

「綠野仙蹤-綠色化學百寶變與創意小論文設計」教師手冊

壹、給教師的話

本課程基於「創意教學」、「自主學習」與「合作服務」三大核心價值，翻轉傳統教育的舊思維，營造新世代的中學生科學教育模式，透過「動手做」與「做中學」的策略，進而引領學生開展自我與同儕、社會服務的網絡連結。秉持「以學生為本」的教育精神，利用「翻轉教學」的策略，著重於探索、合作、服務的科學態度，落實十二年國教適性揚才、終身學習的願景目標。



本課程的發展緣起於北一女中全校學生皆屬於PR前3%學生，而且本校自民國80年起就創設數理資優班專題研究課程。民國80年起，先發展出高一的系列探究與實作課程，協助數理資優班學生可在高二進行適性分組，深入專題研究的加深與加廣課程。為了推廣課程給本校一般班級中的數理資優學生，在民國89年起，本校再發展成高一專題課程「選修課」，同一個化學專題班中，廣納數理資優班分組學生及本校一般班級甄選入班的學生。到了99課綱開始執行之後，全校開放高一選修課程及活化課程，因此民國99年起，除了保留數理資優班原有的探究與實作課程之外，化學科多年來發展探究與實作課程就併入全校高一跨班選修課程，一般班級學生以志願順序進行選修課程分班，不再辦理甄試入班，課程的設計與成發方式就以「化學宅急便」名稱涵蓋之。

緣於「化學宅急便」多元課程實施探究式教學與差異化教學方法，過去以來一直深受學生的喜愛；「綠野仙蹤」系列則是第七年不斷實施修正的成果，象徵著北一綠園的科學環境，處處有驚奇。多樣性的學習課程及教師與學生的服務團隊，如同宅急便的理念，提供快速又有效的科學服務。近年來，「綠色化學與永續能源」成為國際上化學產業與學術研究的重要趨勢，於是本課程也加入綠色化學的精神，落實減毒、減廢、減量、居安、思危等的實驗課程設計及創意研究方向。

本教學團隊教師以「綠野仙蹤～北一女中化學宅急便」參加教育部104年度教學卓越獎評選，受到評審青睞與肯定，獲頒教學卓越金質獎，以探究教學為策略的教材、教法，落實在化學課程及特色課程中。課程可以搭配不同學校師生的屬性，自行增減課程內容，既不受限於傳統課程範疇，又可配合學校活動或在地精神，依循適合學校師生需要的方向，納入學校原有的課程中；除了活化教學外，更可提升學生自信心與自主學習能力。

整體而言，本課程有四大階段：化學探究實作與創意引導、基礎實驗技能培訓、創意小論文設計與實作、成發活動與加深加廣課程。課程內容安排特色又可分為八大項目：

- (一) 帶領學生認識科學活動並提升學生學習科學的動機與興趣。
- (二) 獨立研究課程設計落實綠色永續化學十二項原則與微型實驗精神，融入循環經濟與永續發展的產業精神。
- (三) 將化學基本知識與實驗技能融入課程，並可與生活實例聯結，帶領學生認識實驗或研究中常用的工具及策略。

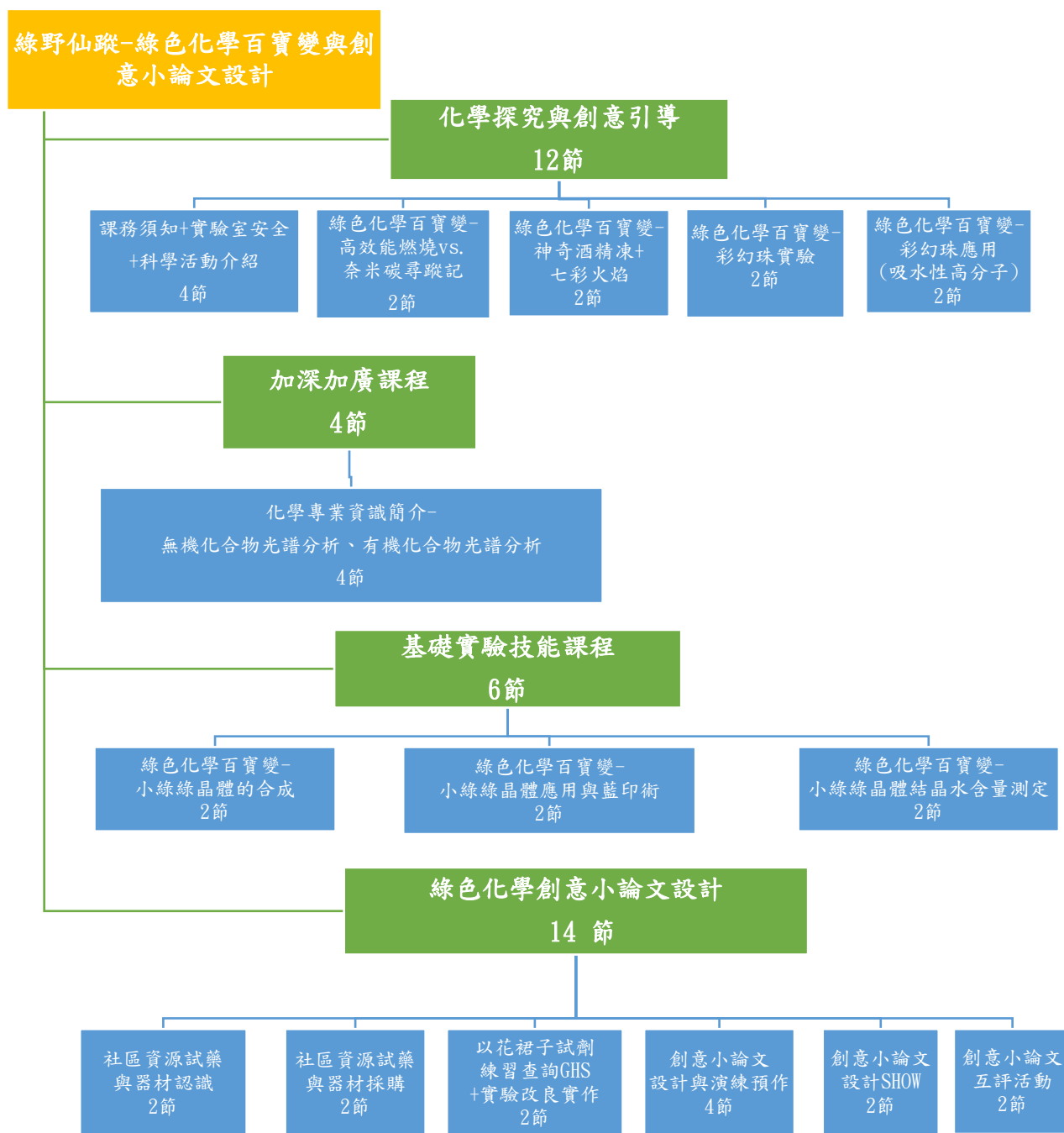
- (四) 培養學生動手實作與報告撰寫表達的能力，包括統整實驗數據、省思等。
- (五) 以探究課程教學模式培養學生思考、解決問題的能力，並激發其創造力與找到最佳化條件能力，以培養其細心、耐心的研究精神與態度。
- (六) 學生能進行高層次思考能力，評估執行「綠色化學創意小論文設計」的可行性，包括考慮時間、難度、安全性、經費、趣味等因素。
- (七) 學生在面對挫折中，藉由學生彼此合作、腦力激盪，可以統整科學知識，經不斷實驗失敗與修正，無論是將來面對科學或生活，可以累積解決問題的毅力與勇氣，增進自我挑戰自信心。
- (八) 藉由每組精簡的 3 分鐘「綠色化學創意小論文設計播映活動」，除了幫學生留下紀錄，更達到同儕彼此分享、學習、交流，學生也藉由見賢思齊的刺激後，往往可以鼓勵自己下次更努力地多元學習。

貳、課程/教學單元描述（含教材分析與課程架構）

一、課程理念

本課程經營的模式分為三階段：「教師教學生」、「學生彼此分享與教學交流」、「學生教學生」，教師們透過校慶「化學宅急便嘉年華」闖關、社團服務及科學競賽中展現自主學習能力。

二、課程架構



參、課程計畫

一、基本資料與學習目標

課程名稱	綠野仙蹤-綠色化學百寶變 與創意小論文設計		特殊需求	獨立研究
教學年級/ 班級/組別	十年級資優班		相關領域	☐ 語文 ☐ 數學 ☒ 自然 ☐ 社會 ☐ 健體 ☐ 藝文
實驗學校/ 日期	臺北市立第一女子高級中學 2016.9.1~2017.1.20		重大議題	無
教學時間	共 36 節		教學者/ 設計者	周芳妃
教材來源			參考資料	
能力指標	核心素養	獨-U-A1 透過獨立研究的學習，促進自我觀念，從中擬定、執行、監督與評估調整生涯發展計畫，建立自我精進，追求至善。 獨-U-A2 具備系統思考、分析與探索問題的能力，並能積極面對挑戰，提出最佳問題解決模式，以解決各種探究之問題。 獨-U-B1 能運用高層次思考能力分析比較、製作圖表，整理蒐集之資訊或數據，並彈性選用適切形式之口語、文字、影像、繪圖或實物或嘗試使用新媒體形式，表達獨立研究之過程、發現或成果、價值和限制。 獨-U-B2 能彈性運用科技、資訊與各類媒體，取得獨立研究過程所需之資料，並能解讀與批判，從中培養學術與研究倫理的素養。 獨-U-C2 能透過獨立研究，了解他人想法與立場，建立同儕思辨、溝通與包容不同意見的能力，學習分享研究結果或協助他人進行研究。		
	學習表現	1a-V-1 能從日常生活經驗、自然環境觀察、領域學習課程、新聞時事、社會輿論或社會重大議題等不同向度提出並發現自己感興趣的內容。 1a-V-3 能具備對於獨立研究的熱忱。 1a-V-4 能體會獨立研究的意義、歷程及實踐背後的重要價值，並願意持續從事研究。 1b-IV-2 能主動與同儕合作完成小組獨立研究活動內容並達成目標。 1b-V-3 能願意採納他人回饋，檢核、反思自身的研究歷程及成果，並持續修正。 1c-V-2 面對研究過程中之挑戰，能具有堅毅的特質，尋找解決策略持續修正，克服研究困難，持續進行獨立研究。 1d-IV-1 能遵守學術與研究倫理客觀準則和規範。 1d-V-3 能依據專業學術引註參考資料格式，註明資料的來源與出處。 2a-IV-1 能選用適當的研究方法及程序，並運用於獨立研究中。 2b-IV-4 能運用領域知識，提出自己的主張、理由及證據解釋自己的觀點。 2c-V-1 能養成自我挑戰的習慣，不斷發掘新的問題。整的可能性。 2c-IV-5 能承接問題，並能有效、合理的去處理，獲得可信的成果。 2d-IV-1 能與教師共同建構獨立研究內容或計畫，決定學習範圍、順序		

	與進度。 2d-IV-2 能與教師共同討論、選擇評量的標準，並接受評量與回饋。 3b-V-2 能了解研究計畫內容，依據研究進度自我監控，並視需要彈性調整。 3d-IV-1 能依據研究主題，了解研究工具種類及用途，挑選適合研究工具。 3e-IV-3 能從得到的資訊或數據，分析出差異，提出研究結果與發現。 3e-IV-4 能從得到的資訊或數據，分析出差異，解決問題或發現新問題。 3f-III-3 能以個人或小組合作方式，運用複雜形式展現研究過程、成果、價值及限制等。 3g-IV-2 能針對研究成果評鑑之結果，提出具體建議。
學習 內容	一般探索 ●研究主題興趣探索。 研究方法訓練 ●思考能力訓練： ◎批判思考 ◎創造思考 ◎問題解決技能 ●獨立研究基本步驟介紹。 ●實驗器材、科技設備操作技能。 ●資料蒐集與運用技能。 獨立研究實作 ●研究主題選擇： ◎觀察現象、優秀作品賞析 ◎蒐集問題 ●研究計畫撰擬與評鑑： ◎可運用資源及時間評估 ◎研究計畫管理 ●研究資料蒐集： ◎觀察 ◎實驗操作 ●研究成果展現： ◎展現形式：口頭發表、小論文、 ●研究過程與成果評鑑： ◎反思與建議 ◎自我評鑑與他人評鑑
獨立研究課程能力指標 (計畫研發)	1.2.1.1 能從學習領域、日常生活經驗、新聞時事或社會重大議題等向度發現或提出自己感興趣的內容。 1.3.1.2 能對自己感興趣的內容，持續且有目標的探索，即使遇到挫折，仍能樂在其中。 1.2.2.1 能欣賞同儕報告，進而提出合理的評價或建議。 1.2.2.2 能視需要與同儕合作，完成獨立研究活動，達成目標。

	1.1.2.3 能積極參與研究活動，並樂於討論分享，接受他人回饋。 1.2.3.1 能培養或抱持探索專長領域知識及原理的興趣 1.2.3.2 能分析研究過程未臻理想的原因，並積極尋找解決策略。 1.2.3.3 在研究過程中，能面對各種問題，嘗試堅持找出解決方案。 1.1.4.1 在教師的引導下，能理解智慧財產權的概念並願意遵守。 1.2.4.2 能清楚說明研究資料的來源與出處，在教師引導下學習如何引註。 1.2.4.3 能重視研究倫理及其價值意涵。 2.2.1.1 能了解可透過研究，探究感興趣的問題，進而尋找可能的答案或解決方法。 2.1.2.1 能認識常用的研究方法（EX：問卷調查、訪談法、實驗研究法等）。 2.2.2.2 在教師的引導下，能依研究主題，選用適切的研究方法進行研究。 2.2.3.1 能認識及運用不同資料搜尋方式，如圖書、網路、文獻資料庫等。 2.1.3.2 能閱讀教師提供或自行蒐集的資料，並摘出與研究相關的內容。 2.1.3.3 在教師引導下，能運用各種方法（EX：資料夾或概念圖分析），將資料加以分類整理。 2.1.3.4 在教師的引導下，能分辨所蒐集資料的真實性程度。 2.2.3.5 能選用適當的圖表，將所閱讀的資料加以整理並分析說明。 2.2.4.1 能依據主題自行進行研究設計（實驗、調查），安排研究進度。 2.1.4.2 在教師的引導下，能依研究需求，挑選或設計適合的研究工具或器材。 2.1.4.3 在教師的引導下，能依研究題目決定研究方法與步驟，並進行研究。 2.1.4.4 能撰寫研究日誌，記錄研究相關資訊，例如：實驗數據、觀察紀錄、討論及心得...等，整理分析提出想法。 2.1.5.1 能使用常見文書或統計軟體紀錄研究過程、呈現研究資料或結果。 2.1.5.2 能以簡易的簡報軟體報告研究成果。 2.1.6.1 能了解基本研究報告的格式及要項。 2.1.6.2 能在師長引導下完成研究報告撰寫。 2.1.6.3 能運用簡單形式之口語、文字、海報、簡報軟體或其他形式，展現研究過程與成果。 2.1.6.4 在教師的引導下，能以小組或個人的方式發表研究報告。 3.1.1.1 能了解並應用某項研究的主張、理由或證據以及結論。 3.1.1.2 能從實驗（量化）或蒐集資料（質性）中整理分析出結果，並提出相關的結論。 3.1.2.1 在教師引導下，能針對蒐集的研究資料，抱持懷疑的態度，提出自己的看法。 3.2.2.2 能將研究資料依內容結構、脈絡加以分析與歸納，提出可能需要釐清之處。 3.1.2.3 在教師的引導下，能依據研究主題，蒐集過去相關研究資料，提出重點並加以比較。 3.1.3.1 面對問題能進行探索想像，持續追問，發散思考、推敲各種可能原因。 3.2.3.2 能在既有的構想或觀念上，提出一些新的想法或見解。 3.2.4.1 能適切的選擇研究主題與對象，清楚陳述研究目的與問題。 3.1.4.2 在教師的引導下，能依據研究主題，提出個人的想法，訂定研究目的。 3.2.4.3 能針對研究主題提出構想，並在教師引導下設計適切的研究工具與方法（調查、實驗等）。
--	---

