



導電高分子聚苯胺

2025/02/05 修訂

領取專用器材

- 1個計時器（助教收發）
- 1組三用電表及連接線
- 1組直流電源供應器接線
- 1條雙頭鱷魚夾連接短線
- 3個30 mL燒杯（反應用）
- 2個50 mL燒杯（浸洗用）
- 2只長尾夾
- 2條銅線
- 2片載玻片
- 1個LED燈
- 1個吹風機
- 膠帶台（共用）

個人器材

- 1支鑷子
- 1個100 mL燒杯
- 直流電源供應器

使用時講桌領取

- 1片長條濾紙(2 x 4 cm)
- 1片導電玻璃



實驗目的與技能

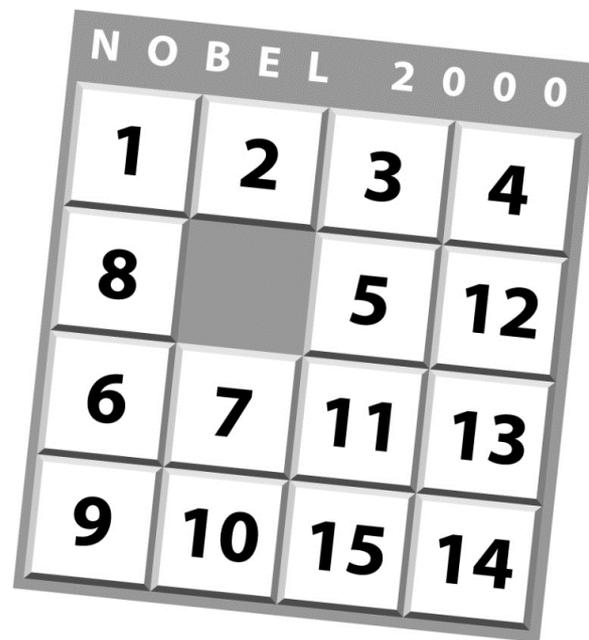
目的

- 合成導電塑膠聚苯胺
 - 化學氧化聚合法
 - 電化學聚合法
- 測試聚苯胺性質
 - 導電特性
 - 電致變色

技能

- 直流電源供應器
- 三用電表

示範影片：



2000年諾貝爾化學獎(導電塑膠)

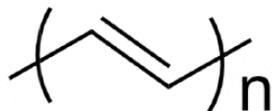
<http://www.ch.ntu.edu.tw/nobel/>

[蔡蘊明老師諾貝爾化學獎專題系列](#)

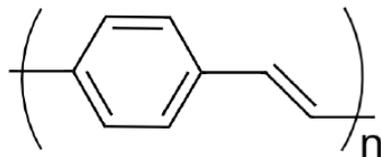


常見導電高分子

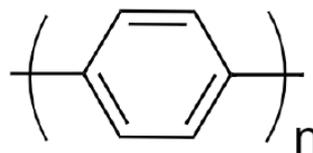
■ 常見之導電高分子結構



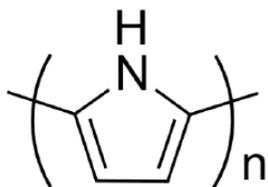
聚乙炔 (PA)
Polyacetylene



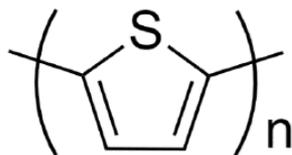
聚伸苯伸乙烯 (PPV)
Poly-*p*-phenylene vinylene



