

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040204

毒衣無惡！？—衣物中含微量甲醛的檢測

學校名稱： 國立臺中第二高級中學

作者： 高二 黃鼎傑 高二 葉宇豪 高二 林佳良	指導老師： 吳麗淑 周榮峯
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：甲醛、銀鏡反應、亞硫酸鈉法

壹、摘要

經濟部標準檢驗局公告 75ppm 以上的游離甲醛對人體的鼻黏膜、內臟器官、神經系統均有刺激作用；而國際研究癌症組織也已經證實，高濃度的甲醛對於受測試實驗的動物會引起鼻癌。因此，為了瞭解並分析市面上所販賣衣物甲醛的含量，在查閱相關文獻資料後，發現幾種可將高中化學教材內容所提及的課程，應用在檢測甲醛的方法上。

一種是利用 Tollen's Reagent 與醛類作用，可得羧酸及金屬銀之沉澱，再藉由銀的生成量推測甲醛的含量，簡稱 Silver Mirror Reaction。另一種是利用亞硫酸鈉與甲醛反應生成氫氧化鈉，再利用鹽酸進行滴定以計算甲醛的含量，簡稱亞硫酸鈉法。

最後找出使甲醛被分離出的最佳反應條件，並研究甲醛定量滴定时，最能精確測定甲醛含量的滴定方法，以及探討各種反應條件對檢測甲醛時可能造成的影響。

貳、研究動機

目前有許多的黑心產品充斥於市面上，舉凡衣物、家俱、甚至食品，都曾有所聞。據報導指出，衣服中含有危害人體的甲醛，雖然近幾年來並沒有發生過因衣服含有微量甲醛致死的新聞，但我們並不能肯定衣服上的甲醛生理上的不會造成影響。

曾經在報上看到一則新聞，其內容指出，市面標售永久免燙的衣物，內含甲醛的成份，尤其是有些牛仔褲、標榜 100%防皺防縮的衣褲或使用乙二醛樹脂定型的全棉免燙襯衫，都殘留有甲醛的成分。甲醛藥物對人的皮膚具有強烈刺激作用，會引起皮膚溼疹、全身過敏，且會造成呼吸道發炎，而導致肺癌。甲醛對人體健康的影響主要表現在嗅覺異常、刺激、過敏、肺功能異常、肝功能異常和免疫功能異常等方面。長期接觸低劑量的甲醛危害更大，可引起慢性呼吸道疾病。

為確保消費者權益及安全，防止因衣物含有過量甲醛而造成對人體的傷害，標準檢驗局已於 93 年 11 月 4 日修訂完成 CNS 6689〔針織內褲（男用）〕及 CNS 6690〔針織內衣〕2 種國家標準，增訂甲醛含量應在 75ppm 以下之規定。

然而從一些報章雜誌中得知，新衣服買回來時，應先水洗一、兩次，將衣物中所殘留的甲醛含量降低，以減低藥劑對人體的危害。為了更深入了解市面上所販售的衣物中，甲醛藥劑殘留量的普遍性，因此開始對市面上所販售的衣物，作一連串不同的檢測。首先以甲醛做為第一階段的研究對象。

參、研究目的

- 一、檢測織物中是否含有甲醛並且測出其含量。
- 二、研究不同布料對甲醛殘留量的影響。
- 三、研究甲醛的定量分析。
- 四、檢測水洗樣布後，織物中甲醛的殘留量。

肆、研究器材與實驗藥品

一、研究器材

燒杯	容量瓶
錐形瓶	玻璃滴管
過濾瓶	玻璃棒
滴定管	玻璃片
分度吸量管	試管
漏斗	加熱攪拌器
布氏漏斗	圓底燒瓶
分液漏斗	溫度計
電子天平（精確至小數第三位）	刮勺
稱量紙	濾紙
普通布料	不織布（Polyethylene）
剪刀	碼錶
安全吸球	比色裝置
pH 計(cyber scan pH510 桌上型)	

二、實驗藥品

甲醛	瑞香草酚酞（Thymolphthalein）
藥用酒精	酚酞（Phenolphthalein）
硝酸銀	氫氧化鈉
氨水	硝酸
鹽酸	乙酸乙酯
二氯甲烷	亞硫酸鈉
廣用指示劑	溴瑞香草藍（Bromothymol blue）

伍、研究過程或方法

一、利用銀鏡反應檢測甲醛：

(一)試劑：

0.1M 硝酸銀溶液：將 1.698 克的硝酸銀溶於水，而稀釋至 100.0 毫升的硝酸銀水溶液。

0.1M 氫氧化鈉溶液：將 0.410 克的氫氧化鈉溶於水，而稀釋至 100.0 毫升的氫氧化鈉溶液。

0.6M 硝酸銀溶液：將 10.188 克的硝酸銀溶於水，而稀釋至 100.0 毫升的硝酸銀水溶液。

2.5M 氫氧化鈉溶液：將 1.000 克的氫氧化鈉溶於水，而稀釋至 100.0 毫升的氫氧化鈉溶液。

甲醛水溶液：取 0.1 毫升的福馬林（37% 甲醛水溶液）加水稀釋至 100.0 毫升以下簡稱 A 液。

配製多倫試劑：

B 液：0.1M 硝酸銀溶液 5.0 毫升與 0.1M 氫氧化鈉溶液 5.0 毫升混合均勻，再加入氨水，使其生成的棕色沉澱物氧化銀完全溶解並產生 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}_{(\text{aq})}$ 。

C 液：0.6M 硝酸銀溶液 6.0 毫升與 2.5M 氫氧化鈉溶液 3.0 毫升，混合均勻後重複上述步驟即可。

(二)研究方法：利用改變溫度、試劑濃度等變因來探討何種情況下銀鏡的產量為最佳。

(三)實驗步驟：

實驗一：根據文獻中所記載試劑的濃度，進行實際操作並觀察其混合比例與析出銀量的關係。

1. 實驗用之燒瓶、試管先用濃硝酸徹底清潔乾淨。

(1)取 0.1M 硝酸銀溶液 10.0 毫升和 0.1M 氫氧化鈉溶液 10.0 毫升混合，並加入氨水直至沉澱物消失（多倫試劑）。

(2)將多倫試劑與福馬林（未經稀釋 37% 甲醛水溶液）20.0 毫升充分震盪混合後，觀察其析出銀之情形。

2. 改變甲醛濃度。

(1) 取 B 液與配置完成的 A 液加入試管中並充分震盪混合，觀察其變化。

3. 探討加熱對銀鏡反應之影響。

(1) 取 B 液與 A 液加入試管中並充分震盪混合。

(2) 將試管隔水加熱至 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，觀察其變化。

4. 探討硝酸銀與甲醛及多倫試劑與甲醛反應之差異。

(1) 取 0.1M 硝酸銀溶液與 A 液一同加入試管中並充分震盪混合。

(2) 將試管隔水加熱至 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 與步驟 3.的結果做比較，觀察其差異。

