

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

第三名

031632

清潔劑界面作用初探

學校名稱：臺北縣立三峽國民中學

| | |
|--|-------------------------|
| <p>作者：</p> <p>國三 謝彥輝</p> <p>國三 張瑜娟</p> <p>國二 葉玲瑜</p> | <p>指導老師：</p> <p>林清山</p> |
|--|-------------------------|

關鍵詞：清潔劑、界面活性劑、錯合物

壹、摘要

清潔劑有親水基與親油基兩部分的結構，在有機溶劑或水溶液中都有溶解性，爲了證明其界面間轉移的現象、測量離子在界面間轉移速度及探討不同離子轉移的選擇性，我們設計了離子界面間轉移的測量方法。

首先利用氧化還原反應證明其界面間轉移現象，清潔劑可以與離子化合物結合，而溶於有機相中，達成界面間轉移，在另一個水相中釋放並反應。且知道清潔劑與分子化合物不反應。利用沉澱反應實驗，左右兩式管裝著不同陰陽離子時，可以了解清潔劑對於陽離子之結合選擇性，高於結合陰離子。在導電度實驗中，可以測定對不同陽離子之選擇性。爲了證明我們所推論的反應機構，也嘗試取得其錯合化合物，從晶形及溶解度推斷該是錯合物無疑。

貳、研究動機

在康軒版國二下的課本中，介紹清潔劑組成的分子，具有親水性和親油性基之兩部分的結構，在清洗衣物的時候，肥皂分子的親油性基會溶入油污中使油污被許多肥皂分子包圍，而肥皂分子的親水性端則將油污帶入水中，並在水中形成微小的懸浮粒子，達到洗淨的效果。所以知道清潔劑在有機溶劑及水溶液中皆有溶解性，因而可以自由的穿越水與有機物質所形成的界面，所以我們想設計一些實驗來證明清潔劑的界面特性，以了解到清潔劑可以在水中與化合物結合，使不溶於有機溶劑的化合物可以穿越有機溶劑相，而到達另一水相並且釋放所結合的化合物，完成一個完整的界面間轉移的過程。

參、研究目的

- 一、利用氧化還原反應證明界面間轉移現象的存在。
- 二、利用沉澱反應實驗證明界面間轉移現象的選擇性。
- 三、測量時間與電解質溶液的電阻，找出電阻與界面間轉移現象之間的關聯性。
- 四、推導清潔劑之界面間轉移的反應機構。

肆、研究設備及器材

- 一、器材：U 型管、電子秤、量筒、滴定管架、滴管、刮勺、玻璃棒、軟木塞、手套、三用電表、黏土、鐵棒、導線、燒杯。
- 二、藥品：氯化鈉、過氧化氫、過錳酸鉀、洗衣粉、三氯甲烷、硫酸鈉、硝酸鉛、氯化鋇、硝酸銀、氯化鉀、氯化銻、硫酸鋅、硫酸銅、硫化鈉、溴化鈉、碘化鈉。

伍、研究過程或方法

實驗主要研究為証實清潔劑之界面間轉移現象，所以設計一套簡單的設備來證實。我們利用製作鹽橋的 U 型管來產生有機溶劑及水溶液之間的界面(如圖一)，左右兩管中各以不同溶液，讓它們相互之間不直接接觸，而有機相(氯仿)內的清潔劑，可以讓兩水相內溶質穿越界面，產生不同的反應現象，經過許多的思考及失敗，我們找出了三種實驗，來證明界面間轉移反應進行的現象。

實驗進行前，必須先選擇一個有機溶劑作為實驗之有機相，但因為左右試管必須各盛裝水相，所以 U 型管中段部份之溶劑密度必須大於水(裝置如圖一)。

所以受此溶劑密度限制(必須大於 1)，能選擇之溶劑並不多，實驗室中僅有氯仿及四氯化碳，經過比較與實驗結果發現，氯仿(三氯甲烷)具有較明顯的實驗結果，且毒性較低，因此本實驗均使用氯仿為實驗有機相溶劑，進行實驗(註：因氯仿具有毒性，故本實驗必須在通風之實驗室中操作)。

配製溶液：

0.1M 溶液：將 0.1mol 固體加入到容量 100 mL 的容量瓶，加水至 100mL，攪拌均勻。

實驗(一)氧化還原反應；裝置如圖二：

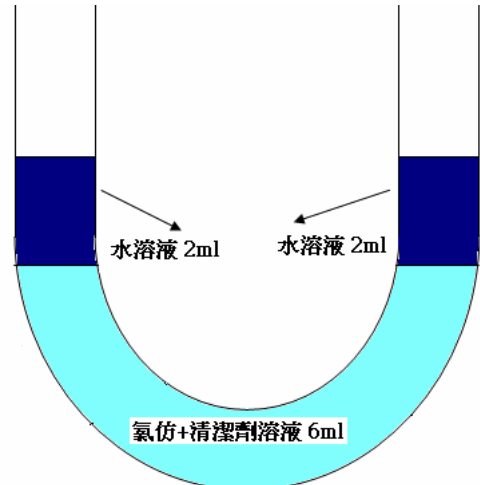
1. 將 6mL CHCl_3 ，加入 0.1g 清潔劑，攪拌至完全溶解，取澄清液置入 U 型管。
2. U 型管左管中置入 0.1M $\text{KMnO}_{4(\text{aq})}$ 2ml 溶液。
3. U 型管右管中置入 0.1M $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ 2ml 溶液。
4. 靜置 24 小時後觀察氧氣發生。
5. 空白實驗組在有機相中不加入清潔劑，重覆步驟 3-5。

