

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

第三名

040209

染色密碼－紅棕殺手 NO₂ 的偵測

學校名稱：國立北港高級中學

作者： 高一 陳怡穎 高一 吳郁芬 高一 楊家乘	指導老師： 陳建志
---	------------------

關鍵詞：Griess reagent、NO₂、偵測

摘要:

二氧化氮對人體是有害的氣體(參考資料 1)，特別是對呼吸系統有危害。而 NO_2 濃度為 $9.4\text{mg}/\text{m}^3$ (5 ppm) 的空氣中暴露 10 分鐘，即可造成呼吸系統失調。

所以我們找到有效的 NO_2 的偵測劑與吸附劑：Griess reagent，當其吸附 NO_2 後會產生深淺不一的玫瑰紅顏色，並且 Griess reagent 在空氣中、高溫中都很穩定，只有在光照時會慢慢失效。根據比色法我們也發現 Griess reagent 其吸收率亦會隨 NO_2 之濃度升高而有逐漸上升的跡象，並且我們也根據比色法測量出汽、機在發動瞬間與發動一段時間後，廢氣中 NO_2 含量有明顯的差異，我們推測可能與觸媒轉換器的轉化溫度有關。

我們也將 Griess reagent 加入洋菜粉中製作成果凍，並將其定形成為 Griess reagent 的貼片 (GR 貼片)，可以更加方便攜帶與使用，幫助人們有更便利的方式來偵測二氧化氮。

未來可以發展方向：

- 一、利用 Griess reagent 提供資料當成空氣中 NO_2 含量的指標，與現行環保署偵測氮氧化物(NO_x)的方法(化學發光法)並用(參考資料 10)，可提供更方便的資料。
- 二、可用來當成汽機車廢氣中排放氮氧化物(NO_x)的簡易指標，同時可以偵測汽機車內的觸媒轉換器的轉化效率是否合乎標準。
- 三、製作成果凍貼片可以方便攜帶與偵測，真正幫助我們在地民眾避免氮氧化物(NO_x)所造成身體的傷害。

壹、 研究動機

我們從小生長在■■■■縣，常聽大人講縣內的工業區造成了嚴重的污染，尤其是空氣汙染最為嚴重，而裏頭最令人害怕的有毒物質就是二氧化氮，吸入二氧化氮不僅會導致呼吸不順等症狀，更會對肺組織具有強烈的刺激性和腐蝕性，同時也是造成空氣汙染的兇手之一，實在是容不容小覷。為了民眾的健康，而且身為環保小尖兵的我們，決定找出可以檢測二氧化氮含量的方法，來造福社會，拯救世界啦！

貳、 研究目的

- 一、 尋找最佳 NO_2 的指示劑。
- 二、 NO_2 指示劑 Griess reagent 在不同反應條件下的差別。
- 三、 研究 Griess reagent 與 NO_2 反應前後的變化和其反應狀況。
- 四、 探討汽機車、觸媒轉換器在冷熱車時排放 NO_2 差別。

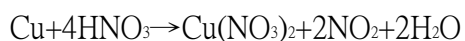
參、 研究設備及藥品

設備	試管(大 x10,小 x50)	滴管 x5
	燒杯(大 x5,小 x5)	棕色瓶 x2
	量筒(大 x5,小 x5)	手套 16 雙
	刮勺 x2	玻璃棒 x1
	秤量紙 x5	電子秤 x2
	抽風櫃 x1	銅線 2 包
	針筒(大 x1,小 x1)	蝴蝶針 2 支
藥品	純洋菜粉	硝酸(HNO ₃)適量.
	冰醋酸(H ₂ SO ₄)	間氨基苯磺酸(C ₆ H ₇ NO ₃ S)
	鹽酸萘乙二胺(C ₁₂ H ₁₄ N ₂ • 2HCl)	

肆、 研究過程與方法

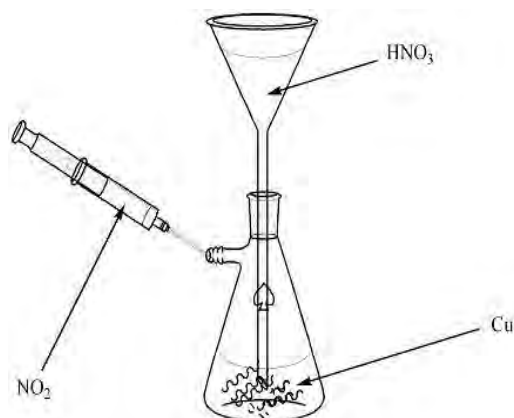
一、 NO₂的製作

(一)由參考資料可知濃 HNO₃與 Cu 可產生 NO₂氣體



所以本實驗及採用此方法獲取 NO₂氣體

(二)將錐形瓶,薊頭漏斗,塞子組裝,如下圖:



圖一：製作 NO₂氣體與抽取 NO₂氣體方法

- 1.在將銅線剪成段狀,將適量的銅線放入錐形瓶中後,塞上塞子
- 2.倒入適量的硝酸,輕輕的搖晃錐形瓶,直至瓶中顏色漸漸變成橘色。
- 3.以針筒抽取 NO₂時,需緩慢抽取,而且至抽取適當濃度時停留數秒待針筒內壓力與外壓(1atm)相等時候才打入試劑做實驗

4、附註:

