

# 臺灣二〇〇四年國際科學展覽會

科 別：化學科

作品名稱：探討如何自製便宜的耐強酸鹼實驗桌面

學 校：國立大里高級中學

作 者：王啓榮

## 作者簡介

我叫王啓榮，在家中排行老大，有兩個妹妹。父親是在自己家族所開的工廠裡工作，那是一間製作汽機車零件的工廠。母親則是擔任家庭主婦，一直到我升上高中後，媽媽覺得我已經長大了，有能力可以照顧自己及幫忙照顧妹妹，所以他就到爸爸的工廠裡工作，爲的只是想多賺點錢，讓我們的生活好過一點。

從小到大，父母親對我的要求特別嚴格，他們總對我說：「你是家裡的老大，要做個好榜樣給妹妹看。」正因如此，使我比同年紀的學生更早成熟、更懂些。在我國小一年級時，父母親就訓練我獨立學習，自己安排讀書時間並要我自己對自己的學業負責，讓我明白讀書是爲自己而讀的。

因爲父母親的學歷不高，在職場上時常受到委屈，所以他們把希望都放在我們這群小孩子身上，尤其是我；我常常和媽媽聊天，他總會向我訴說他在職場上不開心的事情及所受到的委屈，藉此告誡我要認真讀書，他不希望我長大後回到自家的工廠工作，這就是我所必須面對的使命。

從國小到高中，我幾乎每學期都有擔任班級幹部，也幾乎所有的幹部都擔任過；因爲擔任過各種不同的幹部，讓我有機會能學到更多課本上學不到的知識，例如：小四擔任班長時，學會如何做一位領導者，作爲老師及同學間的橋樑；國一擔任總務股長時，學會如何管理錢財及製作收文明細表；高一擔任環保股長時，了解環保及資源回收的重要性，諸如此類，令我受益良多。

從小我就喜歡把玩具或是電子器材拆開來，觀察內部的構造，並對生活週遭的事物充滿好奇心，喜歡一個人靜靜思考、探究其中的奧妙之處。升上高中之後，因為受到學校師長的鼓勵與指導，使我有資格能參加國立中興大學「高中化學科學習成就優異學生輔導計劃」，從這個計劃的課程中，我漸漸了解化學的奧妙，同時也使我的化學知識增進良多，其中我對於分析化學特別有興趣，從儀器分析探究物質的組成結構，就像小時後把玩具拆開來觀察一樣有趣，差別只是分析化學是在微觀的世界中觀察而已。期望自己未來能朝科學研究之路邁進。

# 探討如何自製便宜的耐強酸鹼實驗桌面

## Abstract

This study evaluates the corrosive resistance of strong acid and base for laboratory desks including epoxy resin products, plywood, carbonate products and boards. From results, only the surface of expensive resin products can tolerate the exposure of strong acid and base. The surface of other commercial materials was destroyed with strong acid and base. The performance of laboratory-made desk surface for resistance corrosion of strong acid and base was studied. Coating with Teflon paint on the board could resistant the exposure of strong acid and base, but a drying long time was the major shortage. Some of the chitin added could improve and tolerate the scraping with knife. The results will offer to make a cheaper laboratory desk.

## 摘要

本研究主要是探討不同材質的實驗桌面，如環氧樹脂合成板、三合板、美耐板、一般木板等，其對強酸、鹼的抗腐蝕之極限濃度，進而研發自製經濟實用的耐強酸鹼實驗桌面。由實驗結果顯示，只有較高級昂貴的環氧樹脂合成桌面，才能夠耐高濃度的強酸、強鹼，普通的環氧樹脂桌面、三合板或美耐板其抗強酸、鹼性則不理想。若將一般木板塗以鐵氟龍漆，即可得抗強酸強鹼之桌面材質，但漆不容易乾燥，若添加適量的幾丁質於鐵氟龍漆中，則漆將極容易乾燥，可降低烘烤溫度，使木板不致因高溫烘烤而變形，此所得結果可作為製作價廉的抗強酸強鹼實驗桌面之參考。尤其本實驗所製作之板面以水果刀刮之，板面絲毫未受損，故值得我們廣為運用。

# 一、前言

## (一) 研究動機

多數學生於實驗過程難免因不小心，而將試劑滴落於實驗桌面上，致造成桌面的損傷，尤其強酸、強鹼。目前大部分的學校為避免維修的困擾，通常選擇購買動輒超過十萬的耐強酸、鹼進口實驗桌面。這回本校即將購進的實驗桌桌面材料，廠商特別送來樣品，老師指導我們負責檢驗其抗酸鹼強度的效果，而引發我們想進一步探討如何自製經濟實用的耐強酸、鹼實驗桌面。

## (二) 研究目的

1. 探討比較三合板、美耐板、兩種不同材質的實驗桌面板及一般未經處理之木板，耐五種強酸強鹼溶液的極限濃度。
2. 偵測各種不同濃度的強酸、鹼溶液之 pH 值、電導度電位值，以探討確認合理的 1 項結果。
3. 探討、研發如何自製比較經濟，但耐強酸強鹼能力等同頂級實驗桌面之桌面。

# 二、研究方法：

- (一) 分別配置體積莫耳濃度 1.0、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、7.0、8.0、9.0、10.0、11.0、12.0M 的鹽酸、硝酸、氫氧化鈉、氫氧化鉀溶液。
- (二) 分別配置體積莫耳濃度 1.0、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、7.0、8.0、9.0、10.0、11.0、12.0、14.0、16.0、18.0M 的硫酸溶液。
- (三) 分別各滴 0.50ml 之酸、鹼溶液予以貼標籤之五種不同材質板面上，並蓋上蓋子，二十四小時後，再掀蓋子以濕棉花小心吸除藥品，紀錄結果。
- (四) 偵測各酸、鹼溶液的 pH 值及電導度的電位值。
- (五) 將一般木板塗以鐵氟龍白色漆一層後，待自然乾後，再同(三)法測試成效。
- (六) 同(五)但改為塗上兩層漆。
- (七) 修正(六)法，木板上一層漆後以烤箱烤之令其烘乾後，漆滲入木板後，上第二層漆，並再次烤之烘乾，在同(三)法測試成效。
- (八) 同(七)法，但鐵氟龍白色漆改以黑色漆代之。
- (九) 利用蜆殼萃取幾丁質。
- (十) 於鐵氟龍黑色漆中加入適量的幾丁質作為底漆。

