

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031621

酯酯香醇--酯化反應之最佳化探討

學校名稱： 臺中縣立潭秀國民中學

作者：	指導老師：
國二 賴慧娟	毛國亮
國二 王瓊誼	
國二 許倍瑄	
國二 張詩苑	

關 鍵 詞：酯化、實驗設計

摘要

乙酸乙酯的**酯化反應最佳化**研究，透過**田口式實驗設計法**，決定對酯化條件進行四變因(溫度、催化劑量、醋酸含量、無水乙醇含量)三水準的實驗，利用**L9 直交表**，縮短了反應所需的進程及效率，透過一連串的探究與分析，由圖表的趨勢，我們發現：

1. 整個**酯化反應**，以**催化劑的有無扮演最重要的角色**，沒有催化劑，反應進行有如牛步。而且催化劑量 1ml、3ml、5ml，以 1ml 的效果最好，並不是劑量越高就越好。**濃硫酸及濃鹽酸都能扮演催化劑的角色**，但以濃硫酸的效果較佳。
2. **反應溫度** 25℃、55℃、85℃，以 55℃ 為最佳。
3. **醋酸過量對提升產物生成率有明顯的效果**。
4. 無水乙醇過量對提升產物生成率也有效果但不若醋酸好。
5. **攪拌對於這一個勻相的反應，效果並不明顯**。

壹、研究動機

在生活中，「環保」是一個非常重要的課題，例如：保麗龍，它就是一個不大環保的物品，為了改善環境，必須少用這些不環保的物品，也可利用一些方法將保麗龍處理好。有一天，老師拿了一種化學物品和一片保麗龍，我們並不明白那是要做什麼！然後老師說：我要把保利龍變不見了喔！1.2.3...哇！保麗龍被溶解了！剛開始我想怎麼可能有這種事情，但老師沒有騙我們保麗龍是真的不見了，以前我們只知道水可以溶解物質，沒想到保麗龍竟然瞬間也溶解消失了，老師告訴我們，這是一種有機溶劑，乙酸乙酯。我想保麗龍能以這種方式來處理，不但方便，而且環保，更能省空間來堆放這些垃圾，這也就讓我們想開始研究，如何製造這麼神奇的化學藥品，好讓環境更美好。

而且國二課程剛好有接觸到反應速率化學平衡與有機化合物所以我們決定以這個題目的研究來加深及加廣我們在自然的學習。

貳、研究目的

- 一、 利用田口式實驗設計法之 L9 直交表進行酯化反應之最佳化
- 二、 找出影響反應速率快慢之因素並探究它們的影響趨勢
- 三、 找出反應最佳參數並探討酯化之平衡曲線
- 四、 探討溫度對反應的影響
- 五、 探討催化劑量及種類對反應的影響
- 六、 探討攪拌對反應的影響

參、研究設備及器材

一、 儀器

磁石攪拌加熱器、熱電偶溫度計、電子式天平

二、 器材

錐形瓶、冷凝管、磁石攪拌子、橡皮管、分液漏斗、蒸餾瓶、酒精溫度計、燒杯、酒精燈、三腳架、陶瓷纖維網、支架

三、 藥品

冰醋酸、無水乙醇、乙醚、濃硫酸、濃鹽酸、濃硝酸、碳酸鈉

實驗物質基本資料表

物質種類	化學名稱	顏色及氣味	可燃性	沸點	溶解性	比重
無水乙醇 C_2H_5OH	Ethyl alcohol	無色透明 刺激味 易揮發	可燃	$78.3^{\circ}C$	與水、甲醇、 乙醚、氯仿、 丙酮互溶	0.816
冰醋酸 CH_3COOH	Acetic acid	無色透明 刺激味	可燃	$118^{\circ}C$	與水、酒精、 甘油、乙醚互 溶	1.049
乙酸乙酯 $CH_3COOC_2H_5$	Ethyl acetate	無色透明 易揮發	易燃	$77^{\circ}C$	略溶於水 溶於酒精、乙	0.895

		有香氣			醚	
乙醚 $C_2H_5OC_2H_5$	Ethyl ether	無色透明 易揮發 有芳香味	極 易 燃	34.5°C	與乙醇、氯 仿、苯、油互 溶 當萃取劑	0.715
濃硫酸 H_2SO_4	Sulfuric acid	無色濃稠 油狀液 具脫水性		315~338°C	與水互溶	1.84
濃鹽酸 (38%)HCl	Hydrochloric acid	無色到淡 黃色 發煙，刺 激性 無閃點	不 可 燃		與水、酒精、 苯互溶	1.19
硝酸 (69%)HNO ₃	Nitric acid	無色透明 或微黃色 發煙 易吸濕具 腐蝕性		78°C	與水互溶 在酒精中會 分解	1.504
硝化甘油	Nitroglycerin	淡黃色黏 液 對震動及 熱敏感	爆 炸 性		溶於酒精、乙 醚 微溶於水	1.6
醋酸鈉 CH_3COONa	Sodium acetate	物色無味 晶體		熔點 324°C	溶於水 略溶於乙 醇、乙醚	1.528

肆、研究過程或方法

一、 酯化反應步驟

1. 將加熱器調到適當的溫度
2. 於電子天平上放置錐形瓶，滴加所需乙醇的克數及冰醋酸的克數於錐形瓶中
3. 以量筒量取所需濃硫酸的體積，加入錐形瓶中
4. 放入磁石攪拌子及熱電偶溫度計並將冷凝管套在錐型瓶瓶口上
5. 一起放上加熱器
6. 開始攪拌的同時，也將冷凝管的水龍頭打開
7. 開始反應 1 小時



