

中華民國第四十八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

佳作

080806

我把蛋殼變粉筆了！

學校名稱：雲林縣西螺鎮中山國民小學

作者：	指導老師：
小五 林宜萱	黃佩婷
小五 廖子漩	方麗娟
小五 吳柔蓉	
小五 張維心	
小五 高維駿	
小五 楊文禮	

關鍵詞： 蛋殼、粉筆、環保粉筆

我把蛋殼變粉筆了！

摘要

粉筆是教學現場不可或缺的消耗品，由於使用簡便、限制性小，使得粉筆即使在現今多元的教學媒材中，依然有著難以取代的地位；因此，粉筆在校園裡的用量非常大，如果能夠將日常生活中的廢棄物加以利用，製成粉筆，將可兼顧環保及經濟效益。

而在偶然機會下，發現粉筆與蛋殼的成分是一樣的，於是便以「蛋殼變粉筆」作為本次研究主題。首先我們嘗試以蛋殼粉為主原料，分別添加水、麵粉、膠水、粉筆灰等材料作成四種粉筆，再以品質最好的一種作為後續改良重點；此外，我們也研究蛋膜及不同材質的蛋殼對實驗的影響性，並試著用不同的色料製作有色粉筆，希望能以蛋殼作出最接近市面上販售的粉筆。

壹、研究動機

「石膏可用來做成粉筆，雲母可用來……」課堂上，老師正在講解礦物的功用，有位同學說：「『蛋殼』也可以做成粉筆耶！」真的嗎？平時毫不起眼的蛋殼真的能回收再製成粉筆嗎？如果可行，不僅能夠符合環保及經濟雙重效益，同時也能降低粉筆灰對師生健康的不良影響；但只有「蛋殼」這項材料就足夠了嗎？於是便從生活週遭找尋可用的「添加物」，如膠水、麵粉、教室用剩的粉筆……，希望透過我們的努力，能做出「蛋殼粉筆」！

貳、研究目的

- 一、以白色雞蛋蛋殼為主原料，不添加其他物品(水除外)，是否可做成粉筆。
- 二、承上，若做出的成品效果不佳，添加其他物品，找出效果最好的一組，加以改良。
- 三、探討蛋殼裡的蛋膜是否會影響成品。
- 四、以不同材質的蛋殼試做粉筆，如鴨蛋、土雞雞蛋……，討論跟白色雞蛋蛋殼做出的粉筆之間的差異性。
- 五、利用不同種類色料製作有色的蛋殼粉筆。
- 六、討論其經濟效益，探討推廣蛋殼粉筆的可能性。

參、研究設備及器材

- 一、主原料：100 顆剝好蛋膜的白色雞蛋蛋殼、10 顆未剝蛋膜的白色雞蛋蛋殼、10 顆鴨蛋蛋殼、10 顆土雞雞蛋蛋殼。
- 二、添加物：水、膠水、麵粉、斷掉的粉筆或粉筆灰(白、紅、黃)、水彩顏料。
- 三、實驗器具：研鉢 3 組、燒杯 2 個、塑膠管、攪拌棒或竹筷、滴管 1 支、夾鏈袋、天平、過濾網、凡士林、小刷子、橡皮筋、布丁湯匙、報紙、直尺、鉛筆、便利貼。



▲ 雞蛋蛋殼



▲ 實驗用具



▲ 實驗所需的添加物

肆、 研究過程或方法

一、研究方法：

- (一) 資料查詢。
- (二) 混合無膜的蛋殼粉與水，製作成粉筆。
- (三) 混合無膜的蛋殼粉與其他添加物，製作成粉筆。
- (四) 比較上述(二)與(三)的成品，討論優缺點，改良效果較好的那一組。
- (五) 利用(四)的實驗結果，再製作「有蛋膜」的蛋殼粉筆，比較其差異性。
- (六) 利用(四)的實驗結果，再製作「不同材質」的蛋殼粉筆，比較其差異性。
- (七) 利用(四)的實驗結果，製作有色的蛋殼粉筆。