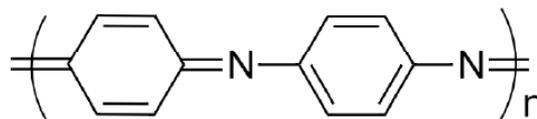
聚對伸苯 (PPP)
Poly-*p*-phenylene



聚吡咯 (PPy)
Polypyrrole

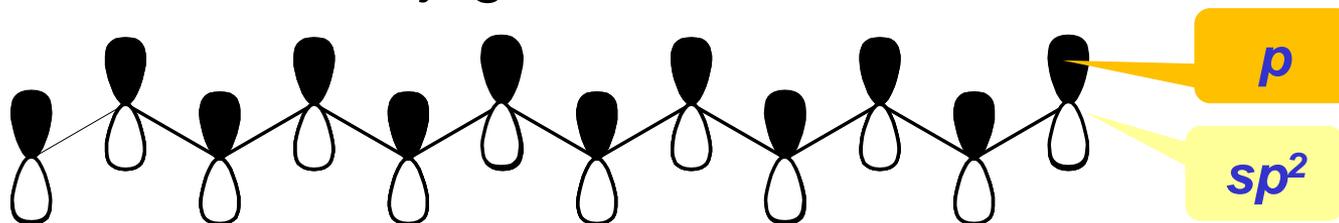


聚噻吩 (PTs)
Polythiophene



聚苯胺 (PANI)
Polyaniline

■ 具共軛雙鍵 (conjugated double bond)，平行排列的 p 軌域

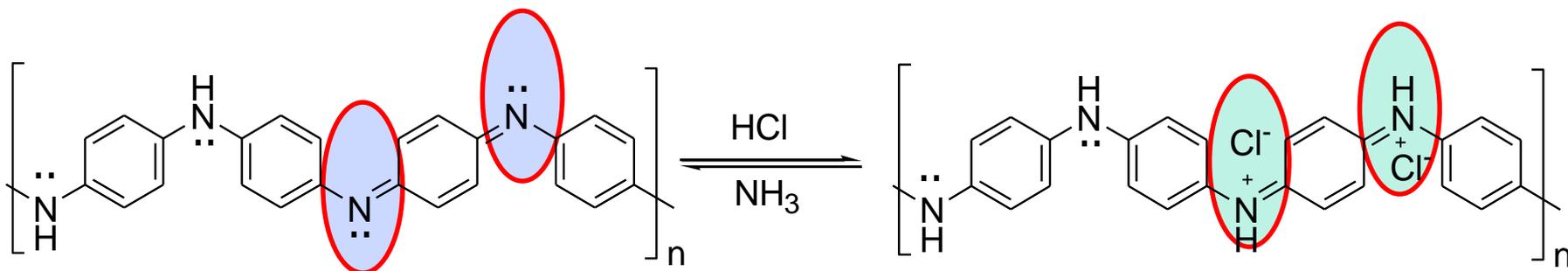




聚苯胺之導電性

■ 聚苯胺之結構與導電性

- 共軛雙鍵：單、雙鍵交錯、重覆排列
- 酸摻雜：讓自由基在聚合物主鏈上移動而具導電性



Emeraldine base (EB)

鹼式聚苯胺，藍色
不導電

酸摻雜 (質子化)



去摻雜

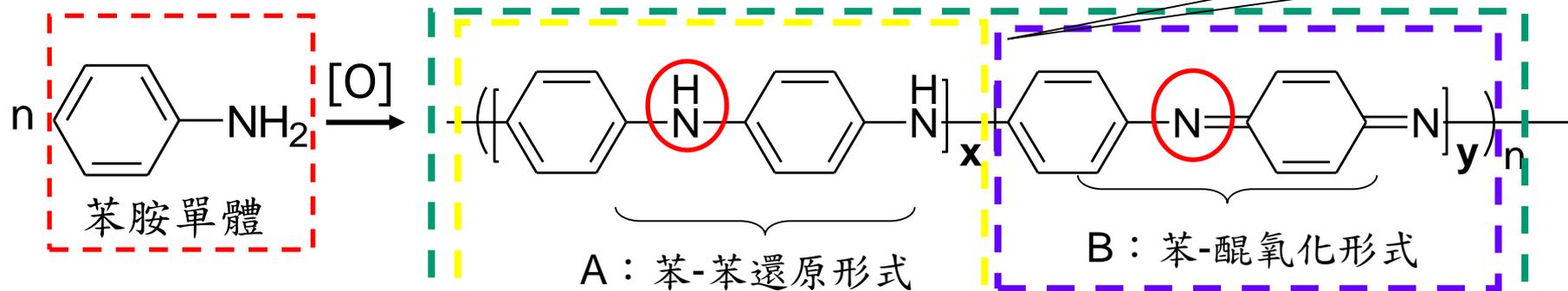
Emeraldine salt (ES)

