

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

計畫編號/Project Number：

學門專案分類/Division：

計畫年度：111 年度一年期 110 年度多年期

執行期間/Funding Period：2022.08.01 – 2023.07.31

從日常生活學習電磁學
電磁學(一)

計畫主持人(Principal Investigator)：湯敬文

協同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立中正大學／通訊工程學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開（統一於 2025 年 7 月 31 日公開）

繳交報告日期(Report Submission Date)：2023 年 7 月 20 日

從日常生活學習電磁學

一. 本文 Content

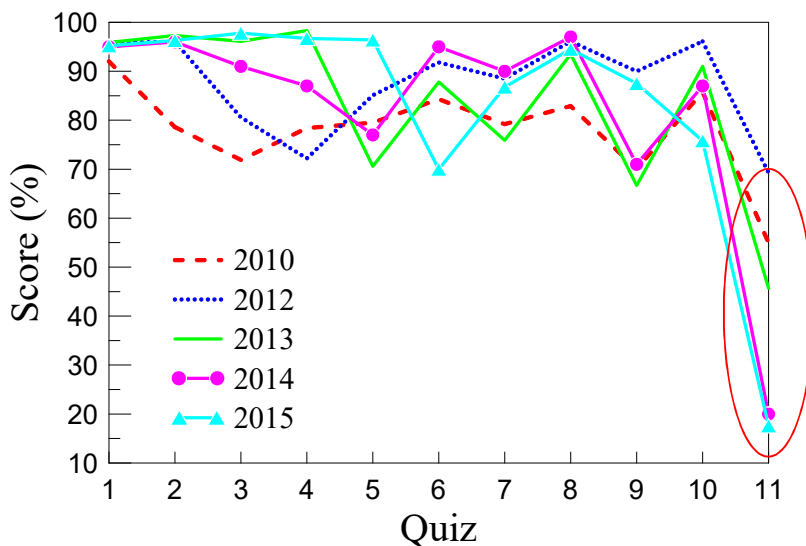
1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

「電磁學」是研究電磁領域的基礎課程，在本校列為大學部二年級的必修課程，這門課的課程目標是先讓學生具備電磁學的一些基本定理及了解電場、磁場、電磁波等相關的基礎知識。電磁場涉及的電磁交互作用，是大自然的四個基本作用之一，其它三個是重力交互作用，弱交互作用和強交互作用。由於電磁場是由帶電粒子的運動而產生的一種物理場，處於電磁場的帶電粒子會受到電磁場的作用力，因此電磁場與帶電粒子(電荷或電流)之間的交互作用可以用馬克士威方程組和勞侖茲力定律來描述。但這是一種很抽象的數學描述方式，對學生來說是極難會聯想到日常生活，如此艱澀難懂也困擾了學生的學習。

若是本課程中能透過生活中常見的現象或裝置，如電容、屏蔽、電磁感應以及天線等，將電磁現象的概念導入，將會讓學生更能體會電磁波的傳遞，而且也讓學生了解電磁學與生活是息息相關的。另外，電磁場對於人體健康的潛在影響，會因電磁場的頻率和強度變化而不同，如：

- 靜電場：觸電。
- 靜磁場：由於強磁場的原因，MRI 對諸如體內有磁金屬或心律調節器的特殊病人不能適用。
- 極低頻(ELF)：低功率低頻率的輸電線路電磁輻射不會構成任何長期或短期的風險。
- 無線電波：電磁輻射的生物效應，目前人們了解的最為清楚的就是射頻加熱。
- 光波：雷射的安全使用。
- 紫外光：由於過度暴露於紫外線(通常為日光)下導致的輻射灼傷。
- 伽瑪射線：攜帶高能量，容易造成生物體細胞內的 DNA 進而引起細胞突變。

大學部「電磁學(一)」課程的內容涵括四個部分：「向量分析」、「靜電學」、「靜電流」、「傳輸線」。上課方式，一般是以投影簡報配合生動動畫方式講解給學生，而課程的投影片電子檔，會在開學初即提供學生下載，以便學生進行課前預習與課後複習。在 2015 年



(a)

