

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 化學科

030214

銅鏡

學校名稱：臺北縣立三民高級中學

作者：  國二 彭成洋	指導老師：  林妙津  彭立浩
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：銅鏡反應、斐林試劑、乙二醛

# 銅 鏡

## 摘 要

利用硝酸銀溶液潤洗容器，以斐林試劑和乙二醛反應產生銅，並使銅附著於容器壁，成功的產生銅鏡。以不同的試劑比例進行反應，發現斐林試劑和乙二醛試劑體積比四比一的效果最佳。潤洗用的硝酸銀溶液濃度，以 0.040M~0.060M 的效果較佳。在不同的溫度下，反應的速率與效果不同，在 50°C 下反應效果佳，反應時間也不至於太長。試了幾個做銅鏡的方法，結果漸入佳境。

銅鏡的吸收及反射光與銀鏡略有不同，主要在綠光到紫光的區域吸收與反射較大，黃光與橘光吸收與反射較小，有些色偏。

以銅為鏡，確實可以正衣冠，如果不太在意色偏的話！

## 壹、研究動機

國文課時，在老師的講義上看到唐太宗的一句話：「以銅為鏡，可以正衣冠。」，原來古時候以銅製鏡，與現在銀白色的鏡子不同。讓我對銅鏡產生好奇，上網查詢發現，銅鏡居然可以利用以前老師提及、用來檢驗葡萄糖的斐林試劑產生。於是想動手做做看，是否能得銅鏡，好瞧瞧銅鏡是否真能正衣冠？

## 貳、研究目的

- 一、利用斐林試劑和適當的試劑，於試管內產生銅鏡反應，並尋找適當的反應條件。
- 二、找尋適當的方式，使銅鏡反應於平板玻璃上進行，製作銅鏡。
- 三、利用可見光譜儀，比較銀鏡與銅鏡的差異。

## 參、研究設備及器材

### 一、設備

- (一)烘箱
- (二)電子天秤
- (三)超音波震盪器
- (四)恆溫水槽
- (五)熱熔膠槍
- (六)自動吸量管
- (七)紫外光可見光吸收光譜儀(JASCO V-630)

### 二、藥品

- (一)酒石酸鉀鈉
- (二)氫氧化鈉
- (三)硫酸銅
- (四)甲醛
- (五)乙醇

- (六)乙二醛(40%水溶液)
- (七)濃硫酸
- (八)濃硝酸
- (九)二鉻酸鉀
- (十)硝酸銀
- (十一)環氧樹脂
- (十二)濃氨水

### 三、器材

- (一)燒杯
- (二)試管
- (三)試管夾
- (四)試管架
- (五)鑷子
- (六)吸量管
- (七)安全吸球
- (八)量筒
- (九)培養皿
- (十)塑膠盆
- (十一)CD 盒
- (十二)厚紙板
- (十三)PET 膜
- (十四)載玻片

### 肆、研究過程或方法

一、收集資料：尋找可與斐林試劑反應產生銅鏡的還原劑，決定嘗試使用甲醛、乙醛、乙二醛。

斐林試劑通常用來檢驗醛類。與醛類反應，可以產生氧化亞銅的紅色沉澱。但是在較高溫度，或與反應性較佳的醛作用時，還可能被進一步還原成金屬銅。不過生成的金屬銅，未必會在容器壁上形成金屬膜，產生銅鏡。相較於同樣用來檢驗醛類的多倫試液形成銀鏡，形成銅鏡就難了些。查詢的結果發現，以甲醛和乙二醛為還原劑，可以反應產生銅。相較於甲醛刺鼻的氣味和毒性<sup>(1)</sup>，乙二醛的熔點、沸點較高，通常配成 40%水溶液販售使用，同時沒有甚麼氣味，也不易揮發到空氣中造成毒害<sup>(2)</sup>，所以使用乙二醛為還原劑，進行後續實驗，應該是比較好的選擇。另外雖沒查到乙醛可以反應形成銅鏡，但其毒性小，可以試試。

二、測試反應：配置斐林試劑，測試其與甲醛、乙醛、乙二醛的反應，發現甲醛、乙二醛有機會生成銅鏡。

#### (一)配置斐林試劑

1. 秤取硫酸銅晶體 17.3g 溶於水成 250ml，配成斐林試劑 A。

2. 秤取酒石酸鉀鈉 81.5g、氫氧化鈉 32.5g 溶於水成 250ml，配成斐林試劑 B。
3. 使用前將 A 與 B 溶液等體積混和備用。

## (二) 試管清洗

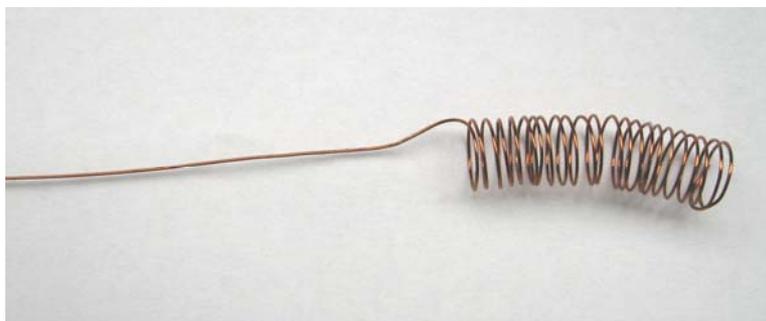
1. 配置二鉻酸鉀-硫酸洗液，將試管浸潤其中。
2. 取出試管先以自來水沖洗，再以蒸餾水清洗數次，倒置烘乾後，秤重備用。

## (三) 斐林試劑與甲醛反應。

1. 以吸量管分別取 4.0ml 的斐林試劑及 1.0ml 的甲醛水溶液，加入同一試管中。
2. 搖盪混合試管內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

## (四) 斐林試劑與乙醛反應，因學校實驗室中沒有乙醛，參考文獻<sup>(1)</sup>，以乙醇製備反應。

1. 取一試管裝取約五毫升的乙醇。
2. 以灼熱的銅絲線圈(如圖一)與試管中的乙醇反應多次，使一些乙醇反應成乙醛。
3. 以吸量管分別取 4.0ml 的斐林試劑及 1.0ml 的試管中的乙醛酒精溶液，加入另一試管中。
4. 搖盪混合試管內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。



圖一 製備乙醛用的銅絲線圈

## (五) 斐林試劑與乙二醛反應。

1. 以吸量管分別取 4.0ml 的斐林試劑及 1.0ml 的乙二醛水溶液，加入同一試管中。
2. 搖盪混合試管內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