### 三、研究結果與討論：

#### (一) 結果

(表一)三合板滴上不同濃度的酸 24 小時後之結果

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl
18. 0M	茶色		
16. 0M	淡茶色		
14. 0M	米白色 隨濃度降低 顏色變淡		
12. 0M		呈白色 表面浮凸	面粗糙浮凸呈白色
11. 0M			
10. 0M			周圍輕微浮凸
9. 0M			
8. 0M		有浮凸反應	
7. 0M			
6. 0M			
5. 5M			
5. 0M	米白色 隨濃度降低 顏色變淡		
4. 5M			
4. 0M			起泡浮凸
3. 0M			
2. 0M			
1. 0M			

(表一)三合板滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

	NaOH	KOH
12.0M	白色粗糙	白色粗糙微浮凸
11.0M		白色粗糙
10.0M	白色 隨濃度減少 顏色變淡	白色 隨濃度降低 顏色慢慢變淡
9.0M		
8.0M		
7.0M		
6.0M		
5.5M		
5.0M		沒有反應
4.0M		
3.0M		
2.0M		
1.0M		

(表二)美耐板滴上不同濃度的酸 24 小時後之結果

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl
18.0M	表層破壞成茶色		
16.0M	米黃色，表面粗糙		
14.0M	沒有反應		
12.0M		破壞表面並與木板作用且產生類似紙張纖維的薄膜	沒有反應
11.0M			
10.0M			
9.0M		淡黃色表面粗糙	
8.0M		有試劑作用的 痕跡	
7.0M			
6.0M			
5.0M			
4.0M			
3.0M			
2.0M			
1.0M			

(表二)美耐板滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

	NaOH	KOH
12.0M	破壞表面並與木板作用 產生類似紙張纖維的薄膜	淡黃色表面粗糙 隨濃度降低 顏色變淡
11.0M	米色表面粗糙 隨濃度降低 顏色變淡	
10.0M		
9.0M		
8.0M		
7.5M		
7.0M		
6.5M		
6.0M	有淺土黃色痕跡 隨濃度降低 顏色變淡	淡黃色表面粗糙 隨濃度降低顏色變淡
5.0M		
4.0M		
3.5M		
3.0M	有淡黃色痕跡 隨濃度降低顏色變淡	
2.0M		
1.0M		

(表三)材質普通的環氧樹脂合成的實驗桌面滴上不同濃度的酸 24 小時後之結果

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl
18.0M	表面微凸 粗糙米黃色 隨濃度降低 顏色變淡		
16.0M			
14.0M			
12.0M		表面凸起 粗糙白色 隨濃度降低 顏色變淡	微凸，有侵蝕的痕跡
11.0M			
10.0M			有侵蝕的痕跡
9.0M			
8.0M			
7.0M			
6.0M		表面凸起粗糙，中央起 泡，白色痕跡隨濃度降低 顏色變淡	微微凸起 有侵蝕的痕跡
5.5M			
5.0M			
4.5M			
4.0M		有浮凸的情形	浮凸 表面粗糙
3.5M			
3.0M			有侵蝕痕跡
2.0M			
1.0M			

(表三)材質普通的環氧樹脂合成的實驗桌面滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

	NaOH	KOH
12.0M	無反應	無反應
11.0M		
10.0M		
9.0M		
8.0M		
7.5M		
7.0M		
6.5M		
6.0M		
5.0M		
4.5M		
4.0M		
3.5M		
3.0M		
2.0M		
1.0M		



(表四)DURCON 的高級環氧樹脂合成實驗桌面滴上不同濃度的酸 24 小時後之結果

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	
18. 0M	灰色斑點			
16. 0M	沒有反應			
14. 0M				
12. 0M		有痕跡	沒有反應	
11. 0M				
10. 0M				
9. 0M		沒有反應		
8. 0M				
7. 0M				
6. 0M				
5. 0M				
4. 0M				
3. 0M				
2. 0M				
1. 0M				

(表四)DURCON 的高級環氧樹脂合成實驗桌面滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

	NaOH	KOH
12.0M	有試劑的痕跡	有試劑的痕跡
11.0M		
10.0M		
9.0M		
8.0M		
7.5M		
7.0M		
6.5M		
6.0M		
5.0M		
4.0M		
3.5M		
3.0M		
2.5M		
2.0M	沒有反應	沒有反應
1.0M		

(表五)一般木板滴上不同濃度的酸 24 小時後之結果

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl		
18. 0M	木板脫水 成焦黑碳				
16. 0M					
14. 0M					
12. 0M		黃色 隨濃度降低 顏色變淡	褐色 隨濃度降低 顏色變淡		
11. 0M	少量的木板 被脫水成碳				
10. 0M					
9. 0M					
8. 0M					
7. 0M	木板對硫酸的吸收力 很好，使得硫酸在木 板上嚴重擴散，造成 一大片的淡灰色狀				
6. 0M					
5. 5M					
5. 0M					
4. 5M					
4. 0M					
3. 0M					
2. 0M					
1. 0M					

(表五)一般木板滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

	NaOH	KOH
12.0M	表面粗糙綠褐色 隨濃度 降低 顏色變淡	表面粗糙米白色 隨濃度 降低 顏色變淡
11.0M		
10.0M		
9.0M		
8.0M		
7.0M		
6.0M		
5.5M		
5.0M		
4.5M		
4.0M		
3.5M		
3.0M		
2.5M		
2.0M		
1.0M		

(表六)材質普通的環氧樹脂合成的實驗桌面塗鐵氟龍白色漆料滴上  
不同濃度的酸 24 小時後之結果

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl		
18.0M	侵蝕掉鐵氟龍 露出板面				
16.0M					
14.0M					
12.0M		有痕跡	有痕跡		
11.0M	有痕跡				
10.0M					
9.0M					
8.0M					
7.0M					
6.0M					
5.5M					
5.0M					
4.0M					
3.0M					
2.0M				沒有反應	
1.0M					

(表六)材質普通的環氧樹脂合成的實驗桌面塗鐵氟龍  
白色漆料滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

	NaOH	KOH
12.0M	沒有反應	沒有反應
11.0M		
10.0M		
9.0M		
8.0M		
7.0M		
6.0M		
5.5M		
5.0M		
4.5M		
4.0M		
3.5M		
3.0M		
2.0M		
1.0M		

(表七)一般木板塗烤鐵氟龍白色漆料滴上不同濃度的酸 24 小時後之結果

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	
18. 0M	灰色			
16. 0M	米白色隨濃度降低 顏色變淡			
14. 0M				
12. 0M				
11. 0M	沒有反應	黃色隨濃度降低 顏色變淡	淺茶色 隨濃度降低顏色 變淡 有痕跡	
10. 0M				
9. 0M				
8. 0M				
7. 0M				
6. 0M				
5. 5M				
5. 0M				
4. 0M				
3. 5M				
3. 0M				
2. 0M		沒有反應		
1. 0M				

