

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

### 最佳團隊合作獎

080202

### 跳動的鼻涕—水黏土的多元變化

學校名稱：桃園縣立永順國民小學

作者：	指導老師：
小六 梁哲緯	黃婉貞
小六 黃子豪	高敏學
小六 王 晨	
小六 鍾采珈	
小六 楊博丞	
小六 陳宇哲	

關鍵詞：有機聚合物、交聯作用、水黏土

## 摘要

市面上的膠水加了硼砂水溶液之後，變成彈力球，吸引同學的眼光。究竟硼砂和膠水間，到底產生了什麼變化，這引起我們研究的動機，於是使用膠水和硼砂以及保力龍膠和硼砂，來製作彈力球，並探討不同配方所製造彈力球的彈性。

由實驗結果，我們得到：水黏土依硼砂濃度的不同，或黏著劑的不同，耐震度和彈跳高度也有所差別。當我們在製作產品時，應該考量到對於產品需求的特性，選擇適合的成份來製作。如果要做鼻涕蟲，可以用膠水和硼砂混合；如果要做彈力球，可以用保力龍膠和硼砂混合。另外我們發現保力龍膠和硼砂混合後，產生極大的耐震性，可以做為其他需要耐震產品的參考，如：可以做成耐震的杯套。

關鍵字：有機聚合物、交聯作用、水黏土

## 壹、 研究動機

到底是哪個人的鼻涕會跳？而且跳得非常高？在下課的同學手中，在玩具箱裡，處處可見五彩繽紛的「跳動的鼻涕」。在偶然之間，我們決定以「跳動的鼻涕」當作這次科展的主題。查詢相關資料後，我們得知彈力球和前陣子同學流行的「鼻涕蟲」是相同成分，希望藉由改變成分來尋找它的「另一面」！（配合單元：南一版五下水溶液的性質）

## 貳、 研究目的

- 1.膠水成份的不同，對於水黏土軟硬度的影響。
- 2.保力龍膠的使用，對於水黏土軟硬度的影響。
- 3.比較膠水和硼砂水作用及保力龍膠和硼砂水作用，對於水黏土軟硬度的影響。

## 參、 文獻整合探討

### 一、有機聚合物：

有機聚合物是由許多小分子所串聯而成的巨大分子，用有機聚合物所製成的產品，除了塑膠製品外，黏著劑也是常見用品之一（郁仁貽編著，1992）。一般人們最熟悉的黏著劑有透明膠水（聚乙烯醇）和保力龍膠（聚醋酸乙烯酯）。

### 二、膠水的成份及不同品牌膠水的差別：

透明膠水它的主要成分是聚乙烯醇。膠水最多的成分是水，不同品牌的膠水，它的聚乙烯醇含量也各不相同（郁仁貽編著，1992）。

### 三、聚乙烯醇與硼砂的交聯作用：

硼砂與聚乙烯醇混合在一起，形成黏稠狀的聚合物（葉偉文譯，2004）。硼砂水濃度越高，交聯反應比較好，彈性佳，可以做成彈力球；反之，交聯反應較差，黏性與延展性好，就是鼻涕蟲。

### 四、保力龍膠的成份以及和膠水之間的關聯性：

保力龍膠的成份是聚醋酸乙烯酯是一種具有彈性的合成聚合物。聚醋酸乙烯酯的製

中國民國第 53 屆中小學科學展覽-跳動的鼻涕-水黏土的多元變化  
成是由乙炔與醋酸聚合而得聚醋酸乙烯酯，聚醋酸乙烯酯水解製成聚乙烯醇（郁仁貽編  
著，1992）。既然保力龍膠與膠水有如此相關性，所以推論保力龍膠也與膠水一樣，對  
相同的硼砂水溶液會有所反應，而形成具有彈性之聚合物。

## 肆、 研究問題

實驗 1：不同濃度的硼砂水（冷水），對於水黏土軟硬度的影響。

實驗 2：不同濃度的硼砂水（熱水），對於水黏土軟硬度的影響。

實驗 3：不同份量的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

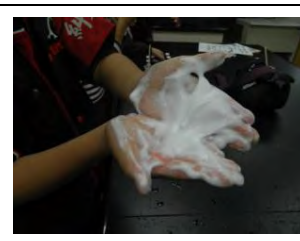
實驗 4：不同成份比例的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

實驗 5：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。

實驗 6：不同成份比例的保力龍膠混合硼砂水，對於水黏土軟硬度的影響。










實驗 7：不同濃度（2%、4%）的硼砂水混合膠水，對於水黏土軟硬度的影響。


實驗 8：不同濃度（2%、4%）的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。



實驗 1：不同濃度的硼砂水（冷水），對於水黏土軟硬度的影響。

## 伍、研究器材

器材 實驗 名稱									
	硼砂	膠水	保力 龍膠	竹筷	燒杯 及量杯	滴管	標籤紙	上皿 天秤	壁報尺 (1m)
實驗一	36g	80 cc	0	4 雙	16 個	8 支	8 張	1 只	1 張
實驗二	36g	80 cc	0	4 雙	16 個	8 支	8 張	1 只	1 張
實驗三	4g	75 cc	0	3 雙	6 個	5 支	5 張	1 只	1 張
實驗四	4g	不同款 各 10 cc	0	3 雙	6 個	5 支	5 張	1 只	1 張
實驗五	20g	0	40 cc	2 雙	8 個	4 支	4 張	1 只	1 張
實驗六	4g	0	不同款 各 10 cc	2 雙	5 個	4 支	4 張	1 只	1 張
實驗七	6g	不同款 各 10 cc	0	1 雙	4 個	2 支	2 張	1 只	1 張
實驗八	6g	0	不同款 各 10 cc	1 雙	4 個	2 支	2 張	1 只	1 張

		
<p>實驗 1：不同濃度的硼砂水（冷水），對於水黏土軟硬度的影響。</p>		

## 陸、研究過程

實驗一：不同濃度的硼砂水（冷水），對於水黏土軟硬度的影響。

一、研究假設：濃度越低，水黏土越軟；濃度越高，水黏土越硬。

二、操縱變因：硼砂水（冷水）濃度各為 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%。

三、實驗過程：







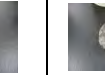

1. 拿出 8 個燒杯，分別加入 10 cc 的膠水。

2. 另外再拿出 8 個燒杯，分別加入 1g、2g、3g、4g、5g、6g、7g、8g 的硼砂，分別加冷水 99g、98g、97g、96g、95g、94g、93g、92g，調製成重量百分濃度為 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8% 的硼砂水溶液。

3. 將加入膠水的 8 個燒杯，分別滴入不同濃度的硼砂水各 4 cc。

4. 用竹筷攪拌燒杯中的膠水和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組	C 組	D 組	E 組	F 組	G 組	H 組
變因	硼砂濃度	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
結果 1	軟硬度	1	2	3	4	5	6	7	8
	1 最軟， 8 最硬								
	摸起來像什麼	鼻涕	嚼過的口香糖	粉圓	愛玉	豆花	布丁	仙草	杏仁豆腐
結果 2	從 1 公尺高度落下，反彈後高度	23.60 公分	27.64 公分	27.32 公分	30.55 公分	27.8 公分	30.23 公分	28.80 公分	31.00 公分