	3.2.4.4 能自行或在教師的引導下提出策略，解決研究問題。 3.3.5.1 能自行擬訂研究計畫，並依計畫執行。 3.1.5.2 能了解研究的執行情形，並在教師的協助下，適時尋求專家協助。
單元目標	1.帶領學生認識科學活動並提升學生學習科學的動機與興趣。 2.帶領學生認識實驗或研究中常用的工具及策略，將化學基本知識與實驗技能融入課程，並可與生活實例聯結。 3.培養學生動手實作與報告撰寫表達的能力。 4.培養學生思考、解決問題的能力，並激發其創造力。 5.培養其細心、耐心的研究精神與態度。 6.培養學生高層次思考能力。 7.培養學生面對挫折時，藉由學生彼此合作、腦力激盪，統整科學知識，經不斷實驗失敗與修正，增進自我挑戰自信心。 8.培養學生彼此分享、學習、交流，激勵其多元學習。
學習目標*	1-(1)帶領學生認識科學活動並提升學生學習科學的動機與興趣。(H, M, L) 1-(2)認識綠色永續化學十二項原則與微型實驗精神。(H, M, L) 2-(1)帶領學生認識實驗或研究中常用的工具及策略。學生能學習化學基本知識與實驗技能，並可與生活實例聯結。(H, M) 2-(2)學生能認識並熟悉操作綠色化學百寶箱教具。(H, M) 3-(1)培養學生動手實作與報告撰寫表達的能力，包括統整實驗數據、省思等。(H, M) 4-(1)學生能學習評估執行「綠色化學創意小論文設計」的可行性。(H) 5-(1)以探究課程教學模式培養學生思考、解決問題的能力，並激發其創造力與找到最佳化條件能力，以培養其細心、耐心的科學態度。(H, M, L) 6-(1)經由加深加廣課程，引導學生未來生涯探索。(H, M) 7-(1)學生能彼此合作、腦力激盪，經實驗失敗與修正，可以累積解決問題的毅力與勇氣，增進自我挑戰自信心。(H, M, L) 8-(1)藉由每組3分鐘「綠色化學創意小論文設計播映會」，除了幫學生留下紀錄，更達到同儕彼此分享、觀摩學習、互評交流。(H, M, L)
教學資源	教學簡報、學習單、線上社群與分享平台
教學方法/ 教學型態	1. 教師授課。 2. 專題演講。 3. 指定實驗課程之探究與實作。 4. 校外參訪與物資採購。 5. 綠色化學創意小論文設計與實作。 6. 學生成果發表。
教學環境/ 地點	校內實驗室、校園內、校外實驗藥品店

註：在學習目標方面，可視學生能力及程度分為高能力組(H)、中能力組(M)與較弱能力組(L)擬定不同層次目標，並在各學習目標後面註明該目標適用的對象。例如：三組皆須達到的標準(H, M, L)或高組要達到的標準(H)。

二、區分性教學設計

此選修課程主要就是以對化學實驗有興趣的學生為主，有關小論文設計與實作主題則是根據學生的興趣自主決定的。

1.對超前學生的建議

依據完成的實作進度，進一步修正或增加實驗變因來解決目前實驗發現的新問題，後續可整理作品書提交校內科展或是全國綠色化學實驗能力競賽。

2.對落後學生的建議

經由觀摩各組作品的學習經驗，以及互評內容，重新操作原先的實驗設計，找出原先實驗失敗的原因。

三、教學計畫與進度(可自行增列)

單元 名稱	課程學習 表現指標	學習目標	教學規劃/活動/內容	時間	教學 評量
化學探究實作與創意引導	1.2.1.1	(1)帶領學生認識科學活動並提升學生學習科學的動機與興趣。	1. 課務須知+實驗室安全+科學活動介紹	4 節	學習單
	1.3.1.2		2. 酒精凍與七彩火焰：分子間作用力與光譜知識 (1) 透過科學閱讀教材引導學生閱讀與提問。 (2) 透過實驗學習單帶領學生了解實驗原理並進行實驗與發散思考。 (3) 透過小組學習與紀錄，團體合作進行學習。	2 節	實驗操作學習單
	1.2.2.1				
	1.1.2.3				
	1.2.3.1				
	1.2.3.2				
	1.2.3.3				
	1.2.4.2				
	1.2.4.2				
	1.2.4.3				
	2.2.1.1.	(3)以探究課程教學模式培養學生思考、解決問題的能力，並激發其創造力與找到最佳化條件能力，以培養其細心、耐心的科學態度。	3. 高效能燃燒與奈米碳粒尋蹤記：燃燒反應途徑與速率 (1) 透過科學閱讀教材引導學生閱讀與提問。 (2) 透過實驗學習單帶領學生了解實驗原理並進行實驗與發散思考。 (3) 透過小組學習與紀錄，團體合作進行學習。	2 節	實驗操作學習單
	2.2.2.2		4. 彩幻珠實驗：酸鹼中和與指示劑原理 (1) 透過科學閱讀教材引導學生閱讀與提問。 (2) 透過彩幻珠玩實驗學習單帶領學生了解實驗原理並進行實驗與發散思考。 (3) 透過小組學習與紀錄，團體合作進行學習。	2 節	實驗操作學習單
	2.2.3.1				
	2.1.3.2				
	3.1.1.1				
	3.1.1.2				
	3.2.2.2				
	3.1.2.3				
	3.1.3.1				
	3.2.3.2				
	5. 彩幻珠應用：吸水性高分子 (1) 透過科學閱讀教材引導學生閱讀				

			與提問。 (2) 透過實驗學習單帶領學生了解實驗原理並進行實驗與發散思考。 (3) 透過小組學習與紀錄，團體合作進行學習。		
基礎實驗技能培訓	2.1.2.1 2.1.4.4 2.1.5.1 3.1.1.1 3.1.1.2 3.1.2.1 3.2.2.2	(4) 帶領學生認識實驗或研究中常用的工具及策略。學生能學習化學基本知識與實驗技能，並可與生活實例聯結。 (5) 培養學生動手實作與報告撰寫表達的能力，包括統整實驗數據、省思等。	1. 小綠綠晶體的合成 2. 小綠綠晶體成分分析：重量分析法與容量分析法 3. 小綠綠晶體與藍印術：化學反應四大類型的應用 (1) 透過科學閱讀教材引導學生閱讀與提問。 (2) 透過實驗學習單帶領學生了解實驗原理並進行實驗與發散思考。 (3) 透過小組學習與紀錄，團體合作進行學習。	6 節	實驗操作學習單
綠色化學創意小論文設計與實作	1.2.1.1 1.3.1.2 1.2.2.1 1.2.2.2 1.1.2.3 1.2.3.2 1.2.3.3 1.1.4.1 1.2.4.2 1.2.4.3	(6) 學生能認識並熟悉操作<u>綠色化學百寶箱</u>教具。 (7) 學生能彼此合作、腦力激盪，經實驗失敗與修正，可以累積解決問題的毅力與勇氣，增進自我挑戰自信心。	1. 介紹創意小論文設計：練習查詢 GHS 及練習實驗改良實作 介紹創意小論文，學生根據興趣擬定方向，依據綠色化學原則進行實驗設計。 2. 校外教學—鄰近社區資源試藥與器材認識 帶學生了解種類與數量龐多的化學試藥與器材商店，第一次主要的目的在認識並了解各種藥品器材的價格。	2 節	實作表現學習單
	1.2.3.2 1.2.3.3 2.2.1.1 2.2.2.2 2.2.3.1	(8) 學生能學習評估執行「綠色化學創意小論文設計」的可行性。	3. 創意小論文設計資料收集與初步設計 學生自行查詢相關資料，評估實驗的可行性，包括考慮時間、難度、安全性、物資取得、經費、趣味等因素。進行實驗設計，並開列出需向學校申請使用的藥品或器材。	2 節	實作表現學習單
	2.1.3.2 2.1.3.3 2.1.3.4 2.2.3.5 2.2.4.1 2.1.4.2 2.1.4.3 2.1.4.4 2.1.5.1 2.1.5.2	(9) 藉由每組3分鐘「綠色化學創意小論文設計播	4. 校外教學—鄰近社區資源試藥與器材採購估價 學生完成實驗設計之後，評估要做什麼實驗與需要什麼藥品器材後，再次讓學生前往相關試藥與器材商店，模擬採購估價，認識實驗設計所	2 節	實作表現學習單

	3.1.2.3 3.1.3.1 3.2.3.2 3.2.4.1 3.1.4.2 3.2.4.3 3.2.4.4 3.3.5.1 3.1.5.2	映會」，除了幫學生留下紀錄，更達到同儕彼此分享、觀摩學習、互評交流。	需編列的預算。 (註：校內化學品採購有政府相關規定，學生不可任意採購化學品任意帶進學校)		
			5. 創意小論文設計與演練預作 取得向學校申請的藥品及器材，確認實驗設計並演練預作，老師從旁指導。	4 節	實作表現學習單
			6. 創意小論文設計 Show 在指定時間內，學生正式進行實驗設計並展示，教師協助採訪與錄影。	2 節	實作表現學習單
			7. 創意小論文設計影片欣賞播映會 同學從影片中互相欣賞彼此實驗的過程，並同時放在社群網站展示。以網路影片資料進行互評。	2 節	實作表現學習單
成發活動與加深加廣課程	2.1.5.2 2.1.6.1 2.1.6.2 2.1.6.3 2.1.6.4	(10)經由校慶海報展覽活動或相關專題演講，引導學生未來生涯探索。	1. 無機化合物光譜分析：聽演講與討論探究 2. 有機化合物光譜分析：聽演講與討論探究 (1) 透過科學閱讀教材引導學生閱讀與提問。 (2) 透過實驗學習單帶領學生了解實驗原理並進行實驗與發散思考。 3. 透過小組學習與紀錄，團體合作進行學習，將學習結果以海報呈現，融入校慶教學成果發表活動。	4 節	

四、應用與建議

延伸應用	(1) 在每週課程實施之前會提早1到3天公布課程簡介，提供科學閱讀參考資料與相關網址，相關實作照片。 (2) 每週課程實施進行過程，為每組與全班拍照紀錄，搭配適當課程內容進行作品海報發表、作品演示攝影1分鐘活動。 (3) 每週課程實施結束之後，進行作品照片或影片上傳，學生學習單與小組學習單掃描pdf檔上傳，提供同儕學習平台。 (4) 隔週課程開始上課時，先進行前週活動的分組作品創意說明與自主評析。
對超前或落後學生的建議	1.對超前學生的建議 依據完成的實作進度，進一步修正或增加實驗變因來解決目前實驗發現的新問題，後續可整理作品書提交校內科展或是全國綠色化學實驗能力競賽。 2.對落後學生的建議 經由觀摩各組作品的學習經驗，以及互評內容，重新操作原先的實驗設計，找出原先實驗失敗的原因。

五、課程教學模組實施內容

1. 採用臉書私密社群管理課務



討論區 成員 影片 相片 檔案 搜尋這個社團

所有檔案 上傳的檔案 分享的文件 + 建立

	20170109演示紀錄與互評表.pdf 1月9日 10:53 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	20170109演示紀錄與互評表.docx 1月9日 10:53 · 最新版本建立者周芳妃	
	54-12-7縮小術看招_將保麗龍變成捏塑黏土_3069 (1).pdf 2016年11月28日 12:21 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	化學藥品(全)990126.doc 2016年11月17日 11:08 · 最新版本建立者周芳妃	
	個人學習單15-28[小綠綠晶體與藍印術].pdf 2016年11月15日 12:12 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	個人學習單01-14[小綠綠晶體與藍印術].pdf 2016年11月15日 12:12 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	小組學習記錄[小綠綠晶體與藍印術].pdf 2016年11月15日 12:11 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	103學年度年高中女校巡迴計劃[教師版][2005IChO].pdf 2016年11月4日 11:51 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	[綠色化學]20161017校外教學小組學習單紀錄.pdf 2016年11月4日 11:34 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	講義[綠色化學]20161024+1031小綠綠晶體與藍印術.pdf 2016年10月23日 16:41 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	105學年20161018-2016117綠色化學小論文講義.pdf 2016年10月17日 9:49 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	105學年20161017綠色化學小論文 校外教學說明.pdf 2016年10月17日 9:42 · 最新版本建立者周芳妃	下載

	個人學習單17-30[彩幻珠].pdf 2016年10月3日 12:02 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	個人學習單01-16[彩幻珠].pdf 2016年10月3日 12:02 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	小組學習記錄[彩幻珠].pdf 2016年10月3日 12:02 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	個人學習單17-30[酒精凍]new.pdf 2016年10月3日 11:57 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	個人學習單17-30[燃燒vs奈米碳]new.pdf 2016年10月3日 11:55 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	實驗稿-花裙子實驗-芳妃2011[OK].pdf 2016年10月3日 10:06 · 最新版本建立者周芳妃	下載

	P化學百寶箱器材與藥品暨使用說明.pdf 2016年10月3日 10:05 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	化學百寶箱使用須知-第二版+圖20120117.pdf 2016年10月3日 10:05 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	個人學習單01-16[酒精凍].pdf 2016年10月3日 9:52 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	[臺灣化學教育]_酸鹼七彩調色盤的點滴實驗.pdf 2016年9月24日 14:31 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	[國立台灣科學教育館]_彩幻珠實驗_認識高吸水性聚合物.pdf 2016年9月24日 14:31 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	講義[綠色化學]20160926-彩幻珠-含學習單+表演心得+自主量尺.pdf 2016年9月24日 14:31 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	小組學習記錄[酒精凍].pdf 2016年9月21日 19:35 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	個人學習單01-16[燃燒vs奈米碳].pdf 2016年9月21日 19:35 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	小組學習記錄[燃燒vs奈米碳].pdf 2016年9月21日 19:34 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	講義[綠色化學]20160912-酒精凍帶著走-含學習單+表演心得+自主量尺.pdf 2016年9月9日 17:25 · 最新版本建立者周芳妃	下載
	講義[綠色化學]20160905-奈米碳粒與燃燒反應-含學習單+表演心得+自主量尺.pdf 2016年9月2日 19:03 · 最新版本建立者周芳妃	下載

2. “化學探究與創意引導”課程、“基礎實驗技能課程”課程

- (1) 在每週課程實施之前會提早 1 到 3 天公布課程簡介，提供科學閱讀參考資料與相關網址，相關實作照片。
- (2) 每週課程實施進行過程，為每組與全班拍照紀錄，搭配適當課程內容進行作品海報發表、作品演示攝影 1 分鐘活動。
- (3) 每週課程實施結束之後，進行作品照片或影片上傳，學生學習單與小組學習單掃描 pdf 檔上傳，提供同儕學習平台。
- (4) 隔週課程開始上課時，先進行前週活動的分組作品創意說明與自主評析。



劉泓其在 2016/11/21 花裙子中新增了 40 張相片。
2016年11月22日



3. “加深加廣課程”課程

採用講義、ppt、講授型授課模式，介紹大一到大二化學實務分析的現代技術。

4. “綠色化學創意小論文設計”課程

- (1) 安排兩次校外教學活動，實地查訪化工與化學藥品儀器行，協助學生結合生活經驗，進行小論文的創意發想與海報成發。
- (2) 採用化學百寶箱實務預做，採用走動式課程，隨時提供小組諮商、技術指導、藥品與器材借用。
- (3) 創意小論文設計研發完成之後，進行發表攝影活動，成果影片發表與自主評析，以及分組互評工作。



周芳妃

2016年11月14日

[綠色化學]20161114第二次校外教學記錄:(為什麼沒拍到第二組?!)
看完大家的心得，很開心學生們大開眼界，收穫滿滿。
接下來大家要傷腦筋設計小論文了~



楊雅竹

2016年11月14日

大家好，我們是A班第3組~
我們這次推薦的店家是「青山儀器行」，裡面有賣各種大小的燒杯、試管、滴管...。還有特別形狀的容器哦！（燈泡形狀）不僅有瓶瓶罐罐，也有很專業的器材，例如：顯微鏡、電子天秤、伽利略的溫度計、許多玻璃瓶和管子組成的實驗儀器。而且老闆又很親切的和我們拍照，真的超推！
之後我們還有去城乙化工，一走進城乙便有香氣撲鼻，原來是各式芳香劑的味道，我們組員有買一組囉~化工產品對生活應用真的很多元呢！



張永信

2016年12月15日 11:07

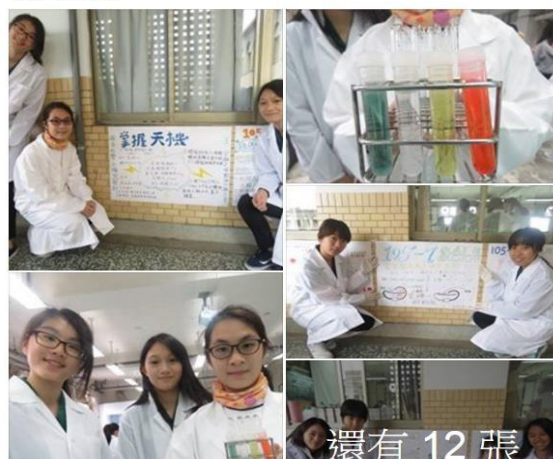
2016.12.15 海報上架囉



周芳妃

1月9日 12:24

[綠色化學]2017.1.9或發大成功！
10:50~11:40各小組分別進行，拍攝小組成果發表(每組2~3分鐘)：實驗表演+接受採訪。



周芳妃
1月9日 12:42

[綠色化學]2017.1.9成發大成功！
第08組：電繪好好玩



讚 留言

劉泓其、張永信和詹好柔

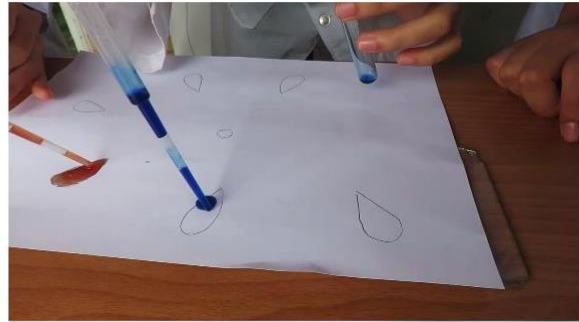
✓ 22人已看過

周芳妃



周芳妃
1月9日 12:50

[綠色化學]2017.1.9成發大成功！
第10組：人見人愛~花見花開？



讚 留言

劉泓其、張永信和詹好柔

✓ 19人已看過

周芳妃



讚 回覆 1月9日 12:52

周芳妃
1月9日 12:57

[綠色化學]2017.1.9成發大成功！
第07組：七彩火焰蠟燭



讚 留言

劉泓其、張永信和詹好柔

✓ 20人已看過

周芳妃



讚 回覆 1月9日 13:00

周芳妃
1月9日 12:23

[綠色化學]2017.1.9成發大成功！

1/9課程流程記錄：

10:10~10:50各小組分別進行，綠色化學小論文實作練習。

10:50~11:40各小組分別進行，拍攝小組成果發表(每組2~3分鐘)：實驗表演+接受採訪。

11:50~12:00整理及歸還化學百寶箱。

12:00~大合照

祝大家 期末快樂，學業進步~~~





周芳妃

1月9日 18:52

[綠色化學]成發作品小組互評工作(請在...1/19週四中午前...上傳臉書本社群)

=====

我們是第**組，組員[班級**座號**姓名**][班級**座號**姓名**][班級**座號**姓名**]

==>我們依據 [[實驗的創意設計]]+[[綠色化學12原則]] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第*組。

優等是第*組。

佳作是第*組與第*組。

[綠野仙蹤-綠色化學百寶變與創意小論文設計]

作品成發與小組互評表 2017/1/9

綠色化學 12 原則

、物盡、低毒、保安、降輔、節能、再生、簡潔、催化、可解、監測

組別：_____班級座號姓名：

表

[綠野仙蹤-綠色化學百寶變與創意小論文設計]

105 學年度第 1 學期期末成果發表作品名稱

第 01 組：醋酸鈉的應用

第 02 組：竹報平安~彩色煙火

第 03 組：掌握天機~天氣瓶製作

第 04 組：淌血的心

第 05 組：粉紅幽靈

第 06 組：當長髮公主遇見"酸鹼"王子

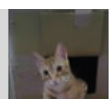
第 07 組：七彩火焰蠟燭

第 08 組：電繪好好玩

第 09 組：他酯噬保麗龍

第 10 組：人見人愛~花見花開?

