

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：高分子材料之合成、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：林 浩 副教授、蘇順發 副教授、
王振乾 教授、陳澄河 教授

日 期：中 華 民 國 111 年 9 月 15 日

著作人簡介

課群名稱	高分子材料之加工、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	
	蘇順發	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	服務單位/職稱	負責任務	
	林浩	美國密蘇里大學哥倫比亞校區 化工博士 反應工程、動態模擬	普通化學(一) 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	創意思考 授課教師 高分子材料技術實習(二) 授課教師	
	陳澄河	路易斯安那州立大學 化工博士 導電高分子材料、高分子複合材料、化學工程	高分子物性與加工授課教師	
	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(一) 授課教師 有機化學(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 Chemical Bonding I-Basic Concepts	7
02 Chemical Bonding II- Molecular Geometry and Hybridization of Atomic Orbitals	7
03 Intermolecular Forces and Liquids and Solids.....	8
04 矽膠與環氧樹脂翻模與創意.....	9
05 認識有機化學官能基與反應.....	10
06 製備高分子水膠的官能基簡介.....	11
07 高分子物性與加工.....	11
08 高分子材料技術實習(二).....	12
● 配套措施	13
● 總 結	14
● 參考資料	15
● 附件	16
附件一： 「化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性(PBL)」 講義.....	16
附件二：「熱固性材料固化與翻模(PBL)」講義.....	20
附件三：「官能基如何參與有機高分子合成之反應? (以水膠為例)」	22
附件四：「官能基對有機高分子之影響? (以水膠為例)(PBL)」	25
附件五： 「自我修復水膠之製備與物性測試」講義.....	31
附件六： 「高分子材料化學性質、物理性質與機械性質」講義.....	37
附件七： 「高分子加工製程原理」講義.....	38
附件八： 「塑譜儀(複材與染色)、雙螺桿押出機造粒與射出成型」實驗講義.....	40
附件九： 高分子塑化過程.....	54
● 附錄、著作權歸屬及授權聲明.....	56

前言

本課群主要訓練學生從事高分子材料之檢測分析與應用；例如：聚碳酸酯的押出與射出加工試驗比較；高分子造粒加工條件之研究與物性測試；自行造粒後的射出加工與市售膠粒之差異；不同高分子流變特性與加工性質的比較與應用。此課程由 5 門課串聯在一起，每門課之開課時間有其先後性與連貫性。學生在修完此 5 門課後對高分子材料加工、物性與檢測分析有一定的認識。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，如化學鍵的種類及化學分子間有哪些作用力，這些鍵與作用力會對高分子材料在加工時候的物性與化性產生什麼影響呢？二年級上學期學生將從有機化學上接觸到高分子材料的聚合化學反應，如總體聚合、懸浮聚合之有機化學反應。三年級上學期學生從高分子物性與加工課堂上中學習到高分子的加工特性，如流變性等，並且學習利用儀器檢測分析高分子製品之物性，如紅外線光譜分析、膨潤度、機械強度測試等。在三年級下學期的高分子材料技術實習(二)課堂上學生將學習高分子產業實際的加工設備操作，並探討製品的結構、性質與加工三者之關係，讓學生深刻體認此三者之緊密關係。最後在實務專題上讓學生體驗利用高分子加工製程，製作膠粒再經由押出加工與射出加工或熱壓技術製成製品，例如回收舊衣製成膠條應用於 3D 列印，並對這些產品做必要之性質測試，如耐熱性、結構鑑定、型態觀察及機械強度測試等。因此透過此課群之學習，學生對高分子材料之合成、檢測分析與加工技術應用會有更深一層的認識。

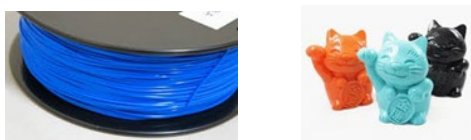
本課群執行以專題為導向的學習方法，執行做中學教學模式，建立串聯核心必修與專業選修之課群，以桶模式設計課程，學生在學習過程中知道為何而學與所學為何？此運作模式可提高學生學習興趣並建立其自信心。在課程執行中教師將適時先以虛擬方式利用「問題導向學習」(Problem Based Learning)方式，引導學生回答預先設定之問題，強化學生在執行實務專題上遇到瓶頸之解決能力。

主題式課群之知識架構與教學方法

回收舊衣製成膠條應用於 3D 列印

(i) 專題內容概述

根據華視新聞報導，去年國人丟了七公噸，超過 2 億件的舊衣服，平均每分鐘丟掉 438 件，品質不錯的打成衣物磚，綑綁後送到非洲孟加拉等國家變賣，剩下來的五成變成廢棄物。時尚產業似乎變成全球僅次於石化業的第二大汙染源，丟棄的衣物對環境造成很大負擔。本專題基於回收再利用，變廢為寶的觀念，尋找廢棄舊衣的再利用機會。熱熔融層積(Fused Deposition Modeling, FDM)是常用的一種 3D 列印技術，已經普及到人們的家庭生活中。3D 列印中最常用的材料是 PLA 和 ABS 的熱塑性塑料，而尼龍(PA, Nylon)，聚碳酸酯(PC)，碳纖維，聚丙烯(PP)等，及可以在導電或在黑暗中發光的特殊線材都可被應用於 3D 列印(圖一)。本工程教育的專題鎖定在利用回收舊衣培育學生塑膠混煉、造粒及成型等加工製程的專業人才。

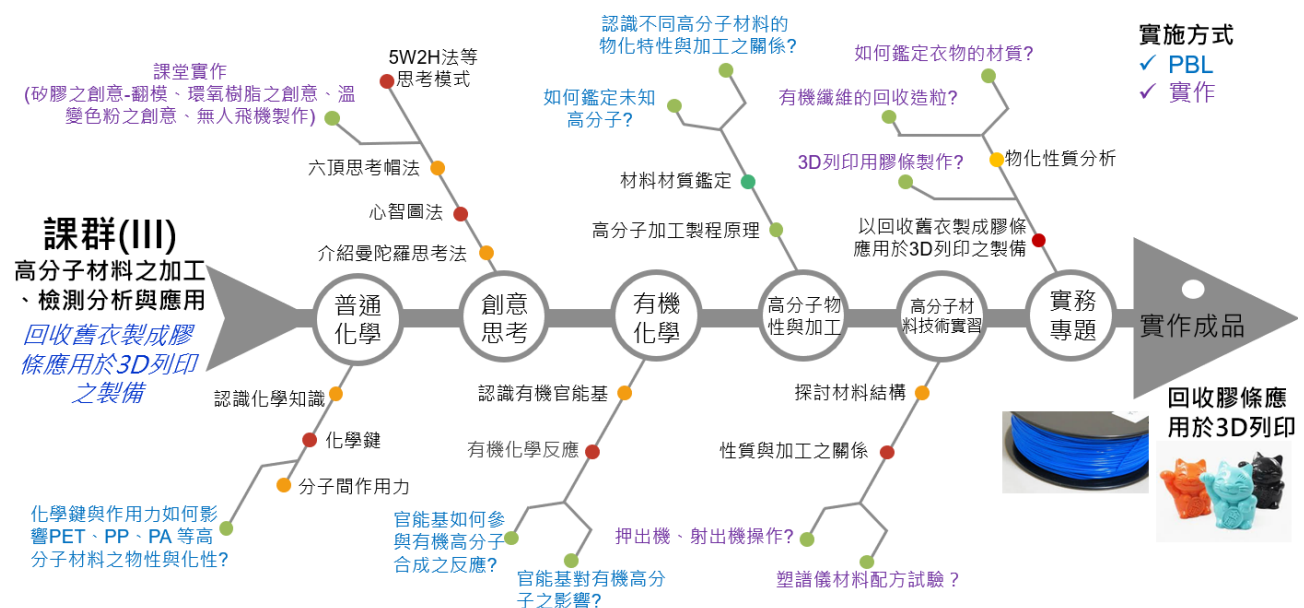


圖一、膠條應用於 3D 列印之創作

(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訓練對應到五大課群中的課程包括(表一)：「普通化學(一)」、「創意思考」、「有機化學(一、二)」、「高分子物性與加工」、「高分子材料技術實習(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，與「實務專題」之連結如圖二。為了要完成這個專題製作，學生必須修過「普通化學」、「有機化學」、「高分子材料技術實習」等一系列的課程。在正課裡會導入 PBL 教學來讓學生了解此實務專題背後的理論知識，並利用實習課的實作讓學生熟悉專題所需的技能。以「普通化學」為例，規劃化學鍵、分子間作用力等次主題，透過 PBL 分組討論讓學生了解化學鍵、分子間作用力如何影響不同高分子材料間的物性與化性；在「高分子材料技術實習」課程上規劃「聚酯與尼龍材料的相容改質」及「雙螺桿押出機造粒與成形」透過這兩個實作讓學生學習塑膠膠條押出造粒與成型以及不同高分子的化學相容性的基本技能。此課群藉由回收舊衣之粉碎、押出加工技術以及 3D 列印熔膠溫度判定等訓練學生從事有機高分子材料之混煉、檢測分析與應用，學生在修完這些課後對如何從事有機高分子材料之加工、檢測分析與應用就能胸有成竹。



圖二、主題式課群 III 與「實務專題」之連結

(iii) 「實務專題」與產業界問題之連結

本實務專題是目前產業界普遍應用的工程問題；在實驗室我們操作的批量較小，將衣物粉碎成棉絮，經過光學與熱學儀器分析後，初步判定棉絮主要官能基，選擇適當化學相容劑、加工助劑、起始劑、交聯劑及促進劑等，在適當的溫度下加工製備；但如果將此技術應用到產業界大批量製造時，要考慮的因素變複雜，此時配方的相容劑與加工助劑的選擇、機器溫度操作條件及押出機螺桿轉速都會影響到是否能成功地製備高分子合膠膠條。因此本計畫透過「實務專題」讓學生提早接觸產業界面臨的問題，提升他們之後「解決工程問題」的能力。

表一、「回收舊衣製成膠條應用於 3D 列印」之學習目標、課程關連性、PBL 與實作

課程名稱/ 開課年級/ 必選修/學 分數	學習目標	課程關連性	PBL 與實作
普通化學 (一)/ 一上 /必修/3 學 分	認識化學知識：化學鍵、分子間作用力等	1. 此課程學習內容使學生了解人造纖維材質與化性。 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。	化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性?

			(PBL)
創意思考/ 一上/選修 /2 學分	介紹曼陀羅思考法、心智圖法、六頂思考帽法、5W2H法等思考模式。	1. 讓學生了解創意的發想與實現可藉由平行思考與垂直思考法來展開。 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。	藉由課堂實作(矽膠之創意-翻模、環氧樹脂之創意、溫變色粉之創意、無人飛機製作)啟發學生之創意思考，培養學生實作之興趣。(實作)
有機化學 (一~二)/ 二上下/必修/各 2 學分	1. 認識有機官能基反應。 2. 酸類或醇類官能基之有機化學反應。 3. 有機高分子材料的官能基光譜分析。	1. 學生熟悉有機材料單體原料的官能基種類及其特性。 2. 學生學習各種有機官能基反應及其鑑定。 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。	1. 官能基如何參與有機高分子(以水膠為例)合成之反應? (PBL) 2. 官能基對有機高分子之影響?(以水膠為例) (PBL)
高分子物性與加工/ 三下/選修 /3 學分	1. 熟悉纖維高分子材料的基本物化性。 2. 熟悉高分子材料官能基的分析與鑑定。 3. 熟悉高分子材料的機械性質 4. 學習各種高分子加工製程原理與材料材質鑑定。	1. 不同材質衣物的特性不同，此課程乃針對纖維高分子物化性與加工性有深入的介紹。 2. 高分子有機材之間的混合為工業常見的程序，本課群的 PBL 教學擬規劃學生收集常見人造纖維的相容劑。 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。	1. 如何鑑定未知高分子? (PBL) 2. 認識不同高分子材料的物化特性與加工之關係? (PBL)
高分子材料技術實	1. 探討材料結構、性質與	1. 本課程將導入二種人造纖維的混合相容實作項目。讓學生熟悉高	1. 押出機、射出機操作?

