

# 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：有機材料之合成、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、林鴻儒 教授、  
王振乾 教授、周盈年 助理教授

日 期：中華民國 111 年 2 月 14 日

## 著作人簡介

課群名稱	有機材料之合成、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
	林鴻儒	南臺科技大學化材系/教授兼系主任		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
	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
	林鴻儒	美國奧本大學 材料工程博士 高分子材料、生醫材料、藥物釋放		材料技術實習(一)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
	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

# 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 智慧型水膠之製備與物性測試.....	9
05 自我修復水膠之製備與物性測試.....	9
06 認識有機化學官能基與反應.....	10
07 製備水膠的官能基簡介.....	11
08 學習高分子之物性與化性檢測 – 高分子材料課程.....	12
● 配套措施 .....	14
● 總 結 .....	15
● 參考資料 .....	16
● 附件 .....	17
附件一：「教材 i: 化學鍵與作用力如何影響合成的水膠之物性與化性(PBL)」講義林浩著，108 年 9 月 .....	17
附件二：「教材 I：智慧型水膠之製備與物性測試」講義(林鴻儒著，109 年 1 月).....	21
附件三：「教材 II：自我修復水膠之製備與物性測試」講義(林鴻儒著，109 年 1 月).....	27
附件四：「教材 ii：PBL:官能基如何參與水膠合成之反應?」(王振乾，109 年 9 月).....	35
附件五：「教材 iii：PBL:官能基如何調控水膠之 pH 與膨潤度?」(王振乾，109 年 9 月).....	38
附件六：製備水膠的官能基分類 .....	41
附件七：製備灌注型環氧樹脂.....	44
● 附錄、著作權歸屬及授權聲明.....	47

## 前 言

本課群主要訓練學生從事水膠面膜或燒燙傷敷料之製備，讓學生熟悉有機材料之合成、檢測分析與應用。此課群由 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。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合成的有機材料如水膠之物性與化性產生什麼影響呢？在一年級下學期的材料技術實習(一)課堂上向學生介紹如何探討材料結構、性質與加工三者之關係，並以實作為例，讓學生深刻體認三者之緊密關係，例如教導學生如何利用自由基聚合反應製備水膠，測試其吸水性，並讓學生知道水膠內有哪些官能基，所以導致它有很好的吸水性？二年級上、下學期學生將從有機化學上接觸到參與水膠製備的化學反應，如酸類或醇類之有機化學反應。三年級上學期學生從高分子材料課堂上中學習到如何利用儀器檢測分析水膠之物性，如膨潤度、機械強度測試等。最後在實務專題上讓學生體驗水膠之應用，例如製備面膜或燒燙傷敷料，並對這些產品做必要之性質測試，如保濕性、抗菌性、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，學生對有機材料之合成、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

### 水膠面膜或燒燙傷敷料之製備

#### (i) 專題內容概述

水膠(Hydrogel)(如圖一)是一種親水性的高分子，可以吸收大量的水份，其含水量可達 20% 以上，亦即 100 克的水膠，大約可以吸收 20 克以上的水。日常生活經驗告訴我們，一般物質像衛生紙吸水後結構會崩解；但水膠不會。水膠吸取大量水後會讓體積膨脹，但結構仍然保持其完整性，不會崩解。主要原因是水膠形成三維的網狀結構，水份滲透進入網狀結構而造成膨潤，而形成網狀結構主要是靠分子鏈間之交聯反應。水膠交聯方式可分為物理交聯及化學交聯，物理交聯主要是靠凡得瓦爾力、離子吸引力及高分子鏈纏繞等，而化學交聯則利用共價鍵相連接。水膠是一種易於製備的軟性材料，由於其物理、化學和生物特性相容於生物性組織，因此特別適合應用於生物醫學領域，如環保零污染的面膜(圖二)、保水性佳的隱形眼鏡、吸濕性佳防漏的紙尿褲、含藥可吸收性的敷料、不須常更換的燒燙傷敷料(圖三)、組織移植物的可吸收性的載體水膠、可緩慢釋放藥物的注射式水膠或液態栓劑等。

#### (ii) 主題式課群與「實務專題」之連結 (供參考之模板)

本項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(表一)：「普通化學(一)」、「材料技術實習(一)」、「化學工程概論」、「有機化學(一、二)」、「高分子材料」、「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」之連結如圖四。為了要完成這個專題製作，學生必須修過「普通化學」、「材料技術實習」、「有機化學」等這一系列的課程，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合成水膠的物性與化性；在「材料技術實習」規劃「自我修復水膠之製備與物性測試」及「智慧型水膠之製備與物性測試」透過這兩個實作讓學生學習製備水膠的基本技能。此課群藉由水膠面膜或燒燙傷敷料之製備訓練學生從事有機材料之合成、檢測分析與應用，學生在修完這些課後對如何從事有機材料之合成、檢測分析與應用就能胸有成竹。



