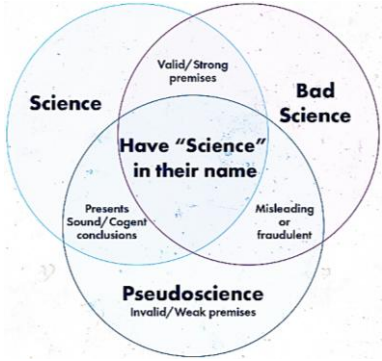


2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案格式與學習單

教案設計者： 黃仲楷(台中市立豐原高級中學)
課程領域：
☐ 物理 ☒ 化學 ☐ 生物 ☐ 地球科學 ☐ 科技領域 ☒ 自然科學探究與實作 ☐ 數學 ☐ 其他_____ (可複選)
一、教案題目
《蝶豆花變色事件簿》——一場關於酸鹼與色彩的跨科追蹤！
二、授課時數
500 分鐘(5 週，每週 2 節，每節 50 分鐘)
三、教案設計理念與動機
本課程以「科學探究歷程與批判性思維能力的培養」為核心理念，透過日常生活中具吸引力的蝶豆花變色現象，引導學生利用簡易的六步驟科學方法從現象觀察、提出問題與觀點、設計實驗，到進行資料分析與建構科學解釋表達，體驗探究歷程。每節課程由核心問題出發，設計由簡至繁的學習活動，重視學生的學習歷程而非最後的實驗結果。在課綱的對應上，本課程較著重於「論證與建模」向度的教學。 本課程強調跨域整合，結合自然科學（化學指示劑、物理光學）、資訊科技（RGB 測量與 Excel 數據處理呈現）、語文素養（科學論證 CER 寫作、科學閱讀）、藝術設計（研究海報製作），強化學生的素養導向與跨領域整合的學習，以因應目前學術界的主流研究方向。更是強調研究歷程中的合作與表達能力，使學生適應未來的學術或職場情境。
四、教學目標
1. 能觀察自然現象並提出可驗證的科學問題：引導學生從蝶豆花變色觀察出發，發展具可量化、可驗證的探究問題。 2. 能設計具控制性與可操作性的實驗，並明確定義變因：學生需考量量測定性、正確性、變因的操作型定義等，規劃合理實驗設計。 3. 能正確、安全地操作器材，並使用數位工具進行量測、紀錄與分享：實驗過程操作 Color Picker、Arduino Science Journal、Padlet 等數位工具，強調有效數字與誤差控制。 4. 能使用圖表呈現資料趨勢，並進行判讀與建模：學生須使用 Excel 作圖、找出趨勢線、計算 R^2、建構顏色變化與濃度間的模型。 5. 能撰寫 CER 科學論證，表達主張與證據之間的邏輯關係：學生需引用實驗觀察、數據與查得的文獻，撰寫完整的 Claim-Evidence-Reasoning。 6. 能以圖像與口語整合方式表達研究成果：學生需製作研究海報並進行簡報發表，訓練多元表達與科學溝通能力。並於研究歷程中培養團隊協作與反思精神。

五、教育對象			
高二學生			
六、課程設計（方法與步驟）			
週次	單元主題	教學活動	核心問題
第一週	課程簡介	1. 引起動機（10 分鐘）： (1) 以【測量積雪厚度，說明降雪量】影片 https://www.youtube.com/watch?v=ImsgAQKgl34 引導學生思考實驗工具的適配性。 (2) 搭配圖片說明：「酸鹼體質論」、「影廳空氣分析電影」等案例引起學生疑問：「什麼是偽科學？什麼是科學？」 (3) 利用圖一解釋「科學/偽科學/壞科學」與「科學三要素」。 (4) 搭配科工館「國家科技寶藏－科學家的秘密基地 2.0」特展介紹臺灣 8 大關鍵領域科研成果，提升科學素養。  圖一 科學/偽科學/壞科學(圖片來源：Intelligent Speculation) 2. 科學閱讀（30 分鐘）： (1) 發下學習單，利用蚊子與子子實驗案例進行科學閱讀。 https://docs.google.com/document/d/11IA2CMareN_M3wjMzMxpLi59L9wonvZcO--ZpkrR0c/edit?usp=sharing (2) 教師引導學生整理出「科學方法六步驟」：觀察→提出問題→提出假說→設計實驗→論證建模→形成結論，並結合先備知識中的亞佛加厥定律進行說明。 (3) 將六步驟結合探究與實作課綱內容進行再詮釋。 3. 科學敘述練習（10 分鐘）： 完成「偽科學語句 → 科學問題」練習單，學習轉化問題。	什麼是科學？什麼是偽科學？我們如何區分？科學素養重要嗎？

