

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：PEE1122189

學門專案分類/Division：工程

計畫年度：112 年度一年期 111 年度多年期

執行期間/Funding Period：2023.08.01 – 2024.07.31

**(計畫名稱/ CDIO 模式結合軟體輔助教學法融滲於工程數學之課程
實踐)**

(配合課程名稱/工程數學)

計畫主持人(Principal Investigator)：田春林

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：逢甲大學/電機工程學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2024 年 8 月 20 日

目錄

目次.....	1
摘要.....	2
一、本文(Content).....	3
1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose) ..	3
2. 研究問題(Research Question)	4
3. 文獻探討(Literature Review)	4
4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)	7
5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology).....	8
6. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes).	10
(1) 教學過程與成果.....	10
(2) 教師教學反思	12
(3) 學生學習回饋	13
7. 建議與省思(Recommendations and Reflections)	15
二、參考文獻(References)	16
三、附件(Appendix).....	19

摘要

「工程數學」課程為工程領域相關科系核心專業課程之基礎，在「工程數學」課程的教學現場觀察到問題是學生多半會面對多樣的題型變化，只能反覆練習解題的過程而降低學習興趣，且普遍無法將所學到的數學解題思考模式或方法應用於實際工程問題，甚至對解出來的答案無法作出合理解釋。在教學問答過程中發覺大二學生對所學各種數學方法的物理意義、運作方式等不甚了解，因而無法選擇合適的數學方法來解析問題，對「工程數學」課程的普遍印象僅停留在進行許多微積分運算而已，在一定程度上也影響後續專業課程的學習興趣。因此，本研究採用 CDIO 模式結合「問題導向教學法」、「軟體輔助教學法」等，使原背景知識充足的學生持續保有學習的興趣，並協助背景知識不足的學生有效率地充實背景知識、減少其學習障礙。於學期末進行工程數學(二)教學與學習問卷之敘述性統計，問卷設計 20 個評估問題並採用李克特五點量表(Likert scale)進行評估。本問卷調查共回收有效問卷 56 份。透過最終問卷的敘述統計數據反映出，學生對課程的整體滿意度較高 (Mean > 4.21)，特別是在課程結構、教學清晰度和學習成效方面。整體而言，修課學生對 112 學年度工程數學(二)之課程授課內容滿意度高，教師採用 CDIO 模式之課程設計符合學生需求，有助於學生提高學習成效。

計畫名稱 (CDIO 模式結合軟體輔助教學法融滲於工程數學之課程實踐)

一、本文(Content)

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

「工程數學」課程目標為培育學生具備將實際工程問題轉換為數學模式、善用各種解數學模式的方法、解釋問題解答的合理性或物理意義之能力。然而，計畫申請人在「工程數學」課程教學現場觀察到的問題為：學生多半會陷入枯燥反覆練習解題的過程而降低學習興趣，且普遍無法將所學到的解數學模式之方法與實際工程問題進行連結，以及對解出來的答案無法作出合理解釋或描述其內涵的物理意義等。當「工程數學」與其他專業課程彼此之間欠缺足夠縱向關聯時，學生不知所學為何而用，使得學生普遍不願投入更多心力學習與深入探究該科目，在一定程度上也影響後續專業課程的學習興趣，且學生畢業後必須自行摸索所學與產業實務之連結，使得未來就業接軌時間拉長，間接降低就業競爭力。為改善這些問題，提出基於 CDIO 模式及 PBL 教學法進行實體教學改進的實踐，策略包括：

- (1) 教導學生運用電腦輔助軟體工具(使用 MATLAB)，將電路與影像分析結果進行可視化，強化動手實作、數值分析與理解能力。
- (2) 使用電子零件及麵包板設計製作常見的基本電路，透過 CDIO 動手實作的方式，協助學生更加理解電路設計與模擬分析，藉以建立工程數學應用概念。
- (3) 採用 CDIO 模式進行分組實作方式，促使學生之間相互討論微分方程式對應於電子電路的設計與實作能力，培養學生團隊合作、溝通、問題解決等軟能力。

本研究計畫導入 CDIO 工程教育模式[1]，CDIO 定義為 Conceive(構思)、Design(設計)、Implement(實施)、Operate(運作)，係由 MIT 和 Stanford 等知名大學所發起的人才培育模式(如圖 1)，CDIO 是以「構思、設計、執行和運作(Conceive-Design-Implementation-Operation，簡稱 CDIO)」為理論基礎，在以學生學習成效為主體的基礎下，導入 CDIO 人才培育模式並結合 PBL 課程設計，培養學生實務能力。工程數學課程藉由電腦軟體輔助及手動實作的融入與解題方法引導，以期提高學生的學習興趣與增強學生的理解程度。另外，為讓學生進一步發揮創意，以工程數學相關內容為主題發想，由各組同學自行設計主題之專題作品，整合學期中所學的各项工程數學原理，讓專題作品更加實用化，期末利用口頭報告的方式，讓各組學生互相觀摩，藉此加強口頭表達、陳述數學邏輯與解法、電腦軟體模擬、簡報製作等軟能力之訓練，提升學生的參與感及學習興趣，達到加成的學習效果。

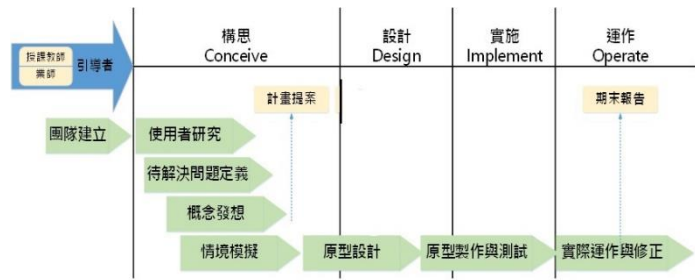


圖 1 工程數學導入 CDIO 工程教育模式

2. 研究問題 (Research Question)

在相關科系的課程地圖中，「工程數學」為學系基礎必修課程，電機系為例課程內容包括：常微分方程式、拉普拉斯(Laplace)轉換、冪級數解、正交函數、傅立葉(Fourier)級數與轉換、偏微分方程式等數學分析方法，為培育學生具備將實際工程問題轉換為數學模式，並善用各種數學解題模式以及軟體工具的方法，解釋問題答案的合理性或物理意義之能力。然而，計畫申請人在「工程數學」課程的教學現場觀察到問題為：學生多半會面對多樣的題型變化，只能反覆練習解題的過程而降低學習興趣，且普遍無法將所學到的數學解題模式或方法應用於實際工程問題，甚至對解出來的答案無法作出合理解釋或描述其內涵的物理意義等，這些教學現場問題如圖 2 所示。由於學生不知如何採取適當的分析方法導致學習成效不佳，這也使得有些學生不願投入更多心力學習與探究該科目。