圖一 反應裝置圖



圖二 反應情形圖

二、產物分離步驟

1. (反應時間結束)先在分液漏斗內裝50ml的水
2. 再將錐形瓶中的液體倒入分液漏斗
3. 將35ml乙醚倒入錐形瓶中潤洗，再將它到入分液漏斗中萃取
4. 搖晃數下
5. 分液漏斗內會分成兩層，漏掉下面那一層，取上面那一層(第一次分液)
6. 在上面那一層再加入25ml的水
7. 搖晃數下
8. 漏掉下面那一層，取上面那一層(第二次分液)
9. 倒入蒸餾瓶準備蒸餾



圖三 分液漏斗分層圖

三、 簡單蒸餾步驟

1. 將蒸餾裝置組裝好
2. 開始蒸餾
3. 70°C以下的產物均不收集
4. 收集70°C~90°C的產物
5. 秤重並計算產量及生成率
6. 將保麗龍放入裝有產物的錐型瓶內，並觀察溶解速率……等



圖四 簡單蒸餾裝置圖

伍、研究結果

一、利用田口式實驗設計法之 L9 直交表進行酯化反應之最佳化

在自然的學習上，當我們在做實驗時，老師常常告訴我們一次只可以改變一個變因，也就是操縱變因，其他控制不改變的變因是控制變因，這是所謂的單因子實驗。但這次我們要進行的酯化反應研究，想要探討四個變因，而且為了能了解影響的趨勢變化，我們選擇 3 個水準，而要做完這樣的實驗探討得做 3^4 也就是 81 個實驗，一聽我們都呆了，既冗長又費時。還好在老師的解說之下，我們知道在工程上為了有效率的解決問題，常常運用統計的原理來進行實驗設計，雖然我們聽得不是很懂，但老師說透過田口實驗設計的 L9 直交表，可以把 81 次的實驗減少到 9 次，而且一樣可以看出變因的影響趨勢，為此我們大感興奮，而開始了我們的實驗計畫。

(一) 決定參數

酯化反應是一個可逆反應，我們希望透過實驗設計來增加正反應的反應速率及生成量。**酯化反應很慢，需催化劑來增強反應速率，一般以濃硫酸為催化劑**。一般的思維是，溫度越高，催化劑越多，反應物過量，反應速率越快且利於正反應。思考之後，我們選擇四個可能影響比較大的變因來做探討，分別為反應溫度、催化劑的含量、冰醋酸的量、無水乙醇的量。而且每個變因選擇三個水準變化來看他們的影響趨勢。

- 酯化反應式

乙酸+乙醇 $\leftrightarrow$ 乙酸乙酯+水(濃硫酸當催化劑) 反應時間 1hr

- L9 直交配置表

表一 四個變因三個水準的 L9 直交配置表

變因	A	B	C	D
種類	反應溫度	催化劑的量	冰醋酸的量	無水乙醇的量
單位	°C	ml	g	g
Level 1	25	1	10	5.3
Level 2	55	3	20	15.3
Level 3	85	5	30	25.3
Run1	1	1	1	1
Run2	1	2	2	2
Run3	1	3	3	3
Run4	2	1	2	3
Run5	2	2	3	1
Run6	2	3	1	2

Run7	3	1	3	2
Run8	3	2	1	3
Run9	3	3	2	1

將溫度分成25°C、55°C、85°C，催化劑的量分成1ml、3ml、5ml，冰醋酸的量分成10g、20g、30g，無水乙醇的量分成5.3g、15.3g、25.3g，再將這些不同的條件，設計出這九個實驗組合，再加以實驗及觀察。

二、 找出影響反應速率快慢之因素並探究它們的影響趨勢

(一)L9 matrix 實驗設計結果總表(參考附件)

酯化反應實驗設計-L9

乙酸+乙醇 $\leftrightarrow$ 乙酸乙酯+水(濃硫酸當催化劑) 反應時間 1hr

(二)結果分析表

表二 結果分析表

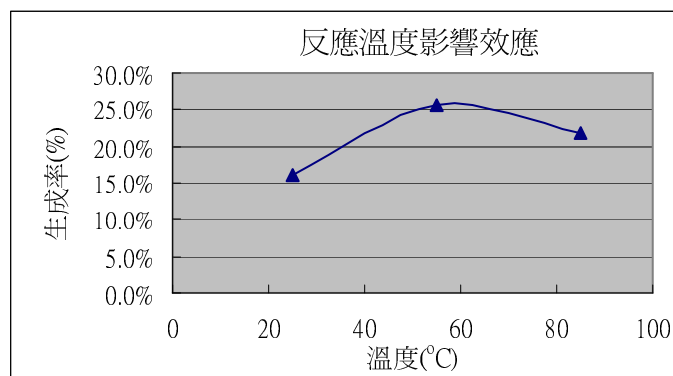
變因 種類 單位	A 反應溫度 °C	B 催化劑的量 ml	C 冰醋酸的量 g	D 無水乙醇的量 g
Level 1	25	1	10	5.3
Level 2	55	3	20	15.3
Level 3	85	5	30	25.3
生成率 L1 平均	15.98%	23.72%	17.33%	20.05%
生成率 L2 平均	25.53%	22.48%	20.16%	22.42%
生成率 L3 平均	21.76%	17.08%	25.78%	20.80%

