

【附件三】成果報告（此為格式範例，詳情請見格式說明；請於系統端上傳 PDF 檔）

封面 Cover Page

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number: PMS1135771

學門專案分類/Division: 數理

計畫年度: ☒113 年度一年期 ☐112 年度多年期

執行期間/Funding Period: 2024.08.01 – 2025.07.31

表面化學課程設計：從閱讀反思到實驗教學之設計與應用

計畫主持人(Principal Investigator): 李建宏

協同主持人(Co-Principal Investigator):

執行機構及系所(Institution/Department/Program): 高雄醫學大學醫藥暨應用化學系

成果報告公開日期: ☐立即公開 ☒延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date): 2025 年 9 月 15 日

表面化學課程設計：從閱讀反思到實驗教學之設計與應用

一、本文 (Content)

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

化學除了四大必修科外，隨著材料化學與生物化學在產業與日常生活中扮演重要角色，高年級化學系學生僅能透過選修課程接觸相關內容。本課程為高醫醫化系大四選修課程，旨在協助學生銜接研究所或職場所需能力。隨著知識快速累積與更新，單純吸收知識已不足以應對挑戰，因此，培養學生的歸納統整與反思能力顯得格外重要。

本課程除了傳授表面化學核心知識外，也注重學生閱讀文獻、學習與反思的能力，並透過整理重點與歸納練習，強化學生的知識整合能力。另一方面，台灣作為半導體產業的先驅，學生在相關知識的建立上仍多依賴研究所課程；而化學本身是一門實驗科學，因此本課程設計了兩類實驗活動：電子顯微鏡操作與自組裝有機膜實驗。電子顯微鏡是半導體產業常用的儀器，我們透過實體演示與線上模擬工具，引導學生理解其重要性、操作方法與實際應用。

此外，隨著奈米尺寸材料的發展，分子層級的控制變得愈加重要。本課程透過自組裝有機膜實驗，使學生了解表面修飾方法，並探討修飾後材料表面親疏水性質的變化及其意涵。

綜上所述，本課程結合理論閱讀、文獻反思與實驗操作，期望培養學生兼具批判思考、歸納整合與實作應用的能力，呼應表面化學在學術與產業中的重要性（參考圖一）。



文獻閱讀與反思

透過文獻閱讀訓練學生的批判思考與歸納整合能力。



實驗操作與應用

透過展演與實作，加深原理理解與應用和分析評估。

圖一．本課程的兩大核心目標。

2. 研究問題 (Research Question)

基於上述課程設計的目的與動機，本研究進一步提出以下核心問題，以探討課程對學生各項能力的培養效果：

1. 課程如何提升學生閱讀文獻、歸納統整與反思能力？
 - 本問題聚焦於課堂理論內容與文獻閱讀活動的設計，旨在探討學生是否能在有限的課堂時間內有效吸收知識，並進行批判性思考。
2. 課堂討論與實驗操作活動能否增進學生的批判思考與實務整合能力？
 - 本問題強調理論與實作的結合，包括電子顯微鏡操作、自組裝有機膜實驗及線上模擬工具，探討學生在實驗過程中如何運用所學知識解決問題。
3. 本課程設計對學生未來研究所或職場準備的助益為何？
 - 本問題旨在評估學生經由理論閱讀、討論與實驗操作後，是否具備銜接研究所或職場所需的批判思考、歸納能力與實作技能。

3. 文獻探討 (Literature Review)

隨著化學知識的累積，高年級化學課程應進一步加強學生的批判性閱讀與反思能力，這些能力對未來研究所或職場表現具有重要意義。Schön (1983) 提出的「在行動中反思(reflection-in-action)」與「事後反思(reflection-on-action)」概念強調，專業人員在實踐過程中透過即時反思與事後回顧，能持續修正策略並提升專業能力。此理論為設計以文獻閱讀與學習單為核心的課程提供了重要依據。¹

Bloom (1956) 的教育目標分類指出認知領域包含六個層次：知識、理解、應用、分析、評估與創造。² 基礎化學課程通常著重於認知與理解的能力，而高年級課程則應引導學生進一步培養應用與分析能力，並逐步發展批判性思考。透過文獻閱讀與學習單練習，學生得以在理論理解之上進行分析與應用，提升高階思維技能。

