

高教深耕計畫教學活動記錄表

1.授課教師姓名：陳建成 職稱：教授 單位：生物科技系

2.課程名稱： 生物化學實驗 開課年級： 大三 ☒必修 ☐選修

3.任教學期：☒114 學年度第二學期 ☐115 學年度第一學期

4.課程類別：☐問題導向的教學 ☒探究導向的教學 ☐開發新的教學方法及評量工具

5.修課人數：29

6.教學概述及成效

(1) 教學目標

本課程「生物化學實驗」旨在透過探究導向教學（IBL）模式，將學科議題轉化為具備教學與研究價值的雙重手段。本課程跳脫傳統大學生物相關科系僅將實驗室視為技能發展舞台的局限，進一步強調課堂教學技能對提升學生全球競爭力的關鍵性。課程首要目標在於引導學生超越單純的記憶，轉而深刻理解生化機制在生理調節中的意義，具備分析、合成與評估科學結論的能力。整體教學活動兼顧跨領域思維、溝通和社交技巧，並規劃三個循序漸進的階段：透過「課前作業」引導學生主動預習以充分參與；在「課內活動」中，由教師透過一連串具備挑戰性的案例問題進行蘇格拉底式的提問與引導，啟發學生的邏輯思維並質疑自身假設；最終藉由「課後作業」延續知識與技能的發展。本課程採兩階段實作設計，從第一階段的實驗佐證，進階至第二階段由學生自行發掘開放性問題並設計實驗解決，藉此建立自主學習、數據趨勢分析與文獻評論的實作素養。此外，課程高度重視團隊合作與科學交流，透過小組隨機分組、個案討論與同儕教學，要求成員在密集且具挑戰性的主題中進行深入的思想交流、劃分並解決問題，並在成果發表中清晰闡述複雜生化觀念以達成共識，促進主動學習的教學策略還可以幫助學生提高寫作，口語，批判性思維，解決問題和團隊合作等技能。

(2) 教學過程

■ 發掘問題：

- 定義學習問題：在問題處理（或個案教學）的過程中，學生需要針對特定主題定義出相應的「學習問題」。
- 問題的來源：學習問題可由教師直接提供，亦可由學生自行制定，這完全取決於具體的教學與學習目標。
- 教師的引導作用：仔細設計與選擇問題或指導內容至關重要，這決定了教師期望個案呈現的難度與分析深度。
- 高層次思考的培養：在情境式問題中，學生必須展現知識的應用與整合能力，進而推導出結論，而非僅僅停留在記憶事實。
- 問題思考的層次架構如圖 1 所示。

✧ 問題設計範例（以半乳糖血症為例）

在介紹「糖酵解（糖解途徑）」時，可引入半乳糖血症（一種因先天性代謝異常導致無法將半乳糖轉化為葡萄糖的病例）作為個案：

- 先透過插圖呈現一系列症狀與診斷，可先提出需要「知識與理解」的封閉式描述性問題。例如：(a) 是什麼原因導致半乳糖在體內積聚？(b) 半乳糖血症的生化代謝機制為何？

○ 隨後可進一步提出需要「分析、合成與評估」的高階問題。例如：

「半乳糖脂是髓磷脂形成所必需的成分。請解釋：正在接受無半乳糖飲食的患者，其體內是如何合成半乳糖脂的？」

✧ 問題設計範例（以光合作用與海洋生態為例）

在講授「光合作用」時，可設計一個涉及浮游植物群落受到干擾的情境。針對海洋自養生物的「碳固定」主題，教師可設計一系列循序漸進的問題：

- (a) 請解釋二氧化碳在光合作用中是如何被消耗與利用的？
- (b) 試討論在海水中「富鐵（施鐵肥）」對海洋浮游植物的影響，以及此效應最終如何波及整個海洋食物鏈？
- (c) 請構建一個完整的碳循環概念圖，並說明燃燒化石燃料與大氣中二氧化碳的形成及釋放之間的關係。
- (d) 綜合上述情況，這些變動將如何影響生活在北極圈水域的浮游植物群落？