## 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

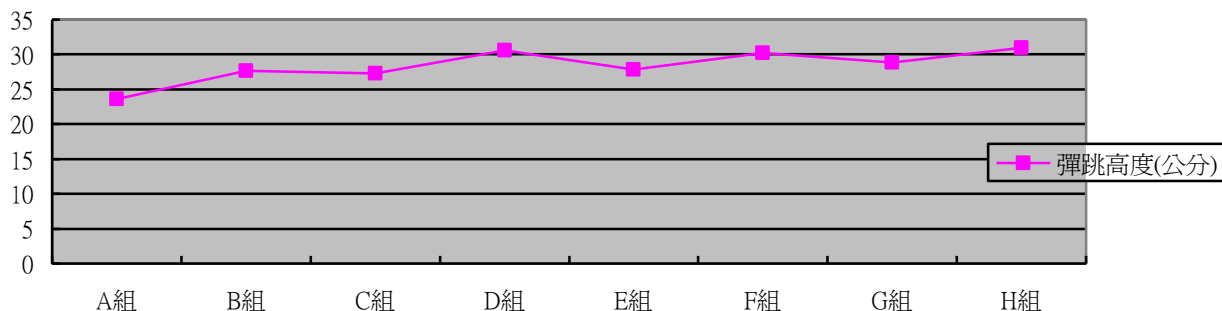


圖 1：不同濃度的硼砂水（冷水），對於水黏土彈跳高度的影響。

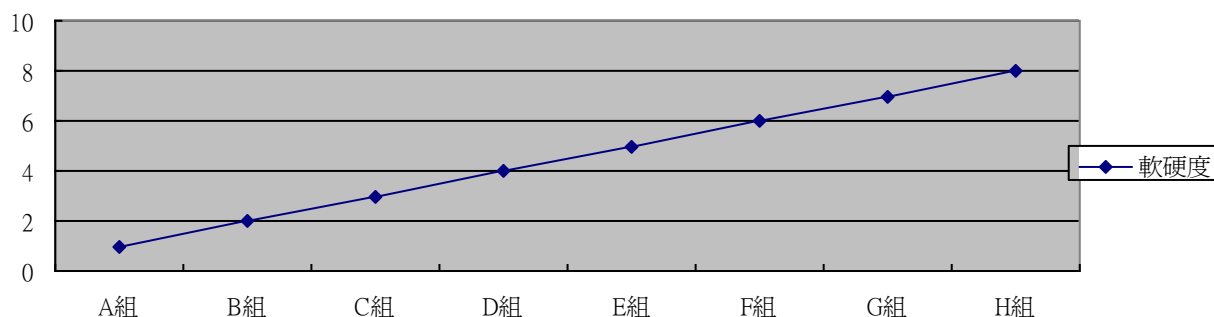


圖 2：不同濃度的硼砂水（冷水），對於水黏土軟硬度的影響。

## 六、實驗討論：

1. 在這軟硬不一的水黏土中，硼砂水濃度越高，分子的交聯反應比較好，彈性佳，可以做成彈力球；反之，交聯反應較差，黏性與延展性好，變成液狀或糊稠狀或軟軟的，就是鼻涕蟲。
2. 我們理想中的彈力球，應該要軟硬適中，耐震，跳得高，並且節省材料的使用。
3. 在本實驗中，硼砂水濃度愈高，成品愈硬，一摔即碎，不適合做彈力球，如：G 組和 H 組的水黏土。所以，重量百分濃度 7% 和 8% 的硼砂水溶液不適合做彈力球。
4. 雖然 C 組、D 組、E 組和 F 組的水黏土都摔不碎，但是彈跳高度較高的是 D 組（4% 的硼砂水）和 F 組（6% 的硼砂水）的水黏土，又因為 D 組的水黏土只要 4% 的硼砂水就可以做出彈力球，所以覺得 D 組的成份組合較恰當。
5. A 組和 B 組的水黏土彈跳高度較差，下次想改用熱水溶解硼砂，想要提高硼砂溶解量，以提高水黏土彈跳高度。

實驗二：不同濃度的硼砂水（熱水），對於水黏土軟硬度的影響。


一、研究假設：水溫愈高，溶解硼砂溶解量愈大。

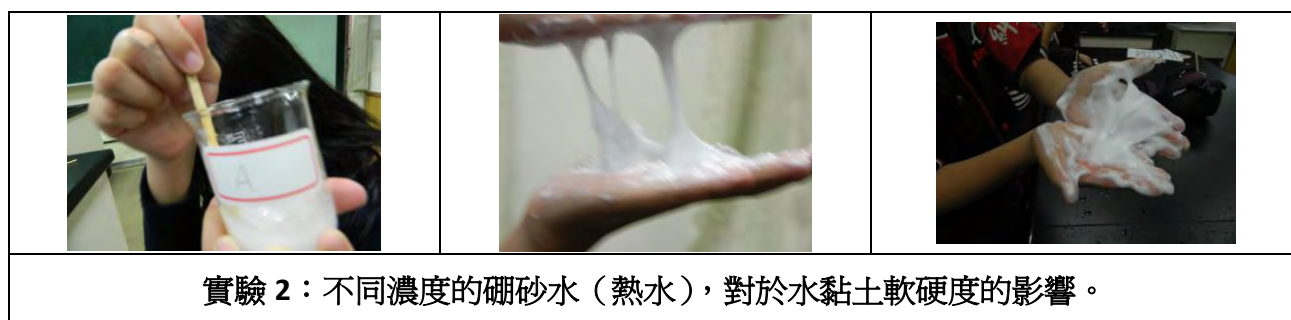
二、操縱變因：硼砂水濃度（熱水 99℃）各為 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%。

三、實驗過程：

1. 拿出 8 個燒杯，分別加入 10 cc 的膠水。
2. 另外再拿出 8 個燒杯，分別加入 1g、2g、3g、4g、5g、6g、7g、8g 的硼砂，分別加冷水 99g、98g、97g、96g、95g、94g、93g、92g，調製成重量百分濃度為 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8% 的硼砂水溶液。
3. 將加入膠水的 8 個燒杯，分別滴入不同濃度的硼砂水各 4 cc。
4. 用竹筷攪拌燒杯中的膠水和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組	C 組	D 組	E 組	F 組	G 組	H 組
變因	硼砂濃度	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
結果 1	軟硬度 1 最軟， 8 最硬	1	2	3	4	5	6	7	8
									
	摸起來像什麼	鼻涕	嚼過的口香糖	麻糬	軟糖	愛玉	豆花	仙草	杏仁豆腐
結果 2	從 1 公尺高度落下，反彈後高度	20.43 公分	21.15 公分	32.48 公分	36.76 公分	33.58 公分	28.90 公分	24.31 公分	36.48 公分





