

化學 多元選修+

第一期

跨界

化學科 × 工研院

工研院電池技術大革新 P02

特色課程

我的人文化學實驗課 P06



本期刊物電子檔

#1



55401N2/A/000000



龍騰文化



康熹文化



工研院電池技術大革新——

從電池基本原理尋找其
安全性與壽命的解決方案

工研院



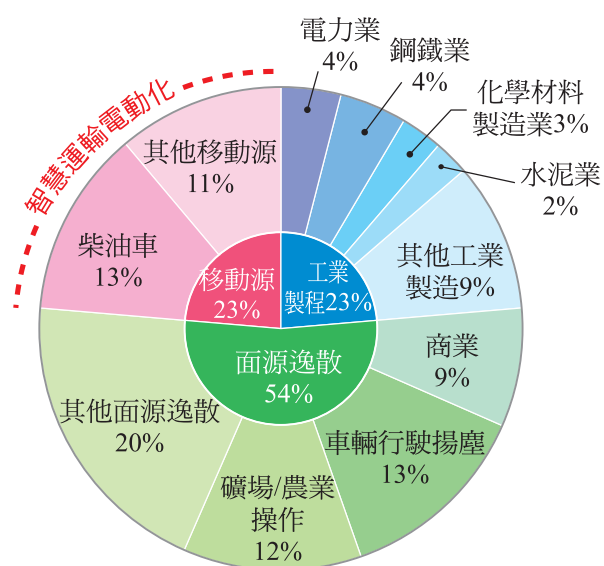
+ 前言

工業技術研究院是國際級的應用科技研發機構，擁有超過六千位科技研發尖兵，以科技研發，帶動產業發展，創造經濟價值，增進社會福祉為任務。自 1973 年成立以來，累積逾兩萬六千件專利，並新創及育成超過 300 家公司。面對不斷改變的世界，工研院持續深耕前瞻性、關鍵性的技術，聚焦於智慧生活、健康照護、永續環境等跨領域整合，以創新科技研發，謀求人類福祉，為產業社會帶來更美好的未來。

+ 電動緣起

現代人對未來世界的美好想像，「綠能」與「智能」是兩大主軸，而其背後的一大重要支撐是電能的有效管理。

未來世界不只是 3C 產品要繼續使用電，很多地方改成電動將會更加方便，同時也避免化石燃料對環境與健康的危害。以交通運輸為例來看，若能將其改成電動車，將可減少細懸浮微粒 PM_{2.5} 將近 1/4（圖一），對環境與人類健康大有幫助。



▲ 圖一：全國原生性 PM_{2.5} 各行各業排放量分布圖

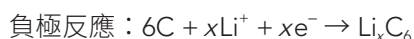
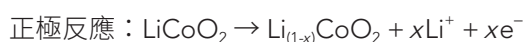
既然如此，那為什麼現在不即刻全面換用電動車？

無法全面更換的原因有很多，現實生活中，加油站系統非常普遍，加油過程也很簡單容易不用花太多的時間；但若要更換，目前充電站的數量尚無法應付大量的電動車。其次，充電需要花時間，如果每次充電都要花上數個小時，依照現代人的生活習慣與耐性，可能沒有人願意等。

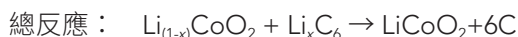
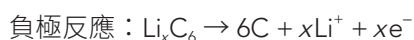
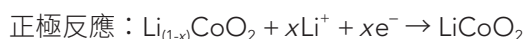
除了上述原因，仍有許多其他因素待克服，因此有不少研究員會針對這方面去思考如何突破現實困境，以達成美好未來的想像。這裡就讓我們對未來世界中的一個小而關鍵的角色——電池，對其多點了解，並看看國人在這方面的研究突破。

十 電池基本原理

當今的充電電池多數是鋰離子電池，它在充電的過程中，加在電池兩極的電壓會迫使正極的化合物釋放出鋰離子 (Li^+)，嵌入負極分子排列成片狀結構的碳當中，常見的正極材料主要成分為 LiCoO_2 ，以它為例，兩極的反應理想如下：



在使用的時候則是放電 (discharge) 過程，兩極的反應則是上述的逆向反應。



在這過程當中會產生熱讓電池的溫度提升，因此反應速率會隨之越來越快，如果沒有機制讓反應停下來，就會造成熱失控 (thermal run away)，讓熱不斷累積、溫度一直飆升，反應越來越快，非常危險。面對這些情況，有什麼方法可以提升電池的容量、提高安全性呢？

一、鋰離子電池防爆金鐘罩

全世界研究鋰離子電池的人都在這些問題上不斷琢磨，有的人從正負極或隔離膜下手，有的人從電解液下手，但都是很局部、單一的解決問題。或者有人想換用別的材料一試，但鋰離子電池的研發經過好幾十年的累積，技術已經相當成熟，其他材料還有許多基本問題需要面對，不見得會比較好。

這裡介紹的是工業技術研究院（工研院）團隊，針對當今鋰離子電池的安全性、使用壽命，乃至材料的循環再利用，所提出的一個全面性的解法！最早工研院的研究團隊切入點是針對鋰離子電池的安全性來思考，想要預防電池爆炸有兩種做法：

1. 從電池內部著手，利用 PE 或 PP 塑膠材質做成隔離膜隔開正極與負極，當電池過熱時，隔離膜的細孔會收縮阻擋離子進出正負極。
2. 外部控制法，是在電池過熱的時候以斷電保護機制來降低電池過熱的風險。

工研院的材料與化工研究所的潘金平組長過去曾經開發出一種兼具韌性、柔軟度、高耐熱的「寡聚物」。後來他率領團隊轉入進行電池安全性研究時，猜想寡聚物也許可防止電解液洩漏所引發的爆炸，於是便開始嘗試。

