教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

核定編號/Project Number：MOE-114-TPRAG-0020-012Y1

學門專案分類/Division：生技農科

計畫年度：☑114 年度一年期　□113 年度多年期

執行期間/Funding Period：2025.08.01 – 2026.07.31

多媒體輔助問題導向學習在生物化學實驗課程中的應用與成效

Application of Multimedia-Assisted Problem-Based Learning in Biochemistry Laboratory Course

計畫主持人(Principal Investigator)：蘇玟珉

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：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)：2026 年 9 月 18 日

AI 使用聲明

本成果報告撰寫過程中，曾使用生成式人工智慧工具 ChatGPT (OpenAI) 協助文字潤飾、語句調整及內容架構整理，作為報告撰寫之輔助工具；本計畫之研究設計、教學實施、資料蒐集、資料分析及結果解釋，均由計畫主持人完成。AI 工具所提供之文字或建議，皆已由計畫主持人逐一檢視、修改與確認，以確保內容之正確性、真實性、完整性及符合學術倫理與著作權相關規範。

☑ 本成果報告撰寫若使用 AI 工具，均合乎學術誠信原則；所有報告內容經本人核對無誤，本人對報告內容負最終且完全之學術與法律責任。

多媒體輔助問題導向學習在生物化學實驗課程中的應用與成效

一、本文 (Content)

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

實作是科學教育中不可或缺的一環，科學理論的發展，建立在無數研究者透過實驗進行觀察、發現、驗證與分析的累積成果之上，除了課堂上的理論教學，實驗課也是科學教育的重要部分，不僅幫助學生理解抽象理論，還提供一個實現好奇心與動手實踐的平臺。因此，在生物化學實驗課程的教學中，除了希望學生能學習生物化學相關知識與實驗操作技能外，更期待培養其探索精神、批判性思考和自我學習的能力，並從實驗中體會科學研究的樂趣，激發對知識探索的興趣。

生物化學是本系大三的必修核心課程，內容著重在探究生物體內蛋白質、醣類、脂肪及核酸等分子在生物體內的結構、功能及其代謝反應。目前的生物化學實驗課採用主題式教學，配合課堂內容設計了五個單元共十個實驗，包括胺基酸與蛋白質的分析、蛋白質純化技術、醣類與脂質的研究，以及酵素特性與動力學等主題；由於課程深度與廣度相對較高，加上時間上的限制，為了讓同學能在三小時的實驗課中能夠 ”順利” 做完實驗，是採用食譜式教學法進行，學生按照既定的實驗步驟手冊進行操作，雖然這樣的方式能大幅節省時間和資源，且較易掌控並確保同學的實驗安全，但若學生在進行實驗時沒有真正理解其原理和目的，這樣的教學方式容易造成學生只是機械地按照步驟操作，沒有進一步的去思考和探索的空間，經常發現學生就像是跟著 GPS 導航，一步步地左轉右轉最終到了目的地，但卻不知道是如何以及為何到達那裡，因此很多學生即使到了大三，對於如何解讀和分析實驗數據還是感到很迷茫，他們常常不知道該怎麼連結實驗數據跟實驗的目的，也不清楚應該用什麼方法對數據進行分析，因此他們在面對數據時，往往只停留在表面的整理，無法深入挖掘數據背後的意義。

除此之外，實驗課的順利進行需要大量的準備工作，包括實驗器材和試劑的準備、實驗步驟的設計、實驗內容的講解以及突發狀況的處理等。在這些工作中，助教扮演著不可或缺的角色，以往助教通常由具備生化進階知識和實驗經驗的碩士或博士生擔任，他們不僅能協助授課教師分擔繁重的工作，還能在實驗過程中為學生提供專業且即時的指導，然而近年來由於本系碩博班學生人數驟減，部分助教改由實驗經驗與教學經驗較少的大四學生擔任，這些新手助教雖然認真負責但在實驗原理說明、操作問題判斷及突發狀況處理上仍需要較完整的教學資源與支持。

基於上述問題，本研究以”多媒體輔助問題導向學習”為核心，將多媒體教學 (Multimedia Instruction) 與問題導向學習 (Problem-Based Learning, PBL) 融入生物化學實驗課程，先透過實驗原理動畫、操作示範影片及線上測驗，協助學生在課前掌握實驗原理、流程與重要操作技巧，降低學生進入實驗室後僅依賴手冊或助教指示的情形；在學生具備基本實驗知識與操作能力後，再以開放式情境問題引導學生進行小組討論、提出假設、設計實驗、分析結果及處理異常數據，使學生由依照指示操作的實驗執行者，轉變為能主動思考與解決問題的學習者。

2. 研究問題 (Research Question)

為確保實驗課品質的同時，提升學生的學習興趣和理解深度，並維持助教系統的有效運作，本研究以 ”多媒體輔助問題導向學習” 為核心策略，透過視覺化資源輔助、問題情境設計與後續反思，引導學生從被動操作轉向主動探究與問題解決，以下研究問題為本研究主要探討的重點：

- 多媒體輔助教材，包括操作示範影片及線上互動測驗，是否有助於學生在實驗課前掌握實驗原理與操作流程，並提升其自主學習與課前準備成效？
- 將問題導向學習融入生物化學實驗課程後，是否能提升學生的學習動機與課堂參與，並促進其主動探究、數據分析、批判性思考及問題解決能力？
- 結合多媒體輔助教學與問題導向學習後，學生在生物化學實驗課程中的整體學習成效與學習態度是否有所改變？

3. 文獻探討 (Literature Review)