此外，Smith et al. (2018) 提出的反思實踐框架指出，結構化反思能幫助學生調整學習策略、加深理解，並促進高階思維能力的發展。³ 此研究支持在課程中設置「閱讀反思」模組，以提升學生的批判性思考與歸納統整能力。

另一方面，實作實驗也是化學課程設計中的重要環節。這類活動不僅旨在培養學生從理解到應用的能力，更進一步強化其分析與評估的技巧。隨著半導體產業的快速發展，電子顯微鏡與表面化學相關知識的重要性日益提升。⁴⁻⁶ 因此，本課程特別設計了電子顯微鏡展演與自組裝有機膜實驗，幫助學生將理論知識應用

於實務操作，理解材料表面性質的變化，並在過程中發展出理論與實務並行的能力。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

本課程設計規劃主要可分為下列四個模組的方式(如表一所示)。

表一. 本課程教學的四種模組。

	傳統講授課程	期中考試	展演實驗	動手實作
課程型態	傳統授課, 共約10次	小組討論	電鏡室展演	化學實驗室手做
時間和課程進行方式	60 分鐘: 教師授課 20 分鐘: 文獻閱讀 (當週上課內容相關) 20 分鐘: 學習單完成與討論	- 情境式的題組 - 文獻的題組	- 課堂講授 - 線上模擬器介紹 - 實際儀器展演	- 課堂講授 - 實際操作
學習設計	透過知識傳授、閱讀、統整與歸納，培養學生反思能力。	透過討論與反思，將過去所學的知識進行統整與應用。	儀器操作示範搭配兩個樣品展演，幫助學生了解其使用與應用	實際製備兩組自組裝薄膜，並運用電腦軟體及手機進行接觸角測量，以了解其表面性質。

在「歸納與反思能力」的培養上，課程安排為：每週於傳統講授課程後的下半堂，進行文獻選讀與學習單練習，以訓練學生的反思與批判思維。期中考試則設計情境式問題與文獻題組，讓學生能將課堂所學應用於實際情境中，加強統整與應用能力。

此外，課程的另一重點是展演與實作實驗（表一右半部），以加深學生對傳統知識的理解並強化實務應用能力：

- **電子顯微鏡展演實驗**：先以傳統授課方式介紹，再透過模擬器加深學生理解，最後以實機展演，幫助學生更清楚掌握儀器的操作與應用。
- **自組裝有機膜實驗**：先進行概念介紹，再分兩週進行。第一週為樣品準備，第二週則利用手機搭配電腦操作兩款免費軟體，進行有機薄膜接觸角的量測，讓學生更直觀地理解表面修飾對材料性質的影響。

綜合而言，課程透過「理論講授與閱讀反思」結合理「展演與實作實驗」的模組化設計，期望在有限課程時間內同時培養學生的批判思考、歸納整合與實務操作能力。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

本研究以課程設計與學習成效評估為核心，透過「閱讀反思」與「實作實驗」雙主軸，培養學生兼具理論理解與應用實踐的能力，也透過多元評量檢驗課程設計的有效性。以下分為研究設計、執行方法與成效評估三部分說明。

一、研究設計

1. 雙核心架構

課程設計同時強調「閱讀反思」與「實作實驗」，前者聚焦於文獻閱讀、批判思維與統整能力，後者則重視操作經驗與應用能力。

2. 整合式學習

學生先透過，再進行實驗操作以驗證與深化理解，強化理論與實務的連結。

3. 多元方式的審視

課程透過學習單、期中考試（情境題與文獻題組）、實驗成果等方式進行評估，以全面檢視學生的歸納、反思與應用能力。

二、執行方法

1. 閱讀反思

- **課堂流程：**每週兩節課中，後半 40 分鐘安排文獻選讀。學生先用 20 分鐘閱讀相關主題文獻，再完成學習單。
- **學習單設計：**分為三個面向：
 - (1) 歸納文獻內容；
 - (2) 反思未能理解的部分；
 - (3) 找尋答案並進行統整。
- **課堂檢核：**教師於課堂中請學生回答並於課後收集學習單，作為學生思考深度與歸納能力的佐證資料。