寡聚物

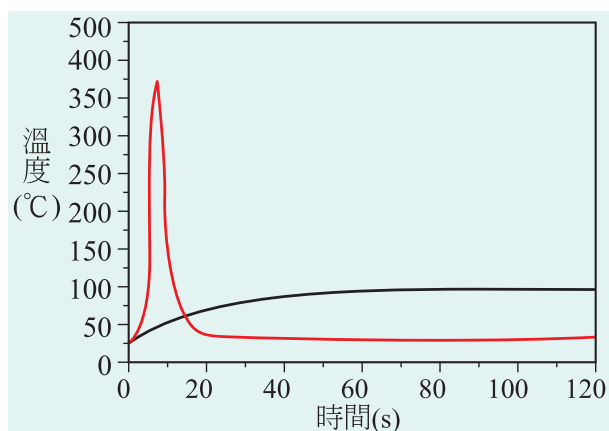
大家可能對「聚合物」這個名詞比較熟悉，這是指由許多相同或不同結構單元 (structural unit) 以共價鍵結合而成的化合物，這又被稱為高分子。如果該聚合物的結構單元僅有幾個或幾十個，則稱之為寡聚物或低聚物 (oligomer)。

經過多次實驗後，團隊發現研發出的寡聚物附著在一遇到高溫就會釋放出氧氣的正極材料上，可以減緩氧氣外洩的速度研發出一種具有高分歧結構、高規則性的奈米級化合物，他將此命名為「自身終止高分歧寡聚物」(Self Terminated Oligomers with hyper Branched Architecture，簡稱 SToba)。

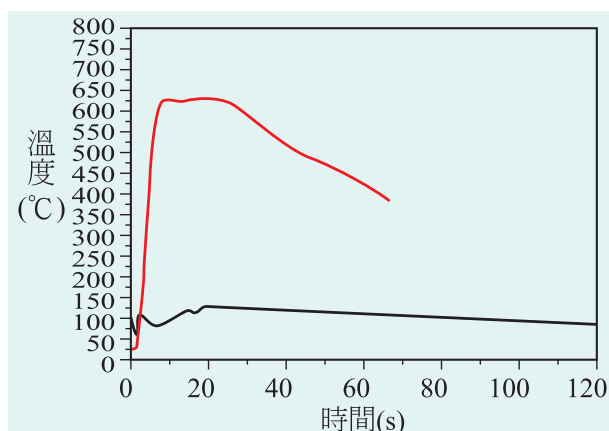
自身終止高分歧寡聚物 (SToba)

1. 外觀形狀類球體或類碟型結構，尺度約為 30 nm ~ 70 nm。
2. 高分歧結構：指它具有複雜的樹枝狀結構，在其圓球內部並非實心，而是有極多的分枝結構，包括碳碳雙鍵、苯基、羰基、亞胺基、胺基、雙酮基和簇團型氫鍵等多功能性基團，可以根據需要引入不同的官能基而讓它具有特定的化學反應功能。
3. 高規則性是指它的分子量分布範圍穩定，並非雜亂無章的樹枝狀結構。

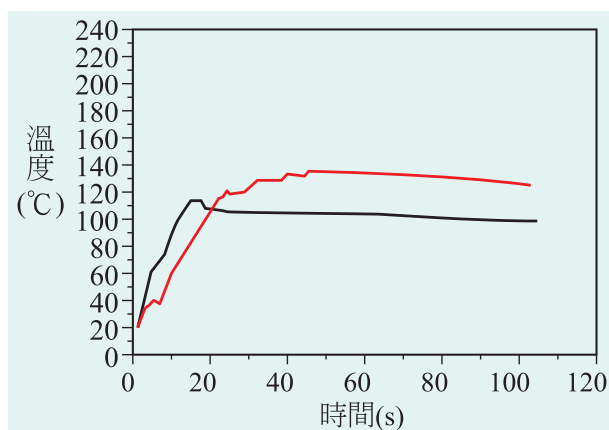
STOBA 可以很容易的加到鋰離子電池中，且其在特定的溫度、電壓與電流情況下才會啟動，遇熱時其末端的官能基會互相反應，造成整個樹枝狀結構內縮，甚至還跟隔壁的 STOBA 分子鍵結，連成一大片的立體網狀保護膜，可以完整封閉電池內部離子流動的空間，有效解除電池爆炸的危機，堪稱內部「奈米級的保險絲」（圖二）。



(a) LiCoO₂ cells



(b) LNCM cells



(c) LiFePO₄ cells

▲圖二：紅色線是未使用 STOBA 材料技術的溫度變化，黑色是使用 STOBA 材料技術後的溫度走勢。

二、電池面膜延長 10 年壽命

電池還有個問題是，電極與電解液相介面的鋰離子在第一次使用時會發生一項不可逆反應，而在電極上形成一層膜覆蓋住電極，這稱為「固體電解質介面」（Solid Electrolyte Interface，簡稱 SEI 膜），此時會耗損掉部分的鋰離子，隨著使用時間的增加，鋰離子會越來越少，電池容量因此衰退。

而研究團隊雖肯定 STOBA 的奈米保險絲功能，不過當 STOBA 要與極板結合，還是要靠黏結劑 (binder)。持續的研究發現 STOBA 慢慢會跟黏結劑互溶在一起，互相改變對方的結構。因此，團隊再根據 STOBA、黏結劑與極板的化學結構，針對其官能基的特性設計出 Chem SEI Linker 材料，巧妙的在電池各組合成份（電極活物材料、導電碳材、黏結劑等）之間，扮演機能區隔與匹配定位的主導角色，並且提供各層介面間應力緩衝及機能保護的作用，使組合成分能各司其職而不互相影響。

這相當於是一層人工製作的化學 SEI 膜，上面具有奈米級的多孔結構，在正常狀況下有高離子穿透率，同時也有化學穩定的作用，避免 SEI 膜繼續增長，這就像幫電池敷上一層永保青春的面膜，讓電池壽命可達 10 年以上。而當溫度超過 150°C，孔洞則會因為熱而閉鎖，形成一個防護層，避免熱失控而引起爆炸。因此同步解決電池安全性與壽命兩大問題（圖三）。