習(二)/ 三 下/選修/3 學分	加工之關係。 2. 學習高分子材料粉碎、造粒與押出成型工藝。	分子相容劑的操作方法。 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。	(實作) 2. 塑譜儀材料配方試驗？ (實作)
實務專題 (一~二)/ 三上下/必修/各 1 學分	1. 回收舊衣材質鑑定與熱性質分析。 2. 衣物粉碎與造粒加工。 3. 膠條押出與染色製造。	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. 如何鑑定衣物的材質？ (實作) 2. 有機纖維的回收造粒？ (實作)
實務專題 (三~四)/ 四上下/必修/各 1 學分	膠條應用於 3D 列印之創作	1. 由實務專題一~二所製得的不同材質膠條以 3D 列印機創作。 2. 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. 3D 列印用膠條創意製作。(實作) 2. 由操作中找出最佳的操作參數。(實作)

表二、「高分子材料之合成、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. 普通化學(一)	A1 Chemical Bonding I-Basic Concepts ; A2 Chemical Bonding II- Molecular Geometry and Hybridization of Atomic Orbitals ; A3 Intermolecular Forces and Liquids and Solids
B. 創意思考	B1 矽膠與環氧樹脂硬化原理與創意
C. 有機化學(一)	C 認識有機化學官能基與反應
D. 有機化學(二)	D1 酸類或醇類官能基之有機化學反應；D2 有機高分子材料的官能基光譜分析
選修課	
E. 高分子物性與加工	E1 熟悉高分子材料的物性、化性與機械性質； E2 學習各種高分子加工製程原理
F. 高分子材料技術實習(二)	F1 塑譜儀、押出機與射出機設備操作

課程教材

- (i) PBL：「化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性」講義
- (ii) PBL：「熱固性材料固化與翻模」講義
- (iii) PBL：官能基如何參與有機高分子合成之反應？(以水膠為例)
- (iv) PBL：官能基對有機高分子之影響？(以水膠為例)
- (v) PBL：如何鑑定未知高分子？
- (vi) PBL：認識不同高分子材料的物化特性與加工之關係？
- (vii) PBL：高分子塑化過程

實驗教材

- (I) 智慧型水膠之製備與物性測試」實驗講義
- (II) 塑譜儀加工、押出機與射出機加工 實驗講義

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	普通化學(一) A1 Chemical Bonding I-Basic Concepts 授課[5 堂]；分組討論[2 堂、教材(i)]
02	普通化學(一) A2 Chemical Bonding II- Molecular Geometry and Hybridization of Atomic Orbitals 授課[5 堂]；分組討論[2 堂、教材(i)]
03	普通化學(一) A3 Intermolecular Forces and Liquids and Solids 授課[5 堂]、分組討論[2 堂、教材(i)]
04	創意思考 B1 矽膠與環氧樹脂翻模與創意授課[2 堂]；分組討論與實作[4 堂、教材(ii)]
05	有機化學(一) C 認識有機化學官能基與反應 [4 堂、教材(iii)(iv)(I)]
06	有機化學(二) D1 酸類或醇類官能基之有機化學反應 授課[4 堂]；D2 有機高分子材料的官能基光譜分析 授課[4 堂]
07	高分子物性與加工 E1 熟悉高分子材料的物性、化性與機械性質 授課[4 堂、教材(v)]；E2 學習各種高分子加工製程原理 授課[6 堂、教材(vi)]
08	高分子材料技術實習(二) F1 塑譜儀、押出機與射出機設備操作 實驗操作[4 堂、教材(II)]

教材內容

01 Chemical Bonding I-Basic Concepts

目標 對於化學鍵討論將先學習路易士點符號，從路易士點符號可以看出原子的價電子狀態。然後我們要研究離子鍵的形成，並學習如何決定用來表示離子化合物穩定性的晶格能，接著我們將學習共價鍵的形成。將以上所學應用於 PET、PP 與 PA 之物性與化性之研究。

(I) Lecture

請參閱化學課本 Chemistry 13th Edition by Raymond Chang and Jason Overby (McGraw-Hill Education Publishing) 第 9 章內容

內容關鍵字: Lewis Dot Symbols, Ionic Bond, Covalent Bond, Electronegativity, Octet Rule

(II) Group activity

「教材 i: 化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性 (PBL)」講義 (林浩著，108 年 9 月) 附件一

本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1)教學目標(2)教學活動(3)PBL 學習之評估。本教案對於化學鍵之討論將從路易士點符號開始，然後研究離子鍵的形成，接著將學習共價鍵的原理。由以上化學鍵的基本觀念，進而探討分子的立體結構，運用價殼層電子排斥模型 [valence-shell electron-pair repulsion (VSEPR) model] 來研究分子的立體結構，並探討原子軌域的混成原理。同時本教案將探討分子間作用力 (intermolecular forces)與偶極—偶極、偶極—誘導偶極及分散力共同構成之凡得瓦力 (van der Waals forces)及與水膠合成有密切關係之氫鍵。

02 Chemical Bonding II- Molecular Geometry and Hybridization of Atomic Orbitals

目標 首先用一種叫作價殼層電子排斥模型 [valence-shell electron-pair repulsion (VSEPR) model] VSEPR 模型的簡單方法來說明化學鍵和孤電子對在分子立體結構上的位置。然後學習如何決定一個分子是否有偶極矩，並了解測量分子的偶極矩可以幫助我們研究分子的立體結構。接著，我們要學一種量子力學的方法叫作價鍵 (VB) 理論來研究化學鍵。VB 理論說明化學鍵是為什麼且如何以原子軌域重疊的方式形成。

(I)Lecture

請參閱化學課本 Chemistry 13th Edition by Raymond Chang and Jason Overby (McGraw-Hill Education Publishing) 第 10 章內容

內容關鍵字: Valence-Shell Electron-Pair Repulsion (VSEPR) Model, Hybrid Orbital, Molecular Orbital, Dipole Moment, Polar Molecule

(II)Group activity

「教材 i: 化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性 (PBL)」講義 (林浩著, 108 年 9 月) 如附件一

由於本教案之課程為普通化學, 預期讓學生經由學習本教案所規劃之主題: (1)化學鍵 (一): 基本觀念 (2)化學鍵 (二): 分子的立體結構和原子軌域的混成 (3)分子間作用力。將所學之化學鍵及分子間作用力之學理將來運用於 PET、PP、PA 之物性與化性之探討。本教案將藉由教學活動設計來實施, 教學活動設計之內容包括(1)教學目標 (2)教學活動 (3) PBL 學習之評估來研究分子的立體結構, 並探討原子軌域的混成原理。同時本教案將探討分子間作用力 (intermolecular forces)與偶極—偶極、偶極—誘導偶極及分散力共同構成化學家平時所指的凡得瓦力 (van der Waals forces)。

03 Intermolecular Forces and Liquids and Solids

目標 學習將分子動力論應用在固體和液體上, 並就它們的特質與氣體做比較。接著會探討「分子與分子間」和「分子與離子間」的兩種不同作用力。我們也會學到一種叫作氫鍵的特殊分子間作用力, 它發生在氫以及某些電負度高的元素之間, 例如氮、氧及氟。關於液體的兩種重要特質—表面張力與黏滯性, 我們可以用分子間作用力的觀點來了解。最後會學到相變, 或者是在固態、液態及氣態間的轉變。

(I)Lecture

請參閱化學課本 Chemistry 13th Edition by Raymond Chang and Jason Overby (McGraw-Hill Education Publishing) 第 11 章內容

內容關鍵字: Intermolecular Forces, Hydrogen Bond, van der Waals Forces, Triple Point, Phase Diagram

(II)Group activity

「教材 i: 化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性 (PBL)」講義 (林浩著, 108 年 9 月) 如附件一

由於 PET、PP、PA 交聯方式與化學鍵有密切關係，故本教案主要目的為探討化學鍵與作用力如何影響合成的水膠之物性與化性。由於本教案之課程為普通化學，預期讓學生經由學習本教案所規劃之主題：(1)化學鍵 (一)：基本觀念 (2)化學鍵 (二)：分子的立體結構和原子軌域的混成 (3)分子間作用力。將所學之化學鍵及分子間作用力之學理將來運用於 PET、PP、PA 之物性與化性之探討。本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1) 教學目標 (2)教學活動 (3) PBL 學習。本教案對於化學鍵之討論將從路易斯點符號開始，然後研究離子鍵的形成，接著將學習共價鍵的原理。由以上化學鍵的基本觀念，進而探討分子的立體結構，運用價殼層電子排斥模型 [valence-shell electron-pair repulsion (VSEPR) model] 來研究分子的立體結構，並探討原子軌域的混成原理。同時本教案將探討分子間作用力 (intermolecular forces)。

04 矽膠與環氧樹脂翻模與創意

目標 熱固性高分子是由小分子(或稱單體)在起始劑或交聯劑的作用下聯結成巨大分子量的高分子材料。由於操作簡單方便，適合小型物件的複製與產品創意發想的製作。本課件首先認識矽膠以及環氧樹脂的相關化學反應，然後學習翻模與創意模具製作。

(I)Lecture

請參閱文章 **Silicones in Industrial Applications by Ernst Gerlach, etc..** (資料來源: ResearchGate.net, January 2009)

請參閱網路文章 "DIY 自製矽膠模具 (矽橡膠 RTV)" (資料來源:

<https://www.lifechem.tw/blog/160901>)

內容關鍵字: Silicones, cross-linked elastomers, linear polydimethylsiloxanes, branched polymers, 翻模

(II)Group activity

「教材 ii：熱固性材料固化與翻模(PBL)」講義 (蘇順發著，108 年 9 月) 如附件二

本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1)教學目標 (2)教學活動 (3) PBL 學習之評估(請參閱附件二)。本教案首先討論矽膠與環氧樹脂的特性，接著研究化學交聯反應的原理，最後學習矽膠翻模模型與創意設計。

05 認識有機化學官能基與反應

目標 本講義設計「智慧型水膠之製備與物性測試」實驗，讓學生熟悉製備水膠之基本技能與物性檢測之工藝。在實驗前，同學需了解水膠之合成反應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「有機化學」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，為使學生對水膠的應用有所認識，提升學習興趣，以引導問題的方式請學生訂定要探討的水膠材料主題。如若選定的是 poly(2-HMEA) 的非離子型水膠，則其主要用在隱型眼鏡及醫療敷材。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。此方式可使學生對有機材料的合成、檢測及分析與應用具有較完整的認識。

(I) Group activity

1. 「教材 iii：PBL：「官能基如何參與有機高分子合成之反應？(以水膠為例)」(王振乾，109 年 9 月) 附件三 (內容關鍵字：有機官能基、水膠的種類、水膠的合成)
2. 「教材 iv：PBL：「官能基對有機高分子之影響？(以水膠為例)」(王振乾，109 年 9 月) 附件四 (內容關鍵字：有機官能基、水膠的種類、水膠的性質)

(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

「水膠的種類」、「水膠的合成」、「水膠的性質」等內容的 PBL 活動引導實施詳細步驟請參閱附件四。

(II) 實作

1. 採用自編教材「教材 I：智慧型水膠之製備與物性測試」實驗講義 (林鴻儒著，109 年 1 月)。附件五
2. 內容關鍵字：智慧型水膠、溫度應答型水膠、酸鹼應答型水膠、單體、起

始劑、交聯劑、自由基聚合反應、中空水膠珠粒釋放。

3. 「智慧型水膠之製備與物性測試」之實驗主題有溫度應答型水膠及酸鹼應答型水膠之製備與物性測試。讓學生學習自由基加成反應之操作技術及原理、了解溫度及時間對水膠親疏水特性之影響及了解酸鹼對含若丹明中空水膠珠粒釋放之影響。
4. 「實驗目的」、「儀器與藥品」、「實驗步驟」、「實驗紀錄及報告」等內容請參閱附件五。

06 製備高分子水膠的官能基簡介

目標 本講義設計「製備高分子水膠材料所需的單體官能基簡介」及「單體官能基的物理性質」等章節，讓學生熟悉有機高分子水膠原料單體的官能基種類、單體的物理化學特性及官能基的鑑定與分析的專業知識建立及其後續應用於「水膠敷料的製備及其應用」的實務專題之製作，詳如附件五。

(I) Lecture：酸類或醇類官能基之有機化學反應

請參閱有機化學課本 Introduction to Organic Chemistry(6/e), William Brown, Thomas Poon (Wiley Publishing) , Chapter 8. Alcohols, Ethers, and Thiols; Chapter 13. Carboxylic Acids.