現象觀察	1. 導入活動（5 分鐘）： 問學生：「你相信顏色會『自己變』嗎？」以蝶豆花實驗結果的圖片引導學生回憶高一化學的指示劑概念。 2. 現象觀察引導一（10 分鐘）：(食譜式實驗) (1) 【步驟一】每組給 3 片蝶豆花花瓣，分別放置於三格孔盤。 (2) 【步驟二】在每片花瓣上分別滴下 5 滴不同四位數密碼溶液（事先設定為 pH4、pH7、pH10）。 (3) 【觀察與紀錄】學生填寫學習單的觀察 1 紀錄表。 表一 不同密碼溶液引發蝶豆花變色的比較(表格來源：自行繪製) <table><tr><th>溶液</th><th>040x</th><th>070x</th><th>100x</th></tr><tr><th>顏色變化</th><td></td><td></td><td></td></tr><tr><th>推測溶液</th><td></td><td></td><td></td></tr></table> (4) 【分析與推理】引導學生從觀察中找出規律。 問題引導：為什麼顏色會變？顏色變化與什麼有關？哪一組的結果最明顯？可能原因？ (5) 討論「如何讓實驗一致化」：滴數固定、觀察時間一致、光線環境一致。進一步帶出控制變因的概念。並引導學生思考化學家在遇到實驗像子子與蝶豆花有個體差異造成的誤差時，會選擇將其配製成溶液的方式來消除誤差。 3. 現象觀察引導二（35 分鐘）：(探究式實驗) (1) 學生嘗試將 1 M HCl、1 M NaOH、蒸餾水、蝶豆花水溶液以不同比例混合，並以如表二的形式紀錄顏色變化。讓學生先以最直觀的質性描述的方式進行實驗記錄。 實驗操作舉例：A(3 滴) + B(3 滴) → 觀察變化 表二 現象觀察引導二紀錄表格範例(表格來源：自行繪製) <table><tr><th>做法</th><th>顏色</th><th>做法</th><th>顏色</th><th>做法</th><th>顏色</th><th>做法</th><th>顏色</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> (2) 試描述你的觀察結果：（寫在學習單上） （例句：在____過程中，我發現____愈____，____愈____。） (3) 將實驗結果拍照上傳至 padlet。引導學生進行觀察技巧的回饋（你是否從他人那學到更細膩的觀察方式？）	溶液	040x	070x	100x	顏色變化				推測溶液				做法	顏色	做法	顏色	做法	顏色	做法	顏色									蝶豆花的變色現象代表了什麼自然變化？你的觀察語句為何？
	溶液	040x	070x	100x																										
	顏色變化																													
推測溶液																														
做法	顏色	做法	顏色	做法	顏色	做法	顏色																							
第二週	問題意	1. 引起動機（5 分鐘）： 你還記得上次的觀察嗎？配製的溶液造成顏色有何變化？你怎麼描述它們的不同？引導學生區分質性描述與量化描述。	我們如何將一個現象轉化為																											