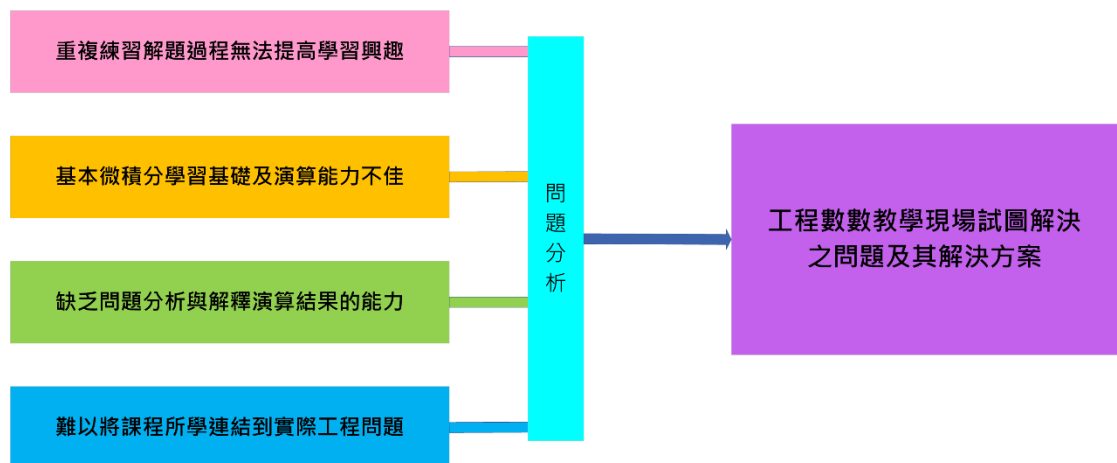


圖 2 教學現場問題

3. 文獻探討 (Literature Review)

為了提升課堂的教學品質，有許多新型的教育理念，如翻轉教室、磨課師、行動學習與 CDIO 工程教育模式相繼被提出來，其基本的概念簡述如下。翻轉教室又稱為翻轉課堂或顛倒教室，是起源於美國一種新興的教育模式 [2-6]。翻轉教室的執行方式是由學生預先閱讀由老師準備之課程內容，再到

課堂上和老師一起完成作業，並進行討論和提問。這種教學方式的特色是在家學習，再到學校完成作業，與以往教學模式相反，而學生與老師的角色就像是調換一樣。而後隨著翻轉的概念不斷進行創新改造，從教學流程到教育價值觀層面。以學生為核心的教學，將學習的主動權交還給學生，啟發學生學習興趣，自主學習能力。

MOOCs 或稱磨課師，是一種線上學習的模式，讓人們可以透過網路進行線上學習[7-12]。可以突破現有教育模式的瓶頸，如課堂修課人數不被教室大小限制，以及不須固定時間，何時何地都可以進行學習，能夠有效利用時間。隨著科技的快速發展，教育型態不再只是課堂上的教學。網際網路的資訊媒體隨著行動裝置的盛行快速傳播，因此，發展出許多線上的教學課程，如 MOOC 線上學習網站。台灣也在 2007 年開始陸續加入這個行列，並於 2008 年底成立了台灣開放式課程聯盟(Taiwan Open Course Ware Consortium, TOCWC)，其中也包含了許多台灣頂尖學校分享其教學資源。這種 MOOC 的概念，讓學生可以在課堂學習前預覽課程內容，並在課堂上積極的參與討論及交流，課程後能以社群管道分享學習心得，以提升學習的效率及成果。大規模開放式課程的出現將提供學生開放式、社會化與網路線上式的學習概念，也就是說除了學校課程之外，也可以學習不同的專業，為就業與升學做準備。

行動學習可視為翻轉教室的另一種實現模式，行動學習同樣不受限於教室，無教學環境之限制[13-14]。結合可攜帶裝置，進一步將翻轉教室的翻轉概念，延伸至所有可攜式裝置能到達的地方。藉由記憶體強大的資訊儲存能力，學習不受限於書本，設備。近年蓬勃發展之智慧型手機即為此概念最好的推手，並且在未來更可能將學習結合時下流行的 APP，甚至線上遊戲。主動學習強調以學生為中心，學生必須自己負起學習的責任，了解應該要知道什麼，以什麼方式學習，提出問題、蒐集資料、提出可能的解釋和所依據的證據等，而對問題有更好的了解和解決。學生透過目標導向學習，就像實際的從業人員一樣(real practitioners)，一起討論、比較、分析、檢視大家所學到的知識和能力[15]。

CDIO 是一套完整的產業人才培育架構，其標準是直接參考產業界需求，以真實世界的產品/系統為導向，進行構思、設計、實踐、運作等全產品設計過程的教育，讓學生掌握紮實的基礎知識，構思並設計新的產品，同時能夠實踐及有效運作，培養成為學用合一的產業人才。採用 CDIO 主要動機為讓工程教育更為嚴謹、在教育設計上需要更有系統的方法論、希望讓課程更具設計及創新內容。除了工程領域外，CDIO 的人才培育模式亦應用於商業、管理、人文社會科學等其他領域。大部份 CDIO 導入能成功地讓學習及外界對教育品質受到肯定。CDIO 大綱相當周全，未來可以往多重跨領域整合經驗發展。

本計畫擬藉由問題導向學習(problem based learning, PBL)方式引起學生學習動機，進而自主完成課前閱讀的準備，其中問題導向學習係指透過特定問題或情境誘發學生思考，並建立學習目標，最後通過理解或解決該特定問題來學習知識的過程。由於傳統教育方式大多是教師在課堂上傳授各學科的系統性知識，期待學生學會後到實務現場時能自行整合，應用所學解決問題。

