嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：化學科

組別：國小組

作品名稱：

『輕』『硼』好有關係

輕質土加入硼砂水溶液及不同添加物之影響

關鍵詞：輕質土、硼砂、壓克力顏料、彈力球

作品名稱

『輕』『硼』好有關係

輕質土加入硼砂水溶液及不同添加物之影響

摘要

利用輕質土易於改變形狀以及可吸收其他液體添加物的特性，探討輕質土添加其他材料後對於延展性、柔軟性、彈性及濕度等方面的影響，使用自行設計的測量工具進行測量，進而比較出最適合的添加物與比例，製作出同時具有可塑性與彈力的黏土玩具。

壹、研究動機

市面上販售的史萊姆是十分療癒的玩具，讓許多小朋友愛不釋手。利用硼砂水溶液加入膠水便可以做出簡單的史萊姆玩具，但是史萊姆沒辦法同時摸起來很柔軟，卻有可以有彈力。某天我們在網路上看到，可以利用輕質土加入硼砂水溶液做出像黏土一樣可以改變形狀，又可以像彈力球一樣可以彈來彈去的神奇玩具，讓我們迫不及待的想嘗試看看。

貳、研究目的

一、　了解硼砂水溶液的多寡對輕質土的影響

二、　了解食鹽水溶液對輕質土混合物造成的影響

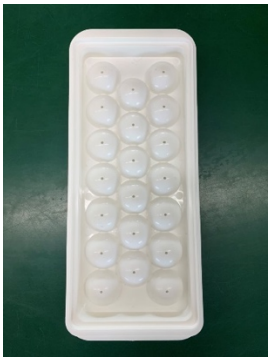
三、　了解凡士林對輕質土混合物造成的影響

四、　了解壓克力顏料對輕質土混合物造成的影響

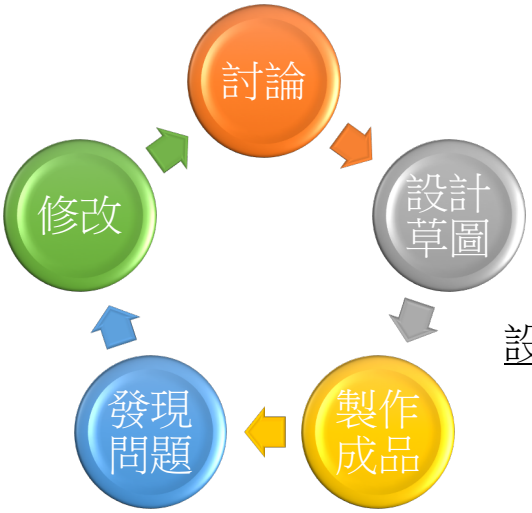
參、研究設備與工具

一、　主要實驗材料與工具

輕質土	凡士林	500 毫升燒杯	塑膠加蓋保存瓶
100 毫升量筒	玻璃棒	滴管	100 毫升燒杯
彈簧秤	電子秤重器	熱熔膠槍	硼砂

1000 毫升量杯	強力磁鐵	拋棄式手套	釘板
			
壓克力顏料	溼度測量器	水瓶與透明方盒	球型製冰盒 (直徑 2 公分)
木頭棍	支架	相機	計時器
透明方格塑膠片	透明壓克力盒	腳架	壓克力片
硼砂水溶液: 0.8 公克硼砂+100 毫升水		食鹽水溶液:飽和水溶液(將食鹽加入水中，當水中有許多食鹽結晶無法再溶解後待其沉澱，取上方的澄清液體)	

一、 自行設計測量工具



設計流程圖

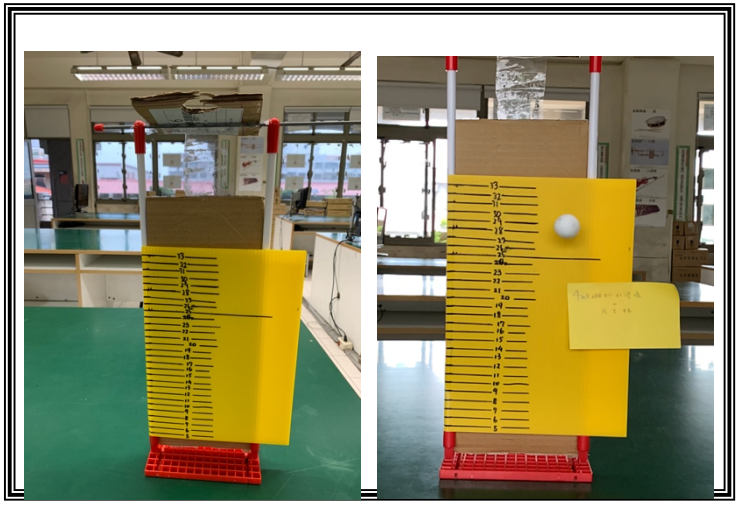
測量工具架構圖

設計測量工具

測量延展性工具

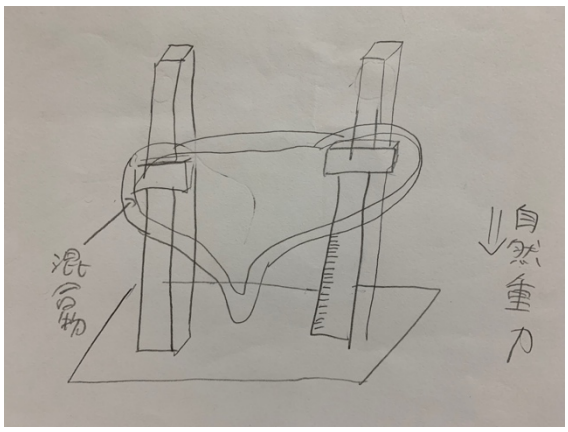
測量柔軟性工具

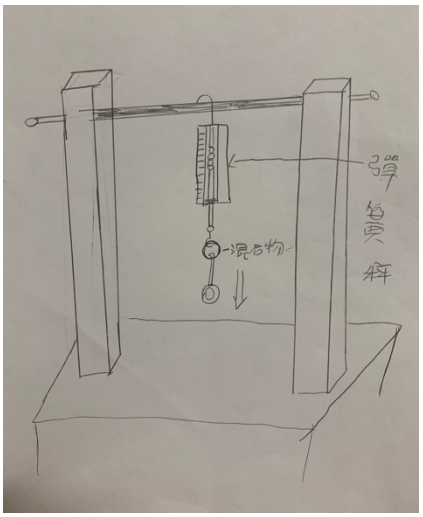
測量彈性工具



(一) 設計延展性測量工具(設計-製作-修改-實際測量工具)

初步設計構想:要能夠測量混合物能被拉多長不會斷

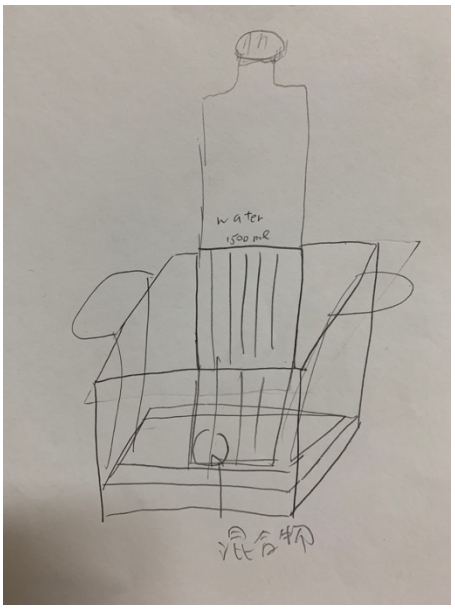
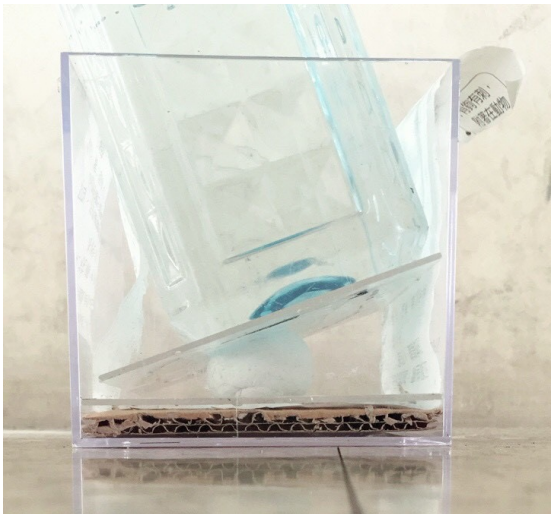
第一次設計草圖	實際成品
討論:利用雙手往兩側拉混合物的方式可以精準的控制停止的時間，但卻會產生施力不均狀況。 問題 1: 每次操作的人施力不相同可能造成結果誤差 問題 2: 每次拉的力道無法測量	
第二次設計草圖	實際成品
	