### 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

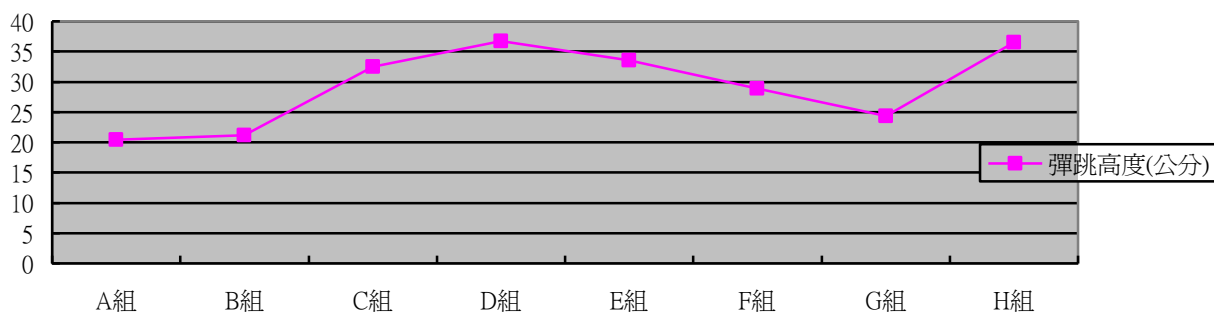


圖 3：不同濃度的硼砂水（熱水），對於水黏土彈跳高度的影響。

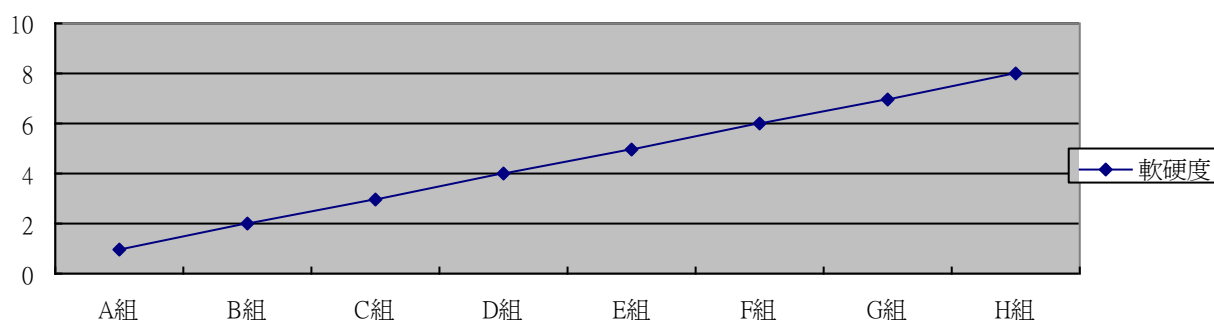
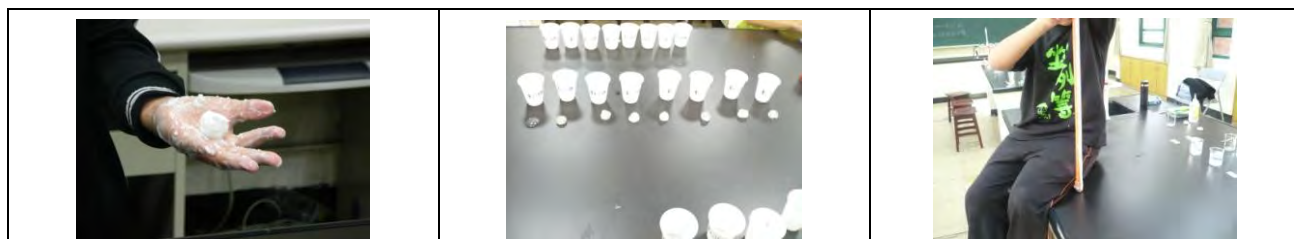


圖 4：不同濃度的硼砂水（熱水），對於水黏土軟硬度的影響。

### 六、實驗討論：

1. 本實驗希望提高水溫，可以促進硼砂溶解，製作水黏土。但是 1%和 2%濃度的硼砂水和膠水作用得到水黏土，水黏土彈跳高度並沒有顯著提高。
2. 硼砂水濃度越高，雖然可以成形，但是一摔即碎，不適合做彈力球，如：E 組、F 組、G 組和 H 組的水黏土。
3. A 組、B 組、C 組、D 組的水黏土都摔不碎，D 組水黏土彈跳高度表現最佳，所以覺得 D 組的成份組合較適合做彈跳球。



實驗 2：不同濃度的硼砂水（熱水），對於水黏土軟硬度的影響。

實驗三：不同份量的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

一、研究假設：膠水濃度愈少，水黏土愈硬；膠水濃度愈多，水黏土愈軟。

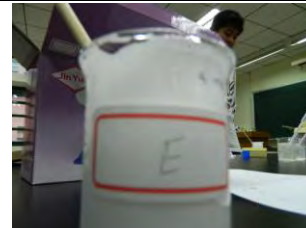
二、操縱變因：不同的膠水濃度，如：5 cc、10 cc、15 cc、20 cc、25 cc。

三、實驗過程：

1. 拿出 5 個燒杯，分別加入 5 cc、10 cc、15 cc、20 cc、25 cc 的膠水。
2. 另外再拿出 1 個燒杯，加入 4g 的硼砂，將加熱水 96 g，調製成重量百分濃度 4% 的硼砂水溶液。
3. 將加入膠水的 5 個燒杯，分別滴入濃度 4% 的硼砂水各 4 cc。
4. 用竹筷攪拌燒杯中的膠水和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組	C 組	D 組	E 組
變因	膠水量	5 cc	10 cc	15 cc	20 cc	25 cc
結果 1	軟硬度 1 最軟， 5 最硬	5	4	3	2	1
	摸起來 像什麼	杏仁豆腐	豆花	軟糖	麻糬	鼻涕
結果 2	從 1 公尺 高度落 下，反彈 後高度	31.08 公分	34.49 公分	32.33 公分	34.40 公分	19.53 公分



