

教育部新工程教育方法實驗與建構計畫

A 類計畫-全面課程地圖與學習架構之調整 主題式課群教材成果

主題領域：☐機械航空 ☐土木水利環工 ☒化工
☐材料 ☐電機 ☐資訊 ☐其他

計畫名稱：箍桶式化工與材料工程實務人才培育革新

課群名稱：材料表面處理、檢測分析與應用

執行學校：南臺學校財團法人南臺科技大學

執行單位：化學工程與材料工程系

著 作 人：吳文昌 副教授、王振乾 教授、
蘇順發 副教授、周盈年 助理教授

日 期：中 華 民 國 111 年 9 月 15 日

著作人簡介

課群名稱	材料表面處理、檢測分析與應用		其他參與校/系	無
課群主要負責教師	姓名	服務單位/職稱		負責任務
	吳文昌	南臺科技大學化材系/副教授		統籌課程之設置、教師之安排、課程之運作與協調。
授課教師	姓名	背景/專長		負責任務
	吳文昌	日本橫濱國立大學 工學博士 表面處理、電子材料		材料技術實習(一) 授課教師 單元操作(一) 授課教師 單元操作(二) 授課教師
	王振乾	國立成功大學 化工博士 功能性高分子、奈米複合材料		有機化學(二) 授課教師
	周盈年	國立成功大學 化工博士 生醫抗沾黏高分子、生物感測器、智慧型感測材料		高分子材料 授課教師
	蘇順發	美國南密西西比州立大學 高分子博士 反應押出加工與製程、有機奈米材料、功能性隔膜		高分子材料技術實習(二) 授課教師

目次

● 前 言	1
● 主題式課群之知識架構與教學方法	2
● 教材內容	7
01 無電鍍鎳的鍍膜與特性分析.....	7
02 連續導電纖維製程.....	8
03 單元操作(一).....	11
04 高分子材料.....	12
05 單元操作(二).....	13
06 高分子材料技術實習(二).....	13
● 配套措施	15
● 總 結	16
● 參考資料	17
● 附件	18
附件一：「無電鍍鎳的鍍膜與性質分析」講義.....	18
附件二：連續式導電纖維製程實務專題製作教材.....	21
附件三：「有機醛還原及無機物還原銀的優缺點，並分析何者適用於工程處理。(PBL)」	24
附件四：「槽體尺寸與置留時間之關係式為何?(PBL)」	36
附件五：高分子汽車塗料鍍膜應用.....	39
附件六：「各式攪拌對反應槽尺寸的適用性為何?(PBL)」	48
附件七：實驗、PET/尼龍相容劑：聚丙烯接枝馬來酸酐	51
● 附錄、著作權歸屬及授權聲明.....	55

前 言

本課群主要訓練學生從事材料表面處理之技術、檢測分析與應用；首先學生在一年級上學期必須對化學基本知識有一定程度的認識，如元素或離子化合物的化性與物性及化學反應的動力學與質能均衡，各種材料的物性與化性以及其相關的化學反應動力學與質能均衡會對材料表面處理程序參數設定與處理後的表面性質間產生什麼影響呢？在一年級下學期的材料科學與工程(一)課堂上將向學生介紹材料科學與工程如何探討材料結構、性質與加工三者之關係，如何適當設計材料表面處理在前處理程序與進行處理後的表面性質檢測分析？二年級有機化學(二)課程，熟悉醯胺或酯官能基的水解或還原反應機制、熟悉有機高分子材料的官能基光譜分析、學習如何利用醛類或葡萄糖進行銀氨的銀鏡還原反應、熟悉反應機制。最後在三年級的高分子材料熟悉纖維高分子材料的基本物化性、熟悉高分子材料官能基的分析與鑑定、熟悉高分子材料的機械性質。在高分子材料技術實習(二)上學習 Nylon/PET 纖維的表面物理法改質技術、Nylon/PET 纖維的表面化學改質技術。在單元操作(一、二) 上熟悉連續傳輸的設計原理、熟悉反應槽大小、輸送速率與滯留時間之關連性。因此透過此課群之學習，學生對材料表面處理之技術、檢測分析與應用會有更深一層的認識。

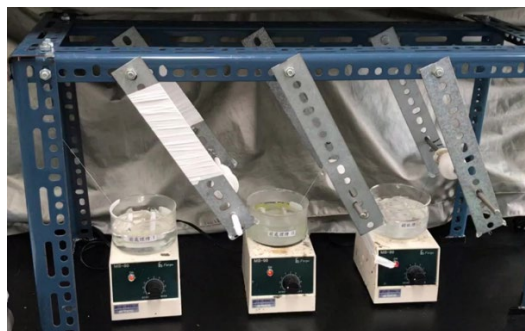
本課群執行以專題為導向的學習方法，執行做中學教學模式，建立串聯核心必修與專業選修之課群，以桶模式設計課程，學生在學習過程中知道為何而學與所學為何？此運作模式可提高學生學習興趣並建立其自信心。在課程執行中教師將適時先以虛擬方式利用「問題導向學習」(Problem Based Learning)方式，引導學生回答預先設定之問題，強化學生在執行實務專題上遇到瓶頸之解決能力。

主題式課群之知識架構與教學方法

導電纖維量產

(i) 專題內容概述

隨著 5G 無線快速資料傳輸系統的推動，穿戴式 3C 智能紡織織物成為一個極有可能成為未來日常生活中的穿戴衣物產品。製做智能紡織品最重要的關鍵材料為具有耐水洗的導電性纖維，由於紡織衣物為大量生產的民生物資品，因此，建置連續式導電纖維(圖三十)是國內目前積極開發的重要製程之一。所以，本工程教育的專題鎖定在培育學生具有連續式生產工程程序建置的專業人才。



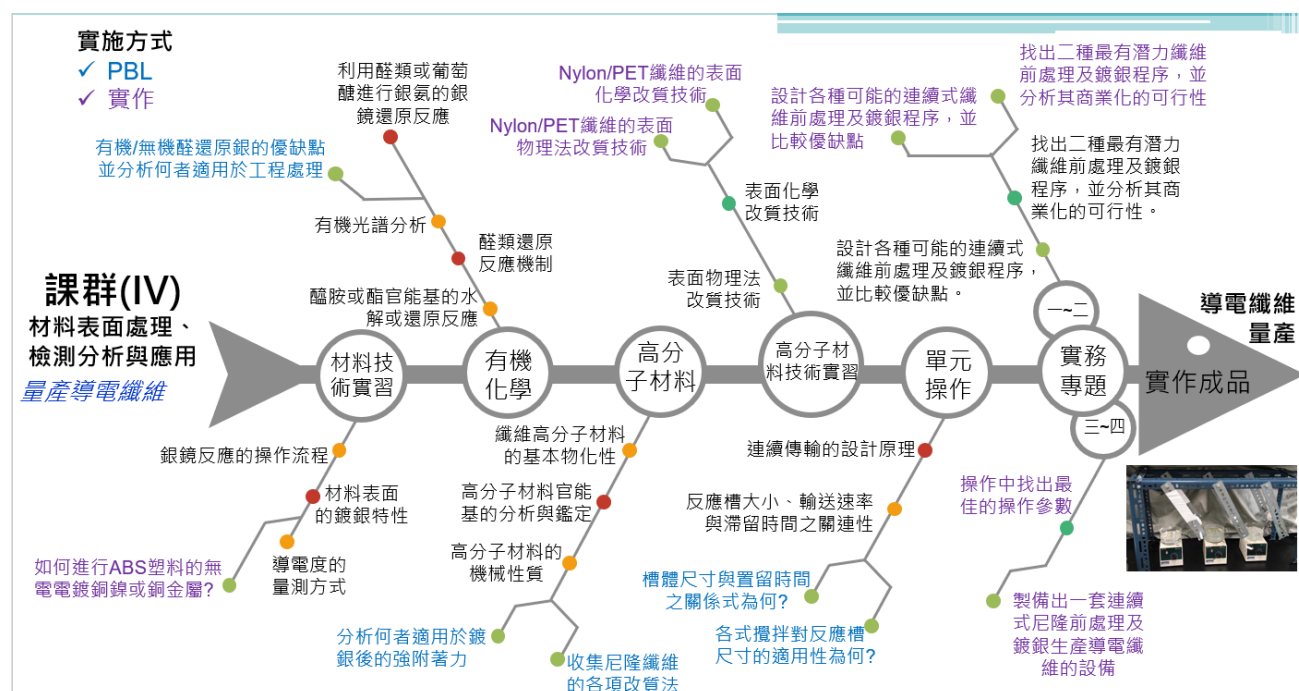
圖三十、量產導電纖維裝置

(ii) 主題式課群與「實務專題」之連結

專題所需的基本化學、化工知識及工程實務的訓練對應到五大課群中的課程包括(表十一)：「材料技術實習(一)」、「有機化學(二)」、「高分子材料」、「高分子材料技術實習(二)」、「單元操作(一、二)」、「實務專題(一~四)」。

此課群由 6 門課串聯在一起，每門課之開課時間有其先後性與連貫性(圖 XX)。本主題式課群所對應的實務專題為「連續式程序製造導電性纖維」，因整個專題涉及到選擇什麼樣式的纖維材料及無機導電物來製備導電纖維能力訓練，學生對於導電材及高分子纖維材料需有基本特性的了解，例如選擇何種纖維強度較適合導電纖維的應用？何種纖維的化學結構較適合極性改質？何種改質程序較適合量產規模的連續式處理程序等。所以，本主題式課群以「材料技術實習(一)」、「有機化學(二)」、「高分子材料」、「高分子材料技術實習(二)」這四門課來讓學生學習到高分子纖維的製造、各種纖維材的特性及其性質的量測；另在連續式製程方面，則因涉及到製程連續進料的轉速控制、反應溫度的控制、酸鹼槽的滯留時間及濃度的監測等工程知識，本課群藉由「單元操作(一、二)」來訓練學生對於工程操作參數制控的能力。例如在「高分子材料技術實習(二)」的實作課程中，安排了「Nylon 纖維的表面物理法改質技術」與「PET 纖維的表面物理法改質技術」的項目。另由有機化學(二)所教授到的醛氨銀鏡反應章節中，以 PBL 主題式教學引導學生思考，「請學生找尋有機醛還原及無機醛還原銀的優缺點，並分析何者適用於工程處理」將學理與實務做一個統合，採用優缺對比討論的方式，總結一個較適合工程化的

還原程序。接著，在學生學會改質技術後，開始訓練學生思考如何將改質技術工程化的程序，達到解決工程問題的能力訓練。同樣地，藉由 PBL 主題式教學，於單元操作課程中設計了「槽體尺寸與置留時間之關係式為何？」及「各式攪拌對反應槽尺寸的適用性為何？」的兩個討論議題，使學生學習到化工廠工程槽體的設計概念及其需考慮到的各種影響因子。



圖二十二、主題式課群 IV 與「實務專題」之連結

(iii) 「實務專題」與產業界問題之連結

導電纖維的製作及其在 3C 穿戴電子用品上的應用是日本紡織業 2017 年會的主題，顯示導電纖維為穿戴式 3C 產品中非常重要的關鍵性材料。但目前國內並無廠商有能力進行連續式的導電纖維生產程序，國外的廠商也只能以批式的方式來對多根捻纖維進行無電電鍍銀纖維的方式生產。所以，本專題提供了化學工程師的重要的工程議題訓練——連續式製程的開發。由於連續式製程涉及到更多參數調整，及如何由實驗室的小型連續式反應單元擴大到量產型的連續單元更是一個化學工程師的重要專業工作。因此，藉由本專題的執行，學生除了可學習到產業常見的改質程序，更可進一步的學習到連續製程工程的操作觀念，強化其未來的就業能力。

表十一、「導電纖維量產」之學習目標、課程關連性、PBL 與實作

課程名稱/開課年級/必修/選修/學分數	學習目標	課程關連性	PBL 與實作
材料技術實習(一)/一下/必修/3 學分	1. 熟悉銀鏡反應的操作流程。 2. 熟悉材料表面的鍍銀特性及其導電度的量測方式。	1. 此課程將安排銀氨溶液與葡萄糖反應的銀鏡實驗，使學生了解實際的鍍銀程序。 2. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 I 項，培養具有實現工程項目之能力。	如何進行 ABS 塑料的無電電鍍銅鎳或銅金屬？(實作)
化學工程概論/一下/選修/1 學分	介紹石化科技、材料科技、生物科技、綠色科技、能源科技等五大主題。	1. 由五大主題之延伸讓學生認識五大實務專題之內容。 2. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 C 項，建置具有創造力的訓練項目。	介紹「導電纖維量產」之實務專題內容。
有機化學(二)/二下/必修/2 學分	1. 熟悉醯胺或酯官能基的水解或還原反應機制。 2. 熟悉有機高分子材料的官能基光譜分析。 3. 學習如何利用醛類或葡萄糖進行銀氨的銀鏡還原反應。 4. 熟悉反應機制。	1. 導電纖維常用尼隆纖維作為鍍銀的基材纖維，鍍銀前可能會有前處理，所以學生要學習如何鑑定分析尼隆表面是否已改質。 2. 鍍銀的程序常用銀鏡反應，也有可能用無機還原劑，因此，此課程擬規劃請學生找尋有機醛還原及無機醛還原銀的優缺點，並分析何者適用於工程處理之 PBL 教學。 3. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 C 項，建置具有創造力的訓練項目。	請學生找尋有機醛還原及無機醛還原銀的優缺點，並分析何者適用於工程處理。(PBL)
高分子材料/三上/選修/3 學分	1. 熟悉纖維高分子材料的基本物化性。 2. 熟悉高分子	1. 導電纖維要具有衣物的柔軟特性，需以尼隆或聚酯纖維做為基材，此課程乃針對纖維高分子物化性有深入的介紹。	規劃學生收集尼隆纖維的各項改質法，分析並歸納何者適