(表七)一般木板塗烤鐵氟龍白色漆料滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

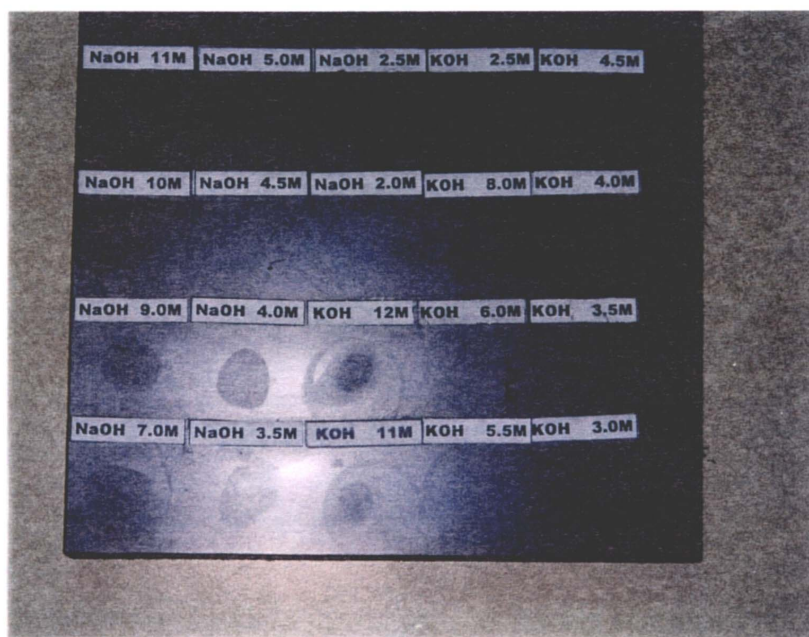
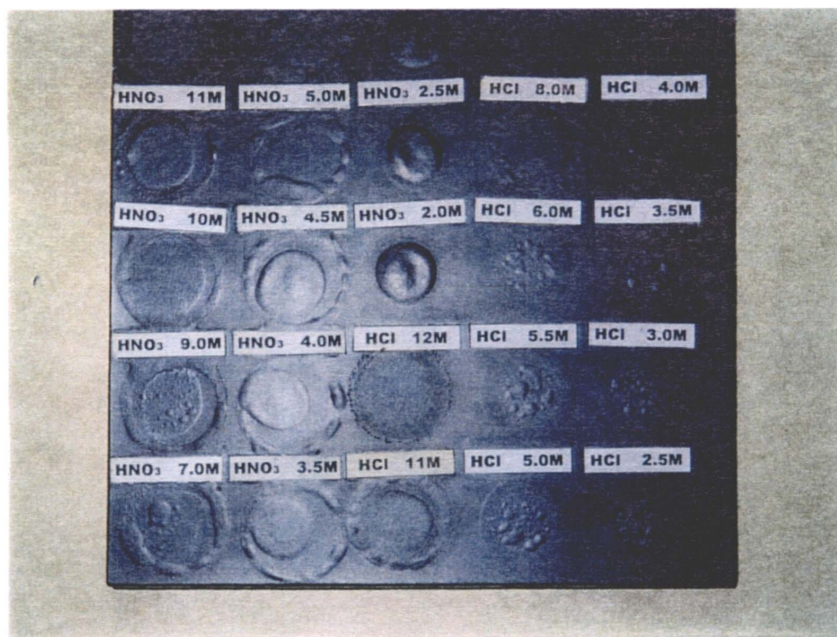
	NaOH	KOH
12.0M	沒有反應	沒有反應
11.0M		
10.0M		
9.0M		
8.0M		
7.0M		
6.0M		
5.5M		
5.0M		
4.5M		
4.0M		
3.5M		
3.0M		
2.5M		
2.0M		
1.0M		

(表八)一般木板塗烤鐵氟龍黑色漆料滴上不同濃度的酸 24 小時後之結果

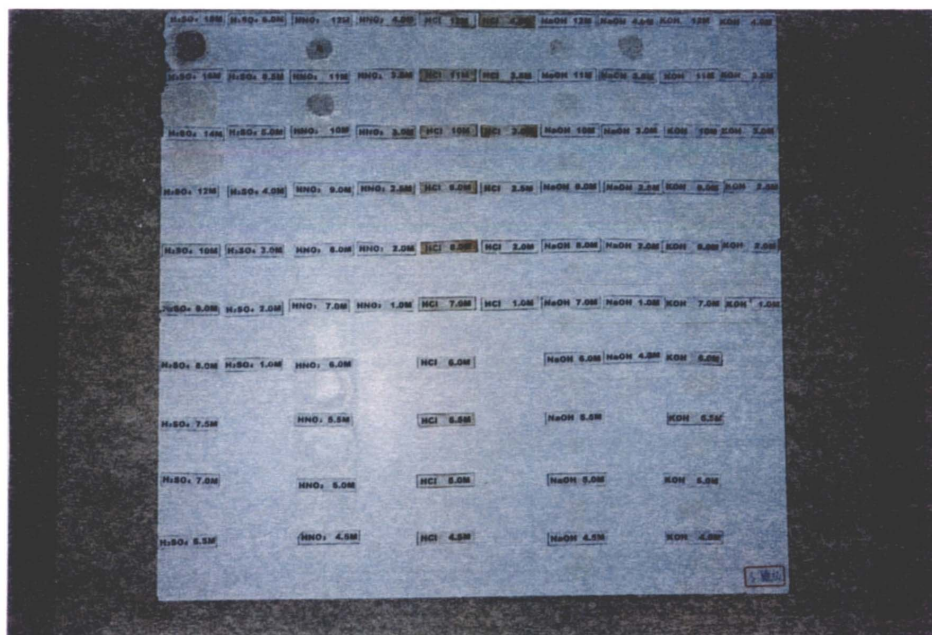
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl
18.0M	沒有反應	沒有反應	沒有反應
16.0M			
14.0M			
12.0M			
11.0M			
10.0M			
9.0M			
8.0M			
7.0M			
6.0M			
5.5M			
5.0M			
4.5M			
4.0M			
3.0M			
2.0M			
1.0M			

(表八)一般木板塗烤鐵氟龍黑色漆料滴上不同濃度的鹼 24 小時後之結果

	NaOH	KOH
12.0M	沒有反應	沒有反應
11.0M		
10.0M		
9.0M		
8.0M		
7.0M		
6.0M		
5.5M		
5.0M		
4.5M		
4.0M		
3.5M		
3.0M		
2.5M		
2.0M		
1.0M		