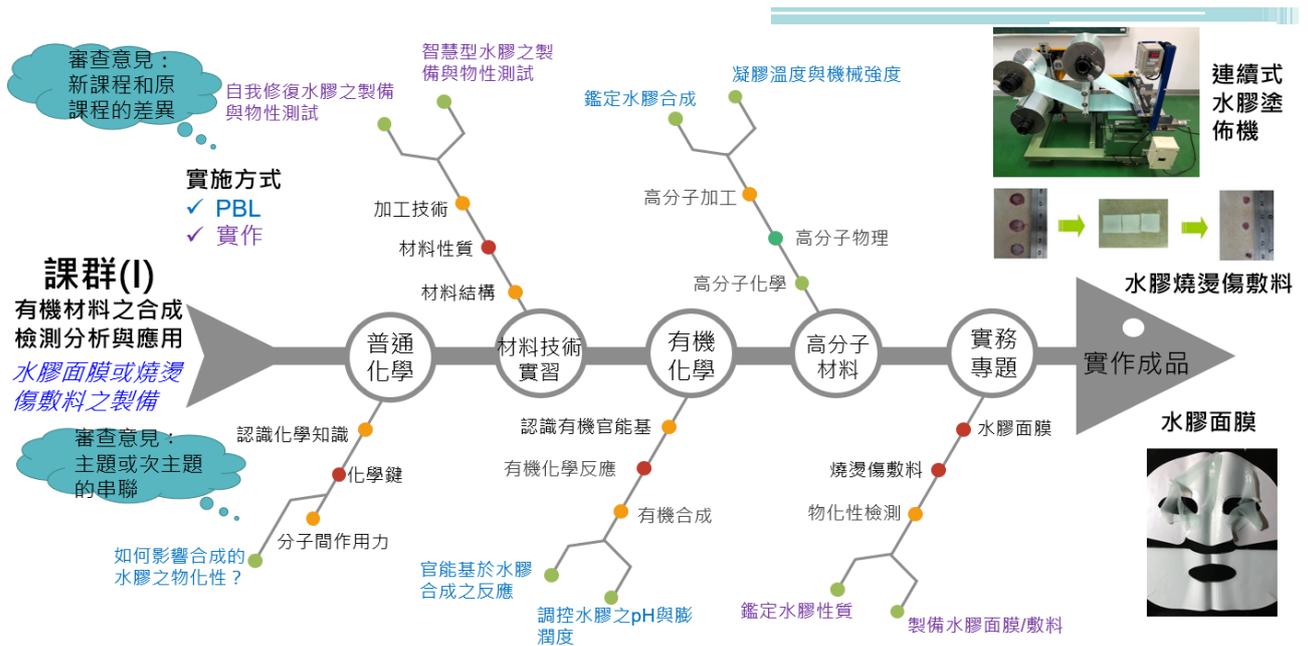
圖一、水膠(Hydrogel)



圖二、水膠面膜



圖三、水膠燒燙傷敷料



圖四、主題式課群 I 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急需解決的工程問題；在實驗室只要選對單體、起始劑、交聯劑及促進劑等，在適當的溫度下就很容易製備片狀(批次式)的水膠；但如果將此技術應用到產業界連續式的水膠塗佈機(圖四)，就不一定能夠如預期的讓物料成膠，此時配方的黏稠度、成膠時間及塗佈的速率都會影響到是否能成功地製備水膠敷料。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、「水膠面膜或燒燙傷敷料之製備」之學習目標、課程關連性、PBL 與實作

課程名稱/開課年級/必修/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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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合成的有機材料如水膠之物性與化性產生什麼影響呢？</li> <li>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。</li> </ol>	<p>化學鍵與作用力如何影響合成的水膠之物性與化性？</p> <p>(PBL)</p>
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。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由五大主題之延伸讓學生認識五大實務專題之內容。</li> <li>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。</li> </ol>	<p>介紹「水膠面膜或燒燙傷敷料之製備」之實務專題內容。</p>
材料技術實習(一)/一下/必修/3學分	探討材料結構、性質與加工之關係應特性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以實作為例，讓學生深刻體認材料結構、性質與加工三者之緊密關係，例如教導學生如何利用自由基聚合反應製備水膠，測試其吸水性，並讓學生知道水膠內有哪些官能基，所以導致它有很好的吸水性？</li> <li>2. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 D 及 I 項，培養具有設計及實現工程項目之能力。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 智慧型水膠之製備與物性測試(實作)</li> <li>2. 自我修復水膠之製備與物性測試(實作)</li> </ol>
有機化學(一、二)/二上下/必修/各2學分	認識有機化學官能基與反應	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 從有機化學上接觸到參與水膠製備的化學反應，如酸類或醇類之有機化學反應。</li> <li>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。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 官能基如何參與水膠合成之反應？(PBL)</li> <li>2. 官能基如何調控水膠之 pH 與膨潤度？(PBL)</li> </ol>
高分子材料	學習高分子之	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學習到如何利用儀器檢測分析水</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 如何鑑定是</li> </ol>