	材料官能基的分析與鑑定。 3. 熟悉高分子材料的機械性質	2. 高分子有機材的改質為工業常見的程序，本課群的 PBL 教學擬規劃學生收集尼隆纖維的各項改質法，分析並歸納何者適用於鍍銀後的強附著力。 3. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 C 項，建置具有創造力的訓練項目。	用於鍍銀後的強附著力。 (PBL)
高分子材料技術實習(二)/ 三下/選修/3 學分	1. Nylon 纖維的表面物理法改質技術。 2. PET 纖維的表面化學改質技術。	1. 本課程將導入尼隆纖維的物理改質及化學改質實作項目。讓學生熟悉纖維高分子改質的操作方法。 2. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 I 項，培養具有實現工程項目之能力。	1. Nylon 纖維的表面物理法改質技術。(實作) 2. PET 纖維的表面化學改質技術。(實作)
單元操作(一~二)/ 三上下/必修/各 3 學分	1. 熟悉連續傳輸的設計原理。 2. 熟悉反應槽大小、輸送速率與滯留時間之關連性。	1. 要連續式的生產，反應槽的型態、纖維進入槽中的滯留時間與反應程度有關。本課程擬培育學生相關的單元操作知識。 2. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 D 項，培養具有設計工程項目之能力。	1. 槽體尺寸與置留時間之關係式為何?(PBL) 2. 各式攪拌對反應槽尺寸的適用性為何?(PBL)
實務專題(一~二)/ 三上下/必修/各 1 學分	1. 設計各種可能的連續式纖維前處理及鍍銀程序，並比較優缺點。 2. 找出二種最有潛力纖維前處理及鍍銀程序，並分析其商業化的可行性。	1. 本工程教育的實務專題採用 CDIO 的新工程教育概念，因此在初期的實務專題中，將著重在整合上述三個課群專業知識的訓練。 2. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 D 及 I 項，培育具有設計及實現工程項目之能力。	1. 設計各種可能的連續式纖維前處理及鍍銀程序，並比較優缺點。(實作) 2. 找出二種最有潛力纖維前處理及鍍銀程序，並分析其商業化的可行性。(實作)

實務專題(三~四)/ 四上下/必修/各1學分	1. 製備出一套連續式尼隆前處理及鍍銀生產導電纖維的設備。 2. 由操作中找出最佳的操作參數。	1. 在大三的實務專題中，需將設計好的連續式尼隆前處理及鍍銀生產導電纖維的設備進行組裝與測試操作。 2. 改變不同的操作參數下，分析操作結果與優化設備的操作效率。 3. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 O 項，培育具有操作工程設備能力的訓練項目。	1. 製備出一套連續式尼隆前處理及鍍銀生產導電纖維的設備。 (實作) 2. 由操作中找出最佳的操作參數。 (實作)
------------------------	--	--	--

表二、「材料表面處理、檢測分析與應用」課群專業知識單元表

課程名稱	專業知識
必修課	
A. 材料技術實習(一)	A1 無電鍍鎳的鍍膜製備
B. 有機化學(二)	B1 醃胺或酯官能基的水解或還原反應機制；B2 有機高分子材料的官能基光譜分析；B3 醛類或葡萄糖進行銀氨的銀鏡還原反應
C. 單元操作(一)	C1 工程原理和質量與能量守恆和熱平衡；C2 動量傳送原理與總動量均衡；C3 動量傳送原理與應用；C4 穩態熱量傳送原理與種類；C5 穩態質量傳送原理與分子擴散
D. 單元操作(二)	D1 穩態質量傳送原理與分子擴散；D2 蒸發；D3 段級與連續氣液分離程序；D4 汽-液分離程序；D5 液-液與固-液分離程序
選修課	
E. 高分子材料	E1 高分子聚合物-高分子聚合原理與化學性質；E2 高分子分子結構-性質-用途-高分子物理性質與機械性質；E3 高分子-分子結構與相容性-高分子分子鏈性質與介面性質；E4 實作；E5 分組 PBL 討論
F. 高分子材料技術實習(二)	F1 聚丙烯接枝馬來酸酐技術

課程教材

- (i) 「有機醛還原及無機物還原銀的優缺點，並分析何者適用於工程處理。(PBL)」講義
- (ii) 「槽體尺寸與置留時間之關係式為何?(PBL)」講義
- (iii) 「分析並歸納何者適用於鍍銀後的強附著力。(PBL)」分組講義
- (iv) 「各式攪拌對反應槽尺寸的適用性為何?(PBL)」講義

實驗教材

- (I) 「無電鍍鎳的鍍膜製備」講義
- (II) 「汽車鍍膜表面處理測試與介面觀測」講義
- (III) 「PET/尼龍相容劑：聚丙烯接枝馬來酸酐」講義

本課群將以上專業知識依下表串聯，並提供規劃之教學方法與對應教材，以及堂數（本規劃並非以一學期之概念設計）：

項次	課程名稱/專業知識/教學內容簡述
01	材料技術實習(一) A1 無電鍍鎳的鍍膜製備 授課[3 堂、教材(I)]
02	有機化學(二) B1 醃胺或酯官能基的水解或還原反應機制 授課[4 堂]；B2 有機高分子材料的官能基光譜分析 授課[4 堂]；B3 醛類或葡萄糖進行銀氨的銀鏡還原反應 授課[4 堂]；分組討論[2 堂、教材(i)]
03	單元操作(一) C1 工程原理和質量與能量守恆和熱平衡 授課[3 堂]；C2 動量傳送原理與總動量均衡 授課[9 堂]；C3 動量傳送原理與應用 授課[9 堂]；C4 穩態熱量傳送原理與種類 授課[9 堂]；C5 穩態質量傳送原理與分子擴散 授課[9 堂]；分組討論[3 堂、教材(ii)]
04	高分子材料 E1 高分子聚合物-高分子聚合原理與化學性質[4 堂]；E2 高分子分子結構-性質-用途-高分子物理性質與機械性質[4 堂]；E3 高分子-分子結構與相容性-高分子分子鏈性質與介面性質[4 堂]；E4 實作[2 堂、教材(II)]；E5 分組 PBL 討論[2 堂、教材(iii)]
05	單元操作(二) D1 穩態質量傳送原理與分子擴散 授課[9 堂]；D2 蒸發授課[6 堂]；D3 段級與連續氣液分離程序 授課[9 堂]；D4 汽-液分離程序授課[12 堂]；D5 液-液與固-液分離程序 授課[9 堂]；分組討論[3 堂、教材(iv)]
06	高分子材料技術實習(二) F1 PET/尼龍相容劑：聚丙烯接枝馬來酸酐[1 堂、教材 III]

教材內容

01 無電鍍鎳的鍍膜與特性分析

目標 本講義設計「無電鍍鎳的鍍膜與特性分析」實驗，讓學生熟悉製備無電鍍鎳的鍍膜在前處理程序，鍍膜程序進行與鍍膜後的表面性質檢測分析。

實作

1. 採用自編教材「教材 I：無電鍍鎳的鍍膜與特性分析」實驗講義（吳文昌著，109 年 1 月）。
2. 「無電鍍鎳的鍍膜製備」之實驗主題由銅基材的無電鍍鎳來瞭解無電鍍之原理，並可認識無電鍍鎳之施鍍方式與鍍層特性。另一方面也探討鍍膜程序參數(溫度，濃度，時間)對鍍膜層性質的影響。
3. 「實驗目的」、「儀器與藥品」、「實驗步驟」、「實驗紀錄及報告」等內容請參閱附件一。

02 連續導電纖維製程

目標 本講義設計「醃胺或酯官能基的水解或還原反應機制」、「有機高分子材料的官能基光譜分析」、「醛類或葡萄糖進行銀氨的銀鏡還原反應」等章節，讓學生熟悉有機高分子纖維材料的表面改質、官能基的鑑定與分析、以及後續於纖維表面的鍍銀還原反應機制的專業知識之建立及其後續應用於「連續導電纖維製程」的實務專題之製作。

(I)Lecture 1: 「醃胺或酯官能基的水解或還原反應機制」

請參閱有機化學課本 Introduction to Organic Chemistry(6/e), William Brown, Thomas Poon (Wiley Publishing) , Chapter 14 Functional Derivatives of Carboxylic Acids.

內容關鍵字: Amide Group, Ester Group, Hydrolysis, Reduction

(II) Lecture 2: 「有機高分子材料的官能基光譜分析」

請參閱有機化學課本 Introduction to Organic Chemistry(6/e), William Brown, Thomas Poon (Wiley Publishing) , Chapter 11 Spectroscopy.

內容關鍵字: Functional Group, Spectroscopy, FTIR, NMR

(III) Lecture 3: 「醛類或葡萄糖進行銀氨的銀鏡還原反應」

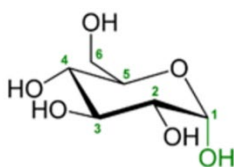
請參閱有機化學課本 Introduction to Organic Chemistry(6/e), William Brown, Thomas Poon (Wiley Publishing) , Chapter 14 Functional Derivatives of Carboxylic Acids.

內容關鍵字: Aldehyde, Silver Mirror, Glucose

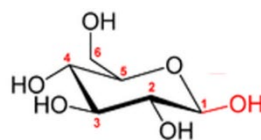
(IV) Lecture 4: 「葡萄糖與醛類還原銀金屬的製程」

1. 還原劑的介紹

- (1) 葡萄糖類(Glucose)：白色粉末，是自然界中最豐富的單糖，主要由植物和大部分藻類在光合作用過程中由水和二氧化碳製成，以直鍊和環狀形式存在。
熔點: α -D-吡喃葡萄糖：146°C (419 K)、 β -D-吡喃葡萄糖：150°C (423 K)，
易溶於水、乙酸和其他幾種溶液，僅微溶於甲醇和乙醇。



α -D-吡喃葡萄糖



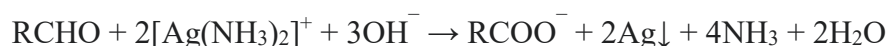
β -D-吡喃葡萄糖

- (2) 醛類(Aldehydes)：含有甲醯基的一類有機化合物，官能團具有結構通式： $R-CHO$ 。醛的性質大不相同，其具體性質取決於醛的分子大小。小分子的醛類大多易溶於水，如：甲醛，乙醛。揮發性醛大多具有刺激性氣味。

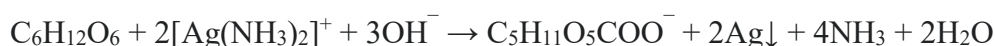
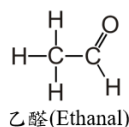
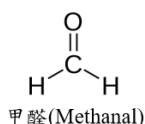
2. 銀鏡反應的原理

為一種氧化還原反應，是將一價銀化合物的溶液還原為金屬銀的化學反應，正一價的銀離子在鹼性和含氮的溶液中，可被葡萄糖還原成銀原子。析出的銀原子吸附在玻璃表面即生成銀色的鏡面。

- (1) 醛類還原反應通式：



- (2) 葡萄糖還原反應通式：



3. 銀鏡反應的添加助劑

- (1) 酒石酸(tartaric acid)：外觀為白色粉末，是一種 α -羧酸、雙質子酸。存在於多種植物中，酒石酸最大的用途是飲料添加劑，然後是藥物工業原料。在鍍銀製程中，可控制銀鏡的形成速度，獲得非常均一的鍍層。
- (2) 乙醇(Ethanol)：無色清澈液體，易燃，是常用的燃料、溶劑和消毒劑，也用於有機合成。加入乙醇後可獲得非常平滑的鍍層。

4. 工廠常用的製程

- (1) 化學鍍銀前處理：

在工廠的鍍銀製程裡，鍍件的前處理是非常重要且繁雜的。為了使鍍件表面呈平整，主要通過噴砂、刷光、磨光等方法將粗糙的零件表面整平以消除零件表面的劃痕、毛刺等，使零件達到一定的平整度。如鍍件表面有殘留油污的話，可以用有機溶劑除油、表面活性劑除油、化學除油、電解除油等方法除去油污。在進入電鍍液槽前的最後一項作業，將鍍物浸入弱酸或弱鹼中，以消除鍍件表面臨時生成的銹或薄氧化膜，使零件表面呈現出金屬的結晶組織，又稱活化，保證鍍件表面與鍍液的充分接觸，提高鍍層與基體的結合力，獲得優質的鍍層。

- (2) 化學鍍銀常用的配方及製程：

- i. 甲醛浴：沉澱速度快，但鍍膜容易剝落。將表一 A、B 液按 1：1 比例混合，反應溫度 $15^{\circ}C \sim 20^{\circ}C$ ，反應時間依需要的鍍層重而定。

一：甲醛浴 A、B 液的配製：

A 液		B 液	
AgNO ₃	3.5g	38%HCHO	1.1ml
NH ₄ OH	適量	C ₂ H ₅ OH	95ml
H ₂ O	100ml	H ₂ O	3.9ml

表

- ii. 酒石酸鹽浴：應用較廣泛。將 A、B 液按 1：1 比例混合，反應溫度 10°C ~15°C，反應時間 10 min。

表二：酒石酸鹽浴 A、B 液的配製：

iii. 葡萄	A 液		B 液	
糖	AgNO ₃	20g	KNaC ₄ H ₄ O ₆ •4H ₂ O	100g
浴	NH ₄ OH	適量	MgSO ₄ •7H ₂ O	—
：				
標	H ₂ O	1000ml	H ₂ O	1000ml

作

繁瑣，但鍍層質量較好。

將表三的葡萄糖浴 A、B 液按 1：1 比例混合。

表三：葡萄糖浴 A、B 液的配製：

A 液		B 液	
AgNO ₃	20g	C ₆ H ₁₂ O ₆	100g
NH ₄ OH	適量	C ₄ H ₆ O ₆	4g
NaOH	2.5g/100ml	C ₂ H ₅ OH	100ml
H ₂ O	1000ml	H ₂ O	1000ml

(V)Group activity

「教材 i：有機醛還原及無機物還原銀的優缺點，並分析何者適用於工程處理。(PBL)」講義 (王振乾著，109 年 11 月)，附件三

(1)實施步驟

S1. 閱讀(原始)問題，進行組內討論、思考與提出衍生問題。

- S2. 回想與分享相關(先前)知識與生活經驗，查詢術語。
- S3. 根據 S1+S2，提出問題相關假設與機制。
- S4. 根據 S1+S2+S3，決定學習議題(新知)。
- S5. 分工尋找 S4 學習議題相關資料與決定議題的學習順序。
- S6. 應用 S5 自學新知在原始問題上。
- S7. 回顧與總結學習到的新知與能力、自評與評量組員貢獻度、回顧全組合作學習表現。