生物化學實驗課在生命科學與生物學相關領域中扮演關鍵角色，其目標在於將教科書中的理論知識轉化為實際操作技能，使學生在基礎知識與應用能力間建立連結，並藉由理論與實作的結合培養學生批判思考、問題解決及研究設計的能力，然而現行多數生物化學實驗教學採用食譜式的教學模式，學生僅需依照實驗手冊逐步操作，流程嚴謹但固定，缺乏對實驗背後原理、設計思路、數據分析及應用價值的深入理解；為解決上述問題，近年來許多教育工作者與研究者提出多元化且創新的教學策略，期望透過改變教學設計、教學媒材與評量方式，從根本上提高學生的主動學習動機與探究精神。

實驗課教學理念的轉型

傳統生化實驗課程強調技術操作的正確性與再現性，因此多數教學現場採用食譜式實驗手冊，在此架構下學生僅需依步驟進行，不須深入理解實驗背後設計思路與理論基礎，因此易使學生成為被動的操作員，缺乏科學研究該有的好奇心與探究精神。為解決此問題，許多研究嘗試將專題式學習 (Project-Based Learning, PjBL) 或問題導向學習 (PBL) 引入實驗課程中，讓學生不再僅是步驟執行者，而是以解決問題為目標的知識探索者。Caspers 和 Roberts-Kirchhoff (2003) 將底特律大學生物實驗課程從流程化實驗改為專案形式，讓學生學習解決問題、自我導向與團隊合作的能力。學生對此方式表達高度滿意，並認為相比傳統教學模式，學習到的知識更多；這種以專案為基礎的教學方法不僅提高了學生的參與度，還培養了他們的實踐能力和創新思維。同樣地，Roberts（2001）在高等生物化學實驗課程中引入以蛋白質純化為主題的專題，要求學生獨立設計實驗並進行評估，結果顯示學生的實驗設計能力和解決問題的能力顯著提升，專題式的實驗課程鼓勵學生獨立思考實驗方法，並探索替代的實驗設計和設備，進而培養了他們的創新能力和科學思維。

Arthur 等人 (2016) 則對澳洲西澳大學生物化學與分子生物學系實驗課程進行了改造，他們提出了「當代科技實驗模組」 (Laboratory Modules in Contemporary Technologies, LMCT) ，透過減少實驗次數、提供多元評分方式、強調預習與實驗後檢討，使學生在三週內不斷聚焦同一實驗主題，以加深概念理解並強調探究能力。另一方面，在 COVID-19 疫情期間，Kong 等人 (2022) 在美國波士頓大學利用學生製作的生化實驗教學影片來因應疫情期間的實體課程中斷的問題，結果顯示學生不僅實驗效率提升提問也更深入，整體學習體驗隨之提升。

問題導向學習 (PBL) 之理論基礎與應用

問題導向學習 (PBL) 是一種強調以學生為中心的教學策略，透過提出情境化且複雜的真實問題，使學生主動搜尋資料、討論、評估與整合知識，再將所學應用於解決問題的過程，Hmelo-Silver (2004) 指出，在此過程中，學生需要主動整合既有知識與新取得的資訊，並持續檢視及修正自己的理解，因此 PBL 所培養的不只是學科知識，也包括問題

解決、自主學習與合作溝通等能力。張民杰 (2018) 亦指出，PBL 強調由問題引發學習動機、學生自主學習與小組合作，而教師的角色則由知識傳授者轉為學習歷程的引導者。

PBL 的核心在於讓學生透過「發現問題, 形成假設, 搜尋資訊, 討論與驗證, 修正解釋」的循環主動建構知識；當學生發現既有知識不足以解決眼前問題時，便產生進一步學習的需求；透過資料查找與小組討論，不同成員必須提出證據、說明推論並比較不同解決方式，因此能促使學生重新組織與深化原有知識，教師在此過程中並非直接提供標準答案，而是透過提問與適度引導，協助學生釐清問題、檢視推論依據及反思解決策略。PBL 能否達到上述效果，關鍵之一在於「問題」本身的設計。Hung 等人 (2008) 強調，PBL 課程的問題設計至關重要，因為問題是引發學習動機與知識建構的起點，良好的 PBL 問題需具備情境複雜性、相關性、跨學科性，並鼓勵學生整合不同領域的知識與技能，藉由讓學生在解決問題過程中練習推論、驗證及修正假設，培養出批判思考能力、團隊合作精神以及自我導向學習的內在動機。

目前 PBL 已廣泛應用於各學科領域，Palinussa 等人 (2023) 將 PBL 應用於高中數學教學，研究結果顯示學生的數學批判思考能力有所提升；Llach 及 Bastida (2023) 更將 PBL 結合聯合國永續發展目標 (SDGs)，應用於生物醫學相關課程，引導學生從不同面向分析真實世界的問題，結果顯示學生的系統思考與批判性思維均有所增進。這些研究顯示，PBL 除了有助於學生理解課程內容，也能讓學生練習將所學知識運用於較複雜的實際問題之中。

多媒體學習

隨著數位科技的發展，文字、圖片、動畫及影片等多媒體素材已廣泛應用於教學; Mayer (2002) 將多媒體學習定義為學習者從文字與圖片中建立心理表徵的過程，強調多媒體學習的重點並不只是使用不同的媒體工具，而是如何透過文字與圖像的適當組合，協助學習者理解及整合資訊。黃淑玲 (2011) 在分析 Mayer 2005 年出版的《劍橋多媒體學習手冊》時亦指出，多媒體學習理論是以實證研究為基礎，探討學習者如何處理文字與圖像訊息，以及不同的呈現方式如何影響學習。因此，多媒體教材的教學設計者需要根據學習內容和目標選擇合適的媒體組合和呈現方式，同時考慮學生特性，以達到最佳的學習效果。

