

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：☒113 年度一年期 ☐112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024.08.01 – 2025.07.31

利用差異化教學與即時反饋系統克服應用酵素學的教學困境
**Addressing Teaching Challenges in Applied Enzymology Through
Differentiated Instruction and Interactive Response Systems**

計畫主持人(Principal Investigator)：蘇玟珉

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立東華大學/生化暨分子醫學科學系

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)：2025 年 9 月 19 日

利用差異化教學與即時反饋系統克服應用酵素學的教學困境

一、本文 (Content)

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

酵素學為連結基礎生物化學與生物技術應用核心課程之一，內容不僅涵蓋了酵素結構與功能、催化與調控機制，也涉及了微生物學、生物化學、分子生物學乃至物理與化學等領域的知識，特別是在「酵素動力學」單元，對學生的數理邏輯與抽象思維能力有著較高要求。

近年來，大學入學標準放寬，使得班級內學生的數理基礎與邏輯思維能力差異日益擴大，造成了教學上的困難；在過去的教學現場中，本計畫主持人觀察到當課程內容與生活經驗連結時，學生的學習興趣普遍較高，然而一旦進入到酵素活性、反應機制等較為抽象的單元，特別是涉及大量計算與推理的酵素動力學時，數理邏輯能力較弱的學生便會感到吃力，甚至產生挫折感而失去學習動力；但當計畫主持人為了等待這些同學而放慢的教學步調時，基礎較佳的學生卻因為感到乏味與缺乏挑戰性，而分心或忽視課堂活動，對整體學習氛圍產生不良影響。這樣的困境也同時反映在學生的課後回饋中，部分同學認為課程「太難，比生化進階 100 倍」，希望老師能放慢教學速度，有人扮演「老師的煞車，不然台下會翻車」，而另一部分同學則認為難度適中，甚至建議增加授課廣度以挑戰自我，這些回饋凸顯了傳統的統一性授課方式難以滿足學生的多元學習需求。

為回應上述在教學現場遭遇的挑戰，本教學實踐研究計畫的目標是透過差異化教學 (Differentiated Instruction) 理念，搭配即時反饋系統 (Interactive Response System, IRS) 及多元補充教材，建構能動態調整具彈性的教學結構，讓每位學生都能在屬於自己的步調下學習，使具有不同先備知識和學習能力的學生都能有效的學習。為此，本計畫運用 Zuvio 即時反饋系統，在課堂上即時掌握學生的吸收與理解程度，從而動態的調整教學內容與節奏。此外，也製作與課程相關的課前預習和課後複習影片，讓學生根據自身需求與步調進行自主學習的彈性，以減少學習起點的差異。最終，本研究透過問卷調查以及教學網路平台上的參與度數據進行統計分析，探討此差異化教學模式在應用酵素學課程中，對於學生學習成效、動機與成就感的實質影響，用以評估此教學策略的成效。

2. 研究問題 (Research Question)

因應「應用酵素學」課程中所面臨的學生學習背景與數理能力兩極化之教學困境，本研究計畫導入結合「差異化教學」策略與「Zuvio 即時反饋系統」的教學模式，其核心研究問題如下：

- 差異化教學設計對提升不同背景學生之酵素學學習成效的影響為何？

- 本計畫之整合式教學模式，對於提升學生在「應用酵素學」這門課中的學習態度的影響？
- 在此教學實踐中，Zuvio 互動問答、補充教學影片與數學講義與實作課程等不同的教學策略，其各自的相對貢獻與效益？

3. 文獻探討 (Literature Review)

差異化教學的教學理念最早於 1999 年由 Carol Tomlinson 博士所提出，其理念主要在於教師根據學生的需求所做出反饋，允許學生根據自己的需求和速度進行學習，進而提高教學的有效性和學生的學習成果。而有效的差異化教學是建立每個學生都能在適當的指導和支持下做出良好的反應，使參與課程的學生能依據程度的不同都能獲取所需的知識 (林思吟, 2016)。差異化教學不僅在國高中小學教育中已被廣泛應用，而在高等教育裡，特別是大學數學相關課程中，差異化教學的重要性也日益凸顯。邱靜娥 (2013) 的研究探討了大學統計學課程中差異化教學的實施及其對學生學習態度和效果的影響。該研究旨在評估差異化教學對提高學生的學習動機和成效的作用，尤其是在統計學這一專業領域。研究採用了翻轉教學影片和不同層級教材的策略，並分析其對學生學習態度和成效的影響。結果顯示差異化教學在提升學生學習態度方面有積極影響，但在提升學習效果方面未見明顯差異。Chamberlin 和 Powers (2010) 的研究利用前、後測以及學生訪談和作品分析評估差異化教學對學生數學理解能力的影響，發現這種教學方法能夠顯著提高學生的數學理解。此研究也建議教師應識別學生的個別需求並相應調整教學策略，同時提供一個支持性的學習環境，以幫助學生克服學習困難。