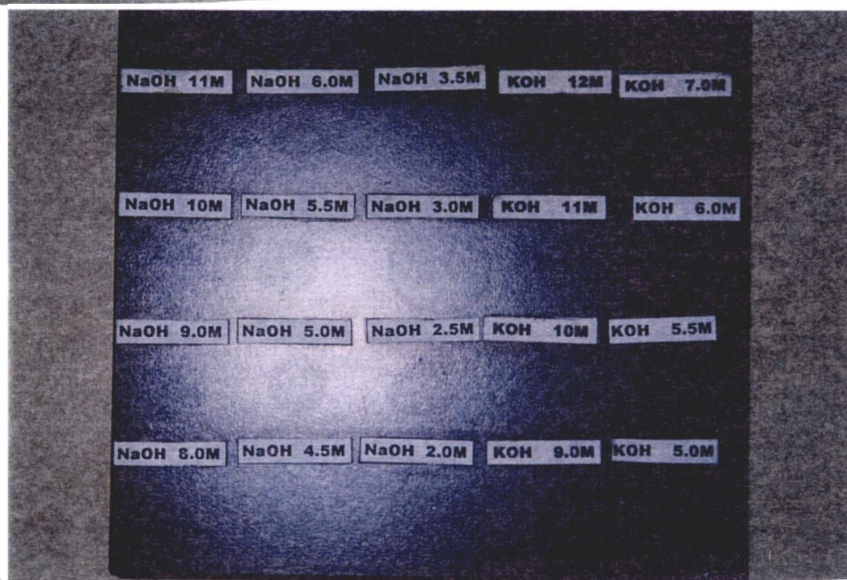
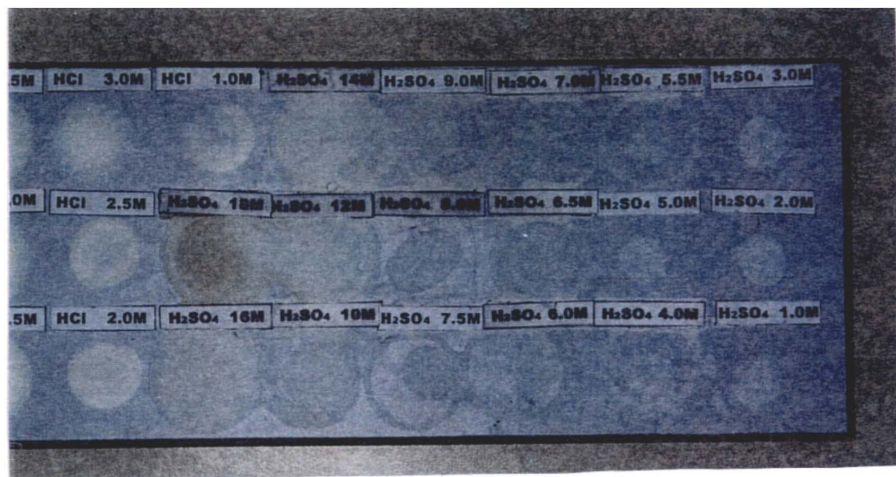
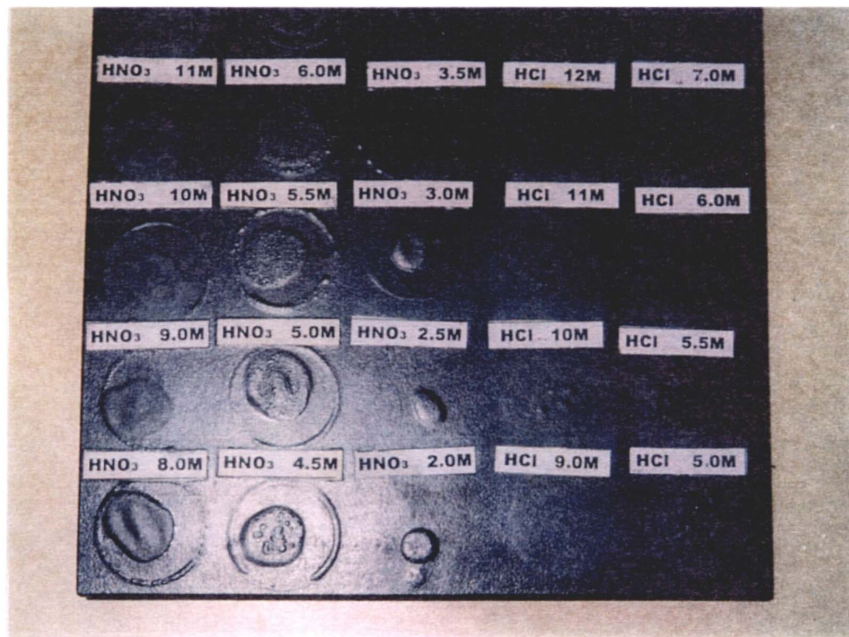


照片一：材質為三合板的實驗桌面滴上不同濃度的酸鹼結果



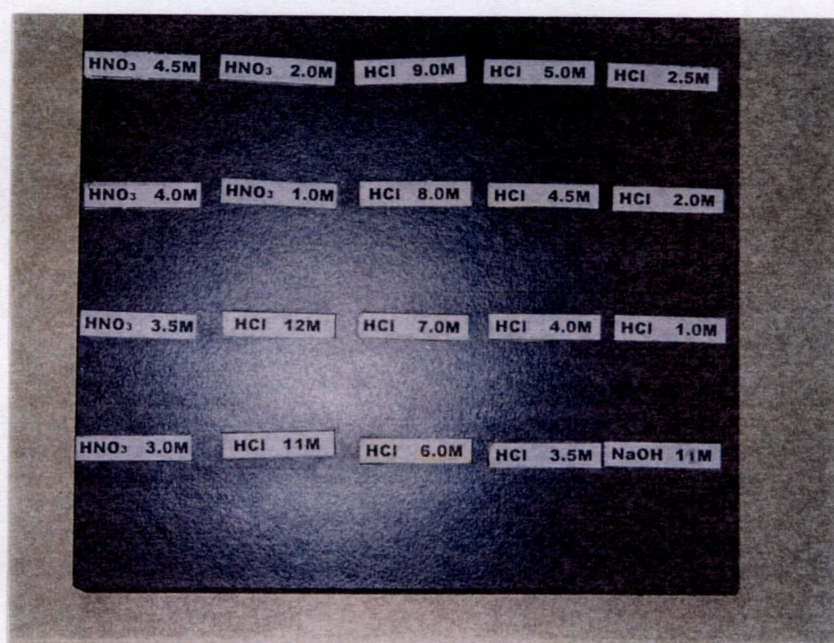
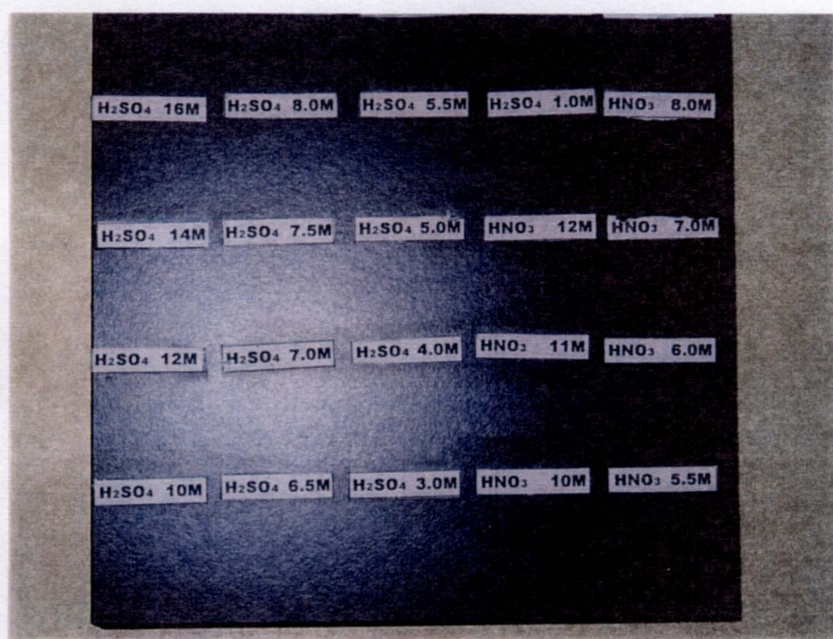
照片二：材質為美耐板的實驗桌面滴上不同濃度的酸鹼結果