▲圖三：設計研發出可一體成型具多重機能之特殊組合結構體 - ChemSEI Linker

研究團隊接著再研發出具有韌性、耐碾壓和穩定性高的化學 SEI 膜電極極板 (Chemlinkbat electrode)。由於其柔軟性增強，可使電池能量密度提高 40%、電池容量也提高 10%，電池阻抗則降低 10%。

由於這種材料的能量密度高，當其重量降低，電池將能夠更加輕薄，而電池循環壽命也超過 4000 次以上。透過上述技術，可打造兼具高能量、高壽命與高安全性的電池系統。而所用的材料也加入易拆解、可回收的關鍵結構分子，當鋰離子電池回收時，只要透過光、熱、電等能量的轉換觸發黏結劑分子結構的降解，便可達到極板材料自我分解的效果，有助於材料的循環再利用。

+ 榮耀、肯定與實踐

工研院在這方面的研究是個漫長的研發歷程，所幸研究成果一直獲得專業的肯定，STOBA 技術在 2009 年得到「全球百大科技研發獎」(R&D 100 Awards)，2010 年得到行政院「傑出科技貢獻獎」等殊榮。ChemSEI

Linker 也在 2016 年獲得國家發明創作獎銀牌，並在 2017 年獲得「全球百大科技研發獎」。

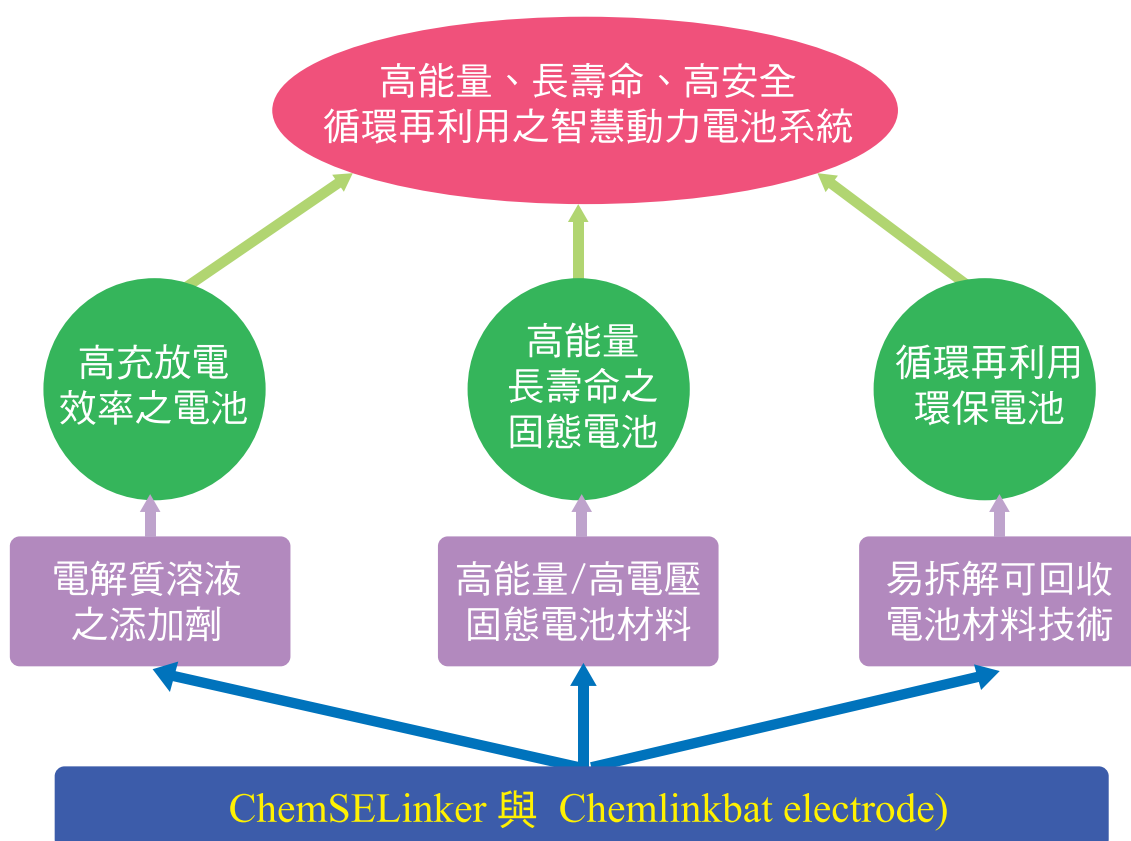
目前這些技術已經吸引國內外廠商的注意，有不少技術移轉、授權的案子，甚至還有衍生公司（臺灣適多博公司）的產生。

而在電池的各種可能的應用當中，主要選定為特別重視安全性、高功率的電動車、電動巴士為目標，工研院積極串連整合上中下游的相關廠商，盼能使電動車輛行駛續航力得以倍數增長，充電快速且安全性也大幅提升，屆時相信電動車將快速普及，這個世界將越發接近我們的理想（圖四）。

+ 參考資料

圖一：衛生福利部國民健康署

技術深化與衍生加值



▲ 圖四：理想目標

以人文涵養與化學結合

我的人文化學 實驗課

國立科學工業園區實驗高級中學

謝道任老師

教育部高中化學學科中心

taotao@nehs.hc.edu.tw

十 前言

「葉脈書籤」和「隱形墨水」是大家耳熟能詳的實驗。以葉脈書籤為例，只要在搜尋引擎中鍵入關鍵字，就可找到非常豐富的做法和教案，一般可以應用在國小的美勞課或國中資源班的訓練課程。但實際在多元選修課中安排此課程才發現親手做過的學生比例卻很低，大多數的學生反應有聽過但沒做過，或者並非自己完成全部步驟，例如：老師先將葉子煮軟，學生僅做刷出葉脈的部分。

而隱形墨水，一般大家所熟知的是用棉花棒沾檸檬汁在白紙上寫字，乾燥後紙上看不到字，完成了「無字天書」，因為檸檬汁中有許多碳水化合物，把紙拿到火附近或用白熾燈泡烤一烤，碳水化合物分解只留下黑色的碳，於是字就浮現出來了。不過這次所用的隱形墨水可不簡單，有多種型式。把充滿人文情懷的作業與這些簡單的化學實驗結合，便能體會化學的文青氣息，更可以展現強大的化學能量。

