# 中華民國第55屆中小學科學展覽會
# 作品說明書

---

國小組　化學科

## 第一名
## 最佳創意獎

080215

**遊戲・[矽] [油]-矽、粉末與沙的對話**

學校名稱：國立臺中教育大學附設實驗國民小學

| 作者： | 指導老師： |
| --- | --- |
| 小六 王涵韵<br>小六 許子胤<br>小六 楊詠晴<br>小六 鍾安昀 | 簡辛如 |


關鍵詞：黏土、動力沙、矽

# 得獎感言

## 「矽」真的！

「恭喜第一名，080215！」，當我們聽到 080215 時全都跳起來瘋狂的尖叫，這當中混合了我們的驚訝和興奮。我們深深地覺得，這將近一年的努力，一切都值得了。

回到九月初，那時我們對於新老師、科展是什麼完全一無所知，在決定題目，踏入科展研究的歷程中，我們的感想就是：「累、好累、超級累」。過程中，我們得不斷進行各種配方的實驗。幾個月來，各種天馬行空的配方，幾乎都是失敗的作品：沾手、黏膩不堪、發霉、恐怖的清理工作。接著再重新嘗試，不斷討論，甚至又回頭重新調整比例…同樣的過程，一而再，再而三。就為了找出最佳配方。

在市賽時，我們其實是抱著什麼獎都不會得的心情去比的，直到進入國賽之後，我們才真正對作品有信心，開始用一個全新的角度看待自己、夥伴和科展。原以為畢業就等於休息，沒想到，為了更進一步研究創造各種可能的作品，畢業後還是得常常來學校報到，雖然辛苦，但科展越到後面，就越發有一種神奇的魔力不斷吸引我們向前。

在全國科展中，老師要我們換個心情去面對比賽的壓力：「你不是來比賽的，你是來推銷我們辛苦一年的產品」，過程中，評審們熱烈地提問，觸動了我們很多創意，甚至有我們沒有嘗試過的新想法，為了解決疑惑，一回到飯店，我們就立刻借了臉盆，準備材料重新實驗。

在這將近一年的科展歷程中，我們就好比那動力沙，看起來鬆鬆的，卻又被聚二甲基矽氧烷緊緊的吸附著。我們學到了很多科學知識。(例如：矽、聚合物…等)，更重要的是體會了「發現問題→解決問題」的過程(自己 DIY 動手設計、製作量化裝置、在飯店做實驗解決評審的問題)。還有很難得的合作經驗，畢竟在實驗中難免會有爭吵，隨時間的流逝，我們的爭吵慢慢減少，增加的是彼此之間的合作與默契。

而辛如老師在我們整個團體中是很重要的支柱，她教導了我們很多東西，在迷霧中引導我們正確的方向。更多時間是在阻止我們互相爭執，從爭執中釐清問題。面對我們這麼容易起衝突的團隊，她常鼓勵我們和我們談很多內心話，我想，老師就是在團隊中凝聚我們的聚二甲基矽氧烷吧!

鏡頭再次轉回國賽，在這次的比賽裡我們學到了很多人生經驗。從決定題目到完成作品，進入國賽，最後得到第一名的歷程，是我們在小學畢業邁向國中一段很難忘懷的經驗。我們很幸運也很幸福，很感謝一路陪著我們走來的師長們與全力支援我們的爸爸媽媽們。若有機會的話，我們願意再次參加這個夢幻的科展盛宴。雖然累，但一切都很值得!

觀察剖析我們的研究主角：動力沙

公開解說時間：親臨會場為我們加油的家人

我們就是一個很像「動力沙」的團隊啦!

# 摘要

我們發現市售動力沙擁有黏土和沙子特性，嘗試尋找生活中替代性材料做出類似動力沙的產品。過程中，我們嘗試各種材料、自製檢測工具。經實驗得出下列結論：

1. 市售動力沙是由沙和聚二甲基矽氧烷混合而成，我們以易取得的矽膠代替聚二甲基矽氧烷。由矽膠的吸附能力和其撥水性，包覆沙子以驅動摩擦靜電，產生若即若離效果。
2. 我們研發出四種新型態產品：
   (1) **動力沙類型**❶[矽膠沙]（沙：矽膠＝10：1）❷[矽膠糯米粉沙]（沙：矽膠：糯米粉＝20：2：3），能用價錢便宜物品做出動力沙效果。
   (2) **黏土類型**❶ [刮鬍露太白粉] 觸感比刮鬍泡配方更佳❷ [矽膠太白粉]（太白粉：矽膠＝10：4），解決黏土易乾掉和發霉問題，更可加入硬化劑讓作品硬化保存。

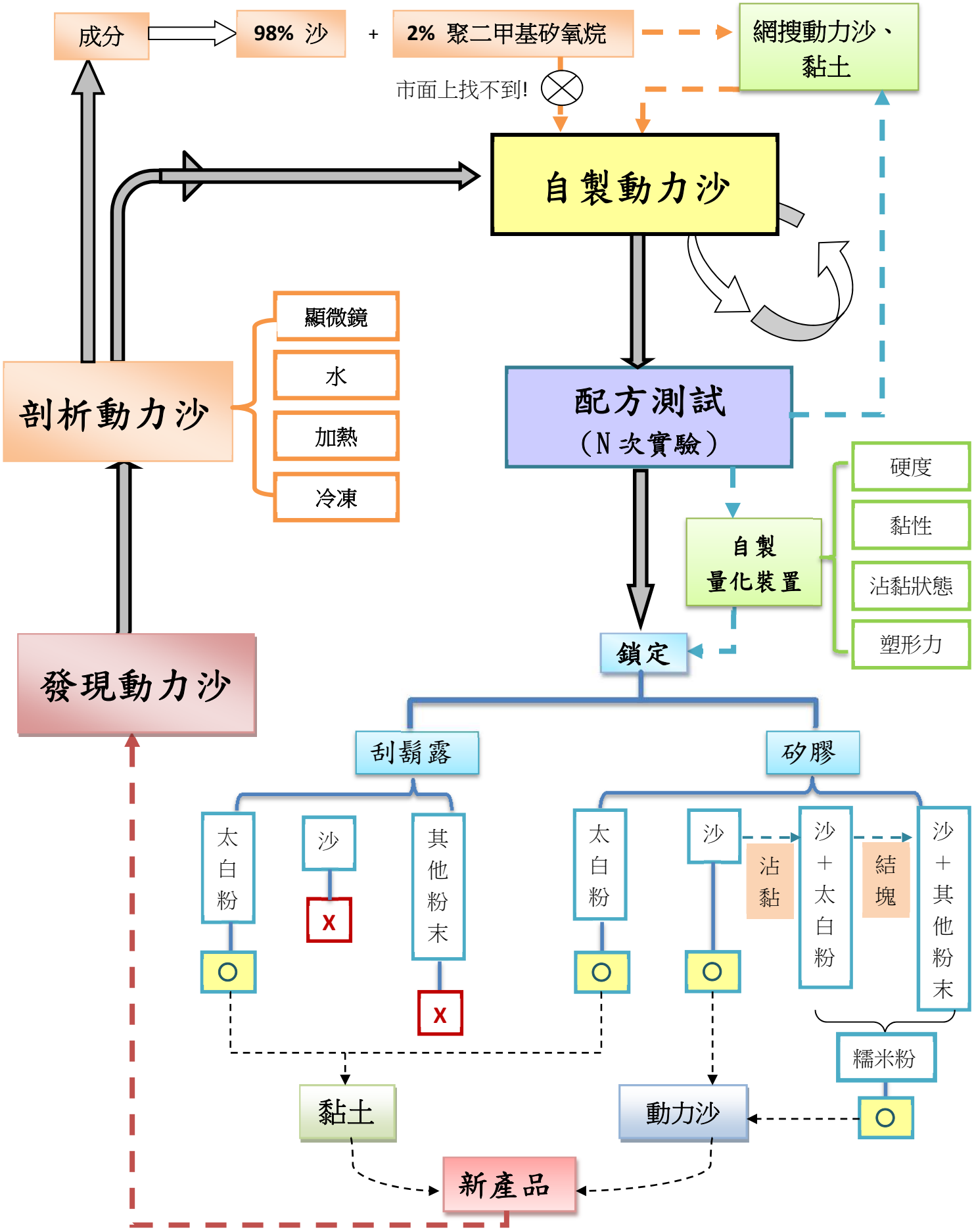
# 壹、研究動機

在六上自然岩石的單元中，介紹許多特殊的岩石和土壤，剛好我們從網路上看到關於動力沙的影片，那支影片裡一大坨動力沙被一隻手不停把玩著，被拿起來時就慢慢散掉，又可以馬上揉回原本的樣子，我們的目光全部都被吸引。但，動力沙的售價十分昂貴，雖然有趣卻很難普及。因此，我們想試著用坊間的東西，做出屬於自己的動力沙。

# 貳、研究目的

1. 剖析動力沙的特性。
2. 尋找生活中替代性材料，製作類似「動力沙」與「黏土」效果的產品。
3. 突破動力沙或黏土的困境。

# 參、研究概念流程圖


成分
98% 沙
+
2% 聚二甲基矽氧烷
網搜動力沙、黏土
市面上找不到!
自製動力沙
顯微鏡
水
加熱
冷凍
剖析動力沙
配方測試
（N 次實驗）
硬度
黏性
沾黏狀態
塑形力
自製
量化裝置
鎖定
發現動力沙
刮鬍露
矽膠
太白粉
沙
其他粉末
太白粉
沙
沾黏
沙＋太白粉
結塊
沙＋其他粉末
糯米粉
黏土
動力沙
新產品

# 肆、研究過程及結果

## 一、剖析動力沙：

### （一）、研究原因：

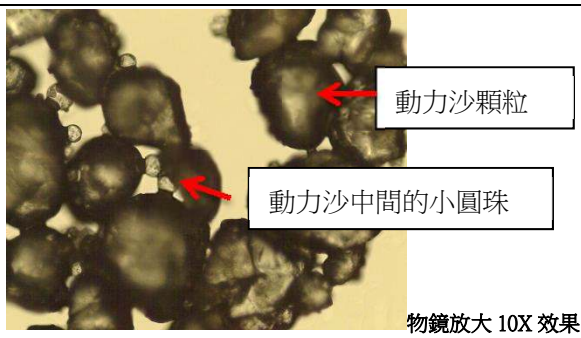
動力沙是一種很特別的沙子，我們想要研究動力沙的成因，所以，我們先針對動力沙進行一系列的觀察和實驗，試著由此來分析動力沙成分或成因。

