

# 臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：化學

作 品 名 稱：醇醇躍動的振盪反應

得 獎 獎 項：第二名

學校 / 作者：國立臺南第一高級中學  
國立臺南第一高級中學

張繁可  
盧奕帆

## 作者簡介



### 作者一

我是盧奕帆，現年 17 歲，就讀台南一中。從小對科學就有極濃厚的興趣，會不定期閱讀科普叢書、雜誌，偶有心得及問題，便會和師長及同學討論，而未來想從事學術研究，在擅長的領域好好發揮。

除了書本，籃球也是我的最愛，平時會利用課餘，和三五好友一起鬥牛，紓解繁重的課業壓力。

這次有幸獲得初選資格，能把花上不少時間與精力的作品，共同和大家分享，也期望在此難得的機會裡，學到不少寶貴的經驗。

### 作者二一

我是張繁可，今年就讀高二，從小對科學就很有興趣，剛進國小的時候，第一次上到數學課，老師讓我們練習題目，發現我算的速度比其他同學都還要快，到了國中的時候，經過一位非常好的學校數學老師教導後，數學能力明顯的提升許多，在國三考完學測後，老師讓我們練習一份課外的化學考卷，發現我都知道怎麼做，高中時，剛好排出課來讓我們做科展，就選擇這個主題來研究。



本反應藉由亞鐵靈  $\text{Fe}(\text{phen})_3^{2+}$  使反應系統中的  $\text{BrO}_3^-$  及  $\text{CHBr}(\text{COOH})_2$  呈現相互消長的變化，同時透過亞鐵靈的指示劑功能，在兩個氧化態間的顏色變化，使我們得以觀察到反應在(式三)與(式五)間的震盪變化情形。

## 2、了解醇類化合物在震盪反應系統中產生的影響

(一)比較震盪反應在添加各式醇類對於震盪週期的影響，藉以了解醇類化合物，在氧化還原反應機構中所扮演的作用。

(二)探討醇類濃度高低對於反應速率的影響。

(三)改變反應溫度，由阿瑞尼士關係式： $\log k = \log A - \frac{E_a}{2.303RT}$ ，計算此反應添加

醇類化合物後活化能是否改變，進而確認醇類化合物是否扮演催化劑的角色。

## 參、研究設備及器材：

### 一、硬體設備

容量瓶、量筒、玻棒、刮勺、燒杯、錐形瓶、滴管、溫度計、電子天平、鐵架、滴定管、碼錶、磁石攪拌器、DV攝影機。

### 二、藥品

丙二酸  $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 、溴化鈉  $\text{NaBr}$ 、溴酸鈉  $\text{NaBrO}_3$ 、0.025 M 亞鐵靈 (Ferroino-phenanthroline)、甲醇、乙醇、丙醇、異丙醇。

### 三、反應溶液的配製

溶液 A：將 18.7 克的溴酸鈉，以 250 毫升的水溶解後，加入 10 毫升的濃硫酸。

溶液 B：取 10 克的溴化鈉，加水溶成 100 毫升溶液。

溶液 C：取 10 克的丙二酸，加水溶成 100 毫升溶液。

2.5 % 醇類溶液：取 0.5 毫升的醇類，加蒸餾水溶成 20 毫升的水溶液。

5.0 % 醇類溶液：取 1.0 毫升的醇類，加蒸餾水溶成 20 毫升的水溶液。

## 肆、研究過程或方法：

### 一、實驗步驟

(一)將配製好的溶液 A、B、C 及亞鐵靈、蒸餾水、醇類置於恆溫槽恆溫 2 小時。

(二)以量筒量取 60 毫升的 A 溶液、3 毫升的 B 溶液與 10 毫升的 C 溶液。

(三)將 A、B、C 溶液依序倒入 200 毫升的燒杯中。

(四)混合後，溶液會產生溴分子  $\text{Br}_2$ ，使溶液呈現黃褐色(照片一)，開始以攝影機拍攝實驗影像。靜置 1~2 分鐘，等溴分子消散，溶液澄清透明後，再加入 3 毫升的亞鐵靈。

