

投稿類別：
化學類

篇名：
探討如何檢測家中芳香劑的內是否含有甲醛：席夫試劑濾紙的檢測

作者：
李昕怡。私立葳格高級中學。普二甲班。

指導老師：
駱立揚 老師

壹●前言

一、研究動機

知名指甲油品牌驗出甲醛超標 82 倍(註一)，還有嶄新的裝潢、家具、汽車等等散發出的刺鼻味，以及新聞偶爾有報導衣物、化妝品、黑心食品等等含有過量甲醛(註二)，這些都是我們在生活中時常遇見的生活用品，然而我們對於甲醛的了解是否足夠？面對生活中所使用的甲醛濃度超標，我們是否應該有所防治？看見新聞報導甲醛可能會導致我們的皮膚過敏，甚至導致肺功能異常、肝功能異常和免疫功能異常，且目前已經被世界衛生組織確定為致癌和致畸形物質，是健康殺手！(註二)。目前國內尚未訂定室內空氣中游離甲醛含量之標準，但行政院勞工委員會對勞工作業環境訂定勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準：空氣中甲醛之最高濃度不得高於 1ppm(註三、註四)。在暑假時，中山醫學大學 醫學應用化學系 蔡惠燕教授來學校推廣「甲醛的檢測與生物分解」的科普推廣活動，我從此活動中，認識到生活中有許多的物質或生活用品可能含有甲醛的問題感到興趣。

二、研究目的

希望利用此科普活動中所學習到的席夫試劑紙的方法來檢測家中的芳香劑內是否可能含有甲醛？並且討論這些芳香劑是否含有其他的有機揮發物質？並討論這些揮發物質是否會造成人體健康的傷害。

三、研究方法

藉由上網、查閱相關書籍和期刊，並且使用科學實驗的方法以席夫試劑濾紙來檢測家中的芳香劑。

貳●正文

一、甲醛的簡介

(一)甲醛的物理性質

純甲醛為無色透明氣體且具有強烈刺激性，沸點為 -19.5°C ，閃點為 85°C ，自燃點為 430°C ，密度為 0.815 g/ml 。甲醛極易溶於水，且易溶於醇、醚、丙酮、苯等溶液(註五)。因為甲醛的沸點低，所以甲醛容易揮發至空氣中，故甲醛為一種常見的有機揮發物質並且是常見的室內空氣污染毒物。

(二)甲醛的化學性質

甲醛的還原性很強，極易被氧氣或氧化劑氧化為甲酸或甲醇，甲醛亦會發生自身聚合生成三聚甲醛和多聚甲醛。甲醛具有親電性，可以和芳烴發生親芳香取代反應，也可以與烯烴發生親電加成(註六)。甲醛與酚類以醋酸鈉作為催化劑縮合成酚醛樹脂(註五)。甲醛也是曼尼希反應中常用的醛，空氣

中的甲醛氣體可以通過強氧化性的高錳酸鉀和其反應。甲醛的水溶液通稱為福馬林，福馬林通常用於製作標本，或者在醫學上保存病理切片、手術機器和病房的消毒(註五)。由於甲醛活潑的化學性質，將甲醛與苯酚、尿素和三聚氰胺分別混合，製造出酚醛樹脂（電木）、尿素甲醛樹脂和三聚氰胺甲醛樹脂（美耐皿、密胺樹脂），廣泛用於各種居家用品中(註五)。

二、甲醛在日常生活中的汙染來源(註二、註七)

(一)空氣中的甲醛

1. 用作護牆板、天花板等裝飾材料的各類 醛樹脂膠人造板，比如合板、細木板、纖維板和刨花板等。
2. 含有甲醛成分並有可能向外界散發的裝飾材料，比如貼牆布，貼牆紙，油漆和塗料管。
3. 有可能散發甲醛的室內陳列及生活用品，比如傢俱、化纖地毯和泡沫塑料等；4. 燃燒後會散發甲醛的某些材料，比如香煙及一些有機材料。
5. 有些芳香劑、殺蚊液也含有甲醛成分。

(二)衣物中的甲醛

白挺或免燙的衣物尤其是有些牛仔褲、標榜 100%防縮防縮的衣褲或全棉免燙襯衫使用乙二醛樹脂定型，都含有甲醛成分。

(三)食物中的甲醛

食物中添加甲醛，常為了漂白、蛋白質凝固、及保鮮防腐上的作用。在台灣曾有蘿蔔乾、米粉、粉絲中添加甲醛漂白；中國大陸現在則有鴨血豆腐、腐竹、掛麵添加甲醛蛋白質凝固及漂白。中國大陸市場上有發現蝦仁、烏賊、海參、黃喉、魷魚、鴨腸、鴨掌、海螺、天梯、扇貝肉等海產食品泡過含甲醛藥水保鮮防腐。