### （二）、實驗測試及結果：

1. 特色觀察： 我們觀察市售的動力沙，發覺它的特色可以分成以下幾點：

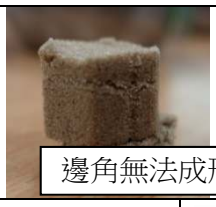
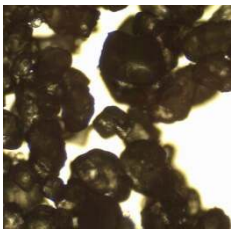
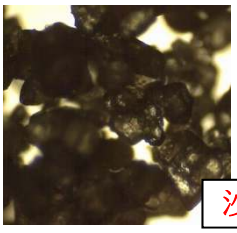
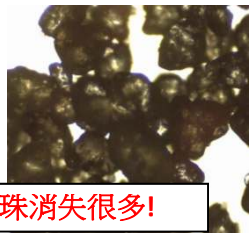
| 特色 | 看起來是沙子 | 會互相黏在一起<br>(若即若離) | 容易塑形 | 不沾手<br>(黏自己的能力>黏別人) |
|---|---|---|---|---|
| 照片說明 | | | | |

2. 顯微鏡觀察的結果：

| 類型 | 光學放大鏡 | 光學顯微鏡 |
|---|---|---|
| 觀察結果 | 以透明、黃色顆粒為主，夾雜一些黑色顆粒。<br>(透明的顆粒感覺比較接近石英砂) | 動力沙的沙子，有微小的稜角，整體而言還是偏圓。最特別的是沙子中間存在一些更小的小圓珠。 |
| 顆粒大小 | 長度比 0.05mm 的 1/2 再小一些 | 面積大約：0.000000487 平方毫米 |
| 照片 | |   物鏡放大 10X 效果 |

3. 泡水後的變化：

動力沙在包裝的注意事項上特別提到，絕對不要「碰到水」！那，「水」究竟會對沙子造成多大的影響？我們決定將它分成三部分來實驗：❶單純泡水❷在水裡搓洗❸用清潔劑搓洗，利用三種不同的方式看動力沙遇水的變化情形：

| | | 沙子直接泡水 | 沙子用水清洗過 | 沙子用清潔劑清洗過 |
|---|---|---|---|---|
| 方式 | | 動力沙壓成圓餅，直接泡在水裡，瀝乾自然烘乾它！ | 將動力沙在水中搓洗過，瀝乾水，自然烘乾它！ | 動力沙用清潔劑搓揉，倒水清洗四次，瀝乾水自然烘乾 |
| 過程照片 | | 冒氣泡<br>部分顏色變深<br> <br> | 碗底的動力沙聚<br>冒氣泡!<br> <br> 沙子上下分離<br> 水面上有油狀物 | 洗碗精直接搓<br> 水面有油<br> <br>沖水，水變混濁<br> 濾出來的水 |
| 過程說明 | | 1.外觀上無大變化！<br>2.上面開始冒一些小氣泡<br>3.部分接觸水的動力沙顏色開始變深！ | 1.攪拌後，動力沙聚成球狀。<br>2.用手搓洗碗裡動力沙時，動力沙有一種[難分難捨]的感覺(搓開又黏在一起)<br>3.動力沙有些浮在水面，大多沉在底下。<br>4.最後，我們隱約在水面看見一小層漂動的油狀物。 | 1.直接把清潔劑搓在動力沙上，怎麼搓都沒有泡泡出現！<br>2.加水清洗，水變成混濁的泥黃色，沒有泡泡！<br>3.碗底下的沙，摸起來像[爛泥巴]十分柔順!<br>4.水面浮著一層油狀物(多)<br>5.洗淨清潔劑! |
| 三天後 | 觀察 | 動力沙特質仍有!<br>黏著力比動力沙稍差一點<br>可以塑型。 | 動力沙特質消失很多。<br>黏性降低很多，沙沙、粉粉、散掉的感覺。<br>塑形力差(沙子摸起來更細緻)p.s.加入清潔劑的，又更散! | |
| | 塑型 | 邊角仍可成形 |  邊角無法成形，甚至斷裂 | |
| | 顯微鏡 |  |  沙子間的小圓珠消失很多! |  |

結果：

動力沙不能碰水，是因為「水」會把沙子中的「油性物質」(小圓珠)洗出來！這個神奇的小圓珠，經水或清潔劑搓洗，就會消失，而動力沙若即若離的效果也會跟著消失！我們推測，小圓珠就是動力沙中的神奇物質，會被水洗出、浮在水面、讓清潔劑無法起泡的特性。

4. 加熱後的變化： (1) 將一般沙和動力沙分別放在鐵碗，利用電磁爐加熱到 100 度！

(2) 觀察其過程、時間及狀況。並與一般沙子做對照。

| | 一般沙子加熱 | 動力沙加熱 |
|---|---|---|
| 照片 | <br>僅溫度升高，沒有差異 | <br>溫度計測量 →動力沙下方變黑 →翻面後，底部幾乎焦黑! |
| 加熱過程 | 過程，無異味或白煙 | 加熱 1 分鐘後，動力沙一直冒出白煙和異(臭)味 |
| 沙子到達 100 度時間 | 2 分 35 秒 | 3 分 40 秒 |
| 放置 5 分鐘後 | 溫度掉到 80 度以下 | 溫度保持在 85 度左右 |
| 加熱後的沙子 | 沒有變化 | 變黑、焦掉!像餅乾一樣「硬掉」! |
| 備註 | ---- | 若在加熱的過程有一直攪拌，不會立刻燒焦，但沙子會偏黑! |

結果：動力沙中的成分和一般沙子不同，遇到高溫會出現異味和白煙。沙子裡的的神祕物質，遇到高熱會起化學反應！比熱也較大！

5. 冷凍後的變化：我們將動力沙、一般沙子用夾鏈袋包裝，直接丟入冷凍庫中進行觀察。

| 時間 | 9.19(五) 18:00 冷凍開始 | | 9.20(六) | | 9.21(日) | | 9.22(一) 結束冷凍 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19:00 | 21:00 | 8:00 | 19:00 | 9:00 | 19:00 | 7:00 | 7:05 |
| 狀況 | 黏在一起變得有點硬 | 好冰且好硬! | 變硬，有裂痕(袋子外面有結霜) | 變硬，但壓下去就塌陷。 | 出現裂痕 | 動力沙整塊碎掉了 | 從凍庫中取出 | 動力沙軟掉、恢復原狀! |

<插曲>：我們有人把動力沙揉成球狀，冷凍半個月後！敲開後，發覺裡面「有白色絲狀物」。

結果：動力沙放入冷凍庫，影響幾乎是「零」。動力沙在冷凍庫雖變硬、有裂痕、變脆，但，離開冷凍庫 5 分鐘內，就恢復原狀。裡面的白色絲狀物，我們推測應是[小圓珠]冷凍的結果。

## （三）、結果討論：

1. 動力沙特性：❶主要由沙子組成 ❷若即若離 ❸容易塑型 ❹不太沾手。

2. 動力沙實驗：

(1) **觀察**：動力沙的沙子顆粒為石英砂，且較圓潤，沙子和沙子中間還有很多[小圓珠]!

(2) **加水**：泡在水中，影響不大。若經水、清潔劑的搓洗，水面會浮出[油性物質]。沙子間若即若離的效果就會消失！可見動力沙中的神奇物質，應是具撥水性、消泡性的油性物質。

(3) **加熱**：動力沙會焦黑、冒出白煙和異味，比熱較大！

(4) **冷凍**：變硬，但，離開冷凍庫 5 分鐘內，很快就回到常溫、恢復正常。

3. 動力沙中的小圓珠，經洗淨後，減少很多。我們推測這些小圓珠就是沙子變動力沙的主因。

4. 從實驗中，我們歸納出：動力沙 = 主體(沙子) + 神奇物質。而這些神奇物質應符合：油性、撥水性、消泡性，且耐低溫的特色。

## 二、網搜[聚二甲基矽氧烷]：

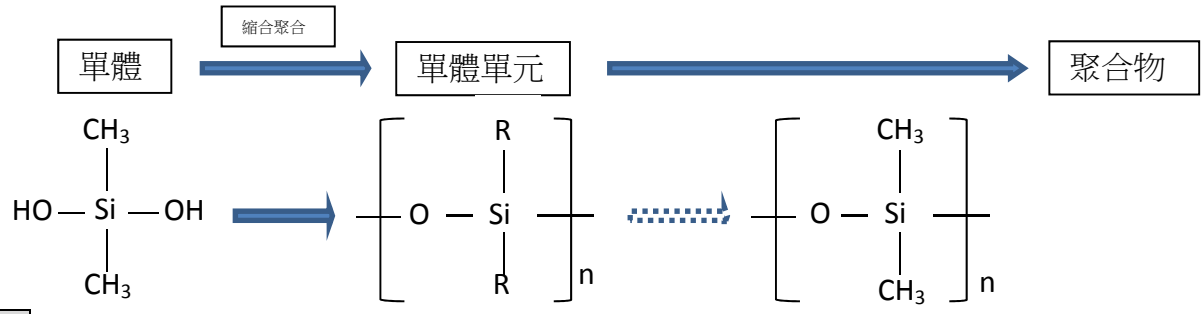
**（一）、研究原因：**動力沙的盒子上特別標示，動力沙是由[98%的沙+2%的聚二甲基矽氧烷]組成。那，什麼是聚二甲基矽氧烷？我們只要買到，就能自製動力沙了嗎？

**（二）、網搜[聚二甲基矽氧烷]-資料整理：**

網路上關於聚二甲基矽氧烷的資料很多，但，閱讀後發覺大家說的聚二甲基矽氧烷都不太一樣。很多東西都具有聚二甲基矽氧烷，它也有三態的不同變化和變形。所以，光是名稱就有很多不同說法，EX、PDMS？矽靈？矽油？矽利康？...我們試著從各種資料中整理出聚二甲基矽氧烷的型態！

**1.聚二甲基矽氧烷是高分子聚合物**：

聚合物是由單體形成單體單元，而單元之間鏈結在一起，就會形成「聚合物」。而聚二甲基矽氧烷，就是有以甲基做為有機集團和矽、氧聚合成的高分子聚合物！




**2.聚矽氧物質**：

只要是由矽氧原子配上有基集團形成的聚合物，都是所謂聚矽氧。它可以分為兩大類：

(1)液態（ 油類 ）：聚二甲基矽氧烷

(2)固態：矽氧樹脂(是最簡單的直鍊聚矽氧結構)=silicone

矽氧橡膠(把直鍊的聚矽氧經過處理，鍊和鍊有部分鏈結產生[聚矽氧橡膠])

