

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

第一名

081522

挑戰極限-立可白的組合密碼與凝膠應用

臺北縣板橋市埔墘國民小學

作者姓名：

小五 柯映竹 小五 江品萱 小五 郭元富
小五 林子翔 小六 黃琳禎

指導老師：

柯文賢 黃靜良

挑戰極限～立可白的組合密碼與凝膠應用

一、摘要：

本研究主題是探討如何自製一瓶健康的修正液，代替有毒的化學立可白。我們試驗了各種植物乳汁、白色粉末，添加無毒揮發性的溶劑，比較各種不同的混合順序和比例，不斷的突破不凝膠的極限，成功的製成一瓶覆蓋力好、乾燥快、不凝膠，還有香味的立可白，並且利用凝膠的變色與逆反應，來檢測溶液中的酒精濃度。

二、研究動機：

有一次上課，老師講解習作內容，結果大家的答案都錯了，好多人同時拿出立可白來修正，突然一陣嗆鼻的刺激味充滿整個教室，大家才警覺到立可白的可怕。還記得自然課剛上過校園植物的單元，我們就異想天開的想利用植物的白色乳汁來試看看，是否可以代替化學立可白，做成一瓶無毒的修正液，於是在老師的指導下，展開了一連串的試驗。

三、研究目的：

- (一)分析化學立可白的成份和毒性。
- (二)探討校園中哪些植物白色乳汁含量較多，無毒性、黏性好、乾燥快、覆蓋力佳，適合做自製立可白的原料？
- (三)探討阿拉伯樹膠是否可以取代白色乳汁的功能？
- (四)探討阿拉伯樹膠添加哪些白色物質覆蓋力最好？
- (五)探討怎樣的混合比例，才能使自製立可白有最佳的黏著力和覆蓋效果？
- (六)探討自製立可白是否可以添加揮發性溶劑加快乾燥的速度？
- (七)探討能避免凝膠、又能乾得快、覆蓋力強的最佳混合順序和比例。
- (八)探討改變膠液的濃度、水的 pH 值，是否可以突破添加酒精不凝膠的極限？
- (九)自製實用的健康芳香立可白。
- (十)利用凝膠的變色與逆反應，檢測溶液中的酒精濃度。

四、研究器材設備：

植物的白色乳汁、注射針筒、鋸子、碼錶、空指甲油瓶、透明投影片、天秤、量筒、燒杯、試管、滴管、阿拉伯膠塊、鈦白粉、小蘇打、麵粉、熟石灰、白水彩、白廣告顏料、丙酮、環保去光水、酒精、稀硫酸、氫氧化鈉、薰衣草精油、自製針筒滴定管、磁石攪拌機、pH 計、自製透光度測量器。

五、研究過程與方法：

問題一：分析立可白的成份與毒性。

1. 方法：

- (1) 從立可白的外瓶標示中找出成份。
- (2) 查閱百科辭典並上網查主要成份的性質、毒性。

2. 結果：

主要成份	甲基環己烷	三氯乙烷	鈦白粉	樹脂
性質	無色液體，可燃，有起火危險。	無色液體，不溶於水，接觸火花會燃燒。	白色粉末，不可燃，所有白色顏料之最大遮蓋能力。	合成反應中所生的強粘物質，加熱變軟溶化，燃燒會冒煙。
用途	揮發性溶劑	揮發性溶劑、去油劑	色料、紙、塑膠等之白色顏料，覆蓋劑。	用途廣泛，如接著劑、合成塑膠……
毒性	具中度毒性	有毒，影響神經系統、肝臟。	無毒	有毒

問題二：校園中哪些植物含有白色乳汁，可以做為立可白的原料？

1. 方法：

- (1) 查有關植物的書籍圖鑑，找出含有白色乳汁的植物。
- (2) 實際到校園採集比較植物汁液的量。

2. 結果：

乳汁量由多至少以 ◎◎◎ 表示

植物名稱	島榕	雀榕	榕樹	黑板樹	印度橡膠	木瓜	地瓜	槭樹	彩山漆葉莖	聖誕紅	綠珊瑚	軟枝黃蟬	變葉木
有白色乳汁的部位	莖葉	根莖	全株	莖葉	全株	莖果葉實	全株	莖	莖	全株	全株	葉	莖葉
白色乳汁量	◎	◎	◎◎	◎◎	◎◎	○	○	○	○	◎◎	◎◎	◎	○
有無毒性	無	無	無	無	無	無	無	無	無	有	有	有	有
評估可否試用	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×

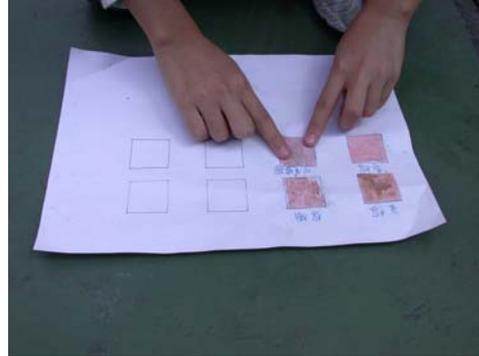
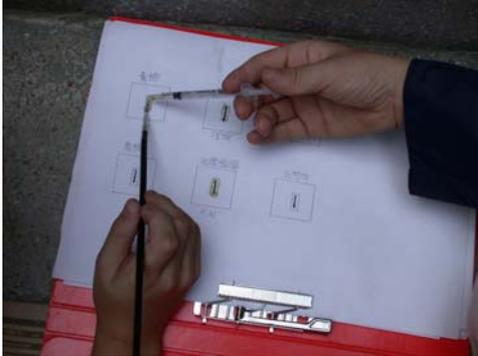
3. 討論：

- (1) 各種植物有白色乳汁的部位不一定相同。
- (2) 我們取乳汁較多又無毒的植物，來試驗做為立可白的代替品。

問題三：哪些無毒的白色乳汁黏性好、乾燥快？

1. 方法：

- (1) 畫 6 格 1.3 cm × 0.5 cm 的長方形方格，用針筒吸取植物的乳汁，各滴 0.05ml 的乳汁在方格中，用小刷子刷滿格，測量各乳汁的乾燥時間。
- (2) 在 3 cm × 3 cm 的方格中，各滴入 0.2 ml 的植物乳汁，用小刷子刷滿格，貼上同大小的衛生紙，隔天再撕下，比較紙黏著的面積。



2. 結果：

● 數量越多，表示黏性越強

植物名稱	烏榕	雀榕	榕樹	黑板樹	印度橡膠	() 對 立 可 白 ()
乳汁乾燥時間	8'17"	7'25"	13'58"	8'09"	8'28"	0'38"
乾燥速度排序	4	2	6	3	5	1
紙黏著面積						
黏度	●●	●●	●●●●●●	●●●●●●	●●●●●●	●●●●

3. 討論：

- (1) 乾燥最快的是立可白，植物汁液乾燥的速度都比立可白慢，其中榕樹最慢。
- (2) 黏性最強的是榕樹的汁液，其次是黑板樹和印度橡膠，它們的黏性都比立可白強。烏榕、雀榕的汁液黏性較差。

問題四：無毒白色乳汁覆蓋能力比較

1. 方法：

- (1) 在 1.3 cm × 0.5 cm 的長方形方格中，各滴入 0.05ml 的植物汁液，用小刷子刷滿格，觀察乾燥後的顏色變化，和方格中黑線被覆蓋的程度。
- (2) 把照度計固定在紙盒底部，盒子上方挖一個 1.2cm × 1.2cm 的洞，並將投射燈固定在洞口上方，製成透光度測量器。
- (3) 用針筒吸取各植物的乳汁，滴 0.1ml 在透明投影片的方格(1.5cm × 1.5cm)中，等汁液乾燥後放在盒子洞口上方，測量不同乳汁乾燥後的透光度，比較覆蓋力。



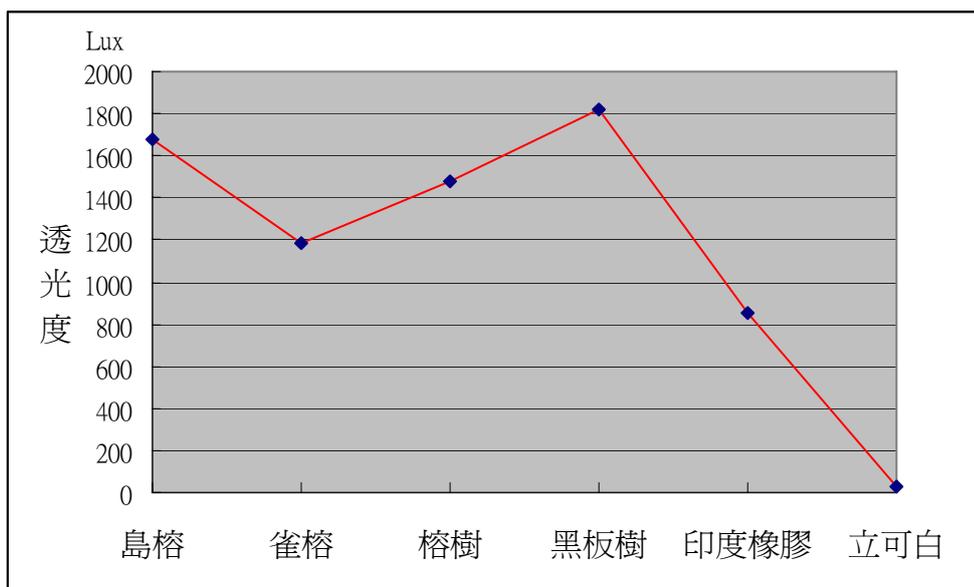
2. 結果：

(1)

