮克斯的副總裁拉塞特(John Lasseter)說:「成功的動畫電影有三個要素:精彩的故事腳本、逼真的動畫場景、及打動人心的角色刻畫。」(王仕琦, 2006), 日本動畫在二次大戰後, 受迪士尼影響, 手塚治虫從漫畫發展出來, 在題材、類型上, 對象也是以兒童及青少年為主。且深入電視卡通, 成為孩子每天一定會接收到的影像媒體, 對孩童的影響匪淺。

第二節 動畫吸引人的關鍵要素

面面俱到的內容以及充足的準備時間，是一部吸引人動畫的必要元素，畢竟動畫是由人『創造』、『想像』出來的居多，角色的設定要吸引人、個性要鮮明、外表要具特色，這樣才能讓觀者對這部動畫有興趣，而除了角色，高潮迭起的劇情也是非常重要，因為這樣才能吸引人來看。所以，要怎麼創造出一個讓大家都有興趣的動畫就需要靠自己的努力！（聲望，2010）

第三節 動畫在教學上的成效

至於動畫在教學上的成效，目前已有相當多的研究展現其豐碩的成果，例如用於數學分數教學時，可將抽象的阿拉伯數字以具體的圖像呈現，更進一步的使用動畫連續動作的特性，將分數概念如何運用於現實生活的方式清晰的展項於學童眼前，讓學生在學習抽象的概念時，可佐以動畫使理解更加容易。

動畫教學屬於傳統講授式教學中，較為新穎的工具使用，動畫的使用令學生在抽象的學習中可以得到更加清晰易懂的運動模型，對於學生可帶來相當不錯的學習成效。以往在傳統教學現場，教師之教學往往受硬體設備所囿，無法將難於理解的概念環節用具體的方式表達出來，使學生的心智表現更加高端，現在有了動畫輔助教學，為教學現場增添許多有利的工具，對於學生的學習有著更加便利且有效的影響，讓概念更加容易被了解、接受，這足以影響學生的學習心境，使知識更容易被接受、傳遞，讓教學現場中的學生獲得更加令人滿意的學習成果，使的教學不再只是教師費盡唇舌的演講，更成為師生多元互動的一大媒介，動畫在教學的使用，無疑令教學品質有了更進一步的提升，讓教學往卓越目標更加貼近。

第三章 研究方法

第一節 研究設計

為了要了解多媒體近代物理光電效應 STEM 教學課程模組對於不同學科背景的學生的學習成效，以下詳述實驗設計步驟：

(一)實驗設計步驟

(1)步驟一：確認實驗樣本知識背景

實驗樣本利用前測確認沒有任何光電效應的知識背景，再讓學生進行近代物理光電教學模組。

先備知識測驗：請問各位同學們，在以往的學習過程當中你是否有學習關於近代物理光電效應知識，並且對光電效應內容十分了解呢？

(2)步驟二：實驗樣本進行光電效應動畫教學模組

利用雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)融入 6E 教學框架的多媒體動畫教學，以下介紹作者設計融入 6E 的教學方法，如表 3-3 所述：

Engaging(引起動機)

介紹目前近代物理最新科技，並且介紹量子力學發展史，此活動並不直接介紹相關技術之原理，目的是要讓學生了解現今很多科技的突破，都是仰賴於量子力學的發展。

Exploring(探索)

在介紹光電效應的科技(但是不包含理論)，以及此科技的應用之後，讓學生使用自製光電效應教學動畫，思考為何金屬照光就會有光電流產生，學生可以在動畫中調整三項變因，進而去觀察產生光電流的原因。

Explaining(解釋)

學生藉由雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)進行前測，並且在系統當中回答出自己的思考路程。

Engineering(工程技術)

利用與雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)內的光電效應教學動畫，搭配引導式教學，學生藉由教學引導可以自己選擇三種變因，光頻率、光強度、金屬種類，引導學生一次只能調整一種變因，並且紀錄之。

Enriching(擴增)

利用與雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)內的光電效應教學動畫，搭配引導式教學，學生藉由教學引導，每組變因全部都嘗試，並且記錄學生觀察的動畫狀態，利用過往物理經驗，推導出產生光電效應的關鍵原因。接著學生再進行後測，並且在系統當中回答出自己的思考路程。

Evaluating(評估)

利用雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)進行延宕測驗，判斷學生經過四週之後，在各個試驗樣本中，是否有達到長期記憶的學習成效。

表 3-3 6E 教學融入光電效應 STEM 教學模組

階段	教學目標	評量目標	評量工具與試題類型
Engaging 引起動機	利用近代物理相關科技應用，讓學生引起興趣，引發學生連接過去物理背景知識，並且引入光電效應主題。	無	無
Exploring 探索	讓學生利用與雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)觀看光電效應動畫，讓學生自我探索觀察。	無	無
Explaining 解釋	讓學生利用與雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)，進行前測，並且在系統中回答出自己的思考路程。	評量學生自我探索的成效	評量工具為 CCR 線上互動軟體，試題類型為選擇題以及問答題
Engineering 工程技術	利用與雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)內的光電效應教學動畫，搭配引導式教學，學生藉由教學引導可以自己選擇三種變因，光頻率、光強度、金屬種類，引導學生一次只能調整一種變因，並且紀錄之。	無	無
Enriching 擴增	利用與雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)內的光電效應教學動畫，搭配引導式教學，學生藉由教學引導，每組變因全部都嘗試，並且記錄學生觀察的動畫狀態，利用過往物理經驗，推導出產生光電效應的關鍵原因。接著學生再進行後測，並且在系統當中回答出	評量學生經由教學導引，操作光電效應的學習成效	評量工具為 CCR 線上互動軟體，試題類型為選擇題以及問答題

	自己的思考路程。		
Evaluating 評估	利用雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統) 進行延宕測驗，判斷學生經過四週之 後，在各個試驗樣本中，是否有達到 長期記憶的學習成效。	評量學生整 體學習總成 效	評量工具為紙筆 測驗，試題類型 為問答題

(3)步驟三：進行資料分析

表 3-4 研究工具與資料分析對照表

研究目的	研究問題	研究工具	分析方法
探討探索式教學以 及引導式教學對於 高、低成就物理背 景學生的學習成效	自學式教學對於高、低 成就物理背景學生是否 有顯卓幫助？	雲端教學平台 CloudClassRoom (IRS 即時反饋系統)線上 問答題測驗	T-test
	引導式教學對於高、低 成就物理背景學生是否 顯卓幫助？	雲端教學平台 CloudClassRoom (IRS 即時反饋系統)線上 問答題測驗	T-test
探討自學式教學以 及引導式教學對於 高、低成就物理背 景學生是否有長期 記憶的教學成效	高成就物理背景學生在 經過自學式教學還是引 導式教學，何種教學方 式，較能達到長期記憶 的學習成效？	雲端教學平台 CloudClassRoom (IRS 即時反饋系統)線上 問答題測驗	T-test

	低成就物理背景學生再經過自學式教學還是引導式教學，何種教學方式，較能達到長期記憶的學習成效？		
--	--	--	--

第二節 研究對象

本研究將探討雲端教學平台應用至近代物理光電效應 STEM 教學課程模組在各學科知識背景的實驗樣本下的教學成效，本節將詳述實驗場域以及實驗對象：

一、實驗場域

本研究進行實驗的場所位在台北市私立東山高級中學，此間學校是一所完全中學擁有國中部以及高中部，也因為坐落在山邊，自然環境資源非常豐富，是一所能讓孩子盡心盡力念書的好地方，學校的物理課課程一個禮拜有三堂課，兩節課輔課程，因此在學校進度稍微不趕的情況下，利用了三堂課的時間進行學測光電效應的複習，以及進行研究，其中的兩堂課於電腦多媒體教室進行教學，其中的一堂課於原班教室教學。

二、實驗對象

本研究以高中二年級兩個班級的學生為研究對象，統一進行近代物理光電效應 STEM 教學課程模組，總實驗樣本共為兩班 A 班(信班)以及 B 班(愛班)，A 班實驗樣本總共 31 人，男生 26 人，女生 5 人，B 班實驗樣本總共 34 人，男生 25 人，女生 9 人，以上實驗樣本以班級為單位，統一進行三次課程，其中前兩次在多媒體電腦教室進行，而第三次則是八週後在原班上進行。

研究者在該校已經服務兩年，此學生樣本亦是研究者從高一就開始教授的學生，因此研究基準點相同，而兩個班的班級屬性以及物理成績程度相似，班級又是屬於常態分班，因此一開始就有良好的參照標準，在研究實驗進行時也因為教學者就是研究者，對於班級掌控能力佳，因此能隨時保持研究實驗進行順利。

在實驗前為了想要了解各個學生的學科知識背景，特別進行兩個步驟，第一個步驟是進行「新編多元性向測驗」施測，從此測驗結果中收集各個學生實驗樣本的「圖形推理」、「機械推理」、「空間關係」，此三項分測驗可以代表理工性向分數，第二個步驟是收集各學生樣本近半學期高中物理段考成績，並且取平均值當作學生樣本的學業成績。

三、 研究者

本研究為台北市私立東山高級中學物理科專任教師，任職本校物理教學工作已經兩年的資歷，任職本校後陸續發現在物理這種抽象科目的教學上，利用傳統版書講述式教學，在近代物理這種更加抽象的單元上，教學往往會陷入瓶頸，因此本研究開始思考如何讓近代物理教學成效更加有效率，讓學生更能理解近代物理內的抽象單元，因此本研究開始著手設計利用多媒體動畫結合 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)以及 STEM 內容的教學模組，利用此教學模組進行研究。

在本研究當中，研究者及是學生實驗樣本物理授課教師，教學模組皆由研究者進行設計，並且進行資料整理以及分析。

第三節 研究教材以及工具

本研究要探討雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)結合 STEM 教學模組在近代物理光電效應的單元內容下的教學成效，其研究教材以及研究工具如下所述：

一、 研究教材

本研究教材為研究者自編多媒體動畫、前測、後測以及延宕測驗、新編多元性向測驗，其中前測、後測、延宕測驗(如附錄所示)是為了要讓施測更具備有效性，此三份測驗為相同內容，並且將此測驗內容上傳到雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)，在上課中結合此雲端教學平台進行施測。

(一)教材選取方式

本研究教材編寫參考全華高中教科書，選修物理下冊近代物理光電效應單元，雖然本校在物理上進度已經幾乎快上完選修物理上冊的內容，為了因應此內容為下學期內容，同時學習上冊內容以及下冊內容對於學生學習上有一定的負擔，因此在授課內容上只教導產生光電流的原因，此種基本觀念內容，不牽扯計算的問題，所設計教案如以下表 3-5 所示。

表 3-5 教材內容

課程時間	內容	
第一堂課 自學模組 (50 分鐘)	先備知識測驗 (5 分鐘)	確認學生知識背景是否沒有學習過近代物理相關知識
	引起動機 (10 分鐘)	介紹光電效應最新的應用科技
	導入課程動畫 進行自學模組 (30 分鐘)	介紹雲端教學平台 CloudClassRoom (IRS 即時反饋系統)介面操作，並且開始執行自學模組 教學，自行操作動畫，仔細觀察動畫內容。
	前測 (5 分鐘)	進行自學模組前測
第二堂課 教學模組 (50 分鐘)	進行教學模組 (45 分鐘)	利用引導式教學，讓學生再次觀察動畫內容。
	後測 (5 分鐘)	進行教學模組後測。
第三堂課 (延宕測驗教 學) (25 分鐘)	動畫介面回顧 (20 分鐘) 進行延宕測驗 (5 分鐘)	本第三堂課是在實驗樣本學生在經過自學模組以及教學 模組後八週之後，再進行動畫界面回顧以及延宕測驗。

