

臺灣大學普通化學實驗之回顧

張馨云、佘瑞琳*

國立臺灣大學化學系

chy037@ntu.edu.tw; *shirlin@ntu.edu.tw

■ 前言

《臺灣化學教育》電子期刊創刊於 2014 年，藉由電子數位化、網際網路無遠弗屆之特色，將全國化學教育學者之教學成果與研究心得以多元型態、快速分享至世界各地，也全面提升了我國的化學教育及學者間的交流。今 2024 年適逢創刊十週年，藉此回顧本校臺灣大學全校性服務課程「普通化學實驗」的教學現況與這三十年來之教學演變。

「化學」是科學的中心且是一門實作科學。學生經由實驗課程之動手做、動筆寫、動腦觀察與思考，培養其科學素養。臺大化學系負責全校理、工、醫、農、生命科學、電資等學院學生之普化、有機、分析、物化實驗，每年修課學生約有 4000 人，教學服務量應是全國之冠。龐大實驗教學團隊間之協調合作、實驗教學人員的培訓、自編中英文版多元實驗教學資源之發展與維護、提供友善安全的學生實驗環境、鼓勵學生樂於學習等，是我們的實驗教學重點與目標。

■ 臺大普通化學實驗教學

一、師資與學生

(一) 修課學生：背景不同、班級人數多

臺大化學系負責全校每年約 2000 位來自各學院、28 個學系學生之普通化學實驗。學生的專業領域不同、背景各異，有奧林匹亞競賽選手、也有從來沒做過實驗的學生。每週有 17-20 個實驗班，安排於 3 間各約 80 坪大的實驗室進行實驗。

(二) 教學團隊：教師、技術人員、助教與研究生助理助教

臺大普化實驗教學組主要由 2-3 位教師帶領 5 位專任助教、2 位技術人員及 50-60 位碩班研究生助理助教負責實驗教學。各班實驗藥品、器材準備及環安衛維護由 2 位技術人員負責；專任助教負責實驗講解、教學指導、報告批改與成績評定等。由於每實驗班平均約 60-70 位

學生，故另需安排 2-3 位碩班研究生助理助教協助教學指導與維護實驗安全。普化教學組教師則是負責規劃安排實驗課程、教學人員培訓、協調與解決實驗相關問題、處理環安衛及學生意外事故、推動教學改進等。

(三) 教學準備：助教職前訓練

(1) 預作實驗

化學系除了普通化學實驗尚須負責全校有機、分析及物化學生實驗，專任助教人力需求量大，但流動率高。每年新聘之專任助教需於寒暑假期間預作每一個將要進行之實驗，需如同學生進行實驗課一般，完成實驗前預報書寫、實驗中記錄數據與觀察、實驗後進行數據分析及誤差討論，以清楚了解實驗操作及數據分析之原理與細節。研究生助理助教則是於開學前預作 3~4 個重要或較為複雜之實驗，讓助理助教熟悉實驗內容、操作與實驗室環境。讓助教及助理助教依學生模式進行預作實驗，不但可以檢視學生實驗之預期結果與易發生錯誤或危險之處，也協助準備室確認實驗藥品性質及經由預作結果檢討改進實驗。

(2) 助教會議

學期中利用週五中午時間舉行普化實驗助教會議，由專任助教以公版投影片講解實驗內容及應注意事項（見圖 1），讓各助教在 20 個實驗班之教學指導盡量相同。助理助教對於未預作過之實驗也可經由助教會議之說明，掌握實驗教學指導要點。