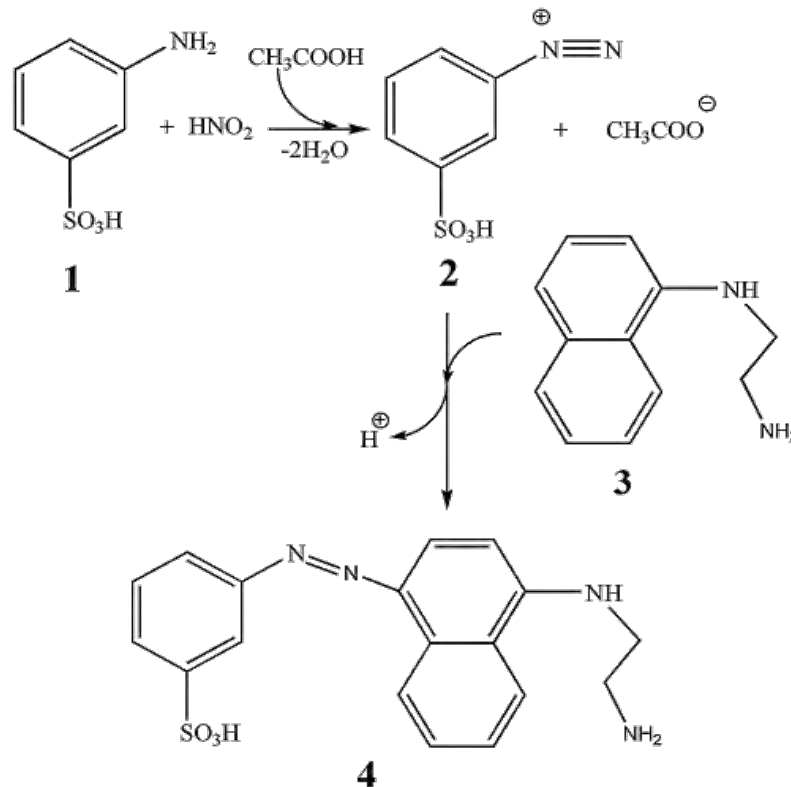
- (1)由於二氧化氮具有強烈的刺激性和腐蝕性,此實驗過程皆須穿著實驗衣於抽風箱中完成。
- (2)硝酸不可加水,否則 NO₂ 難以產生(Cu+濃 HNO₃→NO₂, Cu+稀 HNO₃→NO),反應緩慢時可以加熱以加速反應,產生的 NO₂ 用針筒抽出

二、 Griess reagent 調配

(一)研究構思:

我們在許多研究報告和資料中得知亞硝酸鹽類可以藉由和 Griess reagent 產生反應而有顏色變化(參考資料 2),而過去常常當成染料來使用(偶氮染料),或是亞硝酸鹽類的偵測劑。由於 NO₂ 溶於水可以產生 HNO₃ 和 HNO₂(參考資料 3),因為有產生亞硝酸根(NO₂⁻)所以我們就想到以 Griess reagent 當成我們 NO₂ 的偵測劑。

本實驗先是利用間氨基苯磺酸(參考資料 4、5)和鹽酸萘乙二胺(參考資料 6、7)製作出 Griess reagent,再利用此試劑檢測二氧化氮濃度。由過去的研究資料,將其反應機構繪製成圖二,可知間氨基苯磺酸(化合物 1)與 HNO₂ 反應產生化合物 2,而化合物 2 再與鹽酸萘乙二胺(化合物 3) 產生偶氮化合物(化合物 4),化合物 4 即為玫瑰紅色的偶氮化合物。而 Griess reagent 即由化合物 1 與化合物 3 混合而成的溶液。



圖二：Griess reagent 與亞硝酸產生偶氮化合物

(二)試劑調配

- 1.在電子秤上放置張秤量紙,秤得間氨基苯磺酸 2.5g, 將其倒入燒杯中, 分次加水(共 350ml), 使用玻璃棒攪拌, 直至完全溶化。
- 2.秤得鹽酸萘乙二氨 0.03g 將其倒入燒杯中, 攪拌直至完全溶化。
- 3.倒入冰醋酸 25ml, 攪拌片刻。
- 4.將半成品到入錐形瓶中, 加水至 500ml, 蓋上塞子搖晃錐形瓶片刻, 最後將其倒入棕色瓶中。
- 5.附註:
 - (1)秤量紙使用前須先沿對角線對折。
 - (2)分次加水以每次加入 100ml 為量。
 - (3)倒入冰醋酸時, 須先將其倒出適量至燒杯中, 在用滴管從燒杯中取至量筒, 以避免污染。
 - (4)倒試劑時, 須先將玻璃棒擺至瓶壁, 再沿玻璃棒倒入, 以避免試劑濺出。

(三)Griess reagent 貼片(GR 貼片)製作

- 1.將 Griess reagent 加入洋菜粉中製作成 Griess reagent 貼片(GR 貼片)。
- 2.GR 貼片製作:
 - (1)在燒杯中倒入 300ml 的熱水, 在加入 3.25g 的純洋菜粉, 放置加熱器上, 調至適當溫度, 使用玻璃棒不停攪拌, 直至沸騰。
 - (2)將入試劑 40ml, 繼續攪拌, 直至液體變成濃稠狀, 倒入試管中, 放置於暗房中, 直至凝結成固體, 取出切片即可。



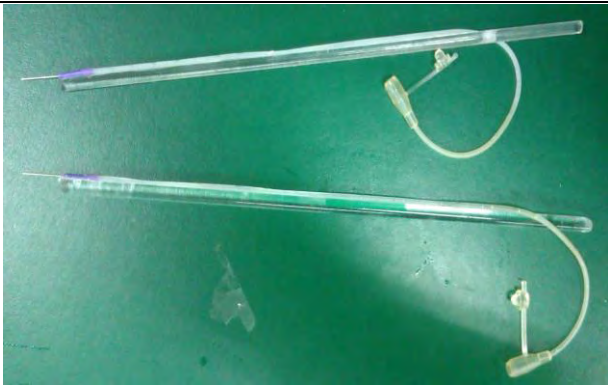
圖三：各式的 Griess reagent 貼片



圖四：Griess reagent 貼片接觸 NO₂ 氣體

3.GR 貼片在不同濃度 NO₂ 下的顏色變化：

- (1)分別加入 20ml Griess reagent 的熱洋菜凍。
(600 ml 的洋菜凍中加入 80ml 的 Griess reagent)
- (2)趁熱以特製針頭置於洋菜凍液面下分別打入 NO₂(g), 並逐次增加 0.01ml, 並由 0.15ml 測至 0.3ml。
- (3)將 NO₂ 濃度由高到低排列出顏色變化。



圖五：特製針頭



圖六：以特製針頭打入 NO₂ 氣體

三、 Griess reagent 性質檢測

(一)曝氧下 Griess reagent 性質變化

- 1.分別倒出 5ml Griess reagent 於 A.B 兩試管。
- 2.將 A 試管立即加蓋，B 試管不加蓋在黑暗中反應八天後比較顏色。

(二)光照下 Griess reagent 性質變化

- 1.分別倒出 5ml Griess reagent 於 A.B 兩試管。
- 2.將 A 試管加蓋，置於日光(正午)下反應 3 小時；B 試管加蓋置於黑暗中反應三小時。

