

# 教育部114學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：	互動遊戲之線上學習平台—鍵線式有機結構中官能基識別	
主持人：	葉士肇	電子信箱：r97241415@ntu.edu.tw
共同主持人：		
執行單位：	國立臺灣師範大學附屬高級中學	

## 一、計畫目的

過去的科學教育長期以傳統講述式教學為核心，將科學知識拆解為片段、離散的事實，著重記憶與背誦，實驗活動也多是學生被動遵循既定程序的「食譜式操作」（陳世文，2019；鄭夢慈、徐美恩，2018）。在此學習脈絡下，學生不僅難以理解科學概念的內在邏輯，更易對自身能力產生質疑，最終導致科學學習興趣低落、與真實科學實作高度脫節（國立教育研究院，2018；National Research Council, 2012）。

為應對這一困境，全球科學教育領域陸續推動課程改革：美國「新世代科學標準」（Next Generation Science Standards, NGSS）主張科學是知識建構的歷程，提倡以實作為導向的學習模式，讓學生透過真實科學活動建構知識（NGSS Lead States, 2013；Stroupe, 2015）；我國「十二年國民基本教育自然領域課程綱要」（108課綱）也強調，科學課程需提供學生參與探究與實作的機會，模擬科學家探究自然的實作歷程（國立教育研究院，2018）。

儘管課程改革方向明確，科學探究與實作教學的實施仍面臨諸多挑戰：教學資源的可獲得性不足、教師缺乏相關支持與教學信心，以及傳統課室難以營造讓學生主動探索、應用知識的真實情境（Dorier & Garcia, 2013；Ramnarin, 2014；鄭夢慈、徐美恩，2018），且教師對探究教學的設計共識與實務經驗均顯匱乏（陳世文，2019；Crawford, 2014）。

具備多元認知能供性（cognitive affordances）的學習科技，為突破上述困境提供了可能。學習科技的互動性與視覺化特徵，能引導學生投入問題解決與建模等科學探究實作活動（Hartson & Pyla, 2019；Krajcik & Mun, 2014）。其中，網頁遊戲作為易於存取、無需額外安裝的學習科技形式，近年在科學教育領域備受關注——它能透過瀏覽器端的即時互動打造開放且真實的情境脈絡，讓學生沉浸式主動探索，模擬科學家的知識建構歷程，並協助學生將遊戲中的知識遷移至真實場域（Klopfer et al., 2009；Rosenheck et al., 2021），被視為落實108課綱科學探究與實作理念的便捷工具。本研究將探討網頁遊戲應用於科學課室的

理論依據與具體實踐，分析其設計理念與教學應用價值，為科學探究與實作教學的課室實踐提供參考。

本研究以有機化學是高中及大學基礎化學課程中極為重要的一環，而官能基的辨識能力，更是學生理解有機反應機制與結構推理的基礎。然而，傳統教學中常以靜態投影片或紙本教材教授官能基，使學生難以將「官能基特徵」與「鍵線式表示法」之間建立有效連結，特別是在複雜結構或共軛系統下，學生易混淆醇、酮、醚、酯等官能基，影響後續學習動機與理解力。

基於此學習困境，本計畫擬建置一套互動式線上學習平台，開發一款結合遊戲化設計與化學結構視覺辨識任務的「官能基判讀挑戰遊戲」。本平台將結合 HTML5 技術與分子圖像工具，將各類鍵線式結構以動畫形式呈現，並設計具遊戲機制，讓學生透過即時反饋與漸進挑戰熟悉各類官能基特徵。

本計畫亦特別強調「全國推廣效益」：所有教材與平台將設計為可跨載具、跨瀏覽器運作，無須安裝額外軟體。所有題庫、遊戲模組、教學手冊與學習紀錄報表將開放給全國教師與學生免費使用，達成平台化推廣與數據回饋應用的目標。總體而言，本計畫目標在於：

- (一) 建構一個具互動性、擴散性與評量潛力的官能基學習平台
- (二) 解決傳統教學中官能基辨識困難與視覺表徵連結障礙
- (三) 建立符合 108 課綱核心素養的數位學習資源
- (四) 推動全國性平台應用與教師專業社群互動

