教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE1110028
學門分類/Division：工程
執行期間/Funding Period：2022-08-01-2023-07-31

基於混合式學習機制之引導發現實驗教學模式以提升實務學習成效之研究
Research on the Enhancement of Practical Learning Effectiveness with Guided Discovery Experimental Teaching Model Based on Blended Learning Mechanism

(配合課程：應用電學實驗)

計畫主持人(Principal Investigator)：王順忠
共同主持人(Co-Principal Investigator)：
執行機構及系所(Institution)：國立台灣海洋大學輪機工程學系

成果報告公開日期：

☑立即公開 ☐延後公開(專利與論文)

繳交報告日期(Report Submission Date)：112 年 07 月 20 日

中文摘要

為改善輪機工程學系學生電學相關課程學習成效並提升實務技能，本計畫以應用電學實驗課程為例，提出基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式，引導發現式實驗教學模式較符合在實驗室場域中教學的需求，並是協助教師調整教學步調和控制教學進度之有效適應性方案。所採用的教學模式在學生進行各實習單元前或過程中，會給予適當口授講解學習單元動作原理、理論波形分析和實驗步驟說明，並將實驗教材組織成為有用的形式。透過問題提問的方式與學生互動激發探索學習動機並強調學習重點，讓學生經由執行實驗操作與量測、觀察與比較量測與理論波形、發現問題與解決問題、結果探究與討論說明等學習步驟，引導學生從各單元實驗的過程中發現與驗證學習單元動作原理並累積實務製作經驗。另外，為因應所發展的教學模式，需開發設計具實務應用之實習教學單元內容和教具，再配合所建置之網路化遠距實驗與學習輔助平台以強化精熟學習環境，讓學生可不受課堂時間和疫情限制下，透過網路可作不定時、不定點、不限次數的反覆實驗練習直到完全瞭解並熟悉所學原理，以達精熟學習目的。最後，本計畫透過量化和質性的評量工具和問卷量表，來驗證所提出的教學模式之可行性和學習成效。

關鍵詞：引導發現式實驗教學模式，混合式學習，精熟學習環境，實務技能。

英文摘要

To improve the learning effectiveness of the practice courses for marine engineering students and enhance their practical skills, this project takes the applied electrical experiment courses as an example and proposes a guided discovery experimental teaching (GDET) model based on a blended learning mechanism. The GDET model can conform to the demand for teaching in the laboratory field. It is an effective and adaptable plan to assist teachers in adjusting the pace of teaching and controlling the teaching progress. The methodology adopted will give proper oral instruction to explain the operation principle of the learning unit, theoretical waveform analysis with experimental procedures before or during the course of each unit, and coordinate the experimental materials into useful forms. Interacting with students through quizzes stimulates the motivation of exploration and learning as well as emphasizes the key points of learning. Let students perform the learning steps: experimental operation and measurement, observation and comparison of measurement and theoretical waveforms, problem discovery and solving, outcomes exploration and discussion, to guide students to discover and verify the operating principle from the experimental processes and improve practical experience. Besides, in order to respond to the teaching model, it is necessary to design practice teaching materials and aids, and then cooperate with an Internet-based distance experiment assistant learning platform (DEALP) built to strengthen the proficient learning environment. Coupled with the DEALP, students can do unscheduled and unlimited self-repetitive exercises through the Internet without being restricted by class time until they fully understand the learned principles to achieve the purpose of proficient learning. Finally, this project verifies the feasibility and learning effectiveness of the proposed teaching model through qualitative and quantitative assessment tools and questionnaires.

Keywords: Guided-discovery experimental teaching model, blended learning, proficient learning environment, practical skill ability.

目錄

中文摘要……II
英文摘要……III
一、研究動機與目的……1
1-1 研究背景與動機……1
1-2 研究目的……1
二、文獻探討……2
三、研究問題描述……5
四、教學設計與研究方法……6
4-1 教學設計與規劃……6
4-2 研究方法與實施步驟……6
4-2-1 研究架構……6
4-2-2 研究範圍……10
4-2-3 待回答研究問題……10
4-2-4 研究對象與場域……10
4-3 研究方法及工具……11
4-3-1 引導發現式教學模式課程規劃與教材設計……11
4-3-2 應用於電學實驗課程的實現方式與步驟……12
4-3-3 課程規劃與教材設計……16
4-3-4 成績考核和學習成效評量方式與工具……17
4-3-5 資料處理與分析……20
4-3-6 實施程序……20
五、教學成效暨研究成果……20
5-1 教學過程與成果……20
5-2 教師教學反思……25
5-3 學生學習回饋……27
六、結論與建議……29
參考文獻……31

一、研究動機與目的

1-1 研究背景與動機

近年來，因燃燒化石能源造成全球溫室效應威脅地球永續發展議題下，使得節能減碳與永續發展等議題真正受到世界各國的重視。因此國政府相繼訂出燃油車落日時程(去油取電)，使再生能源發電與陸海空各種運輸載具之電氣(動)化的開發與應用已成為必然趨勢。亦即，電氣(動)化的各種運輸載具將以電能驅動電動機取代燃油引擎驅動傳動軸來提供各式載具之傳動力，因此，就輪機系學生而言，所面對的未來各式船舶的動力傳輸結構會以電能轉換驅動和電控系統為主，故必須適時加強輪機系學生在電能轉換驅動結構和控制系統方面之電學知識和實務技能，使學生面對未來船舶電氣化的轉型，在就業上能提早適應，以減少學用落差。

為兼顧機、電系統的整合學習，目前輪機系學生在電學相關的課程上安排不像電機系學生多與扎實，尤其是在電路學、電子學、電機機械和自動控制等課程上的學習成效較不彰顯，加上電氣化的船舶其電能轉換驅動器和控制系統結構主要是由電力電子電能轉換器和電子電路所構成，因此電學課程學習成效不佳，將會影學生對於船舶電能傳動系統之知識吸收與結構認知。觀察學生在電學相關的課程上學習成效不佳的原因可歸納為：

- 基礎和專業學科知識不足：先前在基本電學和電路學學習時本質學能不紮實，造成後面相關課程的學習有阻礙。
- 軟(韌)硬體電路實作過程較複雜且需親自動手做才能學到技能：實務製(操)作一方面需相關元件應用知識、接線技巧以及量測儀器配合，相當繁雜需具耐心，不懂這些根本無法入門。
- 不知如何作電路檢測、偵錯(debug)和修復：學生普遍欠缺實務製作與量測儀器操作經驗，當電路功能不對時束手無策，因對電路基本原理不瞭解且不會使用輔助量測儀器，故不知如何偵錯與修復電路。
- 不瞭解電路的功能與應用：由於專業學科知識不扎實加上前兩項原因，學生在上實習課時，只學會按電路圖接線，運氣好一次就正確接對線路且量測到老師所要求輸出，但不去理會各部分電路是如何動作，更不會去思考實作這種電路可應用在哪些方面。加上電子電路技術是整合性技術，一個基本的電子產品的製作，需要涵蓋不能領域的知識與技巧，在無一套有系統性的教學模式與可重複實習的整合性訓練系統輔助下，學生是不容易入門的。

1-2 研究目的

為改善輪機工程學系學生電學相關課程學習成效並提升實務技能，本計畫以應用電學實驗課程為例，提出基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式，引導發現式實驗教學模式較符合在實驗室場域中教學的需求，並是協助教師調整教學步調和控制教學進度之有效適應性方案。所採用的教學模式在學生進行各實習單元前或過程中，會給予適當口授講解學習單元動作原理、理論波形分析和實驗步驟說明，並將實驗教材組織成為有用的形式。透過問題提問的方式與學生互動激發探索學習動機並強調學習重點，讓學生經由執行實驗操作與量測、觀察與比較量測與理論波形、發現問題與解決問題、結果探究與討論說明等學習步驟，引導學生從各單元實驗的過程中發現與驗證學習單元動作原理並累積實務製作經驗。另外，為因應所發展的教學模式，需開發設計具實務應用之實習教學單元內容和教具，再配合所建置之網路化遠距實驗與學習輔助平台以強化精熟學習環境，讓學生可

不受課堂時間和疫情限制下，透過網路可作不定時、不定點、不限次數的反覆實驗練習直到完全瞭解並熟悉所學原理，以達精熟學習目的。最後，本計畫透過量化和質性的評量工具和問卷量表，來驗證所提出的教學模式之可行性和學習成效。

二、文獻探討

國家競爭力的關鍵在於技術人力技能和素質的提昇，因此高等教育體系除強化大學的教學之外，必須將學術研發的成果落實於未來科技人才的培育上，也就是培養有專精技術能力、有問題解決和批判思考能力、具有知識與技術應用整合能力和接納革新創造新技術者，才能滿足高科技產業時代的人力需求。因此，如何因應產業界需求，使學生具備與時俱進之問題解決能力，培養學生具有主動學習與建構知識的能力，顯然是高等教育重要的發展方向。本研究基於提昇大學生所需具備之基本素養、專業核心能力與實務技能之理念，建構基於混合式學習機制之引導發現實驗教學模式之網路學習和實驗策略，並探究其對問題解決和實務技能提升成效之影響。

A. 實作與解決問題能力之定義與內涵

Sternberg 等人(2003)定義實作能力是將智能應用到實際情況時所涉及的能力；Sternberg (2009)進一步指出實作能力包括運用知識的日常問題，思考新知識的多重面向，或執行一個新獲得的訊息；蕭錫錡等人(2005)認為實作能力能培養學生具有解決問題的能力；而劉曼君(2009)研究指出讓學生透過實際案例可以學習解決複雜問題能力；另外，Chan (2007)定義實作能力為個體利用本身的解析與創造能力去解決問題。因此實務製作能力不僅是在培養學生進入職場的能力，更是讓學生在訓練的過程中，面對各種問題時能加以思考後提出解決方案，進一步增進學生面對問題之情意態度和和解決問題之能力、批判思考、和創造力。實作能力是進入職場之基本能力，也是創新能力的基礎，所以，Northeastern University (2009)在其所開設的 Design Project 課程中，明訂其課程目標為培養學生具有解決問題的能力，並希望產業工程師能在設計、分析、規劃與改進系統上能具備實作能力。因此，融入實作議題於課程設計和教學目標中，並增加實習操作時數，以增進學生實務技能和解決問題能力。所以實務技能為一種執行多樣任務的能力，且融合實作能力、基礎能力、和反思能力可成為個體的應用能力。所以 Sternberg (2009)也指出，實作能力是用來轉譯理論為實務，並將理念提取為實作成果，讓他人相信理念是有價值的。劉霆等人(2001)則認為實作能力主要以改變、發現、操作、運用等為教學行為目標，主要著重於學生動手操作各種設備，透過動手操作的過程發現並熟悉預期的教學目標。而本研究則將實務能力定義為個體透過持續知識學習和生活經驗累積，內化成為個人解決問題能力的思考和行為模式。

Macquarie University (2009)指出實作能力內涵應包括：1)有能力選擇和使用適當方法，2) 有能力理解和操作儀器，3)有能力操作和演示數據，4)有能力以適當的方式展示報告。而蕭錫錡(2002)認為若能以實作能力為根基，配合創造思考的問題解決能力，才能統合與建構完整的系統。而蕭錫錡等人(2005)進一步指出實務能力之一般能力中應包含能具有解決問題的能力、能具有自我管理的能力、和能具有規劃工作流程、與他人溝通、運用電腦蒐集資料、以及情緒管理的認知能力。傅維利等人(2005)提出實作能力可分為一般實作能力、專業實作能力、和情意實作能力，一般實作能力會影響問題解決能力的效果，又可分為情境感知、語言交流、和機體運動能力。專業實作能力為能解決具體問題所表現出來的能力，又可分為操作專業實務能力、感知專業實務能力、和交流專業實務能力。情意實作能力為判斷思考、提出對策與問題解決的核心能力，又可分為判斷能力、制定決策能

力、監控評價能力。

B. 網路學習理論

B-1. 網路學習的意義：網路環境無遠佛屆不受時間和地點限制，能提供各種溝通方式及多樣的內容形態。如何將此資訊科技融入於教學與教材中，建立以網際網路為基礎的教學環境，使得教學活動延伸到各個角落，開創出無時、無地、適人的學習環境，也讓網路學習成為多元化教育中不可或缺的一環(許惠卿，2002)。網路學習的觀念來自於遠距教學，Khan (1997)認為網路學習系統是一種以超媒體為主的教學方案規劃，利用全球資訊網的特性及資源，以及所創造的學習環境，可以培養個體主動及持續的學習活動，並規劃出以學習者為中心的學習模式，最常見之用語為 e-Learning。由以上定義可知，一般在網際網路上進行學習之行為和模式即可稱為網路學習。

B-2. 網路學習模式：網路學習主要分為兩種模式，一種是全部的教學過程皆透過網路來進行；而另一種則是輔助型網路學習，此類型是用來輔助教學的網路環境。而這兩種網路學習的類型又都可分為同步學習模式及非同步學習模式(陳年興，1997)。同步式網路學習是以上課內容資訊即時傳輸方式，透過網路視訊會議及軟硬體、多媒體技術的配合，讓老師與學生可以在同一時間內跨越地理位置進行教與學，並與其他同學討論問題。而非同步學習模式，老師與學生學習環境沒有時間與地點之限制，老師只要將教材、作業等學習資源都放到網路上，學生自行選擇適合的時間來研讀，有任何問題隨時透過 E-mail 、討論區、留言版或聊天室共同討論。利用電腦軟體及網際網路工具，設計出一套教學管理系統，模擬教室上課的情境。老師及學生在任何時間都可以在電腦前，利用網際網路工具來達成互動與資訊分享(吳信賢，1999)。

B-3. 網路教學設計與學習成效：Bonk & Dennen (1999)針對教師使用網路教學及科技輔助應用在高等教育的情形設計十種不同的層次，從最基本的學習情境，包括學生可在網路上瀏覽教學大綱、講義教材、搜尋相關的學習資源、與學習夥伴之間的互動，擴展至不論何時何地均能參與課程的學習，教師更可以依據學生的學習狀況加以調整其教學模式，以適應學生的學習需求，而最後發展至所有課程全面網路化的教學目標。根據 Stephen & Marshall (1999)所提出網路課程設計的階層和因子，以及 Bonk & Dennen (1999)提出網路課程整合的層級觀點來看，茲將教學的方式分為傳統的面對面教學、混合式教學、全面網路化教學等三種型態來討論。1)傳統面對面教學：即傳統課程透過實體教室的教學環境，老師站在講台上與台下的學生以面對面的方式，進行教學相關的活動。2)混合式教學：指課程的進行中，有部分的時間採用傳統的面對面教學，另一部分的時間則讓學生上網學習，強調利用資訊科技輔助學習的進行，並延伸實體課堂教學不足之處。3)全面網路化教學：意指所有的教學活動均在網路上進行，包括串流視訊課程、線上討論、線上繳交作業、線上考試、線上分組合作等，強調網路學習跨越時空間的特性。在學習成效方面，She 和 Fisher (2003)研究發現，網路科技融入科學學習課程，不僅對學生的科學成就造成影響，同時也提升學生的科學態度及師生互動關係，顯示學生對於使用網路來教學的態度也是正向的。Rafaeli 等人(2004)認為網路的知識分享系統可以使教學者和學習者交換資訊並評估同儕的工作，可加強更好的教學與學習。Dewiyanti 等人(2007)認為網路學習能使學習者合作並練習，衝突的協商且鼓勵交換意見、分享看法，並使用先前知識或經驗以決定最好的問題解決方法。