十 課程規劃 I

一、「葉脈書籤」教學流程安排

課程名稱：葉脈書籤

主要內容：(1) 上課時：至少刷出一片美麗的葉脈書籤

(2) 上課後：完成教師節感恩創意作業

實驗時間：2 節課

相關概念：脂質溶於強鹼。

進行葉脈書籤實驗第一步便是收集樹葉，常用的樹葉如：菩提葉、桂花葉、馬拉巴栗葉（俗稱發財樹）較容易取得（圖一），而要做出楓香或楓葉的葉脈書籤則具有難度（圖二）。我在 9 月中採集「菩提葉」，但因秋天落葉和病蟲害的問題，品質不甚佳，可是其他如桂花葉、馬拉巴栗葉則沒有問題。採集回來可以暫放冰箱，即使時間久了呈現自然乾枯的菩提葉在氫氧化鈉溶液中浸煮，仍可以刷成葉脈書籤（圖三）。

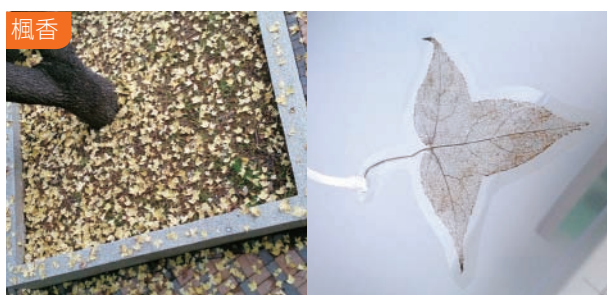
二、實驗小撇步與問題討論

1. 配製 5% 的氫氧化鈉水溶液 200 克。
2. 將帶柄的菩提葉浸泡其中，以酒精燈或本生燈加熱維持 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，浸煮 30 ~ 40 分鐘。待綠色葉子轉變成褐色，即可以鑷子取出，放至錶玻璃凸面上（圖四）。
3. 在自來水下用牙刷輕輕將軟化的葉肉刷去，露出葉脈部分。
4. 清洗乾淨，平鋪於紙上待其自然風乾便成了美麗的葉脈書籤（圖五）。

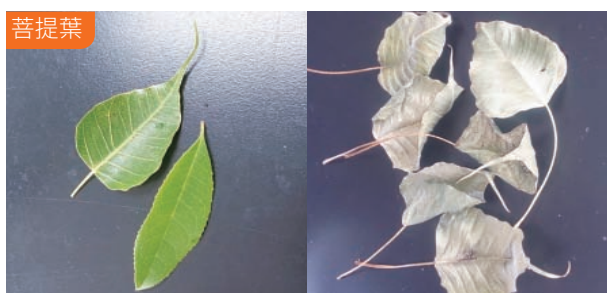
以上是我實際測試將葉子煮透能刷成葉脈書籤的最佳時間與溫度，有時沸騰太久反而適得其反而讓葉脈煮爛掉。或者可以觀察葉柄是否自行脫落或以牙刷輕敲，若很容易就敲（刷）出綠褐色葉渣，接下來就很容易將樹葉兩面都刷乾淨，必要時沖沖水。