(三)產出之乙酸乙酯定性分析表

如附件

(四)變因影響探討

1、 溫度效應

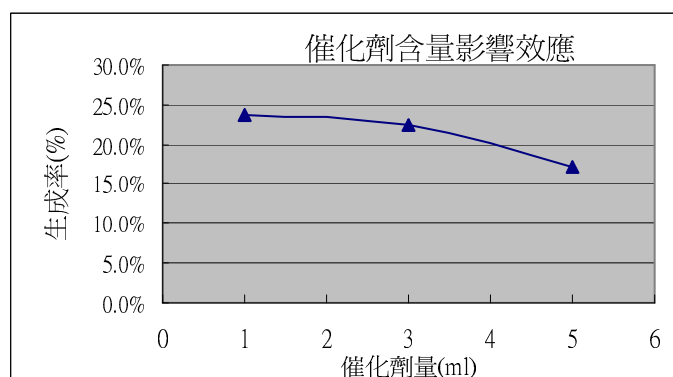


圖五 反應溫度影響趨勢圖

由整個趨勢來看，生成率並沒有隨溫度升高而增加，而是在 55°C 的反

應條件下，乙酸乙酯的生成率在峰頂最高，明顯地較好(25.53%)，因此，我們選擇 55°C 為反應溫度最佳條件。

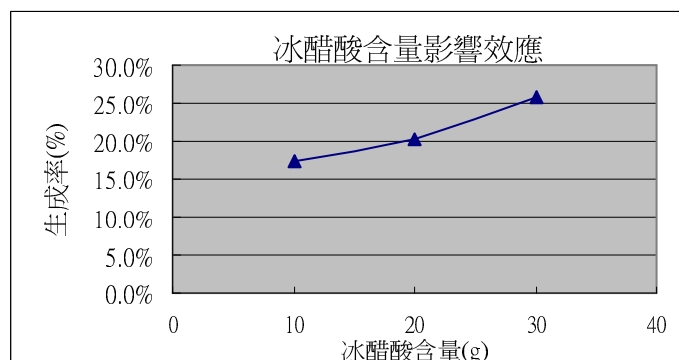
2、 催化劑量效應



圖六 催化劑含量影響趨勢圖

乙酸乙酯生成率，隨催化劑量增加而降低，1ml(23.72%)與 3ml(22.48%)的差距不大，但 5ml(17.08%)則明顯下降許多，我們選擇加入 1ml 劑量的濃硫酸當作催化劑量最佳條件。

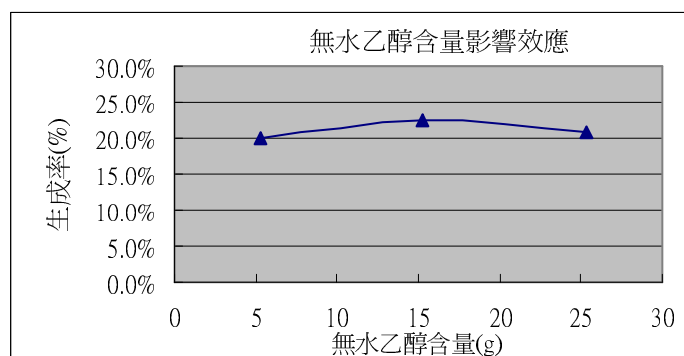
3、 反應物--冰醋酸含量效應



圖七 冰醋酸含量影響趨勢圖

乙酸乙酯生成率，隨冰醋酸含量增加而增加，在劑量 30g 時為最大(25.78%)，因此，我們選擇冰醋酸含量 30g 為最佳條件。

4、 反應物—無水乙醇含量效應



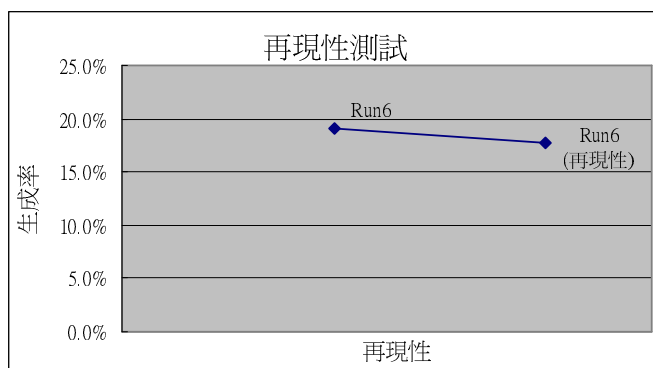
圖八 無水乙醇含量影響趨勢圖

乙酸乙酯生成率，在無水乙醇含量 15.3g 時最高(22.42%)，不過整體而言，影響的幅度不大，變化在 20~22%之間，而我們選擇無水乙醇含量 15.3g 為最佳條件。

(五) 再現性測試

變因 種類 單位	A 反應溫度 °C	B 催化劑的量 (H ₂ SO ₄) ml	C 冰醋酸的量 g	D 無水乙醇的量 g	乙酸乙酯	
					產量	生成率
Run6	55(58)	5	10	15.3	2.8	19.09%
Run6(再現性)	55(56)	5	10	15.3	2.6	17.73%

9 個實驗做完，老師告訴我們，實驗會有誤差，而它來自於儀器與人為因素，對於儀器，我們應該定期校正，若不同人做，都出現錯的結果，則有可能是儀器有問題。另外，若同一實驗，由同一人做兩次，結果有極大差異，則可能是人為操作有問題。在做科學實驗時，應避開這些因素，因此我們針對 run6 再做一次，以測試再現性。由結果可以發現，兩次實驗差距不大，應在合理的誤差範圍之內。因此實驗的數據應是可靠的。



