

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

080833

攀岩岩石 DIY

學校名稱：臺北市北投區明德國民小學

作者： 小五 何季昀 小五 張霽 小五 陳琮仁 小五 張睿 小五 黃靖修	指導老師： 蔡文俊 吳柏菱
---	---------------------

關鍵詞：保力膠 攀岩岩石 攀岩場施工

## 摘 要

決定製作攀岩岩石後，我們先觀察岩石的結構是由沙粒凝結的，因此再找出保力膠作為黏結劑。從測試保力膠和硬化劑（「反應起始劑」，市面上大多稱為「硬化劑」，因此以下簡稱為「硬化劑」）的比例後，我們實驗了保力膠對強酸強鹼的抗腐蝕性及加保力膠後能否增加承載力。經過證實和我們的推測符合後，我們開始製作攀岩岩石，且做了攀岩岩牆的施工設計，希望能藉此研究，做出便宜又實用的攀岩岩壁，提供給學校同學作為健身與娛樂的設施，並且能推廣至都會型的學校，增加學校運動與遊戲的空間。

## 壹、研究動機

暑假時，我和幾位要好的朋友一同到北投運動中心報名參加攀岩訓練營，對於攀岩場那奇形怪狀、五顏六色的人工攀岩岩石非常的感興趣！人工攀岩岩石摸起來粗粗的，有一粒粒的小砂石。查過相關資料後，我們發現攀岩場的岩石大多是從美國進口的，心裡就很不服氣，「開什麼玩笑！」眼看只是隨便幾塊「石疙瘩」著色釘在牆上，竟然要從美國進口！費用想必也不少，經過我們不斷討論後決定以保力膠混合泥沙「攀岩岩石 DIY」自製攀岩岩石，解救攀岩場的「經濟問題」。

### 教材相關性：

探討內容配合：自然科：康軒版 第七冊 第二單元 活動二 岩石與礦物

牛頓版 第八冊 第三單元 活動一 能源的利用

鄉土性： 1. 先從台北市北投區運動中心攀岩場的人造岩石觀察。

2. 想提供社區或學校攀岩場地的材料。

## 貳、研究目的

- 一. 製造出廉價又實用的人造攀岩岩石。
- 二. 人造攀岩岩壁製作及施工能廉價落實在校園中的設計方法。
- 三. 對保力膠的應用有更深的了解。
- 四. 自己動手做各類美觀又有趣的裝飾品，如：豬公仔、兵馬俑。
- 五. 研究保力膠的防銹、防腐蝕功能在攀岩岩石的應用。
- 六. 研究保力膠加入其他物質之後的改變與改變後的結果。
- 七. 從攀岩岩石的做法再製造出校園中人造竹籬笆。

## 參、研究設備與器材

保力膠、硬化劑(保力膠用)、照相機、竹筷子、針筒、量杯、塑膠杯、口罩、手套、磅秤、瓦楞紙、螺帽、書、稀硫酸、強鹼(小通)、海砂、矽膠、硬化劑(矽膠用)、竹子、油漆、松香水、吹風機、油漆刷、釘子、電鑽、木板、螺絲、螺絲墊片、豬公仔、龜公仔、麥克筆、壓克力顏料、水彩筆、橘色色粉、棚板(600mm×400mm×18mm)、木條(1500mm×55mm×15mm)。

## 肆、研究過程與方法

根據文獻探討，大部分的攀岩岩石都是從美國進口的，使攀岩場耗費鉅資。因此我們想做出屬於臺灣製作的廉價又實用的人造攀岩岩石。所以我們試著去尋找攀岩岩石的材質，和如何讓它黏結的材料，在眾多黏劑中，我們選擇了保力膠並開始研究保力膠反應的各種性質。想辦法混合泥沙求出人造攀岩岩石的比例，再用模具自己製造攀岩岩石及岩場設計施工及造景竹子、金豬公仔、兵馬俑等各種公仔。

## 伍、研究結果與討論

### 實驗一 硬化劑的量對保力膠凝固速度的影響

(一) 實驗假設：加入硬化劑的量越多，保力膠凝固的速度越快。

(二) 變因控制：

1. 操縱變因：加入硬化劑的量。
2. 不變變因：(1)器材：保力膠的種類、廠牌、加入的量。  
(2)環境：溫度(接近)。  
(3)操作：保力膠的量都是 100c.c。
3. 應變變因：凝固的時間。