三、尋找讓銅附著的方式：參考文獻<sup>(4)</sup>，使用硝酸銀溶液協助形成銅鏡，方式則決定於反應前，以硝酸銀溶液潤洗試管，還原劑則使用甲醛及乙二醛。

### (一) 加一滴的硝酸銀於斐林試劑中。

1. 取 4.0ml 的斐林試劑及一滴的 0.060M 硝酸銀溶液，然後搖盪試管。
2. 取 1.0ml 的甲醛水溶液，加入同一試管中，搖盪試管後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。
3. 改以乙二醛水溶液取代甲醛，重覆步驟 1-2。

(二)反應前以硝酸銀溶液潤洗試管。

- 1.取 0.060M 硝酸銀溶液 1.0ml 潤洗試管，潤洗完後倒掉。
- 2.分別取 4.0ml 的斐林試劑及 1.0ml 的甲醛水溶液，加入同一試管中。
- 3.搖盪混合試管內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。
- 4.改以乙二醛水溶液取代甲醛，重覆步驟 1-3。

四、尋找適當的斐林試劑和乙二醛的比例：決定體積比四比一。

- (一)各取 0.060M 硝酸銀溶液 1.0ml 潤洗四支試管，潤洗完後倒掉。
- (二)在四支試管中，加入等量 4.0ml 的斐林試劑，然後分別加 0.50、1.0、1.5、2.0ml 的乙二醛水溶液。
- (三)搖盪混合試管內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中靜置，待反應完成，不再產生氣泡。
- (四)反應完成後取出試管，觀察比較生成銅鏡效果。
- (五)將四支試管以蒸餾水沖洗數次，然後烘乾秤重。

五、尋找適當的反應溫度：溫度於 50°C 較佳。

- (一)各取 0.06M 硝酸銀溶液 1.0ml 潤洗試管。
- (二)在試管中，加入 4.0ml 的斐林試劑，及 1.0ml 的乙二醛水溶液。
- (三)搖盪混合試管內的溶液，然後置入 20°C 的恆溫水槽中靜置，開始記時，待反應完成，不再產生氣泡，記錄反應時間。
- (四)調整恆溫水槽溫度分別為 30、40、50、60、70、80、90°C，重覆步驟(一)至(三)。
- (五)反應完成後取出試管，觀察比較生成銅鏡效果。
- (六)將試管以蒸餾水沖洗數次，然後烘乾秤重。

六、尋找適當的硝酸銀濃度：濃度 0.04~0.06M 較佳。

- (一)取 0.10、0.080、0.060、0.040、0.020、0.010M 硝酸銀溶液各 1.0ml，分別潤洗六支試管，潤洗完後倒掉。
- (二)在六支試管中，分別加入等量 4.0ml 的斐林試劑，及 1.0ml 的乙二醛水溶液。
- (三)搖盪混合試管內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中靜置，待反應完成。
- (四)反應完成後取出試管，觀察比較生成銅鏡效果。
- (五)將六支試管以蒸餾水沖洗數次，然後烘乾秤重。

七、試製銅鏡：以不同的方式製作銅鏡，觀察效果。

- (一)直接以二玻璃片，製成容器，進行銅鏡反應。
  - 1.先以洗液清潔二玻璃片，然後以二玻璃片邊緣夾電線然後纏上膠布和橡皮筋，製成容器。
  - 2.取適量的 0.060M 硝酸銀溶液潤洗容器，潤洗完後倒掉。
  - 3.分別取 20ml 的斐林試劑及 5.0ml 的乙二醛水溶液，加入容器中。

4. 搖盪混合容器內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

(二) 直接以二玻璃片，以不同方式，再製成容器，進行銅鏡反應。

1. 先以洗液清潔玻璃片，然後以二玻璃片，邊緣夾毛細管，然後以橡膠封邊，製成容器。
2. 取適量的 0.060M 硝酸銀溶液潤洗容器，潤洗完後倒掉。
3. 分別取 20ml 的斐林試劑及 5.0ml 的乙二醛水溶液，加入容器中。
4. 搖盪混合容器內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

(三) 以玻璃片放入塑膠盆內進行銅鏡反應。

1. 將以洗液清潔過的玻璃片放入塑膠盆內。
2. 取適量的 0.060M 硝酸銀溶液潤洗玻璃片，潤洗完後倒掉。
3. 分別取 60ml 的斐林試劑及 15ml 的乙二醛水溶液，加入容器中。
4. 搖盪混合塑膠盆內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

(四) 以培養皿為容器，進行銅鏡反應。

1. 先以洗液清潔培養皿，然後取適量 0.060M 硝酸銀溶液潤洗培養皿，潤洗完後倒掉。
2. 分別取 80ml 的斐林試劑及 20ml 的乙二醛水溶液，加入容器中。
3. 搖盪混合培養皿內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

(五) 以二玻璃片疊合，並略為架高，放入塑膠盆內進行銅鏡反應。

1. 將以洗液清潔過的二玻璃片疊合，並略為架高，將玻璃片放入塑膠盆內。
2. 取適量的 0.060M 硝酸銀溶液潤洗玻璃片，潤洗完後倒掉。
3. 分別取 100ml 的斐林試劑及 25ml 的乙二醛水溶液，加入容器中。
4. 搖盪混合塑膠盆內的溶液，然後置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

(六) 以 CD 盒製作容器，將玻璃片放入 CD 盒內進行銅鏡反應。

1. 將 CD 盒以環氧樹脂封邊，以熱溶膠將兩旁通氣孔封住，並將上緣削掉，製成扁形的容器(如圖二)。



圖二 以 CD 盒製作反應之反應器。

2. 取適量的 0.060M 硝酸銀溶液潤洗玻璃片，潤洗後置入 CD 盒中。
3. 分別取 60ml 的斐林試劑及 15ml 的乙二醛水溶液，於燒杯中先混合，然後加入 CD 盒中。
4. 置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

(七) 以透明環氧樹脂和厚紙板製作容器，將玻璃片放入容器內進行銅鏡反應。

1. 以厚紙板製作底略大於玻璃片，邊緣高約 3 公分的無蓋紙盒，於盒底放一張透明 PET 膜，然後澆灌約 0.5~1.0 公分厚的環氧樹脂，邊緣內外亦塗布環氧樹脂，待環氧樹脂硬化後，將底層紙板切除，製成底部透明的反應容器 (如圖三)。