討論:原本想利用自然的重力讓混合物下垂進而測量延展性，卻發現效果不好。 問題 1:部分混合物因為太硬無法自然下垂 問題 2:棍子有長度限制，混合物下垂到一定的長度就到底了，無法測量實際延展性	

第三次設計草圖	實際成品
	

討論:利用自然重力下垂方法失敗後，我們想到使用彈簧秤來來固定下拉的力道

問題一：混合物與彈簧秤的交接處容易斷裂，延展性還沒測量到極限就先分開了

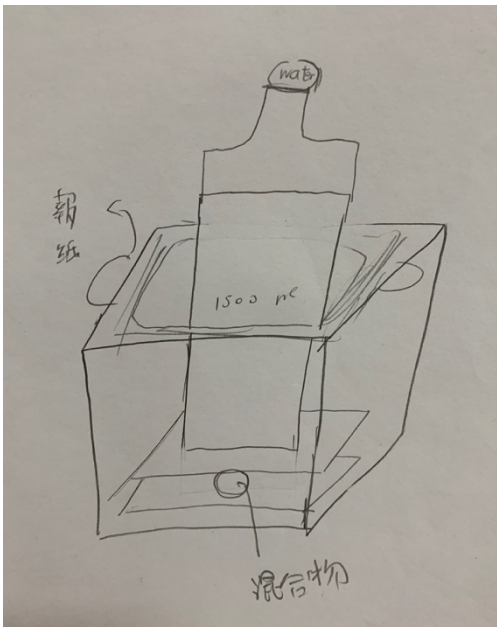
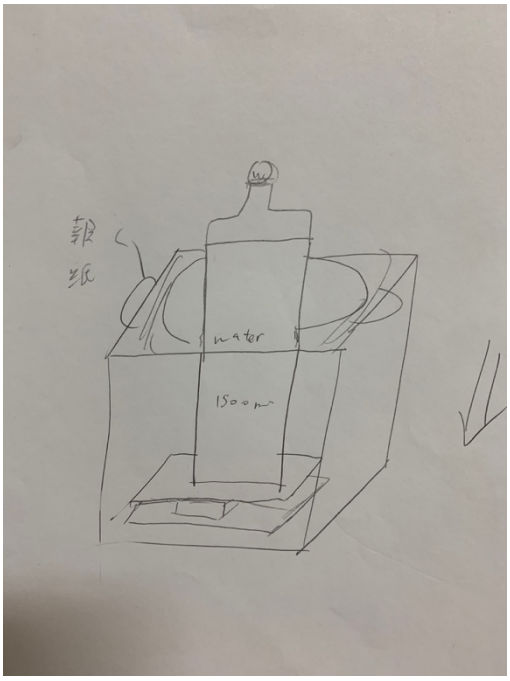
問題二：向下拉的位置無法固定不脫落

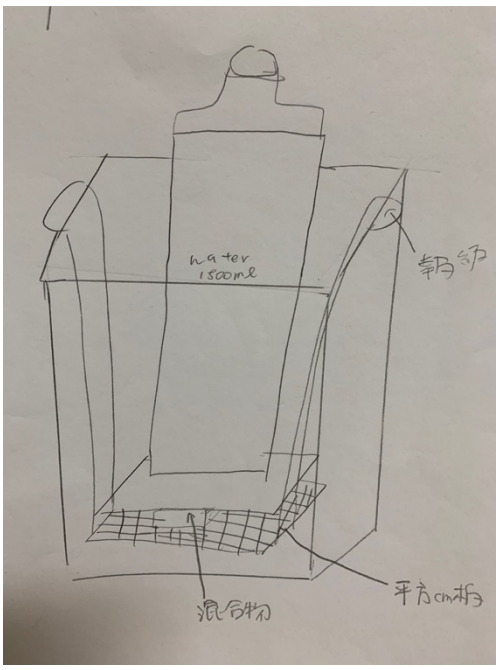
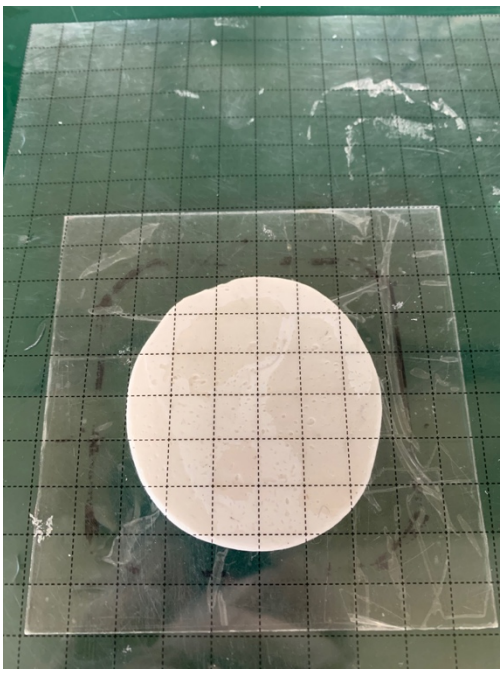
第四次設計草圖（1）	實際成品(1)
	