(三) 實驗器材：

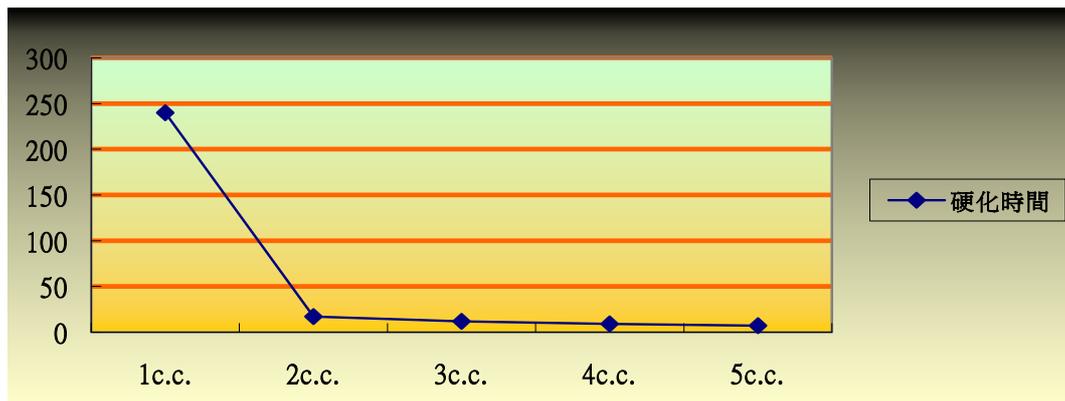
實驗對象	實驗工具和材料	記錄工具	保護裝備
硬化劑	保力膠、免洗筷、針筒(5c.c.)	碼表、數位相機、標籤、筆記本	手套、口罩

(四) 實驗步驟：

1. 在五個相同的杯子各加入保力膠 100c.c。
2. 將硬化劑 1、2、3、4、5c.c.分別倒入杯中，並標示劑量在杯子上。
3. 用免洗筷攪拌好後用碼錶計時。
4. 用免洗筷確定完全硬化後，紀錄碼表時間。  
(測試完全硬化標準：①把杯子稍微晃動看液體是否還在流動。  
②用竹筷戳戳看表面是否硬化。  
③搖搖看加入的液體是否硬化了。  
④觀察保力膠硬化顏色的轉換。)

(五) 結果與討論：

(保力膠加 100c.c.)					
硬化劑量	1c.c.	2c.c.	3c.c.	4c.c.	5c.c.
硬化時間	240 分	17 分	12 分	9 分	7 分



1. 從上面的統計圖與表格中，我們可以看出硬化劑量愈多，硬化速度也就愈快。
2. 保力膠硬化時是先從表面開始反應，再慢慢往內部硬化。
3. 保力膠在反應時內部和表面溫度會呈現發熱狀態，並冒煙發出惡臭。
4. 硬化劑量 2% 的實驗數據和 1% 為何相差 223 分鐘？我們發現其實硬化劑量 1% 的保力膠表面很快就硬化了，只是內部凝結須要非常多的時間。所以數據才相差很大。
5. 我們發現，硬化劑量 5c.c. 反應完會呈現咖啡黃，硬化劑量 4c.c. 呈淺黃色，硬化劑量 3c.c. 呈淡黃色，硬化劑量 2c.c. 呈透明，硬化劑量 1c.c. 顏色也是透明。
6. 我們發現，硬化劑量 5c.c 到 3c.c 反應完內部都會有碎裂，1c.c. 和 2c.c 則因反應較溫和而不會有碎裂狀態
7. 保力膠和硬化劑在硬化時杯子摸起來熱熱的，這個反應是放熱反應。



#### (六) 結論：

1. 硬化劑中有氧化催化劑，因此加入保力膠使其硬化的劑量中，若加入越多硬化劑會加速保力膠硬化的速度反應，硬化的反應時間也會變快。
2. 加超量硬化劑，會引起高熱燙手，並產生濃煙、發出惡臭。
3. 滴硬化劑入保力膠時，手法要慢而均勻的邊攪拌，否則一次倒入，在攪拌時，硬化劑接觸面，最先接觸處過多，馬上產生硬化，則反應完成後，會產生裂痕，並且有較濃的米黃色。

## 實驗二 保力膠對硫酸的防腐蝕性

說明：①根據文獻資料，市面上販售的防銹漆主原料大多是保力膠，因此我們先測試保力膠對稀硫酸和的防腐蝕性，以了解空氣污染所造成酸雨對金屬的影響。

②我們使用的是濃度 1M 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (稀硫酸)。

(一) 實驗假設：金屬塗抹保力膠對稀硫酸的防腐蝕性較佳。

(二) 變因控制：

- 操縱變因：(1)實驗組：浸泡過保力膠的鐵釘  
(2)對照組：未浸泡過保力膠的鐵釘
- 不變變因：(1)浸泡的時間、鐵釘。  
(2)盛裝的容器。  
(3)烘乾的時間。  
(4)保力膠的量。  
(5)浸泡的稀硫酸量。
- 應變變因：鐵釘被稀硫酸侵蝕的情形。