圖三 以透明環氧樹脂和厚紙板製作的反應容器。

2. 取適量的 0.060M 硝酸銀溶液潤洗玻璃片，潤洗後置入容器中。
3. 分別取 20ml 的斐林試劑及 5ml 的乙二醛水溶液，於燒杯中先混合，然後加入容器中。
4. 置入 50°C 的恆溫水槽中，靜置觀察是否有沉澱或銅鏡發生。

八、以載玻片製作銅鏡與銀鏡，做為光譜分析用。

(一) 以一些載玻片製作容器，將洗淨的載玻片至於其內，製成銅鏡。

1. 先以五片玻璃片，如圖四的方式以熱熔膠自外部粘連，製成容器。
2. 取適量的 0.060M 硝酸銀溶液潤洗一洗淨的載玻片，然後放入容器中。
3. 分別取 8ml 的斐林試劑及 2.0ml 的乙二醛水溶液，加入容器中使其反應產生銅鏡。

4.以鑷子夾一棉球，沾取硝酸將一面的銅鏡擦去，僅留其中一面。



圖四 以載玻片製作的反應容器。

(二)以一些載玻片製作容器，將洗淨的載玻片至於其內，製成銀鏡。

- 1.同八(一)1.，製成容器。
- 2.取約 10ml 的 0.060M 硝酸銀溶液，置於試管中，然後滴加濃氨水，至褐色沉澱產生後又消失為止。
- 3.分別取加了濃氨水的硝酸銀溶液 9ml 及 1.0ml 的乙二醛水溶液，加入容器中使其反應產生銀鏡。
- 4.以鑷子夾一棉球，沾取硝酸將一面的銀鏡擦去，僅留其中一面。

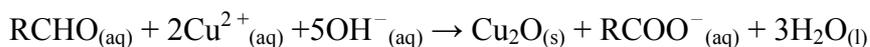
九、以銀鏡與銅鏡進行光譜分析。

- (一)以乾淨的載玻片作為參考，分別以銀鏡和銅鏡為樣品。
- (二)以 1nm 的間隔，自波長 780nm 掃描至 380nm，偵測其吸收度，得到光譜。
- (三)觀察兩者有何不同。

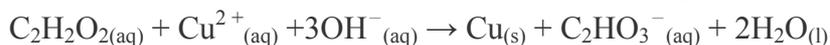
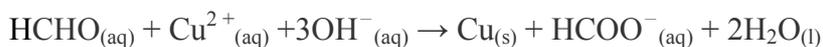
## 伍、研究結果

### 一、斐林試劑與銅鏡反應

斐林試劑與一般醛類反應，會產生紅色的氧化亞銅沉澱，其反應式如下：



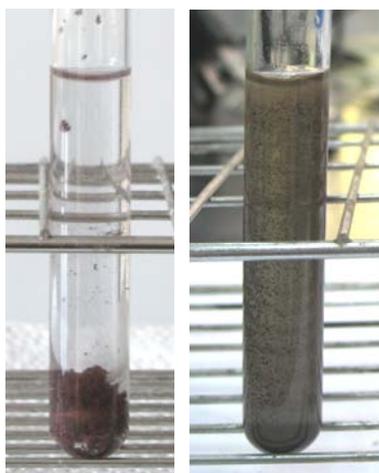
和還原性較高的甲醛和乙二醛反應，則可以產生金屬銅，反應式如下：



所生成的金屬銅，若能沉積在容器壁上，即成銅鏡。

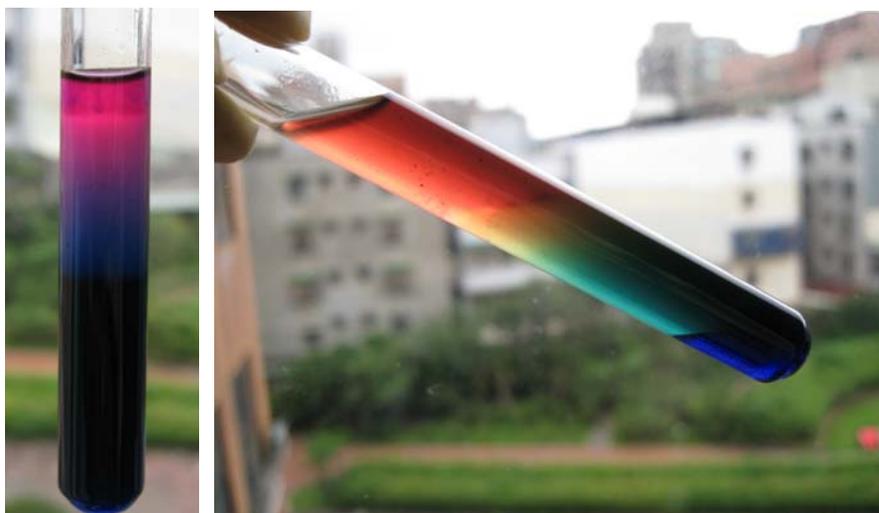
### 二、以斐林試劑和甲醛、乙醛、乙二醛的反應測試

- (一)反應結果，甲醛和乙二醛有金屬銅產生，但大部分都成了沉澱，試管壁上只有一點若有似無的紅銅色的金屬光澤(如圖五)，但都有機會產生銅鏡。



圖五 甲醛(左)和乙二醛(右)與斐林試劑反應的結果。

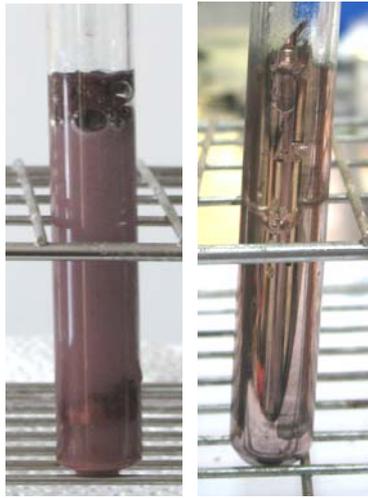
(二)乙醛的反應則相當奇怪，剛加入乙醛的酒精溶液時，看見有紫紅色物質在上層出現，搖盪後消失。反應經過二十分鐘後，上層又出現一點紫紅色，看不出有甚麼沉澱產生，再加入二毫升的乙醛酒精溶液輕輕搖盪，卻意外的呈現出七彩的漸層變化(如圖六)，雖然不是預期的結果，但十分有趣。



