中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　理化科

最佳(鄉土)教材獎

031636

絲絲入色

學校名稱：臺中縣立順天國民中學

作者：	指導老師：
國二 阮子芸 國二 陳玟瑄 國二 黃雅幸 國二 邵啓曜	鍾江兄

關鍵詞： 單體、聚合物、天然有機染料

題目：絲絲入色

摘要

本實驗主要探討耐綸 6,6 製備方法的改良(改變聚合單體濃度、溫度、溶劑種類)，將耐綸材料以自製天然有機染料（水筆仔、梔子、芭樂…）加以入色(直接入色、間接入色)，最後測量每種材質韌度。

一、濃度為 0.3M 的己二醯氯和 0.25M 的己二胺進行實驗，聚合情況最良好，韌性最佳可承受 203.2 克重拉力。

二、聚和溫度為 40℃時，耐綸聚合韌度最好可承受 200.2 克重拉力

三、單體己二醯氯溶劑正己烷改換成正庚烷，聚合情形比原先好。

四、間接入色：

1.不加熱入染：以梔子染液入色後的韌度最佳，可承受 105.1 克重，芭樂次之。

2.加熱入染：以芭樂染液入色後的韌度最佳，可承受 120.1 克重拉力，梔子次之。

五、直接入色：韌性度以芒果染液最佳，可承受 110.1 克重拉力，構樹次之。

壹、研究動機

國二第 4 冊第 4 章的第 3 小節的內容為聚合物和衣料，且耐綸是我們日常生活中有極大的機會碰到的人工纖維：「尼龍」，由二元胺和二元羧酸聚合而成，是最早被利用的一種合成纖維，應用於許多日常用品，如尼龍絲襪、釣魚線、魚網、網球拍線等，至於耐綸到底是如何產生的?到底實驗室所製的耐綸性能如何？不同溫度是否會影響耐綸聚合情形？不同的單體濃度會不會使韌性有所改變？其中那尼龍布料上五顏六色的花樣是從哪裡跑出來的呢?此幾點促動了我們研究的興趣。

貳、研究目的

一、探討不同單體濃度耐綸聚合後產量、長度與韌性度比較。

二、探討溫度的高低是否會影響耐綸的聚合與韌度。

三、探討己二醯氯在不同溶劑時進行抽取耐綸絲有何變化。

四、探討如何自行萃取天然有機染料。

五、探討間接染色後對耐綸材料韌性影響。

六、探討直接染色後對耐綸材料韌性影響。

參、研究器材及藥品

一、藥品：己二醯氯、己二胺、正己烷、正戊烷、正庚烷、乙酸乙酯、乙酸戊酯、醋酸、氫氧化鈉、丙酮、正戊醇、2-丁醇、梔子、芭樂、水筆仔、構樹、鳳凰木、龍葵、艾草、芒果。

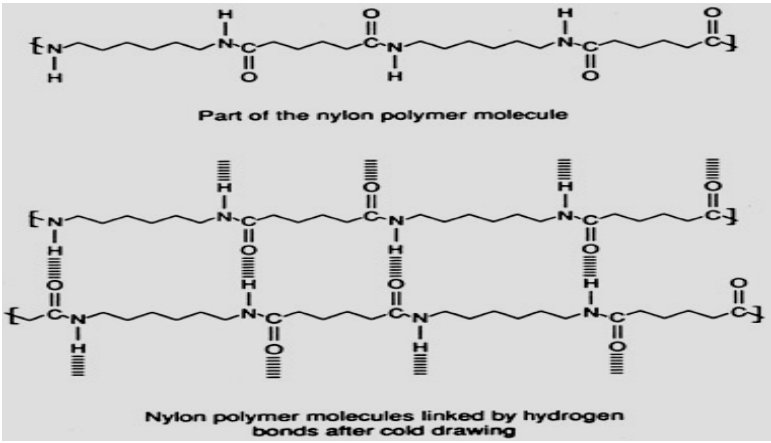
二、器材：玻璃棒、量筒、燒杯、溫度計、滴管、鑷子、水盆、酒精燈、電磁爐、電子秤長鐵尺、鐵架、彈簧秤、秤量杯、膠帶、漏斗、鐵環、濾紙。

【器材】	【藥品】

肆、研究過程與方法

根據所查資料耐綸為可塑性鏈狀聚合物其聚合反應式與分子結構圖如下：

$$nH_2N(CH_2)_6NH_2 + nClOC(CH_2)_4COCl \rightarrow [HN(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO]n + (2n-1)HCl$$



得知聚合情形後依研究目的做以下六種實驗。

實驗一：探討不同單體濃度耐綸聚合後產量、長度與韌性度比較。

一、標準型耐綸中兩種單體濃度與計算質量方法：

依據資料(高中實驗課程)，我們首先選擇製備標準型耐綸絲，即 0.25M 的己二胺溶液與

0.25M 的己二醯氯溶液進行聚合，計算藥品重量方法如下。

$$0.25M = \frac{\frac{克}{183.03\ 分子量}}{0.2\ 升}$$ 克=9.15，以此計算己二醯氯重量。

（一）取 9.15 公克己二醯氯(液體)，溶於 100 mL 正己烷中，等其完全溶解後，再加入正己烷至 200mL，即可配得 0.25M 的己二醯氯溶液。

（二）使用刮勺取 7.01 公克（計算方法如上）的己二胺粉末，溶於 100 mL 的 0.1M 氫氧化納水溶液中，等其完全溶解後，再加入氫氧化鈉溶液至 200 mL，即可配得 0.25M 的己二胺溶液。

二、製備不同單體濃度進行聚合：

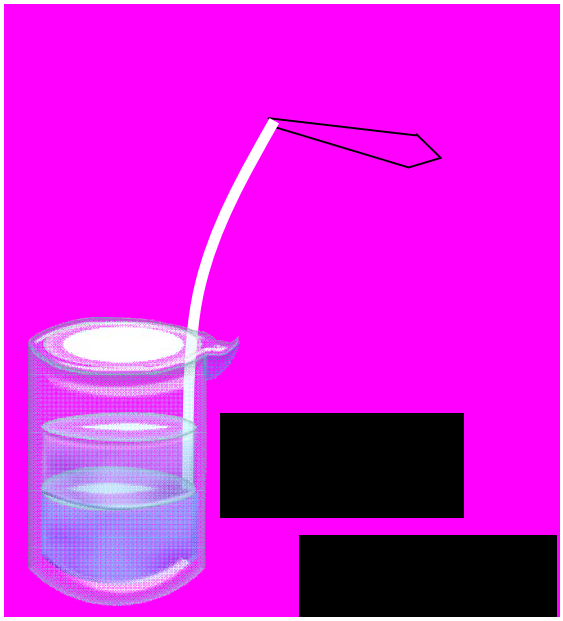
濃度(己二醯氯/己二胺)	0.25M / 0.1 M	0.25 M / 0.2 M	0.25 M / 0.3 M	0.25 M / 0.4 M
配置藥品 g	9.15g/2.324g	9.15g/4.648g	9.15 g/6.972g	9.15 g/9.296g
編組	A1	A2	A3	A4

