

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

第一名

040215

一氧化碳現形劑

學校名稱：國立基隆女子高級中學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 高二 吳冠萱 高二 宋元馨 高一 陳彥沂 高一 林中荷 | 指導老師： 楊亞玲 林有賢 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞： 一氧化碳

一氧化碳現形劑

壹、摘要

由於社會上一氧化碳中毒事件層出不窮，激起我們對一氧化碳的強烈好奇心，於是我們希望能找出簡易的方法來測知生活週遭可能危害健康的高濃度一氧化碳，以預防中毒悲劇的一再重演。經過多次的實驗，從失敗中我們學習到許多寶貴的經驗。

我們利用矽膠吸附硫酸鈮/鉬酸鉍溶液製成「一氧化碳現形劑」，在不同一氧化碳濃度中可呈現出明顯的顏色變化，將它和標準濃度顏色對照後，可推估出一氧化碳濃度。

終於，我們可以讓環境中的一氧化碳濃度顯示在我們試紙的顏色變化上，讓一氧化碳不再成爲生活中的隱形殺手，因爲它已經現形在我們的研究成果上了！

貳、研究動機

印象中，每到冬天，一氧化碳中毒事件時有所聞。去年，嘉義縣發生十四位林務局員工及其眷屬集體一氧化碳中毒的案件；這學期（96 學年度下學期）開學日，據學務主任所言，寒假期間本校有三位同學發生一氧化碳中毒；而二月底在科展組員住家附近的某社區，更離奇地發生跨樓層一氧化碳中毒事件，造成三死四傷的慘劇。這些在研究前或研究期間發生的一氧化碳中毒案件，讓我們確信一氧化碳的危險性不容小覷，不分區域與季節，隨時都有可能發生。因此，我們希望用簡易但有效的方法來偵測一氧化碳，以防中毒事件一再發生。

參、研究目的

本研究的目的是在利用一般高中化學實驗室設備，設計出操作簡易且靈敏度高的「一氧化碳現形劑」隨身包。

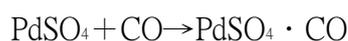
肆、研究設備及器材

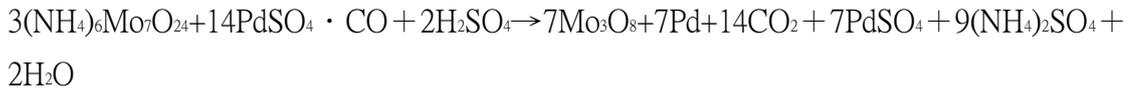
- 一、藥品與材料：硫酸鈮、鉬酸鉍、硫酸、一氧化碳氣體、蒸餾水、矽膠、濾紙、衛生紙、護背膠膜、木炭、衛生紙、不織布、吸油紙、雙面膠、單光紙、影印紙、燒杯、玻棒、刮勺、蒸發皿、滴管、培養皿、塑膠袋、博士膜、打火機、鋁箔紙、鋁箔袋。
- 二、設備及器材：自製循環式一氧化碳產生器（乾燥器、電腦風扇、9V 乾電池、蒸發皿、電線）、一氧化碳偵測器(Kidde KN-COPP-B)、電磁加熱攪拌器、電子秤、噴霧器、焊槍（封口用）、護背機、烘箱、個人電腦、PhotoImpact 8.0、Excel。

伍、研究過程或方法

一、研究過程簡述：

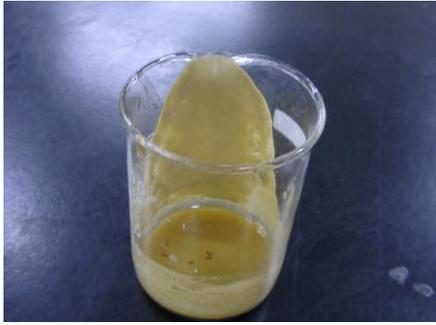
由於社會上一氧化碳對民眾的危害層出不窮，引起我們研究的動機，經過一番努力蒐集資料，很高興的找到了一氧化碳檢知管（硫酸鈮和鉬酸鉍的組成）可以用來檢驗一氧化碳，於是開始了實驗的工作。其反應原理爲：