C. 科學教育理論

混合式學習兼具同步和非同步學習之特性，透過多樣化的授課與學習方式，藉由實體及線上課程的交互進行，利用持續評量即時評量回饋(feedback)方式，適時調整教學之步調與方向，以強化及延伸學生的學習成效。關於混合式學習模式之定義，隨著不同的群體和個人都有著不同的闡述方式，但是，從對混合式學習的研究狀況來看，有的人認為混合式學習簡單說來就是 e-Learning 再加上其他的方式例如教室教學(c-learning)等，也有人認為是結合不同的學習事件等等。底下就一些關於混合型學習的定義和理解作探討(朱延平，2004)，混合型學習背後隱含的機制，就是教學設計人員將一個學習過程分成許多的模組，然後再決定用最好的媒體(教學方法、教材、與環境)將這些模組呈現給學習者。不同的媒體包含著很多技術成分，如傳統的課堂或實驗環境(traditional classroom or lab settings)支援、閱讀作業、光碟、績效支援工具、電話培訓、單機網路培訓、非同步網路培訓、同步網路培訓等(Hofmann, J., 2001)。

另外，在 Mentergy 網站上對混合型學習的定義為：從根本上說，混合型學習是將不同的技術和訓練方法結合起來，用以支援特定需求的學習者和學習內容的類型。這種混合可能包括自定步調的(self-paced)或非同步和同步的學習體驗，而這種學習可能採取網路或其他電子多媒體的形式，以及傳統的教師指導的訓練和其他多種形式的教學。因此對混合型學習最簡單和直接的理解就是，將 e-Learning (或者可以說是非面對面的遠距教育)與傳統的課堂學習(面對面的學習)相混合(Valdez, R.J., 2004；Akkoyunlu, B., & Soylu, M.Y., 2008；Bonk, C.J. et al., 2002)。另外，Chandra, V., & Fisher, D.L. (2009)認為「混成式學習被定義為使用科技技術來執行遠距學程的一個方法，可以透過不同的媒體如電視、網路、語音郵件或視訊會議系統等技術結合傳統課室學習來執行教育或訓練」。所謂混成式學習指混合二種以上不同之教學方法或媒材來進行學習，例如協同學習軟體、網路課程、知識管理實務及績效支援系統。同時，它也是一種多元化「事件驅動」的學習活動，包括傳統面授課程，同步數位學習及線上自主學習等(Chen, C.C., & Jones, K.T., 2007)。Donnely, R. (2010)說「混成式學習是執行關於教育訓練及學習績效的一個整合性策略。「混成」涉及了一些具規劃整合的學習理論學說，例如課程帶領、線上課程的參與者、專題社群及網路社群」。混成式學習可說是一種學習計畫，使用一種以上的媒材來進行學習，以能達到最有效的學習成果及成本為目標(Graham, C. R., 2006)。

D. 教學評量方法

在教與學的歷程中，教學品質一直是參與教育者共同關心的焦點，然而，在任一項系統化的教學活動中，教學評量皆佔有一席不可或缺的地位，藉由多向而訊息豐富的教學評量，給予教學活動最適切與有意義的回饋。鄒慧英(1999)認為優質教學評量應具有五個特質：1.) 與教學目標結合；2.) 以評量設計激發學習者的學習動機和在測驗上的良好表現；3.) 以真實性協助學生專注投入學習；4.) 具挑戰性的作業；5.) 測量不只是學習的結果也是過程。多元化教學評量機制可分為紙筆測驗、實作評量、檔案評量、動態評量、自陳評量等五種類型(鄒慧英，1999)，一般學校最常使用之教學評量為紙筆測驗，其優點在於省時、省力、易於批閱及計分方式簡便，其限制在於容易窄化學生學習能力，缺乏實際操作的情境設計。實作評量是一種依據觀察與專業判斷來評量受試者成就的評量方式，與傳統評量方式相較，實作評量強調將知識轉化成具體的行動歷程或成果。實作評量力求以實際生活中可能遭遇的事件作為評量作業或活動，學生須從相關的問題脈絡情境中，使用學習過的知識或技能解決問題。優質的實作評量應包括真實、直接與專業的評定等三項成份(鄒

慧英，1998，2000；吳鐵雄、洪碧霞，1998)。動態評量是指教師運用「前測-教學-後測」的教學模式，經由教學溝通的互動歷程，評鑑學生的學習反應與學習歷程，了解學習者在學習前後的認知差距，進而改變教學方式與評量方式，使評量具有教學診斷的功能。動態評量的評量內涵涵蓋評鑑學習者學習能力與遷移能力兩方面，強調評量過程中協助性的互動，對於受試者的解題歷程、認知缺陷及最佳表現有較佳的診斷與評估功能(莊麗娟，2000；王世杰，2000)。

根據布魯門認知領域分類(Bloom, 1956)，學習評量可針對認知類型包括：知識、理解、應用、分析、綜合、評鑑等六項進行。而佛羅里達評量系統(Flordia Assessment Project System)(佛羅里達大學發展，1971)所評量的心智能力項目包括：機械操作、口語表達、分辨異同、概念理解、定理法則、問題解決、認知策略、情意態度等八項。此八項心智能力所展現的學習成果分別可從如下項目看出：操作、記誦、分辨、分類、展現、產生、源起及選擇。

三、研究問題描述

在燃燒化石能源造成全球溫室效應威脅地球永續發展議題下，使再生能源發電與陸海空各種運輸載具之電氣(動)化的開發與應用已成為必然趨勢。電氣化的載具將以電能驅動電動機取代燃油引擎驅動傳動軸來提供傳動力，因此，就輪機系學生而言，所面對的未來各種輪船的動力傳輸結構會以電機機械驅動和電控系統為主，故必須適時加強輪機系學生在電能轉換驅動結構和控制系統方面之電學知識和實務技能，使學生面對未來船舶電氣化的轉型，在就業上能提早適應，以減少學用落差。

為兼顧機、電系統的整合學習，目前輪機系學生在電學相關的課程上安排不像電機系學生多與扎實，尤其是在電路學、電子學、電機機械和自動控制等課程上的學習成效較不彰顯，加上電氣化的船舶其電動機變頻驅動器和控制系統結構主要是由電力電子電能轉換器和電子電路所構成，因此電學課程學習成效不佳，將會影學生對於船舶電能傳動系統之知識吸收與結構認知。觀察學生在電學相關的課程上學習成效不佳的原因可歸納為：

- 基礎和專業學科知識不足：先前在基本電學和電路學學習時本質學能不紮實，造成後面相關課程的學習有阻礙。
- 軟(韌)硬體電路實作過程較複雜且需親自動手做才能學到技能：實務製(操)作一方面需相關元件應用知識、接線技巧以及量測儀器配合，相當繁雜需具耐心，不懂這些根本無法入門。
- 不知如何作電路檢測、偵錯(debug)和修復：學生普遍欠缺實務製作與量測儀器操作經驗，當電路功能不對時束手無策，因對電路基本原理不瞭解且不會使用輔助量測儀器，故不知如何偵錯與修復電路。
- 不瞭解電路的功能與應用：由於專業學科知識不扎實加上前兩項原因，學生在上實習課時，只學會按電路圖接線，不去理會各部分電路是如何動作，更不會去思考實作這種電路可應用在哪些方面。加上電子電路技術是整合性技術，一個基本的電子產品的製作，需要涵蓋不能領域的知識與技巧，在無一套有系統性的教學模式與可重複實習的整合性訓練系統輔助下，學生是不容易入門的。

為改善輪機工程學系學生電學相關課程學習成效並提升實務技能，本計畫以應用電學實驗課程為例，提出基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式，引導發現式實驗教學模式較符合在實驗室場域中教學的需求，且可引導學生從各單元實驗的過程中發現與驗證學習單元動作原理並累積實務製作經驗。

四、教學設計與研究方法

4-1 教學設計與規劃

本計畫以輪機工程系學生於未來工作職場(或船舶)上所需具備之電學相關知識、背景和實務技能為出發點，基於系所所訂定關於應用電學實驗課程學習應具備的核心能力，開發提升基本知識和實務技能學習成效所需的課程教材和教具，來改善學用落差之現象並培育符合職場需求的人才培育目標。接著訂定課程的教與學目標，並根據教學目標建構課程之大綱、課程內容教材與實驗教具，並以輪機系大學部學生為培育對象。本計畫提出基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式，並設計具實務應用之教學實習單元內容和教具，以及錄製教學影片，透過所建置的遠距實驗學習輔助平台，來改善學生在應用電學之專業知識、實務技能、與情意態度，並強化精熟學習環境。最後採用質性/量化的評量工具與量表、以及實務能力測驗和技能提升檢定模式來驗證所提出的教學方法之學習成效。

4-2 研究方法與實施步驟

4-2-1 研究架構

本計畫的主要目的為發展應用電學實驗課程之基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式，引導發現式實驗教學模式較可符合在實驗室環境中教學的需求，並是協助教師調整教學步調和控制教學進度之有效適應性方案。所採用的教學模式在學生進行電路實驗前或過程中，給予適當口授講解實驗電路動作原理、理論波形分析和實驗步驟說明，將實驗教材組織成為有用的形式，透過問題提問(quizzes)的方式與學生互動激發學習探究動機並強調學習重點，讓學生經由執行實驗操作與量測、觀察與比較量測與理論波形、發現問題與解決問題、結果探究與討論說明等學習步驟，引導學生從電路實驗的過程中發現與驗證電子電路動作原理並累積實務經驗。另外，為因應所發展的引導發現式實驗教學模式，也需開發設計具實務應用之教學實習單元內容和教具，與預先錄製各實驗單元的教學影片。再配合所建置之網路化遠距實驗與學習輔助平台，學生在不受實驗室課堂時間限制下，透過網路可作不定時、不定點、不限次數的自我反覆練習直到完全瞭解並熟悉所學原理，以達精熟學習目的。此學習機制從理論學習到實驗操作，可讓學生有更深刻的學習體驗與效果，更可落實所提出的引導發現式實驗教學模式。

所採用的學習成績考核方式分為筆試、實驗單元實作驗收與實習報告、電路實作考試和口頭詢問。學習成效評量工具包含量化與質性評量方式，有「學習狀況自我評估表(含前後測)」、「實作能力評鑑檢核表(含前後測)」、「網路化學習實驗輔助平台使用評價(後測)」等三個量化工具，以瞭解實習課的教學成效。另外，問卷調查(含量化/質性)：解析學生對於整學期課程學習各個面向(教學模式(含量化/學生訪談)、課程教材內容[(含量化/學生訪談)、成績考核方式(學生訪談)、實作能力提升(學生訪談)]之學習成效、滿意度與具體建議。授課規劃與各週課程進度如表 1 所示。

表 1. 授課計畫與各週課程進度

開課時段	☐上學期 ☑下學期 ☐寒假 ☐暑假 ☐其他(請說明_____)
授課教師	☑主授 ☐合授
開課系(所)	輪機工程學系
中文課程名稱	應用電學實驗

<table>
<tr><td>英文課程名稱</td><td colspan="3">Applied Electrical Experiments</td></tr>
<tr><td>課程屬性</td><td colspan="3">☑系所/學程/學院必修(請填寫系所/學程/學院名稱輪機工程學系)
☐系所/學程/學院選修(請填寫系所/學程/學院名稱_____)
☐共同科目
☐通識課程
☐其他(需學校正式學制採計之畢業學分)_____</td></tr>
<tr><td>學分數</td><td colspan="3">__1__學分(如無學分數，請填「0」)</td></tr>
<tr><td>上課時數</td><td colspan="3">總計__0__小時(__0__小時/週) (實習時數不計入)</td></tr>
<tr><td>實習時數</td><td colspan="3">總計__3__小時(__3__小時/週)</td></tr>
<tr><td>授課對象</td><td colspan="3">☐專科生(_____年級)
☑大學部學生(__3__年級)
☐碩士生
☐博士生</td></tr>
<tr><td>過去開課經驗</td><td colspan="3">☑曾開授本門課程　☐曾開授類似課程　☐第一次開授本門課程</td></tr>
<tr><td>修課人數</td><td colspan="3">38</td></tr>
<tr><td>授課語言</td><td colspan="3">☑中文　☐英文　☐其他(_____文)</td></tr>
<tr><td>教學目標</td><td colspan="3">1. 學習應用電學實驗之基本技能、態度和電路配置訓練與分析能力。
2. 訓練學生熟悉基本儀器設備操作和使用，並於電路實驗時能善用量測儀器做正確波形量測與儲存，藉以判斷並驗證電路接線與動作原理之正確性，以培養學生具備電路檢測和偵錯之實務經驗和技能。
3. 培養學生獨立解決問題及邏輯思考的能力，使能以積極態度面對實務技能的學習，並具有願意面對和解決問題之自信心與能力情意。
4. 培養學生具備三種核心能力：電子電路專業能力、發現問題與解決問題之能力、合作學習能力。</td></tr>
<tr><td>教學方法</td><td colspan="3">基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式(Guided-discovery experimental teaching model based on blended learning mechanism)</td></tr>
<tr><td>成績考核方式</td><td colspan="3">期中/末考試、實驗單元驗收與實習報告、期末專題報告和課堂間問題詢問與答覆。</td></tr>
<tr><td rowspan="6">課程進度</td><td colspan="3">每週(或每次)課程主題與內容</td></tr>
<tr><td>週次</td><td>課程主題</td><td>內容【說明】</td><td>備註</td></tr>
<tr><td>1</td><td>課程簡介</td><td>1. 教學目標、大綱、與評量方式介紹
2. 實驗分組(以 2 人一小組，課程分成三個 track，依行程表輪流上課)
3. 學習狀況自我評估表前測</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>基本實驗用儀器設備操作實習</td><td>電源供應器、示波器、和信號產生器介紹與實際操作</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>所開發之網路化遠距實驗與學習輔助平台操作與使用介紹</td><td>遠距實驗平台概念、原理、功能、人機介面操作與登入注意事項</td><td>• 教學影片 (8 min)
• 儀器操作實作測驗</td></tr>
<tr><td>4</td><td>實驗單元 I - 1-1、2-1、3-1
基本原理、實驗講</td><td>實驗 1-1：(track1)直流電路基礎實驗
實驗 2-1：(track2) Arduino－LED</td><td>• 產業應用情境與電路實例</td></tr>
</table>