鹽式聚苯胺，綠色
可導電



導電高分子聚苯胺

■ 苯胺為單體，氧化聚合得聚苯胺

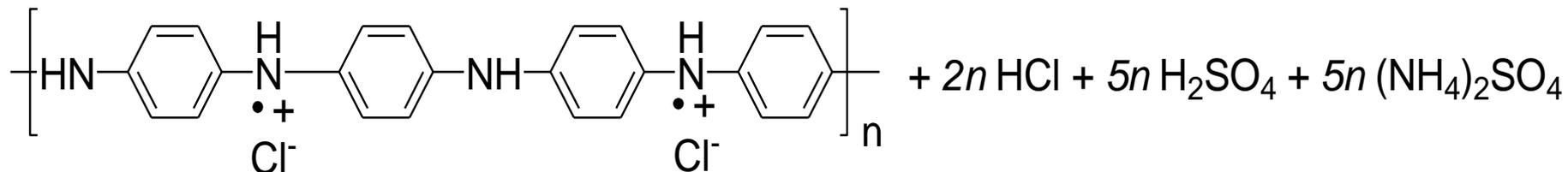
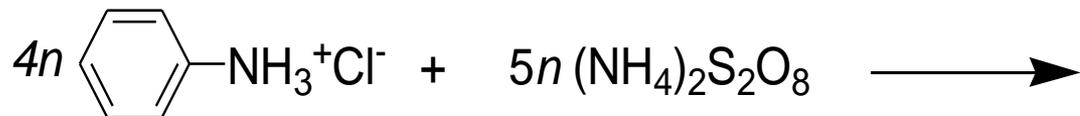


聚苯胺	氧化程度	顏色
白色聚苯胺 (Leucoemeraldine, LE)	$y = 0$ (皆為還原形式)	無色
鹼式聚苯胺 (Emeraldine base, EB)	$x > 0, y > 0$ (兼具氧化、還原形式)	綠/藍色
紫色聚苯胺 (Pernigraniline, PNB)	$x = 0$ (皆為氧化形式)	紫色

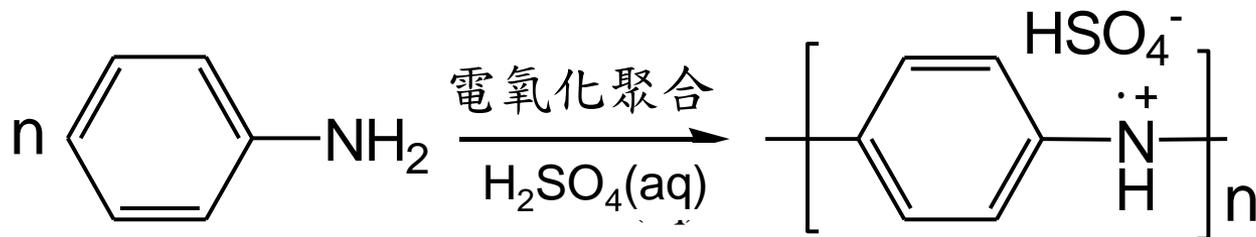


氧化聚合法合成聚苯胺

- 化學氧化聚合：苯胺鹽酸鹽 + 過硫酸銨，聚苯胺吸附於濾紙上



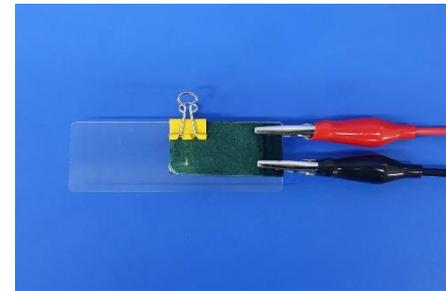
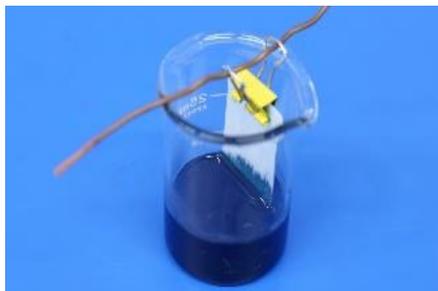
- 電化學氧化聚合：電解苯胺硫酸鹽水溶液
 - 苯胺於陽極（+極）氧化聚合
 - 不溶性聚苯胺覆蓋於陽極導電玻璃上