Joseph 等人 (2013) 則是探討高等教育師資培育課程中差異化教學的實施及其影響。該研究對兩所教育學院的 434 名學生進行了差異化與傳統教學方法的比較，發現接受差異化教學的學生在知識發展和對課程主題的興趣上有顯著提升。此外，學生對教學內容的理解也顯著提高，且願意在未來的課程中繼續使用差異化教學。該研究強調了差異化教學在高等教育中的重要性，並指出其對提高學生學習成效的積極影響。

實施差異化教學以滿足學生多樣的學習需求是重要但也十分具挑戰性的。Robinson 等人 (2014) 的研究發現構造論 (Theory of constructivism) 和多元智能理論 (Theory of multiple intelligences) 的運用是差異化教學成功的關鍵。這些理論可以用來根據學生的先前知識和經驗來設計教學內容。然而，研究也提到，實際在課堂中實行差異化教學時，可能會遇到一些挑戰，尤其是因為學生的學習風格存在差異，這可能會導致一些學生表現不佳。儘管如此，通過對小學、中學和高中進行的個案研究，以及使用訪談、調查和資料蒐集等方法來獲取數據，研究結果顯示，差異化教學有助於滿足所有學生的需求，而且它是學校教育成功的一個重要關鍵。Dixon 等人 (2014) 則探討如何因應不同能力的學生

在混合能力班級中提供差異化的教學狀況。該文獻指出，差異化教學需要教師調整課程和資訊呈現方式以滿足學習者的個別能力需求，而其中一個重要的因素就是教師效能。研究發現，差異化教學的專業發展與教師對效能信念之間存在正向相關。作者也強調差異化教學是一種以服務教授的概念為重點的教學理念，教師需要針對不同的理解水平調整相同的概念。然而，相當多的教師很難為所有學生提供針對他們最佳學習方式的專注學習活動，因為要應對不同水準的學生準備能力、處理技能和產出確定等方面的挑戰。因此，文中強調專業發展的重要性，以提供差異化教學的基礎理解和教學能力。

總結上述文獻，差異化教學的設計原則有以下幾點要點：首先，教學需要具備靈活性和多樣性，包括時間、教材、教學方式、學生分組方式、學習方式以及評估方式，這些都應具備調整的彈性，而不是固定不變的。其次，評估和教學指導是相互關聯的，教師應將學生的表現視為有用的信息，用以瞭解學生的需求並制定有效的教學指導。再者，教師在學生分組方面需要有靈活性，可以選擇全班教學、小組合作或一對一的方式，根據學生的需求有目的地進行組合。最後，教師需要持續檢討教學內容和教學過程，確保學生能夠找到有趣且實用的學習內容，以滿足他們的學習需求，促進他們在知識、理解和技能方面的進步。這些原則有助於實現差異化教學的有效設計和實施。

在差異化教學的實施中，準確掌握學生的準備程度和學習進度對於教學效果極為關鍵。因此，一套能即時向教師提供學生學習情況的系統對提升差異化教學的成效至關重要。**即時反饋系統**是利用電子設備如手機和平板電腦，使參與課程的學生能夠即時透過這些電子設備向授課老師提供對課程的意見反饋，這樣的系統讓教師能夠依據學生的具體需求做出適當的教學調整，進而有效地提高教學質量和學生的學習成效。這類系統的應用起可以追溯到 1991 年哈佛大學 Eric Mazur 教授教授設計的 Flashcard，近年來隨著資訊科技的迅速發展，手機和平板電腦已取代傳統 Flashcard，提高了即時反饋系統的效率。這類系統在全球教育中廣泛應用，使教師能實時獲得學生反饋，及時調整教學方法和材料，從而優化學生學習狀況、提升學生參與度和學習成效（黃建翔，2017；Slain 等，2004；Datta 等，2015；Shieh 和 Chang，2013）。

Latessa 和 Mouw 在 2005 年的研究中，將聽眾回饋系統（Audience Response System, ARS）應用於醫學教育，探討其作為互動教學工具的效果。研究結果顯示，與傳統講座相比學習者認為 ARS 使課程更有趣味性和吸引力，並能提升他們的專注力和學習成效。另外，Balta 和 Awedh (2017) 針對 112 名就讀建築和工程學院的大學生進行研究，評估在工程課程中應用線上即時反饋系統對學生在解決物理問題時的協同學習（Collaborative learning）效果。研究結果顯示，即時反饋系統的使用有助於改善學生的協同學習和課堂參與度，進而提高了他們的學業表現。