不過，我們不清楚要如何配製硫酸鈮和鉬酸鉍的溶液，於是我們又上網尋找硫酸鈮和鉬酸鉍的性質，但卻因為錯誤的混合比例造成了大量沉澱。【圖 1】

經過多次實驗，我們找到適合的比例配製出混合的澄清液【圖 2】，接著我們要尋找適合的附著介質。首先，我們想到了吸水性好的濾紙、棉紙及吸油紙，結果都因為噴灑了硫酸鈮溶液而相互沾黏，不能使用。



↑【圖 1】



↑【圖 2】

於是，我們想到了吸附性良好的矽膠粒，但如何才能將硫酸鈮溶液均勻附著在矽膠粒上？我們不斷思索著。

一開始，我們將矽膠粒放在盤中以溶液噴之，卻發現顆粒黏在盤子上而不易取下，效果不佳。

【圖 3】

後來，我們想到了更好的方式：將矽膠粒放入塑膠袋中快速搖動，結果能均勻附著，實驗成功。

【圖 4~5】



↑【圖 3】



↑【圖 4】



↑【圖 5】

空白實驗：

根據我們查得的資料《消防化學》所述，我們判斷氮氣、氧氣、二氧化碳對吸

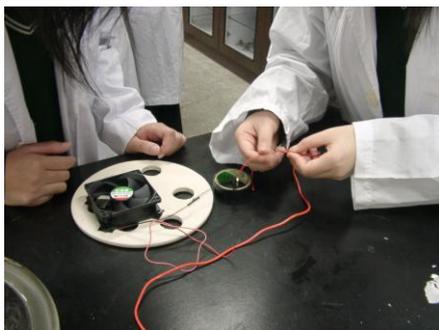
附硫酸鈮和鉬酸鉍溶液的矽膠顆粒，應該是不會變色的。爲了確認環境中空氣及其主要成分對它的影響程度，我們將製得的一氧化碳檢知顆粒分別放在充滿氮氣、氧氣、二氧化碳及空氣的密閉玻璃瓶中，經過 24 小時，發現都沒有變色【圖 6】



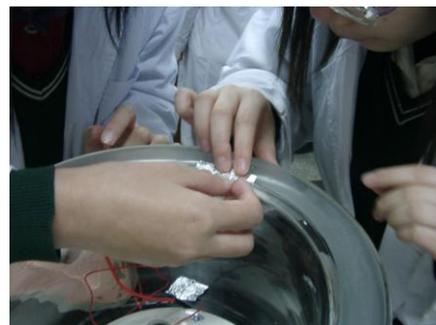
←【圖 6】

我們曾經在 96.12.26 從行政院環保署「空氣品質監測站即時值」網站（<http://taqm.epa.gov.tw/emc/default.aspx?mod=DataHourly&pid=b0601&cid=b0608>），查詢到本校所屬地區監測站 96.1.1 ~ 96.12.26 的空氣中一氧化碳濃度資料，發現一年來空氣中一氧化碳濃度的最高值爲 1.88ppm，大部分時間都低於 1ppm。由於監測站就設在本校圖書館樓頂，這些數據可視爲我們實驗環境中的一氧化碳背景數據，因此，本實驗環境中空氣所含的一氧化碳濃度相當低應該不會影響實驗的準確性。

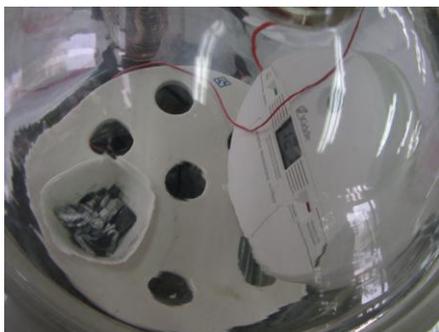
但我們要如何控制一氧化碳的濃度？經過腦力激盪後，利用乾燥器、電腦風扇及簡易電路設計出—— 一氧化碳產生器。【圖 7~10】