(三) 實驗器材：

實驗對象	實驗工具和材料	記錄工具	保護裝備
鐵釘	保力膠、試管、濃度 1M 的 $\text{H}_2\text{SO}_4$ (稀硫酸)、吹風機	筆記本、數位相機	手套、口罩

(四) 實驗步驟：

1. 用清潔劑將鐵釘上的銹洗乾淨並用吹風機吹乾。
2. 將實驗組鐵釘泡入保力膠(2~3 秒)。
3. 將泡入保力膠的實驗組鐵釘用吹風機烘乾。
4. 把實驗組鐵釘和對照組鐵釘分別浸入稀硫酸中。
5. 觀察鐵釘被稀硫酸腐蝕的現象。



(五) 討論：

1. 當鐵釘泡入強酸中，對照組鐵釘不斷的冒泡，實驗組鐵釘則未冒泡。
2. 反應完，對照組試管底部積了一大堆被侵蝕的鐵屑，並變的非常光滑，久則摟空。
3. 兩個禮拜後，對照組鐵釘斷成兩截，實驗組鐵釘只有表面被侵蝕。



### 實驗三 保力膠對強鹼的防腐蝕性

(一) 實驗假設：據我們所知，市面上售有的防銹漆主原料大多是保力膠，便猜想保力膠的防腐蝕性應該極佳。

(二) 變因控制：

1. 操縱變因：(1)實驗組：浸泡過保力膠的鐵釘  
(2)對照組：未浸泡過保力膠的鐵釘
2. 不變變因：(1)浸泡的時間、鐵釘要一樣。  
(2)盛裝的容器。  
(3)烘乾的時間要一樣。  
(4)保力膠的量要一樣。  
(5)浸泡的小通樂要一樣。
3. 應變變因：(1)鐵釘被小通樂侵蝕的情形。

(三) 實驗器材：

實驗對象	實驗工具和材料	記錄工具	保護裝備
鐵釘	保力膠、試管、小通樂、吹風機、	筆記本、數位相機	手套、口罩

(四) 實驗步驟：

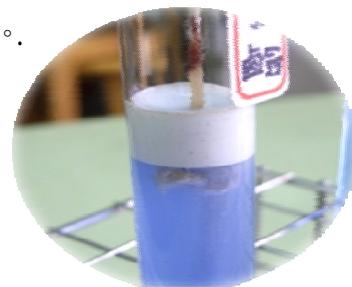
1. 用清潔劑將鐵釘上的油洗乾淨並用吹風機吹乾。
2. 將實驗組鐵釘泡入保力膠。
3. 將泡入保力膠的實驗組鐵釘用吹風機烘乾。
4. 把實驗組鐵釘和對照組鐵釘分別浸入小通樂。
5. 觀察鐵釘被小通樂侵蝕的情形。

註：小通樂成分：苛性鈉（強鹼）、界面活性劑、色料。



(五) 討論

1. 鐵釘泡入小通樂馬上產生很強烈的反應，可見鐵很容易被鹼侵蝕。
2. 當鐵釘泡入小通樂中，對照組鐵釘不斷的大量冒泡，實驗組鐵釘則未冒泡。
3. 從上面兩點討論中，我們可以看出保力膠對鹼性的防腐蝕性效果極佳。
4. 以鐵釘浸泡保力膠在酸液和鹼液中，在鹼液中的防腐蝕性比在酸液中好。
5. 反應完實驗組試管和對照組試管頂端都會浮上一層鐵屑屑。
6. 反應完對照組試管底部積了一大堆被侵蝕的鐵屑屑。



## 實驗四 瓦楞紙上塗保力膠對承載力的影響

說明：本實驗把保力膠塗在瓦楞紙上，測試瓦楞紙的承載力是否增加來說明攀岩岩石的承載力是否有同樣的性質。

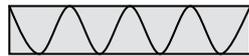
(一) **實驗假設**：我們猜測有塗保力膠的瓦楞紙比沒有塗保力膠的瓦楞紙之承載力好。因為，當保力膠乾了以後會讓瓦楞紙的剛性增加。

(二) **變因控制**：

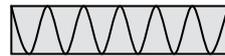
1. 操縱變因：①實驗組：塗上保力膠、硬化劑的瓦楞紙。  
②對照組：沒有塗保力膠、硬化劑的瓦楞紙。
2. 不變變因：兩張瓦楞紙的長、寬，直向或橫向、層數、型式(分 U 型、V 型、UV 型及在書上的面積(如圖 1))
3. 應變變因：兩種瓦楞紙可承載的重量。