實驗 3：不同份量的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

### 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

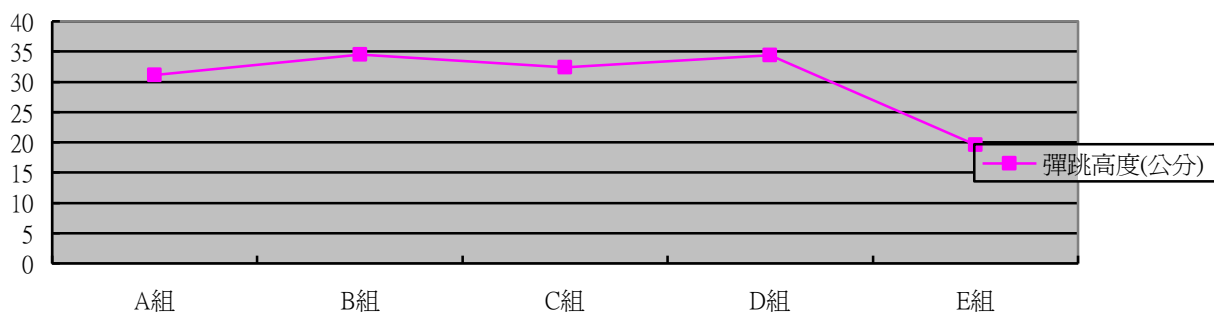


圖 5：不同份量的膠水，對於水黏土彈跳高度的影響。

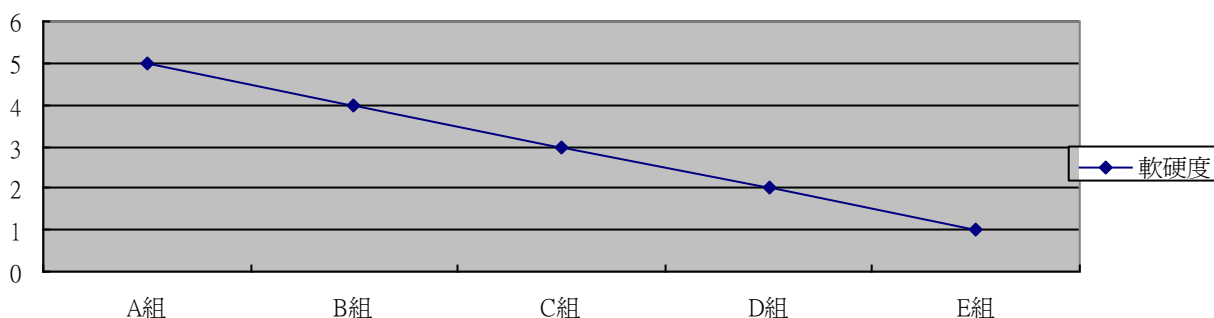


圖 6：不同份量的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

### 六、實驗討論：

1. 當硼砂水濃度固定為 4% 時，膠水含量愈低，即硼砂水濃度愈高，水黏土愈容易摔碎，如：A 組的水黏土；相對的，膠水含量愈高，即硼砂水濃度愈低，水黏土愈不容易摔碎，如：B 組、C 組、D 組及 E 組的水黏土。即 A 組水黏土，彈跳得最高；E 組彈力球，彈跳得最低。
2. A 組水黏土，最硬；E 組水黏土，最軟。
3. B 組、C 組、D 組及 E 組的水黏土不容易摔碎，且 B 組的水黏土彈跳度佳，所以 B 組的成份組合較適合做彈力球。



實驗 3：不同份量的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

實驗四：不同比例成份的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

一、研究假設：不同比例成份的膠水對於水黏土軟硬度和彈力的影響。

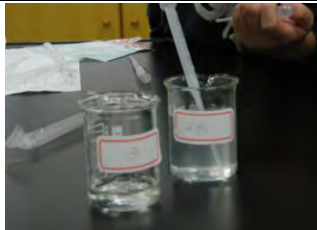
二、操縱變因：不同比例成份的膠水，如：SK□、東□、雄□、高□、豪□。

三、實驗過程：

1. 拿出 5 個燒杯，分別加入不同品牌的膠水各 10 cc。
2. 另外再拿出 1 個燒杯，加入 4g 的硼砂，加熱水 96 g，調製成重量百分濃度 4% 的硼砂水溶液。
3. 將加入膠水的 5 個燒杯，分別滴入濃度 4% 的硼砂水各 4 cc。
4. 用竹筷攪拌燒杯中的膠水和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組	C 組	D 組	E 組
變因	膠水品牌	SK□	東□	雄□	高□	豪□
結果 1	軟硬度 1 最軟， 5 最硬	3	2	1	4	5
	摸起來像什麼	 豆花	 仙草	 杏仁豆腐	 愛玉	 粉圓
結果 2	從 1 公尺高度落下，反彈後高度	34.33 cm	27.95 cm	17 cm	34.89 cm	29.44 cm



實驗 4：不同比例成份的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

### 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

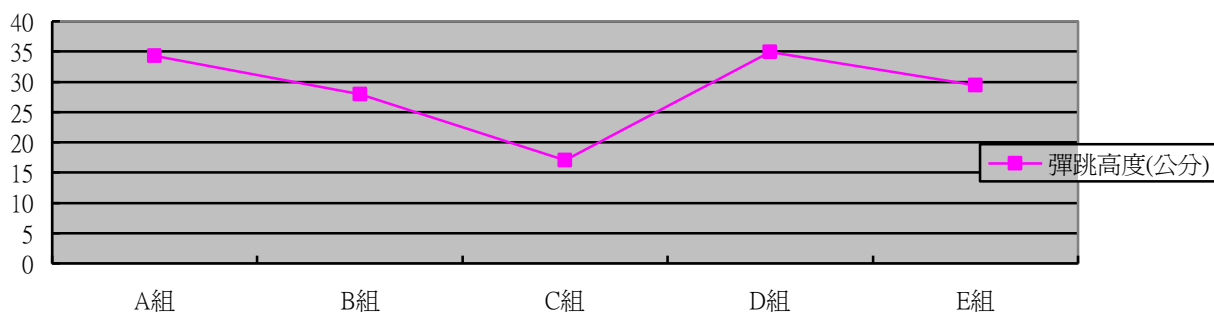


圖 7：不同比例成份的膠水，對於彈力球彈跳高度的影響。

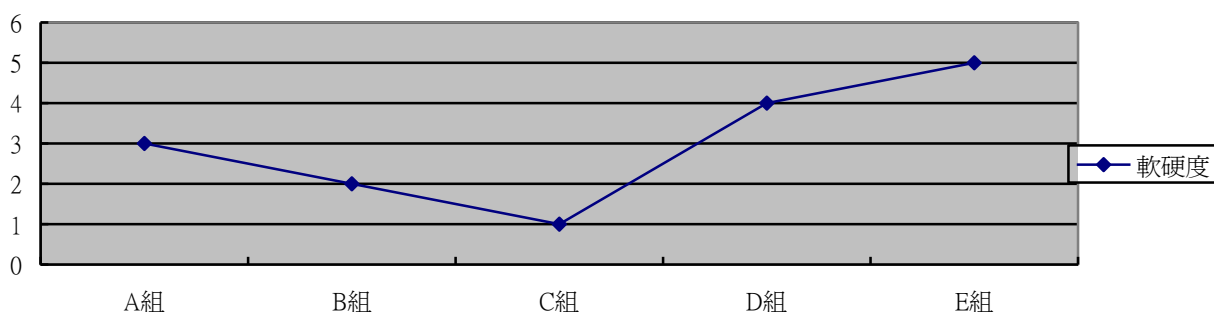


圖 8：不同比例成份的膠水，對於彈力球軟硬度的影響。

### 六、實驗討論：

- 1.最軟的是 C 組水黏土，最硬的是 E 組水黏土。
2. D 組、E 組的水黏土一摔即碎；A 組、B 組和 C 組水黏土比較，A 組彈跳高度較佳。也就是說，不同成份的膠水，膠水中的聚乙烯醇含量較少，也就是硼砂水濃度較高時，水黏土一摔即碎；反之，膠水中的聚乙烯醇含量較多，也就是硼砂水濃度較低時，不易摔碎，且 A 組水黏土彈跳高度較佳，較適合做彈力球，所以必須慎選膠水成份。