		解與實作	亮滅及跑馬燈實驗 **實驗 3-1：(track3)**三相感應電動機正逆轉控制基本原理	
	5	**實驗單元 I** - 1-1、2-1、3-1 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-1：(track1)**遠距實驗平台之直流電路基礎實驗 **實驗 2-1：(track2)**遠距實驗平台之 Arduino－LED 亮滅及跑馬燈實驗 **實驗 3-1：(track3)**三相感應電動機正逆轉控制基本原理	• 透過遠距實驗平台作驗證
	6	**實驗單元 I** - 1-1、2-1、3-1 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-1：(track3)**直流電路基礎實驗 **實驗 2-1：(track1)** Arduino－LED 亮滅及跑馬燈實驗 **實驗 3-1：(track2)**三相感應電動機正逆轉控制基本原理	
	7	**實驗單元 I** - 1-1、2-1、3-1 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-1：(track2)**直流電路基礎實驗 **實驗 2-1：(track3)** Arduino－LED 亮滅及跑馬燈實驗 **實驗 3-1：(track1)**三相感應電動機正逆轉控制基本原理	
	8	**實驗單元 II** - 1-2、2-2、3-2 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-2：(track1)**電子電路基礎實驗-LED 亮滅自動感應控制 **實驗 2-2：(track2)** Arduino 呼吸燈及數位 PWM LED 調光 **實驗 3-2：(track3)**三相感應電動機正逆轉之 PLC 軟體設計	• 教學影片 (5 min) • 產業應用情境與電路實例
	9	期中考試	紙筆測驗(範圍：1~8 週之上課與實習內容)	• 評量關於知識、理解、應用、分析四項指標學習成效
	10	**實驗單元 II** - 1-2、2-2、3-2 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-2：(track1)**遠距實驗平台之電子電路基礎實驗-LED 亮滅自動感應控制 **實驗 2-2：(track2)**遠距實驗平台之 Arduino 呼吸燈及數位 PWM LED 調光 **實驗 3-2：(track3)**三相感應電動機正逆轉之 PLC 軟體設計	• 透過遠距實驗平台作驗證
	11	**實驗單元 II** - 1-2、2-2、3-2 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-2：(track3)**電子電路基礎實驗-LED 亮滅自動感應控制 **實驗 2-2：(track1)** Arduino 呼吸燈及數位 PWM LED 調光 **實驗 3-2：(track2)**三相感應電動機正逆轉之 PLC 軟體設計	
	12	**實驗單元 II** - 1-2、2-2、3-2 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-2：(track2)**電子電路基礎實驗 LED 亮滅自動感應控制 **實驗 2-2：(track3)** Arduino 呼吸燈及數位 PWM LED 調光 **實驗 3-2：(track1)**三相感應電動機正逆轉之 PLC 軟體設計	
	13	**實驗單元 III** - 1-3、2-3、3-3 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-3：(track1)** LED 類比 PWM 調光電路 **實驗 2-3：(track2)** Arduino 超音波	1.教學影片 (10 min) 2.產業應用情境與電路實例

			警示、馬達控制及舵機之控制 **實驗 3-3：(track3)**三相感應電動機正逆轉之工業配線練習	
	14	**實驗單元 III** - 1-3、2-3、3-3 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-3：(track1)**遠距實驗平台之 LED 類比 PWM 調光電路 **實驗 2-3：(track2)**遠距實驗平台之 Arduino 超音波警示、馬達控制及舵機之控制 **實驗 3-3：(track3)**遠距實驗平台之三相感應電動機正逆轉之工業配線練習	透過遠距實驗平台作驗證
	15	**實驗單元 III** - 1-3、2-3、3-3 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-3：(track3)** LED 類比 PWM 調光電路 **實驗 2-3：(track1)** Arduino 超音波警示、馬達控制及舵機之控制 **實驗 3-3：(track2)**三相感應電動機正逆轉之工業配線練習	
	16	**實驗單元 III** - 1-3、2-3、3-3 基本原理、實驗講解與實作	**實驗 1-3：(track2)** LED 類比 PWM 調光電路 **實驗 2-3：(track3)** Arduino 超音波警示、馬達控制及舵機之控制 **實驗 3-3：(track1)**三相感應電動機正逆轉之工業配線練習	
	17	1. 期末考試 2. 學生訪談	1. 紙筆測驗(範圍：10~16 週之上課與實習內容) 2. 學習成效、實作能力提升抽樣訪談	• 評量關於知識、理解、應用、分析四項指標學習成效 • 評量實作之知識、技能方面學習成效、和解決問題能力之情意態度
	18	1.期末專題報告 2.問卷評量施測	1.各組期末專題展演與口頭報告 2.學習狀況自我評估表(後測)、實作能力自我評估表(後測)、網路化學習及實驗學習輔助平台使用評價與整體課程教學滿意度問卷	• 評量實作之知識、技能方面學習成效、和解決問題能力之情意態度
學生學習成效	1. 能具備應用電學基本知識與認識基本電子元件和瞭解其工作原理，並具有電路接線和組裝之基礎能力。 2. 能熟悉基本儀器設備操作和使用，並於能善用量測儀器做正確波形量測與儲存，藉以判斷並驗證電路接線與動作原理之正確性。 3. 能瞭解基本應用電子電路拓樸之原理與產業應用實例，並具備電路檢測、偵錯之實務經驗和技能，和以積極態度面對往後實務技能的學習，以及具有願意面對和解決問題之自信心與能力情意。 4. 具備電子電路應用專業能力、發現問題與解決問題之能力、合作學習和自我學習能力等三種範疇之核心能力。			
預期個人教學成果	1. 透過電路的實作，讓同學可以驗證理論的分析，以及能比較和解說理論波形和實測波形之差異(不吻合處)，而能更透徹瞭解電路原理，累積電路實務製作經驗。 2. 讓學生了解電子電路實作技術是應用來實際生產各式電子產品的技術，和業界產線息息相關，更重要的是課程上所教授的和實際產業應用是沒有落差，同學到業界工作可與產業界順利接軌，減少學用落差。			

	3. 透過遠距實驗平台可重複試驗學習方式，讓學生具備有數位學習的能力，並激發學生學習的興趣，引導學生主動學習。 4. 藉由循序漸進的教學引導，輔導學生學習如何學習的能力，包括時間管理、解決問題、收集資訊、有效運用資訊的能力，即培養個人職場工作的能力。 5. 藉由持續改善即時評核的機制於多元化評量機制中，來調整教學步調與方向，以提升教學成效，培養學生的核心能力。
學習成效評量工具(如前後測、學生訪談、問卷調查等)	● 成績考核方式 1. 紙筆測驗：包含三階段試題測試(前測、期中/末紙筆考試、與期末後測)，來評量學生關於知識、理解、應用、分析四項知能指標。 2. 單元實習報告：來評量學生在「綜合、評鑑」兩層次之認知能力。 3. 專題實作與展演：評量學生在技能、情意態度、整合方面之能力。 4. 發現問題與解決問題之能力：透過課堂問題提問(quizzes)與回答、上台報告方式評量學生在情意方面之能力。 ● 學習成效評量工具 1. 實施成效檢核評量表(量化)檢測：填寫「學習狀況自我評估表(前/後測)」、「實作能力自我評鑑檢核表(前/後測)」、「網路化遠距實驗平台使用評價」等三個評量工具，以瞭解實習課的教學成效。 2. 整體課程教學滿意度問卷調查(含量化/質性)：解析學生對於整學期課程學習各個面向(教學模式、課程教材內容、學習/實作能力提升之學習成效)之滿意度與具體建議。

4-2-2 研究範圍

1. 本研究以台灣海洋大學輪機工程學系大三學生為授課實施(取樣)對象，所授課程為應用電學實驗。
2. 本研究所發展的基於混合式學習機制之實習教材教具設計和學習成效評估工具與量表，以及所建置的網路化遠距實驗學習輔助平台，是基於引導發現式實驗教學模式策略所開發。
3. 本研究旨在驗證/探討實施引導發現式實驗教學模式於應用電學實驗課程教學前、後，學生在學習成效和電路實作技能的差異，以及所開發的遠距實驗學習輔助平台是否有助於提升學生在電子電路實務製作之專業知識、技能、與解決問題之態度，並強化精熟學習環境。

4-2-3 待回答研究問題

1. 在接受引導發現式實驗教學模式教學前、後學生在應用電學的專業知識學習成效的差異為何(知識面向)？
2. 在接受引導發現式實驗教學模式教學前、後學生在應用電學實務製作、熟練量測儀器操作能力提升的差異為何(技能面向)？
3. 使用所開發的遠距實驗學習輔助平台前、後學生在應用電學實作之技能與發現故障和排除故障之情意態度差異為何(態度面向)？以及此平台在應用電學實務精熟學習環境改善的使用滿意度與建議為何？

4-2-4 研究對象與場域

本計畫的研究對象為 111 學年度第 2 學期海洋大學輪機系大學部三年級修習應用電學

實驗課程之學生(38 位)，教學對象的基本背景資料和學習特質分析如表 2 所示。而上課與進行資料收集之場域為本校輪機系基本電學實驗室，本實驗室空間寬敞可容納 60 位學生，並配備有標準實驗桌以及 20 組數位式示波器、信號產生器、電源供應器和電腦、麵包板、三用電表、斜口鉗，供學生作電路實驗與量測波形使用，除自帶隨身碟(儲存量測波形)，其餘電子元件和線材等實驗所需器材由實驗室提供。為有效利用實驗室設備以及兼顧多元實習項目，實驗課採分組進行，實習單元分為三大類，依所排訂的上課行程表，各組一起或輪流上課。本研究以質性、量化資料收集與分析方法並行方式來探討成績考核與學習成效評量，並回應前面之待回答的研究問題。

表 2. 教學對象之基本背景資料和學習特質分析

向度	類別	人數
性別	男	37
	女	1
	合計	38
系所	輪機工程學系大三	
背景特質	絕大多數學生來自普通高中，少部分為技術型高中學生，之前修過電路學(大二上)、電機機械(大二下)和電子學(大三上)課程。	

4-3 研究方法及工具

4-3-1 引導發現式教學模式課程規劃與教材設計

解決各種民生日常需求問題是工程(技)師的使命，也是高等工程教育所要達成的基本核心能力素養，實驗課程具有讓學生動手實際參與發現與解決問題的過程，因此是訓練解決問題與提升技能的重要課程(黃明輝，2017)。文獻中提出很多工程科學教育教學模式，這些教學模式功能重點、成效與適用情境各有所長，有些以培養工程科學實務探討能力見長，有些則聚焦在達成知識概念學習上，其中發現式教學(Discovery teaching)有助於促進知識概念模式之形成，但發現式教學基本上承襲了基於建構主義之探究式教學，強調學習者經由問題解決的過程(發現問題→提出假設和驗證解方→陳述結論形成知識)，主動建構個人的知識、能力和興趣的精神。發現式教學法則是指教師在學生學習知識概念和原理時，不是將教材的最後形式(問題為何、用何種實驗器材、可用解決對策、會得到的答案)直接提供給學習者，而是向學習者描述欲探究的問題情境，提供學習者一些日常遇到實例和問題，讓學習者積極思考、探索，自行發現並形成教材的知識結構的一種方法(Bruner, 1960, 1961，顧炳宏等 2011)。由此可瞭解發現式教學和基於建構主義之探究式教學二者的哲理基礎相似且基本理念是一致的(National Research Council, 1996)。

雖然發現式教學和探究式教學的立意良好、理念與動機完全正確，但有研究指出在實際實施時會遭遇到的困難為：探究對大多數學生而言是困難的且會引起困惑，而教師常因難以控制教室秩序和排定的教學進度而放棄使用探究教學(Lawson, 2002，Welch, 1981)。亦即此類教學模式存在時間和錯誤兩問題的限制，因先備知識不足，故在教學過程中讓學生自己發現知識概念及問題比傳統教學需要花更多的時間，當學生面對較複雜不易理解的學習情境時，往往會造成思考上出現無法正確認知和通盤瞭解的錯誤(顧炳宏等，2014)。例如，發現式教學法因強調學生的主動探究精神，所以在純發現式教學法的歷程當中，教師為避免給學生太多干涉，只能相信學生有能力透過觀察去發現自然的現象、規律。然而大部分

學生在缺乏工程科學先備知識背景前提下，對於要觀察的新現象毫無概念，也不知道要觀察些什麼，大多只能回答原本就已經知道的知識，而無法形成新知識概念。另外，學生經過多次不斷摸索與試誤後，即使對學習活動仍感興趣，但對於知識還是要透過傳統教導式講述才能獲得，會漸漸打擊學生信心且缺乏學習成就感(詹志禹，2002)。

引導發現式教學源於 Bruner (1960, 1961)所提倡的發現式教學法，Bruner 主張在實際的教學情境中，設法安排有利於學生發現各種知識結構的情境，而且必須讓學生藉由形成問題→構思假設→設計解決方法，最終把教材的知識形成發現出來，學習的過程是將新、舊訊息相連貫、結合及組織的過程；換句話說，將原本獨立、零碎的知識與訊息相結合構成一相關的知識體(麥菁，1995)。相對於純發現式教學法，引導發現式教學會在學生觀察探索前或過程中給予學生一些引導方向、指示和回饋，並在過程中設計步驟，指示學生觀察重點與思考方向，以提問的方式與學生互動，經由觀察、操作、驗證討論、推理歸納等學習活動，讓學生在探索的過程中發現所要學習的概念原理，並使學生保持在學習的軌道上，且這個軌道指向一個明確的目標，以逐步引導學生建構必要的知識(Mayer, 2004；顧炳宏等，2011)。因此，有學者(Skinner, 1968)認為有些發現式教學法給予學生的引導太少，學生在這樣的教學過程中，不只耗費很多時間且真正發現形成的知識相當的少，因而提倡教師採取引導發現(Guided-discovery)機制，而許多研究亦顯示引導發現式教學成效優於純發現式教學(Collette & Chiappetta, 1989; Gagné & Brown, 1961)。

4-3-2 引導發現式實驗教學模式於應用電學實驗課程的實現機制與步驟

由前面的研究對象的背景特質中提到，絕大多數輪機系學生來自普通高中，由於為兼顧機、電系統的整合學習，目前輪機系學生在電學相關的課程上安排不像電機系學生多與扎實，之前僅修過電路學(大二上)、電機機械(大二下)和電子學(大三上)課程。但根據本人實際上課經驗，知道大部分學生在這方面的基本學能、先備知識和實務經驗仍相當不足。因此教學模式必須適應大學生學習特性，設計出能整合知識、情意與技能的教材，並對學習成果有具體與有效的評量。引導發現式實驗教學模式很適合用於注重實務技能與解決問題能力的現代工程技術教育上，以改善傳統食譜式實驗教學法中僅知道電路的知識或原理而無法獲得發現電路故障與排解故障的訓練之缺點，因應用電子電路引導發現式實驗教學模式可在學習探索新的電路單元前或過程中，給予學生相關知識原理的導引，或適時提示在電路實驗過程中之觀察比較重點，並以有系統性電路偵錯機制探索故障(問題)原因和排除故障(解決問題)的思考方向與方法，因此較能符合在實驗室環境中教學的需求，並是協助教師彈性調整教學步調和控制教學進度之有效策略。

所提出的應用電學實驗課程的引導發現式實驗教學模式，不僅整合認知、情意與技能三層面的工程技術教育目標，也有涵蓋問題解決的能力，與讓學生體驗到發現與解決問題的過程。圖 2 所示為所提出的教學模式於應用電學實驗課程上之實現機制和步驟流程，實現機制從設計實驗電路與解說→選擇實驗器材→執行實驗→量測與驗證波形→發現與解決問題→到探究與解釋實驗結果以形成知識，符合引導發現式實驗教學模式的內涵，其步驟流程說明如下：

- 步驟 I—基本實驗儀器介紹與操作演練：因基本實驗儀器是教授電子電路實驗課必備的設備，學生要觀察和量測電路波形與驗證電路功能必須透過這三種設備(示波器、信號產生器、電源供應器)來進行，不會使用和操作這三種設備無法繼續往下學習電路實驗，因此必須在學生實作電路之前先以口授或影片教學實驗儀器設備介紹與操作，且需一步接一步帶領學生認識儀器面板，並實際讓學生操作演練到精熟儀器設備的使用。在步驟

I 教師需負責編撰實驗儀器設備使用操作教材講義，並錄製儀器設備操作教學影片，放置於數位學習系統上，以供學生下載隨時觀看。而學生端須負責上網搜尋並研讀預習示波器、信號產生器、電源供應器的使用手冊，以在實際操作演練課程時時可進入狀況，事半功倍。