在實際教學應用上，相關研究主要從學習成效與學習態度等面向探討多媒體教學的影響。Aloraini (2012) 比較多媒體電腦簡報與傳統教學方式，結果顯示，接受多媒體教學的學生在電腦應用課程中的學習表現顯著優於傳統教學組；Johnson 等人 (2024) 使用 Doodly 製作多媒體教材，也發現在實體與線上教學環境中均能提升學生的學業表現，且性別對學習成效沒有顯著影響。除了學業表現之外，Akinbadewa 和 Sofowora (2020) 在高中生物課程中的研究則發現，多媒體教材亦有助於提升學生對生物學習的正向態度。這些研究顯示，多媒體教學除了可能改善學習表現，也可能影響學生對學習內容的接受與投入程度。

不過，多媒體教學的效果仍會受到教材設計與學習情境的影響。Lauc 等人 (2020) 以克羅埃西亞小學四年級學生為研究對象，發現多媒體教學組在即時知識測驗中的表現較佳，學生也認為相關活動較有趣且具有學習價值，但在較整體性的評量中，其效果僅部分呈現。Plass 等人 (1998) 在第二語言學習研究中也發現，學生同時使用文字與視覺輔助時，對單字的記憶效果優於只使用單一形式的輔助；在故事理解方面，能使用符合個人偏好之呈現方式的學生也有較佳表現。這些結果顯示，多媒體教材的成效並非單純來自媒體數量的增加，而與資訊的呈現方式及學習者如何使用這些資訊有關。而隨著數位

科技的發展，多媒體學習也逐漸延伸至虛擬實境等新的教學環境，Oje 等人 (2023) 回顧 51 篇虛擬實境應用於工程教育的研究後指出，許多研究仍缺乏明確的學習理論或教學架構，因此建議 VR 教材的設計應納入學習理論、多媒體設計及相關教學原則，而不能只著重於技術本身。

綜合上述研究，可以看到多媒體教學可透過文字、圖像、動畫或影片等方式呈現學習內容，部分研究顯示有助於提升學生的學習表現、學習態度與參與程度，但其成效仍會受到教材設計、呈現方式與教學情境影響；問題導向學習則強調從問題出發，透過資料搜尋、討論、推論與驗證，引導學生主動運用所學知識，相關研究也顯示其有助於批判思考、問題解決及自主學習能力的培養，相較於傳統以教師講授或依照既定步驟操作的教學方式，兩者都更重視學生在學習過程中的主動參與，但著重的面向並不相同，多媒體教材主要協助學習內容的呈現與理解，PBL 則著重於知識的應用、問題分析與解決。對生物化學實驗課而言，學生除了需要在實驗前理解原理與操作流程，也需要在實驗過程中進一步分析數據、判斷問題並思考可能的解決方式，因此本研究將多媒體輔助教學與 PBL 應用於生物化學實驗課程，透過課前教材、問題情境及實驗後反思，引導學生從依照步驟完成實驗，進一步思考實驗原理、分析結果並解決問題。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

本課程為生化暨分子醫學科學系大三必修課程，內容包括胺基酸與蛋白質分析、蛋白質純化、醣類與脂質，以及酵素特性與動力學等主題。針對過去學生課前準備流於形式，過度依賴實驗手冊而缺乏主動思考的情形，本研究將多媒體輔助學習與問題導向學習分階段融入課程，讓學生先建立基本知識與操作經驗，再進一步將所學應用於較開放的實驗問題。

課程的第一至第六週主要進行基礎實驗，包括胺基酸定性與蛋白質定量、膠體過濾層析、離子交換層析、醣類定性與定量，以及脂質萃取與分析。為加強學生的課前準備，各實驗除原有實驗講義與預報外，也搭配實驗教學影片；學生需在上課前完成影片觀看，並回答影片中的測驗題目，確認對當週實驗內容已有基本了解後，再進入實體實驗課程；這樣的安排主要是希望學生在課前先熟悉實驗原理與操作流程，將實驗課時間留給實際操作、觀察與討論。PBL 則規劃在學生已具備基本操作經驗之後導入，以「乳糖不耐症治療用 β-galactosidase 之純化與特性分析」作為整合情境，學生需要建立酵素純化流程，進一步分析最適反應條件、*K*m 與 *V*max，最後判斷未知抑制劑的作用類型；這項任務的設計，是將前面零散學過的蛋白質定量、層析純化與酵素分析方法放進同一個問題脈絡中，使學生必須思考要回答這個問題，需要哪些實驗、數據與判斷，而不是只依照既定步驟完成單一實驗。

考量學生過去較少自行設計完整實驗，PBL 並未直接要求學生開始操作，而是採分階段規劃，各組先提出初步研究策略，釐清研究目標、實驗流程、對照組、重複次數與分工；經過討論與回饋後，再完成可實際執行的實驗計畫書，包括材料與方法、預期結果、進度安排及可能遇到的問題與處理方式，之後才進入正式實驗，這樣的安排是希望保留 PBL 的開放性，但同時提供足夠的架構，避免學生在缺乏經驗的情況下直接進入實驗而失去方向。 PBL 最後則以書面報告與 One-Page Show 作為統整，學生需要完整整理實驗流程、原始數據、圖表分析與討論，並針對研究問題提出結論；One-Page Show 則要求學生從大量結果中篩選最重要的資訊，以一頁簡報在三分鐘內說明研究重點；透過這兩種不同形式延續 PBL 的學習歷程，讓學生將前面的問題分析、實驗設計與數據結果重新整理成一個有邏輯的研究故事。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