這樣編排不僅提升了學術文本的流暢度，也讓「知識理解」到「分析評估」的層次感更加延伸、明瞭。



圖 1、問題思考層次分配

■ 自我學習：

- 精心設計的問題研究活動，透過整合多元教學元素，能降低學生的學習壓力與工作負擔，並減少學生對探究式學習（IBL）的負面感受。在 IBL 學習過程中，假設問題解決能力可透過自我學習與小組合作逐步培養，進而促進學生對資訊的整合、分析與評估，並形成有助於解決問題的方案。
- 由於 IBL 中的部分問題具有較明確的解決方向，提供答案範例或解答重點有助於建立學生共識。教師事先針對開放式問題規劃可能的解決方案，或針對封閉式問題準備完整且詳細的答案內容，以確保學習目標與核心問題皆能被有效涵蓋。
- 圖 2 呈現引導學生進行資料搜尋與整理的步驟流程。

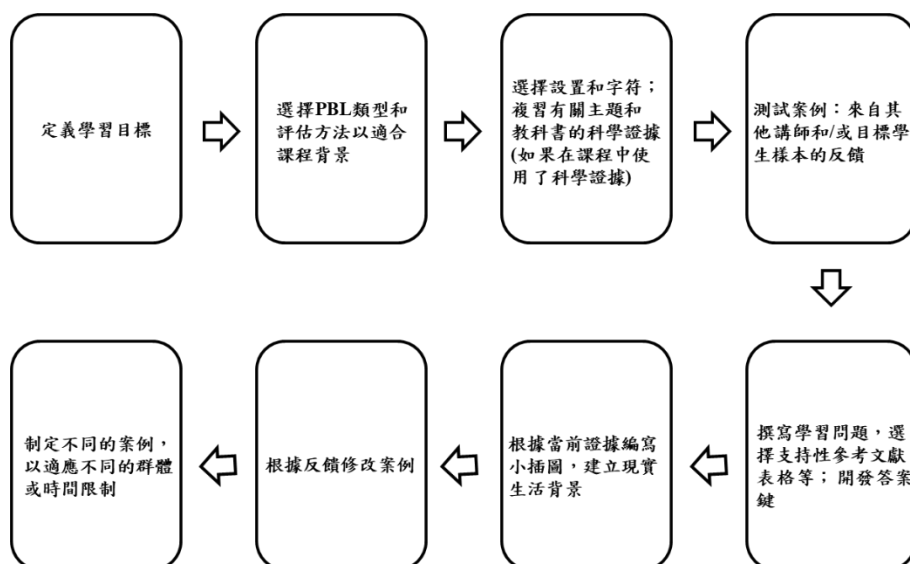


圖 2、問題設計遵循的步驟

■ 問題解決：

- 問題設計充分考量學習目標，並規劃引導學生透過問題分析達成目標的主要學習途徑。在 IBL（探究式學習）環境中，建立學習目標時應同時思考如何與學生共享這些目標，使學生了解學習方向與期望成果。指導教師於問題探究結束後，強調學生應理解、實踐或重視的核心概念與價值。以生物化學為例，學習重點不僅是記憶葡萄糖的化學結構或糖解作用的最終產物，更重要的是理解葡萄糖結構及糖解作用在生理調節中的功能與意義。
- 例如，在探究情境中，學生需具備葡萄糖結構的相關知識，才能進一步分析其如何與其他生化分子互動，以及糖解作用發生的原因與機制。學生可透過探討葡萄糖在生理系統中的變化，分析其與葡萄糖供應量或其他代謝環境因素之間的關聯，進而建立因果關係的理解。
- 除了學科知識外，探究活動亦應培養學生的溝通能力、團隊合作精神及職業倫理，並明確將其列為學習目標之一。