內容關鍵字: Alcohol, Carboxylic acid, Esterification, Hydrolysis

(II) Lecture：「有機物的官能基光譜分析」

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

07 高分子物性與加工

目標 本講義設計「高分子材料的物性、化性與機械性質介紹」及「各種高分子加工製程原理」等章節，讓學生熟悉有機高分子材料的物理性質、化學性質與機械性質。並教授高分子材料加工製程與原理的專業知識，讓學生後續能應用於「回收舊衣製成膠條應用於3D列印」的實務專題之製作，詳如附件六。

(I) Lecture：「高分子材料的物性、化性與機械性質介紹」

請參閱高分子物性與加工課本(高分子加工, Chapter 2. 高分子的物理檢驗方法, 第四版, 陳劉旺/丁金超編著, 高立圖書有限公司)與高分子材料相關雜誌與文獻。

內容關鍵字: 高分子材料、物理性質、化學性質、機械性質

Group activity：「教材 v：PBL：「如何鑑定未知高分子?」(陳澄河，111 年 2 月) 附件六

(II) Lecture：「各種高分子加工製程原理」

請參閱高分子物性與加工課本(高分子加工，Chapter 5. 擠壓成型 與 Chapter 13. 纖維工藝，第四版，陳劉旺/丁金超編著，高立圖書有限公司)與高分子材料相關雜誌與文獻。

內容關鍵字：擠壓成型、壓出機、合成纖維、纖維製程

Group activity：「教材 vi：PBL：「認識不同高分子材料的物化特性與加工之關係?」(陳澄河，111 年 2 月) 附件七

08 高分子材料技術實習(二)

目標 本講義設計「塑譜儀、押出機與射出機設備操作」等章節，讓學生從有機高分子材料的物理性質、化學性質與機械性質實際驗證高分子材料由固態到熔融態再經過冷卻塑化定型。讓學生進行「回收舊衣製成膠條應用於 3D 列印」的實務專題之製作。

(I) Lecture：「塑譜儀、押出機與射出機設備操作 實驗操作」

請參閱 Chapter 5. 擠壓成型、Chapter 6. 射出成形、Chapter 8. 熱壓成型，(高分子加工，第四版，陳劉旺/丁金超編著，高立圖書有限公司)與高分子材料相關雜誌與文獻。

內容關鍵字：高分子材料、物理性質、化學性質、機械性質

(II)實作

- 採用自編教材(II)「塑譜儀(複材與染色)、雙螺桿押出機造粒與射出成型」實驗講義(蘇順發著，109 年 1 月)。附件八
內容關鍵字：混練、塑化、剪切、押出機、射出機。
- 「實驗目的」、「儀器與藥品」、「實驗步驟」、「實驗紀錄及報告」等內容請參閱附件八。

配套措施

本課群主要訓練學生從事高分子材料之合成、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

此課群藉由回收舊衣製成膠條應用於 3D 列印訓練學生從事高分子材料之合成、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. Chemistry 13th Edition by Raymond Chang and Jason Overby (McGraw-Hill Education Publishing)第 9、10、11 章內容。
2. Silicones in Industrial Applications by Ernst Gerlach, etc.. (資料來源: ResearchGate.net, January 2009)。
3. 網路文章 “DIY 自製矽膠模具 (矽橡膠 RTV)” (資料來源: <https://www.lifechem.tw/blog/160901>) 。

附件

附件一：「教材 i:化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性(PBL)」講義 林浩著，108 年 9 月

前言：

PET 全名是 Polyethylene Terephthalate (聚對苯二甲酸乙二醇酯)，PET 塑膠具質輕、透明度高、耐衝擊不易碎裂等特性。PET 是一種熱塑性塑膠，它在加熱後成份不會有化學變化，因此可以反覆的模塑，可回收再使用，PET 塑膠可使用於汽水和飲品的包材。聚丙烯 (Polypropylene，簡稱 PP) 是一種半結晶的熱塑性塑膠。具有較高的耐衝擊性，機械性質強韌，抗多種有機溶劑和酸鹼腐蝕。在工業界有廣泛的應用，包括包裝材料和標籤，紡織品（例如，繩，保暖內衣和地毯），文具，塑膠部件和各種類型的可重複使用的容器，實驗室中使用的熱塑性聚合物設備，揚聲器，汽車部件，和聚合物紙幣，是平常常見的高分子材料之一。PA (聚醯胺或一般稱為尼龍)，英文名稱:Polyamide，PA 具有良好的綜合性能，包括力學性能、耐熱性、耐磨損性、耐化學藥品性和自潤滑性，且摩擦係數低，有一定的阻燃性，易於加工，適於用玻璃纖維和其它填料填充增強改性，提高性能和擴大應用範圍。由於 PET、PP 與 PA 之應用及其特性與化學鍵有密切關係，故本教案主要目的為探討化學鍵與作用力如何影響 PET、PP 與 PA 之物性與化性。

預期學習目標：

由於本教案之課程為普通化學，預期讓學生經由學習本教案所規劃之主題：(1)化學鍵 (一)：基本觀念 (2)化學鍵 (二)：分子的立體結構和原子軌域的混成 (3)分子間作用力。將所學之化學鍵及分子間作用力之學理將來運用於 PET、PP 與 PA 之物性與化性之探討。

教案摘要：

本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1) 教學目標 (2)教學活動 (3) PBL 學習。本教案對於化學鍵之討論將從路易士點符號開始，然後研究離子鍵的形成，接著將學習共價鍵的原理。由以上化學鍵的基本觀念，進而探討分子的立體結構，運用價殼層電子排斥模型 [valence-shell electron-pair repulsion (VSEPR) model] 來研究分子的立體結構，並探討原子軌域的混成原理。同時本教案將探討分子間作用力 (intermolecular forces)與偶極—偶極、偶極—誘導偶極及分散力共同構成化學家平時所指的凡得瓦力 (van der Waals forces)及氫鍵。

教學活動設計:

一、教學目標: (1)路易士點符號 (2)離子鍵 (3)共價鍵 (4)路易士結構的畫法 (5)共振的概念 (6)分子的立體結構 (7)原子軌域的混成 (8)分子間作用力 (9)凡得瓦力 (10)氫鍵

二、教學活動: (請林浩老師修正、補充)

教師將學生分組，讓學生瞭解要討論的課程主題，請學生在討論前自行蒐集資料，提醒同學將問題整理提出來討論。預訂每節課討論一個主題，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。每單元主題討論完，各組回家對所討論之單元主題進行更深入的瞭解，並於下次討論進行更深入的討論同時各組分享探討的主題與內容。

普通化學(一)為本系同學入後第一個學期的課程，其教學目標最主要為傳授學生基本的 PBL 討論技能及化學學理以便日後能更深入的應用於其他課程。分組原則上以 5 人為一組，在實施每一個主題討論前除要求學生研讀課堂教科書之相關內容並鼓勵學生多方面蒐集資料，例如上網或到圖書館蒐集資料。在 PBL 課程實施前會請學生做口頭報告，並進行提問以瞭解學生在 PBL 課程前之準備情況。

本教案希望學生經由 PBL 討論學得下列考核能力:

(1)工程知識 (2)工程實務 (3)表達溝通 (4)解決問題 (5)持續學習

化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性

教案名稱 \ 考核能力	工程知識	實驗分析	工程實務	系統設計	表達溝通	解決問題	持續學習	倫理人文素養與
化學鍵與作用力如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性	✓		✓		✓	✓	✓	

討論題及說明如下表所示

本課程之 PBL 討論主要以一個問題連結出另一個問題之討論方式來進行，以共價鍵討論為例：

- (1)何謂共價鍵？
- (2)何謂共價化合物？
- (3)請舉出共價化合物之例子
- (4)請舉出單鍵、雙鍵及參鍵之共價化合物
- (5)何謂電負度？
- (6)電負度與共價鍵有何關係？

每一個問題由同組之不同學生回答，其他學生及老師可做補充說明並加以討論(工程知識、表達溝通及解決問題之學習)，每單元主題討論完，各組回家對所討論之單元主題進行更深入的瞭解(持續學習)，最後探討化學鍵如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性(工程實務之學習)。

討論題及說明

討論題	對應能力							
教案名稱：化學 鍵與作用力如何影響合成的水膠之物性與化性	工程知識	實驗分析	工程實務	系統設計	表達溝通	解決問題	持續學習	倫理文責素養與
1.化學鍵有幾個種類？	✓				✓	✓	✓	
2.何謂離子鍵？	✓				✓	✓	✓	
3.何謂共價鍵？	✓				✓	✓	✓	
4.離子化合物與共價化合物之基本性質的比較	✓				✓	✓	✓	
5.何謂路易士點符號？	✓				✓	✓	✓	
6.路易士結構的探討	✓				✓	✓	✓	

7.分子間作用力有那些種類？	✓				✓	✓	✓	
8.何謂氫鍵？	✓				✓	✓	✓	
9. 化學鍵如何影響 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性？	✓		✓		✓	✓	✓	
10.分子間作用力如何影 PET、PP、PA 等高分子材料之物性與化性？	✓		✓		✓	✓	✓	

三、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) 線上測驗

附件二：「教材 ii: 熱固性材料固化與翻模(PBL)」講義 蘇順發著， 108 年 9 月

前言：

矽膠與環氧樹脂在民生與工業的應用極多，矽膠交聯固化的助劑會因種類不同而異。一般聚二甲基矽氧烷會是羥基封端，這類固化一般是縮合機理，脫醇型和脫酸型的比較多。交聯劑就比較多了，各種帶矽羥基、矽烷氧基等的小分子矽烷的都行。對於雙鍵封端的聚二甲基矽氧烷，固化就是加成機理了，選用帶矽氫基的交聯劑，一般需要鉑做催化劑。環氧樹脂帶有環氧基，通常都以胺系分子作為交聯劑。本教案首先討論矽膠與環氧樹脂的特性，接著研究化學交聯反應的原理，最後學習矽膠翻模模型與創意設計。

預期學習目標：

由於本教案之課程為創意思考，預期讓學生經由學習本教案所規劃之主題應用於產品設計創意方面：(一)矽膠與環氧樹脂的特性，(二)化學交聯反應的原理，(三)學習矽膠翻模模型與創意設計。

教案摘要：

本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1) 教學目標(2)教學活動 (3) PBL 學習之評估。本教案首先討論矽膠與環氧樹脂的特性，接著研究化學交聯反應的原理，最後學習矽膠翻模模型與創意設計。

教學活動設計：

一、教學目標：(一)矽膠與環氧樹脂的特性，(二)化學交聯反應的原理，(三)學習矽膠翻模模型與創意設計。

二、教學活動：

教師將學生分組，讓學生瞭解要討論的課程主題，請學生在討論前自行蒐集資料，提醒同學將問題整理提出來討論。預訂每節課討論一個主題，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。每單元主題討論完，各組回家對所討論之單元主題進行更深入的瞭解，並於下次討論進行更深入的討論同時各組分享探討的主題與內容。