註 1: 班級網路票選互評記錄



王詠嫻

1月19日

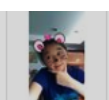
我們是第10組，組員[班級一平座號02姓名王詠嫻][班級一平座號03姓名白歆瑜][班級一平座號07姓名周昀葶][班級一平座號08姓名林育潔]

==>我們依據 [實驗的創意與原理應用]+[簡潔，物盡，保安] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第8組。

優等是第2組。

佳作是第6組與第4組。



倪若瑜

1月19日

我們是第1組，組員一和1王靖瞳 7邢芳瑜 17倪若瑜

==>我們依據 [[實驗的創意設計]]+[[綠色化學12原則]] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第2組。

優等是第9組。

佳作是第3組與第5組。



楊雅竹

1月19日

我們是第3組，組員[班級一愛 座號16 姓名曹文凌][班級一愛 座號24 姓名陳彥樺][班級一愛 座號30 姓名楊雅竹]

==>我們依據 [[實驗的創意設計]]+[[綠色化學12原則]] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第8組。

優等是第4組。

佳作是第2組與第10組。



方翊嘉

1月19日

我們是第4組，組員[班級一愛座號1姓名方翊嘉][班級一愛座號2姓名王巧宇]

==>我們依據 [實驗的創意與原理應用]+[創意，簡單，低毒] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第2組。

優等是第3組。

佳作是第8組與第6組。



王奕晴

1月18日

我們是第5組，組員[班級一誠座號4姓名王奕晴][班級一誠座號10姓名沈家齊]

==>我們依據 [實驗的創意與原理應用]+[簡潔，思危，低毒] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第6組。

優等是第4組。

佳作是第9組與第8組。



陳韻淇

1月18日

我們是第9組，組員[班級一平座號21姓名陳韻淇][班級一平座號20姓名陳羿安][班級一平座號37姓名簡子晴][班級一平座號34姓名鄧淳恩]

==>我們依據 [實驗的創意與原理應用]+[簡潔，物盡，保安] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第8組。

優等是第2組。

佳作是第4組與第3組。



詹凡瑢

1月18日

我們是第6組，組員一誠30詹好柔 29詹凡瑢 34蔡恩妮

==>我們依據 [[實驗的創意設計]]+[[綠色化學12原則]] 來評分，我們從其他九組選出四組得獎名單如下：

特優是第5組。

優等是第2組。

佳作是第9組與第3組。



周芳妃

1月20日

大家評審非常的棒，如果把計分以特優3分+優等2分佳作1分，累計得分最高兩組是[第二組]及[第八組]，恭喜這兩組榮獲最佳人氣獎，加分!!!

阿妃老師在此，也為幾組提出專業稱讚及加分：

[第二組]將實驗內容以人文意境展現，溫暖人心，趣味盎然。

[第八組]找到合宜資料，進行電解反應使反應物使用量非常少。

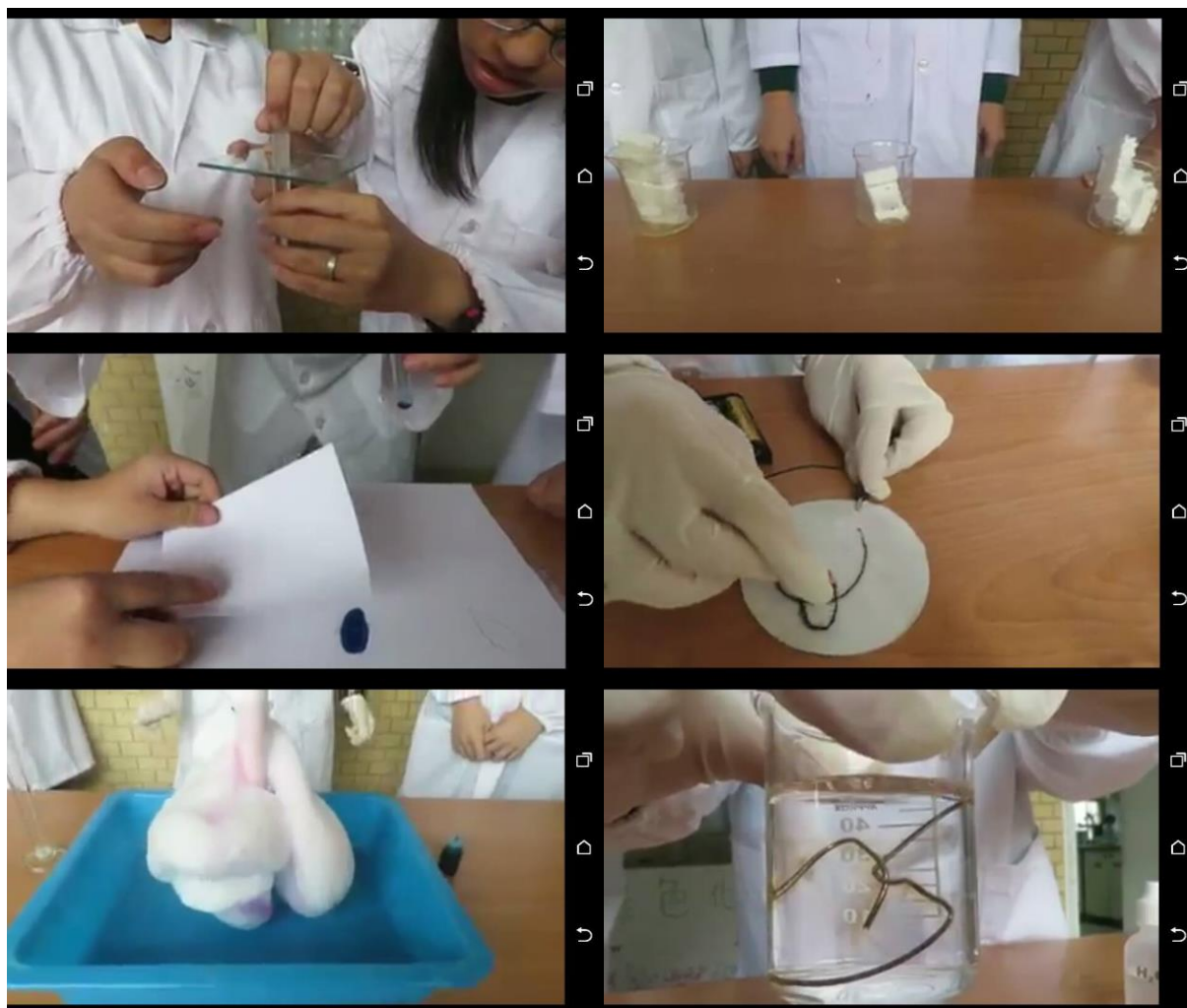
[第七組]在實驗方法創新，利用兩層密度不同的液體混合及對流，使酒精凍實驗可進行微量操作。

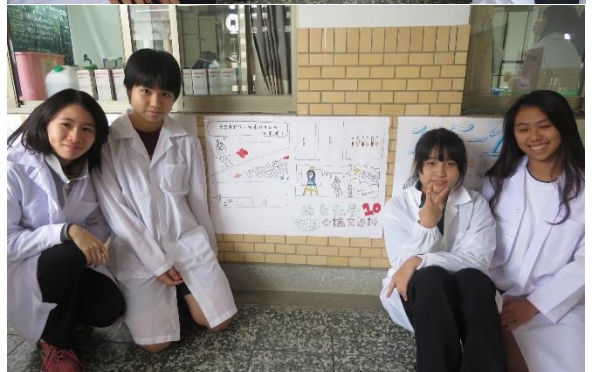
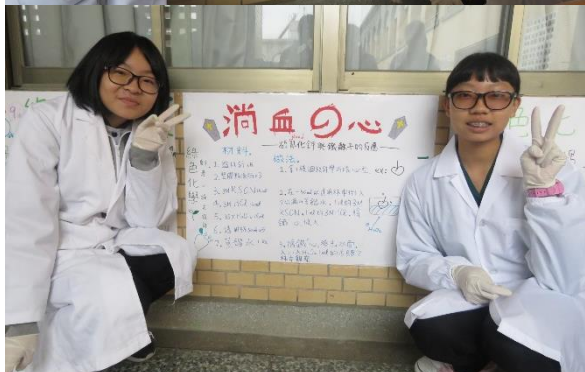
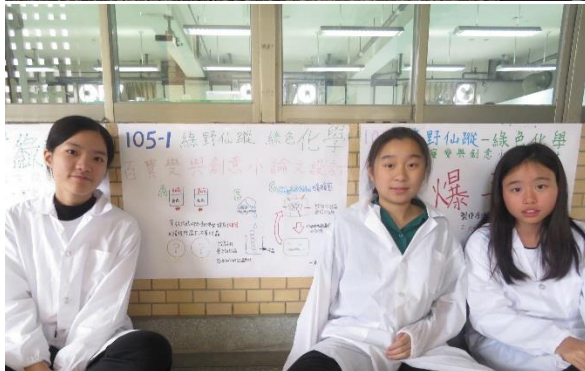
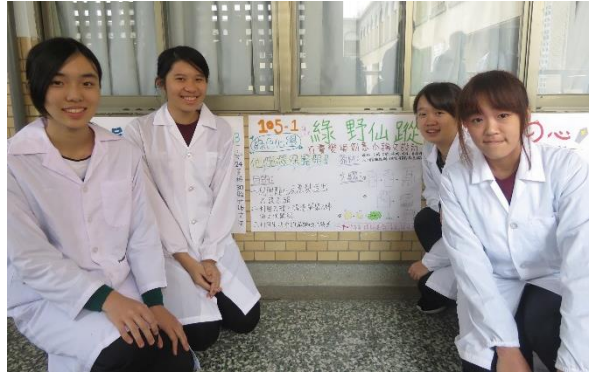
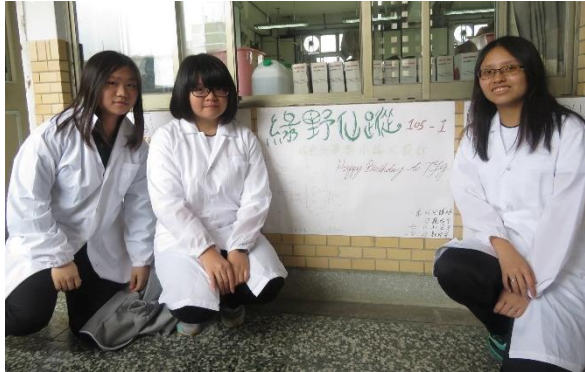
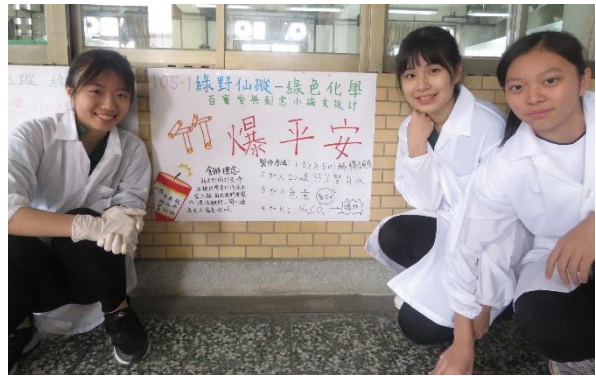
[第九組]實驗新發現混合溶劑溶解保麗龍速率大於純溶劑。

[第十組]實驗新發現轉印技術才能使紙張上色。

[第四組]實驗證明鐵絲彎曲處(應力形變)的位置會先發生金屬腐蝕反應。

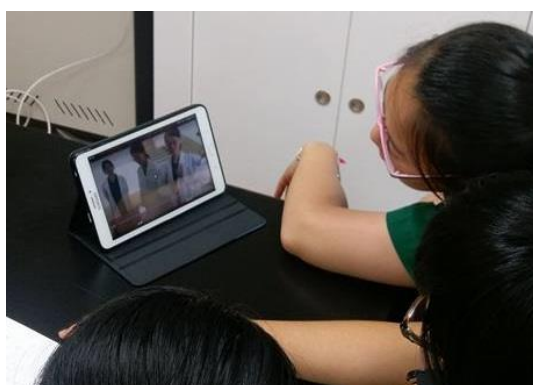
歡迎你們延伸實驗研究來參加各項校內外的科學活動。





註 2: 班級課堂討論與票選互評記錄

因上學期本班(週一班)因期末課程放假沒課了，採用網路票選互評。
在此，以下學期另一特色課程(週四班)的課堂上互評方式，作為格式參考。
(註 2-1)互評課程中，學生以手機閱讀已事先放在網頁上各組研究實作成發影片



(註 2-2)互評課程中，學生依據各組研究實作成發影片，選出心目中特優、優等與佳作。

特優是第 <u>9</u> 組。優等是第 <u>7</u> 組。佳作是第 <u>3</u> 組與第 <u>4</u> 組。				
參考資料：綠色化學 12 原則				
防廢、物盡、低毒、保安、降輔、節能、再生、簡潔、催化、可解、監測、思危				
得獎組別	作品名稱	實驗的創意設計 (填入 10~30 字)	符合綠色化學 12 原則 之項目(寫入 1~3 項)	評語
特優	火山爆發	節省材料 (從大罐→小罐)	節能,物盡,思危	有創意 富視覺效果
優等	葉用護手膏	自己做的,比較天然 家裡剩的材料組合而成,較 環保	節能,低毒,監測	很實用
佳作	綠牙膏	沒有太多不好的添加物	簡潔,節能,低毒	很好做
佳作	花裙子改編版	很酷的想法,可以自己	物盡,簡潔	好看,神奇

特優是第 4 組。優等是第 3 組。佳作是第 2 組與第 8 組。
參考資料：綠色化學 12 原則

得獎組別	作品名稱	實驗的創意設計 (填入 10~30 字)	符合綠色化學 12 原則 之項目(寫入 1~3 項)	評語
特優	花裙子 改編版	顏色多樣，可以用來 繪畫，效果很好	防廢 簡潔 物盡	作品很美 有特色
優等	辟哩·拍拉 牙膏	有實際應用，能快 速製作	防廢 節能 低毒	很實用
佳作	冰淇淋 DIY	使用多種液體	低毒 可解 物盡	主題吸引 人
佳作	焰色反應	使用多種化學藥品， 使焰色不同	思危 保安 監測	實驗過程 很有趣