**3.聚二甲基矽氧烷**：簡稱 PDMS，是一種高分子的有機矽化合物。惰性、無毒、不易燃。

<液態>的二甲基矽氧烷是一黏稠液體，稱做「dimethicone」，屬於矽油之類。

<固態>的二甲基矽氧烷是一種矽膠，無毒、疏水性、惰性、非易燃性的透明彈性體。

（三）、討論：

聚二甲基矽氧烷是一種「高分子的聚合物」，但，我們真正走訪了化工行，才發覺市面上，根本就沒有賣所謂的聚二甲基矽氧烷！我們從網路及化工行老闆的對話裡，覺得聚二甲基矽氧烷應該就是矽油！因此，我們不再以搜尋聚二甲基矽氧烷為主力，反而開始搜尋其他可能含有[矽]的物質，看他們和沙子結合後的效果。

## 三、含「矽」物質+沙子的配方研究

（一）、研究原因：我們到化工行搜尋一些含矽的相關產品，化工行老闆建議我們使用「矽油」和「矽靈油」，試試它們和沙子結合後，會出現什麼樣的效果。

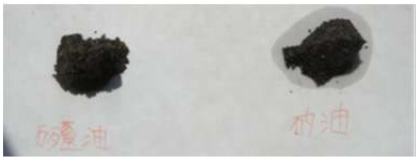
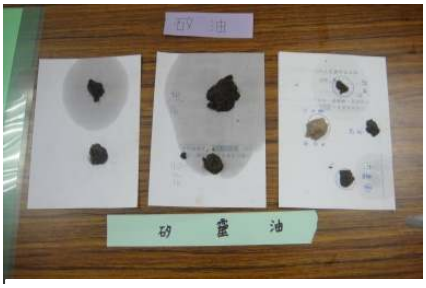
（二）、實驗測試：

1. 研究方法：我們將矽油和矽靈油分別與沙子混合均勻

<矽油+沙子>：矽油有分成好多種類，從矽油#100~矽油#60000，指數越高代表越濃稠！我們買的是較常使用的矽油#1000。

<矽靈油+沙子>：矽靈油，矽靈的英文名稱為「Dimethicone」，幾乎就是網路上說的聚二甲基矽氧烷，它比矽油稠一些，我們覺得也可以試試看！

2. 實驗記錄：

| | 結果 | 照片 |
|---|---|---|
| 水<br>+<br>沙子 | 過程：沙子會因為水而可以簡單塑形。<br>一週後：乾掉變硬，加壓碎掉就無法恢復 | <br>一般沙+水，<br>乾掉後一碰就碎! |
| 矽油<br>#1000<br>+<br>沙子 | 過程：<br>1.好油！超級難清洗(手洗了好久，還是洗不掉)<br>2.沙子因矽油而黏在一起，可塑形。<br>一週後：<br>1. 矽油沙，一直在滲油，墊在下面的紙一直在吸油。<br>2. 摸起來：軟/油，仍可以塑形。 |  <br>矽油沙正下方的紙都已經吸飽了油!矽靈沙則無此狀況！<br>  <br>放置一週，矽油染開整張紙... |
| 矽靈油<br>+<br>沙子 | 過程：<br>1.好油(但，沒有矽油那麼油)<br>2.沙子因矽靈油而黏在一起，可塑形。<br>3.很難清洗!<br>一週後：<br>1.把矽靈油沙堆拿起來，才會看見底下有一圈油<br>2.摸起來：硬/油，無法塑型。 | |

（三）、實驗結果：

1. 不論是矽油還是矽靈油，都好油、好難清洗！難怪，化工行的小姐聽到我們要用矽油在教室做實驗，她直說：「那會很難清洗耶！」
2. 難清洗的主因是手沖水時，手上有一層撥水劑，水碰不到手，沙子仍黏在手上，最後都只能用[刮的] (或直接用抹布擦掉)。
3. [矽油沙]會一直滲出油，一週後仍是軟的。但[矽靈油沙]一週後就乾掉了，完全無法塑形。

（四）、討論：實驗結果，不論是矽油或矽靈油，都不是我們期待的神祕物質。我們推想…

1. 沙子的顆粒，是不是太大？因為，摸動力沙手上沒有刺刺的顆粒感，但一般沙子卻有。我們決定將沙子再用篩網和紗布篩過。讓顆粒變得更小。
2. 為了降低顆粒大小的影響，我們決定直接用更小的顆粒：[粉末]來試。我們剛好玩過以太白粉製成的巫婆雷克，所以選擇粉末中有較多變化的[太白粉]來嘗試！

## 四、含「矽」產品+太白粉的配方研究：

（一）、研究原因：「矽油/矽靈油+沙子」的效果皆不佳，我們推測可能是顆粒大小的影響，所以，我們決定再以粉末-太白粉，來嘗試這兩種含矽產品，看他們在小顆粒粉末的影響。

（二）、實驗測試：

1. 研究方法：分別將 10g 太白粉與 4.5g 的矽油(矽靈油)混合(剛好變成黏土的狀況)，觀察效果。
2. 實驗記錄：

| | 矽油#1000(4.5g)+太白粉(10g) | 矽靈油(4.5g)+太白粉(10g) |
|---|---|---|
| 照片 | 摸起來有[脆脆的感覺]，很油！紙張很快就吸滿油 | 摸起來有比較像黏土(聚合力較高)很油!但，油沒有散開，只有黏土下方的紙才變油! |
| 一週後 | 像麻糬、十分油！沾黏嚴重表面會出油！ | 有一點油、粉，可像黏土一樣塑型。 |

（三）、實驗結果：

1. 矽油和矽靈油很難和太白粉混合在一起！而且，超級難洗!手上的油形成一層膜，根本碰不到水，手上的粉末遇不到更大量的水就無法把太白粉沖洗掉，所以，越洗越糟！
2. 從實驗中我們發覺，顆粒大小不是矽油、矽靈油無法形成動力沙的主因！

**(四)、討論：**找不到適合的沙子和聚二甲基矽氧烷，我們整個實驗就卡住了。所以，我們決定先喘一口氣，先來網搜動力沙的資料，看看是否有別人曾經做出來類似的產品或資訊。

## 五、網搜動力沙：

**（一）、研究原因：**我們決定從網路上搜索更多動力沙的相關資料，看看是否有類似產品或 DIY 的方法。並試著尋找到其他可以取代沙子或聚二甲基矽氧烷的物質。

**（二）、網路搜尋各種特殊沙子/物質的方法比較：**

1. 市面上除了動力沙，還有哪些類似有特色的商品或 DIY 成品。

| 編號 | 商品名稱 | 成分/賣點/製作材料 | 網址 |
|---|---|---|---|
| 市面上販賣的類似產品 | | | |
| 01 | 瑞典動力沙 | 沙子+聚二甲基矽氧烷<br>1.好清理 2.沒有細菌 3.無毒 | http://store.kimy.com.tw/Category/ProductDetail.aspx?no=H000000019104 |
| 02 | 韓國空氣沙 | 貝殼、螃蟹殼、魚骨的粉+保濕油、海澡粉 1.無毒無臭 2.不變硬 3.抗菌數高 4.對皮膚無害，土沙黏土三種混合體。 | http://www.wowkool.com/App_Lib/Shop/item-dtl.aspx?itemID=1242979&shopID=wawago |
| 03 | 台製翻滾沙 | 天然沙+聚合物<br>是沙又是黏土，流動性高、可塑性強 | 我們在下學期(二月)才發現這個新產品…<br>http://www.books.com.tw/products/N010615699 |
| 網路上提到相關產品(黏土/沙)的 DIY 製作配方 | | | |
| 01 | 自製雪沙 | 麵粉+嬰兒油(植物油) | http://www.kidsplay.com.tw/play/content/164#.VPa7l3yUcWs |
| 02 | DIY 空氣沙 | 玉米粉(或太白粉)+刮鬍泡 | 國外的網站：<br>http://www.growingajeweledrose.com/2012/11/frosty-fluff-snow-play.html |
| 03 | 雪麵團 | 玉米粉(或太白粉)+乳液(冷凍) | |
| 04 | 流沙麵團 | 玉米粉(或太白粉)+沙+水 | |
| 05 | 流沙(巫婆雷克) | 玉米粉(或太白粉)+水 | |
| 06 | 泡泡沙漆 | 刮鬍泡+沙子+色素 | |
| 07 | 薑餅土 | 小蘇打粉+玉米粉(太白粉)+冷水 | |
| 08 | 自製史萊姆(無硼砂配方) | 玉米粉(或太白粉)+洗髮精+水 | http://eveocean.pixnet.net/blog/post/35241953-%5Bplay%5D |
| 09 | 自製無毒黏土 | 冷水+塔塔粉+中筋麵粉 | http://mimiandyoung.nidbox.com/diary/read/7409574 |
| 10 | 自製無毒黏土 | 麵粉+沙拉油+冷開水+鹽 | http://drizzlelin.pixnet.net/blog/post/51304186 |

**（三）、結果討論：**

(1) 從表格，我們發覺自製的產品中，「太白粉」(玉米粉)是使用最多的材料。

(2) 聚二甲基矽氧烷是動力沙的關鍵，但網路中也有以油、洗髮精或乳液取代聚合物的例子。

(3) 我們希望可以在生活中找到更方便的材料做出更好玩的東西。

## 六、刮鬍泡與太白粉的圓舞曲：

**（一）、研究原因：**在我們收集動力沙資料的過程中，發現了自製[空氣沙]的方式，只需要用刮鬍泡和太白粉(玉米粉)就能在家玩黏土，聽起來很有意思，所以，我們決定來試試看。

**（二）、實驗測試：**

1. 研究方法：

(1) 我們先分析市面上的兩種刮鬍產品有：[刮鬍泡]和[刮鬍露]。

(2) 分別將刮鬍泡、刮鬍露放入太白粉中，用手攪拌至均勻融合。

2. 實驗記錄：

(1) 刮鬍泡和刮鬍露的差異分析：

| | 成分 | 擠出來的樣子 | 濕度 | 照片 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 刮鬍泡 | 刮鬍露 |
| 刮鬍泡 | X 牌　男性刮鬍泡-敏感性<br>水、三乙醇胺、硬脂酸、異丁烷、月桂醇聚醚-23、12 烷基硫酸鈉、丙烷、香料、甲苯酸鈉、高分子纖維素、12 烷基乙醇、硬脂乙醇、卡拉膠、20 聚乙二醇-聚丙二醇-丙酸矽靈、苯酸、防腐劑、丁烷、椰油醇聚醚-7、1-聚丙醇-9-聚丙醇 12 烷基乙二醇、氫化蓖麻油。 | 就是一整坨泡泡，像奶油的感覺!(不濕) | 較乾 | | |
| 刮鬍露 | 舒 X 牌 水次元 刮鬍露(保濕型)<br>水、棕櫚酸、三乙醇胺、向日葵籽油甘油酯、異戊烷、山梨糖醇、硬脂酸、異丁烷、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、甘油、聚乙二醇/聚丙二醇共聚物(PEG/PPG-17/6 共聚物)、維生素 E、維生素 E 醋酸酯、聚乙二醇-90M、植烷三醇、香料、芳樟醇 | 有點像凝膠放久(或搓揉)後，泡泡會慢慢出現。再放的更久，泡泡會開始破掉(黏黏的) | 較濕(水分較多) | | |