圖九 再現性測試變化圖

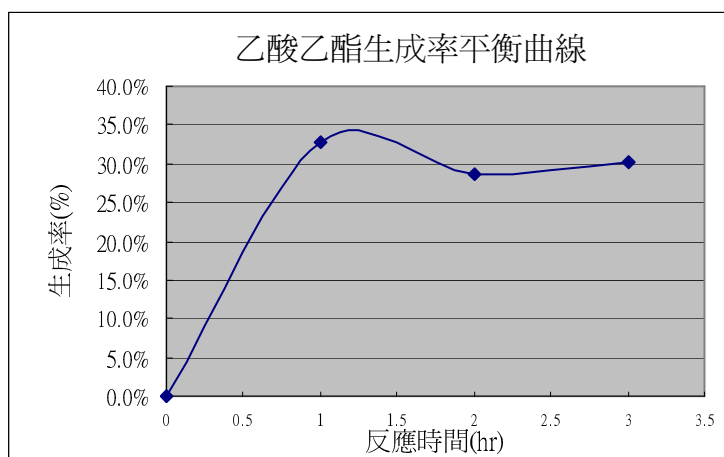
三、 找出反應最佳參數並探討酯化之平衡曲線

由這九次的實驗，找出幾個最佳的條件，做出最佳化的實驗。

	乙酸+乙醇 $\rightleftharpoons$ 乙酸乙酯+水(濃硫酸當催化劑)			
分子量	60	46	88	18
反應前	30	15.3		
完全反應(理論值)	-20	-15.3	29.3	6
(乙酸過量)				

最佳參數選擇如表列條件

變因 種類 單位 條件	A 反應溫度 °C 55	B 催化劑的量 (H ₂ SO ₄) ml 1	C 冰醋酸的量 g 30	D 無水乙醇的量 g 15.3
分析				
	等量數	過量百分比		
醋酸過量	20	50%		
結果				
時間(hr)	乙酸乙酯產量	產物轉化率		
0	0	0.00%		
1	9.6	32.80%		
2	8.4	28.70%		
3	8.8	30.07%		



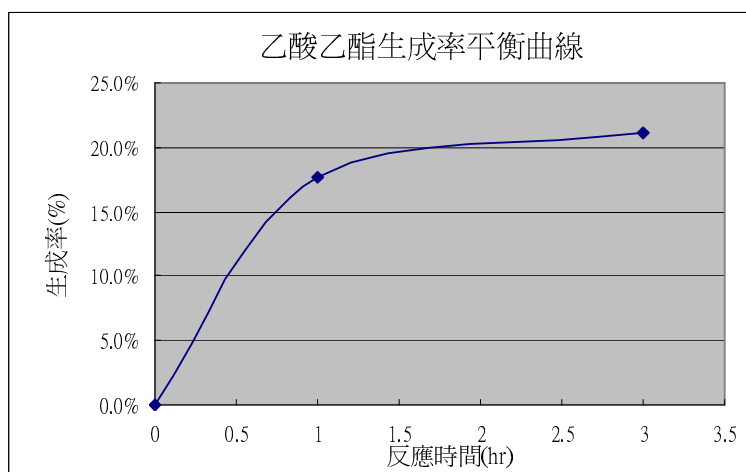
圖十 醋酸過量之反應時間曲線圖

由圖可看出在這次的反應條件下(乙酸過量)，乙酸乙酯生成率在1~1.5小時的時後最高，隨著時間增加，生成率也趨於平緩，這代表了一開始正反應速率較快，但隨著時間加長，逆反應速率也增加了，最後達到一個平衡狀態。

條件二(乙醇過量)

變因	A	B	C	D
種類	反應溫度	催化劑的量	冰醋酸的量	無水乙醇的量
單位	°C	(H ₂ SO ₄) ml	g	g
條件	55(56)	5	10	15.3
分析				
	等量數	過量百分比		
乙醇過量	7.67	99.57%		

結果		
時間(hr)	乙酸乙酯產量	產物轉化率
0	0	0.00%
1	2.6	17.73%
3	3.1	21.14%



圖十一 乙醇過量之反應時間曲線圖

由圖可看出在這次的反應條件下(乙醇過量)，乙酸乙酯生成率在1.5小時之後趨於平緩，漸漸達到一個平衡狀態。

四、 探討溫度對反應的影響

(一) 反應溫度即時量測

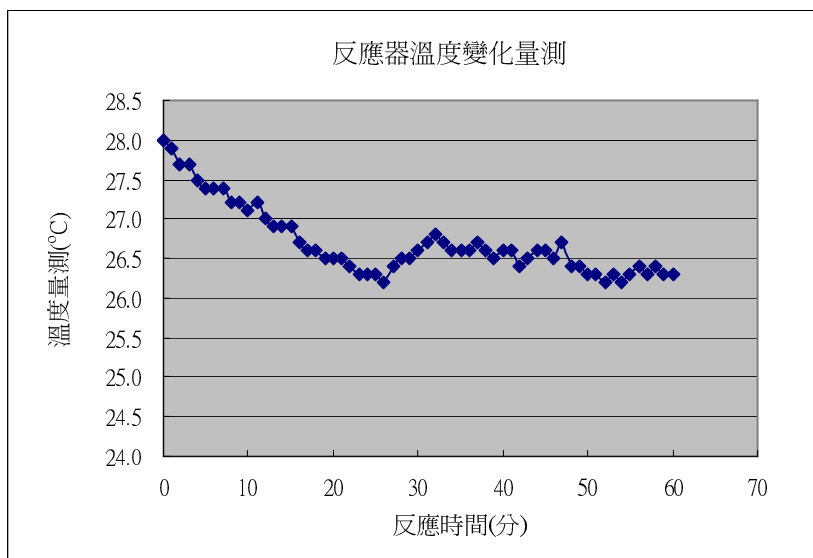
■ 反應條件及結果

變因	A	B	C	D
種類	反應溫度	催化劑的量	冰醋酸的量	無水乙醇的量
單位	°C	(H ₂ SO ₄) ml	g	g
條件	室溫	1	30	15.3
乙酸+乙醇-->乙酸乙酯+水(濃硫酸當催化劑)				反應時間 1hr
	等量數	過量百分比	乙酸乙酯產量	產物轉化率
醋酸過量	19.96	50.33%	7.2g	24.60%