實驗 4：不同比例成份的膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

### 實驗五：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響


一、研究假設：硼砂水濃度愈低，水黏土愈軟。

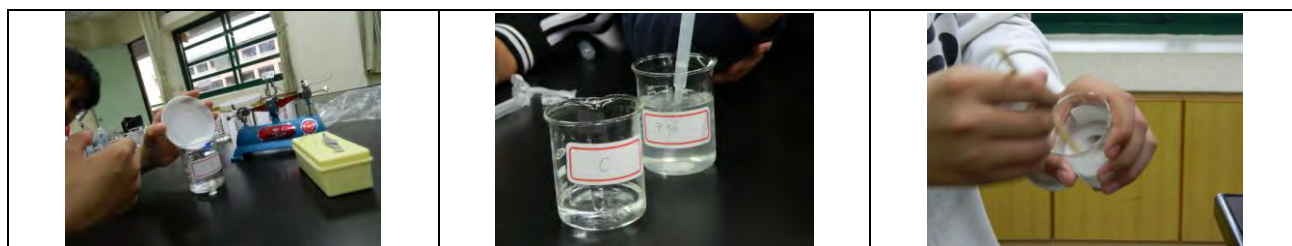
二、操縱變因：硼砂水濃度分別為 2%、4%、6%、8%、10%。

三、實驗過程：

1. 拿出 5 個燒杯，分別加入 10 cc 的保力龍膠。
2. 另外再拿出 5 個燒杯，分別加入 2g、4g、6g、8g 的硼砂，分別加熱水 98 g、96 g、94 g、92 g，調製成重量百分濃度各為 2%、4%、6%、8% 的硼砂水溶液。
3. 將加入膠水的 4 個燒杯，分別滴入不同濃度的硼砂水各 4 cc。
4. 用竹筷攪拌燒杯中的保力龍膠和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組	C 組	D 組
變因	硼砂濃度	2%	4%	6%	8%
結果 1	軟硬度 1 最軟， 5 最硬	1	2	3	4
					
	摸起來像什麼	嚼很久的口香糖	泡過水未嚼過的口香糖	荷包蛋蛋白	曼陀珠
結果 2	從 1 公尺高度落下，反彈後高度	15.35 cm	15.43 cm	15.60 cm	15.63 cm



實驗 5：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。

### 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

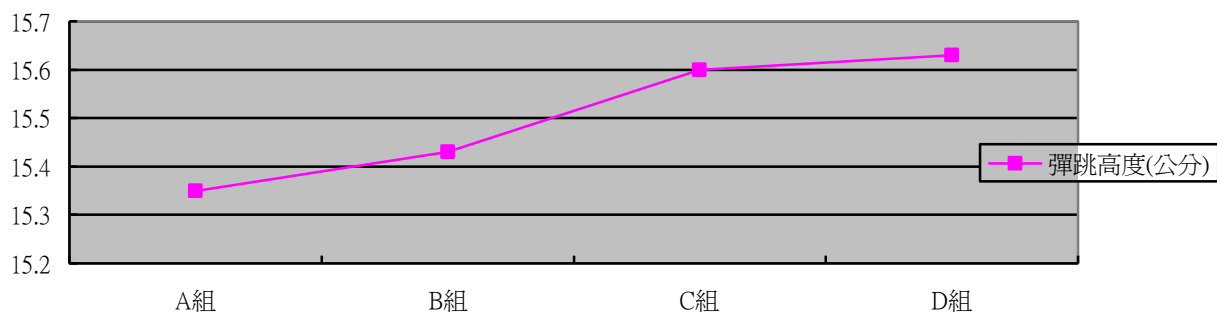


圖 9：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土彈跳高度的影響

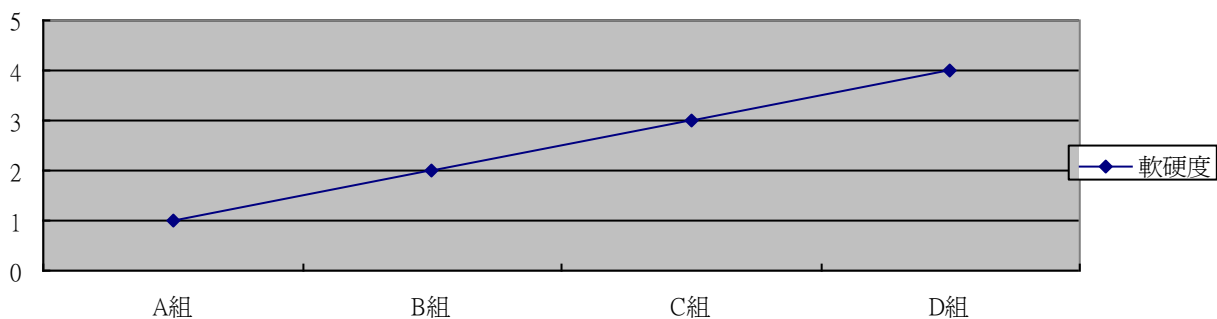
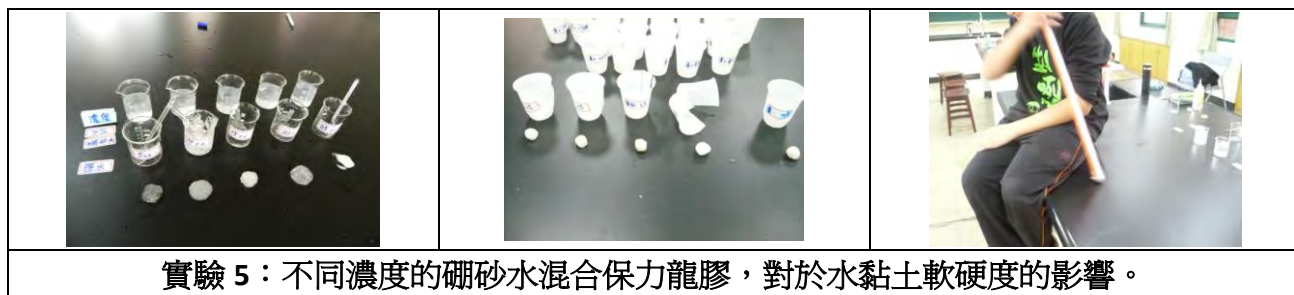


圖 10：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響

### 六、實驗討論：

1. A 組水黏土最軟，D 組水黏土最硬。
2. 當水黏土在水份蒸發後，C 組和 D 組水黏土彈跳高度都大幅提升，並且每一組的水黏土都非常耐震，D 組水黏土彈跳高度最佳，最適合做彈力球。



實驗 5：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。

實驗六：不同比例成份的保力龍膠混合硼砂水，對於水黏土軟硬度的影響。





一、研究假設：不同比例成份的保力龍膠混合硼砂水對於水黏土軟硬度的影響

二、操縱變因：不同比例成份的保力龍膠，如：白□、萬□、巨□、SCOT□。

三、實驗過程：

1. 拿出 4 個燒杯，分別加入不同品牌的保力龍膠各 10 cc。
2. 另外再拿出 1 個燒杯，加入 4g 的硼砂，加熱水 96 g，調製成重量百分濃度 4% 的硼砂水溶液。
3. 將加入膠水的 4 個燒杯，分別滴入濃度 4% 的硼砂水各 4 cc。
4. 用竹筷攪拌燒杯中的保力龍膠和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組	C 組	D 組
變因	膠水品牌	巨□	白□	SCOT□	萬□
結果 1	軟硬度 1 最軟， 4 最硬	2	4	1	3
	摸起來像什麼	 水煮蛋 蛋白	 嚼很久的 口香糖	 麻糬	 曼陀珠
結果 2	從 1 公尺 高度落下，反彈 後高度	16.93 cm	8.85 cm	10 cm	19.53 cm