識	2. 啟發提問 (5 分鐘) : (1) 蝶豆花溶液顏色變化的原理或理論為何？ (2) 如何「量化」這種變化？酸鹼度與顏色是否能用數字描述？ (3) 什麼會造成 RGB 數值的不穩定？(光線？角度？背景？) 3. 文獻搜尋與閱讀 (30 分鐘) : 學生根據老師的引導問題進行關鍵字搜尋，將重點整理在學習單中。老師也可事先準備兩到三篇優良文獻以及提醒學生其實各學科課本也是可信度高且容易看得懂的資料來源。 4. 探究問題建立 (10 分鐘) : 根據對蝶豆花的觀察與查到的資料，提出要探究的主題並列出三大變因(可先複習介紹操縱變因、控制變因、應變變因概念)。 例句：不同氫氧化鈉濃度的蝶豆花水溶液，對顏色的影響。 (1) 操縱變因：(你要改變的是什麼？) (2) 應變變因：(你要觀察或測量的是什麼？) (3) 控制變因：(為了公平實驗，需要保持不變的有哪些？)	可驗證的科學實驗？
擬訂計畫	1. 建構科學解釋 (CER) (10 分鐘) : 提出實驗預測 (RGB 值可能如何變化及背後的原理為何？) (1) Claim：你認為蝶豆花在不同濃度鹼溶液下會如何變化？ (2) Evidence：請根據你的觀察與文獻內容來支持你的主張。 (3) Reasoning：結合你的文獻查詢，說明為何會有這樣的顏色變化，這和蝶豆花的哪種物質或原理有關？ 2. 實驗設計階段 (40 分鐘) : (1) 量化方法：以 color picker APP 或 ImageJ 進行 RGB 分析。 (2) 引導學生回憶如何配製不同濃度的氫氧化鈉溶液。並提醒設計中至少需測量 3 次數據且有 5 個數據點。 (3) 學生小組討論完成學習單中的各項變因之操作型定義。 * 操作型定義：是明確指出測量某一現象的操作方法或步驟的方式來為該現象下定義。 (4) 實驗流程圖：學生在學習單上以圖為主文字為輔的模式將實驗步驟與器材架設方式繪出。其中每一組最大的特色應會放在引導問題「什麼會造成手機 APP 量測 RGB 不穩定？(光線？角度？背景？)」的思考所帶出之控制變因控制方式。改變光源、角度或拍照環境及溶液厚度(比爾定律)，以求得最穩定的 RGB 值。並提醒學生好的實驗流程圖應具備的特色，例如：他人可以此步驟執行，做出相同結果。	蝶豆花變色的變因可以如何「被控制」與「被量化」？你的觀點為何？

第三週	實驗操作	1. 課前提醒 (5 分鐘) : 在開始實驗前，請先完成以下事項： (1) 設計好紀錄表格 (請參考建議格式) 。 (2) 準備好儀器與材料(24 孔盤、滴管、Color Picker App 等)。 (3) 思考：什麼變因會影響你的觀察結果？你如何控制它們？ (4) 與同組夥伴分工合作、確認步驟。 2. 紀錄時的注意事項 (5 分鐘) : (1) 每次實驗都應記錄次序與結果，不能只記得印象或感覺。 (2) RGB 值請完整記錄，建議記錄前先拍照，再分析。 (3) 每一筆數據都要標示單位 (如 M, 滴, nm...) 。 (4) 以藍筆進行記錄不可用立可帶(液)。 (5) 紀錄時須注意有效數字。 3. 執行實驗設計 (85 分鐘) : 各小組執行所擬實驗計畫。 4. 結語與延伸思考 (5 分鐘) : (1) 實驗過程中你是否遇到數據不穩定？原因可能是？ (2) 有哪些步驟需要重做或改進？ (如操作誤差、數據記錄) (3) 是否發現顏色與濃度的關係具有某種趨勢？如何表示？	在進行實驗時，我們如何確保記錄的數據正確且有意義？ 什麼因素可能造成 RGB 量測不穩定？我們如何設計來降低誤差？																														
第四週	數據處理	1. 引起動機 (5 分鐘) : 問學生：上週記錄了哪些數據？該用什麼圖表來表現變化？ 2. 圖表選擇概念說明 (5 分鐘) : 引導學生閱讀學習單中的四種圖表介紹 (直條圖、折線圖、散佈圖、圓餅圖)，教師舉例說明哪些類型資料適合使用哪一種圖。強調本實驗屬「探討兩軸關係」，適合用散佈圖。 3. 實作操作一 (10 分鐘) : 利用教師事先準備的簡易數據(表三)，找出實驗的操縱變因與應變變因後做出散佈圖。學生須了解橫軸/縱軸各為何？又其分別代表了什麼變因？以及呈現圖片時應有的要素。 表三 Excel 作圖範例一(表格來源：自行繪製) <table><tr><th>組別</th><th>豆漿體積(mL)</th><th>鹽鹵體積(mL)</th><th>豆花質量(g)</th><th>濾液質量(g)</th></tr><tr><td>1</td><td>50.0</td><td>5.00</td><td>0.18</td><td>54.82</td></tr><tr><td>2</td><td>50.0</td><td>3.00</td><td>2.67</td><td>50.33</td></tr><tr><td>3</td><td>50.0</td><td>2.00</td><td>23.24</td><td>28.76</td></tr><tr><td>4</td><td>50.0</td><td>1.00</td><td>32.60</td><td>18.40</td></tr><tr><td>5</td><td>50.0</td><td>0.50</td><td>18.91</td><td>31.59</td></tr></table> 4. 實作操作二 (30 分鐘) : 教師提供另一較複雜數據(表四)，使學生學習數據篩選、有效數字整理與平均值和標準差的運算。做出散佈圖後，還有插入趨勢線，顯示方程式與決定係數 R^2 及標準差誤差線的教學。	組別	豆漿體積(mL)	鹽鹵體積(mL)	豆花質量(g)	濾液質量(g)	1	50.0	5.00	0.18	54.82	2	50.0	3.00	2.67	50.33	3	50.0	2.00	23.24	28.76	4	50.0	1.00	32.60	18.40	5	50.0	0.50	18.91	31.59	我們可以用哪些圖表呈現變因與蝶豆花顏色變化的關係？ 實驗數據是否支持我們的假設？數據中的趨勢代表什麼？
組別	豆漿體積(mL)	鹽鹵體積(mL)	豆花質量(g)	濾液質量(g)																													
1	50.0	5.00	0.18	54.82																													
2	50.0	3.00	2.67	50.33																													
3	50.0	2.00	23.24	28.76																													
4	50.0	1.00	32.60	18.40																													
5	50.0	0.50	18.91	31.59																													