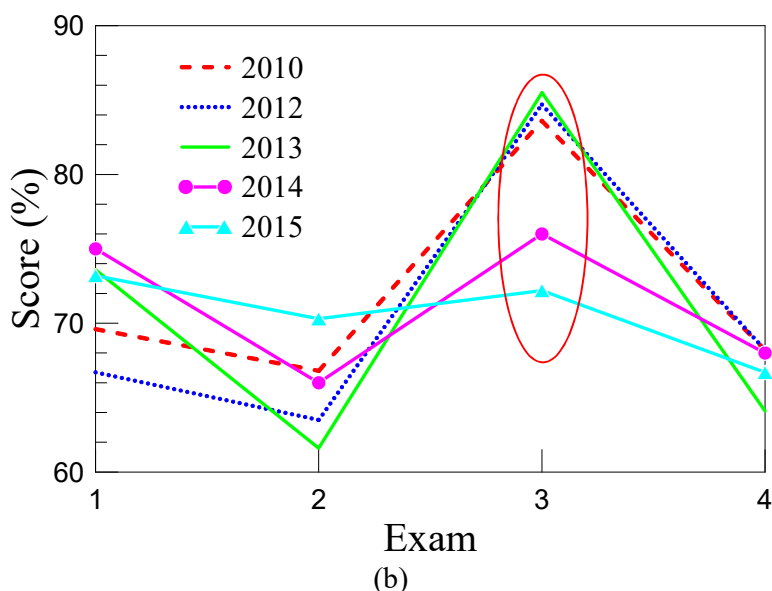


圖 1：2010 年至 2015 年間之平均成績 (a)小考；(b)期中考與期末考

之前，本課程的上課會根據學生調整節奏，適時讓學生休息，有時間消化。希望學生在上課時，可以除了聽講也有時間動腦思考，不致於入睡。每週上課二次且會在第一次上課前 10~15 分鐘舉行小考，內容是前一週的授課內容，借用這種方式強迫學生每週皆花時間複習課程。至於小考的另一目的則是讓學生擁有修習課程的基本分數，同時也當作出席的參考。全學期會有 11 次小考、3 次期中考及 1 次期末考，圖 1(a)是 2010 年至 2015 年修課學生小考成績平均統計，而圖 1(b)則是 3 次期中考與 1 次期末考的平均成績。可以看到歷年小考前 10 次的平均分數均維持在 70~95 分。由於「向量分析」、「靜電學」、「靜電流」的內容是學生在高中就有學過，即使平時沒有複習，仍能保持不差的成績。然而第 11 次的小考則是「傳輸線」主題，也是同學們之前完全沒有接觸過的內容，成績下降的非常明顯，原因可以歸類是因為學生沒有好好複習的結果。但是對於 3 次期中考與 1 次期末考學生有好好複習的情況下，平均還是能維持在 60 分以上；尤其第 3 次期中考是「靜電流」，因課程內容較少準備較容易，使得學生成績普遍也較高。但這樣的結果，對於想要鼓勵學生投入射頻微波領域的「傳輸線」主題，由圖 1(b)可以發現有部分學生已經出現放棄的跡象。

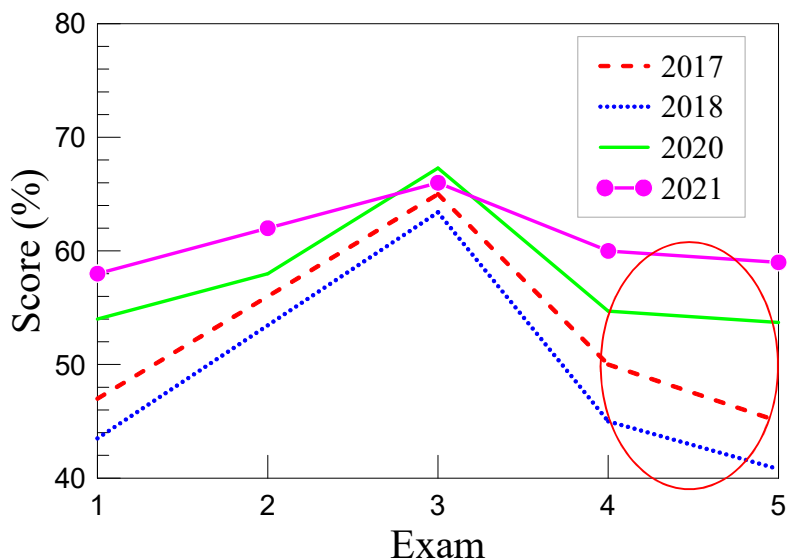


圖 2：2017 年至 2021 年間期中至期末考共 5 次之平均成績

由於「傳輸線」部分是電機通訊領域學生進入射頻微波電路設計的首要門檻，為了提早讓學生適應，自 2016 年起將電磁學(一)的授課順序更改為「傳輸線」→「向量分析」→「靜電學」→「靜電流」。由於過去授課會利用每周小考的方式來督促學生學習，在這次的轉變中也嘗試捨去，而為了增加學生對「傳輸線」主題的熟悉並引起興趣，因此將「傳輸線」內容分成二次期中考，即圖 2 的第 1 次與第 2 次期中考。圖中的結果可以發現該主題的成績，確實有逐年提升的趨勢。然而，遺憾的是往年「靜電流」主題成績突出的現象卻沒有再出現了。歸根結柢，還是出現學生因學期末放棄堅持，而選擇放棄此學科的狀況。

2. 研究問題 Research Question

本教學實踐研究計畫主題「從日常生活學習電磁學」，是以學生的學習成效為中心，探討驅動學生主動學習的動機與策略，以及影響學習成效的相關因素。在本研究計畫，改變以往由教師單調授課的方式，將日常生活中與電磁學相關的問題導入課程中建立一個情境及問題本位的教學方式，並在課程中加入不同的教學元素及素材，藉由改善素材的內容，使學生更容易學習及吸收。計畫觀察的重點如下：

- A. 學生學習興志。
- B. 缺課率。
- C. 修課成績。

除了學生的學習成效提高外，還希望能進一步鼓勵大學部學生提升對射頻微波的興趣，並投入此研究領域。圖 3 顯示 2017 年至 2021 年間本系大學部射頻微波相關課程修課人數，其中本人教授的課程除了「電磁學(一)(EM 1)」還有「電磁科技導論(EM Tech)」，其中前者是大學部必修課程，而後者則是射頻微波領域的專業選修課，而且此二門課都是射頻微波領域的基礎課程。由圖中可發現選修此領域專題(一)與專題(二)(Projct1 and Project 2)的學生在 2018 年期間的人數稀少，這是受到原授課老師離職的影響，也降低大學部學生選擇射頻微波領域的意願。本人於 2019 年接手授課，因維持