↑【圖 7】



↑【圖 8】



↑【圖 9】



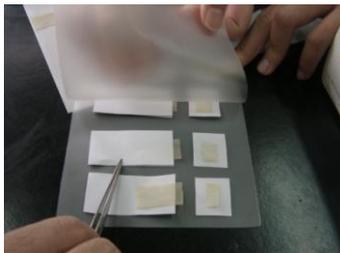
↑【圖 10】

風扇啓動之後，木炭燃燒不完全所產生的一氧化碳快速均勻分散，實驗結果令人興奮。將矽膠粒放入一氧化碳產生器中7分鐘後，果然隨著一氧化碳的濃度增加，矽膠粒的呈色也愈來愈深，但是美中不足的是呈色不夠均勻。【圖 11】

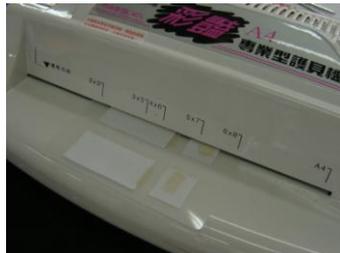


← 【圖 11】

於是我們又想到了日常用的不織布茶葉袋，結果硫酸鈹溶液附著均勻且不互相沾黏，效果不錯。【圖 12~16】



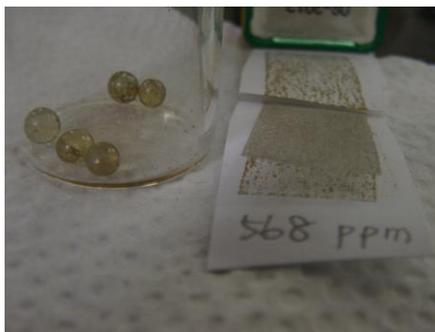
↑ 【圖 12】



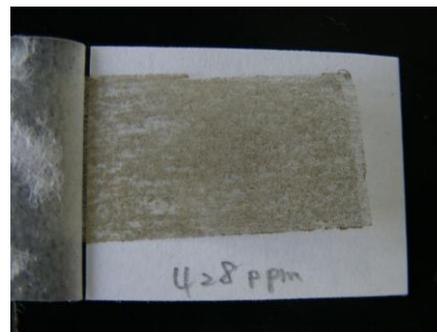
↑ 【圖 13】



↑ 【圖 14】



↑ 【圖 15】



↑ 【圖 16】

不織布不但呈色均勻且攜帶方便，乍看之下近乎周全，但仍有許多改善的空間。但由於矽膠粒的呈色不均，那何不用小顆的矽膠粒？於是，我們又找到大小近乎細沙的矽膠粒(0.06~0.2mm)，用小湯匙灑的方式，將矽膠粒薄薄的附著在雙面膠上結果效果極佳。【圖 17~18】



← 【圖 17】



← 【圖 18】

於是再次的重新實驗，結果出乎意料的好而且穩定，一氧化碳濃度愈高則矽膠粒的呈色也愈來愈深，而且也非常均勻。【圖 19~22】



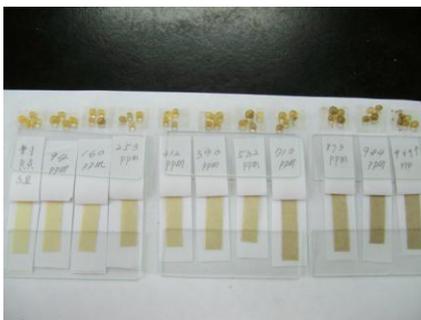
←【圖 19】



←【圖 20】



←【圖 21】



←【圖 22】

一般市售一氧化碳檢知管或家庭用一氧化碳偵測器，測量範圍都在 1000ppm 以內，我們燃燒木炭是想更貼近因為燃燒不完全而導致一氧化碳中毒的真實情況。但 1000ppm 以上則更具傷害（表 1），因此，我們改用一氧化碳氣體（鋼瓶裝）以減少干擾變因，濃度從 100~10000ppm，發現試紙顏色隨濃度明顯加深。【圖 23】