(四)化妝品中的甲醛

指甲油中的甲醛除了可來自甲醛樹脂之外，主要的來源其實是作為防腐劑的甲醛，而實際使用的是一類稱為「甲醛釋放劑」的化學物質。甲醛釋放劑本身不是甲醛，但會慢慢發生化學反應，在產品中產生微量甲醛，從而在化妝品中產生抗菌、防霉、防腐的功能。甲醛釋放劑產生甲醛，甲醛也藉由化學反應消耗掉，如此一來，甲醛的含量便可達到穩定的平衡。

三、甲醛的危害

甲醛對於健康的危害者主要有三個方面，分別是刺激作用、致敏作用以及指突變作用(註八)。甲醛的活性很高，因此會與蛋白質和 DNA 起反應，一個甲

醛分子能夠與蛋白質的兩個胺基或是和 DNA 的鹼基連結而使其改變結構，甲醛透過此反應使原本人體內蛋白質和 DNA 失去正常功能進而危害我們的健康。在刺激作用方面，甲醛主要表現在皮膚黏膜上，如呼吸道水腫、眼睛刺痛和頭痛等等。皮膚直接碰觸甲醛則會引起過敏性皮膚炎、色斑、壞死和誘發支氣管氣喘，此為致敏作用。而高濃度的甲醛是一種基因毒性物質，動物吸入時則可能引起鼻咽腫瘤，此為致突變作用。

當甲醛暴露於我們呼吸的空氣中時，會對我們的健康造成影響，而不同程度的暴露濃度也會有不同的影響程度(註八)。當甲醛濃度暴露在 0.08ppm 以下時，我們幾乎聞不到也沒有感覺，直到 0.5ppm 時，眼睛開始會有刺痛感並聞到臭味，當濃度高達 5ppm 時，喉嚨會開始不舒服並開始咳嗽，最嚴重則是在 20ppm 時，甲醛會使我們體內產生刺激作用，例如刺激呼吸器官系統。除了甲醛暴露的濃度會對我們造成影響之外，暴露的時間也會對我們的健康造成影響。在 0.8ppm 以下的濃度下暴露 1 分鐘，甲醛會改變大腦皮質，5 分鐘後，則會刺激眼睛，數分鐘後則會影響我們的嗅覺和視覺。在 0.196-0.245 的濃度下暴露 1 小時，會刺激我們的眼睛、鼻子和喉嚨，達到 5 小時的時候，鼻子喉嚨會感到乾燥。而在高達 4ppm 的濃度下，只要短短的 1 分鐘，我們就必須藉由呼吸器保護。

現今的食物含有甲醛，然而當我們吃進這些含有甲醛的食物時則會直接產生中毒反應，輕微者只有口腔、咽、食道和胃的黏膜刺激，比較嚴重時會有頭暈、咳嗽、嘔吐、上腹疼痛的症狀(註二)。最嚴重則是會使胃腸出血、昏迷、休克、肺水腫、肝腎充血及血管周圍水腫。一次若食入 10-20 毫升大量的甲醛則會出現昏迷、休克死。若長期接觸甲醛，則會有致畸和鼻腔、口腔、咽喉等消化道癌症危險性增加。

四、甲醛的檢測方法

(一)醛類與多倫試劑的銀鏡反應：

在鹼性條件下： $2\text{Ag}(\text{NH}_3)_3^{2+} + \text{RCHO} \rightarrow \text{Ag} + \text{RCOO}^- + 4\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
多倫試劑與醛反應時加熱，二氨銀錯離子被還原成金屬銀析出於管壁。(註九)