## 二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

(一) 程式開發人員與負責庶務：

1. 專案經理-師大附中 廖靜宜 化學教師
  - (1) 負責整體專案規劃、進度掌控。
2. 技術開發-師大附中 潘冠錡 物理教師
  - (1) 主導平台架構設計與遊戲模組開發。
  - (2) 專注於介面設計與使用者互動流程優化。
3. 資料庫建置-師大附中 吳孟修 化學教師
  - (1) 專注於介面設計與使用者互動流程優化。
  - (2) 建立有機物質 Smiles 資料庫。
4. 教育研究員-師大附中 葉士肇 化學教師
  - (1) 提供教學理論支持與評估研究成效。
  - (2) 負責整體專案協同開發與資源協調。
  - (3) 建立有機物質 SMARTS 語法。

(二) 參與遊戲施測人員：

台北市某高中高二(尚未研修加深加廣選修化學 V)30位。

### 三、研究方法

#### (一) 研究設計

本研究採準實驗研究 (quasi-experimental) 之單組前後測設計 (single-group pretest - posttest design)，以同一組受試者在介入前後之測量差異，推論教學處置對學習成就之影響。此設計能貼近真實教學情境且施測流程簡潔，惟缺乏隨機分派與對照組，仍可能受歷史效應、成熟效應與測驗效應等干擾，故研究推論需審慎詮釋。

#### (二) 研究對象與情境

研究對象為臺灣某公立高級中學高二自然組同班學生共 30 人 (女性 15 人、男性 15 人)。由於班級尚未完成有機化合物單元之系統學習，本研究情境符合「在先備概念有限下，以短時段介入提升官能團辨識能力」之教學需求。

#### (三) 介入工具與實施方式

介入工具為「快打官能基 (快速辨識官能基)」網頁遊戲，屬瀏覽器即開即用的練習型遊戲。本研究於教師完成官能團基礎概念講述與示範後，安排 30 分鐘小組競賽介入：每 4 人為一組進行對戰，以勝場或得分排序並提供獎品激勵。

#### (四) 研究變項

自變項為「遊戲化小組競賽介入」(以快打官能基網頁遊戲為核心活動)；控制變項包含：(1) 教學內容一致：聚焦九類核心官能團 (醇、醚、醛、酮、羧酸、酯、胺、醯胺、酚) 之辨識；(2) 測驗工具一致：前後測採同一題本、題型與配分一致；(3) 施測與介入流程一致：同一班級、同一授課教師、相同教室設備條件，介入時間固定 30 分鐘；(4) 分組規則一致：皆採 4 人一組對戰競賽並給予獎勵。依變項為學習成就 (前後測成績)。

#### (五) 測驗工具與配分

前後測使用同一份題本。題型分為四部分：基本題 9 題 (化學式/通式)、應用一 5 題 (鍵線式單官能基)、應用二 5 題 (鍵線式雙官能基)、應用三 5 題 (鍵線式多官能基)。各部分最高 5 分，總分 20 分。

#### (六) 研究假設與統計方法

為檢驗介入成效，本研究設定主要假設如下：

H0-1 (總分)：介入前後之總分平均數無差異 ( $\mu_{\text{post}} - \mu_{\text{pre}} = 0$ )。

H1-1 (總分)：介入後總分平均數提升 ( $\mu_{\text{post}} - \mu_{\text{pre}} > 0$ )。

H0-2 (分量表)：各分量表 (基本、應用1、應用2、應用3) 之前後測平均數無差異。

H0-3 (性別)：男女之總分增益 ( $\Delta = \text{後測} - \text{前測}$ ) 平均數無差異。

H0-4 (程度分組)：以前測總分分為高/中/低三組後，各組平均增益無差異。

資料分析以描述統計 (平均數、標準差) 呈現前後測表現，並以配對樣本 t 檢定檢驗前後測差異；效果量以配對設計的 Cohen' s dz 表示。另依前測總分進行三等分分組 (低/中/高)，比較各組增益趨勢；性別差異以 Welch 兩獨立樣本