二、研究過程：

(一) 資料查詢：

由書籍與網路資料得知，一個普通大小蛋的蛋殼大約含有 5.5 克的**碳酸鈣**，而傳統的粉筆是用石灰石製成，即碳酸鈣所製，因此用蛋殼來嘗試做粉筆，應該有機會可以成功，且蛋殼對人體的危險性較低。不過，目前教室用的粉筆，其主要成份是「無水硫酸鈣」，也就是硬石膏，一般也稱為熟石膏或燒石膏，其優點是寫黑板時，粉筆灰較不會亂飛，但是若吸入人體後，對人體會產生很大的危害。因此，若能成功用蛋殼製作粉筆，對身體的不良影響可減低，對老師和學生都是一大福音。

(二) **實驗一：混合無膜的蛋殼粉與水，製作成粉筆。**

實驗步驟如下：

1. 將蛋殼清洗乾淨並去膜後，再用研鉢磨成細粉。
2. 用過濾網篩選蛋殼粉，確保其為細粉狀態。
3. 用天平秤 20 克的無膜蛋殼粉後，放入燒杯中。
4. 用滴管加水至有蛋殼粉的燒杯中，水的量不要過多，一次加 3~5 滴。一邊攪拌蛋殼粉一邊加水，調成黏稠狀(膏狀)，如下頁圖 A。
5. 在塑膠管內部塗好凡士林，其中一端用報紙包起來，如下頁圖 B。
6. 將黏稠狀的蛋殼膏倒入塑膠管內，邊倒邊敲以除去內部的氣泡，如下頁圖 C。
7. 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。



▲圖 A：黏稠狀的蛋殼膏



▲圖 B：抹凡士林



▲圖 C：裝入管內

(三) **實驗二：混合無膜的蛋殼粉與其他添加物，製作成粉筆。**

實驗步驟如下：

1. 添加物：**麵粉**

- (1) 準備原料：20 克無膜的蛋殼細粉、5 克的麵粉，將兩樣放入燒杯中後，用攪拌棒混合均勻。
- (2) 用滴管加水至燒杯中，水的量不要過多，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加水，調成黏稠狀(膏狀)。
- (3) 將黏稠狀的蛋殼膏裝入塗好凡士林的塑膠管內，邊裝邊敲以除去內部的氣泡。
- (4) 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。

2. 添加物：**膠水**

- (1) 準備好 20 克無膜的蛋殼細粉，將其放入燒杯中。
- (2) 將膠水和水以 1：1 的方式稀釋。
- (3) 用滴管將稀釋過後的膠水加入燒杯中，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加膠水，調成黏稠狀(膏狀)。
- (4) 將黏稠狀的蛋殼膏裝入塗好凡士林的塑膠管內，邊裝邊敲以除去內部的氣泡。
- (5) 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。

3. 添加物：**粉筆灰**

- (1) 粉筆灰為確保實驗準確，故取班級斷裂的白色粉筆，再加以磨成粉末。如下圖 D。



→圖 D：斷裂的粉筆

- (2) 準備原料：20 克無膜的蛋殼細粉、25 克的粉筆粉，將兩樣放入燒杯中後，用攪拌棒混合均勻。
- (3) 用滴管加水至燒杯中，水的量不要過多，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加水，調成黏稠狀(膏狀)。
- (4) 將黏稠狀的蛋殼膏裝入塗好凡士林的塑膠管內，邊裝邊敲以除去內部的氣泡。
- (5) 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。

(四) **實驗三**：比較實驗一、二的成品，討論優缺點，改良效果較好的那一組。

由實驗(二)、(三)得知，「**蛋殼+粉筆灰**」的效果較好，因此繼續研究，找出蛋殼粉和粉筆灰的最佳比例。

實驗步驟如上(三)-3，比例如下：

1. 無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 20 克
2. 無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 15 克
3. 無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 10 克
4. 無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 5 克

(五) **實驗四**：利用實驗三的結果，再製作「有蛋膜」的蛋殼粉筆，比較其差異性。

實驗步驟如下：

1. 將蛋殼清洗乾淨曬乾後(不除去蛋膜)，再用研鉢磨成細粉。
2. 用過濾網篩選蛋殼粉，確保其為細粉狀態。
3. 用天平秤好蛋殼粉 20 克和粉筆灰 20 克後，放入燒杯中。
4. 用滴管加水至燒杯中，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加水，調成黏稠狀(膏狀)。
5. 將黏稠狀的蛋殼膏倒入塗好凡士林的塑膠管內，邊倒邊敲以除去內部的氣泡。
6. 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。