然而，當學生到實務現場時，常發現真實世界的問題相當複雜又捉摸不定，以致常抱怨理論無用。「問題導向學習」反其道而行，從真實問題出發，由於問題的「真實性」常能引發學生的好奇，激發他們想要了解的動機，驅使自我導向的學習(self-directed learning)，試圖解決問題，最後體會「我經驗過，所以我學會」(I experience, therefore, I learn.) [16]。研究表明，如果不迅速應用和實踐，學習事件後保留的信息量會迅速減少。學習金字塔如圖 3 所示。美國學者戴爾 (Edgar Dale) 提出了學習金字塔 (Learning pyramid) 的理論[17]，學習者可以參與各種方法，學習信息能夠以不同的保留百分比(保留率)來表示。由緬因州 Bethel 國家培訓實驗室研究和創建的學習金字塔，說明了與各種方法相關的學習者回憶百分比。由上而下來看，前四個層次(聽講、閱讀、視聽影像和示範)屬於被動學習方法。而最底層的三個層次(參與討論、通過實際操作和教導其他人)是屬於主動學習方法。學習金字塔清楚地表明，積極參與學習過程可以提高學習的保留率。在初次學習兩個星期後，透過閱讀學習能夠記住內容的 10%；透過視聽、影像學習能夠記住內容的 20%；透過展覽、現場觀摩、示範學習能夠記住內容的 30%；透過參與討論、提問、發言來學習能夠記住 50%；做報告、教學、模擬體驗、實際操作能夠記住 70%；、透過實作練習和教導他人學習能達到保留率 90%。美國緬因州 Bethel 國家培訓實驗室 (National Training Laboratories) 做過類似的研究，結論跟戴爾相近。傳統的教學方法，如口頭講課和指定閱讀資料，被認為是被動學習。為了提高學習保留率，學習專業人員必須將更積極的方法納入教學過程。因此，本計畫擬藉由電腦軟體輔助分析搭配分組專題研究方式，協助學生將解題結果可視化，讓學生從中學習探討分析變數的對應關係，不僅能減低傳統反覆練習解題的枯燥感，同時也強化學生思考與理解問題解答所內涵的物理意義。

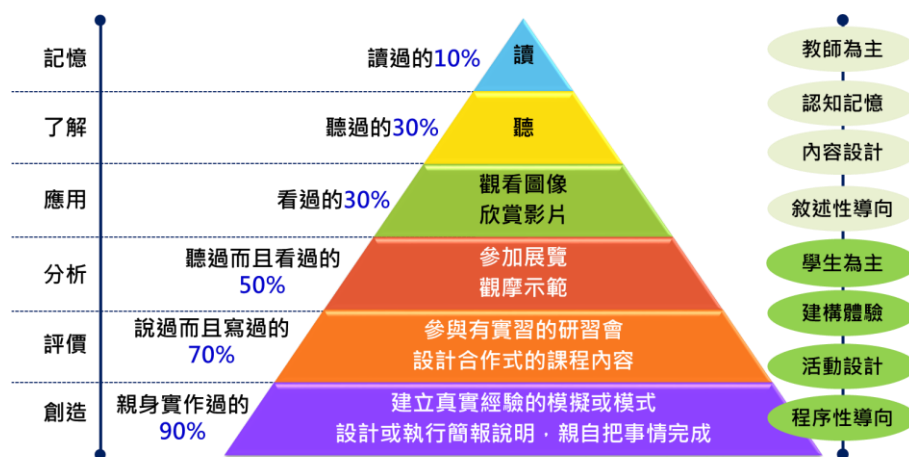


圖 3 學習金字塔(learning pyramid):對學生能夠記憶度的探討[17]

在電腦軟體輔助數學課程教學成效研究方面，分析對象多半為國高中學生[18]，2010年張義松的研究結果顯示，電腦軟體輔助數學課程教學在：(a)學習成效方面，對高分群與低分群學生不存在顯著差異，對中分群學生則有顯著性改善；(b)學習時效方面，對高分群與低分群學生不存在顯著性差異，對中分群學生則有顯著性改善；(c)學習態度方面，高分群學生不存在顯著性差異，中分群與低分群學生則有顯著性改善；(d)學生普遍對電腦輔助教學抱持正面態度，顯見電腦軟體輔助教學有助於學生學習成效的提升。然而，針對電腦軟體輔助分析於大學「工程數學」課程的學習成效提升方面，除了研究開發出能繪製基本三角函數波形、三角函數積分面積圖、傅立葉級數諧波合成圖及頻譜圖的可視化之外，目前這方面的文獻資料較少，這也是本計畫擬投入研究的原因之一。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

(1) 教學設計與規劃說明

本計畫提出以「問題導向學習」來激發學生的解題慾望、提高學生的學習動機、強化課程與實際工程問題的連結性，以及運用「電腦軟體輔助分析」化解傳統反覆練習解題的枯燥感、強化學生理解問題解答所內涵的物理意義，進而深化「工程數學」課程和學系專業課程的縱向關聯，整體教學設計與規劃說明如圖 6 所示。本計畫的研究範圍為包含電機系必修課程「工程數學(一)」與「工程數學(二)」，兩學期課程的教學目標與成績考核方式分別如下：

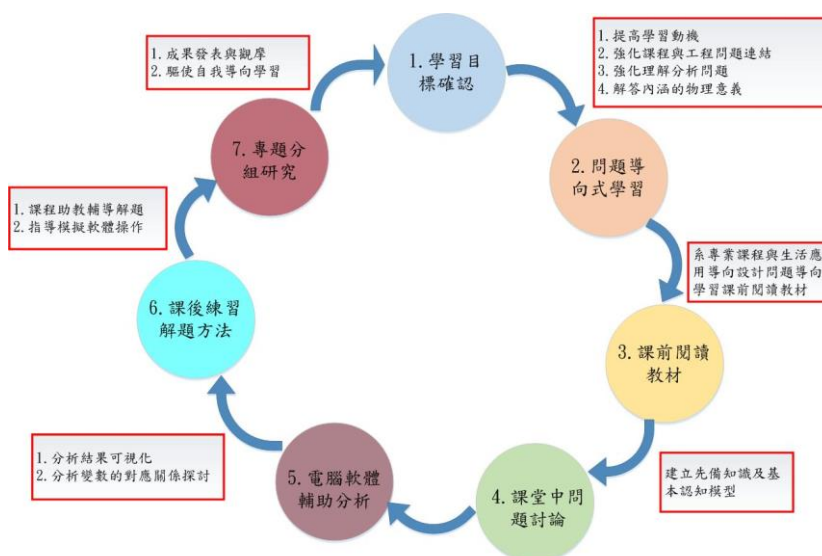


圖 4 整體教學設計與規劃說明

「工程數學(一)」的教學目標：

- 瞭解何謂微分方程式，且能將工程問題以微分方程式描述及求解。
- 瞭解何謂拉普拉斯轉換及其在解微分方程式上的應用。
- 瞭解基本矩陣運算及其在解線性聯立微分方程組上的應用。

