

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：PMS1135629

學門專案分類/Division：數理學門

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

**以問題導向學習法於提升學生於量測不確定度學習成效之研究/
A Study on Enhancing Students' Learning Effectiveness in
Measurement Uncertainty through Problem-Based Learning Method**

計畫主持人(Principal Investigator)：江政剛

協同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立東華大學/化學系

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 18 日

以問題導向學習法於提升學生於量測不確定度學習成效之研究

A Study on Enhancing Students' Learning Effectiveness in Measurement Uncertainty through Problem-Based Learning Method

一、本文 (Content)

本結案報告的文字與圖表呈現之內容，主要參考本人申請之 113 年度教育部教學實踐研究計畫申請書、2025 年 8 月 21 號線上報告投影片、參與學生選修高等分析化學課程過程中之相關報告與資料數據，與利用 google 表單進行學生五次作業與問卷調查等相關資料等，進行文字改寫與資料擷取分析。相關文字內容藉由 Chatgpt 進行文字錯字校正，至於相關圖表內容，則利用 excel、goole 表單與 Napkin 進行呈現與資料分析。

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

一般而言，若學習者能具備正向的學習動機，不僅有助於他們累積並鞏固必要的先備知識作為進一步探索的基礎，也能在潛意識裡認為自己有能力理解更高層次的專業內容。然而，本人在 109 學年度教授高等分析化學研究所課程時，發現學生缺乏主動投入學習的意願。這或許源自於傳統以教師為中心、單向傳遞知識的授課模式，難以有效激發學生面對複雜或艱澀內容時的學習熱情與求知慾。因此，本研究嘗試以「問題導向學習」作為教學替代方案下，藉由設計具啟發性的問題情境，鼓勵學生運用既有的知識主動蒐集解題所需的資訊，並在教師扮演協助與引導角色下，探索此種教學法，是否能幫助學生在高等分析化學中更深入掌握「量測不確定度」的概念。同時，也透過量化與質性研究工具，檢視上述教學方式的效益，以判斷其是否更能貼近學生的需求並提升學習成效。

由於近年來學生在數理基礎上的能力明顯下滑，使得在講授分析化學課程中，若仍採用傳統以知識傳授為主的方式來講授「量測不確定度」相關內容時，本人發現學生對於公式推導背後所代表的意涵缺乏深入理解，所以在進行量測不確定度數學公式運算與誤差評估時，缺乏積極主動的學習態度。當分析學生的先前教學意願回饋時，有人反應由於課程知識呈現零散，並且缺乏完整且連貫的實務案例，導致其將量測不確定度之計算具有融會貫通的理解與分析之能力。

基於上述理由，本研究計畫的首要研究目的，即是探究是否可利用問題導向學習法，讓學生對於量測不確定度的學習成效是否有增進外，希望藉由幫助學生克服對數值分析的抗拒心態，培養他們能夠以正向態度欣賞統計方法在化學數據處理中的價值，進而讓參與學生具備良好的數字推理能力去解讀數值估計與誤差評量。我將藉由擔任東華大學農檢中心品質主管五年以上之經驗，讓參與學生與農藥殘留檢驗中心的實務經驗相結合，使其能夠親身體會，在真實樣品中農藥殘留分析中所可能面臨的量測不確定度數值分析之問題下，除了加深他們對農藥殘

留檢驗流程與應用性的理解，也希望能夠引導學生，分析並辨識在實驗操作中導致量測不確定度的因素，期望在學生進入職場或日後從事科研實驗時，能夠具備積極降低實驗過程中量測不確定度的能力。

2. 研究問題 (Research Question)

在本研究計畫中，本人嘗試跳脫傳統分析化學課程中以教師單向講授為主的模式，改以「問題導向學習法 (Problem-based Learning, PBL)」作為核心教學策略。課程設計首先透過真實案例引入，例如以「食品中殘留農藥檢驗方法—多重殘留分析方法 (五)」所獲得之質譜檢測結果，作為學習情境的起點，並將量測不確定度的議題納入討論。學生在面對這些檢測數據時，需思考如何從分析行為中辨識並理解潛藏的所需要估計的量測不確定度因素有多少下，進而被激發出學習動機，當學生在進行數據分析過程中會意識到自身科學知識與理解上的不足時，此種「知識落差」希望能成為驅動他們主動探索的契機。藉由上述的教學設計下，本人將不再僅是知識的灌輸者，而是知識媒介與引導者，並透過分組合作與同儕互動時，希望能協助學生逐步建立解題脈絡外，學生亦能藉由反思與討論等多元學習方式，進而深入理解如何在定量分析中評估並控制量測不確定因素下，最終透過此種以問題為核心的學習歷程，嘗試培養學生自我導向學習的能力外，使其能夠在未來面對各種化學研究或專業文獻時，具備獨立判斷與正確分析量測不確定度的素養下，除了有助於他們在學術研究上的精進外，也能替國家培育出具備風險評估與科學決策能力的專業化學人才。