▲ 圖一：左為桂花，右為馬拉巴栗，其葉子均很合適做成葉脈書籤。



▲ 圖二：落英繽紛，滿地楓香。楓香葉脈書籤超美麗，但不容易製作



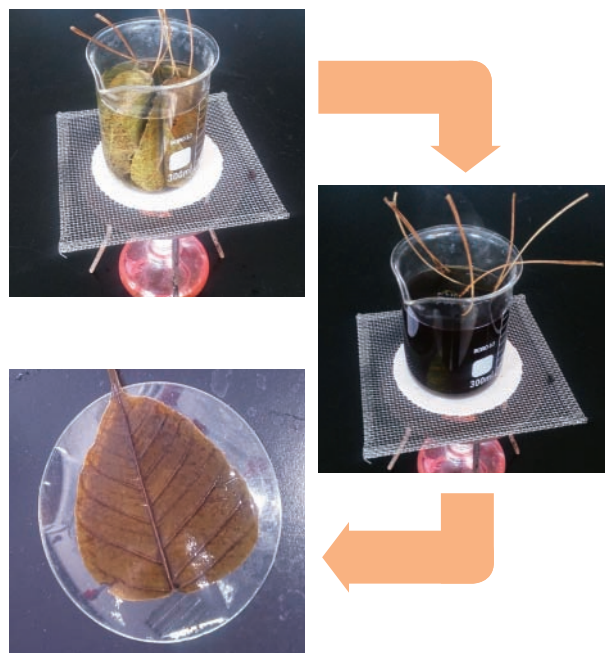
▲ 圖三：放在冰箱自然乾枯的菩提葉（右）仍可以做成葉脈書籤

如果無法刷掉葉肉組織，就放回氫氧化鈉水溶液中再浸煮一下，不妨試著做做看。也可以煮好葉子放在清水罐裡保存，放 1 ~ 2 週仍然可以使用。

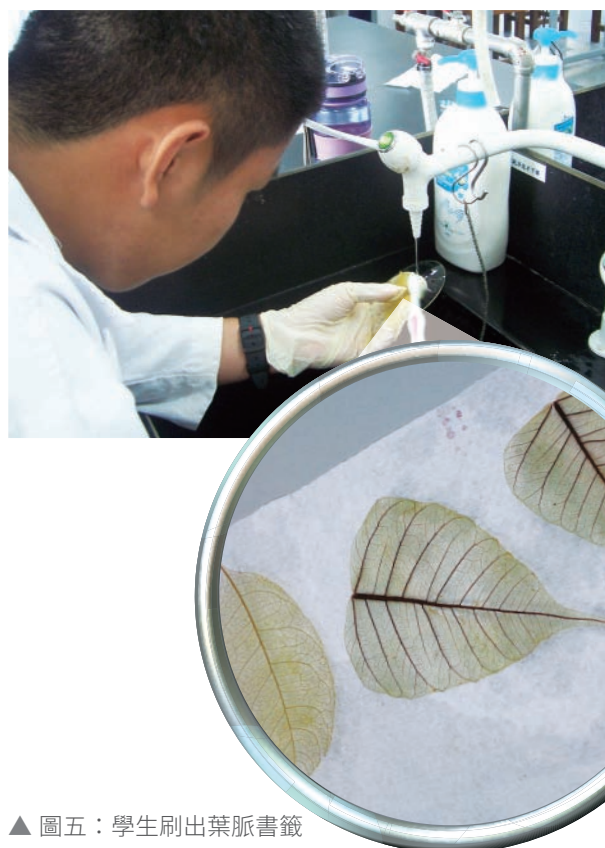
※ 學習單上的問題討論題目如下：

Q1：為什麼氫氧化鈉溶液可以將葉肉軟化？【參 1】

Q2：除了在氫氧化鈉溶液浸煮，還有什麼方法可以做出葉脈書籤？



▲ 圖四：浸煮葉子至褐色時，較容易刷出葉脈書籤



▲ 圖五：學生刷出葉脈書籤

三、人文融入作業與心得回饋

網路上查到可以把書籤做成卡片，於是設計了「教師節感恩創意作業」，規定如下：

- (1) 本次作業以「個人」為單位完成。
- (2) 請以自製之葉脈書籤做成創意卡片，在教師節以前，送給一位老師，並合影留念。（但是不能送給我！）
- (3) 寫下老師收到卡片時與自己的對話，連同合影照片和感想（檔案名稱：xxx.jpeg，xxx 為自己的姓名），在 9/29 中午前，寄到我的信箱：
taotao@nehs.hc.edu.tw

其實不一定要做成卡片（圖六），即使是純粹的葉脈書籤，當老師收到時也能感受心意滿滿。另外為鼓勵學生勇敢地表現心意，因為難免有彆扭或尷尬的情形，倘若學生完成作業的所有規定，即予以高分的肯定。當然也可以應用在不同節日，同樣令人感動！



▲ 圖六：以葉脈書籤製成的創意卡片

分享幾則學生與老師的對話與回饋：

「葉脈書籤真是最容易卻也最不容易的實驗了，明明只有幾個簡單步驟，卻充滿訣竅。摘了一堆楓葉，覺得很漂亮，但做的時候才發現，我的手不夠巧，怎麼刷怎麼破。最後成功的還是基本款的桂花葉。這次的實驗很考驗人的耐心和細心，也能在這個小小的實驗裡學到知識和態度，又能把自己親手製作的書籤，滿懷心意地送給老師，真是收穫良多！」

「這個實驗從等待葉肉軟化，再用牙刷小心翼翼地剔除，都要很有耐心。最重要的是這個親手做的書籤會成為今年最富情感的教師節禮物。」

老師：「所以到底是什麼作業？」

我：「我們在化學課刷葉脈，然後要送給老師作為教師節禮物。」（遞給老師）

老師：看了一下然後翻背面。「怎麼沒寫字也沒署名，不行，拒收！要補上。」

我：「老師我不知道要寫什麼啦～我文思枯竭、搜索枯腸、絞盡腦汁、殫思竭慮…還是想不出來！」

老師：「不管，一定要。」

我：「我乖乖去寫，再拿給老師。」

老師：「謝謝你，要拍照對不對。你們化學老師這個作業出的超讚，不然你們一定不會回去找老師。」

這次實驗真的超級好玩，感覺好像很簡單，但是對於手殘的人來說根本是地獄！把葉脈書籤送給老師時，因為沒寫字被退貨，自己都覺得很好笑。老師最後一句真的很中肯，如果沒有這個作業，我大概明年才會主動回去國中母校。

＋ 課程規劃 II

一、「隱形墨水」教學流程安排

課程名稱：隱形墨水

主要內容：(1) 上課時：嘗試各種不同配方，練習隱形墨水
(2) 上課後：完成教師指定的人文作業「字」

實驗時間：2 節課

相關概念：沉澱反應、酸鹼中和反應、錯合反應。

我在學習單上節錄了二則小故事，引出學習動機，也可作為問題討論的題目。

【故事一】

陳雙外表看起來是一位平凡的農夫，但其實真正的身分是名「特務」。他喬裝成農夫隱居在小村莊裡，是為了進行秘密任務。傍晚，他收到了一封飛鴿傳書，為了掩人耳目，直至夜深人靜時才打開來看。在昏暗的燭光下，他小心地拿出傳書，原來是一封「無字天書」，他先以火烤，卻沒有看到任何字，接著再以棉球沾上特殊的汁液在信上塗抹，紙上立馬就出現了類似藍墨水書寫的字跡。

【故事二】

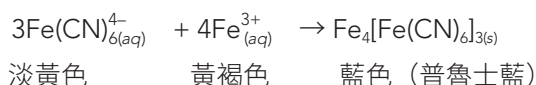
錢六、張三、李四和王五四人是好朋友。有一天錢六邀請三人到家裡作客，但真正目的是飛黃騰達的錢六想要炫耀新入手一顆絕美罕見、價值連城的大鑽石。待三人到達後，彼此寒暄熱絡，接著錢六便引領大家進入收藏室口沫橫飛地介紹著，三人看得是目瞪口呆，讚嘆之餘卻各懷鬼胎。隨後回到客廳繼續敘談，錢六為求慎重，便將塗滿漿糊的白色封條貼在珠寶箱上。

言談間，錢六發現三人的手指都有一點狀況，詢問之下才知道：張三是位廚師，做菜時不小心切到手指，塗上了紫藥水；李四是位木工，鋸木時意外地劃破食指，搽了一些紅藥水；王五的職業是工匠，施工時弄傷了拇指，抹了一點優碘。期間，三位朋友先後離開客廳上過廁所，過了許久便相繼離開。

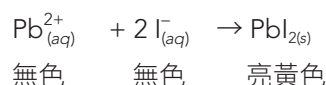
等到客人都走了之後，錢六才驚覺鑽石早已消失不見，只留下那未乾的白色封條及一點點藍色的痕跡。【參2】