「工程數學(二)」的教學目標：

- 瞭解冪級數及正交函數，且能將物理系統用數學方程式描述及求解。
- 瞭解傅利葉級數／轉換、演算步驟和技巧及其在工程上的應用。
- 瞭解偏微分方程式、解題方法及其在工程上的應用。

課程成績考核方式：

- 出缺席與課堂參與:出缺席(10%)、課堂參與(10%)。
- 作業與小考(20%)。
- 期中考試(30%)。
- 期末分組專題報告(30%)。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

在「問題導向學習」與「電腦軟體輔助教學」方面的規劃，其係以學系專業課程的工程問題為案例，依據課程章節設計對應課前閱讀教材與課後練習題目(或以電腦軟體輔助模擬分析方式進行)，在讓學生瞭解問題背景後，將提及實際要解決的工程問題為何，明確引導具體應用案例。

在課中討論與課後練習部份，將依該學期授課章節選擇合適單元設計題目，在此以第二學期課程有關傅立葉分析單元為設計參考題目如下：

- (a)使用一個連續傅立葉級數用以近似方波訊號，並利用 MATLAB 或其他數學軟體畫出級數前四項個別的圖形，以及傅立葉級數各項總和之圖形。
- (b)此數據係由多個不同頻率的弦波與隨機訊號合成出來，則利用 MATLAB 或其他數學軟體，完成以下要求：
 - 繪出原始數據隨時間變化之關係圖，並進行說明。
 - 利用快速傅立葉分析繪出該數據的功率頻譜圖，並說明分析的結果。

A. 研究架構

本計畫研究架構如圖 7 所示，於課程開始前實施前測，接著在各階段課程導入「問題導向教學」與「電腦軟體輔助教學」進行教學改善，並於期中考後讓學生進行分組專題研究，最後於期末時進行分組專題研究成果發表、課程後測、課程調查問卷等，其中分組專題研究成果發表係以各階段課程所學為基礎，讓學生能進一步整合所學各種數學方法，同時利用口頭發表的方式，讓各組學生彼此競

爭、互相觀摩，並藉此加強口頭表達、陳述邏輯思維、簡報製作等軟體能力之訓練，提升學生的參與感及認同度，達到加成的學習效果。

由於計畫研究範圍包含電機系必修課程「工程數學(一)」與「工程數學(二)」，除了極少數的高年級重修生之外，其餘為同批的大二學生，因此不僅能評估各學期的教學改進成效，另可進一步評估相較第一學期，同批學生於第二學期學習時，是否在學習動機、應用電腦軟體輔助分析、應用所學內容、自我學習、解釋問題答案的物理意義等方面有所提升，是否在口頭表達、陳述邏輯、簡報製作等軟能力方面有所進步。

B. 研究問題

本計畫主要探討的研究問題如下：

- 「問題導向學習」：對激發學的解題慾望、提升學生學習動機、強化課程與實際問題連結方面是否有顯著影響。
- 電腦軟體輔助教學：對協助學生將解題結果可視化、化解傳統反覆練習解題的枯燥感、強化對理解問題解答所內涵的物理意義方面是否有顯著影響。
- CDIO 分組專題研究：對應用所學內容、驅使自我學習、加強口頭表達、陳述邏輯、簡報製作等軟能力方面有顯著影響。

C. 研究範圍

本計畫的研究範圍為包含電機系必修課程「工程數學(一)」與「工程數學(二)」，其中「工程數學(一)」的授課內容包括微分方程式、拉普拉斯轉換、解線性聯立微分方程組等，課程內容規劃如表 2 所示；「工程數學(二)」的授課內容則包括冪級數求解微分方程式、正交函數、傅立葉級數分析、偏微分方程等課程內容。

D. 研究對象與場域

本計畫的研究對象為電機系修習必修課程「工程數學(一)」與「工程數學(二)」之大二(含)以上學生，並曾通過微積分基礎課程、具備電腦基本操作能力。研究場域為一般教室，班級人數約在 60 至 70 人之間，當進行分組專題研究活動時，以 4~6 人分做一小組團隊，約有 10 個團隊。

E. 研究方法與工具

逢甲大學以學生學習成效為主體，在教學評量上推廣以 Rubrics 方法來檢核學習成效，其中 Rubrics 是以學習表現為基準，反應學生的專業知識與情意目標(軟實力)，因此本計畫的學生學習成效評量擬以 Rubrics 為核心，配合逢甲大學一貫教學政策施行。同時搭配兩學期課程的前後測成績與課程調查問卷來進行資料的收集與分析。在課程調查問卷部份，將針對上課學生採用網路不記名方式填寫，其中問卷內容將採用李克特量表(Likert scale)分成 5 個級分，並包含 40 個問題，其 10 個問題來評估「問題導向學習」對激發學生的解題慾望、提升學生學習動機、

強化課程與實際問題連結方面的成效；10 個問題來評估「軟體輔助分析」對協助學生將解題結果可視化、減低傳統反覆練習解題的枯燥感、強化對理解問題解答所內涵的物理意義方面之成效；10 個問題來評估「CDIO 分組專題研究」對應用所學內容、驅使自我學習、強加口頭表達、陳述邏輯、簡報製作等軟能力方面之成效；最後 10 個問題用以評估總體課程、以及深化課程和其他專業課程的縱向關聯方面之成效。

工程數學課程結合 CDIO 教學模式及 PBL 教學法並透過 MATLAB 軟體輔助教學法，可以讓學生了解工程數學的重要內涵，並能直觀的了解工程數學之實際應用案例。將數學問題利用 MATLAB 或 Mathcad 軟體，經由程式編寫，將其結果以圖像化的方式輸出，讓學生可以更加瞭解其背後意義。MATLAB 及 Mathcad 軟體提供了許多解決工程數學問題的方法，如：常微分方程、偏微分方程，甚至是拉普拉斯轉換及複雜的傅立葉轉換等。學習軟體操作的方法，透過這些軟體程式指令的下達，學生可以快速的解決數學問題，相信對專業課程學習與未來就業上都能有所幫助。其中 MATLAB 雖然為一套商用數學軟體，主要用於演算法開發、資料視覺化、數據分析與計算等功能，除了一般的程式撰寫之外，MATLAB 也提供視覺化設計工具，可以對各種系統進行設計、模擬與測試。