5. 如步驟 4.，甲醛水溶液改為福馬林溶液（未稀釋前之 37% 甲醛水溶液）。

(1) 取 0.1M 硝酸銀溶液與 37% 甲醛水溶液加入試管中並充分震盪混合。

(2) 將試管隔水加熱至 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 與步驟 4.的結果做比較，觀察其析出銀量之變化。

6. 試以不同的混合比例重複上述實驗比較析出銀量的差異。

(1) 取 0.6M 硝酸銀溶液 10.0 毫升和 2.5M 氫氧化鈉溶液 10.0 毫升混合並加入氨水直至沉澱物消失。

(2) 將多倫試劑與福馬林溶液（37% 甲醛水溶液）20.0 毫升充分震盪混合觀察其析出銀之變化。

(3) 再取 C 液與福馬林加入其他試管中並充分震盪混合。

(4) 將上述試管隔水加熱至 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

(5) 與步驟 1.的結果做比較，觀察其析出銀量之變化。

實驗二：將織物以銀鏡反應的方法作檢測並設法測甲醛的含量。

(1) 取編號 1 至 13 之布料，將布料放置於裝少量水的燒杯中加熱至 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，再進行過濾。

(2) 將所得濾液與多倫試劑放置於試管中並充分震盪混合。

(3) 將試管隔水加熱至 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，觀察是否有銀析出並設法秤出銀的重量。

二、利用亞硫酸鈉法檢測甲醛

(一)試劑：

D 溶液：取亞硫酸鈉 3.151 克配製成 0.1 M 亞硫酸鈉溶液 250.0 毫升。

E 溶液：取 32% 鹽酸 0.285 克配製成 0.01M 氯化氫水溶液 250.0 毫升。

F 溶液：取 37% 福馬林 10.0 毫升，加水配製成 100.0 毫升之甲醛水溶液。

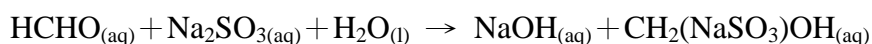
G 溶液（瑞香草酚酞指示劑）：取 0.1 克的瑞香草酚酞溶於酒精中，配製成濃度為 0.1% 溶液 100 克。

H 溶液(酚酞指示劑)：指示劑變色之 pH 範圍介於 8~10 之間。

I 溶液(廣用指示劑)：指示劑變色之 pH 範圍介於 4~10 之間。

(二)研究方法：

此一方法是根據當甲醛和亞硫酸鈉反應，生成甲醛－酸性亞硫酸鹽加成生成物時，會游離出定量的氫氧化鈉，藉由滴定氫氧化鈉的濃度而推算出溶液中甲醛的含量。



(三)實驗步驟：

實驗三：依方程式中各反應物比例關係設定一濃度範圍進行此實驗，並調整不同的濃度及指示劑對其影響。

1. 使用亞硫酸鈉法，檢測織物甲醛含量

- (1) 選定一未含甲醛的不織布，浸泡於 F 溶液(甲醛水溶液)數分鐘後風乾。
- (2) 將布料剪成 5 cm×5 cm 大小五塊，再分別置入錐形瓶內，加入 D 溶液(亞硫酸鈉溶液) 20.0 毫升。
- (3) 充分反應後加入 G 溶液(指示劑)3~5 滴。
- (4) 再由 E 溶液滴定，並記錄 E 溶液之滴定量。
- (5) 計算織物中的甲醛含量。

2. 探討亞硫酸鈉濃度對甲醛含量檢測的影響。

- (1) 取亞硫酸鈉 0.315 克配製成 0.001 M 亞硫酸鈉水溶液 1.0 公升。
- (2) 重複上述步驟 1.(2)~(5)步驟。

3. 探討不同指示劑對檢測織物中甲醛的影響

更換指示劑其他條件均不變進行測試

- (1) 更換指示劑(瑞香草酚酞、酚酞指示劑及廣用指示劑)，則其他檢測條件及實驗步驟均不變的情形下，進行甲醛定量檢測。
- (2) 實驗所得數據與步驟(2)之結果比較。

4. 探討鹽酸滴定液的濃度對甲醛含量檢測的影響

- (1) 取 0.01M 鹽酸 100.0 毫升稀釋至 1.0 公升濃度為 0.001 M 作為滴定液。
- (2) 其他檢測條件及實驗步驟均不變的情形下，進行測試。

5. 探討甲醛與亞硫酸鈉的反應速率

- (1) 取 0.0001M 亞硫酸鈉水溶液 26.0 毫升置入錐形瓶中。
- (2) 加入甲醛水溶液後，在加入 0.001M 鹽酸水溶液 2.6 毫升。
- (3) 間隔時間為三分鐘，並開始記錄其 pH 值，直到 pH 值達 7.0。

實驗四：改變處理織物方法(如：水洗、放置通風處)，並以亞硫酸鈉法檢測織物中甲醛的變化量。

6. 探討風乾放置時間對甲醛含量的影響

- (1) 選定一不織布，於浸泡 F 溶液(甲醛水溶液)數分鐘後風乾。
- (2) 將布料剪 1.0 克，並將四個樣本作為一組。
- (3) 每一組分別以放置一日、兩日…至一週，為風乾放置時間。
- (4) 將每組四個樣本，分別置入各錐形瓶內，且加入 D 溶液(亞硫酸鈉水溶液)30.0 毫升。
- (5) 充分反應後加入 G 溶液(瑞香草酚酞) 3~5 滴。
- (6) 蓋上漏斗於錐形瓶上，加熱至 80°C~90°C 約十分鐘。
- (7) 加熱完畢後，將布料取出，並蓋上玻璃蓋冷卻。
- (8) 再由 E 溶液(鹽酸)滴定，並記錄錐形瓶中 E 溶液之滴定量。
- (9) 計算出織物中甲醛的含量。
- (10) 比較風乾靜置時間對甲醛含量的影響。

