

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

高中組

## 化學科

科別：化學科

組別：高中組

作品名稱：真的「甲」不了---自製模組式微型化學裝置  
測定溶液中甲醇的含量

關鍵詞：甲醇、晶紅酸、假酒測試

編號：040210

學校名稱：

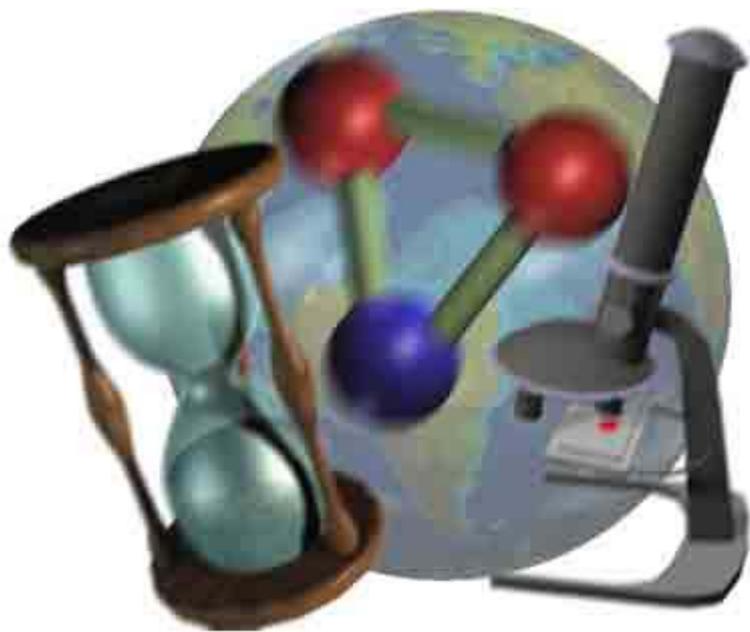
高雄市立新興高級中學

作者姓名：

黃琳育、杜蘊潔、歐建宏、王聖文

指導老師：

林俊呈、葉秀敏



## 摘要

本實驗中除了由醇、醛、酸之性質與氧化還原反應的觀念，來探討甲醇與晶紅酸指示劑的呈色反應，並以簡單的器材自組微型化學反應模組光學裝置，試圖找到較簡易且準確性佳的方法來分析乙醇溶液中的甲醇含量，實驗結果顯示，甲醇在磷酸酸性條件下，先被高錳酸鉀氧化成甲酸，在加入晶紅酸亞硫酸試劑溶液時，甲酸先被還原成甲醛，而晶紅酸亞硫酸鈉指示劑具有選擇性，只會與甲醛反應可生成紫紅色產物；同時在以所自製之模組式微型化學反應裝置於飲用酒中甲醇偵測的應用中，對甲醇最低的偵測極限為 100ppm，低於 1000ppm 之安全容許值。分析結果誤差值在 10% 以內。

## 壹、研究動機

前一陣子，新聞經常播出衛生署查獲許多地下假酒工廠，販賣假酒圖利，造成許多悲劇，因此，引發了我們對於假酒檢測的興趣。酒在發酵製造過程中，除了得到主要的乙醇與水等主要產物以外，通常也可能產生微量的甲醇，但不肖人士，則是以廉價的工業用酒精經過再製造，偽造成一般市面上的酒，其甲醇含量遠超過安全容許標準值 1000ppm，飲用後會引起中毒甚而有失明致命的危險。衛生署藥檢局公布的甲醇檢測方法中，主要是利用氣相層析儀以及分光光度法，前者是將酒類檢驗樣品直接注入氣相層析儀進行分離與偵測，後者則是利用甲醇的氧化產物與呈色劑反應後再以分光光度計進行偵測。由於前述兩種方法都必須使用較精密的儀器，不易廣泛使用，因此我們參考衛生署藥檢局分光光度法，利用化學第七章 7-3.1 「有機化合物」與物質科學化學篇第八章 8-8.1 「氧化還原反應」了解醇、醛、酸之性質與反應的觀念，來探討晶紅酸的呈色反應，再以化學實驗「平衡常數的測定」中利用比色法測量之觀念，嘗試以簡單的器材自組微型化學反應模組光學裝置，試圖找到較簡易且準確性佳的方法來分析乙醇溶液中的甲醇含量。

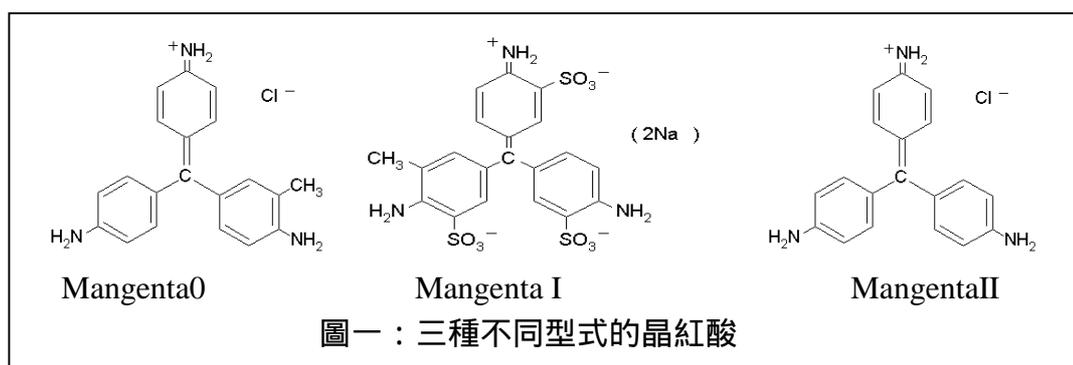
## 貳、研究目的

- 一、瞭解晶紅酸指示劑的呈色反應。
- 二、自製模組式微型化學反應裝置。
- 三、應用：測量酒精溶液中甲醇的含量。(假酒的檢測)