實驗(二)不溶性鹽沉澱法(AgCl 沉澱)；裝置如圖三：

1. 6mL CHCl_3 ，加入 0.1g 清潔劑，攪拌至完全溶解，取澄清液置入 U 型管。
2. U 型管左管中置入 0.1M $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ 2ml 溶液。
3. U 型管右管中置入 0.1M $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ 2ml 溶液。
4. 靜置 24 小時。
5. 有沉澱的水相溶液以濾紙過濾，取沉澱用 2ml 水清洗，烘乾。
6. 秤重。

實驗(三)導電度測定法；裝置如圖四：

1. 6mL CHCl_3 ，加入 0.1g 清潔劑，攪拌至完全溶解，取澄清液置入 U 型管。
2. U 型管左管中置入 1M 2ml $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ 。
3. U 型管右管中置入 2ml 蒸溜水。
4. 於右管中置入電極，並連接三用電表。



<圖一>實驗裝置圖

- 靜置每隔固定時間測量一次電阻值，記錄之。
- 依序更換其他鹽類及不同濃度，重複步驟 1~5。
- 空白實驗對照組實驗，依序更換有機相中不加清潔或左管水溶液只裝蒸餾水，重複步驟 1~5。

實驗(四)不同清潔劑的導電度測定比較

- 步驟同實驗(三)
- 依序更換其他清潔劑，重複步驟 1~5。

實驗(五)清潔劑與離子化合物結合之化合物研究

- 5mL CHCl_3 ，加入 0.1g 清潔劑，攪拌至完全溶解，取澄清液置入燒杯。
- 加入 0.2g KMnO_4 攪拌使之溶解。
- 以濾紙過濾後，靜置於不透光之通風容器中使之揮發。
- 觀察所得固體之顏色及晶形，記錄之。
- 依序更換其他離子化合物，重複步驟 1~4。

陸、研究結果

(一)氧化還原反應

| 左管水溶液 | 清潔劑種類 | 右管水溶液 | 左管水溶液界面 | 右管水溶液界面 |
|------------------------------|--------|-------------------------------------|---------|---------|
| $\text{KMnO}_{4(\text{aq})}$ | 一匙靈 | $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ | 無氣泡產生 | 有氣泡產生 |
| $\text{KMnO}_{4(\text{aq})}$ | 無(空白組) | $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ | 無氣泡產生 | 無氣泡產生 |