表 1 空氣中之 CO 濃度與中毒症狀

| 空氣中 CO % | CO 吸入時間(小時) | CO-Hb % | 症 狀 |
|-----------|-------------|---------|---------------|
| 0.01< | 不 定 | 0~10 | 無症狀 |
| 0.01~0.02 | 不 定 | 10~20 | 輕度頭痛 |
| 0.02~0.03 | 5~6 | 20~30 | 頭痛 |
| 0.04~0.06 | 4~5 | 30~40 | 激烈頭痛、嘔吐、視力減退 |
| 0.07~0.10 | 3~4 | 40~50 | 同上，並有脈搏、呼吸故增加 |
| 0.11~0.15 | 1.5~3 | 50~60 | 脈搏吸急速、昏睡、抽筋 |
| 0.16~0.30 | 1~1.5 | 60~70 | 心臟衰竭 |
| 0.50~1.00 | 1~2(分鐘) | 70~80 | 脈搏、呼吸微弱而致死 |

資料來源：施多喜編著（民 83）。消防化學（I）。桃園縣：中央警官學校。



↑【圖 23】

我們的研究改善過程歸納如下表(表 2)：

表 2 研究改善過程簡表

| | | |
|------|------|--------------------------------|
| 載體 | 矽膠顆粒 | 大顆粒矽膠→ 小顆粒矽膠 |
| | 試紙 | 影印紙→單光紙→吸油紙→不織布→ 雙面膠 |
| 風扇 | | 無→ 有 |
| 溶液 | | 有沉澱(硫酸濃度不足)→ 無沉澱 |
| 附著方式 | | 浸泡→ 用噴霧器 |
| 燃燒物質 | | 線香→影印紙→衛生紙→無煙木炭→ 一氧化碳氣體 |
| 護貝方式 | | 高溫護貝→低溫護貝→博士膜→ 影印紙(鋁箔袋) |

【註】粗體字表示我們實驗最後的選擇。

二、研究方法

經一連串的實驗與改進後，我們得到最佳「一氧化碳現形劑」試紙的製造方法與應用如下：

(一)「一氧化碳現形劑」試紙的製造：

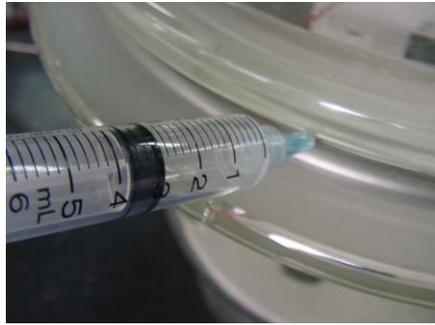
- 1.硫酸鈮溶液：秤取 1.0 克硫酸鈮，加入 1.5mL 18M 濃硫酸和 8.5mL 蒸餾水的混合溶液中，用電磁攪拌器於常溫下持續攪拌至完全溶解備用。
- 2.鉬酸鉍溶液：秤取 3.0 克鉬酸鉍，溶於 15mL 蒸餾水中。
- 3.將鉬酸鉍溶液緩緩加入硫酸鈮溶液中，並持續攪拌均勻後到入噴霧器備用。
- 4.秤取 10.0 克粒徑 0.06~0.2mm 的矽膠，置入塑膠袋中，用噴霧器將步驟 3 的硫酸鈮/鉬酸鉍溶液均勻噴在矽膠上，每噴三次搖動混合一分鐘，重複數次，直到矽膠重量增為約 15 克，即可得到金黃色的細顆粒（一氧化碳現形劑）。
- 5.將金黃色的細顆粒均勻的灑在雙面膠上。
- 6.將黏有金黃色的細顆粒的雙面膠裁成約 1 公分 x3 公分，成為「一氧化碳現形劑」試紙，將試紙上下墊著影印紙，以雙面膠固定後，封入鋁箔袋備用。