註：

U 型



V 型



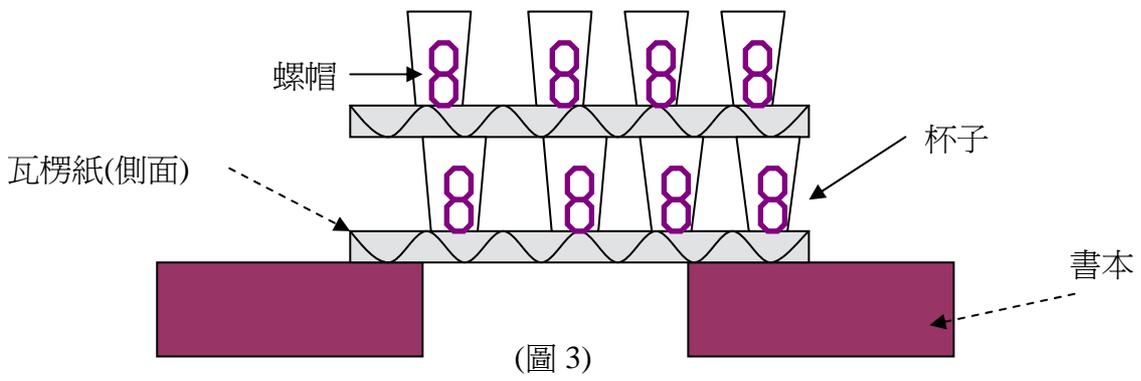
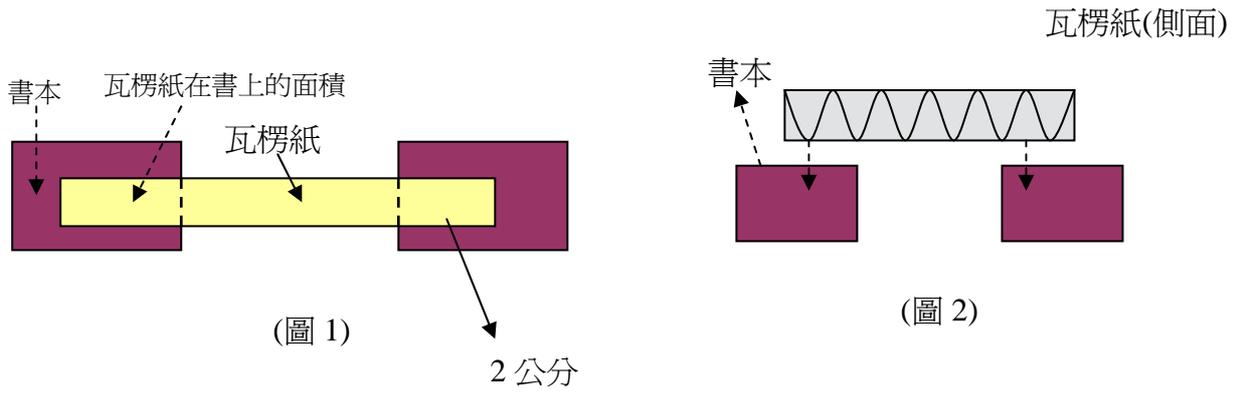
(三) **實驗器材**：

實驗對象	實驗工具和材料	記錄工具	保護裝備
瓦楞紙	保力膠、硬化劑、 刷子、塑膠杯	筆記本、筆、尺、 橡皮擦、數位相機	口罩、手套

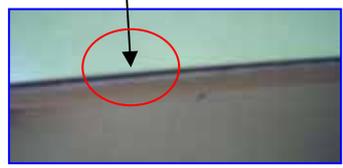
(四) **實驗步驟**：

1. 裁剪同批紙箱的瓦楞紙，每張大小為長 25.5 公分、寬 9 公分，楞條直向和橫向各 6 張
2. 把其中一張瓦楞紙架在兩本一樣高的書上像架橋一樣(如圖 2)(跨距 2cm，如圖 1)。將直向和橫向的瓦楞紙分別橫跨在書本上形成紙橋，進行承載力測量。
3. 在瓦楞紙上放好塑膠杯。
4. 用螺帽測沒加保力膠、硬化劑可承載的重量(如果螺帽不夠，可以用其他重物代替，因為最後要全部拿去磅秤上秤)(如果位子不夠，就可以隔一層瓦楞紙再放第二層)(如圖 3)。
5. 在其中一張用刷子塗上保力膠、硬化劑(如右圖)。
6. 等保力膠、硬化劑乾了後，用磅秤秤他的重量。
7. 找兩本一樣高的書，把已塗保力膠、硬化劑的瓦楞紙架上去後再用上列的方法，測試承載重量。