(二)醛類與斐林試劑的反應：

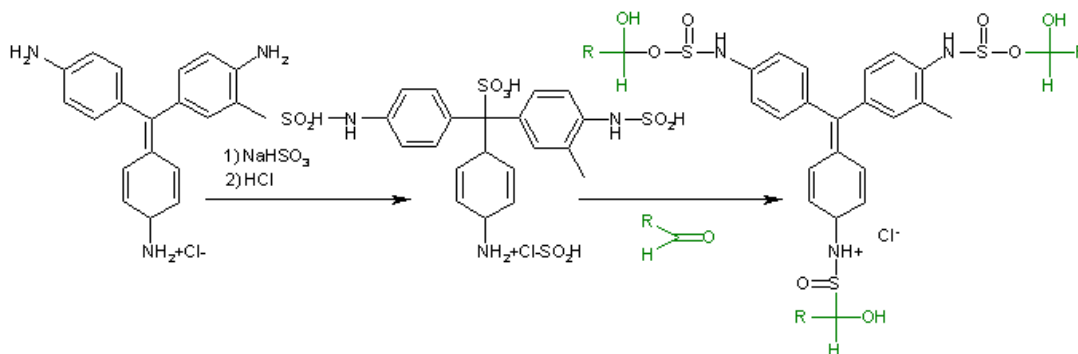
在鹼性的條件下： $2\text{Cu}^{2+}_{(\text{complex})} + \text{RCHO} + 5\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} + \text{RCOO}^- + 3\text{H}_2\text{O}$
醛類與斐林試劑反應時，溶液中藍色的銅離子減少而變淡，並產生暗紅色的氧化亞銅的沉澱物。(註九)

(三)醛類與席夫試劑的反應：

席夫試劑是由德國化學家雨果·席夫(Hugo Schiff)發明的一種檢驗醛類

的方法(註十)。原本為無色的席夫試劑會與醛類分子反應呈現紫紅色的顏色變化。而顏色愈紅，表示醛類分子的濃度愈高(註十一)。本研究所使用的席夫試劑是從中山醫學大學 醫學應用化學系蔡惠燕教授實驗室所配製，我們使用浸泡過席夫試劑的定量濾紙放在樣品瓶中來檢測不同的芳香劑中是否含有甲醛分子。

下圖為席夫試劑與醛類可能的反應機制圖：



圖一、席夫試劑與醛類反應機制圖。取自

<http://www.chem.umass.edu/~samal/269/lecture/aak/aak6.pdf>(註十二)

五、實驗步驟

(一) 吸附甲醛氣體體積對席夫試劑濾紙的影響

本研究的實驗溫度為 24°C，其甲醛的飽和蒸氣壓約為 2.31×10^{-3} atm。若將甲醛視為理想氣體的話，則甲醛氣體的濃度約為 9.5×10^{-8} mol/mL。將定量濾紙試片(直徑為 6.2 mm)放入針筒內後，抽取純空氣、2mL、3mL、4mL 的甲醛飽和蒸氣並混合空氣成總體積 10mL。

(二) 模擬家居環境的甲醛檢測空白實驗

先將不同濃度的甲醛溶液放入 10 公升的血清瓶中密閉 4 小時，模擬家中揮發 4 小時的情境。再將定量濾紙試片置入血清瓶中，觀察試片的顏色變化。

(三) 使用席夫試劑濾紙對三種家用芳香劑的檢測實驗

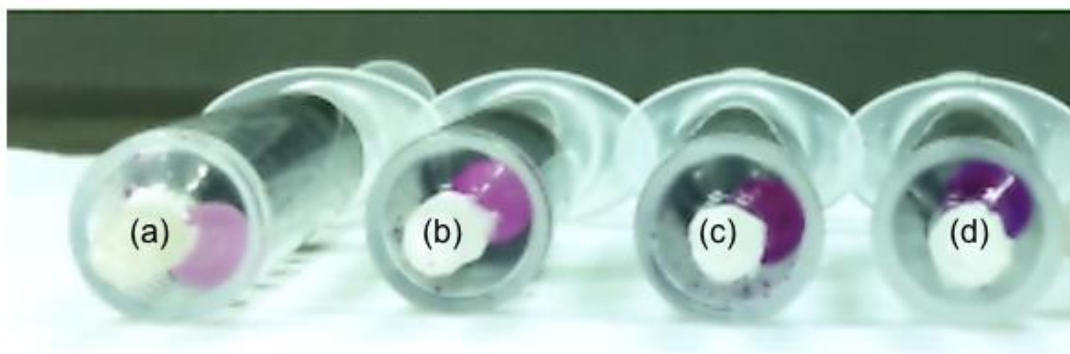
將三種家用芳香劑置入血清瓶中四小時後，把 10 片席夫試片放入血清瓶中觀察試片的顏色變化。