特優是第 一 組。優等是第 七 組。佳作是第 二 組與第 四 組。
參考資料：綠色化學 12 原則

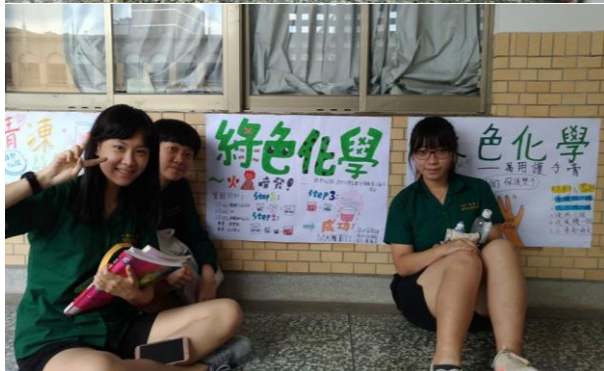
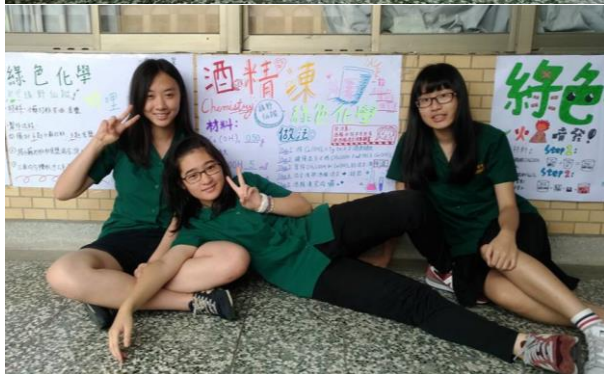
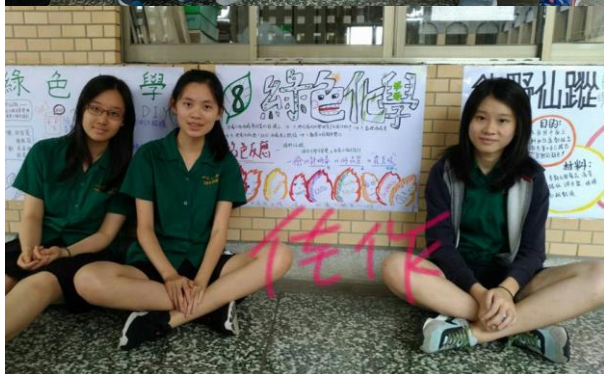
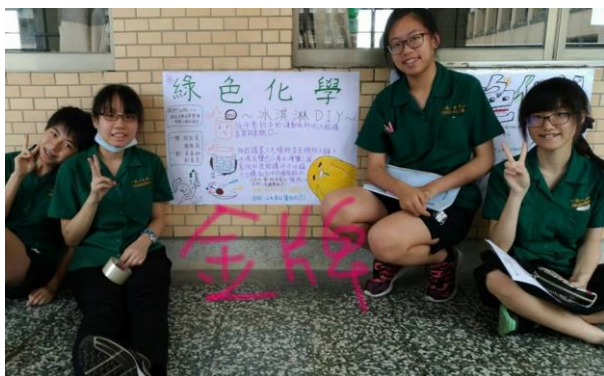
得獎組別	作品名稱	實驗的創意設計 (填入 10~30 字)	符合綠色化學 12 原則 之項目(寫入 1~3 項)	評語
特優	天氣瓶	天氣瓶是很有趣的實驗 利用簡單的材料製作	低毒、環保 節能	很有創意！ (雖然有點 耗時~
優等	萬用護手膏	家裡都找得到的材料 製做	環保	和外面賣的 差不多，省錢 又安全
佳作	冰淇淋 DIY	利用生活中唾手可得的「般」 材料製作冰淇淋	無毒	成分簡單 安全，學校 也可以做呢！
佳作	花裙子實驗 改編版	用不同化學藥劑調不同 的顏色來畫畫	用量可自行調配 →省資源	讓我也想 調出和他們 不同的顏色 xD

特優是第 5 組。優等是第 4 組。佳作是第 1 組與第 7 組。
參考資料：綠色化學 12 原則

防廢、物盡、低毒、保安、降輔、節能、再生、簡潔、催化、可解、監測、思危				
得獎組別	作品名稱	實驗的創意設計 (填入 10~30 字)	符合綠色化學 12 原則 之項目(寫入 1~3 項)	評語
特優 第 5 組	藍瓶實驗	從鮮豔的藍色轉換成透明的過程很美	使用時材料不需用火加熱，十分安全	很有創意，第一次看到這個實驗
優等 第 4 組	花裙子實驗(改)	我覺得用花裙子實驗的液体畫畫令人意想不到	使用的原料皆無毒，有利實驗安全	沒想到花裙子實驗的成果居然能用畫畫，很創新
佳作 第 1 組	天氣瓶	天氣瓶很新穎，過程需要很久時間。	材料安全。	實驗看起來很複雜，但成品很美。
佳作 第 7 組	護手霜	透過加入不同劑量的凡士林，找出可以做出滑順護手霜的方法。	不需用火。	護手霜的製作方法其實很簡單！

(註 2-3)統計獲獎等第的得分，選出金銀銅牌與佳作。

組別	1	2	3	4	7	8
3x 特優	—	T	—	—		—
2x 優等		T	F	—	T	—
1x 佳作	IF	T	T	IF	正	T
得分	7	12	11	9	9	7
	佳作	金牌	銀牌	銅牌	銅牌	佳作



四、課程教學模組實施教師自主評鑑

臺北市立第一女子高級中學 105 學年度第 1 學期高一特色選修課程 教師自主評估表						
課程名稱：綠野仙蹤－綠色化學百寶變與創意小論文設計 (Diverse gallery of green-chemistry experiments & creative essay design)						
授課與 PLC 教師：周芳妃、張永信、詹莉芬、黃進松、吳淑芳、陳祖望 填表時間：106 年 1 月 4 日						
項目	檢核指標	達成率檢核				質性描述
		100% ~80%	79% ~60%	59% ~30%	29%~	
1.教學內容	1-1 教學內容能符合課程教學目標	●				(A)分子間作用力與光譜知識 (B)燃燒反應途徑與反應速率 (C)酸鹼中和與指示劑原理 (D)反應四大類型-合成與分析 (E)有機與無機合成與光譜分析導論專題演講與討論 (F)綠色化學實驗開發與設計
	1-2 能掌握教材核心概念並講授清楚	●				
	1-3 能有效連結學生相關學習經驗，啟發學生思考與討論	●				
	1-4 能適切提供練習或作業，讓學生精熟	●				
	1-5 能適時歸納總結學習重點	●				
2.教學方法	2-1 能引起並維持學習動機	●				(A)教師授課 (B)專題演講 (C)實驗探究與實作 (D)校外參訪 (E)綠色化學創意小論文設計與實作 (F)學生成發
	2-2 能善用提問技巧，提升學生思考能力	●				
	2-3 能有效掌握教學節奏和時間	●				
	2-4 能運用合作學習的方式讓學生參與教學活動	●				
	2-5 能適時使用各種教學媒體與器材	●				
	2-6 能適時給予學生鼓勵與回饋	●				
3.教學評量	3-1 能依課程目標與學習內容採用適當的評量方法	●				(A)學習態度 (B)創意設計 (C)實驗學習單 (D)口頭報告。 (E)各組成果發表的「1分鐘攝影」檔案紀錄 (F)學生實作表演之作品分享與學生互評
	3-2 能明確告知學生評量內容、作業要求及相關事項	●				
	3-3 能兼顧形成性與總結性評量	●				
	3-4 能以多元方式進行評量	●				
	3-5 能依評量結果改進教學	●				
4.學習成效	4-1 能適時檢視學生學習成效	●				(A)個人學習單：閱讀與實作筆記與心得 (B)小組學習單：Rubric 評量形式自評合作成果成效
	4-2 學生能展現良好的學習成果	●				
	4-3 學生能具備良好的學習滿意度	●				
5.教師自我成長	5-1 能因應檢核結果調整課程設計	●				(A)協同教學與合作設計課程及分攤課務 (B)採取教師專業發展社群來共同備課 (C)教師研習：城市礦物回收與現代煉金術
	5-2 能增進與他人合作發展課程的能力	●				
	5-3 能配合課程發展，持續進行專業成長	●				
	5-4 能適切應用專業成長成果於課程發展	●				
	5-5 能參與教師專業學習社群，增進課程發展知能	●				



一、酸鹼指示劑

1. 常見的酸鹼指示劑

許多天然植物色素和多種人工合成染料都具有酸鹼指示劑的功能，例如石蕊色素作成的石蕊試紙，在酸性溶液中呈紅色，在鹼性溶液中呈藍色。除了石蕊之外，甲基橙（Methyl orange, MO）、甲基紅（Methyl orange, MR）、溴瑞香草酚藍（Bromothymol blue, BTB）及酚酞（Phenolphthalein, PP）是實驗室常用的酸鹼指示劑（見圖1）



圖1：四種常見酸鹼指示劑。

2. 酸鹼指示劑的變色範圍

每種酸鹼指示劑皆具有酸型顏色與鹼型顏色的特徵，如圖 2 所示。酸型顏色與鹼型顏色轉換時的 pH 值範圍，稱為酸鹼指示劑的變色範圍，如圖 3 所示。例如：溴瑞香草酚藍（BTB）變色範圍為 $\text{pH}=6.2\sim7.6$ ，這表示BTB在pH值6.2以下（更酸的）的水溶液中，出現酸型顏色：黃色；而在pH值7.6以上（更鹼的）的水溶液中，出現鹼型顏色：藍色。酸鹼指示劑在變色範圍內時，兩種顏色的結構存在於水中幾乎等量，因此會呈現兩色混合後的顏色，例如：BTB在中性水溶液中是出現黃色與藍色混合後的綠色。酸鹼指示劑的變色範圍不一定涵蓋了中性條件（ $\text{pH}=7$ ），例如酚酞（PP）的變色範圍是 $\text{pH}=8.2\sim10.0$ ，因此在中性水溶液的PP仍是呈現酸型顏色，也就是無色。

指示劑	酸型顏色	變色範圍 (pH)	鹼型顏色	備註
BTB	黃	6.2~7.6	藍	中性為綠色
PP	無	8.2~10.0	粉紅	中性為無色

圖2：兩種酸鹼指示劑變色範圍與顏色變化。

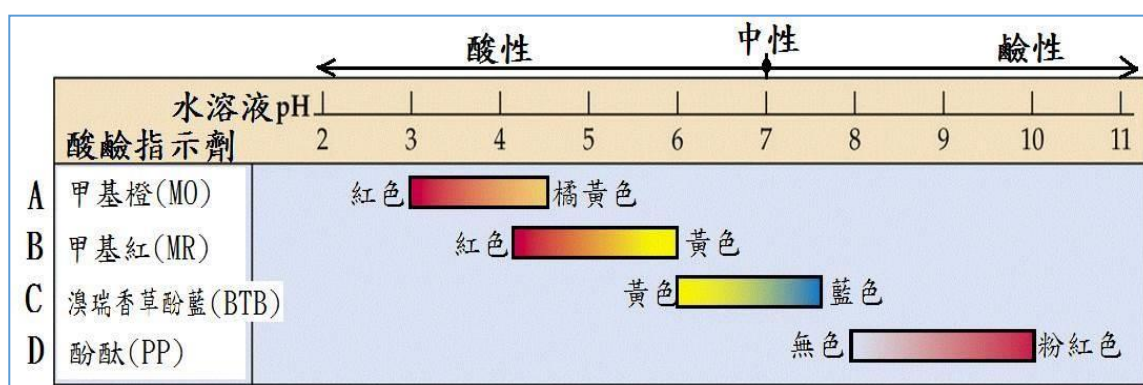


圖3：四種酸鹼指示劑顏色的對照表【編號：A=MO、B=MR、C=BTB、D=PP】

二、高吸水性聚合物

1. 高吸水性樹脂

自從 1950 年代拋棄式紙尿褲問世以來，大多數現代人在小時候都曾有穿戴紙尿褲的經驗。隨著塑膠科技的發展，發明了高吸水性聚合物（Superabsorbent polymers，簡稱SAP），目前不僅已普遍應用的紙尿布商品，包括小孩尿布、成人安全內褲等。高吸水性聚合物也大量應用於農業和園藝，可做為土壤保水劑，避免農作物根部缺水，如圖 4 所示。高吸水性聚合物也可叫高吸水性高分子或高吸水性樹脂，其原料包含了澱粉、改質的纖維素及合成聚合物。目前超強的高吸水性樹脂主成分都是合成聚合物，其在純水中可吸收 30~70 倍於本身體積的水分，重量變化可達到 500 倍，如圖 5 所示。

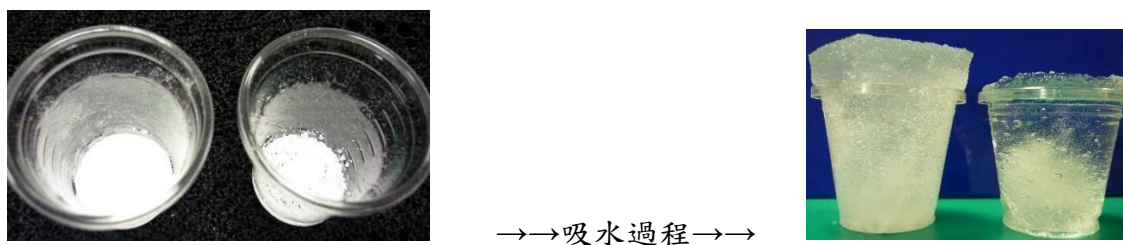
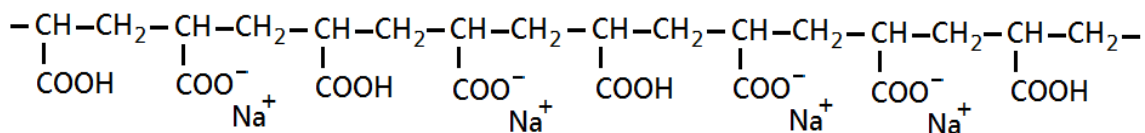


圖4：兩種高吸水性樹脂(左杯原為粉末狀；右杯原為顆粒狀)在吸水前與吸水後的外觀變化。

超強的高吸水性樹脂中最常見的成分為聚丙烯酸與聚丙烯酸鈉的共聚物，它的單體單元包含了丙烯酸單元及丙烯酸鈉單元，部分結構式的示意圖如下圖5所示。在此共聚物結構中，碳鏈上有許許多多分支的-COOH 與-COO⁻原子團，這些-COOH 與-COO⁻原子團數量比例不一定為 1:1，彼此的排列順序也沒有規則。-COOH 與-COO⁻兩種原子團與水分子間都具有很強的氫鍵作用力，因此高吸水性聚合物就可以吸收到很多水分子，形成水凝膠的固體型態。

圖5：聚丙烯酸與聚丙烯酸鈉共聚物的部分結構示意圖。



2. 彩幻珠的酸鹼實驗

高吸水性樹脂加水做成的水凝膠可以大大減緩水分的流動，因此水凝膠中水溶液的溶質粒子擴散速率也大大減慢。利用此種水凝膠特性，在水凝膠中操作一些化學反應，只要不破壞聚合物的結構，就可將一些本來很快的反應調降其反應速率，方便觀察到動態的變化過程。以下舉例酸鹼指示劑的顏色多彩變化，在此就把變色的水凝膠實驗稱為「彩幻珠的酸鹼實驗」。

網頁關鍵字：[彩幻珠] [酸鹼七彩]

參考文獻

1.周芳妃(2015)。彩幻珠實驗—認識高吸水性聚合物。國立臺灣科學教育館科學研習月刊，54(12)，31-38。

www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=2851

2.周芳妃、李盈萱、陳靜瑋(2016)。微量化學實驗：酸鹼七彩調色盤的點滴實驗，臺灣化學教育電子期刊，第14期。

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17877>

1.周芳妃(2015)。彩幻珠實驗—認識高吸水性聚合物。國立臺灣科學教育館科學研習月刊，54(12)，31-38。
www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=2851

2.周芳妃、李盈萱、陳靜瑋(2016)。微量化學實驗：酸鹼七彩調色盤的點滴實驗，臺灣化學教育電子期刊，第14期。
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17877>

【實驗原理】

許多天然植物色素及人工合成染料都具有酸鹼指示劑的功能，每種酸鹼指示劑皆具有酸型顏色與鹼型顏色的特徵。酸型顏色與鹼型顏色轉換時的 pH 值範圍，稱為酸鹼指示劑的變色範圍。例如溴瑞香草酚藍(BTB)變色範圍為 pH 值=6.2~7.6，表示 BTB 在 pH 值 6.2 以下（更酸的）的水溶液中，將出現酸型顏色：黃色；而在 pH 值 7.6 以上（更鹼的）的水溶液中，將出現鹼型顏色：藍色。酸鹼指示劑在變色範圍內時，兩種顏色的結構存在於水中幾乎等量，因此會呈現兩色混合後的顏色，例如 BTB 在中性水溶液中是出現黃色與藍色混合後的綠色。

評分：

班級：_____座號：_____姓名：_____

彩幻珠	內
先備知識	◎什麼是酸、鹼？ ◎日常生活中哪些現象和酸鹼性有關？ ◎試舉出三種日常生活中可用作酸鹼指示劑的物質？ ◎酸鹼滴定終點是否表示水溶液呈中性？
實驗內容	◎實驗配方： ◎操作方法：
發散思考	◎關於彩幻珠實驗，請說明酸、鹼、指示劑之間的交互作用可能存在著哪些關係？ ◎可以依據這些微粒之間的交互作用，類舉一些範例嗎？

回答下列問題：

一、今天我對彩幻珠實驗的想法？	二、今天我最不容易學的事情是什麼？
三、今天我想告訴我的家人或朋友的事情是什麼？	

北一女中高一選修課程：綠野仙蹤【綠色化學】2016 年9 月26 日小組編號：_____。

小組學習紀錄

彩幻珠玩實驗

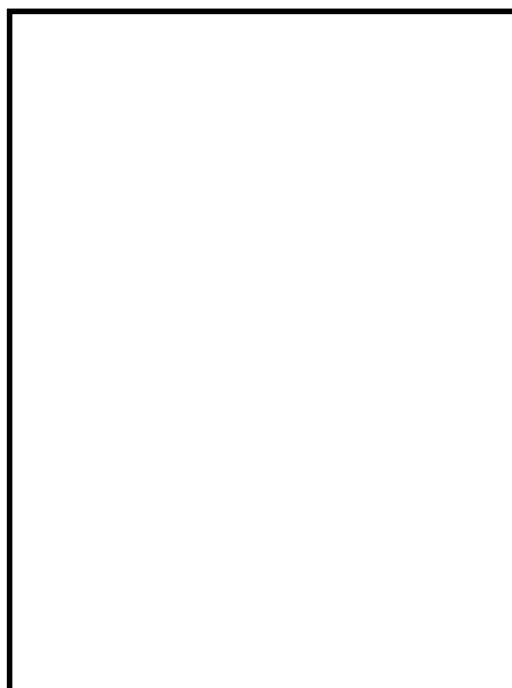
四種常見酸鹼指示劑【_____】、【_____】、【_____】、【_____】