● 數量越多，表示透光度越差，覆蓋力越強。

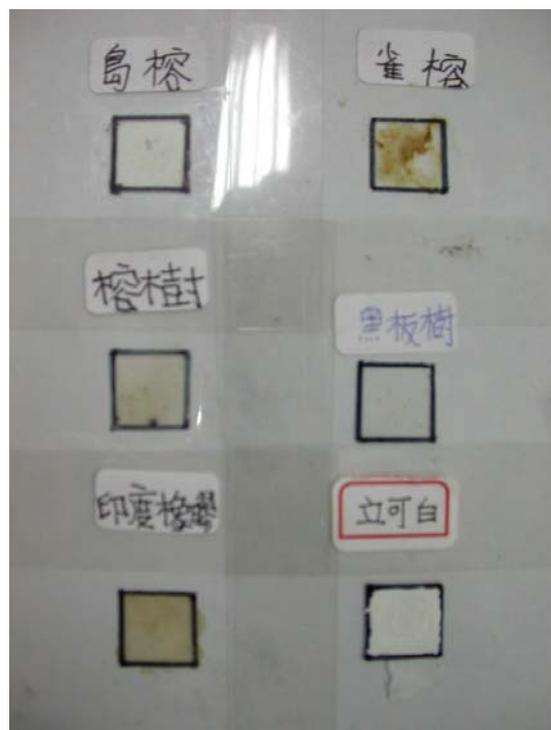
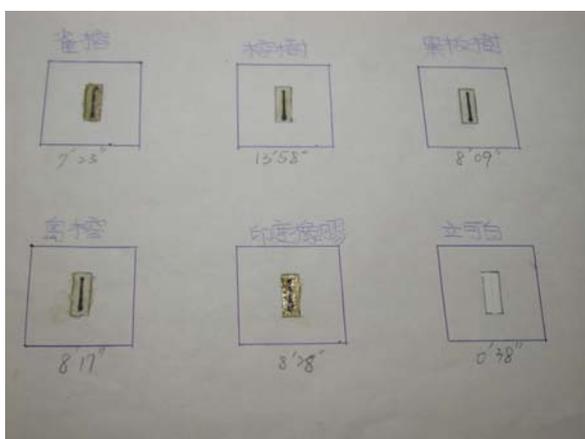
植物名稱		島榕	雀榕	榕樹	黑板樹	印度橡膠	（對立可白）
乳汁顏色		白	白	白	白	白	白
乾燥後顏色		灰	褐	半透明	透明	褐黃	白
透光度 Lux		1675	1188	1480	1824	856	29
覆蓋力		●	●●	●	●	●●●	●●●●●
擦拭後照片	白紙						
	透明片						

(2)



3. 討論：

- (1)植物的汁液乾燥後，顏色不再是白色，方格中的黑線都會浮現，覆蓋力差，不如立可白的效果。
- (2)汁液乾燥後，雀榕的顏色最深(褐色)，而且會聚縮成團，島榕、榕樹、黑板樹顏色都很淡，是透明或半透明。



問題五：植物白色乳汁添加鈦白粉，可以代替立可白嗎？

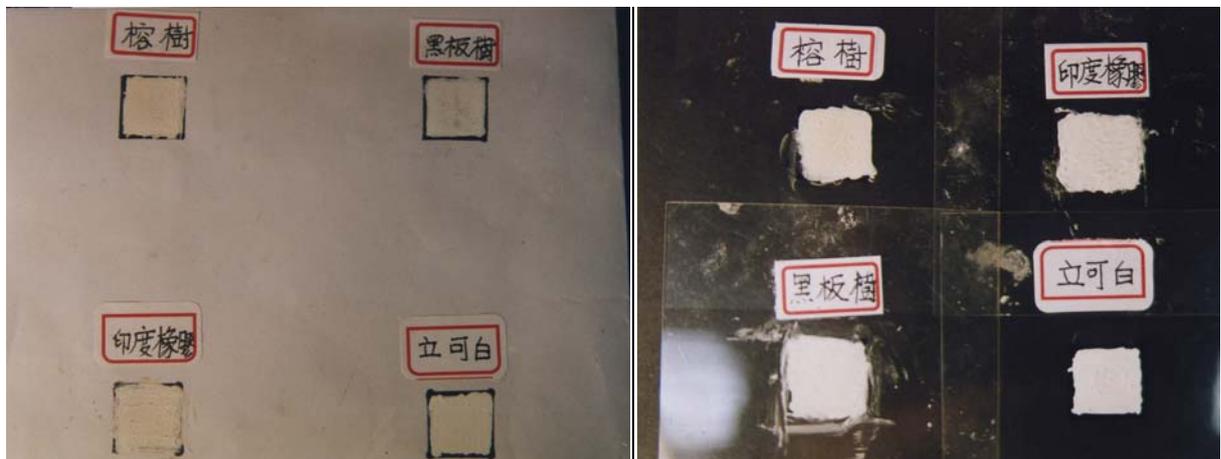
1. 方法：

- (1) 用針筒吸取白色汁液較多的榕樹、黑板樹、印度橡膠的樹汁各 0.1ml，各加 0.05 克的鈦白粉，分別在白紙及透明片上調勻。
- (2) 用小刷子刷平塗勻，紀錄乾燥時間、顏色。
- (3) 測量透光度，比較覆蓋力。

2. 結果：

● 數量越多，表示覆蓋力越強。

汁液類別		榕樹乳汁 + 鈦白粉	黑板樹乳汁 + 鈦白粉	印度橡膠乳汁 + 鈦白粉	(立可白) 甲基環己烷 + 鈦白粉
乾燥時間		15'35"	12'21"	13'38"	2'10"
乾燥後顏色		淡米白	白	淡米白	白
透光度 Lux		32	68	35	20
覆蓋力		●●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●
擦拭後 照 片	白紙				
	透明片				



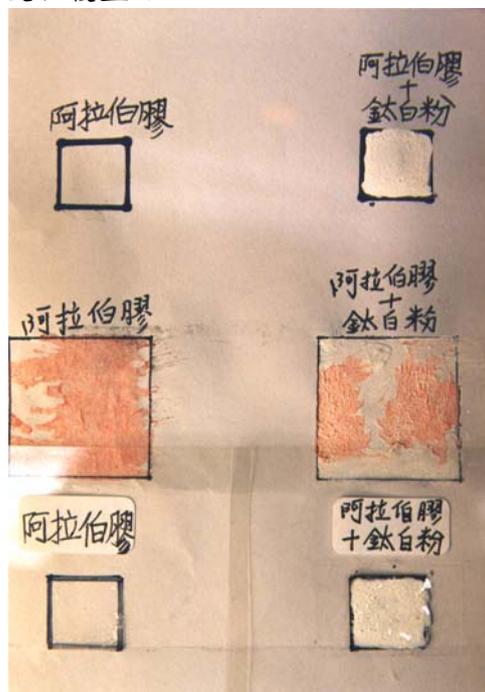
3. 討論：

- (1) 植物白色乳汁添加鈦白粉乾燥後顏色接近立可白，但乾燥速度仍慢，還是立可白最快乾且最白。
- (2) 白色乳汁加鈦白粉後的透光度明顯下降很多，覆蓋力已接近立可白的效果。

問題六：天然阿拉伯樹膠的黏性、乾燥速度、覆蓋能力可以取代白色乳汁嗎？

1. 方法：

- (1)到化工材料行購買天然的阿拉伯膠塊，秤 5 克膠塊泡水 50ml 溶解。
- (2)同問題三、四、五的方法測試黏性、乾燥速度和覆蓋力。



2. 結果：

	汁液 顏色	乾燥後 顏色	乾燥 時間	透光度 Lux	覆蓋力	擦拭後照片		紙黏著 面積
						白紙	透明片	
阿拉伯樹膠	半透明	透明	15'23"	1893	●			
阿拉伯樹膠 + 鈦白粉	白	白	14'18"	36	●●●●●			

3. 討論：

- (1)阿拉伯樹膠加鈦白粉的顏色很像立可白，黏性適中，透光度小，覆蓋力強。
- (2)阿拉伯樹膠容易購買，可以取代白色乳汁，但乾燥速度仍然慢。

問題七：阿拉伯樹膠添加其他白色物質，效果會更好嗎？

1. 方法：

- (1)分別取 6 種白色物質各 0.05g，放在白紙和透明片的方格中，再用針筒吸取阿拉伯膠液，各滴入 0.1ml，用小刷子攪拌塗平。
- (2)紀錄乾燥時間及顏色變化。
- (3)比較方格中黑線浮現程度。
- (4)測試白色物質乾燥後的透光度，比較覆蓋力。