2. 實作實驗

- **電子顯微鏡展演：**

先以傳統授課介紹原理，再利用模擬器加深印象，最後進行實機展演，幫助學生掌握操作流程與應用場景。
- **自組裝有機膜實驗：**

第一週進行樣品製備，第二週利用手機與電腦搭配兩款免費軟體進行接觸角量測，讓學生直觀理解表面修飾對材料性質的影響。

三、成效評估

1. 質性資料

- 學生學習單內容將進行文本分析，以歸納其在歸納統整與批判思維方面的成長。
- 課堂討論紀錄與學生反饋亦作為輔助資料。

2. 量化資料

- 期中考試中「情境題」與「文獻題組」的表現，用以檢視學生能否靈活應用所學。
- 實作實驗成果（如接觸角測量數據）將結合理論答題進行比較，評估學生是否能將操作結果與理論相互連結。

3. 整體評估

透過質性與量化資料的交叉驗證，全面評估課程設計是否能有效培養學生的閱讀反思能力與實作應用能力，並檢視其對未來研究所或職場準備的助益。

6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

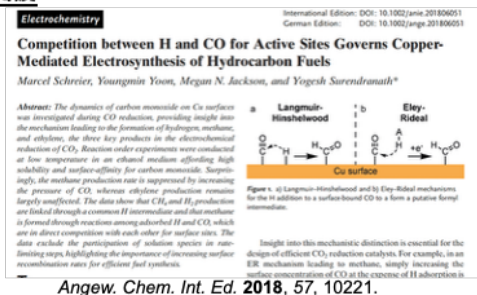
(1) 教學過程與成果

在 18 週的課程中，傳統課堂講授共安排約 10 堂，其內容如圖二所示。每次於講授表面化學知識後，皆搭配相關文獻閱讀與完成學習單的練習，以強化學生歸納與反思的能力。

傳統授課



文獻閱讀



學習單

表面化學學習單 (092624)

1. Three important points from your reading material.

培養學生歸納與統整文獻內容能力。

2. Which part don't you understand from your reading?

反思未能理解的部分，並透過反饋調整教學內容。

3. What type of mechanism do the authors demonstrate for CO reduction on the copper surface, and why do they support this explanation?

培養學生具備尋找並進行統整的能力。

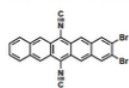
圖二. 傳統授課、文獻閱讀與學習單範例。

在大部分講授課程結束後，於第 11-12 週進行期中小組討論。此以情境式題組或文獻提組為核心，學生分組進行討論與交流，相關照片如圖三。

期中考: 情境式題組

3. Prof. Sodio synthesized the following isocyanide compounds and would like to deposit them on the Ag surface. However, he doesn't know how to characterize them, please help him to understand the surface properties.

(a) If he would like to perform an organic reaction on the isocyanide moiety, do you know any surface characterization techniques that could help him determine if the reaction has occurred?



(b) In addition, if he also deposit this ligand on the Cu and Au surfaces, but can't recall the order, please suggest a surface characterization technique that can help him identify the samples.