7. 探討水洗次數對甲醛殘留量的影響

- (1) 將含有甲醛之不織布以水搓洗一至兩次，作為水洗條件。
- (2) 將布料剪成 5 cm×5 cm之樣本十塊。
- (3) 利用亞硫酸鈉檢測法，分別檢測出各織物中甲醛含量。
- (4) 比較織物水洗次數對甲醛殘留量的影響。

8. 探討水洗溫度對甲醛含量的影響

- (1) 將不織布以不同水溫 20°C 及 45°C 水洗一次。
- (2) 將布料剪成 5 cm×5 cm之樣本三十塊。
- (3) 利用亞硫酸鈉檢測法，分別檢測出各織物中甲醛的含量。
- (4) 比較水洗溫度對甲醛從織物中萃取量的影響。

三、檢測市售織物甲醛含量

(一) 試劑：

J 液：取 31.512 克的亞硫酸鈉，配製成 1M 亞硫酸鈉溶液 250.0 毫升。

K 液：95% 藥用酒精。

L 液：二氯甲烷。

M 液：蒸餾水 (50°C~60°C)。

N 液(鹽酸)：取 28.50 克 32% 鹽酸，配製成 1M 鹽酸溶液 250.0 毫升。

(二) 實驗步驟：

實驗五：利用亞硫酸鈉法，並改變其測試條件(溶劑的種類、織物的重量、及萃取液的再處理)，來檢測織物中甲醛的含量。

1. 研究何種溶劑最容易析出織物中殘留的甲醛

- (1) 取同一織物 4 塊 (5cm×5cm)，分別置入 J、K、L、M 四種不同的溶劑中，並利用玻棒加以攪拌。
- (2) 再取同一類織物樣本，並將其放入另一 J 液中，進行加熱，以探討溫度對甲醛析出量的影響。
- (3) 各取 25.0 毫升 J 液分別置於 K、L、M 溶液中，再加入 5~6 滴酚酞於 4 瓶溶液中，並觀察溶液中顏色變化情形。

- (4) 比較四種溶劑對甲醛萃取的影響。
2. 利用亞硫酸鈉法檢測織物中是否含有甲醛殘留物。
 - (1) 剪取織物樣本 2 塊 (5cm×5cm)，分別置入甲、乙錐形瓶中。
 - (2) 分別加入 25.0 毫升亞硫酸鈉溶液，用力攪拌，並進行加熱至 50℃~60℃。
 - (3) 加入 5~6 滴的酚酞指示劑，觀察其顏色變化。
 3. 增加樣布重量，放大實驗檢測結果，以增加檢測的準確性。
 - (1) 增加樣布重量。
 - (2) 重複上述步驟 2.(2)~(3)。
 - (3) 所得實驗結果與實驗步驟 2. 相互比較。
 4. 試驗利用活性碳吸附萃取液中的染料，是否會影響甲醛含量的檢測。
 - (1) 將四個錐形瓶，分別標示甲₁、甲₂、乙₁、乙₂，以示區別。
 - (2) 分別加入 37% 甲醛 0.5 毫升，以及亞硫酸鈉 42.2 毫升，在甲組中滴入 7~8 滴酚酞，乙組則加入 7~8 滴廣用指示劑，並搖晃均勻。
 - (3) 準備兩個錐形瓶及漏斗，並在濾紙上放置 1 克的活性碳。
 - (4) 將甲₂、乙₂ 分別倒入兩個濾液裝置中，將其過濾。
 - (5) 過濾完後，將所獲得之濾液分別利用鹽酸滴定，並記錄鹽酸的滴定量。
 - (6) 比較活性碳過濾對檢測甲醛含量的影響。

實驗六 檢測市面販售織物之甲醛殘留量。

1. 方法一：觀察指示劑的顏色變化，並記錄鹽酸消耗的量。
 - (1) 剪下約 5 克的布，分別置入裝有 200 克亞硫酸鈉水溶液燒杯中，加熱至 80~90℃ 進行，並均勻攪拌。
 - (2) 將溶液中的棉絮去除而進行過濾，為避免甲醛及反應生成的氫氧化鈉殘留於布料中，因此利用 60℃ 之蒸餾水 10.0 毫升清洗樣布。
 - (3) 將過濾瓶中的液體稱重，並記錄之。

(4) 有些布料可能因加熱的過程中，將染料溶出，為減少顏色判斷的因素影響，遂利用活性炭將其過濾，再加入 4~6 滴溴瑞香草藍指示劑。

(5) 以蒸餾水的萃取液顏色當作對照，再將亞硫酸鈉萃取液利用鹽酸滴定，並記錄鹽酸的滴定量。

2. 方法二：以 pH 計取代指示劑，與上述方法作對照。

(1) 分別置入 1.0 克之樣布於 100 毫升燒杯中，並加入亞硫酸鈉 30.0 毫升，再利用鋁箔紙蓋住。

(2) 使其加熱置 80°C 至 90°C，並搖晃燒杯，確保甲醛從樣布中完全析出。

(3) 放置室溫中冷卻，再利用 pH 計，測其 pH 值，並記錄杯中之 pH 值。

(4) 再利用鹽酸徐徐滴定，使 pH 值直到 7 後停止，並記錄鹽酸滴定量。

陸、研究結果

一、銀鏡反應：

(一) 進行**實驗一**所得結果如下所述：

1. 由**步驟 1.**知，A 液與 B 液以不同比例混合，反應後雖有銀析出，但銀析出量很少，而且大量的雜質沉澱，如表一。

表一. 探討甲醛體積與銀析出量的關係

編號	試管淨重(克)	B 液(毫升)	A 液(毫升)	反應後情形
1	35.9	20.0	5.0	無銀析出， 只有雜質沉 澱。
2	37.9	20.0	10.0	
3	37.1	20.0	15.0	
4	37.2	20.0	20.0	

2. 由**步驟 2.**與**步驟 1.**對照知，加熱會使反應速率加快，但是不可加熱過久，否則析出的銀會消失不見，如表二、表一。銀的析出量過少，而原本用的電子天平精確值只到小數以下第一位，所以無法精準測出析出銀之重量，遂必須提高精確值，如表三。