## 參、研究設備器材

### 一、藥品與藥品製備：

	中文名稱	化學式	藥品規格或製備方法
1	甲醇	CH <sub>3</sub> OH	98 % HSE 製藥
2	乙醇	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	99.5 % 島久製藥
3	藥用酒精	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	95% 台灣菸酒股份有限公司製藥
4	正丙醇	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	99.5 % 島久製藥
5	磷酸	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	85% 島久製藥
6	濃硫酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	95% 小島化學製藥
7	甲酸	HCOOH	85~87% 島久製藥
8	冰醋酸	CH <sub>3</sub> COOH	90% 島久製藥
9	丙酸	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH	95% 聯工化學工業
10	濃鹽酸	HCl	38% 聯工化學工業
11	甲醛	HCHO	36.5~38% 聯工化學工業
12.	高錳酸鉀	KMnO <sub>4</sub>	島久製藥
13.	亞硫酸鈉	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	99.9% Aldrich
14	晶紅酸(M0)	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> N <sub>3</sub> Cl	HSE 製藥
15	晶紅酸(M I)	C <sub>20</sub> H <sub>17</sub> N <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>9</sub> S <sub>3</sub>	Ferak
16	晶紅酸(M )	C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> N <sub>3</sub> Cl	WAKO
17	紅標米酒		20 度
18	玉山高粱		54 度
19	紅鶴酎		28.5 度
20	3%高錳酸鉀溶液		秤取高錳酸鉀 15 g，加入 85%磷酸溶液 75mL，以水定容至 500 mL。
21	5%草酸溶液		秤取草酸25 g，以硫酸：水(1:1, v/v)溶液溶解並定容至500 mL。
22	晶紅酸亞硫酸溶液(晶紅酸指示劑)		秤取研磨成細末之晶紅酸0.5 g，加入熱水300 mL 攪拌溶解，冷卻至室溫。秤取無水亞硫酸鈉 5g，以水50 mL 溶解，一邊攪拌一邊加入晶紅酸溶液300 mL，再加濃鹽酸5 mL，以水定容至500 mL，儲存於冰箱內，靜置5小時以上或放至隔夜。



## 二、實驗器材：

- (一)、容器：100ml、500ml 容量瓶，100ml、250ml、500ml 燒杯，100ml 量筒，各式樣品瓶。
- (二)、20ml 吸量管，1000 100  $\mu$ l 微量吸量管。
- (三)、紫外光/可見光分光光譜儀。
- (四)、分光光度計。



- (五)、電子天秤(精確至 0.001 克)
- (六)、自製模組式微型化學反應裝置，外觀如圖二所示。(含發光二極體、光敏電阻、注射針筒、鱷魚夾，另以電池作為外接電源及三用電表偵測電阻值。)



圖二：自製模組式微型化學反應裝置外觀

## 肆、研究過程與方法

### 一、以晶紅酸作為偵測甲醇用指示劑之定性分析。

#### 實驗一：晶紅酸指示劑的呈色反應測試。

分別量取甲醇、乙醇、丙醇各 2 mL，加入試管中，加 3% 高錳酸鉀溶液 1 mL，搖動試管使其混合均勻，於室溫下放置 15 分鐘後，加入 5% 草酸溶液 1 mL 脫色，再分別加入不同型態之晶紅酸亞硫酸溶液 2 mL，搖勻，計時並觀察變化情形。

#### 實驗二：晶紅酸對醇類、醛類、酸類的呈色反應。

1. 分別取 2ml 的甲醇、甲醛、甲酸、乙醇、乙醛、乙酸、正丙醇、丙醛、丙酸滴入試管中，再取晶紅酸指示劑 1ml 分別加入上述不同醇類、醛類、酸類的試管中反應，計時並觀察其呈色情形。
2. 製備 5%、10%、20%、40% 的乙醇水溶液。再分別以上述的溶液作為溶劑，配製含 2000ppm 的甲醇溶液 5ml 置入試管中，依序加入 3% 高錳酸鉀溶液 2 ml，於 30 反應 15 分鐘後(室溫反應需 20 分鐘)，加入 5% 草酸溶液 2 ml 脫色，再加晶紅酸亞硫酸溶液 5 ml，搖勻，保

持 30 ，計時並觀察變化。

- 3.以紫外光/可見光分光光譜儀掃描晶紅酸亞硫酸溶液的可見光區（400-800 nm）吸收圖譜。
- 4.以紫外光/可見光分光光譜儀掃描甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液的可見光區（400-800 nm）吸收圖譜。

## 二、實驗裝置的組合與測試：

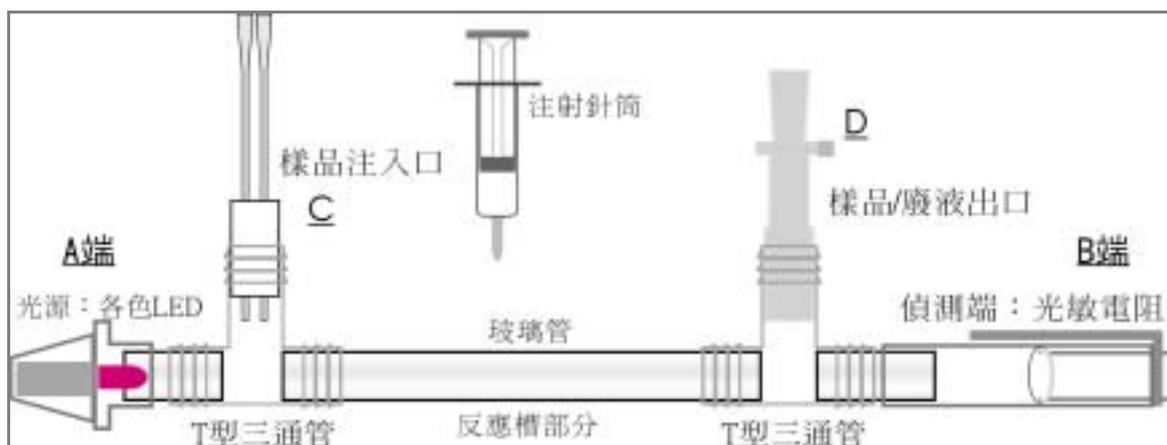
### 實驗三：自製模組式微型化學反應裝置

1. 分別截取內徑 6mm，長度分別為 6、8、13cm 的玻璃管，將玻璃管兩端以黏著劑固定接上 T 型三通管之一端，再以黏著劑將玻璃樣品試管之開口朝外固定接上 T 型三通管之另一端，如此構成模組式微型化學反應裝置之反應槽部分，為避免光反射及環境光源之干擾，再以黑色壓克力顏料將反應槽塗黑。