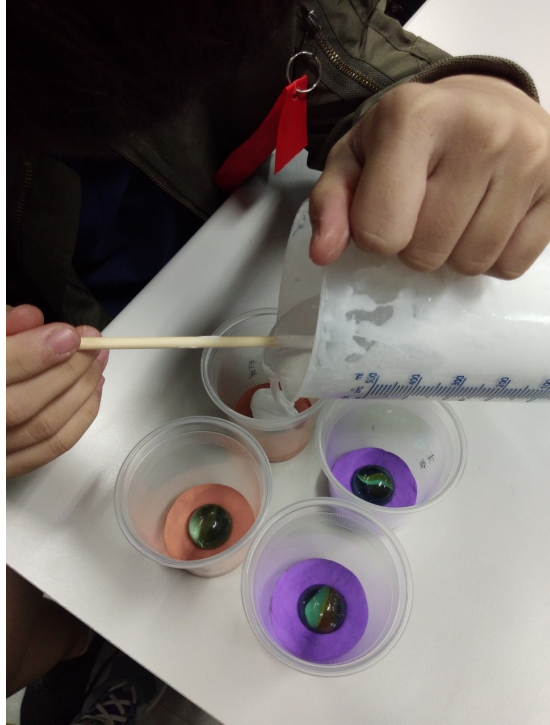
三、PBL 學習之評估：

(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) 創意設計與成果展示

PBL 學習之評估

本教案首先討論矽膠與環氧樹脂的特性，接著研究化學交聯反應的原理，最後學習矽膠翻模模型與創意設計。實作成品由授課老師評分。

PBL 實作



附件三：「教材 iii：「官能基如何參與有機高分子合成之反應？(以水膠為例)」(王振乾，109 年 9 月)

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

水膠(Hydrogel)

睡覺？ 水餃？ 稅交？
吃的？ 用的？ 玩的？
固體？ 液體？ 氣體？
很貴？ 便宜？ 免費？
綠的？ 藍的？ 黃的？



疑問？

- **一般民眾：**水膠是什麼？
吃的？ 用的？ 玩的？
- **化學科學家：**
水膠的結構式是什麼？
水膠的物理化學性質是什麼？
水膠的合成反應方程式是什麼？
- **材料科學家：**
水膠是有機材料？還是無機材料？
水膠的機械性質？拉力強度？壓縮強度？硬度？...
應用的領域？
- **化學工程師：**
可不可以賺錢？放大量有沒有市場？蓋工廠。
工廠要如何蓋？要那些單元設備？



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)我要了解的是離子型水膠？還是非離子型水膠？
(2)我要探討的是吃的水膠？還是用的水膠？
1. 小組討論與思考

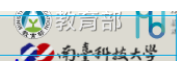
S3 根據S1及S2，提出問題相關假設與機制。

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

S4根據**S1**、**S2**及**S3**，決定擬解決的學習議題。

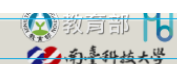


1. 決定學習議題，**學習議題必須是小組目前沒有足夠知識可以解決的。**
2. 學習議題可以透過問答式討論找到。
3. 學習議題是找尋資源和資訊的基礎。

紀錄：

1. 學習議題
2. 議題分工(將學習議題分配給每位組員)

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

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.

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. 回顧與總結學習到的知識與能力

13

附件四：「教材 iv：PBL：「官能基對有機高分子之影響? (以水膠為例)」(王振乾，109 年 9 月)

Q2. 官能基如何調控水膠之pH與膨潤度?

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. 開始小組討論。
3. 深入思考 **What? Where? When? Why? Which? How? etc.**
 - ①
 - ②
 - ③
 - ④
 - ⑤
 - ⑥

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)
(2)
2. 小組討論與思考

pH沒問題，但 膨潤度是什麼？

疑問????

- pH對我來說，a piece of cake。但「官能基」與pH間，有什麼不能告人的秘密？
 - ✓ 當然第一個動作就是Call 谷歌兄出面。 
 - ✓ 想想什麼「官能基」會有pH值的問題？
- 「膨潤度」的定義是什麼？谷歌兄會告訴你(妳)。
- 「官能基」與「膨潤度」兩者之間有何關係？

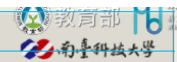
S2. 回想與分享相關知識與生活經驗，查詢術語。

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)那一種官能基會有那一種(pH or 膨潤度)的影響？
 - (2)同一種官能基在何種環境條件情況下?對那一種(pH or 膨潤度)的影響？
1. 小組討論與思考

S3 根據S1及S2，提出問題相關假設與機制。

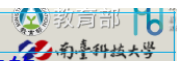


1. 根據前兩個步驟，提出問題相關的假設與發生的可能機制。

紀錄：

1. 相關問題的假設
2. 問題發生的可能機制

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)

S5. 分工尋找S4學習議題相關資料與決定議題的學習順序。

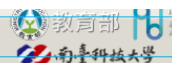


1. 請所有學員閱讀並**了解其他學員找出學習議題**的相關資料。
2. 請小組討論各項學習需要的**學習先後順序**。

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

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.

製備水膠的官能基分類

一、單體官能基

具有以下官能基如： $-\text{OH}$ 、 $-\text{CONH}$ 、 $-\text{CONH}_2$ 、 $-\text{COOH}$ 等，經由化學交聯或物理交聯皆可以形成水膠。常用的單體：

1. 甲基丙烯酸羥乙酯(Hydroxyethyl methacrylate, 2-HEMA)：壓克力型單體，其化學結構為 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{-OH}$ 。工業上常用來製隱形眼鏡，油墨助分散劑等。
2. 醋酸乙烯酯(Vinyl acetate, VAc)：壓克力型單體於聚合後，利用酯基水解反應轉變成醇基，製成聚乙醇水溶性高分子，經交鏈後可製成水膠，其化學結構為 $\text{CH}_2=\text{CH-OH}$ 。
3. 丙烯酸(Acrylic acid, AA)：又稱壓克力酸，其化學結構為 $\text{CH}_2=\text{CH-COOH}$ ，屬於離子型的水膠單體。工業上常用於製作吸水性高分子產品，如尿布、衛生棉或黏著劑等。
4. 甲基丙烯酸(Methacrylic acid, MAA)：同樣是壓克力酸系列，其化學結構為 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$ ，仍屬於離子型的水膠單體。工業上常配合丙烯酸共用來製作吸水性高分子產品，如尿

布、衛生棉或黏著劑等。

5. 丙烯醯胺(Acrylamide, AAm): 同屬壓克力系, 其化學結構為 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CONH}_2$, 為非離子型的單體。工業上常與離子型的混合配方來調整離子濃度製備吸水性產品, 另也常應用於污水慢混的絮凝劑。

二、單體物理化學性質

1. 丙烯酸, 熔點: 14°C (287 K)、沸點: 141°C (414 K)。為最簡單的不飽和羧酸, 由一個乙烯基和一個羧基組成。純的丙烯酸是無色澄清液體, 帶有特徵的刺激性氣味, 可與水、醇、醚和氯仿互溶。
2. 丙烯醯胺, 熔點: 84.5°C (358 K)。常溫下為白色無味片狀結晶, 易溶於水 (216g/100mL)、乙醇、醚及三氯甲烷。在常溫下會分解為二甲基胺, 或是受熱分解為一氧化碳、二氧化碳、 NO_x 。丙烯醯胺是一種不飽和醯胺, 在空氣中或紫外線作用下會發生聚合反應。
3. 甲基丙烯酸, 熔點: -48°C (225 K)、沸點: 101°C (374 K)。易燃, 有強刺激性氣味, 有中等毒性。
4. 乙酸乙烯酯, 熔點: -93°C (180 K)、沸點: 72.7°C (346 K)。為無色液體, 具有甜的醚味; 微溶於水, 溶於醇、丙酮、苯、氯仿。易燃, 其蒸氣可與空氣形成爆炸性混合物, 極易受熱、光或微量的過氧化物作用而聚合。共聚後可生產多種用途黏合劑; 還能與氯乙烯、丙烯腈、丁烯酸、丙烯酸、乙烯單體共聚接枝、嵌段等制成不同性能的高分子合成材料。
5. 甲基丙烯酸羧乙酯, 熔點 -99°C (174°C)、沸點: 213°C (486°C)。無色黏性液體, 易於聚合。當聚合物受到水的作用時, 分子的親水側基會膨脹, 能夠吸收相對於乾重 10% 至 600% 的水。

三、水膠的製備技術

製備水膠指將一種或多種單體經由電漿輻射、紫外光照射或利用化學引發聚合並使交聯。其製備方法有主要三種：

1. 第一種為從單體聚合並進行交聯，單體可分為酸性，如：丙烯酸衍生物、中性，如：丙烯醯胺衍生物、鹼性，如：甲基丙烯酸胺乙酯衍生物。並添加少量的交聯劑以促進合成，常見的交聯劑有二甲基丙烯酸乙二醇酯及其衍生物與 N, N'-亞甲基二丙烯醯胺 (NMBA)。
2. 第二種方法是使聚合物間產生物理或化學交聯。物理交聯藉由氫鍵、靜電作用、離子交互作用、鏈的纏繞等形成；化學交聯則是在聚合物水溶液中添加交聯劑，後可進一步採用輻射照射聚合物，使聚合物主鏈分子間藉由化學鍵連接，不需添加起始劑，產物更為純淨。很多水溶性聚合物可利用輻射法製備水膠，如聚丙烯酸 (PAA)、聚丙烯醯胺 (PAAM)、聚甲基丙烯酸乙酯等。
3. 第三種方法是把水膠接枝到有一定強度的基材上。在基材表面先以電漿處理產生自由基，再把水膠以共價方式接枝到基材上。

四、水膠的性質分析

將製備出的水膠使用流變儀測試在不同溫度下水膠的黏彈性；再製備圓柱形水膠以測試水膠的壓縮性，使用萬能材料試驗機進行壓縮試驗，得出壓縮時所承受的力及破壞前吸收的能量，進行應力及應變的計算：

$$\text{應力 (N/mm}^2\text{)} = \text{荷重 (N)} / \text{截面積 (mm}^2\text{)}$$

$$\text{應變 (\%)} = [\text{位移 (mm)} / \text{原高度 (mm)}] \times 100\%$$

將水膠秤初始重量 (W_0)，浸泡於去離子水中並置於室溫以測試水膠的膨潤率，浸泡前三天每隔 12 小時取出秤取重量 (W_t)，直到重量不再增加為止，以下列公式計算膨潤率：

$$\text{膨潤率 (\%)} = [(W_t - W_0) / W_0] \times 100\%$$

製備長、寬、厚度固定的水膠試片，以微負荷萬能材料試驗機進行拉伸測試水膠的自我修復機能，將試片進行拉伸直至斷裂後，再將水膠斷面重新接合，分別 8 小時、16 小時及 24 小時後再進行拉伸測試，以下公式計算自修復率（%）：

$$\text{自修復率（\%）} = (\text{修復後應變} / \text{修復前應變}) \times 100\%$$

製備出的水膠具有高吸水特性，可應用在日常生活中，如尿布、生理衛生用品、面膜等；工業上可應用於廢水處理、空氣過濾、包裝材料等方面；農業上可做為園藝用保水材料；生物醫學領域上做為燒燙傷敷料、藥物傳輸載體、隱型眼鏡、移植物等。

附件五：「教材 I：自我修復水膠之製備與物性測試」講義（林鴻儒著，109 年 1 月）

實驗目的

本實驗從事智慧型水膠之製備與物性測試，實驗主題有溫度應答型水膠及酸鹼應答型水膠之製備與物性測試。

（一）溫度應答型水膠-P(NIPAAm)水膠

1. 學習自由基加成反應之操作技術及原理。
2. 利用 NIPAAm 及 Acrylic acid (AAc)單體製備 poly(NIPAAm)及 P(NIPAAm-co-AAc)水膠。
3. 了解溫度及時間對水膠親疏水特性之影響。