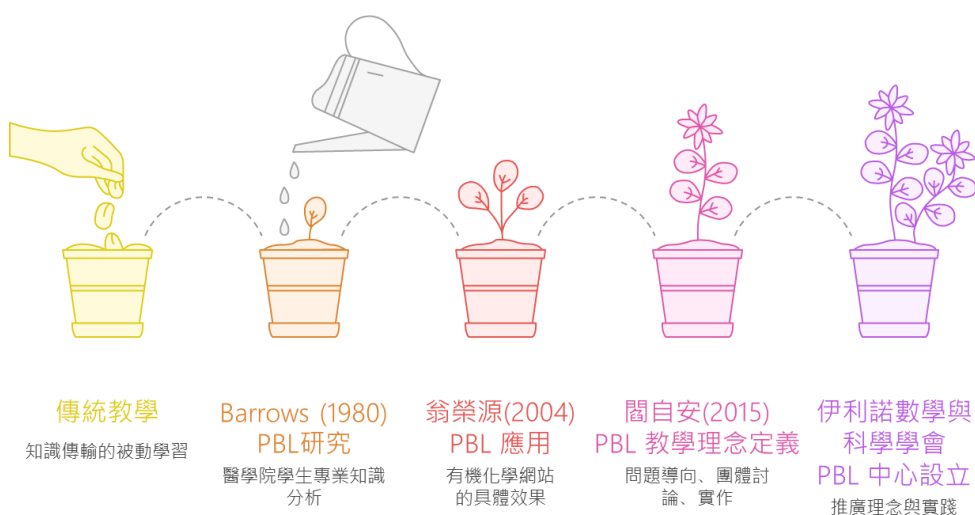
除此之外，若能讓參與學生真正建立對量測不確定度與誤差估計的正確認知，便能使其理解化學實驗中為何必須重視數據之有效位數的呈現與報導。希望能夠在本教案施行下，學生不僅僅是按照規範書寫數據，而是能明白其背後相關科學意義與施行必要性。本研究的核心目標，除了檢視問題導向學習法，在高等分析化學教學中對學習成效的影響之外，更期望藉由此種策略，協助學習者養成分析與計算量測不確定度的能力。透過此一訓練，學生將能進一步認識，實驗數據中誤差的來源與影響，並具備獨立評估與修正的能力。如此一來，當他們在化學研究或應用實務中面對數據時，不僅能更準確地進行判讀與分析，也能有效降低因誤差處理不當而造成的偏差或錯誤判斷。最終，本研究期望培養學生具備一套完整的數據品質意識與檢核能力，進而提升其在專業化學領域中的實驗素養與研究可信度。

3. 文獻探討 (Literature Review)

Dewey 在『Democracy and Education』一書中的教育觀的主要精神，定義出授課教師應設計能激發學習者熱情與自主性的課程，使其在主動學習與反思過程中，進一步掌握新知並轉化為自我成長與社會貢獻的基礎。由於科學學習應兼顧知識的快速發展，以及與其他領域的跨域整合，為了契合 108 課綱與國家推動之十二年國民基本教育課程綱要之教育理念，教師對於教材設計上，需同時考量縱

向連貫與橫向統整，透過探究與專題製作等方式，培養學生的核心概念、探究能力與科學態度。

一般來說，教師常可以利用翻轉教學的概念，進而用來更正傳統講授教學中，學生作為知識傳輸的接受者的情況下，只能進行被動學習的弱勢教學時，PBL 教學法，則是藉由強調學生的主動參與，透過真實情境問題的設計，引導學習者在面對挑戰時不僅須動手實作，亦需藉由探究與經驗累積獲取知識。其核心在於將學習活動與現實生活緊密連結，並於過程中逐步培養學生的批判思考、問題解決與自我學習策略等高層次認知能力。當學生以小組合作的方式共同討論與反思時，不僅增進了團隊協作與問題闡述分析的動機，更能促進知識建構與共享。整體而言，PBL 融合了實驗主義、情境學習與合作學習等理論基礎，透過實際體驗與協作歷程，能有效提升學生多方面的能力，包括：主動批判並解決複雜問題的能力、蒐尋與應用適切資源的能力、團隊合作與建構思維的能力、實務實質的溝通技巧，以及對所學知識的深刻理解與持續追求終身學習的態度。



圖一、相關文獻利用問題導向學習法地的相關研究摘要與亮點。

如圖一所示，利用問題導向學習法進而改善教學成效的相關文獻，則可以利用上述文獻內容進行討論，相關文獻內容重點節錄如下：

- Barrows 等人(1980)研究指出，在利用 PBL 教學法應用於醫學教育時，他利用患症病患之病狀案例，作為學習起點，激發學生的學習動機中，學生在小組討論與合作中整合先備知識並探索新資訊，從而提升臨床判斷與自我導向學習能力。
- 閻自安(2015)指出，PBL 教學以問題導向、團體討論與行動實作為核心，強調即時應用與批判思考，符合大學教育趨勢，能提升學生參與度與深度學習，並促進多元技能與素養的養成。
- 翁榮源等人(2004)研究指出，利用 PBL 結合有機化學網路課程時，學生的學習成效與滿意度皆顯著優於傳統教學。結果顯示問題導向學習法不僅能提升高先備知識學生的考試表現，亦能增進學生學習興趣與課程認同度。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

學習週		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
內容	課程介紹																		
	農檢中心實務操作																		
小組討論	量測不確定度評估																		
	標準品配置																		
	回收率分析																		
	重複性分析																		
	檢量線製備																		
論文導讀																			
小組論文討論																			