照片三：材質普通的環氧樹脂合成的實驗桌面滴上不同濃度的酸鹼結果





照片四：DURCON 高級環氧樹脂合成的實驗桌面

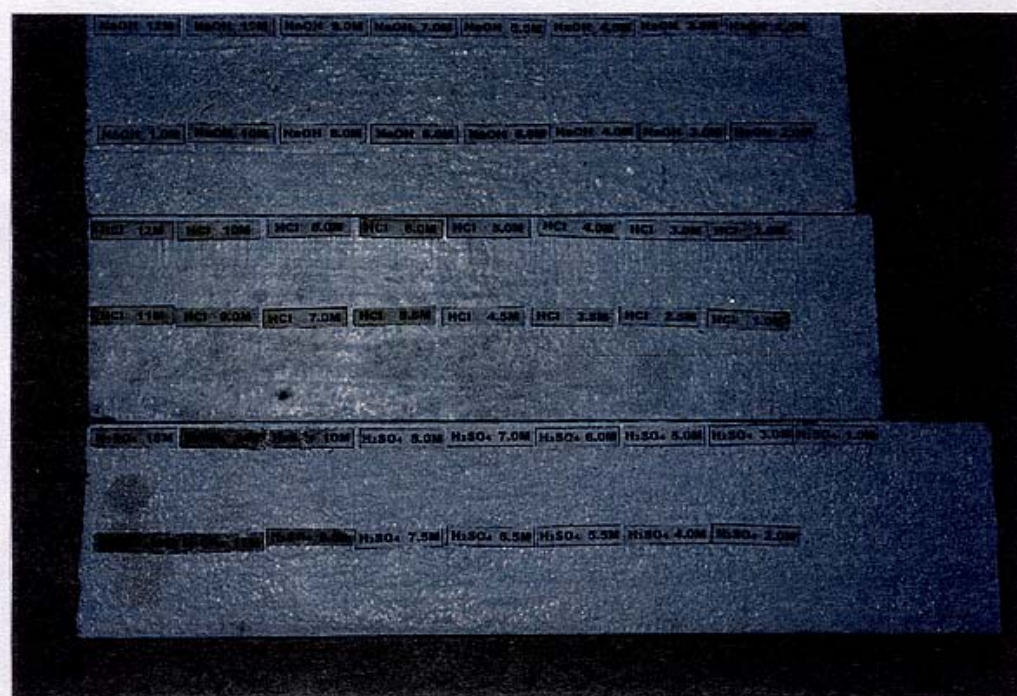
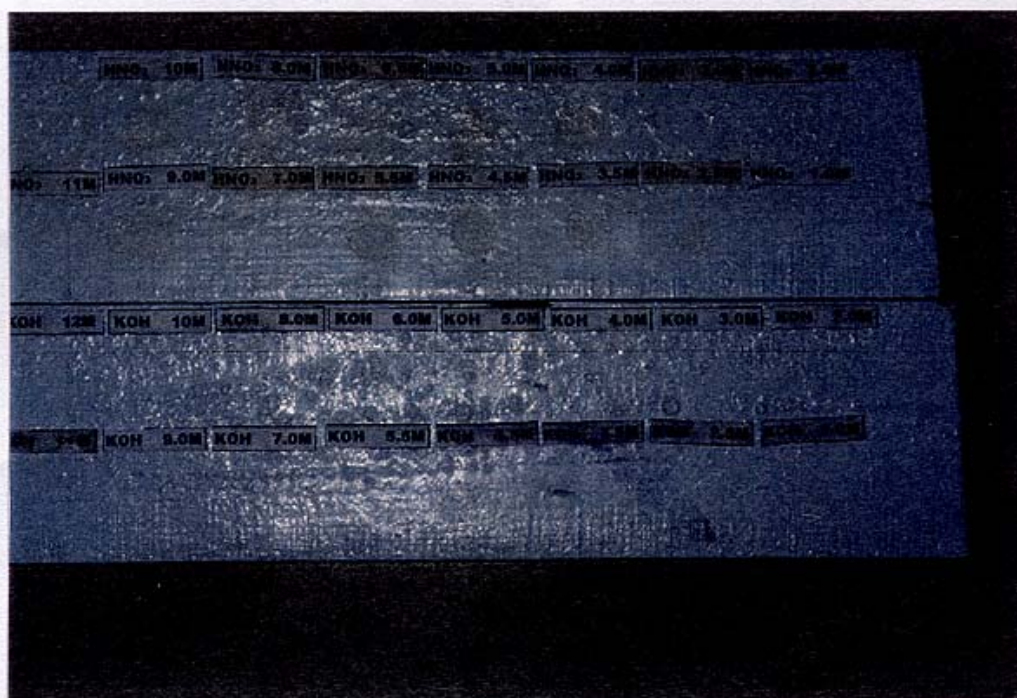
滴上不同濃度的酸鹼結果