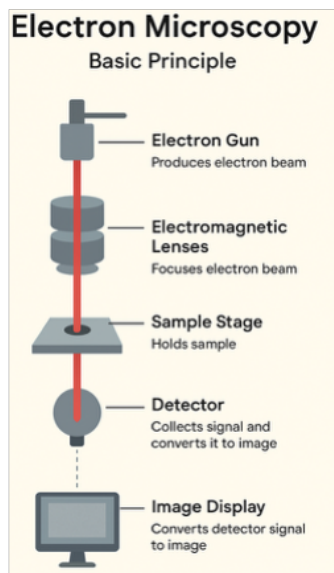
期中小組討論



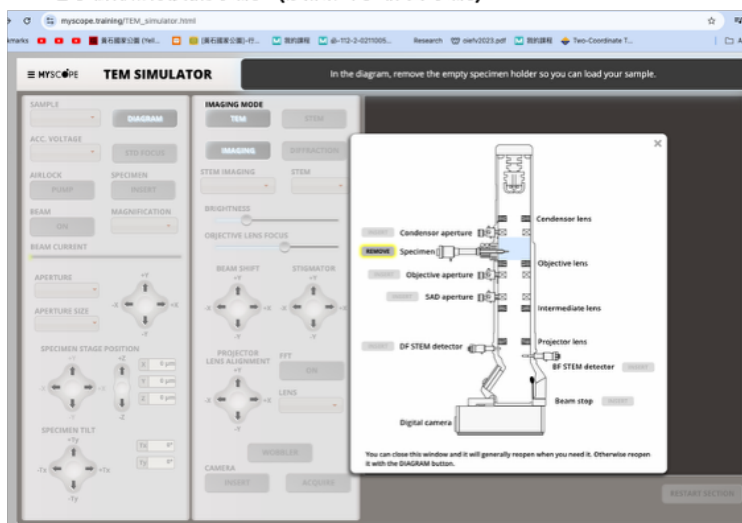
圖三. 期中討論: 情境式題組和小組討論照片。

期中討論結束後進入展演實驗以及實做實驗的課程 其中電子顯微鏡的展演實驗也分成兩週，第一週透過原理介紹和澳洲的電子顯微鏡模擬系統對學生進行相關知識的傳遞 (如圖四)。

• 基礎原理的課堂介紹



• 電子顯微鏡模擬系統- (澳洲大學聯合系統)



<https://myscope.training/>

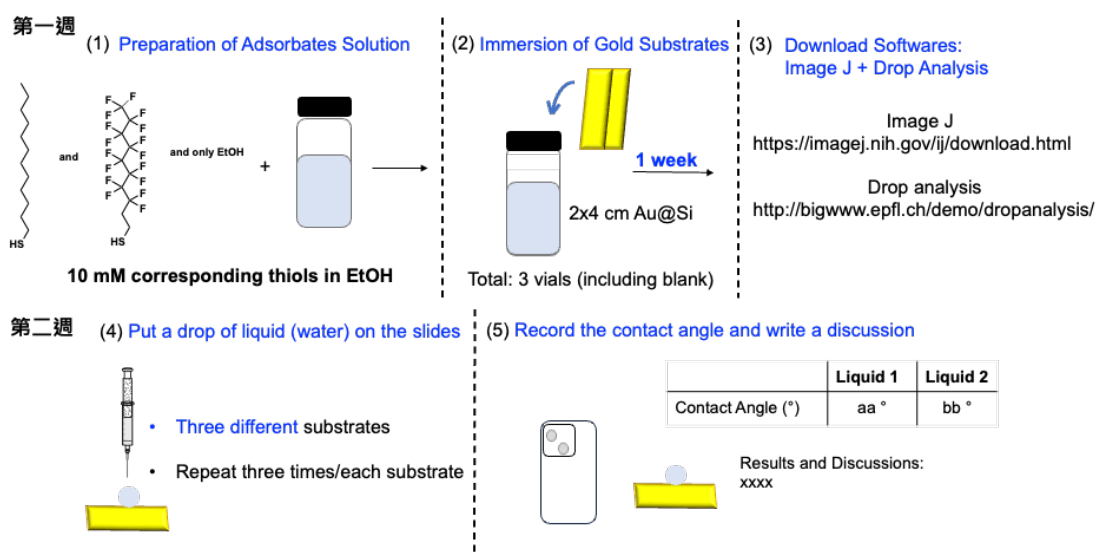
圖四. 課堂基礎原理介紹和電子模擬系統示意圖。⁷

在第二週課程中，學生以分組方式進行電子顯微鏡的實機操作與介紹，涵蓋穿透式電子顯微鏡 (TEM) 與掃描式電子顯微鏡 (SEM)。其中，SEM 展演以兩個不同國家的錢幣為範例，並搭配能量色散 X 射線譜儀 (EDS) 進行成分分析，獲得其元素組成。透過此活動，學生不僅理解電子顯微鏡在樣品大小與形貌鑑定上的應用，也進一步認識其在成分分析上的功能。此設計有助於學生將理論與實務連結，並對電子顯微鏡未來在研究與應用上的價值建立清晰認識。



圖五. 現場講解掃描式電子顯微鏡和掃描試驗子顯微鏡樣品。

另一方面，課程中亦介紹了表面張力與親疏水性相關的物理性質。首先說明結構修飾如何改變物質的親疏水性，並示範自主製備薄膜的過程；接著提供學生實際樣品，包括兩種含硫醇的有機分子與鍍金的二氧化矽晶圓。學生使用電腦中已安裝的軟體 (ImageJ 與 Drop Analysis) 進行水滴接觸角測量，透過拍照與分析，比較薄膜修飾前後表面張力的差異。^{8,9} 實驗流程如圖六所示。