步驟 1：化學氧化聚合製備聚苯胺

- 以苯胺鹽酸鹽與過硫酸銨反應合成聚苯胺



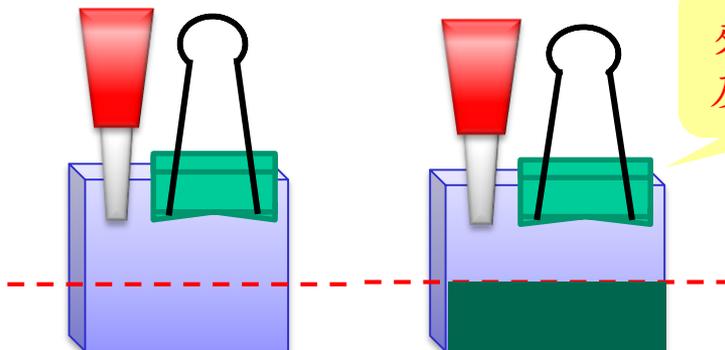
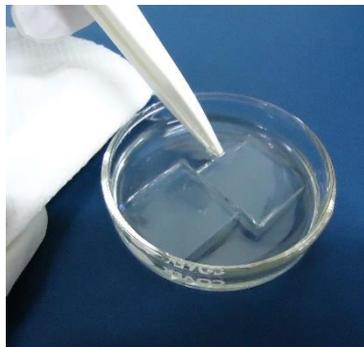
- 長尾夾夾住長條濾紙，懸掛於 30 mL 燒杯中
- 依序加入 5 mL 苯胺鹽酸鹽及 5 mL 過硫酸銨
- 攪拌後靜置，觀察聚合反應
- 約 5 分鐘後取出濾紙，依序浸於 pH 2.5 鹽酸及去離子水清洗，吹風機吹乾
- 將吸附聚苯胺之濾紙固定於載玻片，準備導電性測試