- 步驟 II－實驗電路動作原理、理論波形分析、與電子元件介紹：在進行每個實驗項目之前，會以投影片講解實驗電路的動作原理、理論波形分析、與介紹電路所用到的電子元件的功能和接腳。在課程中會對電子電路動作原理與分析作詳細的介紹，而重點在電路各點之理論波形分析，因此理論波形須提供驗證電路功能正確與否。另外，認識電子元件功能和接腳才能正確接線，也是工程技術教育的基本核心素養之一。在步驟 II 教師需負責編撰實驗電路教材講義，並錄製實驗電路教學影片，放置於數位學習系統上，以供學生下載隨時觀看學習。而學生端須複習基本電學、電路和電子學知識，上網搜尋查看電路所用到的電子元件的規格書，以瞭解元件之功能、電氣規格和接腳，才能正確接線和供給適當的工作電壓。

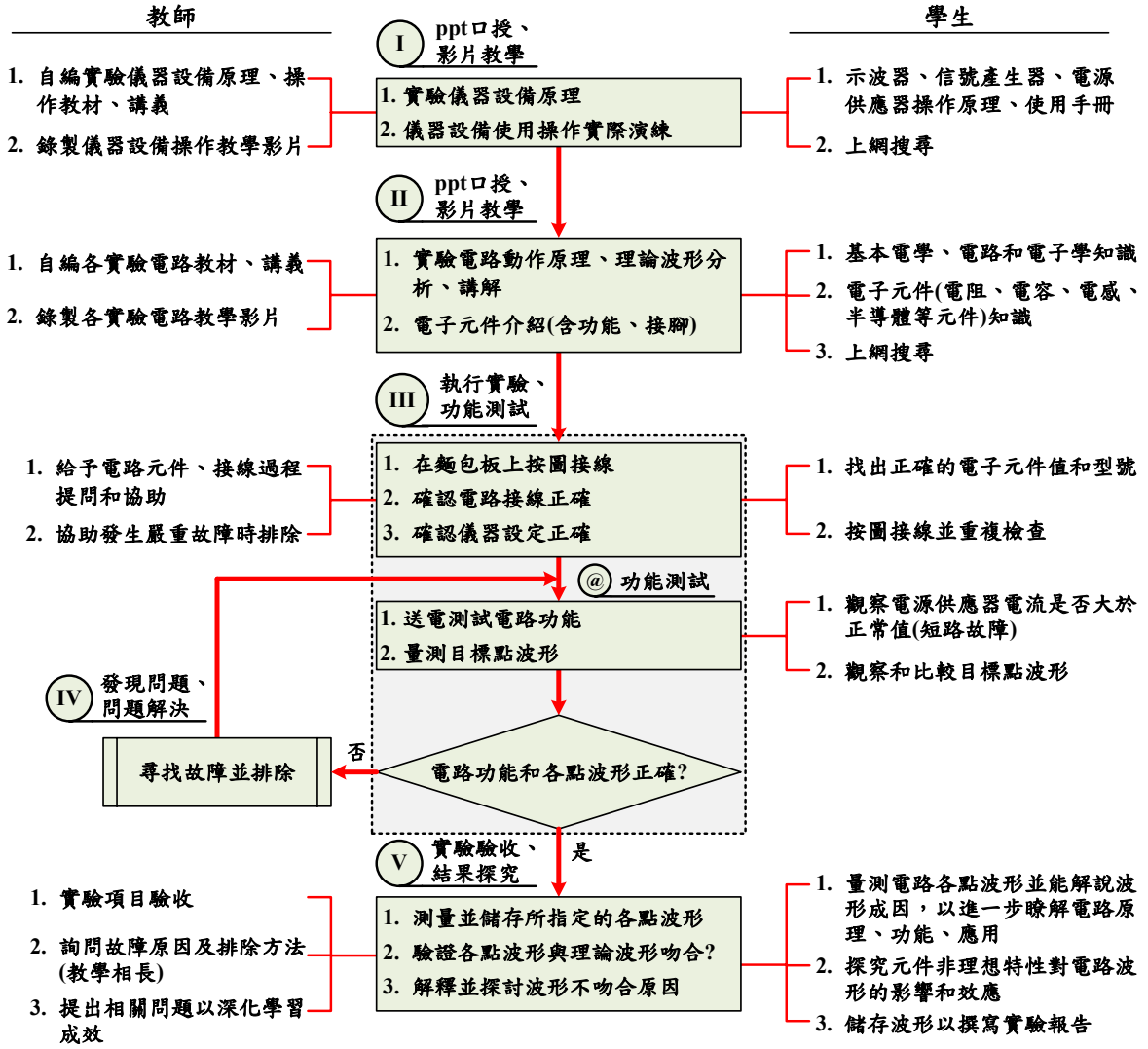

圖 2. 引導發現式教學模式於應用電學實驗課程上之實現機制和步驟流程

- 步驟 III－進行實驗和功能測試：接著進入電路接線和功能測試步驟，在執行實驗部分包含在麵包板上按實驗電路圖接線、確認電路接線正確以及確認儀器設備的電壓、電流和所要產生的測試波形設定正確後，才可送電測試電路功能以及量測目標點波形。在步驟 III 之進行電路接線階段，教師需隨時給予電路元件、接線過程提問和協助，而在電路功能測試階段，需協助預防發生嚴重故障或當發生時須儘快協助排除。而學生端在進行實驗電路接線階段，須先從材料包中找出此實驗電路要用的正確電子元件(含型號和

值)，接著按圖接線並重複檢查，而在電路功能測試階段，送電後學生須注意觀察電源供應器電流是否過大，若大過正常值表示有短路故障發生，必須馬上切斷電源，以防發生嚴重事故。若電源供應器輸出電流正常，則須觀察和比較目標點波形以判斷電路功能是否正常。若功能正常則執行步驟 V，若不正常表示電路存在故障，則須執行步驟 IV 進入發現問題、解決問題程序。

- 步驟 IV－發現問題、問題解決程序：送電測試電路後發現電路功能錯誤，即表示電路一定存在故障(不管故障原因為何)，須進入找出故障並排除故障程序，故障排除程序進行流程如圖 3 所示，首先須量測逐級電路波形以找出故障點，作法為基於控制信號源，由電源輸入側到電路輸出側，一級接著一級按照次序量測對應於理論波形的各點電路波形，其與理論波形不同之點即為可能的故障點所在。例如，前一級電路的量測波形和理論波形皆一致，則可判斷由該級往輸入端回看的各級接線和元件皆正常；若下一級電路量測波形和理論波形不吻合，則可判斷故障點必定在下一級。接著須能判斷故障原因，才能針對故障原因提出排除方法，以恢復電路功能。根據多年教學經驗，圖 3 列出 5 大學生常發生的工法施作錯誤而導致電路故障可能原因，以及建議使用的對應故障排除方法，作為引導同學發現問題與解決問題思考方向。但根據教學經驗，實際故障發生原因非常多，無法(也不可能)完整臚列出，而此步驟也是同學深入探索以形成電路知識經驗和提升實作能力的關鍵步驟。在步驟 IV 教師可協助真的無法查出故障點或故障原因的同學，作偵錯方向和方法提示以及量測波形判斷，必要時可協助幫忙檢查接線是否正確。而學生在找出故障並排除故障後，須返回到步驟 III 之電路功能測試階段，再次送電測試以確定電路功能是否已正確，並重複此兩步驟一直到電路功能完全正常為止。

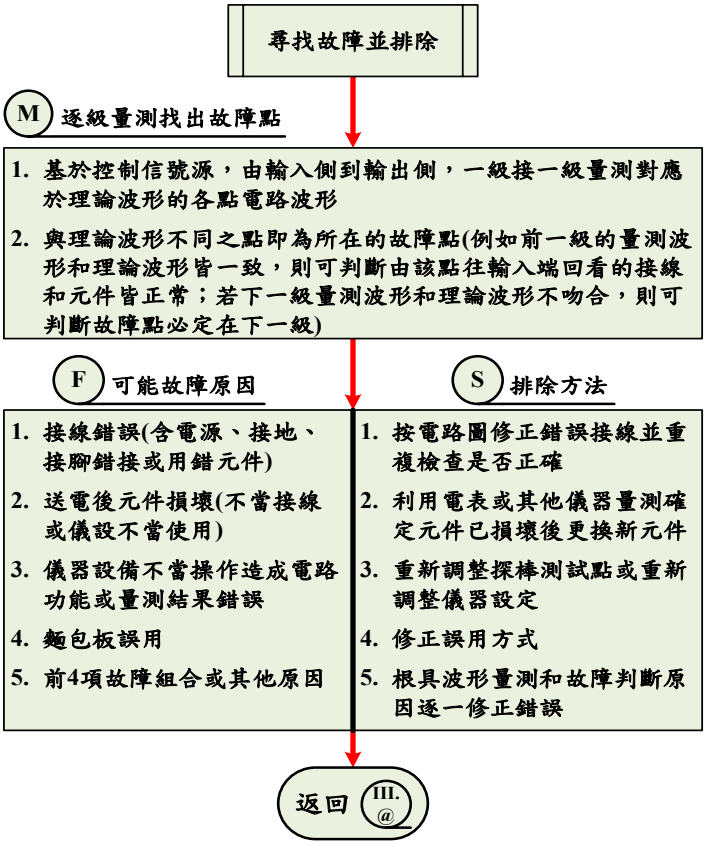

圖 3. 找出故障並排除故障程序流程

- 步驟 V－實驗驗收和結果討論探究：當電路功能測試正常後，表示整個實驗電路與儀器設備設定已完全正確，接著可請老師來驗收此實驗項目(為成績考核的一部分)，以防有些同學誤判波形或沒與理論波形比較，誤認為所作電路是正確的。驗收完後同學須測量並儲存所指定的電路各點波形，以作為實驗報告呈現實驗結果用，還須驗證各點量測波形與理論波形是否吻合？若不一致須解釋並探討波形不吻合原因。在步驟 V 教師須作實

驗項目驗收以確定同學電路功能為正常，並詢問故障原因及排除方法，如此可瞭解更多故障原因以進一步累積教師實務經驗(教學相長)，另外，也會提出相關問題提問，以確定同學已經瞭解此電路之運作知識，以深化學習成效。而學生須量測電路各點波形並能解說波形成因，以形成電路原理、功能、應用之知識技能，接著須探究元件非理想特性對電路波形的影響和效應，以及由元件非理想特性來驗證解說量測波形與理論波形差異之處，以進一步探究元件非理想特性在產品應用上的不良影響，最後，須儲存波形以作為撰寫實驗報告之實驗結果呈現。

接著以一個所規劃的實驗單元教材實例，來說明上述之引導發現式實驗教學模式於應用電學實驗課程的實現機制與步驟，圖 4 所示為實驗電路 A 實例，根據電路操作原理將此電路劃分為 I~V 五級子電路。由步驟 II－實驗電路動作原理、理論波形分析、與電子元件介紹開始，教師講解實驗電路動作原理、各級理論波形(如圖 4 底部所示)分析、與介紹電路所用到的電子元件含功能和接腳。接著步驟 III－進行實驗和功能測試，學生在麵包板上按實驗電路圖接線、並確認電路接線以及儀器設備設定(例如信號產生器須產生頻率 1 kHz、±5 V 的方波；電源供應器一組電壓設為 12 V，另一組設為 10 V)正確後，才可送電測試電路功能以及量測目標點波形(如 v_{PWM} , v_{B1}, v_{B2}, v_{GS} , v_{DS} , i_{DS}, V_o)。接著須觀察和比較目標點波形以判斷電路功能是否正常，若正常則執行步驟 V 請老師來驗收此實驗項目，驗收完後同學須測量並儲存所指定的電路各點波形(如圖 5 所示之實驗電路 A 各子級電路之理論波形與量測波形比較)，以作為實驗報告呈現實驗結果用，還須驗證各點波形與理論波形是否吻合?若不一致須解釋並探討波形不吻合原因。另一方面，若功能不正常表示電路存在故障，則須執行步驟 IV 進入找出故障並排除故障程序，藉由逐步量測各子級電路波形以找出故障點，例如量測第 II 級電路之 v_{B1} 波形，發現 v_{B1} 波形與理論波形吻合，則可判斷第 I 和第 II 級電路之接線和元件皆正常，又如接著量測第 III 級電路之 v_{B2} 波形，發現 v_{B2} 波形與理論波形不同，則可判斷第 I、II 級電路之接線和元件皆正常但第 III 級電路有故障，而根據經驗電晶體 Q_2 比電阻較可能故障，故可利用三用電表測試電晶體是否故障，若是則須更換新電晶體，其餘故障發現與排除故障的機制與方法可以此類推，當故障排除後須再返回到步驟 III 之電路功能測試，以確定電路功能是否已正常，並重複此兩步驟一直到電路功能正常為止。