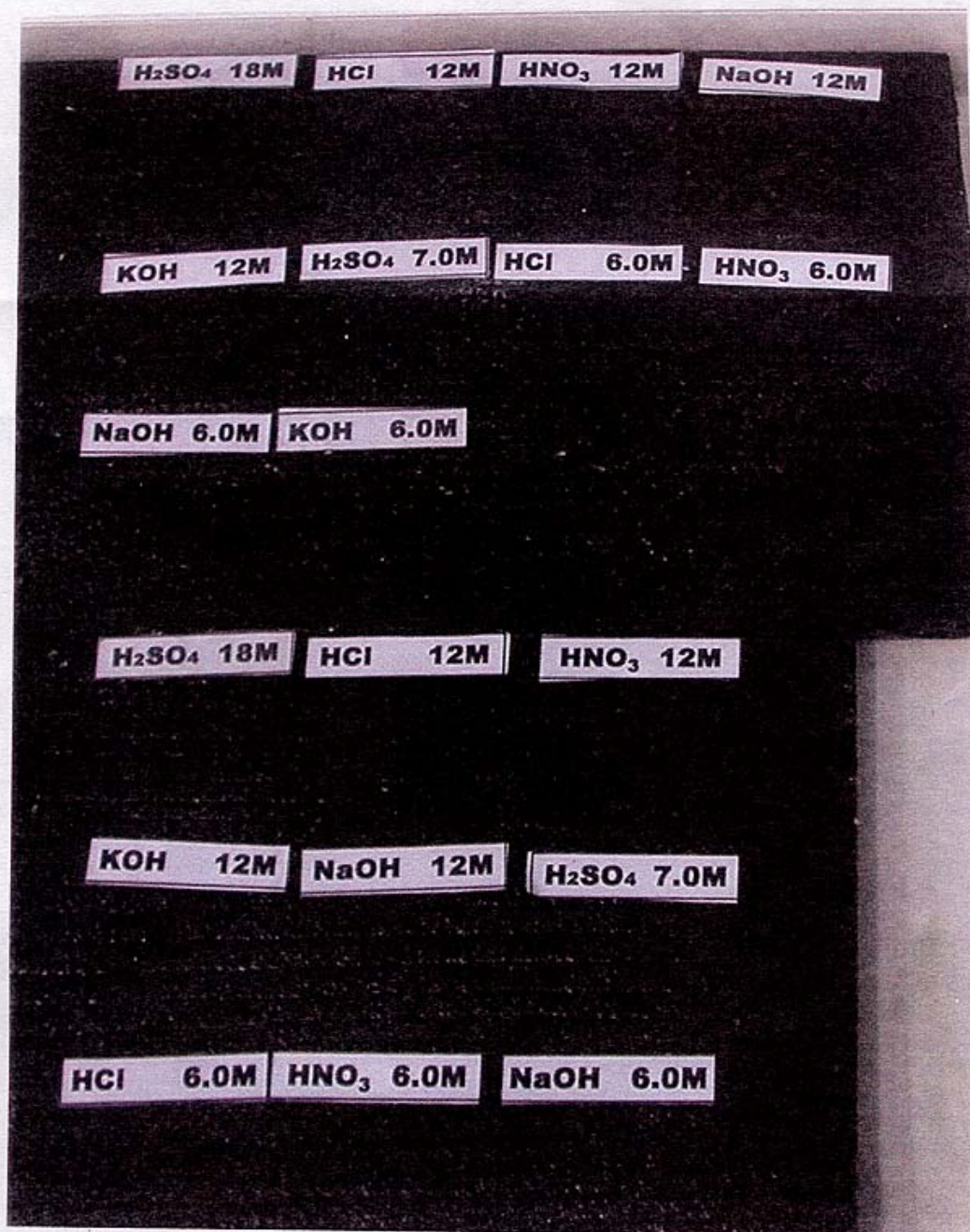






照片六：一般木板塗烤鐵氟龍白色漆滴上不同濃度的酸鹼結果

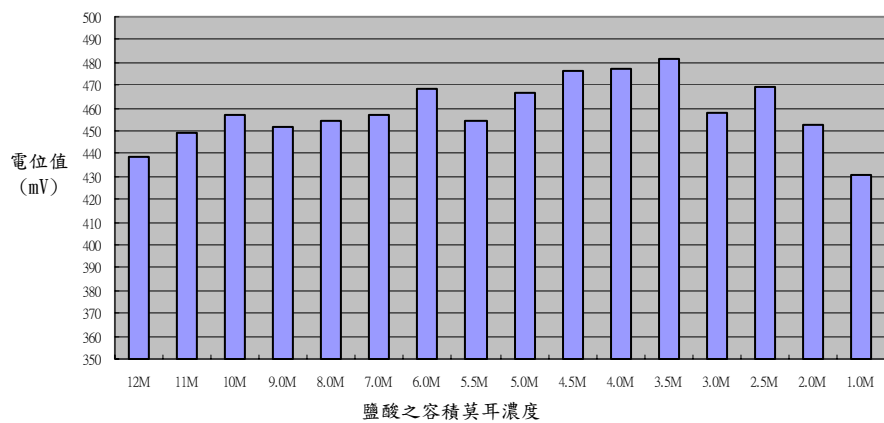




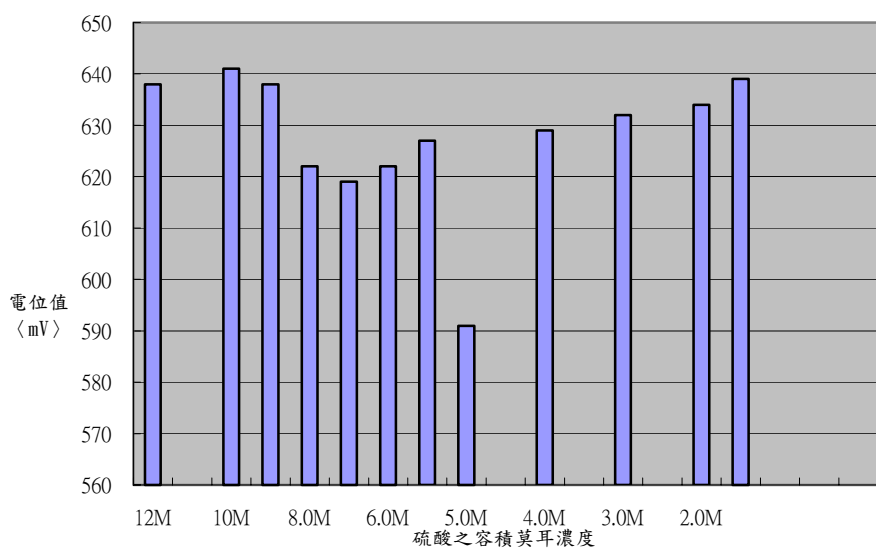
照片七：一般木板塗烤鐵氟龍黑色漆滴上不同濃度的酸鹼結果

(表九) 各種濃度酸鹼溶液之 pH 值

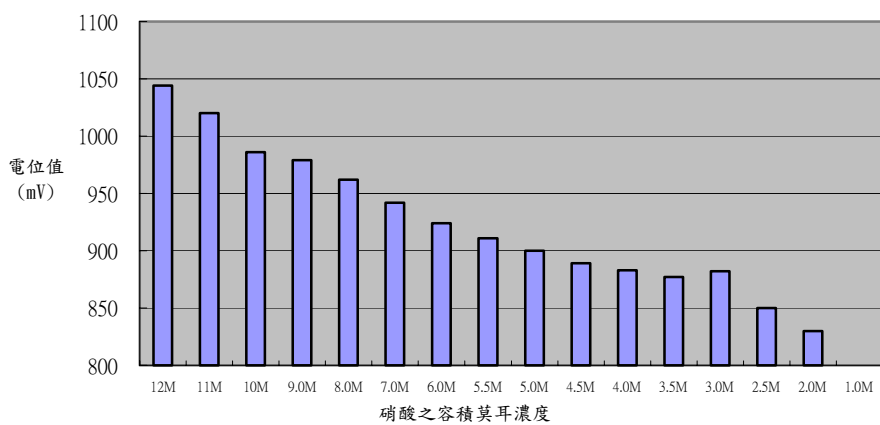
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	HCl	NaOH	KOH
18M	-3.07				
16M	-2.92				
14M	-2.64				
12M	-2.04	-1.95	-1.92	14.01	15.61
11M		-1.77	-1.81	13.94	15.44
10M	-1.04	-1.58	-1.63	13.97	15.31
9.0M	-0.96	-1.45	-1.43	13.84	15.12
8.0M	-0.91	-1.37	-1.28	13.84	15.01
7.5M	-0.93				
7.0M	-0.82	-1.20	-1.11	13.81	14.64
6.5M	-0.79				
6.0M	-0.84	-1.13	-0.98	13.78	14.74
5.5M	-0.96	-1.02	-0.87	13.90	14.41