✓ 反應完成後先將燒杯中聚合物廢液倒入廢液回收桶中，避免後續刷洗困難

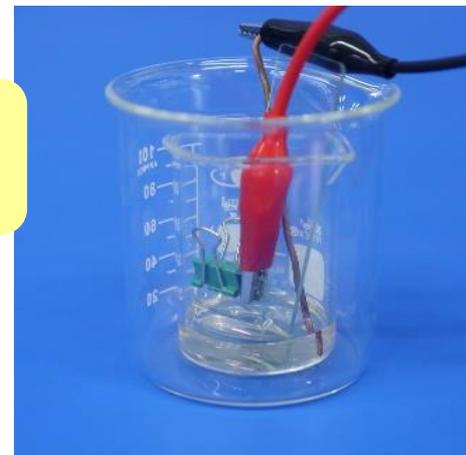


步驟 2.1：電化學法合成聚苯胺

■ 以苯胺硫酸鹽進行電化學聚合



夾子勿觸
及電解液

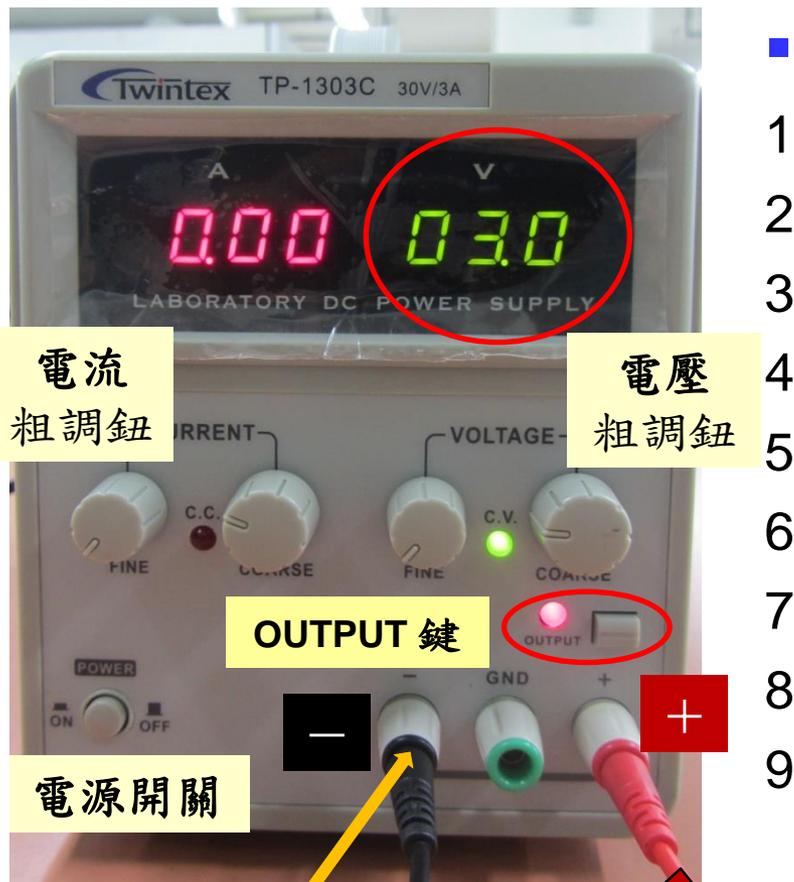


- 以鑷子夾取導電玻璃，於95%酒精中浸洗，再以去離子水沖洗乾淨
- 紙巾擦乾後，以長尾夾夾住，並拿持長尾夾處
- 以鱷魚夾線連接導電玻璃於直流電源供應器正極，銅線接於負極
- 裝取5 mL 苯胺硫酸溶液於30 mL燒杯，再放入於100 mL燒杯內避免傾倒
- 導電玻璃與銅線置於溶液中，以載玻片隔開二電極，保持勿碰觸
- 以 3.0 V 電壓進行電氧化聚合3分鐘

- ✓ 以長尾夾固定導電玻璃邊緣，避免以手拿持導電玻璃，以免手汗沾污
- ✓ 導電玻璃接正極（紅端），銅線接負極（黑端），勿反向連接



步驟 2.2 : 電氣化聚合3分鐘



■ 直流電源供應器

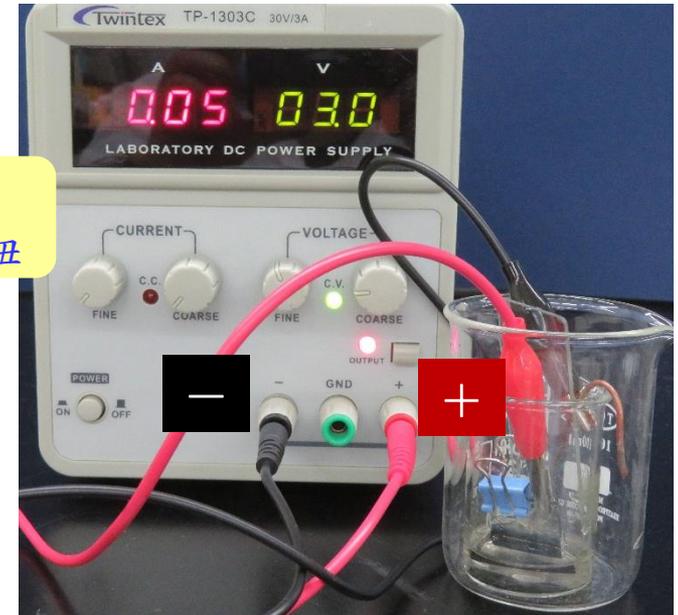
- 1) 先不連接電解槽、檢查所有調控鈕均歸零
- 2) 按壓「POWER」，開啟電源
- 3) 壓按「OUTPUT」鍵（紅燈亮）
- 4) 交互調整電流及電壓鈕（綠燈亮）
- 5) 設定為 3.0 V 電壓
- 6) 按壓「OUTPUT」鍵，解除通電（燈熄）
- 7) 正確連接導電玻璃及銅線
- 8) 按壓「OUTPUT」通電進行聚合 3 分鐘
- 9) 觀察記錄聚合反應之顏色變化