表二. 探討加熱（70~80℃）對銀鏡反應之影響

編號	試管淨重(克)	B 液(毫升)	A 液(毫升)	反應後情形
1	35.9	20.0	5.0	剛加熱時，管壁上 似乎有少許銀析 出，但過一下子， 銀就消失。
2	37.9	20.0	10.0	
3	37.1	20.0	15.0	
4	37.2	20.0	20.0	

3. 由**步驟3**知，以硝酸銀取代多倫試劑與甲醛反應，銀析出量改變不大，如表四。

表三. 探討加熱對銀鏡反應之影響

編號	試管淨重(克)	B 液(毫升)	A 液(毫升)	反應前後試管重量差(g)
1	37.1	20.0	5.0	0.0
2	37.9	20.0	10.0	0.0
3	35.9	20.0	15.0	0.0
4	37.2	20.0	20.0	0.0
5	35.5	20.0	25.0	0.0
6	36.3	20.0	30.0	0.1
7	37.1	20.0	35.0	0.0
8	36.2	20.0	40.0	0.0

表四. 探討用硝酸銀與甲醛反應和用多倫試劑與甲醛反應之不同

編號	試管淨重(克)	0.1M 硝酸銀溶液(毫升)	A 液(毫升)	反應後情形
1	5.301	2.0	4.0	銀析出量仍然很少， 低於 0.003g。
2	5.421	2.0	2.0	
3	5.351	2.0	1.0	

4. 由步驟 4.與步驟 3.對照知，提高甲醛濃度會讓銀析出量變多，故得知甲醛在此反應中為限量試劑，如表五。

表五. 探討甲醛濃度對銀析出之影響

實驗項目	編號	0.1M 硝酸銀溶液 (毫升)	甲醛濃度	體積 (毫升)	試管重量差 (克)	試管情形
步驟四	1	1.0	37% 甲醛 水溶液	2.0	0.008	雖有較多的銀 析出，但析出重 量中包含一些 雜質，所以無法 精準測出銀的 重量。
	2	1.0		1.0	0.008	
	3	1.0		0.5	0.006	
步驟三	4	2.0	0.037% 甲 醛水溶液	4.0	銀析出量仍然很少，低於 0.003 克。	
	5	2.0		2.0		
	6	2.0		1.0		

5. 由步驟（五）與步驟（二）對照知，用較高濃度之硝酸銀溶液和氫氧化鈉溶液配製而成的多倫試劑與 37% 甲醛水溶液反應，銀析出量明顯變多，如表六。但是仍然有雜質沉澱，且少部分的銀無法牢固吸附在瓶壁上，如圖一。



圖一、銀鏡反應附著於瓶壁之情形

表六. 以不同的混合比例重複上述實驗比較析出銀量的不同

編號	C 液(毫升)	37%甲醛水溶液 (毫升)	反應前後試管 重量差(克)	過濾後剩餘 重量(克)
1	1.0	1.0	0.001	0.030
2	0.8	1.0	0.001	0.048
3	0.5	1.0	0.002	0.195

(二) 將織物以銀鏡反應的方法作檢測並設法測甲醛的含量，結果如圖二、表七。

表七. 各織物以銀鏡反應檢測後之情形

編號	C 液(毫升)	37%甲醛水溶液 (毫升)	反應前後試管 重量差(克)	過濾後剩餘重量 (克)
布料 1	2.0	2.0	0.166	0.056
	2.0	1.0	0.003	0.054
布料 2	2.0	2.0	0.006	0.072
	2.0	1.0	0.013	0.071
布料 3	2.0	2.0	0.003	0.043
	2.0	1.0	0.014	0.032
布料 4	2.0	2.0	0.003	0.016
	2.0	1.0	0.005	0.078
布料 5	2.0	2.0	0.001	0.040
	2.0	1.0	0.001	0.055
布料 6	2.0	2.0	0.001	0.037
	2.0	1.0	0.002	0.096
布料 7	2.0	2.0	0.006	0.024
	2.0	1.0	0.001	0.030
布料 8	2.0	2.0	0.003	0.034
	2.0	1.0	0.008	0.029
布料 9	2.0	2.0	0.008	0.006
	2.0	1.0	0.002	0.060
布料 10	2.0	2.0	0.001	0.025
	2.0	1.0	0.001	0.036
布料 11	2.0	2.0	0.003	0.028
	2.0	1.0	0.003	0.040
布料 12	2.0	2.0	0.002	0.064
	2.0	1.0	0.003	0.052
布料 13	2.0	2.0	0.001	0.034
	2.0	1.0	0.005	0.038



圖二、將織物以銀鏡反應做檢測之結果。

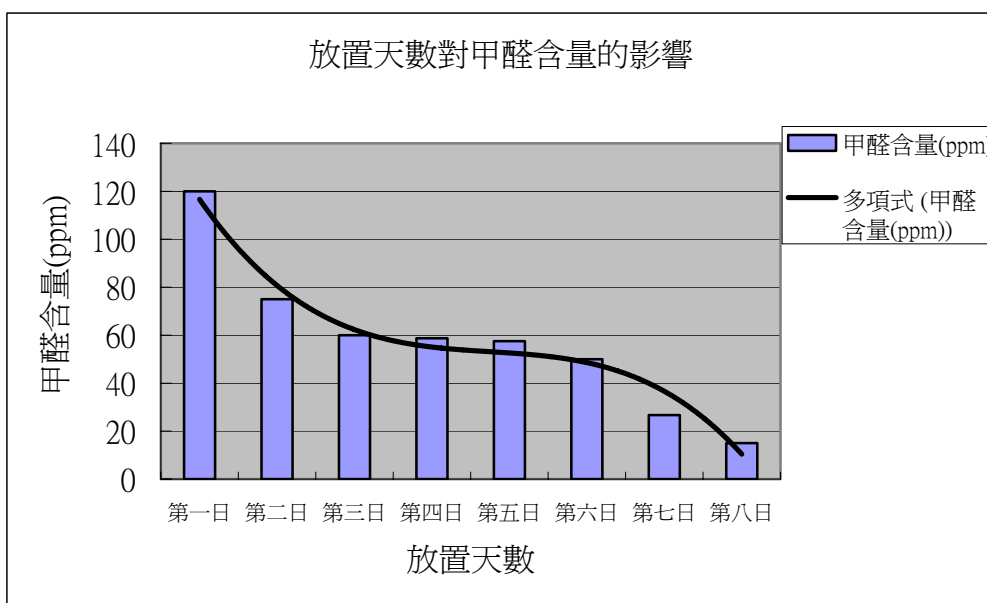
二、亞硫酸鈉法：

(一) 檢測織物中甲醛變化量

1. 在實驗五中，發覺甲醛的含量隨著放置天數增加而減少，如表八、圖三。

表八. 甲醛含量與放置天數的關係

	第一日	第二日	第三日	第四日	第五日	第六日	第七日	第八日
甲醛含量(ppm)	120.0	75.0	60.0	58.7	57.5	50.0	26.6	15.0