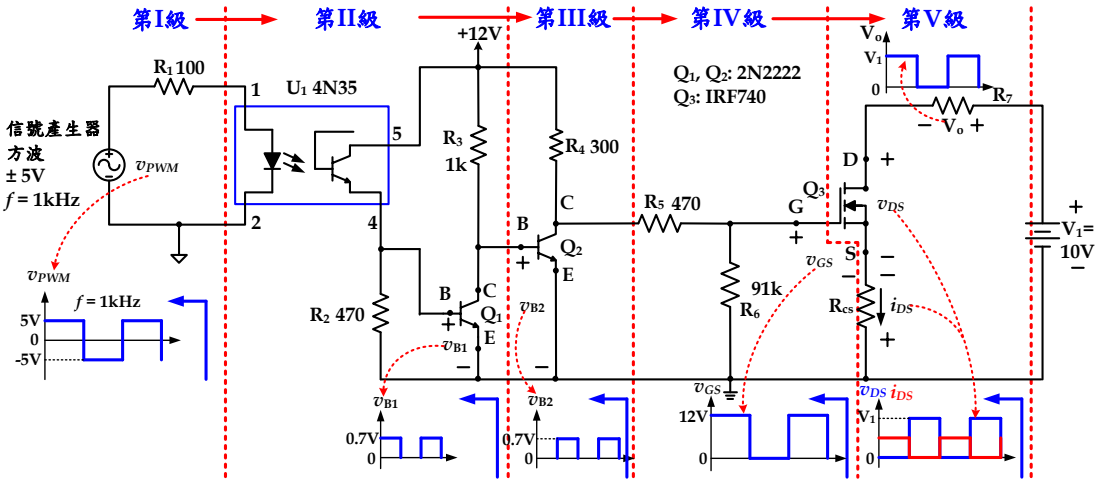

圖 4. 實驗電路 A 實例

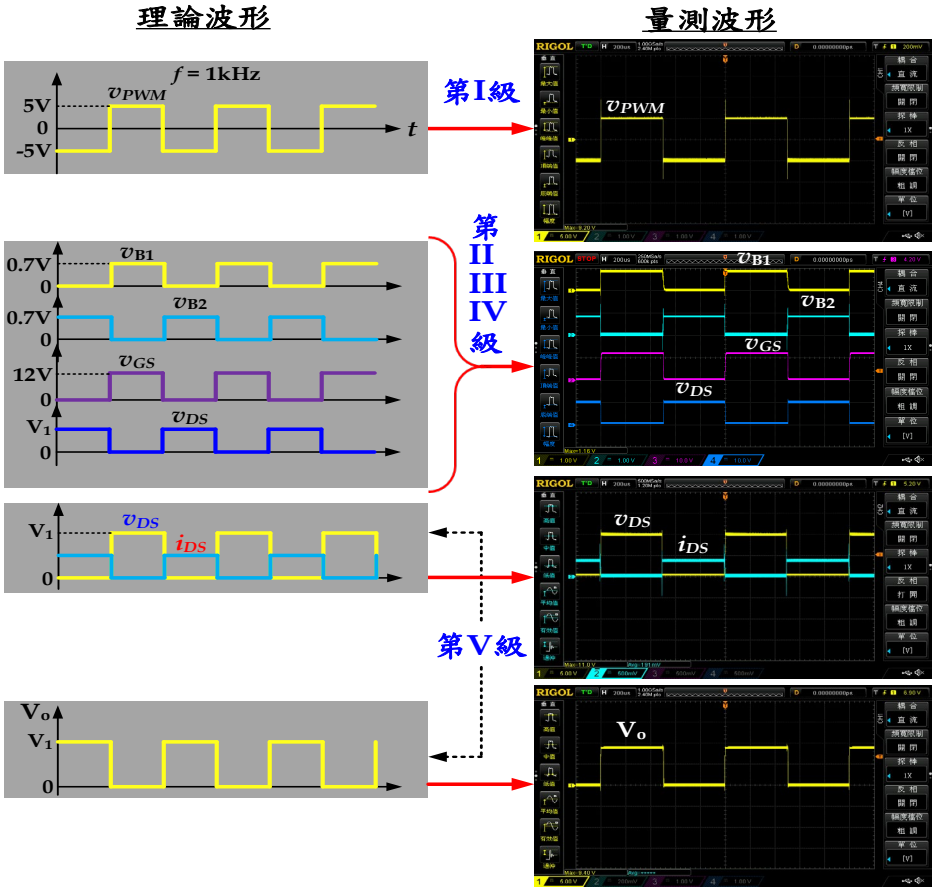

圖 5. 實驗電路 A 各子級電路之理論波形與量測波形比較

4-3-3 課程規劃與教材設計

另外，為配合所提出的教學模式，教師需編撰實驗電路課程所需的教材講義，並錄製實驗電路教學影片，放置於數位學習系統上，以供學生下載隨時觀看學習。課程的設計必須適應學生特性，設計出能整合知識、情意與技能的教材，並對學習成果有完整與有效的評量。為引導學生能由電路實驗過程中發現某些特定的現象並藉實驗驗證以形成專業知識，所以採取引導發現教學模式時，老師須事先設計、安排好指示引導要學生看見或瞭解的問題情境，接著學生需要動手做實驗或相關學習活動並相互討論，但因工程科技工藝首重對錯，對就是對錯就是錯中間沒有模糊地帶，所以在學習過程中不需有很大探究開放性，需在有限的時間下，讓學生可以做實驗、驗證、討論，又不會遺漏該學的概念以形成完整的知識。故本課程在規劃上是以培育學生具備未來工作所需基礎電子電路實務技能與經驗為主軸，著重於強化學生使用儀器與專業技術資料應用、故障診斷分析。圖 6 所示為所規劃之應用電學實驗課程之實習單元，為有效利用實驗室設備以及兼顧多元實習項目，實驗課採分組進行，實習單元分為三大類，依所排訂的行程表，各組一起或輪流上課。

另外，本研究利用基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式，於多媒體與精熟學習理論基礎下，建置一套遠距學習實習整合系統(如圖 7 所示)，此套遠距實驗學習輔助平台可彌補實驗室上課時間不足之缺憾(因作實驗必需到現場使用實驗的儀器設備才能進行)，讓學生透過遠端電路實驗的方式，來達精熟學習並培養學生具備以下三種範疇之核心能力：

1. 專業能力：具備電子電路基本知識與電子元件認識和應用，能善用量測儀器做正確波形量測與儲存，藉以判斷並驗證電路接線與動作原理之正確性，能瞭解基本電子電路拓樸原理與產業應用實例，並具備電子電路檢測、偵錯、和維修之實務經驗和技能。

2. 發現問題與解決問題之能力：讓學生瞭解目前產業技術上遇到的重要問題與技術盲點所在，並引導學生主動思考與發現其他問題。並透過遠距實驗室可重複作電路實驗與波形量測之便利性，能準確察覺問題所在與解決方案，藉由模擬與實驗等方式來驗證此構想的可行性，進而提出最佳的解方。
3. 自我學習能力：能有效的善用各種教學資源，透過自我學習能力，來建構並獲得新的專業知識與技能。

應用電學實習 課程單元		
電子電路	Arduino 單晶片	PLC 可程式控制器
實驗階段#1		
實驗 1-1	實驗 2-1	實驗 3-1
直流電路基礎實驗	Arduino LED 亮滅及跑馬燈控制	三相感應電動機正逆轉之控制基本原理
TEC207	TEC114	TEC201
實驗階段#2		
實驗 1-2	實驗 2-2	實驗 3-2
電子電路基礎實驗 LED 亮滅自動感應控制	Arduino 呼吸燈及LED數位PWM調光	三相感應電動機正逆轉之 PLC 軟體設計
TEC207	TEC114	TEC202
實驗階段#3		
實驗 1-3	實驗 2-3	實驗 3-3
LED類比PWM調光電路	Arduino 超音波警示、 馬達控制及舵機之控制	三相感應電動機正逆轉之 工業配線練習
TEC207	TEC114	TEC207

圖 6. 實習課程單元

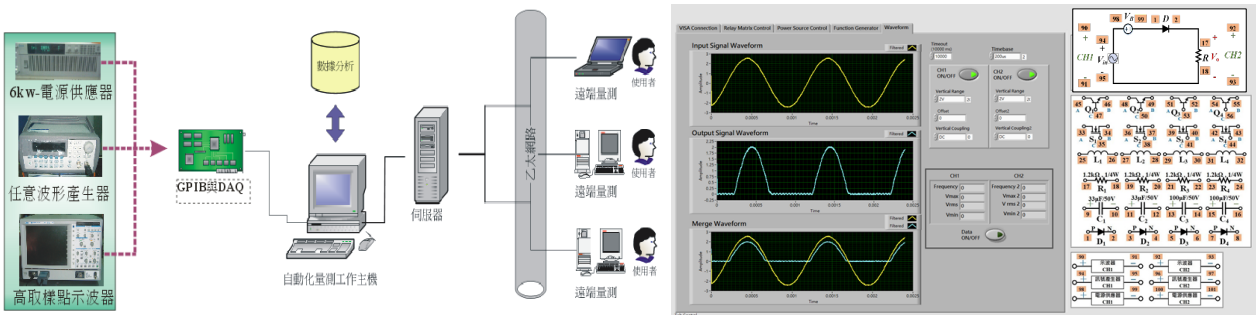

圖 7. 遠距實驗學習輔助平台人機介面與系統硬體實體

4-3-4 成績考核與學習成效評量方式與工具

本計畫除採用直接評量的成績考核外，並以量化(問卷調查)、質性(抽樣晤談)資料收集

與分析並行之間接評量方式來進行學習成效評量，分述如下：

1. 直接學習成績考核：分為期中/末筆試、實驗單元驗收、實習報告和口頭詢問。將該學期111-2(實驗組)之總成績作平均值、標準差、修課學生學期成績分佈等統計與探討，並與先前學期 110-1 使用傳統上課班級(對照組)各成績數據作比較，以評量學生學習概念的改變，並驗證所提出之教學方法的可行性與施行成效。
2. 遠距實驗學習輔助平台學習效果考核：請學生上網作實驗和輔助學習，指定相關作業，規定於遠距平台上完成該項作業與實驗結果，且將電子檔印出繳交。此目的為讓學生熟悉整個遠距實驗學習平台整合環境之使用與相關規定，並進一步讓學生得到相關資訊與知識，以善用此輔助網路教學工具。為讓同學分享使用心得，於課堂上會作定期討論與經驗分享，並於所繳交作業中選出優秀作品給予獎勵。在作經驗分享同時，也可順便瞭解同學對於此遠距實驗平台教學網頁之一些優缺點評價，以及一些使用後的建議與意見，以作為教學、教材之改善依據。
3. 問卷評量方式：為進一步改善所採用的教學機制之教與學雙方改善依據，以提升教師之教學情意、教學品質、和學生認知起點行為。初步規劃設計的相關的問卷量表有，表 3 之學習狀況自我評估表(含前/後測)、表 4 之實作能力自我評鑑檢核表(含前/後測)、表 5 之遠距實驗學習輔助平台使用評價、表 6 之整體課程教學滿意度與建議問卷量表。在因素分析效度上，表 3 之學習狀況自我評估表分基本認知、核心技能、情意態度三個面向(分量表)共計 8 道試題，透過學習狀況自我評估表來評估學生在實施此教學方法的前後，是否能在此三個面向有所提升或改變。表 4 之實作能力自我評鑑檢核表主要在瞭解學生在學習此課程前、後在應用電學之基本知識、電路製作與儀器量測操作實務技能之改善提升程度的自我認知。另外，輔以問卷調查和學生晤談收集量化/質性資料：解析學生對於整學期課程學習各個面向[教學模式(含量化/學生訪談)]、課程教材內容[(含量化/學生訪談)、實作能力提升(學生訪談)]之學習成效、滿意度與具體建議。最後綜合質性和量化的資料經統計分析後的結果以回答本研究的待答問題。所採用的評量工具內之問卷題目，係參考先前文獻中專家學者群經過多年來討論的方式所研發並修正的工具量表，當具有一定程度的專家內容信效度。以上幾個評量工具皆採李克特五點量尺格式，由修課學生依據其個人感受填答，從「非常不(好)同意」到「非常(好)同意」，分別得 1 至 5 分。

表 3. 學習狀況自我評估表

問題面向	評估指標內容	符合程度				
		非常好 5	好 4	普通 3	不好 2	非常不好 1
基本認知	1. 具備電子元件基本知識之程度	□	□	□	□	□
	2. 熟悉應用電子電路工作原理之程度	□	□	□	□	□
	3. 對混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式之認識程度	□	□	□	□	□
核心技能	1. 具使用麵包板接線實作電子電路並驗證波形正確與否能力程度	□	□	□	□	□
	2. 具有電路實作測試偵錯能力程度	□	□	□	□	□
	3. 具使用量測儀器、與詮釋實驗波形和數據能力程度	□	□	□	□	□
情意態度	1. 能發現問題、描述問題能力程度	□	□	□	□	□
	2. 能善用所學知識、技能、和數位網路資原來解決電路問題的能力程度	□	□	□	□	□

表 4. 實作能力自我評鑑檢核表

評估指標內容	符合程度				
	非常同意 5	同意 4	普通 3	不同意 2	非常不同意 1
1. 我能瞭解實驗電路的操作原理和波形	□	□	□	□	□
2. 我能由觀察量測波形去發現電路可能故障原因	□	□	□	□	□
3. 我能找出電路故障點與排除的可能方法	□	□	□	□	□
4. 我能從多元管道蒐集解決問題的方法以提升實務技能	□	□	□	□	□

表 5.2. 遠距實驗學習輔助平台使用評價

評估指標內容	符合程度				
	非常同意 5	同意 4	普通 3	不同意 2	非常不同意 1
1. 遠距實驗室平台使用者人機界面友善且容易操作使用嗎?	□	□	□	□	□
2. 遠距實驗室平台系統使用時穩定可靠嗎?	□	□	□	□	□
3. 透過遠距實驗室平台學習，是否有助於提升電路實作的技能？	□	□	□	□	□
4. 藉由遠距實驗室平台是否有助於縮短學習時間？	□	□	□	□	□
5. 利用遠距實驗室平台進行反覆學習有助於提升對電路操作原理的瞭解與精熟學習?	□	□	□	□	□
6. 對於遠距實驗室平台之整體評價如何?	□	□	□	□	□

表 6. 整體課程教學滿意度問卷

問題面向	指標內容	符合程度				
		非常同意 5	同意 4	普通 3	不同意 2	非常不同意 1
課程內容	1. 課程教學目標與內涵兼具知識、技能與態度三個層面	□	□	□	□	□
	2. 課程內容與課程大綱所列教學目標吻合	□	□	□	□	□
	3. 課程主題內容具體明確，各單元教材內容豐富分量適當	□	□	□	□	□
教師教學準備	1. 教師對課程有充分準備，教學方式能啟發我對此課程的學習意願和興趣	□	□	□	□	□
	2. 教師有依據課程大綱所列進度教學，上課步調不疾不徐	□	□	□	□	□
	3. 教師的上課方式可引導我發現問題和解決問題的想法	□	□	□	□	□
學生學習成效	1. 在接受引導發現式實驗教學模式教學後，提升了我在電子電路的專業核心知識的學習成效(知識面向)	□	□	□	□	□
	2. 在接受引導發現式實驗教學模式教學後，提升了我在電子電路實務製作和熟練量測儀器操作能力(技能面向)	□	□	□	□	□
	3. 使用遠距學習及實驗輔助平台後，提升了我實作電路時偵錯和修復(發現問題與解決問題)之技能(態度面向)	□	□	□	□	□
學生學習行為自我評估	1. 修課前我有詳閱課程大綱，瞭解課程目標與要學習的核心能力	□	□	□	□	□
	2. 我上課的出席狀況良好，能從課程中學到電子電路新知識	□	□	□	□	□
	3. 我上課的態度認真積極，修此門課提升了我面對問題和透過自我學習解和合作學習來決問題的能力	□	□	□	□	□
	4. 整體而言修此課程我獲益良多，並引發我對相關領域課程的學習動機與興趣	□	□	□	□	□

4-3-5 資料處理與分析

本計畫將以 Statistical Package for the Social Science (SPSS)進行包括相關性分析、相依因素分析及共變數分析以分析學習成效。所發展的評量工具和量表填答回收後，用 SPSS 進行次數分配、百分比、平均數、標準差等分析，藉以瞭解受試者對學習成效的各項看法。

4-3-6 實施程序

整個研究之時程與實施程序大致如表 1 之授課規劃書所示。所發展的其中四個評量工具於 111 學年度第 2 學期的第 1 週進行「學習狀況自我評估表」、「實作能力自我評鑑檢核表」前測，第 17 週進行學生實作能力提升抽樣訪談，並於第 18 週進行「學習狀況自我評估表」、「實作能力自我評鑑檢核表」後測，「遠距實驗學習輔助平台使用評價」，以及「整體課程教學滿意度問卷」施測。

五、教學成效暨研究成果

為驗證所提出的基於混合式學習之引導發現式實驗教學模式和遠距實驗學習輔助平台系統之可行性與在提升實務技能學習上之成效，必須對修課學生進行學習成效考核評量以及對於整體課程教學滿意度、成績考核評量結果、實作能力提升、師生互動等學習歷程作調查與分析。