（二）酸鹼應答型水膠-中空水膠珠粒

1. 利用天然高分子 Alginate 製備中空水膠珠粒。
2. 了解酸鹼對含若丹明中空水膠珠粒釋放之影響。
3. 比較大粒徑與小粒徑若丹明
4. 釋放之速率。

一、儀器與藥品

（一）儀器裝置-溫度應答型水膠-P(NIPAAm)水膠

項次	儀器	規格	單位	數量
1	恆溫加熱水槽	方型	台	2
2	吸量管	20 ml	支	2
3	燒杯	100 ml	個	4
4	針筒	1 ml	支	2
5	針筒	10 ml	支	2
6	碼表	24 hr	個	2

7	培養皿		組	4
8	量筒	100ml	個	2
9	玻棒		支	2
10	普通藥勺		支	3
11	標籤		盒	1
12	天平		台	1
13	樣本瓶		個	4

(二) 儀器裝置-酸鹼應答型水膠-中空水膠珠粒

項次	儀器	規格	單位	數量
1	均質機	30000 rpm	台	1
2	燒杯	250 ml	個	4
3	漏網		支	2
4	滴管		支	4
5	玻棒		支	2
6	pH 計		台	2
7	培養皿		組	8
8	量筒	100 ml	個	2
9	普通藥勺		支	3
10	標籤		盒	1
11	天平		台	1
12	吸量管	10ml	支	1
13	吸量管	50ml	支	5

(三) 藥品-溫度應答型水膠-P(NIPAAm)水膠

項次	藥品 (縮寫)	用途	單位	數量
1	N-isopropyl acrylamide (NIPAAm)	單體	g	8
2	Acrylic acid (AAc)	單體	ml	2
3	N,N'-methylenebisacrylamide (NMBA)	交聯劑	g	2
4	Ammonium peroxodisulfate (APS)	起始劑	g	2
5	N,N,N,N'-tetra-methylethylene-diamine (TEMED)	促進劑	ml	1

(四) 藥品-酸鹼應答型水膠-中空水膠珠粒

項次	藥品 (縮寫)	單位	數量
1	Alginate 粉末	g	3
2	Chitosan 粉末	g	1

3	若丹明(染劑)	g	1
4	CaCl ₂	g	6
5	0.05M CH ₃ COONa 水溶液	ml	80
6	1M HCl 水溶液	ml	10

二、 實驗步驟

A-1-1 智慧型水膠之製備

工作分配：一組 10 人，分 2 小組。

(1) 5 人負責製備 P(NIPAAm)水膠及大粒徑水膠珠粒。

(2) 5 人負責製備 P(NIPAAm-co-AAc)水膠及小粒徑水膠珠粒。

(一) 溫度應答型水膠-P(NIPAAm)水膠

I. 水膠之製備

1. P(NIPAAm)水膠之製備

- (1) 取 3.39 g NIPAAm 單體加入有 100 ml 蒸餾水的燒杯中。
- (2) 加入交聯劑 NMBA 0.15 g 及起始劑 APS 0.08 g，用玻棒攪拌至**完全溶解**，之後加入促進劑 TEMED 0.2 ml。
- (3) 持續攪拌均勻後(約 3 分鐘)，利用針筒吸取 10 ml 溶液注入培養皿中，連續吸 3 次共 30 ml。另外，再利用針筒吸取 10 ml 溶液注入另一培養皿中，連續吸 3 次共 30 ml，置於室溫下進行聚合反應 1 小時。(仔細觀察紀錄溶液有何變化)
- (4) 小心將培養皿內的溶液倒掉，倒入新的蒸餾水約 10 ml 至培養皿內之聚合水膠，進行水洗，輕輕搖晃培養皿，約 3 分鐘換一次水，總共約換 3 次蒸餾水。
- (5) 小心將培養皿中的蒸餾水倒掉，貼上標籤標示日期組別，不用蓋蓋子，放在指定位置上，進行乾燥一星期。

2. P(NIPAAm-co-AAc)水膠之製備

- (1) 取 3.05 g NIPAAm 單體加入 0.2 ml 的 AAc 單體於有 100 ml 蒸餾水的燒杯中。(請至準備室的抽氣櫃取用 AAc)
- (2) 再加入交聯劑 NMBA 0.25 g 及起始劑 APS 0.13 g，用玻棒攪拌至**完全溶解**，之後加入促進劑 TEMED 0.2 ml。
- (3) 持續攪拌混合均勻後(約 1 分鐘)，利用針筒吸取 10 ml 溶液注入培養皿中，連續吸 3 次共 30 ml。另外，再利用針筒吸取 10 ml 溶液注入另一培養皿中，連續吸 3 次共 30 ml，置於室溫下進行聚合反應 1 小時。(仔細觀察紀錄溶液有何變化)
- (4) 小心將培養皿內的溶液倒掉，倒入新的蒸餾水約 10 ml 至培養皿內之聚合水膠，進行水洗，輕輕搖晃培養皿，約 3 分鐘換一次水，總共約換 3 次蒸餾水。
- (5) 小心將培養皿中的蒸餾水倒掉，貼上標籤標示日期組別，不用蓋蓋子，

放在指定位置上，進行乾燥一星期。

(二) 酸鹼應答型水膠-中空水膠珠粒

I. 中空水膠珠粒之製備

1. 先取 0.0005 g 的若丹明 B 置於 100 ml 的燒杯中並加入 50 g 的蒸餾水，再取 1 g 的 Alginate 粉末加入其中，以均質機 26000 rpm 在室溫下攪拌均勻，配製成 2 wt% 的 Alginate 水溶液。
2. 取 2.78 g 的 CaCl_2 置於 250 ml 的燒杯中，加入 100 ml 的蒸餾水，配製成 0.25 M 的 CaCl_2 水溶液，再取 1 g 的 Chitosan 置於 100 ml 的燒杯中，加入 50 ml 的蒸餾水，配製成 0.6 wt% 的 Chitosan 水溶液，將 CaCl_2 水溶液與 Chitosan 水溶液攪拌均勻，形成 CaCl_2 /Chitosan 水溶液。將配製完成的 Alginate 水溶液(分成兩杯)，分別利用大口徑滴管與小口徑滴管滴入 CaCl_2 /Chitosan 水溶液(大粒徑與小粒徑之水膠珠粒分別滴約 45 顆)，用玻棒攪拌 9 分鐘後將水膠珠粒取出以去離子水清洗 10 次(利用漏網過濾去離子水)，即可得到大粒徑與小粒徑的中空水膠珠粒。
3. 將已完成的大/小粒徑水膠珠粒分別秤重，紀錄其重為 W_f 。
4. 將大/小粒徑水膠珠粒分別放置於不同培養皿，貼上標籤標示日期、組別，不用蓋蓋子，放在指定位置上，進行乾燥一星期。

[以下為下週實驗]

A-1-2 智慧型水膠之物性測試

工作分配：一組 10 人，分 2 小組。

- (1) 5 人負責做 P(NIPAAm)水膠之膨潤度測試及大粒徑水膠珠粒之釋放試驗。
- (2) 5 人負責做 P(NIPAAm-co-AAc)水膠之膨潤度測試及小粒徑水膠珠粒之釋放試驗。

(一) 溫度應答型水膠-P(NIPAAm)水膠

II. 膨潤度(水膠重量變化)的測試

1. 先開啟恆溫水槽設定 28°C。(注意水槽內有沒有水，水量需八分滿)
2. 將上次製備已先行乾燥的水膠小心取出，各取 3 個 sample 秤重。
3. 將水膠置於含有 100 ml 蒸餾水之樣本瓶內，再將樣本瓶分別置於 28°C 及 50°C 之恆溫水槽。待一定時間內取出，秤重。

(二) 酸鹼應答型水膠-中空水膠珠粒

II. 酸鹼對中空水膠珠粒釋放之影響

1. 將上週乾燥後的大/小粒徑中空水膠珠粒分別秤重，紀錄其重為 W_0 。
2. 取 4 ml 的 1M HCl 水溶液加入 100 ml 的蒸餾水中，配置成 pH 1.4 的模擬胃液之酸溶液；取 40 ml 的 0.05 M CH_3COONa 水溶液加入 45 ml 的蒸餾水，配置成 pH 7.7 的模擬腸液之鹼溶液。
3. 各取 20 ml 前項步驟之酸/鹼溶液，分別置於 4 個閃爍瓶(2 個酸溶液，2 個鹼溶

液)，將上週已製備完成的大/小粒徑的水膠珠粒也分別置於其中(一個閃爍瓶放 10 顆水膠珠粒)，觀察大/小粒徑水膠珠粒在 pH 1.4 與 7.7 的環境下，若丹明釋放的時間，拍照並紀錄之。

三、實驗數據紀錄

(一) 溫度應答型水膠-P(NIPAAm)水膠

1. NIPAAm 單體

分子量：_____

結構式：

2. AAc 單體

分子量：_____

結構式：

3. 室溫時水的密度_____；

28°C 時水的密度_____；

50°C 時水的密度_____；

4. 重量變化表

水膠	室溫下重量 (0 分鐘)	28°C 下重量 (10 分鐘)	28°C 下重量 (20 分鐘)	28°C 下重量 (30 分鐘)
純 PNIPAAm				
共聚合物 P(NIPAAm-co-AAc)				
水膠	室溫下重量 (0 分鐘)	50°C 下重量 (10 分鐘)	50°C 下重量 (20 分鐘)	50°C 下重量 (30 分鐘)
純 PNIPAAm				
共聚合物 P(NIPAAm-co-AAc)				

5. 以水膠重量對時間(0, 10, 20, 30 分鐘)做圖，將純 P(NIPAAm)及共聚合物 P(NIPAAm-co-AAc)的結果做在同一張圖上，分別做 2 張，1 張 28°C，1 張 50°C。

(二) 酸鹼應答型水膠-中空水膠珠粒

1. 水膠珠粒之含水率為：大粒徑_____%；小粒徑_____%

W_f 為：大粒徑_____g；小粒徑_____g

W_0 為：大粒徑_____g；小粒徑_____g

$$\text{含水率} = [(W_f - W_0) / W_f] \times 100\%$$

2. 模擬胃液之酸溶液 pH 值：_____

3. 模擬腸液之鹼溶液 pH 值：_____

4. 酸鹼環境下中空水膠珠粒之若丹明釋放(請以照片佐證)：

時間與照片 粒徑	酸性環境		鹼性環境		酸性環境		鹼性環境	
	(請填入開始釋放時間)	照片	(請填入開始釋放時間)	照片	釋放1.5小時	照片	釋放1.5小時	照片
大粒徑	(請填入開始釋放時間)	照片	(請填入開始釋放時間)	照片	釋放1.5小時	照片	釋放1.5小時	照片
小粒徑	(請填入開始釋放時間)	照片	(請填入開始釋放時間)	照片	釋放1.5小時	照片	釋放1.5小時	照片

四、問題與討論

(一) 溫度應答型水膠-P(NIPAAm)水膠

- 試列舉出常見之親水性官能基與疏水性官能基。
- 目前常用於製備水膠之單體有哪些？其應用各為何？
- 說明交聯劑在整個聚合過程中所扮演的角色，試想有無添加交聯劑所造成之影響為何？
- 如何將水膠之體積變化之特性應用於藥物釋放控制上？

(二) 酸鹼應答型水膠-中空水膠珠粒

- 海藻酸鹽可與哪些離子進行交聯形成錯化合物？試繪圖說明何謂“egg-box”結構？
- 海藻酸鹽水膠珠粒在酸鹼環境之若丹明釋放有何差異？
- 大/小粒徑的水膠珠粒在同樣的 pH 環境下之若丹明釋放有何差異？