【表 1-1】

濃度(己二醯氯/己二胺)	0.1 M / 0.25 M	0.2 M / 0.25 M	0.3 M / 0.25 M	0.4 M / 0.25 M
配置藥品 g	3.66g/7.01g	7.32g/7.01g	10.98 g/7.01 g	14.64g/7.01 g
編組	B1	B2	B3	B4

【表 1-2】

三、進行聚合抽絲實驗：



(一)依序將各濃度己二胺溶液 5mL 置入 50mL 燒杯中，另取各濃度己二醯氯 5mL 置入另一個 50mL 燒杯中。

(二)將裝有己二胺溶液的燒杯傾斜，緩緩將己二胺溶液倒入己二醯氯溶液中，馬上可見在兩溶液的界面形成一層白色薄膜。

(三)以鑷子輕輕挾起上述中燒杯內所形成之白色薄膜，發現當薄膜被拉起後，界面馬上又產生一層新的白色薄膜。繼續將薄膜慢慢拉出，浸泡在盛滿水的方盆中，可得一條很長的白色(或無色)透明耐綸絲。

(四)以盆內的清水清洗所得的耐綸絲後，再以丙酮沖洗一次，放置空氣中晾乾，或將耐綸絲纏繞在玻璃棒上收集曬乾。

(一)混合過程	(二)抽絲過程
(三)抽絲過程	(四)收集曬乾

四、計算長度、產量與韌性度：

(一)取抽絲聚合後耐綸絲以長鐵尺量長度，並紀錄最長、總長幾公分。

(二)將曬乾後耐綸絲收集秤重，記錄各濃度產量。

(三)取各濃度耐綸絲 40 公分(以最均勻部位為主、約 0.06 克重)，進行韌性度測量。

1.使用儀器：彈簧秤＋秤量杯＋鐵砂

2.步驟：

(1)架設彈簧秤儀器。

(2)將 40 公分耐綸絲(約 0.06 克重)穿過秤量杯，且須小心動作避免耐綸絲因秤量杯重量而損壞，造成誤差。

(3)將耐綸絲兩端各 10 公分使用膠帶黏住，並掛於彈簧秤下方，殘餘 20 公分耐綸絲即是我們要測量的真正部位。

(4)實驗進行時不斷加入鐵砂觀察耐綸絲變化，並於耐綸絲斷掉一瞬間觀察彈簧秤讀數，並紀錄之。

(5)為求準確，我們會再將杯內鐵砂秤重得準確數據，並紀錄之。

(1)測量最長與總長	(2)測量韌度儀器

(3)慢慢倒入鐵砂	(4)慢慢倒入鐵砂

實驗二：探討溫度的高低是否會影響耐綸的聚合與韌度。

一、改變溫度方法：

以下實驗均採用 0.25M 的己二胺溶液與 0.25M 的己二醯氯溶液探討。

(一)冰浴降溫：製作冷劑（冰塊＋食鹽）置於大燒杯備用。

(二)隔水加熱：取大約 80℃熱水置於大燒杯備用。

二、室溫聚合實驗：

(一)溫度：18~23℃(寒假期間)

(二)步驟：取 0.25M 的己二胺溶液與 0.25M 的己二醯氯溶液各 5mL 至於 50mL 燒杯中，進行耐綸基本型的抽絲實驗，觀察結果並記錄產量、長度與韌性度。

三、低溫聚合實驗：

(一)目標溫度：0℃、5℃、15℃。

(二)步驟：取 0.25M 的己二胺溶液與 0.25M 的己二醯氯溶液各 5mL 置於 50mL 燒杯中，同時置於冷劑中冰浴降溫，降至目標溫度後，將兩溶液混合並馬上進行抽絲實驗，觀察結果並記錄產量、長度與韌性度。

(1)將單體冰浴

(2)降至所需溫度

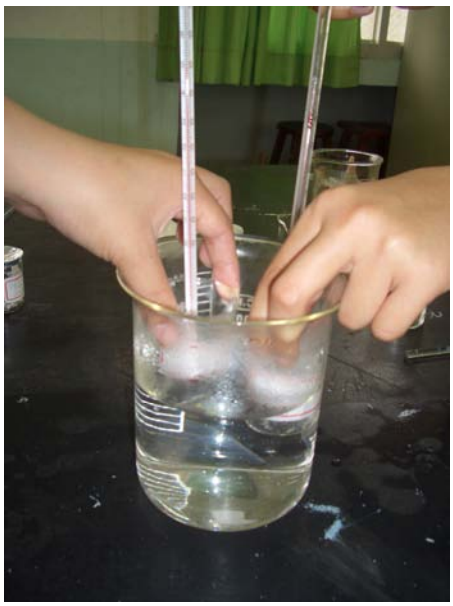
(3)低溫抽絲

(4)形成白色耐綸絲

四、高溫聚合實驗：

(一)目標溫度：30℃、40℃、50℃。

(二)步驟：取 0.25M 的己二胺溶液與 0.25M 的己二醯氯溶液各 5mL 至於 50mL 燒杯中，同時置於熱水中升溫，升至目標溫度後，將兩溶液混合並馬上進行抽絲實驗，觀察結果並記錄產量、長度與韌性度。

	
(1)將單體隔水加熱	(2)升至所需溫度

實驗三：探討己二醯氯在不同溶劑時進行抽取耐綸絲有何變化。

一、選擇溶劑：

(一) 正戊烷 100mL

(二) 正庚烷 100mL

(三) 丙酮 100mL

(四) 正戊醇 100mL

(五) 2-丁醇 100mL

(六) 乙酸乙酯 100mL

(七) 乙酸戊酯 100Ml

二、抽絲聚合

(一) 溫度：室溫 18~23℃

(二) 單體濃度與使用溶劑：固定 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液，改變 0.25M 的己二醯氯溶液中之溶劑(上述幾種)。

(三) 進行聚合抽絲實驗：

1. 取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 5mL＋0.25M 的己二醯氯正戊烷溶液 5mL，進行抽絲聚合，並觀察紀錄之。
2. 取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 5mL＋0.25M 的己二醯氯正庚烷溶液 5mL，進行抽絲聚合，並觀察紀錄之。
3. 取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 5mL＋0.25M 的己二醯氯丙酮溶液 5mL，進行抽絲聚合，並觀察紀錄之。

4. 取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 5mL＋0.25M 的己二醯氯正戊醇溶液 5mL，進行抽絲聚合，並觀察紀錄之。
5. 取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 5mL＋0.25M 的己二醯氯 2-丁醇溶液 5mL，進行抽絲聚合，並觀察紀錄之。
6. 取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 5mL＋0.25M 的己二醯氯乙酸乙酯溶液 5mL，進行抽絲聚合，並觀察紀錄之。
7. 取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 5mL＋0.25M 的己二醯氯乙酸戊酯溶液 5mL，進行抽絲聚合，並觀察紀錄之。