圖 1：臺大化學系普通化學實驗公版教學投影片

(3) 教師手冊

普化教學組每學期編輯修訂《教師手冊》，彙整歷年助教教學經驗，作為助教及助理助教之教學指引。內容涵蓋：準備室配合準備事項、助教課前準備工作、實驗操作應觀察到之結

果與化學反應、實驗技能操作要點、易發生危險之操作、實驗結束後廢棄物處理、環境整理等。

(四) 教學環境：安全、友善

普化實驗共有 3 間實驗室，每間可同時容納 80 人、40 組學生一起進行實驗。以往 3 間實驗室安排相同之實驗進度，進行相同的實驗。所有的藥品、器材含備品皆需準備約 150 組，不但佔用大量儲存空間，每週一需同時替換 3 間實驗室的藥品與器材，瞬時工作量極大。因此近十年來改為 3 間實驗室分別進行程度類似的 3 個不同的實驗，以 3 週為一循環，讓學生每週換實驗室上課。如此，每一實驗僅需準備一間實驗室 50 組的藥品與器材，大幅降低實驗藥品與器材庫存量及準備工作。

普化教學組歷年來經由申請教育部「教學改進計畫」及學校「邁頂計畫」與「高教深耕計畫」經費補助，逐年、逐間改善實驗室之各項環安衛設施，如更新排煙櫃、安裝冷氣空調與風扇、設置抽氣藥品櫃及抽氣廢液桶推車儲存區等（見圖 2），讓學生化學實驗室得以符合毒化物操作場所設立標準，且更為安全與友善。



圖 2：每一實驗室之排氣櫃（左）與抽氣廢液桶推車儲存區（右）

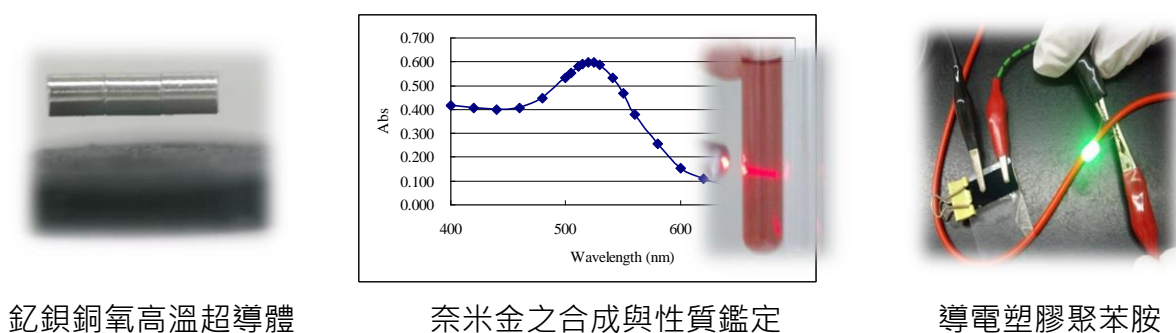
■ 臺大普通化學實驗教學資源

一、普通化學實驗教材

(一) 外系學生：《大學普通化學實驗》

臺大普化實驗使用自編教材《大學普通化學實驗》為課本，此書第一版始於 1972 年。歷經化學系多位師長，如彭旭明院士、方俊民、林英智、陳竹亭、鄭淑芬、蔡蘊明、劉春櫻、劉如熹、林萬寅、張煥宗教授等參與策劃修訂，不斷更新改版。1990 年間，收集並參考了美國十數所大學的普化實驗手冊，選擇適合的實驗並經試做與調整實驗條件，開發了「從廢鋁罐製備明礬」、「碘鐘交響曲」、「碘鐘反應—積分作圖法與活化能之測定」、「微量鈷離子之定量」、「維生素 C 之定量」等經典實驗。2000 年左右，在時任普化教學組召集人劉如熹教授之指導

下，及配合陳竹亭教授的資優生化學營計畫期間參考美國化學會期刊《*Journal of Chemical Education*》，陸續發展一系列新穎實驗，如「鈹銀銅氧高溫超導體」(She & Liu, 2008)、「氧化鈹鎔螢光粉末」(佘瑞琳、劉如熹, 2002)、「直接甲醇燃料電池」、「染料敏化太陽能電池」、「奈米金之合成與性質鑑定」(佘瑞琳等, 2004)、「導電塑膠聚苯胺」(張芫睿、佘瑞琳, 2019)、「誰是口水王」(張馨云、佘瑞琳, 2016)、「觸媒與催化效應」(趙益祥、佘瑞琳, 2018)等。讓臺大的普化實驗朝向多元、微量、材料及統整型實驗發展 (見圖 3)。