成分查詢資料來源：http://www.cosdna.com/cht/cosmetic_f35332488.html

(2) 根據刮鬍露和刮鬍泡的成分分析，他們共同的成分為：

| 成分 | 水 | 硬脂酸 | 三乙醇胺 | 香料 | 異丁烷 | 油類 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 主要功能 | 溶劑 | 它是一種難溶於水的蠟狀固體作為界面劑/乳化劑 | 用於各類洗滌劑中的 pH 平衡劑 | 香味 | 噴霧器中的壓縮氣體 | 甘油<br>保濕 |

(3) 刮鬍露自己會慢慢膨脹、起泡、消失。刮鬍泡的泡沫可以維持很久~~放置一天才消失！

(4) 刮鬍露和刮鬍泡遇到太白粉：

| 配方 | 照片 | | 說明 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 差異 | 相同 |
| 刮鬍露+太白粉 | | | 像水性凝膠，很濕潤。<br>容易和太白粉混合！<br>放置半天後：<br>乾裂成塊，經搓揉可成圓球<br> | 1. 表面柔滑<br>2.可拉花:<br> <br>3.放置空氣中<br>●表面乾裂、出現裂紋<br>●一壓就碎 |
| 刮鬍泡+太白粉 | | | 像奶油，較乾、較蓬。<br>不易均勻混合太白粉！<br>放置半天後：<br>裂成塊，無法再揉成圓球了<br> | |

(5) 我們本來想要找出最佳比例，但，我們發覺這個活動有趣的地方就是讓人用手親自去體驗、觸摸和感覺，應該沒有最佳比例的問題，而是個人感覺的問題！(你喜歡軟或硬的差異)

## （三）、實驗結果：

1. 不論是刮鬍泡或刮鬍露，主要成分以水為主，且需要透過乳化劑/介面活性劑合成部分油。這個產品的觸感真是太特別了，很綿密、蓬鬆，像超輕土，甚至可以拉花。好軟好療癒。
2. 在網路上提到的方式是：「刮鬍泡+太白粉」，但，我們發覺，刮鬍露的效果更好！因為：
   (1)產品的細緻度高、較為濕潤　　(2)刮鬍泡像奶油，比較不容易和太白粉攪和在一起!
3. 超級好清洗，一碰水就洗掉了，手上還能留有香香的味道。
4. 有一個[致命性]的缺點，玩一下…就開始乾掉了！十分鐘，就開始變硬！太…可惜了!!

## (四)、討論：

1. 因為刮鬍露(泡)，主要都是水，遇到太白粉時就會產生作用！除了水，還有其他物質(聚合物)，才會使產品出現介於黏土又像巫婆雷克的狀態！當水分被蒸發了，原來的太白粉就會變回粉末狀一整塊都會乾掉！
2. [刮鬍露+太白粉]的效果真的很棒，但容易乾掉，所以，我們決定嘗試加入一些油類或保濕的物質，看看能否維持最佳狀態！

## 七、 [刮鬍露太白粉] ，不要乾!!：

（一）、研究原因：刮鬍露太白粉真的是大家讚不絕口的好產品，不過，乾掉的速度太快了！因此，我們試著加入一些不同的物質，希望能夠延長這項產品的壽命。

（二）、實驗測試：

1. 研究方法：我們尋找一些保濕物質：甘油(水性)、矽油、嬰兒油、白臘油、矽膠，並試著把它們加入刮鬍露太白粉中，看看是否能延長其完美狀態。

2. 實驗記錄：

| 配方 | 結果 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 乾掉時間 | | | | 原有效果<br>一開始 |
| | 15 分鐘觀察<br>表面有裂紋 | 30 分鐘後<br>搓揉後復原 | 60 分鐘後<br>可搓揉復原 | 一天後<br>可搓揉復原 | |
| 刮鬍露太白粉<br>(什麼都不加) | ○ | ○ | ○ | ○<br>但，易碎裂 | 軟/蓬鬆 |
| 刮鬍露太白粉<br>+甘油 | ○ | ○ | ○ | ○<br>但，易碎裂 | 加了甘油，較濕/黏，揉捏時沾手較嚴重(糊糊的)! |
| 刮鬍露太白粉<br>+矽油#100 | × | ○ | ○<br>表面變硬 | ○<br>表面更硬 | 加矽油，不會糊成一坨，較不沾手，變的較為濕潤。 |
| 刮鬍露太白粉<br>+嬰兒油 | × | ○ | ○ | ○<br>表面乾硬 | 加嬰兒油，比較沒有那麼濕~不會整個糊掉！搓揉後又能恢復 |
| 刮鬍露太白粉<br>+矽膠 | × | ×<br>一搓<br>表面碎掉 | ×<br>一搓<br>表面碎掉 | ×<br>一搓<br>表面碎掉 | 加入矽膠，會沾手!<br>成品顏色偏深。<br>越來越硬! |
| | | | | | |

（三）、實驗結果：

1. [刮鬍露太白粉]從表面開始乾掉!加入油性或水性的物質，都無法明顯減緩乾掉的速度！反而是乾掉時直接加入新的刮鬍露，重新搓揉它，就會恢復原來的狀態!

2. 加入矽膠反而會使原來的[刮鬍露太白粉]會變硬，蓬鬆感消失！而且無法再搓揉了!

3. [刮鬍露太白粉]即使表面硬掉，搓揉後能把內部水分帶出來恢復可捏的狀態(但，無法拉花)

（四）、討論：

1. 我們推測[刮鬍露太白粉]加入矽膠後，矽膠會直接填滿原來刮鬍露太白粉泡泡的蓬鬆空間，

所以，摸起來才會瞬間變硬!

2. [刮鬍露太白粉]容易乾掉，但，加入油性或水性物質保濕的效果並不好。

## 八、當刮鬍露遇到沙子：

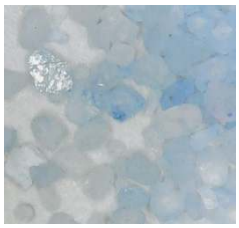
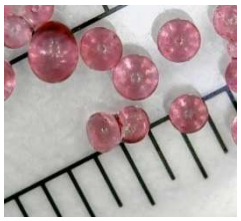
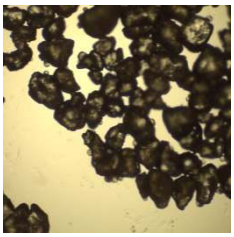
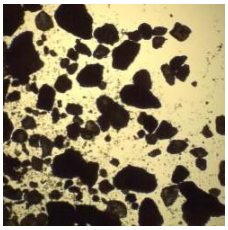
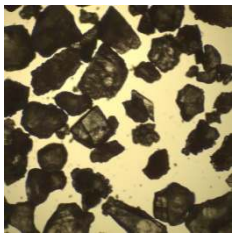
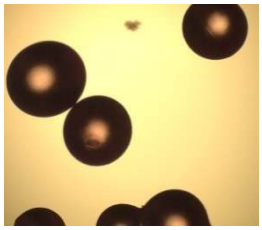
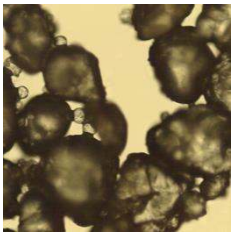
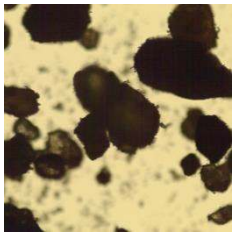
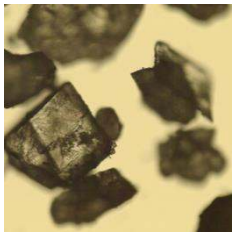
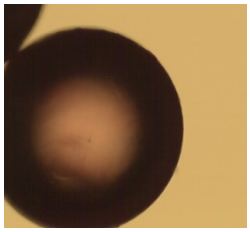
**（一）、研究原因：**刮鬍露讓太白粉變成好產品，那，刮鬍露加入沙子呢？

**（二）、實驗測試：**

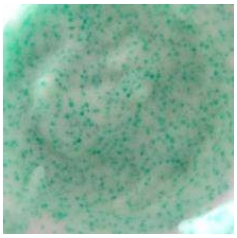
1. 研究方法：(1) 挑選三種沙子(顆粒物)，與動力沙進行比較。

   (2) 將不同大小的沙子，加入刮鬍露中進行攪拌！觀察效果。

2. 實驗記錄：(1) 四種沙子的比較：

| | | 動力沙 | 工地沙(已篩過) | 沙畫沙(細) | 水晶沙 |
|---|---|---|---|---|---|
| 顆粒大小 | | 0.000000487 平方微米 | 0.000000399 平方微米 | 0.000001009 平方微米 | 0.000002113 平方微米 |
| 光學放大鏡 | | | |  |  |
| 光學 | 物鏡4X |  |  |  |  |
| | 物鏡10X |  |  |  |  |
| 分析 | | 形狀大多偏橢圓形有一些稜角，中間有小圓珠！ | 形狀不規則，顆粒大小差異很大(有碎屑)、有稜角 | 形狀不規則，顆粒像晶體的結構都是稜角! | 是塑膠、小圓珠 |

(2)不同沙子加入刮鬍露的效果：

| | 刮鬍露+工地沙 | 刮鬍露+沙畫沙(細) | 刮鬍露+沙畫沙(粗) | 刮鬍露+水晶沙 |
|---|---|---|---|---|
| 照片 | 刮鬍露多 沙子多 | | |  |
| 說明 | 很像芝麻糊的感覺 | 沙子被泡泡隔開各自分離(像陷在泡泡裡的沙) | | |