在 2018 年的研究中，Wang 探討大學生如何通過即時反饋系統學習，並比較在利用即時反饋系統時，學生在個人學習 (individual learning) 與團體學習 (group learning) 這兩種模式下的學習表現和儲存知識 (knowledge retention) 的差異。研究結果顯示，學生普遍認為即時反饋系統不僅增加了他們的課程參與度，也促進了互動並提高了課堂的趣味性。在學習成效上，使用即時反饋系統時，團體學習的學生在即時學習表現上優於個人學習的學生；然而，個人學習的學生對學習內容有較好的記憶保留能力，且在考試中進步較顯著。此外，研究也發現即時反饋系統結合協作學習 (collaborative work) 能夠提高學生的學業和情感社交表現，因為這種學習方式可以幫助學生從別人的觀點學習，並在找到正確答案的過程中重新審視學習的概念。

台灣大學開發的 Zuvio 是一個專門為教育用途打造的雲端即時互動平台。過去十年來，它在許多學校裡被廣泛使用 (Wang, 2014; Chen, 2019; Wu 和 Liu, 2019); Zuvio 不僅讓教師和學生之間的互動更緊密，還包含了許多功能，讓教師可以根據課程內容和學生的需要隨時作出調整。Zuvio 的操作步驟十分簡單：教師可以在課前在雲端準備各種問題，選擇合適的題型，並準備與教學進度相關的材料。學生在課程進行期間登入 Zuvio 進行作答，同時還可以線上簽到或通過系統提出問題。學生答題結束後，答案會即時傳送至教師的電子裝置，方便教師進行後續討論和分析。此外，教師還可以根據班級或學生分組的情況，長期追蹤學生的作答情況，以便調整教學策略和促進與學生的互動。而針對教師如何設計即時反饋系統問題，以及學生在使用此系統時可能遇到的困難和優勢，Shieh (2013) 的研究結果指出，教師需要擁有豐富的學科知識，並能夠識別學生的學習障礙，以便創建高質量的即時反饋系統問題。同時，教師也應該明白，即時反饋系統測試不僅僅是為了評分，還可以激發學生的學習興趣、追蹤他們的學習進度，提高對概念的理解等。然而，使用即時反饋系統也存在一些挑戰，例如因為一般此系統的空間有限，所問題內容需要更簡潔明瞭。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

為了因應「應用酵素學」課程中，學生因先備知識與數理能力存在顯著差異所形成的教學挑戰，本課程的規劃以「差異化教學」為核心架構，並整合「Zuvio 即時反饋系統」作為教學輔助工具，目標不僅是傳授酵素學的專業知識，也希望能引導學生主動學習，並克服他們在面對抽象概念與複雜計算時的學習障礙。本研究計畫將課程規劃為四個主要單元：首先是「酵素基礎知識課程」，時間為第一週至第七週，目標在於為學生建立必要的先備知識，先引導學生複習了生物化學中關於蛋白質結構與功能等基礎概念，藉此連結新舊知識。這部分的課程包含了酵素的發展史、分類命名、發酵生產與分離純化等，為了確認學生的吸收狀況，此階段便開始使用 Zuvio 即時反饋系統，透過課堂問答與課後小考，即時掌握學生的理解程度以調整授課的節奏與深度。在第七週的

「實作課程一：磷脂酸去磷脂酶的純化與活性測定」，讓學生能夠透過實驗操作來對應理論知識。接著，在課程進入第八週至十三週的「酵素反應與動力學」時，由於此部分是造成學生學習落差的主要原因，除了繼續利用 Zuvio 掌握學生對特定概念的理解程度，我們設計了一系列的學習支援方式來協助學生學習；首先，針對所有學生，製作課前預習影片，以卡通方式解釋酵素反應活化能、過渡態理論等基本概念，引起同學的學習動機並對課程有初步的輪廓，並在課堂講授時，利用平板電腦搭配觸控筆進行公式的即時推導，並將此過程同步錄製成影片，讓同學在課後依據個人的學習節奏觀看與複習；而對於數理基礎較弱的學生，我們則編撰了包含基礎運算的數學補充講義。