(二)測驗設計

本研究者考量到實驗樣本學生在面對測驗十分的反感，因此在測驗設計上，強調簡單化，減少學生因為討厭測驗而不去認真作答的事情發生，本次測驗主要是要了解學生對於在光電效應的單元內容當中，是否在經由自學模組以及教學模組後能了解產生光電流的真正原因。

二、 量化研究工具

本研究使用的量化分析工具，有兩個部分，第一個部分為研究者自編的光電效應教學成效測驗，第二部分為新編多元性向測驗，此兩部分詳述如下：

(一) 研究者自編的光電效應教學成效測驗

1. 測驗編寫依據：

研究者參考全華版本高三選修物理教科書內的光電效應內容，目的在了解學生學習物理科近代物理光電效應學科內容學習成效。

2. 測驗計分以及填答方式：

本研究所使用的光電效應教學成效測驗(附件)，在學生進行完自學模組以及教學模組之後，即開始進行此測驗，此填答方是第一題為單選選擇題，第二題為延續第一題題目的簡答題，此兩題都在雲端教學平台 CloudClassRoom(IRS 即時反饋系統)上進行答題，而計分方式如下表 3-6 所示：

表 3-6 測驗計分以及填答方式

測驗第一部分						
題目	我認為照光之後要產生光電子(光電流)，最主要的條件在於？					
題型	單一選擇題					
選項以及計分方法						
1	2	3	4	5	6	7
金屬材質	光頻率	光強度	金屬材質、光頻率	光頻率、光強度	金屬材質、光強度	金屬材質、光強度、光頻率
1 分	1 分	0 分	2 分	0 分	0 分	0 分
測驗第二部分						
題目	呈上題，為什麼？					
題型	簡答題					
計分方法						
答題狀況	隨意回答	回答錯誤	回答正確	簡單描述回答 Ex: 有提到統計出來的結果	詳細描述回答 Ex: 描述出推論的狀況或者表格統計的狀況	
分數	0	0	1	3	5	

3. 專家效度檢驗：

本測驗採用專家效度檢驗(表 3-7)，由本所一位科學教育研究所教授以及一位任教於台北市私立東山高級中學物理科專任教師，看過此測驗量表後，並且提供許多建議，再經過本研究根據專家建議重新彙整以及編寫題目。

專家根據題目內容提出，為了讓學生更有效進行問卷的回答，簡化題目的數量以及問題。

表 3-7 光電效應教學成效測驗量表專家效度審閱者基本資料

姓名	現職
張 OO	國立臺灣師範大學科學教育研究所教授
楊 OO	台北市私立東山高級中學專任教師(臺灣師範大學物理系畢業)

4. 測驗實施

在參酌專家效度意見後，完成光電效應教學成效測驗量表修訂後(附錄)，以台北市私立東山高級中學高中二年級兩個班級的學生做為測驗對象，班級施測問卷人數分別為 39 人以及 36 人，共計 75 人，。測驗時間在 2019 年 3 月中旬，延宕測驗則是在 2019 年 5 月中旬施測，問卷回收之後除去無效問卷，得到有效施測問卷班級人數分別為 34 人以及 31 人，共計 65 人。其中男生人數 50 人，女生人數 15 人。如表 3-8 所示。

表 3-8 施測學生樣本人數分配表

班級	01 班	02 班	總計
男生	24 人	26 人	50 人
女生	10 人	5 人	15 人
總人數	34 人	31 人	65 人

(二) 新編多元性向測驗

本測驗由陳榮華博士、吳明雄博士、陳心怡博士共同編寫，由中國行為科學社所發行，此套性向測驗具有下列優點：(1)正式獲得美方授權而修訂出版，所以在指導手冊內可以完全引用原版累積數十年來寶貴研究資料何實用性資訊(2) DAT-V 與美國版的生涯興趣量表在編制時，即以建立共同常模，以利判斷受試者在 DAT-V 所表現的長處和短處是否與其生涯興趣相符合。在教育和職業輔導諮商過程中，若能將學生之性向和興趣兩項測驗結果配合解釋，可收到最佳的輔導效果(3) 其試題難度分成水準一(適用於國中)和水準二(適用於高中職)，而且水準二也分別建立高中和高職學生適用之兩套常模換算表，所以更加適切地評量不同就學階段即不同類別學生之性向。學生在國中二年級時所測性向試題，到了高中一年級時就不必再重測一次，以免受到學習效果或厭倦心情而影響其成績。(4) 本套題本之印刷品質，包括機械推理、空間關係和抽象推理等三項分測驗之製圖水準均較其他坊間之印刷水準精確而清楚，因此在視覺上即可避免誤差(陳榮華、吳明雄、陳心怡, 民 99；新編多元性向測驗)。綜合以上優點，研究者選用此新編多元性向測驗做為本驗就的研究工具。

本研究研究者想要探討實驗樣本學生理工類背景能力，因此選用分測驗內容詳述如下：

1. 圖形推理測驗：

這一類推理能力有助於填補語文和數字推理能力之不足，對於自然、數學、電腦程式設計、機械、製圖及精修物件等學科或職場工作之學習，以及研發創造工作等都很需要，目的在測量對於各種抽象的圖形或符號線索變化之推斷能力。

2. 機械推理測驗

通常優秀的木匠、機械工程師、機械操作員，以及玩具和日常用具設計和製造人員，就需要優越的機械推理能力，本測驗測量應用基本的機械原理、工具配件以及物理力學原理之能力。

3. 空間關係測驗

這一項能力對於從事駕駛、地震測量、製圖、建築、藝術及室內設計等都很需要，目的在測量方位空間關係之視覺領悟力、視覺注意力、觀察力以及圖樣記憶力

以上三項分測驗之量表組合，代表理工科性向分數，在高中生涯規劃輔導中，若是學生此三項分測驗理工科性向分數優於文科性向分數，則通常會建議高中生選擇自然組(陳榮華、吳明雄、陳心怡, 民 99；新編多元性向測驗)，因此本研究用此測驗分數輔助學生三次段考平均所得到的學業成績，用以代表學生在物理科上的學習成就。

三、 質性研究工具

本實驗主要是以量化的方式去進行研究，除了利用量化測驗工具進行資料收集以外，本研究者也想要了解實驗學生樣本偏好的學習方式，是否也會影響實驗學生樣本的在經過光電效應教學模組的學習成效，因此設計了份質性的研究工具(附件)，本研究工具是在學生尚未進行光電效應教學模組前進行施測，目的要了解學生平常在學習物理時偏好的學習方法，收集資料後，將利用此資料輔助分析。

第四節 資料分析處理

本研究所收集到的資料如以下：

- (1)教學前先備知識測驗；
- (2)光電效應教學模組前測；
- (3)光電效應教學模組後測
- (4)光電效應教學模組延宕測驗
- (5)實驗樣本學生學習偏好
- (6)新編多元性向測驗成績，

本研究分為幾項資料分析處理步驟，詳述如下：

(一)實驗樣本學生依照學業成績分類高分組以及低分組

本研究收集實驗樣本學生一學期的物理科段考成績總共三次，並且把這三次的段考成績取平均值，此為實驗樣本學生的學業成績，再依據這學業成績把實驗樣本學生排名取前百分之 25 以及後百分之 25 區分為高分組以及低分組，並且進行基本的分析處理。

01 班級以及 02 班級實驗樣本人數為 34 名以及 31 人，以班級為單位之敘述統計表格以及組別統計表格，如下表 3-9、表 3-10、表 3-11。

表 3-9 01班級實驗樣本敘述表格

敘述統計

描述性統計	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
前測(自學)	34	0	7	2.50	2.03
後測(教學)	34	0	7	3.47	2.81
總分(前測 + 後測)	34	0	14	5.97	4.22
分差(前測 - 後測)	34	-5	7	.97	2.50
學業分數	34	45.45	94.20	62.73	11.60
有效的 N (完全排除)	34				

表 3-10 02班級實驗樣本敘述表格

敘述統計

描述性統計	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
前測(自學)	31	0	7	4.19	1.887
後測(教學)	31	0	7	4.00	2.449
總分(前測 + 後測)	31	0	14	8.19	3.321
分差(前測 - 後測)	31	-7	4	-.19	2.845
學業分數	31	35.13	88.00	61.04	13.754
有效的 N (完全排除)	31				

表 3-11 01班級實驗樣本組別統計量表格

組別統計量

T-test	學業 高(低)分組	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
前測(自學)	H	9	3.11	2.088	.696
	L	9	2.44	2.351	.784
後測(教學)	H	9	3.33	3.202	1.067
	L	9	2.78	2.728	.909
總分	H	9	6.44	4.558	1.519
	L	9	5.22	4.868	1.623

表 3-12 02班級實驗樣本組別統計量表格

組別統計量

T-test	學業 高(低)分組	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
前測(自學)	H	9	3.67	1.658	.553
	L	9	4.78	2.108	.703
後測(教學)	H	9	4.33	1.936	.645
	L	9	3.22	2.333	.778
總分	H	9	8.00	3.000	1.000
	L	9	8.00	3.606	1.202

由以上表3-11、表3-12 在01班級在進行教學模組下，學業高分組表現的相對於低分組還要來的，然而在02班級在進行自學教學模組下，學業低分組表現的相對於高分組還要來的好，這是滿有趣的結果。

(二) 光電效應教學模組前測以及學業高(低)分組之t檢定

想要了解學業高(低)分組對於光電效應自學模組下的前測以及光電效應教學模組成績的相關性，因此使用SPASS統計軟體進行t檢定分析(如下表3-13、3-14)

1. 假設一：

「學業高(低)分組在光電效應自學模組下的前測成績有顯著的相關性」

2. 假設二：

「學業高(低)分組在光電效應教學模組下的後測成績有顯著的相關性」

表 3-13 01班級實驗樣本獨立樣本檢定

獨立樣本檢定										
學業 高(低)分組		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定						
		F 檢 定	顯著 性	t	自由 度	顯著性 (雙尾)	平均 差異	標準 誤差 異	差異的 95% 信賴 區間	
									下界	上界
前測 (自學)	假設變異 數 相等	.501	.489	.636	16	.534	.667	1.048	-1.555	2.889
	不假設變 異數相等			.636	15.780	.534	.667	1.048	-1.558	2.891
後測 (教學)	假設變異 數 相等	.640	.435	.396	16	.697	.556	1.402	-2.417	3.528
	不假設變 異數相等			.396	15.608	.697	.556	1.402	-2.423	3.534
總分	假設變異 數 相等	.074	.788	.550	16	.590	1.222	2.223	-3.490	5.935
	不假設變 異數相等			.550	15.931	.590	1.222	2.223	-3.492	5.936

由表 3-13 之數據顯示，01 班級在自學模組前測以及學業成績的比較上，Levene 檢定中 F 值為.501($P=.489>.05$)，未達到顯著差異，故假設兩組變異數相等；t 值為.636($P=.534>.05$)，未達到顯著差異，表示學業成績高分組以及低分組，在自學模組前測中並無顯著差異。

由表 3-13 之數據顯示，01 班級在教學模組後測以及學業成績的比較上，Levene 檢定中 F 值為.640 ($P=.435>.05$)，未達到顯著差異，故假設兩組變異數相等；t 值為.396($P=.697>.05$)，未達到顯著差異，表示學業成績高分組以及低分組，在教學模組後測中並無顯著差異。