PBL Steps	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	合計
Time(min)	5	5	5	5	10	10	20	60

(2)引導方式

「銀鏡反應」、「有機還原劑」、「無機還原劑」等內容的 PBL 活動引導實施詳細步驟請參閱附件二。

03 單元操作(一)

目標 單元操作是在化學工業生產中具有共同的物理變化特點的基本操作，是由各種化工生產操作概括得來的。單元操作和化工單元過程一起，組成學習化學工業生產的基礎知識。單元操作是化學工程的主要研究領域。單元操作涉及物理變化和化學變化包括：分離、吸收、結晶、蒸發、過濾、聚合、異構化和其他的反應。這些單元的原理和計算方法，可以應用到各種化工門類的設計和生產過程中。

(I)Lecture 1:

請參閱單元操作與輸送現象課本 Transport processes and separation process principles (includes unit operations) 4th Chirstie John Grankoplis (Pearson/Prentice Hall) 第 1, 2, 4, 6 章

內容關鍵字: Mass and energy balances, Momentum transfer, Heat transfer, Mass transfer

(II) Group activity

「教材 ii :槽體尺寸與置留時間之關係式為何? (PBL)」講義 (吳文昌著，110 年 7 月)，附件四

要連續式的生產，反應槽的型態、纖維進入槽中的置留時間與反應程度有關。本課程擬培育學生相關的單元操作知識。

內容關鍵字:單元操作、反應槽、槽體尺寸、質量傳送、流體力學、滯留時間、質能均衡

04 高分子材料

目標 本堂課『高分子材料』於講義中設計「汽車鍍膜表面處理測試與介面觀測」、實作課程，讓學生熟悉製備高分子聚合物塗料用來做表面修飾與物性檢測之方法。在實驗前，同學需了解鍍膜表面處理的方式及其不同官能基可能表現出的不同性質之基本觀念。此部份在「高分子材料」課程的授課間，導入 PBL 問題導向教學來訓練學生對此領域材料的基本概念。於 PBL 的主題教學中，為使學生對鍍膜的應用有所認識，提升學習興趣，以引導問題的方式請學生訂定要探討的目標鍍膜材料主題。例如，若選定的是陶瓷材料，則其主要用在玻璃器材之鍍膜改質。PBL 課堂上要求學生選定材料主題後，要找出其原料單體、合成方式及製造方法進行小組報告。此方式可使學生對高分子材料的合成、檢測及分析與應用具有較完整的認識。

(I) Lecture：「高分子聚合物」－ 高分子聚合原理與化學性質

請參閱高分子材料課本高分子材料導論 An Introduction to Polymeric Materials (二版)，徐武軍（五南圖書出版），第一章. 高分子化合物
內容關鍵字：高分子聚合物，聚合反應，單體，配位聚合

(II) Lecture：「高分子分子結構-性質-用途」－ 高分子物理性質與機械性質

請參閱高分子材料課本高分子材料導論 An Introduction to Polymeric Materials (二版)，徐武軍（五南圖書出版），第二章. 高分子材料的分子結構與性質和用途
內容關鍵字：玻璃轉移溫度，玻璃態，橡膠態，彈性模數

(III) Lecture：「高分子-分子結構與相容性」－ 高分子分子鏈性質與介面性質

請參閱高分子材料課本高分子材料導論 An Introduction to Polymeric Materials (二版)，徐武軍（五南圖書出版），第三章. 高分子分子結構與相容性
內容關鍵字：高分子分子量，凝膠層析法，介面現象，高分子塗料

(IV)實作

1. 採用自編教材「**教材 II：汽車鍍膜表面處理測試與介面觀測**」實驗講義（陳澄河/周盈年編著，110 年 1 月），附件五。
2. 內容關鍵字：鍍膜材料、氧化水解聚合反應、矽膠聚合反應、單體、研發歷程、表面接觸角測試。

「汽車鍍膜表面處理測試與介面觀測」之實驗主題有汽車鍍膜材料之製備與硬化物性測試。讓學生學習氧化水解加成反應之操作技術及原理、了解溫度及時間對汽車鍍膜材料特性之影響及了解塗布技術對含汽車鍍膜材料特性之影響。

(V) 分組 PBL 討論

1. 採用自編教材「教材 iii：高分子材料之介面改質方法?(以尼龍纖維為例)」
分組講義 (周盈年編著，110 年 1 月)。
2. 內容關鍵字: 尼龍纖維、高分子表面改質、表面自由能、有機無機介面。
3. 「高分子材料之介面改質方法?(以尼龍纖維為例)」之 PBL 分組主題討論形式: 針對 PBL 問題收集資訊→分組進行討論→分組報告問題解決方式→相關應用討論

問題設立與方案討論:

1. 尼龍纖維常見的表面處理方法為何?⇒以酸性處理使纖維舒張
2. 如何增進金屬與高分子之附著力?⇒需產生合適的官能基連結

05 單元操作(二)

目標 單元操作是在化學工業生產中具有共同的物理變化特點的基本操作，是由各種化工生產操作概括得來的。單元操作和化工單元過程一起，組成學習化學工業生產的基礎知識。單元操作是化學工程的主要研究領域。單元操作涉及物理變化和化學變化包括：分離、吸收、結晶、蒸發、過濾、聚合、異構化和其他的反應。這些單元的原理和計算方法，可以應用到各種化工門類的設計和生產過程中。

(I)Lecture 1:

請參閱單元操作與輸送現象課本 Transport processes and separation process principles (includes unit operations) 4th Chirstie John Grankoplis (Pearson/Prentice Hall) 第 6, 8, 10, 11 章

內容關鍵字: Momentum transfer, Heat transfer, Mass transfer, Unit operation, Separation process

(II) Group activity

「教材 iv：各式攪拌對反應槽尺寸的適用性為何? (PBL)」講義 (吳文昌著，110 年 7 月)，附件六

要連續式的生產，反應槽的大小、攪拌槽種類與反應適用性、反應程度、效率有關。本課程擬培育學生相關的單元操作知識與技術。

內容關鍵字:單元操作、反應槽、槽體尺寸、質量傳送、流體力學、攪拌、質能均衡

06 高分子材料技術實習(二)

目標 本講義設計「PET/尼龍相容劑：聚丙稀接枝馬來酸酐」實驗，讓學生熟悉製備聚丙稀接枝馬來酸酐的加工製程，以及 PET/尼龍與相容劑混練後的物性結果與分析。

實作

- 1.採用自編教材「**教材 III:PET/尼龍相容劑：聚丙烯接枝馬來酸酐**」實驗講義（蘇順發著，110 年 6 月）。
- 2.「PET/尼龍相容劑：聚丙烯接枝馬來酸酐」之實驗利用自由基聚合原理，以過氧化物作為起始劑，讓馬來酸酐接枝聚丙烯，並可讓學生操作雙螺桿押出機，熟悉高分子加工製程與設備。
- 3.「實驗目的」、「儀器與藥品」、「實驗步驟」、「實驗紀錄及報告」等內容請參閱附件七。

配套措施

本課群主要訓練學生從事材料表面處理、檢測分析與應用，學生學過共同主題串聯之課程後能從事專題製作，並從中培養解決工程問題之能力。為力求教學不斷精進，規劃教師試教與助教培訓，協助參與教師與助教透過同儕互助之力量，增進本課群課程教學專業知能，提升課程之教學品質及參與學生之學習成效。本計畫善用本校之微縮教學演練設備、工作坊、觀課制度、共同研發教材等機制，持續提升本計畫整體課程品質。

總 結

本課群主要讓學生從事「導電纖維量產」之專題製作，藉由此專題使學生熟悉表面處理之技術、檢測分析與應用。此課群由 6 門課串聯在一起，每門課之開課時間有其先後性與連貫性。課程實施上，在課程內容內導入因應「實務專題」製作所設計之 PBL，讓學生利用小組討論了解「實務專題」背後之學科基礎，並於技術實習課程內容上引入與「實務專題」有關之實作，讓學生熟悉從事「實務專題」之基本技能。課群依照所建立之學習目標建置 PBL 與實作，授課內容除了包含系所規劃之課程大綱外，並導入 PBL 與實作。學生依循本課群所開發的統整教材之內容即可從事與此主題式課群相關之「實務專題」之製作。本課群所開發之教材可供化工材料相關領域之學生使用；但請遵照著作權之相關規定。未來希望能將此教材推廣至技職院校。

參考資料

1. 高分子材料導論 An Introduction to Polymeric Materials (二版), 徐武軍 (五南圖書出版)第1、2、3章內容。
2. 陳俊, 劉正英, 黃銳, 殷茜, 唐翌; PET 改性研究進展[J], 中國塑膠, 2003, 17 : 20~25.
3. 陳玉君, 何國山, 侯鞏, 聚烯烴接枝 MAH 對 PET/ PA6 性能的影響[J]. 中國塑膠, 2002, 16 :44~46.
4. 林薇甄 電暈處理對尼龍織物表面影響及後處理加工之研究 國立臺北科技大學 有機高分子研究所碩士論文, 2014。

附件

附件一：「教材 I：無電鍍鎳的鍍膜與性質分析」講義（吳文昌著，109 年 1 月）

一、實驗目的

由銅基材的無電鍍鎳來瞭解無電鍍之原理，並可認識無電鍍鎳之施鍍方式與鍍層特性。

二、實驗藥品耗料與設備

無氧銅片(2cm×2cm×0.1cm)，10% H₂SO₄溶液，無電鍍鎳液，加熱攪拌器，2公升之加熱燒杯，可變電壓器、溫度計、酸鹼度計。

1. 硫酸鎳 (NiSO₄ · 6H₂O) 20克/升
2. 琥珀酸鈉 (Sodium Succinate) 16克/升
3. 次磷酸鈉(NaH₂PO₂ · H₂O) 27克/升
4. 10% H₂SO₄溶液
5. 脫脂劑

三、無電鍍鎳實驗步驟

1. 將無氧銅片以砂紙研磨至#1200，並加以拋光至鏡面。研磨時應與予倒角處理，去除試片之尖銳突起處，稱取其重量。

2. 前處理

脫脂：將無氧銅片進入含中性清潔劑之超音波震盪器內，震洗約5分鐘，取出並以蒸餾水清洗。

酸洗：試片脫脂後，以10% H₂SO₄酸洗5分鐘，取出並以蒸餾水清洗。

酸活化：再浸入10% H₂SO₄中30秒

3. 無電鍍鎳液依下列組成配製，將前一成份藥品完全溶解後，再行填加另一成份，最後稀釋至1升體積，並調整pH至4.8。

硫酸鎳 (NiSO₄ · 6H₂O) 20克/升

琥珀酸鈉 (Sodium Succinate) 16克/升

次磷酸鈉($\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

27克/升

4. 以2公升加入燒杯盛裝無電鍍鎳液，置於磁石攪拌器上，將轉速旋鈕旋至刻度2之位置，進行攪拌
5. 將無電鍍鎳液，置於磁石加熱攪拌器上。以溫度計監控浴溫，使浴溫維持為 $88 \pm 1^\circ\text{C}$ 。
6. 將試片浸入鍍液，分別經過20與40分鐘之析鍍後，取出試片，充份水洗，乾後，觀察其鍍膜表面光澤度，金相組織及鍍層厚度並以微小硬度計測量其硬度。

四、實驗紀錄及報告

系級:_____組別:_____

學號與姓名:_____

實驗數據記錄(如果有沉積，並記錄沉積高度)

樣品 編號	光澤度(G)	膜厚(m)	晶像表面 針孔/均一性	硬度(Hv)
1				
2				
3				
4				

金像組織

照片	照片
照片	照片

五、問題與討論

1. 瓦茲浴中各成份之功能為何?
2. 由鎳析鍍重量、鍍層膜厚、試片表面積，計算鎳之密度，並與查得之參考值比較(鎳密度 8.908克/毫升)。
3. 試比較不同鍍膜時間之光澤度、膜厚、硬度及表面形態，並說明造成差異的原因。
4. 試說明無電鍍酸型鍍液與鹼型鍍液之優缺點。

附件二：連續式導電纖維製程實務專題製作教材

一、教材簡介：近年來由於電子紡織品(e-textiles)的興起，3C 的消費電子商品中，有廠商及研究單位提出了智慧紡織品(Smart Textile)這一概念，導電纖維正是智慧紡織品的重要關鍵核心材料。目前導電纖維的關注重點都是在探討如何製備出耐用且低電阻的導電纖維，幾乎沒有研究去探討如何去使用最快速的方式來製備出低電阻的導電纖維。在本專題研究中，透過表面改質及表面粗糙化的方式，將尼龍纖維表面處理後製備出電阻值低於 $20\ \Omega/\text{cm}$ 的可導電纖維，同時量測其耐水洗性，使學生學習到由材料的改質至仿生產的工程實務專業知識，訓練工程實務導向人才。

二、授課目標：

- 1.學習耐隆纖維的表面改質及鑑定技術。
- 2.學習如何於不導電的耐隆纖維表面鍍上一層導電銀層。
- 3.學習如何進行連續式鍍銀程序，各單元槽的控制參數等工程實務專業知識。

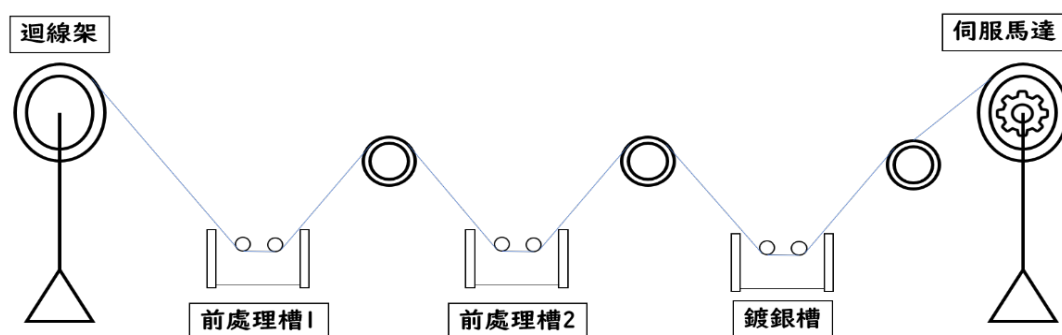
三、專題實作：連續式導電纖維製程

(一)簡介：紡織品是一種與人們生活密不可分的一項產品，早在 1980 年時，麻省理工學院的研究人員就提出了一個「電子紡織品」(Electronic textiles)的概念。其核心理念就是嘗試著將計算機元件與衣服相結合，也就是如今所稱「智慧紡織品」(Smart Textile)的基本概念，包括：紡織品智能服裝、電工可穿戴電子產品和信息科學可穿戴計算機等。本實務專題以市面上常用到的耐隆纖維為導電纖維的主材料，再利用酸蝕表面處理槽、安定化槽及無電電鍍槽等多槽連續進料的方式進行電阻值低於 $20\ \Omega/\text{cm}$ 的耐隆導電纖維的製程。並由量測其耐水洗後的導電度變化，學習如何控制各槽體反應液的濃度與置留時間，製備出導電性佳的導電纖維。

