

高中探究與實作創新實踐-雙語教學之微型實驗

陳佩琪

新北市立樹林高級中學

Email:peggy89330537@gmail.com

摘要：本課程發展「雙語綠色化學」教學模組。針對傳統矩形濾紙層析實驗因耗費大量溶劑流動相而產生大量有機廢液與師生健康疑慮等問題(DeMott et al., 2024)。嘗試以極低耗材的方式，引進綠色化學原則，將「綠色化學微型實驗」融入高中雙語探究與實作課程。在四週的雙語教學中，學生以英語理解科學概念，並運用微型儲液槽的工程思維進行探究，成功將流動相用量大幅減縮至 1.5-2.5 mL，落實了綠色化學的「減量」與「預防」原則。此模式成功融合雙語探究、綠色化學，教師透過課堂觀察及學生作品的分析，發現此教學不僅深化學生環境意識更提升探究操作精細度。

■ 課程設計動機

面對全球性的挑戰（如公共衛生與環境健康議題），年輕一代需要具備科學實作技能、永續發展思維能力。在各個教育階段中，及早培養學生的科學素養是相當有益的。本教學開發「雙語綠色化學 - 微型實驗」教學模組，向高中師生引進綠色化學原則並提供彼此雙語溝通體驗。落實綠色化學減廢（Reduction）原則，藉由使用更安全的試劑、低成本材料與永續的實驗設計，將環境健康危害及成本降至最低。利用 AI 輔助課程規劃與多模態資源開發。學生彼此討論實驗結果或科學文獻及共同完成指派作業。此模組設計可直接融入現有的高中化學課程中。

■ 課程架構與雙語實施

為了將八節課的課程架構完美轉化為雙語教學（Bilingual Education）模式，需要在流程中明確標註雙語使用策略（如學科與語言整合學習 CLIL）、英語課堂用語（Classroom Language）、以及搭鷹架（Scaffolding）工具。