課程的第三部分（第十四週至十七週）則是酵素的修飾、改造與固定為主軸，此單元內容以生物化學為基礎，並涉及分子生物學和生物技術的知識，因此在課程進行時，先為學生複習了相關的先備知識，再進一步講述酵素修飾的不同類型、作用機制與應用，以及酵素固定化技術的方法、原理和優缺點。此外，課程亦藉由實作課程二「酵素的固定化」來加深學生對理論的理解，並透過此一實驗的實際操作，讓學生得以直接體驗酵素固定化的過程，進而學習將理論知識轉化為實際應用能力。

課程最後我們設計了一項任務導向的口頭報告，學生以小組形式扮演「酵素工程師」，解決一個模擬的業界實際問題，讓學生統合整個學期所學的知識，並在團隊合作中學習分析問題與尋找解決方案。而在學習成效的評量上，我們採用了多元化的方式，學生的最終成績由期中考試 (25%)、期末考試 (25%)、報告 (25%) 以及包含課堂參與度的平時表現 (25%) 共同構成，使評分不只依賴傳統的紙筆考試，也將學生的日常參與和專題報告的表現納入了評分，更能反映出學生的綜合學習表現。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

為了探討在「應用酵素學」課程中導入差異化教學與即時反饋系統後，對學生學習成效與態度的影響，本研究採準實驗研究法，研究對象為修習 113 學年度下學期「應用酵素學」的學生，共計 17 位完成課程並納入分析，研究場域主要為理論授課的教室與進行實作的教學實驗室，透過教學介入並輔以問卷調查、學習歷程數據分析與學業成績比較，對此教學模式的成效進行質性與量化的綜合評估。

本研究方法的教學介入措施主要包含：使用 Zuvio 平台進行即時問答與課後小考、提供差異化的補充教材（如課前影片、數學講義與公式推導錄影），以及安排實作課程與應用導向的期末報告。在資料蒐集方面，首先在課程第八週與第十三週，使用五點李克特量表，分別進行了學習態度的前測與後測問卷調查，以評估學生在課程興趣、概念理解、參與意願等面向的轉變。同時在學期末實施課程回饋問卷，以了解學生對於各項教學活動的看法，此外我們也蒐集

了學生在 Zuvio 平台上的答題率等學習歷程數據，以及教學影片的觀看紀錄並對學生的期中、期末考試成績與學期總成績，則作為評估學習成效的關鍵量化指標，並與前一年度的成績分布進行比較。

資料分析方法結合了統計檢定與相關性分析。針對前後測問卷數據，採用成對樣本 t 檢定進行分析，以判斷學生的學習態度是否有顯著改變。同時，也運用相關性分析，探討學生的 Zuvio 參與度與其學業成績之間的關聯性。

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

(1) 教學過程與成果:

在此教學計畫進行過程中，我發現 Zuvio 讓課堂上的互動變多了，它不只是個測驗工具，更是一個很好的溝通方法，從以前我單方面講課唱獨角戲，變成了可以和學生互相溝通對話；學生可以利用 Zuvio 私訊提出疑問或表達「聽不懂」，這對比較內向的學生特別有幫助，讓我有機會馬上用不同方式再解釋一次，並根據大家的答題狀況調整上課的快慢和內容。

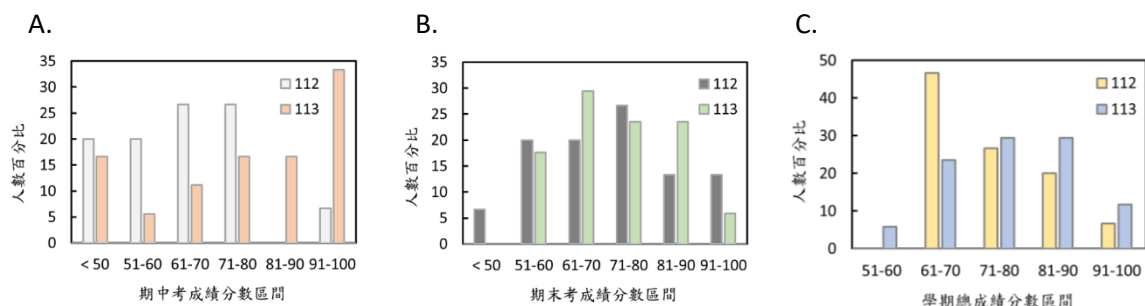
另外，因為計畫中有很多 Zuvio 的練習題讓學生能反覆練習剛學到的東西，到了學期中後段，我觀察到學生對上課內容越來越有把握，信心也跟著增加，所以他們不只更願意回答我在課堂上問的問題，還會主動提出自己的想法和疑問，而且問得越來越有深度。而我們在第八週與第十三週進行的前後測問卷調查也驗證了這個觀察，問卷結果顯示學生整體的學習態度均有正向提升 (表一)，尤其在「我在酵素學課堂上會回答授課老師之問題」這一項，認同度從平均 2.88 分顯著提升至 3.46 分 ($p=0.02$)，顯示 Zuvio 的即時互動環境確實降低了學生表達想法的門檻，有效提升了課堂的參與意願。