◇ 問題設計與概念建構：

- (a) 問題及其延伸學習問題應採循序漸進的設計方式，將相關概念層層嵌入，並逐步提升學生所需面對的認知複雜度。
- (b) 每個學習問題皆應對應特定學習目標，引導學生逐步深化對核心概念的理解。
- (c) 學生不僅需要了解正常的生化作用機制，還需探究外來干擾因素如何影響相關代謝途徑，以及其對整體生理穩態造成的影響。
- (d) 此類問題設計能促使學生超越資料蒐集與記憶層次，進一步理解生物化學概念的內涵與實際應用。
- (e) 學生透過蒐集、整合、分析與解釋生物化學資料，可培養運用知識解決真實問題的能力。
- (f) 表 1 為本研究計畫預計實施之精心設計問題研究內容。

表 1、課程模組相關的自主學習活動核問題研究

課程模組相關的主動學習活動和問題研究

模組編號和主題	非PBL主動學習活動	PBL案例研究
模組1：醣解作用	劃出葡萄糖，果糖和半乳糖代謝之間的關係概念圖	嬰兒小蕊天生有遺傳性果糖不耐受性疾病
模組2：醣質新生	測定從三種不同的先驅物共產出幾種反應物和生成物	馬拉松選手 <u>達敏</u> 有豐富的肝醣
模組3：檸檬酸循環	預測檸檬酸循環的5種代謝紊亂的結果	開發中國家救援人員 <u>葛蘭特</u> 員患有腳氣病
模組4：電子傳遞鏈	追蹤從三種不同的受質釋放的一對電子到達氧氣的路徑	健美運動員 <u>館長</u> 服用松蘿酸減肥補充品
模組5：肝糖代謝	比較並對比肝糖代謝的同化代謝途徑	嬰兒小 <u>新</u> 天生有肝糖分解代謝途徑和肝糖貯存性疾病
模組6：脂質代謝	以通俗語言說明脂質代謝中的降解和合成路徑	<u>卡爾</u> 在大一的開學 <u>弗羅什</u> 週後得了酒精性脂肪肝
模組7：蛋白質代謝	說明採兩種不同代謝途徑的三種器官的氮代謝過程	<u>德明</u> 因尿素循環缺陷進行了 <u>阿特金斯</u> 飲食
模組8：代謝統整	整理四個代謝狀態的三個組織的代謝活動	<u>阿源</u> 進行了28天的果汁排毒

■ 分組討論

IBL 非常適合應用於生物化學入門課程。學習問題以具有單一預定答案的形式呈現，引導學生透過探究與討論完成學習任務。此教學方式能直接且具體地涵蓋內容密集的主題，並維持課程內容的一致性與同質性。

- 本計畫之 IBL 代表性問題模組實施流程如圖 3 所示包含：

- 案例介紹（15 分鐘）
- 識別案例中的學習問題（10 分鐘）
- 小組成員共同討論學習問題的劃分（5 分鐘）
- 講座（60 分鐘）
- 同儕教學（60 分鐘）
- 大型案例審查（40 分鐘）

- 第一節課將完成小組隨機分組、問題介紹及初步討論，並搭配 60 分鐘講座說明相關知識。鼓勵學生於課後透過小組討論，並運用教科書及線上資源共同解決問題。
- 在 IBL 導向學習過程中，提供適當且具體的參考資料，有助於學生聚焦於問題分析與解決。於最後課程中，各組需進行成果發表，展示小組答案或繳交書面報告。講師負責引導討論與建立共識，使全班最終獲得一致且統一的答案。教師依據課程學習目標與學生需求，彈性調整問題數量與討論深度。