表 3-14 02 班級實驗樣本獨立樣本檢定

獨立樣本檢定

學業 高(低)分組	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定						
	F 檢 定	顯著性	t	自由 度	顯著性 (雙尾)	平均 差異	標準誤 差異	差異的 95% 信賴區間	
								下界	上界
前測 (自學)	4.608	.047	-1.243	16	.232	-1.111	.894	-3.006	.784
			-1.243	15.159	.233	-1.111	.894	-3.015	.793
後測 (教學)	.007	.933	1.099	16	.288	1.111	1.011	-1.032	3.254
			1.099	15.474	.288	1.111	1.011	-1.038	3.260
總分	.096	.760	.000	16	1.000	.000	1.563	-3.314	3.314
			.000	15.488	1.000	.000	1.563	-3.323	3.323

由表 3-14 之數據顯示，02 班級在教學模組前測以及學業成績的比較上，Levene 檢定中 F 值為 4.608($P=.047<.05$)，有達到顯著差異，故不假設兩組變異數相等；t 值為-1.243($P=.233>.05$)，未達到顯著差異，表示學業成績高分組以及低分組，在自學模組前測中並無顯著差異。

由表 3-14 之數據顯示，02 班級在教學模組後測以及學業成績的比較上，Levene 檢定中 F 值為.007 ($P=.933>.05$)，未達到顯著差異，故假設兩組變異數相等；t 值為 1.099($P=.288>.05$)，未達到顯著差異，表示學業成績高分組以及低分組，在教學模組後測中並無顯著差異。

(三)新編多元性向測驗分數與其他數據回歸相關性

藉由施測得到的資料結果，想了解每項資料之間的關聯性，總共有八個項目：1. 前測 2. 後測 3. 前測+後測 4. 學業成績 5. 延宕測驗 6. 新編多元性向測驗-圖形測驗 7. 新編多元性向測驗-機械測驗 8. 新編多元性向測驗-空間測驗，在資料數據處理上，研究者拿此八個項目，每兩個項目比較之間的相關迴歸係數。

表 3-15 01 班級各項目成績之間相關係數整理

	前測	後測	測驗總分	學業成績	延宕測驗	圖形測驗	機械測驗	空間測驗
前測								
後測	.504							
測驗總分	.818	.909						
學業成績	.143	.236	.226					
延宕測驗	.230	.300	.311	.033				
圖形測驗	.009	.086	.061	.202	.380			
機械測驗	.065	.134	.121	.096	.541	.603		
空間測驗	.265	.229	.280	.317	.126	.121	.253	

表 3-16 02 班級各項目成績之間相關係數整理

	前測	後測	測驗總分	學業成績	延宕測驗	圖形測驗	機械測驗	空間測驗
前測								
後測	.159							
測驗總分	.685	.828						
學業成績	.189	.204	.043					
延宕測驗	.215	.029	.100	.229				
圖形測驗	.018	.150	.121	.085	.164			
機械測驗	.327	.221	.023	.362	.160	.328		
空間測驗	.203	.009	.122	.393	.065	.492	.403	

表 3-17 相關係數的強弱大小以及關係

相關係數的範圍(絕對值)	變相關聯程度
1.00	完全相關
.70 至 .99	高度相關
.40 至 .69	中度相關
.10 至 .39	低度相關
.10 以下	微弱或無相關

以上表 3-15、表 3-16 參酌表 3-17 相關係數的強弱大小以及關係，整理出如下表 3-18 之關係圖。

表 3-18 01 班級各項相關程度整理

01 班級	高度相關	中度相關	低度相關
項目	前測和測驗總分	前測和後測	前測和學業成績
	後測和測驗總分	延宕測驗和機械測驗	前測和延宕測驗
		圖形測驗和機械測驗	前測和空間測驗
			後測和學業成績
			後測和機械測驗
			後測和圖形測驗
			測驗總分和學業成績
			測驗總分和延宕測驗
			測驗總分和機械測驗
			測驗總分和空間測驗

			學業成績和圖形測驗
			學業成績和空間測驗
			延宕測驗和圖形測驗
			延宕測驗和空間測驗
			圖形測驗和空間測驗
			機械測驗和空間測驗

表 3-19 02 班級各項相關程度整理

01 班級	高度相關	中度相關	低度相關
項目	後測和測驗總分	前測和測驗總分	前測和學業成績
		圖形測驗和空間測驗	前測和後測
		機械測驗和空間測驗	前測和延宕測驗
			前測和空間測驗
			後測和學業成績
			後測和延宕測驗
			後測和機械測驗
			後測和空間測驗
			測驗總分和學業成績
			測驗總分和延宕測驗
			測驗總分和機械測驗
			測驗總分和空間測驗
			學業成績和延宕測驗
			學業成績和空間測驗
			學業成績和機械測驗

			延宕測驗和機械測驗
			延宕測驗和圖形測驗
			機械測驗和圖形測驗

(四)實驗學生樣本偏好測驗分組資料分析

利用教學模組實施前所施行的偏好性測驗，把學生重新分組分析，分別分為偏好學習自學組以及偏好學習教學組，其中偏好學習自學組總共 31 人，偏好學習教學組總共 34 人，分組詳細資料如下表 3-20。

表 3-20 實驗學生樣本依據偏好測驗分組狀況

	原分組高分組人數	原分組低分組人數	男生	女生	總人數
學習偏好自學組	4 人	14 人	26 人	5 人	31 人
學習偏好教學組	14 人	5 人	24 人	10 人	34 人

利用此分組方法分組後再進行測驗總分平均值以及延宕測驗平均值分析處理，延宕測驗平均分數減測驗總分平均值，所得結果如下表 3-21 所示。

表 3-21 學習偏好自學組以及學習偏好教學組資料分析

	測驗總分平均分數	延宕測驗平均分數	延宕測驗平均 - 測驗總分平均
學習偏好 自學組	3.08	3.19	0.11
學習偏好 教學組	3.91	4.50	0.59

(五)實驗學生樣本光電效應動畫教學成效分析

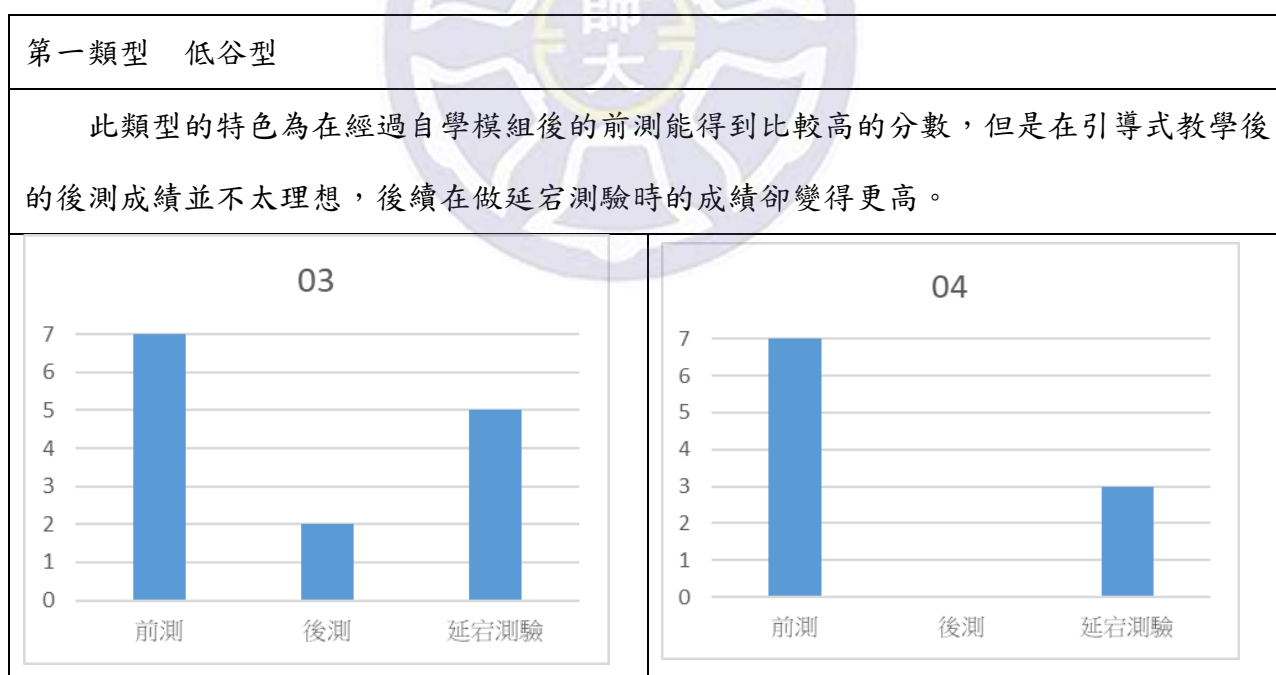
表 3-22 實驗學生樣本光電效應動畫教學成效

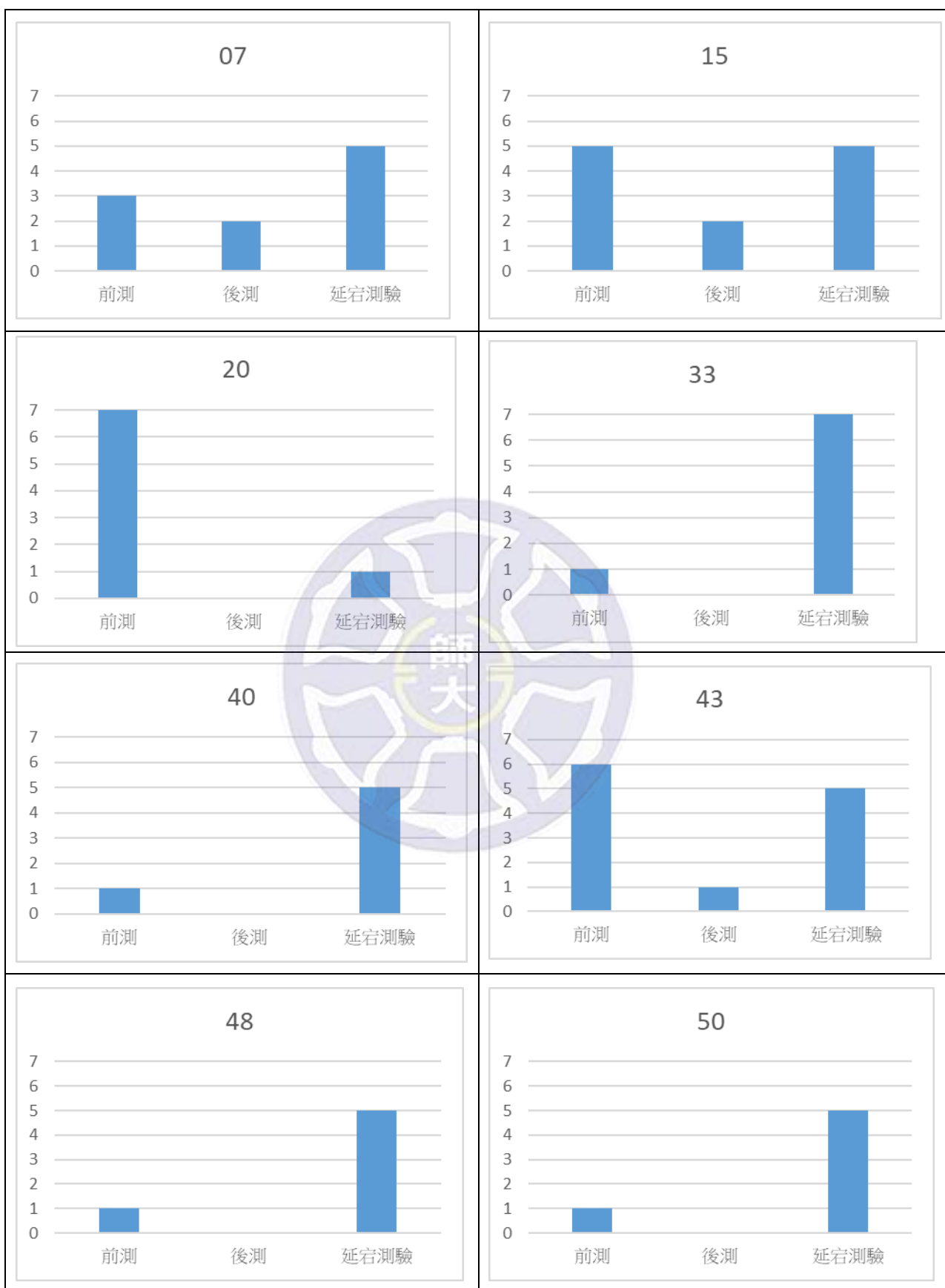
	前測平均值	後測平均值	後測-前測平均值	延宕測驗 - 後測平均值
01 班級	2.39	3.55	1.15	1.60
02 班級	3.89	4.36	0.46	-1.94
總值平均	3.14	3.96	0.82	-0.34