圖三：以黑色壓克力顏料將長度為 6、8、13cm 之反應槽塗黑前後

2. 取二個注射用頭皮針，將前端針頭剪掉，一同置入聚丙烯管中後以黏著劑固定、封住聚丙烯管中空隙，即成為圖四中 C 部分的樣品注入口。
3. 將一注射針筒的針頭插入聚丙烯管中後以黏著劑固定，針頭經三通閥再與去除推桿之 10mL 塑膠注射針筒連結，即構成模組式微型化學反應裝置中之廢棄產物儲存槽，圖四中 D 部分。
4. 模組式微型化學反應裝置之光源部分（圖四中 A 端）：將發光二極體（白、紅、黃、綠、藍）直接至入反應槽端玻璃樣品試管內，由兩個 4 號電池提供 3 伏特直流電壓電源。
5. 模組式微型化學反應裝置之偵測部分（圖四中 B 端）：將光敏電阻固定於筆套內，電阻之接腳穿出筆套外與三用電表或電腦介面連接，構成此裝置之光學偵測部分。
6. 將以上五大部分結合，即構成如圖四所示，具高靈敏性的模組微型化學反應光學偵測裝置。



圖四：自製模組式微型化學反應裝置透視圖

7. 將模組式微型化學反應光學偵測裝置固定於壓克力板上，防止因實驗進行中，光源及光敏電阻的相對位置改變。



圖五：以壓克力板固定模組式微型化學反應光學偵測裝置

#### 實驗四：以甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液測試自製模組式微型化學反應光學裝置

1. 配製含濃度 50ppm、500ppm、1000ppm、2000ppm 甲醇水溶液各 50ml。
2. 以 5ml 注射針筒將不同濃度的甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液，由低濃度至高濃度分別注入反應槽長度為 6 公分長之自製微型化學反應光學裝置中，並更換不同光源；來測試不同光源照射下光敏電阻之電阻值與甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液濃度之關係。（實驗時必須以黑布覆蓋反應裝置，避免外在光源干擾實驗結果）。
3. 由以上實驗中選擇最適當的光源。改變自製微型化學反應光學裝置中反應槽長度進行相同實驗；觀察不同反應槽長度下，光敏電阻之電阻值與甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液濃度之關係。

#### 三、晶紅酸當指示劑，對乙醇溶液及飲用酒類做甲醇的定量分析。

##### 實驗五：利用晶紅酸的呈色反應，以自製反應裝置來偵測乙醇溶液中的甲醇含量。

1. 以 5% 的乙醇溶液作為溶劑，製備含有不同甲醇濃度的標準液。標準液含甲醇的濃度分別為 10ppm 30ppm 50ppm 100ppm 200ppm 300ppm 400ppm 500ppm 1000ppm 1500ppm、2000ppm、2500ppm 以及 3000ppm。

- 2.各取標準液 5ml 加入試管中，加入 3%高錳酸鉀溶液 2 ml，於 30 反應 15 分鐘後(室溫反應需 20 分鐘)，加入 5%草酸溶液 2 ml 脫色，再加晶紅酸亞硫酸溶液 5 ml，搖勻，於 30 保持 30 分鐘。
- 3.將上述各試管中已呈色之溶液，以注射針筒取出，分別注入自製模組式微型化學反應光學裝置中，以三用電表讀取光敏電組之電阻值。並以電阻值對甲醇濃度，製作標準檢量線。另以不含甲醇之乙醇溶液，進行相同操作步驟，作空白試驗。
- 4.取市面販售的飲用酒品，紅標米酒、玉山高粱酒、紅鶴耐等，先各取 50ml 依其酒精濃度的差異，稀釋成乙醇濃度為 5%的檢液。各取 5ml 檢液，依前述的檢測步驟操作，將呈色反應後之溶液注入自製光學裝置偵測。並由步驟三所製得之標準檢量線求得檢液中甲醇的濃度。
4. 以分光光度計進行相同實驗，並比較所得之結果。

## 伍、研究結果與討論

### 一、以晶紅酸作為偵測甲醇用指示劑之定性分析。

#### 實驗一：三種晶紅酸指示劑的呈色反應測試。

由儀器藥品商共購得三種名為晶紅酸之藥品(標示為 M0、MI 及 MII)，為了選取最適於偵測甲醇之晶紅酸，將不同之晶紅酸分別與甲醇、乙醇、丙醇，依藥檢局公告之分光光度計法步驟進行呈色反應。結果如圖六、圖七所示，發現與 M0 及 MI 所反應之三種醇類，其呈色結果皆為原本晶紅酸溶液之顏色，而加入 MII 之甲醇反應後溶液則呈現深紫色，但加入 MII 之乙醇及丙醇反應後溶液則皆呈現淡黃色。結果顯示只有 MII 的晶紅酸溶液可辨識甲醇，故選擇以 MII 晶紅酸溶液作為爾後實驗之指示劑。