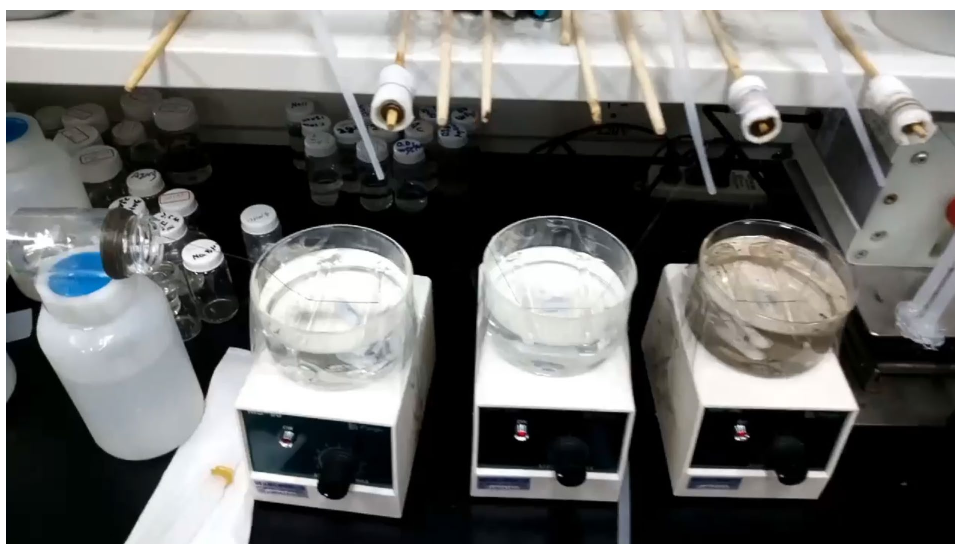
(二)實施步驟：

1. 取12M 鹽酸(HCl)稀釋至適當濃度，並加入適量的溴化十六烷基三甲銨(CTAB)，作為前處理液I。
2. 配置適當濃度的 AgNO_3 溶液(60 g AgNO_3 及200 ml 蒸餾水)，作為前處理液II。
3. 取0.03 M NaBH_4 與 0.02 M NaOH 配置為還原液。
4. 將100德分士多根捻耐隆纖維固定於軸承上，使用伺服馬達以1 rpm帶動纖維依序經過前處理液I、前處理液II及還原液，裝置如圖一的示意圖及圖二的實務裝置圖所示。

5. 將纖維經步驟4製程至纖維電阻符合需求，最後使用蒸餾水洗去纖維表面多餘的鍍液。
6. 超音波耐水洗測試：使用超音波盪水槽以30分鐘為一個週期，紀錄纖維每次水洗完後電阻變化。



圖一、連續式設備裝置圖



圖二、連續式導電纖維製程設備裝置圖

(三)實驗架構：

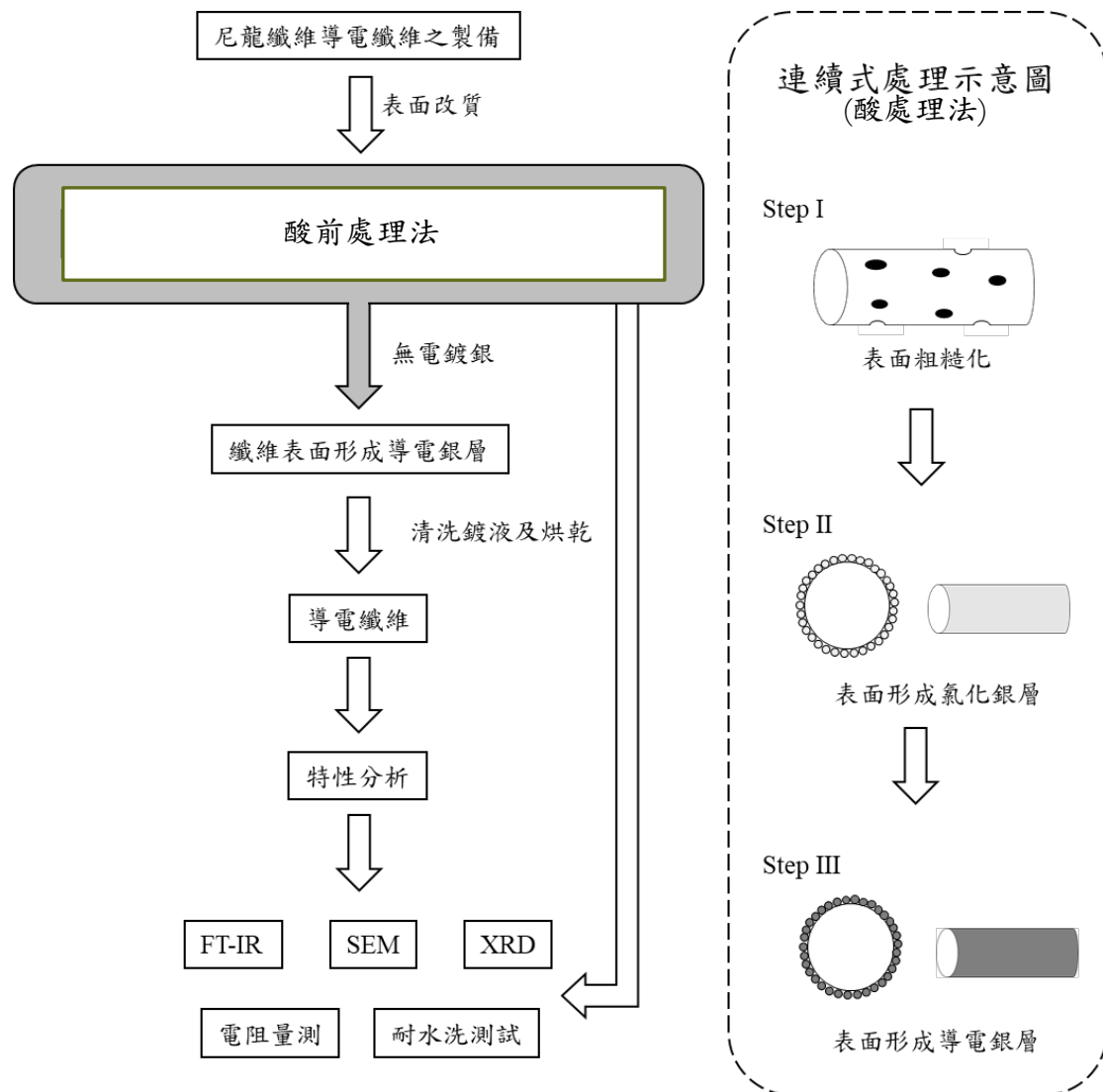


圖 3-1 實驗架構圖

附件三：「教材 i：有機醛還原及無機物還原銀的優缺點，並分析何者適用於工程處理。(PBL)」



教育部
Nanyang Technological University
化工學院

Problem-Based Learning (PBL)

Organic Chemistry (II)

1



教育部
Nanyang Technological University
化工學院

PBL的步驟

- S1. 閱讀問題，進行組內討論、思考及提出衍生問題。
- S2. 回想與分享相關知識與生活經驗。
- S3. 根據S1與S2結果，提出問題相關假設與機制。
- S4. 根據S1、S2及S3，決定學習議題。
- S5. 分工尋找S4學習議題相關資料與決定議題的學習順序。
- S6. 應用S5自學新知在原有的問題上。
- S7. 回顧與總結學習到的新知與能力、自評與評量組員貢獻度、回顧全組合作學習表現。

PBL Steps	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	合計
Time(min)	5	5	5	5	10	10	20	60

2

有機化學(一)

- 官能基如何參與水膠合成之反應？
- 官能基如何調控水膠之pH與膨潤度？

有機化學(二)

- 葡萄糖、醛類與銀氨的氧化還原反應適用於工業製程嗎？

3

Q3. 葡萄糖、醛類與銀氨的氧化還原反應適用於工業製程嗎？

S1. 閱讀問題，進行組內討論、思考與提出衍生問題

1. 閱讀問題敘述(Problem Description)

2. 深入思考 **What? Where? When? Why? Which? How? etc.**

①

②

③

④

⑤

⑥

3. 開始小組討論與提出衍生問題。

紀錄：

1. 問題：(1)
(2)

2. 小組討論與思考

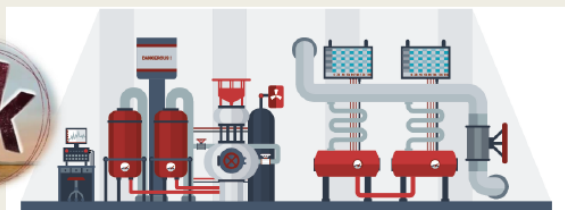
4

疑問？

- 葡萄糖跟氧化還原有什麼關係？
- 醛類跟氧化還原有什麼關係？
- 銀氨是什麼？
- 銀氨跟氧化還原又有什麼關係？
- 什麼是工業製程？



<https://kknews.cc/news/ep56l84.html>



<https://www.sirdp.org.tw/epaperdb/front/PreviewPeriodical.aspx?vol=136&mt=0>

5

化學

化工

傻傻分不清楚?!

<https://university.1111.com.tw/zone/university/discussTopic.asp?cat=University&id=122227>

6

科學 vs. 工程

- 一. 科學與工程的差異
- 二. 化學工程學些什麼？
- 三. 化學工程學系就業分析
- 四. Q&A



7

一. 科學vs.工程的差異



8

科學(Science)與工程(Engineering) 的差異

Science (科學)		Engineering (工程)
Science (科學)，古法文字意為 to know (探知) 。	字義	Engineering (工程) 這個英文字，乃衍生自古法文字，意思是 to produce (製造) 。
發現 認知	目的	發明 運用
分析 歸納	方法	創造 演譯
不計 代價	成本	精打 細算
知識 開拓	貢獻	生活 改善



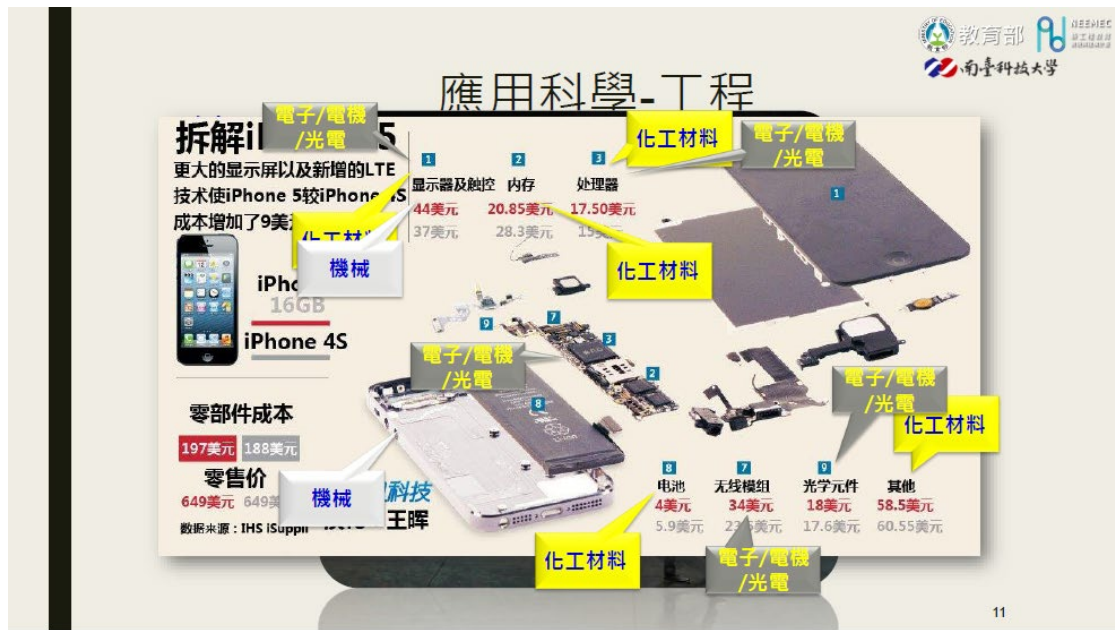
9

科學(Science)與工程(Engineering)的差異

Science (科學)	Engineering (工程)
化學	TFT顯示器、OLED顯示器、肥皂、功能性纖維等石化原料產品及太陽能晶片等產品...
物理	汽車、飛機、建築、TFT顯示器、音響、風力發電等產品...
數學	工廠建置、航空太空、電腦運算...
生物	農藥、殺蟲劑、藥物、食品...



10



教育部 南臺科技大學

以化工群為說明案例

■ 製造一個肥皂與製造一萬個肥皂有什麼差別?