2. 結果：

添加白色物質		小蘇打	麵粉	熟石灰	白水彩	白廣告顏料	鈦白粉 (對照組)
乾燥時間		14'12"	32'15"	13'05"	24'36"	22'51"	15'21"
乾燥後顏色		灰白	灰白	白	白	白	白
透光度 Lux		324	489	207	102	101	50
覆蓋力		●●	●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●●
擦拭後 照片	白紙						
	透明片						

3. 討論：

- (1)阿拉伯膠添加鈦白粉的覆蓋力最好，完全覆蓋黑字，缺點仍然是乾燥速度不夠快。
- (2)熟石灰乾得快，乾燥後也很白，白紙上的黑字也能完全覆蓋，但乾燥後會出現裂痕，所以覆蓋力反而差了。
- (3)小蘇打和麵粉乾燥後的顏色變淡了，黑字明顯的浮現出來，覆蓋力最差，小蘇打的表面像細砂，而麵粉乾燥時間太長。
- (4)白色水彩和廣告顏料在透明片上的覆蓋力不錯，但在白紙上，乾燥後黑字也會浮現，乾燥速度太慢。

問題八：多少的混合比例(水：鈦白粉：阿拉伯膠塊)有最佳的黏著力及覆蓋效果？

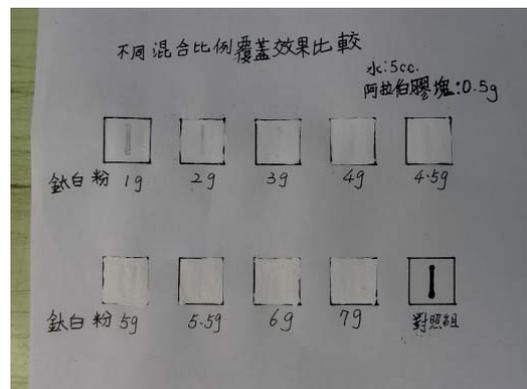
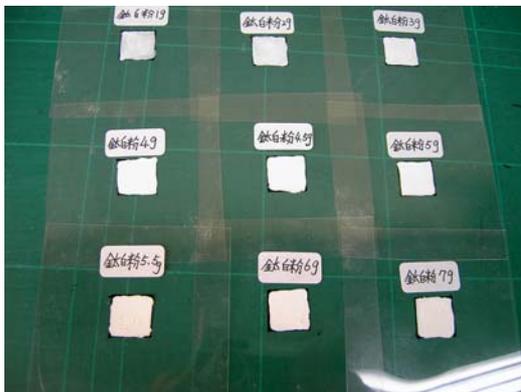
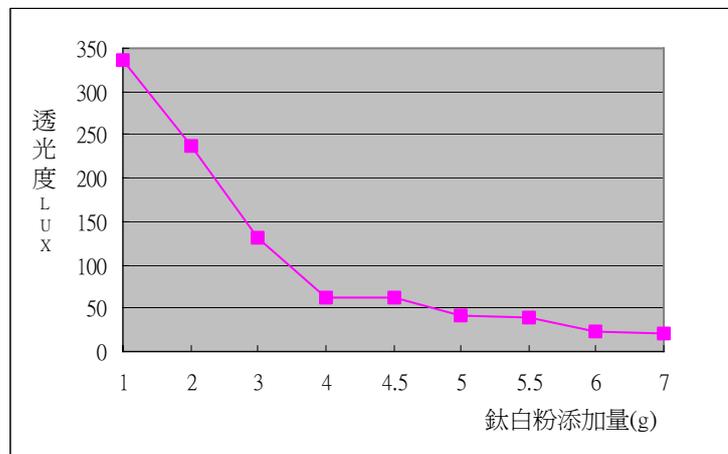
1. 方法：

- (1) 固定水 5 C.C. 膠塊 0.5g，分別加入不同重量的鈦白粉調勻。
- (2) 用針筒吸取 0.1ml 混合後的白色汁液滴在白紙和透明片的方格裡塗平，測試白紙上黑字浮現的程度及透明片的透光度。
- (3) 固定水 10 C.C. 鈦白粉 10g，改變膠塊的重量，調成不同黏度的白色汁液。
- (4) 用針筒吸取 0.2ml 的白色汁液，滴在 3cm×3cm 的方格中塗平，貼上同大小的衛生紙，等乾燥後撕去，比較紙黏著的面積。

2. 結果：

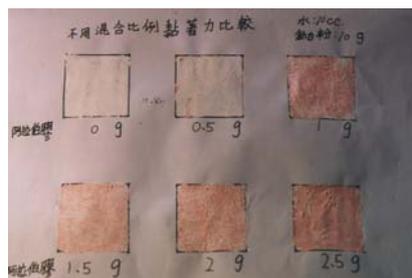
(1)

水 c.c	5	5	5	5	5	5	5	5	5
鈦白粉 g	1	2	3	4	4.5	5	5.5	6	7
阿拉伯膠塊 g	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
透光度 Lux	336	238	132	62	62	41	38	24	21
覆蓋力	●	●●	●●●	●●●●	●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
濃稠程度	最稀	稀	稀	適中	適中	適中	適中	濃稠	濃稠
擦拭乾燥後表面厚度	最薄	薄	薄	適中	適中	適中	厚	厚	最厚
擦拭結果									



(2)

水 c.c	10	10	10	10	10	10
鈦白粉 g	10	10	10	10	10	10
阿拉伯膠塊 g	0	0.5	1	1.5	2	2.5
紙黏著面積						
黏著力排序	4	3	2	1	1	1
濃稠程度	不黏	稀	適中	適中	很黏稠	太黏稠
表面平滑程度	很滑	平滑	中等	粗糙	很粗糙	太粗糙
備註	粉會掉落	粉少許掉落	黏著牢固	黏著牢固	黏著牢固	黏著牢固



3. 討論：

- (1) 鈦白粉添加的量越多，透光度越低，覆蓋力越好，水 5 C.C. 時，添加 5g 以上的鈦白粉，透光度就很接近立可白了。
- (2) 鈦白粉添加 4.5g 以下，方格中的黑字擦拭乾燥後會浮現，鈦白粉比例越少，浮現越明顯，5g 以上擦拭乾燥後，黑字就可以完全被覆蓋了。
- (3) 鈦白粉添加 4~5.5g 和水 5 C.C. 混合後的濃稠程度比較適中，不會太稀或太濃。
- (4) 鈦白粉比例太少的混合液，擦拭乾燥後表面雖然很薄，但覆蓋力不好，鈦白粉太多，擦拭乾燥後的表面則太厚了。
- (5) 阿拉伯膠塊添加太少，衛生紙幾乎不能黏住，乾燥後的表面用手指觸摸，感覺很滑，手指上會白白的，粉末會掉落。
- (6) 阿拉伯膠塊添加太多，則汁液太黏稠了，雖然黏著力最好，但擦起來很不平順，乾燥後表面粗糙。
- (7) 從結果(1)(2)發現，覆蓋力強、黏著力好，汁液黏稠程度及擦拭乾燥後的表面厚度也適中的比例是水：鈦白粉：膠塊=5：5：0.5=10：10：1。

問題九：鈦白粉、阿拉伯膠、白色樹汁，可以和揮發性溶劑互溶嗎？

1. 方法：

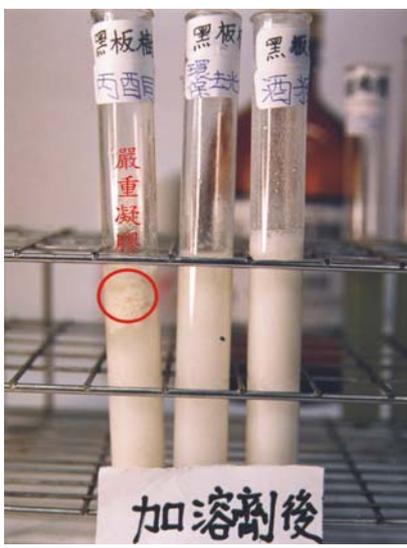
- (1)用天秤稱鈦白粉 2 克，阿拉伯膠塊 1 克各 3 份，裝入試管中。
- (2)準備阿拉伯膠液(水 7ml+膠塊 1g)裝在 3 支試管中。
- (3)用針筒收集榕樹、黑板樹、印度橡膠樹的白色乳汁各 1ml，加水 7ml 稀釋。
- (4)每支試管分別滴入丙酮、環保去光水、酒精各 3ml，觀察互溶情形及混合後的顏色變化。

2. 結果

成 份	鈦白粉 2g			阿拉伯膠塊 1g			阿拉伯膠液 (水+膠塊) 7ml 1g			榕樹乳汁 1ml+水 7ml			黑板樹乳汁 1ml+水 7ml			印度橡膠乳汁 1ml+水 7ml				
	丙 酮	環去 光 保水	酒 精	丙 酮	環去 光 保水	酒 精	丙 酮	環去 光 保水	酒 精	丙 酮	環去 光 保水	酒 精	丙 酮	環去 光 保水	酒 精	丙 酮	環去 光 保水	酒 精		
互 溶 情 形	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
混 合 顏 色	上底 ： 透白 明	白	白	上底 ： 透淡 明黃	上底 ： 透淡 明黃	上底 ： 透淡 明黃	乳 白	半 透 明	半 透 明	乳 白	乳 白	乳 白	乳 白	乳 白	乳 白	乳 白	乳 白	灰	灰	灰
備 註	無 法 溶 解	可 溶	可 溶	無 法 溶 解	無 法 溶 解	無 法 溶 解	嚴 重 凝 膠	輕 微 凝 膠	輕 微 凝 膠	嚴 重 凝 膠	輕 微 凝 膠	輕 微 凝 膠	嚴 重 凝 膠	輕 微 凝 膠	輕 微 凝 膠	嚴 重 凝 膠	嚴 重 凝 膠	嚴 重 凝 膠	輕 微 凝 膠	