室溫 25°C，但濃硫酸加入之後，溫度上升至 28°C，之後每一分鐘紀錄一次熱電偶溫度計上的溫度，結果如下表

■ 反應溫度變化測量表(室溫 25°C)

反應時間 (分)	溫度量測 (°C)	反應時間 (分)	溫度量測 (°C)	反應時間 (分)	溫度量測 (°C)	反應時間 (分)	溫度量測 (°C)
0	28						
1	27.9	16	26.7	31	26.7	46	26.5
2	27.7	17	26.6	32	26.8	47	26.7
3	27.7	18	26.6	33	26.7	48	26.4
4	27.5	19	26.5	34	26.6	49	26.4
5	27.4	20	26.5	35	26.6	50	26.3
6	27.4	21	26.5	36	26.6	51	26.3
7	27.4	22	26.4	37	26.7	52	26.2
8	27.2	23	26.3	38	26.6	53	26.3
9	27.2	24	26.3	39	26.5	54	26.2
10	27.1	25	26.3	40	26.6	55	26.3
11	27.2	26	26.2	41	26.6	56	26.4
12	27	27	26.4	42	26.4	57	26.3
13	26.9	28	26.5	43	26.5	58	26.4
14	26.9	29	26.5	44	26.6	59	26.3
15	26.9	30	26.6	45	26.6	60	26.3



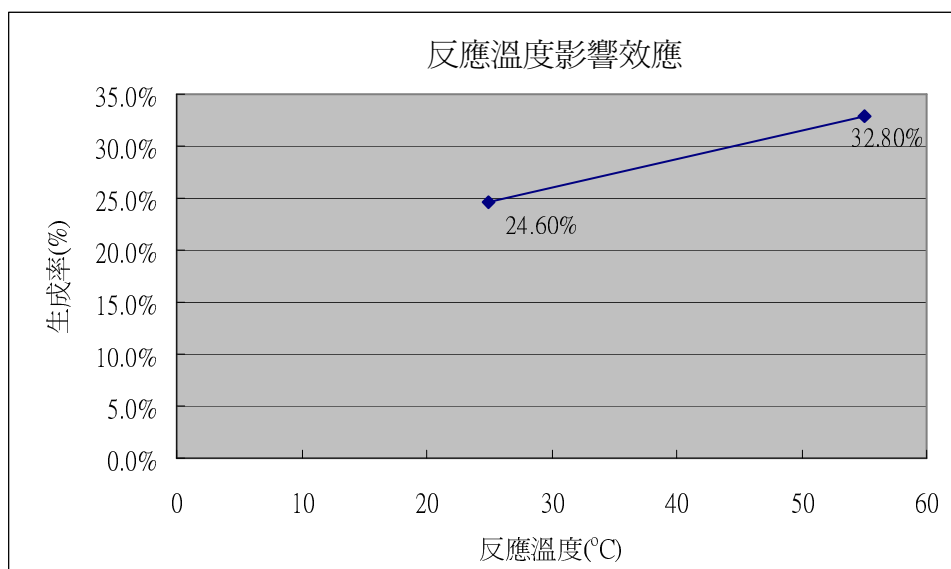
圖十二 反應器溫度變化趨勢圖

由上圖可以發現，溫度隨反應時間增加而下降，約略 30 分鐘後趨於穩定。由此可判斷此乙酸乙酯的酯化反應可能為吸熱反應，所以溫度下降，但隨這反應進行，產物的量逐漸增加，逆反應速率加快，所以溫度不再下降而趨於穩定。

(二) 反應溫度影響效應

變因	A	B	C	D
種類	反應溫度	催化劑的量	冰醋酸的量	無水乙醇的量
單位	°C	(H ₂ SO ₄) ml	g	g
條件	25	1	30	15.3
最佳化(1hr)	55	1	30	15.3

數據處理		參數	#1	#2
		種類	乙酸乙酯產量	產物轉化率
	等量數	過量百分比	單位	
醋酸過量	19.96	50.33%	溫度曲線	7.2
醋酸過量	19.96	50.33%	最佳化(1hr)	9.6



圖十三 反應溫度影響圖

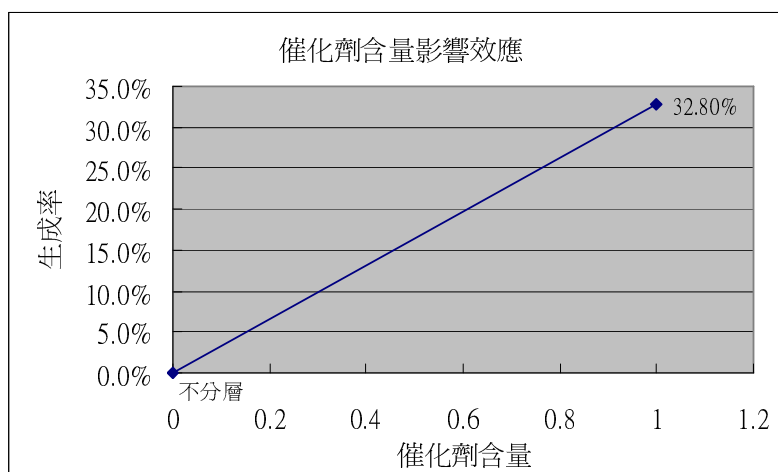
由圖可以看出，在最佳反應參數下生成率可達 32.8%，在室溫下也有 24.6%，反應溫度有明顯效應。