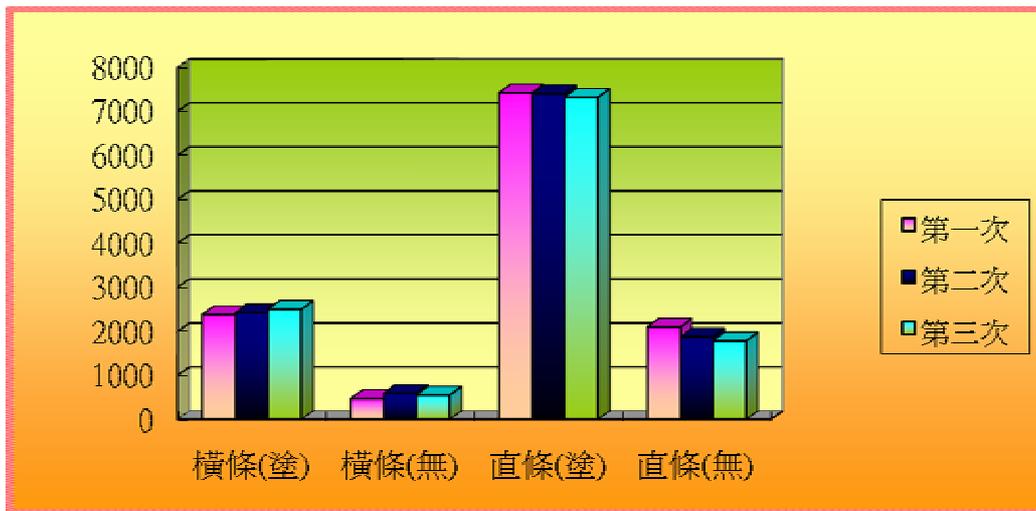
橫楞條



直楞條



(五) 實驗結果與討論：



橫楞條	第一次	第二次	第三次	平均 (克)
未塗保力膠	470	590	550	536
有塗保力膠	2380	2420	2500	2433

直楞條	第一次	第二次	第三次	平均 (克)
未塗保力膠	2100	1880	1785	1922
有塗保力膠	7420	7400	7300	7373

1. 從表中很明顯看出，直楞條比橫楞條的承載力確實增加很多，甚至平均達 3.5 倍。
2. 從表中很明顯看出，**橫楞條**有塗保力膠比未塗保力膠的承載力確實增加很多，甚至平均達 4.5 倍。
3. 從表中很明顯看出，**直楞條**有塗保力膠比未塗保力膠的承載力確實增加很多，甚至平均達 3.5 倍。
4. 從上面的討論中我們可以確定有塗保力膠的瓦楞紙比沒有塗保力膠的瓦楞紙之承載力好。因為當保力膠乾了以後會讓瓦楞紙的剛性增加。
5. 直楞條有塗保力膠比橫楞條有塗保力膠的承載力確實增加很多，甚至平均達 5 倍。可看出直楞條比橫楞條的承載力更佳。

(六) 結論

1. 瓦楞紙是紙箱的材料，如果要增加紙箱的裝載量就必須從材質上改善。
2. 我們發現瓦楞紙塗上保力膠，等硬化後其承載量是倍數的增加，所以在材質上先做改善，將使紙箱的裝載量大大增加。

## 成果一 攀岩岩石 DIY

### (一) 器材：

實驗對象	實驗工具和材料	記錄工具	保護裝備
海砂、保力膠	保力膠、硬化劑、針筒	筆記本、數位相機	手套、口罩

### (二) 製作過程：

1. 稱海砂的量並把海砂倒在紙上。
2. 在海砂上添加保力膠並攪拌(我們是先在它中間挖一個小凹槽，再把保力膠倒進去並用手把海砂往上翻使它均勻)直到不會鬆散。
3. 滴入硬化劑並將海砂往上翻(攪拌均勻)。
4. 用手把海砂集中起來並塑成想要的形狀。
5. 把它放在有陽光的地方曬。



▲在攀岩場  
展示的攀岩  
岩石



### (三) 討論: 1. 在做了若干個攀岩岩石後，我們想出了製作秘訣如下：

- (1) 砂與保力膠混合時保力膠不要用滴管滴下，直接用倒的，因為保力膠未加硬化劑時，不會硬化。
  - (2) 混合時，先在泥沙中央挖一個大約深 3cm 的洞，再倒入保力膠。接下來把洞口邊緣的泥沙掩埋住洞，由「下往上」翻攪。
  - (3) 先均勻的滴上硬化劑，再定形。
  - (4) 在陽光下曬乾，比陰乾、風乾效果好
2. 攀岩岩石如果要形狀相似，就必須先製作模具，才能使形狀更相似。
  3. 攀岩岩石形成過程的溫度，我們都是用室溫，沒有模擬天然岩石形成過程的溫度，如:岩漿冷凝就形成花崗石，岩漿急速冷卻就形成黑曜石，岩漿內含有空氣就形成浮石，這種岩石自然形成方式我們未深入去探討。