3. 討論：

- (1)丙酮加入各種樹汁及阿拉伯膠液都嚴重凝膠，也無法溶解膠塊和鈦白粉，又有毒性，不適合做立可白的添加溶劑。
- (2)環保去光水加入樹汁、膠液也有凝膠現象，可能有化學溶劑的成份，也不確定真的無毒，所以不採用。
- (3)酒精可溶鈦白粉，和樹汁、膠液混合會輕微凝膠，乾燥速度快，所以考慮採用，並想辦法改善凝膠的程度。



問題十：改變混合的順序及混合時持續攪拌，可以改善凝膠的現象嗎？

1. 方法：

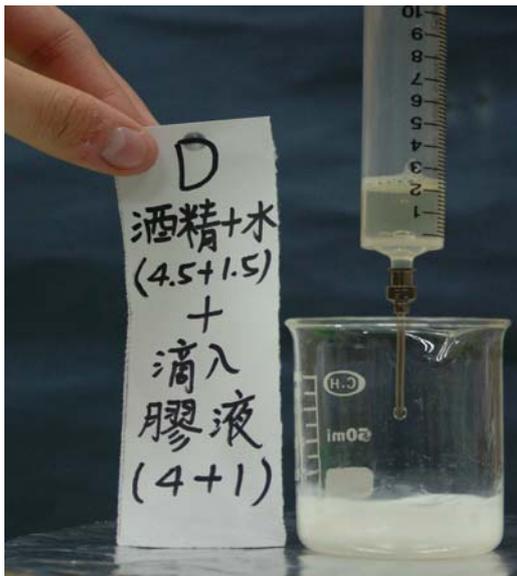
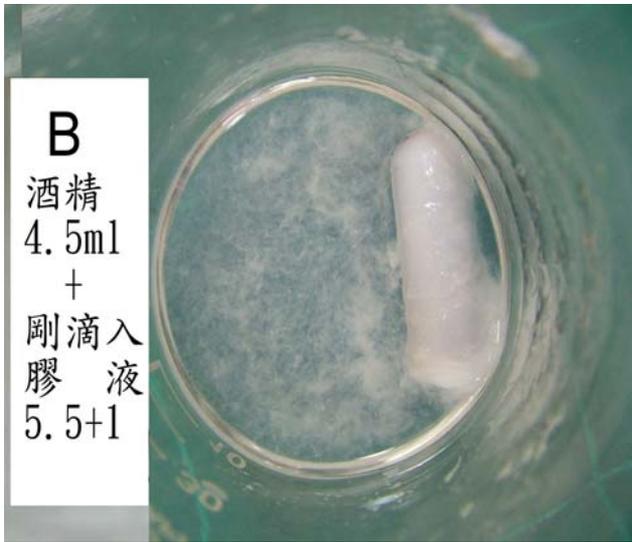
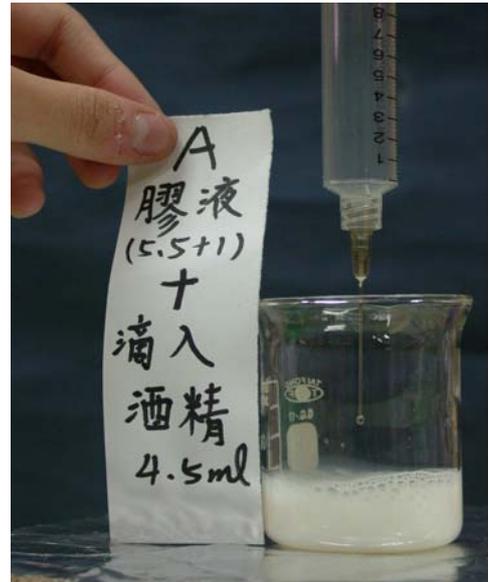
- (1) 將調配好的膠液和酒精，分別用自製針筒滴定管，慢慢滴定混合(混合順序如紀錄表)。
 滴定时，燒杯置於磁石攪拌機上持續攪拌。
- (2) 滴定时，觀察混合液凝膠變化程度，混合完成後，倒入小量杯中，測量透光度(開弱燈)，
 比較混合液凝膠的程度，測量 3 次求平均值。

2. 結果： () 表示先混合 × 不凝膠 ○ 輕微凝膠 ⊙ 中等凝膠 ● 嚴重凝膠

編號	混合順序	透光度 Lux	凝膠變化	備註
A	阿拉伯膠液 (水 + 膠塊) + 滴入酒精 4.5ml 5.5ml 1.0g	26	× → ○ → ⊙	酒精滴到最後約 0.5ml 才變乳白凝 膠，顏色最白。
B	酒精 4.5ml + (水 5.5ml + 膠塊 1.0g) 滴入阿拉伯膠液	119	● → ⊙ → ○	膠液剛滴入後，立 刻變乳白色凝膠， 最後顏色變淡。
C	(酒精 + 水) + 放入阿拉伯膠塊 4.5ml 5.5ml 1.0g	50	●	凝膠不溶
D	(酒精 + 水) + 滴入阿拉伯膠液 4.5ml 1.5ml (水 4ml + 膠塊 1.0g)	344	⊙ → ⊙ → ○	膠液剛滴入淡乳白 凝膠，最後顏色變 淡。
E	阿拉伯膠液 + 滴入(酒精+水) (水 + 膠塊) 4.5ml 1.5ml 4.0ml 1.0g	773	× → ×	透明不凝膠

3. 討論：

- (1) 沒有稀釋的酒精，直接與膠液混合，透光度較低，凝膠較嚴重(如 A、B)。酒精和一部分的水混合稀釋後，再和濃膠液混合，透光度較高，顏色較透明，較不易凝膠(如 D、E)。
- (2) 攪拌酒精，滴入膠液，會立刻變乳白色，快速凝膠，但膠液滴完後，混合液中酒精的濃度相對降低，顏色又漸漸變淡，且有細小團塊沉澱(如 B、D)。
- (3) 一部分的水先和酒精混合再慢慢滴入膠液中，混合時持續攪拌，可以改善凝膠的現象。



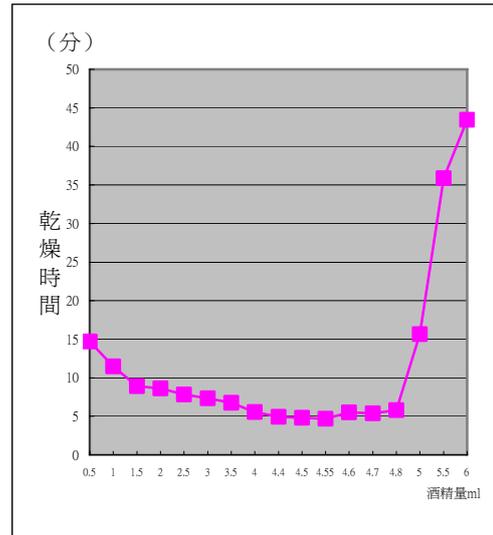
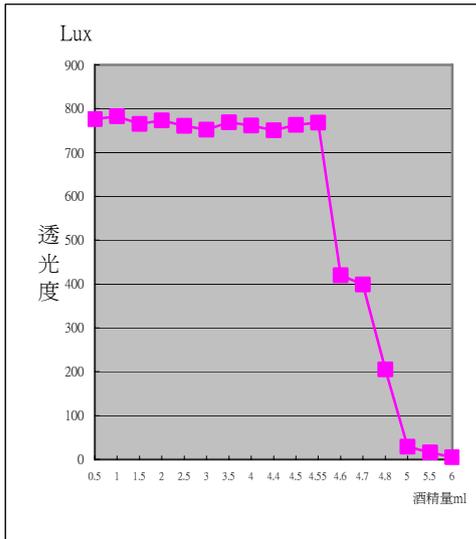
問題七：多少混合比例(酒精：水：阿拉伯膠液)是避免凝膠的最大極限？

1. 方法：

- (1)把不同比例的酒精和水先混合稀釋，倒入針筒滴定管中，慢慢滴入膠液(水 4ml+膠塊 1g)中，混合時用磁石攪拌機持續攪拌。
- (2)混合後測量混合液的透光度，每種混合比例，測量 3 次求平均值。
- (3)用針筒吸取混合液 0.1ml，滴在 1.5×1.5cm 的方格中塗勻，測量乾燥時間。