(六) **實驗五**：利用實驗三的結果，再製作「不同材質」的蛋殼粉筆，比較差異性。

1. **土雞蛋殼**(如下圖 E)：

- (1) 將土雞蛋殼磨成細粉，並用過濾網篩選。
- (2) 用天平秤好蛋殼粉 20 克和粉筆灰 20 克後，放入燒杯中。
- (3) 用滴管加水至燒杯中，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加水，調成黏稠狀(膏狀)。
- (4) 將黏稠狀的蛋殼膏倒入塗好凡士林的塑膠管內，邊倒邊敲以除去內部的氣泡。
- (5) 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。



▲圖 E：土雞蛋蛋殼



▲圖 F：鴨蛋蛋殼

2. **鴨蛋蛋殼**(如上圖 F)：

- (1) 將鴨蛋蛋殼磨成細粉，並用過濾網篩選。
- (2) 用天平秤好蛋殼粉 20 克和粉筆灰 20 克後，放入燒杯中。
- (3) 用滴管加水至燒杯中，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加水，調成黏稠狀(膏狀)。
- (4) 將黏稠狀的蛋殼膏倒入塗好凡士林的塑膠管內，邊倒邊敲以除去內部的氣泡。
- (5) 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。

(七) **實驗六**：利用實驗三的結果，製作有色的蛋殼粉筆。

1. 有色的粉筆灰：

- (1) 用天平秤好蛋殼粉 10 克和有色粉筆灰 10 克(如黃、紅)後，放入燒杯中。
- (2) 用滴管加水入燒杯中，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加，調成黏稠狀(膏狀)。如下圖 G、H。
- (3) 將黏稠狀的蛋殼膏倒入塗好凡士林的塑膠管內，邊倒邊敲以除去內部的氣泡。
- (4) 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。



▲圖 G：黃色的蛋殼粉筆膏



▲圖 H：紅色的蛋殼粉筆膏

2. 水彩顏料：

- (1) 用天平秤好蛋殼粉 10 克和白色粉筆灰 10 克後，放入燒杯中。
- (2) 將水彩顏料稀釋後，再用滴管加入燒杯中，一次加 3~5 滴。一邊攪拌一邊加，調成黏稠狀(膏狀)。如下圖 I、J、K、L。
- (3) 將黏稠狀的蛋殼膏倒入塗好凡士林的塑膠管內，邊倒邊敲以除去內部的氣泡。
- (4) 放置一天，等蛋殼膏凝結，取出曬乾即可完成。