圖二、在本研究計畫配合之高等分析化學課程每周規劃表。

圖二節錄在本人執行之教學實踐計畫之教學設計與規劃內容，主要研究的對象為修習「高等分析化學」課程的化學系大學部及碩士班學生，探究若於該課程中引入「多重殘留分析方法（五）」之農藥殘留質譜分析案例，是否能有效增進學生對量測不確定度的理解與應用？除此之外，本人期望藉此使學生在真實案例的學習脈絡下，培養對農藥殘留檢驗分析中量測不確定度的評估能力，並作為本研究欲達成的主要教學目標之一。

此外，由於東華大學化學系因為 0403 地震之影響，所以導致化學系系館全毀，該課程於 113 學年度上學期進行開授時，約有 11 位化學系大四、大五以及碩士班一年級與二年級的學生修研，並且利用東華大學理工三館生醫系系館 B201 進行知識之傳授，東華大學農檢中心進行農產品農藥殘留檢驗案例數據之產生與實作，並且聘任農檢中心具有通過 ISO17025 專業訓練的技術師作為授課兼任講師下，進行實作農藥殘留檢驗案例之協助執行。如圖三所示，本課程具體教師端、學生端與教學教材的規劃與課程準備如下：

◆ 教師端的授課能力與自我檢核：

- 授課教師具有教授分析化學或是高等分析化學之相關經驗。
- 授課教師具有農藥殘留檢驗分析的相關經驗。
- 授課教師具有 ISO 17025 或是具有量測不確定度專業訓練知識。
- 授課教師具有跨域學習與想要積極增進教學能力之熱忱。

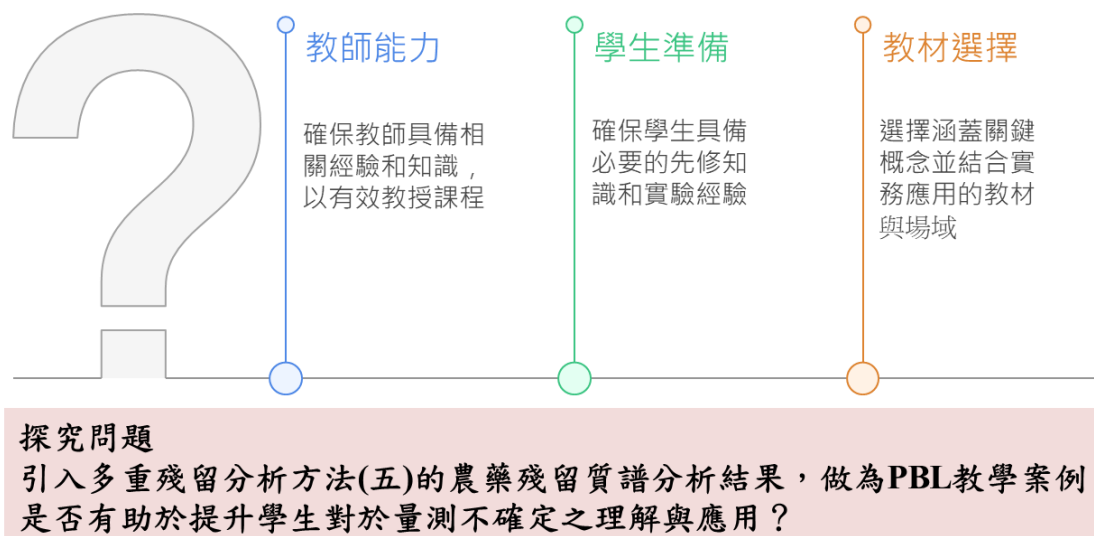
◆ 學生端的授課能力與自我檢核：

- 學生具有先修過分析化學一課程，以對於有效位數分析具有基本概念。
- 學生具有先修普通化學實驗或是分析化學實驗之相關經歷，並對實驗實作具有先行概念與操作經驗。

◆ 教材之選擇與內容：

- 需要傳授量測不確定度之相關知識與化學分析之連結。
- 設計具體的農產品進行農藥萃取與之殘留量分析之實務實驗。

- C. 結合最新業界使用 ISO GUM 與 Eurachem/CITA Guide 進行量測不確定度評估之實務案例與數學推導能力。



圖三、本教學研究計畫於施行人員、受教學生與教材師挑選的施行方向。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

本研究規劃透過專題實作、小組討論以及論文報告等多元教學方式，利用問題導向學習法作為教學工具，引導學生在課程中進行探索與研究下，期望藉由探究式學習與專題製作的過程，使修課學生能夠獲得更深層次的理解，進一步培養專業化學數學知識能力。如圖四所示，本研究計畫將藉由 PBL 教學法之五個面向，具體執行本計畫所欲探究之研究設計策略，包含：