(二) 沉澱實驗

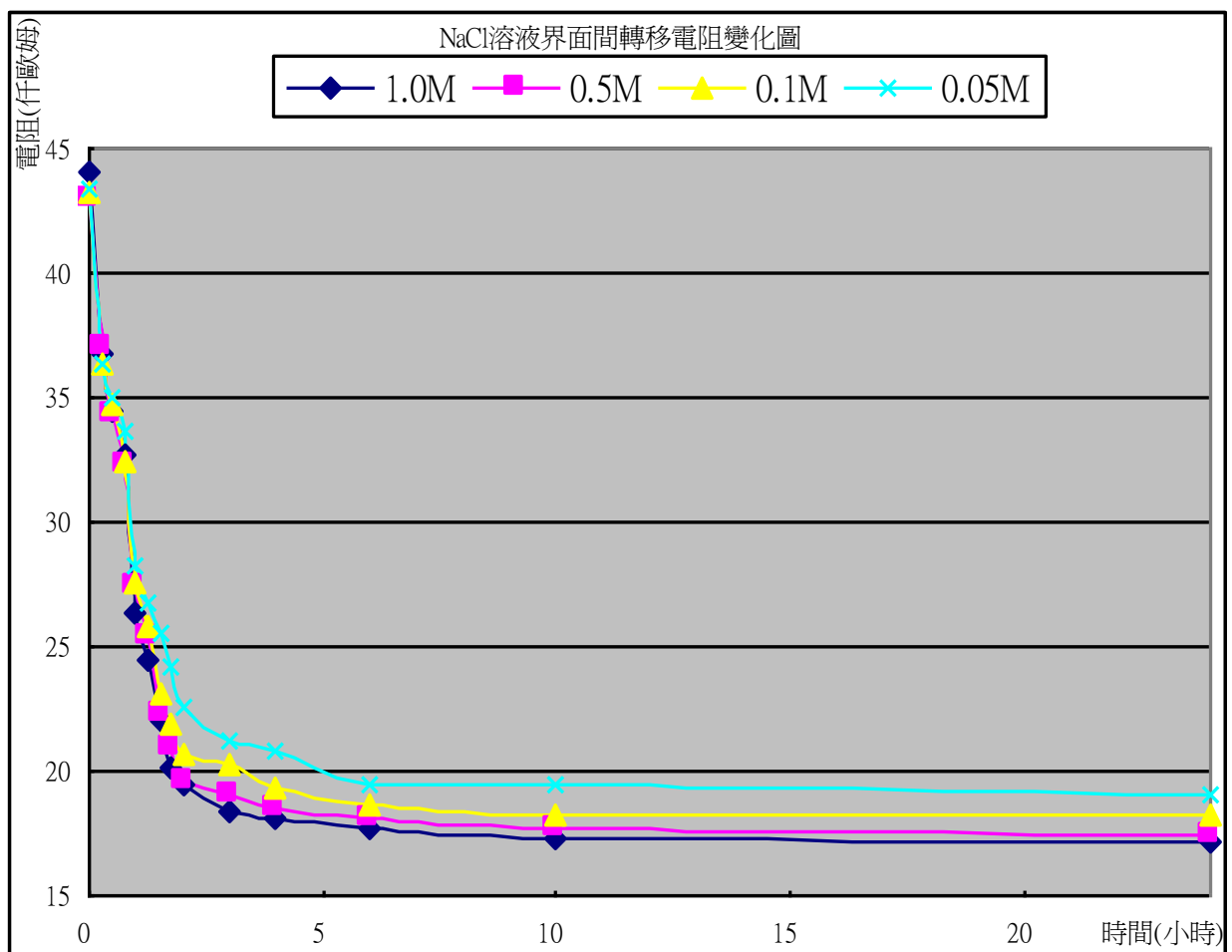
結果列於下表：

| 左管水溶液 | 右管水溶液 | 清潔劑種類 | 左管溶液界面 | 右管溶液界面 | 備註 |
|------------------------------|---------------------------------------|--------|--------|-------------------------------|----------------------------------|
| $\text{BaCl}_{2(\text{aq})}$ | $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ | 一匙靈 | 白色沉澱 | 無沉澱 | 非 $\text{BaSO}_{4(\text{s})}$ 沉澱 |
| $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ | $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ | 一匙靈 | 無沉澱 | $\text{AgCl}_{(\text{s})}$ 沉澱 | 白色 |
| $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ | $\text{NaBr}_{(\text{aq})}$ | 一匙靈 | 無沉澱 | $\text{AgBr}_{(\text{s})}$ 沉澱 | 淡黃色 |
| $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ | $\text{NaI}_{(\text{aq})}$ | 一匙靈 | 無沉澱 | $\text{AgI}_{(\text{s})}$ 沉澱 | 黃色 |
| $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ | $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ | 無(空白組) | 無沉澱 | 無沉澱 | |
| CuSO_4 | Na_2S | 一匙靈 | 無沉澱 | $\text{CuS}_{(\text{s})}$ 沉澱 | 黑色 |
| ZnSO_4 | Na_2S | 一匙靈 | 無沉澱 | $\text{ZnS}_{(\text{s})}$ 沉澱 | 白色 |