討論：利用水瓶向下的自然重力將混合物壓平，實驗測試結果可行。

問題 1:水瓶向下壓時會重心不穩，傾斜

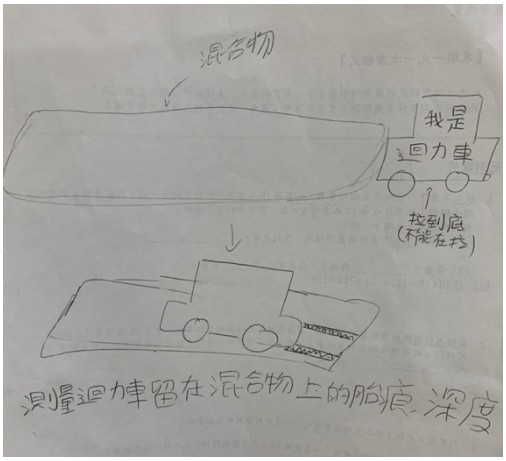
問題 2:將被壓扁的混合物拿出測量時容易變形

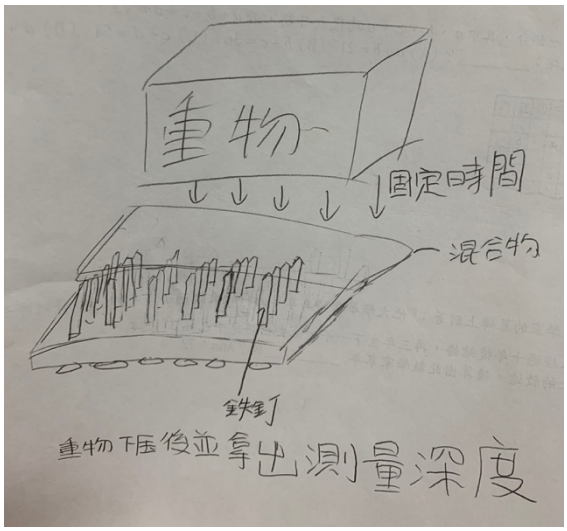
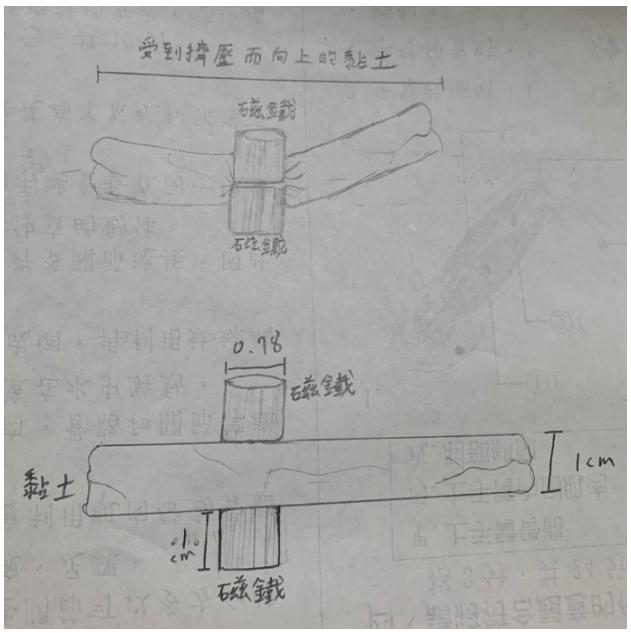
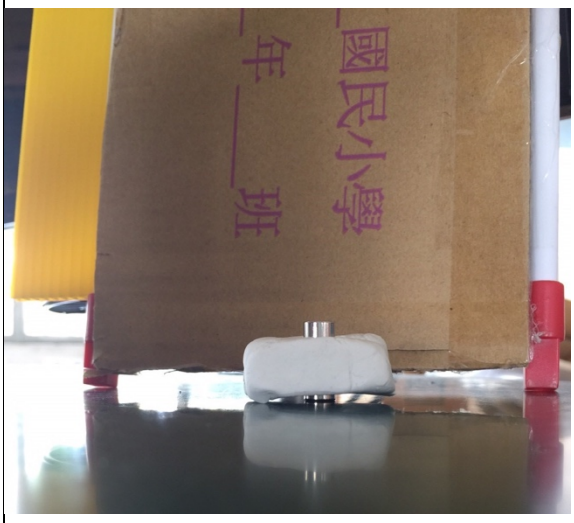
<table>
<tr><td>第四次設計草圖（2）</td><td>實際成品</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">解決方式：在水瓶周遭塞入適當厚度的報紙固定重心，解決問題（1）</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">解決方式：改變混合物的形狀（球體變為立方體），增加穩定度，解決問題（1）</td></tr>
</table>

	
解決方式：將混合物放入有格子的透明片之中，方便測量，解決問題（2）	

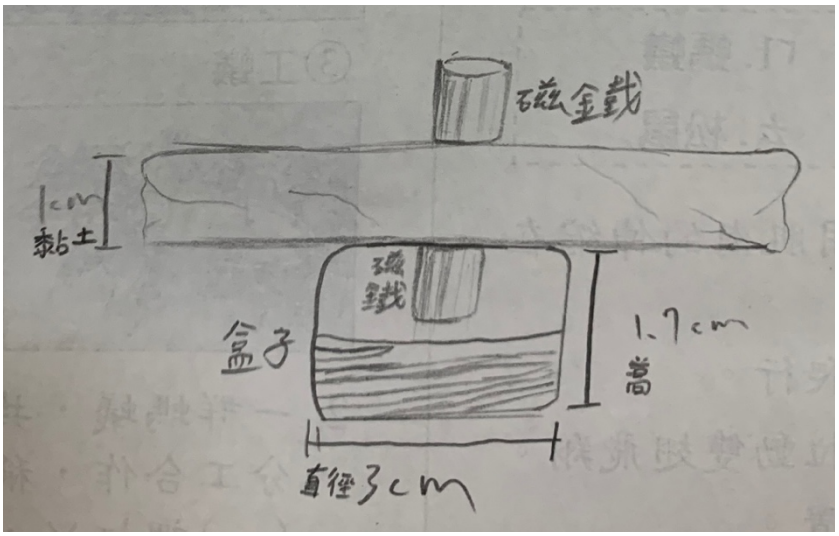
(二) 設計柔軟性測量工具(設計-製作-修改-實際測量工具)

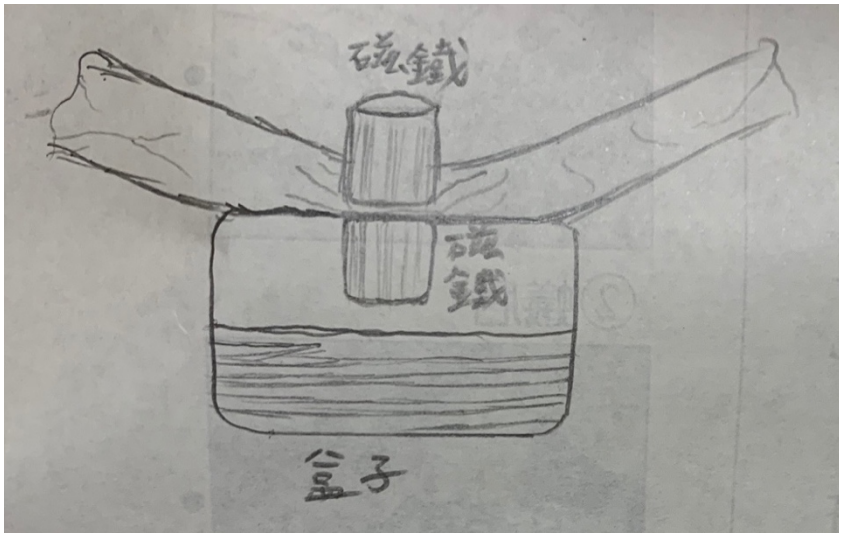
初步設計構想:要能夠測量混合物的柔軟程度

第一次設計草圖	實際成品
	
說明：利用迴力車前進的固定力量，測量混合物被輪子壓過的胎痕深度 問題 1:迴力車無法順利跑直線 問題 2:迴力車前進的力道無法壓出痕跡，無法進行測量比較	

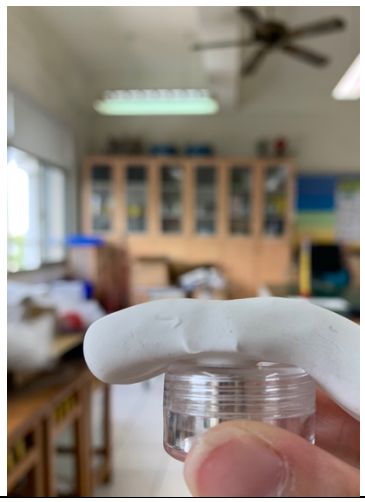
第二次設計草圖	實際成品
	
討論：將重物放置於混合物上，測量經過重力下壓後，混合物被釘板刺入的深度 問題 1:釘板的釘子長度有限，部分混合物直接就刺到底了，無法測量比較	
第三次設計草圖（1）	實際成品
	