▲圖 I：紫色顏料的蛋殼粉筆膏



▲圖 J：黃色顏料的蛋殼粉筆膏



▲圖 K：綠色顏料的蛋殼粉筆膏



▲圖 L：藍色顏料的蛋殼粉筆膏

伍、 研究結果

一、**實驗一**：混合無膜的蛋殼粉與水，製作成粉筆。

(一) 成品如下圖 1-1，在黑板的試寫結果如下圖 1-2。



▲ 圖 1-1：成品：無膜蛋殼粉+水



▲ 圖 1-2：黑板試寫



▲ 圖 1-3：下半部較不清楚

(二) 試寫結果分析：

1. 優點：

- (1) 在教室最後一排，可清楚看見。
- (2) 蛋殼對人體危害較小。

2. 缺點：

- (1) 容易斷裂，不堅固。
- (2) 寫出來的字，粉末分配的很不均勻，如上圖 1-3。

二、**實驗二**：混合無膜的蛋殼粉與其他添加物，製作成粉筆。

(一) **無膜蛋殼粉+麵粉+水**：

1. 成品如下圖 2-1-1，在黑板的試寫結果如下圖 2-1-2



▲ 圖 2-1-1：成品



▲ 圖 2-1-2：黑板試寫



▲ 圖 2-1-3：刮傷黑板

2. 試寫結果分析：

(1) 優點：

- a. 在柏油路上寫得很清楚。
- b. 比較堅固。

(2) 缺點：

- a. 黑板上的字跡不清楚。
- b. 擦拭後，發現會在黑板留下刮痕。如上圖 2-1-3
- c. 散發出臭味，且有發霉的跡象。

(二) 無膜蛋殼粉+膠水+水：

1. 成品如下圖 2-2-1，在黑板的試寫結果如下圖 2-2-2



▲ 圖 2-2-1：成品



▲ 圖 2-2-2：黑板試寫



▲ 圖 2-2-3：刮傷黑板

2. 試寫結果分析：

(1) 優點：無

(2) 缺點：

- 會黏在塑膠管內，無法乾燥，只能取一小節。
- 在黑板試寫極不清楚。
- 擦拭後，會在黑板留下刮痕。如上圖 2-2-3。

(三) 無膜蛋殼粉+粉筆灰+水：

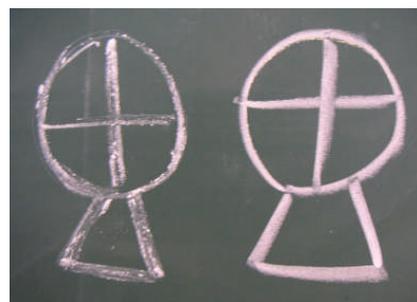
1. 成品如下圖 2-3-1，在黑板的試寫結果如下圖 2-3-2



▲ 圖 2-3-1：成品



▲ 圖 2-3-2：黑板試寫



▲ 圖 2-3-3：比較

2. 試寫結果分析：

(1) 優點：

- 在黑板上寫得很清楚。
- 不易刮傷黑板。
- 堅固，不容易破碎。

(2) 缺點：

- 在黑板的清楚度略輸市面上販售的粉筆。如上圖 2-3-3。左邊為蛋殼粉筆，右邊為市面上販售的粉筆。
- 粉末分配不均勻。

三、**實驗三**：比較實驗一、二的成品，討論優缺點，改良效果較好的那一組。

由實驗一可知，蛋殼粉筆（無膜蛋殼粉+水）可在黑板上清楚，但實驗二的蛋殼粉筆（無膜蛋殼粉+粉筆灰+水）更清楚，且更堅固，故決定改良「無膜蛋殼粉」和「粉筆灰」的比例，嘗試找出最佳比例。以下為結果：

(一) 無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 20 克

1. 成品如下圖 3-1-1，在黑板的試寫結果如下圖 3-1-2



▲ 圖 3-1-1：成品



▲ 圖 3-1-2：黑板試寫



▲ 圖 3-1-3：比較

2. 試寫結果分析：

(1) 優點：

- a. 在黑板上清楚可見，其清楚度已可跟市面上的粉筆媲美。如上圖 3-1-3。右邊為蛋殼粉筆，左邊為市面上販售的粉筆。
- b. 堅固不易碎。
- c. 在黑板書寫時，粉末分配較均勻。

(2) 缺點：

- a. 粉末均勻度，略輸市面上販售的粉筆。如上圖 3-1-3。右邊為蛋殼粉筆，左邊為市面上販售的粉筆。

(二) 無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 15 克

1. 成品如下圖 3-2-1，在黑板的試寫結果如下圖 3-2-2



▲ 圖 3-2-1：成品



▲ 圖 3-2-2：黑板試寫(上面是正常粉筆，下面為蛋殼粉筆)

2. 試寫結果分析：

(1) 優點：

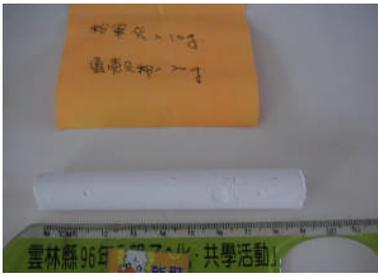
- a. 在黑板上的字，清楚可見。

(2) 缺點：

- a. 易碎。
- b. 粉末分配極不均勻。

(三) 無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 10 克

1. 成品如下圖 3-3-1，在黑板的試寫結果如下圖 3-3-2



▲ 圖 3-3-1：成品



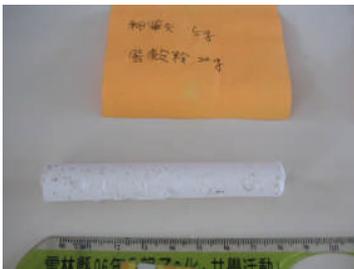
▲ 圖 3-3-2：黑板試寫

2. 試寫結果分析：

- (1) 優點：
 - a. 黑板上的字清楚可見。
- (2) 缺點：
 - a. 粉末是這四支粉筆分配最不均勻的。

(四) 無膜蛋殼粉 20 克 + 粉筆灰 5 克

1. 成品如下圖 3-4-1，在黑板的試寫結果如下圖 3-4-2



▲ 圖 3-4-1：成品



▲ 圖 3-4-2：黑板試寫



▲ 圖 3-4-3：黑板試寫

2. 試寫結果分析：

- (1) 優點：
 - a. 黑板上的字清楚可見。
- (2) 缺點：
 - a. 易碎。
 - b. 試寫時，力道需大一點，否則會不清楚，如上圖 3-4-3。
 - c. 粉末分配不均勻。