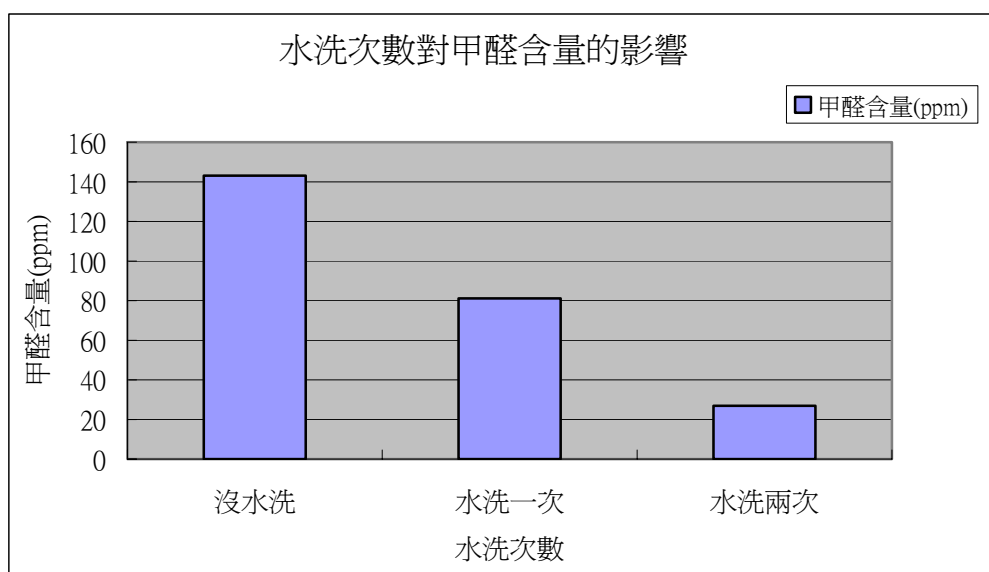


圖三、 甲醛含量與放置天數的關係。

2. 在實驗六中，發覺甲醛的含量隨著水洗次數增加而減少，如表九、圖四。

表九. 水洗次數對甲醛含量的影響

	沒水洗	水洗一次	水洗兩次
甲醛含量(ppm)	143.0	81.1	26.8

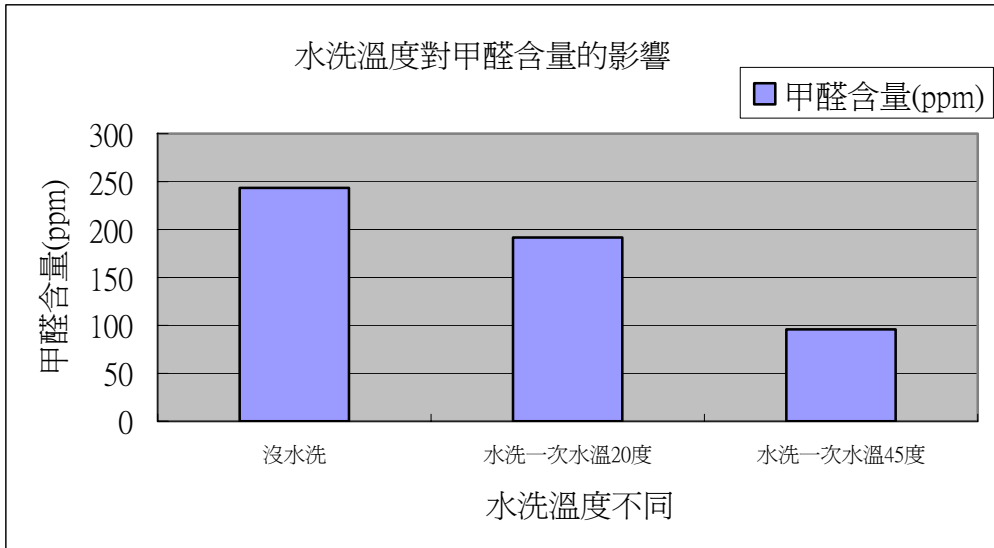


圖四、 水洗次數對甲醛含量的影響

3. 在實驗七中，發覺甲醛的含量隨著水洗溫度升高而減少，如表十、圖五。

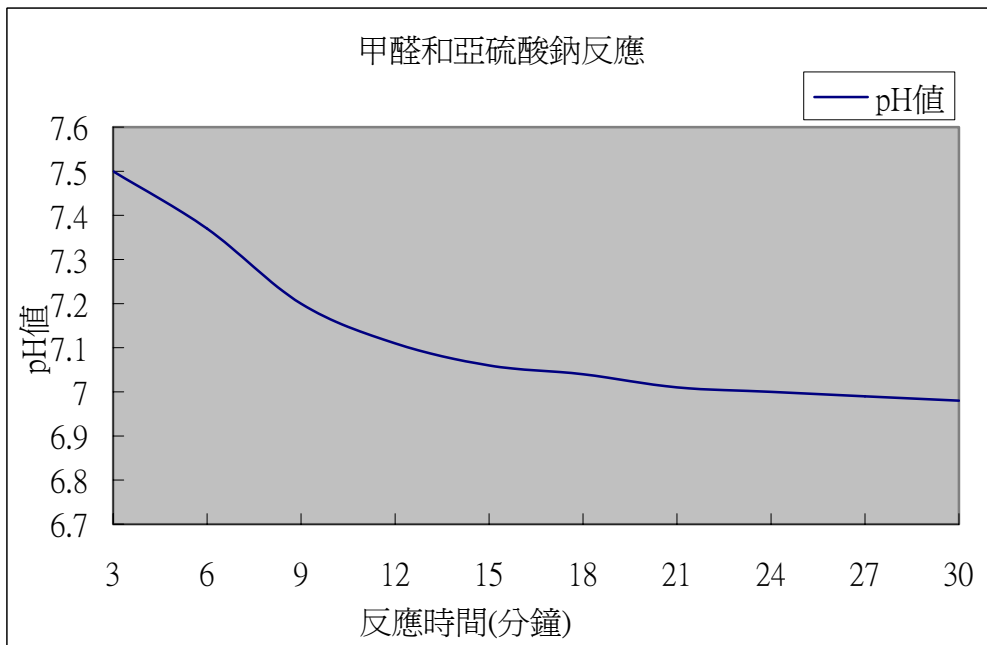
表十. 水洗溫度對甲醛含量的影響

	沒水洗	水洗溫度 20°C	水洗溫度 45°C
甲醛含量(ppm)	243.3	191.6	95.7



圖五、水洗溫度對甲醛含量的影響

4.在**實驗三 5.**得知，甲醛與亞硫酸鈉反應約需三十分鐘才完成，如圖六。



圖六、甲醛和亞硫酸鈉反應速率

(二) 對市面販售衣物進行檢測

1. 由**實驗五-1**，亞硫酸鈉水溶液較易析出樣布中的甲醛。
2. 在**實驗五-2**，發現加熱過後的 J 液比未加熱的 J 液顏色變化較深，因此得知加熱（70℃~80℃）會使布料較易析出甲醛。
3. 從**實驗五**得知，由於樣布重量太小的原因，導致顏色並沒有太大的改變，結果如表八。
4. 在**實驗五-3**中，將其樣布重量增重，但是卻發現樣布中的染料卻因此溶出。