表一、學習態度前後測比較

	前測	後測	變化	p. value	結果
我覺得酵素學課程是有趣且有價值的。	4.12	4.48	+ 0.36	0.13	無顯著差異
我能理解酵素學中的抽象概念。	3.41	3.97	+ 0.55	0.12	無顯著差異
我在酵素學課堂上會回答授課老師之問題。	2.88	3.46	+ 0.58	0.02	顯著差異
我能夠順利地跟上酵素學課程進度。	3.47	3.91	+ 0.44	0.13	無顯著差異
我會主動搜尋更多資訊來學習酵素學。	3.41	3.85	+ 0.44	0.29	無顯著差異
想要學習更多且觀察更多有關酵素的內容。	3.53	3.97	+ 0.44	0.13	無顯著差異
我願意推薦酵素學修課程給其他同學。	4.12	4.42	+ 0.30	0.27	無顯著差異

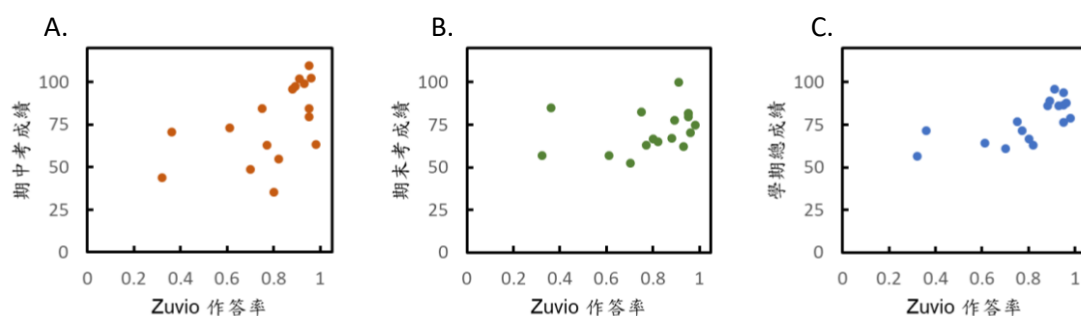
在學期成績分佈上，與前一學年度 (112) 的傳統教學模式相比，本學期 (113) 的期中考成績呈現了統計上的顯著進步，低分群 (60 分以下) 人數比例大幅下降，而高分群 (80 分以上) 則提升至近 50% (圖一、A)，顯示新的教學方法在學期前半段有效的建立了學習基礎；在期末考中，113 學年度成績低於 50 分的學生比例降至零，整體成績穩定集中在中高分區間 (圖一、B)；而在學期總成績上，相較於 112 學年度有超過 45% 的學生總成績落在

61-70 分區間，113 學年度的學生總成績則普遍集中在更高的 71-80 分與 81-90 分範圍 (圖一、C)。整體來看，本課程在導入差異化教學與即時反饋系統後不僅照顧到學習較慢的學生，也給予程度好的學生足夠的挑戰，有效提升了整體學習成效。



圖一、112 與 113 學年度，學生應用酵素學期中考成績 (A)、期末考成績 (B)、與學期總成績 (C) 分布。

為探討課堂參與度與學習成效的關聯，我們進一步分析了學生的 Zuvio 課堂作答率與其考試成績的相關性，結果如散佈圖所示 (圖二)，兩者呈現出一致的正相關趨勢；學生在 Zuvio 即時反饋系統的作答率越高，而他們的學業成績也隨之越高，顯示即時反饋系統不僅能提升課堂氣氛，學生的主動參與行為與其實質學習成效之間也存在著高度的關聯性，當學生願意在課堂上透過 Zuvio 進行即時思考與應答時，他們也更有可能在最終的學業評量中取得較佳的成績。



圖二、113 學年度學生 Zuvio 作答率與期中考成績 (A)、期末考成績 (B)、與學期總成績 (C) 的關係圖。

而為了瞭解本計畫所導入的「Zuvio 即時反饋系統」、「補充影片」、「實作課程」與「角色扮演任務報告」等教學策略對學生學習態度的影響，我們期末進行問卷調查，結果顯示各項教學設計均獲得學生的正面肯定。其中，有高達 92.8% 的學生肯定 Zuvio 有助於「即時檢視自己對課程內容的理解程度」並讓老師能「根據反饋調整教學內容」，更有 92.9% 的學生認為使用 Zuvio 進行問答與小考對學習有幫助 (表二)，再次證實即時反饋系統成功建立了師生間的即時溝通橋樑，並有效提升了學生的專注力與參與度。而