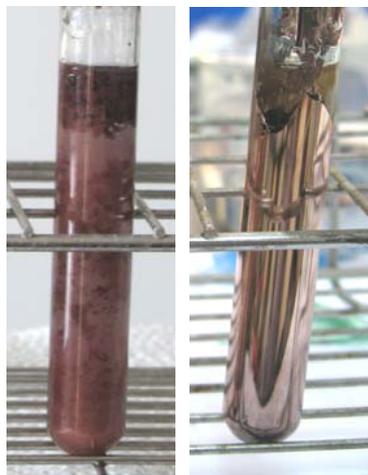
圖六 乙醛的酒精溶液與斐林試劑反應的結果(左)以及再加乙醛酒精溶液後的漸層變化(右)。

### 三、尋找讓銅附著的方式

加一滴硝酸銀溶液的試管反應結果如圖七。以硝酸銀溶液潤洗過的試管反應結果如圖八。圖七與圖八均顯示，乙二醛有明顯的銅鏡產生，但使用潤洗方式的試管，銅的沉積較均勻，效果較好。甲醛雖然也能產生銅鏡，但效果極差，再加上甲醛的氣味也讓人不敢領教，毒性又高，還是不用為妙。



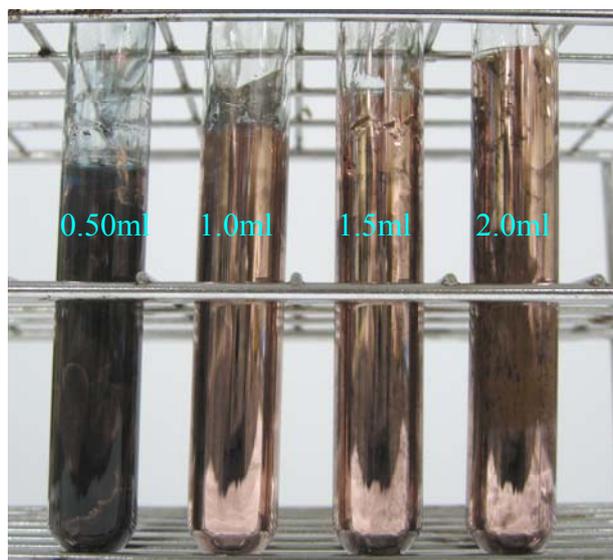
圖七 於加一滴硝酸銀溶液的試管內，甲醛(左)和乙二醛(右)與斐林試劑反應的結果。



圖八 以硝酸銀溶液潤洗試管後，甲醛(左)和乙二醛(右)與斐林試劑反應的結果。

#### 四、尋找適當的還原劑比例

(一)反應結果如圖九，所產生的銅鏡效果以加 1.0ml 的乙二醛為最佳。

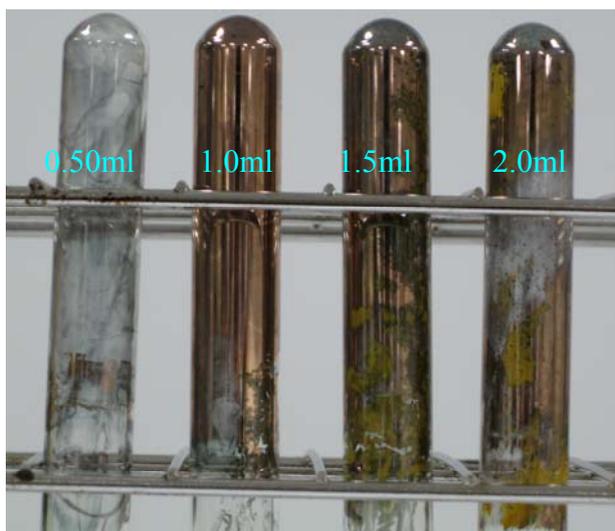


圖九 添加不同量乙二醛的反應結果。

(二) 秤重結果如表一，雖然從數據上看來，乙二醛加的越多，質量增加越多，但實際觀察試管可以發現，乙二醛加到 1.5ml 以上，其實銅膜斑剝的相當厲害，見圖十。同時，過量的乙二醛也很可能因為加熱蒸發飄散，恐危害健康。所以選擇 4.0ml 的斐林試劑與 1.0ml 乙二醛的比例進行後續實驗。

表一 添加不同量乙二醛反應後試管增重的結果。

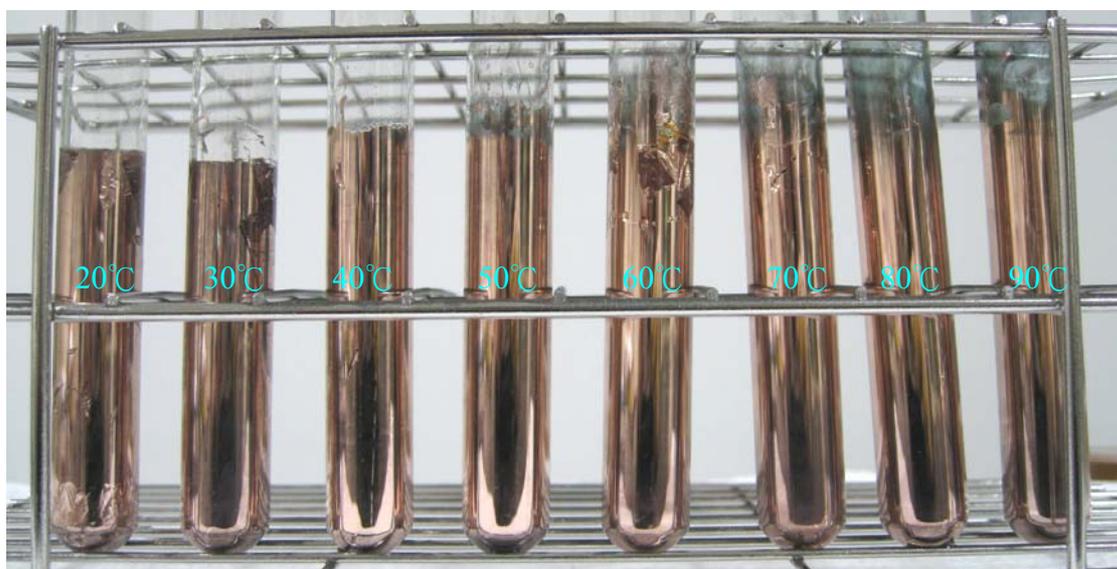
乙二醛體積(ml)	0.50	1.0	1.5	2.0
試管原重(g)	7.7347	7.5626	7.5527	8.0470
試管後重(g)	7.7353	7.5657	7.5563	8.0512
增加(g)	0.0006	0.0031	0.0036	0.0042



圖十 添加不同量乙二醛的反應結果，經清洗、烘乾處理的結果。

## 五、尋找適當的反應溫度

(一) 反應結果如圖十一，結果顯示，高低溫均可產生銅膜，其中以 50°C 所產生的銅鏡外觀最佳。低溫部份所生成的銅鏡有些斑紋，容易剝落，高溫部份也有斑紋，但剝落情況較少。