/三上/選修 /3 學分	物性與化性檢 測	<p>膠之物性，如膨潤度、機械強度測試等。</p> <p>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。</p>	<p>否成功合成水膠? (PBL)</p> <p>2. 如何測試水膠之凝膠溫度與機械強度? (PBL)</p>
實務專題 (一~四)/三 上下、四上 下/必修/各1 學分	水膠面膜或燒 燙傷敷料之製 備與物化性質 分析	<p>1. 讓學生體驗水膠之應用，例如製備面膜或燒燙傷敷料，並對這些產品做必要之性質測試，如保濕性、抗菌性、結構鑑定、型態觀察及機械強度測試等。</p> <p>2. 此課群的訓練屬於 CDIO 新工程教育法中的 I 及 O 項，培育具有實現與運作工程項目之能力。</p>	<p>1. 如何製備水膠面膜或燒燙傷敷料? (實作)</p> <p>2. 如何鑑定水膠結構、觀察型態、測試保濕性、抗菌性、及探討流變行為? (實作)</p>

表二、「有機材料之合成、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. 材料技術實習 (一)	B1 智慧型水膠之製備與物性測試; B2 自我修復水膠之製備與物性測試
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 醯胺或酯官能基的水解或還原反應機制、D2 有機高分子材料的官能基光譜分析、D3 酸類或醇類官能基之有機化學反應
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

### 課程教材

- (i) 「化學鍵與作用力如何影響合成的水膠之物性與化性(PBL)」講義
- (ii) PBL:官能基如何參與水膠合成之反應?
- (iii) PBL:官能基如何調控水膠之 pH 與膨潤度?
- (iv) 「高分子聚合物、高分子分子結構-性質-用途、高分子-分子結構與相容性(PBL)」講義
- (v) PBL:如何鑑定是否成功合成水膠? 如何測試水膠之凝膠溫度與機械強度?

### 實驗教材

- (I) 「智慧型水膠之製備與物性測試」講義
- (II) 「自我修復水膠之製備與物性測試」講義
- (III) 「環氧樹脂製備與硬化物性測試」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	材料技術實習(一) B1 智慧型水膠之製備與物性測試 實作[6 堂、教材(I)]
05	材料技術實習(一) B2 自我修復水膠之製備與物性測試 實作[6 堂、教材(II)]
06	有機化學(一) C 認識有機化學官能基與反應 授課[4 堂、教材(ii) (iii)]
07	有機化學(二) D1 醯胺或酯官能基的水解或還原反應機制 授課[4 堂]； D2 有機高分子材料的官能基光譜分析 授課[4 堂]；D3 酸類或醇類官能基之有機化學反應 授課[4 堂]
08	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(IV)] ；E5 分組 PBL 討論[2 堂、教材(V)]

## 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。將以上所學應用於水膠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合成的水膠之物性與化性(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合成的水膠之物性與化性(PBL)」講義(林浩著, 108 年 9 月) 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水膠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合成的水膠之物性與化性(PBL)」講義(林浩著, 108 年 9 月) 附件一

由於水膠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水膠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。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)及與水膠合成有密切關係之氫鍵。

#### 04 智慧型水膠之製備與物性測試

**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。

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)。 附件二
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」等內容請參閱附件二。

#### 05 自我修復水膠之製備與物性測試

**目標** 本講義設計「自我修復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。

實作

1. 採用自編教材「**教材 II：自我修復水膠之製備與物性測試**」實驗講義 (林鴻儒著，109 年 1 月)。 附件三
2. 內容關鍵字: 自我修復水膠、聚丙烯酸、氯化鋁、氯化鐵
3. 「自我修復水膠之製備與物性測試」主要利用氯化鋁或氯化鐵交聯聚丙烯酸製備自我修復水膠，比較不同濃度的氯化鋁或氯化鐵之自我修復能力及機械強度及比較有無添加 NMBA 之水膠的自我修復能力及機械強度。

4. 「實驗目的」、「儀器與藥品」、「實驗步驟」、「實驗紀錄及報告」等內容請參閱附件三。

## 06 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方法。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 ii：PBL:官能基如何參與水膠合成之反應？」(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、水膠的合成)
2. 「教材 iii：PBL:官能基如何調控水膠之 pH 與膨潤度？」(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)。
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」等內容請參閱附件三。

## 07 製備水膠的官能基簡介

**目標** 本講義設計「製備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。水膠高分子有些是酸類，如 polyacrylic acid 或 polymethylacrylic acid，有些則是醇類，如 polyvinylalcohol 或 poly(2-HMEA)等，所以本章節主要在教導學生了解水膠高分子的化學官能基改質反應的概念，可藉由改質調整水膠的黏著度、機械強度及表面等性質。