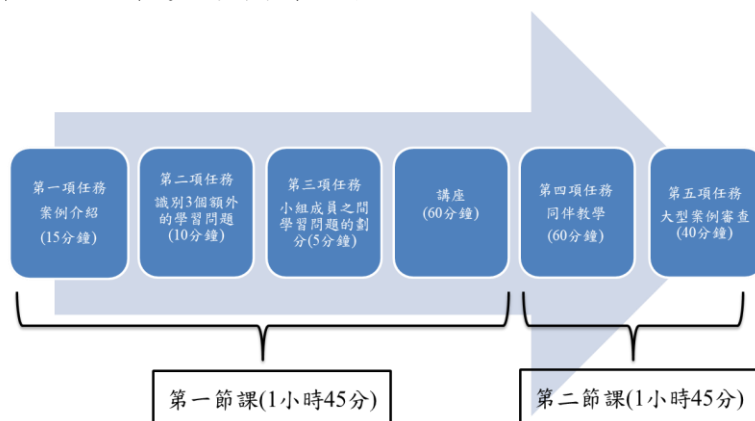


圖 3、IBL 導引學生分組討論實施流程

(3) 評量方式

■ 結果呈現：

本課程以翻轉教育為主軸，將課程整體架構分為兩階段實施，每階段各為期一學期：第一階段以「相同核心問題」為核心，引導學生透過閱讀大量相關資料進行自主歸納與尋找答案，並帶領學生進行實際的實驗操作，藉由具體的實驗結果來佐證與深化知識本體，最後以分組發表的方式進行分享與回饋；第二階段則進階為「自行尋找問題和開放式答案」，鼓勵學生於相關領域中主動發掘欲探討的開放性議題，並由學生自行分組設計實驗以解決問題、尋求解答，最終透過分組報告展現研究成果，藉此完整培養學生從理論深化到獨立探究的實作能力。

■ 課程評量：

形成性評量：上課發問15%、期中報告20%

總結性評量：紙筆測驗15%、模組報告20%、實驗結果發表30%

(4) 學生學習成效

本課程在學生學習成績考核方面，除採用傳統的紙筆測驗、作業成績與分組口頭綜合報告作為基本評量方式外，亦納入量化的評分與質性回饋資料，並結合「生物化學學習評量概念問卷表」作為本次課程設計規劃的評估依據；而總體學習成效的評量，主要透過自行設計的三種學習評量概念問卷表（表 2～表 4）進行評估，其內容包含「不同技能領域進步的

調查評估表」、「學習領域的調查評估表」以及「每個必修課程要素實用性的調查評估表」，各表皆涵蓋不同的評量項目，用以調查學生在接受傳統授課方式與翻轉教學方式後的主觀感受，並依據 5 分至 1 分或不回答的給分機制進行填答，隨後再依後續的資料處理程序進行統計與分析。

表 2、不同技能領域的進步的調查評估

這門課對您的技能有多少幫助？	課程	5	4	3	2	1	平均
解決問題	T	4	10	12	3	0	3.5
	C	11	10	7	1	0	4.1
設計/提出實驗	T	9	10	5	4	1	3.8
	C	15	11	2	1	0	4.4
尋找數據趨勢	T	7	10	7	4	1	3.6
	C	14	9	4	1	1	4.2
得出結論	T	8	7	7	5	2	3.5
	C	12	9	7	1	0	4.1
嚴謹地評論文章	T	4	8	11	4	2	3.3
	C	9	11	6	2	1	3.9
與他人有效合作	T	5	4	4	11	5	2.8
	C	10	8	7	4	0	3.8
科學交流	T	4	7	10	5	3	3.1
	C	10	8	7	2	2	3.8