H. 評量方式

為了蒐集學生特質與學習狀況及其學習成效，本研究採用量性研究方法之問卷調查法，以及回溯性研究，使用學生資料庫次級資料。一般而言，CDIO 之評量方式採用多元評量[19,20]，且於學習前、後各進行評量，如此所蒐集之數據更為全面。可採用的評量方法如下：

- (1). 同儕評量
- (2). 書面報告
- (3). 口頭報告
- (4). 作品展示
- (5). 採用 Rubric 評分表評量

採用多種評量方式可以直接反映出學生的批判性思考以及邏輯能力，同時記錄學生的學習過程。雖然必須耗費大量時間去閱讀且評估，但是學生所得到的反饋是最為有效。透過不同評量方式能有效評估學生對概念的理解、知識創新、學習能力和態度等。

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

(1) 教學過程與成果

工程數學教學過程以PPT及板書講解為主，由教學助理透過數位攝影機同步

錄製上課教室的教學活動，課後學生利用 iLearn 平台於家中也可複習課程內容。在授課過程中，老師講解課程重點直接在黑板上的書寫推導公式及導入 CDIO 模式進行例題演算說明，學生上課過程中有疑問，可對話詢問，老師可即時做回覆。

上課教學影片提供學生課後複習相關的授課內容，使學生針對教學內容可以深入學習，透過重複觀看教學影片，改善授課教師因教學時數的限制，無法重複講解之問題。上課教學影片經營方式可分成以下三個階段。

(一)課前準備工作，以「循序漸進」的方式來設計與整理課程的相關資料，擬訂線上學習課程的策略及方針。

(二)在課堂中演練例題，希望學生不僅僅只是聽看老師如何解說課程內容，還能動手演練課程中所教授的練習題，以強化解題能力。

三、最後則是在課後評量的工作，將會規劃單元測驗與隨堂測驗，使修課同學即時評定學習成果，讓同學們針對觀念模糊與不足的課程主題，能再做進一步的加強。

規劃完整的教學大綱與教學目標之後，很重要的一個步驟就是要得知學生是否有達到要求之學習成果，而一個好的學習評量是要能夠配合教學和學習而達到教學目標。有鑑於此，本計畫將採用如圖 5 所示之四個階段：(a)學習評估之過程；(b)對於課程，學習成果和教學方法之評估方法的校準；(c)使用多樣化評估方法來對學生進行評估；(d)利用所得評估數據來增強學習和教學，來評量學生之學習成果。在這四個階段中的最後一個也是最為重要的階段，其包含了給予學生的反饋以及質的培養。逢甲大學已建置全校性 Rubrics 評量工具，在教學網站上使用的路徑如下：