(二) 建立「一氧化碳現形劑」試紙在不同濃度一氧化碳的標準顏色

- 1.將一氧化碳注入空塑膠袋中，待和大氣壓力平衡後，以注射器抽取 0.8mL 一氧化碳，注入裝有「一氧化碳現形劑」試紙及一氧化碳偵測器，體積為 8L 的自製「一氧化碳循環器」中，啟動風扇，開始計時三分鐘，並核對一氧化碳偵測器的讀數，此時容器內一氧化碳濃度約為 100ppm。
- 2.三分鐘後立刻取出「一氧化碳現形劑」試紙，並照相記錄顏色。
- 3.以抽氣裝置將一氧化碳抽出，直至一氧化碳偵測器顯示為 0ppm。【圖 24、25】
- 4.依上述步驟 1~3，分別注入一氧化碳 1.6mL、2.4mL、4.0mL、5.6mL、8.0mL、12mL、16mL、20mL、24mL、32mL、40mL、80mL，分別測量「一氧化碳現形劑」試紙在一氧化碳濃度約為 200ppm、300ppm、500ppm、700ppm、1000ppm、1500ppm、

2000ppm、2500ppm、3000ppm、4000ppm、5000ppm、10000ppm 的變色情形，以建立「一氧化碳現形劑」試紙在不同濃度一氧化碳中顯現的標準顏色，並照相記錄顏色。【圖 26】

5.製作「一氧化碳現形劑」試紙在不同濃度一氧化碳中的標準顏色對照圖，貼在鋁箔袋上，方便實測時對照推估出測得的一氧化碳濃度。【圖 27】



↑ 【圖 24】



↑ 【圖 25】



↑ 【圖 26】



↑ 【圖 27】

(三) 用「一氧化碳現形劑」試紙 實測結果如下：(表 3、表 4) 【圖 28~33】

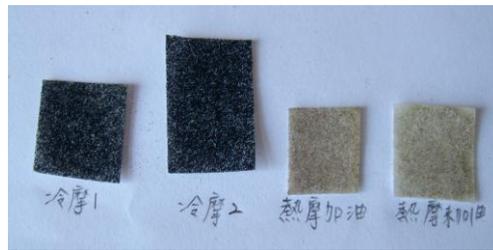
表 3 汽機車一氧化碳排放濃度實測

| 取樣處 | 一氧化碳濃度(ppm) | | 備 註 |
|--------|-------------|--------|--------|
| | 冷車 | 熱車後 | |
| 機車排氣口 | 約 10000 以上 | 約 1000 | 車齡 6 年 |
| 小轎車排氣口 | 約 4000 | 約 500 | 車齡 9 年 |
| 休旅車排氣口 | 約 10000 | 約 3000 | 車齡 8 年 |

註：依「交通工具空氣污染物排放標準」96.6.28 修正，88.1.1 以後出廠汽車惰轉狀態測定一氧化碳排放標準，新車應低於 0.5% (5000ppm)，使用中車輛應低於 1.2% (12000ppm)。



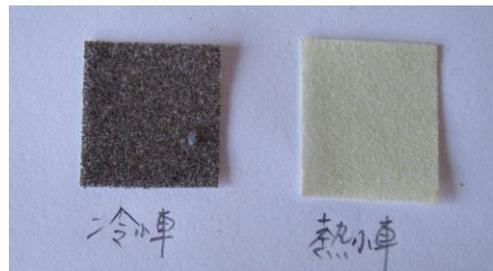
← 【圖 28】



← 【圖 29】



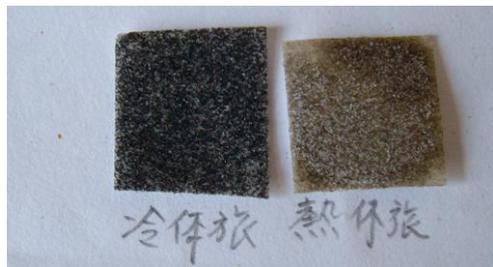
← 【圖 30】



← 【圖 31】



← 【圖 32】



← 【圖 33】

得到的結果非常令人驚訝，我們每天使用的交通工具，在剛從冷車發動時竟然會造成這麼大的環境污染。

表 4 生活環境中一氧化碳排放濃度實測 【圖 34~36】

| 取樣處 | 一氧化碳濃度(ppm) | | 備 註 |
|-------|-------------|----------|------------|
| | 試樣 1 | 試樣 2 | |
| 馬路旁 | 約 100 以下 | 約 100 以下 | 偵測器顯示：0ppm |
| 隧道內 | 約 100 以下 | 約 100 以下 | 偵測器顯示：0ppm |
| 寺廟金爐旁 | 約 100 以下 | 約 100 以下 | 偵測器顯示：0ppm |