5. 在**實驗五**中結果顯示，活性碳並不會因為吸附氫氧化鈉而影響甲醛含量的檢測，結果如表九。

表十一. 對不同布料作甲醛檢測

項目 編號	亞硫酸鈉 0.01M (毫升)	水溶液變化情形
布料 1	25.0	顏色並無明顯變化
布料 2	25.0	顏色並無明顯變化
布料 3	25.0	顏色稍微混濁，初步判定應為雜質，且加熱後較為混濁
布料 4	25.0	顏色並無明顯變化
布料 5	25.0	顏色並無明顯變化
布料 6	25.0	顏色並無明顯變化
布料 7	25.0	顏色並無明顯變化

表十二. 活性碳過濾對吸附氫氧化鈉之影響

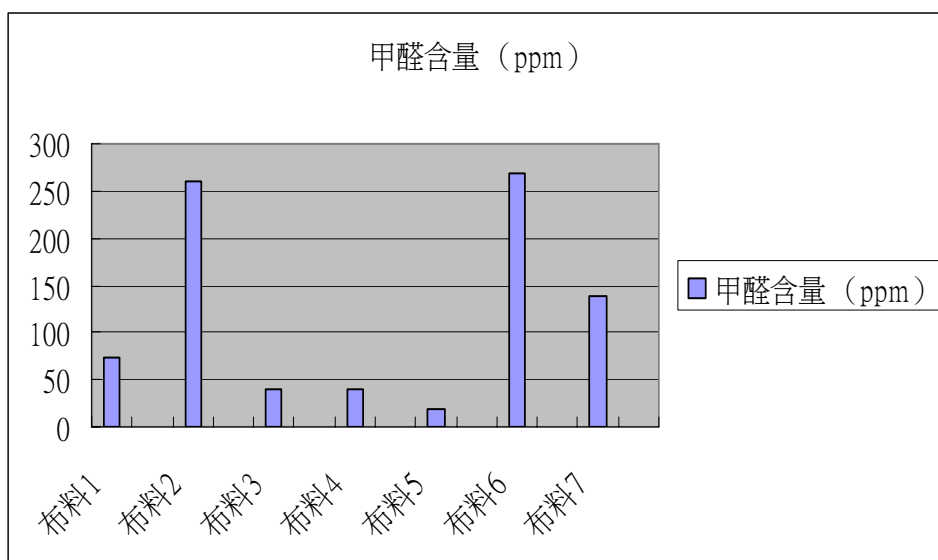
編號	溶液			
	甲醛(毫升)	亞硫酸鈉(毫升)	指示劑	鹽酸(毫升)
甲 1	0.50	42.40	酚酞	4.60
甲 2(活性碳過濾)	0.50	42.40	酚酞	3.8+0.5(註 1)
乙 1	0.50	42.40	廣用指示劑	4.50
乙 2(活性碳過濾)	0.50	42.40	廣用指示劑	4.0+0.4(註 1)

註 1：後來所加的鹽酸毫升數，因活性碳上可能有氫氧化鈉的殘留，所以在活性碳上加入 10 毫升 60°C 的蒸餾水。

6. 在**實驗六**中，對於市面上衣物進行甲醛含量檢測時，順利的測出各布料中甲醛的含量，結果如表十三、表十四、圖七、圖八。pH 值與溴瑞香草藍的顏色，如圖九。氫氧化鈉濃度與溴瑞香草藍顏色的變化，如圖十。