(六)實驗學生樣本學生學習表現分類

目前把實驗樣本學生合併成為一組，按照前測、後測、延宕測驗成績，進行成績圖表的分類：

表 3-23 第一類型實驗學生樣本圖表





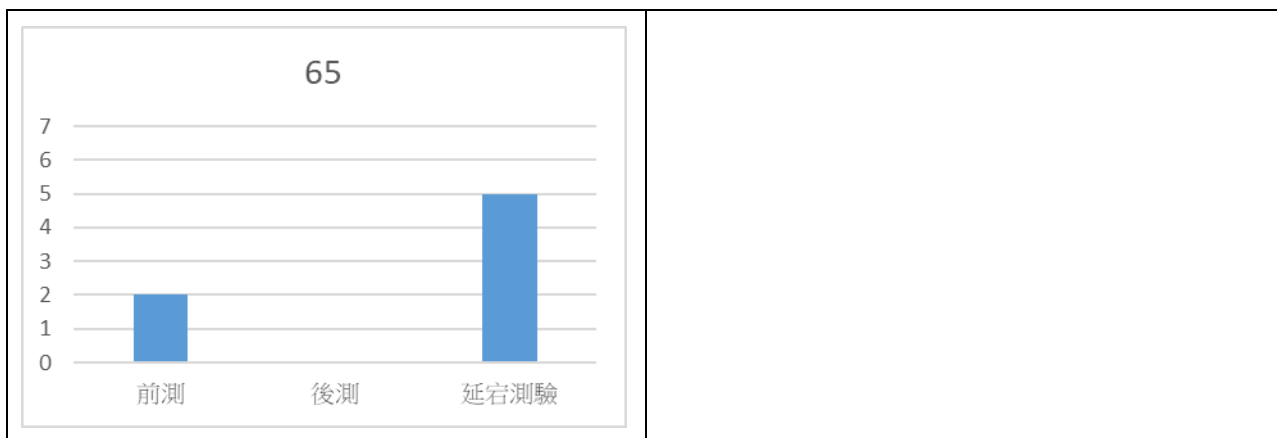
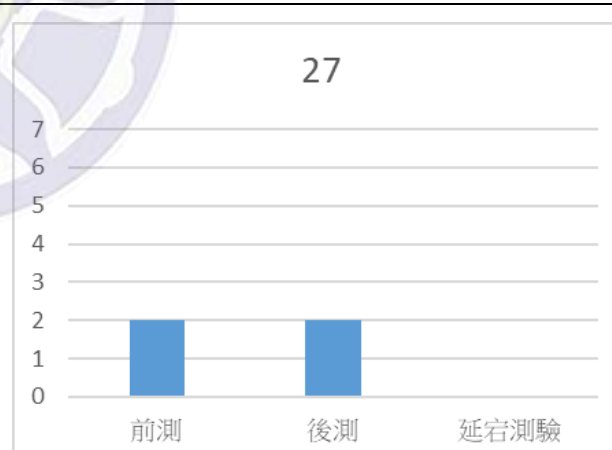
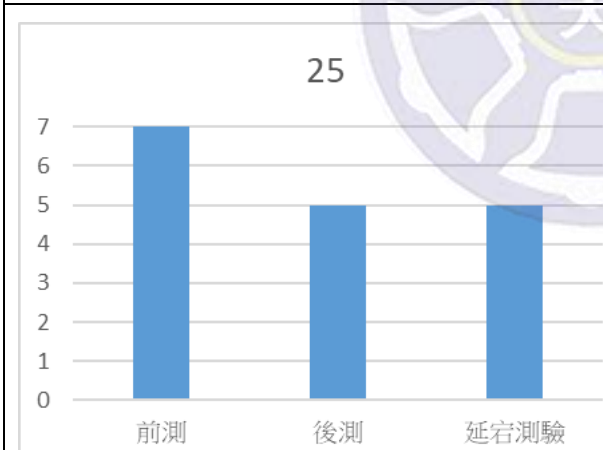
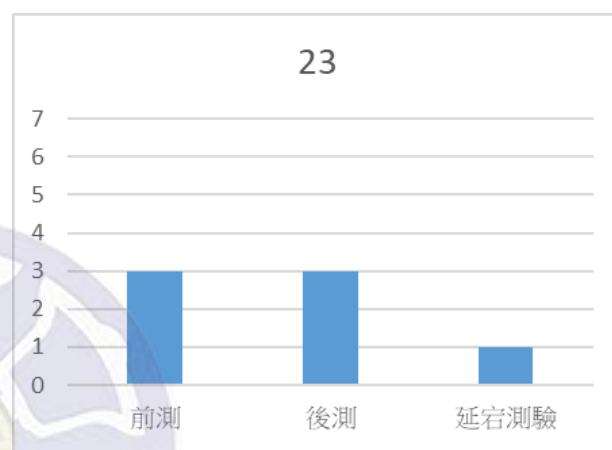
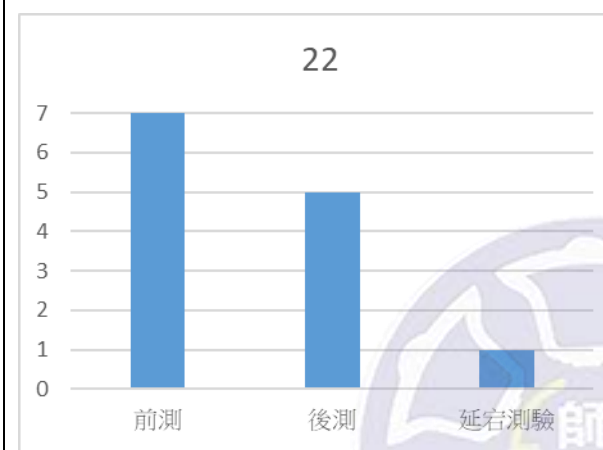
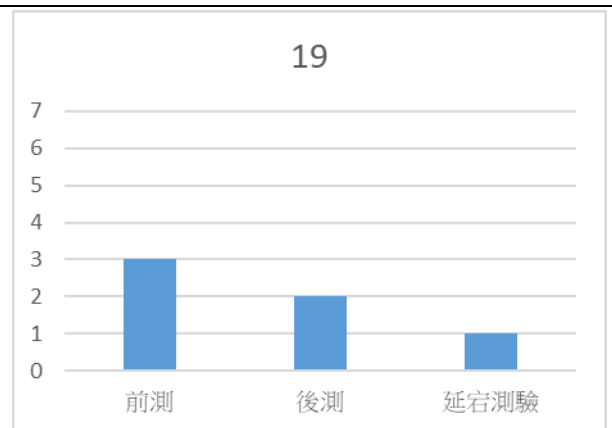
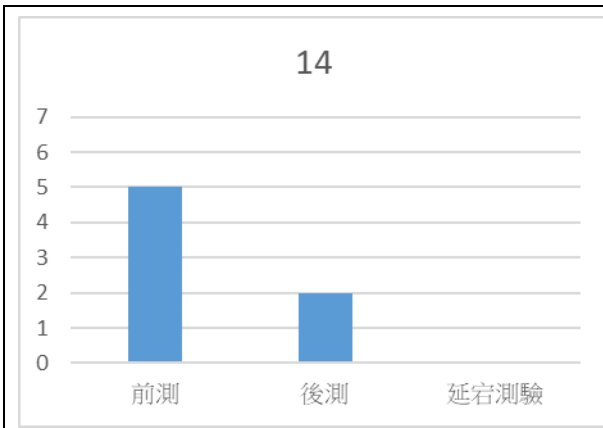


表 3-24 第二類型實驗學生樣本圖表

第二類型 下墜型		
此類型特色為前測高分，後測以及延宕測驗分數有明顯的往下降的趨勢。		
01 前測 後測 延宕測驗	02 前測 後測 延宕測驗	
05 前測 後測 延宕測驗	08 前測 後測 延宕測驗	