實驗四：探討如何自行萃取天然有機染料。

一、天然植物取得來源

(一)水筆仔：台中縣大安海邊

(二)梔子：自家農田

(三)芭樂：住家鄰居芭樂樹

(四)構樹：大安海邊樹林

(五)鳳凰木：校園

(六)龍葵：田埂旁雜草堆

(七)艾草：家門口盆栽

(八)芒果：自家果園

二、摘取所要部位並清洗

(一)水筆仔：樹皮

(二)梔子：果實

(三)芭樂：樹枝與樹葉

(四)構樹：樹皮

(五)鳳凰木：樹皮

(六)龍葵：果實

(七)艾草：樹枝與樹葉

(八)芒果：樹皮

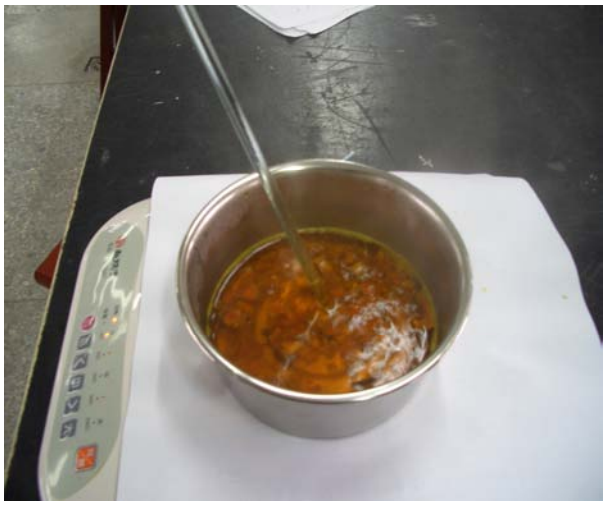
梔子

水筆仔

構樹

三、萃取染料

1. 清洗所要部位，切細放入鍋內，加入適量蒸餾水(約 500 毫升)。
2. 置於電磁爐上加熱，待其沸騰時，調至小火燉煮。
3. 約 20 分鐘後加入蒸餾水 50 毫升。
4. 重覆步驟 3.加入蒸餾水 3~5 次不等(視植物而異)，
5. 當加入最後一次蒸餾水後，將其持續燉煮至溶液約剩 300 毫升即可關火。
6. 將染液靜置，待其冷卻後過濾收集染料，紀錄染液顏色，並冰存備用。

(1)削取水筆仔樹皮	(2)收集並清洗水筆仔
	
(3)燉煮水筆仔	(4)燉煮梔子

(5)燉煮鳳凰木	(6)燉煮芭樂
(7)過濾水筆仔染液	(8)過濾梔子染液
(9)過濾龍葵染液	(10)將多餘水分蒸發

實驗五：探討間接入色後對耐綸材料韌性影響。

一、選擇染液與顏色：

(一)水筆仔：淡紅色

(二)梔子：黃色

(三)芭樂：褐色

(四)構樹：橄欖綠

(五)鳳凰木：淡紅色

(六)龍葵：紫色

(七)艾草：茶褐色

(八)芒果：茶褐色

二、入色方法：間接酸性染法

(一)製備標準型耐綸絲：取 0.25M 的己二胺氫氧化鈉溶液 20mL＋0.25M 的己二醯氯正己烷溶液 20mL，進行抽絲聚合，淨化並乾燥之。

(二)染色步驟：

1.不加熱間接入色：

(1)精練耐綸絲：以水沖洗耐綸絲除去雜質或殘留單體。

(2)將一段尼龍絲置入 50mL 的燒杯中。

(3)並加入 5mL 的各種染液＋20mL 蒸餾水，再滴加入 2 滴醋酸和 1g 的食鹽(保色劑)。

(4)浸泡至隔天早上，取出耐綸絲淨化並乾燥之。

2.加熱間接入色：

(1)精練耐綸絲：以水沖洗耐綸絲除去雜質或殘留單體。

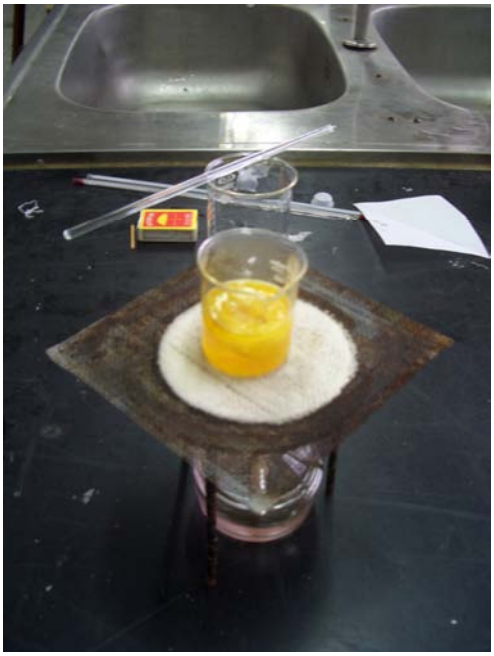
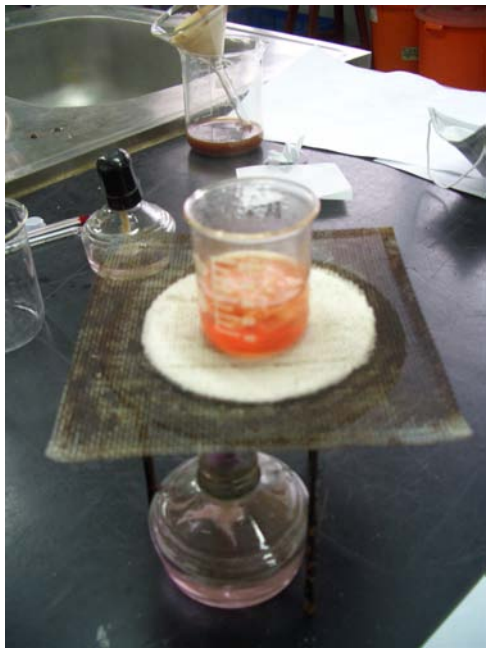
(2)將一段尼龍絲置入 50mL 的燒杯中。

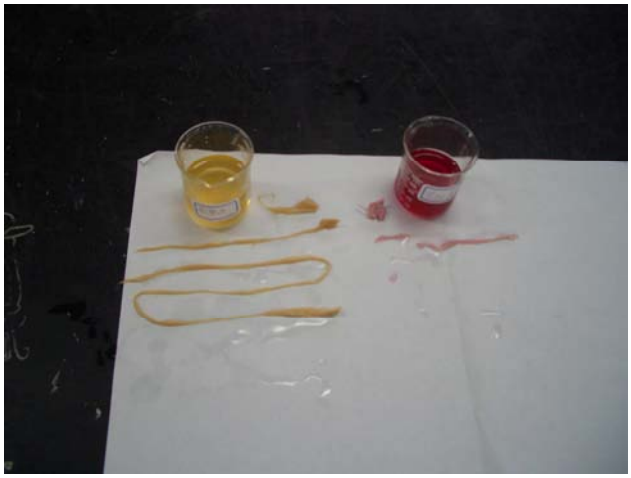
(3)並加入 5mL 的各種染液＋20mL 蒸餾水，再滴加入 2 滴醋酸和 1g 的食鹽(保色劑)。