## 成果二 攀岩場製作與施工

(一) 目的： 1. 製作廉價實用的岩石，嵌在牆壁上，供學童攀爬，做為運動與娛樂用。

2. 推廣至都會區學校與社區，增加運動與娛樂空間。

(二) 岩石材料：海砂、保力膠、硬化劑。

(三) 製作過程：

1. 調配比率： 海砂：保力膠：硬化劑 = 100：60：1。

2. 岩石模型：先做各種可愛造型模具。

3. 灌漿：把調配好的沙填進模具中(但模具中要先抹上脫磨劑)，等乾固後，拿出、上色，再鎖在棚板上。

4. 施工：

(1) 找適當空間空白牆壁。

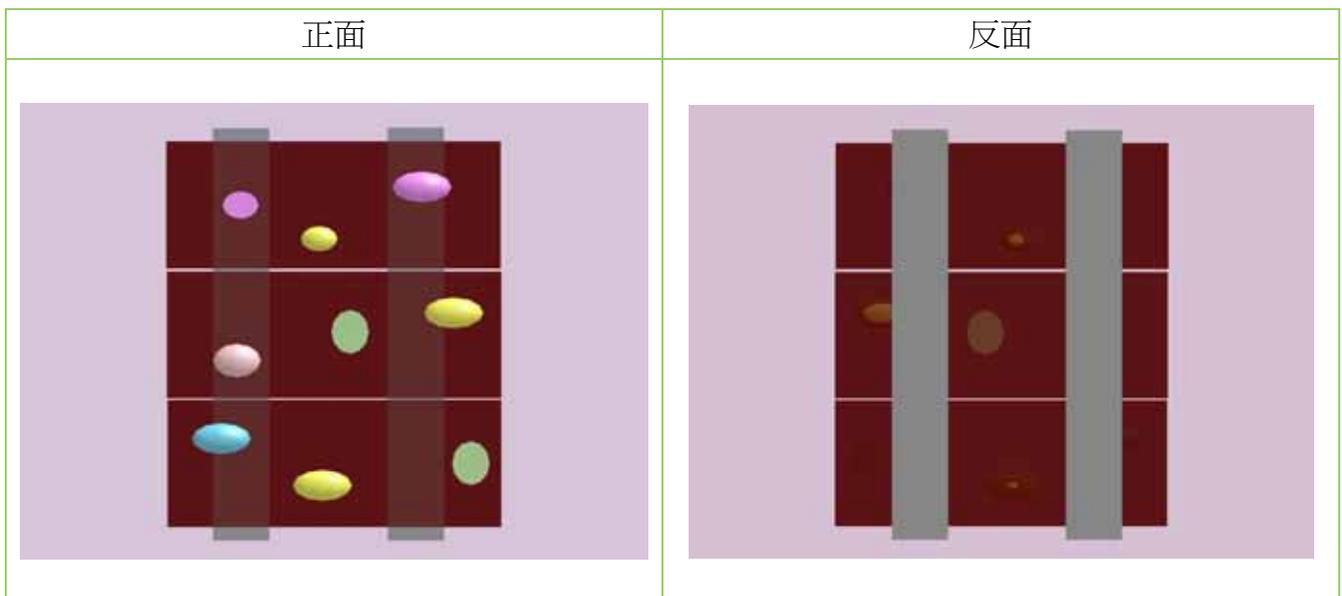
(2) 以適當的距離打上六腳不鏽鋼螺絲。

(3) 把每塊鎖上岩塊的棚板，固定在牆壁上，如拼磁磚一樣。

(4) 岩塊固定在木板上的距離，以 20cm 為佳(踏穩腳步的距離)，使攀岩動作能達到「三點不動一點動」，才能穩定。

(5) 棚板如拼圖般，若有攀岩岩石損壞，則換攀岩岩石；若棚板損壞，則換棚板。

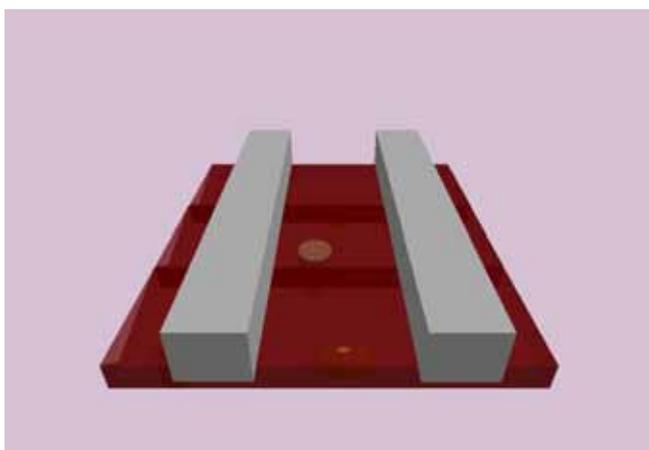