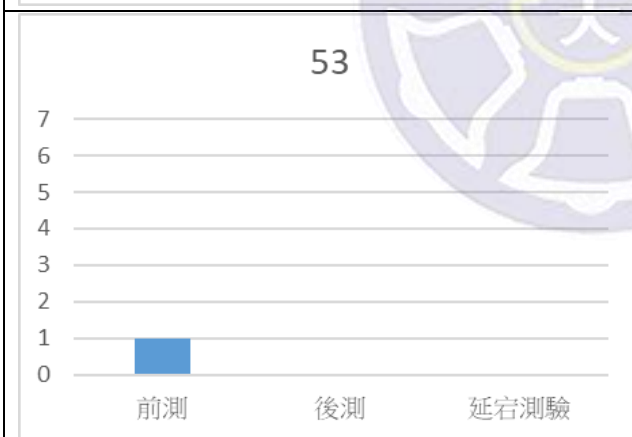
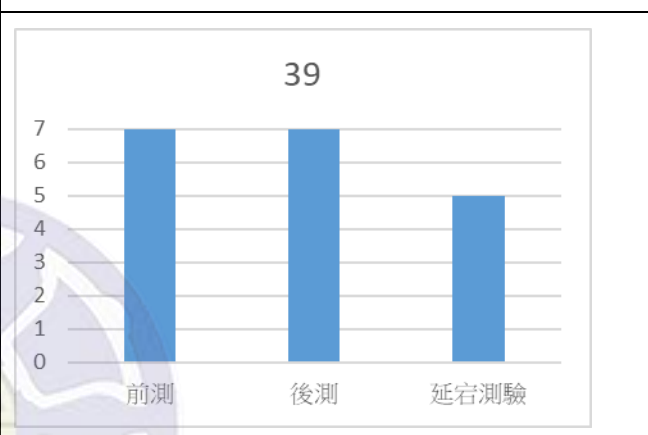
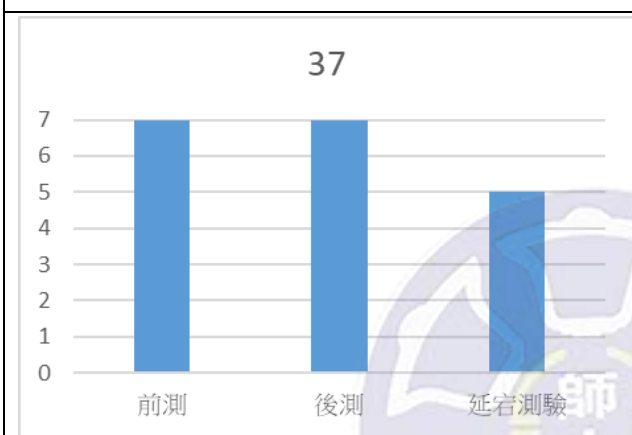
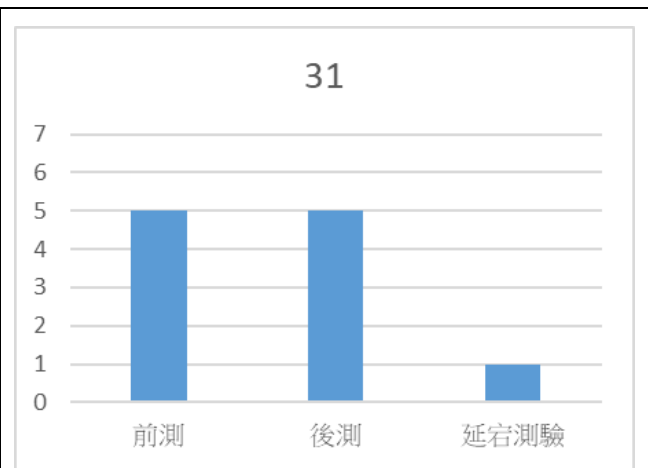
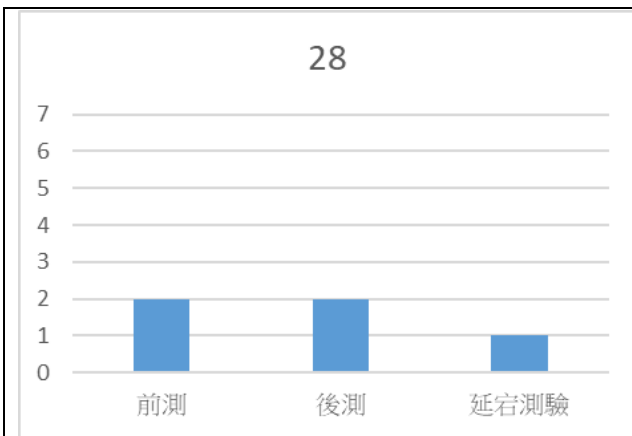
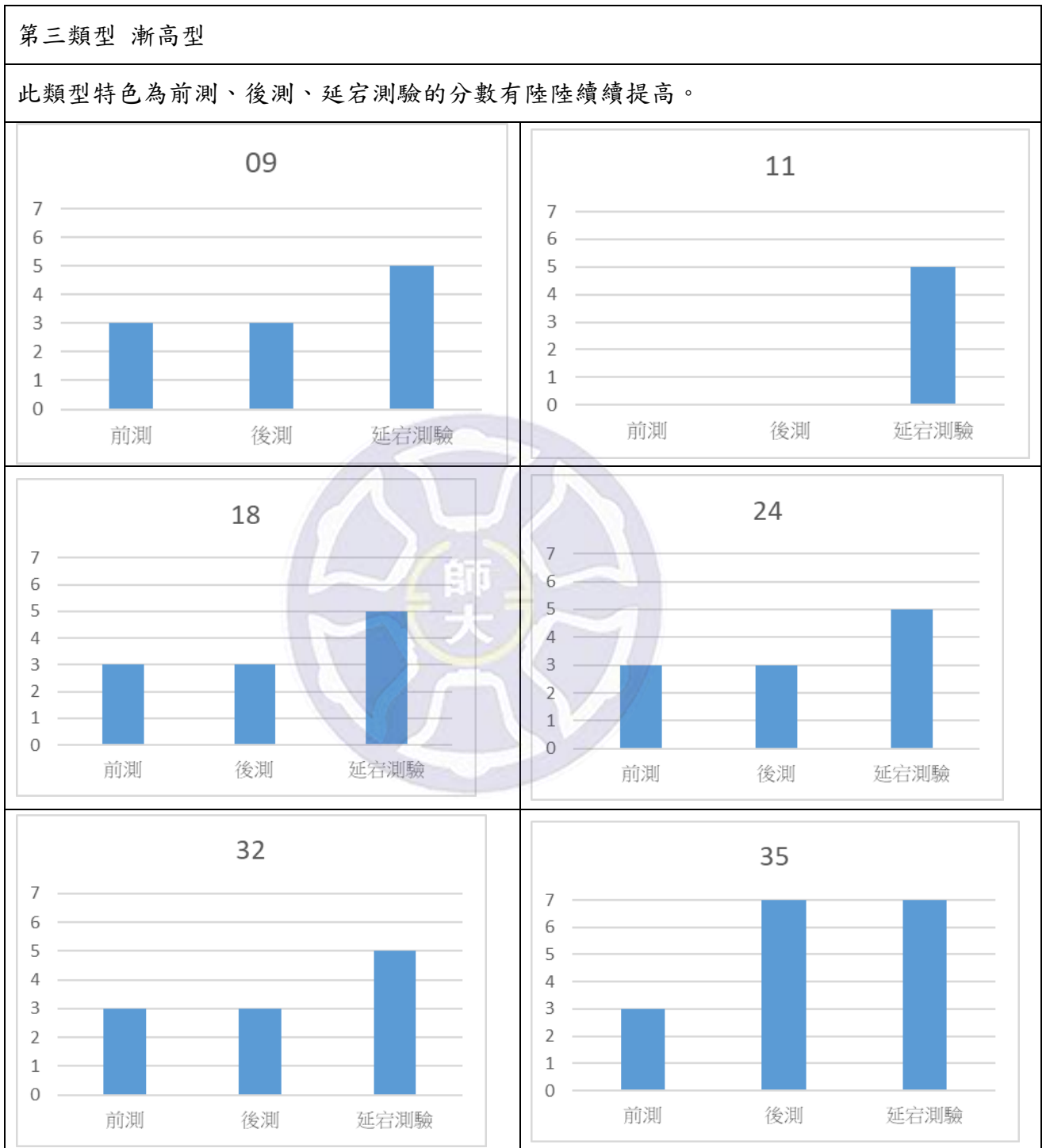
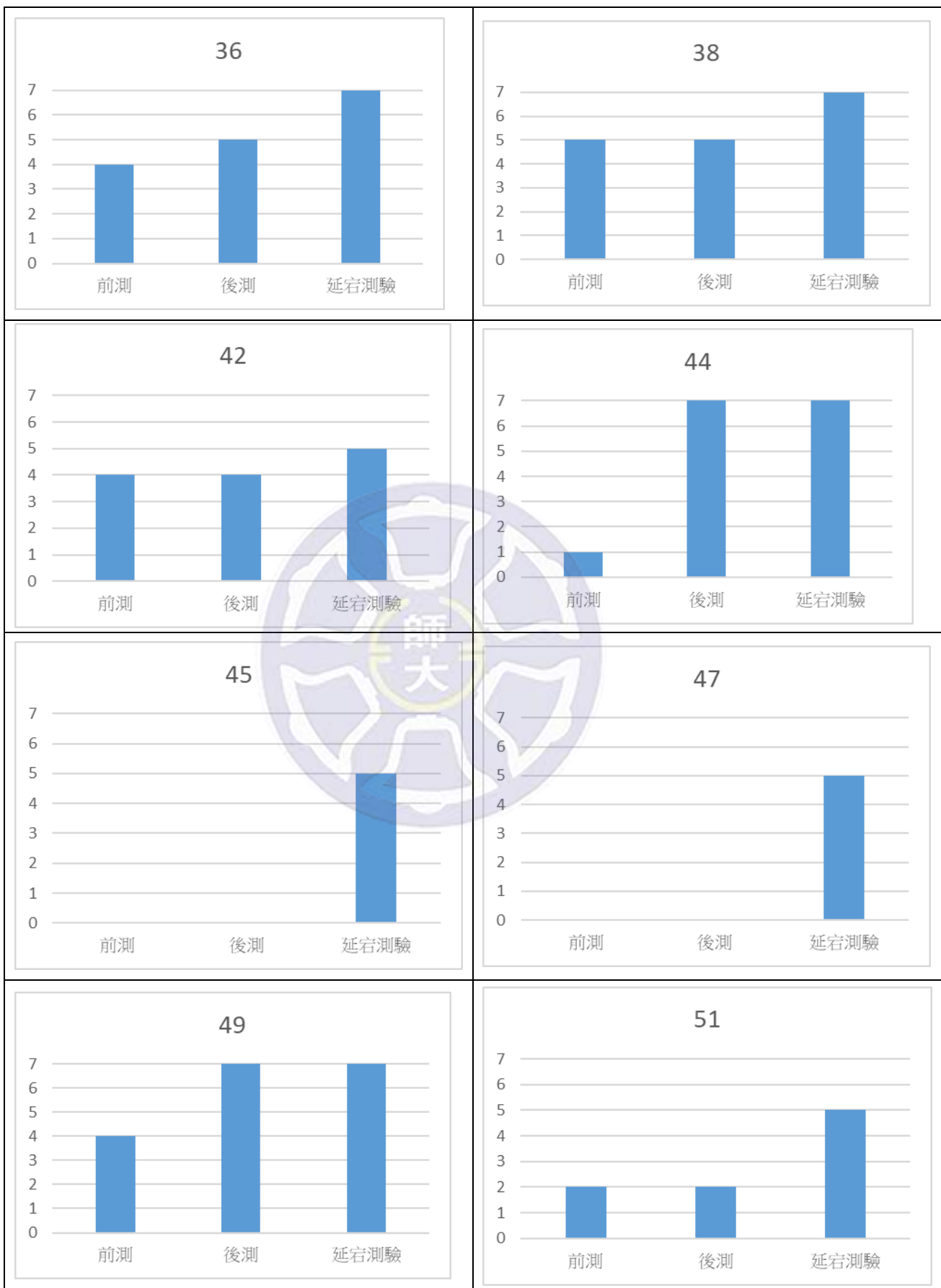