(4)置於酒精燈上加熱至 50~60℃，並在加熱時攪拌 20~30 分鐘，關火靜置。

(5)浸泡至隔天早上，取出耐綸絲淨化並乾燥之。

三、韌性度測量：取各種入色後耐綸絲測量韌度，觀察並紀錄之。

(1)龍葵加熱與不加熱間染入色	(2) 龍葵加熱與不加熱間染入色
	
(3) 加熱梔子酸性入染	(4)加熱鳳凰木酸性入染
(5) 加熱構樹酸性入染	(6)浸染一晚

	
(7)取出耐綸絲淨化	(8)乾燥耐綸絲

實驗六：探討直接染色後對耐綸材料韌性影響。

一、選擇染液：

(一)水筆仔：淡紅色

(二)梔子：黃色

(三)芭樂：褐色

(四)構樹：橄欖綠

(五)鳳凰木：淡紅色

(六)龍葵：紫色

(七)艾草：茶褐色

(八)芒果：茶褐色

二、入色方法：直接聚合染法

（一）量取兩單體溶液：0.25M 的 5mL＋0.25M 的己二醯氯正己烷溶液 5mL。

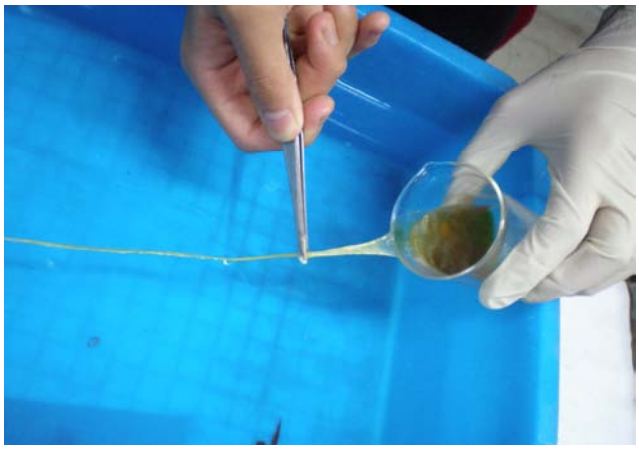
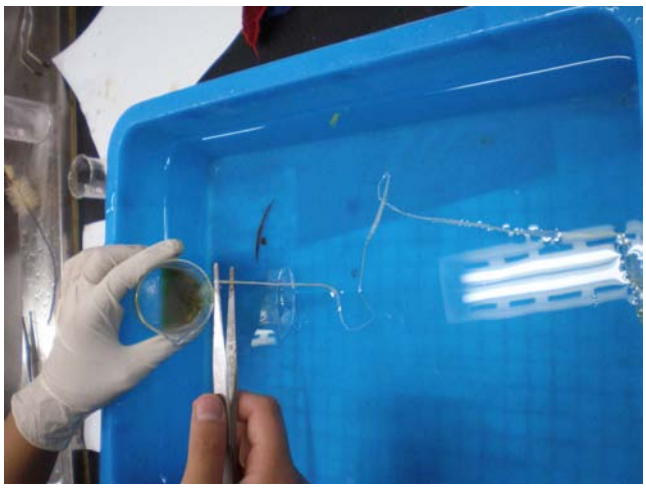
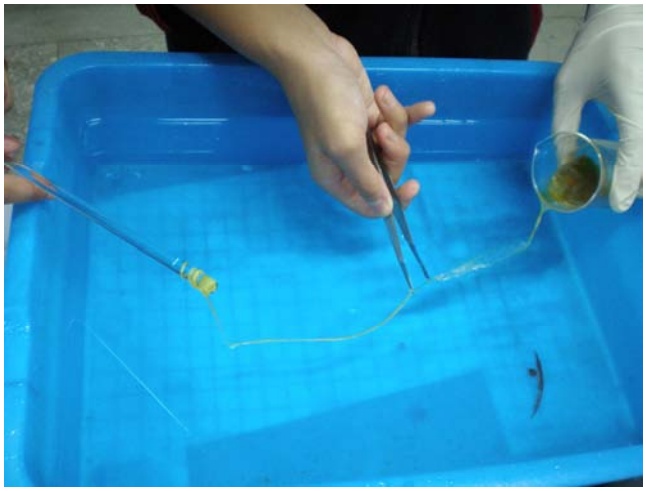
（二）進行三種直接入色實驗：

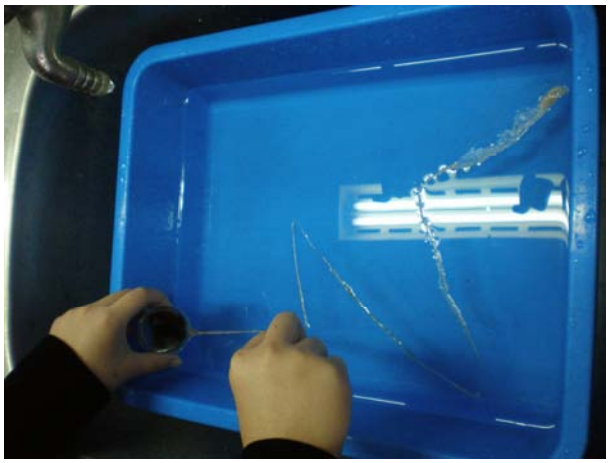
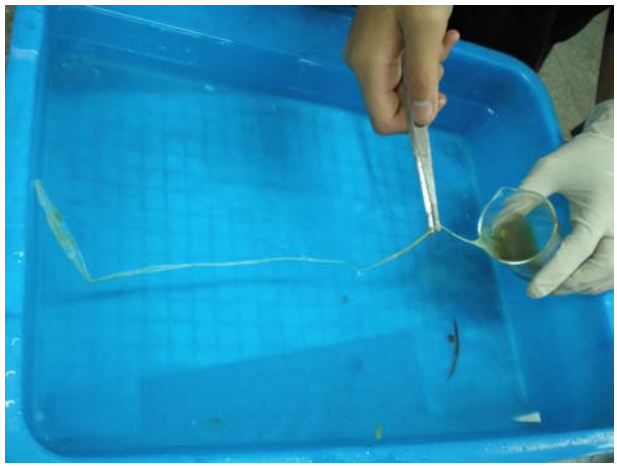
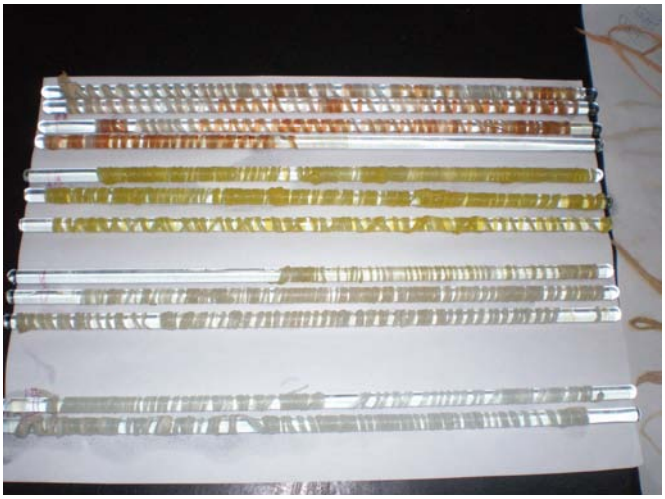
1.一種單體加入染液：取各種染液 2mL 加入己二胺氫氧化鈉溶液中＋不加染液己二醯氯正己烷溶液，進行抽絲實驗，淨化並乾燥之。