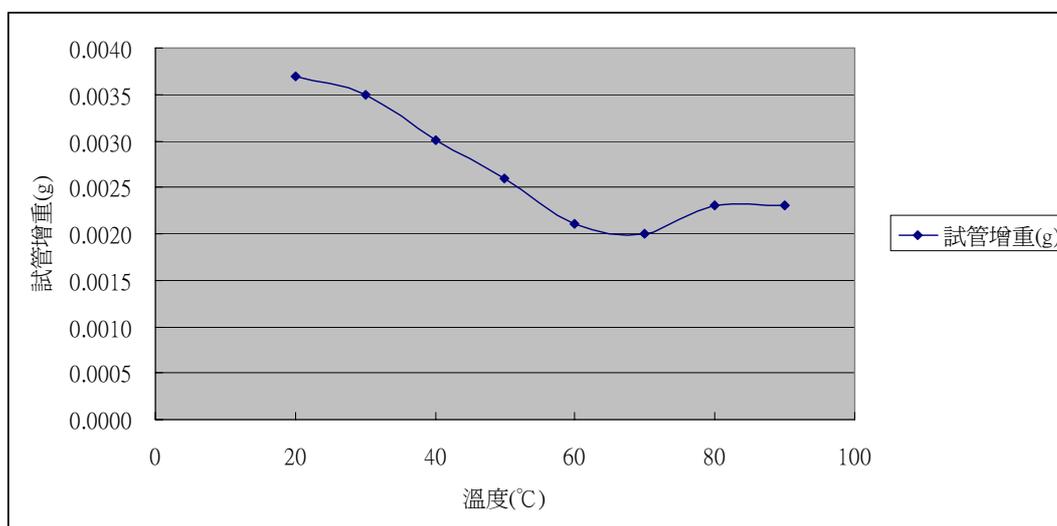


圖十一 在不同溫度條件下反應的結果。

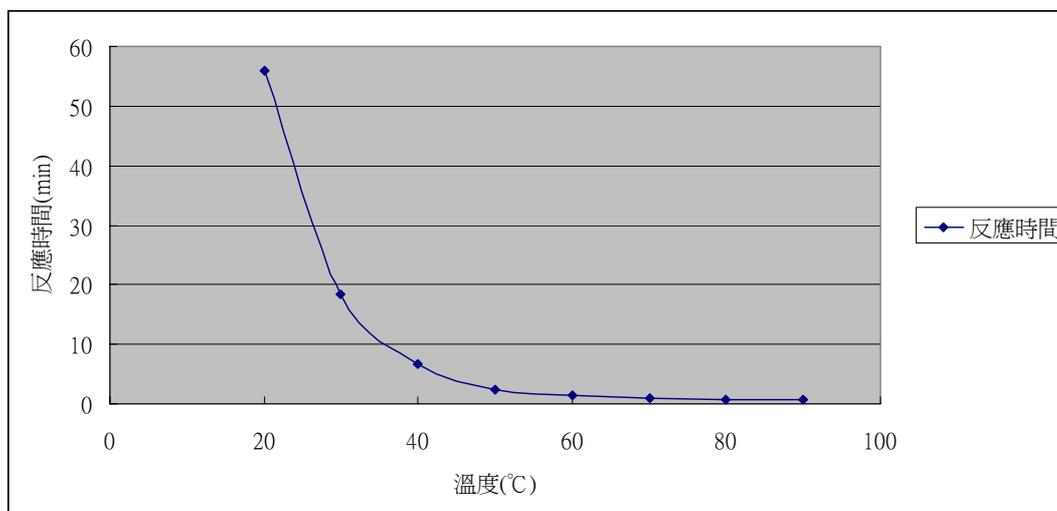
(二) 試管秤重與反應時間結果如表二，銅膜重量與溫度的關係圖如圖十二，反應時間與溫度的關係圖如圖十三。圖十二顯示，銅膜重量隨著與溫度增高而漸漸減少，亦即在較低的溫度之下反應，銅膜比較厚重，對照外觀結果可以發現，銅膜過於厚重，可能是導致剝落的主因。圖十三則顯示，溫度越高反應時間越短，反應越快完成。90°C時，反應過快，試管內產生的泡泡還溢出管口。溫度高固然反應快速，但操作上亦危險許多。對照銅鏡效果，及考量操作的安全，選擇以 50°C 左右進行實驗，反應時間也夠短。

表二 在不同溫度條件下試管增重與反應時間的結果。

溫度(°C)	20	30	40	50	60	70	80	90
試管原重(g)	7.7422	8.1216	7.7884	7.5628	7.5492	7.9998	8.098	7.7868
試管後重(g)	7.7459	8.1251	7.7914	7.5654	7.5513	8.0018	8.1003	7.7891
增加(g)	0.0037	0.0035	0.0030	0.0026	0.0021	0.0020	0.0023	0.0023
反應時間	56'	18'25"	6'43"	2'20"	1'23"	1'01"	48"	39"



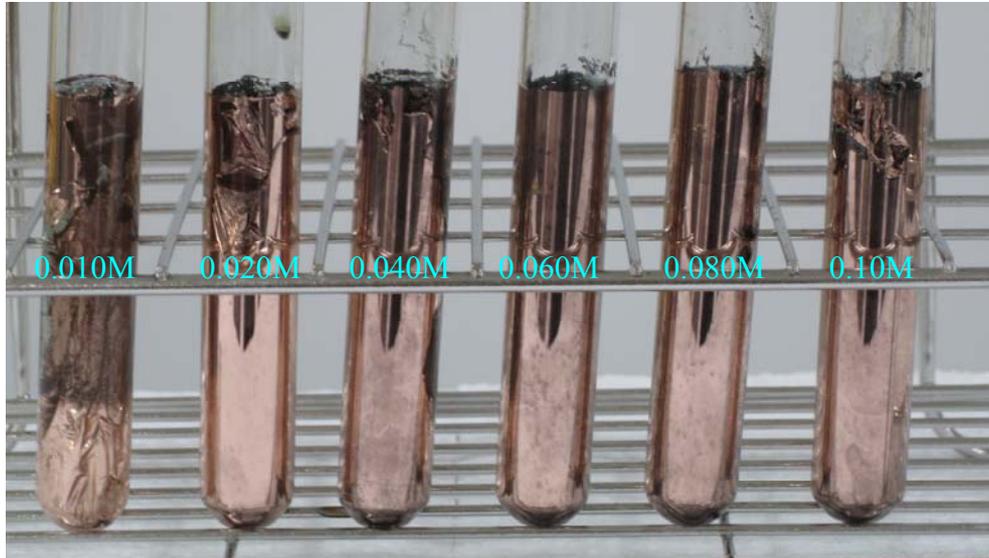
圖十二 試管增重與溫度的關係圖。



圖十三 反應時間與溫度的關係圖。

## 六、尋找適當的硝酸銀濃度

(一)反應結果如圖十四，硝酸銀濃度過低時，所產生的銅膜非常銀亮好看，但很容易皺縮剝落，0.010M 的試管，銅膜甚至大部份都剝落了。濃度太高時，所生成的銅鏡又有些黑黑的斑紋，不夠好看。從結果看來，以 0.060M 的硝酸銀潤洗，所產生的銅鏡剝落較少，效果也較好。