	指示劑顯色		
指示劑	pH = 3	pH = 7	pH = 11
A+B			
A+C			
A+D			
B+C			
B+D			
C+D			

	指示劑顯色		
指示劑	pH = 3	pH = 7	pH = 11
A+B+C			
A+B+D			
A+C+D			
B+C+D			
A+B C+D			

點滴實驗~~
創作你的七彩調色盤吧！



表演小組心得：

組員班級：

_____座號：_____姓名：_____

彩幻珠玩實驗 學習單

- (1) 彩幻珠實驗—認識高吸水性聚合物，國立臺灣科學教育館，2015 年 12 月。
www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=2851
- (2) 微量化學實驗：酸鹼七彩調色盤的點滴實驗，臺灣化學教育電子期刊，2016 年 7 月。
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17877>

【實驗原理】

許多天然植物色素及人工合成染料都具有酸鹼指示劑的功能，每種酸鹼指示劑皆具有酸型顏色與鹼型顏色的特徵。酸型顏色與鹼型顏色轉換時的 pH 值範圍，稱為酸鹼指示劑的變色範圍。例如溴瑞香草酚藍 (BTB) 變色範圍為 pH 值 = 6.2 ~ 7.6，表示 BTB 在 pH 值 6.2 以下（更酸的）的水溶液中，將出現酸型顏色：黃色；而在 pH 值 7.6 以上（更鹼的）的水溶液中，將出現鹼型顏色：藍色。酸鹼指示劑在變色範圍內時，兩種顏色的結構存在於水中幾乎等量，因此會呈現兩色混合後的顏色，例如 BTB 在中性水溶液中是出現黃色與藍色混合後的綠色。

評分：

班級：一平 座號：37 姓名：簡子晴

彩幻珠	內容
先備知識	◎什麼是酸、鹼？<u>酸鹼值就是 pH 值，亦稱氫離子濃度指數，pH 值 < 7 就是酸，pH > 7 就是鹼</u> ◎日常生活中哪些現象和酸鹼性有關？<u>被蚊蟲叮咬時，在傷處塗氨水或肥皂水中中和酸液</u> ◎試舉出三種日常生活中可用作酸鹼指示劑的物質？<u>① 紫色高麗菜 ② 紅菜 ③ 紅玫瑰(深色的)</u> ◎酸鹼滴定終點是否表示水溶液呈中性？<u>不一定，但表示 $[H^+] = [OH^-]$</u>
實驗內容	◎實驗配方：<u>先將基本的八杯溶液兩兩各取 1ml 調配，再將相同指示劑中的酸鹼混合看指示劑中性時的顏色，最後以混搭的方式 (三杯以上，ex: A(pH11) + B(pH11) + C(pH11) + D(pH11) = 深紫) 調出各種顏色的彩</u> ◎操作方法：<u>先將稀釋後的醋酸、小蘇打水分別加入裝有甲基橙(MO)、甲基紅(MR)、酚酞(PP)、溴瑞香草酚藍(BTB)的杯子中，再以這些溶液為基本配出不同的顏色！</u>
發散思考	◎關於彩幻珠實驗，請說明酸、鹼、指示劑之間的交互作用可能存在著哪些關係？ ① 甲基橙：<u>3.1 (紅) ~ 4.4 (橘黃)</u> ② 溴瑞香草酚藍：<u>6.0 (黃) ~ 7.6 (藍)</u> ③ 甲基紅：<u>4.2 (紅) ~ 6.3 (黃)</u> ④ 酚酞：<u>pH > 8.2 呈粉紅色</u> <u>酸 + 鹼 = 鹽 + 水</u> ◎可以依據這些微粒之間的交互作用，類舉一些範例嗎？ <u>酸鹼中和：酸 + 鹼 = 鹽 + 水</u> <u>$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$</u>

回答下列問題：

一、今天我對彩幻珠凝膠的想法？	二、今天我最不容易學的事情是什麼？
<u>不論是哪幾種指示劑 + 酸、鹼所配出來的顏色都非常好看而且療癒，而且我特別喜歡化學加來加去的實驗！</u>	<u>如何配更多不同的顏色或某些特定的顏色，因為常常配出來的顏色很好看，卻跟其他的顏色比起來大同小異。</u>
三、今天我想告訴我的家人或朋友的事情是什麼？	
<u>看到了不同的酸鹼指示劑對酸鹼的反應各有不同，在調配出不同顏色的過程中，看到顏色有所變化的我們都很興奮，而且這個實驗沒有特定成功或失敗的結果，而是讓我們自己去實驗，調配屬於自己組別的七彩凝膠的結果！</u>	

彩幻珠玩實驗 學習單

(1) 彩幻珠實驗—認識高吸水性聚合物，國立臺灣科學教育館，2015 年 12 月。

www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=2851

(2) 微量化學實驗：酸鹼七彩調色盤的點滴實驗，臺灣化學教育電子期刊，2016 年 7 月。

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17877>

【實驗原理】

許多天然植物色素及人工合成染料都具有酸鹼指示劑的功能，每種酸鹼指示劑皆具有酸型顏色與鹼型顏色的特徵。酸型顏色與鹼型顏色轉換時的 pH 值範圍，稱為酸鹼指示劑的變色範圍。例如溴瑞香草酚藍 (BTB) 變色範圍為 pH 值 = 6.2 ~ 7.6，表示 BTB 在 pH 值 6.2 以下（更酸的）的水溶液中，將出現酸型顏色：黃色；而在 pH 值 7.6 以上（更鹼的）的水溶液中，將出現鹼型顏色：藍色。酸鹼指示劑在變色範圍內時，兩種顏色的結構存在於水中幾乎等量，因此會呈現兩色混合後的顏色，例如 BTB 在中性水溶液中是出現黃色與藍色混合後的綠色。

2) ① 酸雨、石油、煤油燃燒後的硫氧化物或氮氧化物在大氣中反應生成硫酸、硝酸

② 吃胃藥、蘇打餅中和胃酸

班級：一誠 座號：30 姓名：廖軒宇

彩幻珠	內容								
先備知識	◎什麼是酸、鹼？<u>酸</u>: pH > 7, <u>鹼</u>: pH < 7 ◎日常生活中哪些現象和酸鹼性有關？<u>指示劑的變色範圍不一定包含中性</u> ex: 酚酞的變色範圍是 8.2~10 ◎試舉出三種日常生活中可用作酸鹼指示劑的物質？<u>3) 紫色高麗菜汁、紅鳳菜汁、萬壽菊、牽牛花</u>，<u>酸→紅，鹼→綠</u>，故指示終點不表示水溶液呈中性 ◎酸鹼滴定終點是否表示水溶液呈中性？								
實驗內容	◎實驗配方： <table border="1"><tr><td>2~3ml 1% 酚酞 MO</td><td>2~3ml 1% 百里酚藍 MR</td><td>2~3ml 1% 百里酚藍 BTB</td><td>2~3ml 1% 百里酚藍 PP</td><td>2~3ml 1% 酚酞 MO</td><td>2~3ml 1% 酚酞 MR</td><td>2~3ml 1% 酚酞 BTB</td><td>2~3ml 1% 酚酞 PP</td></tr></table> ◎操作方法： 將溶液相互搭配，調配出各樣顏色。	2~3ml 1% 酚酞 MO	2~3ml 1% 百里酚藍 MR	2~3ml 1% 百里酚藍 BTB	2~3ml 1% 百里酚藍 PP	2~3ml 1% 酚酞 MO	2~3ml 1% 酚酞 MR	2~3ml 1% 酚酞 BTB	2~3ml 1% 酚酞 PP
2~3ml 1% 酚酞 MO	2~3ml 1% 百里酚藍 MR	2~3ml 1% 百里酚藍 BTB	2~3ml 1% 百里酚藍 PP	2~3ml 1% 酚酞 MO	2~3ml 1% 酚酞 MR	2~3ml 1% 酚酞 BTB	2~3ml 1% 酚酞 PP		
發散思考	◎關於彩幻珠實驗，請說明酸、鹼、指示劑之間的交互作用可能存在著哪些關係？ 當<u>酸+酸</u>，所得的顏色為原色相加，<u>鹼+鹼</u>亦然。 當<u>酸+鹼</u>，所得顏色僅為中性+<u>酸鹼指示劑</u> ◎可以依據這些微粒之間的交互作用，類舉一些範例嗎？ <u>酸鹼中和</u>: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$								

回答下列問題：

一、今天我對彩幻珠凝膠的想法？

用一些指示劑便可將溶液變成不同顏色，很好玩。

二、今天我最不容易學的事情是什麼？

如何混合出自己想要的顏色。

三、今天我想告訴我的家人或朋友的事情是什麼？

用不同的酸鹼指示劑加上不同溶液便能調配各種繽紛的顏色，在家可以用天然指示劑，較天然及方便。

彩幻珠玩實驗 學習單

(1)彩幻珠實驗—認識高吸水性聚合物，國立臺灣科學教育館，2015 年 12 月。

www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=2851

(2)微量化學實驗：酸鹼七彩調色盤的點滴實驗，臺灣化學教育電子期刊，2016 年 7 月。

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17877>

【實驗原理】

許多天然植物色素及人工合成染料都具有酸鹼指示劑的功能，每種酸鹼指示劑皆具有酸型顏色與鹼型顏色的特徵。酸型顏色與鹼型顏色轉換時的 pH 值範圍，稱為酸鹼指示劑的變色範圍。例如溴瑞香草酚藍 (BTB) 變色範圍為 pH 值 = 6.2 ~ 7.6，表示 BTB 在 pH 值 6.2 以下（更酸的）的水溶液中，將出現酸型顏色：黃色；而在 pH 值 7.6 以上（更鹼的）的水溶液中，將出現鹼型顏色：藍色。酸鹼指示劑在變色範圍內時，兩種顏色的結構存在於水中幾乎等量，因此會呈現兩色混合後的顏色，例如 BTB 在中性水溶液中是出現黃色與藍色混合後的綠色。

評分：

班級：一誠 座號：39 姓名：蔡恩妮 Nini

彩幻珠	內容
先備知識	◎什麼是酸、鹼？pH 小於 7，是酸性，pH 大於 7，是鹼性。 ◎日常生活中哪些現象和酸鹼性有關？胃酸過多，服用蘇打片，被蚊蟲咬，在傷口上塗鹼性氣水或肥皂水。 ◎試舉出三種日常生活中可用作酸鹼指示劑的物質？紫色高麗菜、紫葡萄皮、茄子皮（花青素）。 ◎酸鹼滴定終點是否表示水溶液呈中性？不一定。
實驗內容	◎實驗配方：甲基橙、甲基紅、BTB、酚酞、醋酸、小蘇打水、小量杯、滴管。 ◎操作方法：分別取甲基橙、甲基紅、BTB、酚酞，各兩杯，共八杯，再分別各倒入醋酸、小蘇打，觀察變色情形，之後再用滴管將不同杯溶液混合。
發散思考	◎關於彩幻珠實驗，請說明酸、鹼、指示劑之間的交互作用可能存在著哪些關係？決定指示劑變色的因素⇒平衡，指示劑本身通常為弱酸或弱鹼，置於溶液中微弱解離當 $[H_3O^+] > 10 K_A$ 時，易表現出 HIn 的顏色，當 $[H_3O^+] < K_A / 10$，溶液呈色就會受 In^- 的顏色主導。 ◎可以依據這些微粒之間的交互作用，類舉一些範例嗎？化學平衡中，當其中一邊多於另一邊時，會產生較多方的離子的顏色。

回答下列問題：

一、今天我對彩幻珠凝膠的想法？ 以前只知道不同指示劑在不同酸鹼度下會呈現不同顏色，沒有真正發現經過各種調配，會有如此繽紛的色彩，非常有趣！	二、今天我最不容易學的事情是什麼？ 預測什麼顏色加上什麼顏色會變成什麼不一樣的顏色。
三、今天我想告訴我的家人或朋友的事情是什麼？ 化學真得是一個精彩多變的領域，只要去接觸它，動手嘗試，就能體會它帶給我們的驚奇，就像這個實驗，呈現出七彩顏色一樣豐富！	

彩幻珠玩實驗

小組學習紀錄

四種常見醣類指示劑 [甲基橙]、[甲基紅]、[溴麝香草酚藍]、[酚酞]

MO

MR

BTB

PP

醣類混一混，七彩就現身

預測

實作

指示劑顯色			
指示劑	pH = 3	pH = 7	pH = 11
A+B	粉紅	米黃	黃
A+C	皮膚	淺綠	抹茶綠
A+D	淺粉	淺黃	深粉
B+C			
B+D			
C+D			

指示劑顯色			
指示劑	pH = 3	pH = 7	pH = 11
A+B+C	淺粉	淺黃	淺綠
A+B+D	淺粉	淺橘黃	深粉
A+C+D	淺粉	淺黃	淺紫
B+C+D	無色	無色	粉紫色
A+B	淺粉	黃	粉紅
C+D	淺粉	黃	粉紅

點滴實驗~~

創作你的七彩調色盤吧！

pH=11的ACD超美！紫♡
pH=11的BCD更美！粉紫。
我們在醋酸酐的指示劑
加得很少，所以顏色偏
淡，走的是少女路線結果~

少女實驗室
讚！

表演小組心得：

組員班級：

一誠座號： 4 姓名： 王奕晴

很漂亮！

我們這組跟別人做出來的顏色很不同，別人的很鮮豔，我們則是淡雅~

組員班級：

一誠座號： 10 姓名： 沈家齊

這次實驗沒有失敗或成功的困擾，看到繽紛的顏色覺得很開心！

組員班級：

座號： 姓名：

組員班級：

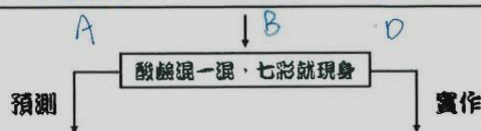
座號： 姓名：

北一女中高一選修課程：綠野仙蹤【綠色化學】2016 年 9 月 26 日 小組編號： 6 。

彩幻珠玩實驗

小組學習紀錄

四種常見酸鹼指示劑【^(MO)甲基橙】、【^(MR)甲基紅】、【^(PP)酚酞】、【^(BTB)溴瑞香草酚藍】



指示劑顏色				
指示劑	pH = 3	pH = 7	pH = 11	
A+B	粉紅色	橘色	淡黃色	
A+C	淡橘色	黃色	淡墨綠	
A+D	粉紅	橘黃	粉紅	
B+C	淡橘	橘	淡藍	
B+D	淡紫紅	淡粉紅	粉紅	
C+D	淡黃	淡黃	紫	

粉紅色
淡橘色

指示劑顏色				
指示劑	pH = 3	pH = 7	pH = 11	
A+B+C	粉紅	橘	綠	
A+B+D	粉紅		粉紅	
A+C+D	橘粉		粉紅	
B+C+D	橘粉	皮膚(體)	紫	
A+B	淡粉紅		淡紫	
C+D	淡粉紅		淡紫	

點滴實驗~~

創作你的七彩調色盤吧！



表演小組心得：

組員班級：

一誠座號： 29 姓名： 詹凡瑤

組員班級：

一誠座號： 30 姓名： 詹好柔

組員班級：

一誠座號： 34 姓名： 蔡恩妮

組員班級：

座號： _____ 姓名： _____

能透過不同的指示劑，調配各種繽紛多彩的美麗色彩，真是太奇妙了！我們懷著既期待又好奇的心，去嘗試融合不同酸鹼指示劑的顏色，而各種顏色就像一個個驚喜般呈現在眼前，獲益良多！

酒精凍

北一女中高一選修課程：綠野仙蹤【綠色化學】2016年9月12日 小組編號：3。

酒精凍帶著走 小組學習紀錄

實驗配方		表演內容	
熟石灰粉末(<u>Ca(OH)₂</u>)	0.5 g	Ca(CH ₃ COO) ₂ (aq)	3 mL
15% 醋酸(<u>7.5</u>)	(<u>7.5</u>) mL	紅色酒精	15 mL
<u>CH₃COOH</u>		來回操作次數： <u>3</u>	

表演小組心得：

組員班級：一愛 座號：16 姓名：曹文凌

很有趣的一個實驗，並和組員完成精彩表演。

組員班級：一愛 座號：24 姓名：陳彥樺

很好玩，尤其是酒精凍的燃燒，看到綠色火焰

組員班級：一愛 座號：30 姓名：楊雅竹

火的顏色超多，真的超酷的！而且酒精凍很Q！！

組員班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

自主量尺(10%)