（三）、**實驗結果**：刮鬍露遇到沙子，沙子被刮鬍露的泡泡隔開！幾天後泡泡乾掉，沙子就像黏在太空泡泡殘骸裡的小珠珠一樣！

（四）、**討論**：刮鬍露遇到太白粉和沙子，反而產生迥異的兩種效果。可見，太白粉，是能夠產生黏土狀態的大關鍵！

## 九、[刮鬍露太白粉]深入研究-只能是太白粉嗎?

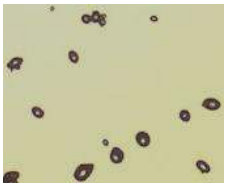
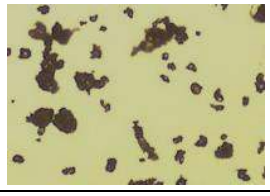
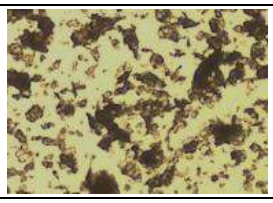
（一）、**研究原因**：沙子無法和刮鬍露結合，太白粉可以。但，只能是太白粉嗎？我們試著把刮鬍露加入不同性質的粉末，進行測試。

（二）、**實驗測試**：

1. 研究方法：(1) 我們從粉末的性質，挑選了四種差異很大的粉末，進行觀察。

   (2) 將刮鬍露分別加入這四種不同的粉末，觀察其效果！

2. 實驗記錄：(1) **四種粉末的特質**：

| 粉末名稱 | 太白粉 | 麵粉 | 爽身粉 | 糯米粉 |
|---|---|---|---|---|
| 特色 | 樹薯，有擴溶效應 | 小麥，搓揉會出筋 | 岩石(滑石) | 米製品 |
| 顯微鏡照片(4X) |  |  |  | |
| 特色 | 橢圓形，外面有亮亮(反光)的感覺 | 有稜角的小顆粒 | 一塊一塊有稜有角的碎片！ | 有稜角的小顆粒 |
| 顆粒大小 | 0.000000004 平方微米 | 0.000000004 平方微米 | 0.000000003平方微米 | 0.000000004 平方微米 |

(2) 四種粉末加入刮鬍泡的效果：

| 粉末名稱 | 太白粉 | 麵粉 | 爽身粉 | 糯米粉 |
|---|---|---|---|---|
| 製作過程 | 會沾手!<br>柔軟<br>(顆粒融合在一起) | 不易沾手，好製作<br>越做越硬!<br>(出筋了) | 沾手嚴重!<br>很像慕斯，需大量粉來製作 | 會沾手<br>和太白粉相似，但顆粒之間有距離 |
| 成品 | 柔軟 | 硬 | 超級柔軟(無硬度/細緻) | 軟，比太白粉硬一些 |
| 放置 3 小時 | 基本對照組! | 過程中就乾硬掉了! | 比太白粉不易乾! | 比太白粉快乾! |
| 照片 | | | | |

### （三）、實驗結果：

1. 我們把四種不同粉末，用顯微鏡觀察，發覺各有特色。滑石製成的爽身粉很像碎片。其他的顆粒大小不一，其中，太白粉的顆粒最圓潤(顯微鏡下有反光效果)！

2. 不同粉末配上刮鬍露，除了麵粉越揉越硬之外(會出筋)，大多能產生黏土的柔軟效果，唯：

(1) 柔軟度：爽身粉 > 太白粉 > 糯米粉 > 麵粉。

(2) 滑順度、塑形力：太白粉 > 糯米粉 > 爽身粉 > 麵粉。

(3) 製作方便度：太白粉 > 糯米粉 > 麵粉 > 爽身粉

3. 整體而言，[刮鬍露和太白粉]結合的效果仍是最佳。

## 十、另一道曙光：矽膠

### （一）、研究原因：

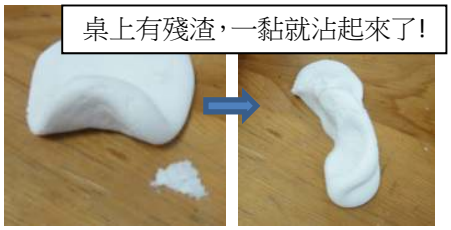
動力沙的研究一直在材料上出現瓶頸，最後我們找到另一個含聚二甲基矽氧烷的材料：矽膠。市售的矽膠，都會配上一小罐硬化劑，來製作矽膠模型[比例→100(矽膠):3(硬化劑)]！我們試著不加硬化劑，單純以矽膠配上主體(沙子、各種粉末)，試試其效果。

### （二） 、實驗測試：

1. 研究方法：將矽膠與不同主體混合：(1)矽膠與太白粉 (2)矽膠與沙 (3)矽膠、沙與太白粉。

2. 實驗記錄：

(1)矽膠與太白粉：

| | 過程 | 結果 |
|---|---|---|
| 矽膠+太白粉 | 直接將矽膠和太白粉攪拌均勻<br> | ❶成品出奇的好! 重點是：不會乾掉!<br>❷可揉成一大坨像黏土的東西，切面完整、甚至可以拉花!<br> <br>切面平整<br> <br>可拉花<br>  <br>桌上有殘渣，一黏就沾起來了! |

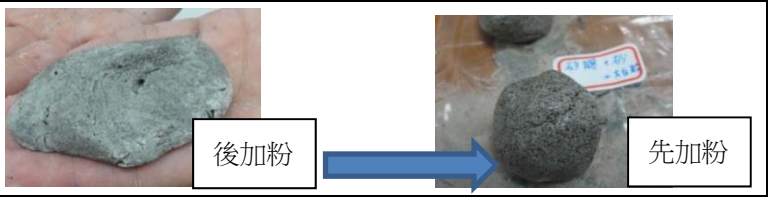
(2) 矽膠與沙子：

說明：矽膠與太白粉的效果很棒，所以，我們立刻把矽膠與沙子試著結合！

| | 過程 | 結果 |
|---|---|---|
| 矽膠<br>+<br>工地沙 | <br>直接將矽膠加入沙子中 | <br>搓成圓球，手上沾滿了矽膠(超黏!) |

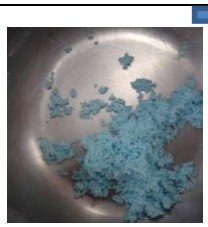
(3)矽膠、太白粉與沙子：

說明：因為，矽膠和沙子的結合，過於黏膩！我們試著再把太白粉加入，看其不同的效果。

| | 過程 | 結果 |
|---|---|---|
| 矽膠+<br>太白粉+<br>工地沙 | 1. 後加粉：矽膠先混合沙，再加入太白粉。<br>2. 先加粉：先混合太白粉與沙子！再加入矽膠! |  |

(4)矽膠、太白粉與沙子(Part2)：

說明：我們製作出來的第一批矽膠太白粉沙，比較像[黏土]，與我們期待的動力沙有一段很大的落差，為此，我們決定減少太白粉。同時為了減少工地沙中雜質的誤差，我們選用大小統一的沙畫沙(細)進行，再試試看！。

| | 過程 | 結果 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 沙+太白粉 | 矽膠量(少) | 矽膠量(中) | 矽膠量(多) |
| 矽膠<br>+<br>太白粉<br>+<br>沙畫沙 | 1.沙子和太白粉先混合！(讓沙子周圍沾上太白粉)<br>2.降低矽膠量，用手將沙和矽膠進行搓揉、混合 | <br>鬆散 |  <br>粉粉的!有黏性，很像動力沙! | <br>容易聚成一坨… | <br>膠直接黏住沙，黏 |

（三）、實驗結果：

1. [矽膠+太白粉]效果很棒！成品真的是黏土，而且放在桌上幾個月都不會乾掉、不會發霉。
2. [矽膠+沙子]的效果不太好，摸起來太黏了！十分沾手！
3. [矽膠+沙子+太白粉]中，太白粉的確降低了矽膠的黏膩感，出現了像[芝麻黏土]的產品!但，黏土和沙子的感覺不同，所以，我們把矽膠的量降得很低。終於出現動力沙的效果。

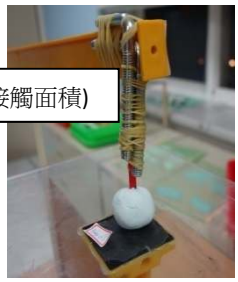
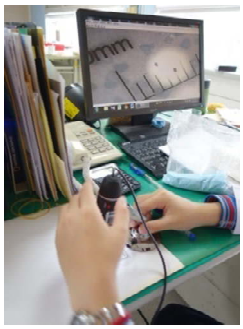
（四）、討論：

1. 矽膠、太白粉、沙子這三種不同的物質，經過不同的比例和配方，反而出現兩種有發展空間的產品：(1) **黏土類 - [矽膠太白粉]**。(2) **動力沙類 - [矽膠太白粉沙]**
2. 有了好的產品，我們決定開始花時間設計量化的裝置，以找出這兩種新產品的最佳比例。

## 十一、量化裝置的製作與使用!

（一）、研究原因：我們一整個學期下來，幾乎花了大半的時間在進行[產品研發]!現在，我們找到一些不錯的新產品，就可以開始進入量化工具的製作和研究。

（二）、量化裝置研發：根據動力沙、黏土，這兩種性質不太相似又有點相似的特色，我們試著將測量的項目，分成四大類：硬度、塑形力、沾黏狀況、黏性。同時，根據動力沙和黏土的特色區隔出比較適合的測量物。

| 測量項目 | 測物 | 裝置製作過程說明 | 量化項目 |
|---|---|---|---|
| 硬度 | 黏土 |  <br>我們以海盜船的概念將槓桿裝置加以變形、修改：<br>1. 增加置物檯的面積(透明壓克力板)<br>2. 螺絲上加上螺帽(增加重量)→綁上塑膠棍(減少接觸面積)<br>3. 塑膠棍上標示黑線，以更明確計算塑膠棍落下的時間 | 棍子的黑線陷入物品的時間<br> |
| 塑形力 | 動力沙 | <br>1.一整根吸管，配上塑膠棒把動力沙推出<br>2.同一人測量，以減少技術性的誤差! | 能完整拉出幾公分長的吸管造型 |
| 沾黏狀況 | 動力沙或黏土 |  <br>1. 將 40g 重物(燒杯+沙)直接壓在黏土或動力沙上 20 秒，拿起後，紀錄其沾黏狀況。<br>2. 沙子的沾黏狀況在杯子上並不明顯！因此，改由湯匙攪拌動力沙 50 秒，看湯匙的沾黏面積比例。<br>利用電子顯微鏡的軟體 motic imagic plus，直接計算面積。 | 杯底(湯匙正反面)沾到黏土(沙)的面積比例<br>★[沾黏比例]的計算：<br>=沾到沙子(黏土)的面積/湯匙(杯子)面積 x100% |
| 黏性 | 黏土 | <br>1. 我們利用兩塊木板夾住我們的矽膠太白粉黏土<br>2. 掛在兩張桌子中間。<br>3. 每 30 秒，掛 10g 砝碼一顆。一直到黏土撐不住，板子落下！ | 最多可以掛幾顆砝碼？<br>黏住木板的總時間？ |

（四）、討論：完成了基本的測量工具後，我們就可以試著量化我們的兩大產品：動力沙- [矽膠太白粉沙]、黏土-[矽膠太白粉]，以找出其最佳比例!