(三)高溫下 Griess reagent 性質變化

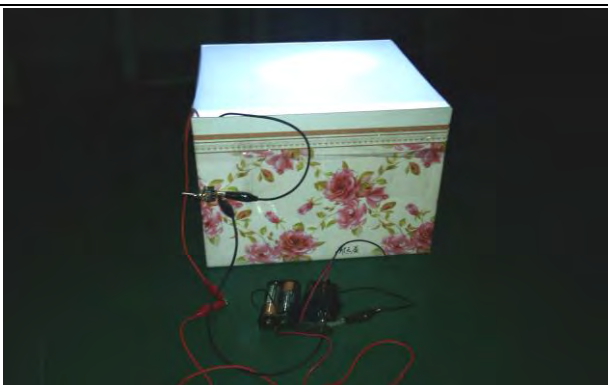
- 1.分別倒出 5ml Griess reagent 於 A.B 兩試管。
- 2.將 A 試管加蓋置於 100°C 沸水中，另取 B 試管加蓋置於室溫(25°C)水中。

四、 Griess reagent 與 NO₂ 的反應

(一) Griess reagent 在不同 NO₂ 濃度下反應

1.預先反應

- (1)預先取 30 支試管分別加入 5ml Griess reagent，並打入 0.01mlNO₂(g)，並逐次增加 0.01ml，由 0.01ml 至 0.3ml。
- (2)觀察各試管顏色變化。
- 2.取 40mlGriess reagent 加入試管中並打入 10mlNO₂(g)並作為標準液。
- 3.分別取十支試管各加入 40mlGriess reagent 並以特製針頭(圖五)置於液面下分別打入 0.5mlNO₂(g)氣體並逐次增加 0.5ml，並由 0.5ml 測至 5ml 成為待測液。
- 4.取標準液與待測液分別以自製燈具進行比色法檢測。



圖七：自製比色法燈具



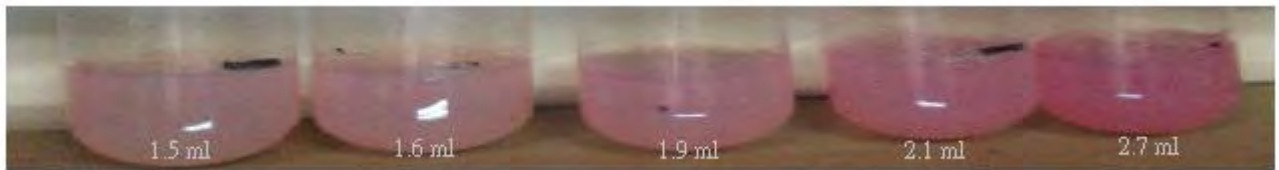
圖八：比色法

(二)比較汽機車冷熱車時釋放 $\text{NO}_2(\text{g})$ 的差別

- 1.將 1000ml 的容量瓶(容量約 1050ml)擺至排氣孔外約 1cm 處收集廢氣 2 分鐘，並分為冷、熱車分開收集(冷車:剛發動馬上收集;熱車:發動 5 分鐘後收集)，倒入 40ml Griess reagent 後搖晃容量瓶，再將其倒入包覆黑紙的試管中。
- 2.將待測液與標準液放置白色 LED 燈上比色,量其高度差，並記錄數據。
- 3.運用比色法公式，計算其試劑中二氧化氮含量。

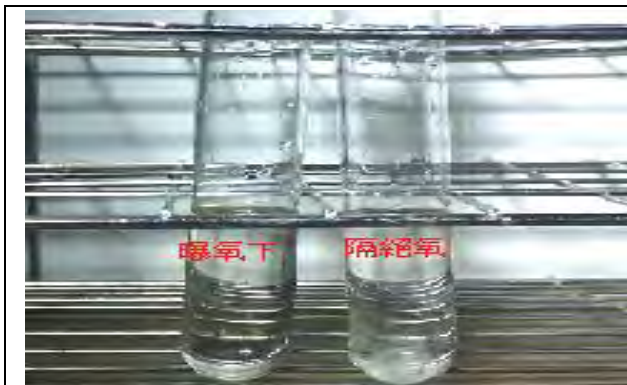
伍、 實驗結果

- 一、 將 Griess reagent 加入洋菜粉製成果凍貼片(GR 貼片)，原本擔心洋菜凍的成分與高溫煮沸會影響 Griess reagent 的變色效果，但是其結果是 Griess reagent 仍舊保持著良好的變色效果，並且打入 $\text{NO}_2(\text{g})$ 濃度不同，GR 貼片也會有不同的深淺變化。

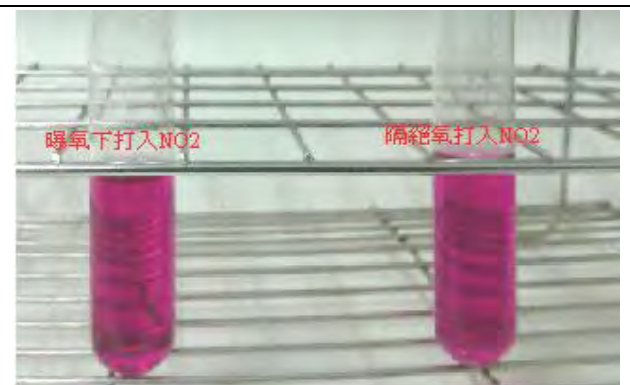


圖九：Griess reagent 加入洋菜粉製成果凍後，打入不同濃度的 $\text{NO}_2(\text{g})$ 氣體

- 二、 由實驗結果可知 Griess reagent 在黑暗中曝氧 8 天與其對照組(隔絕氧氣)，加入 $\text{NO}_2(\text{g})$ 後，其顏色結果相同。

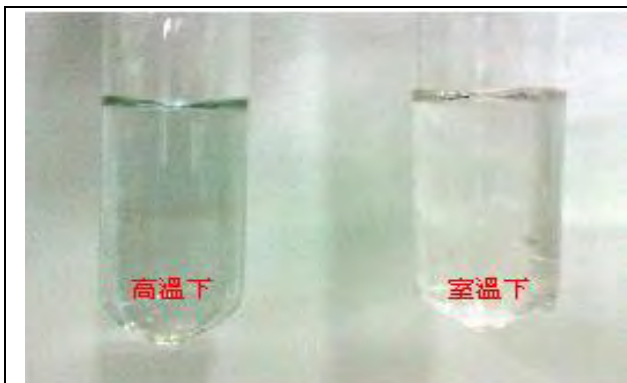


圖十：Griess reagent 曝氧下與其對照組



圖十一：曝氧下與其對照組打入 $\text{NO}_2(\text{g})$

- 三、 由實驗結果可知 Griess reagent 在隔氧下加熱到 100°C 與其對照組(室溫 25°C 水中)，加入 $\text{NO}_2(\text{g})$ 後，其顏色結果相同。