註：一氧化碳偵測器(Kidde KN-COPP-B) 30ppm 以下均顯示為 0ppm。



↑ 【圖 34】隧道內(自強)



↑ 【圖 35】廟宇(慶安宮)



↑ 【圖 36】馬路邊

我們到隧道、廟宇以及馬路旁實測，但結果卻是完全沒有變色，因為這三個地方是開放空間，空氣也很流通，所以一氧化碳的濃度很低，不會讓我們的試紙產生顏色變化。

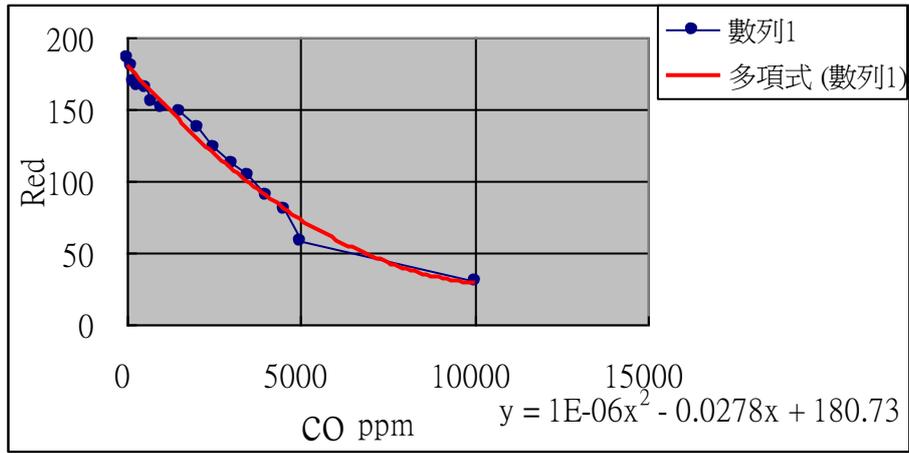
陸、研究結果

根據研究結果，以小顆粒矽膠吸附硫酸鈹/鉬酸鉍溶液製成的「一氧化碳現形劑」效果最好，變色十分均勻、對一氧化碳靈敏度也最高且便於攜帶。在不同一氧化碳濃度中可呈現出明顯的顏色變化以供參考比對。

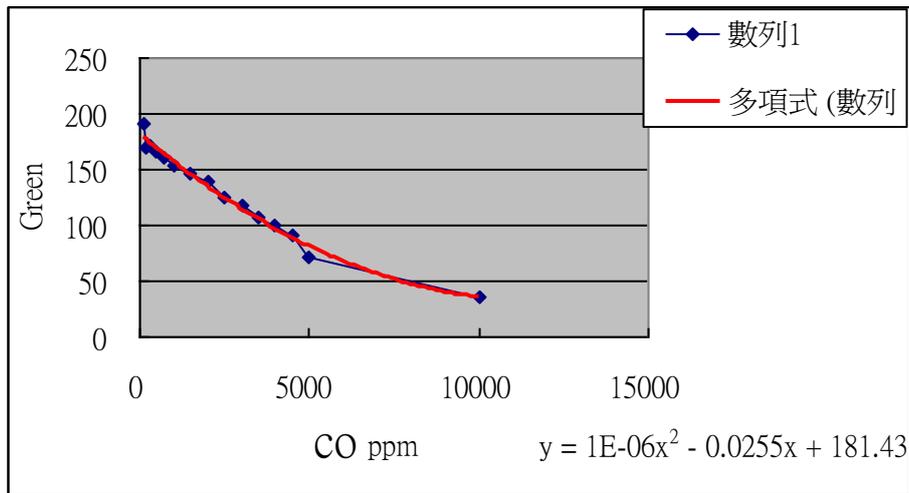
若進一步用 PhotoImpact 分析「一氧化碳現形劑」試紙，在各種濃度一氧化碳中顯現的標準顏色照片【圖 26】的 RGB 數值（紅色、綠色、藍色數值）(表 5)，再用 Excel 作出一氧化碳濃度與 RGB 數值關係圖，方便試驗時以內插法或外插法推估一氧化碳濃度，並做為肉眼辨色的輔助。【圖 37~39】