鈹銀銅氧高溫超導體

奈米金之合成與性質鑑定

導電塑膠聚苯胺

圖 3：臺大化學系普通化學實驗之材料化學統整型實驗

《大學普通化學實驗》(臺大化學系, 2013) 目前出版至第 15 版 (見圖 4)，共有 21 個實驗，17 項實驗技能。內容涵蓋基礎化學、定性與定量分析化學、動力學、熱力學、電化學、有機化學及新穎材料化學實驗。由於普通化學實驗是學生進入大學的第一門化學實驗課，對於實驗操作、裝置架設並不熟悉，因此本書以實作示範照片搭配實驗步驟、全彩印刷方式呈現，幫助學生理解與學習。全學年普化實驗共安排約 18 個實驗，第一學期實驗以基礎實驗技能操作訓練及印證化學原理為主，第二學期實驗則以材料化學、統整型實驗為主。

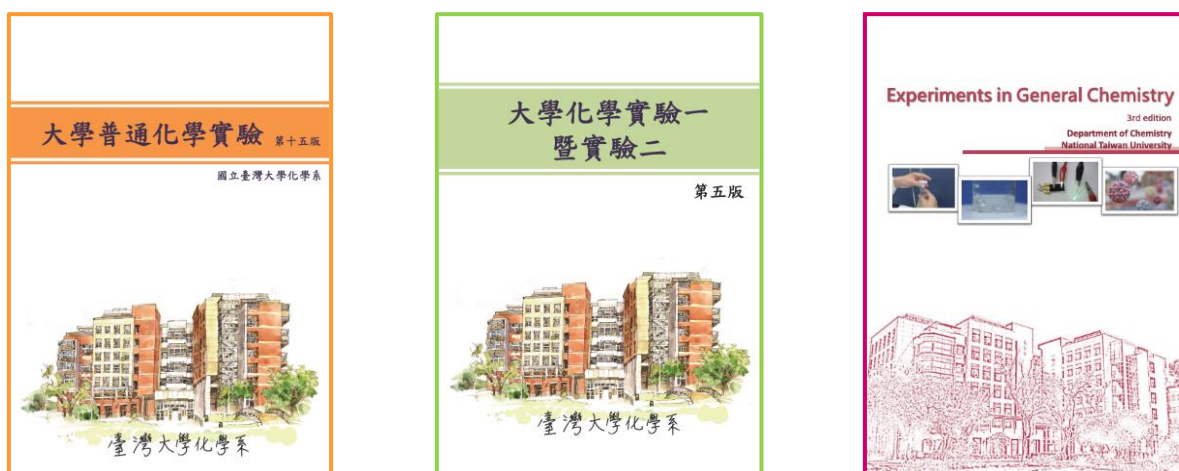


圖 4：臺大化學系普通化學實驗自編教科書

(二) 化學系：《化學實驗一暨實驗二》

本系陳竹亭與蔡蘊明教授為讓化學系學生了解：在研究室進行之實驗，是由合成到性質分析、鑑定一氣呵成的統整型實驗，著手規劃將化學系學生實驗由傳統的以普化、有機、分析、物化領域劃分實驗的學習模式，改為化學實驗一、二、三、四、五、六。將有機化學與分析化學實驗整併於二年級的化學實驗三與四中，並於 2000 年開始實施。關於此統整型實驗課程之施行成效，本系與臺灣師範大學邱美虹教授合作，執行了三年評鑑計畫。部分之評估成果，曾陸續於國際會議 (Chen et al., 2008) 及《*Journal of Chemical Education*》發表 (Chen et al., 2013)。