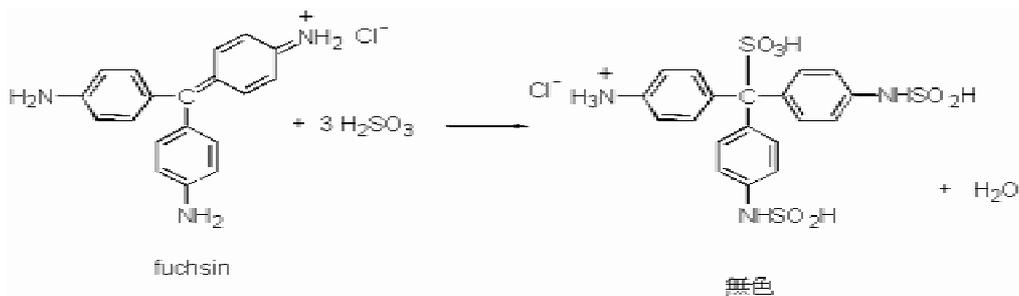


圖六：晶紅酸亞硫酸溶液

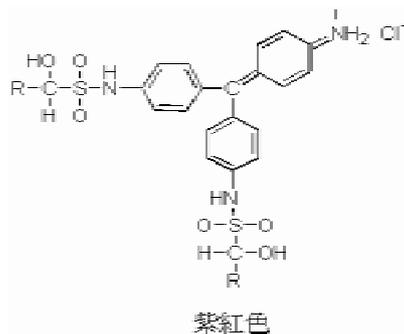


圖七：三種晶紅酸亞硫酸溶液與甲醇、乙醇、丙醇進行呈色反應

標示為 MII 之晶紅酸(fuchsin acid)，為品紅或洋紅(Magenta)，又名玫瑰苯胺，化學式為  $C_{19}H_{18}N_3Cl$ 。由文獻資料得知當它與亞硫酸作用時可得到無色的 leucosulfonic acid：



而與醛類化合物反應時很容易脫去一分子亞硫酸並得到一紫紅色的 quinoid 顏料：



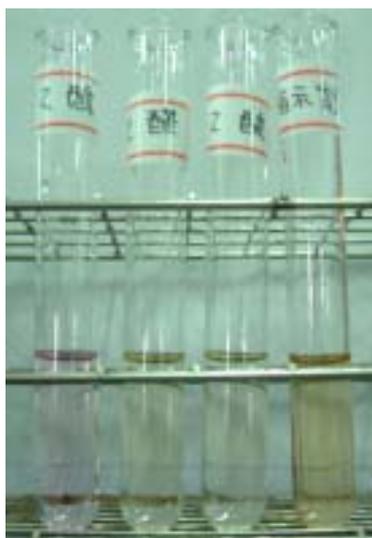
當溶液中的醛類濃度增加時，其溶液的紫紅色深度亦會隨之增加。由上述的反應式來看，只要是醛類應該會與晶紅酸反應，為了確定 MII 之晶紅酸可偵測到甲醇的氧化物-甲醛，而且也有選擇性的僅與甲醛有反應，因此分別選擇不同鏈長的醇、醛、酸類來進行測試。

### 實驗二：晶紅酸對醇類、醛類、酸類的呈色反應。

分別在內含甲醇、甲醛、甲酸、乙醇、乙醛、乙酸、正丙醇、丙醛、丙酸液體試管中，加入晶紅酸指示劑觀察其呈色所得到的結果如圖八、圖九、圖十所示。



圖八：甲醇、甲醛、甲酸與晶紅酸呈色反應



圖九：乙醇、乙醛、乙酸晶紅酸呈色反應



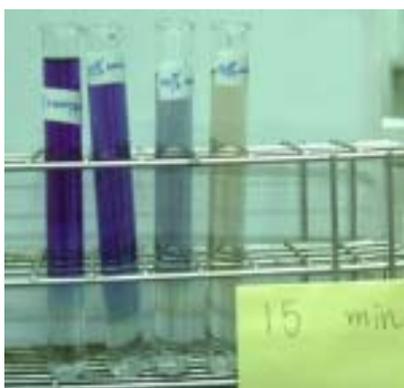
圖十：正丙醇、丙醛、丙酸晶紅酸呈色反應

觀察呈色的結果，發現僅有甲醛與晶紅酸會呈現出紫紅色，而甲醇、乙醇加入晶紅酸後分別呈現紅色與淡紅色，顯示晶紅酸指示劑，並無法分辨甲醇與乙醇，因此還是必須以氧化成甲醛的方式來進行間接偵測。因此甲醇與晶紅酸之呈色反應是在磷酸酸性條件下，以高錳酸鉀將所有的甲醇氧化成甲酸，過量的高錳酸鉀及在反應中產生的二氧化錳用草酸-硫酸溶液除去，在加入晶紅酸亞硫酸試劑溶液時，甲酸先被還原成甲醛，因此晶紅酸亞硫酸試劑最終是與甲醛反應呈紫紅色之產物。

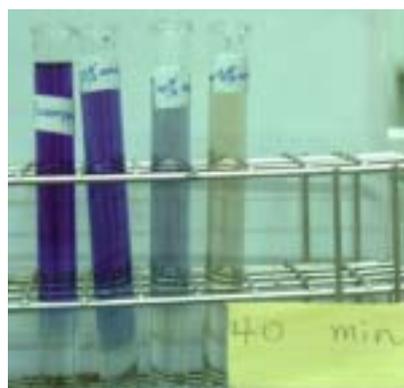
由於各種酒類製品中乙醇含量分布可從數個百分比到百分之六十，為瞭解酒中乙醇濃度是否會影響甲醇呈色反應的結果，因此配製皆含有甲醇 2000ppm，而乙醇含量分別為 5%、10%、20%、40% 的水溶液，來進行呈色反應並觀察其顏色變化。由結果顯示含 5%、10%、20% 乙醇水溶液由深到淺皆呈現紫紅色，而以 40% 作為溶劑之甲醇溶液則呈現與晶紅酸相同的淡黃色如圖十一、圖十二、圖十三所示。且觀察反應時間亦是以 5% 呈色最快；在晶紅酸溶液加入後 15 分鐘顏色呈穩定狀況。由此可知，含有較高濃度的乙醇溶液其內之甲醇越不易與晶紅酸溶液反應呈色，其原因可能為在高濃度乙醇環境下，進行氧化還原的過程當中乙醇會與甲醇競爭反應，導致只有少部分的甲醇能與高錳酸鉀進行氧化，因此氧化還原反應最後之產物 - 甲醛，明顯地減少，以致晶紅酸溶液則反應呈色變淡，故在接下來的實驗當中，我們選用 5% 之乙醇溶液作為檢液的濃度。同時在對市售飲用酒時進行偵測時，也必須將先依其乙醇含量不同，分別加以稀釋成含 5% 之乙醇溶液後再進行偵測。