### (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

### (III) Lecture：「醯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

## 08 學習高分子之物性與化性檢測 – 高分子材料課程

**目標** 本堂課『高分子材料』於講義中設計「環氧樹脂製備與硬化物性測試」、實作課程，讓學生熟悉製備高分子聚合物之基本技能與物性檢測之方法。在實驗前，同學需了解環氧樹脂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「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，為使學生對環氧樹脂的應用有所認識，提升學習興趣，以引導問題的方式請學生訂定要探討的高分子材料主題。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：教材 i v：「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：教材 i v：「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, 彈性膜數

(III) Lecture：教材 i v：「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 III：環氧樹脂製備與硬化物性測試」實驗講義 (陳澄河/周盈年編著, 110 年 1 月)。
2. 內容關鍵字: 環氧樹脂、逐步聚合反應、有機開環加成反應、單體、起始劑、交聯劑、硬化物性測試。
3. 「環氧樹脂製備與硬化物性測試」之實驗主題有環氧樹脂之製備與硬化物性測試。讓學生學習逐步聚合加成反應之操作技術及原理、了解溫度及時間對環氧樹脂硬化特性之影響及了解交聯劑對含環氧樹脂硬化特性之影響。

(V) 分組 PBL 討論

1. 採用自編教材「教材 v：高分子水膠材料之性能分析？」分組講義（林鴻儒/周盈年編著，110 年 1 月）。
2. 內容關鍵字：水膠性質、聚合反應、凝膠時間、機械強度測試、萬用應力測試機。
3. 「高分子水膠材料之性能分析？」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. 如何確定聚合反應的完成?(以水膠為例)⇒利用 FTIR 或 NMR 鑑定官能基之變化，確認是否成功合成水膠。
  2. 如何測定凝膠溫度?(以水膠為例)⇒可利用流變儀觀察水膠之黏彈行為，決定水膠之凝膠溫度，一般儲存模數與損失模數交叉時之溫度即其凝膠溫度。
  3. 如何測試聚合物的強度?(以水膠為例)⇒以萬用試驗機測試水膠的壓縮與拉伸強度變化。

## 配套措施

本課群主要訓練學生從事有機材料之合成、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

本課群主要訓練學生從事水膠面膜或燒燙傷敷料之製備，讓學生熟悉有機材料之合成、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 章、10、11 內容。
2. 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。

## 附件

附件一：「教材 i: 化學鍵與作用力如何影響合成的水膠之物性與化性(PBL)」講義林浩著，108 年 9 月

前言：

水膠是一種易於製備的軟性材料，由於它的物理、化學和生物特性相容於生物性組織，因此特別適合應用於生物醫學領域。水膠 (hydrogel) 是一種親水性高分子，可以吸收大量的水分，含水量可達 20% 以上，也就是 100 克的水膠大約可以吸收 20 克以上的水。一般物質像衛生紙吸水後結構會崩解，但水膠不會。水膠吸取大量水分後體積會膨脹，但結構仍然完整，不會崩解，主要原因是水膠形成三維的網狀結構，水分滲透進入網狀結構造成膨潤，而形成網狀結構主要是靠分子鏈間之交聯反應。水膠交聯方式可分為物理交聯及化學交聯。物理交聯主要是靠凡得瓦爾力、離子吸引力、高分子鏈纏繞等，化學交聯則利用共價鍵連接。以目前常做為隱型眼鏡及紙尿褲材質的聚丙烯酸 (poly(acrylic acid), PAA) 為例，製備 PAA 水膠時經常使用 N, N'-亞甲基二丙烯醯胺 (N, N'-methylenebisacrylamide, NMBA) 當交聯劑，若沒有 NMBA 參與，PAA 分子鏈間可能沒有交集。NMBA 在這裡充當橋梁，因此交聯反應又稱為架橋反應，如此就形成三維網狀結構。這種結構較為緻密、堅固，這也就是水膠吸水後結構不會崩解的主要原因。水膠以水為分散介質，吸水時親水基與水分子結合，把水分子連接在網狀結構內部。以 PAA 為例，因具有能解離的親水性 -COOH 基，在  $pK_a > 4.75$  時會解離成  $COO^-$ ；解離後分子鏈間靜電排斥力增加，水分子的氫與  $COO^-$  產生分子間氫鍵，水分子因而能保存在網狀結構的網孔中而不流失，使水膠具有良好的吸水性，並維持一定的形狀。由於水膠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。

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水膠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化學家平時所指的凡得瓦力 (van der Waals forces)及與水膠合成有密切關係之氫鍵。

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:

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合成的水膠之物性與化性

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
化學鍵與作用力如何影響合成的水	✓		✓		✓	✓	✓	

膠之物性與化性								
---------	--	--	--	--	--	--	--	--

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合成的水膠之物性與化性(工程實務之學習)。

#### 討論題及說明

討論題	對應能力							
	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
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								
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. 化學鍵如何影響合成的水膠之物性與化性	✓		✓		✓	✓	✓	
10.分子間作用力如何影響合成的水膠之物性與化性	✓		✓		✓	✓	✓	

### 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 I：智慧型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 <sub>2</sub>	g	6
5	0.05M CH <sub>3</sub> 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  $\text{CaCl}_2$  置於 250 ml 的燒杯中，加入 100 ml 的蒸餾水，配製成 0.25 M 的  $\text{CaCl}_2$  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  $\text{CaCl}_2$  水溶液與 Chitosan 水溶液攪拌均勻，形成  $\text{CaCl}_2$  /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  $\text{CaCl}_2$ /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稱重，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 稱重。
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，稱重。

#### (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稱重，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  $\text{CH}_3\text{COONa}$  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  
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

1. 試列舉出常見之親水性官能基與疏水性官能基。
2. 目前常用於製備水膠之單體有哪些？其應用各為何？
3. 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？
4. 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

1. 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？
2. 海藻酸鹽水膠珠粒在酸鹼環境之若丹明釋放有何差異？
3. 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？

附件三：「教材 II：自我修復水膠之製備與物性測試」講義(林鴻儒著，109 年 1 月)

一、 實驗目的

1. 利用氯化鋁 ( $\text{AlCl}_3$ ) 或氯化鐵( $\text{FeCl}_3$ ) 交聯聚丙烯酸 (poly(acrylic acid), PAA) 製備自我修復水膠。
2. 比較不同濃度的氯化鋁或氯化鐵之自我修復能力及機械強度。
3. 比較有無添加 NMBA 之氯化鐵的自我修復能力及機械強度。

二、 儀器與藥品

(一) 儀器裝置

項次	儀器	規格	單位	數量
1	恆溫加熱水槽	方型	台	1
2	燒杯	250 ml	個	2
3	燒杯	50 ml	個	14
4	量筒	100 ml	個	2
5	量筒	25 ml	個	4
6	磁石攪拌器		台	1
7	磁石		顆	3
8	玻棒		支	4
9	滴管		支	4
10	保鮮膜		盒	1
11	培養皿		組	4
12	模具(藥盒)		個	1
13	模具(試管)		支	2
14	推拉力計		台	1
15	普通藥勺		支	5
16	標籤		盒	1
17	攪拌子取出棒		支	1
18	鐵架		組	1
19	夾具		個	2
20	剪刀		把	1

(二) 藥品

項次	藥品 (縮寫)	單位	數量
1	AAc 丙烯酸	ml	45
2	APS 過硫酸銨	g	0.9
3	NMBA, N'-亞甲基二丙烯醯胺	g	0.08
4	Rhodamine 羅丹明	g	1

5	AlCl <sub>3</sub> 氯化鋁	g	15
6	FeCl <sub>3</sub> 氯化鐵	g	0.4

### 三、 實驗步驟

#### A-2-1 自我修復水膠之製備

工作分配：一組 10 人，分 2 小組。

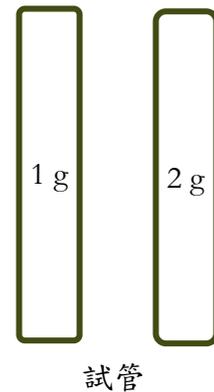
(1) 5 人負責製備 PAA-Al 水膠。 (2) 5 人負責製備 PAA-Fe 水膠。

#### (一) PAA-Al 水膠之製備

1. 打開恆溫水槽，設定溫度為 60°C。(注意水槽內有沒有水)
2. 取 25 ml AAc 與 225 ml 蒸餾水倒入 250 ml 的燒杯中，再加入 0.5 g APS 並以玻璃棒攪拌均勻，配置成 AAc 水溶液。(請至準備室的抽氣櫃取用 AAc)
3. 取 10 個 50 ml 小燒杯，分別加入 20 ml 的 AAc 水溶液，其中二杯加入 0.01 g 的染劑(Rhodamine)並以玻璃棒攪拌均勻。
4. 此步驟請至抽氣櫃完成，一杯染色及四杯未染色溶液要加入 1 g AlCl<sub>3</sub>，剩下五杯要加入 2 g AlCl<sub>3</sub>(先在溶液中放入磁石，開始攪拌後才可以加入 AlCl<sub>3</sub>)，以磁石攪拌器攪拌均勻後迅速倒入模具中，取出磁石並清洗乾淨後，再攪拌下一杯。