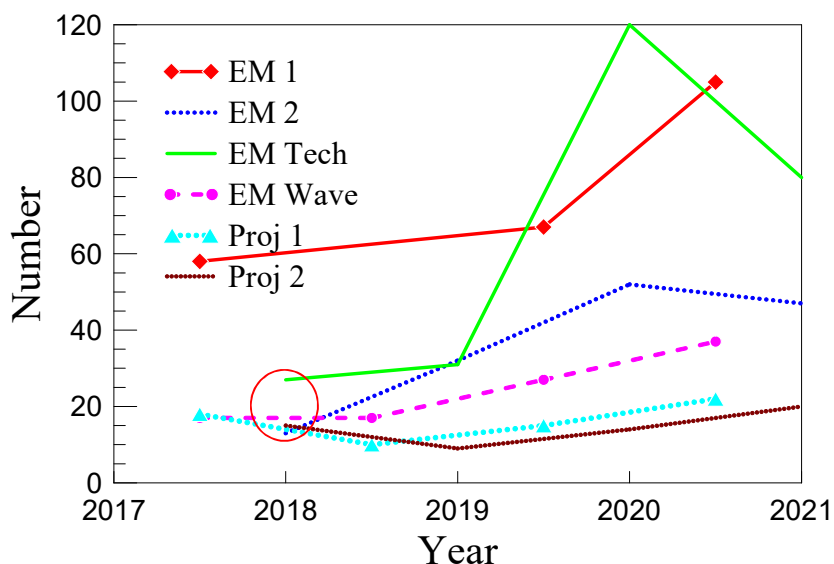


圖 3：2017 年至 2021 年間大學部射頻微波相關課程修課人數

不錯的授課水平(學生給予「老師上課很有趣，講解有關電磁波的議題以及衍伸出去的各式新聞以及相關知識，讓我增廣見聞」、「課程內容豐富，採用時事討論引導課程進度，絕佳課程沒有之一」等正面評語)，間接也使得選擇進階課程「電磁專題(一)」與「電磁專題(二)」的修課學生人數逐漸回升。

3. 文獻探討 Literature Review

許多研究報告也顯示，「電磁學」不但對學生來說是很難學習的，對一般教師在教學上也有相當的困難。理工科的學生雖然不難理解電磁學的四大方程式，也就是馬克士威方程式，但是他們確實遭遇到很大的困難。從先前的研究就可以看出大部分學生學習電磁學的困難的潛在問題是因為他們的基礎知識不正確或不足，以致於難以理解主題。電磁學需要許多數學運算能力，學生的基礎能力不足以及缺乏邏輯推理能力，導致學習效率低落。此外，由於教科書中和一般生活中的應用常無法想配合，也使學生無法理解課程中的問題與實際生活上問題的關聯性。

傳統常見的授課方式會使用到講述法、討論法、演示法以及練習教學法。由於受到實證主義者觀點影響，現在學校教授的傳統基本知識不易實際運用到日常生活中，所以學生無法將課堂上所傳授的內容內化成自己的知識。為了提升學生的效率，已經有許多研究開發了各種方法讓學生進行更有效的學習。近年來，學校將各種方法應用在基礎科目的教學上，例如：合作學習(cooperative learning, CL)、任務型學習(task-based learning, TBL)、情境學習(situated learning, SL)、專題式學習(project-based learning, PBL)和能力本位教學(competency-based education, CBE)等。

(1) 講述法(lecture method, LM)

講述法是教師通過簡明、生動的口頭語言向學生系統地傳授知識、發展學生智力的方法。從教師教的角度看，它是一種傳授的方法；從學生學的角度看，它是一種接受性的學習方法。在實際的教學過程中，講述法又可以表現為講述、講解、講讀、講演等不同的形式。講述教學法是現代各國學校系統中最普遍的教學方式，但也受到批評。批評者認為，講述法是一種單向的交流，而不涉及聽眾與講師間的雙向溝通，因此缺乏主動學習的效果。

(2) 討論法(discussion method, DM)

討論法是用來指導學生獲取新知識和鞏固舊知識的方法。傳授知識的談話：即教師根據一定的教學要求和學生實際，有目的、有計劃地提出問題，引導學生將已有的知識和經驗與新的事物、新的問題聯繫起來，經過積極思考得出結論，並作出正確回答，從而獲得新知識。鞏固知識的談話：即根據學生學過的內容，教師提出問題，要求學生經過回憶把所學的知識再次表達出來，以達到鞏固知識或檢查知識的目的。

(3) 演示法(practice method, PM)

演示法是教師在課堂上通過展示各種事物、直觀教具，或進行示範性實驗，讓學生通過觀察獲得感性認識的教學方法。它是一種輔助性教學方法，要和講授法、談話法等教學方法結合起來使用。

(4) 練習教學法(practice method, PM)

練習教學法是為了熟練技能而通用的一種教學方法，而且可分為訓練性練習與創造性練習。訓練性練習是對所學知識再現性的重複運用，目的在於加深記憶，形成熟練技能和技巧。創造性練習是在提高學生獨立工作能力的基礎上進行的，要求學生將學到的知識

融會貫通，綜合應用，解決實際問題。

(5) 合作學習(cooperative learning, CL)

合作學習是在教室的學習環境中，提供一個合作的學習環境，讓學生在異質小組中與同儕共同學習，彼此互相支援、批判或分享彼此的觀點，最後共享成果，並藉此合作的學習環境中，潛移默化以培養更多的合作行為(Parker 1985)。合作學習不僅是面對面的接觸，更要互相討論、幫忙與分享(Jonhson & Jonhson 1987)。

(6) 任務型學習(task-based learning, TBL)

任務型學習係以學生為中心並利用問題來引發學生討論，透過老師決定教學目標與進行問題的引導，藉由小組的架構培養學習者的思考、討論、批判與問題解決能力，有效提昇學生的學習動機，學生在解決問題時得到的成就感也會更勝於傳統的授課方式。(Senocak 2007; Tosun 2013)的研究顯示任務型學習提高了學生的學習成績、基礎知識以及其他技能。但是，也有一些研究(Kirschner 2006)認為任務型學習是最低限度指導或根本無指導的，因為大部分時間由學生尋求解決問題的方式，所以學生藉由任務型學習的學習效率更直接且明確(Sweller 2007)。這種教學方法學生通過「自學—解疑—精講—演練」的基本形式，可培養學生自學能力並發展學生的智能。