表 3、學習領域的調查評估

您在本課程中取得那些成就？	課程	5	4	3	2	1	平均
了解主要概念	T	3	7	10	6	3	3.0
	C	7	9	8	4	1	3.6
了解概念之間的關係	T	4	7	8	8	2	3.1
	C	8	10	6	4	1	3.7
了解與其他科學的關係	T	7	9	10	2	1	3.7
	C	10	8	5	5	1	3.7
了解與現實世界相關的問題	T	4	6	8	7	4	3.0
	C	9	9	7	3	1	3.8
了解生物化學的性質	T	4	7	8	6	4	3.0
	C	8	11	7	2	1	3.8
欣賞生物化學方法	T	5	7	7	8	2	3.2
	C	7	9	6	6	1	3.5
思考問題或爭論的能力	T	7	7	9	4	2	3.4
	C	9	8	7	4	1	3.7
研究能力的信心	T	5	6	10	4	4	3.1
	C	7	10	7	4	1	3.6
對複雜想法感到自在	T	4	6	8	7	4	3.0

	C	7	8	9	4	1	3.6
對生物化學的熱忱	T	6	7	8	4	4	3.2
	C	7	10	7	4	1	3.6

表 4、每個必修課程要素實用性的調查評估

這門課的哪些項目對您的學習有幫助？	課程	5	4	3	2	1	平均
線上學習	T	7	6	10	4	2	3.4
	C	7	9	7	5	1	3.6
每周章節習題集	T	7	7	10	4	1	3.5
	C	7	10	7	4	1	3.6
講座（在線或課堂上）	T	5	7	9	4	4	3.2
	C	7	10	8	4	0	3.7
課堂小組工作	T	7	7	9	5	1	3.5
	C	8	10	7	3	1	3.7
課本指定閱讀材料	T	5	7	9	5	3	3.2
	C	7	9	8	4	1	3.6

根據問卷平均得分與學習成效分析，本課程採取多元評量機制，除傳統的紙筆測驗、作業成績及分組口頭綜合報告外，亦納入量化分數、質性回饋與「生物化學學習評量概念問卷表」作為評估依據。總體學習成效主要透過自行設計的三種概念問卷表進行統計，包含「不同技能領域進步的調查評估表」、「學習領域的調查評估表」及「每個必修課程要素實用性的調查評估表」。各表涵蓋不同評量項目，由學生就傳統授課與翻轉教學（IBL）方式的主觀感受，依據 5 分至 1 分或不回答的機制進行填答，並透過資料處理與統計分析，檢驗兩種教學模式是否存在顯著差異。數據結果顯示，IBL 教學方式的得分皆高於傳統講座授課，這代表 IBL 能有效提升學生在生物化學觀念的理解、激發學習動機、強化處理複雜想法的能力，並增進將知識與日常生活連結的敏感度，同時也讓學生在課程結束時展現出與他人有效合作的團隊素養。

在具體的教學成果與質性回饋方面，學生的書面意見展現出對翻轉授課形式的高度滿意與支持，普遍認為 IBL 比傳統課堂更能實質幫助學習。研究結果更指出，基於探究式學習（IBL）的課程設計，讓學生在創新表現與臨床知識術語的掌握度上，皆較傳統課程有顯著且大幅度的改善（ $P < 0.001$ ）。此外，透過 5 點李克特量表問卷調查學生對 IBL 有用性的主觀看法，結果顯示高達 98% 的學生認為，在 IBL 課堂的討論中，小組成員間進行了非常寶貴且深入的思想交流；同時有 97% 的學生肯定 IBL 課程能幫助他們更好地理解核心主題，且全體學生一致報告此教學模式對於未來專業術語的知識應用具有極大的助益，充分證實了 IBL 教學在生物化學教育上的卓越成效與價值。