本次學生們成為一日特務所使用的隱形墨水，有下列幾種型式【參3】：

1. 錯離子型，以亞鐵氰化鉀 ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，俗稱黃血鹽) 和氯化鐵 (FeCl_3) 為例 (圖七)，其淨離子反應式為：



2. 沉澱型，以硝酸鉛 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 和碘化鉀 (KI) 為例 (圖十「樂」字) 其淨離子反應式為：



3. 酸鹼型，以氫氧化鈉 (NaOH) 和酚酞指示劑為例，可以顯現粉紅色的字。

二、實驗小撇步與問題討論

1. 表一所示，各組以試管盛裝 10 mL 的墨水溶液，再以毛筆分別沾墨水溶液寫下文字或符號，以吹風機使其乾燥。(圖八)

▼ 表一：隱形墨水型式

	毛筆沾墨水溶液	噴霧罐中的顯色溶液
錯離子型	亞鐵氰化鉀	鐵離子
沉澱型	硝酸鉛	碘離子
酸鹼型	氫氧化鈉	酚酞

2. 取相對應的噴霧罐，在上述乾燥紙上均勻噴灑，觀察並記錄紙上文字或符號的變化。配製的各式溶液濃度 (除酚酞外) 約為 0.1 M，可以使用實驗室用剩的藥品。毛筆沾換不同墨水溶液前，務必清洗乾淨，以免相互汙染。寫上的字一定要吹乾再噴灑顯色溶



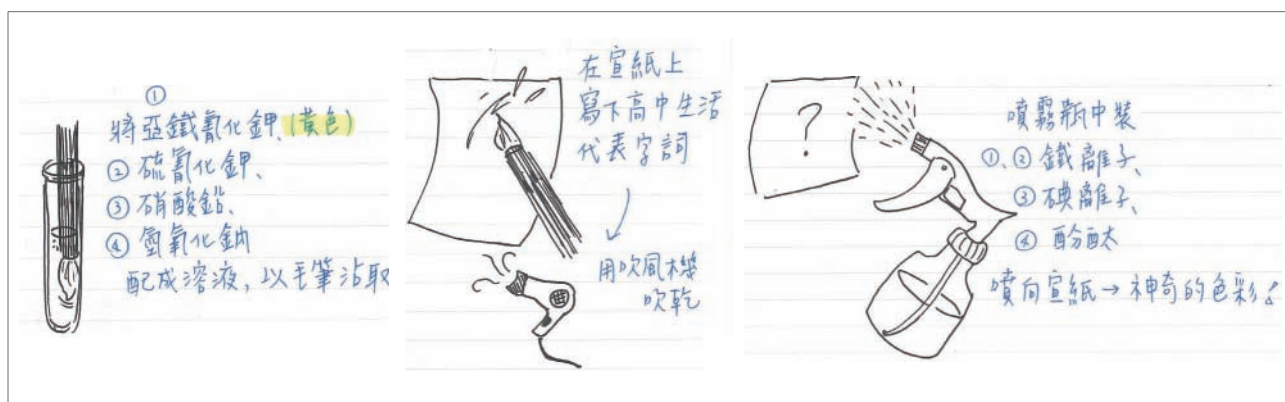
▲ 圖七：由左至右：淡黃色的亞鐵氰化鉀溶液、黃褐色的氯化鐵溶液及普魯士藍「勤」字

液，字才不會暈開糊成一團。建議先以舊報紙練習（如圖九），而一支噴嘴加上回收的寶特瓶做成噴霧罐只要 10 元，省錢又環保。待練習過所有配方後，學生自行決定欲呈現在宣紙上字的顏色，當然也可發揮創意混色呈現。正式使用的宣紙大小為 35 cm×34 cm，亦即市售四開捲式宣紙裁成一半。

完成後發給一張小紙卡，上面有：姓名、個人選擇的「詞」或「字」之意涵（理由）等空格，請學生填寫後貼在宣紙上，全部收集後即成為豐富的作品集。

※ 學習單上的問題討論題目如下：

- Q1：以硝酸鉛與碘化鉀反應為例，其淨離子反應式為： $\text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2\text{I}^{-}_{(aq)} \rightarrow \text{PbI}_{2(s)}$ ，試寫出：亞鐵氰化鉀與氯化鐵反應之淨離子反應式。
- Q2：討論並說明【故事一】可能的原理。
- Q3：在【故事二】中，誰偷了鑽石？證據何在？
- Q4：如果以新鮮澱粉液代替亞鐵氰化鉀 ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) 寫在紙上，改噴（塗）上什麼溶液也可以呈現類似普魯士藍的藍（黑）色？



▲ 圖八：學生在歷程紀錄簿中繪製的步驟流程圖



▲ 圖九：學生先在報紙上練習，再寫在宣紙上完成作品

三、人文融入作業與心得回饋

那麼該寫什麼字呢？於是設計了特別的省思作業：

好快，時序來到了十二月，一年又近尾聲！今年肯定是特別的一年。你（妳）在會考的淬鍊下來到這裡，經過了近一學期的學習與生活，你（妳）有什麼體會呢？以隱形墨水寫下自己的感受，可以是一個「詞」，也可以只是一個「字」。

來看看學生們寫的作品與心得吧：



▲ 圖十：精選學生所寫隱形墨水字

「我選了『樂』字代表到目前為止對高中生活的感想，雖然看到段考成績的時候，心中五味雜陳，但學習的路還很長，只要堅持總有辦法挺過的，在這裡學習滿快樂的！」

「我選的字是『行』，意涵有三：(1) 還不錯。(2) 學如逆水行舟。(3) 行行出狀元，找出自己的才能。」

「時間久了，『茶』淡了，我也看淡了。日子苦中有甘，甘中有苦。『茶』頗好喝，想繼續奮鬥下去。」

「進入高中後，變得更加忙『碌』，希望能創造自己的最佳紀錄，並堅持到最後一哩路。」

「神奇的隱形墨水，其實就是不同離子的反應產物，令人驚嘆科學的奧妙。藉由這次的省思活動，我們在忙碌的高中生活中短暫地回顧，看看自己一路走來，有可喜可悲亦有可感慨之處。希望大家都不後悔各種選擇，能夠堅持理想走下去。」