討論：利用強力磁鐵彼此間的磁吸力，測量磁鐵穿過混合物相吸所需的秒數 問題 1：強力磁鐵不易分開 問題 2：不易辨識磁鐵穿過混合物的精準時間	

第三次設計草圖（2）





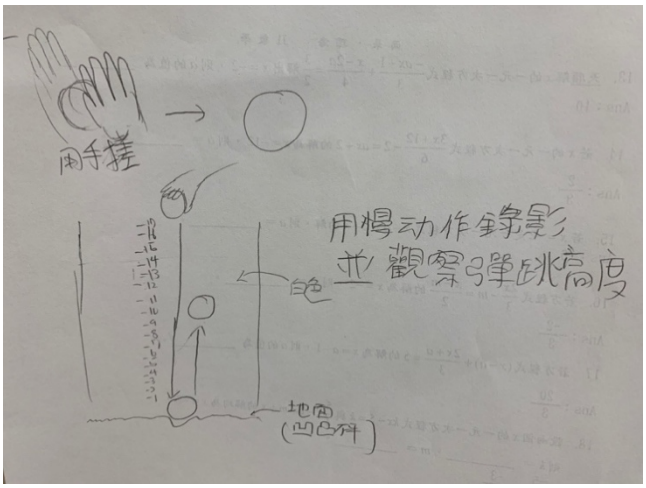
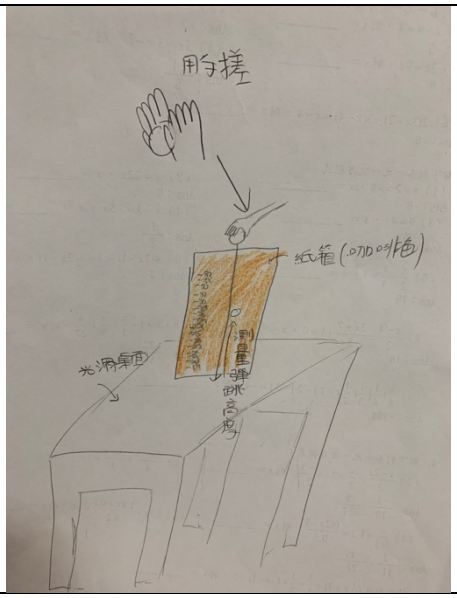
實際成品

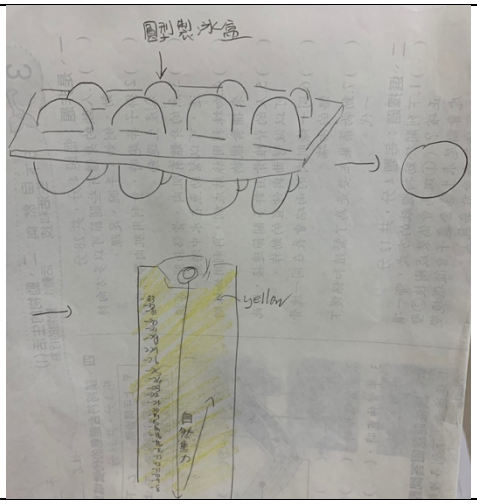
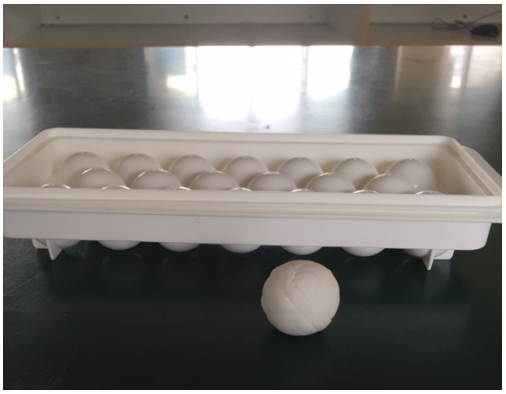
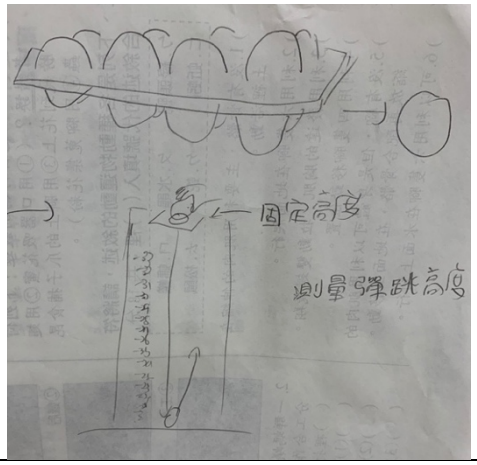


解決方法：將一個強力磁鐵裝入塑膠盒內，實驗後容易分開，解決問題（1）（2）

(三) 設計彈性測量工具(設計-製作-修改-實際測量工具)

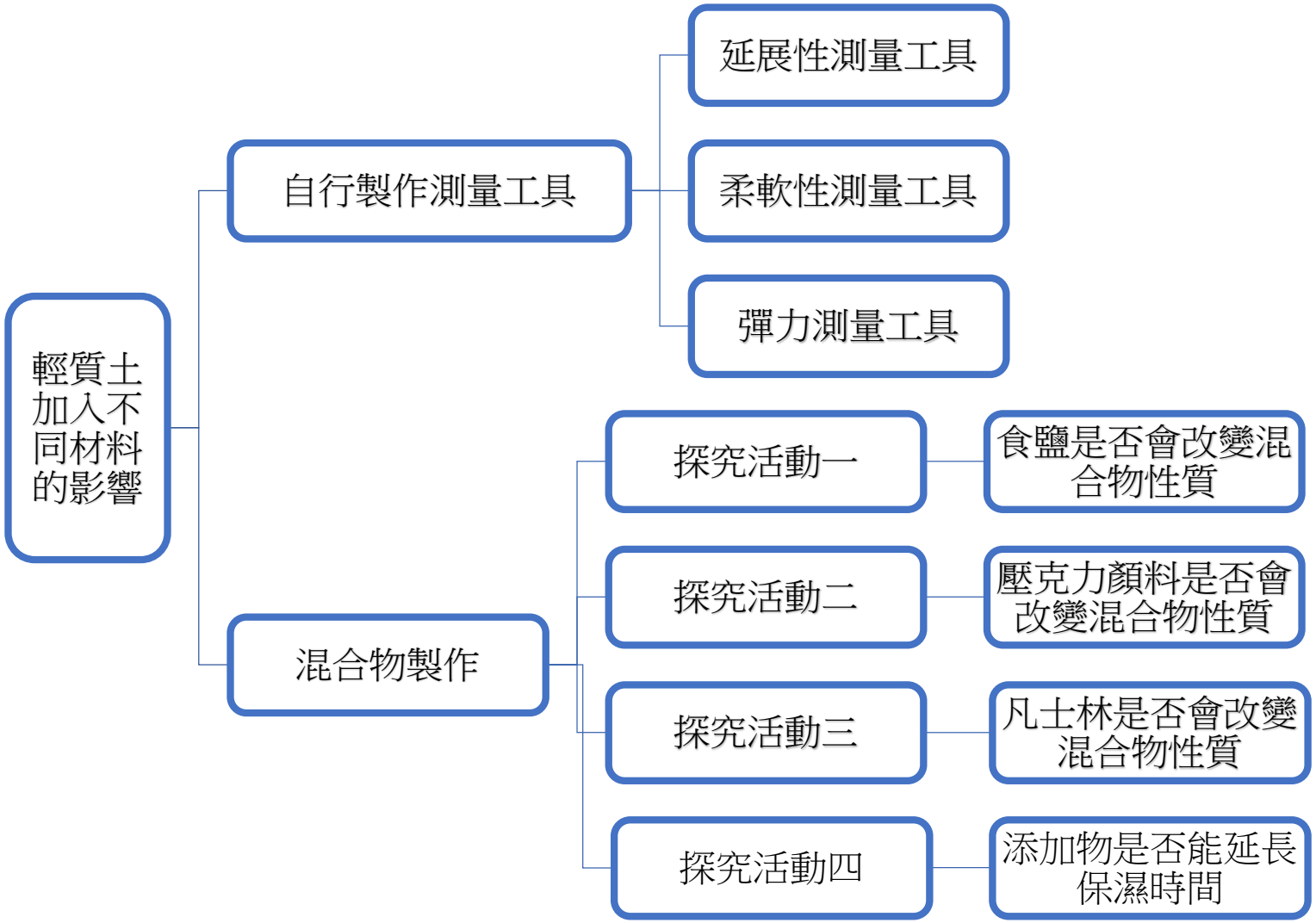
初步設計構想:要能夠測量混合物的彈性程度

第一次設計草圖（1）	實際成品
	
討論：將搓成球體的混合物從高處丟至地板，紀錄彈跳高點 問題 1：地板並不是平的，彈跳時並非直線彈起，不好測量 問題 2：彈跳時的高度無法清楚辨識 問題 3：用手搓的球體無法每次都是相同形狀大小 問題 4：每次丟的力道無法控制相同	
第一次設計草圖（2）	實際成品
	