	1 g	2 g	
	1 g	2 g	
	1 g	2 g	
	1 g 染色	2 g 染色	

藥盒



5. 將模具放入 60°C 恆溫水槽中加熱 15 分鐘。(模具上方以燒杯壓住，防止模具亂飄)
6. 冷卻後，取出藥盒中的水膠，將相同濃度之一塊染色與一塊未染色水膠合併，置於培養皿中(先包保鮮膜再蓋上蓋子，須標示清楚其濃度)，一個禮拜後做拉伸試驗，觀察自我修復情形。
7. 兩種濃度各取一塊水膠各別放入培養皿中，同上述保存方法，下週做為拉伸試驗對照組。
8. 最後兩塊不同濃度的水膠，用剪刀剪碎並捏成球狀，再各別用保鮮膜包緊，下週做彈性測試。
9. 下課前將試管中的殘留液體倒掉，用保鮮膜封口，下週做打結測試。

#### (二) PAA-Fe 水膠之製備

1. 取 20 ml AAc 與 180 ml 蒸餾水倒入 250 ml 的燒杯中，再加入 0.4 g APS 並以玻棒攪拌均勻，配置成 AAc 水溶液。(請至準備室的抽氣櫃取用 AAc)
2. 取四個 50 ml 小燒杯，每杯加入 0.04 g FeCl<sub>3</sub>，其中兩杯再加入 0.04 g NMBA。
3. 在四個燒杯中分別加入 20 ml AAc 水溶液，以玻棒攪拌均勻，並用保鮮膜封口。
4. 將第一步驟剩餘的 AAc 水溶液中加入 0.24 g FeCl<sub>3</sub>，以玻棒攪拌均勻，並用保鮮膜封口，製成大塊水膠。
5. 將以上五個燒杯放入 60°C 恆溫水槽中加熱 15 分鐘。(以試管架將燒杯固定於恆溫水槽中)
6. 冷卻後，取出一個沒加及一個有加 NMBA 的小塊水膠(先拍照)，將水膠撕碎後(越碎越好，撕碎後拍照紀錄之)，再各自放回燒杯中用保鮮膜封口(標示清楚成分)，一個禮拜後觀察自我修復情形。
7. 其餘兩塊小水膠(不用撕碎)同上述保存方法，下週做為壓縮試驗對照組。
8. 大塊水膠用保鮮膜封口並標示清楚成分，下週做可塑性測試。

[以下為下週實驗]

#### A-2-2 自我修復水膠之物性測試

工作分配：一組 10 人，不分小組(先做 PAA-Fe 水膠之物性測試)。

推拉力計操作說明

選擇操作模式(拉伸/壓縮)：

1. 在關機狀態下，按住”ZERO”，再按一下”POWER”，待畫面出現後再放開”ZERO”，即可進入設定畫面。
2. 此時畫面上方應出現 f01 字樣，而數值若顯示 0001 為壓縮試驗，-0001 為拉伸試驗(正負值千萬不要搞錯，否則儀器容易損壞)，按一下”UNIT”，即可切換操作模式。
3. 選擇正確的操作模式後，按一下”ZERO”儲存設定。

#### (一) PAA-Fe 水膠之物性測試

修復性測試

1. 以拍照的方式記錄，並觀察修復前後之外觀差異。

壓縮試驗

1. 依照『推拉力計操作說明』步驟，將操作模式改為壓縮試驗。
2. 裝上”扁平接頭”，按”UNIT”選擇所需的單位 Kgf。
3. 取出上週製備的試片，置於平面上。
4. 按一下”ZERO”，進行歸零。
5. 向下壓，壓至距離平面 0.5 cm 處，維持 3~5 秒後放開。
6. 按”PEAK”可切換顯示值(最大值/最小值/瞬間值)。

7. 記錄最大值以及水膠經壓縮後的變化，同一塊水膠做 2~3 次(不同位置)，取平均值。
8. 按”PEAK”兩次，將顯示值切換回瞬間值。
9. 其餘試片皆按照步驟 3~8 操作。

#### 重複性修復測試

1. 將修復過一次的水膠再次撕碎後，置於原燒杯(保鮮膜封口)，下課前拍照記錄，並觀察其修復前後之外觀差異。

#### 可塑性測試

1. 將上週製備的 PAA-Fe 水膠(大塊)，用剪刀裁成一段段的碎塊。
2. 再將碎塊排列成”STUST”的形狀，拍照記錄之。
3. 下課前再次拍照記錄，並觀察其修復前後之外觀差異。

## (二) PAA-Al 水膠之物性測試

### 拉伸試驗

1. 依照『推拉力計操作說明』，將操作模式改為拉伸試驗。
2. 裝上”鈎型接頭”，按”UNIT”選擇所需的單位 Kgf。
3. 取出上週製作的試片，用夾具夾住試片兩端(一定要夾緊)，置於鐵架上。
4. 按一下”ZERO”，進行歸零。
5. 勾住夾具向下拉伸，直至水膠斷裂。
6. 按”PEAK”可切換顯示值(最大值/最小值/瞬間值)。
7. 記錄最大值以及水膠斷裂的位置。
8. 按”PEAK”兩次，將顯示值切換回瞬間值。
9. 其餘試片皆按照步驟 3~8 操作。