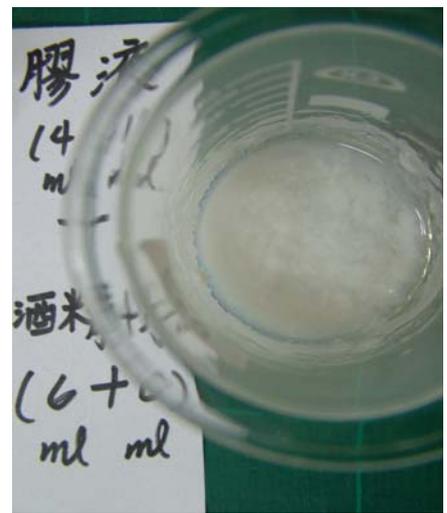
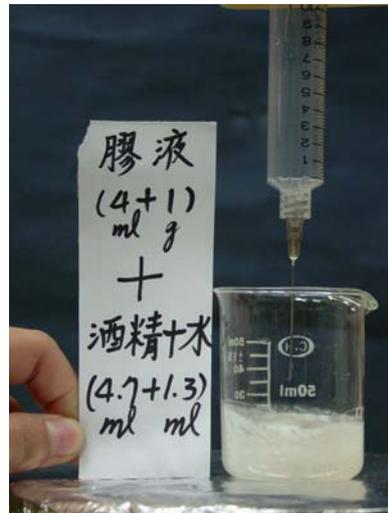
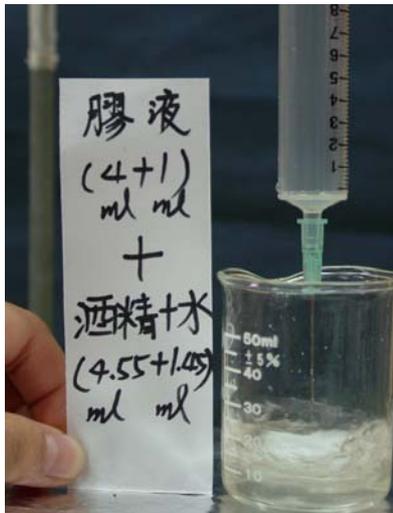
2. 結果： ×不凝膠 ○輕微凝膠 ⊙中等凝膠 ●嚴重凝膠

編號	酒精 ml	水 ml	阿拉伯膠液		透光度 LUX	凝膠 程度	乾燥時間	備 註
			水 ml	膠塊 g				
4-1	0.5	5.5	4.0	1.0	776	×	14'43"	透明
4-2	1.0	5.0	4.0	1.0	783	×	11'28"	透明
4-3	1.5	4.5	4.0	1.0	765	×	8'55"	透明
4-4	2.0	4.0	4.0	1.0	773	×	8'37"	透明
4-5	2.5	3.5	4.0	1.0	761	×	7'50"	透明
4-6	3.0	3.0	4.0	1.0	752	×	7'20"	透明
4-7	3.5	2.5	4.0	1.0	769	×	6'46"	透明
4-8	4.0	2.0	4.0	1.0	762	×	5'32"	透明
4-9	4.4	1.6	4.0	1.0	751	×	4'56"	透明
4-10	4.5	1.5	4.0	1.0	763	×	4'48"	透明 乾燥快
4-11	4.55	1.45	4.0	1.0	768	×	4'42"	透明 乾燥快
4-12	4.6	1.4	4.0	1.0	420	○	5'30"	半透明
4-13	4.7	1.3	4.0	1.0	399	○	5'23"	淡乳白
4-14	4.8	1.2	4.0	1.0	205	○	5'49"	淡乳白
4-15	5.0	1.0	4.0	1.0	29	⊙	15'40"	乳白
4-16	5.5	0.5	4.0	1.0	16	●	35'52"	有凝膠細塊、乾燥慢
4-17	6.0	0	4.0	1.0	5	●	43'27"	很多凝膠細塊、乾燥慢



3. 討論：

- (1) 酒精量在 4.55ml 以下都不會凝膠，混合液是透明的，透光度高。
- (2) 酒精量超過最大極限 4.55ml 以上，會出現淡乳白、乳白色的凝膠反應，透光度急速下降，酒精比例很高的甚至會有凝膠細塊形成。
- (3) 混合液凝膠後乾燥速度變慢，黏性也變差，混合液在酒精添加最大極限 4.55ml 時，乾燥的速度最快。



不同混合比例 (酒精:水:阿拉伯膠) 乾燥時間測試。

酒精	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
水	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2
酒精	4.4	4.5	4.55	4.6	4.7	4.8	5	5.5
水	1.6	1.5	1.45	1.4	1.3	1.2	1	0.5
酒精	6							
水	0							