一、第一週

1. 前測分組與原理引入

（1）認識濾紙層析原理（Paper chromatography），並建立「綠色化學」低毒性、低廢棄物的初步概念。

2. 教師雙語活動（Bilingual Teaching）：

(1) 說明與引導：說明小組工作（如：Leader, Recorder, Presenter, Time keeper），指導學生填寫前測學習單（圖1）。

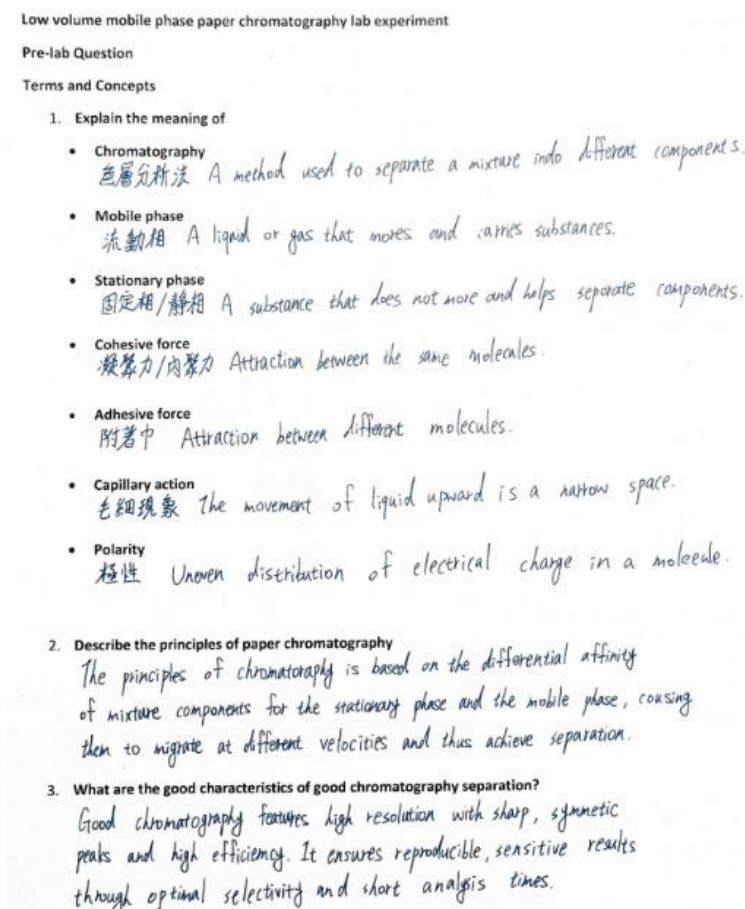


圖1：學生前測學習單

(2) 雙語學科輸入：運用簡報（雙語對照）介紹傳統濾紙層析與改良式「放射狀濾紙層析」（Radial paper chromatography）的差異，點出綠色化學核心字彙：Reduce（減量）與 Prevention（預防）（圖2）。



圖2：比較放射狀濾紙及傳統濾紙層析

3. 學生雙語活動 (Bilingual Learning):

- (1) 小組社交溝通：使用「學生優勢表」(雙語版) 確認個人職責與承擔責任。
- (2) 探究思考：觀察日常食品色素，利用教師提供的字彙銀行(Vocabulary Bank)(如：mobile phase 流動相 stationary phase 固定相) 對實驗變因進行初步設計。

二、第二週—裝置設計與微型組裝

1. 活動學習目標：學習如何透過設計限制 (減量) 來達到環境友善，並熟練微型實驗器材的製作技能。

2. 教師雙活動 (Bilingual Teaching):

- (1) 情境營造：給予雙語任務挑戰 (Mission Challenge)：「如何用至多 (2.5 mL) 的溶劑完成分離？」
- (2) 引導討論：提供句型 (Sentence Frames)(如：“*To reduce the waste, we can design...*”)，鼓勵學生在小組討論中嘗試夾雜英語專有名詞進行溝通。

3. 學生雙語活動 (Bilingual Learning):

- (1) 動手實作 (Hands-on)：依英文步驟指引 (Protocols)，剪裁放射狀紙臂且組裝流動相儲槽 (圖 3、圖 4)。

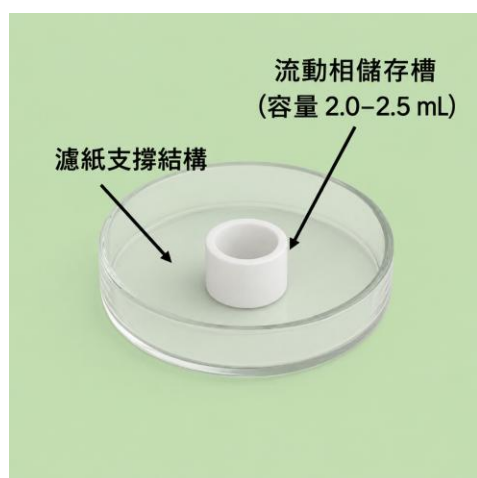


圖 3：實作流動相儲槽



圖 4：實作放射狀紙臂實驗模型

- (2) 問題紀錄：用雙語 (或英文關鍵字) 紀錄組裝時遇到的困難，並在課堂筆記寫下：“*We have trouble with...*”，準備之後發表與同學交流。

三、第三週—樣本操作與變因探究

1. 活動學習目標：掌握標準色素與混合樣本的精確點樣技巧，練習科學資料蒐集與實證推論並學習計算 R_f 值，探究比較不同溶劑對分離效果的影響。

2. 教師雙活動 (Bilingual Teaching) :

- (1) 教師示範說明：英語示範精確點樣 (Spotting technique)，並用中文強調注意事項以確保實驗安全與準確 (圖 5)。
- (2) 數學與科學整合：教導 Rf 值 (Retention factor) 的計算公式，並用雙語圖表連結生活中的層析應用。