表 3-25 第三類型實驗學生樣本圖表





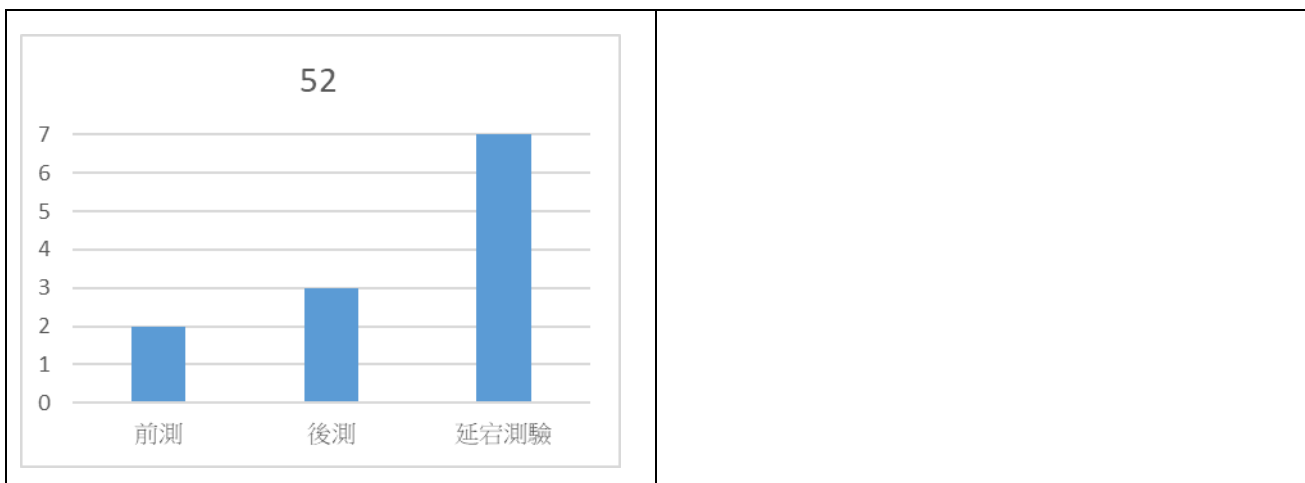
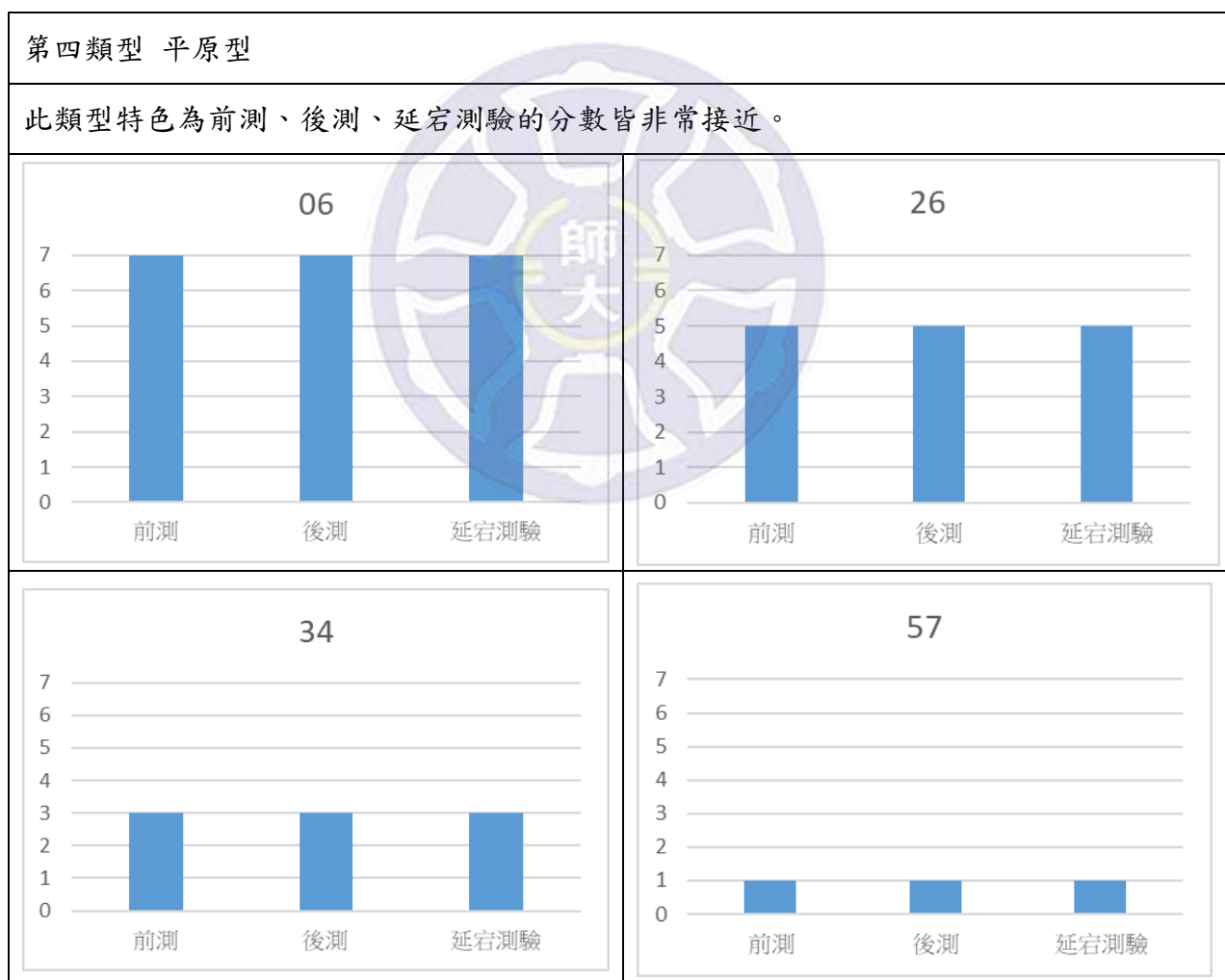


表 3-26 第四類型實驗學生樣本圖表



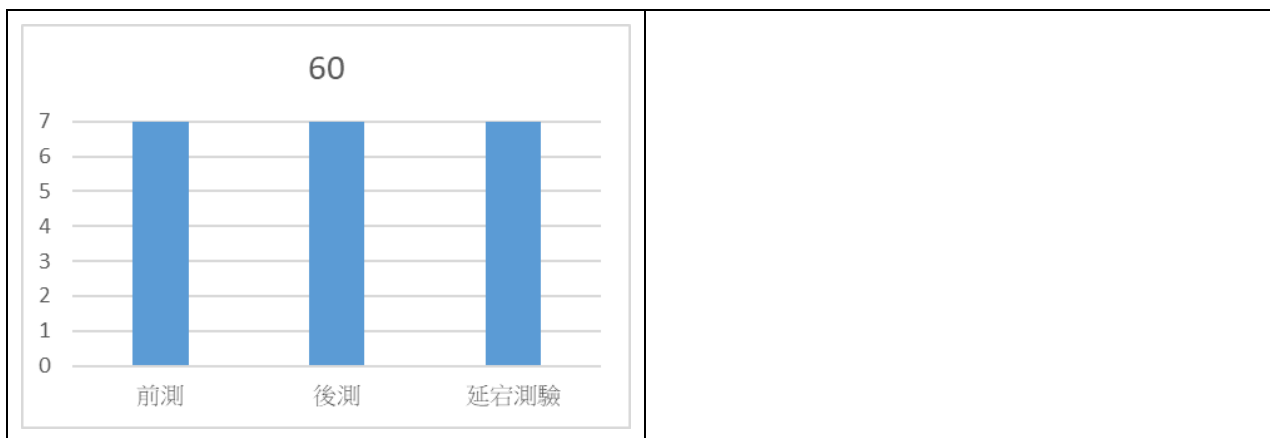
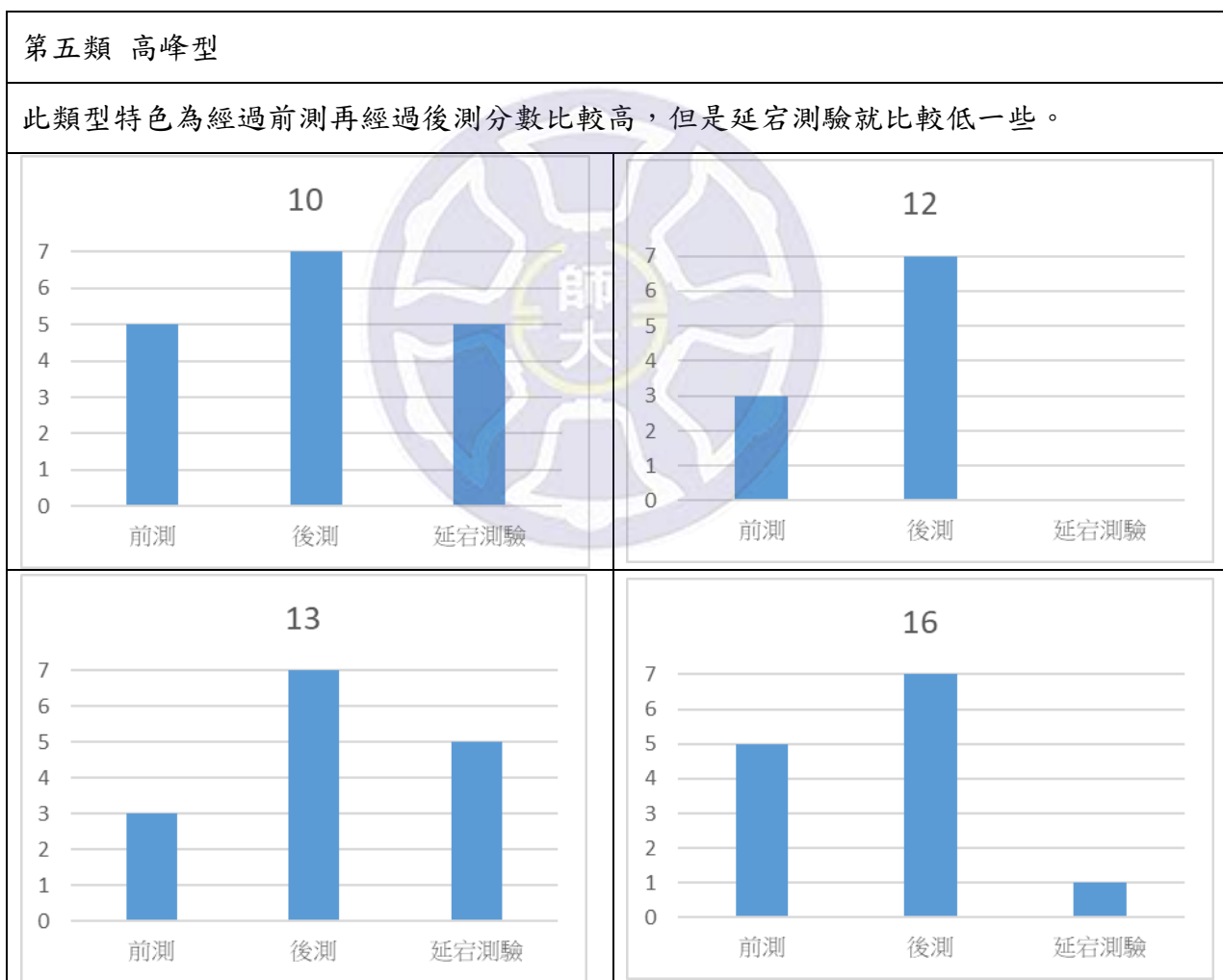
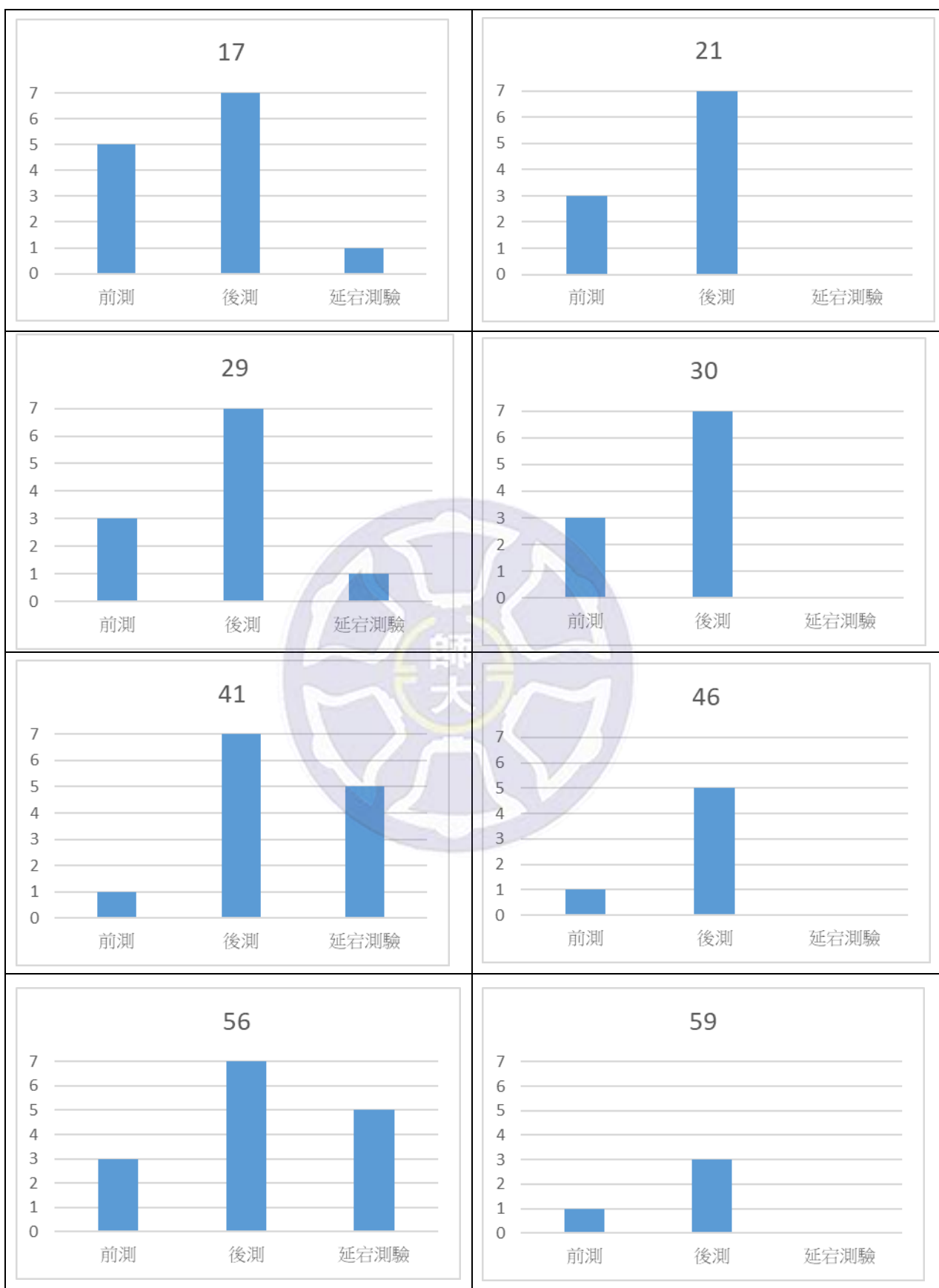