	表現優良	表現良好	表現尚可	尚待加強
自我設定	相信小組 <u>一定可</u> 完成酒精凍實驗	相信小組有能力 完成酒精凍實驗	小組需要協助才 能完成酒精凍實 驗	小組 <u>不能完成</u> 酒 精凍實驗
目標設定	設定精確的酒精 凍實驗配方，以及 確訂的來回操作 次數，達成表演成 功。	設定精確的酒精 凍實驗配方，以 及沒有確定的來 回操作次數，仍 達成表演成功。	沒有設定精確的 酒精凍配方，以 及沒有確定的來 回操作次數，尚能達 成表演成功。	無法設定精確的 酒精凍實驗配 方，不能表演成 功。
策略規劃	徹底檢視實驗的 探究過程，可發現 問題並成功找出 解決方法。	徹底檢視實驗的 探究過程，可發 現問題並努力試 著找出解決方 法。	徹底檢視實驗的 探究過程，無法發 現問題，但模仿他 組的解決方法。	徹底檢視實驗的 探究過程，無法發 現問題，也無法模 仿他組的解決方 法。
動機	展現解決問題的 強烈企圖心，監控 參與程度，發展廣 泛多元策略以保 持動力。	展現解決問題的 企圖心，監控參 與程度，發展多 元策略以保持動 力。	努力找出解決問 題方案，沒有監控 過程，沒有發展策 略。	應付性解決問題 方案，沒有監控過 程，沒有發展策 略。

北一女中高一選修課程：綠野仙蹤【綠色化學】2016年9月12日 小組編號：9。

酒精凍帶著走

小組學習紀錄

實驗配方		表演內容	
熟石灰粉末(2匙)	0.5 g	$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (aq)	3 mL
15% 醋酸()	(7) mL	紅色酒精	15 mL
		來回操作次數：	

表演小組心得：

組員班級：一平 座號：27 姓名：簡子晴 我們努力試了很多配方，雖然最後沒成功，但是一個寶貴的經驗。

組員班級：一平 座號：24 姓名：鄧淳恩 嘗試了很多次，還沒成功，但也是一次特別經驗。

組員班級：一平 座號：20 姓名：陳羿安 這次很可惜失敗了，但我們也嘗試了很多方法，這是一個好經驗。

組員班級：一平 座號：21 姓名：陳韻潔 雖然沒有全程參與到，不過實驗看起來很有趣！

自主量尺(10%)

	表現優良	表現良好	表現尚可	尚待加強
自我設定	相信小組一定可完成酒精凍實驗	相信小組有能力完成酒精凍實驗	小組需要協助才能完成酒精凍實驗	小組不能完成酒精凍實驗
目標設定	設定精確的酒精凍實驗配方，以及確訂的來回操作次數，達成表演成功。	設定精確的酒精凍實驗配方，以及沒有確定的來回操作次數，仍達成表演成功。	沒有設定精確的酒精凍配方，以及沒有確定的來回操作次數，尚能達成表演成功。	無法設定精確的酒精凍實驗配方，不能表演成功。
策略規劃	徹底檢視實驗的探究過程，可發現問題並成功找出解決方法。	徹底檢視實驗的探究過程，可發現問題並努力試著找出解決方法。	徹底檢視實驗的探究過程，無法發現問題，但模仿他組的解決方法。	徹底檢視實驗的探究過程，無法發現問題，也無法模仿他組的解決方法。
動機	展現解決問題的強烈企圖心，監控參與程度，發展廣泛多元策略以保持動力。	展現解決問題的企圖心，監控參與程度，發展多元策略以保持動力。	努力找出解決問題方案，沒有監控過程，沒有發展策略。	應付性解決問題方案，沒有監控過程，沒有發展策略。

分子間的交互作用與奈米自組裝

周芳妃老師

一、奈米尺度

1. 奈米的定義

奈米(nanometer)簡寫為 nm，為一種長度單位。1 奈米是 1 米的十億分之一。

$$1000000000 \text{ 奈米(nm)} = 1 \text{ 米(m)}$$

$$1 \text{ 奈米(nm)} = 10^{-3} \text{ 微米}(\mu\text{m}) = 10^{-6} \text{ 毫米(mm)} = 10^{-9} \text{ 米(m)}$$

1 埃是 1 奈米的十分之一，科學上仍常用埃(Å)作為原子尺度的單位，原子的大小大約為 1~3 Å，1 奈米大約是「3~4 個金屬原子」，或「10 個氫原子」排列在一起的寬度。

2. 奈米材料的定義

奈米材料(nanomaterials)是指物質顆粒的長、寬、高三維空間中，至少有一維是奈米尺度，或由它們為基本單元所構成的材料。奈米尺度範圍通常限制在 1~100nm 之間。奈米材料的種類很多，包括奈米顆粒 (nanoparticles)、奈米線 (nanowire)、奈米管 (nanotube)、奈米纖維(nano fiber)、奈米薄膜(nano film)、奈米泡沫(nano foam)、奈米塊體(nano bulk)等。

奈米材料除尺寸大小之限制之外，其於結構上一般亦可分為下列三種形式：

- (1) 零維(0D)奈米材料：材料在空間的三維都受限於奈米大小，如顆粒狀粉體。
- (2) 一維(1D)奈米材料：有一個維度的長度並不一定局限於奈米尺度，如柱狀或線狀。
- (3) 二維(2D)奈米材料：有一維必須局限於奈米大小，如層狀薄膜。

奈米材料具有異於普通材料的光、電、磁、熱、力學、機械等性能。例如

一般塊材的性質舉例	奈米材料的性質舉例
銅是「良導體」	奈米銅是「絕緣體」
金是「金黃色」	奈米金顏色會變「紅色」或其他顏色
金是「活性很小」	奈米金會變成「催化劑」
金的熔點為「1064℃」	奈米金的熔點可變成「低於 100℃」
瓷器是「易碎品」	奈米瓷器材料「可在室溫下任意彎曲」
木炭是「易碎品」	奈米碳管的強度是「鋼的 100 倍」

3. 奈米科技

奈米材料結構具有新穎的物理、化學和生物的特性。奈米科技(nanotechnology)是去探討這些特性，且有效地製造並利用這些結構。奈米科技包含設計、製作、組裝成新材料、器件或系統，產生全新的功能，並加以利用的知識和技藝。

量測、模擬、操控、精密安放和創造尺度為 1~100 奈米的物質，是操縱數個至數十個，最多一至二百個原子之科學。原子力顯微鏡和掃描隧道顯微鏡等精密儀器的發明，使人們可以檢測觀看奈米材料的結構。有別於傳統由大縮小的製程，奈米科技乃由小作大(bottom-up)，也就是由原子或分子來組成較大的物質結構。由下作上製成奈米材料的方法

包含各種化學合成原理與自組裝(self-assembly)現象等。

二、分子間作用力

分子間作用力遠小於共價鍵、離子鍵及金屬鍵等化學鍵的鍵結力，可分為氫鍵(hydrogen bonding)及凡得瓦力(van der Waals force)。若分子結構中的氫原子鍵結於 F、O、N 原子時，由於 F、O、N 原子吸引電子的作用很強，會使與其鍵結的氫原子傾向失去電子而幾乎帶了正電，引此很容易又與其他分子結構中的 F、O、N 原子產生吸引力，此引力稱為氫鍵。凡得瓦力的強度比氫鍵弱了許多。凡得瓦力又分為下列三種：

1. 偶極—偶極力：當一個分子結構中的電子分布不均勻而造成電荷分離現象時，此分子稱為極性分子，也稱為偶極。極性分子與另一極性分子靠近時所產生的作用力，稱為偶極—偶極力(dipole-dipole force)。
2. 偶極—誘導偶極力：當一個分子結構中的電子分布均勻而沒有電荷分離現象時，此分子稱為非極性分子。極性分子靠近非極性分子時，極性分子會誘導非極性分子的電子分布不均勻，使非極性分子變成誘導偶極。偶極之間的作用力，稱為偶極—誘導偶極力(dipole-induced dipole force)
3. 分散力：因分子結構中的電子不斷的運動與改變位置，造成分子出現瞬間電荷分離現象時，這些分子瞬間產生的偶極而造成的吸引力，稱為分散力(dispersion force)。

三、自組裝的定義與特性

自組裝用來形容一無序系統之構成單元在無外力介入下，由個別元件間之互動，自行聚集、組織成規則性結構之過程。自組裝的過程至少包含三個特徵，分述如下：

1. 有序性(order)：自組裝所完成的結構必須比單獨的構成單元部分的有序性更高，此特性與一般的化學反應不同，一般的化學反應是趨向於亂度的增加。
2. 交互作用(interactions)：自組裝的交互作用力主要包含了分子間的各式作用力，這些分子間作用力也是決定了液體的物理性質，固體的可溶性，及生物膜的分子組裝等的作用力。
3. 結構建塊(building blocks)：結構建塊是指進行自組裝的構成單元，這些結構建塊不是分子或原子，而是包括了奈米結構的顆粒或孔洞，這些結構建塊有著不同的化學組成，形狀，功能。

四、奈米自組裝的舉例

自組裝為建構奈米材料非常重要的方法，它提供自下而上、可控制的方法組裝原子或分子形成較大奈米結構，目前被廣泛應用來製備具光、電、磁、感測、與催化功能的奈米材料。關於奈米自組裝舉例如下：

1. 微胞效應：在液相中由界面活性劑所形成的微胞(micelle)與無機前驅物系統中進行自組裝反應，此類方法大量應用於製造各式奈米顆粒與奈米孔洞材料。
2. 聚合物自組裝：天然聚合物與合成聚合物等高分子物質，都能經由自組裝的過程形成奈米結構，例如天然聚合物的多醣類、蛋白質與核酸(DNA 與 RNA)都具有奈米尺度的立體

結構；有許多合成聚合物材料是可結晶的，當這些高分子鏈自組裝成晶體，其在晶體表面會形成摺疊的構形。兩片晶體間會夾著未結晶的分子鏈，造成一種奈米層板堆疊結構。

五、奈米自組裝對物質性質與化學反應的影響。

進行奈米自組裝的過程會直接改變一般化學反應的反應途徑，造成反應速率不同，甚至產物也不同。奈米科技的發展中，大量化學領域人力投入的奈米自組裝相關研究，往往都是要找出最合適的控制條件。本單元實驗將進行微胞效應對形成硫奈米粒子反應速率的影響。

六、納入設計奈米材料製備過程的綠色化學準則

綠色化學(Green Chemistry)是指永續化學的概念，其提倡十二項原則。這些綠色化學十二原則大體上可以精簡成四個準則，納入設計奈米材料製備過程：

1. 設計更安全的奈米材料與製備程序。
2. 降低奈米材料及其製備過程對環境的衝擊。
3. 減少製備過程的廢棄物的產生量。
4. 改善奈米材料製備及其應用過程的原物料與能量使用效率。

參考文獻

參考資源

網頁關鍵字：[分子間的作用力與自組裝][分子間的交互作用與自組裝][Self-assembly]

(1) 長方形、多邊形與籠形超分子之自組裝設計與合成

http://proj3.sinica.edu.tw/~chem/servxx6/files/paper_1474_1231742583.pdf

(2) 高分子之自組裝奈米結構

http://proj3.sinica.edu.tw/~chem/servxx6/files/paper_1158_1231743484.pdf

(3) 有機介質自組裝超薄膜之研究

http://www.ndl.org.tw/cht/ndlcomm/P7_4/com7-4-5.pdf

(4) 奈米自組裝技術及其在環境領域之應用

<http://www.epa.gov.tw/FileDownload/FileHandler.ashx?FLID=12646>

(5) Self-assembly

<http://en.wikipedia.org/wiki/Self-assembly>

(6) Molecular self-assembly

http://en.wikipedia.org/wiki/Molecular_self-assembly

網頁影片關鍵字 [Self-assembly]

-
- (1) Self-Assembly of Lithographically Patterned 3D Micro/Nanostructures(課程教學)
<http://www.youtube.com/watch?v=GL0im9b6GgU&playnext=1&list=PLDABCFDE65C13261E>
- (2) Macroscopic self-assembly supramolecules(實驗教學)
http://www.youtube.com/watch?v=4f_khh6paJI
- (3) Self-assembly of a lipid bilayer(電腦模擬動畫)
http://www.youtube.com/watch?v=ckLQ_5UH7K0
- (4) self assembly of a bolaamphiphile(電腦模擬動畫)
http://www.youtube.com/watch?v=SNh_TMeeBGo
-

科展與演講教案 (周芳妃)

- (1)李祐慈(2002)。界面活性劑對硫奈米微粒形成機制的影響。2002 年台灣國際科展化學組第一名。
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2575>
- (2)李祐慈等人(2001)。長不大的硫—探討形成硫膠體溶液的條件。90 學年度台北市科展化學組優等獎。
http://search.nioerar.edu.tw/cgi-bin/edu_paper/tocdetail?00235618050616b773db2c9a46c
- (3)蔡孟儒(2003)。芳香酒精帶著走—探討促凝劑對酒精凝膠之影響。92 學年度全國科展佳作獎，2003 年旺宏科學獎優等獎。
<http://www.mxeduc.org.tw/ScienceAward/2nd/Production2nd.htm>
- (4)周芳妃(2000)。水相中與氣相中的奈米反應。99 學年度臺北市化學科輔導團高級中學夥伴學習群教師專業成長研習
<http://w2.nhush.tp.edu.tw/chemical/?p=1579>
-

酒精凍帶著走 學習單

參考資料：蔡孟儒(2003)。芳香酒精帶著走—探討促凝劑對酒精凝膠之影響。92 學年度全國科展佳作獎，2003 年旺宏科學獎優等獎。

<http://www.mxeduc.org.tw/ScienceAward/2nd/Production2nd.htm>

【實驗原理】

均勻溶液中若含有顆粒較大的溶質時，可行成膠體溶液。有些膠體溶液可以流動，有些不容易流動。不容易流動的膠體溶液也可以稱為凝膠。凝膠的製作方法有多種，而且依據不同的溶劑就有各式各樣的製作方法。

本實驗製造酒精凝膠多直接以醋酸鈣配製飽和醋酸鈣溶液，或以酸鹼中和法（冰醋酸+氫氧化鈣）配製。冰醋酸和氫氧化鈣反應可產生醋酸鈣，搭配適當的水量及多元醇類或醣類，可以製作出成功的酒精凍。

評分：_____ 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

酒精凍	內容
先備知識	◎奈米是什麼？ ◎奈米材料定義是什麼？ ◎化學鍵有哪些種類？ ◎分子間作用力有哪些？
實驗內容	◎實驗配方： ◎操作方法：
發散思考	◎關於酒精凍實驗，請說明酒精分子、水分子、醋酸分子、醋酸根離子、鈣離子等微粒之間的交互作用可能存在著哪些關係？ ◎可以依據這些微粒之間的交互作用，類舉一些範例嗎？

回答下列問題：

一、今天我對酒精凍凝膠的想法？	二、今天我最不容易學的事情是什麼？
三、今天我想告訴我的家人或朋友的事情是什麼？	

北一女中高一選修課程：綠野仙蹤【綠色化學】2016 年 9 月 12 日 小組編號：_____。

酒精凍帶著走 小組學習紀錄

實驗配方		表演內容	
熟石灰粉末()	0.5 g	$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{aq})$	3 mL
15% 醋酸()	() mL	紅色酒精	15 mL
		來回操作次數：	

表演小組心得：

組員班級：_____座號：_____姓名：_____
組員班級：_____座號：_____姓名：_____
組員班級：_____座號：_____姓名：_____
組員班級：_____座號：_____姓名：_____

自主量尺(10%)

	表現優良	表現良好	表現尚可	尚待加強
自我設定	相信小組一定可完成酒精凍實驗	相信小組有能力完成酒精凍實驗	小組需要協助才能完成酒精凍實驗	小組不能完成酒精凍實驗
目標設定	設定精確的酒精凍實驗配方，以及確訂的來回操作次數，達成表演成功。	設定精確的酒精凍實驗配方，以及沒有確定的來回操作次數，仍達成表演成功。	沒有設定精確的酒精凍配方，以及沒有確定的來回操作次數，尚能達成表演成功。	無法設定精確的酒精凍實驗配方，不能表演成功。
策略規劃	徹底檢視實驗的探究過程，可發現問題並成功找出解決方法。	徹底檢視實驗的探究過程，可發現問題並努力試著找出解決方法。	徹底檢視實驗的探究過程，無法發現問題，但模仿他組的解決方法。	徹底檢視實驗的探究過程，無法發現問題，也無法模仿他組的解決方法。
動機	展現解決問題的強烈企圖心，監控參與程度，發展廣泛多元策略以保持動力。	展現解決問題的企圖心，監控參與程度，發展多元策略以保持動力。	努力找出解決問題方案，沒有監控過程，沒有發展策略。	應付性解決問題方案，沒有監控過程，沒有發展策略。

高效能燃燒 vs 奈米碳粒尋蹤記

周芳妃

碳的同素異形體(Carbon Allotrope)可大致分類為鑽石(Diamond)、石墨(Graphite)、富勒烯(Fullerene)與非晶型碳(amorphous carbon)等。鑽石是由無數個碳原子以 sp^3 軌域鍵結而成的立體結構，碳—碳之間的鍵結皆為單鍵。石墨也是由無數個碳原子以 sp^2 軌域鍵結而成的平面結構，碳—碳之間的鍵結介於單鍵與雙鍵之間。富勒烯也稱芙類分子，是由某數量範圍的碳原子以 sp^2 軌域鍵結而成的立體結構，包含了球狀、橢圓球狀及管柱等形狀。球狀與橢圓球狀的芙類分子可稱為巴克球(Bucky ball，全名為 buckminster fullerene)，最有名的巴克球為碳六十分子(C_{60})， C_{60} 形狀類似足球，包含了 20 個六元環與 12 個五元環。 C_{60} 原是在太空中所發現的物質，在 1985 年才被英國化學家柯爾托(Sir Harold W. Kroto)成功解出結構，後來由美國化學家史莫利(Richard E. Smalley)首先於地球製造出來，而德國化學家柯爾特(Robert F. Curl Jr.)可製造出數克重的 C_{60} 。1996 年的諾貝爾化學獎頒發給這三位科學家，表揚他們對於芙類分子研究與應用的重要貢獻。