本研究以 114 學年度第 1 學期修習生物化學實驗課程之學生為研究對象，研究計畫通過研究倫理審查後執行；研究開始前向學生說明研究目的、參與方式及資料使用原則，並取得自願參與同意，學生是否參與研究不影響其修課權益、課程活動及成績評量。本研究的設計配合課程由基礎實驗逐步進入 PBL 的學習歷程進行，課程開始前先以實驗資料整理與分析相關測驗了解學生的基本能力，並依測驗結果選出 8 位組長，作為後續 PBL 分組與小組運作的基礎；前半學期的基礎實驗採兩人一組，主要讓學生先熟悉實驗操作、資料紀錄與結果分析，並透過每週課前影片與線上測驗建立進入實驗室前所需的基本理解。

完成基礎實驗後，課程進入 PBL 階段，分組方式改為每組 6 至 7 人，並由前述 8 位組長分別帶領各組；相較於前半學期以操作練習為主，PBL 任務同時涉及資料查找、實驗設計、試劑與時間安排、實際操作、數據分析及成果整理，因此改採較大的小組，讓同學透過討論與分工共同完成研究任務，而組長的設置則是希望各組都有一位具備較佳資料整理與分析基礎的學生，協助整合不同意見、掌握工作分配與實驗進度，降低各組因能力差異過大而影響後續工作的情形。PBL 以 β-galactosidase 的純化與特性分析為主題，各組須完成酵素純化、最佳反應條件分析、*K*m 與 *V*max 測定，以及未知抑制劑 NDH-24-B07 作用型態的判斷。課程並未讓學生直接進入實驗操作，而是先安排兩階段的實驗規劃，讓學生有時間將研究問題逐步轉化為可實際執行的方案；第八週各組先提出研究策略及初步實驗構想，內容包括研究目標與假設、實驗流程、對照組與重複次數、材料與方法及組內分工，經課堂報告及教師、助教回饋後，再於第十一週完成較完整的實驗計畫，並進一步納入預期結果、評估方式及可能遇到的問題與備案。第十二至十四週由各組依修正後的計畫進行實驗，學生除了負責實際操作，也須自行整理與分析所得數據，並依實驗結果重新檢視原先的設計與假設；教師與助教在過程中主要提供方向與技術上的協助，不直接給予完整操作流程或標準答案，使學生保有討論、判斷與修正實驗策略的空間。

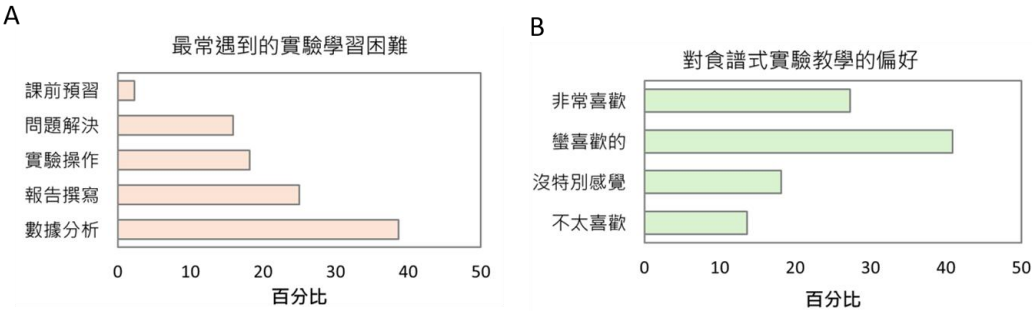
研究資料配合課程進度於三個階段蒐集，分別為學期初、完成前半學期基礎實驗後，以及 PBL 課程結束後，均以匿名線上問卷進行；課前問卷主要了解學生的修課動機、學習期待、過去實驗經驗及原有的實驗學習方式，同時評估其在實驗原理與操作、資料整理與分析、問題處理等面向的自我認知，期中問卷保留相同的核心能力題目，用來觀察完成基礎實驗及課前多媒體學習後的變化，課後問卷則再次評估相同能力，並加入多媒體教材、線上測驗、PBL 及整體學習經驗等題目；除了量化題項外，課後問卷亦有開放式問題，以了解學生對課前影片、小組討論、實驗問題處理及 PBL 學習歷程的實際感受。問卷量化題目採五點李克特量表，由「非常不同意」至「非常同意」分別計為 1 至 5 分，資料先以平均值、標準差及作答分布呈現各階段的整體情形；兩個時間點之間的差異以獨立樣本 t-test 進行比較，課前、期中與課後三個時間點的整體差異則採單因子變異數分析 (one-way ANOVA)，統計顯著水準設定為 p value < 0.05。

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

(1) 教學過程與成果

本計畫目的在改善生物化學實驗課中學生容易依賴既定步驟完成操作，對實驗設計、數據分析及結果判斷缺少進一步思考的情形，因此將多媒體課前學習與 PBL 分階段融入課程，分別處理「進入實驗室前是否看得懂、知道怎麼做」以及「真正遇到問題時是否知道如何思考與解決」兩個不同層次的學習問題。從學期初問卷結