由於全體學生都參加活動，可以培養合作精神，集思廣益、互相啟發、取長補短，加深對學習內容的理解，還可以激發學生的學習興趣，提高學習情緒，培養學生鑽研問題的能力，提高學生的獨立性。

(7) 情境學習(situated learning, SL)

情境學習是一種以學生為中心的教學方法，讓學生置身於教學情境中，其過程是參與行動學習、反思探索與回饋，其目的在於使學生在多元環境中互動，能適性發展而建構出自身的知識能力。尤其在教學環境中使用現實生活和虛構的示例，以便通過與主題相關的實際，實踐經驗進行學習，而不僅僅是理論部分(Yu 2015)。情境學習是使用學生的真實生活情境作為教材，該情境將學生所遇到的問題場景的形式使用在日常很可能會遇到的生活中(Overton 等，2009)。情境學習的方法是著重於將課堂上學到的知識做實際應用，以增加學生對科學知識的在現實生活中理解，同時發展學生在日常生活中使用這些知識的能力(Bennett 2005; King 2012)。

(8) 專題式學習(project-based learning, PBL)

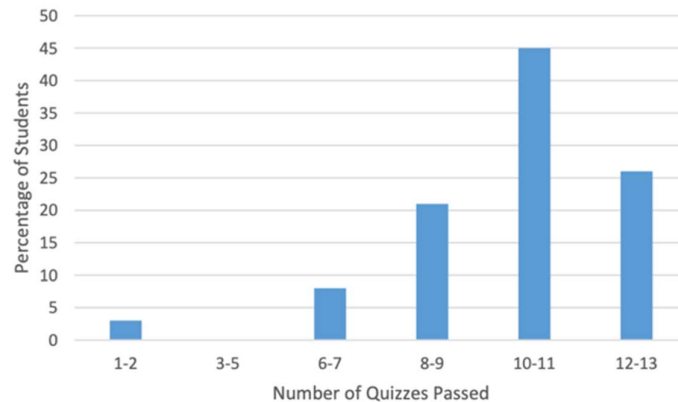
專題式學習對於工程領域學生是很常見的教學方式。專題式學習在教學上很常是以小組專題(team project)的方式，為了完成指定的專題題目，小組中的每個人都必須了解課程內容，並投入相當的心力，才能對這個專題成果有所貢獻。因此這種方式也間接地迫使每位參與學生熟讀課程中所講授過的內容，而學生為了完成專題，就會去研讀更多其他課程以外的教材。學生利用「做中學」透過主動參與、親自找資訊或學技能進而完成專題，因此會對知識內容產生較長遠的記憶。

(9) 能力本位教學(competency-based education, CBE)

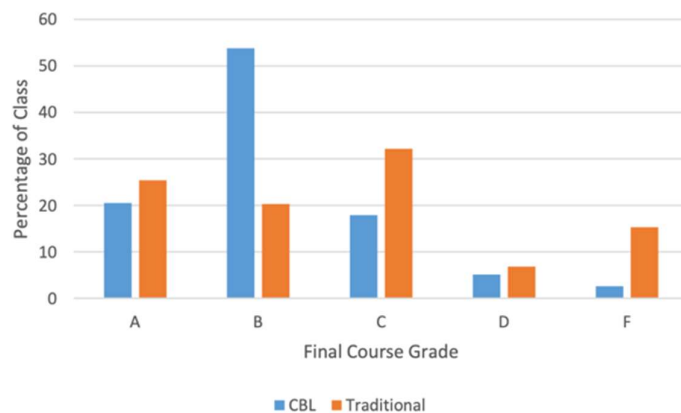
能力本位教學是突破僵化學習時數制，由學生自訂學習進度，評量自己能做什麼及知道什麼，不受限於學期、技能或知識熟練，藉由方案、論文、考試、報告、表演及學習檔案來證明學生自己。這種模式可擴增高等教育入學機會並降低教育成本，為高等教育注入創新轉型，提升高教品質。在使用能力本位教學的課程中，課程內容劃分成許多階段，學生在了解該階段大部分內容後，才能進入下一階段更複雜的主題。因此學生的學習進度是和其學習成效相關。這方法可確定學生都能充分了解每一階段的課程內容，以免初階內容沒有學習好，就進階到更複雜的內容，影響其學習成效及其自信心；否則將導致學生完全

放棄這一門課程。

(Henry 2007)發表的研究指出,能力本位教學有助於幫助多元化學生群體成功的學習,也符合一般業界只需要了解基本工程原理工程師的需求。(Umbleja 2017)發表有關在工程領域的課程中利用程序實現各種能力本位教學相關方法的研究。(Evans, 2015)的研究顯示與傳統方法相比,能力本位教學能幫助學生的學習獲得更高的成就,同時學生對自己能力也有了更強的信心。圖 4 是 San Jose State University 的 Okamoto 教授採用能力本位教學方式在 2019 年的教學上,並評估其成效(Okamoto, 2020)。該課程的主題分成三類別:預習,必修和補充。每個類別都包含多個子主題,整個學期共有 13 個子主題。學生需對每個子主題進行測驗。在當前類別的所有測驗中,需獲得 88%或更高的成績,才能進行下一類別的主題測驗。Okamoto 比較使用能力本位教學學習方法的學生分數與使用傳統方法教授的學生分數進行前末考分數比較。結果顯示,在理論問題上的表現相似,但使用能力本位教學進行教學時,學生解決基本主題的計算問題的能力顯著提高,並且學生的反饋意見也非常正向。



(a)



(b)