管柱狀的芙類分子稱為奈米碳管(Carbon Nanotube)，在 1991 年時，日本 NEC 公司基礎研究實驗室的飯島澄男(Sumio Iijima)合成 C_{60} 時，發現一些針狀物，利用高解析穿透式電子顯微鏡觀察這些針狀物，找到了奈米碳管。雖然飯島澄男不是第一位發現奈米碳管的科學家，但是當時他的重要發現馬上引起各國紛紛將研究重心轉移到奈米碳管上，從而打開了今日奈米科技的蓬勃發展。奈米碳管內徑可從 0.4~數十奈米、碳管外徑則由 1~數百奈米，長度則已可達數毫米(截至 2008 年)。奈米碳管可視為由單層至多層的石墨層平面捲曲而成的中空管柱狀結構，因此奈米碳管又可分類為單層(Single-Walled)、雙層(Double-Walled)與多層(Multi-Walled)結構，依序將碳管的分類稱為單壁奈米碳管(SWNTs)、雙壁奈米碳管(DWNTs)及多壁奈米碳管(MWNTs)。石墨層的寬度與捲曲的方向決定了碳管的特性，不同的捲曲方向可以表現出碳管的導體及半導體等特性。另一方面，奈米碳管強度比同尺寸鋼鐵高出百倍，但重量僅為鋼鐵的六分之一，並具有相當的彈性。具備如此優異且多元的特性，使奈米碳管從光電元件到航太材料均已有廣泛的應用。

「簇」(cluster)在化學上的意義泛指由許多原子構成具有特定結構的微粒物質，其所包含的原子數目可從數個到數千萬個。碳簇(carbon cluster)是由許多碳原子鍵結而成的物質，除了上述的富勒烯與奈米碳管皆可歸屬於碳簇之外，碳簇還有很多其他種類，例如：碳奈米洋蔥(carbon onions)、碳奈米環(carbon nanotoroid)、碳奈米彈簧(carbon nanocoil)、碳奈米珠子(carbon nanobeads)、碳奈米錐(carbon nanocorn)、碳奈米角(carbon nanohorn)、碳奈米泡沫(carbon nanofoam)、碳氣凝膠(carbon aerogel)、碳微米樹叢(carbon microtree)、碳奈米纖維(carbon nanofiber)等。

碳簇的合成製造方法有非常多種，但最主要的製造方法有三項：(一) 電弧放電法

(Arc-discharge)，(二)雷射氣化法(Laser ablation method)，(三) 化學氣相沈積法(CVD，Chemical vapor deposition)。大部分的製造方法是將工作氣體(例如碳氫化合物)導入真空反應爐中，但是 CVD 方法在真空或是一大氣壓下均可進行。製造碳簇並非只能在實驗室中進行，在我們日常生活中不完全燃燒所產生的黑煙碳粒就可能含有奈米碳粒，只不過這些黑煙成分中的碳簇種類繁多，無法表現出單一奈米結構特有的光電性質。

點燃一隻蠟燭可以觀察到火焰分為內焰及外焰，若將一個紙杯底部靠近燭火內焰，在紙杯底部就能收集蠟燭未燃燒完全的「碳粒」。氣體的碳氫化合物(例如乙炔)若也未燃燒完全，同樣地，也是可收集到各式「碳粒」。實驗除了可以探究高效能燃燒的條件之外，也可以應用於簡易製造黑煙碳粒的方法。詳細實作實驗的教案將於下一部分介紹(如圖 1)。

日常生活中可收集各種碳粒材料很多，包括鉛筆蕊與活性炭(或是竹碳)磨成的粉末、乾餾木材或紙張得到焦炭、燃燒法得到的碳黑等，但是碳六十及奈米碳管等這一類純化過的碳同素異形體，售價仍是非常昂貴，需在研究單位的實驗室中才能購買。圖 2 為以綠光雷射筆照射各種碳粒正己烷膠體溶液的現象，在溶液中出現了很明顯的光束。

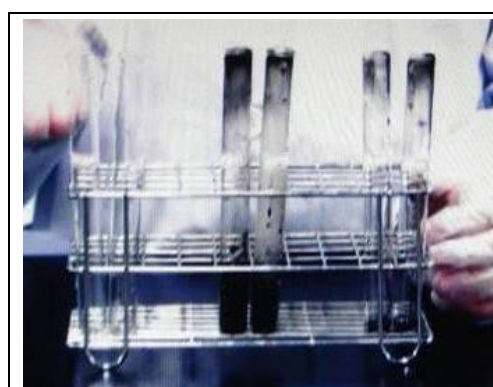


圖 1：簡易製造黑煙碳粒的方法



圖 2：各種碳微粒的正己烷膠體溶液之廷得耳效應。

有些膠體溶液的外觀是澄清透明(例如稀薄的膠水溶液或米漿)，有些則是混濁不透光(例如豆漿、牛奶)。對於澄清透明的膠體溶液，若以適當波長雷射光源照射之，往往可在膠體溶液中看到很明顯的光束，此種現象稱為廷得耳效應(Tyndall effect)。膠體溶液中的膠質粒子大小通常為 5~200 nm，而可產生廷得耳效應的粒子大小通常為 40~900 nm，雖然兩者的粒子大小範圍不是一致，但是利用廷得耳效應可大致追蹤溶液中是否含有奈米粒子，在中學實驗室中仍可視為簡便追蹤奈米粒子性質的方法。奈米粒子大小都是肉眼甚至光學顯微鏡所無法觀察的尺度，目前的科技仍只有使用造價非常昂貴的電子顯微鏡以及電腦軟體的處理，才可測得這些奈米級粒子的大小。

圖 2 中可以看出在廷得耳效應檢驗中，鉛筆蕊與活性炭的實驗結果相似，光束都不明顯，而比較本實驗燃燒法產生的碳黑與實驗室所購買的碳六十實驗結果，兩者都出現非常

顯著的光束。圖 1 中沒有呈現乾餾法焦炭在廷得耳效應檢驗中得到之結果照片，是因為乾餾法焦炭的實驗結果沒有很好的再現性，若有出現光束的結果與圖 2 中的活性炭結果相似。奈米碳管不能溶解分散於正己烷中，因而沒有出現廷得耳效應。

參考文獻

- (1) 周芳妃(2009)。高效能燃燒 vs 奈米碳粒尋蹤記。98 學年度教育部高中化學學科中心學資作品。
- (2) 周芳妃(2010)。奈米碳粒現蹤記-舞動的碳粒。98 學年度教育部高中化學學科中心學資作品。
- (3) 周芳妃(2010)。「碳」為觀止-烴類燃燒反應與碳簇概述。科學月刊，482，156-158
http://scimonth.blogspot.com/2010/03/blog-post_1391.html
- (4) 廖巧鈺、張晏如、張凱涵、黃非紅(2010)。Magichem 奈米碳粒尋蹤記。99 學年度全國「化學示範實驗創意教材有獎徵件」比賽參獎作品。
<http://case.ntu.edu.tw/magichem/blog/?p=1411>
http://www.youtube.com/watch?v=4C5E_05ArCU

高效能燃燒 vs 奈米碳粒尋蹤記 實驗操作

【實驗目的】

本實驗利用碳氫化合物的燃燒反應進行限量試劑的觀念謹慎控制反應物的劑量，達成達到容器中高溫環境，使碳氫化合物發生熱裂解，碳原子自組裝形成各式奈米碳粒。

【實驗器材與藥品】

(每組) 30-100 mL 塑膠滴瓶 (1 個，做為氣體製備反應瓶)、橡皮管 (30-40 cm，牢套於塑膠滴瓶的開口嘴端)、試管及橡皮塞 (2 套)、試管架 (1 個)、小水盆 (1 個，排水集氣使用)、電石碎塊 (10 粒，花生米大小【註 1】，放在密閉瓶中乾燥收藏)、火柴 (1 盒【註 2】)、棉布手套 (2-3 雙，工作用的粗布手套)、小標籤紙。

【實驗步驟】

一、以排水集氣法收集乙炔與空氣的混合物

1. 取 2 支試管，正立放在試管架上。2 支試管中分別裝入[適量]試管量的水(甲試管)、及二分之一試管量的水(乙試管)。試管皆蓋好橡皮塞 (如圖 1)。水盆裡裝水約半盆，先將試管皆倒立在水盆裡，在水中移走試管的塞子。小心操作勿讓試管翻倒。

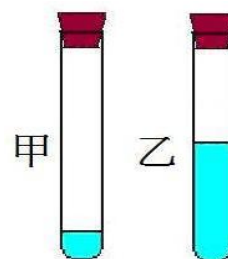


圖 1：試管先裝適量的水

2. 將塑膠滴瓶的嘴端與導管先連接好，並且檢查使之不會漏氣。打開塑膠滴瓶連有導管的蓋子，先在滴瓶裝裝入約半滿的水，另外將 1 顆電石粒 (花生米大小)放在瓶蓋內，將導管末端先拉到水盆邊。
3. 將瓶蓋裡的電石粒倒入塑膠滴瓶中，並且迅速旋緊蓋子，用力旋緊蓋子不要漏氣。將導管末端馬上移到水盆中的甲試管裡面，但是小心勿壓住導管 (如圖 2)。
4. 利用排水集氣法先將乙炔氣體分別收集甲試管中，收集時，一旦試管內的水全部被排出時，就馬上將導管移開，不要再收集。收集完畢，在水盆中先將試管蓋好橡皮塞，取出試管並上下搖晃幾下使管內氣體混合均勻，將試管正立放到試管架上。

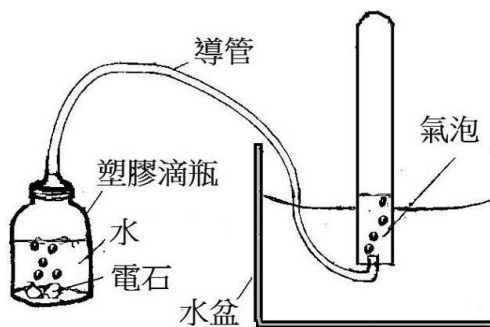


圖 2：利用排水集氣法將氣體收集

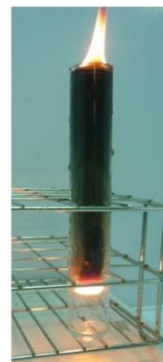
二、燃燒檢測

1. 將點燃的火柴靠近甲試管頂端，馬上打開試管塞子，於試管口點燃試管內的氣體【註】，觀察氣體燃燒結果。注意試管一定要保持正立於試管架上，勿用手去觸摸試管 (如圖 3)。
2. 依序使用點燃的火柴點燃乙試管內的氣體，觀察氣體燃燒結果。

【註：**安全注意事項**】點火檢驗試管中的任何氣體時，注意試管一定要保持正立於試管架上，勿用手去扶著試管。絕對不可以將試管倒立之後，又在試管口點火。因為燃燒放出高熱造成燃燒產物的氣體驟昇到高溫，氣體體積與壓力皆急速增大，熱氣體就由下往上急速上衝到試管內，會造成試管破裂，碎玻璃飛濺，非常危險。】



(A)點火



(B)熱裂解形成碳黑

圖 3：利用乙炔氣體在空氣不足條件下燃燒得到的碳黑

高效能燃燒 vs 奈米碳粒尋蹤記 學習單

周芳妃老師

日期：2016 年 9 月 5 日

參考資料：

(1) 周芳妃(2010)。「碳」為觀止-煙類燃燒反應與碳簇概述。科學月刊，482，156-158

http://scimonth.blogspot.com/2010/03/blog-post_1391.html

(2) 廖巧鈺、張晏如、張凱涵、黃非紅(2010)。Magichem 奈米碳粒尋蹤記。99 學年度全國「化學示範實驗創意教材有獎徵件」比賽參獎作品。

<http://case.ntu.edu.tw/magichem/blog/?p=1411> http://www.youtube.com/watch?v=4C5E_05ArCU

【實驗原理】

電石的成分稱為碳化鈣，碳化鈣遇水會發生快速的反應產生易燃性的乙炔氣體。



可利用排水集氣法收即乙炔氣體。乙炔氣體等碳氫化合物在氧氣不足的環境下燃燒時，燃燒反應的類型就變得非常複雜，有些會分解出黑色碳灰，有些會產生一氧化碳氣體等。在黑色碳灰的產物中，可再以特殊的溶劑萃取提煉出奈米碳。

評分標準

班級： 座號： 姓名：

高效能燃燒 vs 奈米碳粒尋蹤記	
先備知識	◎ 煙類(碳氫化合物)有哪些種類？ ◎ 請解釋為什麼煙類氣體可以利用排水集氣法收集？ ◎ 收集煙類氣體完畢後，從外觀上能夠判別出煙類氣體和空氣的混合比例嗎？ ◎ 物質燃燒的三要素為何？ ◎ 煙類氣體完全燃燒後，可能的產物有哪些？若不完全燃燒時，可能的產物又有哪些？
實驗內容	◎ 實驗配方： ◎ 操作方法：
發散思考	◎ 沒有黑煙產物的起始燃燒條件中，乙炔和空氣的混合比例是多少？ ◎ 經由實驗結果，描述何謂「高效能燃燒」？ ◎ 煙類氣體燃燒後，為什麼會有黑煙產物？

回答下列問題：

一、今天我對燃燒現象的想法？	二、今天我最不容易學的事情是什麼？
三、今天我想告訴我的家人或朋友的事情是什麼？	

北一女中高一選修課程：綠野仙蹤【綠色化學】2016 年 9 月 5 日 小組編號：_____。

高效能燃燒 vs 奈米碳粒尋蹤記 小組學習紀錄

實驗重要紀錄：	實驗配方(以試管 V%答覆)	實驗結果：燃燒現象
第 1 支試管配方	乙炔： 空氣：	
第 2 支試管配方	乙炔： 空氣：	
第 3 支試管配方	乙炔： 空氣：	
第 4 支試管配方	乙炔： 空氣：	

表演小組心得：

組員班級：_____座號：_____姓名：_____
組員班級：_____座號：_____姓名：_____
組員班級：_____座號：_____姓名：_____
組員班級：_____座號：_____姓名：_____

自主量尺(10%)

	表現優良	表現良好	表現尚可	尚待加強
自我設定	相信小組 ☐ 一定可 ☐ 找出實驗變因	相信小組 ☐ 有能力 ☐ 找出實驗變因	小組需 ☐ 要協助才 ☐ 能找出實驗變因	小組 ☐ 不能找出實 驗變因
目標設定	☐ 設定精確的 ☐ 高效 能燃燒以及奈米 碳粒的 2 個實驗 配方， ☐ 達成表演 成功。	☐ 設定精確的 ☐ 高效 能燃燒以及奈米 碳粒的其中任 1 個實驗配方， ☐ 仍 達成表演成功。	☐ 沒有設定精確的 高效能燃燒以及 奈米碳粒的其中 任 1 個實驗配 方， ☐ 尚能達成表 演成功。	☐ 無法設定精確的 高效能燃燒以及 奈米碳粒的其中 任 1 個實驗配 方， ☐ 不能表演成 功。
策略規劃	徹底檢視實驗的 探究過程， ☐ 可發 ☐ 現問題並 ☐ 成功找 出解決方法。	徹底檢視實驗的 探究過程， ☐ 可發 ☐ 現問題並 ☐ 努力試 著找出解決方 法。	徹底檢視實驗的 探究過程， ☐ 無法 ☐ 發現問題，但 ☐ 模 仿他組的解決方 法。	徹底檢視實驗的 探究過程， ☐ 無法 ☐ 發現問題，也 ☐ 無 法模仿他組的解 決方法。
動機	展現解決問題的 ☐ 強烈企圖心，監 控 ☐ 參與程度，發 展 ☐ 廣泛多元策略 以保持動力。	展現解決問題的 ☐ 企圖心，監控 ☐ 參 與程度，發展 ☐ 多 元策略以保持動 力。	☐ 努力找出解決問 題方案， ☐ 沒有監 控過程， ☐ 沒有發 展策略。	☐ 應付性解決問題 方案， ☐ 沒有監控 過程， ☐ 沒有發展 策略。

小綠綠晶體與藍印術 --化學反應四大類型實作--

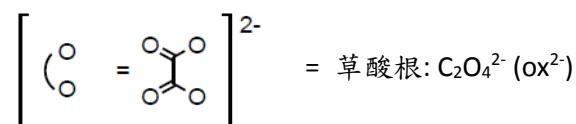
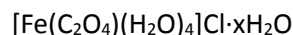
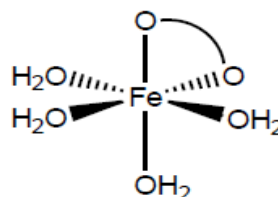
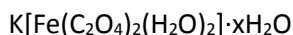
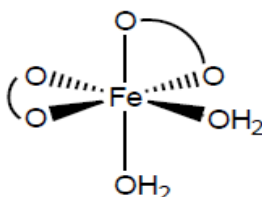
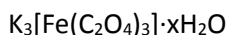
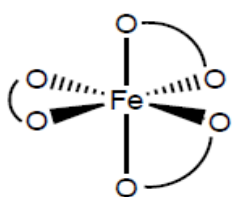
周芳妃老師