VS

12

一個肥皂

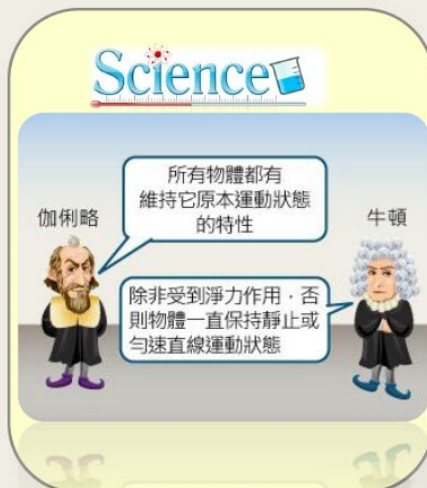
製造工具

一萬個肥皂



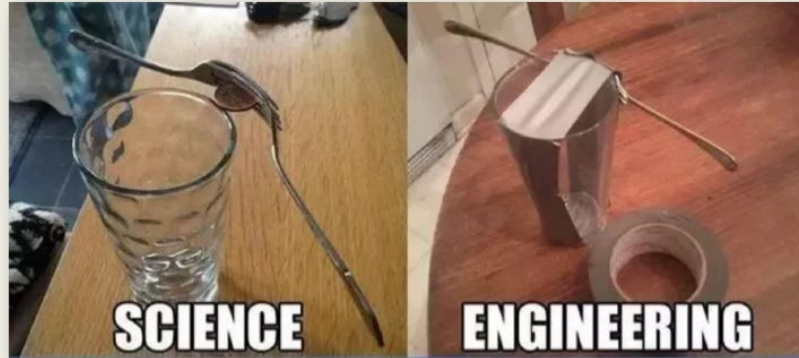
13

考量的問題



14

科學 vs. 工程



15

化學系課程

訓練課程 化工系課程

- 化學/化學實驗
- 有機化學/有機
- 無機化學/無機
- 分析化學/分析
- 物理化學/物理
- 有機光譜學
- 儀器分析/實習
- 有機合成
- 生物化學
- 量子化學



單元操作
驗

驗

16

化學系與化學工程系有什麼不同？

- 『那你會做塑化劑嗎？』 行榜"第二名"。
- 排行榜第一名是.... 『那你會做地溝油嗎？』
- 排行榜第三名的是 『那你會做炸彈嗎？』
- 第四名是 『化工系女生應該很少吧？』

化工女生少？這叫電機，機械，船舶，航太，土木，聽了情何以堪呀！

『化學系教你花錢，化工系教你賺錢。』

17

S2. 回想與分享相關知識與生活經驗，查詢術語。

1. 學員從記憶中回想相關知識與生活經驗。
2. 請學員在小組內分享相關知識與生活經驗。
3. 如有學員不懂的專業術語，請找出來並找資料理解。

紀錄：

1. 自行追加的兩個問題(只看問題敘述，不看參考資料，參考資料也不一定有答案)

自選問題：(1)日常生活中有什麼氧化還原反應發生？
(2)你(妳)曾看過什麼工業製程？

1. 小組討論與思考

27

S3 根據S1及S2，提出問題相關假設與機制。

1. 根據前兩個步驟，提出問題相關的假設與發生的可能機制。

紀錄：

1. 相關問題的假設
2. 問題發生的可能機制

28

S4根據S1、S2及S3，決定擬解決的學習議題。

1. 決定學習議題，學習議題必須是小組目前沒有足夠知識可以解決的。
2. 學習議題可以透過問答式討論找到。
3. 學習議題是找尋資源和資訊的基礎。

紀錄：

1. 學習議題
2. 議題分工(將學習議題分配給每位組員)

29

S5. 分工尋找S4學習議題相關資料與決定議題的學習順序。

1. 請所有學員閱讀並了解其他學員找出學習議題的相關資料。
2. 請小組討論各項學習需要的學習先後順序。

紀錄：

1. 請組員5分鐘內完成個人負責的資料閱讀並找出負責問題的答案。
2. 學習議題的學習先後順序

30

S6. 應用S5自學新知在原始問題上。

1. 請學員將步驟5中自學得到的新知，應用在原始問題上。
2. 請學員針對新知提出質疑，請他們將新知應用在其它狀況下，這些都有助於刺激大腦形成永久記憶。

紀錄：

- 1.

31

S7. 回顧與總結學習到的新知與能力、**自評與評量組員貢獻度**、**回顧全組合作學習表現**。



1. 請學員回顧與總結學習到的知識與能力。
2. 請學員針對每位組員提供學習過程中，自評與評量每位組員的貢獻度與回饋整組合作學習的情況。
3. 總結學習到的新知與能力有助於強化未來相關知識與能力的應用。

紀錄：

- 1.回顧與與總結學習到的知識與能力

附件四：「教材(ii)槽體尺寸與置留時間之關係式為何? (PBL)」(吳文昌著，110年7月)

前言：

表面處理工業雖然不是工業之主流，但只有透過表面處理，製品的特性及價值才能充份發揮出來。應用電鍍(plating)，陽極處理(anodizing)，化成處理(conversion coating)，塗裝(coating)等工業技術，達到防蝕，增進可焊性，潤滑性，耐磨性，附著性及鋼材防止滲碳等的多項目的。所以表面處理為各種加工製造工業不可或缺的過程。從傳統工業到近代高科技，表面處理技術一直扮演非常重要之角色。例如太空船，人造衛星，積體電路等之發展表面處理技術都有決定性之影響。以銀鏡反應（英語：silver mirror reaction）為例是一價銀化合物的溶液被還原為金屬銀的電化學反應，由於生成的金屬銀附著在容器內壁上，光亮如鏡，故稱為銀鏡反應，工業上則用這個反應來對玻璃塗銀制鏡和制保溫瓶膽。一般的表面處理都採用濕式法，在電解槽中來實施工藝，會影響表面處理產品的優劣因素甚多，如處理藥水、工件幾何形狀、處理反應槽尺寸以及反應速率留置時間等。另一方面，不論物理變因或是化學變因都與單元操作的三大輸送現象與操作設計有莫大關連。

預期學習目標：

本教材之課程為單元操作，預期讓學生經由學習本 PBL 教材所規劃之分組討論來熟悉連續傳輸的設計原理、熟悉反應槽大小、輸送速率與置留時間之關連性。因此透過此課群之學習，學生對材料表面處理之技術、檢測分析與應用會有更深一層的認識。

教材摘要：

本教材將藉由 PBL 教學理念設計來實施，教學活動設計之內容包括(1)教學目標 (2)PBL 教學活動 (3) PBL 學習之問題與討論 (4) PBL 學習之評估。本教材是針對 PBL 學習的兩大目標，設計由單元操作的三大輸送現象原理的基礎知識開始學習，首先動量傳送與流體力學的原理與應用，之後熱量傳送的原理與應用，接著質量傳送的原理與應用，最後學習反應槽體設計以及影響操作之誤差及化學變因等知識，探討槽體尺寸與置留時間之關係。

教學活動：

一、教材內容：

二、(1)質量守恒 (2)能量守恒 (3)穩態動量傳送與流體力學 (4)熱量傳送原理 (5)質量傳送原理 (6)單元操作影響因素 (7)置留時間與反應槽結構設計關係。

單元操作可認為是合乎經濟法則去組織化學工程的許多課題是基於兩件事實：(1) 雖然個別的製程數目繁多，但是每一個製程是可以拆解成一連串的步驟，稱之為操作，而這些操作依序出現在各種製程當中；(2) 個別的操作具有共同的

技術和相同的科學原理，例如，固、液體在大部分的製程當中必須被移走；熱或其它形式的能源必須從某一物質轉移到其它物質。一般來說，設計單元操作從三大守恆（質量守恆、熱量守恆和能量守恆）開始，先寫下各組分對應傳遞量的守恆方程，再解方程組得到需要的設計參數，通常會得到一個範圍，然後從中選取最優的方案並設計設備。例如：設計一個板式精餾塔，先寫下每塊塔板的質量守恆方程，通過已知的氣-液相平衡和效率，列出每種物質的質量守恆方程，聯立上述方程，解方程組可以得到一個範圍。因為提高回流比可以降低理論塔板數，反之亦然。對化學反應或是電化學反應是將一個或數個物質經由化學變化轉變為另一種物質的過程。反應器則是藉由控制化學反應的進行，將原先不具有經濟價值的原料轉變為商業化的產品，是化工生產中的核心設備之一，其性能優劣會直接影響整個生產流程。因此，設計一個具穩定生產、低耗能，同時又具備安全與環保的反應器即是化學工程師的主要任務。當原料在反應器內進行反應時，除了化學變化之外，也會伴隨著一些物理變化的產生（如溫度、濃度變化），兩者在操作過程中會交互影響，影響最終產率、設備穩定度、操控難度等。反應器種類繁多，但到目前為止尚未有統一的分類依據，大致上可按反應器操作方式、熱力學條件、外型與結構、物料相態、物料流動特性、物料輸送方式等特點來做區分。依據反應器的操作方法，可分為：1. 批式反應器 (Batch reactor) 2. 連續式反應器 (Continuous reactor) 3. 半批式反應器 (Semi-batch reactor) 依據反應器的熱力學條件，可分為：1. 等溫反應器 (Isothermal reactor) 2. 非等溫反應器 (Nonisothermal reactor) 3. 絕熱式反應器 (Adiabatic reactor) 4. 非絕熱式反應器 (Non-adiabatic reactor)。

置留時間為反應槽體積與進流量的比值，不同反應槽依其處理功能不同而有不同的滯留時間。這代表反應槽的尺寸與置留時間有及密切關連性，若要適當控制反應的進行，則對含反應速率、反應轉化率以及反應效率等需要設計與控制。

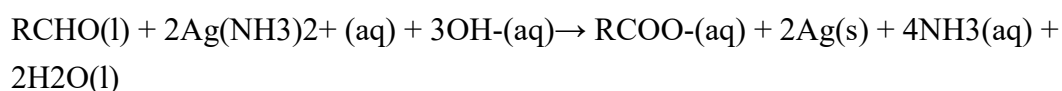
表面處理的對象非常廣泛，從傳統工業到現在的高科技工業，從以前的金屬表面到現在的塑膠，非金屬的表面。它使材料更耐腐蝕，更耐磨耗，更耐熱，它使材料之壽命延長，此外改善材料表面之特性，光澤美觀等提高產品之附加價值，所有這些改變材料表面之物理，機械及化學性質之加工技術統稱為表面處理 (surface treatment) 或稱為表面加工 (surface finishing)。表面處理的目的可以分四大類：

- (1) 美觀 (appearance).
- (2) 防護 (protection)
- (3) 特殊表面性質 (special surface properties)
- (4) 機械或工程性質 (mechanical or engineering properties)

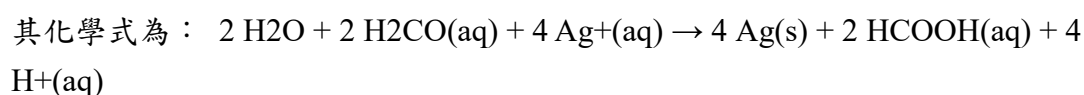
表面處理技術的種類繁多如**銀鏡反應**（英語：**silver mirror reaction**）是一價銀化合物的溶液被還原為金屬銀的化學反應，由於生成的金屬銀附著在容器內壁上，光亮如鏡，故稱為銀鏡反應。常見的銀鏡反應是銀氨絡合物（銀氨錯合物）（又稱多倫試劑）被醛類化合物還原為銀，而醛被氧化為相應的羧酸根離子的反應，不過除此之外，某些一價銀化合物（如硝酸銀）亦可被還原劑（如肼）還原，產生銀鏡。

銀鏡反應通常是中學化學實驗之一。實驗室中用這個反應來鑑定含有醛基的化合物，工業上則用這個反應來對玻璃塗銀制鏡和制保溫瓶膽。

銀鏡反應是一個氧化還原反應，正一價的銀離子在鹼性和含氮的溶液中，可被葡萄糖還原成銀原子。析出的銀原子吸附在玻璃表面即生成銀色的鏡面。銀離子在氮的鹼性溶液中與醛類作用，可得羧酸及金屬銀之沈澱，而此沈澱以銀鏡方式出現，故稱銀鏡反應，又稱多倫試驗，而銀氨離子之鹼性溶液，稱為多倫試劑。



若沒有使用葡萄糖，使用甲醛一樣可以（即福馬林），但須注意其為毒性物質，建議在實驗室中製作。



二、教學設計：

本 PBL 學習主要設計類似翻轉教學模式以分組方式進行，依 PBL 所設定兩大議題與教材中的問題，讓學生在討論前自行蒐集相關資料，提醒同學將問題整理提出來討論。預訂在期中與期末各一週來實施分組討論與報告，在討論時教師穿梭在各組之間，提醒正確的討論並對各組進行提問，期間進行同儕互評。

三、問題與討論

- (1) 銀鏡反應的操作應用何種輸送現象原理？機制為何？
- (2) 影響銀鏡反應的操作因素為何？特性為何？
- (3) 連續式反應槽與銀鏡反應的關係為何？
- (4) 置留時間與銀鏡反應的關係為何？
- (5) 連續式反應槽與置留時間的關聯性為何？Why？

四、PBL 學習之評估：

- (1) 出席率
- (2) 參與情形包括學習態度及對學習主題了解
- (3) 蒐整能力包括收集與整理資料
- (4) 分組討論報告與答辯
- (5) 同儕互評



高分子材料

新工程教育 – PBL實作課程：
高分子汽車塗料鍍膜應用

周盈年教授

本課程教材僅供南臺化材系課程使用，請勿隨意轉載

教材編修授權original source：洪瑞意博士

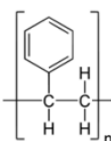
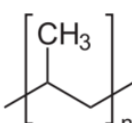
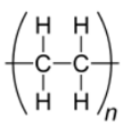
1

高分子的種類

課程
Reminding
有機化學

◆ 有機高分子：聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)...等，以**有機碳為主鏈**的高分子

優：易塑型、便宜
缺：穩定性差



PP



PS碗

◆ 無機高分子：Al₂O₃、SiO₂、TiO₂...等無機氧化物，俗稱陶瓷。

優：穩定性佳
缺：不易塑型



防火磚



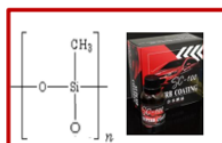
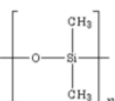
光學鏡頭



防曬油

◆ 有機無機複合高分子：silicone、**汽車鍍膜**、疏水塗料等同時具有機/無機成份的高分子

優：穩定性佳且易塑型





汽車鍍膜的要求

課程

材料
改質

Reminding

特性	蠟 (有機鍍膜)	晶體鍍膜 (有機無機鍍膜)	對策	檢測方式
亮晶晶	O	O	高反射率	穿透度
耐腐蝕	X	O	安定性高	雙85
耐高溫	X	O	SiO ₂ 耐高溫	雙85
防刮	X	O	SiO ₂ 硬度高	鉛筆硬度測試
易清洗	X	O	防汙	
撥水性	O	O	Si/有機複合	接觸角
持久性	X	O	SiO ₂ 穩定性高	雙85、QUV