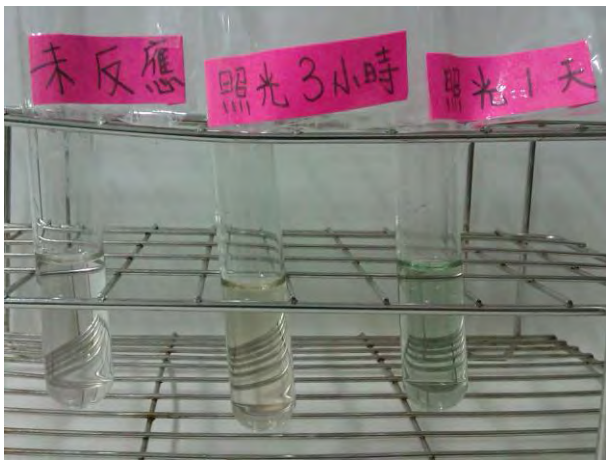


圖十二：Griess reagent 高溫下與其對照組

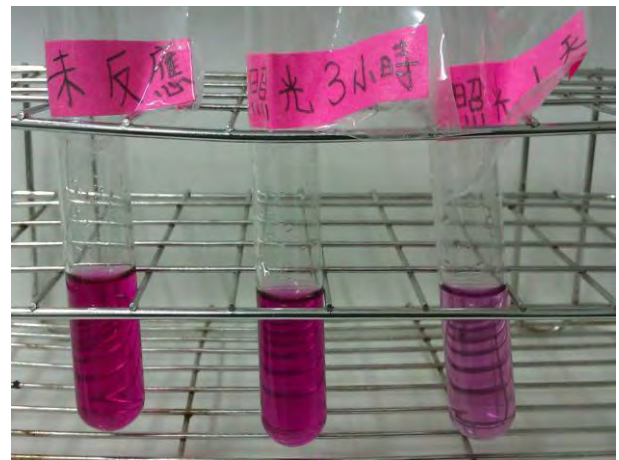


圖十三：高溫下與其對照組打入 $\text{NO}_2(\text{g})$

四、由實驗結果可知 Griess reagen 在光照下(中午)其顏色會慢慢由無色轉成黃色(光照三小時)，再慢慢轉成綠色(光照十二小時)，打入 $\text{NO}_{2(g)}$ 後，發現綠色試劑的玫瑰紅顏色最淺；黃色次之；無色最深。



圖十四：Griess reagent 照光後



圖十五：Griess reagent 照光後並打入 $\text{NO}_{2(g)}$

五、將 Griess reagent 各 5ml 試劑中逐次打入 0.01ml $\text{NO}_{2(g)}$ 後，發現 0.20ml $\text{NO}_{2(g)}$ 以後的玫瑰紅顏色不再改變。

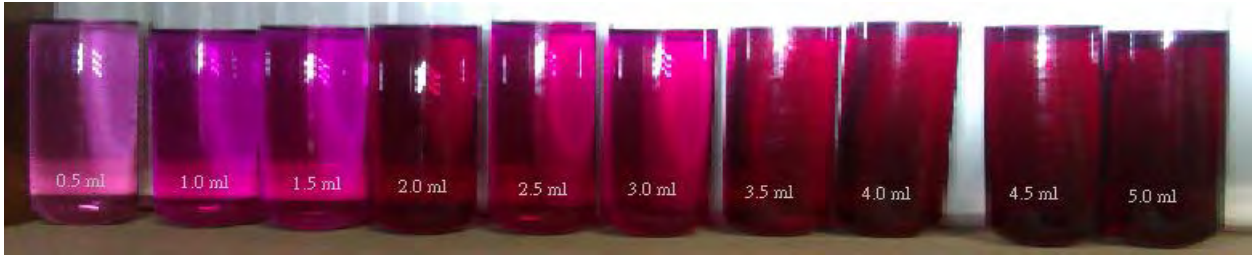


圖十六：打入 NO_2 氣體，並逐次增加 0.01ml，由 0.01ml 至 0.30 ml $\text{NO}_{2(g)}$

六、取 40ml 的 Griess reagent 打入 10ml $\text{NO}_{2(g)}$ 成為標準液並與 40ml 的 Griess reagent 打入不同體積 $\text{NO}_{2(g)}$ 並加以比色，結果如下：

表一：Griess reagent 打入不同體積 $\text{NO}_{2(g)}$ 後比色結果

打入 $\text{NO}_{2(g)}$ 體積	0.5 ml	1.0 ml	1.5 ml	2.0 ml	2.5 ml	3.0 ml	3.5 ml	4.0 ml	4.5 ml	5.0 ml
待測液高度	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
標準液高度	0.6 cm	1.2 cm	1.9 cm	2.5 cm	3.2 cm	3.9 cm	4.7 cm	5.5 cm	6.4 cm	7.4 cm



圖十七：40ml 的 Griess reagent 打入不同體積 NO_{2(g)}

七、 收集汽、機車發動瞬間與發動五分鐘後氣體加入 Griess reagent 後進行比色法測定，結果如下：

表二：以 Griess reagent 收集汽、機車廢氣後，並以比色法所得高度

	待測液高度	標準液高度		待測液高度	標準液高度
機車發動瞬間	10.6cm	0.6cm	汽車發動瞬間	10.9cm	1.0cm
機車發動五分鐘後	9.8cm	0.4cm	汽車發動五分鐘後	10.7cm	0.3cm

陸、 討論

一、 我們發現將 Griess reagent 加入在洋菜粉中仍然具有反應性，即使經過高溫加熱後仍可產生玫瑰紅色的偶氮化合物，並且將 Griess reagent 加入洋菜粉後製成果凍貼片，不僅美觀，而且使用方便也易於攜帶使用。

二、 由實驗可知 Griess reagent 經曝氧八天後，與其對照組(隔絕氧氣八天)外觀顏色相同，再打入 NO₂ 後，其顏色變化也相同，所以推測 Griess reagent 較不怕氧氣的作用。