圖十一：不同濃度乙醇水溶液進行晶紅酸呈色反應後 10 分鐘

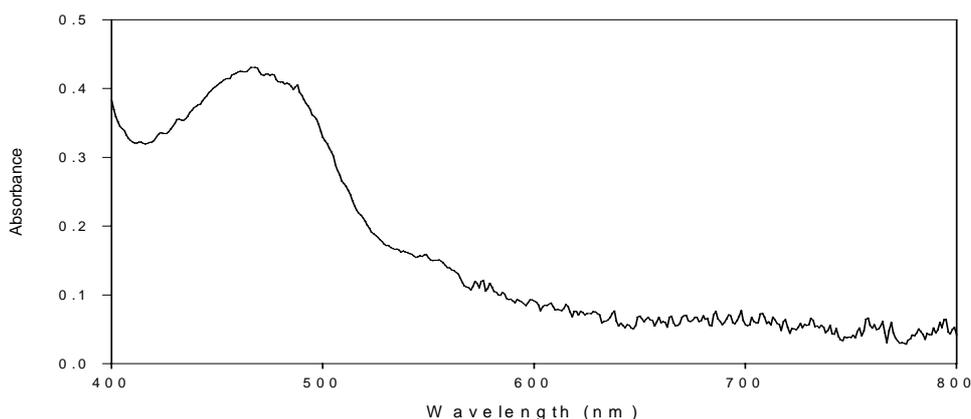


圖十二：不同濃度乙醇水溶液進行晶紅酸呈色反應後 15 分鐘

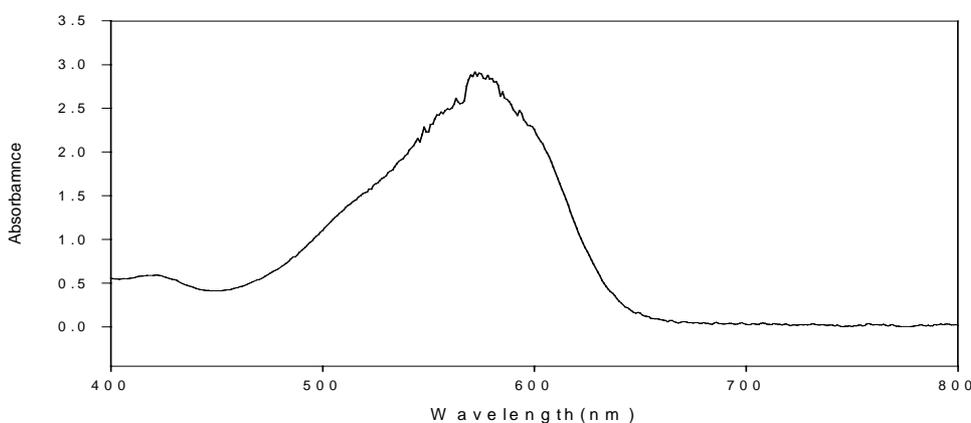


圖十三：不同濃度乙醇水溶液進行晶紅酸呈色反應後 40 分鐘

以紫外光/可見光光譜儀掃描晶紅酸亞硫酸溶液及甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液的可見光區吸收光譜圖，可分別得到圖十四及圖十五為 400-800 nm 可見光區吸收圖譜。圖譜中顯示晶紅酸亞硫酸溶液主要吸收波長 400-550nm 之電磁輻射，且其吸收度值在 0.4 以下，而 1000ppm 甲醇溶液呈色反應後，在波長 500-650nm 之間有極大之吸收峰，且其吸收度值已接近儀器之最大極限值，因此在藥檢局公告之分光光度計法中進行呈色偵測時所選擇之偵測波長為 590nm。



圖十四：晶紅酸指示劑的可見光區吸收圖譜



圖十五：甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液的可見光區吸收圖譜

## 二、實驗裝置的組合與測試：

### 實驗三：自製模組式微型化學反應裝置與簡單的測試

以 6、8、13cm 的不同玻璃管長度構成模組式微型化學反應裝置之反應槽部分，經測量反應槽容積分別為 0.8ml、1.4ml、2.2ml。光源使用 LED 具有體積小、價格便宜、省電且發熱小等優點，依其內部組成之晶體元件化學組成之差異，可發射出波長範圍約在 50nm 左右不同顏色的光源。在本裝置中使用以 CdS 為材料的光敏電阻，此元件會隨著受光照射強度的增加而降低其電阻值，且電阻值之變化與光強度之對數值成比例。

本裝置經組合後，為避免光通過反應槽時，管壁之光反射造成之誤差，事先以壓克力顏料將反應槽裝置塗黑，同時進行實驗時，需再使用黑布遮住本裝置，以避免外來光線之干擾。將裝置固定於壓克力板上，是為防止因實驗進行中，光源及光敏電阻的相對位置改變，而造成在多次測量所得電阻值的變異，同時實驗進行中發現若有氣泡存在反應槽中，會使電阻值大幅改變，也應設法排除，排除的方法是用較大容量的注射針筒，以純水沖洗反應槽，就可將氣泡排除。

### 實驗四：以甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液測試自製模組式微型化學反應光學裝置

#### 反應槽長度與光源之差異：

取反應槽長度為 6 公分長之自製微型化學反應光學裝置，更換不同光源；來測試不同光源照射下光敏電阻之電阻值與甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液濃度之關係。在實驗中，我們以不同顏色之發光二極體偵測含甲醇濃度 50ppm、500ppm、1000ppm、2000ppm 的 5% 乙醇水溶液，目的是為了選取實驗中最適合作為偵測之光源。表一至表五分別紅、黃、綠、藍、白發光二極體為光源所測得之電阻值。做圖可得如圖十六所示電阻值與甲醇濃度之關係圖。由圖中顯示，以黃色發光二極體為光源所測得具有不同濃度之甲醇溶液其之電阻值差異最為明顯，這由於黃色發光二極體所放射之的波長範圍為 580 到 610nm，與甲醇-晶紅酸指示劑呈色溶液吸收峰最大值相近。因此我們在爾後進行之實驗中，皆選用黃色發光二極體作為偵測甲醇呈色溶液之光源。