果來看 (圖一)，這樣的調整確實有其必要性，44 份課前問卷中，有 17 人（38.6%）認為過去實驗課最常遇到的困難是數據整理、繪圖與結果解讀，另有 11 人(25.0%）認為最困難的是將實驗結果與理論連結並完成討論；這個結果與過去批改實驗報告時的觀察相當一致，學生通常能依照講義完成實驗，真正卡住的地方往往發生在實驗結束之後，也就是如何整理資料、解釋結果，以及判斷結果究竟回答了什麼問題。不過另一方面，課前問卷也顯示學生原本相當習慣結構化的實驗方式，只有 6 人明確表示不喜歡傳統食譜式實驗，反而有 30 人（68.2%）表示非常喜歡依照既定步驟操作，顯示多數學生較熟悉結構化、步驟明確的實驗學習方式； 這項結果也讓我們更清楚看到，學生從依循步驟的實驗方式轉入 PBL 時，可能需要一段適應與練習的過程，而原規劃以前半學期的基礎操作與課前學習建立共同基礎，後半學期再逐步導入 PBL，正是希望讓學生在既有操作經驗上，逐漸練習自行分析、判斷與解決問題。



圖一、學生課前實驗學習經驗與教學方式偏好。A. 學生過去在實驗課中最常遇到的學習困難；B. 學生對依照既定步驟進行之「食譜式實驗」教學方式的偏好。

在課程的前半學期仍以較具結構的基礎實驗為主，並搭配課前操作影片與線上測驗;這些影片由曾擔任生物化學實驗助教、熟悉課程內容與操作流程的資深助教，在暑假期間帶領新手助教共同拍攝，一方面作為學生課前預習的教材，另一方面也讓新手助教在正式上課前熟悉實驗流程、操作細節，提早做好教學準備。學生須在進入實驗室前先觀看當週影片並完成線上測驗；實際授課過程中，我與助教都明顯感受到，同學在進入實驗室前已對實驗流程與主要操作有初步概念，因此針對基本步驟的重複說明相對減少，教師與助教也能將更多時間放在操作問題、實驗原理上。完成前半學期基礎實驗後，於期中再次進行問卷調查，這個時間點的資料呈現出學生第一階段能力變化最明顯的情形 (表一)；八項共同能力的整體平均由課前 3.00 提升至期中的 3.63，其中「正確操作與儀器使用」由 3.20 提升至 3.90，「圖表轉換與結果表達」由 2.70 提升至 3.60，「異常數據檢討與調整」由 2.95 提升至 3.64，「提出改進與解決問題」則由 2.80 提升至 3.55，顯示前半學期的學習效果並不只反映在操作熟練度，原本較弱的資料整理與問題處理能力也已開始出現變化。

表一、課程不同階段之實驗能力自評

	課前	期中	期末	q value	結果
實驗學習自我效能					
1. 我在實驗課前能清楚理解實驗的目的與原理。	3.18	3.86	3.50	0.005	顯著提升
2. 我能正確執行實驗操作步驟，並熟練使用實驗儀器。	3.20	3.90	3.80	0.002	顯著提升
3. 實驗過程中，我能根據問題提出適當的假設並進行驗證。	2.84	3.38	3.33	0.016	顯著提升
4. 遇到異常數據時，我能主動檢討原因並進行調整。	2.95	3.64	3.53	0.002	顯著提升
5. 我能順利將實驗結果轉化為圖表並清晰表達實驗發現。	2.70	3.60	3.60	< 0.001	顯著提升
6. 我能提出實驗改進建議並解決實驗過程中遇到的問題。	2.80	3.55	3.50	0.001	顯著提升
7. 我對自己的數據處理與結果分析能力感到有自信。	2.84	3.19	3.28	0.080	無顯著差異
8. 我覺得(這門)實驗課程有效提升了我的科學實作能力。	3.48	3.95	3.80	0.009	顯著提升

基礎實驗完成後課程進入 PBL 階段，學生重新組成 6 至 7 人小組，由前述 8 位組長分別帶領；PBL 以 β-galactosidase 純化與特性分析為主題，各組需自行規劃酵素純化、最佳反應條件、Km 與 Vmax 測定，以及未知抑制劑作用型態的分析。為避免學生在缺乏完整實驗設計經驗的情況下直接進入操作，課程先安排兩階段實驗規劃；第八週先由各組提出第一次研究策略與初步實驗構想，說明研究目標、實驗流程、對照組、重複次數、材料方法及組內分工，多數小組在第一次報告已能掌握整體研究方向，但在實驗條件設定、對照設計及後續數據分析方式上仍有不少需要修改，因此透過課堂討論與回饋，讓同學再回去查找資料並修正原先構想。到第十一週，各組再次提出較完整的實驗計畫時，可以看出學生已經不只是把「要做哪些實驗」一項一項列出來，而開始注意條件怎麼設定、對照怎麼安排、結果要怎麼分析，也逐漸能把不同實驗串起來，思考這些數據最後要怎麼回答原先的研究問題；雖然各組完整程度仍有差異，但和第一次報告相比，整體思考已經更完整 (表二)。第十二至十四週進入實際操作階段，各組依修正後的實驗計畫進行實驗；剛開始時，同學仍很習慣期待一個明確答案，遇到結果不如預期時，常會直接詢問接下來該怎麼做，對於需要重新檢查原先設計、找出可能原因再決定下一步並不習慣，因此過程中主要透過提問與討論，引導學生先從自己的數據判斷問題可能出在哪裡，再思考要如何修正，隨著實驗逐步進行，可以看到同學開始比較能接受結果不一定會照原先預期發展，遇到異常數據時也不再只是等答案，而會先回頭檢查條件、操作或原先的假設，再和同組討論下一步到最後，當學生經過幾次修正後得到可以解釋的結果時，可以明顯感受到，他們對於這種自己找問題、改方法再得到結果的成就感，比過去依照固定步驟完成實驗更強。