## 十二、自製黏土-[矽膠太白粉]的最佳比例：

（一）、研究原因：矽膠與太白粉的結合，真的是一件讓人驚豔的產品。隨著時間的過去…我們更喜歡這項產品，因為它不會乾掉、不會發霉。幾乎解決了目前市面上黏土的最大問題。我們試著把它的最佳比例找出來，讓他量化！

（二）、實驗測試：

1. 研究方法：把製作的方式流程化，並找出矽膠和太白粉的最佳比例！我們利用電子秤，直接量化太白粉和矽膠的重量。

2. 實驗記錄：

| | 太白粉 10(g)：矽膠 3(g) | | 太白粉 10(g)：矽膠 4(g) | | 太白粉 10(g)：矽膠 5(g) | | 太白粉 10(g)：矽膠 6(g) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 硬度 | 第一次 | 1 分 30 秒以上 | 第一次 | 14’ 61 秒 | 第一次 | 2’ 16 秒 | 第一次 | 無法檢測<br>(無法搓成型) |
| | 第二次 | 1 分 30 秒以上 | 第二次 | 14’ 51 秒 | 第二次 | 1’ 19 秒 | 第二次 | |
| | 第三次 | 1 分 30 秒以上 | 第三次 | 09’ 93 秒 | 第三次 | 1’ 07 秒 | 第三次 | |
| | 平均 | 1 分 30 秒以上 | 平均 | 13’ 02 秒 | 平均 | 1’ 47 秒 | 平均 | |
| 沾黏狀況 | <br>3/299=1.00% | | <br>52/234=22.22% | | <br>103/217=47.46% | | <br>240/227=105.72% | |
| 彼此的黏性 | 第一次 | 0 秒 | 第一次 | 6 分 20 秒(14 顆) | 第一次 | 5 分 23 秒(11 顆) | 第一次 | 1 分 06 秒(3 顆) |
| | 第二次 | 0 秒 | 第二次 | 7 分 09 秒(15 顆) | 第二次 | 5 分 07 秒(11 顆) | 第二次 | 1 分 54 秒(4 顆) |
| | 第三次 | 0 秒 | 第三次 | 7 分 31 秒(16 顆) | 第三次 | 5 分 10 秒(11 顆) | 第三次 | 1 分 36 秒(4 顆) |
| | 平均 | 一倒掛就掉落 | 平均 | 7 分 00 秒(15 顆) | 平均 | 5 分 13 秒(11 顆) | 平均 | 1 分 32 秒(4 顆) |
| 分析 | ①不太沾黏，略乾! | | ①最像黏土的配方！<br>②雖有點沾手，但彼此之間的黏性最高。 | | ①放在桌上，會整個塌陷<br>②沾手，彼此也有黏性！ | | ①放在桌上，會整個塌陷<br>②超級黏手，但彼此的粘性不高! | |

（三）、結果：[矽膠太白粉]DIY 方式

流程：先倒入太白粉→加入矽膠(倒在粉末上，用粉末將矽膠包住)→混合攪拌均勻。

比例：我們建議最佳比例為[太白粉：矽膠=10:4]。

（四）、討論：[矽膠太白粉]完成後，我們開始思索，只有太白粉能產生這樣的效果嗎？

## 十三、[矽膠太白粉]的深入探討-只能是太白粉嗎?：

### （一）、研究原因：

只有太白粉能產生[矽膠太白粉]的黏土效果嗎？我們把矽膠加入不同粉末，看其效果。

### （二）、實驗測試：

1. 研究方法：

(1) 將矽膠與四種粉末相結合，從太白粉的最佳比例 10:4 開始，慢慢加入矽膠。

(2) 找出不同粉末，**剛好形成黏土狀**的比例並比較其差異！

2. 實驗記錄：

| 粉末名稱 | 太白粉:矽膠 | 糯米粉:矽膠 | 麵粉:矽膠 | 爽身粉:矽膠 |
|---|---|---|---|---|
| 最佳比例 | 10(g):4(g) | 10(g):9(g) | 10(g):5.5(g) | 10(g):5(g) |
| 成品 | | | | |
| | 表面摸起來很光滑 | 表面會出油/黏(亮) | 較硬! | 十分黏 |
| 和桌面沾黏 | 有沾黏的狀況 | 有沾黏的狀況 | 幾乎不沾黏 | 沾黏嚴重 |
| | 十分容易與桌子分離，黏土不變形(自己呈現完整一塊)! | 與桌子分離時，黏土會變形 | 與桌子分離時，黏土不變形 | 用力拉開，整個黏土變形解體! |
| | 沾黏的地方，拿原來的矽膠太白一擦就掉了! | | | 沾黏的地方，越擦越糟!糊成一團 |
| 沾黏比例 | 3.58% | 3.88% | 0.56% | 77.94% |
| 硬度平均 | 4’ 45 秒 | 3’ 63 秒 | 1 分鐘以上 | 1 分鐘以上(韌性 Q 度) |
| 黏度平均 | 5 分 59 秒(12 顆) | 5 分 34 秒(13 顆) | 4 分 48 秒(10 顆) | 8 分 08 秒(17 顆) |

### （三）、實驗結果：

1. **沾黏狀況**：爽身粉矽膠 ＞ 糯米粉矽膠 ＞ 太白粉矽膠 ＞ 麵粉矽膠。
2. **硬度**：麵粉矽膠 ＞ 爽身粉矽膠(韌性) ＞ 太白粉矽膠 ＞ 糯米粉矽膠
3. **黏度**：爽身粉矽膠 ＞ 糯米粉矽膠 ＞ 太白粉矽膠 ＞ 麵粉矽膠

整體而言，還是[矽膠太白粉]的效果最好，最好清理、不太沾手。其他三種粉末，雖然仍然有黏土的雛型，但，摸起來就是油油、黏黏的感覺，和矽膠太白粉的光滑感覺很不同!

## 十四、自製動力沙-[矽膠太白粉沙]的完美比例：

**（一）、研究原因：**我們發覺矽膠和沙子結合後的黏膩感，可以透過加入一些太白粉，讓整個產品產生[動力沙]的效果。我們試著透過量化的方式，找出[矽膠太白粉砂]的最佳比例。

**（二）、實驗測試：**

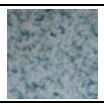
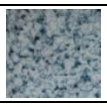
1. 研究方法：

(1) 利用電子秤，量化太白粉、矽膠和沙子的量(重量)

(2) 混合太白粉和沙子，再加入矽膠。

(3) 測量沾黏狀況及塑形力。(硬度部分不測量，因為一施力沙子即崩解)

2. 實驗記錄及結果：

| | 動力砂 | 砂:太白粉:矽膠<br>20(g):2(g):2(g) | 砂:太白粉:矽膠<br>20(g):2(g):3(g) | 砂:太白粉:矽膠<br>20(g):2(g):4(g) | 砂:太白粉:矽膠<br>20(g):3(g):4(g) |
|---|---|---|---|---|---|
| 沾黏狀況 | | | | | |
| | | | | | |
| 沾黏 | 2%(一粒粒) | 8.08% | 14.21% | 46.05% | 11.15% |
| 塑型 | 20 公分<br>(一整根吸管) | 8 公分 | 12 公分 | 12 公分 | 8 公分(像黏土，容易卡在吸管掉不下來) |
| 分析 | 沾黏狀況都是以[顆粒為主]! | 大家的都覺得[太粉了] |  結塊小 | |  結塊大 |

**（三）、結論：**

1. **沾黏狀況**：以[沙：太白粉：矽膠=20:2:4]較為嚴重！也就是矽膠的含量太多時，整個沙子摸起來很黏。其餘都在可接受的範圍。
2. **塑型力**：沙：太白粉：矽膠=[20:2:3]或[20:2:4]的效果最佳，都能夠順利塑形。
3. 建議若要自己製作**[矽膠太白粉沙]**時：

   流程：沙子先和太白粉混合均勻，再倒入矽膠混合。同時，過程中要不斷用手搓揉沙子，才能均勻。不然，矽膠和沙子只會黏在竹筷子上！

   比例：我們建議以[沙:太白粉: 矽膠 =20(g):2(g):3(g)]的效果比較好！

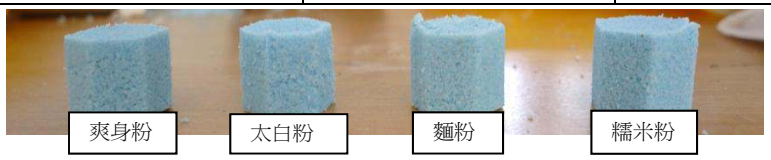
## 十五、[矽膠太白粉沙]的深入探討-只能是太白粉嗎?

**（一）、研究原因：**在[矽膠沙]中加入太白粉，出現了更類似動力沙的效果。然而，太白粉在這裡的角色究竟是什麼？我們試著加入不同的粉末，看看其差異。

**（二）、實驗測試：**

（1）研究方法：用其他粉末取代太白粉，以最佳比例(沙 20:粉 2:矽膠 3)混合，看看其效果？

（2）實驗記錄：

| | 沙:太白粉:矽膠<br>20(g):2(g):3(g) | 沙: 糯米粉:矽膠<br>20(g):2(g):3(g) | 沙: 麵粉:矽膠<br>20(g):2(g):3(g) | 沙: 爽身粉:矽膠<br>20(g):2(g):3(g) |
|---|---|---|---|---|
| 沾黏狀況 | | | | |
| | | | | |
| 沾黏 | 19.18% | 0%，只有幾個小顆粒 | 3.605% | 25.16% |
| 塑型 | 12 公分<br>(沙子不好塞進吸管) | 13 公分 | 12 公分<br>(沙子不好塞進吸管) | 12 公分<br>(沙子不好塞進吸管) |
| 攪拌後顆粒 | 顆粒中等<br> | 顆粒最細小<br> | 顆粒中等<br> | 顆粒最大<br> |
| 分析 | 對照組 | 效果最好，粉狀且有若即若離的感覺。 | 和太白粉效果差不多 | 摸起來最粗、最黏，但仍可以塑形 |
| 塑型 |  | | | 糯米粉的顆粒最小，塑形後的成品也最佳！ |