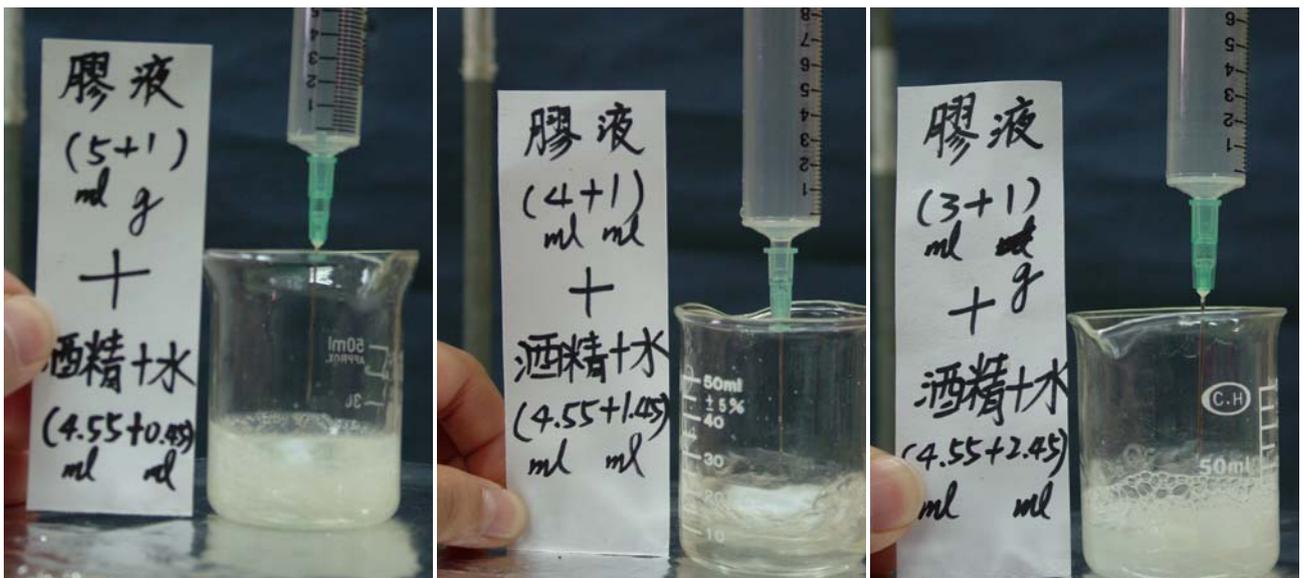
問題三：改變膠液的濃度，可以突破酒精不凝膠的極限嗎？

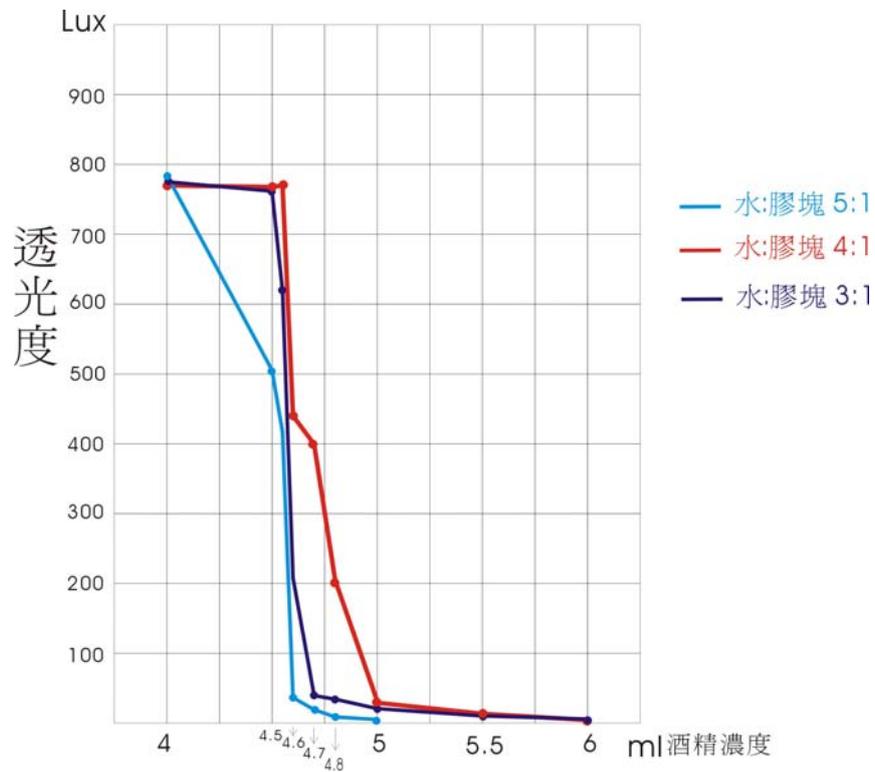
1. 方法：

酒精、水和膠液的混合比例如下表，操作方法同問題十一，實驗結果與(水 4ml+膠塊 1g)的膠液做比對。

2. 結果：×不凝膠 ○輕微凝膠 ⊙中等凝膠 ●嚴重凝膠

編號	酒精 ml	水 ml	阿拉伯膠液		透光度 LUX	凝膠程度	備註
			水 ml	膠塊 g			
5-1	4.0	1.0	5.0	1.0	785	×	透明
5-2	4.5	0.5	5.0	1.0	505	○	淡乳白
5-3	4.55	0.45	5.0	1.0	418	○	淡乳白
5-4	4.6	0.4	5.0	1.0	38	⊙	乳白
5-5	4.7	0.3	5.0	1.0	20	⊙	乳白
5-6	4.8	0.2	5.0	1.0	8	●	乳白，濃稠
5-7	5.0	0	5.0	1.0	6	●	乳白，濃稠
3-1	4.0	3.0	3.0	1.0	775	×	透明
3-2	4.5	2.5	3.0	1.0	761	×	透明
3-3	4.55	2.45	3.0	1.0	619	○	淡乳白
3-4	4.6	2.4	3.0	1.0	208	○	淡乳白
3-5	4.7	2.3	3.0	1.0	40	⊙	乳白
3-6	4.8	2.2	3.0	1.0	35	⊙	乳白
3-7	5.0	2.0	3.0	1.0	21	⊙	乳白
3-8	5.5	1.5	3.0	1.0	12	●	乳白，有凝膠細塊
3-9	6.0	1.0	3.0	1.0	6	●	乳白，有凝膠細塊





3. 討論：

- (1) 水：膠塊=5：1 的膠液較稀，但與酒精混合的水，比例相對減少，反而透光度差，越容易凝膠。3：1 的膠液較濃稠，雖然可以稀釋酒精的水，比例相對增加，卻也無法突破酒精 4.55ml 不凝膠的極限。
- (2) 由上圖發現，5：1 和 3：1 的膠液曲線都落在 4：1 的曲線左下方範圍內，可見避免酒精凝膠的膠液濃度以 4：1(水：膠塊)最佳。



問題三：改變和酒精、膠塊混合的水之 pH 值，是否可以突破不凝膠的極限？

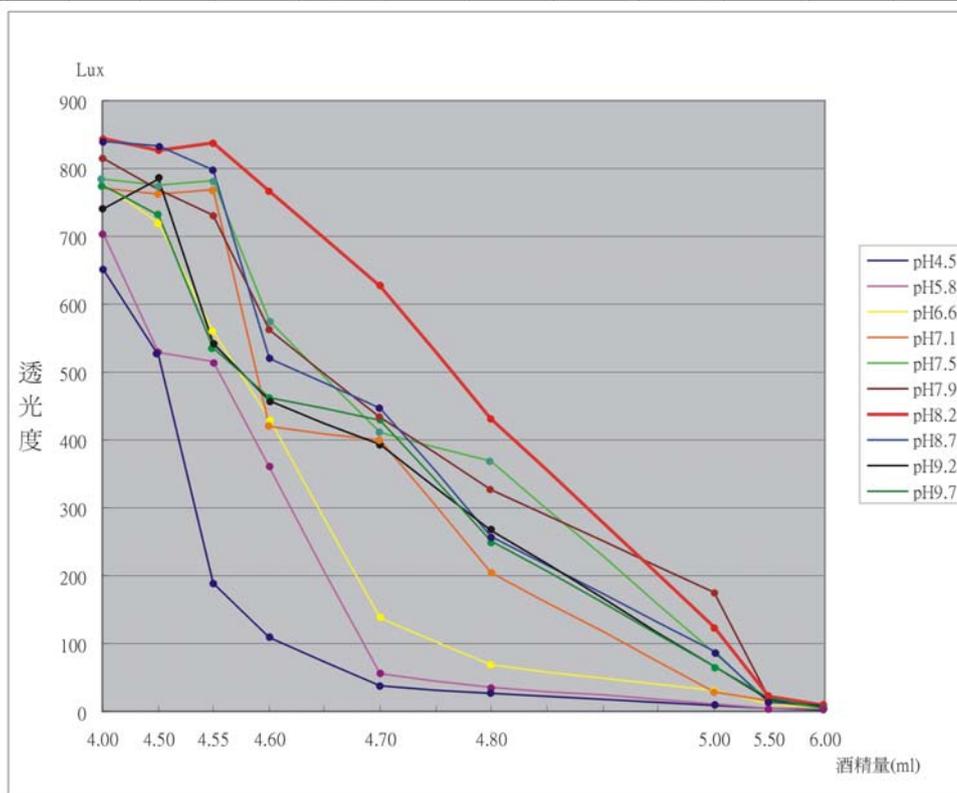
1. 方法：

- (1) 在蒸餾水中滴入稀硫酸、氫氧化鈉水溶液，用 pH 儀測量調製不同酸鹼度的水，分別取不同 pH 值的水調製 4：1 的膠液，並依不同比例和酒精混合。
- (2) 操作方法同問題十一，測量混合液的透光度。

2. 結果：

- (1) × 不凝膠 ○ 輕微凝膠 ⊙ 中等凝膠 ● 嚴重凝膠

酒精 ml	水 ml	阿拉伯膠液		不同 pH 值的透光度 LUX 及凝膠程度									
		水 ml	膠塊 g	pH4.5	pH5.8	pH6.6	pH7.1	pH7.5	pH7.9	pH8.2	pH8.7	pH9.2	PH9.7
4.0	2.0	4.0	1.0	653 ×	706 ×	778 ×	772 ×	785 ×	816 ×	845 ×	841 ×	741 ×	775 ×
4.5	1.5	4.0	1.0	525 ○	530 ○	720 ×	763 ×	776 ×	768 ×	827 ×	833 ×	784 ×	732 ×
4.55	1.45	4.0	1.0	188 ○	515 ○	560 ○	768 ×	782 ×	732 ×	838 ×	798 ×	542 ○	536 ○
4.6	1.4	4.0	1.0	110 ⊙	360 ○	431 ○	420 ○	576 ○	563 ○	767 ×	521 ○	458 ○	463 ○
4.7	1.3	4.0	1.0	38 ⊙	55 ⊙	137 ⊙	399 ○	411 ○	434 ○	627 ○	447 ○	393 ○	430 ○
4.8	1.2	4.0	1.0	26 ⊙	36 ⊙	68 ⊙	205 ○	369 ○	326 ○	432 ○	258 ○	267 ○	252 ○
5.0	1.0	4.0	1.0	8 ●	11 ●	31 ⊙	29 ⊙	87 ⊙	175 ○	125 ⊙	89 ⊙	66 ⊙	67 ⊙
5.5	0.5	4.0	1.0	4 ●	4 ●	12 ●	16 ●	16 ●	21 ⊙	23 ⊙	14 ●	17 ●	19 ●
6.0	0	4.0	1.0	3 ●	4 ●	5 ●	5 ●	5 ●	6 ●	8 ●	8 ●	6 ●	5 ●

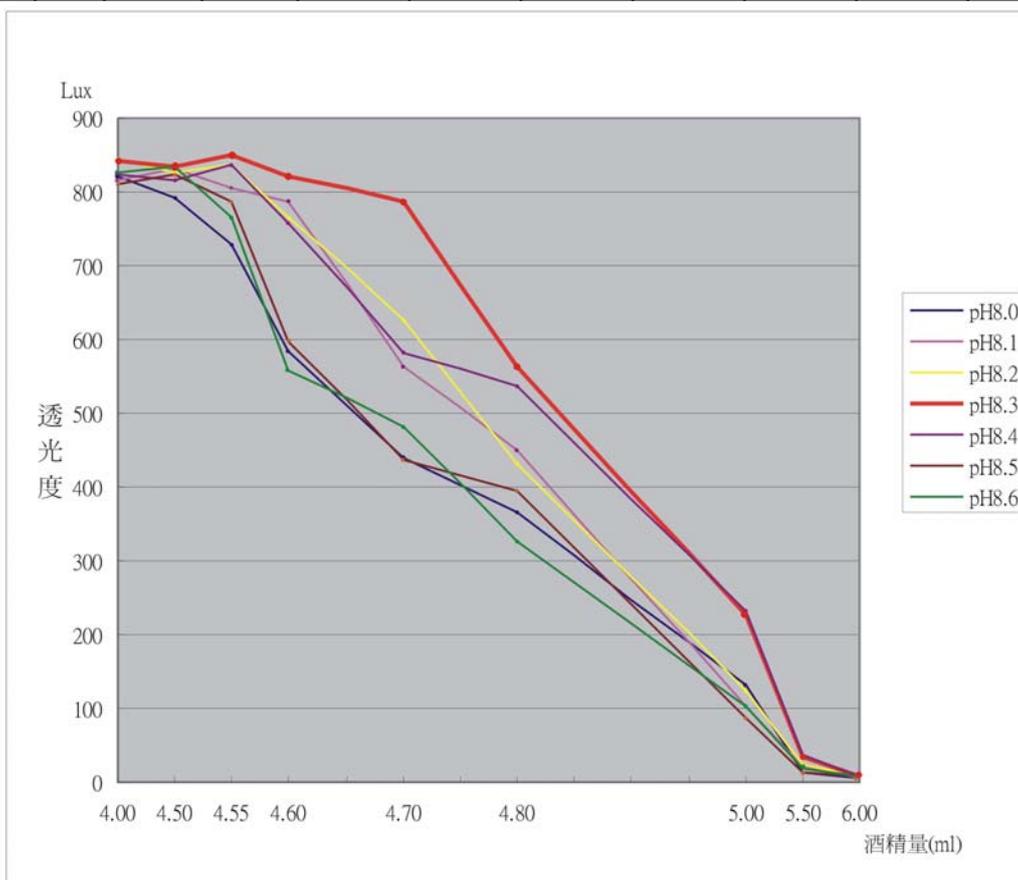


3. 討論：

- (1) pH8.2 的水和酒精、膠塊混合較不易凝膠，可以突破添加酒精 4.55ml 的極限，添加 4.6ml 時還不會凝膠，透光度較高，其他的曲線都落在 pH8.2 這條線的左下方區域內。
- (2) 膠液在偏酸的溶液中更容易凝膠，但太鹼也不適合。