圖 4 : (a)能力本位教學學生的學習成果 ; (b)能力本位教學與傳統教學方式的學生成績比較

4. 教學設計與規劃 Teaching Planning

A. 教學目標

「電磁學」是研究射頻微波領域的基礎課程，這門課的課程目標是先讓學生具備電磁學的一些基本定理及了解電學、磁學、電磁波等相關的基礎知識，並藉由這些基礎知識嘗試利用傳輸線開發與設計電磁場相關的各種工程應用。學生在學習電磁學之後，除了奠定電磁學的基礎，會對周遭環境及其在現代無線通信中的實踐有基本概念，並能利用電磁學知識解決日常生活的電磁問題。

B. 教學方法

前述文獻探討的(1)至(4)是本計畫申請人過去常使用的教學方法。雖然在成效上可以維持一定的水準，但是這種單方向的教學方式，因缺少互動往往無法即時瞭解學生的狀況以適時調整。本研究計畫將改變過去的教學方式，將結合前述文獻探討(6)的任務型學習方式與(7)情境學習兩種創新性教學方式，將單調的講述教學的比例大幅縮減，改採不同形式的上課方式來呈現，目地是要增加課程的活潑性，促進學生的興趣及注意力，以提更學生的學習成效。

(A) 課堂講述：

在課程的第一節課，先用網路視頻 “The Amazing World of Electromagnetics!”向大二的學生介紹所有電磁學。此影片試圖用數學作為參考，直觀地解釋一切，使學生瞭解電磁理論的大部分基礎知識。本課程是以國內外大學課程用書「Fawwaz T. Ulaby and Umberto Ravaioli, *Fundamentals of Applied Electromagnetics*, 7/e, Pearson, 2015, ISBN: 9781292082448」進行授課。

為了增添上課的活潑性與互動性，是採用投影片配合動畫的方式，輔助學生閱讀及復習。上課時，也調整節奏，適時讓學生休息，有時間消化。部分範例內容，則是當場讓學生練習，可以達到一邊動筆一邊動腦，不致於入睡。

(B) 練習題：

電磁學課本附了許多練習題。本課程已蒐集重要且有代表性的題目，公告給學生，要求每週練習。為了加入多元化的教學素材，在課堂上講解習題的時間勢必會減少。所以另外安排助教課時間來講解練習題。

(C) 新聞報導：

新聞報導某副總統候選人自稱疑似受到電磁波攻擊，而且還說出 1875 萬這個奇怪數字；紙也刊載某物理博士製造大量汽油彈，自稱腦中被植入晶片，懷疑美國 FBI 或國安局有人用電磁波控制其行動云云。一時之間，電磁波好像成為無所不能的神奇力量，許多不合理性的行為也都可以用電磁波來合理化。

電磁過敏 (EHS) 的報導其實相當早，1990 年代末期即有相關研討會，2005 年世界衛生組織特別為此發表第 296 號文件。不少人自稱受電磁波影響而發生多種非特定性 (non-specific) 症狀，例如皮膚發紅、有刺痛感及燒灼感，神經衰弱、疲乏、不專心、眩暈、噁心、心悸等。這些症狀類似多種化學物質過敏症，但缺乏明確的毒理學或生理學基礎，也無獨立的驗證。

(D) 影片：

悠遊卡已經是現代台灣人的日常生活習慣，不論是搭乘捷運、公車，或是到超商、合作店家消費，只要將卡片靠近感應器「嗶」一下就能讀卡扣款，既便利又快速。利用電磁感應 (electromagnetic induction)，也就是悠遊卡使用的重要原理。由於影片的多樣性對學生極具吸引力，也比文字說明更容易理解。因此課程的進行中將會適時利用 Youtube 網站上的相關影片當作輔助，吸引學生的關注與集中。



圖 5：悠遊卡的使用方式

(E) 電磁學線上學習平台：

此平台是臺灣電磁產學聯盟為了推動電磁教育主題，結合數位科技，歷經多年建置完成的。作為課程輔助，本課程學生可經由此平台的電磁學科普影片更佳電磁學在日常生活中的應用。



圖 6：利用電磁學線上學習平台

C. 成績考核方式

本課程的成績考核方式，主要是依據多次期中考與期末考。期中考試的範圍只包含電磁學的基本概念，考題不難，旨在建立學生的學習興趣，但學生需充分了解吸收課堂上所講解的內容。期末考的權重最高，考試難度也越來越高，學生需認真上課及學習，鼓勵能堅持到最後的學生都能拿到很高的學期成績。

D. 各週課程進度

111 學年度第二學期的電磁學，學期課程共 17 週，各週進度如下表所示。

表 1：本門課的課程進度。

週次	課程進度	內容說明	備註
1~4	1. 課程內容介紹 2. 波與相位之基本知識 (1)電磁波基本單位與標識 (2)頻譜特性 (3)傳遞波現象	1. 電磁學發展歷程。 2. 利用時事介紹電磁學在生活中的應用。 3. 將電磁場問題簡化成電路學問題。	

	(4)複習複數、相位 3. 傳輸線 I (1)集總式元件模型 (2)傳輸線方程式 4. 第一次期中考	4. 利用期中考測驗學生的吸收能力。	
5~8	1. 傳輸線 II (1)史密斯圖 (2)阻抗匹配 (3)傳輸線的暫態現象 2. 第二次期中考	1.利用電磁學判斷新聞事件中關於電磁輻射的報導。 2. 利用影片介紹電路中阻抗的影響。 3.利用期中考測驗學生的吸收能力。	
9~11	1. 向量分析 (1)向量代數基本定理 (2)座標系統與轉換 (3)純量場、向量場 (4)梯度、散度、旋度與運算子 2. 第三次期中考	1.複習高中數學。 2.利用影片介紹電荷和電流的場分布現象。 3.利用期中考測驗學生的吸收能力。	
12~14	1. 靜電學 I (1) Maxwell's Equations (2)電荷與電流分布 (3)庫倫定律、高斯定律 (4)電位 2. 第四次期中考	1.利用報導解說庫倫定律、高斯定律。 2.利用影片介紹電位的產生與關係。 3.利用期中考測驗學生的吸收能力。	
15~17	1. 靜電學 II (1)導體、介電質 (2)邊界條件 (3)電容、電能 (4)影像法 2. 期末考	1.利用影片介紹導體與介電質在電磁場中的現象。 2.說明電能的儲存方式與效率，以及能量傳遞現象。 3.利用期末考測驗學生的吸收能力。	