將 Griess reagent 經高溫(100°C)處理後，與其對照組(在室溫水中) 外觀顏色方面，高溫處理過的呈現微微綠色，對照組仍為無色，再打入 NO₂ 後，其高溫組玫瑰紅顏色稍深；室溫組仍為正常玫瑰紅色，Griess reagent 高溫處理後仍具有反應性。

而將 Griess reagent 照光後，外觀顏色順序為無色(未光照)-黃色(照光三小時)-綠色(照光一天)，再打入 NO₂ 後時，發現未光照的顏色最深、照光三小時顏色居中、照光一天顏色最淺，所以我們推測光照會造成 Griess reagent 變質，當光照越久其質變越多，並且我們翻閱資料也發現，此現象與過去資料相符合。

三、 比色法的計算式

(一)標準液算式

1. Griess reagent 的配製與標準液的濃度計算：

對氨基苯磺酸 mole = 2.5 (g) ÷ 173.19 (分子量) = 1.4435e-2 (mole)

鹽酸萘乙二胺 mole = 0.03 (g) ÷ 259.18 (分子量) = 1.157e-4 (mole)

由反應(圖二)可知鹽酸萘乙二胺與對氨基苯磺酸為 1:1 配對形成偶氮化合物，且對氨基苯磺酸過量，所以直接以鹽酸萘乙二胺的濃度當成 Griess reagent 的濃度。

2. 標準液配製：

〔鹽酸萘乙二胺〕 = 1.157e-4 ÷ 0.5 (升) = 2.314e-4 M

3. 由於 Griess reagent 吸收 NO₂ 後變成橘紅色的偶氮化合物，因此可藉由顏色深淺，判斷偶氮化合物的濃度。

4. 取 Griess reagent 40ml 加入過量 NO₂ (10ml)，完全反應成偶氮化合物，所以可由〔鹽酸萘乙二胺〕 = 2.314e-4 M = 〔偶氮化合物〕 = 〔標準液〕 = [HNO₂]，因此可以由 Griess reagent 的變成偶氮化合物的濃度(可由比色法求出)來決定 HNO₂ 濃度。

而又藉由反應式 2NO₂+H₂O→HNO₃+HNO₂，可知 2[HNO₂]=[NO₂]

5. 根據比爾定律(Beer's law) A = ε BC 可知濃度與光線路徑成反比，即

$$〔濃度 1〕 \times 高度 1 = 〔濃度 2〕 \times 高度 2$$

$$〔標準液〕 \times 標準液試管高度 = 〔待測物〕 \times 待測物試管高度$$

(二)待測液計算

當待測液(40ml)打入 0.5ml NO₂ 後，反應式：2 NO₂ + H₂O → HNO₃ + HNO₂

$$〔標準液〕 = 〔HNO_2〕 = 1/2 〔NO_2〕$$

$$〔標準液〕 \times 標準液試管高度 = 〔待測液〕 \times 待測液試管高度$$

$$(2.314 \text{ e-4 M}) \times 0.6 \text{ (cm)} = 〔待測液〕 \times 10 \text{ (cm)}$$

$$2 \times 〔待測液〕 = 〔NO_2〕 = 2.7768 \text{ e-5 M}$$

待測液吸收的 NO₂ mole = 2.7768 e-5 M × 0.04 (L)

$$= 1.111 \text{ e-6 mole}$$

待測液吸收的 NO₂ 重 = 1.111 e-6 mole × 46 (g)

$$= 5.110 \text{ e-5 (g)}$$

反應時大氣壓約為 1atm；溫度約為 25°C

所以由 PM = dRT → 1atm(P_{NO₂}) × 46 (g/mole) = d_{NO₂} (g/ml) × 0.082(atm.L/ mole.K) × 298 (K)