「一看見實驗名稱就覺得很酷炫！練了二節課的書法，小心翼翼地吧選定的『勤』字寫在宣紙上，用鐵離子溶液一噴——美麗的普魯士藍躍然紙上，像星空一樣深邃！要勤讀書唷！」

結語

隱形墨水除了上述的省思作業，我也曾在校慶前夕，讓學生們寫下對學校的祝福語，並發表在校內刊物上，反應相當熱烈。

我相信一門課程透過適當的安排與創意，穿插學生的生活日常，哪怕是簡單的化學實驗，也能有亮點新意，定能引起共鳴。透過共備分享，更能跨領域合作，充分實現「多元選修」的精神，而新課綱強調培養科學素養，亦能從一學期的課程中潛移默化逐步養成！

參考資料

1. 臺北市立第一女子高級中學廖淑芬老師專題研究實驗講義（二）
2. 黃一敏（民87年2月）。平常中包含了深奧—生活化學的故事 p.99-105 巧藏情報。新竹市：凡異出版社。（內含豐富有趣的化學故事。取自 p.99-105 巧藏情報）
3. 方金祥（民80年5月）。有趣的化學實驗—隱形墨水。科學教育月刊第140期 p.42-49。

課程規劃 I：葉脈書籤教案

主題名稱	葉脈書籤暨教師節感恩創意作業	教學時間	100 分鐘
學科領域	化學科	教學對象	一年級
設計理念	1. 實驗內容為輕鬆容易上手的趣味實驗。 2. 科學教育若只剩下基本的理論探討，缺少人文關懷精神，就會無感。 3. 想像若未能及時行動，也很可惜。 4. 孩子們要知感恩，並勇敢表達，用心做好「感恩創意」作業。 5. 適當地融入環保概念與議題。	教學人數	21 人
教材架構	說明「葉脈書籤」實驗及教師節感恩創意作業 → 進行實驗 → 清洗與收拾 → 課後完成作業		
教學準備	◎學生：①已有一些操作簡單化學實驗的經驗，包括：配製和取用藥品、使用加熱裝置及玻璃器材等。 ②度過了近一個月的高中新鮮生活，認識了一些新老師。 ③帶著一顆愉快學習的心來上課。 ◎教師準備：①熟悉教材、收集資料並撰寫教案。 ②設計實驗和作業。 ③收集欲進行葉脈書籤的樹葉。 ④整理 ppt 檔案及準備實驗藥品、器材並預做實驗。		
教學目標	學生會： (1) 刷出一片完整的葉脈書籤。 (2) 具備更多耐心與巧勁。 (3) 發揮創意與想像力將葉脈書籤做成卡片。 (4) 具體向老師們說出感謝的話。		
單元目標	教學活動	時間	教具
教學目標 (1)(2)	◎說明「葉脈書籤」實驗及教師節感恩創意作業	10’	電腦多媒體 實驗器材與藥品
教學目標 (3)(4)	◎進行「葉脈書籤」實驗	80’	
	◎收拾器材與實驗室	10’	
	◎課後完成作業		
教學評量	觀察學生上課情形及實驗態度、收集感恩創意作業、批閱實驗歷程紀錄簿		
教學參考資源	參閱上課學習單		

葉脈書籤學習單



多元選修+ 第 1 期 化學 葉脈書籤學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

一、實驗器材：酒精燈或本生燈、250 mL 燒杯、鑷子、牙刷、錶玻璃、溫度計。

二、實驗藥品：樹葉（如：桂花葉、菩提葉、馬拉巴栗葉）、氫氧化鈉（5%）。

三、實驗步驟：

1. 選取葉形完整、大小適中的菩提葉數片。
2. 配製 5% 的氫氧化鈉溶液 200 克。
3. 將帶柄的菩提葉浸泡其中，以酒精燈或本生燈加熱維持 70~80℃，浸煮 30~40 分鐘。待綠色葉子轉變成褐色，即可以鑷子取出，放至錶玻璃凸面上。
4. 在自來水下用牙刷輕輕將軟化的葉肉刷去，留下葉脈的部分。
5. 清洗乾淨，平鋪於乾紙巾上待其完全乾燥便成了美麗的葉脈書籤。

四、問題討論：

1. 為什麼氫氧化鈉溶液可以將葉肉軟化？
2. 除了在氫氧化鈉溶液浸煮，還有什麼方法可以做出葉脈書籤？

五、參考資料：

1. 北一女中廖淑芬老師專題研究實驗講義(二)
2. 從 YAHOO 奇摩網頁中，搜尋「葉脈書籤」可以獲得更多訊息 (<http://tw.yahoo.com/>)。

六、實驗心得：

◎教師節感恩創意作業說明：

1. 本次作業以「個人」為單位完成。
2. 請以自製之葉脈書籤或做成創意卡片，在 928 教師節以前，送給一位（或多位）老師，並合影留念。
3. 寫下老師收到卡片時與自己的對話，連同合影照片和感想（檔案名稱：xxx. jpeg，xxx 為自己的姓名），在 9/29 中午 12：00 以前，寄至信箱：taotao@nehs.hc.edu.tw