表一：以紅色 LED 為光源對不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液經行偵測所得之電阻值

濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	0.32	0.31	0.33	0.33	0.34	0.33
500.00	0.40	0.41	0.40	0.42	0.41	0.41
1000.00	0.47	0.48	0.47	0.49	0.48	0.48
2000.00	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.53

表二：以黃色 LED 為光源對不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液經行偵測所得之電阻值

濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	37.80	37.70	38.00	37.80	38.00	37.86
500.00	391.00	392.00	391.00	392.00	392.00	391.60
1000.00	739.00	741.00	741.00	742.00	741.00	740.80
2000.00	1188.00	1187.00	1186.00	1188.00	1189.00	1187.60

表三：以綠色 LED 為光源對不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液經行偵測所得之電阻值

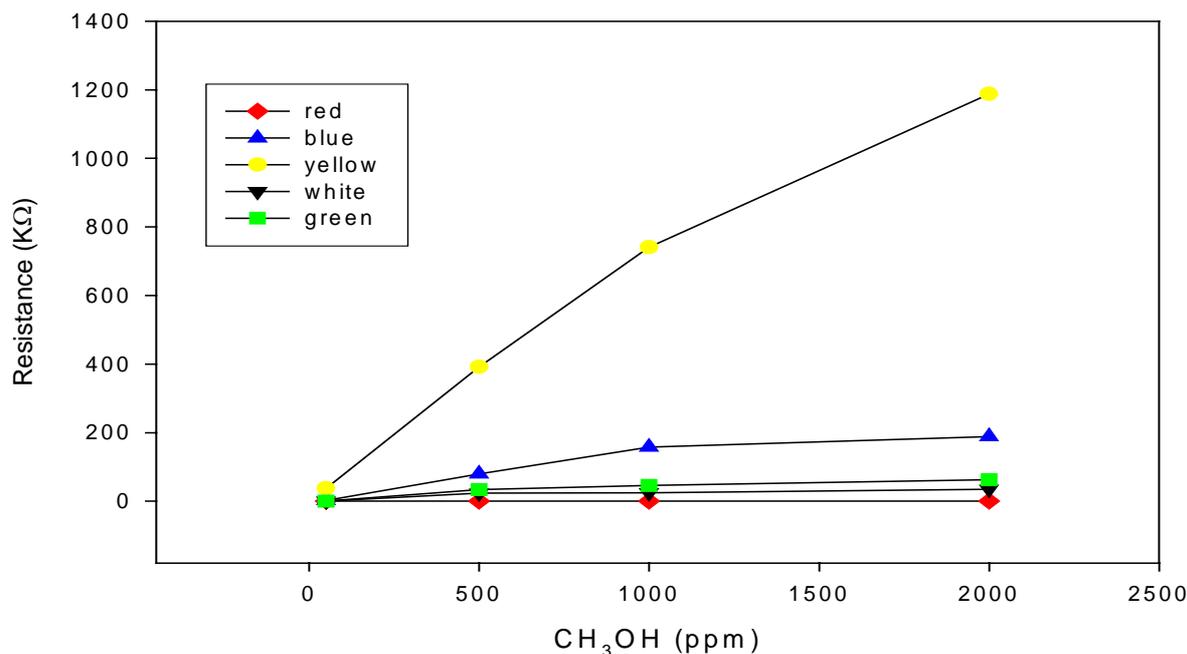
濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	0.28	0.27	0.27	0.26	0.28	0.28
500.00	33.70	33.80	33.80	33.90	33.90	33.82
1000.00	45.90	45.80	46.00	45.90	45.90	45.90
2000.00	62.60	62.70	61.90	62.60	62.60	62.48

表四：以藍色 LED 為光源對不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液經行偵測所得之電阻值

濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	2.11	2.10	2.10	2.12	2.10	2.11
500.00	79.71	79.72	79.72	79.72	79.73	79.72
1000.00	158.00	158.10	158.00	158.10	158.10	158.04
2000.00	188.30	188.40	188.50	188.40	188.30	188.38

表五：以白色 LED 為光源對不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液經行偵測所得之電阻值

濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	0.39	0.40	0.40	0.39	0.41	0.40
500.00	23.20	23.30	23.30	23.40	23.40	23.32
1000.00	24.60	24.70	24.71	24.60	24.70	24.64
2000.00	34.70	34.70	34.80	34.80	34.80	34.76



圖十六：不同光源下電阻值與甲醇呈色濃度之關係圖

在以黃色發光二極體作為偵測甲醇呈色溶液之光源下，我們更換長度分別為 6、8、13 公分之反應槽進行實驗，測得不同濃度呈色溶液之電阻值，如表六、表七、表八所示。在比較後發現差異性並不大，因此為了能夠減少廢液及增加方便性，我們選用 6 公分長之反應槽進行接下來的實驗。

表六：以 6cm 反應槽在黃色 LED 光源下不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液偵測得之電阻值