四、**實驗四**：利用實驗三的結果，再製作「有蛋膜」的蛋殼粉筆，比較其差異性。

由實驗三得知，20 克蛋殼粉和 20 克粉筆灰所製作出來的蛋殼粉筆，其效果最好，即比例為「1：1」，故在此實驗中，有膜蛋殼粉和粉筆灰的比例為 1：1。

(一) 成品如下圖 4-1，在黑板的試寫結果如下圖 4-2



▲ 圖 4-1：成品



▲ 圖 4-2：黑板試寫

(二) 試寫結果分析：有膜蛋殼粉和無膜蛋殼粉做出的效果是一樣的，故「有膜蛋殼粉」不會影響實驗結果。

五、**實驗五**：利用實驗三的結果，再製作「不同材質」的蛋殼粉筆，比較差異性。

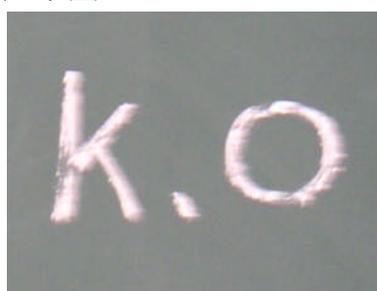
由實驗三得知，20 克蛋殼粉和 20 克粉筆灰所製作出來的蛋殼粉筆，其效果最好，即比例為「1：1」，故在此實驗中，「不同材質」的蛋殼粉和粉筆灰的比例為 1：1。

(一) **土雞蛋蛋殼粉+粉筆灰+水**

1. 成品如下圖 5-1-1，在黑板的試寫結果如下圖 5-1-2



▲ 圖 5-1-1：成品



▲ 圖 5-1-2：黑板試寫

2. 試寫結果分析：**土雞蛋蛋殼粉**和白色雞蛋蛋殼粉做出的效果是一樣的，試寫結果很清楚，故「土雞蛋蛋殼粉」不會影響實驗結果。

(二) **鴨蛋蛋殼粉+粉筆灰+水**

1. 成品如下圖 5-2-1，在黑板的試寫結果如下圖 5-2-2



▲ 圖 5-2-1：成品



▲ 圖 5-2-2：黑板試寫



▲ 圖 5-2-3：留下的刮痕

2. 試寫結果分析：**鴨蛋蛋殼粉**和白色雞蛋蛋殼粉做出的效果是一樣的，試寫結果很清楚，但容易刮傷黑板。

六、**實驗六**：利用實驗三的結果，製作有色的蛋殼粉筆。

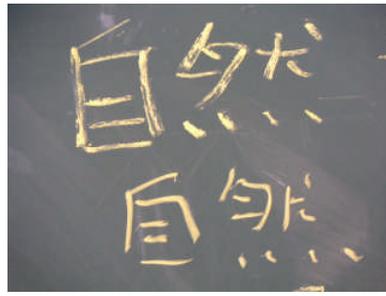
(一) 用「有色粉筆灰」製作的蛋殼粉筆

1. 成品如下圖 6-1-1，在黑板的試寫結果如下圖 6-1-2



▲ 圖 6-1-1：成品





▲ 圖 6-1-2：黑板試寫(上面為蛋殼粉筆，下面為教室普通粉筆)

2. 試寫結果分析：

(1) 優點：

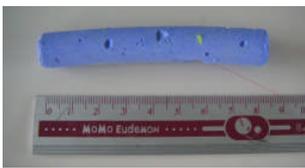
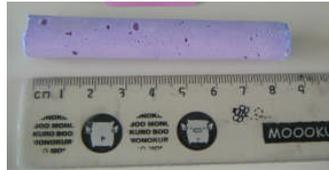
a. 在黑板試寫的效果很清楚。