圖六. 自主裝薄膜的實作和接觸角量測流程圖。

綜合以上教學設計，課程旨在培養學生閱讀、反思、歸納與批判能力，並透過實機操作與實驗操作，加深對相關概念的理解，使學生具備學以致用的能力。

(2) 教師教學反思

在本次表面化學課程中，概念講解與實務操作安排整體上成效良好，學生能理解電子顯微鏡的基本原理及表面張力相關知識。然而，反思自身教學，我發現對學生的互動與引導仍有提升空間，對個別學生的學習進度與困難關注不足，可能影響其更深入的理解與思考。

此外，學習單題目設計亦有改進空間。目前題目與理論的結合度不足，未能充分引導學生運用所學知識進行推理與分析。未來應在學習單設計上強化理論與實務的連結，透過層層引導的問題設計，促進學生批判性思考、歸納與應用能力。同時，也應增加課堂討論與互動，以激發學生參與熱情並即時回饋學習成效。

(3) 學生學習回饋

根據學生的教學評量回饋，學生普遍肯定課程設計與教師在教學上的投入(如圖七所示)。然而，從學習單的回饋結果來看，部分學生在課程中的投入程度與學習動機仍顯不足。如何有效激發並提升學生的學習動機，將是未來課程設計中需要特別加強的重要方向。

NO	學年	學期	開課序號	期中/期末	進度	大綱	協同教師	科目名稱	受評教師	選課人數	授課時數						
1	113	1	0214012	2 期末	ASCY0表面化學				1075004 李建宏	21	36						
填卷數		填卷率	平均	有效	各題平均				平均分數人數(0.5分組距)								
					題1	題2	題3	題4	題5	0~2.5	2.5~3	3~3.5	3.5~4	4~4.5	4.5~5	5~5.5	5.5~6
10		47.62	6	N	6	6	6	6	6	0	2.5	3	3.5	4	0	0	10
序號	1	2	3	4	5	平均	6是否違反性平	7違反性平選項	性別開放問題	開放問題1	開放問題3	開放問題4					
1	6	6	6	6	6	6	0	無									
2	6	6	6	6	6	6	0	無									
3	6	6	6	6	6	6	0	無									
4	6	6	6	6	6	6	0	無									
5	6	6	6	6	6	6	0	無	老師超用心，按讚								
6	6	6	6	6	6	6	0	無									
7	6	6	6	6	6	6	0	無									
8	6	6	6	6	6	6	0	無									
9	6	6	6	6	6	6	0	無									
10	6	6	6	6	6	6	0	無									

圖七. 表面化學教學評量。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

本計畫在統計學習成效的量化資料仍顯不足，顯示課程設計與評估在部分環節仍有改進空間。為此，我們已於 114-1 表面化學課程中進行補充與相關調查，並將持續採取滾動式調整，以提升課程設計的完整性與學生學習成效。

此外，隨著人工智慧 (AI) 的快速發展，未來可考慮導入 AI 輔助教學與學習分析，不僅能增強學生的學習參與度，也有助於教師即時掌握學習狀況並優化課程設計。

另一方面，在實作環節方面，接觸角量測未來可加入**動態接觸角**的實驗，讓學生不僅理解靜態表面濕潤性質，更能進一步探討表面能量、界面現象與材料特性的細微差異。此舉將有助於學生對表面性質的理解更加深入，並提升其分析與評估能力。¹⁰

二、參考文獻 (References)

1. Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books.
2. Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain*. Longmans, Green.
3. Smith, D. L., et al. (2018). A framework for reflective practice. *Journal of Practitioner Research*, 3(2), Article 6.
4. Lehmphuhl, D. W., Egbert, J. D., & Al-Mufachi, Y. A. (2003). Incorporating scanning probe microscopy into the undergraduate chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education*, 80(9), 1039. <https://doi.org/10.1021/ed080p1039>
5. UC Berkeley College of Chemistry. (2022, March 14). *New microscope technology energizes undergraduate research*. UC Berkeley College of Chemistry. <https://chemistry.berkeley.edu/news/new-microscope-technology-energizes-undergraduate-research>
6. Lam, M., Schwarz, C., Sharma, R., & Donnelly, J. (2023). *An Introduction to Scanning Electron Microscopy and Science Communication Skills for Undergraduate Chemistry Students*. *Journal of Chemical Education*, 100(7), 2802-2808.
7. Microscopy Australia. (n.d.). *MyScope: Train for advanced research*. Retrieved [091925], from <https://myscope.training/>
8. NIH ImageJ Development Team. (n.d.). *ImageJ* [Software]. U.S. National Institutes of Health. Retrieved [091925], from <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>
9. BIG (Biomedical Imaging Group, EPFL). (n.d.). *Drop Analysis* [Computer software]. EPFL Biomedical Imaging Group. Retrieved [存取日期], from <https://bigwww.epfl.ch/demo/dropanalysis/>
10. Zou, Y., Ross, N., Nawaj, W., & Borguet, E. (2024). A simplified approach for dynamic contact angle measurements. *Journal of Chemical Education*, 101(9), 3883-3890. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00146>

三、附件 (Appendix)

閱讀文獻學習單(092624)

Reading #2

Name:

Date: 26.09.2024

Student ID:

表面化學學習單 (092624)

1. Three important points from your reading material.

- ↳ Goal of the research is to investigate the mechanisms in the formation of methane, hydrogen and ethylene in the electrochemical reduction of CO.
- ↳ The experiment is unique for using ethanol at low temperatures to improve CO solubility, Cu catalyst stability and CO adsorption.
- ↳ Data analysis reveals that the Langmuir-Hinshelwood mechanism is used to form all three products on the Cu surface.

2. Which part don't you understand from your reading?

- ↳ The description of designing catalysts that would improve the rate of methane production was unclear to me.
Particularly: "catalyst materials which feature saturated CO regions adjacent to isolated H sources, such as single atom sites or oxide phases which allow for H atom spillover but do not lead to rapid H₂ production themselves".

3. What type of mechanism do the authors demonstrate for CO reduction on the copper surface, and why do they support this explanation?

- ↳ They propose the Langmuir-Hinshelwood mechanisms for formation of all three products where both reactants are first adsorbed onto the catalytic surface, then they combine to form the product.
- ↳ They support it because of the results from measuring the CO-dependent reaction kinetics for H₂, CH₄ and C₂H₄ formation.
They changed the pCO to measure the effects on product formation:
pCO ↑: H_{ads} surface concentration decreases (competitive equilibrium)
CH₄ and H₂ production decreases (LH coupling of H + CO → CH₄ and H + H → H₂)
C₂H₄ remains mostly unchanged (electron mediated LH coupling of CO_{ads} + CO_{ads} → C₂H₄)

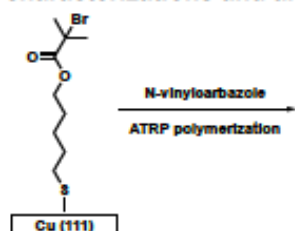
期中考-情境式題組

姓名 (Name):

學號 (Student I.D.):

期中考

1. Brian is currently conducting the surface polymerization of Cu (111) using the following initiator. He would like to understand the following information, and please use what you have learned from surface chemistry class for characterizations and also explain why you use this technique.



- (a) How can the **thickness of the polymer film** be determined?

利用 ellipsometry: 利用極化的光打在表面產生折射率不同來檢測薄膜厚度。

or

AFM: 檢測有機薄膜的高度差異

- (b) What other evidence can be used to determine **the success of the polymerization**?

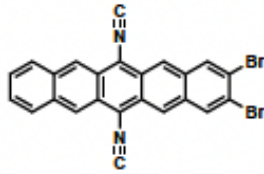
X GPC, NMR ∴ 不在液相上

1. AFM/ STM: 檢測厚度, but 為間接證據

2. FTIR: 檢測官能基

3. Prof. Sodio synthesized the following isocyanide compounds and would like to deposit them on the Ag surface. However, he doesn't know how to characterize them, please help him to understand the surface properties.

(a) If he would like to perform an organic reaction on the isocyanide moiety, do you know any **surface characterization techniques** that could help him **determine if the reaction has occurred?**



1. 利用 STM/AFM 來測化合物結構的改變。

2. IR/RAMAN: $C\equiv N$ 有特定 stretching vibration, $\therefore$ 產生 shift 則可觀察到

(b) In addition, if he also deposit this ligand on the Cu and Au surfaces, but can't recall the order, please suggest a surface characterization technique that can help him identify the samples.