化學系一年級學生使用《化學實驗一暨實驗二，第五版》(臺大化學系，2013) 為課本，共有 26 個實驗。此書是以既有的普化實驗為主，再加入數個原安排於二年級之定量分析實驗與 4 個有機化學基礎技能實驗，讓學生提前於一年級先行學習操作。如此於大二修習化學實驗三、四時，可直接進入有機合成與分析等進階實驗。各實驗內容與對應之化學核心概念如表 1、2 所示。

(三) 英語專班及國際學生：《Experiments in General Chemistry》

因應國際化聲浪與日益增加之國際生，本系於 2009 年出版自編英文版實驗課本，以此《*Experiments in General Chemistry, 3rd Ed.*》(National Taiwan University, 2013) 作為國際生與實驗英語專班學生之實驗參考。在教育部推動全國大專院校全英語授課之趨勢下，英文版實驗課本的需求量日益增加。今 (2024) 年普化教學組已經完成第四版的初步修訂，預計 9 月出版，以呈現更完整且實用之英文版實驗內容。

表 1 第一學期實驗對應之化學核心內容與實驗技能

實驗名稱	核心內容與實驗技能
化學實驗安全講習	化學實驗安全規範、個人防護裝備、消防急救設施與緊急演練
第一組陽離子定性分析	酸鹼鹽之平衡、沉澱反應、氧還反應、錯合反應、石蕊試紙、離心分離
化合物化學式的決定	計量化學、氧還反應、秤量、氫氣製備
氮氣之莫耳體積	計量化學、限量試劑、理想氣體方程式、秤量
反應熱之測定	熱化學、赫斯定律、卡計、酸鹼中和熱、溶解熱、氧還反應熱
維生素 C 之定量	計量化學、氧還反應、滴定、吸量管
碘鐘實驗 - 碘鐘交響曲	化學動力學、初期反應速率法、反應速率測定、吸量管
從廢鋁罐製備明礬	計量化學、氧還反應、兩性化合物、養晶、過濾

微量鈷離子的定量	配位化學、比爾定律、介電常數、系列稀釋、吸量管、容量瓶、分光光譜儀、作圖
緩衝溶液	緩衝溶液、緩衝容量、藥品配製、吸量管、容量瓶、pH 計、作圖

表 2 第二學期實驗對應之化學核心內容與實驗技能

實驗名稱	核心內容與實驗技能
第二組陽離子定性分析	酸鹼鹽之平衡、沉澱反應、氧還反應、錯合反應、石蕊試紙、離心分離
溶度積之測定	計量化學、難溶鹽之平衡、溶度積、當量點與滴定終點、沉澱滴定、過濾
碘鐘實驗 - 反應級數與活化能	化學動力學、反應速率、積分作圖法、阿瑞尼斯方程式、觸媒、吸量管、作圖
電位滴定法之應用	酸鹼標定與滴定、酸解離常數、藥品配製、pH 計、吸量管、作圖
有機分子模型	有機化學、化學式、異構物、構形異構物、立體異構物、球棍模型、填充模型、電腦模擬軟體
導電塑膠聚苯胺	聚合物、電化學氧化聚合、化學氧化聚合、電致變色、導電性測試、三用電表
指示劑與螢光劑之合成	有機化學、酸鹼指示劑、螢光劑、聚合物交聯反應、紫外光燈
金奈米粒子之合成	奈米材料、表面電漿共振波帶、氧還反應、膠體溶液、廷得耳效應、分光光譜儀、回流裝置
高溫超導體之製備*	計量化學、高溫超導體、固態反應法、麥斯納效應、壓片機
萃取*	有機化學、溶解平衡、酸鹼反應、分液漏斗、減壓濃縮
再結晶與熔點測定*	有機化學、飽和溶液、溶解度、再結晶、共熔點、熔點測定
簡單蒸餾與分餾*	有機化學、拉午耳定律、沸點、共沸物、蒸餾、分餾
層析法*	有機化學、萃取、薄層層析、管柱層析、紫外光燈