(四) 自製攀岩場 3D 模擬圖：



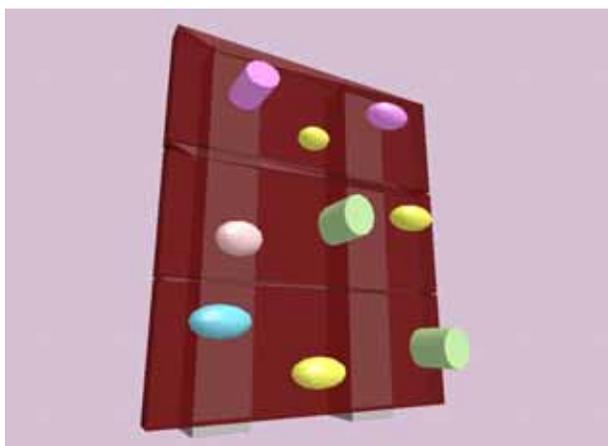
上面



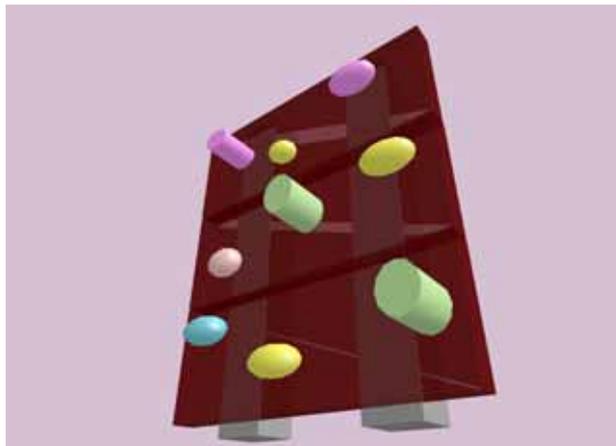
下面



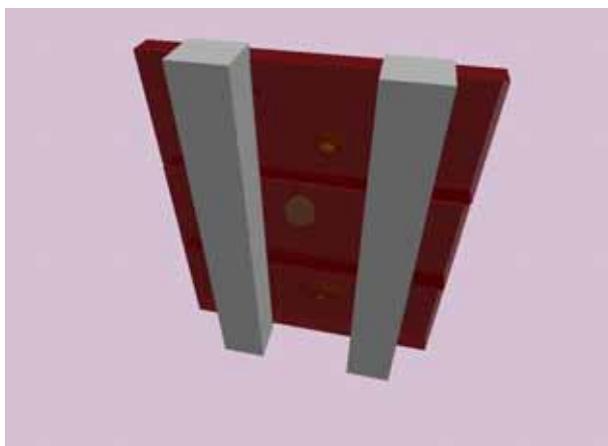
左下斜



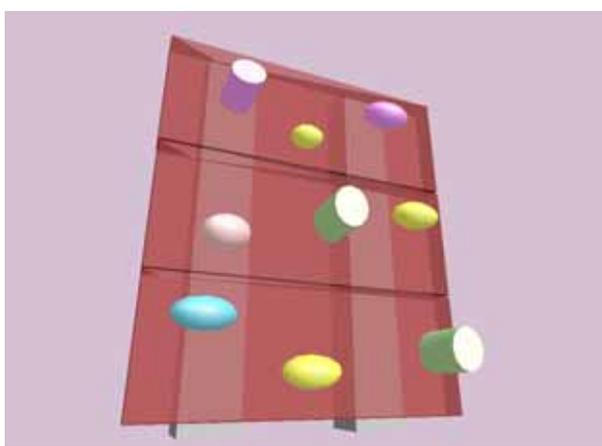
右下斜



右上斜



反光左下斜



## 成果三 造景竹子 DIY

### (一) 器材：

實驗對象	實驗工具和材料	記錄工具	保護裝備
保力膠、硬化劑	竹筷子、竹管(3cm.)、紙盒(5cm.)、矽膠、硬化劑(矽膠用)	筆記本、數位相機	口罩、手套

### (二) 實驗步驟：

1. 將竹管放到紙盒子裡。
2. 矽膠加入適量的矽膠用硬化劑並攪拌。
3. 將裝矽膠的盒子放到太陽下曬。
4. 等到硬化後，把矽膠切開然後把竹管拿出來。
5. 把保力膠、保力膠用硬化劑加海砂攪拌後倒進「矽膠模子」裡。
6. 把它們放到太陽下曬。
7. 等保力膠乾硬後再把成品拿出來。