t 檢定比較增益。顯著水準設定為  $\alpha = .05$ 。

#### 四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

為建置一個可供全國師生自由使用、具有教育性與趣味性的官能基判讀遊戲平台，本計畫依據開發流程與教學應用進度，分為四大階段進行：

##### （一）遊戲系統設計與開發（8月 - 11月，共計4場工作會議）

本階段聚焦於平台系統的核心架構建置，預定採用 HTML5 + JavaScript 架構，配合 Vue.js 或 React.js 前端框架，實現具現代化、響應式設計的互動式網頁平台，支援電腦、平板與手機等多裝置使用。官能基鍵線式顯示模組將整合現有開源化學繪圖函式庫，例如 RDKit.js 或 ChemDoodle Web Components，建立有機分子骨架，讓學生能即時觀察與作答。

遊戲設計方面，平台將具備：

1. 單人挑戰模式：自我練習與限時作答機制
2. 雙人對戰模式：設計回合制搶答、連續答對加分等遊戲化規則
3. 遊戲前複習模式：內建官能基教學動畫、代表結構與命名提示

此外，介面設計將遵循認知負荷理論，搭配視覺化流程引導與圖文輔助說明，提升學習易用性與沉浸感。

##### （二）題庫建置與官能基設計（9月 - 12月，共計4場工作會議）

為對應教學現場使用需求及課綱差異，本計畫將設計具版本共通性與進階挑戰性的

題庫，涵蓋範疇如下：

涵蓋官能基類型：包括醇、酚、醚、酮、醛、羧酸、酯、胺、醯胺高中常見官能基

題目形式：

1. 單選題：辨識官能基、命名選擇、官能基分類
2. 多選題：結構特徵配對、官能基重複出現判別
3. 鍵線式判讀題：針對鍵線式中省略之 H、C 進行推理作答

難度分級與分關卡設計：

1. 初階任務 (Level 1~3)：簡單結構、單一官能基
2. 中階任務 (Level 4~6)：複合官能基或立體結構
3. 高階任務 (Level 7~10)：除認知理解外，需要同儕雙人競技。

預計建立超過 100 題，涵蓋圖像選擇、鍵線式拖曳、結構與命名連結等多元互動題型。

##### （三）試用與修正（11月 - 115年2月，共計4場工作會議與兩場測試諮詢會議）

完成初步平台建置與題庫後，將邀請各高中化學教師推薦班級進行小規模測試（預計時程於115年1月以及2月辦理兩場諮詢會議（各20位），以利程式優化），進行以下任務：

1. 測試不同設備操作流暢度與相容性（Chrome/Safari/Edge 等）

2. 蒐集學生對遊戲流程、操作界面、題目難度的回饋
  3. 記錄作答時間、誤答熱點、題目中斷率等數據進行學習行為分析
  4. 根據結果進行使用者經驗 (UX) 優化與流程微調
- (四) 推廣與教學應用 (115年3月 - 6月, 共計4場工作會議) (已完成2場)
- 平台完成測試修正後, 將進行實際課程場域應用與推廣:
1. 提供標準課堂應用流程 (含複習→遊戲→診斷回饋)
  2. 匯出學生答題紀錄、各官能基掌握度報表、錯誤統計分析, 供學生自我進行學習診斷
- 此外, 亦預計透過教師社群活動等場合進行推廣分享, 鼓勵全國教師共同參與平台試用並提出改進建議, 形塑不同面向的「化學教學社群」。

## 五、預期成果

本計畫完成後, 預期將產出具備教學價值、平台穩定性與學習成效三者兼備的線上官能基學習系統, 具體成果與預期效益如下:

### (一) 平台建置成果

1. 建置完成一套可跨平台運作之官能基判讀遊戲化學習系統:  
提供網頁形式、支援桌機與行動載具登入, 無需安裝 App, 便於各校即時導入教學現場。
2. 系統開放全國師生免費使用, 支援課堂導入與自主學習:  
提供學生練習紀錄查詢與成果分析功能。
3. 設計三種遊戲模式與動畫導學功能: 含  
「複習導學模式」、「單人闖關模式」、「雙人對戰模式」, 兼具教學與競賽功能, 提升學習動機與趣味性。