**（三）、實驗結果：**

1. 沾黏狀況：爽身粉 > 太白粉 > 麵粉 > 糯米粉 (用手摸，也是糯米粉最不黏手)
2. 塑型狀況：糯米粉 > 麵粉 > 太白粉 > 爽身粉

整體而言，矽膠+沙+再加入**太白粉效果不是最好的！反而是糯米粉摸起來的感覺最好，不會沾手或結塊！**

（四）、討論：

在實驗過程中，我們發覺粉末本身有結塊的現象，結塊越大，其實越不容易塑型(顆粒大，塞不了小縫隙)。和真正的動力沙比起來，很明顯的動力沙顆粒細小(沒有結塊)。我們想，如果這些[結塊]能去掉，我們的產品應該可以更接近動力沙！

## 十六、回到矽膠與沙子：

（一）、研究原因：我們觀察這些新型動力沙時，發覺碗中的沙有些結塊大、有些小。我們思索，那些結塊到底是什麼？更從湯匙上的沾黏物，發覺沾黏的不是沙子，而是我們的矽膠太白粉！為此，我們決定不用粉末，只單純降低矽膠量來降低黏性，看其效果。

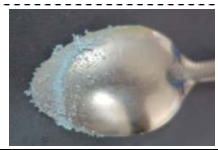
（二）、實驗測試：

1. 研究方法：

(1) [矽膠太白粉沙]的最佳比例為 20g：2g：3g(沙：粉：矽膠)。我們降低矽膠量，以沙:矽膠=10:2 的比例為基準，上下增減，看其效果，再做修正！

(2)我們使用兩種不同的沙：沙畫沙、工地沙，來進行比較。

2. 實驗記錄：(一)沙畫沙：

| | 沙畫沙:矽膠=20:1 | 沙畫沙:矽膠=20:2 | 沙畫沙:矽膠=20:3 |
|---|---|---|---|
| 沾黏狀況 | | |  |
| 比例 | 4.22% | 44.79% | 54.98% |
| 塑型 | 沙子很鬆散<br>不容易塑型<br>容易脫模(但脫模後易散掉)<br> | 沙子能聚在一起<br>沙子能夠塑型<br>不易脫模(需敲模型周邊)<br> | 沙子聚的顆粒大，且較黏<br>沙子能夠塑型<br>不容易脫模(黏住掉不下來)<br> |
| 分析 | 攪拌後顆粒細小，無結塊！<br>過於鬆散，所以一塑形會掉屑垮掉 | 攪拌後顆粒細小，結塊少<br>剛剛好!(雖然沾的比例也多，但沾的多是以顆粒而非一大片) | 攪拌後顆粒細小，結塊少<br>過於黏膩! |

**(二)工地沙：**雖然，沙畫沙的狀態比較單純。但，成品摸起來總是比動力沙粗糙一些。根據顯微鏡的顯示，沙畫沙比較多稜角，所以，我們再回頭試最早過濾的工地沙，看其效果。

| | 工地沙:矽膠=20:1 | 工地沙:矽膠=20:2 | 工地沙:矽膠=20:3 |
|---|---|---|---|
| 沾黏狀況 | <br> | <br> | <br> |
| 沾黏 | 1.23% | 8.95% | 29.16% |
| 塑型 | 沙子較乾、鬆散<br>可塑形，會掉屑<br>易脫模，但，容易掉落分解!<br> | 沙子略沾手，摸起來柔軟<br>容易塑形<br>易脫模，過程不會掉落沙子<br> | 沙子較黏膩<br>容易塑形<br>易脫模，過程不會掉落沙子<br> |
| 攪拌後 | | | |
| 分析 | 沙子之間能聚在一起。<br>但過於鬆散、有一點乾。 | 摸起來很柔軟(沾手量少)<br>能夠塑形的很漂亮！ | 摸起來很柔軟，能塑型<br>但沙子會自己黏在一起成一坨! |

## （三）、實驗結果：

1. [沙畫沙+矽膠]、[工地沙+矽膠]在比例上，都是以 20：2 的比例來調配，會有最佳效果!
2. [沙畫沙+矽膠]的實驗裡，雖然，沙子間因矽膠量的增加也會出現結塊！但，沾黏在湯匙的部分，反而是顆粒較多。所以，粉末像是兩面刃，他擋住我們手直接接觸矽膠的黏滯，但若粉末和矽膠結合會出現黏土的效果，也成為沾手的另一個因素！
3. 工地沙的效果比沙畫沙柔軟很多!有點像濕掉的沙子，可以出現塑型力、摸起來很柔軟像沙子！反而成為我們實驗中，最像動力沙的產品。

## （四）、討論：

1. 如推測，那些[矽膠太白沙]裡的結塊，有一大部分都是粉末造成的！粉末的顆粒和性質，會間接影響摸起來感覺和塑型的結果。
2. 我們的實驗繞了一大圈，才發覺要做類似動力沙的產品，粉末不是必要品，可以試著：

(1) 沙+矽膠，以 20：2 的比例搓揉混合。

(2) 沙+矽膠+糯米粉，以 20：3：2 的比例搓揉混合。(太白粉沾黏的比糯米粉嚴重)

3. 過濾過後的工地沙，效果比沙畫沙好！(它只是看起來黑黑的，不漂亮!)所以，沙體的狀況也是未來可以繼續研究的方向。(實驗十八，即為六月初才進行的沙體初探)

## 十七、矽、粉末與沙的完美對話：

**(一)資料整理彙整：**我們將半年多來研發的產品做整合，比較有意義的整理如下：

1.黏土系列：

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 矽油+太白粉<br>╳，太油 | 矽靈油+太白粉<br>╳，太油 | | | |
| 刮鬍露+太白粉<br>○ TOP!! | 刮鬍露+糯米粉<br>○(比太白粉略粗) | 刮鬍露+麵粉<br>╳，會變硬 | 刮鬍露+爽身粉<br>○(超軟，粉要多) | 刮鬍泡+太白粉<br>○(但比刮鬍露乾) |
| 矽膠+太白粉<br>○ TOP!! | 矽膠+糯米粉<br>╳，有些黏 | 矽膠+麵粉<br>╳，會變硬 | 矽膠+爽身粉<br>╳，太黏了! | |

2.動力沙系列：

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 矽油+沙<br>╳太油 | 矽靈油+沙<br>╳太油 | 刮鬍露+沙<br>╳無法混合 | 矽膠+沙<br>○TOP!! | 矽膠+沙+粉末<br>○(TOP 糯米粉) |

**(二)最佳成品出爐：**

我們從這些配方中，找到最佳的產品，並試著找出他們的最佳比例!

| | 動力沙系列 | | 黏土系列 | |
|---|---|---|---|---|
| 名稱 | [矽膠沙] | [矽膠糯米粉沙] | [刮鬍露太白粉] | [矽膠太白粉] |
| 配方 | 沙+矽膠 | 沙+矽膠+糯米粉 | 太白粉+刮鬍露 | 太白粉+矽膠 |
| 類似 | 動力沙 | 動力沙 | 超輕土 | 黏土 |
| 比例 | 沙 ：矽膠 =<br>10g : 1g | 沙：糯米粉：矽膠=<br>20g: 2g : 3g | 隨興逐漸增減<br>(主要是過程的觸感) | 太白粉：矽膠=<br>10g : 4g |
| 特色 | 顆粒小、不結塊<br>可塑形<br>沾手 8%~20% | 顆粒小、不結塊<br>可塑形<br>沾手幾乎 0~1% | 非常軟，表面光滑<br>可塑形、可以拉花<br>不沾手！<br>會發霉！易乾掉 | 較硬，表面光滑<br>易塑型<br>不沾手！<br>不發霉、不會乾掉！ |

## 十八、新方向(1)-沙子的差異對自製動力沙的影響：

**（一）、研究原因：**為了減少實驗的變因，我們一直都以沙畫沙做為沙子的主體。但，最後回頭嘗試工地沙時，發覺工地沙的觸感真的很好！不同的沙子究竟會產生什麼樣的差異？

**（二）、實驗測試：**

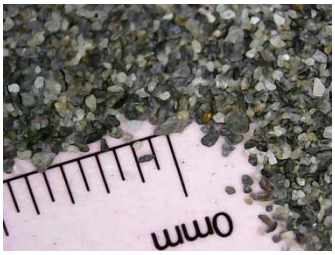
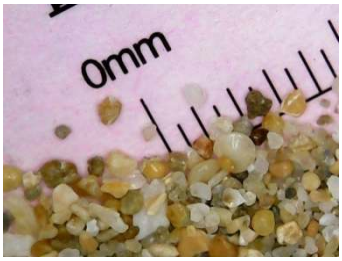
1. 研究方法：

(1) 我們利用寒假期間，盡可能的收集台灣各地的沙子，包含：東北角的黑沙、墾丁的紅土(沙)、墾丁夏 X 飯店內的貝殼/石英砂。我們分別觀察這三種沙的狀態！

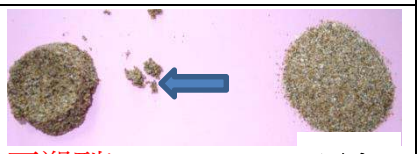
(2) 將這三種沙，以 10:1 的比例，加入矽膠，看其效果的差異！(唯沙量不足，無法檢測)

2. 實驗記錄：

(1)三種沙的觀察紀錄：

| | 黑沙 | 紅沙(土) | 石英貝殼沙 |
|---|---|---|---|
| 採集地點 | 東北角 | 墾丁 | 墾丁 |
| 放大後照片 |  | |  |
| 觀察 | 看起來是黑色的鐵沙<br>但，沙子中間還有一些透明白色的石英顆粒 | 一整個都是紅色<br>顆粒大小不均 | 裡面有多貝殼的小碎屑<br>表面會發亮! |
| 顆粒 | 最小 | 不均勻 | 最大，種類多! |

(2)三種沙加入矽膠的差異：

| | | 黑沙 | 紅沙(土) | 石英貝殼沙 |
|---|---|---|---|---|
| 加入矽膠 | 放大鏡下 | | | |
| | 與原來的差異 | <br>可塑型! 原來<br> <br>有杯子形狀 | <br>原來<br>不可塑型!!<br>散開 |  <br>可塑型! 原來<br> <br>有杯子形狀 |
| 分析討論 | 1.從顯微鏡中看的出來，不論是哪一種沙子，沙子加入矽膠就會出現吸附狀態！<br>2.紅沙(土)，一開始的效果不錯！但，放置一週後，沙子竟然變硬!(一壓就碎無法塑型)<br>3.黑沙和貝殼砂都有不錯的效果！<br>黑沙細小，手感好，但貝殼沙之間的凝聚力高！表面圓潤、光滑。 | | | |

（三）、實驗結果：

1. 不同的沙子來製作動力沙，效果都會不太一樣！
2. 各種沙子的顆粒，在放大鏡下差異十分大，本身的多樣性就十分足夠！不論是哪一種，遇到矽膠都會在沙子間看見很不錯的吸附效果。