### 打結測試

1. 將試管中的水膠取出並打結。
2. 在問題與討論中，描述或比較  $AlCl_3$  的添加量對 PAA-Al 水膠產生的影響(例如：黏彈性/韌性/機械強度...等)。

### 彈性試驗

1. 將包在保鮮膜中的球狀 PAA-Al 水膠取出。
2. 以手機拍攝的方式，記錄水膠在高度 30 cm 處落下所彈起的高度。

備註：實驗結束後，必須將”鈎型接頭、扁平接頭”清洗乾淨，放回盒中。

四、 實驗數據紀錄

(一) PAA-Fe 水膠之物性測試

1. 修復性測試

	無 NMBA	有 NMBA
修復前	照片	照片
撕碎	照片	照片
修復後	照片	照片

## 2. 壓縮試驗

	無 NMBA	有 NMBA
修復前	壓力峰值：_____ Kgf	壓力峰值：_____ Kgf
	試驗後形狀變化：	試驗後形狀變化：
修復後	壓力峰值：_____ Kgf	壓力峰值：_____ Kgf
	試驗後形狀變化：	試驗後形狀變化：
修復率	計算：	計算：

## 3. 重複性修復測試

修復一次	再次修復
照片	照片

## 4. 可塑性測試

修復前	修復後
照片	照片

(二) PAA-Al 水膠之物性測試

1. 拉伸試驗

	1 g AlCl <sub>3</sub>	2 g AlCl <sub>3</sub>
修復前	拉伸峰值：_____ Kgf	拉伸峰值：_____ Kgf
	斷裂位置：  畫圖表示	斷裂位置：  畫圖表示
修復後	拉伸峰值：_____ Kgf	拉伸峰值：_____ Kgf
	斷裂位置：  畫圖表示	斷裂位置：  畫圖表示
修復率	計算：	計算：

2. 打結測試

1 g AlCl <sub>3</sub>	2 g AlCl <sub>3</sub>
照片	照片

3. 彈性試驗

	1 g AlCl <sub>3</sub>	2 g AlCl <sub>3</sub>
彈起高度	_____ cm	_____ cm

## 五、 問題與討論

1. 試說明酸鹼應答型水膠的特性為何？
2. 試說明為何傳統的 PAA 水膠不具有自修復性，而加入  $\text{AlCl}_3$  或  $\text{FeCl}_3$  改質後的水膠具有自修復性？
3. AAc、APS、 $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{FeCl}_3$ 、NMBA 在反應中扮演何種角色？
4. 添加 NMBA 對 PAA-Fe 水膠有何影響(自修復性/機械強度/黏彈性..等)？
5.  $\text{AlCl}_3$  的添加量對 PAA-Al 水膠產生的影響？
6. 為何本實驗的水膠需要在  $60^\circ\text{C}$  恆溫水槽中加熱？
7. 拉伸試驗中為何要注意水膠斷裂的位置？

附件四：「教材 ii：PBL:官能基如何參與水膠合成之反應？」(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?

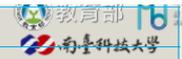


疑問?

- 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。

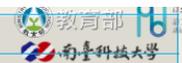
**紀錄：**

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。**

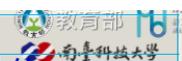


1. 根據前兩個步驟，提出問題相關的假設與發生的可能機制。

**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。**

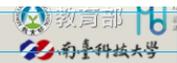


1. 決定學習議題，學習議題必須是小組目前沒有足夠知識可以解決的。
2. 學習議題可以透過問答式討論找到。
3. 學習議題是找尋資源和資訊的基礎。

**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。**

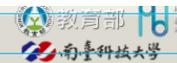


1. 請所有學員閱讀並了解其他學員找出學習議題的相關資料。
2. 請小組討論各項學習需要的學習先後順序。

**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. 回顧與與總結學習到的知識與能力

附件五：「教材 iii：PBL:官能基如何調控水膠之 pH 與膨潤度?」(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

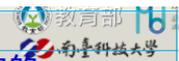
### S3 根據S1及S2，提出問題相關假設與機制。

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.