2.一種單體加入染液：取各種染液 2mL 加入己二醯氯正己烷溶液中＋不加染液己二胺氫氧化鈉溶液，進行抽絲實驗，淨化並乾燥之。

3.兩種單體皆加入染液：取各種染液 2mL 加入己二胺氫氧化鈉溶液中＋取各種染液 2mL 加入己二醯氯正己烷溶液中，進行抽絲實驗，淨化並乾燥之。

四、韌性度測量：由實驗明顯可知上述方法中，以兩種皆加入染液直接抽絲，入色效果最好。故只取其測量韌性度，且觀察紀錄之。

	
(1)將梔子染液加入兩單體溶液中	(2)混合後直接抽絲
	
(3) 梔子抽絲過程	(4) 梔子抽絲過程
(5)收集並淨化梔子耐綸絲	(6)鳳凰木直接抽絲

	
(7)芭樂直接抽絲	(8)構樹直接抽絲
	
(9)水筆仔直接抽絲	(10)收集並自然乾燥耐綸絲

伍、研究結果

實驗一：探討不同單體濃度耐綸聚合後產量、長度與韌性度比較。

濃度(己二醯氯/己二胺)	0.25M / 0.1 M	0.25 M / 0.2 M	0.25 M / 0.3 M	0.25 M / 0.4 M
配置藥品 g	9.15g/2.324g	9.15g/4.648g	9.15 g/6.972g	9.15 g/9.296g
編組	A1	A2	A3	A4

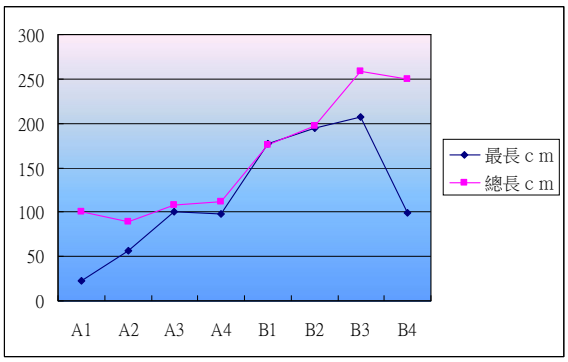
【表 1-1】

濃度(己二醯氯/己二胺)	0.1 M / 0.25 M	0.2 M / 0.25 M	0.3 M / 0.25 M	0.4 M / 0.25 M
配置藥品 g	3.66g/7.01g	7.32g/7.01g	10.98 g/7.01 g	14.64g/7.01 g
編組	B1	B2	B3	B4

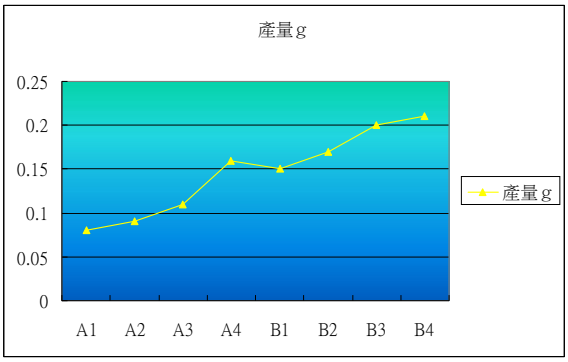
【表 1-2】

組別	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
最長 c m	23.1	56.2	100	97.3	176.4	195	206.7	99.4
總長 c m	100.2	89.4	107.5	112	176.1	196.9	258.7	249.5
產量 g	0.08	0.09	0.11	0.16	0.15	0.17	0.20	0.21
韌度 g w	26.0	27.3	34.4	50.5	100.2	112.9	203.4	168.1
成絲狀況	粗扁小段	粗扁	蓬鬆粗圓	蓬鬆粗圓	細長乾扁	細長蓬鬆	細長且圓	細長且圓
顏色	半透明	半透明	透明白邊	潔白	米白	米白	純白	純白

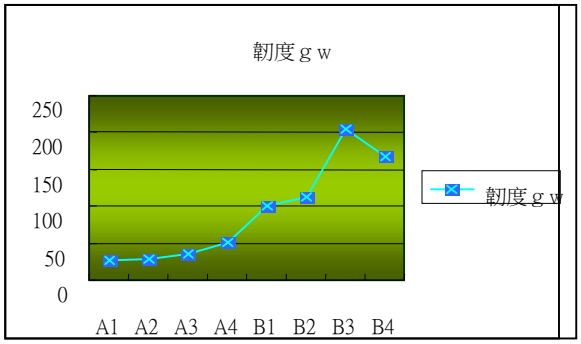
【表 1-3】



【圖 1-1】



【圖 1-2】

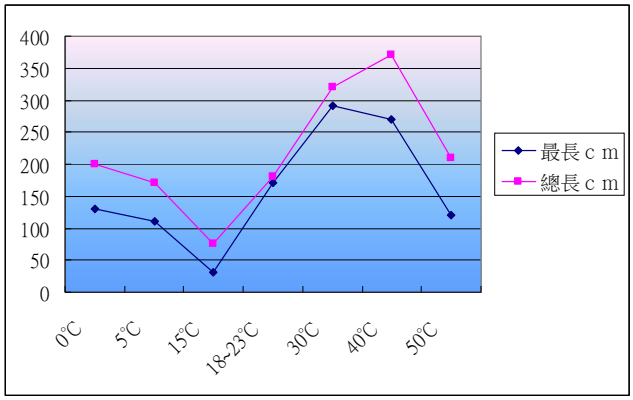


【圖 1-3】

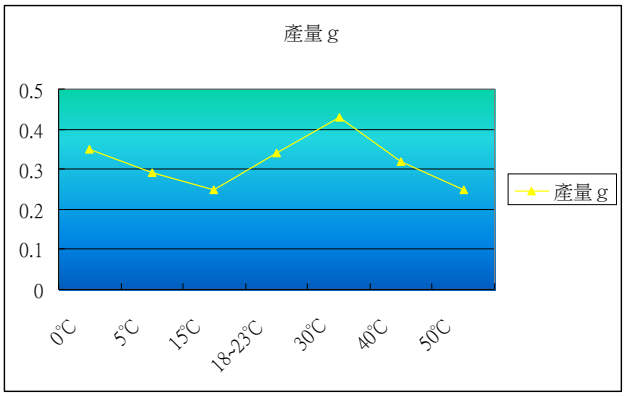
實驗二：探討溫度的高低是否會影響耐綸的聚合與韌度。

溫度	低溫聚合			室溫	高溫聚合		
	0℃	5℃	15℃	18~23℃	30℃	40℃	50℃
最長cm	130.1	110.1	30.3	170.4	290.4	270.1	121
總長cm	200.2	170.3	75.4	180.3	320.2	370.4	210.2
產量g	0.35	0.29	0.25	0.34	0.43	0.32	0.25
韌度gw	70.2	70.3	50.2	75.4	150.3	200.2	170.3
成絲狀況	不易斷、細長	成塊狀	成塊狀	細長	細長	細長、不易斷	細長、不易斷
顏色	半透明	透明白邊	透明白邊	白色	潔白	純白	純白