(2) ×不凝膠 ○輕微凝膠 ⊙中等凝膠 ●嚴重凝膠

酒精 ml	水 ml	阿拉伯膠液		不同 pH 值的透光度 LUX 及凝膠程度						
		水 ml	膠塊 g	pH8.0	pH8.1	pH8.2	pH8.3	pH8.4	pH8.5	pH8.6
4.0	2.0	4.0	1.0	821 ×	816 ×	845 ×	841 ×	824 ×	811 ×	827 ×
4.5	1.5	4.0	1.0	792 ×	831 ×	827 ×	833 ×	816 ×	825 ×	834 ×
4.55	1.45	4.0	1.0	730 ×	806 ×	838 ×	849 ×	837 ×	787 ×	765 ×
4.6	1.4	4.0	1.0	583 ○	788 ×	767 ×	821 ×	759 ×	597 ○	558 ○
4.7	1.3	4.0	1.0	439 ○	563 ○	627 ○	787 ×	582 ○	438 ○	482 ○
4.8	1.2	4.0	1.0	365 ○	451 ○	432 ○	563 ○	537 ○	396 ○	326 ○
5.0	1.0	4.0	1.0	132 ⊙	103 ⊙	125 ⊙	226 ○	231 ○	87 ⊙	103 ⊙
5.5	0.5	4.0	1.0	14 ●	20 ⊙	23 ⊙	35 ⊙	38 ⊙	14 ●	18 ●
6.0	0	4.0	1.0	6 ●	6 ●	8 ●	7 ●	7 ●	7 ●	8 ●



3. 討論：

- (1) 和 pH8.3 的水混合的膠液透光度較高，曲線最偏右上方，更可以突破不凝膠的極限，使酒精添加到 4.7ml 仍不凝膠。
- (2) 調製好的膠液經測量 pH 值是 4.7 左右，我們把不凝膠的混合液測量它們的 pH 值，大都落在 5.2~5.3 之間，這個範圍較適合膠液和酒精並存，但仍有極限。



問題函：自製覆蓋力好，乾得快的芳香立可白。

1. 方法：

- (1) 選擇添加酒精最大極限 4.7ml，和最不會凝膠的膠液(4:1)混合，加入鈦白粉 10g 調勻，並滴入 2~3 滴的薰衣草精油。
- (2) 用針筒吸取 0.1ml，滴在白紙和透明片上 1.5×1.5cm 的方格中塗勻，觀察黑字浮現程度，並測量乾燥時間。
- (3) 測量自製立可白和市售立可白的透光度。
- (4) 將自製立可白收集在指甲油瓶中，並放入 1 顆小鋼珠，使用前要搖一搖。

2. 結果：

	成份	覆蓋力 Lux		乾燥時間	氣味
		白紙	透明片		
自製立可白	(酒精+水)+鈦白粉+(水+膠塊)+芳香精油 (4.7ml+1.3ml)+10g+(4ml+1g) + 微量 水：用稀氫氧化鈉溶液滴定至 pH8.3		32	4'22"	薰衣草香
市售立可白	甲基環己烷+鈦白粉+樹脂		26	2'07"	嗆鼻

3. 討論：

- (1) 自製的立可白，透光度很小，接近市售立可白的覆蓋能力，方格中的黑字，塗上自製立可白可以完全覆蓋不浮現。
- (2) 自製的立可白，乾燥速度雖然慢了一點，但還在我們可以忍受的時間內，而且還有淡淡的薰衣草香味。



問題五：利用凝膠的變色與逆反應檢測溶液中的酒精濃度。

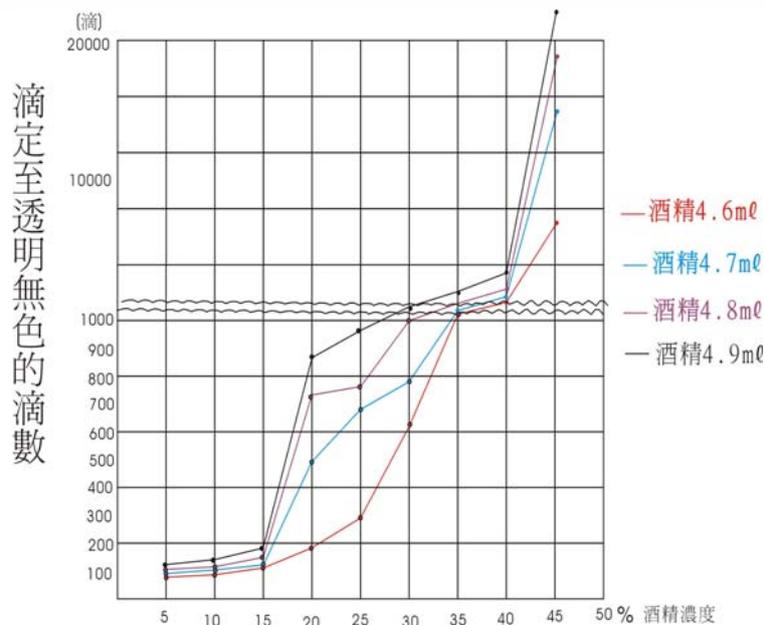
(一)低濃度酒精的檢測

1.方法：

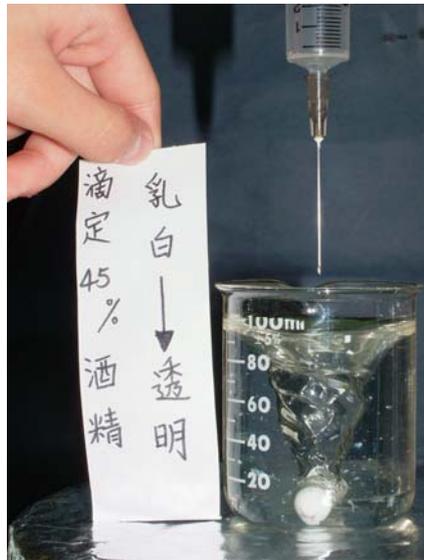
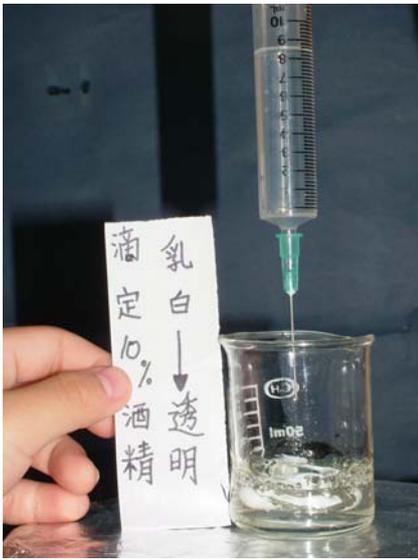
先調製好輕微凝膠的混合液(酒精+水+膠液)，再滴入不同低濃度(50%以下)的酒精，至混合液由乳白變回透明無色(700Lux 以上)，測量所需的滴(ml)數，測試3次求平均。

2.結果：

酒精 ml	水 ml	阿拉伯 膠液		不同低濃度酒精滴定乳白色膠液至透明無色(700Lux 以上)的滴(ml)數										
		水 ml	膠 塊 g	酒精 5%	酒精 10%	酒精 15%	酒精 20%	酒精 25%	酒精 30%	酒精 35%	酒精 40%	酒精 45%	酒精 50%	
4.6	1.4	4.0	1.0	78 0.33ml	90 0.38ml	105 0.44ml	183 0.77ml	292 1.2ml	638 2.7ml	1229 5.2ml	1726 7.3ml	6904 29.2ml	滴定至 透明需 最多滴 數	滴入 100ml 以上仍 乳白
4.7	1.3	4.0	1.0	97 0.41ml	105 0.44ml	113 0.48ml	497 2.1ml	685 2.9ml	780 3.3ml	1442 6.1ml	2293 9.7ml	14305 60.5ml		
4.8	1.2	4.0	1.0	108 0.46ml	114 0.48ml	144 0.61ml	733 3.1ml	756 3.2ml	1111 4.7ml	1679 7.1ml	2861 12.1ml	18986 80.3ml		
4.9	1.1	4.0	1.0	126 0.53ml	131 0.55ml	175 0.74ml	875 3.7ml	964 4.1ml	1324 5.6ml	1986 8.4ml	3354 14.2ml	22178 93.8ml		