解決方法：將器材移至桌子光滑面上進行測量，解決問題（1）	

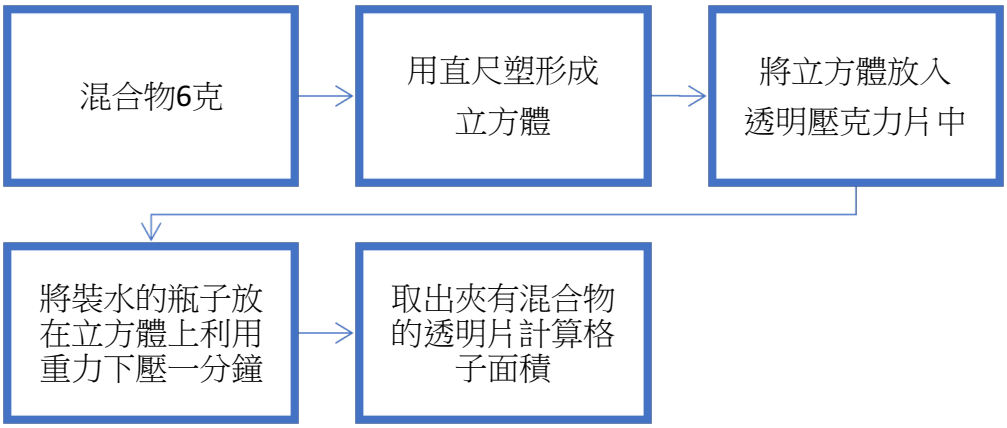
<table>
<tr><th>第一次設計草圖（2）</th><th>實際成品</th></tr>
<tr><td>
</td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">解決方法：將背板改成黃色的方便辨識，並使用慢動作錄影，解決問題（2）</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">解決方法：將混合物放入球狀製冰盒中塑形再取出進行實驗，解決問題（3）</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">解決方法：利用重力在相同高度讓混合物垂直落下，解決問題（4）</td></tr>
</table>

肆、研究過程與方法

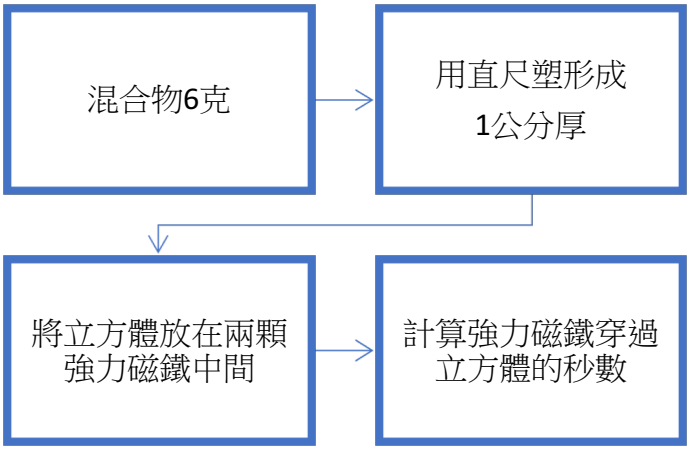
初步研究架構圖



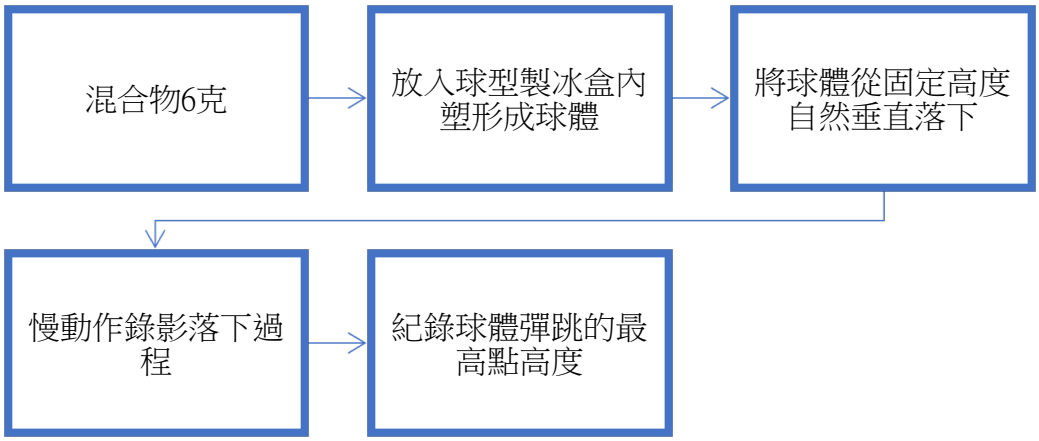
測量方法一：延展性測量步驟圖（面積越大表示延展性越佳）



測量方法二：柔軟性測量步驟圖（秒數越少表示柔軟越佳）



測量方法三：彈性測量步驟圖（高度越高表示彈性越佳）



伍、文獻探討（名詞解釋）

一、硼砂

硼砂學名硼酸鈉或四硼酸鈉（$NaBO_2 \cdot H_2O \cdot 3H_2O$），溶在水中呈現弱鹼性，遇到高分子聚合物時會產生交聯作用，改變其性質。通常為含有無色晶體的白色粉末，易溶於水，有防腐作用。硼砂的用途廣泛，可用作清潔劑、化妝品、殺蟲劑.....等，硼砂在世界各國多禁用做為食用食品添加物。

二、交聯作用（Cross Linking）

交聯作用是指高分子聚合物，如聚乙烯。在交聯劑的作用下形成新的鍵結，使得可溶性的高分子相互連接形成具有一定交聯密度的網狀結構。

三、壓克力顏料

具有防水不易褪色及龜裂的特性，主要成份為助流劑、丙烯酸乳膠、顏料粉。

四、輕質土

質感輕盈可塑性及延展性佳，主要成分為聚乙烯、中空樹脂、玉米粉、纖維、抗菌劑、水、色料。市面上販售另有輕黏土，成分有些並不相同。

實驗記錄一：『輕質土＋硼砂水溶液』

製作輕質土混合物（觀察添加硼砂水溶液的多寡對輕質土的影響）

將 8 克輕質土加入硼砂水溶液（0.8g 硼砂＋100 毫升淨水），混合均勻後使用自行設計的的測量工具進行測量紀錄。

註：在操作時戴上手套，避免皮膚長時間直接接觸硼砂。

表現最好

表現最差

實驗項目 / 添加比例	延展性	柔軟性	彈性	濕度
	方格數	秒數	高度	百分比
硼砂水溶液 2 毫升	15	12	9	48
硼砂水溶液 3 毫升	11	8	12	49
硼砂水溶液 4 毫升	9	7	13	49
硼砂水溶液 5 毫升	10	5	14	48
硼砂水溶液 6 毫升	10	3	23	52
硼砂水溶液 8 毫升	13	2	17	52

表格一

討論

1. 延展性：加入 **2 毫升**硼砂水溶液的較佳。

推測因為硼砂與輕質土產生交聯作用較少，所以仍維持原本輕質土延展性。

2. 柔軟性：加入 **8 毫升**硼砂水溶液混合物被強力磁鐵穿透所需的時間最短。
3. 彈性：加入 **6 毫升**硼砂水溶液混合物彈跳的高度最高，而 8 毫升硼砂水溶液次之。