雙85: 濕度85%/溫度85度、100hr測試。 QUV: UV光曝曬100 hr。

◆ 產品使用上的要求:

- 1.) 不加熱、室溫下固化: 濕氣固化
- 2.) 固化時間 < 1hr: 催化劑
- 3.) 常溫可放1年以上: 氣密式充填



水接觸角測試

課程

材料
改質

Reminding

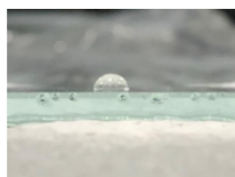
正常鍍膜程序:

1. 使用海綿沾鍍膜液，均勻塗抹車體。
2. 等待10-15分鐘後，使用乾的纖維布，將鍍膜液徹底擦拭乾淨。
3. 鍍膜後，需一天乾燥結晶，不要碰水。

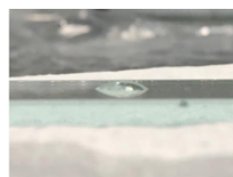
實驗室鍍膜程序:

1. 使用海綿沾鍍膜液，均勻塗抹在玻璃上。
2. 等待8分鐘後，使用乾的纖維布，將鍍膜液徹底擦拭乾淨。
3. 等待30min後，滴上一滴水，看水滴形狀接觸角。

O



X



鍍膜前後的差異-機車



鍍膜前後的差異-汽車

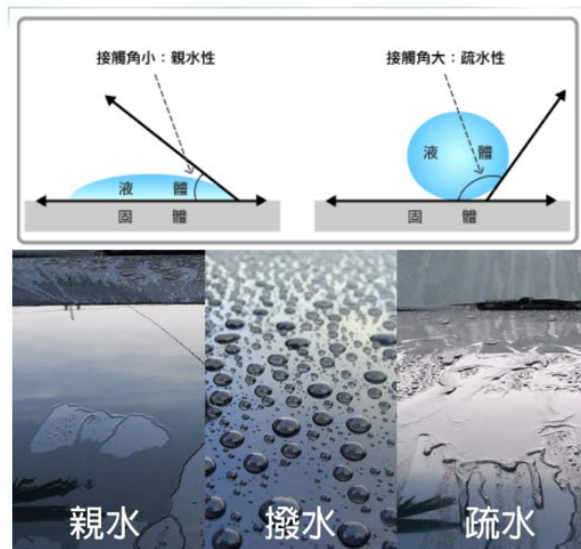


什麼是親、潑、疏水性質？

課程

有機
化學

Reminding



潑水/疏水性的原理

課程

材料
改質

Reminding

◆ 物理性疏水：蓮花效應



◆ 化學性疏水：表面修飾，降低表面張力或降低表面位能

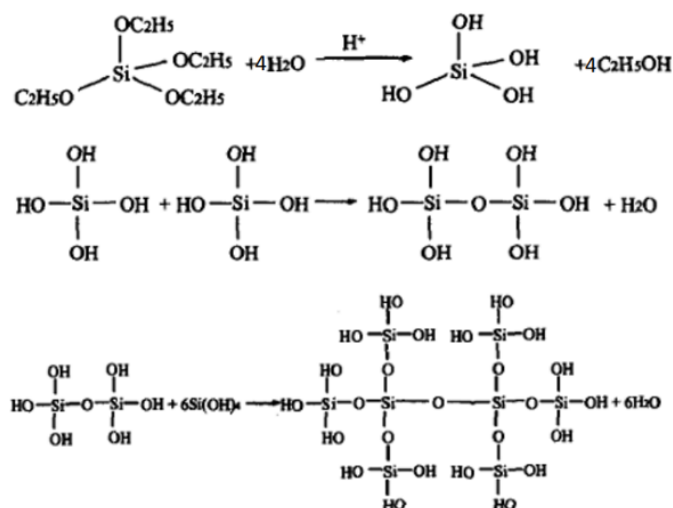


標準矽氧烷的水解縮合過程

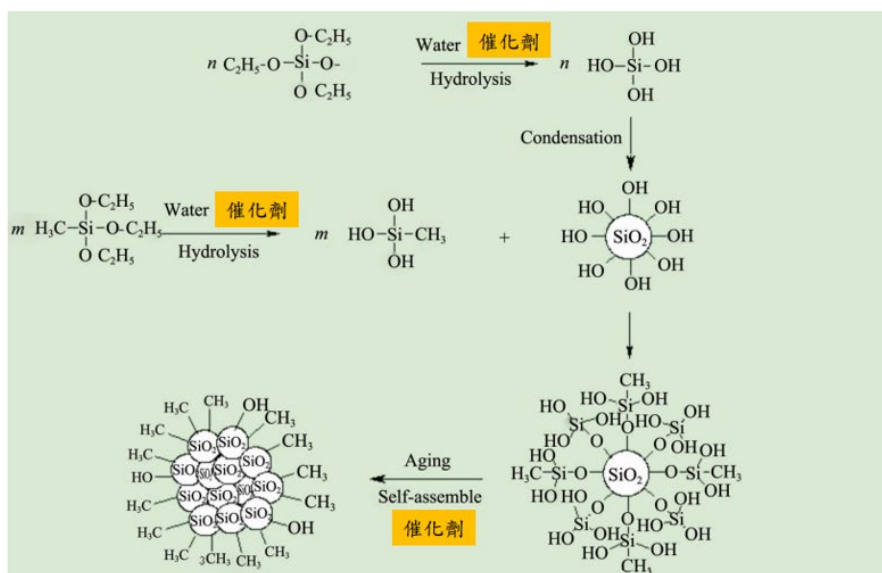
課程

材料
改質

Reminding



疏水矽氧烷的製作



核心參數

◆ 水

- 水少反應性↓、成膜性↓、穩定性↑、水多反應性↑、成膜性↑、穩定性↓。

◆ 撥水性：R的碳鏈愈長，疏水性愈好

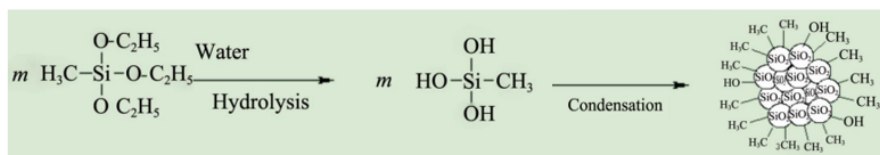
- R鏈長反應性↓、成膜性↓、穩定性↑。

◆ 催化劑

- 添加量↓、穩定性↑、成膜性↑。

水濃度架構

課程
材料
改質
Reminding



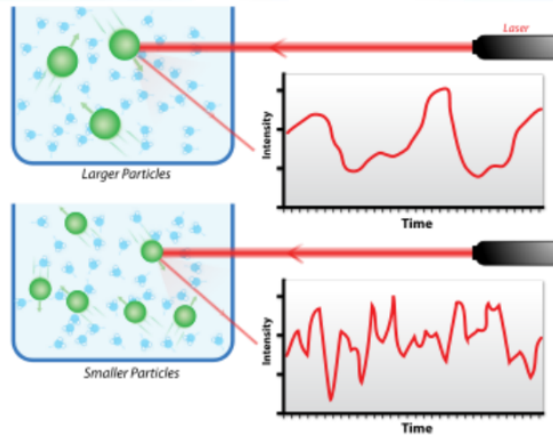
水含量wt%	膠化時間	成膜性	粒子大小(nm)		接觸角
			剛合成	4週後	
5	>4週	X	10 ~ 20	10 ~ 20	-
10	>4週	X	10 ~ 20	10 ~ 20	-
15	~1週	O	10 ~ 20	固化	~ 70
20	3天	O	10 ~ 20	固化	~ 70

◆ 產品必須有足夠的穩定性，水量必須低於15%。

◆ 成膜性需靠**催化劑**來改善。



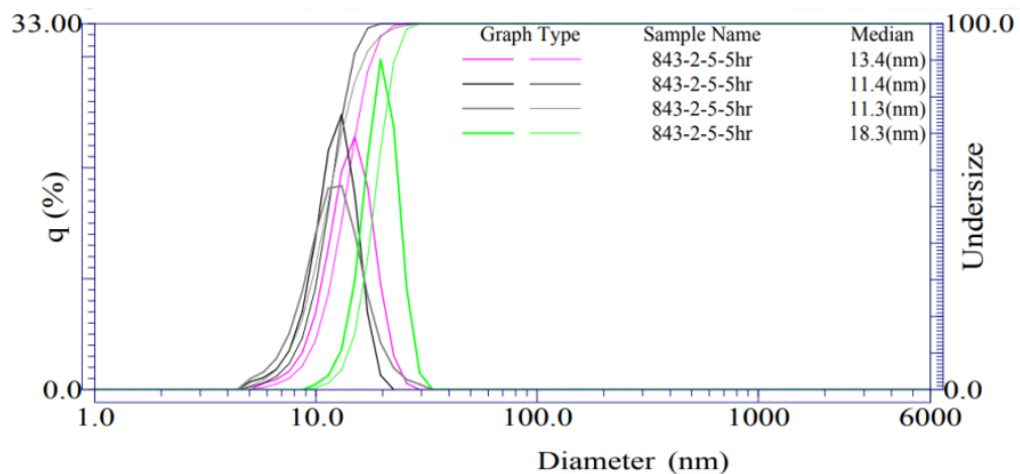
動態粒徑分析儀(Dynamic Light Scattering)



- ◆ 此項技術利用雷射照射到含有待測粒子的溶液中，造成待測粒子產生散射光。
- ◆ 接下來利用相關函數(correlation function)處理因粒子布朗運動(Brownian motion)所造成變化的散射光強度，求出待測粒子的擴散係數(diffusion coefficient)。
- ◆ 最後依據Stokes-Einstein公式得出水合直徑 (hydrodynamic diameter)。



動態粒徑分析儀(Dynamic Light Scattering)



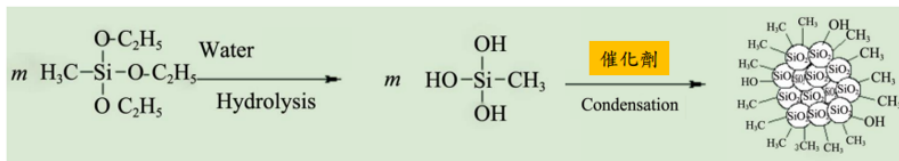
- ◆ 實際測到的數據

催化劑的選擇

課程

有機化學

Reminding



水含量wt%	膠化時間	催化劑 (<5%)	成膜性	粒子大小(nm)		接觸角
				剛合成	4週後	
5	> 4週	A	X	10 ~ 20	10 ~ 20	-
	~ 2週	B	O	10 ~ 20	固化	~ 75
	~ 1週	C	O	10 ~ 20	固化	~ 74
	~ 3天	D	O	100~ 200	固化	~ 72
	> 4週	E	O	10 ~ 20	10 ~ 20	~ 72
	~ 1週	F	O	10 ~ 20	固化	~ 71

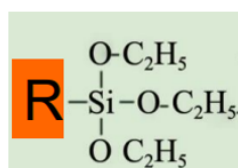
◆ 搜尋相關文獻與專利，找出可以使用的催化劑。

碳鏈與接觸角的關係架構

課程

材料改質

Reminding



R	實驗接觸度
CH3	~ 70°
(CH2)5CH3	~ 80°
(CH2)7CH3	~ 90°
(CH2)11CH3	~ 95°
(CH2)15CH3	
(CF2)5CF3	> 100°
(CF2)7CF3	

- ◆ 找出適合的材料，並找出濃度與效果之間的關係。
- ◆ 碳鏈愈長，輸水效果愈好，但反應性愈差，需要預先活化。
- ◆ 在**總成本有優勢的前提下**找配方最佳組合及確保原物料供應商的穩定。

研發成本

各類成本	固定成本	變動成本
研發&製造	設備成本	原物料成本
	薪資成本 (生產、研發)	包裝、儲存
	費用成本	運輸、稅
銷售端成本	薪資、費用	中間商佣金 (售價之30%)
管理端成本	薪資、費用	會計成本

毛利:售價－原物料成本

淨利:毛利-管銷研費用

- ◆ 在材料領域中，由於**使用量不會太大**，原始材料最好只佔總成本**15%**以下，才有足夠的毛利負擔**管銷研**費用。
- ◆ 能用愈基礎材料，組合或調配出愈高附加價值的產品，是RD的最具價值的地方。

成品呈現



- ◆ **水**
 - <10%，儲存超過一年。
- ◆ **R的碳鏈愈長，疏水性愈好**
 - R鏈長約6-8個，撥水角度80-90度。
- ◆ **催化劑**
 - 選E。



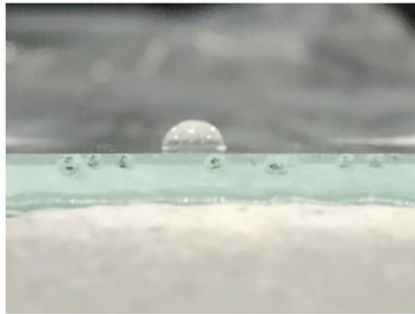
滴水測試

課程

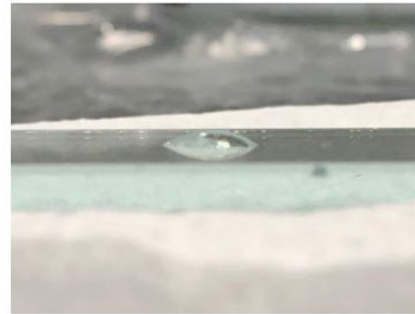
材料
改質

Reminding

O



X



◆ 水滴要小，才容易觀察。

附件六：「教材(iv) 各式攪拌對反應槽尺寸的適用性為何？(PBL)」(吳文昌著，111年1月)