(三)、導電度（電阻）之測定

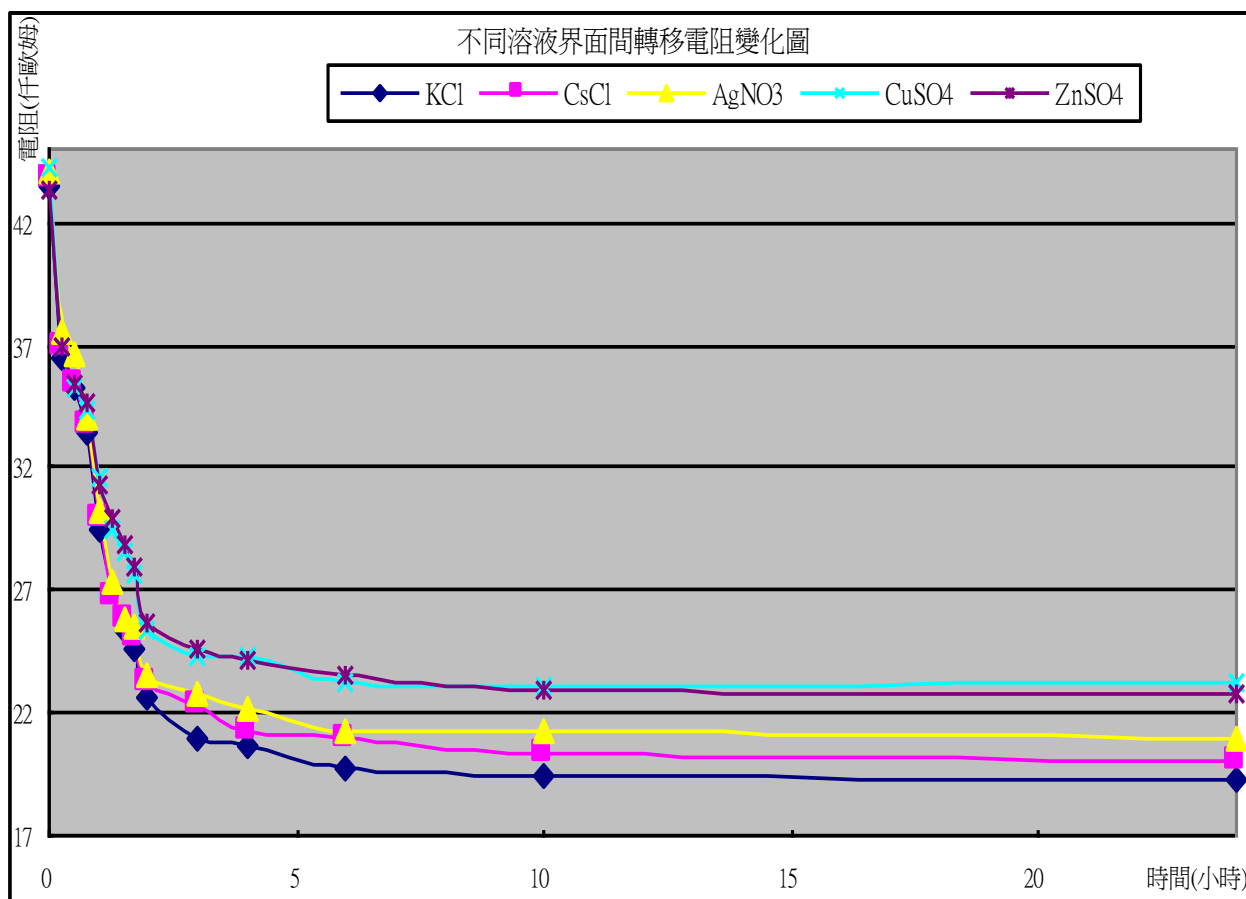
表一、NaCl_(aq)溶液界面間轉移電阻值

| 左管水溶液： NaCl _(aq) | | 右管水溶液：蒸餾水+電極 | | 清潔劑種類：一匙靈 | |
|-----------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 實驗時間 (小時) | 平均電阻值 (仟歐姆) 1M | 平均電阻值 (仟歐姆) 0.5M | 平均電阻值 (仟歐姆) 0.1M | 平均電阻值 (仟歐姆) 0.05M | 平均電阻值 (仟歐姆) 0.05M |
| 0 | 44.1 | 43.0 | 43.3 | 43.4 | |
| 1/4 | 36.8 | 37.0 | 36.4 | 36.3 | |
| 1/2 | 34.5 | 34.3 | 34.7 | 35.0 | |
| 3/4 | 32.7 | 32.3 | 32.4 | 33.7 | |
| 1 | 26.4 | 27.4 | 27.6 | 28.2 | |
| 1.25 | 24.4 | 25.4 | 25.8 | 26.7 | |
| 1.5 | 22.0 | 22.3 | 23.1 | 25.5 | |
| 1.75 | 20.2 | 20.9 | 21.9 | 24.2 | |
| 2 | 19.5 | 19.6 | 20.7 | 22.6 | |
| 3 | 18.4 | 19.1 | 20.3 | 21.2 | |
| 4 | 18.1 | 18.5 | 19.3 | 20.8 | |
| 6 | 17.7 | 18.1 | 18.7 | 19.5 | |
| 10 | 17.3 | 17.7 | 18.3 | 19.5 | |
| 24 | 17.1 | 17.5 | 18.3 | 19.1 | |



表二、不同溶液界面間轉移電阻值

| 右管水溶液：蒸餾水+電極 | | 清潔劑種類：一匙靈 | | | |
|--------------|---|--|---|---|---|
| 實驗時間 (小時) | 平均電阻值 (仟歐姆) 左管水溶液： 0.1M KCl _(aq) | 平均電阻值 (仟歐姆) 左管水溶液： 0.1M CsCl _(aq) | 平均電阻值 (仟歐姆) 左管水溶液： 0.1M AgNO _{3(aq)} | 平均電阻值 (仟歐姆) 左管水溶液： 0.1M CuSO _{4(aq)} | 平均電阻值 (仟歐姆) 左管水溶液： 0.1M ZnSO _{4(aq)} |
| 0 | 43.5 | 43.8 | 44.1 | 44.2 | 43.4 |
| 1/4 | 36.5 | 36.9 | 37.6 | 36.9 | 37.0 |
| 1/2 | 35.3 | 35.4 | 36.6 | 35.3 | 35.4 |
| 3/4 | 33.5 | 33.7 | 34.0 | 34.3 | 34.6 |
| 1 | 29.5 | 29.9 | 30.2 | 31.6 | 31.3 |
| 1.25 | 27.1 | 26.8 | 27.4 | 29.5 | 29.9 |
| 1.5 | 25.3 | 25.8 | 25.9 | 28.5 | 28.8 |
| 1.75 | 24.6 | 25.1 | 25.5 | 27.7 | 27.9 |
| 2 | 22.7 | 23.3 | 23.5 | 25.4 | 25.6 |
| 3 | 20.9 | 22.3 | 22.8 | 24.3 | 24.6 |
| 4 | 20.7 | 21.3 | 22.1 | 24.3 | 24.1 |
| 6 | 19.8 | 20.9 | 21.3 | 23.2 | 23.5 |
| 10 | 19.5 | 20.4 | 21.2 | 23.1 | 23.0 |
| 24 | 19.3 | 20.1 | 21.0 | 23.2 | 22.8 |