五、 探討催化劑量及種類對反應的影響

(一) 催化劑含量效應

在最佳條件下，比較有無催化劑的影響

種類	乙酸乙酯產量	產物轉化率
單位	g	%
無催化劑	不分層	不分層
催化劑 1ml	9.6	32.80%



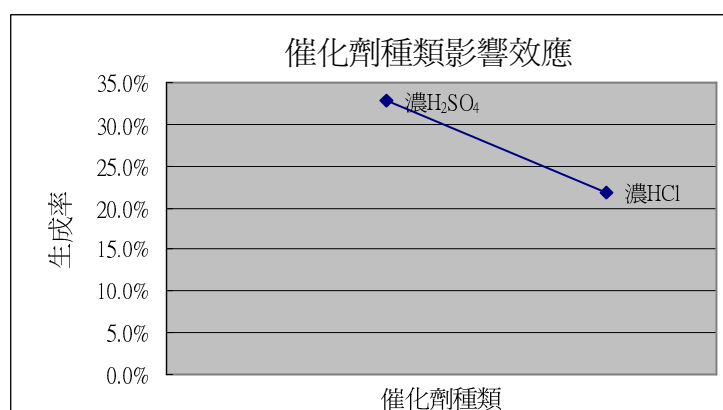
圖十四 催化劑含量影響圖

在無催化的條件下，反應結束無明顯乙酸乙酯味道，且在分液過程中，無法分層，可以想見生成率一定很低，所以，催化劑含量在酯化反應扮演重要的角色

(二) 催化劑種類效應

課本中說到，酯化反應在無機酸的催化下，可增強反應速率。因此我們選擇在最佳反應條件下，改變催化劑種類，看催化劑種類對酯化的影響

催化劑種類	乙酸乙酯產量 g	產物轉化率 %
濃 H_2SO_4	9.6	32.80%
濃 HCl	6.4	21.87%
濃 HNO_3	爆炸	#VALUE!



圖十五 催化劑種類效應影響圖

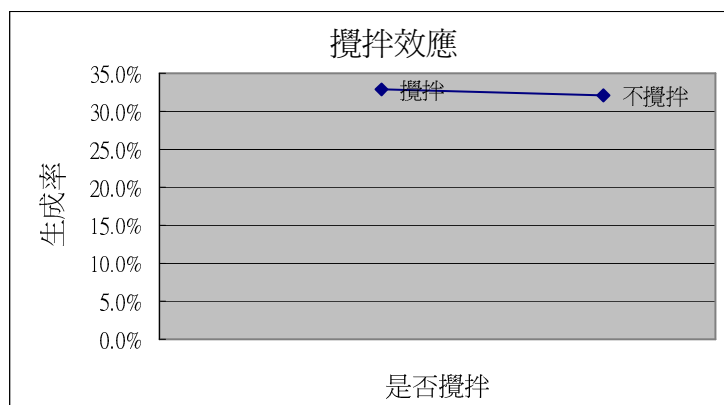
由圖中可以明顯看出，濃硫酸的催化效果最好，而濃鹽酸也不錯。但不可使用濃硝酸，因為生成的產物無明顯的乙酸乙酯味道且分離完進行簡單蒸餾時在冷凝器尾端發生爆炸起火，非常危險。

六、 探討攪拌對反應的影響

攪拌效應

在最佳條件下，對反應不攪拌進行比較

變因	乙酸乙酯產量	產物轉化率
	g	%
攪拌	9.6	32.80%
不攪拌	9.4	32.12%



圖十六 攪拌效應影響圖

只改變有沒有攪拌這個條件的兩個實驗，可發現有無攪拌，對生成率不會有很大的影響。

陸、討論

一、 溫度影響探討

由圖五及圖十三可以發現，以 55°C 的效果最好，為什麼不是溫度越高生成率越高呢？課本中提到，溫度越高，分子動能越大，有效碰撞的機會大增，的確，55°C 的效果比 25°C 的效果好，但是 85°C 下卻無法再提升。我們猜想，可能是在 85°C 下，乙醇已氣化，冰醋酸只部分氣化，反應物在不同相下，當然不易反應，而且最重要的是，濃硫酸沸點三百多度，液相無法汽化，催化效果不佳，因此影響了在高溫下的生成率。

二、 催化劑種類及劑量探討

由圖六、圖十四及圖十五可以看出，無催化劑反應進行非常的慢，而催化劑含量以 1ml 的效果最好，為什麼催化劑量無法有效增強反應速率

呢？濃硫酸有催化及脫去反應生成物水的效應，使整體反應利於正反應的進行；劑量多效過卻不見加強，可能是過量的濃硫酸不具催化效果，且有可能破壞了反應物的結構，而使反應物減少了，生成率因而降低。而在催化的種類方面，以濃硫酸的催化效果最好，而濃鹽酸也不錯。但不可使用濃硝酸，因為生成的產物無明顯的乙酸乙酯味道，且分離完進行簡單蒸餾時，在冷凝器尾端發生爆炸起火，非常危險，我們猜想，可能是硝酸在此反應條件下，與反應物進行了類似硝化反應，而生成了類似硝化甘油的生成物，因此才會在蒸餾過程中出現及不穩定的爆炸現象。因此，我們發現，實驗也不可以貿然進行，必須先就物質特性，及可能發生的反應進行推估，以避免不必要的危險。