表 3-27 第五類型實驗學生樣本圖表





第四章 研究結果

經過 12 週的研究分析，本研究將透過有四大方向去討論研究結果，第一部分將討論學業成績高分組以及低分組的表現，第二部分將討論學業成績與理工科性向測驗成績相關性，第三部分將討論各項測驗相關性，第四部份將討論實驗樣本學生學習偏好與物理學習相關性的分析與討論。

第一節

實驗樣本學生學業成績高分組以及低分組分析與討論

雖然由表3-13以及表3-14的資料分析顯示下，不論是01班級或是02班級，高(低)分組的前測、後測成績與實驗樣本學生的學業成績並沒有很顯著的關係，但是由表3-16以及表3-17關於01班級以及02班級的高分組以及低分組狀況，數據資料分析發現在01班級不論是在自學模組下以及教學模組下，學業成績高分組的在近代物理光電效應測驗分數都優於低分組的表現，然而在02班級的資料顯示，在自學模組下，學業成績低分組測驗成績表現優於學業成績高分組，經由研究者思考，在平日教學現場中，02班級的學業成績低分組在學習物理上，拒絕學習的狀況相對於01班級較為明顯，因此也可能是在有別於以往講述性教學的自學的學習模組下，對於02的班級可以引起學業成績低分組的實驗學生樣本，造成學生願意認真學習，因此才有測驗表現成績優於學業成績高分組的狀況發生。

第二節

實驗樣本學生學業成績與理工科性向測驗成績分析與討論

本次研究，實驗學生樣本主要以上學期三次段考的平均做為學業成績進行高(低)分組，為了確保此學業成績代表學生學習物理的成就，研究者對於實驗學生樣本又藉由施測理工科性向測驗，獲取測驗成績資料，進行學業成績與理工科性向測驗成績相關性的判讀。由表3-18、表3-19資料判讀學業成績與理工科性向測驗成績呈現低相關性，因此本研究推論物理科的學習與非常多的因素有關係，所以理工科性向測驗成績對於物理科學業成績並沒有絕對的關係。

第三節 實驗樣本學生各項測驗相關性分析與討論

由表3-18、表3-19得知，理工科性向測驗圖形、空間、機械彼此是呈現中度相關性，因此這三項分測驗，可以代表實驗樣本學生理工能力。

多元性向測驗三項分測驗與學業成績呈現低度相關性，如此顯示此三項分測驗分數並不能完全代表學生在學習物理學科上的學習成就，畢竟物理學科在後天學習上受到滿多因素影響的。

在表3-18、表3-19顯示在測驗總成績上01班級最主要與前測和後測都有高度相關性，而在02班級上最主要和後測有高度相關性以及與前測有中度相關性，因此我們可以知道後測對於測驗總分有決定性的影響。

第四節 實驗樣本學生學習偏好與物理學習相關性分析與討論

由表3-20我們可以發現，由重新依照學生學習偏好重新分組之後，學習偏好自學組大部分來自02班級的學業成績低分組，學習偏好教學組大部分來自01班級的學業成績高分組，由此學習偏好性分組，我們可以知道學業成績高分組的學生，比較喜歡一般的教學模組，由此可以推論在日常課堂當中，這些學業成績高分組學生因為偏好一般講述性教學，所以課堂學習效果較佳，因此在物理表現上相對其他人較優良。

然而對於學習偏好自學組，資料顯示大部分來自於02班級的學業成績低分組，研究者推論，這些學業成績低分組學生在原本的課堂表現上，大部分的孩子在物理學習上大部分都是學習意願較低的，然而在自學模組的學習上，能利用有別以往講述性教學的方法，引起這些學業成績低分組的學習動機，進而讓物理學習更有效。

由表3-21中發現在偏好教學模組的實驗樣本學生的延宕測驗平均成績扣掉測驗平均成績相對於偏好自學模組的實驗樣本學生的延宕測驗平均成績扣掉測驗平均成績表現較為優良，然而雖然數據顯示如此，然而在研究者推論，綜合表3-20的資料顯示，由於偏好教學模組的學生成員大多來自於原班級的高分組，偏好自學模組的學生成員大多來自於原班級的低分組，因此雖然上述偏好教學模組學生表現較為優良，但是從組別成員的學業成績上來分析，偏好自學模組的實驗樣本學生的延宕測驗平均成績扣掉測驗平均成績.11與偏好教學模組的實驗樣本學生的延宕測驗平均成績扣掉測驗平均成績.59，雖然後者表現較優，但是卻也讓學業成績較差的學習偏好自學模組學生提升成績。

第五節 實驗樣本學生光電效應動畫教學學習成效

經過數據分析顯示後測減去前測的平均值為正值0.82，延宕測驗扣掉後測平均值為-0.34，學生在經過引導式教學後有進步，而延宕測驗測得成績顯示，學生在經過一段時間之後仍能保持不錯的成績，代表此教學模組具有教學成效。

第六節 實驗樣本學生圖表分類與討論

本節將針對圖表分類的狀況進行學生學習情況以及習慣進行分析與討論，學生個別的學習情況以及習慣，主要依據為本作者對於學生兩年來的學習觀察以及教學現場所了解到的學生個性，以下詳細討論之：

一、第一類型(低谷型)

此種類型的學生，平時學習物理的習慣，往往不主動思考太久，非常喜歡有不懂直接課堂發問，或者是直接尋問同學的答案，很習慣利用快速的方法得到題目的答案，經過圖表的分析此類型的學生都有一個特點，在延宕測驗中通常都表現不錯，因此可以判斷在後測完之後，此類型學生很習慣與同學討論以及詢問解答。

二、第二類型(下墜型)

此種類型的學生，平時在學習物理的時候，學習動機不太能持續太久，往往在引起學習動機之後，沒過多久就變得拒絕學習的狀況，對於學生而言往往在後面的練習都不具有學習意義，由圖表的顯示資訊來看一開始的前測成績很高，但是由於一開始教學動畫能引起學習動機，但是不能持續很久，因此在後續的引導式教學反而沒有學習成效，學生在後測表現就相對很低。

三、第三類型(漸高型)

此種類型的學生，平時在學習物理的時候，相對於其他學生比較愛主動思考題目，在課後也比較喜愛主動對老師提出問題，或者是與學生主動討論問題，這類型的學生在學習表現上也相對較為優良，由圖表中也可以看出，後測相對於前測還要來的高分，在測驗過後也會與同學討論問題獲得最佳的解答，因此在延宕測驗成績表現上也十分的優良。

四、第四類型(平原型)

此類型的學生，平時在學習物理的時候，比較屬於第一印象直覺判斷題型，對於題目強調第一次作答的答案，後續在檢查的時候往往無法檢查出寫錯誤的選項，也代表學生進行思維改變的動機比較薄弱，由圖表中也顯示，從前測、後測到延宕測驗分數表現都是維持一樣，代表學生比較難進行思維改變。

五、第五類型(高峰型)

此類型的學生學習方法比較適合引導教學，在平常物理學習當中，此類型實驗樣本學生，需要教學者不斷的給予引導提示，才能推導出物理題目，由圖表中顯示出，此實驗學生樣本在第一階段摸索動畫的過程當中，無法達成有效的推理，一直到引導教學之後才漸漸的推理出來，提升成績。

第五章 結論以及建議

本章節會針對研究結果做出總結，希望能透過多媒體動畫結合雲端教學平台讓物理教學在比較抽象難理解的單元上，能有效提升教學成效。

第一節 結論

本章節將透過第四章研究結果，得到幾項結論，以下將分項描述之：

一、多媒體教學搭配自學模組有助於學業成績低分組提升學習表現

經過十二週的教學模組蒐集資料，再進行資料分析處理發現，多媒體教學搭配自學模組能引起學業成績低分組的學習動機，並且有效提升學生學習成效，尤其在 02 班級此情況更加明顯，讓學業成績低分組的自學模組測驗平均優於學業成績高分組的測驗平均。

二、多媒體自學模組以及教學模組對於學業成績高(低)分組的影響

由數據資料表 3-14、表 3-15 顯示，學業成績高(低)分組在自學模組以及教學模組下並沒有顯著的差異，因此推論不論教學模組以及自學模組對於學生的適合度，不能用學業成績高(低)分去評判，一般我們常常會有刻板印象，認為自己探究摸索自學的效果往往會較一般講述性教學來的較佳，但是經由本研究結果而言並不支持此說法。

三、實驗樣本學生學習偏好性對於學習成效的影響

由數據資料表 3-20 得到數據資料顯示大部分的學業成績低分組，學習偏好為自學模組，大部分的學業成績高分組，學習偏好為教學模組，此結果顯示學習成績低分組的學生，在物理學習方面成就感較低，平時在本研究者在平日課堂中，對於學習物理的動機較低，因此學習偏好比較喜歡有別以往的探究自學

的方法，因為利用不同的學習方法，能有效地引起學習動機，如表 3-21 所示，學習偏好教學組大部分組成的成員是屬於原來班級高分組，最後的延宕測驗平均扣掉測驗平均分數得到.59，與學習偏好自學組大部分組成的成員屬於原來班級低分組，最後的延宕測驗平均扣掉測驗平均分數得到.11 相比，後者雖然較遜色，但是也能達到正值，此研究結果可以說明，偏好自學模組的學業成績低分組學生也能透過自學模組達成有效的學習。