表三、空白實驗對照組

| 左管水溶液：NaCl _(aq) | | 右管水溶液：蒸餾水+電極 | |
|----------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 實驗時間 (小時) | 平均電阻值(仟歐姆) 有機相中不加清潔劑 左管水溶液 NaCl _(aq) | 平均電阻值(仟歐姆) 左管水溶液只裝蒸餾水 有機相中有清潔劑 | 平均電阻值(仟歐姆) 有機相中不加清潔劑 左管水溶液只裝蒸餾水 |
| 0 | 43 | 43 | 43 |
| 1/4 | 43 | 39 | 43 |
| 1/2 | 44 | 38 | 44 |
| 3/4 | 42 | 37 | 42 |
| 1 | 43 | 36 | 43 |
| 1.25 | 43 | 36 | 43 |
| 1.5 | 43 | 36 | 43 |
| 1.75 | 43 | 37 | 43 |
| 2 | 43 | 37 | 43 |
| 3 | 44 | 36 | 44 |
| 4 | 42 | 36 | 42 |
| 6 | 43 | 37 | 43 |
| 10 | 43 | 36 | 43 |
| 24 | 44 | 37 | 44 |

(四) 不同清潔劑的效果比較

表四、不同清潔劑轉移電阻值

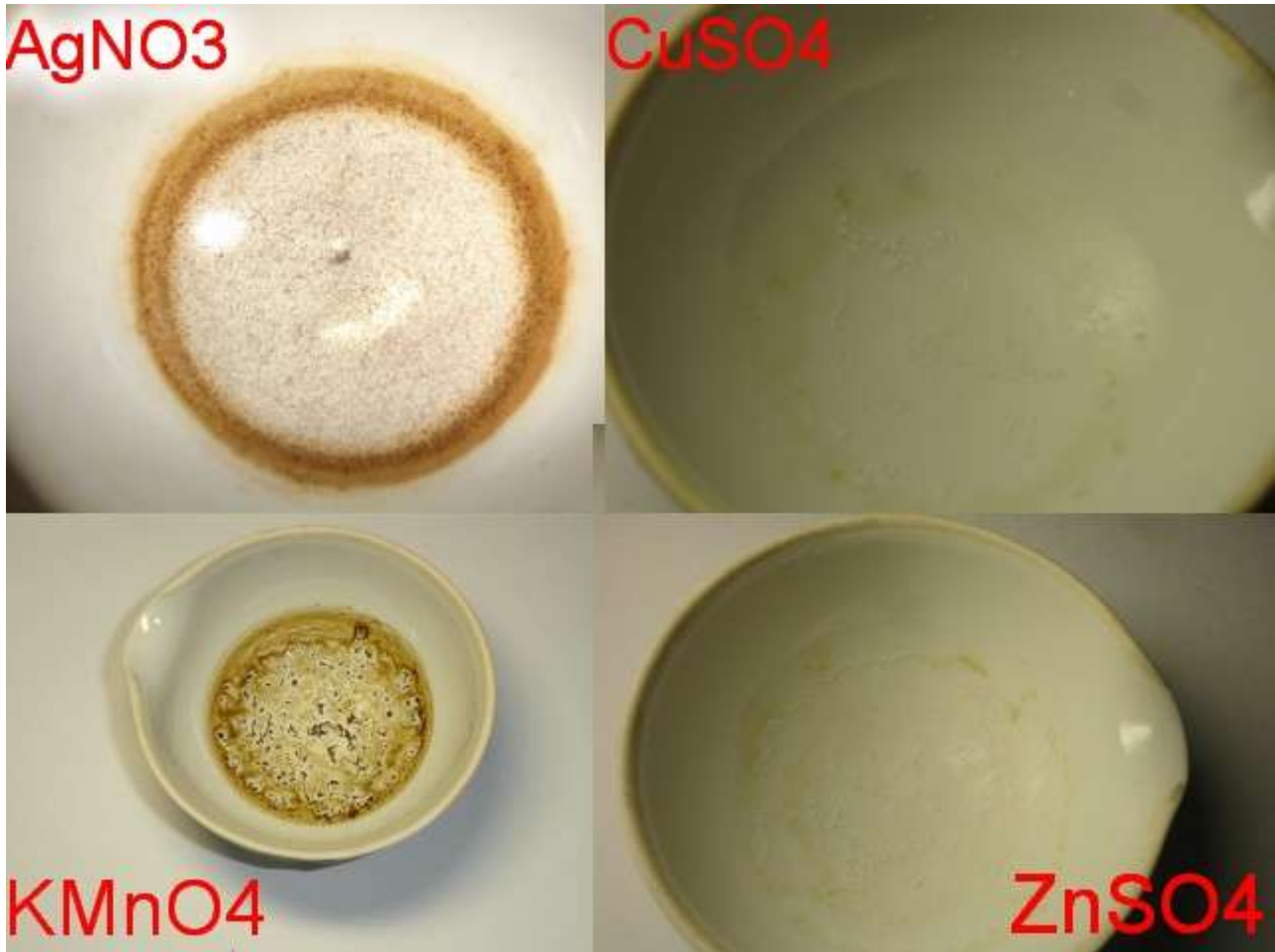
| 左管水溶液：0.1M NaCl _(aq) | | 右管水溶液：蒸餾水+電極 | | |
|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| 實驗時間 (小時) | 平均電阻值(仟歐姆) 清潔劑種類：熊寶貝冷洗精 | 平均電阻值(仟歐姆) 清潔劑種類：白蘭強效 | 平均電阻值(仟歐姆) 清潔劑種類：皂絲 | 平均電阻值(仟歐姆) 清潔劑種類：南僑肥皂 |
| 0 | 44.2 | 43.5 | 43.9 | 43.5 |
| 1/4 | 36.8 | 36.4 | 36.5 | 36.3 |
| 1/2 | 35.3 | 34.6 | 35.4 | 35.5 |
| 3/4 | 34.1 | 32.6 | 34.0 | 33.8 |
| 1 | 31.5 | 27.5 | 32.0 | 32.5 |
| 1.25 | 29.8 | 25.8 | 29.6 | 29.5 |
| 1.5 | 28.4 | 23.5 | 28.4 | 28.3 |
| 1.75 | 27.3 | 22.0 | 27.5 | 27.4 |
| 2 | 25.3 | 21.0 | 25.8 | 26.0 |