(五)反應溶液初始呈紅色(照片二)，經數秒鐘後，溶液開始週期性出現短暫藍色，呈現紫藍色、藍色交替變換的現象，並以碼錶記錄變化週期。



照片一



照片二

(六)當溶液呈現紫藍(照片三)、藍色(照片四)的震盪後，加入 20 毫升醇類溶液，並以碼錶記錄震盪週期。



照片三



照片四

(七)取 10 次變化週期總時數平均作為該次反應的震盪週期，並將影像轉檔留存，以備查證。

## 伍、研究結果：

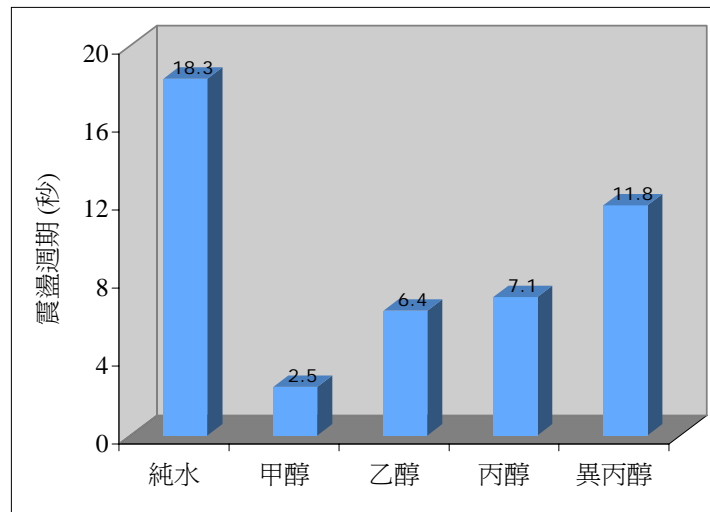
一、實驗數據表列如下：

反應溫度		5.0 °C	17.0 °C	26.0 °C	41 °C
震盪週期(sec)					
20 mL 水溶液(vol%)					
純水			52.0	18.3	6.9
甲醇	2.5 %	22.6	6.3	2.5	
乙醇	2.5 %		11.5	6.4	
	5.0 %	26.3	7.9	4.5	
丙醇	7.5 %	19.6	7.7	4.1	
	2.5 %		12.3	7.1	
	5.0 %		9.3	4.8	
異丙醇	7.5 %	18.4 *	8.2	4.2	
	2.5 %		27.0	11.8	4.2
	5.0 %		18.7	9.7	3.1
	7.5 %		13.8		

\* 反應溫度為 7 °C

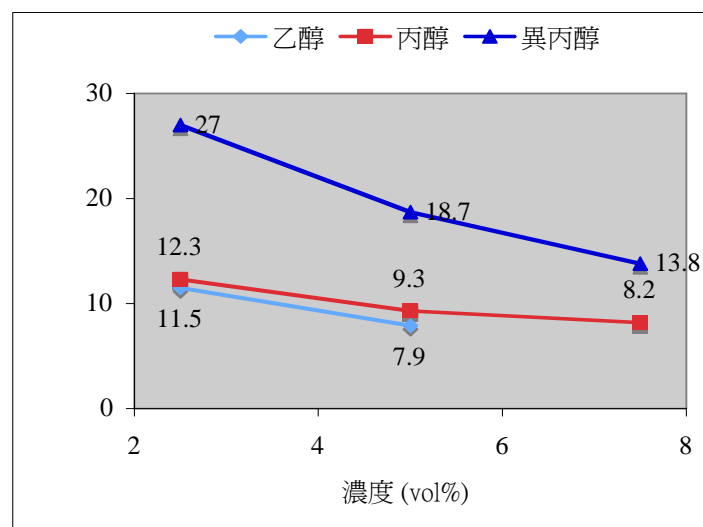
## 二、醇類物質對震盪反應的影響

- (一)純水為本反應系統的溶劑，添加純水相當於稀釋反應濃度，在無任何醇類化合物存在的情況下，反應週期最長，相對於各醇類的添加，醇類對於震盪反應系統有催化的效用。
- (二)在定溫下，分別以甲醇、乙醇、丙醇及異丙醇添加至反應系統，由所得數據發現，其震盪週期有隨醇類碳數增加而增加的趨勢，顯示隨著醇類極性的增加，反應速率增加。但同屬於 1 級醇的乙醇與丙醇之震盪週期相近。



▲26 °C 下添加純水、甲醇、乙醇、丙醇及異丙醇之震盪週期關係圖

- (三)在同碳數的醇類影響方面，醇類級數愈高，震盪週期也有增加的趨勢，見上圖，丙醇為 1 級醇，而異丙醇為 2 級醇，結果異丙醇的週期較長，顯示添加異丙醇，對反應速率的影響較小。
- (四)綜合上述三點的結果可看出，醇類化合物的級數愈低，愈能降低反應的震盪週期。
- (五)就醇類添加濃度的影響方面，當同一種醇類濃度增加，其震盪週期縮短，顯示醇類的量會影響反應速率的快慢，但速率變化量與濃度並不成正比關係。由下圖可知，隨著濃度的增高，週期變化趨緩，並趨於一定值，表示震盪反應物系漸趨催化飽和。



▲17 °C 下，不同濃度的各醇類對震盪反應的催化影響

(六)實驗中還發現，除了不同級數的醇類對震盪週期發生影響外，對於震盪平衡的達成，也有不同的影響。實驗結果觀察到，甲醇最快，約在數分鐘內即可使反應平衡而不再產生震盪現象，異丙醇最慢，震盪現象可持續較久。