### 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

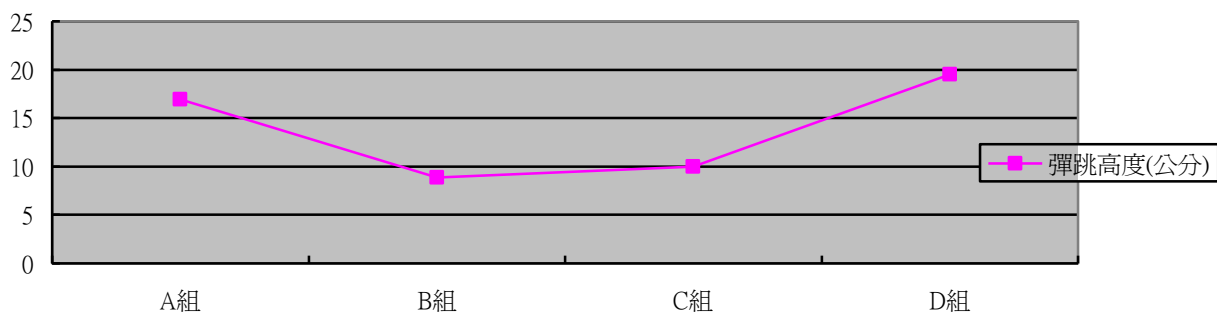


圖 11：不同比例成份的保力龍膠混合硼砂水，對於水黏土彈跳高度的影響。

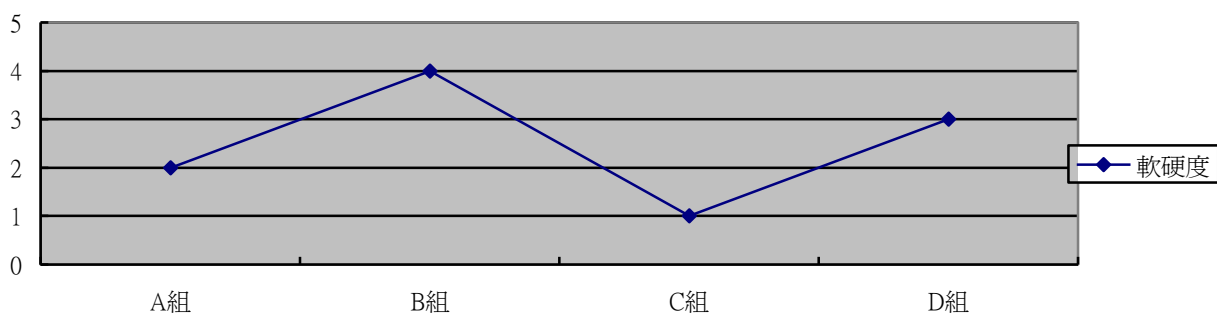
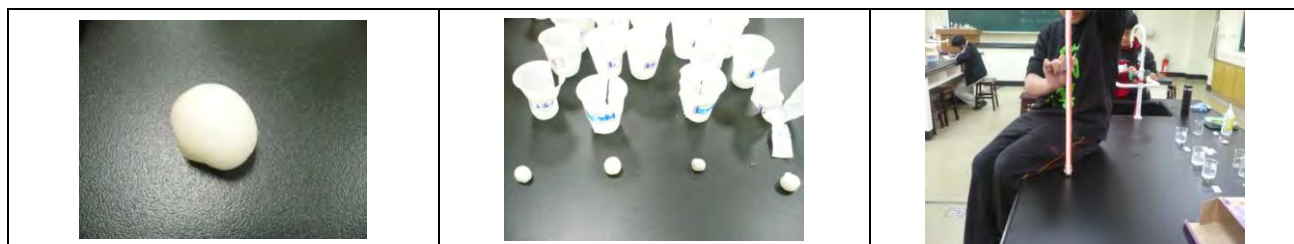


圖 12：不同比例成份的保力龍膠混合硼砂水，對於水黏土軟硬度的影響。

### 六、實驗討論：

- 1.一般來說，水黏土隨著硬度提高，彈跳高度愈高，愈適合做彈力球。
- 2.C 組水黏土最軟，B 組水黏土最硬。
- 3.雖然 B 組水黏土最硬，但是因為太硬而失去彈性，彈跳高度反而最低；並且 D 組水黏土雖然較硬，但是尚未失去彈性，彈跳得最高，最適合做彈力球。



實驗 6：不同比例成份的保力龍膠混合硼砂水，對於水黏土軟硬度的影響。

實驗七：不同濃度的硼砂水混合膠水，對於水黏土軟硬度的影響。



一、研究假設：4%濃度的硼砂水，水黏土彈力較好。

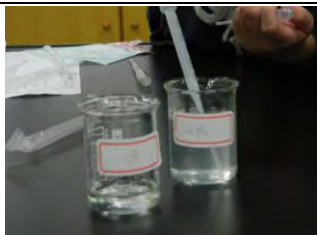
二、操縱變因：硼砂水濃度分別為 2%、4%。

三、實驗過程：

1. 拿出 2 個燒杯，燒杯加入膠水各 10 cc。
2. 另外再拿出 2 個燒杯，調製成重量百分濃度 2%和 4%的硼砂水溶液。
3. 將加入膠水的 2 個燒杯，分別滴入濃度 2%和 4%的硼砂水各 4 cc。
4. 用竹筷攪拌燒杯中的膠水和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組
變因	彈力球成份	膠水和 2%的硼砂水	膠水和 4%的硼砂水
結果 1	軟硬度 1 最軟， 2 最硬	1	2
			