表二、PBL 實驗規劃歷程中學生初稿與修正版之比較

	初稿	修正版
• 研究目標	只有主題，問題不夠明確	能明確寫出研究問題與假設
• 實驗流程	步驟粗略	流程較完整，可實際執行
• 對照組設計	常缺乏對照或設計不清	能加入適當對照組
• 條件設定	變因設定不完整	能說明條件比較依據
• 數據分析	只寫要量測，未說明怎麼分析	能連結圖表、Km/Vmax、抑制型態判讀
• 可行性	分工與時間安排不足	有材料、分工、進度與備案

學期末第三次問卷顯示 (表一)，八項核心能力整體平均為 3.54 分，仍高於課前的 3.00 分；三個時間點的整體比較達顯著差異，其中課前與期中、課前與期末之間均有顯著差異，期中與期末則沒有顯著差異，這個結果其實和我原先的想像不太一樣，原本以為進入 PBL 後，學生各項能力的自評應該還會再往上，但實際結果並沒有出現這樣的變化；從課堂上也觀察到，前半學期的基礎實驗有較明確的步驟與操作目標，再加上課前影片協助學生先熟悉實驗流程，學生做得越來越順，到了期中對自己的實驗能力也相當有信心，但進入 PBL 後，學生開始需要自行決定實驗條件、設計對照，並在結果與預期不符時找出可能原因，再決定後續如何調整，這時才逐漸發現「會操作」和「會設計、會判斷、會修正」其實是不同層次的能力；因此，期末自評沒有再持續上升，顯示學生在真正面對較開放的研究問題後，對自己的能力有了更實際的認識。

(2) 教師教學反思

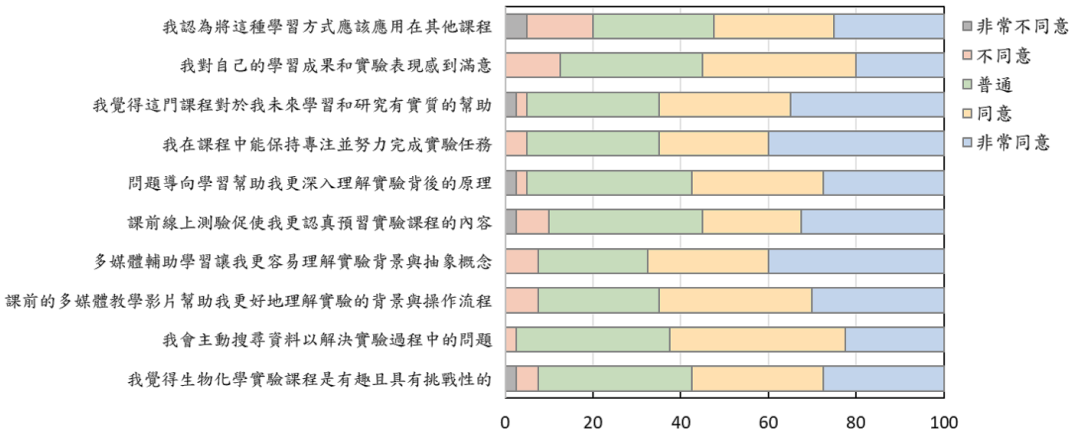
在規劃課程時，我原本認為大三學生已有多門實驗課經驗，加上前半學期的操作與課前準備，進入 PBL 後應能進一步整合過去所學；實際授課後才發現，學生

雖熟悉如何完成實驗，但要從既定步驟轉換到自行設定條件、安排對照、判讀數據並決定下一步，比原先想像中困難，且如何在不直接給答案的情況下，和助教一起給出適當而一致的引導，其實並不容易，學生回饋也反映了這一點，有同學肯定自行設計實驗比單純依照步驟操作更能促進學習，但也提到第一次規劃完整實驗時不容易掌握方向，資料搜尋、條件設定與小組討論都需要更多時間，顯示學生其實願意接受這樣的挑戰，只是在轉換過程中仍需要更合適的引導與時間安排，我和助教在課堂上也常需要拿捏要提示到什麼程度，才不會直接給答案，又能讓學生繼續往下思考。如果未來再安排 PBL 實驗，會保留讓學生自行思考與設計的核心，但在進入完整實驗前，增加幾次實驗設計與結果判讀的練習，讓學生先熟悉如何從問題形成假設、設定條件與安排對照；同時也會和助教更充分討論引導方式與回饋原則，讓學生在遇到困難時能得到適當的提示，又保有自己分析與做決定的空間。

雖然 PBL 在執行過程中有不少新的挑戰，讓我重新思考教學引導與時間安排，但前半學期加入的課前影片，是這次計畫中效果相對明確，也是我未來希望繼續保留在實驗課中的安排。相較於單看書面講義，影片讓學生在進入實驗室前先看到當天要做什麼、器材如何使用，以及各步驟之間如何銜接，相當於在正式操作前先走過一次完整流程，面對陌生器材或較複雜的實驗時也更有準備；五支影片的平均觀看次數超過 100 次，顯示學生在需要確認操作時會反覆觀看，不過此次拍攝的影片內容偏重操作流程，後續會再補充關鍵原理、常見錯誤與判讀重點，讓學生不只知道「怎麼做」，也能進一步理解「為什麼這樣做」。

(3) 學生學習回饋

除了前述問卷中學生對實驗能力的自我評估外，學期末也透過課後問卷的開放式問題以及學校教學評量，了解學生實際上完這門課之後，對課前影片、PBL 以及整體實驗課程的感受 (圖二)。從學生的回答來看，課前影片是接受度比較高的一項安排，多數同學認為影片可以在進實驗室以前先看到器材怎麼使用、實驗大概要怎麼進行，比起只看文字講義更容易理解操作流程，也有人提到可以在忘記步驟時再回去重複觀看；教學評量中也有學生直接寫到「提供實驗影片，幫助學生理解器材並理解實驗步驟」。