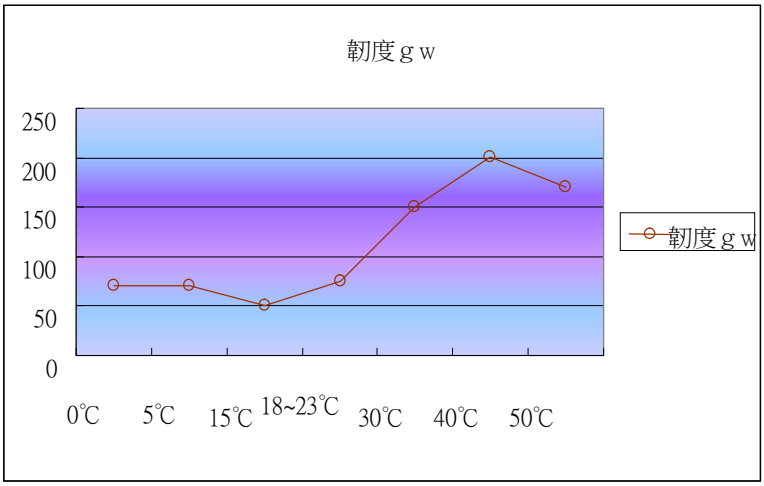
【表 2-1】



【圖 2-1】



【圖 2-2】



【圖 2-3】

實驗三：探討己二醯氯在不同溶劑時進行抽取耐綸絲有何變化。

溶劑種類	化學式	可否聚合	現象
正戊烷	n－C_5H_{12}	可	和正己烷差不多
正庚烷	n－C_7H_{16}	可	聚合慢，成細絲，較無沉澱，效果良好
丙酮	CH_3COCH_3	否	兩單體溶液間無薄膜產生
正戊醇	n－$C_5H_{11}OH$	否	兩單體溶液間無薄膜產生
2-丁醇	$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$	否	兩單體溶液間無薄膜產生
乙酸乙酯	$CH_3COOC_2H_5$	可	鍵結短，產生混合物，成細碎狀
乙酸戊酯	$CH_3COOC_5H_{11}$	可	成細碎狀，較無沉澱

【表 3-1】

實驗四：探討如何自行萃取天然有機染料。

天然植物	水筆仔	梔子	芭樂	構樹	鳳凰木	龍葵	艾草	芒果
萃取部位	樹皮加樹葉	果實	樹皮加樹葉	樹皮	樹皮	果實	枝葉	樹皮
染液顏色	淡紅色	黃色	褐色	橄欖綠	淡紅色	紫色	茶褐色	茶褐色

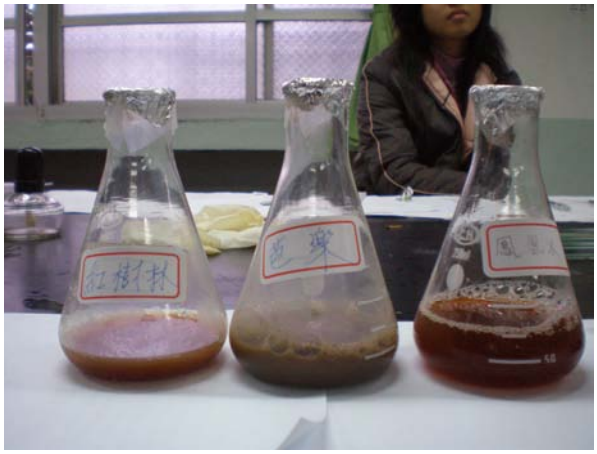
【表 4-1】

(1)芒果、梔子

(2)構樹、芒果

(3)龍葵

(4)芭樂、鳳凰木

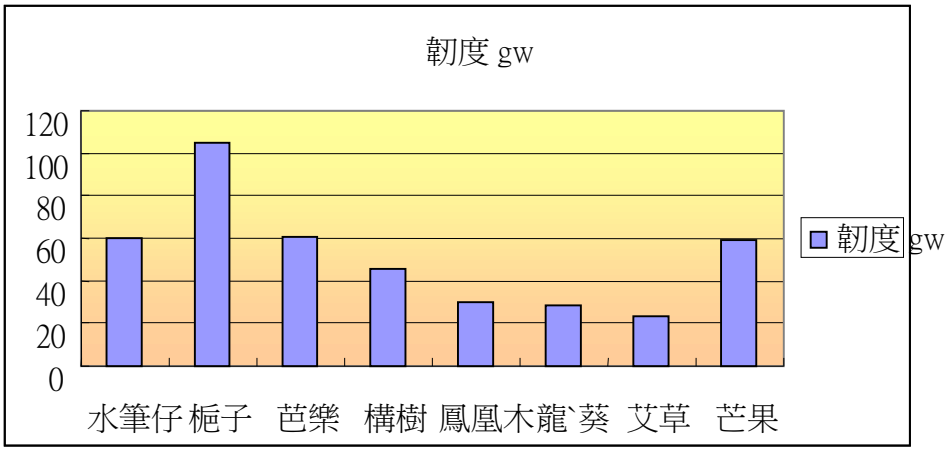
	
(5)紅樹林、芭樂、鳳凰木	(6)各種染液

實驗五：探討間接染色後對耐綸材料韌性影響。

一、不加熱間接入色：

染液	水筆仔	梔子	芭樂	構樹	鳳凰木	龍葵	艾草	芒果
染後顏色	淡橘紅色	黃色	淡褐色	淡綠色	米色	橘色	接近白色	淡褐色
韌度 g w	60.2	105.1	60.4	45.4	30.2	28.3	23.4	59.2

【表 5-1】

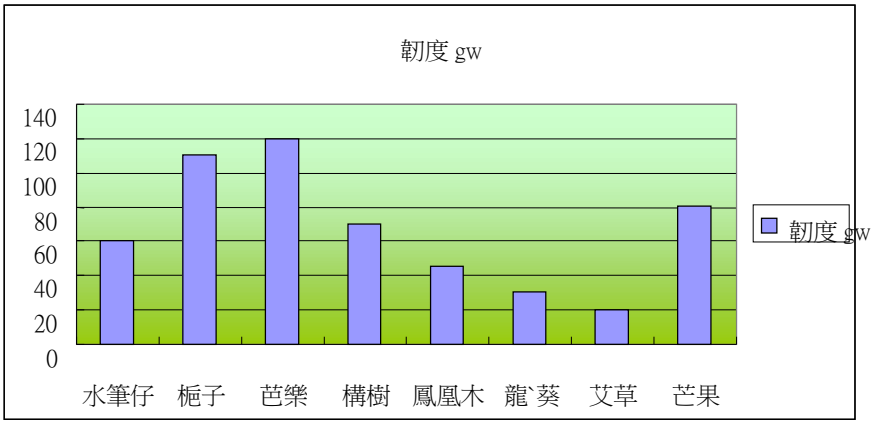


【圖 5-1】

二、加熱間接入色：

染液	水筆仔	梔子	芭樂	構樹	鳳凰木	龍葵	艾草	芒果
染後顏色	橘紅色	銘黃色	咖啡色	墨綠色	米色	淡橘色	接近白色	茶褐色
韌度 g w	60.3	110.2	120.1	70.3	45.2	30.4	20.2	80.4