在補充影片方面，雖然有 85.7% 的學生認為影音教材讓他們能「依自己的步調學習，減少學習壓力」，並有 78.6% 的學生肯定影片有助於「理解抽象或困難的酵素學概念」，但同時也有 14.3% 的學生「不同意」影片能提升學習興趣，更有高達 28.6% 的學生對「利用影音教材進行課後複習」持普通態度(表二)。

表二、Zuvio 即時反饋系統與補充影片對學習成效與態度之問卷結果

	非常不同意 (%)	不同意 (%)	普通 (%)	同意 (%)	非常同意 (%)
Zuvio 即時反饋系統					
1. Zuvio 問答讓我能即時檢視自己對課程內容的理解程度	0.0	0.0	7.1	21.4	71.4
2. 老師根據 Zuvio 反饋調整教學內容，有助於我理解困難概念。	0.0	0.0	7.1	21.4	71.4
3. Zuvio 提升了我的課堂參與度與學習專注力。	0.0	0.0	7.1	35.7	57.1
4. 使用 Zuvio 進行課堂問答和課後小考對我的學習有幫助。	0.0	0.0	7.1	14.3	78.6
5. 整體而言，Zuvio 對提升我的學習成效有正面幫助。	0.0	0.0	7.1	35.7	57.1
課程錄影/補充影片					
1. 影音教材幫助我理解抽象或困難的酵素學概念。	0.0	0.0	21.4	42.9	35.7
2. 我會利用影音教材進行課後複習，鞏固所學知識。	7.1	0.0	28.6	21.4	42.9
3. 影音教材讓我能依自己的步調學習，減少學習壓力。	0.0	0.0	14.3	21.4	64.3
4. 影音教材提升了我對酵素學的學習興趣。	0.0	14.3	7.1	35.7	42.9
5. 整體而言，影音教材對我的學習成效有明顯幫助。	0.0	7.1	14.3	28.6	50.0

實作課程則在連結理論與實務上獲得極高評價 (表三)，有 92.9% 的學生認為實作課程「幫助我將理論知識具體化」，並有 92.8% 的學生表示「親自操作實驗讓我對酵素反應機制有更深刻的理解」，這證實了體驗式學習對於深化知識的關鍵作用。而角色扮演活動雖然整體評價正面 (表三)，有超過 92% 的學生認為此活動讓他們能「以不同視角思考酵素學議題」，並表示活動「促進我主動查找資料、組織與表達能力」，但在「提升我與同學的合作與溝通能力」項目上，有 21.4% 的學生選擇「普通」，是該類別中比例最高的，顯示此活動在促進團隊協作方面的效益並未普及到所有學生。

表三、實作課程與角色扮演任務報告對學習成效與態度之問卷結果

	非常不同意 (%)	不同意 (%)	普通 (%)	同意 (%)	非常同意 (%)
實作課程					
1. 實作課程 (如酵素純化與固定化) 幫助我將理論知識具體化。	0.0	0.0	7.1	14.3	78.6
2. 親自操作實驗讓我對酵素反應機制有更深刻的理解。	0.0	0.0	7.1	7.1	85.7
3. 實作經驗提升了我對本課程的學習動機與興趣。	0.0	0.0	7.1	14.3	78.6
4. 在實作課程中的操作過程中，我感到更能夠應用理論知識。	0.0	0.0	7.1	14.3	78.6
5. 整體而言，實作課程對我的學習成效與態度有正面影響。	0.0	0.0	7.1	0.0	92.9
角色扮演 (任務報告)					
1. 角色扮演/任務報告活動讓我以不同視角思考酵素學議題。	0.0	0.0	7.1	50.0	42.9
2. 這類活動促進了我主動查找資料、組織與表達能力。	0.0	0.0	7.1	21.4	71.4
3. 角色扮演提升了我與同學的合作與溝通能力。	0.0	0.0	21.4	21.4	57.1
4. 參與角色扮演讓我更能理解酵素學在現實生活或產業中的應用。	0.0	0.0	21.4	28.6	50.0
5. 我覺得這種活動提升了我的學習興趣與參與度。	0.0	0.0	21.4	42.9	35.7