(-)接銅線

(+)接導電玻璃



步驟 2.3：電氧化聚合3分鐘 — 直流電源供應器



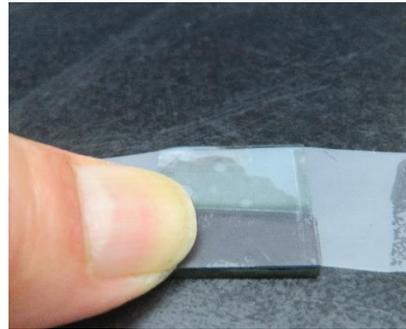
- ✓ 先不連接電解槽、檢查所有調控鈕均歸零
- ✓ 按壓「POWER」，開通電源

- ✓ 壓按「OUTPUT」鍵，接通輸出，燈亮
- ✓ 交互調整電壓及電流鈕，設定 3.0 V 電壓
- ✓ 按壓「OUTPUT」鍵，關閉輸出，燈熄

- ✓ 正確連接導電玻璃及銅線
- ✓ 按壓「OUTPUT」，通電進行聚合 3 分鐘



步驟 2.4：清洗聚合產物與固定

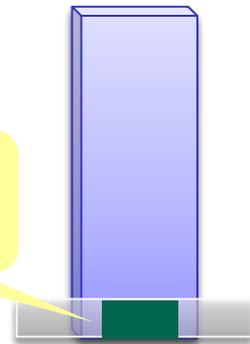


- 取出導電玻璃，以pH 2.5鹽酸溶液及去離子水依序略浸泡清洗
- 以吹風機將導電玻璃上聚苯胺完全吹乾
- 取一段膠帶，沿導電玻璃邊緣黏貼於聚苯胺上
- 按壓膠帶將聚苯胺緊緊黏附
- 撕下膠帶以將聚苯胺脫附，固定於載玻片上，進行導電試驗

✓ 聚苯胺要完全吹乾才易被膠帶脫附

✓ 將黏附聚苯胺的膠帶，聚苯胺面朝外固定於載玻片一尾端

聚苯胺面
向外





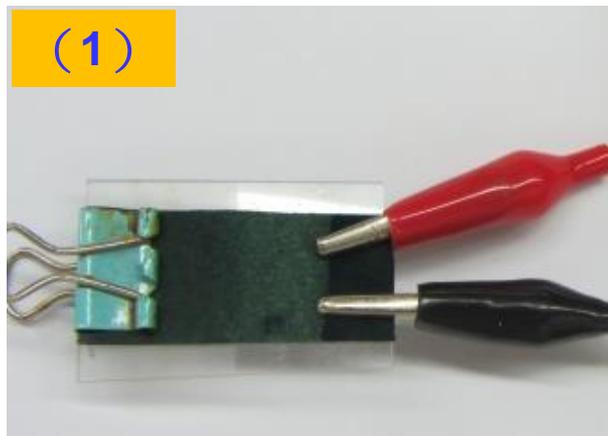
步驟3：聚苯胺導電性測試

■ 二種待測試樣

- 1) 濾紙上吸附之聚苯胺
- 2) 膠帶上黏附之聚苯胺

■ 二項導電性測試

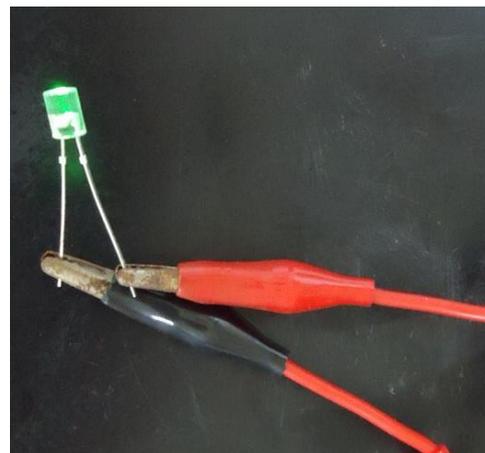
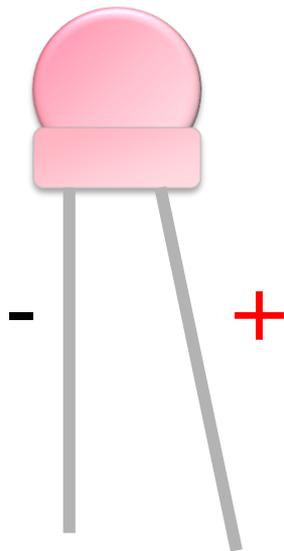
- 1) LED燈發光測試
- 2) 電阻量測