三、反應物過量探討

依據課本在化學平衡章節所言，過量的反應物有助於反應往正反應的方向進行，在 L9 的實驗設計中，我們發現等量的反應物，反應生成率約略為 17%，而過量的反應物的確可以使生成率提升，其中又以醋酸過量的效果較好可以提升至 25%，而乙醇過量約略提升至 20%。

四、攪拌效應探討

由圖十六攪拌效應趨勢圖可以發現，有無攪拌，對生成率不會有很大的影響。為什麼呢？因為實驗用的攪拌加熱器並無法將轉速調到很低，因此反應是在較高的轉速攪拌下進行，因此形成了老師所說的層流，而非紊流，攪拌效果不佳，同時，因為反應物與催化劑均為液相，在水溶液中已均勻分散，不需藉由攪拌來增強擴散作用，因此攪拌效應在本次的研究中影響不大。

五、反應之熱量變化

由圖十二可以發現，溫度隨反應時間增加而下降，約略 30 分鐘後趨於穩定。由此推估此乙酸乙酯的酯化反應可能為吸熱反應，所以隨著反應進行溫度逐漸下降，但反應進行約略 30 分鐘後，產物的量逐漸增加，逆反應速率加快，所以溫度不再下降而趨於穩定。而同時也因為可能是吸熱反應，依據反應平衡的觀念，加溫有利於正反應的進行，而使反應的生成率提高。

柒、結論

乙酸乙酯的酯化反應最佳化研究，透過田口式實驗設計法，縮短了反應所需的進程及效率，透過一連串的探究與分析，我們發現，整個酯化反應，以催化劑的有無扮演最重要的角色，沒有催化劑，反應進行有如牛步。反應溫度以 55℃ 為最佳，而醋酸過量而對提升產物生成率有明顯的效果。攪拌對於這一個勻相的

反應，效果並不明顯。

捌、參考資料

- 一、高中物質科學化學篇 下冊 南一版
- 二、高中化學上冊 南一版
- 三、品質工程 蘇朝敦著 中華民國品質工程學會
- 四、國立科學教育館 <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1.asp>
- 五、臺中縣國民中小學科展網站 <http://science.boe.tcc.edu.tw/>
- 六、科學與藝術的對話 <http://pei.cjrh.tc.edu.tw/>
- 七、科學文化頻道/科學新聞台 <http://scc.bookzone.com.tw/sccd/sccd.asp?ser=1173>

玖、後記

做完實驗心情好輕鬆阿！！不過現在回想以前做實驗的過程，還真是意猶未盡耶！！之前老師第一次叫我們做科展時，我們心裡都覺得很興奮又害怕，害怕的是，怕做實驗的過程中會太難，但老師一直給我們信心和勇氣，而在做實驗的過程中我們也成長了許多。一開始對於科展非常不了解，也想更了解它，因為我本身比較喜歡做實驗而非背書。在做科展的過程中，我曾經經歷了許多挫折，像是我曾經不小心在收拾東西時傷到了自己，可是之後較熟練了，準備東西的速率也漸漸變快了，因為我們已熟知要用的化學物品在哪裡、去哪裡拿。其中也讓我獲得了許多知識，例如：乙酸乙酯可以溶解保麗龍、冰醋酸和乙醇反應可以產生乙酸乙酯等。像我自己本身很少會去看一些課外讀物，可是經由做科展讓我學到了一些平常學不到的知識，也更加充實了我自己。

創造科學的目的，是為了解決生活上的問題，而更加的去了解化學，最終的目的只是為了讓生活更加的完美、更加的方便。如今社會的發展是越來越好，但我們仍要重視著環境的保護，而非一直傷害著地球，現在我們要更進一步的保護地球，把環境整理的更完美，於是我們利用了化學的方法來解決保麗龍的回收，也做了一個產出可以溶解保麗龍的乙酸乙酯的實驗。

參加這個科學展覽，雖然在這期間是非常累人的，但真的讓我學到了很多，原本不知道的化學物品、化學特性、實驗室裡的器具，還有如何使用器具、哪些化學物品要特別小心……等，都是在這個時候學到的，在國小生涯中，不曾參加過科學展覽，在這個時候能參加，將會是我一生中難忘又特別的回憶。在做每一個實驗的過程中，都常發生一些意想不到的事情，有時候都把我們給嚇死了！不過，做了數十次的實驗，其中，也免不了有失敗的時候，當然，成功的時候，大家都非常高興，在這些過程中，最重要的還是：「我們得到了一些經驗」！！

我覺得我們很幸運的被老師選中作科展的成員，我為什麼這麼說呢？想當初我們是抱著興奮的心情走進實驗室裡。我們可以去實驗平常課本做的實驗，也

增進了對科學的知識。但可不是在實驗室中都平安的度過，有一次蒸餾的冷凝管突然起火，這才知道是硝酸和醇類反應是甚至是會爆炸的！我們無意中製造出了炸藥來啦！記得我有一次在泡奶茶時想：老師說溫度高溶解速率也較快，我在想那用冷茶泡會不會溶解呢？嘿！我怎麼想到這裡來啦！當大家放寒假時，我們卻必須來學校作實驗，雖然心中會有點忿恨不平，但我們從中也學到了如何培養科學精神和科學知識，這樣比起來，哪個是重要的呢？