推測因為硼砂與輕質土產生交聯作用較多，使得混合物具有較佳的彈性，**我們觀察到硼砂水溶液的比例並不是越多彈性就越好**，這部分可以再進行形究。

探究一：添加食鹽水溶液對混合物的影響

實驗記錄二：『8 克輕質土＋硼砂水溶液＋2 毫升食鹽水飽和水溶液』

將 8 克輕質土加入硼砂水溶液，混合均勻後再加入食鹽水飽和水溶液 2 毫升，並使用自行設計的的測量工具進行測量紀錄。

硼砂水溶液（0.8g 硼砂＋100 毫升淨水）

註：在操作時戴上手套，避免皮膚長時間直接接觸硼砂。

表現最好

表現最差

實驗項目 加入食鹽水	延展性 方格數	柔軟性 秒數	彈性 高度	濕度 百分比
硼砂水溶液 2 毫升	18	12	15	48
硼砂水溶液 3 毫升	19	11	16	49
硼砂水溶液 4 毫升	19.5	10	17	49
硼砂水溶液 5 毫升	21	3	19	48
硼砂水溶液 6 毫升	24.5	2	29	52
硼砂水溶液 8 毫升	26.5	1	16	52

表格二

討論

1. 延展性：加入 **8 毫升**硼砂水溶液的較佳。
2. 柔軟性：加入 **8 毫升**硼砂水溶液混合物被強力磁鐵穿透所需的時間最短。
3. 彈性：加入 **6 毫升**硼砂水溶液混合物彈跳的高度最高。

推測食鹽水溶液改變了混合物的部分性質，影響到了延展性的結果。柔軟性與彈性與未添加食鹽水的結果大致相同。

探究二：添加壓克力顏料對混合物的影響

實驗記錄三：『8 克輕質土＋硼砂水溶液＋壓克力顏料』

將 8 克輕質土加入硼砂水溶液，混合均勻後再加入壓克力顏料，並使用自行設計的的測量工具進行測量紀錄。

註：在操作時戴上手套，避免皮膚長時間直接接觸硼砂。

硼砂水溶液（0.8g 硼砂＋100 毫升淨水）

表現最好

表現最差

實驗項目 / 加入壓克力顏料	延展性	柔軟性	彈性	濕度
	方格數	秒數	高度	百分比
硼砂水溶液 2 毫升	16.5	40	13	46
硼砂水溶液 3 毫升	17	29	13	47
硼砂水溶液 4 毫升	17	14	14	49
硼砂水溶液 5 毫升	18	6	15	47
硼砂水溶液 6 毫升	18.5	8	15	51
硼砂水溶液 8 毫升	20	3	24	50

表格三

討論

1. 延展性：加入 **8 毫升**硼砂水溶液的較佳。
2. 柔軟性：加入 **8 毫升**硼砂水溶液混合物被強力磁鐵穿透所需的時間最短。
3. 彈性：加入 **8 毫升**硼砂水溶液混合物彈跳的高度最高。

推測壓克力顏料與硼砂水溶液混合物產生了作用，改變了性質。

我們觀察到最佳比例：

8 毫升的硼砂水溶液＋壓克力顏料

探究三：添加凡士林對混合物的影響

實驗記錄四：『8 克輕質土＋硼砂水溶液＋凡士林』

將 8 克輕質土加入硼砂水溶液，混合均勻後再加入凡士林，並使用自行設計的的測量工具進行測量紀錄。

註：在操作時戴上手套，避免皮膚長時間直接接觸硼砂。

硼砂水溶液（0.8g 硼砂＋100 毫升淨水）

表現最好

表現最差

實驗項目 / 加入凡士林	延展性	柔軟性	彈性	濕度
	格數	秒數	高度	百分比
硼砂水溶液 2 毫升	33	3.28	5	48
硼砂水溶液 3 毫升	28	3.55	19	47
硼砂水溶液 4 毫升	26	5.26	28	49
硼砂水溶液 5 毫升	26	3.69	16	47
硼砂水溶液 6 毫升	21	10	30	51
硼砂水溶液 8 毫升	17.5	7.46	32	50

表格四

討論

1. 延展性：加入 **2 毫升**硼砂水溶液混合物的格數最多。
2. 柔軟性：加入 **2 毫升**硼砂水溶液混合物被強力磁鐵穿透所需的時間最短。
3. 彈性：加入 **8 毫升**硼砂水溶液混合物彈跳的高度最高。