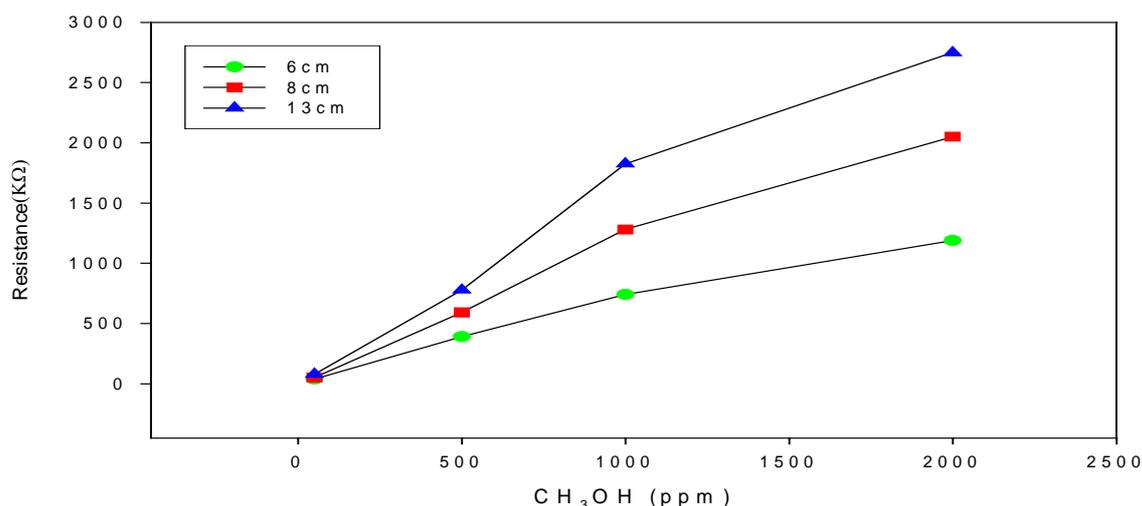
濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	37.80	37.70	38.00	37.80	38.00	37.86
500.00	391.00	392.00	391.00	392.00	392.00	391.60
1000.00	739.00	741.00	741.00	742.00	741.00	740.80
2000.00	1188.00	1187.00	1186.00	1188.00	1189.00	1187.60

表七：以 8cm 反應槽在黃色 LED 光源下不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液偵測得之電阻值

濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	52.20	52.30	52.30	52.20	52.30	52.26
500.00	591.00	592.00	592.00	592.00	593.00	592.00
1000.00	1279.00	1280.00	1281.00	1280.00	1280.00	1280.00
2000.00	2050.00	2051.00	2052.00	2051.00	2050.00	2050.80

表八：以 13cm 反應槽在黃色 LED 光源下不同濃度甲醇-晶紅酸反應呈色溶液偵測得之電阻值

濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均值
50.00	78.50	78.50	78.50	78.60	78.60	78.54
500.00	777.00	777.00	778.00	779.00	779.00	778.00
1000.00	1825.00	1826.00	1825.00	1826.00	1826.00	1825.60
2000.00	2750.00	2749.00	2748.00	2749.00	2750.00	2749.20



圖十七：不同長度反應槽在黃色 LED 光源下之電阻值與甲醇呈色濃度之關係圖

### 三、以晶紅酸當指示劑，對乙醇溶液及飲用酒類做甲醇的定量分析。

#### 實驗五：利用晶紅酸的呈色反應，以自製反應裝置來偵測乙醇溶液中的甲醇含量。

利用一系列不同濃度的標準液，製作出標準檢量線，作為定量的依據參考。以 5% 的乙醇溶液作為溶劑，製備含有不同甲醇濃度的標準液。標準液含甲醇的濃度依序為 10ppm、30ppm 50ppm 100ppm 200ppm 300ppm 400ppm 500ppm 1000ppm 1500ppm 2000ppm、2500ppm 以及 3000ppm。各取標準液 5ml 加入試管中，加入 3% 高錳酸鉀溶液 2 ml 反應、脫色、加入晶紅酸指示劑，於 30 保持 30 分鐘，如圖十八所示顯現不同深淺之紫紅色。將上述各試管中已變色溶液，以注射針筒取出，分別注入自製模組式微型化學反應裝置，再以三用電表讀取光敏電阻之電阻值。並以電阻值對甲醇濃度，製作標準檢量線。另以不含甲醇之 5% 乙醇溶液，同樣操作，作空白試驗。表九為以 5% 的乙醇溶液作為溶劑的標準液之電阻值數據。圖十九為以電阻值對甲醇濃度作圖的標準檢量線，並以統計軟體計算出此檢量線的線

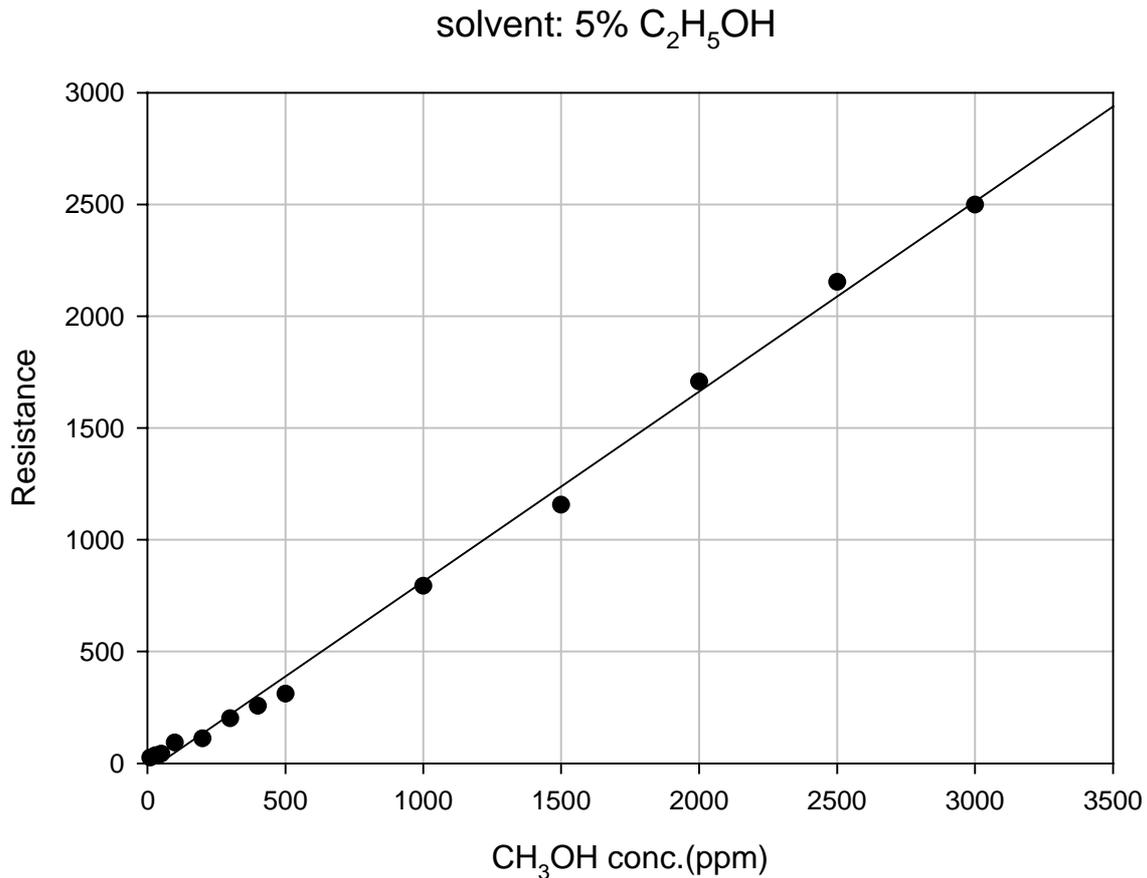
性函數為  $Y = 0.8496X - 33.7734$  (Y 為電阻值, X 為甲醇濃度), 再以較低濃度之甲醇溶液進行偵測, 得到以 6 公分之自製微型化學反應光學裝置之最低的甲醇偵測極限為 100ppm。