表 5 不同濃度的一氧化碳的 RGB 數值

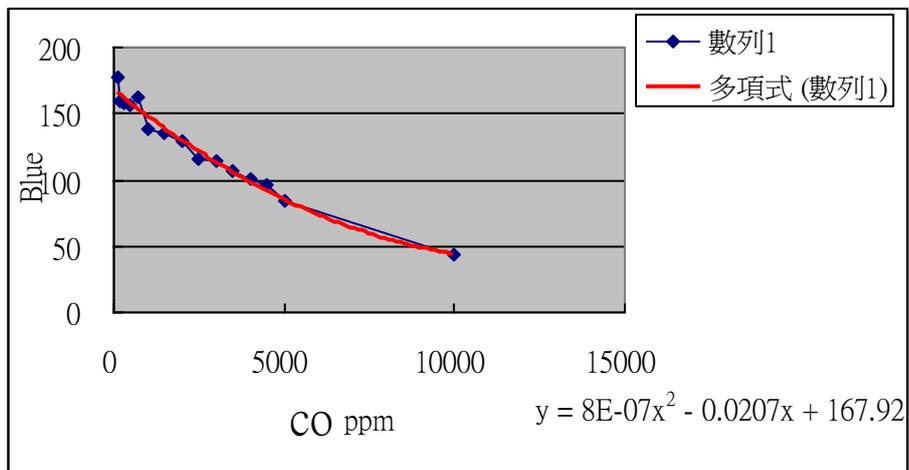
| CO(ppm) | Red | Green | Blue | CO(ppm) | Red | Green | Blue |
|---------|-----|-------|------|---------|-----|-------|------|
| 0 | 186 | 196 | 181 | 2000 | 138 | 139 | 129 |
| 100 | 181 | 191 | 178 | 2500 | 124 | 125 | 116 |
| 200 | 170 | 170 | 160 | 3000 | 113 | 117 | 114 |
| 300 | 166 | 172 | 158 | 3500 | 104 | 108 | 107 |
| 500 | 165 | 166 | 156 | 4000 | 90 | 100 | 101 |
| 700 | 156 | 161 | 163 | 4500 | 80 | 91 | 96 |
| 1000 | 151 | 153 | 138 | 5000 | 58 | 72 | 84 |
| 1500 | 148 | 146 | 135 | 10000 | 31 | 36 | 43 |



↑ 【圖 37】



↑ 【圖 38】



↑ 【圖 39】

柒、討論

- 一、在實驗初期，我們使用大顆矽膠粒作為一氧化碳現形劑，但發現其變色不均勻。於是我們改採用吸油紙、濾紙及單光紙，卻發現上述紙類接觸檢驗試劑後容易捲曲或彼此沾黏不易分開，且受熱後因硫酸的脫水性使紙的顏色變深不能使用，最後才使用細顆粒的矽膠(0.06~0.2mm)。
- 二、剛開始是將小顆粒的矽膠一氧化碳現形劑放入不織布材質的小袋子。結果發現因不織布的孔隙大，檢知劑容易滲出，不易攜帶。後來把一氧化碳現形劑灑在雙面膠上固定，用鋁箔袋封裝備用。
- 三、在實驗時，我們發現乾燥器中的一氧化碳不易分布均勻，影響濃度測定的精準性，於是我們在乾燥器內放置小型且低成本的電腦風扇，使乾燥器中的氣體能快速分布均勻。然而，我們擔心乾燥器無法完全密封，為了填補空隙我們一度在乾燥器開口邊緣塗抹凡士林，不料、乾燥器內的氣壓在燃燒之後小於常壓，使得完全密封的乾燥器難以打開。後來我們將乾燥器以烘箱加熱才打開。
- 四、基於因一般燃燒不完全而產生一氧化碳造成傷害，本來，我們使用衛生紙作為產生一氧化碳的燃料。後來發現衛生紙中含有其他干擾實驗的不明雜質，遂改用無煙木炭，使其燃燒時的氣體單純化以減少干擾。最後以市售一氧化碳氣體實驗，以更精確測出更高濃度一氧化碳時試紙變色情形。