$$d_{NO_2} = 1.87755 \text{ g/升}$$

原本打入待測液 NO₂ 氣體的重量 = 0.5ml NO₂ × 0.001(升/ml) × 1.87755g/升

$$= 9.38775 \text{ e-4 (g)}$$

待測液的 NO₂ 吸收率

= 待測液吸收的 NO₂ 重量 / 打入待測液 NO₂ 氣體的重量 × 100%

$$= 5.110 \text{ e-5 (g)} / 9.388 \text{ e-4 (g)} \times 100\%$$

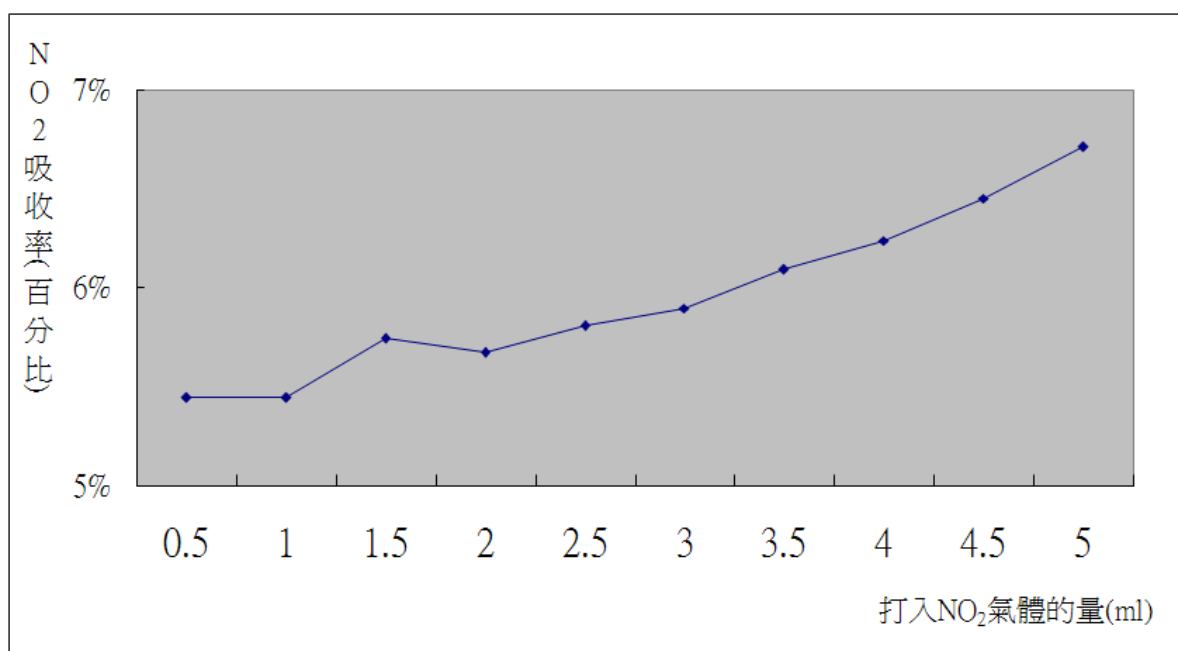
$$= 5.443 \%$$

根據以上算法可以得到不同 NO₂ 氣體量時 NO₂ 吸收率大小關係：

表三：不同 NO₂ 氣體量與 NO₂ 吸收率大小關係

待測液含的NO ₂ 含量	待測液試管長度	標準液試管長度	NO ₂ 吸收率
0.5ml	10cm	0.6cm	5.443%
1.0ml	10cm	1.2 cm	5.443%
1.5 ml	10cm	1.9 cm	5.745%
2.0 ml	10cm	2.5 cm	5.669%
2.5 ml	10cm	3.2 cm	5.805%
3.0 ml	10cm	3.9 cm	5.896%
3.5 ml	10cm	4.7 cm	6.090%
4.0 ml	10cm	5.5 cm	6.236%
4.5 ml	10cm	6.4 cm	6.450%
5.0 ml	10cm	7.4 cm	6.712%

將不同 NO₂ 氣體量與 NO₂ 吸收率大小關係作圖：



圖十八：不同 NO₂ 氣體量與 NO₂ 吸收率大小

(三)由實驗數據與圖表可知，Griess reagent 吸收 NO₂ 氣體的量隨著打入 NO₂ 氣體的量而升高，推測可能與 NO₂ 氣體的溶解性有關，當 NO₂ 的氣體量增加時，則溶解的 NO₂ 跟著提高，其轉化成 HNO₂ 的量升高，最後造成 Griess reagent 反應成玫瑰紅色的偶氮化合物的量增加，所以顏色也跟著加深。

四、 收集汽、機車排出廢氣

(一)機車發動瞬間(收集 2 分鐘)

〔標準液〕×標準液試管高度=〔待測液〕×待測液試管高度

$$2.314 \times 10^{-4} \text{ M} \times 0.6 \text{ (cm)} = \text{〔待測液〕} \times 10.6 \text{ (cm)}$$

$$\text{〔待測液〕} = \text{〔HNO}_2\text{]} = 1/2 \text{〔NO}_2\text{]} = 1.3098 \times 10^{-5} \text{ M}$$

由於一開始取待測液 40ml (0.04 升)所以

$$\begin{aligned} \text{待測液 mole} = \text{HNO}_2 \text{ mole} &= 1.3098 \times 10^{-5} \text{ (M)} \times 0.04 \text{ (升)} \\ &= 5.2392 \times 10^{-7} \text{ (mole)} \end{aligned}$$

由 NO₂ mole = HNO₂ mole × 2

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ mole} &= 5.2392 \times 10^{-7} \times 2 \\ &= 1.048 \times 10^{-6} \text{ (mole)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ 重} &= 1.048 \times 10^{-6} \text{ (mole)} \times 46 \text{ (g/mole)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \\ &= 4.821 \times 10^{-2} \text{ (mg)} \end{aligned}$$

又 1000ml 的定量瓶(容量約 1050ml)中，空氣的平均密度約為 1.293 (kg/m³) 所以容器內空氣重為 1.05 (L) × 0.001(m³/L) × 1.293 (kg/m³)

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ ppm} &= 4.821 \times 10^{-2} \text{ (mg)} \div \{ 1.05 \text{ (L)} \times 0.001 \text{ (m}^3\text{/L)} \times 1.293 \text{ (kg/m}^3\text{)} \} \\ &\approx 35.510 \text{ ppm} \end{aligned}$$

(二)機車熱車 5 分鐘後(收集 2 分鐘)

〔標準液〕×標準液試管高度=〔待測液〕×待測液試管高度

$$2.314 \times 10^{-4} \text{ M} \times 0.4 \text{ (cm)} = \text{〔待測液〕} \times 9.8 \text{ (cm)}$$

$$\text{〔待測液〕} = \text{〔HNO}_2\text{]} = 1/2 \text{〔NO}_2\text{]} = 9.445 \times 10^{-6} \text{ M}$$

由於一開始取待測液 40ml (0.04 升)所以

$$\begin{aligned} \text{待測液 mole} = \text{HNO}_2 \text{ mole} &= 9.445 \times 10^{-6} \text{ (M)} \times 0.04 \text{ (升)} \\ &= 3.778 \times 10^{-7} \text{ (mole)} \end{aligned}$$

由 NO₂ mole = HNO₂ mole × 2

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ mole} &= 3.778 \times 10^{-7} \times 2 \\ &= 7.556 \times 10^{-7} \text{ (mole)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ 重} &= 7.556 \times 10^{-7} \text{ (mole)} \times 46 \text{ (g/mole)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} \\ &= 3.476 \times 10^{-2} \text{ (mg)} \end{aligned}$$

又 1000ml 的定量瓶(容量約 1050ml)中，空氣的平均密度約為 1.293 (kg/m³) 所以容器內空氣重為 1.05 (L) × 0.001(m³/L) × 1.293 (kg/m³)

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ ppm} &= 3.476 \times 10^{-2} \text{ (mg)} \div \{ 1.05 \text{ (L)} \times 0.001 \text{ (m}^3\text{/L)} \times 1.293 \text{ (kg/m}^3\text{)} \} \\ &\approx 25.603 \text{ ppm} \end{aligned}$$

(三)汽車發動瞬間(收集 2 分鐘)

標準液〕×標準液試管高度=〔待測液〕×待測液試管高度

$$2.314 \times 10^{-4} \text{ M} \times 1 \text{ (cm)} = \text{〔待測液〕} \times 10.9 \text{ (cm)}$$

$$\text{〔待測液〕} = \text{〔HNO}_2\text{]} = 1/2 \text{〔NO}_2\text{]} = 2.123 \times 10^{-5} \text{ M}$$