- (2) 教師教學反思:本教學實踐計畫的成果雖在多方面呈現正向趨勢，但在學期中仍有 2 位學生退選，在與他們訪談了解原因後，一位退選主因為個人時間規劃與學習成本評估，另一位則因自評數理基礎不足，對跟上進度感到焦慮，這反映出即使我們提供了補充教材與課後輔導，對於部分基礎確實較為薄弱或信心不足的學生而言，可能仍需要更個人化、更具支持性的學習網絡，因此未來的課程設計除了會持續優化教材的份量與難易度外，也計畫導入同儕支持機制（peer support），期望透過深化協同學習，例如安排讀書小組或學伴制度，讓學生能在同儕的互動中彼此協助學習，建立一個更穩固的學習支持網絡。
- (3) 學生學習回饋: 無論是量化問卷或質性意見，本次教學實踐獲得了學生普遍的正向回饋。
- 量化問卷分析 (表四): 課程整體教學方法受到肯定。在「學習成效與態度」項目中，超過六成學生對酵素學學習的自信心與興趣有顯著提升，認為抽象概念的理解力明顯進步，同時對課程進度與學習感受均持正面評價。在「綜合影響」項目中，高達 94.3% 學生肯定教學活動提升了學習成效與自主探索生命科學的動力，並願意未來持續參與相關教學活動。

表四、學生學習成效與綜合影響問卷結果

	非常不同意 (%)	不同意 (%)	普通 (%)	同意 (%)	非常同意 (%)
學習成效與態度					
1. 使用新的教學方法和教材後，我對酵素學的自信心有所提升。	0.0	0.0	14.3	21.4	64.3
2. 對於酵素學中的抽象概念，我的理解程度有所提升。	0.0	0.0	7.1	35.7	57.1
3. 在使用新的教學方法和教材後，我對酵素學的學習更感興趣。	0.0	0.0	14.3	28.6	57.1
4. 實施新教學方法後我能夠更順利地跟上課程進度。	0.0	0.0	7.1	21.4	71.4
5. 老師提供的公式推導和數學基礎講義對理解酵素動力學很有助益。	0.0	0.0	14.3	21.4	64.3
綜合影響					
1. 綜合上述多元教學活動，我認為自己在本課程的學習成效有所提升。	0.0	0.0	7.1	28.6	64.3
2. 這些教學方法讓我更有信心面對未來相關課程或研究。	0.0	0.0	14.3	28.6	57.1
3. 多元教學活動讓我對生命科學領域產生更高的學習動機。	0.0	0.0	14.3	28.6	57.1
4. 我願意在未來課程中繼續參與類似的教學活動。	0.0	0.0	14.3	28.6	57.1

- 質性回饋 (圖三): 多位同學肯定本課程在課堂進度掌控、互動回饋與教學內容設計上的用心。整體而言，學生感受到了課程的互動性，並認為新的教學方式對他們理解困難概念有實質幫助。

圖三、學生質性回饋意見

- 蘇老師講課輕鬆有趣，會時常點同學回答小問題確認是否有跟上上課進度，在課程中穿插 Zuvio 考題也讓我可以在同時知道剛才講到的知識點在考試實際應用會是什麼形式。
- 老師風格細膩、課程內容豐富，可充分學習到酵素的機制、純化、動力學和應用。
- 感謝蘇老師在應用酵素學的認真授課，讓我對酵素動力學有更清晰的掌握，也對酵素應用產生濃厚興趣。
- 課程安排循序漸進，對我幫助極大。
- 老師很用心，一題一題講解計算。
- 老師上課非常有趣，而且老師也非常關心學生是否了解課堂的內容，通過提問的方式讓我們印象加深，在最後的期末報告更是讓我們學到了更多的課外知識，也通過這堂課讓我了解到很多酵素的重要性和未來可發展的可能性。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

本計畫推動差異化教學結合即時反饋系統於應用酵素學課程，整體成效良好，學生學習興趣與動機明顯提升，對抽象概念的理解也獲得加強。然而，在推動計畫的過程裡，我們發現一些需要調整的地方，下面是我們的省思與建議。

- 影片教材細化：本計畫雖製作了一系列補充教學影片，希望有助於克服學生學習學習難點，但數據影片觀看率偏低，實現相對有限。推測影片長度可能是影響學生使用意願的關鍵。未來將朝向製作更具互動性的「微學習 (Microlearning)」影片，藉由縮短片長聚焦單一核心概念，來降低學生的學習負擔，使其能更有效地進行課後複習，發揮影片教材的輔助效益。
- 高階應用與跨領域整合：雖然學生在酵素動力學、公式推導方面學習成效顯著提升，但他們對進階應用及跨領域整合仍存不足，後續課程將利用跨科案例或小組企劃，引導學生應用所學解決實際問題，促進深度學習和知識轉化。