六、實驗結果

(一) 吸附甲醛氣體體積與席夫試劑濾紙的反應結果

如圖二所示，(a)為純空氣的空白實驗，(b)、(c)、(d)各為抽取 2 mL、4 mL、6mL 飽和甲醛氣體與空氣之混合氣體與席夫試紙的反應結果。圖(a)表示，在純空氣中席夫試紙的顏色為淡淡的紫紅色。但隨著抽取的飽和甲醛蒸

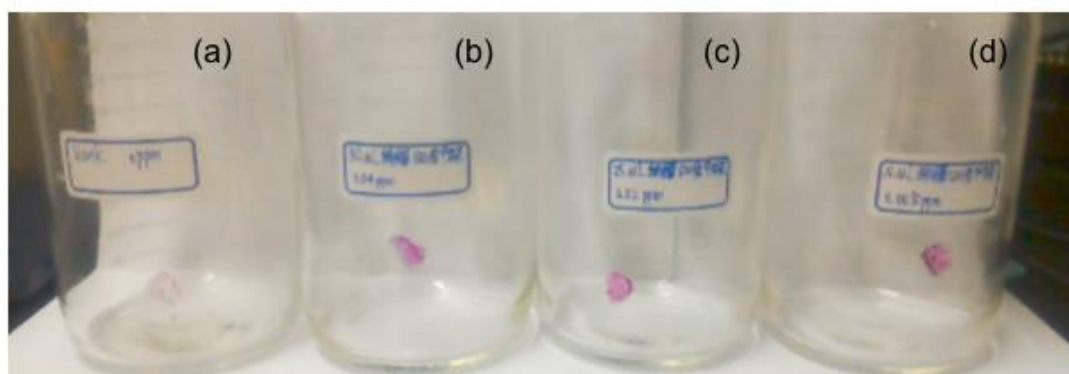
氣的體積愈大，席夫試紙的顏色看起來愈來愈深。



圖二、(a)為純空氣的空白實驗，(b)、(c)、(d)各為抽取 2 mL、4 mL、6mL 飽和甲醛氣體與空氣之混合氣體與席夫試紙的反應結果。

(二) 模擬家居環境的甲醛檢測空白實驗

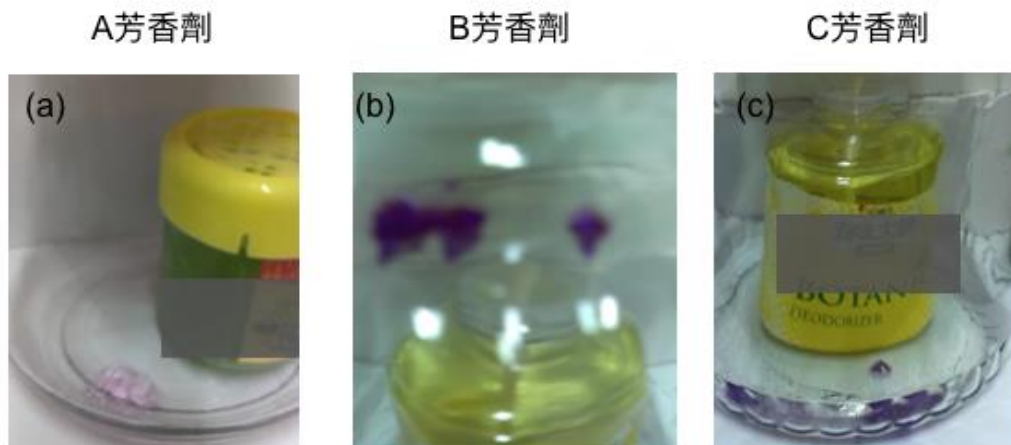
圖三顯示在 10 公升血清瓶中，如果只有純空氣的狀態下，席夫試紙的顏色依然與針筒的實驗類似，顏色看起來為非常淡的紫紅色(如圖三(a))。但在 0.04 ppm(圖三(b))、0.06 ppm(圖三(c))和 0.08 ppm(圖三(d))的甲醛蒸氣濃度下，席夫試紙均會呈現紫紅色的反應。



圖三、(a)為純空氣的空白實驗，(b)、(c)、(d)各為 0.04、0.06、0.08 ppm 飽和甲醛蒸氣於 10 公升的血清瓶中與席夫試紙的反應結果。

(三) 使用席夫試劑濾紙對三種家用芳香劑的檢測實驗

將三種家中常用的芳香劑放入 10 公升的血清瓶中，並且於室溫下密封 4 小時後，將 10 片席夫試紙放入血清瓶中，圖四(a)發現 A 芳香劑的實驗結果為幾乎不含甲醛揮發物；但 B 芳香劑和 C 芳香劑的測驗結果顯示兩者均含甲醛或其他揮發性的醛類分子(圖四(b)和(c))。