- ① 低於 50%的低濃度酒精，水的比例較多，可以稀釋乳白色的混合液，逆反應變回透明。酒精濃度越低，變回透明所需的滴(ml)數越少。
- ② 越接近凝膠極限的乳白色混合液【酒精 4.6+水 1.4+膠液(4:1)】，變回透明的滴數最少。
- ③ 50%的酒精，無法使混合液變回透明。



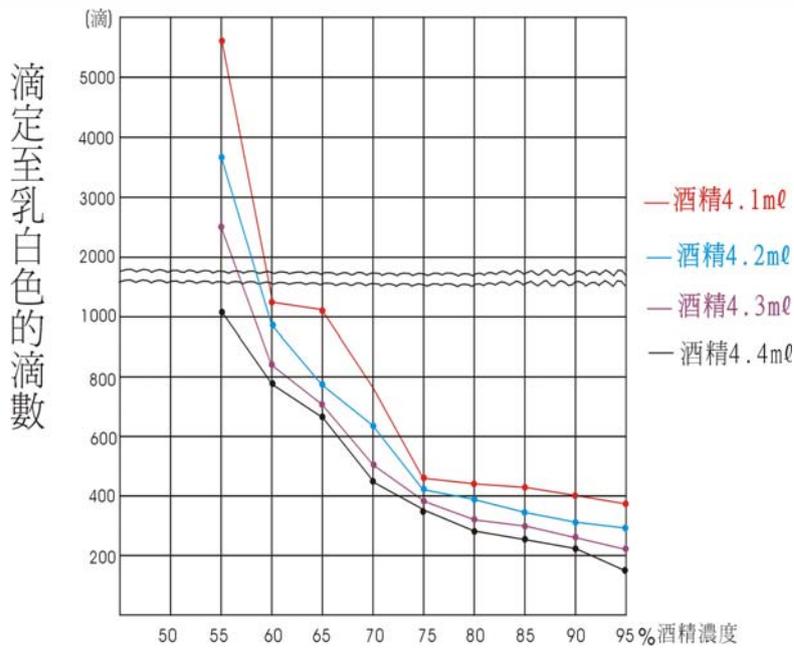
(二)高濃度酒精的檢測

1. 方法：

先調製好接近凝膠而未凝膠的混合液(酒精+水+膠液)，測量滴入不同高濃度酒精(50%以上)，至混合液變乳白色(350~450Lux)的滴(ml)數，測試 3 次求平均。

2. 結果：

酒精 ml	水 ml	阿拉伯膠液		不同高濃度酒精滴定無色透明膠液至乳白色(350~450Lux)的滴(ml)數										
		水 ml	膠塊 g	酒精 50%	酒精 55%	酒精 60%	酒精 65%	酒精 70%	酒精 75%	酒精 80%	酒精 85%	酒精 90%	酒精 95%	
4.1	1.9	4.0	1.0	滴入 100ml	5580 23.6ml	有乳白反應，無法 450Lux 以下	1229 5.2ml	1088 4.6ml	738 3.12ml	473 2.0ml	459 1.94ml	430 1.82ml	405 1.71ml	371 1.57ml
4.2	1.8	4.0	1.0	以上仍透明	3736 15.8ml		969 4.1ml	759 3.21ml	627 2.65ml	416 1.76ml	385 1.63ml	355 1.50ml	324 1.37ml	293 1.24ml
4.3	1.7	4.0	1.0		2672 11.3ml		832 3.52ml	714 3.02ml	527 2.23ml	385 1.63ml	336 1.42ml	317 1.34ml	267 1.13ml	215 0.91ml
4.4	1.6	4.0	1.0		1040 4.4ml		783 3.31ml	669 2.83ml	426 1.8ml	359 1.52ml	288 1.22ml	253 1.07ml	208 0.88ml	173 0.73ml



- ① 超過 50%的高濃度酒精，酒精的比例較多，可以使接近凝膠的混合液變乳白色。酒精濃度越高，變乳白所需的滴(ml)數越少。
- ② 越接近凝膠極限的透明混合液【酒精 4.4+水 1.6+膠液(4：1)】，變乳白的滴數最少。
- ③ 50%的酒精，無法使混合液變乳白。

六、研究結論：

- (一)市售立可白都添加甲基環己烷或三氯乙烷，含有毒性，使用時有嗆鼻的刺激味，有礙健康。而樹脂是增加立可白的黏著力，所有品牌都添加鈦白粉。
- (二)校園植物中榕樹、黑板樹、印度橡膠的白色乳剂量多又無毒，黏著力也很強，但乾燥後顏色會變成透明或淡褐，透光度強，覆蓋力不好。
- (三)植物白色乳汁添加鈦白粉，乾燥後顏色、覆蓋力、黏著力都接近立可白的效果，但乾燥速度仍太慢。
- (四)天然的阿拉伯膠塊，泡水後添加鈦白粉，黏性適中又容易購買，可以代替植物白色乳汁，做為自製立可白的原料，方便又環保。
- (五)阿拉伯膠+鈦白粉的覆蓋力最強，乾燥後顏色最白，能完全覆蓋黑字，加其他的白粉末、顏料都不適宜。
- (六)鈦白粉添加的量越多，透光度越低，覆蓋力越好，但擦拭乾燥後的表面會太厚；添加的量太少，則黑字會浮現。膠塊太多則太黏稠，太少則鈦白粉會掉落，最佳的混合比例是水：鈦白粉：膠塊=10：10：1。
- (七)為了加快乾燥速度，須添加揮發性溶劑，丙酮有毒，會使乳汁、膠液嚴重凝膠，而酒精可溶鈦白粉，凝膠也較輕微，適合採用。
- (八)酒精直接滴入膠液會嚴重凝膠，如果一部份的水先把酒精稀釋，再慢慢滴入濃膠液中，混合時持續攪拌，可以改善凝膠的現象。
- (九)膠液添加酒精的量有一定的極限，1.45ml 的水先稀釋 4.55ml 的酒精，再滴入水：膠塊=4：1 的膠液中，不會凝膠，乾燥速度也最快。酒精量超越極限，會出現乳白色的凝膠反應，乾燥速度會變慢，黏性也會變差，嚴重的會使膠液聚縮成團塊狀。
- (十)我們嘗試改變膠液的濃度，挑戰酒精不凝膠的極限，結果膠液太稀(5：1)或太濃(3：1)都無法突破酒精 4.55ml 不凝膠的極限，膠液濃度以 4：1(水：膠塊)最佳。
- (十一)膠液在偏酸的溶液中更容易凝膠，和酒精、膠塊混合的水調到 pH8.2 時，可以突破極限，酒精添加 4.6ml 不凝膠。pH8.3 時更創新紀錄，酒精添加 4.7ml 仍不凝膠。
- (十二)我們自製的立可白成份的組合密碼是：
(酒精 + 水) + 鈦白粉 + (水 + 膠塊) + 薰衣草精油
(4.7ml + 1.3ml) + 10g + (4ml + 1g) + 微量
※水：用稀氫氧化鈉溶液滴定至 pH8.3
- (十三)利用凝膠的變色與逆反應，可以檢測溶液中的酒精濃度，將要檢測的溶液，分別滴入輕微凝膠和接近凝膠而未凝膠的混合液中，測量變回透明或變乳白的滴(ml)數，再比對問題十五的紀錄表，就可知溶液中的酒精濃度。
- (十四)低於 50% 的低濃度酒精，水的比例高於酒精，可以稀釋輕微凝膠的乳白色混合液，逆反應變回透明，酒精濃度越低，變回透明所需的滴(ml)數越少。超過 50% 的高濃度酒精，可以使接近凝膠的混合液變乳白，酒精濃度越高，變乳白所需的滴(ml)數越少。剛好 50% 的酒精，無法使混合液變回透明或變乳白色。

七、參考資料

- (一)呂秋菊著 花材植物(一)(二) 渡假出版社 1995.9 出版 74、99、133 頁
- (二)黃榮茂等編譯 化學化工百科辭典 曉園出版社 1992.5 出版 8、620、938、953 頁
- (三)郭元春著 有毒植物 渡假出版社 1996.4 出版 33、97 頁
- (四)郭元春著 特有植物 渡假出版社 1995.3 出版 78 頁
- (五)蔡福貴著 木本觀賞植物(二) 渡假出版社 1994.4 出版 78 頁
- (六) <http://www.polarbear-yenpen.com.tw/ce5.htm>
- (七) <http://www.yangnong.com.cn/p3-6.html>
- (八) <http://www.dfmq.com.tw/dasp/dfaax-1/v25-p.htm>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

第一名

081522

挑戰極限-立可白的組合密碼與凝膠應用

臺北縣板橋市埔墘國民小學

評語：

1. 圖表內容完整控制變因詳實
2. 首創酒精濃度之另一測法
3. 主題具學術性，實用價值與鄉土性能解決溶劑毒性之危害，而不喪失本身之功能
4. 表達能力佳、生動、合作，團隊精神佳。
5. 具環保及教育功能