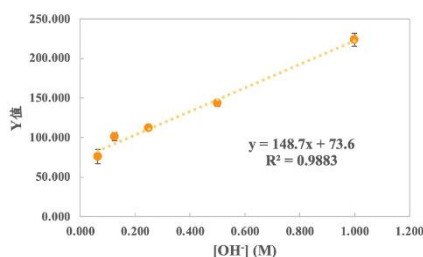
表四 Excel 作圖範例二(表格來源:改編自中山女中化學共備內容)

組別	豆漿體積(mL)	鹽鹵體積(mL)	總質量(g)	豆花質量(g)
1	50.0	5.00	55.20	3.74
2	50.0	5.00	55.20	2.07
3	50.0	5.00	55.30	0.52
4	50.0	3.00	53.00	2.67
5	80.0	4.80	85.00	3.00
6	100.0	6.00	103.96	51.92
7	50.0	2.00	52.00	23.24
8	100.0	4.00	104.45	47.93
9	100.0	4.00	110.05	74.61
10	80.0	2.00	82.00	35.41
11	80.0	2.00	82.00	37.83
12	80.0	2.00	82.00	38.30
13	50.0	1.00	51.00	32.60
14	100.0	2.00	102.02	48.88
15	100.0	2.00	95.56	44.25
16	80.0	0.80	81.00	64.50
17	50.0	0.50	50.50	18.91
18	100.0	1.00	101.34	52.10

5. 實作操作三 (40 分鐘) :

運用前面所學將自己組別的數據作圖與趨勢線。(如圖二)

[OH ⁻] (M)	Y 值
1.000	223.587 ± 8.333
0.500	143.360 ± 3.895
0.250	112.469 ± 0.257
0.125	101.000 ± 5.112
0.063	75.960 ± 8.881



圖二 表格與作圖範例(圖片來源:自行繪製)

6. 統整與提問 (10 分鐘) :

- (1) 趨勢線方程式的斜率代表什麼?
- (2) R^2 越接近 1 表示什麼?
- (3) 是否可支持原本的 CER?

第五週

論證建模

1. 引起動機 (5 分鐘) :

你們知道嗎?當一個真正的科學家完成實驗之後,最重要的不是他手上的數據,而是他能不能說服別人,他的發現是有根據。引導學生整理實驗結果與文獻探討結合有力的論證。

2. 課堂作業一 (45 分鐘) : 研究討論與建模 (CER 深化)

- (1) 結果整理(E):請整理出一段文字敘述數據的變化規律。
引導問題:顏色是否隨濃度改變?變化趨勢如何?
- (2) 比較觀點(C):與實驗前的觀點相比,是否一致?
引導問題:你們的結果有偏離預期嗎?
- (3) 科學推理(R):根據查到的文獻說明顏色如何這樣變化。
引導問題:為什麼 RGB 值會有變化?
- (4) 提出結論:請用一句話寫下你認為成功觀的條件為何?