	摸起來像什麼	鼻涕	愛玉
結果 2	從 1 公尺高度落下, 反彈後高度	21.88 cm	35.20 cm



實驗 7：不同濃度（2%、4%）的硼砂水混合膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

## 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

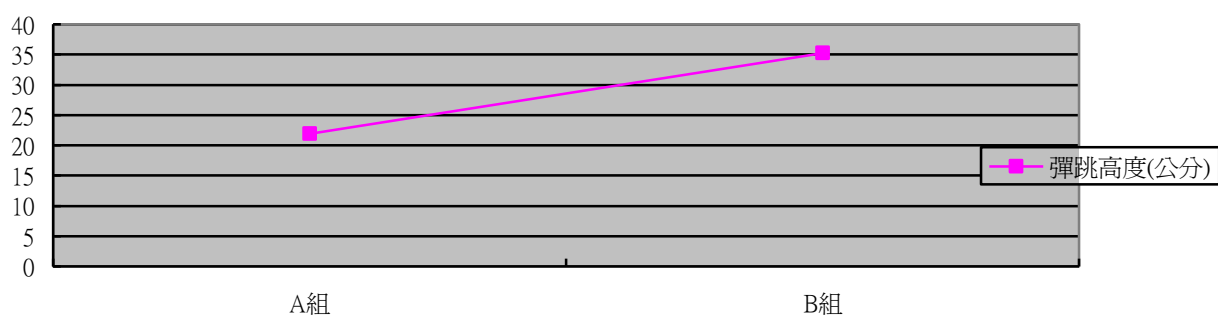


圖 13：不同濃度的硼砂水混合膠水，對於水黏土彈跳高度的影響。

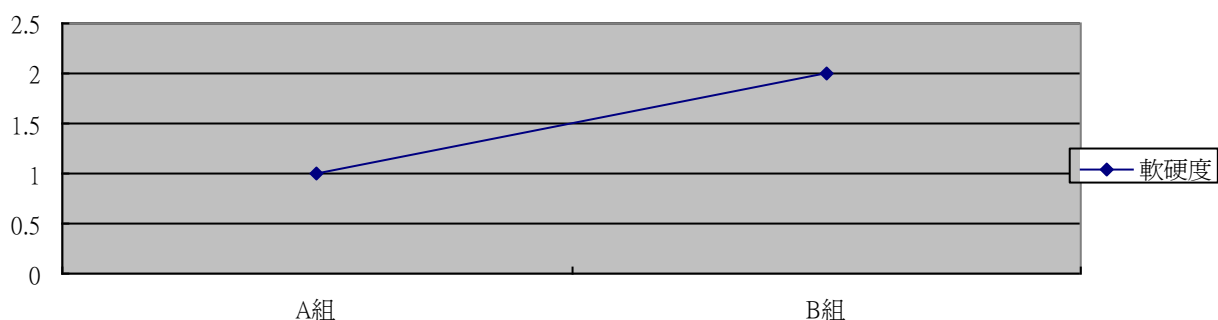
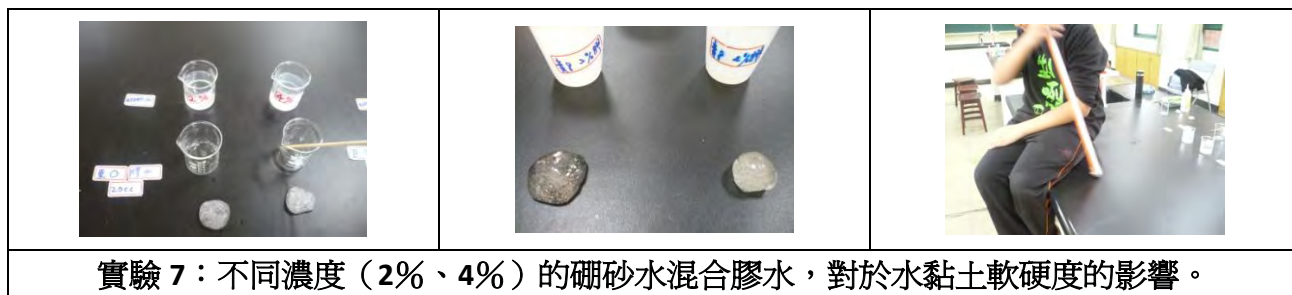


圖 14：不同濃度的硼砂水混合膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

## 六、實驗討論：

1. A 組和 B 組的水黏土隨著硼砂水濃度的提高，彈跳度也隨之提升。
2. 用膠水做的水黏土，隨著水份的蒸發，變得愈來愈脆，愈容易摔碎。



實驗 7：不同濃度（2%、4%）的硼砂水混合膠水，對於水黏土軟硬度的影響。

實驗八：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。



一、研究假設：4%濃度的硼砂水，水黏土彈力較好。

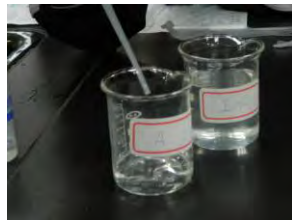
二、操縱變因：硼砂水濃度分別為 2%、4%。

三、實驗過程：

1. 拿出 2 個燒杯，2 加入保力龍膠各 10 cc。
2. 另外再拿出 2 個燒杯，調製成重量百分濃度 2%和 4%的硼砂水溶液。
- 3.加入保力龍膠的 2 個燒杯，分別滴入濃度 2%和 4%的硼砂水各 4 cc。
4. 用竹筷攪拌燒杯中的保力龍膠和硼砂水，讓他們凝固成形，再用手揉捏。

四、實驗結果：

		A 組	B 組
變因	彈力球成份	保力龍膠和 2%的硼砂水	保力龍膠和 4%的硼砂水
結果 1	軟硬度 1 最軟， 2 最硬	1 	2 
	摸起來像什麼	泡過水未嚼過的口香糖	荷包蛋蛋白
結果 2	從 1 公尺高度落下，反彈後高度	15.32 cm	15.48 cm