一、原理

過渡金屬離子可以視為路易士酸，容易和能夠提供一對或多對電子的路易士鹼結合，路易士鹼又稱為配位基可為中性分子或離子，並提供一對或多對電子給過渡金屬離子形成共價金屬配位的鍵結，常稱為配位共價鍵。

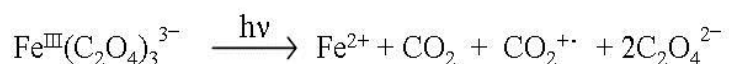
鐵是工業中最重要的過渡金屬之一。鐵具有多種氧化態的能力，使他可大量應用在化學和生物化學上的氧化還原反應。最常見的鐵氧化態是+2 和+3，在這兩種氧化態下，鐵金屬離子可以和幾個(通常會達到六個)電子提供者(配位基)鍵結；如在各種氨類或有機雜環化合物中的氮原子，或水、氫氧根離子、羧酸中的氧原子，以及其他類似的分子或陰離子。在這個實驗中，將合成鐵(III)草酸錯合物。鐵(III)草酸錯合物的是一個有趣的化合物，特別是因為它是感光的。這化合物被廣泛用於確定通過系統中光子的數量，稱為化學光度計。當他暴露於可見光或紫外線後，綠色的鐵(III)草酸晶體錯合物的逐步分解成一個橙黃色的產品。

鐵(III)的鹽類會和草酸根結合，產生三種可能的鐵(III)草酸鹽中的一種：



本合成實驗中，使用足量草酸鉀，因而會得到 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 錯合物，因其水合物含量為未知，將用過錳酸鉀溶液進行氧化還原之滴定以確定它的組成。

草酸鐵(III)錯合物會進行光化學反應，照光時會發生鐵離子被還原之反應，如下式：



鐵的氰錯合物是另一有趣的物質，無論從二價或三價的鐵六氰錯合物 ($\text{K}_4\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6$, 黃血鹽; $\text{K}_3\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6$, 赤血鹽) 出發，再和另一個三價或二價鐵離子結合即會形成普魯士藍或滕氏藍 ($\text{KFe}^{\text{III}}\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6$ 、 $\text{KFe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6$ 其實二者是相同物質，色澤差異是因沉澱顆粒大小不同而成)。我們可利用三價的草酸鐵錯合物照光產生二價鐵離子，使之和三價鐵氰錯合物結合，即可產生藍色化合物，而未被光線照射到的部份則不變色，可藉用光罩以設計圖案。

參考資料：

(1) 2009 國際化學奧林匹亞競賽(IChO)，牛津劍橋命題培訓題目

(2) 周芳妃、李盈萱、陳靜瑋(2016)。微量化學實驗：小綠綠晶體與藍印術微量實驗，臺灣化學教育電子期刊，第 14 期。

<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17802>

二、藥品和器材

藥品：

氫氧化鉀，KOH，計算適量	1%醋酸，3 mL
草酸晶體， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (含有結晶水)，計算適量	赤血嚴， $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ，1~2 M，3mL
氯化鐵， FeCl_3 ，2 M，3mL	過錳酸鉀， KMnO_4 (Fw: 158.03)，一些
草酸鉀， $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ，自行合成(2 M)，9 mL	乙醇，一些

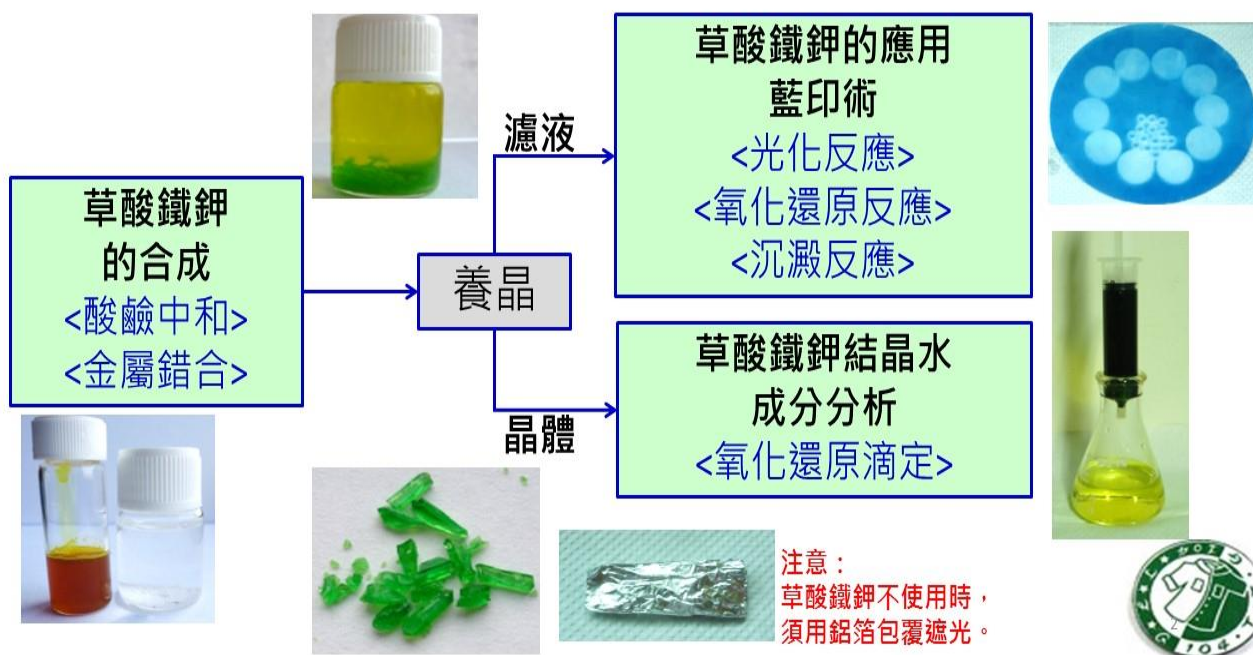
器材：

小滴管(5 個)、小容器(5 個)、濾紙與可裝入濾紙的透明小塑膠袋(一些)、滴定管與滴定相關裝置、加熱器材、溶液配製相關器材、天平..(現場討論)

其餘詳見實驗步驟，彈性運用各種容器。

三、實驗步驟

小綠綠晶體 草酸鐵鉀的應用及結晶水份分析



2014 北一女校慶化學宅急便嘉年華 闖關單



環保心 化學情



<<闖關平時成績加分獎勵方式，由任課化學老師決定。>>

● 闖關完成【北一女化學宅急便嘉年華】10 關可換贈品 1 套【A 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【B 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【C 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【D 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【E 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【F 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【G 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【H 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【I 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【J 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【K 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【L 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【M 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【N 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【O 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【P 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【Q 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【R 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【S 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【T 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【U 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【V 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【W 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【X 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【Y 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【Z 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AA 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AB 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AC 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AD 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AE 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AF 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AG 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AH 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AI 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AJ 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AK 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AL 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AM 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AN 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AO 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AP 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AQ 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AR 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AS 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AT 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AU 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AV 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AW 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AX 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AY 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【AZ 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BA 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BB 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BC 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BD 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BE 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BF 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BG 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BH 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BI 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BJ 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BK 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BL 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BM 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BN 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BO 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BP 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BQ 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BR 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BS 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BT 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BU 級組】：20 關贈品 2 套。

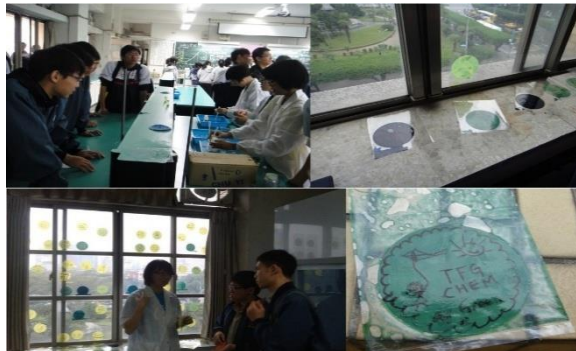
● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BV 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BW 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BX 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BY 級組】：20 關贈品 2 套。

● 闖關完成【Green 綠色化學與永續能源】12 關可換贈品 1 套【BZ 級組】：20 關贈品 2 套。



小綠綠晶體 草酸鐵鉀的應用及結晶水份分析

研究動機

設計一系列有趣且實用的微量化學實驗，反應類型涵蓋酸鹼中和反應、離子沉澱反應、氧化還原反應、光化學反應等。採用2009年國際化學奧林匹亞預備題的內容，減量到五分之一以下，並修改為草酸鐵鉀晶體的合成實驗，以及氧化還原滴定進行定量實驗。另外，也利用養晶的廢棄溶液重新設計趣味實驗「藍印術」，發展草酸鐵鉀的用途。

小綠綠晶體 草酸鐵鉀的應用及結晶水份分析

研究目的

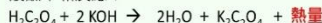
1. 以微量實驗進行合成草酸鐵鉀晶體的反應，應於教學課程中，使學生認識養晶技術。
2. 利用氧化還原滴定進行定量實驗，分析草酸鐵鉀晶體中的結晶水莫耳數。應於教學課程中，使學生認識學習化學計量的技術，並學習過錳酸鉀廢棄溶液的前處理與回收。
3. 利用養晶的廢棄溶液，應用於草酸鐵鉀的光化學反應，設計藍印術趣味實驗，使學生體驗學習化學的精采與樂趣，也達到實驗減廢的功能。

小綠綠晶體 草酸鐵鉀的應用及結晶水份分析

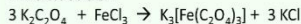
草酸鐵鉀的合成 <實驗原理>



酸鹼中和反應：



金屬錯合反應：



eppendorf



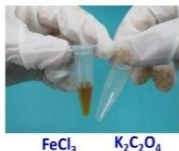
小綠綠晶體：草酸鐵鉀的合成 <實驗步驟> 舉例

1. 將1.25 g (22 mmol) 氫氧化鉀KOH固體加入5 mL水中，攪拌溶解。(注意放熱反應)(KOH = 56)
2. 再將1.25 g (10 mmol) 草酸H₂C₂O₄粉末慢慢加入氫氧化鉀溶液中，反應形成2.0 M草酸鉀K₂C₂O₄溶液約5 mL。(注意放熱反應)(H₂C₂O₄ · 2H₂O = 126)



小綠綠晶體：草酸鐵鉀的合成 <實驗步驟>

3. 將2.0 M氯化鐵FeCl₃溶液 0.5 mL 加入此2.0 M草酸鉀溶液1.5 mL中，反應形成草酸鐵鉀K₃[Fe(C₂O₄)₃]飽和溶液。(FeCl₃ · 6H₂O = 270)



FeCl₃

K₂C₂O₄

K₃[Fe(C₂O₄)₃]



小綠綠晶體：草酸鐵鉀的合成 <實驗步驟>

暗室操作，勿開燈。

5. 靜置溶液於室溫約10~20分鐘，再改冰水浴，約10~20分鐘，等候草酸鐵鉀晶體析出。



K₃[Fe(C₂O₄)₃]

6. 將液體傾析收集，也另外收集小綠綠晶體。

注意：將液體另外收集，儲存遮光瓶，後續用於<藍印術>實驗。



小綠綠晶體：草酸鐵鉀的合成 <實驗步驟>

暗室操作，勿開燈。

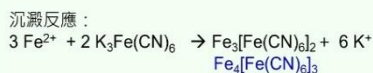
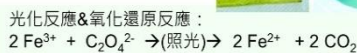
7. 再以少量酒精淋洗漏斗上晶體。將晶體放到兩片新濾紙(紙巾)間，輕壓使其乾燥，再把晶體移到一張新濾紙上，使晶體乾燥。



小綠綠晶體

草酸鐵鉀的應用及結晶水份分析

草酸鐵鉀的應用 藍印術實驗原理



草酸鐵鉀的應用 藍印術<實驗步驟>

暗室操作，勿開燈。

- 草酸鐵鉀溶液(自製，1.0 mL)
- 六氰錯鐵化鉀(大約1~2M赤血鹽，1.0 mL)
- 1%M醋酸(每人約1.0 mL)
- 濾紙套在透明塑膠袋中(每次1套)



草酸鐵鉀的應用 藍印術<實驗步驟>

暗室操作，勿開燈。



1. 先取一個透明小塑膠袋，使用黑色油性筆在塑膠袋上畫一些圖案，作為遮光罩的圖案。
2. 將加入1.0 mL的1% 醋酸與1~2M赤血鹽溶液1.0 mL放入塑膠袋，輕柔塑膠袋，使固體溶解。
3. 最後，再將草酸鐵鉀(小綠綠)溶液1.0 mL於塑膠袋中。



草酸鐵鉀的應用 藍印術<實驗步驟>

暗室操作，勿開燈。

4. 將一張濾紙放入此塑膠袋內，溶液浸滿濾紙後，再將濾紙放入另一袋裡。
5. 將整組塑膠袋套件放在窗台曝曬陽光，依光線強度，曝曬時間約5~20分鐘。



草酸鐵鉀的應用 藍印術<實驗步驟>

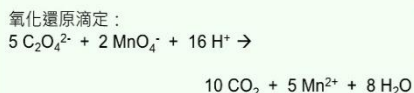
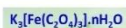
6. 當濾紙出現深藍色，即可停止曝曬。
7. 先加一些水到塑膠袋內，小心取出濾紙，將濾紙放在塑膠袋表面，一起放在盆中，用水輕輕淋洗，洗去殘留藥水，勿使濾紙破損。
8. 以紙巾將濾紙上的水吸乾，就完成藍印術作品。



作品：北一女高三同學
王琳嘉、林依萱、林采綾、鄭如芬

小綠綠晶體 草酸鐵鉀的應用及結晶水份分析

草酸鐵鉀結晶水 成分分析 <實驗原理>



綠色化學與探究討論



參考資料：微量化學實驗：
小綠綠晶體與藍印術微量實驗
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17802>



參考資料：

(1) 2009 國際化學奧林匹亞競賽(IChO)，牛津劍橋命題培訓題目

(2) 周芳妃、李盈萱、陳靜瑋(2016)。微量化學實驗：小綠綠晶體與藍印術微量實驗，臺灣化學教育電子期刊，第 14 期。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17802>

組別： 班級： 座號： 姓名： 。

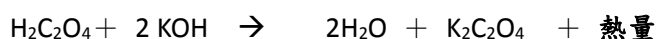
研究動機

設計一系列有趣且實用的微量化學實驗，反應類型涵蓋酸鹼中和反應、離子沉澱反應、氧化還原反應、光化學反應等。採用 2009 年國際化學奧林匹亞預備題的內容，減量到五分之一以下，並修改為草酸鐵鉀晶體的合成實驗，以及氧化還原滴定進行定量實驗。另外，也利用養晶的廢棄溶液重新設計趣味實驗「藍印術」，發展草酸鐵鉀的用途。

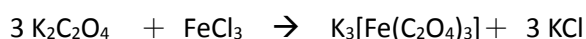
小綠綠晶體 草酸鐵鉀的應用及結晶水成份分析	你認為本實驗哪些內容可屬於綠色化學原則？
--	-----------------------------

一、草酸鐵鉀的合成

1. 酸鹼中和反應：

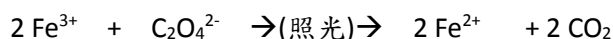


2. 金屬離子錯合反應：

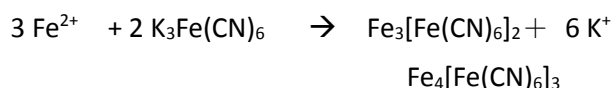


二、草酸鐵鉀的應用-藍印術實驗原理

1. 光化反應&氧化還原反應：

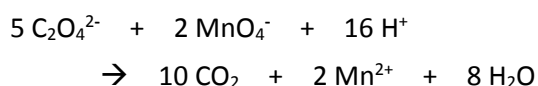


2. 沉澱反應：



三、草酸鐵鉀結晶水成分分析

1. 氧化還原滴定：



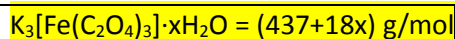
實作課程中，將有觀察到的化合物記錄於此，以[化學式]表示之。

小組學習單 ---小綠綠晶體與藍印術-化學反應四大類型實作---組別：_____。

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____。 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____。

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____。 班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____。

實驗紀錄：



A. 製備草酸鐵錯合物。

第一次收集晶體重：_____ g.

第二次收集晶體重：_____ g.

草酸鐵晶體總重：_____ g.

B. 配製 0.01 M 之 $KMnO_4$ 溶液

稱量 $KMnO_4$ ：_____ g.

$$0.01M * 0.25 \text{ L} * 158 \text{ g/mol} = \text{_____ g}$$

最終溶液體積：_____ mL. (250-mL 量瓶)

C. 分析草酸鐵錯合物

稱量 $K_3[Fe(C_2O_4)_3] \cdot xH_2O$ ：_____ g.

最終草酸鐵錯合物溶液體積：_____ mL. (100-mL 量瓶)

D. 草酸鐵錯合物滴定

取用樣品溶液

使用 $KMnO_4$ 溶液

第一次滴定：_____ mL；

_____ mL。

第二次滴定：_____ mL；

_____ mL。

第三次滴定：_____ mL；

_____ mL。

平均使用 $KMnO_4$ 溶液：_____ mL。

E. 計算小綠綠晶體的結晶水數目以及產率

計算過程：
$$5 C_2O_4^{2-} + 2 MnO_4^- + 16 H^+ \rightarrow 10 CO_2 + 2 Mn^{2+} + 8 H_2O$$

F. 對本實驗的心得 (如何可使實驗更順利；結果更好等等):