表十三. 使用方法一所測得不同布料中甲醛的含量

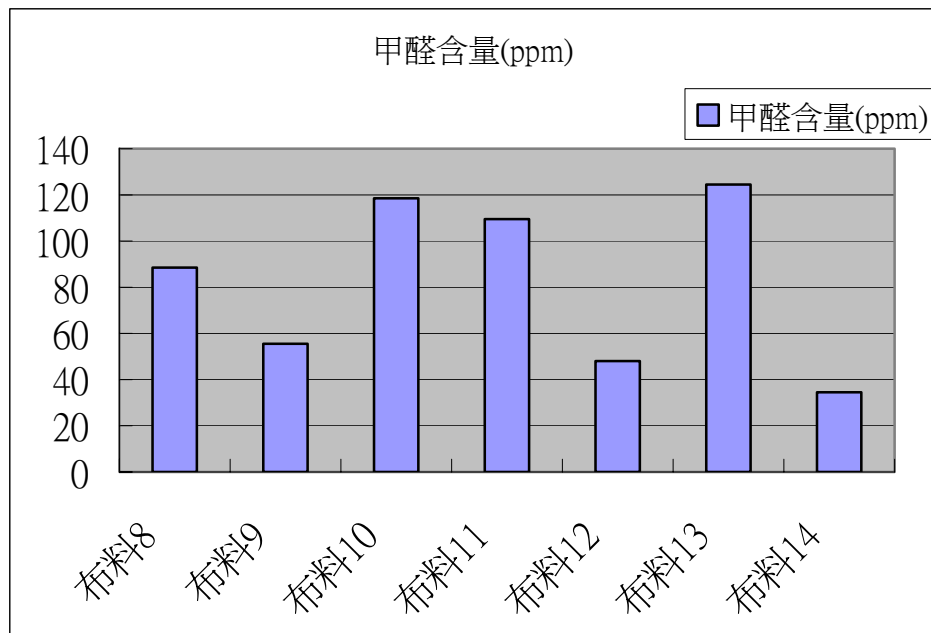
編號	項目	亞硫酸鈉	蒸餾水	加熱後所剩重量	活性碳	鹽酸滴定數	pH 值	甲醛含量 (ppm)
		(克)	(克)	(克)	(克)	(毫升)		
布料 1	甲	200.0	0	147.2	1.0	12.20	6.97	73.2
	乙	0	200.0	150.7	1.0	0		
布料 2	甲	200.0	0	136.5	1.0	43.50	7.02	261
	乙	0	200.0	151.1	1.0	0		
布料 3	甲	200.0	0	170.5	1.0	6.80	7.01	40.8
	乙	0	200.0	175.0	1.0	0		
布料 4	甲	200.0	0	147.1	1.0	6.50	6.95	39
	乙	0	200.0	169.9	1.0	0		
布料 5	甲	200.0	0	117.6	1.0	3.00	6.89	18
	乙	0	200.0	137.8	1.0	0		
布料 6	甲	200.0	0	157.1	1.0	44.90	6.96	269.4
	乙	0	200.0	162.5	1.0	0		
布料 7	甲	200.0	0	153.2	1.0	23.00	7.02	138
	乙	0	200.0	150.4	1.0	0		



圖七、不同布料中甲醛的含量

表十四. 使用方法二所測得不同布料中甲醛的含量

項目		亞硫酸鈉 (ml)	pH 值	鹽酸(ml)	ppm	平均 ppm
布料 8	甲	30.0	7.96	2.50	75.0	88.5
	乙	30.0	8.45	3.40	102.0	
布料 9	甲	30.0	7.99	2.10	63.0	55.5
	乙	30.0	7.50	1.60	48.0	
布料 10	甲	30.0	8.65	3.40	102.0	118.5
	乙	30.0	9.04	4.50	135.0	
布料 11	甲	30.0	8.79	3.70	111.0	109.5
	乙	30.0	8.11	3.60	108.0	
布料 12	甲	30.0	8.05	2.30	69.0	48.0
	乙	30.0	7.32	0.90	27.0	
布料 13	甲	30.0	9.14	4.30	129.0	124.5
	乙	30.0	8.83	4.00	120.0	
布料 14	甲	30.0	7.43	1.10	33.0	34.5
	乙	30.0	7.46	1.20	36.0	



圖八、不同布料中甲醛的含量



圖九、pH 值與指示劑的顏色



圖十、 氫氧化鈉濃度與指示劑顏色的變化



圖十一、 Cyber scan pH510 桌上型 pH 計

柒、討論

一、 使用銀鏡反應

(一) 由**步驟 1**的結果可得知，常溫下反應時間較長，因此需將反應溫度提高，然而由**步驟 2**發現，溫度升高(70°C~80°C)如預期的使銀鏡反應增快，可明顯觀察到銀的析出，卻不可加熱過久。

(二) 由**步驟 2**得知，加熱過久時，無法觀測到銀的析出，推測銀是被氧化形成氧化銀，為了使銀和雜質分離，觀察銀析出之變化，故試著加入鹽酸水溶液，使其與銀反

應生成氯化銀沉澱，並將雜質溶解，但實驗結果發現，鹽酸水溶液未能有效的溶解雜質並且和銀反應產生氯化銀沉澱，效果不佳，但此可作為以後更深入探討的方向。

- (三) 實驗過程中，從另一資料得知，硝酸銀溶液可取代多倫試劑直接與甲醛反應，但由**步驟 4.**及**步驟 5.**的實驗結果得知，效果不如預期般的好，故往後實驗還是以多倫試劑來與甲醛反應。
- (四) 由**步驟 4.**與**步驟 3.**結果對照得知，高濃度甲醛反應後析出之銀量較低濃度甲醛反應後的多，故推測反應中，甲醛為限量試劑，因此往後實驗中，用高濃度甲醛來反應以增加銀秤重之精確值。
- (五) 在**步驟 5.**中發現，銀無法牢固的析出在瓶壁上，其原因為甲醛不易吸附於玻璃瓶壁上，故所析出之銀亦無法牢固的吸附於瓶壁上，往後如何使銀牢固的析出於瓶壁上，可作為日後研究的方向。(如圖十二)
- (六) 銀鏡反應雖然誤差較大，只能定性分析不能定量分析，但是可將其運用在檢測織物中是否含有甲醛。



圖十二、過濾時殘留的雜質及少量的銀。

二、使用亞硫酸鈉法

〈一〉選擇最適當的測定方法

1. 選擇亞硫酸鈉法做為檢測的依據，由實驗三之**步驟 1**來測試布料中是否含有甲醛。
2. **步驟 2**.將**步驟 1**.亞硫酸鈉溶液的濃度降低，以至於可以求得更精準的數據，在此只將亞硫酸鈉降低為 10^{-3}M ，此濃度不會使酚酞指示劑有明顯的顏色變化，且經由文獻得知，待滴定的溶液須含有過量的亞硫酸鈉為宜。並且經由數次實驗得知，此部份使用酚酞指示劑較能有明顯的顏色變化，故將【實驗一】中的指示劑改成酚酞指示劑。
3. **步驟 4**.將**步驟 2**.鹽酸濃度降低，以測得更微量的甲醛含量。
4. **步驟 5**.實驗中測得，甲醛和亞硫酸鈉反應完成約需三十分鐘，故進行加熱以加快其反應速率，更加確定此反應完成。