由於一開始取待測液 40ml (0.04 升)所以

$$\begin{aligned} \text{待測液 mole} = \text{HNO}_2 \text{ mole} &= 2.123 \times 10^{-5} \text{ (M)} \times 0.04 \text{ (升)} \\ &= 8.492 \times 10^{-7} \text{ (mole)} \end{aligned}$$

$$\text{由 NO}_2 \text{ mole} = \text{HNO}_2 \text{ mole} \times 2$$

$$\text{NO}_2 \text{ mole} = 8.492 \times 10^{-7} \times 2 = 1.698 \times 10^{-6} \text{ (mole)}$$

$$\text{NO}_2 \text{ 重} = 1.698 \times 10^{-6} \text{ (mole)} \times 46 \text{ (g/mole)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} = 7.811 \times 10^{-2} \text{ (mg)}$$

又 1000ml 的定量瓶(容量約 1050ml)中，空氣的平均密度約為 1.293 (kg/m³) 所以容器內空氣重為 1.05 (L) × 0.001(m³/L) × 1.293 (kg/m³)

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ ppm} &= 7.813 \times 10^{-2} \text{ (mg)} \div \{ 1.05 \text{ (L)} \times 0.001 \text{ (m}^3\text{/L)} \times 1.293 \text{ (kg/m}^3\text{)} \} \\ &\approx 57.533 \text{ ppm} \end{aligned}$$

(四)汽車熱車 5 分鐘後(收集 2 分鐘)

標準液〕×標準液試管高度=〔待測液〕×待測液試管高度

$$2.314 \times 10^{-4} \text{ M} \times 0.3 \text{ (cm)} = \text{〔待測液〕} \times 10.7 \text{ (cm)}$$

$$\text{〔待測液〕} = \text{〔HNO}_2\text{]} = 1/2 \text{〔NO}_2\text{]} = 6.488 \times 10^{-6} \text{ M}$$

由於一開始取待測液 40ml (0.04 升)所以

$$\begin{aligned} \text{待測液 mole} = \text{HNO}_2 \text{ mole} &= 6.488 \times 10^{-6} \text{ (M)} \times 0.04 \text{ (升)} \\ &= 2.595 \times 10^{-7} \text{ (mole)} \end{aligned}$$

$$\text{由 NO}_2 \text{ mole} = \text{HNO}_2 \text{ mole} \times 2$$

$$\text{NO}_2 \text{ mole} = 2.595 \times 10^{-7} \times 2 = 5.190 \times 10^{-7} \text{ (mole)}$$

$$\text{NO}_2 \text{ 重} = 5.190 \times 10^{-7} \text{ (mole)} \times 46 \text{ (g/mole)} \times 10^3 \text{ (mg/g)} = 2.388 \times 10^{-2} \text{ (mg)}$$

又 1000ml 的定量瓶(容量約 1050ml)中，空氣的平均密度約為 1.293 (kg/m³) 所以容器內空氣重為 1.05 (L) × 0.001(m³/L) × 1.293 (kg/m³)

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ ppm} &= 2.388 \times 10^{-2} \text{ (mg)} \div \{ 1.05 \text{ (L)} \times 0.001 \text{ (m}^3\text{/L)} \times 1.293 \text{ (kg/m}^3\text{)} \} \\ &\approx 17.589 \text{ ppm} \end{aligned}$$

(五)藉由比色法測量汽、機車廢氣中 NO₂的含量，統整如下：

表四：汽、機車廢氣中 NO₂的含量

	待測液 高度	標準液 高度	廢氣中 NO ₂ 的量		待測液 高度	標準液 高度	廢氣中 NO ₂ 的量
機車發動 瞬間	10.6cm	0.6cm	35.510 ppm	機車發 動五分 鐘後	9.8cm	0.4cm	25.603 ppm

	待測液 高度	標準液 高度	廢氣中 NO ₂ 的量		待測液 高度	標準液 高度	廢氣中 NO ₂ 的量
汽車發動 瞬間	10.9cm	1.0cm	57.533 ppm	汽車發 動五分 鐘後	10.7cm	0.3cm	17.589 ppm

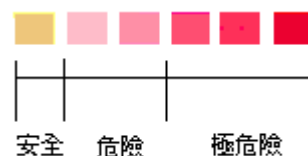
由(表四)可知汽、機車發動的瞬間 NO₂ 的濃度都高於發動 5 分鐘後的 NO₂ 濃度,推測可能原因:是熱車 5 分鐘後,熱氣使觸媒轉換器溫度上升,而根據資料顯示(參考資料 8、9),觸媒轉換器在約 300°C 時可以充分發揮效率,而使 NO₂ 轉化 N₂ 與 O₂ 的效率增加,因此發動五分鐘後測得廢氣中的 NO₂ 含量都低於發動瞬間的含量。

而當成樣品的機車約十年車(125 cc),而汽車約四年車(1998 cc),由(表四)可知發動瞬間汽車廢氣中 NO₂ 的含量(57.533 ppm)超過機車的含量(35.510 ppm),我們推測可能是汽車排氣量遠大於機車,所以剛開始 NO₂ 的含量也大於機車。

發動五分鐘後汽車廢氣中 NO₂ 的含量(17.589 ppm)急速降低,甚至於低於機車 NO₂ 的含量(25.603 ppm),我們推測可能是機車的車齡比較久,觸媒轉換器的轉化效果變差所導致。由資料可知觸媒轉換器的轉化效果可能因為燃料中的物質而產生毒化現象,或是產生燒結現象,都會使得觸媒轉換器的轉化效果變差,因此車齡較久,其觸媒轉換器的轉化效果也較大可能性變差。

根據以上資料,我們想到可以藉由 Griess reagent 來測量汽、機車觸媒轉換器的轉化效果,並且可以搭配洋菜粉製成成果凍貼片(GR 貼片),讓以後做汽機車排氣檢驗時,有一個更方便、更輕鬆的檢驗方式。

五、根據資料可知,空氣中 NO₂ 的含量超過 5ppm,即會對人體產生危害,已知汽車熱車後的 NO₂ 約 17.589 ppm,其顏色如同(圖十六)中打入 0.02mlNO₂ 後的色澤(淡淡的粉紅色),所以可推知 Griess reagent 只要試劑有顏色變化就對人體有危害的可能。所以我們根據在洋菜凍中逐次打入 NO₂ 氣體的顏色變化,藉由濃度高低排列,整理成對人體危害的比色表。



圖十九: GR 貼片對人體危害的比色表

柒、 結論

- 一、 Griess reagent 加入在洋菜粉後製成果凍貼片,不僅美觀並且使用方便、便宜,並且也易於攜帶。
- 二、 Griess reagent 在高溫(100°C)下與氧氣的環境下都不易產生質變,但在強烈光照影響