### (二) 題庫與教材資源建置

1. 建立完整之官能基結構題庫與判讀素材包:  
累積超過 100 題之題庫, 涵蓋多種官能基類型、分級難度與答題情境, 並提供教師端下載使用之「圖像資源包」。
2. 全套題庫附設答題解析與引導語, 支援教學診斷與補救:  
每題均附對錯提示、結構關鍵註解與建議解法, 有助於學生釐清迷思概念、強化結構判讀技巧。

### (三) 學習與教學效益提升

1. 提升學生對鍵線式結構圖之判讀能力與官能基辨識正確率:  
透過結構動畫與即時反饋, 幫助學生建立分子圖像與官能基的對應關係。
2. 透過遊戲化設計促進主動參與與自主學習:  
採用過關挑戰、積分排名與對戰模式設計, 引發學生自主學習動機與正向競爭。
3. 強化學生之科學圖像素養與有機結構推理能力:  
建立從圖像判讀、官能基特徵識別到命名邏輯之完整思考歷程, 有助銜接後續有機反應與推論單元。

此平台未來亦可作為國高中化學教學創新試點，並延伸應用於其他結構式學習主題（如有機物質鑑定等）。同時，透過系統化數據蒐集，也將為科學教育評量與教學研究提供可觀的實證基礎。

## 六、檢討

官能基辨識屬於「高頻次、低門檻、需自動化」的基礎技能；以快節奏遊戲化活動導入，能在短時間內透過大量辨識迴圈與即時回饋，協助尚未完整修習有機化合物的高二學生迅速建立辨識規則與注意焦點。尤其本研究顯示低分與中分學生增益顯著更大，表示此類活動具有補強先備知識與縮短能力落差的潛力，建議可作為單元前導、複習或補救教學之核心活動。

擴充題庫面向與難度梯度，例如加入「官能基—反應類型」配對等跨表徵任務，讓高分學生也能持續成長，並使遊戲更貼近有機化學核心素養目標。

## 七、參考資料

### 中文文獻

- 陳世文. (2019). 科學探究與實作教學的實施挑戰與對策. *科學教育研究*, 61(3), 45-62.
- 國立教育研究院. (2018). 十二年國民基本教育自然領域課程綱要（108課綱）. 臺北市：國立教育研究院.
- 劉湘瑤, 張俊彥. (2018). 科學探究教學中學生心智習性的培養. *中等教育*, 69(2), 78-91.
- 吳百興, 等. (2010). 科學探究教學的理論與實務. *臺灣科學教育期刊*, 18(4), 23-41.
- 鄭夢慈, 徐美恩. (2018). 傳統課室中科學探究情境的營造困境與突破. *教育心理學報*, 50(1), 112-128.

### 英文文獻

- Crawford, B. A. (2014). The ambiguity of inquiry and the experiences of teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1039-1067. <https://doi.org/10.1002/tea.21153>
- Dorier, J., & García, R. (2013). Teachers' challenges in implementing inquiry-based science education. *Science Education International*, 24(2), 123-138.
- Hartson, R., & Pyla, P. (2019). *Cognitive affordances in learning technologies*. Routledge.
- Krajcik, J., & Mun, E. (2014). Learning science in informal environments: People, places, and pursuits. *Science Education*, 98(S1), S27-S50. <https://doi.org/10.1002/sce.21110>
- Klopfer, E., Osterweil, S., & Salen, K. (2009). Learning through game design and play. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, 1(1), 31-47. <https://doi.org/10.4018/jgcms.2009010103>
- Llewellyn, D. (2013). *Inquiry-based science teaching: A guide for elementary teachers*. Corwin Press.

National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. The National Academies Press.

NGSS Lead States. (2013). Next Generation Science Standards: For states, by states. The National Academies Press.

Ramnarin, J. (2014). Teacher confidence and inquiry-based science teaching in secondary schools. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2508-2533.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2014.926477>

Rosenheck, L., Vasquez, E., & Klopfer, E. (2021). Educational games for science learning: Design principles and outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 189-203. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09868-9>

Stroupe, D. (2015). Responsive teaching in science and science education. *Science Education*, 99(3), 457-477. <https://doi.org/10.1002/sce.21189>