圖十四 以不同濃度硝酸銀溶液潤洗所得的結果。

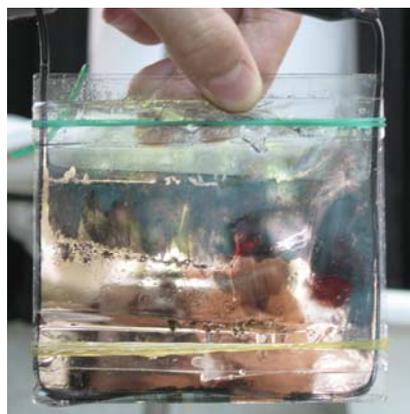
(二)秤重結果如表三，銅膜重量以 0.040M 與 0.020M 較重，不過可惜其剝落嚴重。這顯示其銅膜較厚，這可能是造成剝落的主因。

表三 以不同濃度硝酸銀溶液潤洗，試管增重的結果。

硝酸銀濃度(M)	0.010	0.020	0.040	0.060	0.080	0.10
試管原重(g)	7.7313	8.0163	7.7884	7.5628	7.7868	7.9999
試管後重(g)	7.7320	8.0210	7.7936	7.5654	7.7887	8.0017
增加(g)	0.0007	0.0047	0.0052	0.0026	0.0019	0.0018

## 七、銅鏡試作

(一)以二玻璃片，邊緣夾電線然後纏上膠布和橡皮筋，製成容器，進行銅鏡反應，如圖十五。因為夾層的空間太薄，不容易混合均勻，製得的銅鏡效果不佳。



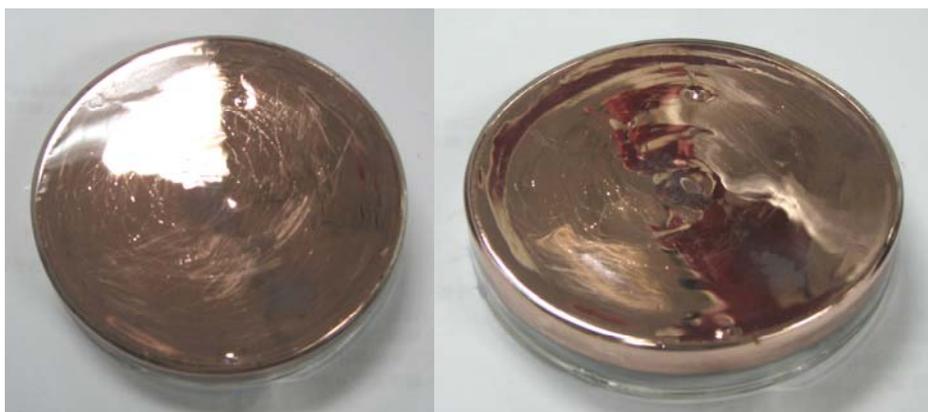
圖十五 以二玻片夾電線試作銅鏡的結果。

(二)以二玻璃片，邊緣夾毛細管，然後以橡膠封邊，製成容器，進行銅鏡反應如圖十六。  
和(一)相似，效果不好。



圖十六 二玻片以橡膠封邊試作銅鏡的結果。

(三)以玻璃片放入塑膠盆內進行銅鏡反應。結果玻璃片的上下兩面均生成銅膜，也不夠均勻，而且要把其中一面的銅膜去除很麻煩，過程中也常常刮花另一面，頗不理想。  
(四)以培養皿為容器，進行銅鏡反應，如圖十七。效果不錯，可惜培養皿的底部不夠平整，沒辦法做鏡子。



圖十七 以培養皿為容器製作銅鏡的結果。

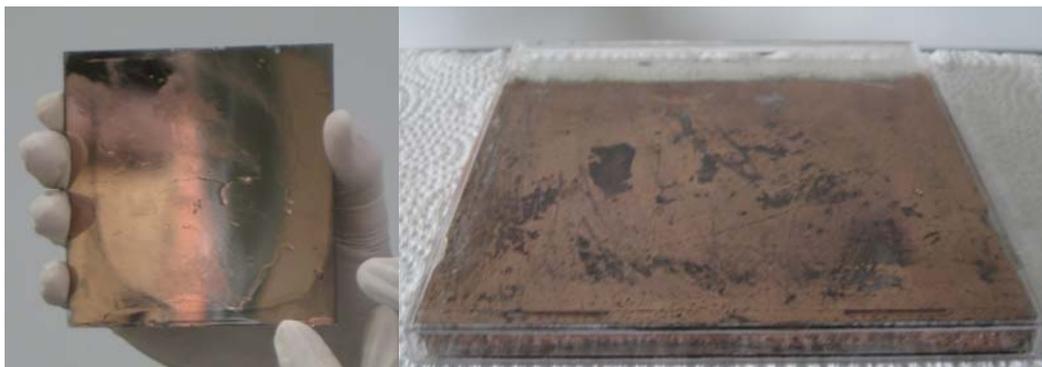
(五)以二玻璃片疊合，放入塑膠盆內進行銅鏡反應，這個效果較好。兩面中又朝下的那一面效果比較好，可惜銅膜剝落有一點嚴重，如圖十八。