〈二〉測試不同的指示劑

與酚酞指示劑的操作方法相同，由空白實驗得知，亞硫酸鈉溶液直接加入廣用指示劑會呈現藍色，而甲醛溶液與亞硫酸鈉溶液所產生的氫氧化鈉亦會使廣用指示劑呈現藍色，此現象並沒有辦法做有效的判斷，故不採納此方式作為檢測方法，而瑞香草酚酞亦為如此。

〈三〉布料中甲醛的含量變化

探討布料放置天數與甲醛含量的關係：

假設布料原本未含甲醛，而由實驗四得知，甲醛含量會依照放置天數增加而減少，但經由計算發現，甲醛每日減少的速率並沒有一定的規律，此可作為以後探討的方向。

〈四〉檢測將布料水洗後甲醛的含量

1. 探討水洗次數對甲醛含量的影響：

由實驗四得知，水洗次數增加，甲醛含量變少，經由計算後發現，每一次水洗後，減少的速率有變少的趨勢，若經由此速率變化，則推測布料中甲醛含量在水洗第五次的時候將會完全消失。

2. 探討水洗的溫度對甲醛含量的影響：

經由實驗中得知，水洗溫度越高，會將甲醛析出更多，故推測若將布料放置沸水煮過後，可將其甲醛含量析出更多，故可將此技術運用到洗滌衣物上，可使衣物中甲醛含量減少。

〈五〉在**實驗六**的過程中，以不改變任何的條件下，而將亞硫酸鈉溶液改為蒸餾水進行實驗，並以活性碳過濾溶液，之後加入數滴的溴瑞香草藍，發現溶液之顏色呈現藍色。在未過濾的蒸餾水中加入數滴的溴瑞香草藍，顏色則呈現黃色，故研判活性碳中含有其他鹼性物質。利用 pH 計檢測時，如圖十一，若將蒸餾水利用活性碳過濾後，則發現其 pH 值近似 8，而未利用活性碳過濾的蒸餾水，其 pH 值為 7.43。

〈六〉水溶液利用活性碳過濾之後，其水溶液呈鹼性，遂排除利用活性碳過濾去除染劑的方法，而改以直接利用 pH 計測量其 pH 值，較為準確。在指示劑的部份，則因為指示劑在顏色上的判斷不易，所造成鹽酸滴定時，會造成誤差，故也利用 pH 計作為輔助，以減少誤差值。

捌、結論

一、在銀鏡反應中，加熱會使銀析出速率加快。

二、不選用銀鏡反應而改以亞硫酸鈉法來測出微量甲醛的含量，原因如下：

（一）等待時間過長：甲醛含量較低與多倫試劑反應需要一段較長時間，而過濾試管內液體後，乾燥試管和濾紙又需要另一段時間。

（二）反應後析出銀的重量極少：反應物甲醛為微量，相對的產物銀也會很少。

（三）此反應生成副產物的量多於銀析出量，且分離過程中，易造成銀的耗損，形成極大的誤差值。

（四）在銀鏡反應中，加熱時間不宜過久：長時間加熱下易發生銀被包覆在沉澱物中，如同上面（三）所述因分離造成誤差。

三、溫度對樣布所析出甲醛含量很大：溫度高，甲醛析出量較多；溫度低，則甲醛析出的量就較低，因此建議新的衣服，應使用溫度較高的水來進行水洗。

四、活性碳對於氫氧化鈉的吸附力不大，且能有效的吸附染料等有機物。

五、影響布料中甲醛含量的因素如下：

(一) 通風放置天數：放置天數越多天，則布料中甲醛的含量越少。

(二) 水洗次數：水洗次數越多，則布料中甲醛的殘留量越少。

(三) 水洗溫度：隨著水洗溫度的增高，萃取液中甲醛的含量增多。

玖、參考資料及其他

- 一、王澄霞、魏明通〈民 63〉。有機化學實驗。初版。三民書局。
- 二、秦道堅〈民 64〉。有機化學(上)。初版。台灣商務印書館。
- 三、陳國成〈民 65〉。實用有機化學(上)。初版。大中國圖書公司。
- 四、Walker, J. Frederic〈民 83〉。甲醛。初版。〈謝旺 譯〉。國立編譯館。
- 五、林敬二、徐惠麗、黃明星〈民 84〉。分析化學。二版。全威圖書有限公司。
- 六、楊寶旺。高中物質科學化學篇(下)。龍騰文化事業股份有限公司。
- 七、張法興〈民 84〉。紡織原料學。修正版。書恒出版社。
- 八、宮本武明、本宮達也〈民 89〉。新纖維材料入門。二版。〈中國紡織工業研究中心 譯〉。中國紡織工業研究中心。
- 九、邱永亮、魏盛德〈民 86〉。染色化學(合)。初版。財團法人徐氏基金會。
- 十、吳文演〈民 88〉。高科技紡織品之研發企劃與產品設計。再版。台灣區絲織工業同業公會。
- 十一、林宗華〈民 85〉。織物整理工程學。七版。國彰出版社。
- 十二、標準檢驗局增訂針織內衣褲之甲醛含量標準〈民 85 年 1 月 11 日〉。經濟部標準檢驗局秘書室。

http://www.bsmi.gov.tw/page/pagetype8_sub.jsp?no=501&pageno=635&type_no=1&groupid=26

十三、陳聖文〈民 94 年 8 月 20 日〉。銀鏡之生成---展現福馬林的還原力。國立彰化師範大學理學院化學系。

<http://pckchem.ncue.edu.tw/laboratory/chemdemo/85/8524017/%E9%8A%80%E9%8F%A1%E7%94%9F%E6%88%90.htm>

十四、奇妙有趣的化學實驗—銀鏡反應 〈民 93 年 9 月 13 日〉 國立中興大學化學系。

<http://140.120.9.250/ann//show.php?mytid=25&mypartid=4&noday=&nopart=&show=0&myday=999&noyear=1&nomonth=&myyear=&mymonth=&t=1142347964&usenuke=>

十五、Peter Keusch(2003). Tollens Reaction - Silver Mirror Test

http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Tollens-e.htm

評語

040204 毒衣無惡！？-衣物中含微量甲醛的檢測

1. 同學細心留意生活中的化學問題，但是追究問題要先詳細查閱研究材料(甲醛)的基本物質性質，以利研究方向的把握。
2. 研究題目名稱要與研究對象及結果對焦精準，主、副題不可倒置。