捌、結論

- 一、我們最後採用的一氧化碳現形劑是把溶劑噴在小顆粒矽膠上，再把矽膠灑在雙面膠上以方便取用。接著用白紙將一氧化碳現形劑包覆，再封入鋁箔袋，以利保存與攜帶，要使用的時候撕開鋁箔袋即可。
- 二、完成一氧化碳現形劑後，我們在乾燥器內燃燒木炭及用一氧化碳氣體，製造不同濃度的一氧化碳。以一氧化碳現形劑在不同濃度下呈現的顏色做出我們的標準對照表。接著到戶外以塑膠袋盛裝汽機車排放的氣體來檢測汽機車所排放的一氧化碳濃度；還有到交通繁忙的十字路口及香火鼎盛的廟宇採集附近的空氣。結果發現汽機車的排氣一氧化碳含量最高，若長時間站在汽機車排氣口旁，且空氣不流通，則有一氧化碳中毒之虞；在空氣流通處，一氧化碳濃度十分低，不至於對人體造成危害。

玖、參考資料及其他

- 一、方泰山主編（民 96）。高中基礎化學（頁 24-27）。台北縣：龍騰文化公司。
- 二、施多喜編著（民 83）。消防化學（I）（頁 115-123）。桃園縣：中央警官學校。
- 三、高崧、吳盛宏。（民 97 年 2 月 29 日）。排風口封堵大樓，竄一氧化碳 3 死。蘋果日報，第 A1 版。
- 四、一氧化碳中毒
<http://www.geocities.com/guocc/jeffrey-tsai/cotoxi.html>（檢索日期：96.12.12）
- 五、日前冷氣團來襲消防署籲防範一氧化碳中毒
<http://tw.news.yahoo.com/article/url/d/a/071201/1/p61k.html>（檢索日期：96.12.12）
- 六、阿里山鄉 14 林務局員工眷屬一氧化碳中毒
<http://news.yam.com/bcc/society/200708/20070807574607.html>（檢索日期：96.12.12）
- 七、基隆三姐妹一氧化碳中毒送醫 一人情況嚴重
<http://news.chinatimes.com/2007Cti/2007Cti-Rtn/2007Cti-Rtn-Print/0,4670,110105x112007031000638,00.html>（檢索日期：96.12.12）
- 八、一氧化碳 物質安全資料表(MSDS)
<http://www.iosh.gov.tw/data/msds/msds0027.pdf>（檢索日期：96.12.24）
- 九、Palladium Sulfate --- Material Safety Data Sheet (MSDS)
<http://www.summit-tech.com.tw/msds/Palladium%20Sulfate.htm>（檢索日期：96.12.24）
- 十、Ammonium Molybdate --- Material Safety Data Sheet (MSDS)
<http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/a5988.htm>（檢索日期：96.12.24）
- 十一、行政院環保署「空氣品質監測站即時值」網站
<http://taqm.epa.gov.tw/emc/default.aspx?mod=DataHourly&pid=b0601&cid=b0608>
（檢索日期：96.12.26）
- 十二、洗澡中毒殃鄰 4 樓層 3 死 4 傷
<http://udn.com/NEWS/NATIONAL/NATS1/4237751.shtml>（檢索日期：97.2.29）
- 十三、交通工具空氧污染物排標準（96.6.28 修正）
<http://w3.epa.gov.tw/epalaw/docfile/040160.doc>（檢索日期：97.3.28）

【評語】 040215

本作品獨特之處在於把已知的化學試劑製作成對 CO 靈敏的試紙，可測至 100ppm。藉著試紙的變色程度，可以精準的分析所吸附一氧化碳的濃度。本作品的創意佳，且具有實用性，在眾多作品中表現突出，難能可貴，特給予第一名的獎勵。