5.0M	-0.90	-0.93	-0.76	13.88	14.52
4.5M		-0.85	-0.67	13.81	14.40
4.0M	-0.64	-0.81	-0.58	13.79	14.41
3.5M		-0.70	-0.49	13.71	14.32
3.0M	-0.44	-0.58	-0.34	13.69	14.27
2.5M		-0.50	-0.25	13.65	14.16
2.0M	-0.22	-0.42	-0.13	13.59	14.02
1.0M	0.06	-0.13	0.12	13.42	13.75



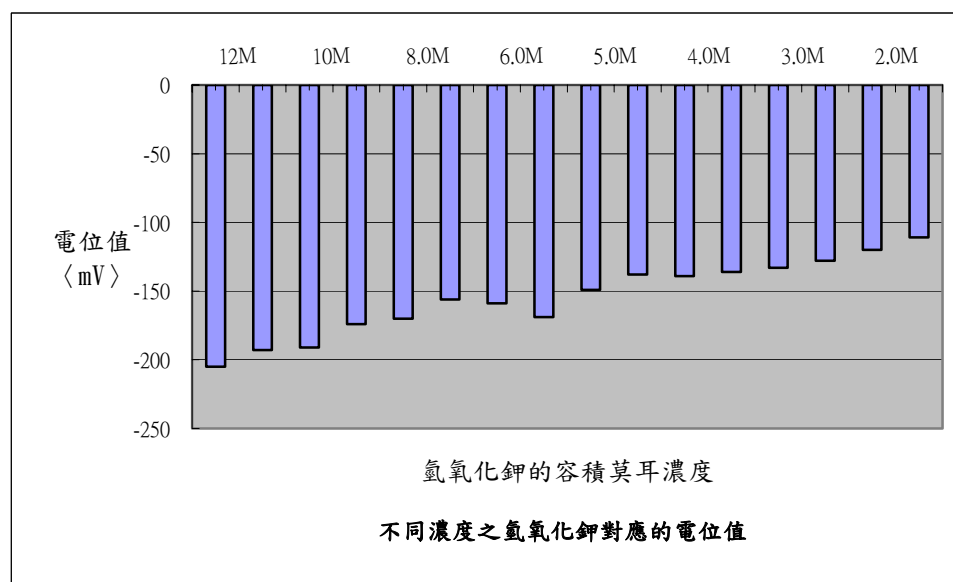
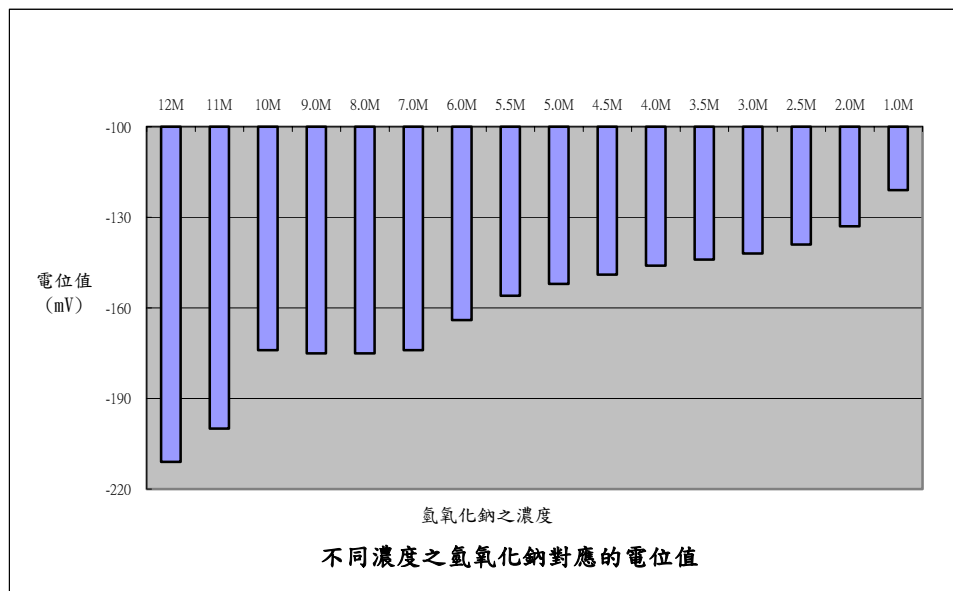
不同濃度之鹽酸對應的電位值



不同濃度之硫酸對應的電位值



不同濃度之硝酸對應的電位值



## (二) 討論

1. 結果顯示三合板(如表一)，只能耐 5.0M 以下的氫氧化鈉溶液，其餘各種強酸及氫氧化鉀，則濃度 1.0M 以上即均令板面產生明顯變化。
2. 由表二可得美耐板不耐鹼及 2.0M 以上的硝酸，但可耐 12.0M 以下的硫酸和鹽酸。
3. 實驗結果顯示(如表三、表四)，只有品質較理想的頂級環氧樹脂實驗桌面，才具有強的抗強酸特性，強鹼則 2.5M 以上即略留痕跡。而普通的環氧樹脂桌面不耐體積莫耳濃度 1.0M 以上的強酸，強鹼也只能耐 8.0M 以下者。