## 附件六：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  $\text{CH}_2=\text{CH-CONH}_2$ ，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<sub>x</sub>。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. 甲基丙烯酸羥乙酯，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）、聚甲基丙烯酸煙乙酯等。

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：

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

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

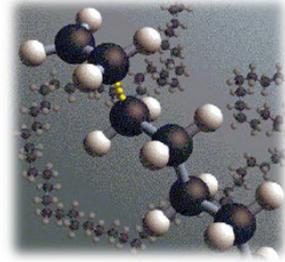
將水膠秤初始重量 ( $W_0$ )，浸泡於去離子水中並置於室溫以測試水膠的膨潤率，浸泡前三天每隔 12 小時取出秤取重量 ( $W_t$ )，直到重量不再增加為止，以下列公式計算膨潤率：

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

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。



# 高分子材料

新工程教育 – PBL實作課程：製備灌注型環氧樹脂

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

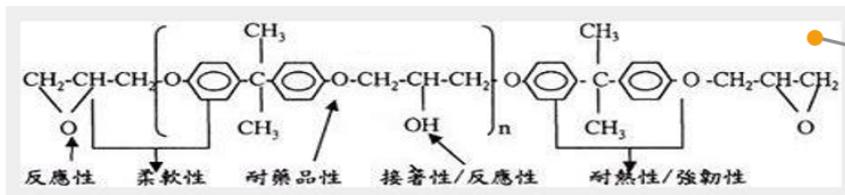
1

- ✓ 環氧樹脂歷史與發展
- ✓ 環氧樹脂與固化劑
- ✓ 環氧樹脂應用
- ✓ 實作實驗

1891  
德國Lindamm  
利用對苯二酚與環氧氯丙烷縮聚為樹脂 以酸酐固化  
此時期還未發現環氧的用途與重要性

1930  
瑞士與美國的學者使用有機多元胺固化發現高連接強度 此時期開始研究環氧重要性

1955  
Dow chemical開始量產雙酚A型環氧



課程  
有機化學  
Reminding

羥基 (CH-OH)、醚基 (-O-) 和極為活潑的環氧基存在，羥基和醚基有高度的極性，使環氧分子與相鄰界產了較強的分間力，環氧基團則與介質表 (特別是質表) 的遊離鍵起反應，形成化學鍵。因而，環氧樹脂具有很高的黏合力

環氧樹脂的固化要藉助固化劑，固化劑的種類很多，主要有多元胺和多元醇，他們的分中都含有活潑氫，其中用得最多的是液態多元胺類，如亞基三胺和三胺等

環氧樹脂 (Epoxy)，又稱作人工樹脂、人造樹脂、樹脂膠等。是一類重要的熱固性塑料，廣泛用於黏著劑，塗料等用途。人造樹脂 (Epoxyresins/Epoxy/Polyepoxide) 是熱固性環氧化物聚合物。

大多數人造樹脂由環氧氯丙烷 (epichlorohydrin, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>ClO) 和雙酚A (酚甲烷, bisphenol-A, C<sub>15</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>) 產生化學反應而成。

多種揮發性溶劑  
人體危害  
環境危害  
儲存安全  
物性極佳  
因應不同應變可選擇硬化劑  
高固含量

Solvent base

雙酚A型  
壓克雜化

接著劑(金屬/異種接著)



地坪/建材

鋼構/防腐



灌注/電子封裝

課程  
有機化學  
Reminding

安全性佳  
物性相對差  
硬化劑選擇不多  
低固含量

Water base

乳化型  
乳化型性分數體  
壓克雜化



複合材料

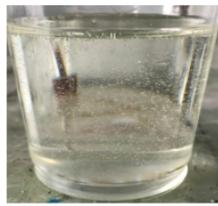
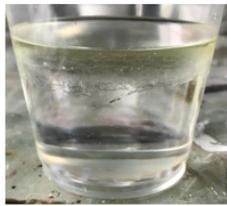


課程  
有機化學  
Reminding

秤取  
40g環氧樹脂BE-188  
10g丙烯酸縮水甘油醚(AGE)  
15g環氧硬化劑5621(改性胺)

將40g環氧樹脂與  
10g丙烯酸縮水甘油醚(AGE)充分攪拌  
後再加入15g環氧硬化劑5621  
同樣充分攪拌

靜置等待固化完成  
加熱可提高反應速率但同時會導致氣泡增加 因攪拌與  
反應時會有氣泡產生  
可輕拍容器底部使氣泡可以較快破除



課程  
有機化學  
Reminding

秤取  
40g環氧樹脂BE-188  
10g醇單丁醚(bcs)  
15g環氧硬化劑5621(改性胺)

將40g環氧樹脂與  
10g醇單丁醚充分攪拌  
後再加入15g環氧硬化劑5621  
同樣充分攪拌

靜置等待固化完成，加熱可提反應速率  
但同時會導致氣泡增加 因攪拌與反應  
時會有氣泡產生，可輕拍容器底部使氣泡  
可以較快破除。



## 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專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<sup>3</sup>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

<sup>3</sup>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 林鴻儒 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<sup>2</sup>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：林鴻儒  (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 3 月 6 日

<sup>2</sup>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>。