E. 預計採用之學習成效評量工具與教學場域等

(A) 考試成績

學生的成績最容易量化，也是最容易追蹤學習成效的指標。本研究將藉由追蹤期中(末)考與歷年考試成績的比較來觀察學生的學習效果。

(B) 上課意見調查

期中考後辦理上課意見調查，探詢學生學習本課程之成就感及課堂中遇到之困難。讓學生在沒有課堂壓力的狀況下，讓學生分享心裡想法，找出如何進步的方向。其次是邀請在期中考平均之上的學生進行訪談，鼓勵其分享課堂中所得之成就，藉由同儕之間的影响力，帶動其其他學生之學習動力。

(C) 期末問卷調查

學期末問卷將採用滿意度五分法，由學生對本課程授課方式的滿意度、並由學生提供意見，指出需加強及改善之處，以及對教師授課方法之接受程度。做為下次開授相同課程式的調整依據。

5. 研究設計與執行方法 Research Methodology

圖 7(a)是本人對電磁學(一)的過去教學方式。經由多年的授課經驗，在教學上也是逐年作改進，以增進學生的學習，但是一直遺憾的是無法回饋至當屆授課的學生身上。經由文獻探討可以知道，學生對基礎知識學習困難之處在於不易將課程內容與日常生活遇見的問題相結合，所以學生不知道學這一門課的知識有什麼用途；不但造成學生學習興趣的低落、甚至很少來上課。

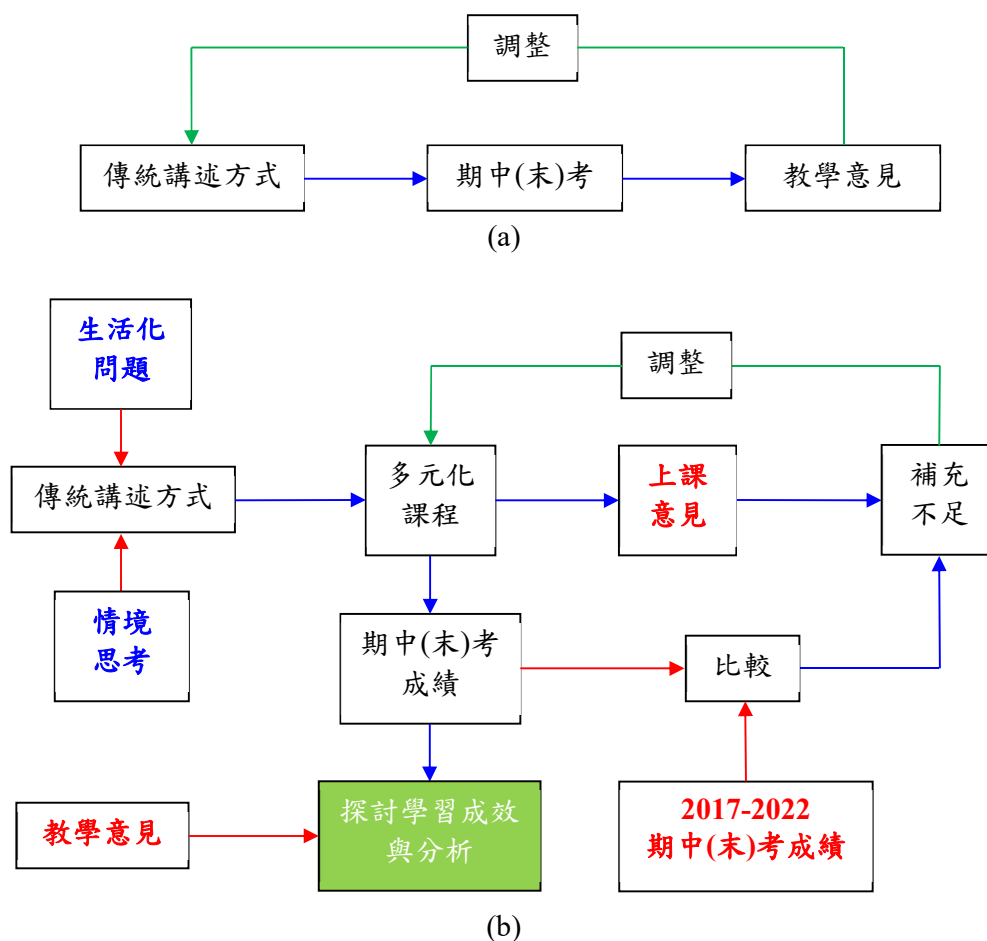


圖 7：(a)過去的教學架構；(b)本研究計畫之研究架構

本教學實踐研究計畫將問題導向及情境學習的教學方式加入傳統講述教學，並探討「課後訪談」與「歷年期中測驗分析」對提升學生學習效果之影響。研究方法及實施步驟說明如下：

A. 研究架構

本研究計劃的研究架構是如圖 7(b)所示，將任務型學習方式與情境學習共同加入傳統教學，形成多元化的教學。每次課程結束前會先總結一下讓學生們了解這一堂課的重點總結，學生可以翻書或是與同學討論把這一堂課該學的徹底理解清楚。除此之外，每一堂課後結束會進行簡單訪談，而教師根據學生的回饋可以了解學生尚未理解之處，並在下一堂課的時候進行補充說明或調整依據，並採用讓學生更容易接受或理解的方式。本研究計劃的期中考成績將與歷年(2017 到 2021 年)的成績進行比較，以了解學生在這種教學方式下的學習成效，當然其結果也會作為下一階段調整或補充的重要參考。最後期末考成績仍