圖十八 以二玻片疊合於塑膠盆內製作銅鏡的結果。

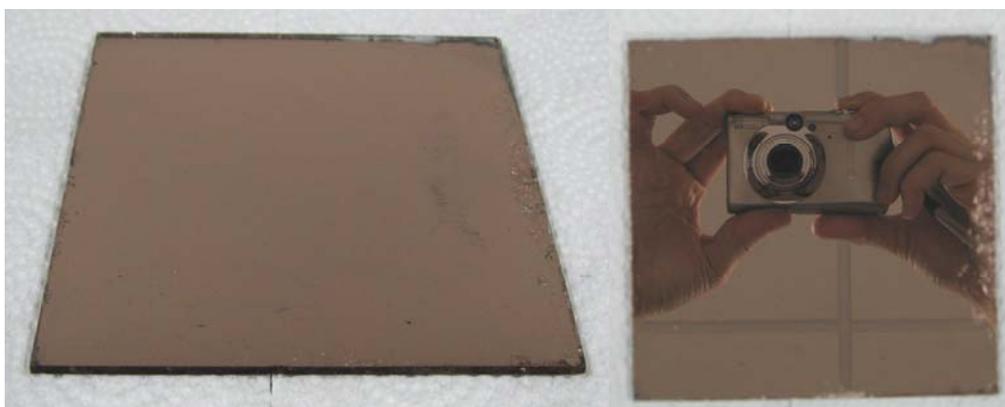
(六)以 CD 盒作為反應容器的效果不錯，可惜所需的溶液份量較大，還有 CD 盒的清洗

不易，如圖十九。



圖十九 以 CD 盒作為反應容器製作銅鏡的結果。

(七)以環氧樹脂和厚紙板自製反應器，效果也很不錯，而且所需的試劑份量，僅 CD 盒的一半，如圖二十。



圖二十 以環氧樹脂和厚紙板自製反應器製作銅鏡的結果。

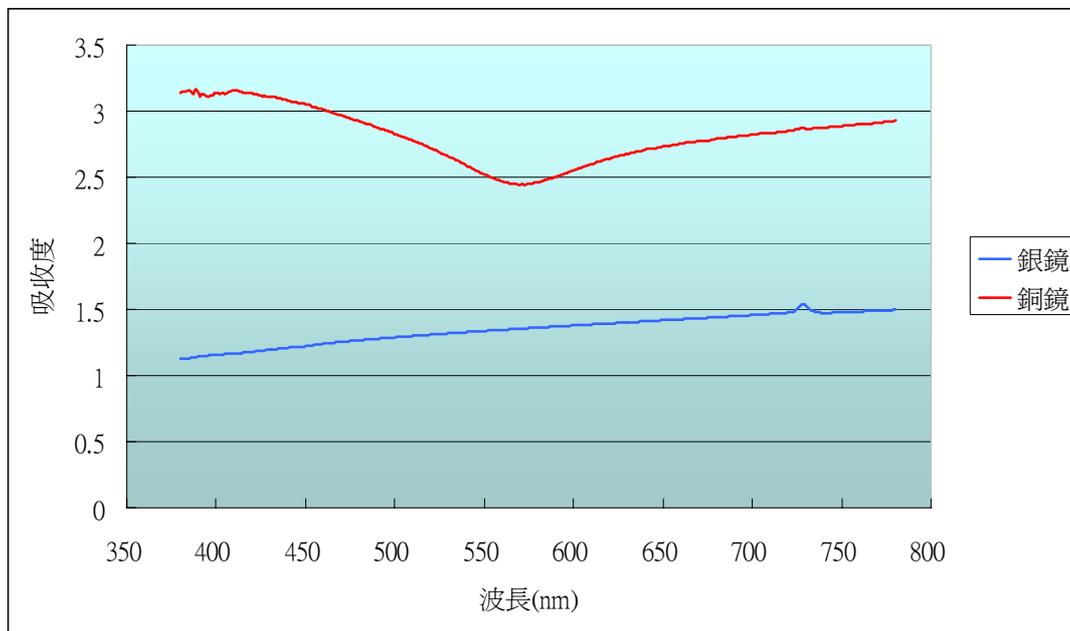
八、以載玻片製作銅鏡與銀鏡，如圖二十一。



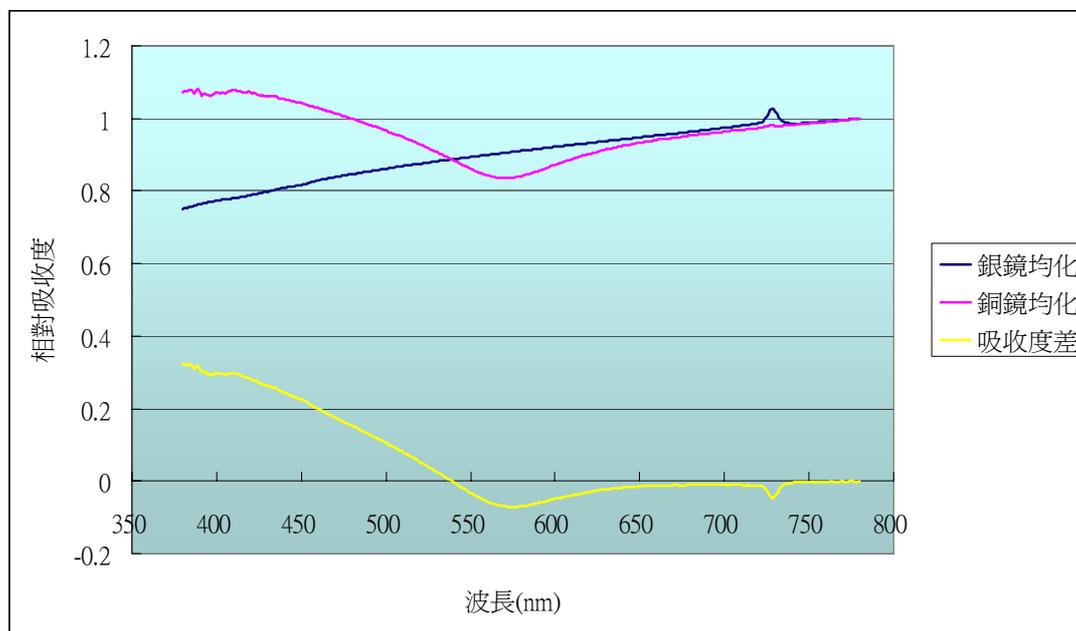
圖二十一 以載玻片製作銀鏡(左)與銅鏡(右)。

九、光譜分析的結果如圖二十二。銀鏡在各個波長吸收度的變化相當平穩，沒有甚麼色偏。銅鏡整體的吸收度較高，應該是銅膜較厚所造成，且有較明顯的起伏變化。以波長 780nm 的吸收度為基準，求得相對吸收度，以比較不同波長之吸收度變化的差異，得