5-1 教學過程與成果

- **學習狀況自我評估**

表 7 和表 8 分別為學生學習狀況自我評估**前、後測**問卷調查結果，共發出 38 份問卷，有效回收樣本 37 份。問卷量表的計分方式採用李克特(Likert)五點量表方式呈現，請同學閱讀每道問題敘述，並給每個問題勾選一 1-5 分之分數，其中 1 代表對於問題敘述符合程度非常不(好)同意(strongly disagree)，2 代表不(好)同意(disagree)，3 代表普通(neutral)，4 代表(好)同意(agree)，5 代表對於問題敘述符合程度非常(好)同意(strongly agree)。學習狀況自我評估問卷包含基本認知、核心技能、情意態度三個面向(分量表)共計 8 道試題，透過學習狀況自我評估表來評估學生在實施此教學方法的前後，是否能在此三個面向有所提升或改變。由表 7 之**前測**結果可看出，大部分(78%)學生在上課前覺得自己不具備電子元件和電子電路之基本知識，也不了解混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式為何，而僅有不到 6%學生自認為具有此問題面向之基本認知，另外約有 16%學生自認為普通，使得此基本認知面向之平均分數僅為 1.76 分；同理，上課前在核心技能問題面向，僅有 7.1%少數學生認為自己具有電子電路分析能力、使用麵包板接線實作電子電路能力以及使用量測儀器做電路測試與詮釋實驗波形和數據能力，而有超過 73%的同學認為自己沒有此核心技能面向能力，另約有 18%學生自認為普通，此面向之平均分數為 1.81 分。而在情意態度問題面向，超過 94%學生在上課前覺得自己不具備發現電路故障並描述故障原因能力和具善用所學知識、技能和網路資原來解決電路問題能力，而僅有不到 3%學生認為自己稍具有此問題面向之能力，此面向之平均分數為 1.20 也不高。其中，由習狀況自我評估前測結果可也可看出，輪機系學生對於使用量測儀器做電路測試與詮釋實驗波形和數據之核心技能與發現電路故障(偵錯)和解決電路問題的情意態度更是特別欠缺。

而由表 8 的學習狀況自我評估**後測**問卷調查結果可看出，學生在經過一學期基於引導發現式實驗教學模式的學習後，三個面向的評量平均分數分別由前測之 1.76、1.81 和 1.20 分提升為 2.84、2.99 和 2.45 分，其中在基本認知、核心技能、情意態度三個面向，分別有 28.8%、39.6%和 15.3%的學生認為此種教學模式有助於他們在基本電學和電子電路基礎知識、實作能力和量測儀器操作的學習成效，比前測結果增加了 22.8%、32.5%和 12.3%，而仍有 35.1%、34.2%和 51.3%的同學認為自己不具備此三個面向能力，或能力依然不足須繼續加強，但相較於前測結果，已明顯減少了 42.9%、38.8%和 42.7%。

表 7. 學習狀況自我評估-**前測**問卷調查結果(N = 37)

問題面向	評估指標內容	結果						
		1	2	3	4	5	題平均	面向平均
基本認知	1. 具備電子元件基本知識之程度	11	13	10	2	1	**2.16**	**1.76**
	2. 具備電子電路基本知識之程度	13	14	7	2	1	**2.03**	
	3. 對混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式之認識程度	34	2	1	0	0	**1.11**	
核心技能	1. 具電子電路分析能力程度	10	8	12	4	3	**2.51**	**1.81**
	2. 具使用麵包板接線實作電子電路能力程度	20	10	6	1	0	**1.67**	
	3. 具使用量測儀器做電路測試與詮釋實驗波形和數據能力程度	32	2	2	1	0	**1.24**	
情意態度	1. 具發現電路故障(偵錯)並描述故障(問題)原因能力程度	32	3	1	1	0	**1.21**	**1.20**
	2. 具善用所學知識、技能和網路資原來解決電路問題的能力程度	33	2	1	1	0	**1.19**	

表 8. 學習狀況自我評估-**後測**問卷調查結果(N = 37)

問題面向	評估指標內容	結果						
		1	2	3	4	5	題平均	面向平均
基本認知	1. 具備電子元件基本知識之程度	4	8	13	10	2	**2.89**	**2.84**
	2. 具電子電路基本知識之程度	7	10	12	5	2	**2.47**	
	3. 對混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式之認識程度	2	5	17	9	4	**3.16**	
核心技能	1. 具電子電路分析能力程度	8	10	10	7	2	**2.55**	**2.99**
	2. 具使用麵包板接線實作電子電路能力程度	2	4	8	15	8	**3.60**	
	3. 具使用量測儀器做電路測試與詮釋實驗波形和數據能力程度	9	5	10	8	5	**2.81**	
情意態度	1. 具發現電路故障(偵錯)並描述故障(問題)原因能力程度	11	7	11	5	3	**2.47**	**2.45**
	2. 具善用所學知識、技能和網路資原來解決電路問題的能力程度	12	8	8	7	2	**2.42**	

- **實作能力自我評鑑檢核**

實作能力自我評鑑檢核表主要在瞭解學生在學習此課程前、後，在電子電路的操作原理和波形分析之基本知識、電路製作偵錯和排除能力以及量測儀器操作與波形讀取詮釋實務技能之改善提升程度的自我認知，共包含四項實作能力評估指標：能瞭解實驗電路的操作原理和波形、能由觀察量測波形來判斷電路操作正確與否、能找出電路故障原因與排除故障的可能方法以及能從多元管道蒐集解決問題的方法。此四項評估指標直接鏈結到電子電路實作能力與實務經驗，由表 9 之實作能力自我評鑑檢核**前測結果**可看出，在上課前，有 85%以上學生覺得自己對於電子電路的操作原理和波形分析之基本知識、藉由所量測波形來判斷電路操作是否正確、找出電路故障原因與排除的可能方法以及能從多元管道蒐集解決問題的能力與經驗皆相當不足，而約有 10%同學自認為普通，僅有不到 5%同學覺得自己稍具有電子電路實作能力，而沒有同學很有信心的覺得自己具備此四項電子電路實作能力評估指標，前測之總平均分數僅為 1.40 分。

在經過一學期基於引導發現式實驗教學模式的學習後，由表 10 的實作能力自我評鑑檢核**後測**問卷調查結果可看出，四項電子電路實作能力評估指標平均分數由前測的 1.51、1.35、1.19 和 1.57 提升至 3.24、3.11、2.76 和 3.08，上課前原本有 85%以上同學認為自己電子電路實作能力與經驗相當不足，上完課後已大幅降低至剩 27.7%同學仍覺得自己電子電路實作經驗與能力沒有顯著提升或依然不足須繼續加強，然而有超過 66%的同學認為自己的電子電路實作經驗與能力有顯著提升，另外，有 5.4%同學很有信心的覺得自己已具備此四項電子電路實作能力評估指標。故後測之總平均分數也由 1.40 分提升至 3.05 分，顯示學生認為此種教學模式有助於他們在基本電學和電子電路基礎知識的學習成效，也有助於提升電路實作和量測儀器操作能力。

表 9. 實作能力自我評鑑檢核-**前測**問卷調查結果(N = 37)

評估指標內容	結果						
	1	2	3	4	5	題平均	總平均
1. 我能瞭解實驗電路的操作原理和波形	25	6	5	1	0	1.51	1.40
2. 我能由觀察量測波形來判斷電路操作正確與否	29	4	3	1	0	1.35	
3. 我能找出電路故障原因與排除故障的可能方法	34	0	2	1	0	1.19	
4. 我能從多元管道蒐集解決問題的方法	27	2	5	3	0	1.57	

表 10. 實作能力自我評鑑檢核-**後測**問卷調查結果(N = 37)

評估指標內容	結果						
	1	2	3	4	5	題平均	總平均
1. 我能瞭解實驗電路的操作原理和波形	4	4	10	17	2	3.24	3.05
2. 我能由觀察量測波形來判斷電路操作正確與否	7	2	10	16	2	3.11	
3. 我能找出電路故障原因與排除故障的可能方法	10	4	9	13	1	2.76	
4. 我能從多元管道蒐集解決問題的方法	6	4	11	13	3	3.08	

- **遠距實驗學習輔助平台使用評價調查**

表 11 之問卷請同學針對所設計之遠距實驗暨學習輔助平台系統之使用經驗感受、人機界面軟體之友善程度、系統操作可靠度、幫助電路操作原理瞭解、實作技能提升與精熟學習方面作回應與提出意見。其中約有 10.8% (4 人)學生覺得本套平台之使用者人機界面不很友善且不易操作使用，其他 43%以上的同學有正面回應，而有 45.9%的同學覺得普通，所回應的建議為：「人機界面上所提供出來之電路測試點太少」，與「人機界面上操作錯誤時之警示與提示訊息太少，有時往往不知道哪裡操作錯誤，而需重新開啟人機界面」。兩位同學確實點出了目前所寫的使用者人機界面之關鍵問題，現已針對此兩個問題進一步修改人機界面程式，以符合同學需求。在遠距實驗室平台操作之可靠度方面，有 24%的同學覺得平台操作時很不可靠(4 位)或不可靠(5 位)，但 76%同學認為系統操作是可靠度的，這可能跟這些同學本身 PC 作業系統與網路存取速度有關。此外，由表 11 之平均分數欄位也可看出問題 1 和 2 之題平均分數跟其他題問卷分數相比是比較低的，因這部分是本套遠距實驗室平台之關鍵技術所在，也是影響同學能否順利透過網路來完成所要作的電路實驗之重點，相對的同學對於這部分之要求也會較嚴格，這也反應出網路化遠距實驗平台與虛擬實驗室輔助量測系統，是我們要持續改善的重點。

接著是使用此平台對於課程學習以及提升電路實作的技能的幫助之問卷，有 67% (25 人)以上同學認同透過此平台做實驗與學習，有助於提升電路實作的技能，但其中約有 18%同學(7 人)覺得對提升自己電路實作的技能無幫助。而有 67% (25 人)以上同學認同透過此平台做實驗與學習，有助於縮短實驗學習時間，有 7 位同學覺得普通，但約有 13%同學(5 人)覺無助於縮短實驗學習時間。另外，約有 73%同學認為透過可重複做實驗有助於自己提升對電路操作原理瞭解與達精熟學習，這些同學認為此種方式很具可撓性，但也有 2~7 位同學認為這種可自行規劃的元件連接和測試模式是不方便，從這點也可看出，現在學生對於實際動手作電路接線是較不具信心的。最後請同學對本套遠距實驗教學平台作一整體評估，雖然仍有 2~6 位同學持反對意見認為此實驗教學平台不適合他們，但有 67%以上的同學認同本套系統在電子電路實習課程教學上的創新以及學習上的輔助，且可提升本身學習速度，可隨時上網做實驗直到精熟該單元為止。也就是說，在所規劃的實驗項目中，大部分同學都持正面回應，顯示本套教學平台是可行的，也驗證本套教學平台對於輔助同學學習電子電路實習課程是有正面效果的。從第 3~6 題問卷結果可看出同學對於所提出之網路

化遠距實驗室平台，可不受時間與空間限制下，隨時可上網去作在學校實驗室內未完成的實驗項目，以及重複觀看各電路測試點波形，直到完全瞭解電路之操作原理的功能是相當肯定的。

表 11. 網路化學習及實驗輔助平台使用評價(N = 37)

評估指標內容	結果						
	1	2	3	4	5	題平均	總平均
1. 平台使用者人機界面友善且容易操作使用嗎?	2	2	17	12	4	3.38	3.65
2. 平台系統使用時穩定可靠嗎?	4	5	6	16	6	3.40	
3. 透過平台學習，是否有助於提升電路實作的技能？	4	3	5	17	8	3.59	
4. 藉由平台是否有助於縮短實驗學習時間？	2	3	7	16	9	3.73	
5. 透過平台可重複做實驗有助於提升對電路操作原理瞭解與達精熟學習?	2	5	6	16	11	4.02	
6. 對於平台之整體評價如何?	2	4	5	16	10	3.76	

● 整體課程教學滿意度問卷調查

為瞭解修課同學對於本課程在課程教材內容和教學模式、教師教學準備、學習成效和自我學習行為等四個面向是否滿足同學需求與期望，在學期結束前請每位修課同學，以匿名方式填寫一份關於應用電學實驗課程教學滿意度，作問卷調查和給予相關建議，表 12 所示為問卷問題與同學答覆的結果整理。首先在課程內容安排方面，有 88%以上的同學覺得課程內容具挑戰性且令人感興趣，而且認為教材內容與課程大綱所列教學目標吻合，課程主題內容具體明確，各單元教材內容豐富分量適當，且課程教學目標與內涵兼具知識、技能與態度三個層面，大部分同學也覺得由本課程所學到的比當初預期還多，由此可見在課程內容安排方面理論與實驗課程負荷量是適當的，且可引起同學的興趣並具相當的挑戰性。另外，有 7.2%同學認為課程內容在三項評估指標上的安排普通，而有 5 位同學對課程內容安排較不感興趣，此面向之平均分數為 4.36 分。而在教師作教學準備面向的三項評估指標方面，大部學生(81%)認為教師對授課內容有充分準備，教學方式能啟發我對此課程的學習意願和興趣、也有依據課程大綱所列進度教學，上課步調不疾不徐、以及上課方式可引導我發現問題和解決問題的想法。另一方面，約有 5 位(4.5%)同學覺得教師在教學上的準備與上課步調不如他們預期，此面向之平均分數為 4.30 分。

在學生學習成效面向方面，在實施引導發現式實驗教學模式後，提問學生是否有提升了在電子電路的專業核心知識(知識面向)、電子電路實務製作和熟練量測儀器操作(技能面向)以及電路偵錯和修復(發現問題與解決問題)之技能(態度面向)三項指標的學習成效。由表 12 的問卷答覆結果可看出，有 56.7%以上的學生認為所實施的教學模式有助於提升他們在電子電路的專業核心知識的學習成效和實務製作與熟練量測儀器操作的技術能力，而約有 35%的同學覺得普通，僅有 8%的同學認為所實施的教學模式無助於提升他們在電子電路的知識和技能面向的學習成效。另外在態度面向的評量指標方面，在實施引導發現式實驗教學模式且輔以遠距實驗學習平台後，72%以上學生認為可提升實作電路時偵錯和修復(發現問題與解決問題)之技能，而仍有 10%左右同學依然覺得無法提升自己發現問題與解決問題的能力，而此面向之平均分數為 3.68 分。

在整體課程教學三個面向滿意度問卷調查上，雖然各有 4.5%學生認為對課程內容安排較不感興趣，以及教師在教學上的準備與上課步調不如他們的預期，另外約有 10% (10 位)同學覺得所採用的教學模式與學習機制，對於提升他們在基本電子電路的實務製作技能與經驗的學習成效之幫助有限。但總括來說，大部分學生對整體課程教學在課程教材內容和教學模式、教師教學準備和學習成效等三個面向，皆有不錯的評價，尤其在課程教材內容和教學模式以及教師教學準備方面，有 84%以上同學認同教師在教材內容和教學準備上的用心與努力；而在學習成效方面，有 62%以上同學覺得引導發現式實驗教學模式輔以遠距實驗學習平台之混合式學習機制，有助於提升自我在電子電路的專業核心知識、電路製作

與量測儀器操作以及電路偵錯和修復等面向的學習成效。

最後，在學習行為自評面向上，請學生針對自我的學習行為做評估，內容分別為：1.) 修課前有詳閱課程大綱，瞭解課程目標與要學習的核心能力，2.) 上課出席狀況良好，能從課程中學到專業知識，3.) 上課態度認真積極，修此門課提升了我動手決問題的意願和能力，4.) 修此課程我獲益良多，並引發我對相關領域課程的學習動機與興趣。四道題之平均分數都在 3 以上，此構面之平均分數為 3.64，顯現學生來修此課程能學到專業知識，且提升了動手決問題的意願和能力，更重要的是此課程激發其學習電學領域課程的動機與興趣。

表 12. 整體課程教學滿意度問卷調查(N = 37)