課程規劃 II：隱形墨水教案

主題名稱	隱形墨水暨學習省思作業	教學時間	100 分鐘
學科領域	化學科	教學對象	一年級
設計理念	1. 實驗內容為容易上手、富含色彩變化的有趣實驗。 2. 學習是持續累積的過程，一定有苦有樂，暫時停下來回顧省思一番，將更有力量繼續前進和面對。 3. 實驗過程融入環保概念。	教學人數	21 人
教材架構	說明「隱形墨水」實驗及學習省思作業 → 學生進行實驗 → 教師收集學生作品 → 學生完成實驗，清洗器材與收拾實驗室 → 教師將學生作品彙製成作品集		
教學準備	◎學生：①已有許多進行化學實驗的經驗，包括：配製藥品和取用、使用加熱裝置及玻璃器材等。 ②度過了近三個月的高一生活，在不同的課程、同學及老師的洗禮下，有不一樣的體會。 ③帶著一顆愉快學習的心來上課。 ◎教師準備：①收集資料，設計實驗和作業。 ②撰寫教案和 ppt 檔案，準備實驗藥品和器材並預做實驗。 ③熟悉教材及上課流程。		
教學目標	學生會： (1) 以不同配方的隱形墨水寫出獨特的毛筆字。 (2) 省思自己目前的學習歷程。 (3) 將自己的學習感想轉化成一個字或詞，呈現在作品上。		
單元目標	教學活動	時間	教具
教學目標 (1)(2)(3)	◎說明「隱形墨水」實驗及學習省思作業	15’	電腦多媒體
	◎進行「隱形墨水」實驗並收集學生作品	70’	實驗器材與
	◎清洗器材與收拾實驗室，完成者可以欣賞同學的作品	15’	藥品
教學評量	觀察學生上課情形及實驗態度、收集學習省思作品、批閱實驗歷程紀錄簿		
教學參考資源	參閱上課學習單		

隱形墨水學習單



多元選修+ 第 1 期 化學 隱形墨水學習單

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

【故事一】

陳雙外表看起來是一位平凡的農夫，但其實真正的身分是名「特務」。他喬裝成農夫隱居在小村莊裡，是為了進行秘密任務。傍晚，他收到了一封飛鴿傳書，為了掩人耳目，直至夜深人靜時才打開來看。在昏暗的燭光下，他小心地拿出傳書，原來是一封「無字天書」，他先以火烤，卻沒有看到任何字，接著再以棉球沾上特殊的汁液在信上塗抹，紙上立馬就出現了類似藍墨水書寫的字跡。

【故事二】

錢六、張三、李四和王五四人是好朋友。有一天錢六邀請三人到家裡作客，但真正目的是飛黃騰達的錢六想要炫耀新入手一顆絕美罕見、價值連城的大鑽石。待三人到達後，彼此寒暄熱絡，接著錢六便引領大家進入收藏室口沫橫飛地介紹著，三人看得是目瞪口呆，讚嘆之餘卻各懷鬼胎。隨後回到客廳繼續敘談，錢六為求慎重，便將塗滿漿糊的白色封條貼在珠寶箱上。

言談間，錢六發現三人的手指都有一點狀況，詢問之下才知道：張三是位廚師，做菜時不小心切到手指，塗上了紫藥水；李四是位木工，鋸木時意外地劃破食指，搽了一些紅藥水；王五的職業是工匠，施工時弄傷了拇指，抹了一點優碘。期間，三位朋友先後離開客廳上過廁所，過了許久便相繼離開。

等到客人都走了之後，錢六才驚覺鑽石早已消失不見，只留下那未乾的白色封條及一點點藍色的痕跡。

一、實驗器材：試管及試管架、50 或 100 mL 燒杯、玻璃棒、滴管、毛筆、宣紙、吹風機、噴霧罐。

二、實驗藥品：氯化鐵 (FeCl_3) 或硝酸鐵 ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$)、亞鐵氰化鉀 (黃血鹽, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)、硝酸鉛 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)、碘化鉀 (KI)、酚酞、氫氧化鈉。

三、實驗步驟

(一) 錯離子型

1. 取一張宣紙，以毛筆沾亞鐵氰化鉀溶液寫下文字或符號，靜置或以吹風機使其乾燥。
2. 取鐵離子溶液 (取自氯化鐵或硝酸鐵)，在上述乾燥紙上均勻噴灑，觀察並記錄紙上文字或符號的變化。

(二) 沉澱型

1. 取一張宣紙，以毛筆沾硝酸鉛溶液寫下文字或符號，靜置或以吹風機使其乾燥。
2. 取碘化鉀溶液，在上述乾燥紙上均勻噴灑，觀察並記錄紙上文字或符號的變化。

(三) 酸鹼型

1. 取一張宣紙，以毛筆沾氫氧化鈉溶液寫下文字或符號，靜置或以吹風機使其乾燥。
2. 取酚酞溶液，在上述乾燥紙上均勻噴灑，觀察並記錄紙上文字或符號的變化。

四、實驗記錄：

1. 分別記錄各式隱形墨水在宣紙上的變化。

	毛筆沾何種溶液	噴霧罐的溶液	顏色變化（從？色 → ？色）
錯離子型	亞鐵氰化鉀	鐵離子	
沉澱型	硝酸鉛	碘離子	
酸鹼型	氫氧化鈉	酚酞	

2. 好快，時序來到了十二月，一年又近尾聲！今年肯定是特別的一年。你(妳)在會考的淬鍊下來到○○中學，經過了一學期的學習與生活，你(妳)有什麼體會呢？以隱形墨水寫下自己的感受，可以是一個詞，也可以只是一個字。

請將個人感受所選擇的「詞」或「字」之意涵（理由）寫在老師提供的表格中。

五、問題討論：

1. 以硝酸鉛與碘化鉀反應為例，其淨離子反應式為： $\text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{I}^{-}_{(aq)} \rightarrow \text{PbI}_{2(s)}$ ，試寫出：亞鐵氰化鉀與硝酸鐵反應之淨離子反應式。
2. 討論並說明【故事一】可能的原理。
3. 在【故事二】中，誰偷了鑽石呢？證據何在？
4. 如果以新鮮澱粉液代替亞鐵氰化鉀（ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ），改噴（塗）上什麼溶液也可以呈現類似普魯士藍的藍黑色？

六、參考資料：

1. 方金祥(民 80 年 5 月)。有趣的化學實驗－隱形墨水。科學教育月刊第 140 期 p. 42-49。
2. 黃一敏(民 87 年 2 月)。平常中包含了深奧－生活化學的故事 p. 99-105 巧藏情報。新竹市：凡異出版社。

七、實驗心得：

隱形墨水作品紙卡示例

班級		姓名	
隱形墨水配方			
選擇的「詞」或「字」			
意涵（理由）			