逢甲大學 ilearn 平台→我的課程→精進教師教學→CDIO→教學工具→Rubrics

依據前述的評量方法，工程數學(二)前測學生成績分布如圖 6 所示，課程導入 CDIO 教學模式後學生成績分布如圖 7 所示，明顯看出學生學習成效的提升。

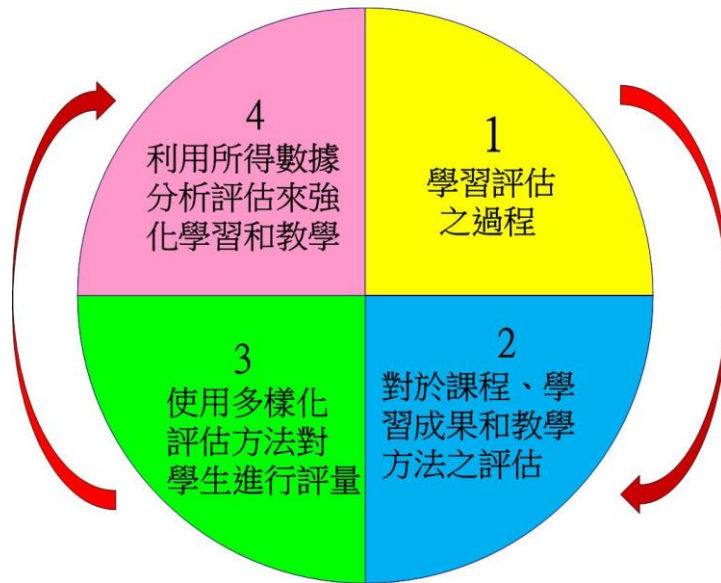


圖5 學習評量之實施程序

工程數學(二)前測成績分布圖

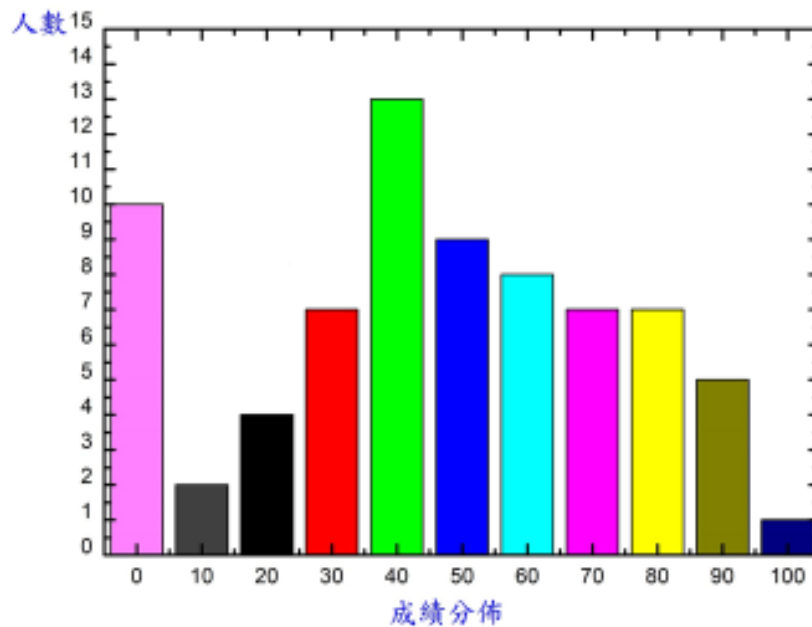


圖6 學生前測成績分布

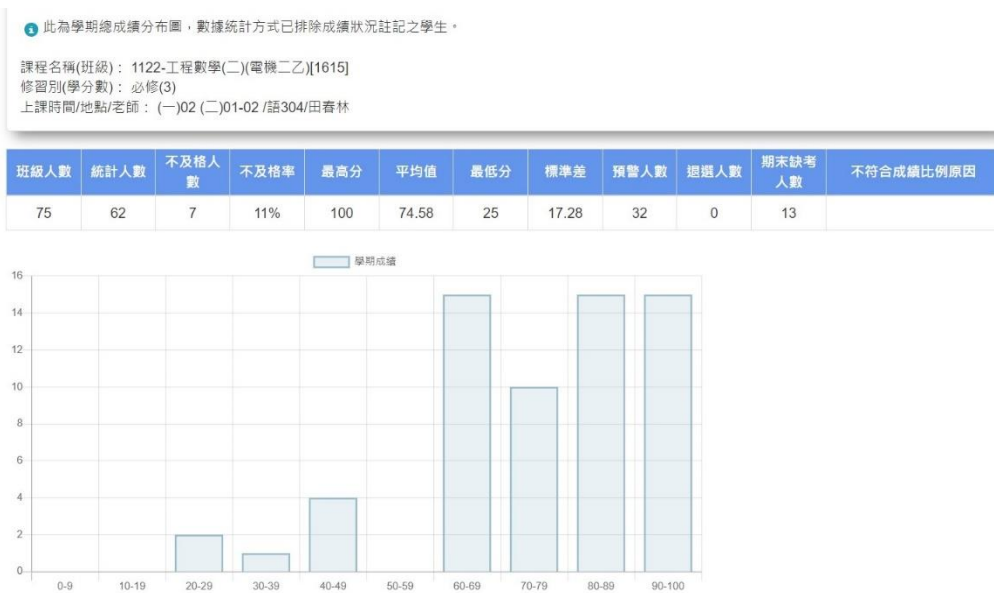


圖 7 學生期末成績分布

(2) 教師教學反思

在課程開始之前規劃課程資料公開網站(iLearn 平台)與學生線上學習 Teams 系統(只有修課學生可使用)。iLearn 平台課程將依照課程進度更新，修課學生皆可閱讀，其內容將包含:課程大綱、教學投影片、工程應用案例與軟體模擬分析程式檔等，並且不定期上傳教學現場錄影(需徵得全體學生的同意)。

就期末教學與學習問卷調查(表 1-1)之學生回饋共分為三要點:

(一) 課程結構與內容：

課程大綱、學習單元和評量方式的說明清晰有效 (題項 1，平均分 4.52)。

成績考評標準明確 (題項 3，Mean= 4.55)。

教材內容與學習目標相符 (題項 4，Mean= 4.50)。

教師在課程規劃和教材內容方面學生給予正向回饋，提供學生清楚的學習指引。

(二) 教學方法：

教師表達條理分明、清晰流暢 (題項 8，Mean= 4.52)。

提供適當的實例或例題演練 (題項 5，Mean= 4.37)。

配合學習目標提供適當的教學活動 (題項 6，Mean= 4.37)。

教學方法得到學生認可，但在實例演練和教學活動設計方仍有有提升空間。

(三) 學習成效：

學生認為在課程中學習獲得良多（題項 20，Mean= 4.52）

課程有助於培養思考能力（題項 14，Mean= 4.46）。

課程有助於培養解決問題的能力（題項 15，Mean= 4.41）。

學生普遍認為課程對其學習和能力發展有積極影響。

(3) 學生學習回饋

工程數學(二)期末進行教學與學習問卷調查，問卷調查有 20 題，56 位同學填答結果經由 SPSS 統計分析，其結果如表 1-1 所示。

表 1-1 期末教學與學習問卷調查之敘述性統計

題項	平均數	標準差
1.本課程學期初有清楚說明課程大綱、學習單元及評量方式。	4.52	0.603
2.本課程提供足夠的講義內容。	4.41	0.682
3.本課程清楚列出成績考評標準。	4.55	0.630
4.本課程的教材內容及教學活動與學習目標相符。	4.50	0.661
5.本課程依據學習目標提供適當的實例或例題演練。	4.37	0.648
6.本課程配合學習目標提供適當的教學活動(如期末專題報告)。	4.37	0.702
7.本課程每週上課進度安排適當。	4.32	0.690
8.授課教師的表達條理分明、清晰流暢。	4.52	0.632
9.授課教師會適時提供補充教材或相關網路資訊。	4.46	0.631
10.課程評量方式能反映同學的學習成效。	4.41	0.626
11.我清楚地了解授課教師的公告資訊及電子信箱或其他聯繫方式。	4.41	0.682
12.利用 iLearn 平台下載教材能幫助我學習。	4.21	0.803
13.授課教師樂於引導同學解決問題。	4.48	0.660

14.本課程之議題能幫助我培養思考能力。	4.46	0.687
15.本課程能幫助我培養解決問題的能力。	4.41	0.654
16.本課程的教學方式符合我個人期望。	4.32	0.716
17.本課程之評量(如隨堂測驗、期中考或期末考評量等)符合教材內容。	4.48	0.603
18.本課程之作業題目能幫助我彙整教材重點，並激發思考與應用。	4.36	0.672
19.我會經常使用學校的 iLearn 學習平台。	4.27	0.842
20.整體而言，我在本課程的學習獲得良多。	4.52	0.660

表 1-1 為 112 學年度工程數學(二)之期末教學與學習問卷之敘述性統計，其衡量題項採用李克特五點尺度量表(Likert scale)，這種量表是一種心理反應量表，常使用在問卷調查中，而且是目前調查研究 (survey research) 中使用最廣泛的量表。受測者被要求指出他或她們對該題目所陳述的認同程度，或任何形式的主觀或客觀評價。通常使用五個回應等級，包括非常不同意、不同意、普通、同意、非常同意五個選項，本學期修課人數共 70 位，問卷調查共收集 56 份有效問卷，透過期末教學與學習問卷之敘述性統計資料，反映出學生對課程的整體滿意度較高(Mean>4.21)，特別是在課程結構、教學清晰度和學習成效方面，如題項 8「授課教師的表達條理分明、清晰流暢」、題項 20「整體而言，我在本課程的學習獲得良多」。然而在線上學習平台的使用和效果方面存在差異，如題項 12「利用 iLearn 平台下載教材能幫助我學習」(SD=0.803)及題項 19「我會經常使用學校的 iLearn 學習平台」(SD=0.842)，二題項之標準差較高，可能源於學生對線上學習平台的熟悉程度、學習習慣不同，未來須探討線上學習平台的使用性，做出進一步的改良。整體而言，修課學生對 112 學年度工程數學(二)之課程滿意度高，教授之課程內容符合學生需求，學生也能配合教師提供之教材學習。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