下會變質，並且其質變的色澤變化由無色轉成黃色，黃色最後變成綠色。並且由實驗結果可知，當 Griess reagent 轉成綠色時，打入高劑量 NO₂ 氣體也不易變色。所以可以藉由試劑顏色觀察 Griess reagent 是否質變。

三、打入 Griess reagent 中的 NO₂ 氣體的量增加時，Griess reagent 的 NO₂ 吸收率也隨之升高，我們推測可能與 NO₂ 氣體的溶解性有關。當 NO₂ 的氣體量增加時，則溶解的 NO₂ 跟著提高，其轉化成 HNO₂ 的量升高，最後造成 Griess reagent 反應成玫瑰紅色的偶氮化合物的量增加，所以顏色也跟著加深。

四、汽、機車發動瞬間，由於溫度低於觸媒轉化器的最佳轉化溫度(約 300°C)，所以其轉化效果都高於熱車一段時間後的數據，即熱車一段時間後觸媒轉化器才可順利運作，並使廢氣中 NO₂ 轉化成 N₂ 與 O₂。並且汽、機車的觸媒轉化器隨車齡、使用燃料多寡與種類，而發生毒化或燒結現象，使其轉化效率逐漸下降。

五、Griess reagent 只要有顏色變化，其吸附的 NO₂ 量(5ppm)就有可能造成人體危害。並根據 Griess reagent 的特性(不怕氧與高溫，但是怕光)，並加入洋菜粉製成成果凍貼片(GR 貼片)，最後再放入鋁箔袋(隔絕光線)中，製作成為我們的 NO₂ 偵測劑。



圖二十：Griess reagent 貼片(NO₂ 偵測劑)

期望我們的 NO₂ 偵測劑能為社會大眾提供一個更方便、更便宜的檢驗方式，帮助大家遠離二氧化氮的毒害。

捌、 參考資料

一、氮氧化物的相關性質：

氮氧化物主要是指 NO、NO₂，都是對人體有害的氣體，特別是對呼吸系統有危害。在 NO₂ 濃度為 9.4mg/m³ (5 ppm) 的空氣中暴露 10 分鐘，即可造成呼吸系統失調。

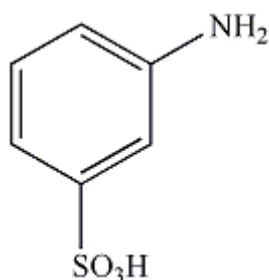
NO₂ 氣體本身有鮮艷紅棕色，二氧化氮氣體是酸雨的主要來源之一，其溶於水產生硝酸與亞硝酸。

健康危害：二氧化氮會損害呼吸道。一開始吸入氣體有輕微的眼及上呼吸道刺激癥狀，如咽部不適、乾咳等。常經數小時至十幾小時或更長時間潛伏期後發生遲發性肺水腫、成人呼吸窘迫綜合症，出現胸悶、呼吸窘迫、咳嗽、咳泡沫痰等。可併發氣胸及縱隔氣腫。肺水腫消退後兩周左右可出現遲發性阻塞性細支氣管炎。慢性作用：主要表現為神經衰弱綜合症及慢性呼吸道炎症。個別病例出現肺纖維化。可引起牙齒酸蝕症。

二、偶氮染料：

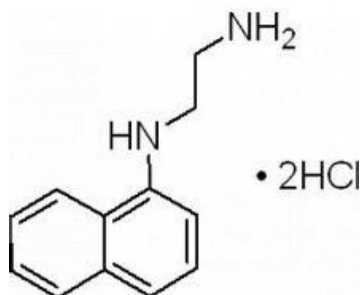
偶氮染料是指分子結構中含有偶氮基—N=N—的染料，是品種最多、應用最廣的一類合成染料。根據含有偶氮基的數目不同可分為：(1)單偶氮染料，如酸性大紅G；(2)雙偶氮染料，如直接大紅4B；(3)多偶氮染料，如直接黑BN。根據溶解度的不同可分為：(1)可溶性偶氮染料，指一般能溶解在水中的染料；(2)不溶性偶氮染料，包括冰染染料和其他不溶於水的偶氮染料。偶氮染料用於各種纖維的染色和印花，並用於皮革、紙張、肥皂、蠟燭、木材、麥稈、羽毛等的染色以及油漆、油墨、塑膠、橡膠、食品等的著色。

三、間氨基苯磺酸：



為白色結晶，可溶於水，用於製造偶氮染料和硫化染料。

四、鹽酸萘乙二胺：



為無色晶體，可溶於水，用於製造染料和藥物。

五、參考網址:

1. 二氧化氮性質

<http://cht.a-hospital.com/w/%E4%BA%8C%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%AE#.US8bSKLX9c0>

(檢索日期:2013/03/03)

2. 偶氮染料性質

<http://wenku.baidu.com/view/390287dcce2f0066f5332201.html>

(檢索日期:2013/03/03)

3. 探究二氧化氮與水的反應

<http://www.jyeoo.com/chemistry2/ques/detail/08f8f74a-3e48-491b-9f64-d21cbde9fa33>

(檢索日期:2013/03/03)

4. 間氨基苯磺酸性質

http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_CN_CB7143612.htm

(檢索日期:2013/03/10)

5. 間氨基苯磺酸性質

<http://www.chemicalbook.com/ProductMSDSDetailCB7143612.htm>

(檢索日期:2013/03/10)

6. 鹽酸萘乙二胺性質

<http://baike.baidu.com/view/2553719.htm>

(檢索日期:2013/03/10)

7. 鹽酸萘乙二胺性質

http://www.aladdin-reagent.com/thir.asp?Rea_SubID=12908

(檢索日期:2013/03/10)

8. 觸媒轉換器介紹

http://www.valueparts.com.tw/articles/tech_DPF.html

(檢索日期:2013/03/17)

9. 篇名：淺談汽機車觸媒轉化器的原理與應用

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2008/10/2008103009045803.pdf>

(檢索日期:2013/03/19)

10. 行政院環境保護署環境檢驗所

<http://www.niea.gov.tw/>

(檢索日期:2013/03/19)

【評語】 040209

學生利用 Griess reagent 以偵測 NO_2 。Griess reagent 加到洋菜粉中製成果凍貼片，因此是有便利偵測的想法，學生利用反應後的溶液顏色變化及自製比色法燈具得出 NO_2 吸收量，相當有創意，學生也測量汽機車 NO_2 的排放量。