問題面向	指標內容	結果						
		1	2	3	4	5	題平均	面向平均
課程內容	1. 課程內容與課程大綱所列教學目標吻合	0	2	4	9	22	4.38	4.36
	2. 課程主題內容具體明確，各單元教材內容豐富分量適當	1	0	2	14	20	4.40	
	3. 課程教學目標與內涵兼具知識、技能與態度三個層面	0	2	2	15	18	4.32	
教師教學準備	1. 教師對授課內容有充分準備，教學方式能啟發我對此課程的學習意願和興趣	2	0	5	9	21	4.27	4.30
	2. 教師有依據課程大綱所列進度教學，上課步調不疾不徐	0	0	7	6	24	4.46	
	3. 教師的上課方式可引導我發現問題和解決問題的想法	2	1	4	11	19	4.19	
學生學習成效	1. 在接受引導發現式實驗教學模式教學後，提升了我在電子電路的專業核心知識的學習成效(知識面向)	3	0	14	13	7	3.57	3.68
	2. 在接受引導發現式實驗教學模式教學後，提升了我在電子電路實務製作和熟練量測儀器操作能力(技能面向)	2	1	12	14	8	3.67	
	3. 使用遠距實驗學習平台後，提升了我實作電路時偵錯和修復(發現問題與解決問題)之技能(態度面向)	2	2	6	18	9	3.81	
學習行為自評	1. 修課前我有詳閱課程大綱，瞭解課程目標與要學習的核心能力	10	2	1	2	22	3.65	3.64
	2. 我上課出席狀況良好，能從課程中學到專業知識	1	0	5	9	12	3.03	
	3. 我上課態度認真積極，修此門課提升了我動手決問題的意願和能力	2	0	11	10	14	3.92	
	4. 修此課程我獲益良多，並引發我對相關領域課程的學習動機與興趣	2	1	8	11	15	3.97	

- **學期成績比較**

表 13 為 110-1 (對照組)和 111-2 (實驗組)兩學期之學期總成績不同等級(每隔 10 分)之人數分佈與所佔班級人數之百分比，由成績分佈狀況可看出，成績分佈在 90-100 分的同學，在使用了本計畫之遠距實驗平台和教學模式後成長了 5.3%，此也可看出原本努力用功的同學也可使用本套教學輔助平台來進一步提升分數，但有幾位分數在中段同學卻可藉助此教學模式和教學輔助平台來提升學期分數。這也可由成績分佈在 80-90 分的同學人數由 3 人增加到 19 人(增加 42%)看得出來，分數原本較低(69-60 分)的同學，藉由教學輔助平台加深了對電子電路許多觀念的理解，使得成績有明顯進步，而此區間的人數也由 17 人減少到 2 人(降低 39.4%)。

表 13. 兩學期成績(每隔 10 分)之人數分佈

分數間距 / 組別人數	100-90	89-80	79-70	69-60	59-50	49-
對照組 110-1(38)	0	3	17	17	0	1
實驗組 111-2(38)	2	19	14	2	0	1
百分比(110-1)	0%	8.0%	44.7%	44.7%	0%	2.6%
百分比(111-2)	5.3%	50.0%	36.8%	5.3%	0%	2.6%

5-2 教師教學反思

為改善輪機工程學系學生電學相關課程學習成效並提升實務技能，本計畫以應用電學實驗課程為例，提出基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式，讓學生經由執行實驗操作與量測、觀察與比較量測與理論波形以及發現問題與解決問題等學習步驟，引導學生從各單元實驗的過程中發現與驗證學習單元動作原理並累積實務製作經驗。另外，為因應所發展的教學模式，建置遠距實驗與學習輔助平台的精熟學習環境，讓學生可不受課堂時間和疫情限制下，透過網路作不定時、不定點、不限次數的反覆實驗練習，直到完全瞭解並熟悉所學原理，以達精熟學習目的。最後，本計畫透過量化和質性的評量工具和問卷量表，來驗證所提出的教學模式之可行性和學習成效。

雖然由 5-1 節的教學成效暨研究成果所呈現的學習狀況自我評估、實作能力自我評鑑以及整體課程教學滿意度問卷調查結果可得知，本計畫所提出之引導發現式實驗教學模式且輔以遠距實驗學習平台之混合式學習機制，確實有助於提升學生在電子電路基本知識、實作技能與故障排除經驗累積的學習成效，但回想整學期的上課過程以及由某些問題構面的評量結果也可看出還是有需繼續努力的空間，底下以回答 4-2-3 節中所提出的待回答研究問題作為自我教學的反思與檢討：

1. 在接受引導發現式實驗教學模式教學前、後學生在應用電學的專業知識學習成效的差異為何(知識面向)？

回答：

雖然在大三上該班學生有修過電子學課程，但由表 7 學生學習狀況自我評估的知識構面(三題)前測結果知，仍有 68%以上學生在上課前覺得自己不具備電子元件和電子電路之基本知識，而僅有 8%學生自認為具備此面向之能力。在經過一學期基於引導發現式實驗教學模式的學習後，由表 8 的後測問卷調查結果可看出，剩 39%學生覺得自己仍欠缺此面向之基本知識，而有 25%以上學生認為自己具備此面向之能力。因此可以證明本計畫所提出的引導發現式實驗教學模式對學生在應用電子電路的專業知識學習的成效有正面效果，但仍有 29 位同學覺得對電子元件和其所構成的電路之基本知識仍能相當不足，故此面向還有繼續改進空間。而在引導發現式實驗教學模式之認識程度上，上課前幾乎所有同學都不知道此種教學模式，而在上課後，80%以上學生對此教學模式已有基本認知。

2. 在接受引導發現式實驗教學模式教學前、後學生在應用電學實務製作、熟練量測儀器操作能力提升的差異為何(技能面向)？

回答：

由表 7 和 8 學生學習狀況自我評估的核心技能構面(三題)前、後測結果可知，原本有 73%以上學生在上課前覺得自己不具備此核心技能，在經過一學期基於引導發現式實驗教學模式的學習後，有 40.5%以上學生認為自己已具備電子電路實作與量測儀器操作能力，在具備電子電路分析能力、使用麵包板接線實作電子電路能力以及使用量測儀器做電路測試與詮釋實驗波形和數據能力的學生人數，各增加了 5.4%、59.4%和 32.4%，但仍有 34%學生覺得自己仍欠缺此面向之能力。因此可以證明本計畫所提出的引導發現式實驗教學模式對學生在應用電學實作核心技能學習的成效有正面效果。因核心技能面向正是評估學生是否具備應用電學實作技能的關鍵指標，學生在回顧辛苦的學習過程後，會以較保守的態度來答覆此構面問題。另外，做電路實驗時所發生的各種問題(包含儀器設備的操作)，以及排除問題所花費的時間，也都會影響此核心技能的學習成效與經歷，故根據問卷調查結果，

此面向還有很大的改進空間。

3. 在執行引導發現式實驗教學模式輔以遠距實驗學習輔助平台學習前、後學生在電子電路實作發現故障和排除故障之情意態度差異為何(態度面向)？

回答：

由表 7 學生學習狀況自我評估的情意態度面向(二題)前測結果可知，共有 94%學生在上課前覺得自己不具備發現電路故障並描述故障原因能力和具善用所學知識、技能和網路資原來解決電路問題能力，而僅有 3% (2 位)學生認為自己稍具有此構面之能力。在經過一學期基於引導發現式實驗教學模式的學習後，由表 8 的後測問卷調查結果可看出，有 15.3%學生認為自己已有此面向之能力，比前測增加 12.3%。雖然此面向之問卷結果可以證明本計畫所提出的引導發現式實驗教學模式對提升學生在應用電學實作時發現故障和排除故障能力之學習成效有正面效果，但仍共有 51.3% (共 38 人次)學生覺得自己仍欠缺此面向之能力。另外，由實作能力自我評鑑檢核問卷(四題)前、後測結果也可看出，上課前共有 85%/5%同學覺得不具備/具備發現電路故障原因與具排除故障的能力，上課後結果變為 32%/40%，覺得仍欠缺此兩項實作能力的減少了 53%，而認為已具有此兩項實作能力增加了 35%，因此，此項問卷結果也可驗證同學對於所提出的教學模式在提升應用電學實作能力的學習成效是持正面看法，但能發現故障原因與排除故障能力是具備電路實務製作與經驗與否的較進階評估指標，故此面向還有很大的改進空間。

另一方面，表 11 中也藉由問卷(2~4 題)調查學生使用此遠距實驗暨學習輔助平台對於課程學習以及提升電路實作的技能的幫助，其中各共有 67%、67%和 73%以上同學認同透過此平台做實驗與學習，有助於提升電路實作的技能、縮短實驗學習時間和提升對電路操作原理瞭解與達精熟學習的成效，但也共有 18%、13%和 19%同學覺得使用此平台對於提升電路實作的技能和課程學習成效的幫助有限。整體而言，平均約有 69%同學認同本套系統在電子電路實習課程教學上的創新以及學習上的輔助，並覺得平台很具可撓性而且可提升學習速度，可隨時上網做實驗直到精熟該單元為止，顯示本套教學平台是可行的，也驗證本套教學平台對於輔助同學學習電子電路實習課程是有正面效果的。從表 11 之問卷結果也可看出同學對於此網路化遠距實驗室平台，可不受時間與空間限制下，隨時可上網去作在學校實驗室內未完成的實驗項目，以及重複觀看各電路測試點波形，直到完全瞭解電路之操作原理的功能是相當肯定的。另外，平均約有 16.6%對於實際動手作電路接線較不具信心的同學，覺得使用此平台對於提升電路實作的技能和課程學習成效的幫助有限，因此，必須針對學生意見持續改善此平台之性能，以提供學生更完善的遠距實驗暨學習輔助體驗。

最後，以表 12 之應用電學實驗課程教學滿意度問卷來瞭解修課同學對於本課程在課程教材內容和教學模式、教師教學準備和學習成效等三個面向是否滿足同學需求與期望，由表 12 之施測結果可看出，雖共有 84%以上同學認同教師在教材內容和教學準備上的用心與努力以及，也有 62%以上同學覺得引導發現式實驗教學模式輔以遠距實驗學習平台之混合式學習機制，有助於提升自我在電子電路的專業核心知識、電路製作與量測儀器操作以及電路偵錯和修復等方面的學習成效，但仍各有 4.5%學生認為對課程內容安排較不感興趣，以及教師在教學上的準備與上課步調不如他們的預期，也約有 10% 同學覺得所採用的教學模式與學習機制，對於提升他們在基本電子電路的實務製作技能與經驗的學習成效之幫助有限。這部分也須探究同學覺得不滿意的原因為何，並針對課程教材內容和教學模式、教師教學準備和提升學習成效三個面向持續加以改善。

5-3 學生學習回饋

● 學期總成績比較

由前面幾個問卷調查學生的回應知道，大部分學生對於所提出的教學模式和遠距實驗平台用於輔助學習基本電學實習課程之功能是肯定的，但為進一步確定學生透過實施引導發現式實驗教學模式且輔以遠距實驗學習平台後，真的有瞭解並學習到電子電路之相關理論知識與實作技能，必須再做考試成績方面的直接評量，當然要以量化方式評量學生到底學了多少無法保證一定公平客觀，所以，以學期總成績來瞭解學生在這個課程內到底學了多少至少是一種較具體的呈現方式。表 13 為不同學期之學期成績比較，在 110 學年第 1 學期，學生在實驗室內以傳統方式上課及作實驗(對照組)，而在 111 學年第 2 學期正式啟用此套教學模式和遠距實驗平台(實驗組)，因本人有持續上此實驗課科目，故在教材內容、作業、實驗電路單元、與考試題目上都很類似，如此不會造成比較內涵相差太多而造成比較結果可信度不足問題。由成績分佈狀況可看出，成績分佈在 90-100 分的同學，實驗組成長了 5.3%，此也可看出原本努力用功的同學也可使用本套教學輔助平台來進一步提升分數，但有些原本分數在中段同學，卻可藉助此教學模式和教學輔助平台來提升學期分數。這也可由成績分佈在 80-90 分的同學人數由 3 人增加到 19 人(相較於對照組增加 42%)看得出來，原本分數較低(69-60 分)的同學，藉由教學輔助平台加深了對電子電路許多觀念的理解，使得成績有明顯進步，而此區間的人數也由 17 人減少到 2 人(相較於對照組降低 39.4%)。由期末測驗成績可得知，此套教學模式和遠距實驗平台確實的可幫助同學加強對電子電路課程的學習，且對大部分的修課同學而言，此部分的成果是可由其測驗分數的進步顯現出來，許多同學認同經由使用遠距實驗教學輔助平台可學習到更多，更覺得此課程比他原本所預期更有具吸引力。

● 抽樣訪談

雖然由 5-1 節的教學成效暨研究成果所呈現的學習狀況自我評估、實作能力自我評鑑以及整體課程教學滿意度問卷調查量化結果可得知，本計畫所提出之引導發現式實驗教學模式且輔以遠距實驗學習平台之混合式學習機制，確實有助於提升學生在電子電路基本知識、實作技能與故障排除經驗累積的學習成效，為深入了解實驗組學生的學習情況，以及對課程教材內容、教學模式、教師教學準備和自我學習成效的看法和認知，本研究亦實施抽樣訪談來獲得學生學習回饋的質性資料，以了解上課前、後學生對教學模式的看法和評價以找出學習成效的差異，並回答待回答的研究問題來驗證是否與量化資料有相對應。訪談學生是由學期成績高分組(A、B 生)、中分組(C、D 生)和低分組(E、F 生)中各抽二位學生來晤談，以下整理了學生訪談時回答之逐字稿內容摘要：

- 問題一：在接受引導發現式實驗教學模式教學前、後你在應用電學的專業知識學習成效的差異為何(知識面向)？

A 生回答：上學期上電子學課程時，只是片面或靠背誦學到個別電子元件的基本知識(如構造與操作原理)，無法真正理解其原理，對由不同電子元件組合成之應用電路的分析更少學到，且不易理解經過不同的電子元件後的輸出波形，而上此課程時可以透過示波器來觀測實驗電路中的各點波形並與之前理論波形做驗證，讓我真正能了解到電路之操作原理，我覺得修此課程能加強應用電學專業知識的學習成效，且提升了我動手做與解決問題的意願，更重要的是上此課程也激發我學習其他電學領域課程的興趣。

E 生回答：我對電學科目相當沒概念也不感興趣，故在一二年級所修過的電機課程的成績

並不理想，所學到的電學專業知識也不紮實，所以剛開學時知道要動手做電子電路實驗心裡的排斥感更重。但在老師引導示範如何有步驟將電(路)子學所學知識應用到電子電路操作分析上，並配合儀器做波形量測以驗證理論波形，讓我印象深刻，發現原來電子電路的專業知識用這種電路實作方式來學習更容易學會與了解，上完這個課讓我覺得電子學已不像以前困難。

- 問題二：在接受引導發現式實驗教學模式教學前、後你在應用電學實務製作、熟練量測儀器操作能力提升的差異為何(技能面向)？

B 生回答：之前在高中階段做科展專題時就有接觸過用麵包板來接電路，所以在實作電路上並沒很陌生還可以應付，但訊號產生器和示波器之前沒有使用過，所以量測儀器操作部分開始上課時花了許多時間做練習才慢慢熟練。老師使用引導發現式實驗教學模式在學習探索新的電路單元前或過程中，會給我們相關知識原理的導引，或適時提示在電路實驗過程中之觀察比較重點，並引導如何透過波形量測來做系統性電路偵錯探索故障(問題)原因，以及如何將所學過的電子電路知識應用來排除故障(解決問題)的思考方向與方法。經過這學期的實驗課，我覺得電路實作以及量測儀器操作能力比以前更強，也能由實做電路與波形驗證獲得更紮實的電路知識。