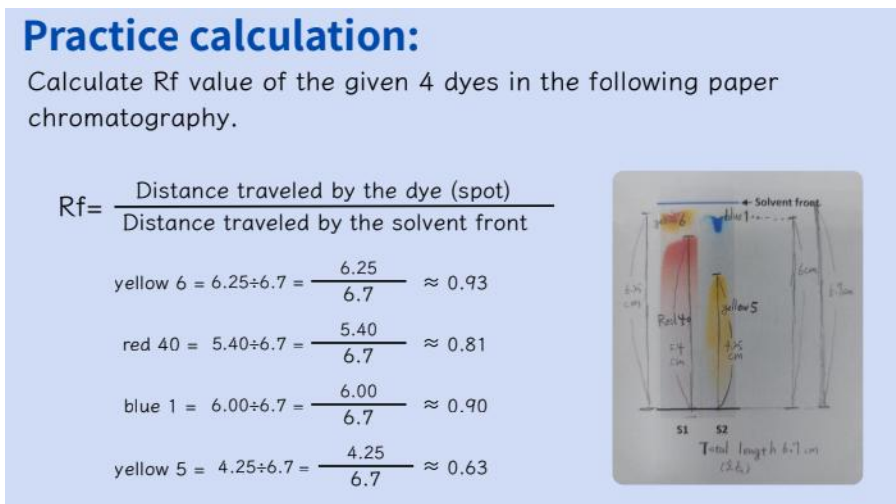


圖 5：計算 Rf 值

3. 學生雙語活動 (Bilingual Learning)