### 三、溫度對震盪反應的改變及活化能的探討

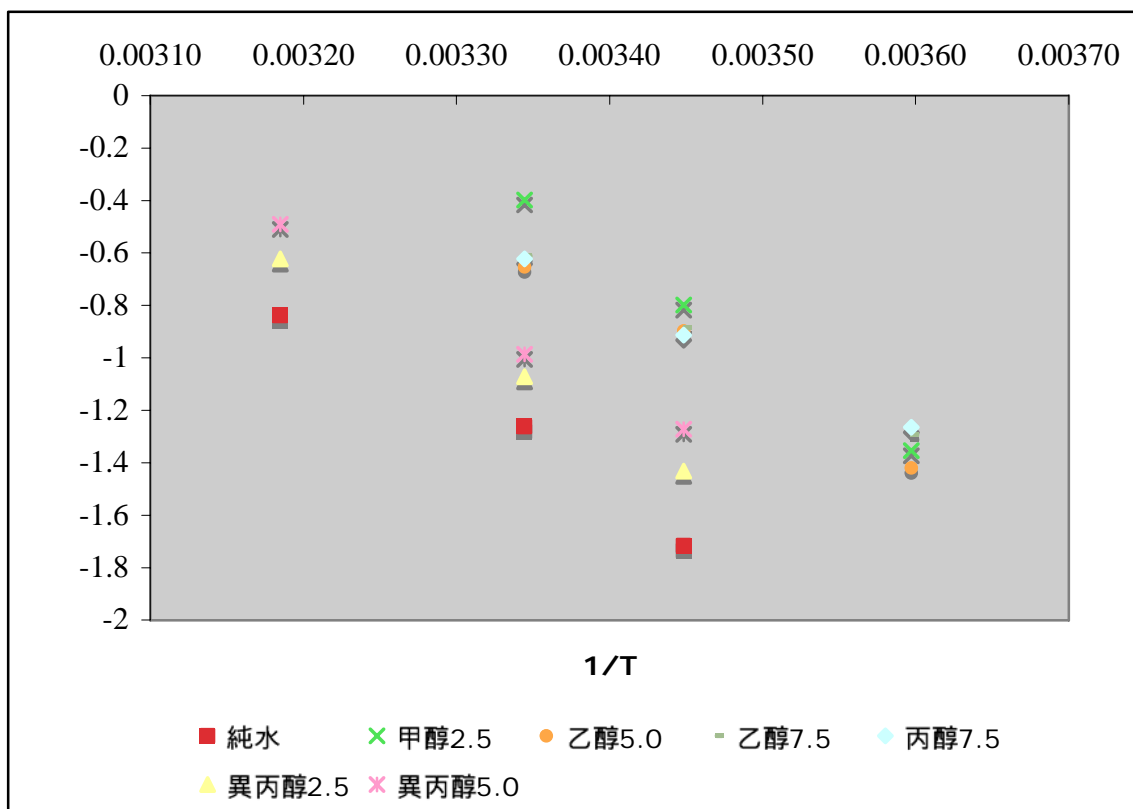
(一)改變反應溫度，可觀察到反應速率的提升，並了解震盪反應的活化能。依據阿瑞尼

士關係式  $\log k = \log A - \frac{Ea}{2.303RT}$  可知，反應速率常數的對數值與反應溫度的倒數

呈線性變化關係，而其斜率  $= -\frac{Ea}{2.303R}$ ，其中  $R = 8.314 \text{ J/mol}$ 。

(二)反應中所有反應物種的濃度均控制相同大小，僅醇類用量上不同，在假定醇類為催化劑的前提下，為求得反應活化能，我們選擇各醇類幾組代表性的數據，以震盪週期的倒數代表速率常數  $k$  的大小，表列  $\log k$  值與反應絕對溫度倒數值  $(1/T)$  並由  $\log k$  對  $(1/T)$  作圖如下：

溫度(T) K		278	290	299	314
1/T		0.0036	0.0034	0.0033	0.0032
純水	震盪週期(sec)	—	52	18.3	6.9
	log k	—	-1.716	-1.262	-0.839
甲醇 2.5 %	震盪週期(sec)	22.6	6.3	2.5	—
	log k	-1.354	-0.799	-0.398	—
乙醇 5.0 %	震盪週期(sec)	26.3	7.9	4.5	—
	log k	-1.42	-0.898	-0.653	—
乙醇 7.5 %	震盪週期(sec)	19.6	7.7	4.1	—
	log k	-1.292	-0.866	-0.613	—
丙醇 7.5 %	震盪週期(sec)	18.4	8.2	4.2	—
	log k	-1.265	-0.914	-0.623	—
異丙醇 2.5 %	震盪週期(sec)	—	27.0	11.8	4.2
	log k	—	-1.431	-1.072	-0.623
異丙醇 5.0 %	震盪週期(sec)	—	18.7	9.7	3.1
	log k	—	-1.272	-0.987	-0.491