圖四、本研究利用問題導向學習法增進學生於量測不確定度學習成效之施行五個面向手段。

面相一：利用課程講授法，本人將講解量測不確定度相關先備知識，並利用 google 表單設計 10 個問題，檢驗學生的學習成效與知識吸收度。

面相二與面相三：利用課程講授法結合 PBL 教學法，除了講解農藥在現行台灣法規面定義，並且闡述多重殘留分析方法（五）所需要用到的 HPLC、GC 分離技術與質譜儀相關知識後，利用農檢中心作為實作場域，並由每年需要處理 5000 件左右農產品農藥殘留檢驗分析之技術師作為業師實務教學下，讓修課的 11 位同學親手實地參與多重殘留分析方法(五)實驗流程，對於市售之農產品進行實務之農藥殘留檢驗分析後，藉由農檢中心的質譜儀設備進行農藥殘留數據擷取。

面相四：藉由小組合作法，讓學生對於實作下所產生的農藥殘留檢驗分析之質譜儀檢驗數據，藉由本人進行講解後，利用圖五本人所設計之量測不確定度教案分析流程表，讓學生對於如何評估標準品配置、檢驗流程、分析儀器精密度、檢量線配置與空白試驗所產生之量測不確定度進行實務計算解析。

表一、標準品配製時組合不確定度計算⁴⁾

來源 ⁴⁾	項目 ⁴⁾	量測不確定性 ⁴⁾
標準品(萊毒所) ⁴⁾	10 ppm ⁴⁾	⁴⁾
10 mL 定量瓶 ⁴⁾ (使用兩次) ⁴⁾	製造允差±0.02 mL ⁴⁾ (Witeg, A) ⁴⁾	⁴⁾
	溫度效應： ⁴⁾ 有機溶液之體積膨脹係數： 1.5×10 ⁻³ mL/°C ⁴⁾ 實驗室溫度變化±6 °C ⁴⁾	⁴⁾
	組合不確定度： ⁴⁾	
微量吸管(1 mL) ⁴⁾ (使用三次) ⁴⁾	校正實驗室報告 ⁴⁾ 擴充不確定度(U)=0.68 μL ⁴⁾	組合不確定度 ⁴⁾
工作溶液 ⁴⁾	⁴⁾	

表二、回收率分析之量測不確定度計算⁴⁾

項目 ⁴⁾	量測不確定性 ⁴⁾
標準差 ⁴⁾	⁴⁾
15 筆數據，大減松之平均回收率為 1.05 ⁴⁾	以 t-test 評估回收率是否有顯著誤差 ⁴⁾ (1)實驗回收率= ⁴⁾ (2)真值=100%回收率=1 ⁴⁾ (3)計算 t 值與 t _{critical} 是否有差 ⁴⁾ ⁴⁾

表三、重複性測量之量測不確定度計算⁴⁾

序號 ⁴⁾	檢驗樣品 ⁴⁾	QC1 (ppb) ⁴⁾	QC2 (ppb) ⁴⁾	平均數 (ppb) ⁴⁾	差異值 (ppb) ⁴⁾	差異值/平均數 ⁴⁾
1 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
2 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
3 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
4 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
5 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
6 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
7 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
8 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
9 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
10 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
11 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
12 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
13 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
14 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
15 ⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾	⁴⁾
差異值/平均數之標準差 ⁴⁾				⁴⁾		
差異值/平均數之相對標準差 ⁴⁾				⁴⁾		

表四、檢量線製備之量測不確定度計算⁴⁾

公式計算 ⁴⁾	各項所代表之涵義 ⁴⁾
$u_{(C_0)} = \frac{S}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(C_0 - \bar{C})^2}{b^2 S_{xx}}}$	S: 殘差的標準差 b: 檢量線平均斜率 p: 測試 C ₀ 的次數 n: 建立所用檢量線的總數目 ⁴⁾ C ₀ : 檢品實測濃度(由檢量線獲得) $\bar{C}$: 標準品理論平均濃度 S _{xx} : 標準品濃度變異

圖五、本人設計讓參與學生於獲得之農藥殘留檢驗分析數據進行分析之教材。

面相五：藉由小組合作法，讓學生選定科學期刊對於量測不確定度進行分析之相關文獻進行分組討論後，並要求全體學生就各組報告內容、論文理解深度、投影片製作品質及 Q&A 表現進行同儕互評。

本課程之成績評量設計以「多元評量」為核心理念，期望透過多面向的考核方式全面檢視學生的學習歷程與專業能力。首先，將會檢驗學生在課程講授後的五次作業中，探究學生對於所教的知識是否理解外，也藉由表單中的問卷問題詢問下，評估學生的學習成效。在實驗實作方面，不僅重視學生能否依照多重殘留農藥檢驗之標準作業程序完成實驗並獲得可靠結果外，亦探究學生是否能有效評

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

(1)教學過程與成果

農藥急性毒性分類	
急性毒性 危險程度	口服LD ₅₀ (mg/kg body weight)
第一級	< 50
第二級	> 5 ~ < 50 > 50 ~ < 200
第三級	> 50 ~ < 300 > 300 ~ < 1000
第四級	> 300 ~ < 2000 > 1000 ~ < 5000
第五級	> 2000 ~ < 5000 > 5000 ~ < 5000
無害 第六級	> 5000

註：①以鼠標體重計算
 2、本農藥急性毒性資料僅供參考，實際中毒情況應視劑量、暴露頻率和暴露途徑而定。
 3、本農藥急性毒性資料僅供參考，實際中毒情況應視劑量、暴露頻率和暴露途徑而定。（試驗結果與本品）