- (1) 數據紀錄：製備樣品並操作層析裝置，將實驗觀測到的顏色、展開距離等數據填入雙語學習單 (Bilingual Worksheet) (圖 6)。

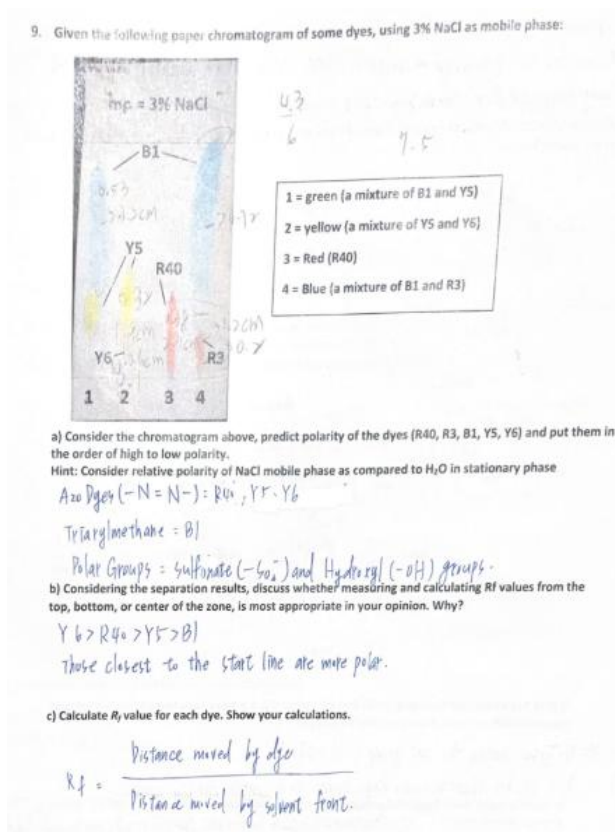


圖 6：雙語學習單

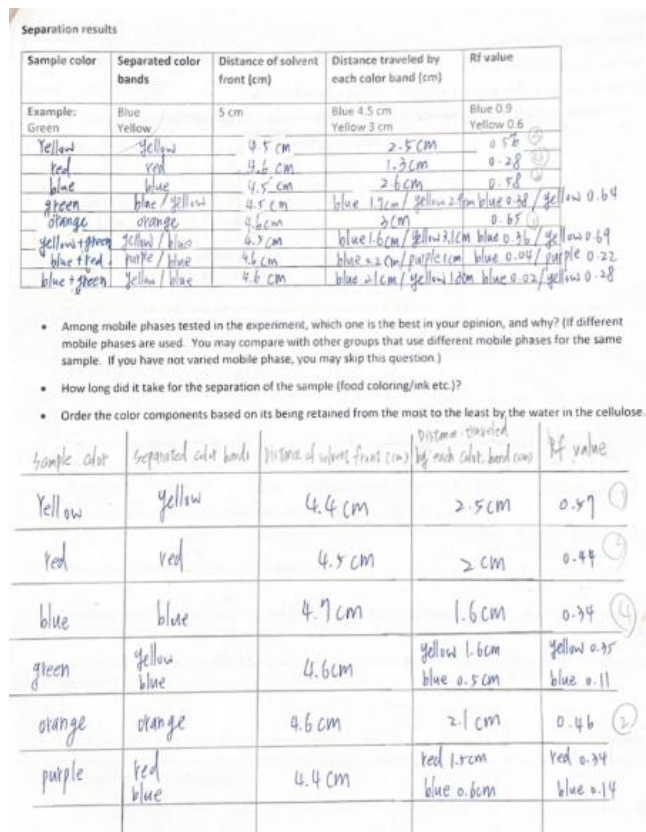


圖 7：學生實驗數據結果

(2) 實證推論：計算並比較各色素的 R_f 值，探究不同溶劑對分離的效果 (圖 7)。學生嘗試用英文簡單摘要小結論 (如：“Component A has a higher R_f value because...”)。

四、第四週—成果數位製圖

1. 活動學習目標：小組合作將探究成果數位化，初步完成綠色化學專題英文海報。強化英語國際溝通能力，促進永續發展觀點。

2. 教師雙活動 (Bilingual Teaching)：

(1) Canva 指導 (20 分鐘)：提供現成的 Canva 英文科學海報模板 (Scientific Poster Template)，指導學生使用 Chromebook 進行圖表與文字分工。

(2) 跨校連線主持：在學生發表時，教師在黑板或即時看板上提供語言提示 (Language Prompts)，作學生的後盾。

3. 學生雙語活動 (Bilingual Learning)：

(1) 數位整合：組員分工合作，將前幾節課紀錄的英文數據、圖表填入 Canva 模板，產出英文海報初稿。

(2) 科學交流：用英文介紹自己的改良裝置與 R_f 值結果。用英文探討在實驗室廢棄物管理與永續校園的看法。

(3) 學習成效後測 (Post-test & Reflection)

- a. 學生活動：課後完成雙語後測學習單與反思日誌 (Journal entry) (圖8)。
- b. 教師活動：檢視學生在學科知識(綠色化學)與核心素養(尤其是 Communication 溝通與 Global Citizenship 全球公民的成長幅度。

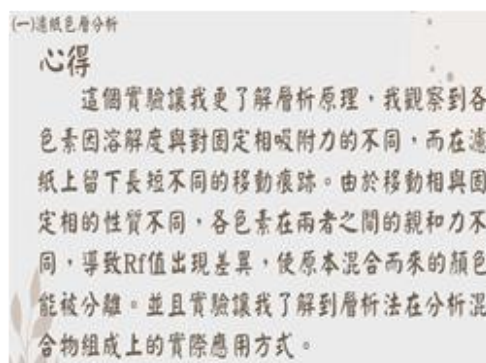
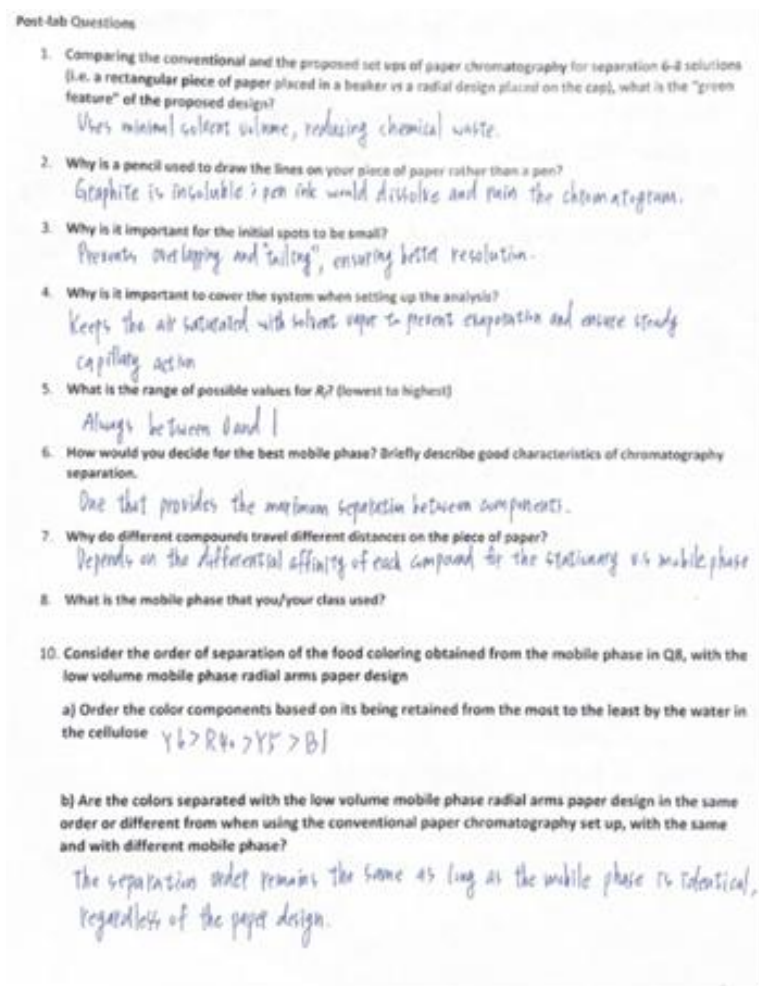