附件六：「高分子材料化學性質、物理性質與機械性質」講義， (陳澄河編著，111 年 2 月)。

前言：

高分子(polymer)是一種由很多重複而簡單的化學單位(chemical unit)(亦可稱為單體 monomer)以共價鍵結合而形成的高分子量物質，自然界存在的有機化合物中，如蛋白質(protein)、纖維素(cellulose)、澱粉(starch)、橡膠(rubber)等，無機化合物中如雲母(mica)、石墨(graphite)、石棉(asbestos)...等都是高分子材料。近年來已可以經過人工合成方式製得高分子材料，如各種合成橡膠、塑膠、纖維等。這些合成的高分子物質製品，可以取代金屬、木材、橡膠、皮革、陶器、玻璃...等，與人類生活有非常密切的關係。高分子的各種機械性質、化學性質、熱性質...等，都隨著高分子分子量增大而有所不同，由於高分子材料之應用及其相關性質有密切關係，故本教案主要目的為鑑定為之高分子材料。探討物理、化學與機械性質如何影響高分子材料之加工性與應用。

預期學習目標：

由於本教案之課程為高分子物性與加工，預期讓學生經由學習本教案所規劃之主題：(1) 高分子材料化學性質 (2) 高分子材料物理性質 (3) 高分子材料機械性質。將所學之高分子化學性質、物理性質與機械性質，將來運用於纖維加工、擠壓成型與射出成型等技術。

教案摘要：

本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1) 教學目標 (2)教學活動 (3) PBL 學習。本教案對於高分子材料相關特性之討論將從高分子材料化學結構式開始介紹，探討不同化學結構式的高分子材料對其化學性質、物理性質與機械性質。

教學活動設計：

一、教學目標：讓學生了解 (1) 高分子材料分類與化學結構 (2) 泛用塑膠材料特性知識：PE、PVC、PP、PS、PMMA (3) 泛用工程塑膠材料特性知識：Nylon6、Nylon66、PET (4) 高分子材料熱性質 (5) 高分子材料機械性質

二、教學活動：

請學生自行找組員，適當分組，讓學生瞭解要討論的課程主題，請學生在討論前自行蒐集資料，提醒同學將問題整理提出來討論。預訂每節課討論一個主題，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。每單元主題討論完，各組回家對所討論之單元主題進行更深入的瞭解，並於下次討論進行更深入的討論同時各組分享探討的主題與內容。

分組原則上以 5 人為一組，在實施每一個主題討論前除要求學生研讀課堂教科書之相關內容並鼓勵學生多方面蒐集資料，例如上網或到圖書館蒐集資料。在 PBL 課程(教材 v：如何鑑定未知高分子?)實施前會請學生做口頭報告，並進行提問以瞭解學生在 PBL 課程前之準備情況。

本教案希望學生經由 PBL 討論，能獲得下列考核能力：

(1)工程知識 (2)工程實務 (3)表達溝通 (4)解決問題 (5)持續學習

考 核 能 力 教 案 名 稱	工 程 知 識	實 驗 分 析	工 程 實 務	系 統 設 計	表 達 溝 通	解 決 問 題	持 續 學 習	倫 理 文 責 任 養 與
高分子材料 化學性質、 物理性質與 機械性質	✓		✓		✓	✓	✓	

三、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) 提出相關問題，請學生搶答，答對者加分或其他獎勵。

附件七：「高分子加工製程原理」講義，(陳澄河編著，111 年 2 月)。

前言：

單體經過聚合反應形成高分子材料，通常在應用上，很少單獨使用高分子材料，為了發揮它的特性，必須加入適當的添加劑或不同的高分子，經過加熱熔融、固化或硬化反應等加工程序，製造成實用的產品。我們通常稱這個程序為高分子加工。如何使用最低的原料成本，製出具有最優異物理性質與機械性質的高分子產品，是高分子加工研究人員的終極目標。本教案主要目的為探討添加劑在高分子加工之應用，主要會介紹纖維加工技術、擠壓成型技術與射出成型技術。

預期學習目標：

由於本教案之課程為高分子物性與加工，預期經由學習本教案所規劃之主題：(1) 添加劑的種類與應用 (2) 纖維加工技術 (3) 擠壓成型技術 (4) 射出成型技術。讓學生了解如何應用各式各樣添加劑及適當的加工製程做出各種高分子材料的生活用品。

教案摘要：

本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1) 教學目標 (2)教學活動 (3) PBL 學習。本教案對於高分子加工製程原理之討論將從添加劑的種類與應用開始介紹，探討不同的添加劑對高分子材料加工製程之影響，並探討常見的纖維加工技術、擠壓成型技術與射出成型技術。

教學活動設計：

一、教學目標：讓學生了解 (1) 添加劑的種類與應用 (2) 纖維加工技術 (3) 擠壓成型技術 (4) 射出成型技術。

二、教學活動：

請學生自行找組員，適當分組，讓學生瞭解要討論的課程主題，請學生在討論前自行蒐集資料，提醒同學將問題整理提出來討論。預訂每節課討論一個主題，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。每單元主題討論完，各組回家對所討論之單元主題進行更深入的瞭解，並於下次討論進行更深入的討論同時各組分享探討的主題與內容。

分組原則上以 5 人為一組，在實施每一個主題討論前除要求學生研讀課堂教科書之相關內容並鼓勵學生多方面蒐集資料，例如上網或到圖書館蒐集資料。在 PBL 課程(教材 vi：認識不同高分子材料的物化特性與加工之關係?)實施前會請學生做口頭報告，並進行提問以瞭解學生在 PBL 課程前之準備情況。

本教案希望學生經由 PBL 討論，能獲得下列考核能力：

(1)工程知識 (2)工程實務 (3)表達溝通 (4)解決問題 (5)持續學習

考 核 能 力 教 案 名 稱	工 程 知 識	實 驗 分 析	工 程 實 務	系 統 設 計	表 達 溝 通	解 決 問 題	持 續 學 習	倫 理 文 責 任 養 與
高分子加工 製程原理	✓		✓		✓	✓	✓	

三、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) 提出相關問題，請學生搶答，答對者加分或其他獎勵。

附件八：「塑譜儀(複材與染色)、雙螺桿押出機造粒與射出成型」實驗講義 (蘇順發著，109 年 1 月)

A. 塑譜儀實驗(複材與染色)講義

一、實驗目的:

1. 瞭解塑譜儀的基本結構及其適應範圍，熟悉塑譜儀的工作原理及其使用方法。
2. 瞭解複合材料由兩種或兩種以上不同性能、不同形態的材料所組成。
3. 掌握熱塑性塑膠的合膠與染色效果。

二、相關知識:

複合材料是由兩種或兩種以上不同性能、不同形態的組成材料透過複合手段組合而成的多相材料，由組成、結構方面分析，其中一相是連續的，稱為基材相，另一相為分散於基材相中的稱為補強相；複合材料的特點是它具有可設計性，例如：機械性、力學、物理性、化學性等性能皆可透過組成材料的選擇與搭配，以達到材料的最佳性能要求。

高分子與填充物以熔融摻混方式製成高分子複合材料，其方式如射出成型、單螺桿押出、雙螺桿押出及塑譜儀等；應用於高分子複合材料之填充物有許多種類，例如粉末(陶瓷粉末、石墨粉末、金屬粉末、玻璃粉末、碳酸鈣粉末)、纖維(香蕉纖維、鳳梨葉纖維、尼龍纖維、玻璃纖維、碳纖維)，以型態分類為圓形、橢圓形、片層狀、菱形、長條狀...等，纖維可分短纖維、長纖維、單層纖維、多層纖維...等，添加填充物主要目的為降低成本、改善加工性、給予材料特殊性能如降低重量(添加玻璃珠)、增加耐

磨性(添加 SiO_2)、增加或降低導電、導熱或耐熱性(添加氧化鋁)、改善物理與機械性及改善外觀(添加顏料)。

高分子複合材料應用範圍相當廣泛，例如嬰幼兒的玩具、奶瓶、塑膠地墊、醫療用品、航太、汽機車、國防、建材...等。當高分子複合材料應用於建材(如室內裝潢、窗簾、廚櫃、地磚、天花板等)時，此類高分子複合材料需通過政府之難燃檢測規範才可使用於建材，因大多數高分子屬於可燃物，因此造就今日對於高分子的難燃技術格外重視，如何在火場中抑制高分子材料受高溫燒灼時產生濃煙、毒氣與高溫是現今科學研究重點之一，以避免火勢的擴大、降低傷亡與損失。

ABS 樹脂（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物，ABS 是 Acrylonitrile Butadiene Styrene 的字首縮寫）常見塑膠材料種類之一，是一種強度高、韌性強、易於加工成型的熱塑型高分子材料,其玻璃轉移溫度大約是 105°C (221°F)。ABS 是無定型的，因此沒有真正的溶點。ABS 樹脂是丙烯腈（Acrylonitrile）、1,3-丁二烯（Butadiene）、苯乙烯（Styrene）三種單體的接枝共聚物。它的分子式可以寫為 $(\text{C}_8\text{H}_8 \cdot \text{C}_4\text{H}_6 \cdot \text{C}_3\text{H}_3\text{N})_x$ ，但實際上往往是含丁二烯的接枝共聚物與丙烯腈-苯乙烯共聚物的混合物，其中，丙烯腈占 15%~35%，丁二烯占 5%~30%，苯乙烯占 40%~60%，最常見的比例是 A:B:S=20:30:50，此時 ABS 樹脂 T_g 點為 105°C 。

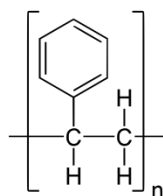


Figure 1(a) 聚苯乙烯之化學結構。

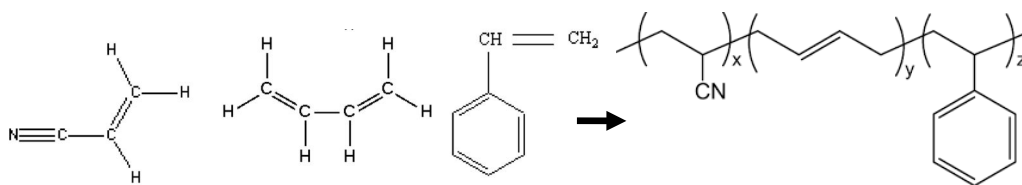


Figure 1(b) 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物之化學結構。

滑石（英語：talc，**矽酸鎂**）是已知最軟的礦物，其莫氏硬度標為 1。用指甲可以在滑石上留下劃痕。滑石一般為白色，略帶青色或綠色。由於滑石粉細膩，常用於減小摩擦。比如醫生和電工用的手套，內面抹有滑石粉，戴起來不易粘手。滑石粉也常會添加氧化鋅、香精等成分，用來作為嬰兒爽身粉。滑石粉本身**對人體無害**，因此也被添加在食品、藥品和化妝品中，用來美化色澤，改善口感或觸感。不過，由於滑石是天然礦石，未經過濾的天然滑石粉，可能會含有**石棉**，被人吸進肺裏會危及健康，不適宜直接使用。滑石粉在造紙、塑料、橡膠、陶瓷、塗料製品中也有非常廣泛的應用。

染料是指能使其他物質獲得鮮明而牢固色澤的一類有機化合物，由於現在使用的顏料都是人工合成的，所以也稱為合成染料。染料和顏料一般都是自身有顏色，並能以分子狀態或分散狀態使其他物質獲得鮮明和牢固色澤的化合物。

三、藥品：

1. ABS 膠粒。
2. 滑石粉(talc powder)
3. 色粉（二種）

四、實驗儀器與器具：

鐵製藥匙 x6、150mL 燒杯 x4、銅刷數支、鈕扣兩板模、塑譜儀配置內部混合器 x1、熱壓成型機 x1、1 公升體積包裝袋 x4。

五、實驗步驟：

以 ABS 為主體，配製 10 phr（每百克份數） talc 與數滴色粉。

Table 1 材料之配方

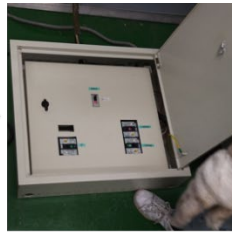
NO.	ABS	talc	色粉
1	200	0	1-2 滴
2	200	20	0
3	200	0	0