【表 5-2】

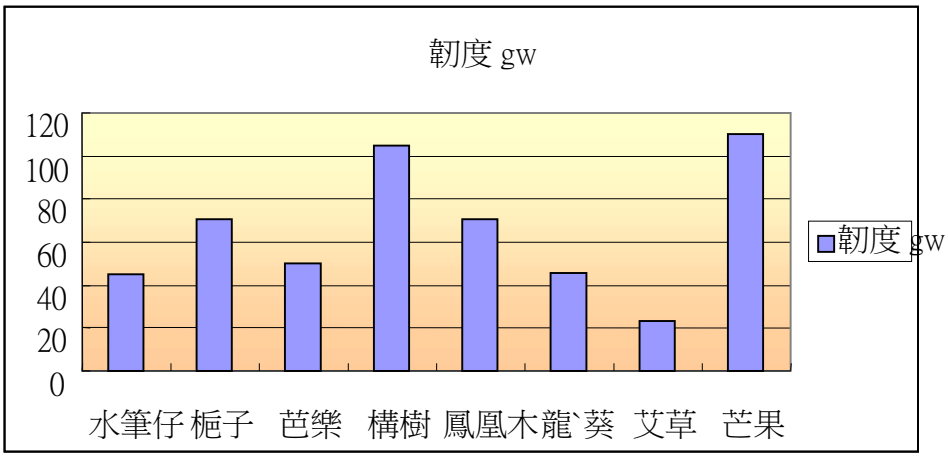


【圖 5-2】

實驗六：探討直接染色後對耐綸材料韌性影響。

染液	水筆仔	梔子	芭樂	構樹	鳳凰木	龍葵	艾草	芒果
染後顏色	透明白邊	淡黃色	白色	淡綠色	白色	透明白邊	半透明	純白
韌度 gw	45.2	70.3	50.5	105.1	70.3	45.9	23.4	110.1
成絲狀況	粗且蓬鬆	細圓有彈性	細扁	細長乾扁	乾扁有彈性	細長蓬鬆	細長小段	細圓有彈性

【表 6-1】



【圖 6-1】

陸、研究討論

經由實驗後發現、耐綸絲製備過程與我們所探討的單體濃度、聚合溫度、使用溶劑有很大關聯，且耐綸絲入色後也影響韌度，以下即為實驗過程中所發現問題。

實驗一：探討不同單體濃度耐綸聚合後產量、長度與韌性度比較。

一、在【A 組】中，增加己二胺的莫耳濃度，聚合情形逐漸改善，由粗扁小段至蓬鬆粗圓，最長、產量、及韌度均有增加，但是總長量並無太大的增加，可能是因為聚合情形都比較粗，所以無法增加總長量。

二、【B 組】中，增加己二醯氯的莫耳濃度，聚合速度變快，所抽取的耐綸絲顏色也由米白色變成純白色，成絲狀況由扁變蓬鬆，最長、總長、產量、韌度均有增加，但是當己二醯氯的莫耳濃度達到 0.4 M 時，最長、總長及韌度反而下降，此乃因反應變快但手沒有變快的緣故，當然也有可能是因為濃度高分子間斥力影響聚合，進而影響整個產量與韌度。

三、整體而言，提高己二胺或己二醯氯的濃度可增加反應速度，耐綸絲的最長、總長、產量及韌度均增加，且增加己二醯氯的莫耳濃度的效果比己二胺來得好。在參考資料中，基本型耐綸 6 , 6 的配製濃度為 0.25M/0.25M，但在我們的實驗中，0.3 M / 0.25 M(B3)組為此實驗中聚合情形最為良好，因為增加濃度雖然可增加反應速度及產量，但是韌性並不會隨著一直增加，而是有極限值，因此可因需求選擇適合的濃度。

四、結構對韌度的影響很大，如果抽好後有捲在玻棒上使其成為薄片狀，普遍能增加大概 20g 的韌度，反之，如果直接放在鋁箔上乾燥後會變得有點像是泡過水的衛生紙(蓬蓬鬆鬆的)，那種的韌性普遍低的不少。因此實驗時取耐綸絲時也須力求材質均勻且一致以減少誤差。

五、此實驗後所測得溫度會有上升的情形，乃因此反應為酸鹼中和的放熱反應。

實驗二：探討溫度的高低是否會影響耐綸的聚合與韌度。

一、反應聚合抽絲過程中，溫度會有變化，但不一定全部變高或變低。在低於室溫的實驗組，會有溫度上升的情形(聚合前 10℃→聚合後 15℃、聚合前 15℃→聚合後 17℃)，推測原因可能是因為氫氧化鈉和鹽酸的中和反應產生熱，使溫度上升；另高於室溫的實驗組，會有溫度下降的情形(聚合前 30℃→聚合後 22℃)，推測原因為當時是冬天，因此氣溫較低所導致的。

二、整體而言，高溫聚合的最長、總長及韌度均較低溫聚合為佳，低溫聚合不易成絲。但是整個溫度變化與實驗結果並未成一明顯線性關係，尤其 15℃時，最長、總長、產量及韌度為實驗中最低，雖已多次實驗，結果均相同，推測可能是因為每次抽絲實驗所殘留下來的渣狀物質，只要有搖動就會產生渣狀物質，在將兩溶液混合時也會產生，這些渣狀物質質量不定，因此影響實驗數據。

三、我們只能加到 50℃，因為以正己烷的沸點大約只有 60 度。另外，如果把兩個溶液都降到 0℃以下，會結冰，變得有點像是思樂冰的粥狀冰屑，故控溫適當，影響抽絲聚合甚大。

實驗三：探討己二醯氯在不同溶劑時進行抽取耐綸絲有何變化。

一、實驗中，雖嘗試改變溶劑，試圖改進耐綸的聚合，但是丙酮及醇類無法聚合，而酯類雖可聚合，但是效果不佳，所以只有和正己烷同屬烷類的正戊烷和正庚烷，能使己二醯氯成功聚合。

二、乙酸乙酯、乙酸戊酯當溶劑時，可明顯看出鍵結比較短，也易產生混濁狀，效果可說不好，故改變溶劑也會影響抽絲聚合情形。

三、實驗進行中，我們萃取使用的溶劑只採用蒸餾水，是因為文獻上傳統的萃取法大都如此，可能是實驗過程中不管溫度或濃度等變因較好控制，當然我們也試過幾種溶劑如乙醇等來萃取，效果差不多，所以最後我們還是選用蒸餾水進行實驗。

實驗四：探討如何自行萃取天然有機染料。

一、實驗中採浸煮法萃取天然有機染料，但是天然植物材料在經水煮之後，會改變顏色。因植物成分複雜，所以加熱之後，使植物煮液產生化學變化，因此品質難以控制。

二、在實驗進行中我們發現，當染劑碰到酸或鹼時會變色，因此特別多做一個實驗，用氫氧化鈉(NaOH)和醋酸(CH_3COOH)來檢驗染劑的變色情形：

	芭樂	鳳凰木	水筆仔	梔子
NaOH	咖啡色→鮮豔的紅色	顏色加深	顏色加深	顏色加深
CH_3COOH	顏色變淡了一些且變得有點墨綠	顏色更橘紅	顏色變淺	顏色變淺