前言：

表面處理工業雖然不是工業之主流,但只有透過表面處理,製品的特性及價值才能充份發揮出來. 應用電鍍(plating), 陽極處理(anodizing), 化成處理(conversion coating), 塗裝(coating)等工業技術, 達到防蝕, 增進可焊性, 潤滑性, 耐磨性, 附著性及鋼材防止滲碳等的多項目的. 所以表面處理為各種加工製造工業不可或缺的過程. 從傳統工業到近代高科技, 表面處理技術一直扮演非常重要性之角色. 例如太空船, 人造衛星, 積體電路等之發展表面處理技術都有決定性之影響. 以**銀鏡反應**(英語: **silver mirror reaction**) 為例是一價銀化合物的溶液被還原為金屬銀的電化學反應, 由於生成的金屬銀附著在容器內壁上, 光亮如鏡, 故稱為銀鏡反應, 工業上則用這個反應來對玻璃塗銀制鏡和制保溫瓶膽. 一般的表面處理都採用濕式法, 在電解槽中來實施工藝, 會影響表面處理產品的優劣因素甚多, 如處理藥水、工件幾何形狀、處理反應槽尺寸以及反應速率留置時間等. 另一方面, 不論物理變因或是化學變因都與單元操作的三大輸送現象與操作設計有莫大關連。

預期學習目標：

本教材之課程為單元操作，預期讓學生經由學習本 PBL 教材所規劃之分組討論來熟悉連續傳輸的設計原理、熟悉反應槽大小、攪拌槽種類與反應適用性、反應程度、效率之關連性。因此透過此課群之學習，學生對材料表面處理之技術、檢測分析與應用會有更深一層的認識。

教材摘要：

本教材將藉由 PBL 教學理念設計來實施，教學活動設計之內容包括(1)教學目標 (2)PBL 教學活動 (3) PBL 學習之問題與討論 (4) PBL 學習之評估。本教材是針對 PBL 學習的兩大目標，設計由單元操作的三大輸送現象原理的基礎知識開始學習，首先動量傳送與流體力學的原理與應用，之後熱量傳送的原理與應用，接著質量傳送的原理與應用，最後學習反應槽體設計以及影響操作之物理及化學變因等知識，探討槽體尺寸與各式攪拌方式之關係。

教學活動：

一、教材內容：

二、(1)質量守恒 (2)能量守恒 (3)穩態動量傳送與流體力學 (4)熱量傳送原理 (5)質量傳送原理 (6)單元操作影響因素 (7)攪拌方式與反應槽尺寸適用性。

單元操作可認為是合乎經濟法則去組織化學工程的許多課題是基於兩件事實：(1) 雖然個別的製程數目繁多，但是每一個製程是可以拆解成一連串的步驟，稱之為操作，而這些操作依序出現在各種製程當中；(2) 個別的操作具有共同的技術和相同的科學原理，例如，固、液體在大部分的製程當中必須被移走；熱或其它形式的能源必須從某一物質轉移到其它物質。一般來說，設計單元操作從三大守恒（質量守恒、熱量守恒和能量守恒）開始，先寫下各組分對應傳遞量的守恒方程，再解方程組得到需要的設計參數，通常會得到一個範圍，然後從中選取最優的方案並設計設備。例如：設計一個板式精餾塔，先寫下每塊塔板的質量守恒方程，通過已知的氣-液相平衡和效率，列出每種物質的質量守恒方程，聯立上述方程，解方程組可以得到一個範圍。因為提高回流比可以降低理論塔板數，反之亦然。對化學反應或是電化學反應是將一個或數個物質經由化學變化轉變為另一種物質的過程。反應器則是藉由控制化學反應的進行，將原先不具有經濟價值的原料轉變為商業化的產品，是化工生產中的核心設備之一，其性能優劣會直接影響整個生產流程。因此，設計一個具穩定生產、低耗能，同時又具備安全與環保的反應器即是化學工程師的主要任務。當原料在反應器內進行反應時，除了化學變化之外，也會伴隨著一些物理變化的產生（如溫度、濃度變化），兩者在操作過程中會交互影響，影響最終產率、設備穩定度、操控難度等。反應器種類繁多，但到目前為止尚未有統一的分類依據，大致上可按反應器操作方式、熱力學條件、外型與結構、物料相態、物料流動特性、物料輸送方式等特點來做區分。依據反應器的操作方法，可分為：1. 批式反應器 (Batch reactor) 2. 連續式反應器 (Continuous reactor) 3. 半批式反應器 (Semi-batch reactor) 依據反應器的熱力學條件，可分為：1. 等溫反應器 (Isothermal reactor) 2. 非等溫反應器 (Nonisothermal reactor) 3. 絕熱式反應器 (Adiabatic reactor) 4. 非

絕熱式反應器 (Non-adiabatic reactor)。

做為反應進行的反應槽通常會使用攪拌槽，反應槽內的溫度易於控制，對於具高活化能或劇烈放熱的化學反應，由於在槽內的反應物料攪拌均勻，降低了反應速率以及減少瞬間過熱點的產生，有利於達到等溫操作。攪拌有利於熱量傳遞，反應物在均勻的攪拌系統中有很大的熱傳面積。細小的催化劑粒子能夠在均勻攪拌過程中懸浮在整個反應系統中，而獲得大量的接觸面積。攪拌器的類型、尺寸及轉速，對攪拌功率在總體流動和湍流脈動之間的分配都有影響。針對攪拌方式與反應槽的尺寸的適用性而言，一般說來，渦輪式攪拌器的功率分配對湍流脈動有利，而旋槳式攪拌器對總體流動有利。對於同一類型的攪拌器來說，在功率消耗相同的條件下，大直徑、低轉速的攪拌器，功率主要消耗於總體流動，有利於宏觀混合。小直徑、高轉速的攪拌器，功率主要消耗於湍流脈動，有利於微觀混合。

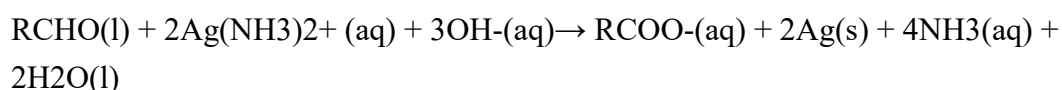
表面處理的對象非常廣泛，從傳統工業到現在的高科技工業，從以前的金屬表面到現在的塑膠，非金屬的表面。它使材料更耐腐蝕，更耐磨耗，更耐熱，它使材料之壽命延長，此外改善材料表面之特性，光澤美觀等提高產品之附加價值，所有這些改變材料表面之物理，機械及化學性質之加工技術統稱為表面處理 (surface treatment) 或稱為表面加工 (surface finishing)。表面處理的目的可以分四大類：

- (1) 美觀 (appearance).
- (2) 防護 (protection)
- (3) 特殊表面性質 (special surface properties)
- (4) 機械或工程性質 (mechanical or engineering properties)

表面處理技術的種類繁多如**銀鏡反應**（英語：**silver mirror reaction**）是一價銀化合物的溶液被還原為金屬銀的化學反應，由於生成的金屬銀附著在容器內壁上，光亮如鏡，故稱為銀鏡反應。常見的銀鏡反應是銀氨絡合物（銀氨錯合物）（又稱多倫試劑）被醛類化合物還原為銀，而醛被氧化為相應的羧酸根離子的反應，不過除此之外，某些一價銀化合物（如硝酸銀）亦可被還原劑（如肼）還原，產生銀鏡。

銀鏡反應通常是中學化學實驗之一。實驗室中用這個反應來鑑定含有醛基的化合物，工業上則用這個反應來對玻璃塗銀制鏡和制保溫瓶膽。

銀鏡反應是一個氧化還原反應，正一價的銀離子在鹼性和含氮的溶液中，可被葡萄糖還原成銀原子。析出的銀原子吸附在玻璃表面即生成銀色的鏡面。銀離子在氮的鹼性溶液中與醛類作用，可得羧酸及金屬銀之沉澱，而此沉澱以銀鏡方式出現，故稱銀鏡反應，又稱多倫試驗，而銀氨離子之鹼性溶液，稱為多倫試劑。



若沒有使用葡萄糖，使用甲醛一樣可以（即福馬林），但須注意其為毒性物質，建議在實驗室中製作。

其化學式為： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{CO}(\text{aq}) + 4\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow 4\text{Ag}(\text{s}) + 2\text{HCOOH}(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$

二、教學設計：

本 PBL 學習主要設計類似翻轉教學模式以分組方式進行，依 PBL 所設定兩大議題與教材中的問題，讓學生在討論前自行蒐集相關資料，提醒同學將問題整理提出來討論。預訂在期中與期末各一週來實施分組討論與報告，在討論時教師穿梭在各組之間，提醒正確的討論並對各組進行提問，期間進行同儕互評。

三、問題與討論

- (1) 反應槽為何需要攪拌？攪拌方式有那些？
- (2) 各式攪拌方式要如何選擇？考慮因素為何？
- (3) 攪拌方式與反應槽的尺寸大小關係為何？
- (4) 攪拌方式與反應槽的尺寸的適用性為何？
- (5) 攪拌反應槽的操作會影響哪類輸送現象？why？

四、PBL 學習之評估：

- (1) 出席率
- (2) 參與情形包括學習態度及對學習主題了解
- (3) 蒐整能力包括收集與整理資料
- (4) 分組討論報告與答辯
- (5) 同儕互評

附件七：實驗、PET/尼龍相容劑：聚丙烯接枝馬來酸酐

實驗目的：

瞭解 PET 與 PA 化學結構與特性。

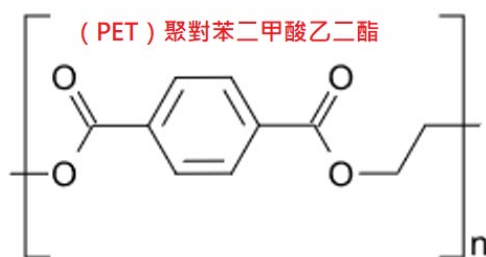
瞭解及熟悉塑膠表面改質原理與方法。

比較改質前後機械性質差異。

相關知識：

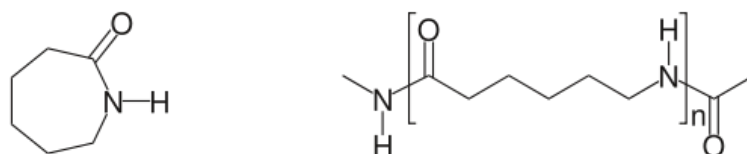
聚對苯二甲酸乙二醇酯（PET）是目前最重要的合成材料之一，主要應用於生產纖維、薄膜及中空容器等。PET 價格低廉，具有優良的耐磨性、耐熱性、耐化學藥品性、電絕緣性和力學強度高等特性，因此，20 世紀 60 年代便開始了作為工程塑料的應用開發。目前 PET 工程塑料已應用於汽車、電機、電子、家用電器及機械等行業。PET 作為工程塑料使用時，其缺點是在常用的加工模溫下（70～110℃）結晶速度過慢、衝擊性能差和吸水性大等，限制了它的廣泛應用。自上世紀 70 年代以來，人們嘗試通過各種途徑對 PET 進行改進。改性研究主要集

中在加入結晶成核劑加快其結晶速度以及通過共混、增強提高衝擊強度[1]。

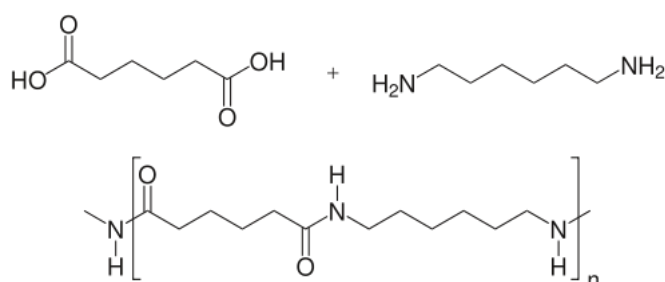


PET 分子化學結構

尼龍(Nylon)，化學名稱為聚醯胺纖維，在中國地區又稱作「錦綸」。因為尼龍屬於天然纖維性質的合成纖維，所以非常適合與其它纖維交織混合，成為高質感又耐用的複合纖維。運用的層面也非常地廣，從潛水衣、減肥衣褲、沖浪衣、釣魚褲、防寒衣物等，到背包、環保袋、飲料罐套、甚至建築材料等等。尼龍 66 命名源自於己二胺和己二酸所含的六個碳原子，1938 年由美國杜邦公司註冊後並將尼龍 66 工業化量產。尼龍 66 比尼龍 6 的耐熱性要好一些，尼龍 66 布料觸感較尼龍 6 柔軟，而在價格上，尼龍 66 的價格比尼龍 6 的貴得許多，常被拿來製做超細纖維，製成高檔服裝，市面上較高端的品牌多選用尼龍 66 製成，以達到精品的柔軟質感。



幾內醯胺單體(左邊)開環反應形成 PA6



PA6, 6 的化學結構

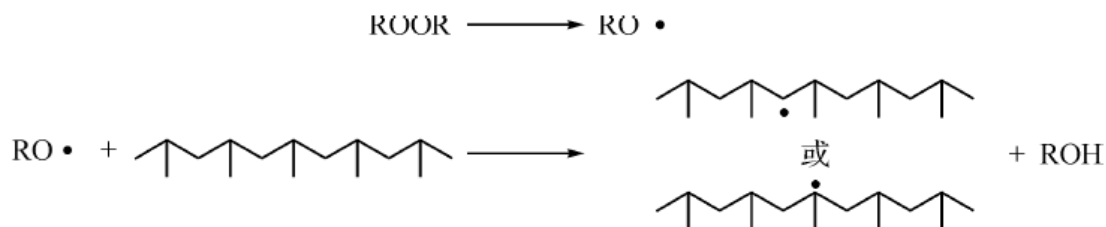
聚合物共混是開發新聚合物材料的便利途徑。聚合物共混分為均相混合物和非均相混合物。在均相混合物中，兩種共混物組分都失去了部分特性，最終性能通常是兩種共混物組分的算術平均值。在非均相共混物中，存在所有共混物組分的性質。一種聚合物的弱點可以在一定程度上被另一種聚合物的強度掩蓋。

簡單物理共混物會產生相分離，從而導致所得材料的最終性能出現大幅度下降，因此，需要通過增容來改善聚合物之間的相容性，使組分之間的協同作用達到最優狀態。增容一般採用加入嵌段、接枝共聚物，添加反應性聚合物，添加低