我們觀察到凡士林會對混合物早成影響，改變性質。

探究四：比較上述添加物是否能延長保濕時間

輕質土混合物 ＋ 凡士林 壓克力顏料

本實驗將混合物放置於開放場域進行。

註：在操作時戴上手套，避免皮膚長時間直接接觸硼砂。

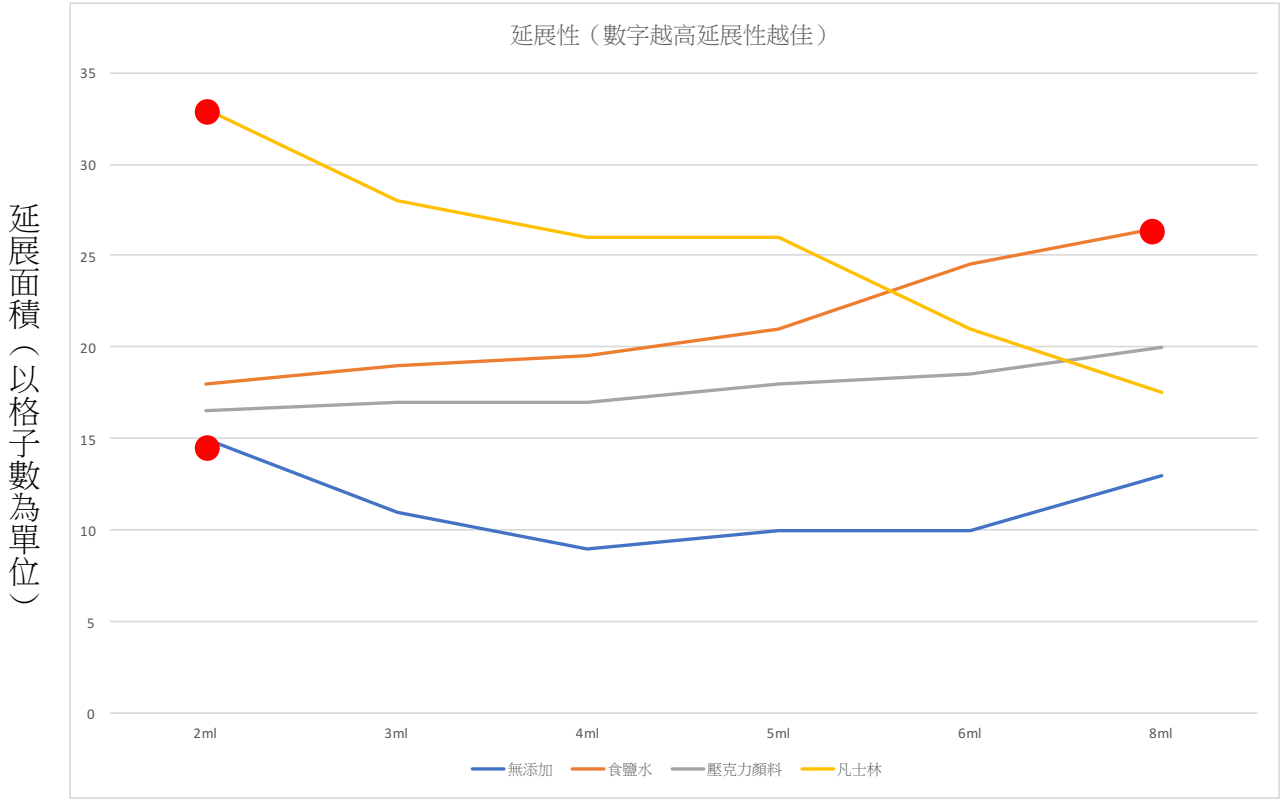
硼砂水溶液（0.8g 硼砂＋100 毫升淨水）

討論

加入凡士林的混合物在 8 小時後濕度數值最高，所以我們發現**加入凡士林可以有效延長保濕時間**，壓克力顏料次之。

表格五

單位%	無添加			加入壓克力顏料			加入凡士林		
輕質土混合物	濕度	2 小時後濕度	8 小時後濕度	濕度	2 小時後濕度	8 小時後濕度	濕度	2 小時後濕度	8 小時後濕度
硼砂水溶液 2 毫升	48	36	34	46	34	33	48	42	39
硼砂水溶液 3 毫升	49	39	34	46	35	35	47	42	36
硼砂水溶液 4 毫升	49	39	35	48	41	40	49	43	40
硼砂水溶液 5 毫升	48	33	30	47	41	38	47	43	38
硼砂水溶液 6 毫升	52	36	33	48	42	38	51	45	42
硼砂水溶液 8 毫升	52	37	34	52	40	39	50	44	40

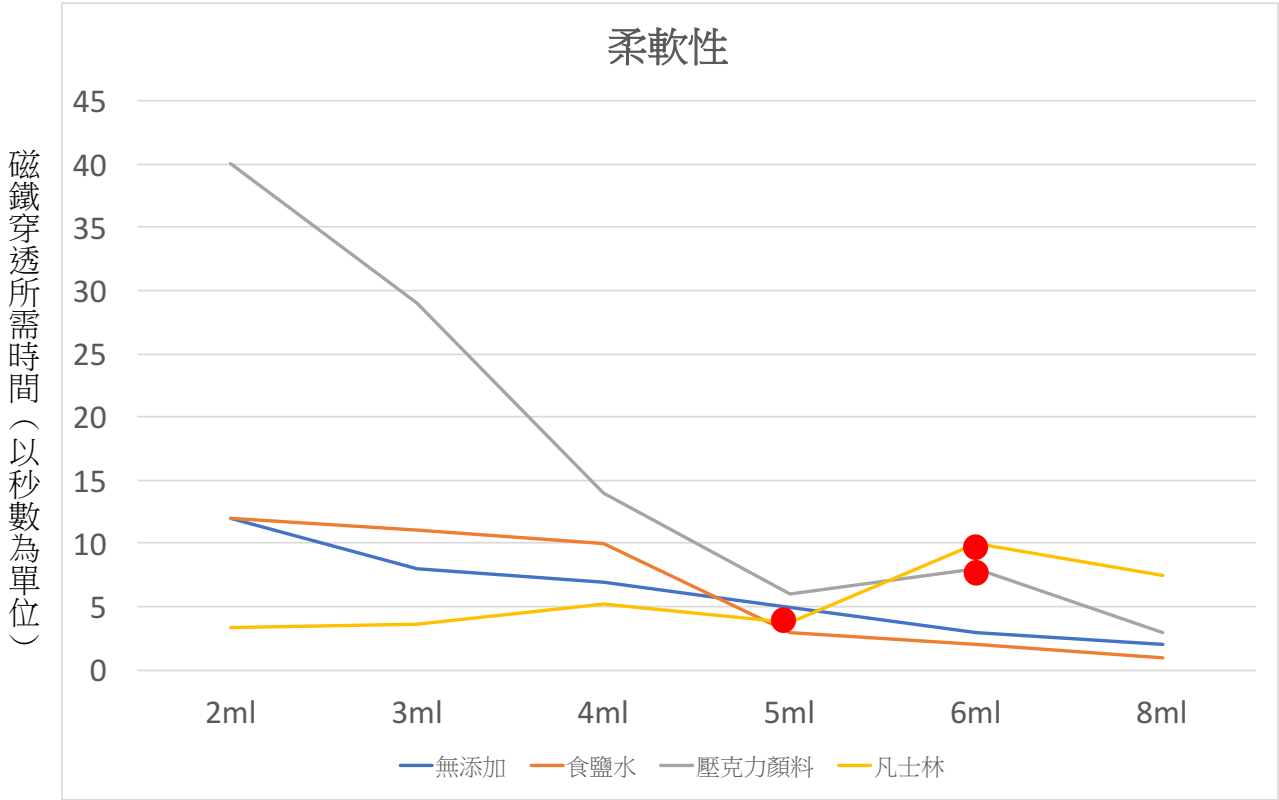


圖一

綜合討論

進行延展性實驗時，我們使用自行設計的延展性測量工具進行測量，利用方格數目來計算延展面積並進行比較，發現了以下現象：

1. 無另外添加的硼砂水溶液混合物在延展性的表現均低於另外三組，所以我們發現若要提高延展性可以加入其他添加物。
2. 加入食鹽水的硼砂水溶液混合物在延展性的表現無特別明顯的起伏，所以我們發現加入食鹽水對於提升延展性並無直接幫助。
3. **加入壓克力顏料**的硼砂水溶液混合物在延展性的表現呈現數值上升，**硼砂水添加越多延展性越佳**，我們推測加入壓克力顏料可能會提升延展性。
4. **加入凡士林**的硼砂水溶液混合物在延展性的表現上呈現數值下降，**硼砂水添加越多延展性越差**，我們推測加入凡士林可能會降低延展性。