(三)關係圖中顯示各組實驗數據的  $\log k$  值及  $1/T$  皆遵循線性關係。透過試算軟體 Excel 進行線性回歸的計算可求得各組斜率，以下表列幾組典型的數據，並計算其活化能。

組別	斜率 $-\frac{E_a}{2.303R}$	活化能 kJ/mol
純水	-3271	62.63
乙醇 7.5 %	-2692	51.54
異丙醇 2.5 %	-3132	59.97

## 陸、討論

- 一、亞鐵靈在本實驗中具有指示劑功能，其還原態呈紅色，氧化態呈藍色。實驗初期，加入亞鐵靈會維持一段時間溶液呈還原態的紅色，第一次轉變成氧化態的藍色後，便不再呈紅色，而是以紫色與藍色交替變換，這個結果表示，當亞鐵靈介入震盪系統的同時，也維持一定程度的平衡震盪。
- 二、多數亞鐵靈因大量  $\text{BrO}_3^-$  的存在，多呈氧化態的藍色，此時以(式三) 丙二酸的氧化反應為主要的反應。當  $\text{BrO}_3^-$  含量漸減，而  $\text{CHBr}(\text{COOH})_2$  漸增達一定濃度比例後，反應的呈現則轉移到(式五)來消耗  $\text{CHBr}(\text{COOH})_2$  使部份氧化態亞鐵靈轉變回還原態的亞鐵靈。一旦  $\text{CHBr}(\text{COOH})_2$  降低達一定程度，(式三)的反應又取代(式五)，因此反應便在(式三)與(式五)間跳躍。



三、實驗過程的控溫，是影響本實驗成功與否的因素，由於反應本身有明顯的放熱現象，因此在量測反應週期時，會因為測量時間太長，使反應速率漸增，影響震盪週期測量的準確度。為避免上述情況，部份實驗數據的讀取，會縮短週期數，並非全部都以 10 週期探計一次時間。例如添加甲醇的實驗組，往往因為反應很快達到平衡，使測量數據存在較大的偏差。

## 柒、結論：

- 一、醇類對於本震盪反應系統確實具有催化效果，由活化能的差異，更能給予有利的支持。
- 二、級數愈高的醇類對於震盪反應的催化性愈低。
- 三、本研究主題尚有下列幾個發展主題：
  - (一)丙二酸為此反應系統中，產生震盪的關鍵之一，醇類能夠在此震盪反應的系統中發揮催化效用，可能與丙二酸有直接的關連性。
  - (二)控制震盪反應轉換的機制，應與  $\text{BrO}_3^-$  與  $\text{CHBr}(\text{COOH})_2$  間的濃度比例有關，若能探討其轉變機制，將可提供我們控制震盪反應週期，未來可發展成化學計時工具。
  - (三)目前已確認一元醇具有催化功效，多元醇的催化性是否更具有可控性，亦可做為一研究主題。

## 捌、參考資料及其他：

- 一、Richard W. R. *J. Chem. Educ.* 2003, 80, 878.
- 二、<http://chemed.ncue.edu.tw/cal.chem/課程簡介/振盪實驗.htm>
- 三、紅藍振盪<http://140.120.9.250/infochem/11.wmv>
- 四、科學研究計畫：振盪反應之探討（高中組，化學科，中華民國八十九年五月）——作者：師大附中徐佳榕、郭宇軒、劉筱涵；指導老師：陳昭錦
- 五、科學研究計畫：振盪反應之探討與研究。——作者：台北市立建國高級中學林敬堯、羅喬嶽；指導教授：陳竹亭教授
- 六、中學化學示範實驗（國立彰化師範大學理學院化學系 提供）——化學動力學示範實驗誰搞的鬼---多色循環的振盪反應【策劃者：楊水平 李成康】【製作者：陳意雯 8424029】  
<http://163.23.211.30/laboratory/chemdemo/84/8424029/> 是誰搞的鬼.htm
- 七、奇妙有趣的化學實驗（國立中興大學化學系 提供），奇妙有趣的化學實驗---11 紅藍互變  
<http://140.120.9.250/ann/infochem-index.php?mypartid=4&myday=999&searchday=999>
- 八、Levine, Ira N. *Physical Chemical* 3rd ed. McGraw-Hill, New York, 1988.
- 九、基礎物理化學下冊，譯者：田福助，台北圖書。

## 評語

兩位同學的作品是研究醇類對於震盪反應的影響，利用阿瑞尼士關係式了解醇類化合物是否為催化劑的角色。研究的主題雖不新穎，但實驗設計及數據分析皆非常紮實完整。