(2) 缺點：

a. 教室粉筆只有黃色和紅色，顏色有限。

(二) 用「水彩顏料」製作的蛋殼粉筆

1. 成品如下圖 6-2-1，在黑板的試寫結果如下圖 6-2-2



▲ 圖 6-2-1：成品



→ 圖 6-2-2：黑板試寫

2. 試寫結果分析：

(1) 優點：

a. 可以自由發揮製作想要的顏色。

(2) 缺點：

a. 部分顏色不適用於黑板。

陸、 討論

一、將蛋殼磨成蛋殼粉：

爲了將蛋殼磨成細粉，我們嘗試了各種方法，以下表(一)是方法的優缺點：

表(一)：

	優點	缺點
研鉢	可磨得很細	費時耗力
包在紙裡，用腳踩	省時省力	1. 蛋殼粉的粗細不一。 2. 容易有其他雜質。
用塑膠管滾	可一次用多一點蛋殼	顆粒大小不一，需再研磨。
用果汁機	省時省力	攜帶不便，且要花一筆經費

二、實驗一與實驗二的結果討論：

實驗一：混合無膜蛋殼粉和水，製作成粉筆。

實驗二：混合無膜的蛋殼粉與其他添加物，製作成粉筆。

由實驗結果可知，以無膜蛋殼粉爲主原料的蛋殼粉筆，雖然在黑板上寫得很清楚，但由於太過易碎，故希望藉由其他添加物增加其堅固度。而添加物，我們選擇了：麵粉、膠水、粉筆灰，表(二)是此四種粉筆，在黑板試寫後的比較：

表(二)：

各粉筆在比較項目上的表現程度，由高至低依序用數字 1~4 表示：

粉筆成分	無膜蛋殼粉 +水	無膜蛋殼粉 +麵粉+水	無膜蛋殼粉 +膠水+水	無膜蛋殼粉 +粉筆灰+水
比較項目				
黑板上的清晰度	2	3	4	1(勝)
易碎度	1	2(勝)	無法取出完整樣品，故無法比較	2(勝)
刮傷黑板	3	2	1	4(勝)
粉末在黑板上的均勻度	都不均勻			

由上表得知，「無膜蛋殼粉+粉筆灰+水」在「清晰度」此向度是成果最好的，且也較不會刮傷黑板，做出的蛋殼粉筆也較堅固，因此便以此種粉筆爲改良重點。故實驗三便以改變「無膜蛋殼粉」和「粉筆灰」的比例爲主要重點。

三、實驗三的結果討論：

實驗三：改變「無膜蛋殼粉」和「粉筆灰」的比例，再混合水製作成粉筆。

由實驗一得知，蛋殼粉是可以做成粉筆的，又從實驗二得知，「無膜蛋殼粉+粉筆灰+水」的效果最好。因此在實驗三，我們決定先固定蛋殼粉的重量，再改變粉筆灰的重量，以求得最佳比例，而在黑板試寫後的比較結果，如下頁表(三)：

表(三)：各粉筆在比較項目上的表現程度，由高至低依序用數字 1~5 表示：

粉筆成分	無膜白色雞蛋蛋殼粉 20 克				
	粉筆灰 25 克	粉筆灰 20 克	粉筆灰 15 克	粉筆灰 10 克	粉筆灰 5 克
比較項目					
試寫的清晰度	2	1 (勝)	5	4	3
易碎度	4 (勝)	4 (勝)	1	3	2
刮傷黑板	3 (勝)	3 (勝)	3 (勝)	2	1
粉末在黑板上的均勻度	2	1 (勝)	3	5	4

由上表得知，「無膜蛋殼粉 20 克+粉筆灰 20 克」在各向度效果都最好，故之後的實驗便以此為基礎，繼續研究。

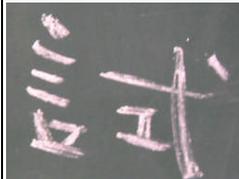
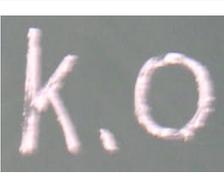
四、實驗四和五的結果討論：

實驗四：利用實驗三結果，製作「有蛋膜」的蛋殼粉筆。

實驗五：利用實驗三結果，製作「不同材質」的蛋殼粉筆。

由實驗三得知，蛋殼粉和粉筆灰的最佳比例為「1:1」，接著便利用這項結果，研究「蛋膜」對實驗的影響；以及「不同材質的蛋殼」對實驗的影響，結果如下表(四)