均化後的光譜分析結果，如圖二十三。與銀鏡相比，銅鏡在波長 550nm-600nm 間的相對吸收度偏低，540nm 以下，相對吸收度又偏高。對照不同色光的波長範圍表(表四)，相對於銀鏡，銅鏡在波長綠、藍、靛、紫的範圍的反射與吸收較大，黃色與橙色的的反射與吸收則相對較小，所以銅鏡有些色偏。



圖二十二 銀鏡與銅鏡的吸收度與波長的關係圖。



圖二十三 均化後銀鏡與銅鏡的吸收度及兩者的吸收度差與波長的關係圖。

表四 不同色光的波長範圍(整理自維基百科<sup>(五)</sup>)。

顏色	紫	靛	藍	綠	黃	橙	紅
波長範圍(nm)	380-420	420-440	450-500	495-570	570-590	590-620	620-780

## 陸、討論

- 一、斐林試劑與醛類反應時，會產生紅色的氧化亞銅沉澱，可以用來檢驗醛類化合物，和有醛基的葡萄糖。若有還原性較強一點的醛類，如甲醛、乙二醛等，在較高一點的溫度下進行反應，有機會產生銅鏡。甲醛在常溫下是氣體，沸點 $-19.5^{\circ}\text{C}$ ，易溶於水，常配成 37% 的水溶液使用，就是防腐用的福馬林。甲醛氣味難聞而刺鼻，對皮膚及黏膜有刺激作用，接觸甲醛可能會使皮膚出現過敏現象，嚴重者甚至會導致肝炎、肺炎及腎臟損害，還有致癌的可能性。乙二醛熔點  $15^{\circ}\text{C}$ ，沸點  $51^{\circ}\text{C}$ ，常配成 40% 的水溶液販售使用，沒有甚麼氣味，也沒有甚麼明顯得毒性。
- 二、斐林試劑與甲醛、乙二醛水溶液反應，可以產生銅，但所生成的銅並不易附在容器壁上，難以生成銅鏡。
- 三、斐林試劑與乙醛的酒精溶液的反應結果很有趣。進一步試驗發現，直接在斐林試劑中加入酒精，未混合時，其酒精層即成紫紅色，混合後整個溶液呈現藍紫色。若酒精加更多些，則會分層，無法互溶。其上的酒精層依舊是紫紅色。推測紫紅色應該是酒石酸銅錯離子溶於酒精中呈現的顏色。經與銅絲反應而產生的乙醛酒精溶液，其與斐林試劑的反應，與教科書所述不同，並未產生紅色的氧化亞銅沉澱，可能是生成的乙醛分量不足，無法沉澱，但意外生成七彩的變化。
- 四、要讓銅附著於容器壁上，須先徹底的清洗容器，使用前先以硝酸銀先潤洗容器。潤洗後可以讓銅附著的原因，可能是在潤洗過後，有少量的硝酸銀溶液殘留在容器壁上，與斐林試劑和甲醛、乙二醛溶液接觸時，有極少量的銀還原，幫助後續的銅離子在其上還原附著。有文獻<sup>(四)</sup>提及，在硝酸銀溶液潤洗前，先以氯化亞錫-鹽酸溶液潤洗，但實際試用發現，這樣的操作，使其後硝酸銀溶液潤洗時，出現大量的氯化銀白色沉澱干擾，同時效果更差，故捨棄不用。
- 五、以甲醛作為還原劑，雖可產生銅鏡，但效果不佳，又有氣味、毒性的問題，和乙二醛相比簡直一無是處，捨棄不用。
- 六、潤洗用的硝酸銀溶液，若濃度太高，則潤洗後會有過多黑色顆粒殘留，應該是極細小的銀粒，這會使得銅膜有黑斑；而濃度較低時，銅膜十分明亮潔淨，但附著不良，非常容易剝落。實驗結果以  $0.040\text{M} \sim 0.060\text{M}$  的硝酸銀溶液潤洗，效果最好。但不同的容器與潤洗方式可能會導致殘留的液膜份量不均，甚至厚薄不一，影響結果。試管的圓弧內緣，銅膜還比較不容易脫落，較大而且平面的玻璃片，要均勻而不剝落非常難，這使得要在玻璃片上生成完美銅鏡，變的可遇而不可求。
- 七、斐林試劑與乙二醛體積比，以 4.0ml 的斐林試劑與 1.0ml 乙二醛的反應，效果最好。
- 八、對照銅鏡效果，及考量操作的安全，反應溫度選擇以  $50^{\circ}\text{C}$  左右進行實驗，反應快，效果佳。若未能在此溫度下操作，在室溫下，也能產生銅鏡，但要注意反應的進行，

避免因銅膜太厚而剝落了。

九、試了幾個方法，在平板玻璃上生成銅膜，製作成銅鏡，結果雖未臻完美，但漸入佳境。

十、檢測銀鏡與銅鏡的吸收光譜，可以知道不同波長的光，被吸收及反射的程度。這樣雖可大略了解不同波長可能的反射光強弱變化，但其中終究有吸收部分，並非全然是反射光。可惜儀器限制，無法與直接測定反射光譜，否則應更能了解銅鏡與銀鏡的差異。

## 柒、結論

利用硝酸銀溶液潤洗容器，以斐林試劑和乙二醛反應產生銅，並使銅附著於容器壁，可以成功的產生銅鏡。

以不同的試劑比例進行反應，發現斐林試劑和乙二醛體積比四比一的效果最佳。硝酸銀潤洗液的濃度約 0.040M~0.060M 左右效果最好。在不同的溫度下反應，均可產生銅鏡，但以 50°C 時為佳。

試了幾個方法做銅鏡，結果漸入佳境，再經嘗試必能更臻完美。

銅鏡的吸收及反射光與銀鏡略有不同，主要在綠光到紫光的區域吸收與反射較大，黃光與橘光吸收與反射較小，有些色偏。

至於銅鏡能否正衣冠呢？請看！（圖二十四）



圖二十四 以銅為鏡，可以正小猴衣冠！

## 捌、參考資料及其他

- 一、葉名倉等，高中選修化學，第八章，南一書局，2008 年
- 二、工研院工安衛中心，物質安全資料表，序號：62
- 三、[www.dfm.com.tw/safe/safe/7143.html](http://www.dfm.com.tw/safe/safe/7143.html)
- 四、Lucas Erickson and Adam Yock，2003，Making the Best Copper Mirror
- 五、可見光，維基百科

## 【評語】 030214

- 1.研究銅鏡取材正確有趣。
- 2.乙醛宜直接購買使用，除非價格太貴或自製方法及成分確認及純度皆沒問題。
- 3.對所得結果並無法解釋。
- 4.參考文獻的寫法可再改進。