本研究採用 CDIO 模式結合「問題導向教學法」、「電腦軟體輔助教學法」等，使原背景知識充足的學生持續保有學習的興趣，並協助背景知識不足的學生有效率地充實背景知識、減少學習障礙。經歷一學期工程數學的教學實踐研究，可以看到學生學習成效有顯著提升，也有部分學生學會使用 Python 程式設計或應用 MATLAB 軟體解偏微分方程式。整體而言，本課程在多個方面獲得學生的正面評價，特別是在課程結構、教學清晰度和學習成效方面。然而，在使用線上學習平台和滿足個別學生需求方面仍有改進空間。未來的

教學輔導可以著重於自主式的優化線上學習體驗、提供更為個性化的學習支持，以及增強必修課程的實踐應用性。持續關注學生反饋並靈活調整教學策略，將有助於進一步提升教學品質與學生滿意度。

二、參考文獻 (References)

1. Berggren, K. F., Brodeur, D., Crawley, E. F., Ingemarsson, I., Litant, W. T., Malmqvist, J., & Östlund, S. (2003) "CDIO: An international initiative for reforming engineering education." *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 2(1), 49-52.
2. Burger, M. L., & DeSoi, J. F. (1992). The cognitive apprenticeship analogue: a strategy for using ITS technology for the delivery of instruction and as a research tool for the study of teaching and learning. *International journal of man-machine studies*, 36(6), 775-795.
3. Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3), 149-210.
4. Contero, M., Etsii, D., & Saorín, J. L. (2007). Learning Support Tools for Developing Spatial Abilities in Engineering Design. *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 1-12.
5. Dickey, M. D. (2008). Integrating cognitive apprenticeship methods in a Web-based educational technology course for P-12 teacher education. *Computers & Education*, 51(2), 506-518.
6. Eitel, A. (2016). How repeated studying and testing affects multimedia learning: Evidence for adaptation to task demands. *Learning and Instruction*, 41, 70-84.
7. Katsioloudis, P., Jovanovic, V., & Jones, M. (2014). A Comparative Analysis of Spatial Visualization Ability and Drafting Models for Industrial and Technology Education Students. *Journal of Technology Education*, 26(1), 88-101.
8. Iiskala, T., Vauras, M., Lehtinen, E., & Salonen, P. (2011). Socially shared metacognition of dyads of pupils in collaborative mathematical problem-solving

- processes. *Learning and instruction*, 21(3), 379-393.
9. Hung, P. H., Hwang, G. J., Lee, Y. H., & Su, I. H. (2012). A cognitive component analysis approach for developing game-based spatial learning tools. *Computers & Education*, 59(2), 762-773.
 10. Horn, M. S., Crouser, R. J., & Bers, M. U. (2012). Tangible interaction and learning: the case for a hybrid approach. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(4), 379-389.
 11. Jin, W., & Corbett, A. (2011, March). Effectiveness of cognitive apprenticeship learning (CAL) and cognitive tutors (CT) for problem solving using fundamental programming concepts. In *Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education*, 305-310.
 12. Lombard, M., Snyder-Duch, J., & Bracken, C. C. (2002). Content analysis in mass communication: assessment and reporting of intercoder reliability. *Human Communication Research*, 28(4), 587-604
 13. Mealor, A. D., & Dienes, Z. (2013) The speed of metacognition: Taking time to get to know one's structural knowledge. *Consciousness and cognition*, 22(1), 123-136.
 14. Risko, E. F., & Dunn, T. L. (2015) Storing information in-the-world: Metacognition and cognitive offloading in a short-term memory task. *Consciousness and cognition*, 36, 61-74.
 15. Howard S. Barrows (1996) Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching & Learning*, 68.
 16. LeJeune, N.F. (2002) Problem-based learning instruction versus traditional instruction on self-directed learning, motivation and grades of undergraduate computer science students, Doctoral dissertation, University of Colorado, Denver.
 17. Masters, K. (2013) "Edgar Dale's pyramid of learning in medical education: A literature review," *Medical Teacher*, 35 (11), e1584- e1592.
 18. 張義松 (2010) 電腦輔助教學改善學習態度與成效之研究—以 GeoGebra 動態解析幾何及國二數學為例，國立雲林科技大學資訊管理系碩士論文。
 19. Veenman, M. V., Bavelaar, L., De Wolf, L., & Van Haaren, M. G. (2014). The

on-line assessment of metacognitive skills in a computerized learning environment. *Learning and Individual Differences*, 29, 123-130.

20. Veenman, M. V., Bavelaar, L., De Wolf, L., & Van Haaren, M. G. (2014). The on-line assessment of metacognitive skills in a computerized learning environment. *Learning and Individual Differences*, 29, 123-130.

三、附件 (Appendix)

112 學年度工程數學(二)期末教學與學習問卷調查

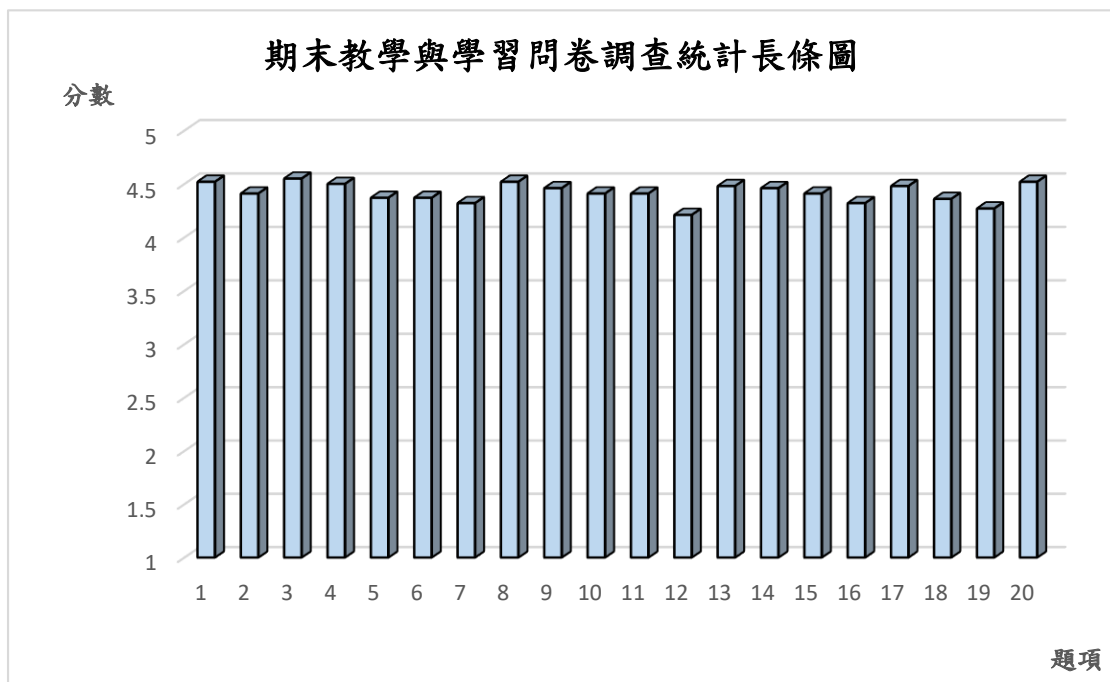
填答說明:

請依你實際的學習感受，從「非常同意」(代表 5 分)到「非常不同意」(代表 1 分)，以勾、圈選回答:

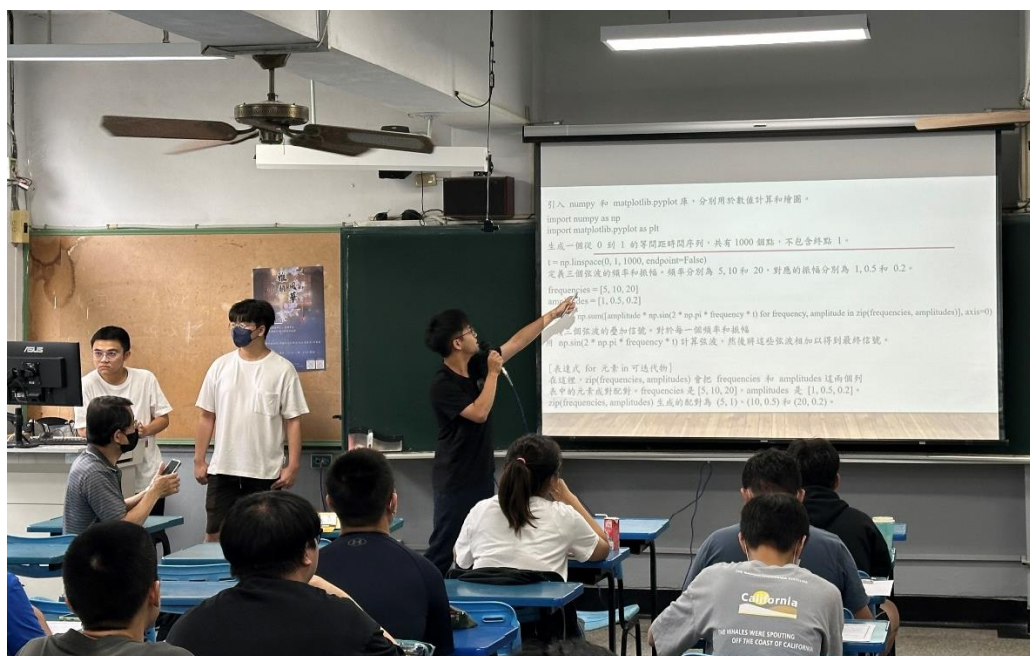
題目	非常同意	同意	普通	不同意	非常不同意
1. 本課程學期初有清楚說明課程大綱、學習單元及評量方式。	5	4	3	2	1
2. 本課程提供足夠的講義內容。	5	4	3	2	1
3. 本課程清楚列出成績考評標準。	5	4	3	2	1
4. 本課程的教材內容及教學活動與學習目標相符。	5	4	3	2	1
5. 本課程依據學習目標提供適當的實例或例題演練。	5	4	3	2	1
6. 本課程配合學習目標提供適當的教學活動(如期末專題報告)。	5	4	3	2	1
7. 本課程每週上課進度安排適當。	5	4	3	2	1
8. 授課教師的表達條理分明、清晰流暢	5	4	3	2	1
9. 授課教師會適時提供補充教材或相關網路資訊。	5	4	3	2	1
10. 課程評量方式能反映同學的學習成效。	5	4	3	2	1
11. 我清楚地了解授課教師的公告資訊及電子信箱或其他聯繫方式。	5	4	3	2	1
12. 利用 iLearn 平台下載教材能幫助我學習。	5	4	3	2	1
13. 授課教師樂於引導同學解決問題。	5	4	3	2	1
14. 本課程之議題能幫助我培養思考能力。	5	4	3	2	1
15. 本課程能幫助我培養解決問題的能力。	5	4	3	2	1
16. 本課程的教學方式符合我個人期望。	5	4	3	2	1
17. 本課程之評量(如隨堂測驗、期中考或期末考評量等)符合教材內容。	5	4	3	2	1
18. 本課程之作業題目能幫助我彙整教材重點，並激發思考與應用。	5	4	3	2	1
19. 我會經常使用學校的 iLearn 學習平台。	5	4	3	2	1
20. 整體而言，我在本課程的學習獲得良多。	5	4	3	2	1

112 學年度工程數學(二)期末教學與學習問卷調查之統計數據部分截圖

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17
1	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
2	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	3	4	5	4	4	5
3	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4
4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4
7	5	5	5	4	4	5	3	4	4	4	5	3	5	4	4	3	4
8	4	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4
9	4	4	5	5	3	4	4	5	5	4	4	3	5	4	4	5	4
10	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	4	5
13	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	4	3	5	3	4	4	5
14	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4
15	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	3	3	4	4	5
16	5	5	5	5	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4
17	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4
18	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4
19	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4
20	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4
21	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4
22	4	4	4	5	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5
23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
25	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
27	3	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3



工程數學期末專題分組報告照片(1)



工程數學期末專題分組報告照片(2)



工程數學期末專題分組報告照片(3)





教育部
教學實踐研究計畫

發表證明

逢甲大學田春林教授於民國 113 年 8 月 20 日 -21 日參與「112 年度教育部教學實踐研究計畫——工程學門成果交流會」出席發表（計畫編號：PEE1122189），特此證明。

主辦機關：教育部

執行單位：財團法人高等教育評鑑中心基金會
教學實踐研究計畫專案辦公室

中華民國 113 年 8 月