7. 教學反思和評估

根據本學期課堂觀察、問卷分析與綜合回饋結果來看，基於探究式學習（IBL）的教學模式在生物化學教育中展現出顯著成效。實施結果顯示，IBL 能有效激發學生的學習積極度，使課堂上的提問、師生互動及同儕討論的頻率大幅增加，進而顯著改善整體的教室學習氛圍。然而，在實務推行上仍有部分未達理想目標的限制。例如，部分小組在進行課堂報告時，因自身尚未完全釐清複雜的生化觀念或代謝反應機制，導致台上無法清晰闡述，台下同學也因難以完全理解而無法展開深度的討論與交流。針對此現象，未來的改進方法可請報告組別於正式上台前，先將簡報與報告內容提交給授課教師進行預審，由教師評估可能產生理解盲點之處並事先給予提醒。此外，雖然學生在此模式下的自主學習能力有所提升，但因其尚處於知識累積階段，容易導致學習成果碎片化，甚至出現以有限知識強行解釋未知現象的情形。對此，建議教師應建立跨越時空限制的隨時提問機制，如課前預習請教或透過線上私訊管道，以便在各學習

階段即時引導並建構完整的知識體系。

從計畫的系統性評價來看，IBL 教學模式提供了簡潔明了的步驟來設計學術議題，成功將議題轉化為兼具教學與研究價值的雙重手段，有效搭建起學生與學生、學生與老師之間就生物化學學科進行深度對話的橋樑。問卷分析、學生訪談與意見反饋的結果共同指向三大正向核心：(a) 學生普遍喜愛 IBL 的教學氛圍；(b) 學生認同 IBL 能顯著增強其學習成效；(c) 教師高度肯定使用 IBL 進行教學，因為它能實質吸引學生的課堂投入。然而，這些令人滿意的結果目前主要取決於總體經驗指標，亦即學生在主觀感受上認為此學習體驗是愉快且有價值的。不可否認的是，現行的經驗回饋多基於軼事紀錄或個別質性訪談，儘管這些質性資料在教學修正上非常實用，但未來仍迫切需要引入在統計上更具合理性、信效度兼具的研究工具（例如經過嚴格驗證的學生與教師標準問卷）來加以證實與深化。

雖然 IBL 教學模式在生物化學課程中展現出眾多潛在好處，但在科學教育中能否長期成功實施及其對學習方法的深遠影響，目前仍缺乏足夠的量化數據支持。IBL 確實有助於學習者在當下獲得直接且主動的認知體驗，但其對於專業知識內化的長期效應尚待進一步評估。其次，相較於其他主動學習技術或傳統的講座授課，目前國內外仍缺乏關於 IBL 教學有效性的全面性與系統性對比研究，且尚無強力證據表明 IBL 在應對密集教學內容時的實質成功程度。這些文獻與數據上的局限性，往往會阻礙教師跨出教學變革並在既有課程中引入 IBL 的意願。事實上，從傳統講座走向 IBL 的轉變，暗示著一種全新認知模式的誕生：它要求學生的思維必須從過往僅依靠死記硬背的被動接收，徹底轉變為願意投入心力進行科學內容的分析、綜合與批判性評估，這對師生而言都是一場需要時間調適且深具意義的教育轉型。

8.教學照片



圖 4



圖 5



圖 6



圖 7

圖 4~7、IBL 課程中，各組學生針對分配的模組題目展開深入討論，並透過儀器操作與數位資料分析合力推導結論。教師扮演引導者角色，適時參與對話以提供支持，但不強力主導或干擾學生的討論方向與總結，確保學生擁有高度的自主探究空間。

註 1：問題導向的教學是通過設計問題和情境，以及教師適當的引導和支持，激發學生的興趣和動機，提高他們對學習的參與度，培養學生的思考能力、解決問題的能力和自主學習的能力。

註 2：探究導向的教學是通過探究活動（包括提出問題、設計實驗、收集和分析數據、推理和解釋結果等），幫助學生建構和擴展他們的知識，培養學生主動學習、探索和思考的能力。此需要教師提供適當的指導和支持，並創造一個支持探究的學習環境。

註 3：數學探究有四個主要的元素：(1) 教師給予一個能引起豐富概念性討論的數學問題。(2) 學生分組或個人解題，而教師巡視其中。(3) 全班性討論。比較、對比不同解題策略，並獲得一致的共識。(4) 總結。其中，步驟 (3) 是整個數學探究教學的關鍵。