Mass Spectrometry: An analytical technique

It's objective to **ionize a gas phase molecule** and then analyze the masses of it's produced ions

❑ 能分析常電離的氣態分子

Ionizing beam: 加速電場
 Deflecting plate: 偏轉板
 Gas molecules: 氣體分子
 Acceleration: 加速
 Deflection: 偏轉
 Detection: 偵測

范德姆特方程式(Van Deemeter)解釋峰寬的形成因素

- 峰寬受多種**物理大小及化學平衡**的影響。
- 在柱內停留時間長→峰寬大→分辨率低→峰重疊→峰分辨困難
- 當流速太小時，峰會變得很寬，但對物質的擴散力會愈大，則流速小於 2 μm/min時往往會有最高約四倍一般HPLC靈敏度的擴散能力。
- 因此後來改用液相梯度泵，切割LC流動相產生一溶劑噴霧和流速小於 2 μm/min的管柱使用，獲得極好峰寬效果。

一、農藥基本介紹

● 農藥：殺滅或抑制有害生物，保護農作物生長，保障農業生產安全。其作用對象包括昆蟲、病菌、雜草等。

● 農藥種類：
 - 有機磷類：如敵敵畏、毒死蜱等。
 - 氨基甲酸酯類：如異丙嗪、呋喃丹等。
 - 擬除蟲菊酯類：如氯氰菊酯、溴氰菊酯等。
 - 三唑酮類：如三唑酮、多菌靈等。
 - 吡啶類：如吡啶、吡啶鎂等。

二、HPLC方法簡介

● HPLC原理：利用不同物質在固定相和移動相中的分配係數不同，實現分離。主要用於分析揮發性、熱穩定性好的化合物。

● 優點：
 - 分辨率高，可分離複雜樣品。
 - 靈敏度高，檢測限低。
 - 操作簡單，易於自動化。

三、實驗步驟

● 樣品處理：將樣品溶解在適量的溶劑中，過濾後注入樣品瓶。

● 儀器校準：使用標準品進行校準，確保儀器準確。

● 數據分析：通過積分儀或軟件對峰面積進行積分，得到各組分的含量。

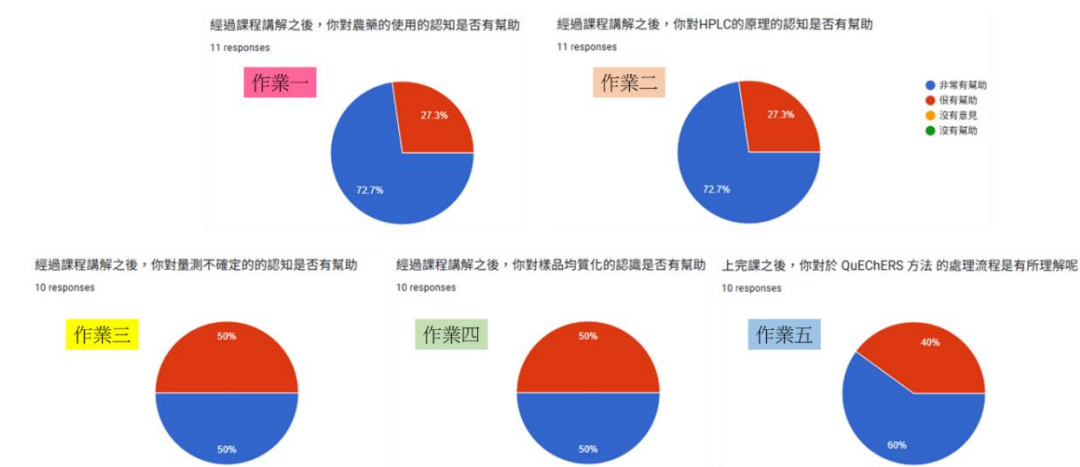
Figure 1 consists of five photographs arranged horizontally. From left to right: 1. A close-up of a student's hands working at a lab bench. 2. A wider view of a chemistry laboratory with students at their workstations. 3. A teacher standing and talking to a group of students seated at lab benches. 4. A classroom scene with students standing and looking at a greenboard. 5. A screenshot of a mobile application interface showing a lesson plan or schedule.

[illegible]