混合時必須是放熱反應，這就要求混合物之間發生特殊的相互作用，如強離子反應或弱氫鍵、離子-偶極、偶極-偶極還有供-受體相互作用。然而大部分聚合物混合時只存在范德華力，所以大部分聚合物兩兩不相容。相容性是定義共混物的相形態和性質特徵的技術術語。

反應性聚合物中的一部分與共混物的一相相容，另一部分與共混物中的另一相上帶有的官能團反應，這樣就可以“原位”形成嵌段或接枝共聚物，形成的共聚物就相當於增容劑。在 PP/PS 共混物中加入聚丙烯接枝馬來酸酐 (PP-g-MAH)，結果發現共混物的形貌得到了很好改善，其儲能模量 (E') 提高，玻璃化轉變 (T_g) 降低。通過添加乙烯、丙烯酸甲酯和甲基丙烯酸縮水甘油酯無規三元共聚物 (EMA-GMA) 作為增容劑，聚乳酸 (PLA) 和烯烴嵌段共聚物 (OBC) 之間的介面增容。

馬來酸酐中酸酐官能團的存在使其雙鍵的反應活性降低，為了增加接枝率，就需要使用引發劑並增加其用量，但這會帶來聚烯烴的降解和交聯等副反應，這是因為大分子自由基與單體在發生接枝反應的同時，甲基與亞甲基脫氫後傾向於交聯，而次甲基脫氫後傾向於裂解。聚丙烯／馬來酸酐的反應體系，主要存在著接枝反應和引起聚丙烯降解的 β 鍵斷裂反應間的競爭。接枝反應是一個自由基機理的反應，引發劑奪取聚丙烯叔碳上的氫，形成聚丙烯大分子自由基（見圖 1）後會發生以下競爭反應：1）與馬來酸酐接枝；2）發生 β 鍵斷裂。



經引發產生的等規聚丙烯3級碳(3°)自由基可以直接與馬來酸酐進行接枝，熔融接枝的過程中不發生馬來酸酐的自聚（圖2）。

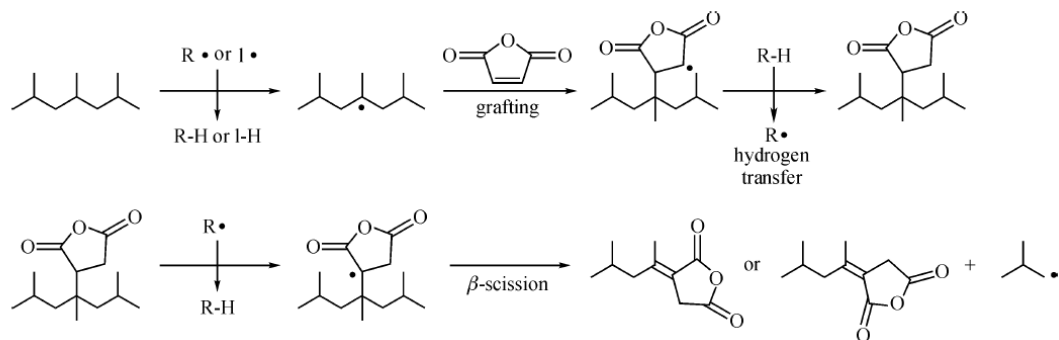


圖2、聚丙烯的接枝機制

藥品：

馬來酸酐

聚丙烯膠粒

DCP(過氧化二異丙苯)

PA6

聚對苯二甲酸乙二醇酯(PET)

實驗配方:單位:克

(phr)	聚丙烯	馬來酸酐	DCP	
步驟 (1)	200	2	0.5	
	(1)熔膠	PA6	PET	硬酯酸
步驟 (2)	10	90	90	5

實驗步驟：

1. 製備馬來酸酐接枝 PP 熔膠
2. 以熔膠 PP 做為改質劑與 PA6 和 PET 相混
3. 壓製成厚片狀，做衝擊試驗
4. 比較有無添加 PP 改質劑的 PA6-PET 合膠之衝擊值

實驗紀錄及報告： 紀錄實驗過程

問題討論：

1. 馬來酸酐改質前後，PP 物性差異為何？
2. 有無添加 PP 改質劑的 PA6-PET 合膠之衝擊值差異原因？
3. 說明添加 PP 改質劑如何提高合膠的相容性？

附錄、著作權歸屬及授權聲明

著作權歸屬聲明:

- 1.若有引用他人內容，請說明所用素材來源及所獲授權聲明。
- 2.本教材依據教育部辦理補助大學校院新工程教育方法實驗與建構計畫徵件須知第 13 點，本計畫由教育部補助產出之教材，**原則上歸屬受補助單位所有**。為尊重實際創作者，建議說明實際參與著作或編輯之成員。
- 3.提醒：以上所提供之教材檔案，未來將供教育部新工程教育方法實驗與建構計畫基於推廣之目的公開上網，未能符合上網要求之檔案請勿併入繳交。

授權聲明:

請參閱附加檔案「創用 CC 授權書及使用說明」(另外提供)；該檔案之附件 1，本課群著作人應簽屬並掃描附加於此。

創用 CC 授權書

本人 吳文昌 同意將本人之

■課程：於108學年度第2學期 材料技術實習(一) 課程之授課內容，包含但不限於課堂講義（如投影片、書面上課資料及補充資料等）、課程影音等資料（以下合稱本著作）

□作品：_____（以下合稱本著作）

永久、無償、非專屬授權以創用CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0臺灣授權條款⁹釋出。

依據創用CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0臺灣授權條款，本人仍保有本著作之著作權，但同意授權予不特定之公眾得以各種方式利用本著作，並得創作衍生著作，惟利用人除事先得到本人之同意外，應依下列條件利用本著作：

- 姓名標示：利用人需按照本人所指定的方式，保留姓名標示
- 非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作
- 相同方式分享：若利用人改變、轉變或改作本著作，當散布該衍生著作時，利用人需採用與本著作相同或類似的授權條款

本人保證本著作以創用CC 3.0臺灣授權條款將上述著作授權釋出時，不致侵害第三人之智慧財產權。

本人確認並同意上述授權條件無訛，此致

教育部新工程教育方法實驗與建構計畫

授權人姓名：吳文昌（簽章）

單位：南臺學校財團法人南臺科技大學
化學工程與材料工程系

職稱：副教授

中 華 民 國 1 0 9 年 3 月 6 日

⁹有關創用 CC 相關資訊，請參考網站：<http://www.creativecommons.org.tw/explore>。
有關創用 CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0 臺灣授權條款之詳細內容，請詳
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/legalcode>。

創用 CC 授權書

本人王振乾同意將本人之

- 課程：於109學年度第2學期有機化學(二)課程之授課內容，包含但不限於課堂講義（如投影片、書面上課資料及補充資料等）、課程影音等資料（以下合稱本著作）

□作品：_____（以下合稱本著作）

永久、無償、非專屬授權以創用CC「姓名標示-非商業性-相同方式分享」
3.0臺灣授權條款¹³釋出。

依據創用CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0臺灣授權條款，本人仍保有本著作之著作權，但同意授權予不特定之公眾得以各種方式利用本著作，並得創作衍生著作，惟利用人除事先得到本人之同意外，應依下列條件利用本著作：

- 姓名標示：利用人需按照本人所指定的方式，保留姓名標示
- 非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作
- 相同方式分享：若利用人改變、轉變或改作本著作，當散布該衍生著作時，利用人需採用與本著作相同或類似的授權條款

本人保證本著作以創用CC 3.0臺灣授權條款將上述著作授權釋出時，不致侵害第三人之智慧財產權。

本人確認並同意上述授權條件無訛，此致

教育部新工程教育方法實驗與建構計畫

授權人姓名：張永記 (簽章)

單位：南臺學校財團法人南臺科技大學
化學工程與材料工程系

職稱： 教授

中 華 民 國 1 0 9 年 1 1 月 2 0 日

¹³有關創用 CC 相關資訊，請參考網站：<http://www.creativecommons.org.tw/explore>。
有關創用 CC 「姓名標示-非商業性-相同方式分享」3.0 臺灣授權條款之詳細內容，請詳
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/legalcode>。

創用 CC 授權書

本人 吳文昌 同意將本人之

■課程：於110學年度第1學期_____單元操作(一)_____課程之授課內容，
包含但不限於課堂講義（如投影片、書面上課資料及補充資料等）、課程
影音等資料（以下合稱本著作）

□作品：_____（以下合稱本著作）

永久、無償、非專屬授權以創用CC「姓名標示-非商業性-相同方式分享」
3.0臺灣授權條款²⁰釋出。

依據創用CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0臺灣授權條款，本人仍保有本著作之著作權，但同意授權予不特定之公眾得以各種方式利用本著作，並得創作衍生著作，惟利用人除事先得到本人之同意外，應依下列條件利用本著作：

- 姓名標示：利用人需按照本人所指定的方式，保留姓名標示
- 非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作
- 相同方式分享：若利用人改變、轉變或改作本著作，當散布該衍生著作時，利用人需採用與本著作相同或類似的授權條款

本人保證本著作以創用CC 3.0臺灣授權條款將上述著作授權釋出時，不致侵害第三人之智慧財產權。

本人確認並同意上述授權條件無訛，此致

教育部新工程教育方法實驗與建構計畫

授權人姓名：吳文昌  (簽章)

單位：南臺學校財團法人南臺科技大學
化學工程與材料工程系

職稱： 副 教 授

中 華 民 國 1 1 0 年 1 0 月 2 0 日

²⁰有關創用 CC 相關資訊，請參考網站：<http://www.creativecommons.org.tw/explore>。
有關創用 CC「姓名標示-非商業性-相同方式分享」3.0 臺灣授權條款之詳細內容，請詳
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/legalcode>。

創用 CC 授權書

本人 周盈年 同意將本人之

■課程：於110學年度第1學期_____高分子材料_____課程之授課內容，
包含但不限於課堂講義（如投影片、書面上課資料及補充資料等）、課程
影音等資料（以下合稱本著作）

□作品：_____（以下合稱本著作）

永久、無償、非專屬授權以創用CC「姓名標示-非商業性-相同方式分享」
3.0臺灣授權條款²¹釋出。

依據創用CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0臺灣授權條款，本人仍保有本著作之著作權，但同意授權予不特定之公眾得以各種方式利用本著作，並得創作衍生著作，惟利用人除事先得到本人之同意外，應依下列條件利用本著作：

- 姓名標示：利用人需按照本人所指定的方式，保留姓名標示
- 非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作
- 相同方式分享：若利用人改變、轉變或改作本著作，當散布該衍生著作時，利用人需採用與本著作相同或類似的授權條款

本人保證本著作以創用CC 3.0臺灣授權條款將上述著作授權釋出時，不致侵害第三人之智慧財產權。

本人確認並同意上述授權條件無訛，此致
教育部新工程教育方法實驗與建構計畫

授權人姓名: 周品年  (簽章)

單位： 化學工程與材料工程系

職稱：助 理 教 授

中 華 民 國 1 1 1 年 2 月 1 4 日

²¹有關創用 CC 相關資訊，請參考網站：<http://www.creativecommons.org.tw/explore>。
有關創用 CC 「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0 臺灣授權條款之詳細內容，請詳
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/legalcode>。

創用 CC 授權書

本人 吳文昌 同意將本人之

■課程：於110學年度第1學期_____單元操作(二)_____課程之授課內容，
包含但不限於課堂講義（如投影片、書面上課資料及補充資料等）、課程
影音等資料（以下合稱本著作）

□作品：_____（以下合稱本著作）

永久、無償、非專屬授權以創用CC「姓名標示-非商業性-相同方式分享」
3.0臺灣授權條款²⁴釋出。

依據創用CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0臺灣授權條款，本人仍保有本著作之著作權，但同意授權予不特定之公眾得以各種方式利用本著作，並得創作衍生著作，惟利用人除事先得到本人之同意外，應依下列條件利用本著作：

- 姓名標示：利用人需按照本人所指定的方式，保留姓名標示
- 非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作
- 相同方式分享：若利用人改變、轉變或改作本著作，當散布該衍生著作時，利用人需採用與本著作相同或類似的授權條款

本人保證本著作以創用CC 3.0臺灣授權條款將上述著作授權釋出時，不致侵害第三人之智慧財產權。

本人確認並同意上述授權條件無訛，此致
教育部新工程教育方法實驗與建構計畫

授權人姓名：吳文品 (簽章)

單位：南臺學校財團法人南臺科技大學
化學工程與材料工程系

職稱：副教授

中 華 民 國 1 1 1 年 9 月 1 5 日

²⁴有關創用 CC 相關資訊，請參考網站：<http://www.creativecommons.org.tw/explore>。
有關創用 CC 「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0 臺灣授權條款之詳細內容，請詳
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/legalcode>。

用 CC 授權書

本人 蘇順發 同意將本人之

■課程：於110學年度第2學期高分子材料技術實習(二)課程之授課內容，包含但不限於課堂講義（如投影片、書面上課資料及補充資料等）、課程影音等資料（以下合稱本著作）

□作品：_____（以下合稱本著作）

永久、無償、非專屬授權以創用CC「姓名標示-非商業性-相同方式分享」
3.0臺灣授權條款²²釋出。

依據創用CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0臺灣授權條款，本人仍保有本著作之著作權，但同意授權予不特定之公眾得以各種方式利用本著作，並得創作衍生著作，惟利用人除事先得到本人之同意外，應依下列條件利用本著作：

- 姓名標示：利用人需按照本人所指定的方式，保留姓名標示
- 非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作
- 相同方式分享：若利用人改變、轉變或改作本著作，當散布該衍生著作時，利用人需採用與本著作相同或類似的授權條款

本人保證本著作以創用CC 3.0臺灣授權條款將上述著作授權釋出時，不致侵害第三人之智慧財產權。

本人確認並同意上述授權條件無訛，此致
教育部新工程教育方法實驗與建構計畫

授權人姓名：蘇順發  (簽章)

單位：南臺學校財團法人南臺科技大學
化學工程與材料工程系

職稱：副 教 授

中 華 民 國 1 1 1 年 9 月 1 5 日

²²有關創用 CC 相關資訊，請參考網站：<http://www.creativecommons.org.tw/explore>。
有關創用 CC「姓名標示－非商業性－相同方式分享」3.0 臺灣授權條款之詳細內容，請詳
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/legalcode>。