1. 先將 Table1 之配方分別用電子天平秤重，再先行預攪拌 7 分鐘。

2. 將塑譜儀開機設定操作條件溫度 210 度、轉速 40 rpm、時間 7 分鐘。



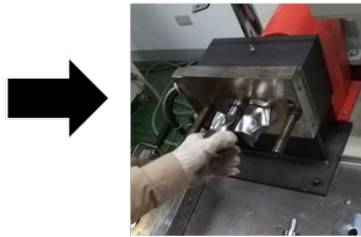
1. 塑譜儀轉子有左右之分。



2. 打開電箱。



3. 開啟總電源與小塑譜儀電源。



4. 置入轉子。



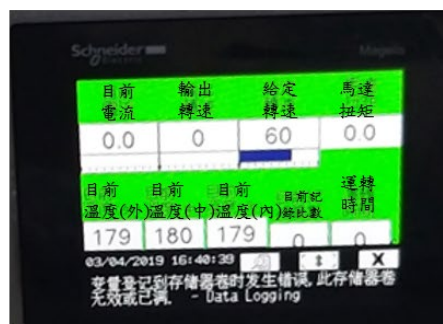
5. 將加熱中板置入。



6. 將加熱後板置入，並鎖上固定加熱板螺絲。

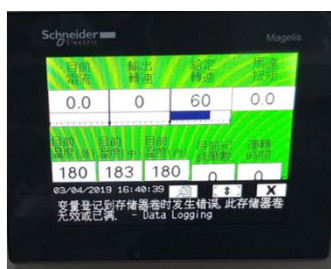


7. 塑譜儀控制面板面。





8. 設定前中後板溫度。



9. 設定給定轉速。



10. 等待溫度到達設定溫度時，按下啟動按鈕，並將材料倒入混練空間。



11. 材料加至8-9分滿。



12. 推料管置入。



13. 推料管負重置入。



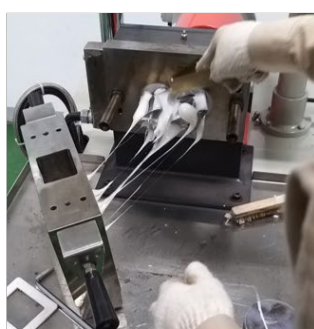
13. 推料管往下壓。



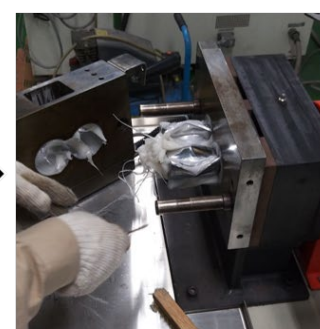
14. 待塑料大部分熔融後，便可不用再壓。



15. 混練時間到，按下停止按鈕。



16. 將後板與中板取下，將樣品從混練空間取下來，並清理乾淨，在等待溫度上升至設定，再製作下一個比例。



3. 將材料塊材取下後，進行熱壓成型製作試片，進行觀察測試。熱壓機預熱溫度 100°C 。
4. 因為 ABS 黏在塑譜儀轉子不易清除，最後可加 PP，溫度降至 170°C ，混練 10 分鐘，再開模清除。

六、實驗紀錄及報告：

1. 實驗使用藥品量

單位:克

NO.	ABS	talc	色粉
1			
2			

七、問題討論：

1. 何謂複合材料？何謂合膠？
2. 兩種試片一個較硬一個較軟，請解釋原因？
3. 比較色粉與滑石粉的混練均勻性？與顏色均勻性？

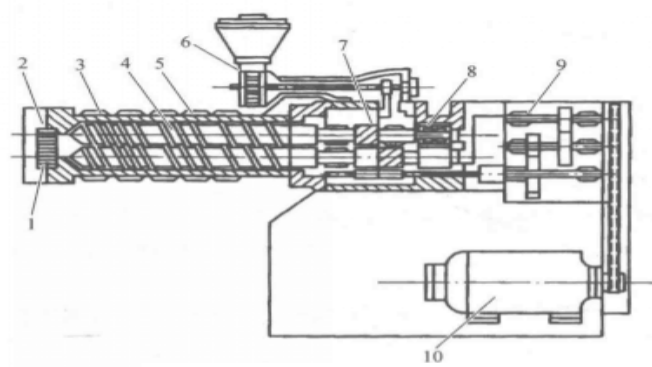
B. 雙螺桿押出機造粒實驗 講義

一、實驗目的：

1. 瞭解熱塑性塑料的擠出加工過程以及造粒加工過程。
2. 瞭解雙螺桿押出機的基本結構及各部分作用，掌握擠出成型基本操作
3. 探討操作條件對成品特性的影響。

二、相關知識：

雙螺桿押出機是改質塑料行業裡面最常見的機械，廣泛應用於塑膠加工業和其他生產加工領域；雙螺桿押出機種類繁多，可分為嚙合型和非嚙合型兩大類，嚙合型雙螺桿押出機又可分為同向旋轉和異向旋轉兩大類。



1-機頭連接器、2-過濾器、3-料桶、4-螺桿、5-加熱器、6-加料口、7-支座、8-止推軸承、9-減速器、10-電動機馬達。

圖 1. 雙螺桿押出機結構示意圖

嚙合同向旋轉雙螺桿押出機廣泛應用於基體樹脂的物理化學改性，如填充、增強、增韌、反應押出等。

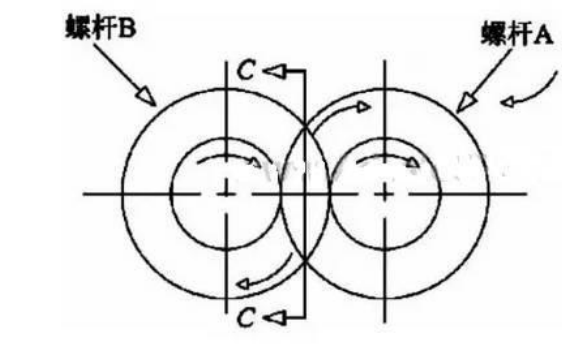


圖 2、同向雙螺桿之速度向量互成反向

以原料的分散混合為主的共混則應選用同向雙螺桿押出機，而上圖所示的同向雙螺桿之速度向量互成反向，因此同向轉動的雙螺桿與異向轉動雙螺桿相比，它的剪切作用要大得多，不適宜 PVC 的混煉成型。

單螺桿押出機中的物料輸送是拖曳型流動，固體輸送過程為摩擦拖曳，熔體輸送過程為粘性拖曳，固體物料與金屬表面之間摩擦因數的大小以及熔體物料的粘度，在很大程度上決定了單螺桿押出機輸送能力的大小。

異向雙螺桿押出機轉速較低，物料剪切發熱量小，物料不容易分解，因此它對物料的熱穩定性要求不高，特別適用於熱敏性物料（如 PVC）的成型加工。與同向雙螺桿押出機相比，異向雙螺桿押出機輸送效率更高、排氣效果及

熔融效果更好，雖然物料的分散混合效果比同向雙螺桿押出機要差，但是建立穩定的機頭壓力能力較強，因此更適合用來直接擠出製品。

三、藥品：

1. 聚乙烯膠粒 (polyethylene) 2. 聚苯乙烯膠粒 (polystyrene)

四、實驗儀器與器具：

鐵製藥匙 x4、燒杯 x4、剪刀、布手套 x3 雙、銅刷數支、雙螺桿壓出機。

雙螺桿壓出造粒機的基本結構主要包括：螺桿、機筒、傳動部分、加料裝置、磨頭及冷卻裝置，如圖 2 所示。本系為雙螺桿壓出造粒機：崧明塑膠機械工業有限公司 SM40 型。其冷卻系統與造粒機分別圖 3 所示。



圖 3、雙螺桿壓出造粒機。



圖 4、冷卻系統與造粒機，(a)冷卻水槽，(b)切粒機。

五、實驗步驟：

一、實驗前準備

將擠出機、機頭、進料漏斗以及切粒機等等清理乾淨，並安裝完畢。將冷却水槽和擠出機冷却水連接好，先通冷却水冷却擠出機進料口。

二、擠出加工參數的確定

(一) 擠出機加熱溫度。擠出機操作溫度按五段控制，機身部分三段，機頭部分兩段。機身：加料段 $160^{\circ}\text{C}\sim 170^{\circ}\text{C}$ ，壓縮段 220°C ，計量段 220°C ；機頭：機頸 $190^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，口模 $190^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

(二) 螺桿轉速。 $0\sim 40\text{rpm}$ ，一般先在較低的轉速下運行至穩定，待有熔融的物料從機頭擠出後，在繼續提高轉速。

(三) 切粒機轉速： $0\sim 20\text{rpm}$ ，視擠出圓條的速度，逐漸調節。

三、測試操作

(一) 開始各段預熱，待各段加熱達到規定溫度時、應對機頭部分的銜接鎖環再次檢查，並將其鎖緊、準備向擠出機中加入物料。

(二) 開動主機，在慢速（ 10rpm ）運轉下先少量加pp 清洗料，並隨時注意轉矩、壓力顯示儀表，待清洗料熔料擠出後，觀察其顏色變化，待擠出物無雜質及其他顏色變化時，可加入實驗料。

(三) 加入實驗料後，逐漸提高螺桿轉速，同時注意轉矩、壓力顯示儀表。待熔料擠出平穩後，開啟切粒機，將擠出圓條通過冷却水槽後慢慢引入切粒機進料口，慢慢調節切粒機轉速以與擠出速度匹配。待擠出及切粒過程正常後，正式開啟紀錄對應的轉矩值、壓力值等加工參數。

(四) 實驗完畢，關閉各測量記錄系統及切粒機。逐漸減速停車，趁熱立即清理機頭、擠出料筒內殘留的PP 料，降低擠出機加熱溫度，用LDPE 清理料筒。

四、測熔融指數(MI)

六、實驗紀錄及報告：

1、實驗條件

儀器設備型號、製造廠商：

螺桿長徑比：

擠出機加熱溫度：

螺桿轉速：

平穩擠出時的壓力：

平穩擠出時的切粒機轉速：

塑膠種類：_____ 商品名：_____

玻璃轉移溫度：_____℃

熔融溫度：_____℃

使用量：_____公斤。

2、測試結果

- (1) 畫出擠出造粒加工流程圖。
- (2) 對擠出造粒的顆粒進行性能和外觀分析。
- (3) 記錄 PE，PS 與 PE/PS 合膠的 MI 值？

七、問題討論：

1. 擠出機的主要結構由哪幾個部分組成？
2. 根據物料在料桶內的變化情況，將整個擠分成幾個階段？各階段的作用是什麼？
3. 觀察並說明熔膠由雙螺桿押出機與 50mm 單螺桿押出機出料有何不同？
4. PE/PS 合膠的 MI 值，單螺桿、雙螺桿壓出機有差異嗎？

C. 射出成型實驗

一、實驗目的：

1. 掌握射出成型機原理及其成型構造。
2. 學習射出成型機的操作及使用方法。
3. 探討射出成型機操作變數對聚合物成品特性影響。

二、相關知識：

射出成形的原理勢將塑膠粒以定量、間歇的方式，自進料漏斗加入，送至加熱管中加熱使其成為熔融狀態流體，透過油壓系統之壓力往前或推頭向前推進，經過噴嘴將溶化之塑膠注進模具的模穴中。當模穴充滿後，模具的冷卻系統將塑膠料冷卻成固體，待降低到適當溫度後，即可開模頂出各種用途之塑膠成品，然後合模繼續下一個射出成型循環。射出成型的優點有下列三點：