拾、附錄

L9 matrix 實驗設計結果總表

變因 種類 單位	A	B	C	D	酯化反應實驗設計-L9					
	反應溫度	催化劑的量	冰醋酸的量	無水乙醇的量	乙酸+乙醇-->乙酸乙酯+水(濃硫酸當催化劑)					
	°C	(H ₂ SO ₄) ml	g	g	反應時間 1hr					
	Level 1	25	1	10	5.3	數據處理			參數 種類	#1 乙酸乙酯產量
Level 2	55	3	20	15.3		等量數	過量百分比	單位	g	#2 產物轉化率
Level 3	85	5	30	25.3					%	
Run1	25(21)	1	10	5.3	醋酸過量	6.91	44.65%	Run1	1.4	13.81%
Run2	25(18)	3	20	15.3	等量	等量	0.00%	Run2	5.2	17.77%
Run3	25(17)	5	30	25.3	乙醇過量	23.00	10.00%	Run3	7.2	16.36%
Run4	55(56)	1	20	25.3	乙醇過量	15.33	65.00%	Run4	7.9	26.93%
Run5	55(55)	3	30	5.3	醋酸過量	6.91	333.96%	Run5	3.1	30.57%
Run6	55(58)	5	10	15.3	乙醇過量	7.67	99.57%	Run6	2.8	19.09%
Run7	85(82)	1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	Run7	8.9	30.41%
Run8	85(75)	3	10	25.3	乙醇過量	7.67	230.00%	Run8	2.8	19.09%
Run9	85(78)	5	20	5.3	醋酸過量	6.91	189.31%	Run9	1.6	15.78%
參數#1 L1 平均	4.60	6.07	2.33	3.27				Run1-9		
參數#1 L2 平均	4.60	3.70	4.90	5.63				參數#1 平均	4.54	
參數#1 L3 平均	4.43	3.87	6.40	5.97						
參數#2 L1 平均	15.98%	23.72%	17.33%	20.05%					Run1-9	

參數#2 L2 平均	25.53%	22.48%	20.16%	22.42%					參數#2 平均	21.09%
參數#2 L3 平均	21.76%	17.08%	25.78%	20.80%						
								Run1-9 醋酸過量 平均 乙醇過量 平均	3.75 5.175	22.64% 20.37%
Run6(再現性)	55(56)	5	10	15.3	乙醇過量	7.67	99.57%	Run6(在現性)	2.6	17.73%
Run6(3hrs)	55(55)	5	10	15.3	乙醇過量	7.67	99.57%	Run6(3hrs)	3.1	21.14%
最佳化(1hr)	55(56)	1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	最佳化(1hr)	9.6	32.80%
最佳化(2hrs)	55(59)	1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	最佳化(2hrs)	8.4	28.70%
最佳化(3hrs)	55(60)	1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	最佳化(3hrs)	8.8	30.07%
不攪拌	55(56)	1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	不攪拌	9.4	32.12%
溫度曲線	25(26)	1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	溫度曲線	4.8	16.40%
改變催化劑 1	55(56)	(HCl)1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	改變催化劑 1	6.4	21.87%
改變催化劑 2	55(57)	(HNO ₃)1	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	改變催化劑 2	爆炸	#VALUE!
無催化劑	55(55)	0	30	15.3	醋酸過量	19.96	50.33%	無催化劑	不分層	#VALUE!

產出之乙酸乙酯定性分析表

變因 種類 單位	A 反應溫度 °C	B 催化劑的量 ml	C 冰醋酸的量 g	D 無水乙醇的量 g				
Level 1	25	1	10	5.3	產物轉化率	產物顏色	蒸餾後產物味道	保麗龍溶解情形
Level 2	55	3	20	15.3				
Level 3	85	5	30	25.3	%			
Run1	25(21)	1	10	5.3	13.81%	透明無色	有乙酸乙酯味道但不明顯	不完全溶解(小團白色稠狀)
Run2	25(18)	3	20	15.3	17.77%	粉紅色(半透明)	有明顯乙酸乙酯味道	不完全溶解(小團白色稠狀，但較 Run1 快)
Run3	25(17)	5	30	25.3	16.36%	紫色	無明顯乙酸乙酯味道	完全溶解(白色混濁)
Run4	55(56)	1	20	25.3	26.93%	米黃色	有較明顯的冰醋酸味道	不完全溶解(產生薄膜)
Run5	55(55)	3	30	5.3	30.57%	粉紅色(半透明)	有較明顯的冰醋酸味道	不完全溶解(小團白色稠狀)
Run6	55(58)	5	10	15.3	17.73%	粉橘	有乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)
Run7	85(82)	1	30	15.3	30.41%	粉橘(但較 Run6 淺)	有明顯乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)
Run8	85(75)	3	10	25.3	19.09%	粉橘		不完全溶解
Run9	85(78)	5	20	5.3	15.78%	咖啡色	有香蕉油的味道	不完全溶解(小團白色稠狀)
Run6(再現性)	55(58)	5	10	15.3	19.09%	橘紅	有乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)
Run6(3hrs)	55(59)	5	10	15.3	21.14%	橘紅	有乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)
最佳化(1hr)	55(60)	1	30	15.3	32.80%	粉紅	有明顯乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)
最佳化(2hrs)	55(59)	1	30	15.3	28.70%	粉紫紅	有明顯乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)
最佳化(3hrs)	55(60)	1	30	15.3	30.07%	粉紫紅	有明顯乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)
室溫	25	1	30	15.3	24.60%	無色	有明顯乙酸乙酯味道	不完全溶解(產生薄膜)

評語

031621 酯香醇--酯化反應之最佳化探討

從生活中的觀察近而對酯化反應作深入探討，富科學實驗精神。唯有關實驗的安全性與內容，應在實驗進行前需多加以注意並規劃。