* 化學系學生差異實驗。

二、普通化學實驗數位教學資源

(一) 普通化學實驗中英文教學網

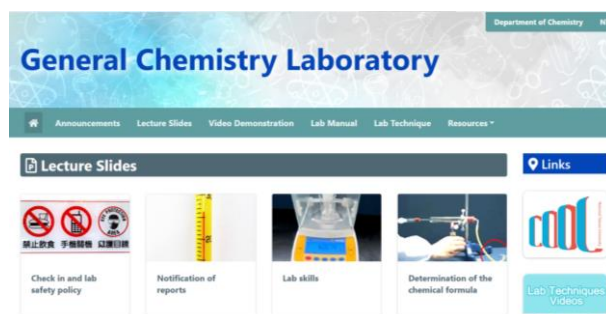


隨著數位教學及網際網路的興起，普化教學組製作一系列實驗數位教材建置於實驗教學網站，讓學生可以隨時預習與複習實驗，提升學習成效（見圖 5）。網站除了公布例行之實驗

進度與請假規定等，瀏覽人次最多的是下列 3 項。



<https://teaching.ch.ntu.edu.tw/gclab/>



<https://teaching.ch.ntu.edu.tw/gclab/en/>

圖 5：臺大化學系普通化學實驗中、英文網站

1. 基礎化學與有機化學實驗技能示範影片

普化教學組與教務處數位媒體組岳修平教授跨域合作，於 2003 年起以 3 年的時間陸續錄製一系列的化學實驗教學示範影片，分為基礎化學實驗技能、基礎有機化學實驗技能及完整實驗示範影片三大類，幫助學生學習正確的實驗操作。隨後並將這些實驗示範影片建置於普化實驗教學網（截至 2024 年 2 月已有 107 萬人次點閱），提供給學生及社會大眾隨時可參考使用。這幾年為提升實驗教學國際化，在蔡蘊明教授的協助校閱下，25 支基礎化學與有機化學實驗技能示範影片均經編寫加上專業英文字幕，以增進國際生對實驗技能操作之理解。

2. 實驗教學投影片

為了幫助學生了解各實驗裝置之架設與操作流程及讓 20 個實驗班之教學內容一致，普化教學組製作搭配實驗相片的中英文版教學投影片，作為助教講解實驗用。目前普化實驗教學網有 37 個中文實驗投影片，28 個英文實驗投影片，其中也包含化學實驗安全講習、實驗數據處理與報告書寫、實驗技能彙整等內容。

3. 精簡版實驗教材

臺大普化實驗教學網收錄了歷年來所研發的實驗教材，如溶解度法則、酸鹼指示劑、亨利定律常數之測定等等。藉由普化實驗教學網，將精簡版實驗教材提供給社會大眾參考使用，以推廣實驗教學成果（<https://teaching.ch.ntu.edu.tw/gclab/lab-demo.html>）。

（二）臺大 NTUCOOL 教學平台

臺大自 2019 年啟用了自開發的全校性影音教學平台 NTUCOOL，提供給課程教師與學生使用。普化教學組運用此平台，將實驗之數位教學資源建置於各班課程平台，方便學生預習、

複習，增進學生學習意願。也藉由此教學平台進行課程通知、線上測驗、問卷調查，繳交報告等，促進師生互動。

鑑於實驗教學經驗需要傳承，2018-2020年間，普化教學組錄製了一套「資深助教實驗講解示範影片」(未公開於普化實驗教學網)。這套影片是在實驗室現場收錄資深助教之實驗講解與示範，再經由教學設計師剪輯後製及資深講師校閱後完成(見圖6)。這套影片製作的目的是讓新進助教或助理助教可於課前瀏覽，觀摩資深助教之教學。此影片也放置於各實驗班的 NTUCOOL 課程平台，提供給修課學生預習參考。