圖六、簡述本次教學研究計畫案的教學過程與所有課程節錄參與照片。

8

學生互動到成果評量的全部過程，證明利用 PBL 教學法的教學實踐成效。詳細之資料與範例，均已附件於本研究計畫之附件二至附件四，供後續檢視與參考。



圖七、節錄學生對於本研究計畫所教授之相關知識學習成效的回饋。

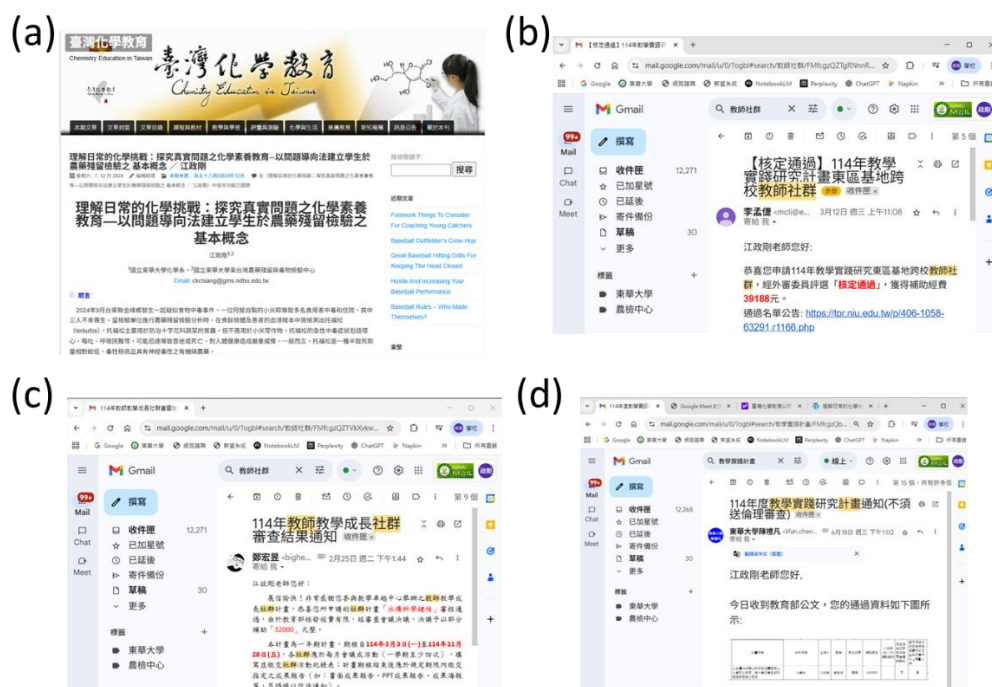
如圖七摘錄之質性分析的學生問卷調查結果所示，當藉由農藥殘留檢驗作為實驗學習活動下，成為問題導項導項研究法之自變項十，並以 google 問卷中之文字回答題，檢驗學生是否具有回應上課所教授之專業知識依變項外，圖七對於 11 位學生的學習成效作為另一個依變項進行討論時，可以發現參與學生對於所教授的相關農藥殘留檢驗知識都沒有顯示出負面之回饋外，並且至少有 50% 的參與同學，認同在藉由此次的教學研究計畫的輔助下，以 PBL 教學法結合農藥殘留檢驗中心做為專業實習場所獲得殘留農藥數據時，可以有效增進其對於量測不確定度之學習成效。此外，圖八所示所有問卷調查題目之結果，參與學生大多表示本研究案所開發的相關教學方法與教案，具有極正面的非常有幫助正向評價。

作業一	非常有助	很有幫助	沒有意見	沒有幫助	非常沒有幫助
經過課程講解之後，你對農藥的認知的認知是否有幫助	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
經過課程講解之後，你對農藥的命名的認知的認知是否有幫助	63.6%	36.4%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於農藥的種類理解是否有幫助	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於系統性農藥與非系統性農藥的認知的認知是否有所助益呢	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於生物性農藥的認知的認知是否有所增加呢	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
經過課程講解，你對於LD50的定義與實務上的應用，是否有更深的幫助呢	72.7%	18.2%	9.1%	0%	0%
作業二	非常有助	很有幫助	沒有意見	沒有幫助	非常沒有幫助
經過課程講解之後，你對HPLC的原理的認知是否有幫助	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
經過課程講解之後，你對HPLC管柱的差異認知的認知是否有幫助	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於反相與正向定義的理解是否有幫助	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
上完課之後，你對 Column Chromatography 認知的認知是否有所助益呢	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於 HPLC 的組成的認知的認知是否有所增加呢	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
經過課程講解，你對於 逆相管柱 定義與實務上的應用，是否有更深的幫助呢	72.7%	27.3%	0%	0%	0%
作業三	非常有助	很有幫助	沒有意見	沒有幫助	非常沒有幫助
經過課程講解之後，你對量測不確定的認知的認知是否有幫助	50%	50%	0%	0%	0%
經過課程講解之後，你對空白樣品的認知的認知是否有幫助	50%	50%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於計算量測不確定度的公式的計算是否有幫助	50%	50%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於有效數字認知的認知是否有所助益呢	60%	40%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於有效數字0的規劃與計算的是否有所增加呢	50%	50%	0%	0%	0%
經過課程講解，你對於LD50的定義與實務上的應用，是否有更深的幫助呢	50%	40%	10%	0%	0%
作業四	非常有助	很有幫助	沒有意見	沒有幫助	非常沒有幫助
經過課程講解之後，你對公告方法五的的操作流程的理解是否有幫助	50%	50%	0%	0%	0%
經過課程講解之後，你對樣品均質化的認知的認知是否有幫助	50%	50%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於樣品編碼與收樣的實務處理是否有幫助	50%	40%	10%	0%	0%
上完課之後，你對於公告方法五有三類樣品的處理流程是有所理解呢	50%	50%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於ion ratio的概念是否有所增加呢	50%	30%	20%	0%	0%
經過課程講解，你對於LC-MS的離子源處理是否更有經驗呢	50%	50%	0%	0%	0%
作業五	非常有助	很有幫助	沒有意見	沒有幫助	非常沒有幫助
經過課程講解之後，你對GC-MS的的操作流程的理解是否有幫助	50%	50%	0%	0%	0%
經過課程講解之後，你對於RPD的使用時機是否有幫助呢	50%	50%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於農藥殘留檢驗的回收率評估是否有幫助呢?	60%	40%	0%	0%	0%
上完課之後，你對於 QuEChERS 方法的處理流程是有所理解呢	60%	40%	0%	0%	0%
上完課之後，質譜快篩車的設計理念是否有所增加呢	50%	40%	10%	0%	0%
經過課程講解，你對於GC-MS的樣品上機過程是否更有經驗呢	50%	40%	10%	0%	0%