實驗 8：不同濃度（2%、4%）的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。

## 五、軟硬度與彈跳高度的相關性

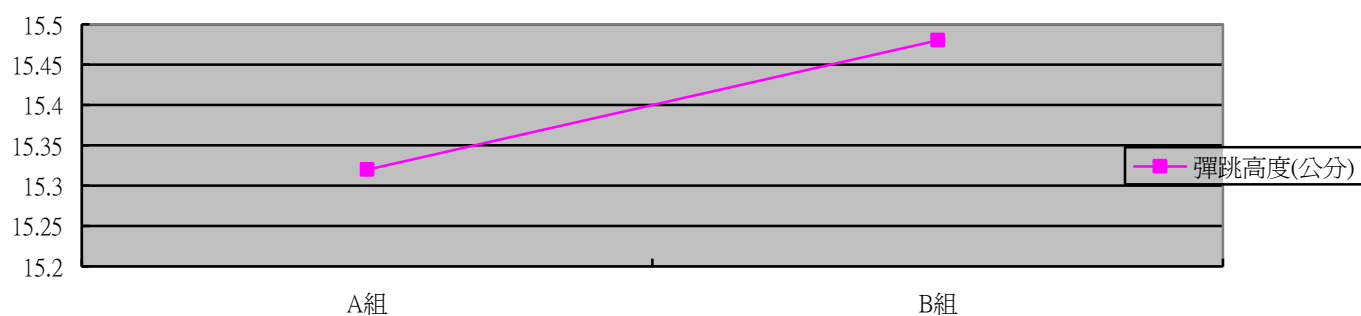


圖 15：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土彈跳高度的影響。

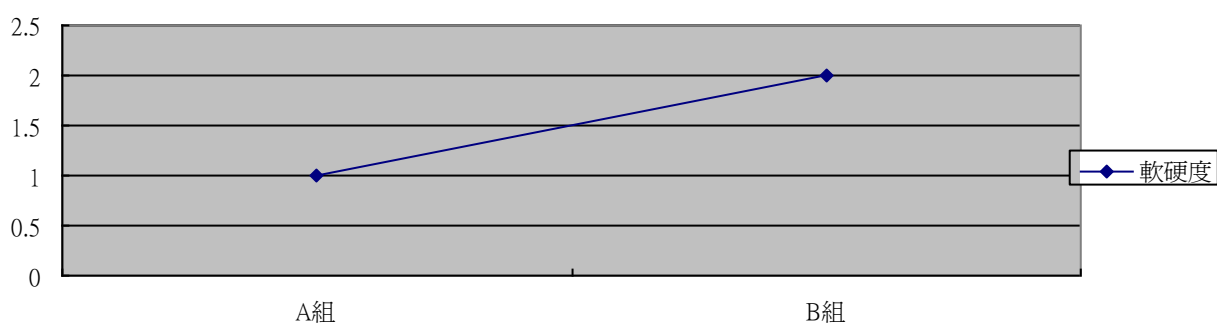
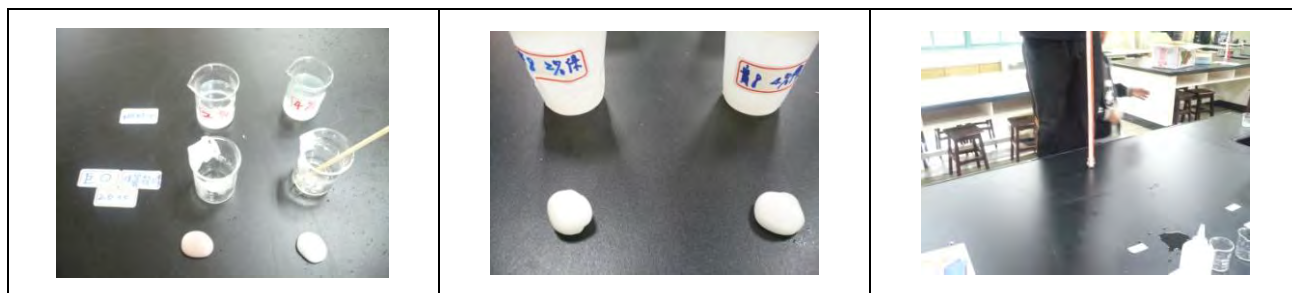


圖 16：不同濃度的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。

## 六、實驗討論：

1. A 組和 B 組的水黏土隨著硼砂水濃度的提高，彈跳度也隨之提升。
2. 用保力龍膠做的水黏土，隨著水份的蒸發，變得愈來愈耐震，彈跳力愈來愈佳。



實驗 8：不同濃度（2%、4%）的硼砂水混合保力龍膠，對於水黏土軟硬度的影響。

## 柒、結果與討論

1. 在這軟硬不一的水黏土中，硼砂水濃度越高，分子的交聯反應比較好，彈性佳，可以做成彈力球；反之，交聯反應較差，黏性與延展性好，變成液狀或糊稠狀或軟軟的，就是鼻涕蟲。
2. 我們理想中的彈力球，應該要軟硬適中，耐震，跳得高，並且節省材料的使用。
3. 硼砂水濃度越高，硬度愈硬，一摔即碎，不適合做彈力球。所以，濃度 7% 和 8% 的硼砂水溶液的成份組合，不適合做彈力球。
4. 雖然濃度 4% 的硼砂水和濃度 6% 的硼砂水的水黏土都摔不碎，又因為只要濃度 4% 的硼砂水就可以做出彈力球，所以覺得 4% 濃度的硼砂水的水黏土的成份組合較恰當。
5. 希望提高水溫，可以促進硼砂溶解，製作彈跳力佳的彈力球。但是濃度 1% 和 2% 的硼砂水和膠水作用的水黏土，彈跳高度並沒有顯著提高。
6. 不論用冷水或熱水溶解硼砂，濃度 4% 的硼砂水的水黏土，彈跳高度表現最佳，所以覺得含濃度 4% 的硼砂水的成份較適合做彈力球。
7. 當硼砂水濃度固定為 4% 時，膠水含量愈低，即硼砂水濃度愈高，水黏土愈容易摔碎；相對的，膠水含量愈高，即硼砂水濃度愈低，水黏土愈耐震。
8. 不同比例成份的膠水，膠水中的聚乙烯醇含量較少，也就是硼砂水濃度較高時，水黏土一摔即碎；反之，膠水中的聚乙烯醇含量較多，也就是硼砂水濃度較低時，不易摔碎，且水黏土彈跳高度較佳者，較適合做彈力球，所以必須慎選膠水成份。
9. 混合保力龍膠的水黏土，隨著硼砂水濃度的升高，硬度提高也隨之提高。
10. 當混合保力龍膠的水黏土在水份蒸發後，彈跳高度都大幅提升，並且每一組的水黏土都非常耐震，摔不碎，所以硼砂水濃度最高的水黏土，彈跳高度最佳，最適合做彈力球。
11. 一般來說，不同比例成份的保力龍膠，水黏土隨著硼砂水濃度提高，硬度跟著提高，彈跳力也隨之提升，愈適合做彈力球。但是如果因為太硬而失去彈性，彈跳高度反而降低；因此尚未失去彈性，彈跳最高的水黏土，最適合做彈力球，所以必須慎選保力龍膠成份。
12. 用膠水做的水黏土，隨著水份的蒸發，變得愈來愈脆，愈容易摔碎，愈不適合做彈力球；而用保力龍膠做的水黏土，隨著水份的蒸發，變得愈來愈耐震，彈跳力愈佳，愈適合做彈力球。

## 捌、建議

- 1.不同比例成份的膠水，膠水中的聚乙烯醇重量百分比也有所不同，也就是膠水中的聚乙烯醇含量較多，即硼砂水濃度較低時，比較耐震；而膠水中的聚乙烯醇含量較少，即硼砂水濃度較高時，較不耐震，所以必須慎選膠水成份。
- 2.一般來說，不同比例成份的保力龍膠，水黏土隨著硼砂水濃度提高，硬度跟著提高，彈跳力也隨之提升，彈跳高度愈高，愈適合做彈力球。但是如果因為太硬而失去彈性，彈跳高度反而降低，所以必須慎選保力龍膠成份，或多做嘗試。
- 3.水黏土依硼砂濃度的不同，或黏著劑的不同，耐震度和彈跳高度也有所差別。當我們在製作產品時，應該考量到對於產品需求的特性，選擇適合的成份來製作。如果要做鼻涕蟲，可以用膠水和硼砂混合；如果要做彈力球，可以用保力龍膠和硼砂混合。另外我們發現保力龍膠和硼砂混合後，產生極大的耐震性，可以做為其他需要耐震產品的參考，如：可以做成耐震的杯套。

## 玖、參考文獻

- 1.郁仁貽（編著）（1992）實用塑膠學。新北市：徐氏文教基金會出版。P.10~P.12。
2. 郁仁貽（編著）（1992）實用塑膠學。新北市：徐氏文教基金會出版。P.138~P.139。
- 3.葉偉文(譯)(2004)蘇老師化學黑白講。臺北市：天下遠見出版股份有限公司。P.216~P.219。
4. 郁仁貽（編著）（1992）實用塑膠學。新北市：徐氏文教基金會出版。P.135~P.137。

## 【評語】 080202

1. 膠水中水含量可藉由自製膠水的方式進行控制。
2. 鼻涕蟲成品彈跳之檢測方法應註明，摸起來的感覺建議具體量化表示之。