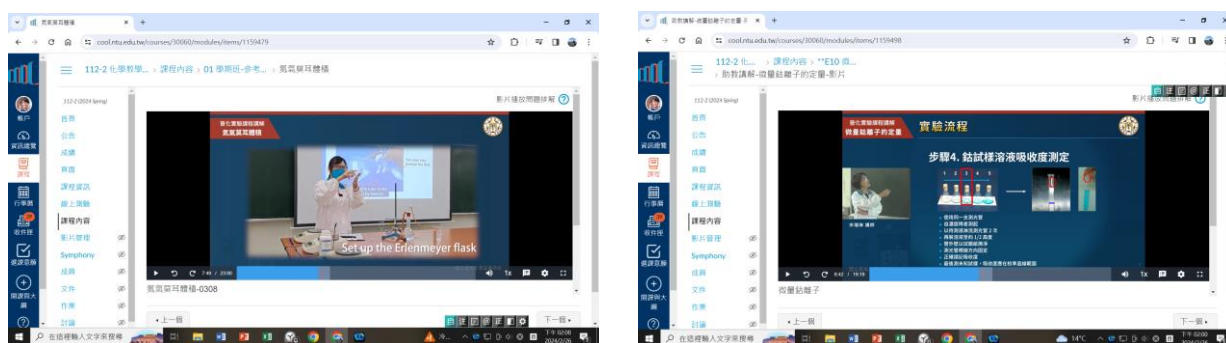


圖 6：資深助教/講師實驗講解示範影片

■ 結語

一、普通化學實驗教學資源多元化

(一) 由定性、定量分析實驗至統整型材料實驗

臺大普通化學實驗從三十年前比較偏向定性分析之實驗，逐步走向定量分析與儀器分析實驗。後續開發了一系列以合成新穎材料為主題的統整型實驗，如鈇銀銅氧高溫超導體、奈米金之合成與性質測定、導電塑膠聚苯胺等實驗。各實驗的反應條件也經由不斷地測試調整降低藥品用量、回收再利用等，以達到減量、減廢，永續發展的目標。

(二) 由紙本文字至圖示、數位、多元教學資源

臺大普通化學實驗課本採文字搭配實物彩色相片之方式呈現，增進學生對實驗操作與儀器架設之理解。普化實驗教學組拍攝製作的各種實驗教學示範影片及中英文版投影片，讓實驗素材更為多元。普化實驗教學網之建置，不僅推動網際網路數位媒體教學，更將我們的實驗教學資源與成果推廣到全國甚至世界各地。

二、普通化學實驗師生結構與課程設計

(一) 核心內容與基礎訓練

由於高等教育發展趨勢，各系紛紛調降基礎課程必修學分數以及早進入專業領域課程。許多學系陸續將普通化學與實驗改為不修或選修，或者將一學年課程改為一學期。因此近幾年普通化學實驗人數自以往的 2500 人漸減至約 2000 人，僅修一學期實驗的學生人數佔比提高至約 3/4。因此我們需要調整課程設計，以將普通化學核心內容和重要之實驗技能訓練涵蓋於一學期的實驗課程中。

(二) 延伸探究型實驗

值此教學走向自主學習、探究與實作之際，普化實驗教學需思考如何讓 2000 位背景不同、專業領域不同、學習程度不同的實驗學生，先建立紮實的實驗操作基礎、學習科學性報告之記錄、書寫及數據分析，再進而讓 108 課綱薰陶下的學生有更多的自主探究與自由度。這或許可在學年班的第二學期，於既有的實驗架構下，如電位滴定實驗或陽離子定性分析實驗，進行延伸探究。也可安排實驗成果分組報告，加強學生團體合作與表達能力。但這些教學設計均需要在現有的教學人力、實驗時間、學生人數間取得平衡。