圖八、參與學生對於非問答題類型之詳細問題問卷調查分布結果。

除此之外，在執行本研究計畫案中，所產出的工作項目可以如下圖九所示：

- A. 完成了一篇名為『以問題導向法建立學生於農藥殘留檢驗之基本概念』之科學文章，發表於 2024 年第 58 期之台灣化學教育期刊(圖八(a))。
- B. 擔任 114 年度由宜蘭大學主導的 114 年教學實踐研究計畫東區基地跨校校群，以及東華大學 114 年教室教學成長社群的招集人。
- C. 擔任東華大學深耕計畫主軸三『5.3 農藥檢驗與快篩應用課程計畫：跨學科培育與農業安全實踐』的總負責教師
- D. 獲得 114 年度執行『行動導向學習法於好發地震區域之化學安全教育：提升學生學習成效與風險意識之研究』教學研究計畫之機會。



圖九、本研究計畫所產生之科學文章、教師社群主持與114年度教學實踐計畫申請通過之相關證明。

(2) 教師教學反思

在本研究計畫的教學實踐過程中，本人意識到傳統以教師講授為主的模式，對於學生在「量測不確定度」這類艱澀而抽象的需要大量數學計算的實務主題上，學習成效往往有限。雖然學生具備基本的化學知識，但在面對大數據處理與誤差分析時，仍容易感到陌生與畏懼，缺乏主動探究的動力。這也讓我反思，是否應該改變教學設計，讓學生能夠透過不同的情境與任務，真正理解科學數據背後的意義。因此，本人在課程中嘗試引入問題導向學習的教學策略時，讓學生以農藥殘留檢驗的質譜分析案例作為起點，逐步探討數據中潛藏的不確定性。當學生在小組合作中發現自身知識不足時，會自然產生學習的動機，而教師則能在此過程中扮演協助與引導的角色。在教學過程中，我發現此種教學法能有效促使學生從被動聽講轉為主動思考，並在反覆討論與反思中，逐漸掌握評估量測不確定度之相關能力。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

回顧本研究計畫的執行歷程與相關經驗，我首先要感謝教育部的經費支持，讓本人有機會將自身在大學服務過程中所累積的農藥殘留檢驗實務經驗，結合「高等分析化學」課程的教學，嘗試回應學生在數值分析與誤差評估時經常產生的挫折感。透過問題導向學習的引入與實地課堂施行，本研究計畫之成果顯示，學生不僅在課堂上能以案例為起點展開探究，也能在農檢中心技術師的協助指導下，除了進行農藥殘留分析實務操作外，亦體會量測不確定度與數據品質的關聯。

特別值得一提的是，儘管在 0403 花蓮大地震之後，東華大學化學系館完全燒毀，本人仍能在生醫系無償提供的教室以及農檢中心的實驗場域中，持續推動本課程。這樣難得一見的教學經驗，即是顯示教學韌性與教育夥伴支持的重要性。從學生的課程回饋與作業表現來看，無論是學校教學問卷中八成以上的正面評價，或是五個回家作業正確率提升約五成的量化數據，都顯示本課程所採取之 PBL 教學策略的有效性。這些成果皆一一證明，透過 PBL 教學結合多元評量，不僅能激發學生對專業課程的興趣，也能培養他們評估與應用量測不確定度的能力。

對我而言，這不僅是一個教學實驗，更是一個自我反思的契機，即傳統單向講授在培養學生解決複雜問題的能力上有所不足，而 PBL 教學法的具體實踐，則讓本人看見學生如何在「知識落差」中產生學習動機，並透過合作與反思轉化為自我導向的學習行為。這些體悟不僅讓我更清楚自己在成人教育中的教學盲點，也使我能更有信心將相關經驗帶入本校後續的「高教深耕計畫」，作為推動課程創新與強化學生學習成效的重要基礎。

二、參考文獻 (References)

- [1] Barrows, H. S., Tamblyn, R. M. (1980). Problem-based learning: An approach to medical education. New York: Springer.
- [2] Dewey, J. (1938). Experience and Education. New York: Collier Macmillan.
- [3] Duch, B. J., Groh, S. E., & Allen, D. E. (2001). The power of problem-based learning: A practical how to' for teaching undergraduate courses in any discipline. Sterling, VA: Stylus.
- [4] Hussain, R., Mamat, W., Salleh, N., Saat, R., & Harland, T. (2007). Problem-based learning in Asian universities. Studies in Higher Education
- [5] Olsen, R. J.; Sattar, S. (2013) Measuring the gas constant R: Propagation of uncertainty and statistics. Journal of Chemical Education 90 (6), 790-792.
- [6] Quantifying uncertainty in analytical measurement, Eurachem-CITAC Second edition, 2000
- [7] 新版 ISO 17025 解析系列~第十篇：新版 ISO 17025 與方法及量測不確定度 (工研院量測中心 ISO 17025 特約講師樊國紀)
- [8] 翁榮源、江鴻仁、李孔文(2004) 問題引導式學習法在「有機化學」. 網站之應用與研究。科學教育學刊
- [9] 閻自安(2015) 問題導向式行動學習的整合應用：以高等教育為例。課程研究
- [10] 教育部(2018) 十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校-自然科學領域。臺北市：教育部