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| 3 | 24.3 | 20.7 | 24.3 | 24.4 |
| 4 | 24.4 | 19.5 | 23.3 | 23.2 |
| 6 | 23.3 | 18.6 | 23.2 | 23.1 |
| 10 | 23.1 | 18.3 | 23.1 | 23.0 |
| 24 | 23.2 | 18.1 | 23.2 | 23.1 |

(五) 清潔劑與離子化合物結合之化合物研究

表五、清潔劑與離子化合物結合之化合物

| 清潔劑種類 | 離子化合物 | 溶劑 | 錯合物結晶顏色及晶形 | 離子化合物結晶顏色 | 乙酸乙酯溶解度 | 甲苯溶解度 |
|-------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------|---------|--------|
| 一匙靈 | KMnO ₄ | CHCl ₃ | 棕色無結晶固體 | 紫色金屬光澤結晶 | 淡棕色溶液 | 淡棕色溶液 |
| 一匙靈 | AgNO ₃ | CHCl ₃ | 灰黑金屬光澤結晶 | 白色透明結晶 | 透明無色溶液 | 透明無色溶液 |
| 一匙靈 | ZnSO ₄ | CHCl ₃ | 二種形態結晶（透明結晶）及（白色不透明固體） | 白色透明粉狀固體 | 透明無色溶液 | 透明無色溶液 |
| 一匙靈 | CuSO ₄ | CHCl ₃ | 無色金屬光澤結晶 | 藍色金屬光澤結晶 | 透明無色溶液 | 透明無色溶液 |



柒、討論

(一) 氧化還原反應

實驗中左右兩管中各放入 KMnO_4 與 H_2O_2 ，兩者並未直接觸，放入之初不會反應，隨著時間進行，可於有機相中發現，漸漸呈現淡棕色，並且有著明顯濃度梯度，右管之界面上觀察到氣泡生成，證明 MnO_4^- (紫紅色) 經由與清潔劑錯合，溶於 CHCl_3 ，並擴散至右管之界面上，與 H_2O_2 產生反應並放出氧氣，但在左管氯仿之界面並未發現有氣泡產生，證實清潔劑可與離子化合物產生結合現象並增加其親油性，被攜帶到有機相中，而 H_2O_2 為分子化合物，無法與清潔劑產生結合現象，不溶於氯仿所以無法穿越 CHCl_3 層至 KMnO_4 層產生反應，故於左管中並無氧氣氣泡產生。

在實驗中以氣球套在右管開口可以收集產生之氧氣，但因氧氣量太少，插入線香及鎂帶之燃燒實驗並不明顯。

在空白實驗組中，因未添加清潔劑，左管的



氧化劑無法與清潔劑產生錯合，且本身並不溶於氯仿，故於左管中並無氧氣氣泡產生，由此知道清潔劑確為界面間轉移之必要角色。

(二) 沉澱實驗

實驗於 U 型管左右管分別放入可溶性鹽類溶液，經由清潔劑的錯合與界面間轉移現象，有機相中的清潔劑會轉移至鹽類水溶液中產生結合，且速度相當快速，原因可能是清潔劑本身即具有不錯的水溶性。