本次教學實踐計畫首度把差異化教學與即時回饋系統整合到「應用酵素學」，用來回應學生先備知識與學習狀況高度異質的挑戰。推動過程中，我們掌握了彈性調整課程內容、設計分層學習活動的能力，並熟練運用數位即時互動工具掌握學習狀態，以動態回饋與調整教學策略，這樣的教學方法不只為課堂帶來新鮮感，也明顯提升學生的參與度與主動學習意願，讓學習更個人化、回饋更精準。此模式對於內容抽象、數理要求高的基礎科學與工程課程應同樣具有推廣潛力，可作為未來發展多元教學與精準學習評量的重要參考。

二、參考文獻 (References)

1. 林思吟 (2016) 淺談差異化教學。臺灣教育評論月刊 5 (3), 118-123
2. 邱靜娥 (2023) 差異化教學對大學統計學課程學生學習態度與學習成效之影響。商管科技季刊 24(1), 111-131
3. 黃建翔 (2017) 淺談 IRS 即時反饋系統運用至大學課程教學之策略。臺灣教育評論月刊, 6 (10), 81-87
4. Chamberlin, M., & Powers, R. (2010). The promise of differentiated instruction for enhancing the mathematical understandings of college students. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, 29(3), 113-139.
5. Joseph, S., Thomas, M., Simonette, G., & Ramscook, L. (2013). The Impact of Differentiated Instruction in a Teacher Education Setting: Successes and Challenges. *International journal of higher education*, 2(3), 28-40.
6. Dixon, F. A., Yssel, N., McConnell, J. M., & Hardin, T. (2014). Differentiated instruction, professional development, and teacher efficacy. *Journal for the Education of the Gifted*, 37(2), 111-127.
7. Robinson, L., Maldonado, N., & Whaley, J. (2014). Perceptions about Implementation of Differentiated Instruction. Online Submission.
8. Slain, D., Abate, M., Hodges, B. M., Stamatakis, M. K., & Wolak, S. (2004). An interactive response system to promote active learning in the doctor of pharmacy curriculum. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 68(1-5), BN1.
9. Datta, R., Datta, K., & Venkatesh, M. D. (2015). Evaluation of interactive teaching for undergraduate medical students using a classroom interactive response system in India. *Medical journal armed forces India*, 71(3), 239-245.
10. Shieh, R. S., & Chang, W. (2013). Implementing the interactive response system in a high school physics context: Intervention and reflections. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(5).
11. 10. Latessa, R. & Mouw, D. (2005). Use of an audience response system to augment interactive learning. *Fam Med*, 37(1), 12-4.
12. Balta, N., & Awedh, M. H. (2017). The effect of student collaboration in solving physics problems using an online interactive response system. *European Journal of Educational Research*, 6(3), 385-394.
13. Wang, Y. H. (2018). Interactive response system (IRS) for college students: Individual versus cooperative learning. *Interactive Learning Environments*, 26(7), 943-957.

14. Wang, B. T. (2016). Applying PBL and ZUVIO to enhance English learning motivation. *International Journal of Cyber Society and Education*, 9(1), 1-16.
15. Chen, Y. F. (2019). Challenges and Opportunities of Mobile Cloud Learning for Higher Education: A Case Study of the Integration of Cloud Learning Platform and Zuvio. *International Journal of Sciences*, 8(11), 14-22.
16. Wu, K., & Liu, D. (2019). Apply Zuvio system to explore student's learning effective in the biostatistics class. In 27th International Conference on Computers in Education, ICCE 2019 (pp. 670-671). Asia-Pacific Society for Computers in Education.
17. Shieh, R. S.. (2013). Implementing the interactive response system in a high school physics context: Intervention and reflections. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(5).

三、附件 (Appendix)

〈附件一〉本課程教材、教學影片、數學輔助講義、角色扮演簡報、完整問卷調查結果

內容	連結
課程教材	https://elearn4.ndhu.edu.tw/moodle/
教學影片	https://www.youtube.com/playlist?list=PLa18G-N_hRZqfYrionzWA-ysTtoAoFC6fc
數學輔助講義	https://drive.google.com/drive/folders/1frmoWL3LxGucuwWxGEYshE3JhgeGtaPL?usp=sharing
角色扮演簡報	https://drive.google.com/drive/folders/1VabclGMWSgsvm9WpnC7F-g_3HP0T3iLI
回饋問卷結果	https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1GvBJE6DqG2gA_bIV5bSAs1-t9NsRB_an

〈附件二〉課程教學記錄剪影

實作課程一



實作課程二