- 4.一般木板則不耐任何強酸鹼，但非常明顯的現象為木板遇氫氧化鈉呈米白近白色，遇氫氧化鉀則呈綠褐色。此可利用作為簡便區別性質相近的氫氧化鈉與氫氧化鉀的方法。
- 5.將表六（普通材質的環氧樹脂桌面塗烤鐵氟龍白色漆）與表三（普通材質的環氧樹脂桌面未上漆）結果比較之，顯示鐵氟龍具改善耐強酸鹼性之效果。
- 6.將表七（一般木板塗烤鐵氟龍白色漆）與表三、表五（一般木板未上漆）之結果再比較之，可以發現一般木板塗烤鐵氟龍白色漆的改善結果極為顯著，尤其強鹼也都不留痕跡。而將鐵氟龍白色漆塗烤於一般木板的效果之所以優於塗烤於普通材質的環氧樹脂桌面，乃因為前者為粗糙面，後者為光滑面，而粗面的滲透性約為滑面的 1.5 倍。
- 7.一般木板塗烤鐵氟龍白色漆後遇濃硝酸板面均略呈米黃色，乃因分解而出的二氧化氮吸附於其中，而一般實驗桌面均塗烤黑色，致遇此狀況，將不易顯現出來，因此我們又嘗試於木板上塗烤鐵氟龍黑色漆的效果，結果果然是看不出滴硝酸呈現米黃色痕跡的結果。（如表八）
- 8.由表九及表十，我們發現各酸鹼即使濃度不相同，但於板面上的反應接近時，其溶液的 pH 值均極接近，因濃度大的溶液，其解離度並非呈正比增加，乃出現濃度稍大者離子濃度反而稍減小，致濃度雖不等，桌面損害情形卻相同的結果。
- 9.由於木材的水分含量多寡將影響鐵氟龍漆的附著性，而鐵氟龍為非極性且為聚合物，若木材含極性水分較多，將減弱其吸附滲透性。故先將木材表面以酒精擦拭後，再塗漆以增加其附著性，但效果不彰，因鐵氟龍為大分子，而乙醇為小分子。
- 10.以多種角度粉刷試驗，結果顯示，塗漆時當漆的液滴與細胞內腔表面接觸角度小於 90 度時，液體較容易往木材中滲透，故我們選約 75 度角粉刷。
- 11.一般油漆烘烤溫度為 60°C ~ 70°C 最適當，但鐵氟龍漆於此溫度卻不易乾燥，致漆的滲透性差，而影響其對酸鹼的抗蝕強度，所以改以 160°C 烘烤之效果較佳，但木材產生形變。
- 12.為提高鐵氟龍漆對木板的吸附及乾燥效率，經試驗若於鐵氟龍漆中加入適量的幾丁質，不僅效果良好且因降低烘烤溫度為 100°C，致木板未產生形變。
- 13.文獻上記載無色化學藥品如鹽酸可與木材中的單寧成分產生顏色變化，而本次實驗結果由表五，確實得到滴鹽酸者，木板面呈光滑淡褐色狀的保護面。
- 14.木板塗布時，可先塗一層待烘烤乾後五個小時，再進行第二次塗布，可以增加其表面的密緻性。
- 15.由於不同的酸鹼於不同的板面上均有不同的變化（凹凸）、腐蝕性或呈色，應可藉此特性推測未知的酸、鹼為何種酸、鹼。
- 16.木板可迅速吸收含幾丁質的鐵氟龍漆，其原理如同清潔劑。因幾丁質為含許多羥基 (-OH) 的聚合物，除可與木板的纖維素產生氫鍵相吸，又因大分子可和鐵氟龍漆相吸。
- 17.當 18M 的濃硫酸滴於塗有鐵氟龍白色漆的板面上時，板面呈灰色，乃因濃硫酸脫水產生碳之故，而塗布鐵氟龍白色漆者，乃因色白而彰顯其色。



## 四、結論與應用

### (一) 結論

1. 依實驗結果顯示能耐高濃度強酸、鹼的實驗桌面外購時，的確得選用較高級昂貴的(市價每個板面三萬六)環氧樹脂合成桌面。因其它的如普通等級(每個板面二萬四)的環氧樹脂合成桌面、三合板或美耐板等其抗強酸、鹼性的性質均不佳，並不適合當化學實驗室的實驗桌面；而我們自製的實驗桌面只要約二千元。
2. 一般木板塗布含適量幾丁質鐵氟龍黑色漆一層待乾燥後，再塗第二層，耐酸鹼性強度即相當於高級的環氧樹脂桌面；尤其本實驗製作之板面以水果刀割畫之，板面絲毫不受損，因此，值得我們廣為運用。
3. 木板塗布含適量幾丁質鐵氟龍黑色漆可降低烘烤溫度 60°C，故木板不致於因烘烤溫度太高而變形，為其優點。
4. 塗布時須留意塗刷的角度得小於 90 度漆的吸附性將較佳，而且噴烤較塗烤外表美觀。
5. 為避免碰到濃硝酸的呈色反應，建議選擇鐵氟龍黑色漆。
6. 基於不同的酸、鹼於三合板、美耐板及一般木板上外觀均有不同的變化顯現，我們也可藉由此特徵判別未知酸、鹼的種類。

### (二) 應用

木材因各種需求而進行塗裝處理，不但可以保護木材，亦可以延長其使用年限，並增加其利用價值<sup>(1)</sup>，而欲得優良的塗裝效果，則對木材之表面特性<sup>(2)</sup>，需要有深刻的了解。而塗裝有相當多的方法<sup>(3、4)</sup>，所有的塗料包括防霉塗料、硬質塗料及具裝飾紋樣的感性塗料等，為增加其效果，常加入一些填加劑。本研究選擇能抗強酸鹼的含鐵氟龍黑色漆為塗料，但因漆不易烤乾，經參考幾丁質特性，而將其加入木材塗料中，即克服此缺點。尤其蟹殼類的殼所含幾丁質是地殼存量最豐富的，目前已開發出各種用途<sup>(5)</sup>，的確值得我們廣為運用。

## 五、參考文獻：

1. 張上鎮，塗料與塗裝技術，1996，V44，P35。
2. 盧崑宗，塗料與塗裝技術，1998，V68，P38。
3. 盧崑宗，塗料與塗裝技術，1998，V70，P28。
4. 王松永，林產工業，1998，V17，N1，P227。
5. 李遠豐，生物產業，1998，V9，N1，P27。