實驗進行中，我們使用 $\text{BaCl}_{2(\text{aq})}$ 置於左管中，而氯仿溶液中溶有清潔劑，預期清潔劑與 Ba^{2+} 離子結合，轉移至右管與 SO_4^{2-} 離子結合產生 $\text{BaSO}_{4(\text{s})}$ 白色沉澱，但反應進行後立即於 BaCl_2 水溶液中發現白色沉澱，原本認為清潔劑將 SO_4^{2-} 離子轉移而產生沉澱，但速度上(時間一小時以內)，因此認為不應是 $\text{BaSO}_{4(\text{s})}$ 而經由 $0.1\text{M BaCl}_{2(\text{aq})}$ 與 0.1g 清潔劑/ 6mlCHCl_3 溶液直接混合，即可發現兩者迅速於界面產生清潔劑與 Ba^{2+} 結合之白色沉澱，證實並非 $\text{BaSO}_{4(\text{s})}$ 之沉澱，而是清潔劑鉍鹽沉澱。

而後選定 AgNO_3 與 NaCl 進行反應，左管中置入 0.1M AgNO_3 右管中置入 0.1M NaCl 進行反應實驗， AgCl 沉澱發生於右管有機相與水溶液之界面，但左管界面並沒有沉澱產生，知道清潔劑與陽離子結合能力優於攜帶陰離子之能力。因此將 Ag^+ 離子攜帶至另一溶液界面產生沉澱，而並未將 Cl^- 離子攜帶至 $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ 溶液界面，產生沉澱。

經過濾沉澱，並烘乾後，秤量所得的沉澱，固體重量太少，秤量困難，準確性太低，無法定量。

在空白實驗組中，因有機相中未添加清潔劑，於左管中並無沈澱產生，與上個反應相同，且氯仿並不能解離出氯離子，所以左管界面也沒有出現氯化銀沈澱。

後選定 CuSO_4 及 ZnSO_4 與 Na_2S 進行反應，左管中置入 CuSO_4 及 ZnSO_4 ，右管中置入 $0.1\text{M Na}_2\text{S}$ 進行反應實驗，黑色 CuS 及白色 ZnS 沉澱如預期發生於右管有機相界面。



(三)、導電度(電阻)之測定

前面敘述的實驗中，所進行的實驗必須考慮其特殊性質，方能進行反應試驗，使得溶液選擇十分困難。因而必須找出一個能測量定量，並且對大部分離子皆能適用的測定方法，因而決定利用電解質導電的性質，當溶液中離子濃度增加時，可使溶液電阻值降低，如右圖，U 型管左管置入欲測定的鹽類，右管中置入蒸餾水，每固定時間測定一次電阻值，每次實驗重複測定三次求平均值，所得結果如下：

1. 左管置入 $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ 溶液：進行實驗所得結果如表一，與預期相當吻合，首先由於清潔劑於實驗開始後，迅速轉移至蒸餾水相中，使電阻值大幅度降低，而後隨時間電阻慢慢下降，至

24 小時後電阻約保持一定值不再大幅下降。

2. 在不同濃度的比較發現，當左管中的溶液濃度增大時其電阻值下降幅度會比較快，相信是因濃度高導致與清潔劑結合的反應速度較快，相對的有機相中濃度增高使界面間的轉移速度較快。
3. 左管置入 KCl 等不同溶液：進行實驗所得結果如表二所示，與 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 溶液所得結果相似，但電阻值較 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 溶液大，推測原因是清潔劑界面間轉移效果較不如 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 溶液，且因原本清潔劑之陽離子即為鈉離子，因此結合性一定不如鈉離子佳，但依然可以觀察到其電阻值隨時間下降，下降模式與 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 溶液實驗相似。

綜合上述之結果，我們推測在左管水溶液與有機相界面應該存在有下列反應：

正離子 + 負離子 + 清潔劑 \leftrightarrow [清潔劑錯合物]⁺ 負離子⁻

此錯合物因清潔劑具有脂溶性之長鏈烷基部分，使它可以溶解於氯仿層，因擴散作用而分散至右管之水溶液界面，進行下列反應：

[清潔劑錯合物]⁺ 負離子⁻ \leftrightarrow 正離子 + 清潔劑 + 負離子

釋放出離子，使右管之水溶液中離子濃度增加，電阻值下降。証實清潔劑卻確能攜帶離子化合物增加其脂溶性，穿越有機相到達另一端之水溶液，因溶液中離子濃度較低而進行逆向反應，釋放離子化合物。

在實驗中電阻下降的速度，在實驗一開始時因有機層中清潔劑鈉鹽釋放出離子，使電阻快速下降，而後因進行上述反應，才能使離子數目增加，導電性增加，下降速度減緩，隨時間進行逆向反應趨勢越大，趨終平衡，電阻值維持定值不再下降。而不同離子之間可能因其結合趨勢及其運動速度，而使反應有快慢之別，且在濃度實驗中也得到濃度越大，電阻下降越快速，但整體結果是相同的，所以應該都遵守上述反應機構。

空白實驗對照組首先有機相中不加清潔劑，左管仍有 NaCl 水溶液，但電阻值不下降。再者左管水溶液只裝蒸餾水，有機相中有清潔劑，一開始時因有機層中清潔劑鈉鹽釋放出離子，使電阻下降，而後因無法進行上述反應，導電性不能增加所以不再下降。最後有機相中不加清潔劑，左管水溶液亦只裝蒸餾水，但電阻值亦不下降。