C 生回答：雖然大一大二有上過電學課程，但之前從沒接觸過電路接線、電源供應器、訊號產生器和示波器，也不知道如何使用麵包板來接電路，所以剛上課時很緊張，但經由老師所介紹的網站 AUTODESK Tinkercad 內可以練習接線之 circuit 模擬軟體練習後，就漸漸熟悉如何在麵包板上做電路接線，雖然實際接線時還是偶而會出錯，但已經學會了用麵包板來接電路。而在基本儀器操作上，雖然有先閱讀使用手冊，老師有做基本功能介紹與操作示範，但還是花比較多的時間練習後才會使用，而在電路實驗要量測波形時常發生儀器設定不對而無法正確量到波形狀況，還好在慢慢熟練整套實驗操作流程後，覺得自己實務製作能力有提升，也不會像開學時完全不懂而造成很大壓力，而在老師所採用的教學模式有步驟的導引下，讓我能由電路實做中自我探索而增進電路的基本知識和實務經驗，更重要的是由課程中也有體驗到發現與解決問題的過程。

- 問題三：在執行引導發現式實驗教學模式輔以遠距實驗學習輔助平台學習前、後你在電子電路實作發現故障和排除故障之情意態度差異為何(態度面向)？

D 生回答：雖然之前有做過電路經驗，但大部分都是按圖接線，然後通電測試功能是否正確，若電路功能不正常，只能再次檢查接線有無錯誤，最後也只能重新接線，不知如何才能找出故障點，重複幾次後就束手無策。但上課時老師引導大家從電路輸入端到輸出端，利用示波器做有系統性的前後級波形量測與驗證，運用所學過的電子電路知識配合波形量測與驗證，就可以判斷找出故障點，接著了解是何種故障原因後就可以做故障排除。老師也列出 5 大同學常發生的工法施作錯誤而導致電路故障可能原因，以及其對應故障排除方法建議，作為引導我們發現問題與解決問題思考方向。此種自我探索的教學模式讓我可藉由量測電路各點波形來解說波形成因，以形成電路原理、功能、應用之知識技能，接著可探究元件非理想特性對電路波形的影響和效應，以及由元件非理想特性來驗證解說量測波形與理論波形差異之處。

F 生回答：上完這課程還是覺得當電路功能不對時，無法自我探索發現故障點在哪裡，雖然老師有教如何以波形量測和驗證方式有系統來做電路偵錯，這可能跟我對電子元件的基本知識不足，造成在製作電子電路、測試和故障排除相當沒概念，而導致對這課程不感興趣。但老師所開法的遠距實驗暨學習輔助平台可在家上網連接實驗平台，來完成在學校實

驗室內未完成的實驗項目，以及重複觀看各電路測試點波形，讓我有機會重複練習以瞭解電路的操作原理，我覺得是教學上的創新。

六、結論與建議

本研究為改善輪機工程學系學生電學相關課程學習成效並提升實務技能，以應用電學實驗課程為例，提出基於混合式學習機制之引導發現式實驗教學模式。本研究所設計的實習教材會以有系統有步驟的方式給學生提示，引導學生自行探究，並透過問題提問的方式與學生互動激發探索學習動機，讓學生經由執行實驗操作與量測、觀察與比較量測與理論波形、發現問題與解決問題、結果探究與討論說明等學習步驟，引導學生從各單元實驗的過程中發現與驗證學習單元動作原理中，建構形成自我的電子電路基本知識、實務技能與經驗。而在發現題(故障)與解決過的向度上，當學生無法自行發現故障原因和提出解方時，教師會適時提供具啟發性的比喻刺激學生思考或是提示關於解題的策略，引導學生基於電子學知識的思考來找出排除故障方法。

本研究所採用的學習成績考核方式分為筆試、實驗單元實作驗收與實習報告、電路實作考試和口頭詢問。學習成效評量工具包含量化與質性評量方式，有「學習狀況自我評估表(含前後測)」、「實作能力評鑑檢核表(含前後測)」、「遠距實驗暨學習輔助平台使用評價」等三個量化工具，以瞭解實習課的教學成效。另外，量化問卷調查與晤談資料收集：解析學生對於整學期課程學習各個面向(課程教材內容、教師教學準備、學生實作技能力提升成效(訪談))之學習成效、滿意度與具體建議。

本計畫在一學期的應用電學實驗上課過程中，已順利完成計畫書所撰寫要作的工作項目，研究初步成果符合先前計畫訴求，所預期要達成的目標也都有達到。研究結果發現，相較於傳統講述式教學模式，引導發現式實驗教學模式確實有助於學生在應用電學的專業知識學習成效提升；引導發現式實驗教學模式確實有助於學生在應用電學實務製作、熟練量測儀器操作能力提升；引導發現式實驗教學模式輔以遠距實驗學習輔助平台確實有助於提升學生在電子電路實作發現故障和排除故障之情意態度。在整體課程教學滿意度方面，有 84%以上同學認同教師在教材內容和教學準備上的用心與努力，覺得課程內容具挑戰性且令人感興趣，有 62%以上同學覺得引導發現式實驗教學模式輔以遠距實驗學習平台之混合式學習機制，有助於提升自我在電子電路的專業核心知識、電路製作與量測儀器操作以及電路偵錯和修復等方面的學習成效。另外，有 69%同學認同所開發的遠距實驗學習輔助平台於電子電路實習課程教學上的創新以及學習上的輔助，並覺得平台具可撓性且可提升學習速度，可隨時上網做實驗不受時間與空間限制，能重複觀看各電路測試點波形直到精熟該單元為止，也驗證本套教學平台對於輔助同學學習電子電路實習課程是有正面效果的。

所提出的基於混合式精熟學習機制，將遠距實驗室平台融入實習課程教學確實能促進整體的學習成效與提升實務製作能力，特別是在教學理論知識整合與實踐的部分，遠距實驗室平台可促使學生將所學之理論如電路原理、電路實作、電路偵錯技能等加以整合，使得教學概念更能具體實踐化，而建立實作能力自我評鑑檢核以及融入其後實地討論與報告的過程，不僅能促進學生的反思、分析與問題解決的能力，更間接提升其學習信心與成就感。根據研究結果，本研究亦衍申出教學模式須與評量方式相互搭配才能凸顯教學成效之差異此一重要結論；此外，資料分析結果也顯示，相較於傳統講述式教學，引導發現式實驗教學較能引起學生學習興趣與提升了動手做與解決問題的意願，質性資料經整理分析後，也佐證了量化資料的呈現結果。

針對未來若有教師欲實施引導發現式實驗教學，提出以下建議：

- 教學實施和實習單元設計建議：在設計引導發現式實習單元教學活動時，建議教師須做該實習單元之內容分析，並列出要探索的內容概念，接著查詢要探索的概念常見的實驗或活動教學，考量多數學生在該概念上常見之既有知識，重新安排引導步驟和順序，並適時增加具啟發性思考但又不致使其產生挫折感的問題，藉此訓練學生由所探索發現的資料中歸納邏輯思考能力並形成有用知識。另外，建議教師在實施引導發現式教學時，可採用合作學習方式，並以異質性方式做學生分組，讓同組程度較好的同學協助落後的同學學習，如此將有助於引導發現教學的實施。
- 實作評量與實施建議：本研究之實作評量採取電路實作測驗結合紙筆測驗方式，電路實作測驗是最能測驗出學生在面對真實的情境下，其擁有的實作技能與經驗的情意態度，但因測驗時需花費較多時間，因此建議教師欲採用實作評量時，可先參考本研究之評量方式，再逐步往更開放的表現測驗和工作範本前進，如此可在不增加更多的教學負擔的情況下，仍能執行一定程度的實作評量，並真正測驗出要求學生探索的概念之理解程度，並回饋到自身的教學上。

參考文獻

王世杰(2000)，自然觀察與動態評量，發展小班教學精神宣導專書 5-「新世紀優質學習的經營」研討會論文集，國立台南師範學院測驗發展中心，171-173.

朱延平(2004)。混和式學習。

朱延平(2004)。同步學習與非同步學習。

吳信賢(1999)。非同步網路教學系統之發展及學習歷程檔案。國立台灣師範大學資訊教育研究所碩士論文。

吳瑞源(2005)。從認知負荷觀點探討在學習者控制環境下多媒體組合形式對學習成效影響之研究。佛光人文社會學院教育資訊學系碩士論文。

吳鐵雄、洪碧霞(1998)。實作評量問與答。測驗與輔導，149，3102-3103。

莊麗娟(2000)。多媒體動態評量模式之發展-追求多向度學習特質的精緻診斷。發展小班教學精神宣導專書 5-「新世紀優質學習的經營」研討會論文集。國立台南師範學院測驗發展中心，105-121。

中華工程教育學會(2016)。工程教育認證規範(EAC2016)，https://www.ieet.org.tw/Pages/ArtMDoc.aspx?dirno=e549758f-add8-4547-a1d2-a7e9e172c566。

許惠卿(2002)。以網路學習環境作為落實課程統整的著力點。教育研究資訊， 10(2), 65-86。

陳年興(1997)。全球資訊網整合式學習環境。資訊與教育，64，2-13。

游寶達(2005)。數位學習的發展趨勢。

傅維利、劉磊(2005)。實踐能力:含意、結構、及培養對策。教育科學，21(2)，1-5。

鄒慧英(1999)。多元化的檔案評量。國教之友 51(6)。

鄒慧英(1998)。實作評量的研發-以國小說話課為例。測驗與輔導，149，3082-3087。

鄒慧英(2000)。多元化的檔案評量。國教之友，52(1)，16-23。

劉曼君(2009)。透過實作，培育學生設計及動手做。評鑑，22，56-57。

劉霆、柴昌維(2001)。大學機械工程教育創造發明之規劃。國家科學委員會研究彙刊:人文及社會科學，11(3)，282-291。

蕭錫錡(2002)。高職資訊類科學生創造思考實作能力之培育模式與驗證。行政院國家科學委員會專題研究計畫。

蕭錫錡、陳宏斌、胡武誌(2005)。以實務能力為導向之技職校院學生網路學程研究。第四屆離島資訊技術與應用研討會論文集，34-43。

ABET (1984)。(Accreditation Board of Engineering and Technology)工程準則 3 課程成果。

黃明輝(2017)。漸進式探究實驗以提升問題解決能力。大學教學實務與研究學刊。69-93。

顧炳宏、陳瓊森、溫嫩純(2011)。從學生的表現與觀點探討引導發現式教學作為發展探究教學之折衷方案角色的成效—以密度概念為例。科學教育學刊，19(3)，257-282。

顧炳宏、陳瓊森、溫嫩純(2014)。以實作評量方式探討引導發現式教學模式之學習成效—以「聲音」概念為例。科學教育學刊，22(1)，57-86。

詹志禹(2002)。認識與知識：建構論 VS.接受觀。建構論：理論基礎與教育應用，12-27。

麥菁(1995)。發現學習的性質與條件。國教月刊，42(3.4)，43-49。

Akkoyunlu, B., & Soylu, M.Y. (2008). A study of student's perceptions in a blended learning environment based on different learning styles. *Educational Technology & Society*, 11(1), 183-193.

Bonk, C. J., & Dennen, V. P. (1999). Teaching on the Web: With a little help from my pedagogical friends, *Journal of Computing in Higher Education,* 11 (1), 3-28.

Bonk, C.J., Olson, T.M., Wisher, R.A., & Orvis, K.L. (2002). Learning from focus groups: An examination of blended learning. *Journal of Distance Education*, 17(3), 97-118.

Bloom, B. et al. (1956). Taxonomy of Education Objectives: Handbook 1, The Cognitive Domain, New York, David McKay.

Bruner, J. S. (1960). The process of education. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. Harvard Educational Review, 31, 21-32.

Chan, D.W. (2007). Burnout, self-efficacy, and successful intelligence among Chinese prospective and in-service school teachers in Hong Kong. *Educational Psychology*, 27(1), 33-49.

Chandra, V., & Fisher, D.L. (2009). Students' perceptions of a blended web-based learning environment. *Learning Environment Research*, 12, 31-44.

Chen, C.C., & Jones, K.T. (2007). Blended learning vs. traditional classroom settings: Assessing effectiveness and student perceptions in an MBA accounting course. The Journal of Educators Online,

4(1), 1-15.
schools (2nd ed.). Columbus, OH: Charles E. Merrill.
Collette, A.T., & Chiappetta, E.L. (1989). Science instruction in the middle and secondary
Gagné, R.M., & Brown, L.T. (1961). Some factors in the programming of conceptual learning.
Journal of Experimental Psychology, 62(4), 313-321.
Donnely, R. (2010). Harmonizing technology with interaction in blended problem-based learning. *Computers & Education*, 54(2), 350-359.
Dewiyanti, S., Brand-Gruwe1, S., Jochems, W., & Broers, N. J. (2007). Students' experience with collaborative 1eaming in asynchronous computer-supported collaborative 1eaming environments. *Computers in Human Behavior*, 23(1), 496-514.
Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: Definitions, current trends and future directions. In C. J. Bonk, & C. R. Graham (Eds.), *The Handbook of blended learning: Global perspectives, local designs* (pp. 3-21). San Francisco: Pfeiffer.
Hofmann, J. (2001). Blended Learning Case Study.
Kurematsu, A. (2009). Towards a framework quality assurance of practical skill ability. INQAAHE Conference 20.
Khan, B. (1 997). Web-based instruction (WBI): What is it and why is it? In Khan BH (ed.), Web-based Instruction. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications, 5-18.
Lawson, A.E. (2002). Science teaching and development of thinking. Belmont, CA: Wadsworth.
Macquarie University (2009). *Australian chemical enhanced laboratory learning project.* Retrieved from http://www.chem.mq.edu.au.
Mayer, R.E. (2001). Multi-media learning. Cambridge: Cambridge University Press.
Mayer, R.E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? American Psychologist, 59(1), 14-19.
Northeastern University (2009). Curricula. Retrieved from http://www.coe.neu.edu/coe/ undergraduate/studentservices/curricula.html.
Rafaeli, S., Barak, M., Dan-Gur, Y., & Toch, E. (2004). QSIA - a Web-based environment of e-learning, assessing and knowledge sharing in communities. *Computers & Education*, 43, 273-289.
National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC:
National Academy Press.
Sternberg, R. J. (2003). Wisdom, intelligence, and creativity synthesized. New York, NY: Cambridge University Press.
Sternberg, R.J. (2009). Academic intelligence is not enough! Conference on Liberal Education and Effective Practice. pp. 1-44.
Stephen H. & Marshall, G. J. (1999). The Five Levels of Web Use in Education: Factors to Consider in Planning Online Course. *Educational Technology*, Nov-Dec, pp.28-32.
She, H.C. & Fisher, D. (2003). Web-based e-learning environment in Taiwan: The impact of the online science flash program on students' learning. In M. S. Khine & D. Fisher (Eds.), *Technology-rich learning environments: A future perspective.* (343-368). Singapore: World Scientific.
Skinner, B.F. (1968). The technology of teaching. New York: Applet on Century-Crofts.
Valdez, R.J. (2004). Blended Learning—Maximizing the Impact of an Integrated Solution.
Welch, W.W., Klopfer, L.E., Aikenhead, G.S., & Robinson, J.T. (1981). The role of inquiry in science education: Analysis and recommendations. Science Education, 65(1), 33-50.