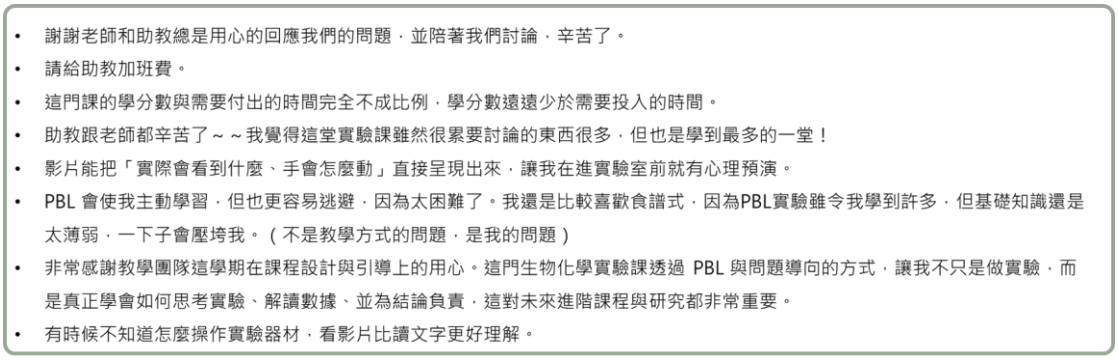


圖二、學生對多媒體輔助 PBL 生物化學實驗課程之學習態度與課程回饋分布

對於 PBL，學生的回饋呈現較明顯的個別差異。部分學生肯定自行設計實驗的安排，認為相較於直接依照既定步驟操作，自己查找資料、設定條件、討論實驗方法及處理實驗過程中出現的問題，更能促使自己思考；也有學生提到，實際進入 PBL

後，才開始注意試劑濃度、實驗條件、加入順序及數據與預期不符時可能的原因，而組內討論及助教回饋也是協助釐清問題的重要來源。不過，也有學生反映過去較少有完整設計實驗的經驗，因此第一次面對需要自行搜尋資料、安排實驗條件及進行組內分工時，容易不知道該從哪裡開始；另外，PBL 所需的討論與規劃時間較長，部分學生也希望能有更多時間修改實驗計畫，並在遇到問題時獲得較明確且一致的引導。這些意見顯示，學生對自行探索與解決問題的學習方式有所肯定，但在第一次接觸較開放的實驗設計時，仍需要足夠的準備時間與適當的引導。

從學校教學評量中的文字回饋也可以看到類似的情形 (圖三)，學生一方面肯定課前影片、教師與助教在實驗過程中的協助，以及自行設計實驗所帶來的學習收穫；另一方面，也提到 PBL 的難度較高，需要投入較多時間查找資料、討論與規劃，對第一次接觸開放式實驗設計的學生來說具有一定挑戰。這些回饋反映出學生對自行探索與解決問題的學習方式多有肯定，但在從依照步驟操作轉換到自行規劃實驗時，仍需要適當的準備時間與引導。



- 謝謝老師和助教總是用心的回應我們的問題，並陪著我們討論，辛苦了。
- 請給助教加班費。
- 這門課的學分數與需要付出的時間完全不成比例，學分數遠遠少於需要投入的時間。
- 助教跟老師都辛苦了～～我覺得這堂實驗課雖然很累要討論的東西很多，但也是學到最多的一堂！
- 影片能把「實際會看到什麼、手會怎麼動」直接呈現出來，讓我在進實驗室前就有心理預演。
- PBL 會使我主動學習，但也更容易逃避，因為太困難了。我還是比較喜歡食譜式，因為PBL實驗雖令我學到許多，但基礎知識還是太薄弱，一下子會壓垮我。（不是教學方式的問題，是我的問題）
- 非常感謝教學團隊這學期在課程設計與引導上的用心。這門生物化學實驗課透過 PBL 與問題導向的方式，讓我不只是做實驗，而是真正學會如何思考實驗、解讀數據、並為結論負責，這對未來進階課程與研究都非常重要。
- 有時候不知道怎麼操作實驗器材，看影片比讀文字更好理解。

圖三、學生質性回饋意見

課後問卷也請學生指出參與 PBL 後，自認提升最明顯的一項能力，從開放式回答可見，與實驗設計及數據分析與判讀相關的內容最為集中，其中學生多次提及條件設定、濃度計算、實驗步驟安排及數據處理，顯示 PBL 帶來的學習改變主要反映在學生由依循既定流程，進一步練習自行規劃實驗與根據數據進行判斷。整體而言，學生回饋顯示，課前影片主要幫助他們在操作前建立較清楚的準備，而 PBL 則讓學生實際經歷從設計、操作、判讀到修正的過程；雖然不同學生對開放式實驗的接受程度仍有差異，但從回饋中可以看到，學生已開始更重視實驗背後的思考與判斷，而不只是把步驟做完。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

在執行完本次教學實踐研究計畫後，我認為結構化實驗與較開放的 PBL 並不是互相取代的兩種教學方式，而是適合不同階段的學習需求；前者有助於學生建立基本操作與資料處理能力，後者則讓學生真正面對實驗設計、判斷與修正的問題。未來若安排類似課程，如何依學生的經驗逐步調整實驗的開放程度，會比直接增加 PBL 比例更重要。另一方面，這次 PBL 涵蓋的實驗內容較多，學生除了實際操作外，還需要額外投入資料搜尋、討論、規劃與修改，因此課程設計時也需要重新評估任務範圍與時間配置，避免開放式學習所需要的思考時間反而受到課程進度壓縮。最後，課前影片則可持續作為生物化學實驗課的固定教材，讓學生在進入實驗室前先熟悉操作流程與器材使用；後續可再補充實驗原理、常見錯誤與結果判讀，並同步檢查影片與講義內容的一致性，使這些教材除了提供學生預習，也能成為助教共同使用的教學資源。