(四)、不同清潔劑的效果比較

我們取用家中常用的清潔劑進行實驗，我們想了解不同清潔劑的結果是否相同，用了幾個常見的清潔劑。所得結果列於表四，說明如下：



1. 熊寶貝冷洗精為一液態之產品，溶於氯仿時沒有不溶性固體存在。電阻值下降速率較慢，我們推測因其需要較佳水溶性，在錯合後脂溶性下降使界面間轉移速度較慢，但電阻值因平衡反應最後亦能達到平衡。
2. 白蘭強效洗衣粉產品性質與原先使用之一匙靈較為相似。
3. 皂絲為硬脂酸鈉類型之清潔劑產品，溶於氯仿時沒有不溶性固體存在。電阻值下降速率較烷苯磺酸鈉類型慢，我們從所得結果推測因其為弱酸型電解質鹽類，錯合反應速率有所差異，因而達到平衡時間會比較長。
4. 南僑肥皂產品性質與皂絲相似，結果相似。

由以上的結果了解不同清潔劑的結合反應速率不同，但其最終之電阻值卻沒有太大的差異，應是反應已達平衡，且因所選用之電解質是相同之 NaCl 水溶液，所以平衡時電阻值相似。

(五) 清潔劑與離子化合物結合之化合物研究

前段實驗推論清潔劑可以與離子化合物產生錯合物，所以希望能進一步製得其產物以証實推論過程。所得結果列於表五，說明如下：

1. 過錳酸鉀錯合物為棕色無結晶固體，與過錳酸鉀及清潔劑結晶形及顏色明顯不同，相信已取得其錯合物固體。將之再溶於氯仿可得淡棕色之溶液，滴入雙氧水溶液亦會產生氣泡，亦可溶於乙酸乙酯及甲苯溶液。
2. 硝酸銀錯合物為灰黑金屬光澤結晶，不易保存，照光易變黑，由此知其中必已加入銀化合物（因銀化合物照光易分解出銀黑）。
3. 硫酸鋅錯合物經仔細觀察共有二種形態之結晶，比較其結晶形推測為硫酸鋅（透明結晶）及清潔劑（白色不透明固體）之個別結晶，可能在蒸發過程錯合物再度分離。
4. 硫酸銅錯合物為無色金屬光澤結晶，再溶於氯仿可得無色之溶液，滴入硫化鈉水溶液亦會產生黑色沈澱。加入水會使水層呈淡藍色，這樣的結果與課本中無水硫酸銅是無色，而有水呈藍色結果相同。

綜合以上所得結果，我們推測的反應機構中的錯合物應該存在，雖然這些結晶沒有進一步的鑑定其結構，但是從晶形及顏色上可以看出應該是不同的物質。所以從上述幾個實驗結果，都有類似的結論，知道有機相中存在錯合物應是確定。

捌、結論

- (一) 氧化還原反應中，我們知道清潔劑可以使離子化合物產生結合物，而溶於有機相中，達成界面間轉移之效果，並且於另一個水相中釋放與還原劑反應，並知道清潔劑與分子化合物不產生反應。

- (二) 沉澱反應實驗中，鹼土金屬離子易與清潔劑產生沉澱。左右兩管盛裝不同陰陽離子時，可以了解清潔劑對於陽離子之結合選擇性，高於結合陰離子。
- (三) 導電度實驗中，可以測定於固定陰離子種類時，對不同陽離子之選擇性。實驗中以 Na^+ 離子最佳，界面間轉移時電阻值下降速度較快。
- (四) 綜合結果，推測反應機構應是：
- 正離子 + 負離子 + 清潔劑 \leftrightarrow [清潔劑錯合物]⁺ 負離子⁻
 [清潔劑錯合物]⁺ 負離子⁻ \leftrightarrow 正離子 + 清潔劑 + 負離子
- 証實清潔劑卻確能攜帶離子化合物增加其脂溶性而，穿越有機相到達另一端之水溶液。

玖、參考資料及其他

1. 清潔劑，取自：
<http://www.nchu.edu.tw/~infochem/%BD%B2%A9v%A6%F6/%B2M%BC%E4%BE%AF.htm>
2. 清潔劑為甚麼能去除油漬？取自：<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1005032108296>
3. 臨界微胞濃度與洗淨力的測定，取自：
http://www.mxeduc.org.tw/ScienceAward/history/projectDoc/4th/doc/SA4-031_final.pdf
4. 國民中學自然與生活科技 康軒文教事業 第四冊。4-2 節 page 71
5. 高中化學課本，龍騰版第二冊，第七章—有機化合物肥皂與清潔劑的運用。臺北市：龍騰
6. 刈米孝夫原著，王鳳英編譯（民 85）。界面活性劑的原理與應用。臺北市：五南。
7. 趙成琛著，界面科學基礎。
8. 賴耿陽編著，（民 88）。界面活性劑。台南市：復漢。

【評語】 031632

利用清潔劑的界面活性劑，萃取水中的金屬離子，實驗設計與結果顯示極為有效，未來可作環保的應用。加強理論說明有更好的說服力。