NaOH 可使染劑顏色加深，染色效果似乎會較好，但是人造纖維大多使用酸性物質助染，因此還是照原計畫以冰醋酸來酸染。實驗結果也證實，經過加熱或長時間的浸染滲透後，間接染色的酸染其整體顏色是較直接抽絲好看的。

三、從天然植物中萃取染料，雖然染色效果不如化學合成染料穩定一致，但是化學合成染料會破壞環境，所以如能開發天然有機染料，增加它的染色效果及韌度，除了能保護環境，也能減少化學染料對皮膚的刺激。

實驗五：探討間接染色後對耐綸材料韌性影響。

一、間接染色中，加入醋酸是因我們採用酸性染色（對於人造纖維的固色性較佳），以食鹽作為保色劑。

二、加熱組的顏色較不加熱組深，某些未加熱實驗中，經丙酮沖洗後，顏色幾乎淡到接近白色，例如艾草和芒果。

三、韌性度的比較中，未加熱中以梔子的韌度最佳、芭樂次之、艾草最差，加熱組的韌度以芭樂最佳、梔子次之、艾草最差，不同染液對韌性度有一定的關係。其中加熱後之韌性較未加熱的好。

四、加入染液後，耐綸韌性會變好，推測原因可能與植物染液成分有關。在我們尋找高中化學課本發現，我們斷定韌度改變與染液中分子有關，因分子可能有不同立體結構與不同官能基，且在入色實驗中染料分子與耐綸材料之間可能有很多吸引力，如小分子與小分子之間有凡得瓦力（例如壁虎能在天花板行走就是因為其有很多細小絨毛可以吸引天花板就是靠凡得瓦力）因此進而影響韌度。當然還有官能基之間可能含氫鍵等吸引力，也可影響韌度。

實驗六：探討直接染色後對耐綸材料韌性影響。

一、每一種染料皆採三種方法實驗：(一)染料＋己二胺、(二)染料＋己二醯氯、(三)染料＋己二胺＋己二醯氯。發現只有己二醯氯和己二胺都加的同時才會有較多顏色附著，且所有的天然有機染液中，直接入色除梔子及構樹染液顏色較明顯外，其餘染液的染色效果不明顯。

二、直接染色中以龍葵的實驗結果最為奇特，在抽絲的過程中總共變色二次，因為龍葵可能是一種指示劑，反應初期為紅色，第一次變色呈紫色，再來變成淡橘(因為反應途中 NaOH 會不停的中和反應產生的 HCl)，而且顏色每變色一次後韌性就明顯的降低。

三、在直接入色裡固色的部份還算穩定，以水洗、丙酮、肥皂水都不易洗去它的顏色。

四、韌性度中，以芒果最佳、構樹次之，艾草最差，艾草在間接染色及直接染色中的韌度都是最差的，推測艾草本身的成分中，可能含有會破壞韌度的不明成分。

五、我們認為其實直接入色並不算是染色，是在耐綸的聚合反應時把一些染劑包到耐綸中，也因有色分子混進了耐綸的鍊結中，所以硬度大幅提升(就變脆了)，韌性反而下降甚至幾乎為零，因為有染劑分子在溶劑中，整體濃度降低，從碰撞學說上來說的話應該是大幅減緩了反應的進行。所以，直接入色提升的是硬度，跟我們要追求的韌性不同。

柒、研究結論

一、實驗得知，改變單體濃度，可有效提升耐綸絲最長、總長、產量、韌度且外觀形狀也明顯變好，而其中又以增加己二醯氯濃度為 0.3 M＋己二胺濃度 0.25 M(B3)組聚合情形最為良好。

二、進行製備基本型耐綸 6,6 時改變溫度，進行低溫、室溫、高溫聚合實驗，實驗後發現高溫聚合中將溫度控制於 40℃，所聚得耐綸絲最長、總長、產量、韌度與外觀形狀總和看來是表現最佳。

三、就上述方法中，改變濃度與溫度兩因素中，如就改進耐綸絲韌度而言，經由圖 1-3 與圖 2-3 可知高溫聚合耐綸絲，對於整體材質韌度均有提高現象。

四、改變溶劑影響很大，但卻都是不好的聚合情形居多，其中以正庚烷與基本型耐綸 6,6 所使用正己烷比較起來似乎有一點點效果較好，但不明顯。

五、萃取染液時，溫度控制、水量控制，使得萃取後染液的顏色鮮豔與否，影響甚鉅。

六、間接入色實驗中，我們採用聚後酸性入染，以探討入色後韌度改進，結果發現加熱浸染較不加熱浸染效果來的好，其中未加熱組以梔子的韌度最佳、芭樂次之，加熱組的韌度以芭樂最佳、梔子次之。

七、直接入色實驗中，我們採用將染液混合單體進行直接抽絲實驗，結果顯示韌度以芒果最佳、構樹次之。

八、上述間接入色與直接入色實驗中，根據結果推論影響入色或韌性因素，可能有天然染液的分子結構、耐綸絲結構、濃度、溫度、溶劑、固色劑、保色劑等等，均有其可能性，這是未來研究所必須要深入探討的內容。

九、未來展望：

(一)未來我們希望能夠增加兩種單體的濃度，因實驗進行中發現，加入染料後單體濃度會被稀釋，可能造成實驗誤差，所以我們猜想如改變濃度後再進行入色實驗，應該會影

響韌度變化，值得我們探討。

(二)選用無機染料進行入色實驗與本實驗比較，並探討韌度高低變化，因本實驗只採用有機染料。

(三)加入兩種或兩種以上染液進行抽絲實驗，觀察耐綸的韌度是提升或下降。

(四)也希望結合兩種染色方法（間接染色＋直接染色），觀察是否能提升韌度且令顏色更鮮豔。

(五)探討如何才能提升耐綸絲抗酸鹼的程度也是未來展望之一。

(六)最後也是最重要的環保議題，我們希望可以將抽絲後耐綸材料加熱熔化，並回收再利用，因國二理化課本內容有談到，耐綸為熱塑性可回收聚合物，所以這是我們值得關心的議題。

捌、參考資料

一、莊世琦著，染色技法 123，雄獅美術出版社，2005 年。

二、郁仁貽/編譯，染色(修飾)加工技術，台南復文書局，1993 年 06 月 15 日。

三、國立台灣工藝研究所，台灣藍 草木情-植物藍靛染色技藝手冊，2007 年 09 月 01 日。

四、林清安，台灣區絲織工業同業公會，纖維化學，2006 年 10 月 05 日。

五、南一書局，高中基礎化學，材料與化學(聚合物)2007 年。

六、南一書局，國民中學自然與生活科技教科書第四冊，聚合物和衣料，2007 年。

玖、網站

1.http://www.countrysideheritage.com/information/special/plant%20dye/plant%20dye.htm

2.http://www.chehjh.kh.edu.tw/~atom/modules/wordpress/?p=114

3.http://www.iosh.gov.tw/data/f11/msdsc.htm

4.http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1105050707334

5.http://www.jmes.tnc.edu.tw/~paint/

【評語】031636

探討生成耐綸絲的最佳反應條件，實驗設計與操作良好。並利用身邊各類植物色素作染色應用，具鄉土特色。唯對耐綸絲強度測試應考慮絲的粗細，使韌性比較更精確。