二、參考文獻 (References)

1. Akinbadewa, B. O., & Sofowora, O. A. (2020). The effectiveness of multimedia instructional learning packages in enhancing secondary school students' attitudes toward Biology. International Journal on Studies in Education, 2(2), 119-133.
2. Aloraini, S. (2012). The impact of using multimedia on students' academic achievement in the College of Education at King Saud University. Journal of King Saud University-Languages and Translation, 24(2), 75-82.
3. Arthur, P., Ludwig, M., Castelli, J., Kirkwood, P., & Attwood, P. (2016). Prepare, Do, Review: A skills-based approach for laboratory practical classes in biochemistry and molecular biology. Biochemistry and Molecular Biology Education, 44(3), 276-287.
4. Carrió Llach, M., & Llerena Bastida, M. (2023). Exploring innovative strategies in problem based learning to contribute to sustainable development: a case study. International Journal of Sustainability in Higher Education, 24(9), 159-177.
5. Caspers, M. L., & Roberts-Kirchhoff, E. S. (2003). An undergraduate biochemistry laboratory course with an emphasis on a research experience. Biochemistry and Molecular Biology Education, 31(5), 303-307.
6. Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. Educational psychology review, 16, 235-266.
7. Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R. (2008). Problem-based learning. In Handbook of research on educational communications and technology (pp. 485-506). Routledge.
8. Johnson, I. E., Ofoegbu, T., Asogwa, U., Offiong, A. E. A., Eteng, I. J., Abanyam, V. A.,& Iyam, M. A. (2024). Comparing the academic achievement of students taught Educational Technology with Doodly-designed Multimedia Instructions in Classroom and Online Learning Environments. Ianna Journal of Interdisciplinary Studies, 6(2), 161-177.
9. Kong, S., Kumta, S., & Vardar-Ulu, D. (2022). Made for students, by students: Integrating former-student voices into a de-densified biochemistry laboratory. Biochemistry and Molecular Biology Education, 50(1), 120-121.
10. Lauc, T., Jagodic, G. K., & Bistrovic, J. (2020). Effects of Multimedia Instructional Message on Motivation and Academic Performance of Elementary School Students in Croatia. International Journal of Instruction, 13(4), 491-508.
11. Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In Psychology of learning and motivation (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.
12. Oje, A. V., Hunsu, N. J., & May, D. (2023). Virtual reality assisted engineering education: A multimedia learning perspective. Computers & Education: X Reality, 3, 100033.
13. Palinussa, A. L., Lakusa, J. S., & Moma, L. (2023). Comparison of problem-based learning and discovery learning to improve students' mathematical critical thinking skills. Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA, 13(1).

14. Plass, J. L., Chun, D. M., Mayer, R. E., & Leutner, D. (1998). Supporting visual and verbal learning preferences in a second-language multimedia learning environment. Journal of educational psychology, 90(1), 25.

15. Roberts, L. M. (2001). Developing experimental design and troubleshooting skills in an advanced biochemistry lab. Biochemistry and Molecular Biology Education, 29(1), 10-15.

16. 張民杰（2018）運用問題導向學習設計與實施素養導向教學可行性之研究， 課程研究：Journal of Curriculum Studies，第 13 卷 第二期，頁 43。

17. 黃淑玲（2011） 以研究證據為基礎之多媒體學習理論: 劍橋多媒體學習手冊之分析 。 課程研究：Journal of Curriculum Studies，第六卷，第一期，頁 113。

三、附件 (Appendix)

〈附件一〉PBL 報告、One-Page Show 簡報、完整問卷調查結果

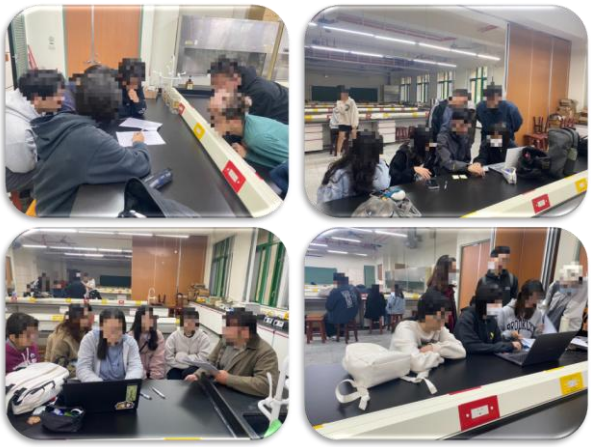
內容	連結
PBL 報告	https://drive.google.com/drive/folders/1I-X93JPVmBe0ntInQ39mkdSAn6_N2JuG
One-Page Show 簡報	https://drive.google.com/drive/folders/1hg2ElBBXwUaZxsE7vaOplaATWPdUHuLq
完整問卷調查結果	https://drive.google.com/drive/folders/1fmCHKpI_FikG8bQmb4kBw68kgPlg6dQZ

〈附件二〉課程影片連結

課前預習影片	QR code
胺基酸定性與蛋白質定量分析	
膠體過濾層析	
離子交換層析	
醣類定性與定量	
脂質萃取與分析	

〈附件三〉課程教學記錄剪影

PBL 實驗規劃前的組內腦力激盪與助教討論



PBL 實驗執行過程中的小組協作與問題解決