三、附件 (Appendix)

附件一、本人之 ISO17025 訓練與參加量測不確定度研究專班結案證書



附件二、五次作業的 google 表單相關連結

作業	連結
作業一_農藥基本知識介紹	https://docs.google.com/forms/d/1EA1mZAX3Xb2AzdTlSM9yluP3CIfV_NlGOqvge-lymtg/edit
作業二_HPLC 方法簡介	https://docs.google.com/forms/d/1ALNjs6CQW_Nvsz3pM-F-_12WbLudkd7gFgUxd9EO4rQ/edit
作業三_量測不確定度	https://docs.google.com/forms/d/1MHseZmy9Xin_0rFGATjDGdJq2Yn9SuTLti35vcZUAlU/edit
作業四_農檢中心實務操作(I)	https://docs.google.com/forms/d/1faiiyWKyPgOFz1DH2Kgb7I5gUIZF5N3Q9u7SbQnZWQ/edit
作業五_農檢中心實作(II)	https://docs.google.com/forms/d/1zjzpkN3VC3SN2HMhVbx3TZ-N1LOPUcP18N3Qn7anqfl/edit

附件三、參與學生小組報告之投影片連結

作業	連結
第一組	https://drive.google.com/drive/u/1/folders/15-TUZZRcnQZondb75xB57UTBGWZhyWBZ
第二組	https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1xZ3O_mkDF2oyKO4qCn8TTx001ebUuL0t
第三組	https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1sUJnokmvjoAES4cHAHDjJlJR1_YH75YR

附件四、小組報告學生各別平分問卷

作業	連結
第一組	https://docs.google.com/forms/d/1z4yFNCFCcEjwFnSB86pg3Q2aIScjpPOZjXY9QQL98oU/edit
第二組	https://docs.google.com/forms/d/1coOpCAjo6C-wpNhEECd2NIMIP-UKMwyX4uh8py8P3HA/edit
第三組	https://docs.google.com/forms/d/1oPZ1O-JoZJrUCEBgm2w7KxalEZX1rkA9YyQQCEiXO8o/edit

附件五、114 年教學實踐研究計畫區域基地計畫東區跨校教師社群活動紀錄表

114 年教學實踐研究計畫區域基地計畫東區跨校教師社群活動紀錄表	
活動紀錄表	
社群名稱	以永續綠色化學推動創新教學實踐計畫：融合 AI 技術、實驗室安全與永續課程理念
社群召集人	江政剛
活動名稱	教學實踐研究計畫案例分享座談會-問題導向學習法
活動時間	114 年 08 月 23 日 13 時 30 分至 18 時 30 分
活動地點	國立東華大學
活動人數	3
內容說明	
本次社群活動特別邀請東華大學化學系系友謝伊婷老師與現任系主任林雅凡教授，兩位社群成員，參與由本計畫主持人江政剛老師所主導的教學案例分享與討論。江老師以其 113 年度教育部教學實踐研究計畫「以問題導向學習法提升學生於量測不確定度學習成效之研究」為主題，進行系統性經驗交流，並針對研究設計、課程實施以及學生回饋等面向，展開深入探討。在此次案例分享中，江老師首先點出高等分析化學課程中，學生在學習量測不確定度時普遍面臨動機不足與學習成效不彰的困境，為回應此挑戰，計畫設計採用問題導向學習法 (Problem-Based Learning, PBL)，並結合東華大學農藥殘留檢驗中心的實務資源，建構出兼具理論與實務的整合性學習情境，學生透過實際參與農藥殘留檢驗分析操作，獲取實驗數據，並以此作為問題起點，引導學習歷程。課程中採小組合作與討論機制，教師則轉變為學習的引導者與促進者，協助學生在「做中學、學中做」的歷程中逐步建構對量測不確定度的理解。 透過本計畫的實施與成效評估，包含學生學習表現分析與課後問卷調查結果，顯示此一以農藥殘留檢驗案例為基礎的 PBL 模式，能顯著提升學生對量測不確定度概念的掌握與應用能力。同時，學生在學習態度、問題解決能力及跨領域整合思維方面皆展現正向成長，驗證了本教學實踐模式的可行性與推廣價值。	
分頁符號	

實體活動照片/線上視訊截圖	
江政剛老師進行教學實踐計畫分享。	江老師介紹在計畫執行中的相關資料。
三位社群成員對於江老師講解案例進行討論。	林雅凡主任致贈東華大學化學系紀念品給謝伊婷老師。
江老師報告投影片相關內容(I)。	江老師報告投影片相關內容(II)。
分頁符號	