舊會和歷年(2017 到 2022 年)的成績進行比較及分析，再加上教學意見彙整以進行探討學習成效與分析，深切探討此研究方法對學生學習的效果。

B. 研究問題/意識

本研究計劃的研究問題包含：

- (A)課堂中提供的情境是否符合學生期待。
- (B)電磁學練習題目是否生活化。
- (C)新加入的教學元素是否更讓學生容易理解。
- (D)哪一種教學元素最受學生喜歡。
- (E)在傳統講述法教學中，學生最不容易理解的部分是否在本研究方法中改善。

C. 研究範圍

本研究計畫的研究範圍包含學生：

- (A)在上課的表現：
利用問題式導向，讓學生在課程中多了思考部分，並以加分鼓勵嘗試回答問題，藉此觀察學生上課時候的表情及反應來了解學生是否理解。
- (B)出席率：
以往學生在第二次期中考之後，出席率及慢慢下降；到期末考時，可能有將近 15%的學生不到課堂上上課。期末考時大約有 5%的學生缺考。
- (C)期中考成績：
學生的期中或期末考成績是主要的成績佔比，所以學生會對這些成績較為重視。本研究會追蹤期中、末考成績並與歷年成績比較。
- (D)學生的反饋意見：
藉由學生的反饋意見，可以了解學生對此課程內容的接受度並做即時的修改，以適應學生的學習。

D. 研究對象與場域

本計畫的研究對象為 111 學年度第二學期修習「電磁學(一)」的學生。在 2023 年 1 月開始進行選課前會先公開說明本課程的改變，以及將要實施的研究方法，讓學生在選課前能充分了解在本課程中的研究目的、主題與進行的過程。

E. 研究方法與工具

大部分對文獻提到單獨利用情境式或是問題導向式的教學方法皆能分別提高學生的學習興趣，因此本研究計劃的方法將同時利用情境式及問題導向的教學方法來提高學生的學習興趣。文獻中雖然已有學者採用此方法進行教學，但是其教學成果的呈現方式僅以問卷調查的方式來呈現，缺少量化的指標。因此本研究計劃將設計一個具有量化指標來呈現此方法對電磁學教學成果的展現。

F. 資料處理與分析

- (A)上課的表現：
雖然上課表現不易以量化指標來呈現，但以鼓勵學生回答問題的角度，仍舊能以學生回答問題的反應程度，並教師過往的經驗作判斷。
- (B)出席率：
每次上課將由助教協助點名計算出席率，學期末將呈現每一堂課的學生出席率。
- (C)期中(末)考成績：
將全班的期中(末)成績平均，再與歷年的期中(末)成績比較。

(D)反饋意見：

本校教學中心在學期末都會進行教學意見調查。學生可針對各個題目進行 1 到 5 分的評分。本研究計畫將針對電磁學的各個章節、加入的素材、及不同教學方法設計問卷。藉由平均分數及標準差來呈現學生的反饋意見。此外也將學生對文字意見進行分析整理，做為隔年教學方式的改善參考。

6. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

本計畫原本的研究對象，是選定 111 學年度第二學期修習「電磁學(一)」的學生，為了增加本計劃的驗證數據，本人於 110 年 12 月寫完計畫申請書後，立即在 110 學年度第二學期開設的「電磁學(一)」課程施行此計畫欲採用的方式。雖然由圖 8 的成績統計結果，可得知學期總成績的平均分數僅大約提高 5~10 分，但期中至期末考共 5 次之平均成績則大幅提高 20 多分。由於學期總成績的平均分數差異並不大，是經由普遍加分後的結果，無法確實反映學生的學習成效；但實施此計畫所提出的方法，則可以發現學生每次考試的平均成績均大幅提高，而且學期成績總成績的平均分數就不需要再執行加分，真正反映學生的學習成果。

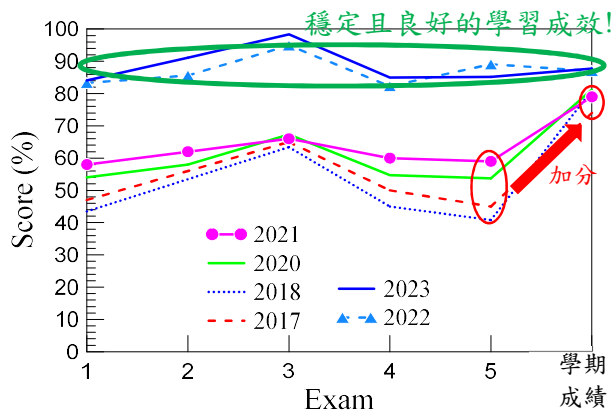


圖 8：2022 年與 2023 年期中至期末考共 5 次之平均成績以及學期平均成績

過去未曾執行此計畫前，學期末對學生學期成績的調整方式均是採用加分的方式。由於加分主要是調整成績低的學生成績，這樣的結果確實會無法反應成績低的學生學習成效。在實施此計畫提出的改進方式並經由 2022 年與 2023 年的驗證，發現學生的學習成效真的有提升了。

7. 建議與省思 Recommendations and Reflections

充分了解教學實踐研究計畫的核心精神，有助於完成計畫之撰寫。由於計畫的核心精神是：「...以教育現場或文獻資料提出問題，透過課程設計、教材教法、或引入教具、科技媒體運用等方式，採取適當之研究方法及評量工具檢證成效之歷程。」。因此充分了解計畫精神，將內容投注於課程與教學方法之設計，並且規劃合適的研究設計與評量方式來進行研究，才是通過計畫並順利執行的不二法門。