第二節 教學建議

本研究者針對研究結果提出兩項建議，第一項為教師在使用物理多媒體教學上的應用建議，第二項為後續研究建議，以下詳述：

第一項 使用物理多媒體教學上的應用建議

一、使用探究式自學教學模組結合多媒體應用在物理教學上，必須要考量到學生學習偏好性的問題

一般在物理教學上，教師通常會認為探究式自學教學模組是一個非常合適的物理教學方法，常常會大費周章的細心去準備教材以及設計教案，但是實際上在應用此教學方法必須考量到學生學習偏好性的問題，有時教師通常會花費很多心力準備探究活動課程，但是卻未能達到良好的教學效果，反而一般講述性教學也能達到良好的教學效果。

二、使用探究式自學教學模組可以引起學習

對於平常在課堂中學習動機低落，物理科學業成績低分組的學生，若是利用自學教學模組有助於引起學習動機，可以達成有效的教學成效。

第二項 後續的研究建議

一、研究樣本數需要增加

本研究者因為選取實驗學生樣本時，受限於學校班級程度問題、同程度班級數量不足問題，要找到多個相同程度高二班級並不太容易，因此造成樣本數量過小，很多推論並不具有代表性，未來的研究若是可以增加研究樣本數量，將可以使研究結果更具有價值、更具有代表性。

二、研究工具需要再改善

本研究的研究工具為選擇題以及選擇題，由於學校作息時間上不允許無法進行學生的訪談調查，若是未來研究者可以增加訪談研究資料，將可以使資料分析更加精準。

三、教師設計課程要再更加精確，使得施測所得問卷可以更加有效

本研究所設計的教學模組，強調自己完成學習任務，不得與他人合作以及討論，但是受限於學校教室場所以及時間性，本研究者還是得在電腦教室內統一進行教學。本研究者在教學進行時發現，學生為了想要讓測驗成績更加的良好，就算宣達了教學任務規範，也會有少數學生互相交頭接耳的討論，這樣的事情會讓本研究所獲取的問卷資料失準。未來研究者若是能在獨立空間內進行每位學生的教學以及施測，這樣所收集的問卷資料會更加的精準有效。



參考文獻

一、 中文部分

1. 蔡蕙文(2007)：STEM 教學模式應用於國中自然與生活科技領域教學之研究。屏東：屏東科技大學。
2. 丁杰、蔡蘇、江丰光、余勝泉(2013)：科學、技術、工程與數學教育創新與跨學科研究。北京：北京師範大學現代教育技術研究所。
3. 林海清 (2007)。推動十二年國民基本教育的省思與展望。台灣教育，645，14-25。
4. 教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。
5. 國家教育研究院 (2014)。十二年國民基本教育課程體系發展指引。
6. 教育部(2008a)：九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域。臺北市：教育部。
7. 教育部(2010b)：普通高級中學必修科目「基礎物理」課程綱要。臺北市：教育部。
8. 良榮(1999)。科學史與科學教學—一些省思與建議。物理教育，3(1)，93-101。
9. 邱奕華、劉湘瑤(2014)。科學史教學對學生科學認識觀與概念學習的影響—不同教學順序的比較。科學教育學刊，22(3)，307-330。
10. 柳棟、吳俊傑、謝作如、沈涓 (2013)。STEM, STEAM 與可能的實踐路線。中小學資訊技術教育，6，39-41。
11. 蔡蕙文、羅希哲、朱怡貞、陳柏豪 (2006)。國中 STEM 教學模式之實驗研究。科技教育課程改革與發展學術研討會論文集，278-284。
12. 羅希哲、陳柏豪、石儒居、蔡華齡、蔡慧音 (2009)。STEM 整合式教學法在國民中學自然與生活科技領域之研究。人文社會科學研究，3(3)，42-66。

13. 林坤誼 (2014)。STEM 科際整合教育培養整合理論與實務的科技人才。科技與人力教育季刊，1(1)，2-17。

二、 英文部分

14. Snir, J., Smith, C., & Grosslight, L. (1995). Conceptually enhanced simulations: A computer tool for science teaching. In D. N. Perkins, J. L. Schwartz, M. S. Wiske, & M. S. Wiske (Eds.), *Software goes to school: Teaching for understanding with new technologies* (pp. 106-129). New York: Oxford University Press.
15. Maryland State Board of Education(2012). Maryland STEM: Innovation today to meet tomorrow' s global challenges. Maryland State department of education.
16. Niaz, M., Klassen, S., McMillan, B., Metz, D. (2010). Reconstruction of the history of the photoelectric effect and its implications for general physics textbooks. *Science Education*, 94(5), 903-931.
17. Chessin, D.A., and V.J. Moore. 2004. The 6-E learning model. *Science & Children* 42 (3): 47 - 49.
18. Chien, Y. T., & Chang, C. Y. (2015, April). Developing a framework to understand how students participate in clicker-integrated activities: Focusing on framing. Paper presented at the International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST), Antalya, Turkey.

19. Chang, C. Y., & Chien, Y. T. (2015, April). Block voting in the clicker-integrated classroom: interaction between students' prior knowledge, clicking behaviors, and conceptual learning outcomes. Paper presented at the International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST), Antalya, Turkey.
20. Chien, Y. T., & Chang, C. Y. (2015, April). Providing students with an alternative way to interact with the teacher in the silent classroom: Teaching with the CloudClassRoom technology. Paper presented at the Inaugural Asian Conference on Education & International Development (ACEID) 2015, Osaka, Japan.



附件資料與補充資料

附件一：

偏好性問卷

作答說明●

1. 請仔細閱讀每一項敘述，將您的意見在答案卡上的 ☐ 以黑色 2B 鉛筆填滿即可，

例如：

例如： A B C D E

“A” 表示你希望「非常同意」該項敘述

☒	☐	☐	☐	☐
-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

“B” 表示你希望「同意」該項敘述

☐	☒	☐	☐	☐
--------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

“C” 表示你希望「沒意見」該項敘述

☐	☐	☒	☐	☐
--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------

“D” 表示你希望「不同意」該項敘述

☐	☐	☐	☒	☐
--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	--------------------------

“E” 表示你希望「非常不同意」該項敘述

☐	☐	☐	☐	☒
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------

1. 本量表只是在調查您個人的意見，每一題敘述均無所謂的「正確答案」。
2. 請您每一題都要填寫，確實表達您的看法。
3. 請勿在試卷上作任何記號，以利試卷重複使用。謝謝！
4. 填寫時間為 15 分鐘，請您把握時間。
5. 請等候指示，才可翻頁開始填寫！謝謝。

各位親愛的高二生，以下問卷的內容是想要了解各位同學，對一些教學情形的喜好程度，

請你針對物理課程的情形來回答以下三個問題。

請注意！這是調查你的喜好程度，而不是實際上課的情形，所以你自己的意見就是我們所需要的答案。請用 A 非常同意、B 同意、C 沒意見、D 不同意、E 非常不同意，來代表你的喜好程度。也就是說：當你很喜歡某一種教學情形時，你希望這種情形經常地發生在物理課裡，所以你選 A 來代表你的喜好程度。

請注意！這些問題是沒有正確答案的，而且與你的成績無關，請就你自己的狀況仔細思考後作答。謝謝您！

題 目	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
	A	B	C	D	E
在物理學習中，我喜歡老師直接用板書教學，教導物理知識以及物理公式給我，讓我能快速記憶並且能馬上應用（第一種教學方法）	☐	☐	☐	☐	☐
在物理學習中，我喜歡老師用物理實驗讓我自己探索現象、發現問題，進而學習到物理知識，如此我認為這樣的學習，學到的不單單只是記憶性知識，還能徹底了解物理知識的意涵(第二種教學方法)	☐	☐	☐	☐	☐
以上兩種教學方法，若是要選擇一種我最喜歡的教學方法，會選擇第一種還是第二種呢？	☐ A 第一種 ☐ B 第二種				

附件二：教學引導

請在三種變數當中，金屬種類、光線頻率、光線強度，一次只能挑選，一組變因做為操縱變因進行觀察、探究。以下提供簡易步驟，方便進行探究：

選擇金屬種類，改變光線頻率、光線強度

選擇金屬材質作為操作變因，光線頻率、光線強度為控制變因

實驗一

控制光線頻率為紅光、控制光線強度為 1	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗二

控制光線頻率為紅光、控制光線強度為 3	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗三

控制光線頻率為紅光、控制光線強度為 5	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗四

控制光線頻率為綠光、控制光線強度為 1	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗五

控制光線頻率為綠光、控制光線強度為 3	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗六

控制光線頻率為綠光、控制光線強度為 5	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗七

控制光線頻率為紫光、控制光線強度為 1	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗八

控制光線頻率為綠光、控制光線強度為 3	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

實驗九

控制光線頻率為紫光、控制光線強度為 5	
金屬	是否產生電流、電流大小
鈉	
鉀	
鈉	
鋰	
鎂	

選擇光線頻率，改變金屬種類、光線強度

實驗一

控制金屬種類為鈷、控制光線強度為 1	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗二

控制金屬種類為鈷、控制光線強度為 3	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗三

控制金屬種類為鈷、控制光線強度為 5	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗四

控制金屬種類為鈉、控制光線強度為 1	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗五

控制金屬種類為鈉、控制光線強度為 3	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗六

控制金屬種類為鈉、控制光線強度為 5	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗七

控制金屬種類為鎂、控制光線強度為 1	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗八

控制金屬種類為鎂、控制光線強度為 3	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

實驗九

控制金屬種類為鎂、控制光線強度為 5	
頻率	是否產生電流、電流大小
紅	
橙	
黃	
綠	
青	
藍	
紫	

選擇光線強度，改變金屬種類、光線頻率

實驗一

控制金屬種類為鈷、控制光線頻率紅	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗二

控制金屬種類為鈷、控制光線頻率綠	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗三

控制金屬種類為鈷、控制光線頻率紫	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗四

控制金屬種類為鈉、控制光線頻率紅	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗五

控制金屬種類為鈉、控制光線頻率綠	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗六

控制金屬種類為鈉、控制光線頻率紫	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗七

控制金屬種類為 鎂 、控制光線頻率 紅	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗八

控制金屬種類為 鎂 、控制光線頻率 綠	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	

實驗九

控制金屬種類為 鎂 、控制光線頻率 紫	
光線強度	是否產生電流、電流大小
強度 1	
強度 2	
強度 3	
強度 4	
強度 5	



附件三：測驗問題

第 1 題:我認為照光之後要產生光電子(光電流)，最主要的條件在於？。

題型：選擇題。

1:金屬的材質、2:光線的頻率、3:光線的強度、4:金屬的材質以及光線的頻率、5:光線的頻率以及光線的強度、6:金屬的材質以及光線的強度、7:金屬的材質、光線的強度以及光線頻率

第 2 題:為什麼？

題型：回答題。

附件四：評分標準

第 1 題:我認為照光之後要產生光電子(光電流)，最主要的條件在於？。

題型：選擇題。

1:金屬的材質、2:光線的頻率、3:光線的強度、4:金屬的材質以及光線的頻率、5:光線的頻率以及光線的強度、6:金屬的材質以及光線的強度、7:金屬的材質、光線的強度以及光線頻率

	1 金屬 材質	2 光頻率	3 光強度	4 金屬材質、 光頻率	5 光頻率、 光強度	6 金屬材質、 光強度	7 金屬材質、 光強度、 光頻率
分數	1	1	0	2	0	0	0

第 2 題:為什麼？

題型：回答題。

答題狀況	隨意 回答	回答 錯誤	有回答但是只有 簡述 Ex:嘗試出來	有回答但是只有簡述 Ex: 有提到統計出來的結果	詳細回答 Ex:簡述統計狀況
分數	0	0	1	3	5
					測驗三必須提及 到表格統計