(三) 循序漸進之全英語授課

英文版實驗課本與實驗教學投影片，不僅幫助國際生的學習，這幾年普化教學組也開始在全學年化學主修科系的實驗班，如化學、化工、材料、農化等系以英文版投影片講解實驗課，讓學生逐步熟悉化學英文專有名詞。普化教學組於 2020 年起開設普化實驗英語專班，讓國際生及英文程度佳的學生在全英語環境中學習化學實驗。這二年由於本系新進姜昌明助理教授及林至闓專案助理教授的加入，普化教學組每學期開設 2 個實驗英語專班。由教學意見調查顯示：二位老師專業且親和的英語授課方式頗受學生之歡迎與好評，英語專班的修課人數也日益增加且接近滿班，讓學生更勇於嘗試修習全英語授課之專業課程。

(四) 完整之實驗教學團隊

臺大是全國大專院校中化學實驗修課學生人數最多的學校，化學系負責全校化學實驗課程，需要完整且紮實的實驗教學團隊。需要技術人員負責準備龐大藥品與維護器材，需要具有教學熱忱與專業的第一線教學助教與助理助教，需要具專業研究領域的教師一同參與以帶領實驗教學持續發展。另外，也需要穩定足夠的經費支助，以維持實驗教學品質、維護學生實驗之環安衛環境，如此學生化學實驗教學才能安全、穩定發展，吸引學生之學習。

全國大專院校各校的師生結構不同、教學環境不同，化學實驗教學的規劃安排與重點各異。相同的是有一群熱忱的教學人員默默的投入實驗教學，為培育全國大專生基礎化學科學素養努力著。僅以此文感謝大家的付出。

■ 參考文獻

- 佘瑞琳、張英德、張煥宗、陳竹亭 (2004)。金奈米粒子之合成及鑑定 - 統整型化學實驗實例。
化學，62，563-568。
- 佘瑞琳、劉如熹 (2002)。適用於普通化學實驗之材料化學實驗 - $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ 螢光粉末之製備。
化學，60，273-279。
- 張芫睿、佘瑞琳 (2019)。導電塑膠聚苯胺的製備和測試。*臺灣化學教育*，31。取自
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=34127>
- 張馨云、佘瑞琳 (2016)。微量化學實驗：誰是口水王—酸鹼性和溫度對澱粉酶催化效率之影響。*臺灣化學教育*，14。取自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=17345>
- 臺大化學系 (2013)。大學化學實驗一暨實驗二，第五版。臺北市：臺灣大學。
- 臺大化學系 (2013)。大學普通化學實驗，第十五版。臺北市：臺灣大學。
- 趙益祥、佘瑞琳 (2018)。觸媒對過氧化氫分解反應之影響。*臺灣化學教育*，23。取自
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=26406>
- Chen, H. J., Chiu, M. H., She, J. L., & Tsai, Y. M. (2008). Using on-site assessment to evaluate student performance in an integrated chemistry laboratory program, *20th Biennial Conference on Chemical Education (BCCE)*, July 27-31, 2008, Indiana, U.S.A.
- Chen, H. J., She, J. L., Chou, C. C., Tsai, Y. M., & Chiu, M. H. (2013). Development and application of a scoring rubric for evaluating students' experimental skills in organic chemistry: an instructional guide for teaching assistants. *Journal of Chemical Education*, 90 (10), 1296-1302.
- Department of Chemistry (2013). *Experiments in General Chemistry, 3rd Ed.* Taipei: National Taiwan University.
- She, J. L., & Liu, R. S. (2008). A simplified synthetic experiment of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ superconductor for first-year chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 85(6), 825-826.

■ 致謝

感謝教育部科技顧問室長期以來推動「提升實驗教學品質計畫」，及近十餘年來之「邁頂計畫」、「高教深耕計畫」等，給予臺大普通化學實驗之經費支持與肯定。感謝化學系歷年來師長及助教們對實驗教學投入之熱忱與心力。