（四）、討論：是不是只要含有較大量的石英沙(成分：二氧化矽)，就能讓自己更容易和「矽膠」中的矽結合？這一點，值得我們未來繼續討論和研究。

## 十九、新方向(2)-矽膠太白粉與硬化劑的關係：

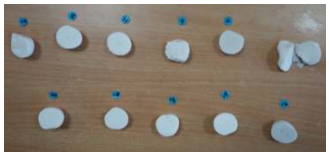
（一）、研究原因：矽膠太白粉，是一個十分有趣的發現。它具有放在室外不乾掉、不發霉的特性。對一般市售或自己製作 DIY 黏土而言，一直都是最難克服的部分。然而，買矽膠的時候，都有一小罐「硬化劑」，我們決定把硬化劑加入矽膠太白粉中，看其效果！

（二）、實驗測試：

1. 研究方法：(1) 將矽膠太白粉和硬化劑用不同方式混合(先加入、後滴入)，看其效果。
   (2) 將矽膠太白粉，加入不同滴數的硬化劑，看其效果！
2. 實驗記錄：(1)硬化劑的加法：我們嘗試塑形後再滴入硬化劑與滴入硬化劑均勻後再塑型：

| | 作品狀況 | | |
|---|---|---|---|
| 矽膠太白粉<br><br>先塑形→再滴硬化劑 | <br>雪人塌陷了! | <br>自製的骰子滴上硬化劑，不久表層[脫了一層皮]，內部仍很軟! | <br>雪人底部還是軟的黏著紙 |
| 矽膠太白粉<br>滴硬化劑混合→再塑形 | <br>雪人硬掉不融化! | <br>變成彈力球，可測彈性 | <br>撥開像[橡皮擦] |

(2)硬化劑滴數的差異：我們不同滴數的硬化劑，滴入矽膠太白粉中，攪拌均勻再看其效果。

| | | | |
|---|---|---|---|
| A、以 10:1 的比例完成矽膠太白粉！每 15 公克揉成一坨！<br> | B、滴入 2 滴、4 滴、…、20 滴的硬化劑<br> | C、最後手的表面開始出現一層[矽膠皮]<br> | D、排在桌上觀察，並於三天後以刀子切開觀察<br>  |

（三）、實驗結果：

1. 直接將[矽膠太白粉]的表面滴上硬化劑，表面會乾掉脫皮，裡面碰不到硬化劑，仍是柔軟的矽膠太白粉，無法成型！
2. 要使[矽膠太白粉]硬化：要先滴入硬化劑搓揉均勻後再塑形，則整個矽膠太白都會乾掉！
3. 15 公克的矽膠太白粉，滴入 2 滴硬化劑均勻搓揉，就會出現「柔軟的橡皮擦」效果。只要滴入 4 滴以上，則會整個變硬！
4. 只要滴入 4 滴硬化劑以上時，滴數越多越不影響硬度，單單只影響硬化的時間。

（四）、討論：不會乾掉的矽膠太白粉黏土，有了硬化劑的補助就能夠形成柔軟或堅硬的成品。

# 伍、結論

## 一、動力沙特性分析：

1. 基本特性：是一種介於黏土和沙子之間的特殊沙子。具有以下特性：

   (1)主要由沙子組成 (2)若即若離 (3)容易塑型 (4)不太沾手。

2. 其他特性：

   (1)動力沙為橢圓形有小稜角的石英砂顆粒，顆粒大小約為 0.000000487 平方毫米，且沙子與沙子之間有透明小圓珠。

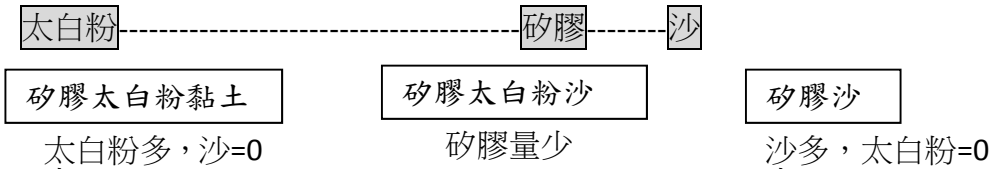
   (2)動力沙泡水後對其影響不大，但經清潔劑或清水用力搓洗後，就會失去原來的黏性。以顯微鏡觀察，沙子之間的透明小圓珠也跟著消失。

   (3)動力沙直接加熱，未攪拌的狀態下，即使未達 100℃ 也會出現燒焦、變硬(脆)的狀態。

   (4)動力沙放入零下溫度，略變硬，但，一離開冷凍後會迅速恢復原來狀態！

## 二、「動力沙」與「黏土」產品研發結果：

1. 粉末、矽膠與沙子的對話：




(1)矽膠的量雖極少，卻是維持這整個平衡的主要關鍵！矽膠具有很高的「吸附」能力，當它將沙子包覆或沾粘住時，沙子之間的接觸面積變大、之間的磨擦力，產生的靜電力也增強，這，應該是沙子加了矽膠後就能產生若即若離感覺的最大主因！

(2)矽膠+太白粉，圓滾滾的太白粉直接將矽膠的孔隙填滿，聚在一起產生黏土的效果。

2. 刮鬍露 + 太白粉 = 黏土！

(1) 刮鬍露的效果比網路上提到的刮鬍泡好。

(2) 刮鬍露太白粉之所以有如此蓬鬆的觸感，我們推測和刮鬍露產生的氣泡有關！整個黏土的空氣含量或分子之間的距離應該都比一般黏土大很多！所以，才能如此柔軟和蓬鬆

(3) 刮鬍露太白粉唯一的缺點就是乾的很快，我們試過加入油性或水性物質保濕，但效果都不好！反而是直接補充刮鬍露或甘油，黏土就能恢復原來的狀態！

3. 好產品的最佳比例：

| 類型 | 動力沙 | | 黏土 | |
|---|---|---|---|---|
| 名稱 | [矽膠沙] | [矽膠糯米粉沙] | [刮鬍露太白粉] | [矽膠太白粉] |
| 配方比例 | 沙 + 矽膠<br>10g：1g | 沙+矽膠+糯米粉<br>20g：2g：3g | 太白粉+刮鬍露<br>(過程為主) | 太白粉+矽膠<br>10g ： 4g |
| 優勢 | 不結塊 | 不沾手 | 好柔軟 | 不乾掉，也不發霉 |

(1) 雖然我們自己製作的動力沙，不如動力沙的觸感也會有沾手問題。但，坊間動力沙的價格昂貴，我們在許多嘗試中，找到類似產品的配方，且價格較便宜喔！

甲、 瑞典動力沙：1 公斤 500 元。

乙、 自製動力沙：

矽膠沙：(沙畫沙：一公斤 150 元。矽膠一公斤 450 元。)

1 公斤的沙畫沙+100 公克的矽膠→150 元+45 元=195 元/1 公斤

(如果是用工地沙來做，沙子免費，矽膠沙 = 45 元/1 公斤喔!)

(2) 黏土最怕乾掉和發霉。實驗中，我們意外發掘的[矽膠太白粉]，就解決了這個困境！

## 三、其他發現：

1. 清洗含矽物品時，千萬不可以直接用水清洗！要用乾抹布把矽擦掉後，再沖洗。

2. 未來延伸討論方向：

(1)黏土，怕乾掉。但如果都不乾掉，作品就無法留下來。我們的[矽膠太白粉]不會乾掉，透過不同比例的硬化劑，就會讓作品硬化乾掉或如橡皮擦一般有彈性。

(2)不同的沙子，製作出來的效果皆不太相同。我們可以繼續以此為主題研究矽和沙子的關係！以判別二氧化矽的石英沙是否是製作動力沙的最佳主體材料。

# 陸、心得

從科展方向確定開始，我們的目光一直放在神奇的動力沙。本來我們只是單純想要做出動力沙或和動力沙一樣好玩的東西，沒想到，後面卻有一大堆的關卡在等著我們呢！

從開始到現在，為了研發尋找適合的配方，我們一共做了很多數不清的實驗，有的實驗很新奇、好玩，但通常都很可怕。在過程中，我們最常說的一句話，莫過於「好油、好噁心啊!」大家為了要嘗試出好的配方，各種物質、沙子、粉末…，一試再試!到了要清洗的時間，就會聽到陣陣的嘆息聲和「啊!洗不掉」的哀號聲。

在科展的過程中，我們從不斷的爭吵、衝突，一直到不得不合作的歷程裡，學到的不只是知識，更多是團隊的磨合和默契。檢測硬度、量化產品的歷程中，我們得從過程中不斷修正方式、重新測量，以確認研究工具的可信度，也著實磨練了我們的心。這半年多來的科展生活，我們大家就好比那動力沙，被奇特的聚二甲基矽氧烷聚著，看起來鬆鬆的，其實緊緊地黏在一起!

雖然，化學的東西好難！我們從「聚二甲基矽氧烷」開始，一直卡在很多我們從來沒有接觸過的專有名詞。只好一邊卡在專業一邊從生活中尋找各種可能的取代品來嘗試。原來，只要願意嘗試和創新，生活中就會發現許多驚奇！

# 柒、參考資料

**(一)科展資料：**


1. 江宜蒨、李妍、金冠辰、許悅(2013)。Let’s Play Dough-自製無毒黏土之研究。中華民國第 53 屆科學展覽作品說明書。
2. 陳勇安、游博勻、楊芸蓁、林禹宏(2013)。「沙」了鼻涕蟲－沙士與醣對鼻涕蟲交聯作用之研究。中華民國第 54 屆科學展覽作品說明書。


**(二)其他重要網路資料：**


1. 化妝品成分查詢：http://www.cosdna.com/
2. 維基百科：http://zh.wikipedia.org/
3. 科學 online 科技部高瞻自然科學教學資源平台：http://highscope.ch.ntu.edu.tw/

4. zfang 的科學小玩意：http://zfang.tc.edu.tw/#&panel1-1

5. Growing a jeweled Rose：(國外食譜科學網站)

http://www.growingajeweledrose.com/2012/11/frosty-fluff-snow-play.html

## 【評語】080215

「遊戲矽油」選題新穎有趣又頗具挑戰性。動力沙為 2014 年新上市產品，而作者們即採取「回溯工程」手法欲解析此產品製作方法。採用替代物質嘗試過程中能掌握材料特性，歸納問題與解決方案，並因應問題需求而設計測量工具與實驗方法來輔助物性測定，終而製作出不錯的太白粉黏土，實屬難能可貴！動力砂之仿作亦有成效，再稍修正，滿意成品當有可期！作品極具有新穎趣味與知識性。