二. 參考文獻 References

- [1] 周愚文. 〈講述教學法〉. 《多元化的教學方法》 (台北: 師大書苑). 1995: 41-52。
- [2] Bakrania, S., “A visual approach to teaching properties of water in engineering thermodynamics,” *Advances in Engineering Education* 8 (2020) 1-17.
- [3] Bakrania, S. and Haas, F.M., “Teaching thermodynamic properties of water without tears,” *2019 ASEE Annual Conference & Exposition*, Tampa, Florida (June 2019)
- [4] Bakrania, S., & Mallouk, K., “Blowing off steam tables,” *2017 ASEE Annual Conference & Exposition*, Columbus, Ohio (June 2017)
- [5] Baran, M., Sozbilir, M., “An application of context- and problem-based learning (C-PBL) into teaching thermodynamics.” *Res Sci Educ.* 48 (2018) 663–689.
- [6] Baughn, J., and Maixner, M., “Teaching psychrometry to undergraduates,” *2007 ASEE Annual Conference & Exposition*, Honolulu, Hawaii (June 2007).
- [7] Bennett, J. (2005). “Bringing science to life: the research evidence on teaching science in context.” York: University of York, Department of Educational Studies.
- [8] Castier, M., & Amer, M. “XSEOS: an evolving tool for teaching chemical engineering thermodynamics,” *Education for Chemical Engineers* 6 (2011) 62–70.
- [9] Doige, C. A., & Day, T. “A typology of undergraduate textbook definitions of ‘heat’ across science disciplines,” *International Journal of Science Education* 34 (2012) 677–700.
- [10] Evans, J.J., Garcia, E., Smith, M., Van Epps, A., Fosmire, M., S. Matei, S., “An assessment architecture for competency-based learning: Version 1.0,” in *Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Conference*, El Paso, TX, 2015.
- [11] Henri, M., Johnson, M.D., and Nepal, B., “A review of competency-based learning: Tools, assessments, and recommendations,” *Journal of Engineering Education* 106 (2017) 607- 638.
- [12] Johnson, D.W. and Johnson, R.T. (1987), “Learning Together and Alone : Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning. Englewood Cliffs,” NJ : Prentice-Hall.
- [13] Klimenko, A.Y. “Teaching the third law of thermodynamics,” *The Open Thermodynamics Journal* 6 (2012) 1–14
- [14] King, D. T. “New perspectives on context-based chemistry education: using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning.” *Studies in Science Education* 48 (2012) 51–87.
- [15] Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. “Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching.” *Educational Psychologist* 4 (2006) 75–86.
- [16] Krishnan, S., & Nalim, R. “Project - based learning in introductory thermodynamics.” *116th ASEE Annual Conference* (2009).

- [17] Maixner, M., “Interactive graphic depiction of working fluid thermal properties using spreadsheets,” *2006 ASEE Annual Conference & Exposition*, Chicago, Illinois (June 2006).
- [18] Okamoto N., “Implementation of competency-based learning assessment in an undergraduate thermodynamics course,” *ASEE’s Virtual Conference* (June, 2020)
- [19] Overton, T.L., Byers, B., Seery, M.K. (2009), “Context-and problem-based learning in higher education.” In I. Eilks & B. Byers (Eds.), *Innovative methods of teaching and learning in higher education*, Cambridge: RSC publishing. Pp. 43-59.
- [20] Parker, R.E. (1985), “Small-group cooperative learning--improving academic, social gains in the classroom.” *Nass Bulletin*, 69 (479), PP. 48-57.
- [21] Pfothenauer, J. M., Gagnon, D. J., Litzkow, M., and Pribbenow, C. M., “Game design and learning objectives for under- graduate engineering thermodynamics,” *2015 ASEE Annual Conference and Exposition*, Seattle, Washington. (June 2015)
- [22] Senocak, E., Taşkesenligil, Y., & Sözbilir, M. “A study on teaching gases to prospective primary science teachers through problem-based learning.” *Research in Science Education* 37 (2007) 279–290.
- [23] Sözbilir, M., Pınarbaşı, T., & Canpolat, N. “Prospective chemistry teachers’ conceptions of chemical thermodynamics and kinetics.” *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 6 (2010) 111–122.
- [24] Sreenivasulu, B., & Subramaniam, R. “University students’ understanding of chemical thermodynamics,” *International Journal of Science Education* 35 (2013) 601–635.
- [25] Sweller, J., Kirschner, P. A., & Clark, R. E. “Why minimally guided teaching techniques do not work: a reply to commentaries,” *Educational Psychologist* 42 (2007) 115–121.
- [26] Tosun, C., & Taşkesenligil, Y. “The effect of problem-based learning on the undergraduate students’ learning about solutions and their physical properties and scientific process skills,” *Chemistry Education Research and Practice* 14 (2013) 36–50.
- [27] Urieli, I., “Engineering thermodynamics: a graphical approach,” *2010 ASEE Annual Conference & Exposition*, Louisville, Kentucky (June 2010)
- [28] Umbleja K., Kukk, V., and Jaanus, M., “Analysis of competency-based learning — 6 years later,” in *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Athens, 2017.
- [29] Williams, D.P., “Context- and problem-based learning in chemistry in higher education,” Seery, M.K. and McDonnell, C. (Eds), *Teaching Chemistry in Higher Education: A Festschrift in Honour of Professor Tina Overton*, Creathach Press, Dublin, (2019) pp. 123-136.
- [30] Yu, KC., Fan, SC. & Lin, KY. “Enhancing students’ problem-solving skills through context-based learning,” *International Journal of Science and Mathematics Education* 13 (2015) 1377–1401.