1. 利用 XPS 來了解 Au 和 Cu 的物种。表面偵測

2. SEM-EDS: 原子對每個 e 的束縛力不同, $\therefore$ 可知不同物种, 並且可以建構 2D image。可偵測較深

電子顯微鏡學習單

Name

Student ID:

TEM&SEM 學習單

1. Please describe the **size and morphology** of two samples based on your observations during **TEM** measurements.

立方體

在 40 ~ 80 nm 之間

2. Please record the **elemental compositions** of each of the two samples from **SEM-EDS** experiments.

三灣: C 55% O 13% Cu 28% Ni 2% Al 2%

加坡: C 50% O 15% Cu 25% Zn 10%

3. List **three differences** between TEM and SEM instruments

TEM: 機器較大、成像 2D、高電壓、解析度較好

SEM: 機器較小、成像 3D 且可看組成物比例、
電壓較低、解析度較差。

4. Henry would like to examine **the size and morphology of *E. coli*** using an electron microscope, but he observed the **charging effect** for the first time. Please help him to resolve this issue.

在生物樣品上鍍上薄薄幾奈米的 Au or Pt,
增加導電性。

5. Do you have **any suggestions** for this demonstration?

沒有建議、我真的很喜歡這堂課、

老師都能講解的清楚明白。

有機薄膜接觸角量測學習單

Name:

Student ID:110021122

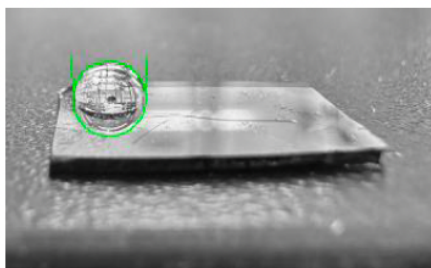
接觸角實驗學習單

(Contact Angle Experiment Worksheet)

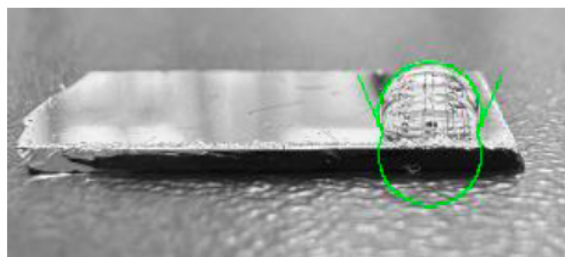
1. Drop Image Analysis

- Provide clear images of water droplets on two different substrates side by side for comparison.

Substrate 2



Substrate 3



2. Contact Angle Measurement Data

- Record the **contact angle** of **water** for substrate 1, 2, and, 3

	CA 1	CA 2	CA3	Average
Substrate 1 (blank)	87.505	79.333	83.650	83.496
Substrate 2 (Perfluorodecanethiol)	89.275	91.849	87.134	89.419
Substrate 3 (1- Dodecanethiol)	113.169	111.775	113.227	112.724

3. Observation and Analysis

- Do you observe any differences among these three substrates? If so, can you try to explain the reasons?
 - ▶ Blank (83°) < DDT (89°) < PFDT (112°), consistent with increasing hydrophobicity due to differences in surface energy.
 - ▶ The differences in contact angles could be caused by surface contamination, incomplete coating, or uneven surfaces. Dust, residues, or oxidation on the blank surface might make it less clean. For the DDT and PFDT samples, the thiol layers may not have fully formed, making them less hydrophobic than expected.

4. Improving Hydrophobicity

- If you would like to make your sample **superhydrophobic** on this substrate, **what is your plan?**
 - ▶ I would coat it with a low-surface-energy material, like a fluorinated compound, and ensure the coating is dense and uniform. Next, I would increase the surface roughness by creating tiny structures through etching or adding nanoparticles. This combination of roughness and hydrophobic coating helps water droplets stay on air pockets, making the surface repel water effectively.

5. Conclusions/Suggestions

6.

- ▶ The contact angles show that Perfluorodecanethiol is the most hydrophobic, followed by 1-Dodecanethiol and the blank surface. The lower angles might be due to dirty surfaces or incomplete coatings. To improve, clean the samples well, ensure proper coating, and make the surface rougher to achieve superhydrophobicity.