1. 生產速度快速。
2. 成型品表面光滑沒有餘料(除模具損壞)。
3. 射出試料所產生的注入口或流道等廢料，皆可粉碎再次加工成型。

影響射出成型的因素有，如圖 1 所示：

1. 塑膠原料：塑料的物理性質，如剛性、耐衝擊性、流動性、熱安定性、耐熱變形性等。
2. 機器樣式：可塑化容量、可塑化方式、鎖模力等。
3. 模具設計：模具材質、模腔形狀、模具溫度、注口形狀。
4. 成型條件：射出壓力、冷卻時間、射出速度等。

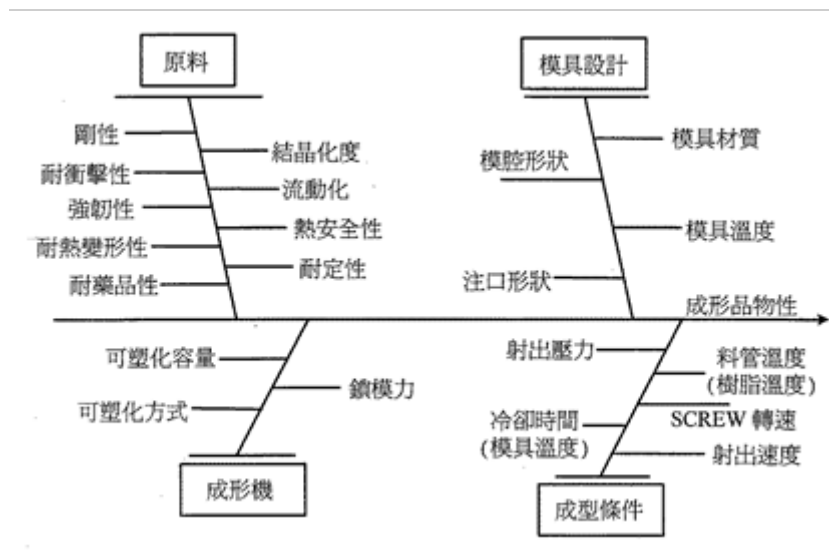


圖 1.射出成型條件對成品物性影響圖。

射出成型機主要分成三部份，圖 2 所示：

射出單元：射嘴、料管、射膠螺桿、電熱片、冷卻環、射膠汽缸、射膠尾板、油壓馬達、調整螺絲、珍圓環。

挾模單元：哥林柱、調整大螺母、固定板、活動板、尾板、調模厚大鏈軸、調模馬達、齒輪支柱、十字頭導桿、導桿支板、頂針油缸、連接板(大、小)、格子板、機械安全止動棒。

控制部份：多功能電腦操作介面。

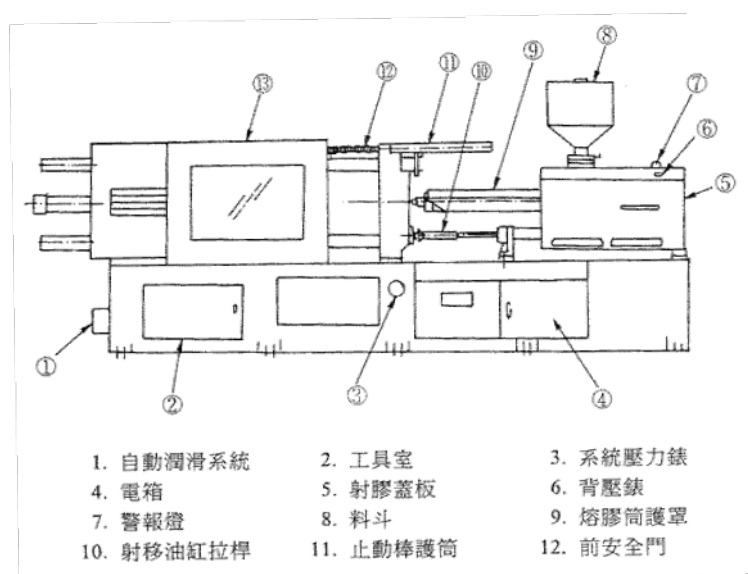


圖 2. 射出成型機外觀部分。

塑膠射出成型為一循環性之製造程序，主要可分為六個步驟：關模、射出充填、保壓、冷卻靜置、開模及頂出等

三、藥品：

聚丙烯塑膠粒(PP)

四、實驗儀器與器具：

射出成型機 x1，磅秤 x1，試片射出模具(圖 3) x1，布手套數個。

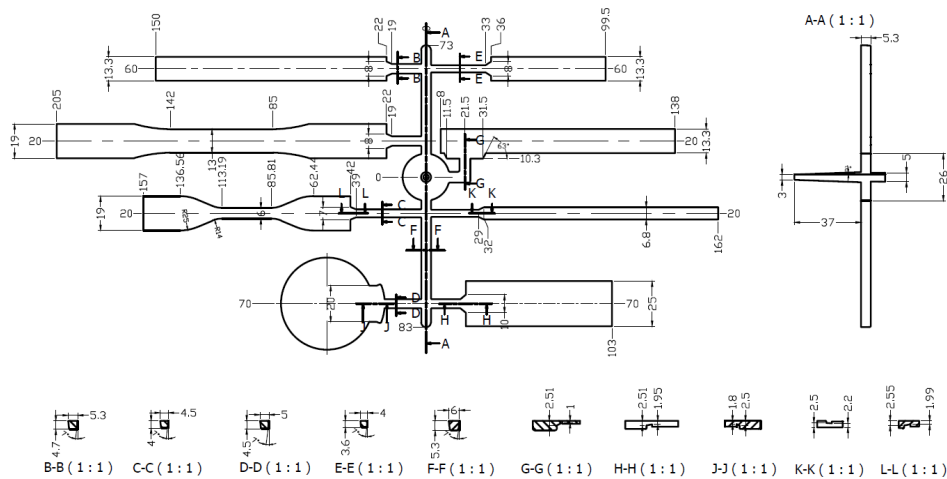
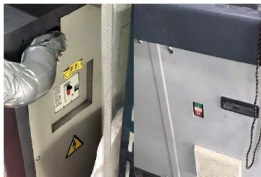
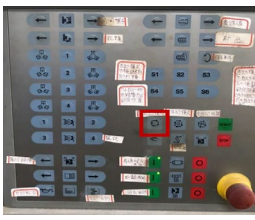


圖 3、試片射出模

五、實驗步驟：

1. 塑料倒入注料桶 - 預先將塑膠料與色粉拌色均勻後，依照塑膠材質特性設定烘料機溫度與時間，待準備完成後將塑膠料倒入射出機的注料桶內。
2. 塑料通過料管溶解 - 依照不同的塑膠材料特性，在射出成型機台上設定塑料加工溫度，讓塑膠粒在正確的溫度下溶解，塑料在不正確的溫度下溶解，會產生射出成形不良或塑膠產品色澤不對等問題。
3. 塑料注入模具內 - 射出成型中相當重要的環節，利用模具設計的空間將膠狀塑料定形，再依成形條件及模具狀況調整射出機參數，避免產生尺寸不合，毛邊問題等等，像是塑膠件結構強度，表面外觀或與配合件組裝之鬆緊度皆由從步驟調整。
4. 冷卻塑料 - 將膠狀的塑料固化成塑膠成品。
5. 模具開模 - 模具公模與母模分離，在模具開發時依照產品外型設計公模面與母模面，避免模具開模不順暢造成產品變形或破壞產品或模具受損等等。
6. 塑膠製品頂出 - 模具分離後將塑膠產品頂出以脫離模具。

1. 打開電源，開溫度加熱	2. 溫度設定介面，按螢幕下方：	3. 壓力與速度設定介面，按螢幕下方：	4. 儲料設定介面，按螢幕下方
			
5. 頂針托進退設定介面，按螢幕下方：	6. 打開馬達，先把一部分的塑料拿來清料	7. 等清完料之後開始儲料	8. 座進把注射口頂住模具注入孔
			
9. 之後按半自動開始把料射進模具裡	10. 開模取成品，完成一個循環		
			

六、實驗紀錄及報告：

塑膠種類：_____ 商品名：_____

玻璃轉移溫度：_____℃ 結構式：_____

熔融溫度：_____℃

使用量：_____ 公斤。

預熱溫度：_____℃

最初設定溫度：_____℃

成型設定溫度：_____℃

射出壓力：_____ Kg/cm² 保壓壓力：_____ Kg/cm²

成型週期：_____秒 熔膠行程：_____

成品外觀：

成品數量：

七、問題討論：

1. 影響射出成型的因素有那些？
2. 射出成型機主要分為哪三個單元？
3. 射壓太高或太低時，有何現象產生？
4. 為何塑料射出前之試料，必須預熱？

附件九： 高分子塑化過程

前言：

熱塑性高分子可經由加熱而軟化進而融熔，高分子加工便是利用此加熱產生相變化的特性，來進行造粒與押出或射出成型的加工。這種加熱產生相變化的現象便稱為塑化。本教案主要目的為探討在高分子加工過程中，固體高分子如何產生塑化？

預期學習目標：

由於本教案之課程為高分子材料技術實習，希望藉由學習本教案所規劃之主題：(1) 塑譜儀實驗 (2) 雙螺桿押出機造粒實驗 (3) 射出成型實驗 讓學生操作高分子加工設備並實際觀察高分子材料由固態變為熔融態再冷卻定型的過程。

教案摘要：

本教案將藉由教學活動設計來實施，教學活動設計之內容包括(1) 教學目標 (2) 教學活動 (3) PBL 學習。本教案對於高分子材料加工原理之討論將從硬體設備結構、操作條件與材料特性開始介紹，探討高分子材料受到機械加工時的輸送與剪切效應的作用之影響，並探討常見的高分子材料的受熱、剪切與塑化的過程。

教學活動設計：

一、教學目標：讓學生藉由 (1) 塑譜儀實驗 (2) 雙螺桿押出機造粒實驗 (3) 射出成型實驗 了解高分子由固態變為融熔態的相轉變的塑化過程

二、教學活動：

請學生自行找組員，適當分組，讓學生瞭解要討論的課程主題，請學生在討論前自行蒐集資料，提醒同學將問題整理提出來討論。預訂每節課討論一個主題，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。每單

元主題討論完，各組回家對所討論之單元主題進行更深入的瞭解，並於下次討論進行更深入的討論同時各組分享探討的主題與內容。

分組原則上以 5 人為一組，在實施每一個主題討論前除要求學生研讀課堂教科書之相關內容並鼓勵學生多方面蒐集資料，例如上網或到圖書館蒐集資料。在 PBL 課程實施前請學生分組上台做口頭報告，並進行提問以瞭解學生在 PBL 課程前之準備情況。

本教案希望學生經由 PBL 討論，能獲得下列考核能力：

(1)工程知識 (2)工程實務 (3)表達溝通 (4)解決問題 (5)持續學習

考核能力 教案名稱	工程知識	實驗分析	工程實務	系統設計	表達溝通	解決問題	持續學習	倫理文責素 任養與
高分子材料 技術實習 (二)	✓		✓		✓	✓	✓	

三、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) 提出相關問題，請學生搶答，答對者加分或其他獎勵。

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 林浩 同意將本人之

■課程：於108學年度第1學期普通化學(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³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：林浩  (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

3 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 蘇順發 同意將本人之

■課程：於108學年度第1學期 創意思考 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¹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 0 9 年 3 月 6 日

¹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1學期_____有機化學(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¹²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： （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

¹²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： 王振乾 (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>。

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：  (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>。

用 CC 授權書

本人陳澄河同意將本人之

■課程：於110學年度第2學期高分子物性與加工課程之授課內容，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²³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： 陳慶雲 (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 1 1 年 9 月 1 5 日

²³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>。