表(四)：

粉筆成分	白色粉筆灰 20 克			
	無膜蛋殼粉 20 克	有膜蛋殼粉 20 克	土雞蛋殼粉 20 克	鴨蛋蛋殼粉 20 克
比較項目				
試寫的清晰度	清楚可見	清楚可見	清楚可見	清楚可見
易碎度	堅固	堅固	堅固	堅固
刮傷黑板	留下些許刮痕	留下些許刮痕	留下些許刮痕	留下較明顯刮痕
粉末的均勻度	不均勻	不均勻	不均勻	最不均勻

由上頁表(四)得知，有蛋膜的粉筆並不會影響實驗結果。

由上表得知，不同材質的蛋殼粉在黑板試寫的結果都很好，但「鴨蛋蛋殼粉」會留下較明顯的刮痕，故若要推廣蛋殼粉筆，不建議使用「鴨蛋」。

五、實驗六的結果討論：

實驗六：利用實驗三的結果，製作有色的蛋殼粉筆。

在實驗六中，利用「有色粉筆灰」及「顏料」來製作有色粉筆，製作出來的效果都非常好，但發現利用「顏料」製作的蛋殼粉筆，較容易刮傷黑板，表(五)為其比較結果：

表(五)：

粉筆成分	蛋殼粉 10 克					
	有色粉筆灰 10 克		白色粉筆灰 10 克			
	黃色	紅色	黃顏料	紫顏料	綠顏料	藍顏料
比較項目						
清晰度	清楚	清楚	清楚	清楚	清楚	清楚
刮傷黑板	較少	較少	較容易	較容易	較容易	較容易
附註			但黃色粉筆灰所製的蛋殼粉筆在黑板上顏色更清楚	寫出來的效果跟白色粉筆很像，紫色並不明顯	照片有些色差，實際上較偏向黃綠色，跟黃色顏料的效果差不多。	照片有些色差，寫出來的效果呈現淡藍色，但顏色太淡，在教室後面會看不清楚

柒、 結論

在這次的科展中，我們由實驗得到不少結論，如下：

- 一、蛋殼粉筆的顆粒雖然較粗，感覺不如市售粉筆滑順，但寫在黑板上的字體還算清晰可辨。
- 二、蛋殼可至學校廚房回收，而粉筆也可到各班級回收使用，以達資源回收效果。
- 三、蛋殼粉筆的製作流程簡單(不需要太高深的技術)、成本低廉、原料取得容易等優點，故很適合在校園裡推廣。
- 四、蛋殼粉筆寫在黑板的滑順度，比起市售粉筆還是差了一點，我們覺得如果能夠在研磨方法及製作技術上加以改良，提升蛋殼粉末的細緻度及附著度，將能夠大大改善前述蛋殼粉筆的缺點，也是未來值得繼續努力的方向。

完成這次科展後，大家都覺得很有收穫，沒想到我們也可以自己做粉筆！我們覺得推廣蛋殼粉筆是一件非常有意義的事，因為材料的取得非常方便，且可以將這些材料—蛋殼、粉筆回收再利用，真是一舉兩得呀！只不過在這次做出來的作品，跟市售粉筆比較起來，還是有點不完美，這也是之後我們要繼續努力改進的目標，相信只要繼續研究，那麼，把蛋殼變成粉筆將不再是遙不可及的理想。

而在期間，科展也讓我們學習如何和同伴分工合作，雖然我們常常為了一些小東西而爭吵，但是最後大家還是同心協力的完成這次的科展，真是令人開心！

捌、 參考資料

- 一、奇妙的蠟筆。載於**小學生巧連智**(第 16、17 頁)。台北：日商貝樂思股份有限公司。
- 二、謝豪晃。**探討蛋形成與蛋殼品質的問題**。飼料營養雜誌(88 年·第 9 期)。民 97 年 2 月 9 日，取自：<http://www.miobuffer.com.tw/fnm/198809/8089.htm>
- 三、問題創意課程(2007)。元智大學工業工程與管理學系—全球運籌實驗室。民 97 年 2 月 9 日，取自：<http://logistics.iem.yzu.edu.tw/Teachers/Cjting/CPS/96/index.htm>

【評語】 080806

1. 參展作品之面板準備精簡扼要，非常清楚，口頭報告清晰合理，作品說明書之撰寫完整詳備。探討之主體構思頗佳，值得鼓勵。
2. 本作品若能將其突創部分多加彰顯，並就實作部分進一步改善，如粉筆之加料與平滑效果及黏附性的提升等，則作品的價值將可進一步強化。