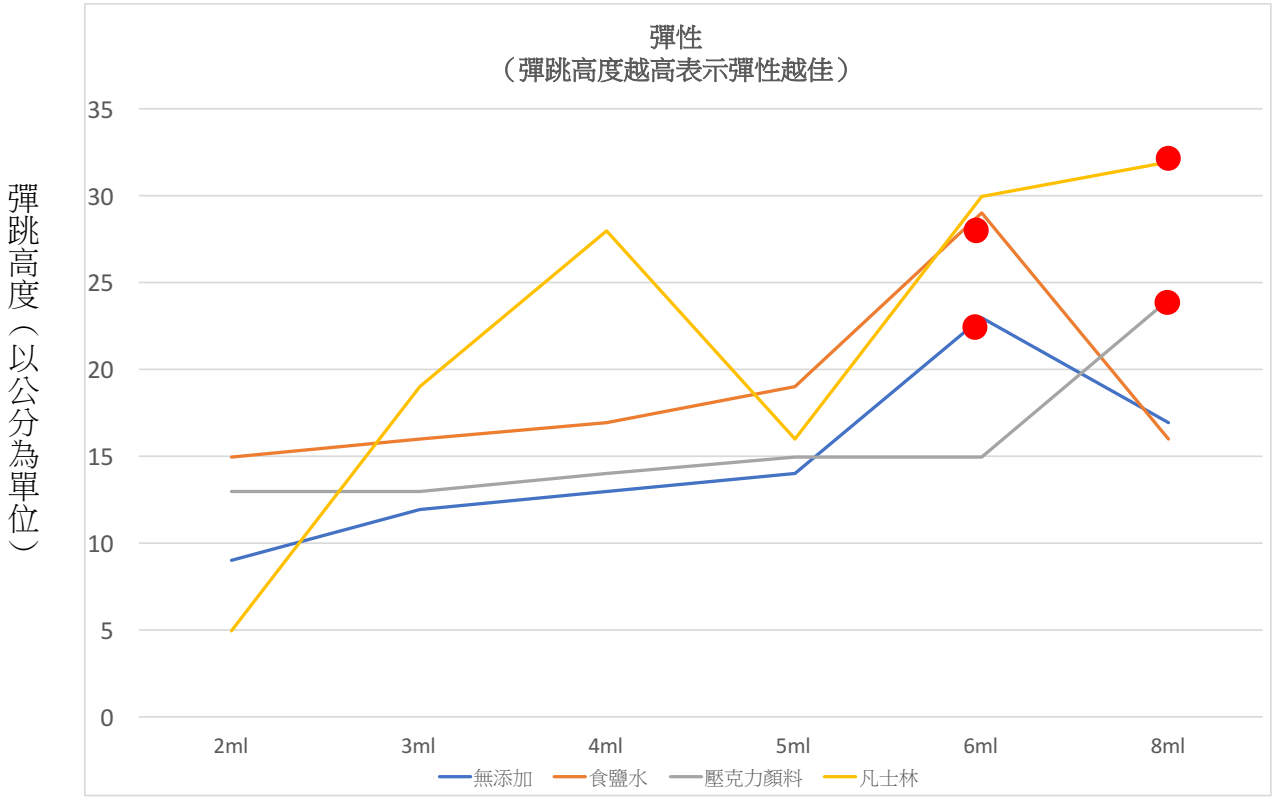


圖二

綜合討論

進行柔軟性實驗時，我們使用自行設計的柔軟性測量工具進行測量，利用磁鐵穿透混合物所需的秒數時間進行比較，發現了以下現象：

1. **無另外添加**的硼砂水溶液混合物在柔軟性的表現呈現下滑曲線，添加**越多硼砂水溶液則柔軟性越佳**。
2. **加入食鹽水**的硼砂水溶液混合物在柔軟性的表現呈現下滑曲線，添加**越多硼砂水溶液則柔軟性越佳**。
3. **加入壓克力顏料**的硼砂水溶液混合物在柔軟性的表現有特別明顯的改變，整體而言**硼砂水溶液添加越多，柔軟度越佳**，但卻在 6ml 時有些微起伏上升，這部分我們推測由於秒數兩秒之內，故應為實驗誤差。
4. **加入凡士林**的硼砂水溶液混合物在**延展性的表現 5ml 表現最佳**，但在 **6ml 磁鐵穿透所需的時間卻變長柔軟性變差**，**8ml 柔軟性又變為佳**。**我們推測凡士林與硼砂水溶液混合物在 5ml 至 6ml 之間產生變化**。



圖三

綜合討論

進行彈性實驗時，我們使用自行設計的彈性測量工具進行測量，利用混合物自然垂直落下後所彈跳的高度進行比較，發現以下現象：

1. 無添加的硼砂水溶液混合物與添加食鹽水的硼砂水溶液混合物，曲線大致相同，皆在 6ml 達到彈性最佳後開始變差。但食**鹽水組的整體數值仍高於無添加的組別**。
2. **添加壓克力顏料與凡士林的組別**，則是在 8ml 的彈性最佳。我們推測添加壓克力顏料或凡士林的組別當中，硼砂水溶液的多寡與彈力的優劣有關，**硼砂水溶液增加，彈性增加**。
3. 根據本實驗我們觀察到，除了壓克力顏料的組別外，在 5ml 的數值以前彈跳高度是緩慢上升，但一經過 **5ml 後**曲線上升的幅度大幅增加，彈跳高度增加超過 10 公分。
4. 我們也觀察到**添加凡士林**的組別，在整體**彈性測試上有較佳表現**。

肆、結論

本實驗主旨是利用輕質土易於改變形狀以及可吸收其他液體添加物的特性，探討輕質土添加其他材料後對於延展性、柔軟性、彈性及濕度等方面的影響，進而觀察出最適合的添加物與比例，製作出同時具有可塑性與彈力的黏土玩具。

一、 輕質土加入何種比例的硼砂水溶液可以達到最佳的彈跳與延展效果？

我們搜尋網路上的資料後發現，0.8 克的硼砂粉末加入 100 毫升的淨水，這樣的比例可以讓我們製作出相似的混合物進行實驗，在實驗中我們皆使用相同的濃度比例，僅改變添加的硼砂水溶液多寡製作混合物來進行實驗。

二、 Q1:食鹽水溶液加入輕質土混合物中是否會改變其性質？

實驗後發現，食鹽水組別在延展性與柔軟性的測試方面明顯優於無添加組，但在彈性方面卻在 6ml 時明顯優於無添加組卻在 8ml 時比無添加組差，我們推測食鹽水和硼砂水溶液在 6ml 產生了化學作用到達了最佳反應。

三、 Q2:輕質土的顏色為白色，我們想知道添加壓克力顏料改變顏色後是否也會改變部分的混合物性質？

實驗後發現，壓克力顏料會改變混合物的性質，我們推測與內含物助流劑和丙烯酸乳膠有關。實驗結果我們發現，加入壓克力顏料的硼砂水溶液混合物在延展性、柔軟性、彈性及濕度等方面，相較於無添加的組別更佳。

四、 Q3:凡士林加入輕質土混合物中是否會改變其性質？

實驗後發現，凡士林會改變混合物的性質。實驗結果我們發現加入凡士林的硼砂水溶液混合物可以有效的延長保濕的時間長度。並且在延展性與彈性方面相較於無添加組有更好的表現。

五、 Q4:何種比例能在延展性、柔軟性、彈性三方面達到最佳？

8 克的輕質土中加入 6ml 的硼砂水溶液和 2ml 食鹽水能有較佳表現。

8 克的輕質土中加入 8ml 的硼砂水溶液和壓克力顏料能有最佳表現。

8 克的輕質土中加入 4ml 的硼砂水溶液和凡士林能有較佳表現。

添加壓克力顏料能在延展性、柔軟性、彈性三方面達到最佳。

伍、研究省思

一、　研究的重要性

（一） 結合現有教具材料設計測量工具

我們利用身邊現有的材料進行設計發想，應用五年級所學習力的相關知識，畫出草圖後不斷修正調整組合成適合的測量工具。不僅環保，也能將課堂上所學到的加以應用。設計出來的測量工具也能成為課堂上的教具讓其他同學操作使用。

（二） 利用輕質土製作出同時具有可塑性與彈性的玩具

市面上的黏土大多不具有彈性，而日前流行的史萊姆也無法同時在塑型的同時又可以像彈力球一樣彈得很高，我們的配方製作出來的彈力黏土不僅可以改變形狀，又可以向彈力球一樣彈來談去。

二、　未來研究的方向

（一） 其他配方的嘗試

我們的實驗只有嘗試加入食鹽水、凡士林、壓克力顏料三種配方，建議再將酸鹼度以及溫度納入測試將會使得實驗結果更加完整。或是繼續研究加入 9ml 硼砂水溶液以上的配方，比較其差異性。

（二） 保存放置的容器比較

本實驗將調配好的混合物放置於塑膠罐內保存，效果良好，放置一個月後仍能保持接近原始的濕度狀態。建議可將保存放置的容器納入實驗比較範圍，嘗試將混合物放入其他容器觀察其變化。

陸、參考資料

一、陳沛文等人（2017）。「異」想「添」開 ~影響化學黏土及磁性黏土之因素探究與應用。中華民國第五十七屆中小學科學展覽會作品說明書。

二、李玟締、賴安萱(2010)。「零滯靈」-大家一起來玩黏巴達。中華民國第五十屆中小學 科學展覽會作品說明書。

三、張政義等人（2004）。好玩的鼻涕蟲～高分子聚合物交聯作用性質之研究～。中華民國第四十四屆中小學科學展覽會作品說明書。

四、彈跳吧鼻涕蟲!-探討鼻涕蟲的各種特性。嘉義縣第 56 屆中小學科學展覽會作品說明書。

五、國立臺中教育大學科學遊戲實驗室-彈性球

https://www.ntcu.edu.tw/scigame/chemistry/chemistry-024.html

六、2007白沙化學驚奇秀。鼻涕蟲和彈性球。

http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=10795