- ✓ 濾紙和膠帶均需固定於載玻片上，測試才會穩定
- ✓ 保持測試時二鱷魚夾的間距和深度固定並記錄距離



步驟 3.1 : LED功能檢測



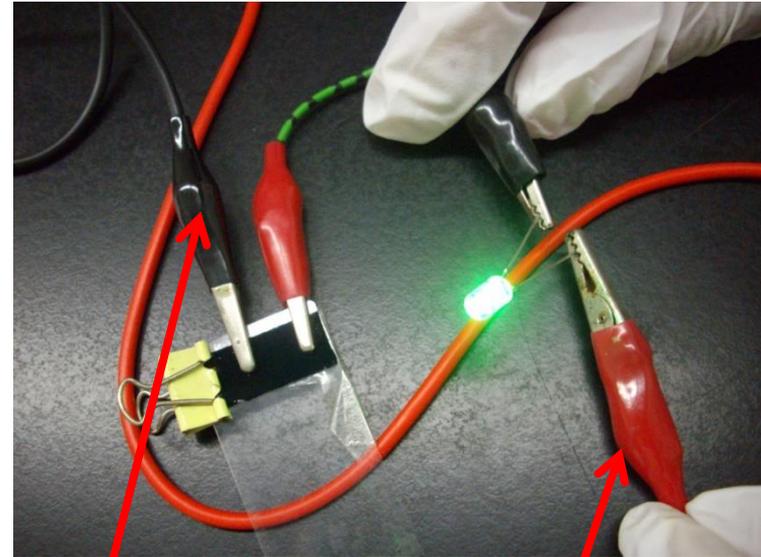
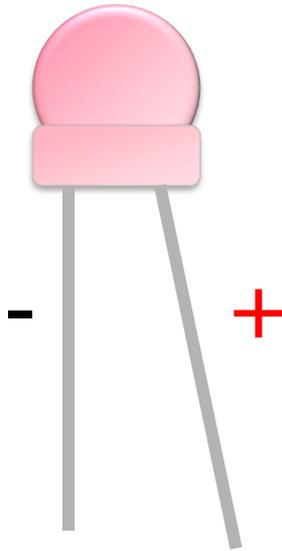
✓ 施加2 V電壓測試LED可正常發光

LED 燈功能檢測

- LED長插腳 (+) 以導線連接至直流電源供應器正極 (+)
- LED短插腳 (-) 以導線連接至直流電源供應器負極 (-)
- 開啟直流電源供應器，調整至2 V電壓，檢查LED燈正常發光
- 若確定連接正確但LED不亮，表示燈故障，更換另一支LED



步驟 3.2：導電性測試 - LED燈發光



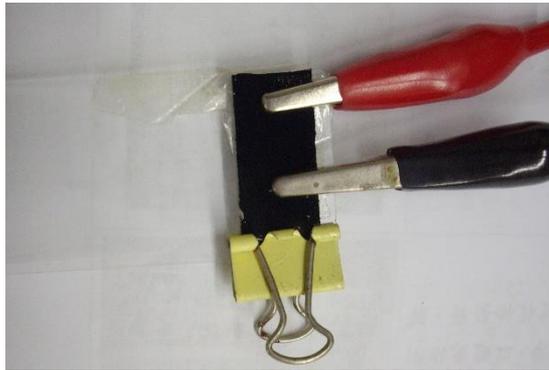
串聯至直流電源供應器

導電性測試

- 使用雙頭鱷魚夾短線串聯直流電源供應器、聚苯胺、LED燈
- 開啟直流電源供應器，調整至適當電壓，觀察LED燈之發光及亮度



步驟 3.3：聚苯胺電阻量測



讀記：
20K，10.69 kΩ

- 以三用電表鱷魚線夾固定導電高分子
- 黑線插接於三用電表COM插孔，紅線插接於Ω插孔，檔位轉至Ω區
- 測量範圍由大到小，如20M、2000K...
- 讀記電阻範圍（如20K）、螢幕顯示數值與正確單位（如10.69 kΩ）