圖四、(a)A 芳香劑與席夫試紙的反應結果，(b)為 B 芳香劑與席夫試紙的反應結果；(c)為 C 芳香劑與席夫試紙的反應結果。(本實驗將芳香劑的名稱遮住，以避免發生侵權問題)

參●結論

- 一、 利用席夫試劑來可用來檢測甲醛，實驗的結果約為 0.04 ppm 以上的甲醛即可造成席夫試劑濾紙從白色變成紫紅色。
- 二、 但是席夫試劑濾紙不可放在空氣中太久，因為從空白實驗中發現如果放置太久的話，席夫試劑會與濾紙纖維內醛基反應而變色。
- 三、 本實驗取三種常用的芳香劑的有機揮發物與席夫試劑濾紙來反應，發現 B 芳香劑所呈現的紫紅色最深，其次為 C 芳香劑，最淡的為 A 芳香劑。這顯示 A 芳香劑內幾乎不含醛類揮發物，但 B 和 C 芳香劑可能含有甲醛揮發物質。從文獻得知，能與席夫試劑反應為具有醛基的有機物質，可能為甲醛或是其他的醛類分子。雖然有不確定是否為甲醛，但使用席夫試劑的優點為不需加熱即可反應，而且反應的速率即快，約不到 1 分鐘即可看見濾紙的顏色變化。
- 四、 與席夫試劑相比，多倫試劑和斐林試劑的檢測法就比較麻煩而且反應速率慢，無法立即觀測出醛類是否存在。而且其檢測濃度亦比席夫試劑不敏感。因此本研究發現，席夫試劑濾紙的方法可簡易的檢測家中是否存在有甲醛揮發物質。
- 五、 本研究發現，若使用席夫試劑濾紙法來檢驗甲醛是可行的。如果濾紙的顏色無發生改變，表示無醛類揮發物或其濃度低於 0.04 ppm。但如果試劑濾紙的顏色改變的話，則表示具有醛類揮發物質，若要確認是否為甲醛的話，則需要使用其他複雜的檢測法或用氣相層析質譜來檢測。
- 六、 因為本研究只是簡易且快速地檢測芳香劑中是否含有甲醛或醛類分子，但無法確實測量醛量分子的濃度，故未來若能結合簡易型的吸收光度計，如此就能測量出席夫試劑的顏色變化，推算出醛類揮發物質的濃

度。

肆●引注資料

- 註一、蔡明樺、戴安瑋。知名 **OPI** 指甲油 致癌**甲醛**竟超標 **82** 倍。蘋果即時。2016 年 2 月 4 日。
- 註二、林杰樑。日常生活中的**甲醛(福馬林)**汙染。綠十字健康網。2016 年 3 月 2 日，取自 <http://www.greencross.org.tw/enviroment/formalin.htm>
- 註三、行政院勞工委員會。採樣分析建議方法(方法編號：**2404**)。台北 行政院勞工委員會。民國 96 年 10 月 24 日。
- 註四、行政院勞工委員會。勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度標準。台北 行政院勞工委員會。民國 92 年 12 月。
- 註五、**Formaldehyde**, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Formaldehyde>.
- 註六、克萊因(著)，鄭偉杰和龔嘉惠(譯)。有機化學天堂祕笈(II)。天下文化。2010 年 10 月 15 日。第五章。
- 註七、林靜芳。**甲醛(Formaldehyde)**。國家環境毒物研究中心。民國 102 年 11 月 4 日。
- 註八、物質安全資料表，環保署列管編號：066-01。
- 註九、黃得時。普通高中選修化學下冊。龍騰文化。民國 101 年 10 月。89-90
- 註十、Hugo Schiff. **Eine neue Reihe organischer Diamine**. *Justus Liebigs Ann. Chemie*. 1866, **140** (1), 92–137.
- 註十一、J. H. Robins, G. D. Abrams, J. A. Pincock, *Canadian Journal of Chemistry*, **1980**, 58(4), 339-347
- 註十二、席夫試劑與醛的反應機制圖取自 UmassAmherst Chemistry 課程。資料來源：
<http://www.chem.umass.edu/~samal/269/lecture/aak/aak6.pdf>。