你如何說服別人相信你的實驗結果與推論?我們的實驗結果可以建構出怎樣的模型來解釋蝶豆花變色的原理?

表達分享	1. 引起動機（5 分鐘）： 不論你做了多完整的實驗，如果別人看不懂、說服不了，那它就只是一張表格；但如果你能把它說清楚、講有道理，你的發現才有機會被看見。引導學生設計出讓人想看的海報！ 2. 課堂作業二（40 分鐘）：期末海報構思與設計 (1) A4 構圖規劃草稿：引導學生依照老師的建議內容與格式(圖三)將草擬內容填入紙上。培養學生規劃報告的能力。 (2) 撰寫口頭報告逐字稿：將每一段轉化為完整句子，用精簡易懂的語言敘述觀察與推論。教導學生報告的準備方式。 3. 教師提醒（5 分鐘）： 下週進行期末成果分享，每人 3 分鐘口頭說明+1 分鐘問答。	我們如何清楚、有說服力地呈現探究成果？好的科學報告或海報應具備哪些要素，才能讓觀眾快速理解我們的研究？
------	--	---

圖三 海報格式與引導語(圖片來源：自行繪製)

七、學習評量內容

形成性評量：以學習單、科學筆記本、口頭回饋、小組討論產出等方式，持續追蹤。

總結性評量：以小組研究海報、口頭發表與 CER 論證成果作為整體課程的評量依據。其中運用陳柏熹（2011）老師以及曾慶玲（2021）老師等人所提出實作評量規準的建立流程(圖四)所建立之評分規準 <https://reurl.cc/eMXl7> 進行期末海報的評分，使成績成常態分佈。



圖四 期末實作評量的建立流程與全班給分分布圖(圖片來源：自行繪製)

紙筆測驗：題型包含以單選題偵測基本概念，以問答題檢視對科學方法步驟、實驗設計歷程、解釋數據趨勢、解釋 R^2 代表的意義、提出合理的實驗修正方式的概念，其中也有資料判讀題與作圖題等。

參考資料

1. 蔡易州 (2020)。實驗二 平衡常數。選修化學 III。翰林出版。137–142。
2. Pheeraya J., Pathinan P., Kate G. (2019). Simple colorimetric ammonium assay employing well microplate with gas preparation and diffusion for manual indicator immobilized paper sensor via smartphone detection. *Microchemical Journal*, **152**, 104–283.
3. Nyi M. S., Dadam S., Hera N. (2015). Application of Butterfly Pea extract as an indicator of acid-base titration. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, **7**(2), 275–280.
4. 沈庭宇、陳宜葦 (2021)。比色法的簡化與改良。2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂競賽作品。<https://sciexplore2021.colife.org.tw/work.php?t=C0165>
5. 陳柏熹 (2011)。心理與教育測驗：測驗編製理論與實務。新北市：精策教育。
6. 曾慶玲、黃春木、簡邦宗、童禕珊 (2021)。專題探究課程素養導向實作評量之發展 - 以建中專題寫作與表達課程為例。 *臺灣教育評論月刊*, **10**(5), 167–191。
7. 國立科學工藝博物館「國家科技寶藏 - 科學家的秘密基地 2.0」特展。

附錄：



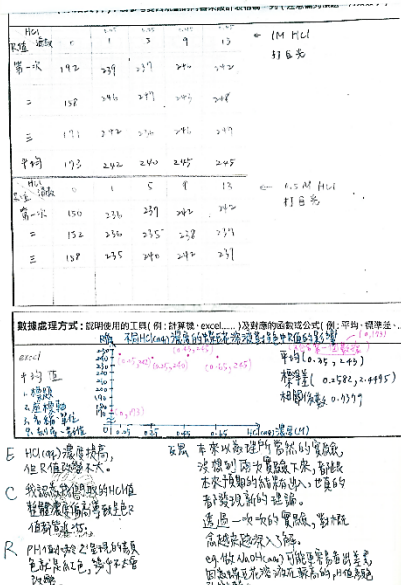
▲ 實際授課畫面



▲ 學生成果發表



▲ 教師研習課程分享



▲ 學生的科學筆記本



▲ 學生的期末海報成果



▲ 紙筆測驗題目範例