- ✓ 若螢幕顯示0表示實際電阻較低，可往較低範圍檔位調整
- ✓ 若螢幕顯示1表示實際電阻超過範圍，需往較高檔位調整
- ✓ 若螢幕沒有出現任何數字，表示電池沒電，需更換電池



✓ 超出測量範圍 15



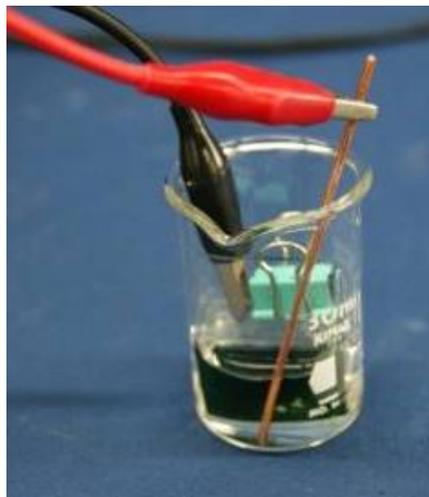
三用電表說明



- Ω檔位範圍為其電阻量測極限，例如【2000K】檔位的電阻量測最大值為2000 kΩ
- 檔位設在Ω區之【20M】，則電阻為螢幕數值，單位為 MΩ
- 檔位設在Ω區之【2000K、200K、20K、2K】，則電阻為螢幕數值，單位為 kΩ
- 檔位設在Ω區之【200】，則電阻為螢幕數值，單位為 Ω



步驟 4：電致變色測試



LE：完全還原形式聚苯胺，無色
EB：還原/氧化形式聚苯胺，綠藍色
PNB：完全氧化形式，紫色

電致變色測試

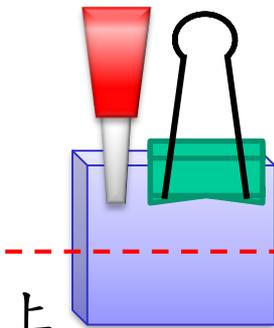
- 裝取 5 mL 之 20% NaCl 於 30 mL 燒杯
- 附有殘餘聚苯胺之導電玻璃改接電源供應器負極（黑），銅線接正極（紅）
- 置於 NaCl 電解液中，以載玻片隔開，保持二電極勿碰觸
- 以 0.5 V 電壓進行還原，觀察顏色變化，再逐漸調高電壓至 1.0 V

✓ 電壓不超過 1.0 V，以避免副反應發生



實驗注意事項

- 苯胺具致癌性，戴手套以避免與皮膚接觸
- 載玻片易折斷，小心割傷
- 電化學法以載玻片隔開兩極，避免二極碰觸短路
- 電化學法之正負極連接需正確，鱷魚夾直接夾在導電玻璃上
- 電化學聚合得之聚苯胺需完全乾燥後，使用手指腹確實按壓膠帶，聚苯胺緊緊黏附於膠帶上後，再撕下膠帶，保持膠帶上聚苯胺的完整性



實驗結束處理

- ✓ 長尾夾、銅線、用過之導電玻璃、載玻片及LED燈，置於指定回收盒
- ✓ 以清水將連接線之鱷魚夾擦拭乾淨，避免沾附的藥品造成鱷魚夾生鏽
- ✓ 關閉三用電表電源及整理二組連接線
- ✓ 廢液倒入指定回收桶，燒杯以剩餘pH 2.5鹽酸沖洗後以毛刷刷洗乾淨
- ✓ 清洗整理及清點個人器材簽名後，請助理助教簽核
- ✓ 擦拭實驗桌面，椅凳收於實驗桌下
- ✓ 值日生完成所安排之公務工作



實驗數據處理與報告

精簡報告

- 精簡報告：簽退數據後即繳交實驗報告
- 觀察記錄應詳盡，如：
 - 所有反應物及產物外觀、溶液或沉澱之顏色等
 - 操作步驟，如取量、裝置連接、電壓、反應時間、電壓檔位等
 - 過程中顏色變化、反應快慢、溶液或產物顏色、LED燈顏色等
- 量測數據紀錄需注意有效數字與正確單位如 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$
- 具體結論：如『依據實驗結果.....顯示.....聚苯胺導電性...，電致變色性...。』