圖十八：標準液的晶紅酸呈色反應

表九：不同甲醇濃度標準液的電阻值。

CH <sub>3</sub> OH 濃度(ppm)	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	電阻值 4	電阻值 5	平均
0.00	24.00	24.10	24.10	24.20	24.10	24.10
10.00	25.56	25.58	25.60	25.62	25.65	25.60
30.00	35.70	35.73	35.75	35.77	35.78	35.75
50.00	42.14	42.17	42.19	42.22	42.23	42.19
100.00	92.04	92.07	92.10	92.13	92.10	92.08
200.00	111.34	111.40	111.47	111.40	111.50	111.42
300.00	199.80	199.85	199.90	199.94	199.90	199.88
400.00	254.00	255.00	257.00	258.00	259.00	257.00
500.00	310.54	310.58	310.62	310.66	310.70	310.62
1000.00	793.00	793.20	793.25	793.80	793.40	793.24
1500.00	1155.00	1156.00	1157.00	1158.00	1156.00	1156.40
2000.00	1705.00	1706.00	1707.00	1708.00	1707.00	1706.60
2500.00	2151.00	2153.00	2152.00	2153.00	2154.00	2152.60
3000.00	2497.00	2499.00	2500.00	2498.00	2499.00	2498.60



圖十九：以電阻值對甲醇濃度作圖的標準檢量線

### 飲用酒中甲醇的偵測

取市面販售的飲用酒品，紅標米酒、玉山高粱酒、紅鶴酎等，先各取 50ml 依其酒精濃度的差異，稀釋成乙醇濃度為 5% 的檢液。針對檢液所做的測試，發現均未有明顯的呈色反應，為了證明本實驗的方法與裝置可以正確測出酒中甲醇的含量，取上述乙醇濃度為 5% 的的檢液作為溶劑，加入甲醇配製成含甲醇 200ppm、400ppm 等濃度的溶液，經呈色反應後測其呈色溶液之電阻值，以標準液的標準檢量線作定量分析，並計算誤差值(表十)。

以分光光度計進行相同實驗所得之結果顯示，自製模組式微型化學反應光學裝置與分光光度計有相似的靈敏度。

表十：飲用酒中甲醇濃度的定量分析

甲醇濃度	電阻值 1	電阻值 2	電阻值 3	平均值	測量所得 濃度(ppm)	誤差
紅鶴耐						
200ppm	123.50	146.20	162.40	144.03	209.28	4.60%
400ppm	264.90	301.60	332.80	299.76	392.58	-1.80%
玉山高粱						
200ppm	136.80	152.90	165.40	151.70	218.11	9.00%
400ppm	309.40	326.70	339.80	325.30	422.35	5.60%
米酒						
200ppm	131.60	141.10	147.60	140.10	204.65	2.30%
400ppm	265.40	289.70	312.40	289.17	380.11	-5.00%

## 陸、結論

1. 晶紅酸亞硫酸鈉指示劑具有選擇性，只會與甲醛反應可生成紫紅色產物。
2. 甲醇在磷酸酸性條件下，被高錳酸鉀氧化成甲酸，在加入晶紅酸亞硫酸試劑溶液時，甲酸先被還原成甲醛，因此晶紅酸亞硫酸指示劑可以間接偵測甲醇。
3. 將飲用酒之乙醇濃度調整為 5% 的狀況，及晶紅酸亞硫酸鈉作為指示劑下，可以光學法間接偵測得到酒中甲醇的含量。
4. 本實驗中所製之模組式微型化學反應裝置，可依實驗狀況不同，輕鬆選擇適合的組件組成所需的裝置。於飲用酒中甲醇偵測的應用中，可以很快地更換測量的溶液，同時對甲醇最低的偵測極限為 100ppm，遠低於 1000ppm 之安全容許值。
5. 取市面販售的飲用酒品，添加甲醇溶液進行分析結果誤差值在 10% 以內。

## 柒、參考文獻

1. 方嘉德等編譯 基礎分析化學 美亞書局 1997
2. 仲成儀器編輯部 光電檢測系統 全華圖書科技 1991
3. 朱億真等 高雄市第四十一屆科展資料 2001
4. 徐人英編著 毒物化學 合記圖書出版社 2000
5. 楊寶旺主編 高中物質科學化學篇(下) 龍騰出版社 2001
6. 楊寶旺主編 化學(上) 龍騰出版社 2002
7. 楊寶旺主編 化學(下) 龍騰出版社 2002
8. 署授食字第 0929200018 號 2003

## 評語

檢驗假酒甲醇含量的題材與社會及生活課題聯結，自行組裝測量裝備，實驗數據完整，充分顯示其裝備具實用性。