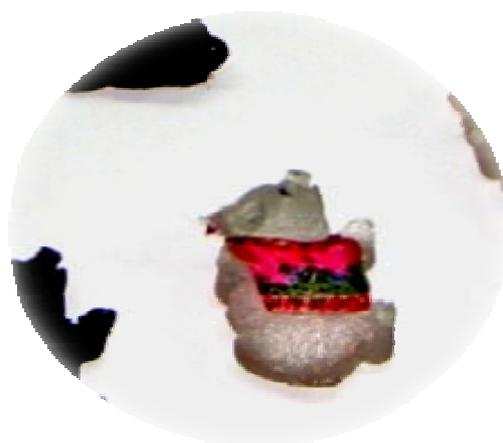
## 成果四 金豬公仔 DIY 與兵馬俑 DIY

### (一) 器材：

實驗對象	實驗工具和材料	記錄工具	保護裝備
保力膠、硬化劑	竹筷子、豬(玩偶)、公仔(玩偶)、紙盒、矽膠、硬化劑(矽膠用)	筆記本、數位相機	口罩、手套

### (二) 實驗步驟：

1. 製作一個比金豬尺寸的長、寬、高各多 1 公分的紙盒。
2. 將豬公仔放到紙盒子裡。
3. 矽膠和矽膠用硬化劑調和再倒入紙盒子中。
4. 將它們放到太陽下曬。
5. 等到硬化後把矽膠切開然後把玩偶拿出來。
6. 把保力膠、硬化劑倒入矽膠模子裡。
7. 把它們放到太陽下曬。
8. 等保力膠乾了後再把成品拿出來。



## 陸、 討論

- 一. 我們發現保力膠放在不適當的條件下，即使保存在鐵桶中，也會硬化到不能使用，所以我們把整桶硬化的保力膠留著做後續的觀察(如下圖)。



- 二. 我們在操作過程中，手套的使用量比較大，卻不能重覆使用，這是我們所感到可惜的(如下圖)。



## 柒、 結論

- 一. 由於保力膠硬化時是先從表面開始反應，再慢慢往內部硬化，所以加越多硬化劑反應越快，硬化的時間明顯縮短，保力膠顏色也會隨著硬化劑的量做改變。
- 二. 保力膠加硬化劑時要適量，如果過量，保力膠會滾熱，並冒出濃煙、發出惡臭。
- 三. 從實驗二我們可以看出.保力膠對強酸的抗腐蝕性效果極佳。
- 四. 從實驗三我們可以看出.保力膠對強鹼的抗腐蝕性效果極佳，以鐵釘浸泡保力膠在酸液和鹼液的比較，在鹼液中的防腐蝕性比在酸液中好。難怪保力膠市面上售有的防銹漆主原料大多是保力膠。
- 五. 有塗保力膠的瓦楞紙比沒有塗保力膠的瓦楞紙之承載力好非常多。因為當保力膠乾了以會讓瓦楞紙的剛性增加非常多。所以紙箱的材料是瓦楞紙。如果要裝載重物，就必須改善瓦楞紙的性質。在瓦楞紙塗上保力膠會增加三倍以上的承載力，以這種方法最為理想。

## 捌、參考資料

1. 奇摩知識+: <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1205080409138>
2. 奇摩知識+: <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005030602170>
3. 英全化學: <http://www.enchuan.com.tw>
4. 高分子複合材料 作者：馬振基 出版：台北市 中正書局 民國 84 年 第八章：不飽和聚酯樹脂(p.217)

## 玖、心得感想--

1. 塗了保力膠的瓦楞紙，能夠使紙箱承載力增加很多。我們希望這一種方法能夠得到大家的認同。
2. 我們做了攀岩岩石後，發現岩石的堅固性能夠媲美天然岩石，而且質量更輕。我們很希望在學校設置一個人工攀岩場，供全校同學做攀岩活動，因此我們繼續作攀岩岩場的製作與施工設計，在設計過程中讓我們更增加很多的 idea。
3. 我們用模具做出造景竹子，希望能大量生產，在學校中成爲花園的部份景觀。
4. 今年是豬年，我們同學很多是生肖屬豬，所以我們做了各種造型的金豬公仔，送給同學當作紀念品，大家都很高興，我們也很快樂，因爲應景的金豬公仔造型很可愛，也讓我們的科展得到發揮。

**【評 語】** 080833 攀岩岩石 DIY

本作品利用沙粒、保力膠及硬化劑，製作人造攀岩岩石，並自己動手做各類裝飾品、豬公仔及兵馬俑模型等，小朋友的構思靈活，並快樂地執行想要製作的造型，值得嘉許，但硬化劑、保力膠等在反應過程會增熱、產生濃煙及發出惡臭，實驗製作時應小心注意，或在有排煙櫃下方可進行。