圖 8：學生後測學習單

■ 教師教學反思

雙語與綠色化學的跨域教學模組實踐，對本文作者而言是一次科學素養與語言教學相互融合的挑戰。課程核心在於引進改良式「放射狀濾紙層析」設計，這不僅是技術上的更迭，更是永續思維的具體落實。在雙語教學的實施上，筆者體會到「鷹架工具」是消除語言焦慮的關鍵。透過提供字彙銀行(如 mobile phase、stationary phase)與句型提示(Sentence Frames)，學生能從起初的單詞溝通，逐步進階到能用英文摘要 Rf 值的實驗結論。特別是在第四週使用 Canva 製作英文海報時，數位工具的介入讓學生能更有自信地進行溝通，將探究數據轉化為具備「全球公民」視野的成果發表。然而，教學過程中也發現，部分學生在處理複雜的變因探究時，仍需頻繁切換母語以確保理解安全規範。未來的教學方向，將更精進「中文確保

安全、英文引導探究」的配比，並嘗試將此微型實驗模式推廣至更多化學單元，讓學生在動手做的過程中，真正內化永續發展與科學溝通的關鍵能力。

■ 結語

綜合本次課程實踐成果，不僅完成了實驗技術上的改良，更展現出高中化學課程跨域整合的具體可能。透過改良式放射狀濾紙層析設計，學生能清楚看見流動相用量大幅減少所帶來的環境效益，進而理解綠色化學並非抽象概念，而是能落實於課堂中的科學行動。同時，課程結合雙語教學、工程思維、數位工具，使學生在探究實作中同步發展科學理解、英文表達、資料整理與問題解決能力。從組裝微型儲液槽、觀察層析結果，到使用英文製作科學海報，學生逐步將實驗數據轉化為具備全球視野的學習成果。整體而言，本模組具有低成本、低風險、可複製與易融入現行課程的優勢，為高中雙語探究與實作提供了一個兼具永續理念與教學創新的實踐模式。未來若能持續推廣至更多化學單元，將有助於培養學生面對環境議題所需的科學素養與全球公民意識。

■ 參考文獻

- DeMott, J., Hilvano, Z., Cann, H., Baldwin-Zurek, I., Kershisnik, W., & Hartwell, S. K. (2024). Novel design of low volume mobile phase paper chromatography. *Green Analytical Chemistry*, 10, 100121.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (n.d.). *Basics of green chemistry*.
<https://www.epa.gov/greenchemistry/basics-green-chemistry>