

投稿類別：物理類

篇名: QQ 彈跳球--聚乙烯醇與硼砂的交聯作用成份與彈跳高度分析

作者：

呂妍希。台北市私立景文高中。高三 2 班。

李品瑩。台北市私立景文高中。高三 2 班。

王昕怡。台北市私立景文高中。高三 2 班。

指導老師：

王連庸老師

陳泰岳老師

壹●前言

一、研究動機

社團課中老師教我們用膠水做 QQ 彈力球，過程中文具液態膠水與硼砂反應後會變成固態彈力球，經查資料得知是聚乙烯醇與硼砂的交聯作用，發現也是以前遠哲競賽一個比賽項目，藉著不同的結合比例及操作方式看彈力球的高度，本研究成員想以參加第 17 屆遠哲競賽態度去作彈跳高度分析。

二、研究目的

根據上述動機，本研究想探討以下目的：

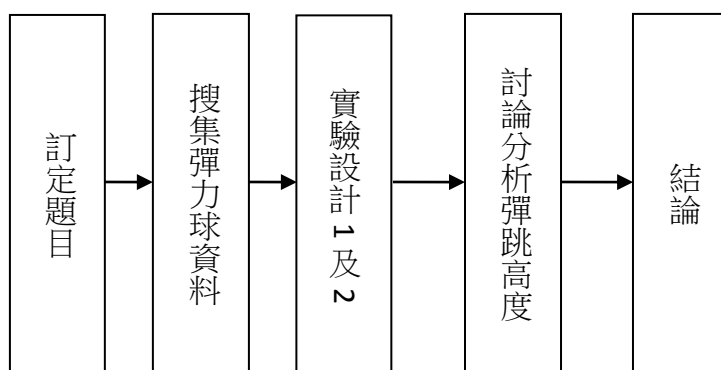
- 當透明膠水與飽和硼砂水溶液互相混合成彈力球，改變膠水溶液的濃度重量時，哪些因素影響彈力球彈性與高度？
- 當增添不同添加物時，是否影響彈力球彈性與高度？

三、研究方法

本研究將從閱讀相關書籍及網站先作文獻探討，然後做實驗設計，以印證研究目的中，不同成份與彈跳高度的關係。

本研究將進行兩個實驗設計：實驗一：控制原有成分重量，與實驗二：原有成份固定，添加微量添加物，預設可能會有不同的彈跳高度，

四、研究架構



五、設備與器材

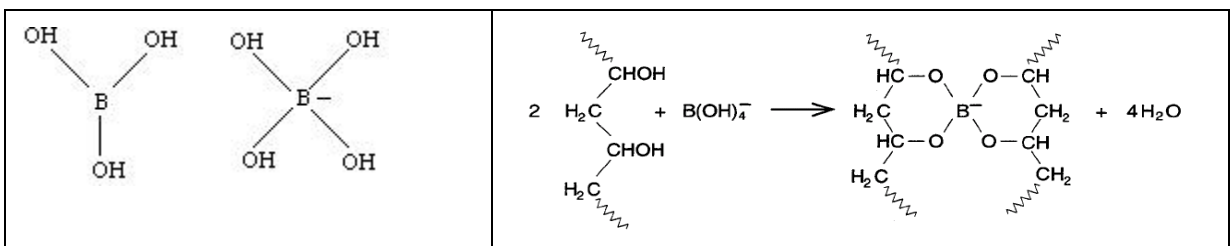
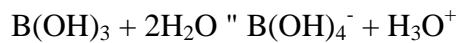
器材名稱	燒杯、電子秤、玻棒、食用色素、量筒、加熱器
藥品名稱	聚乙烯醇、硼砂飽和溶液

設備	電腦(含軟體)、相機
----	------------

貳●正文

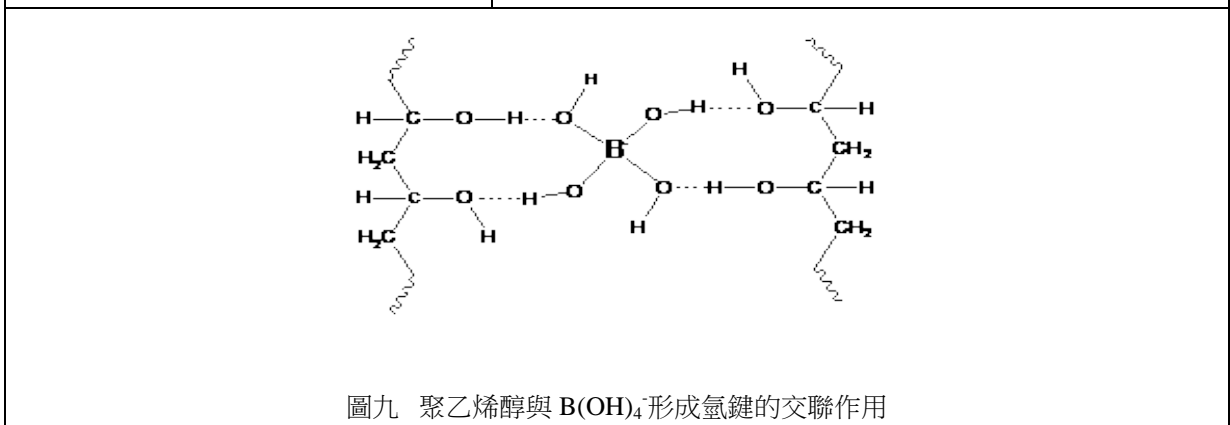
一、彈力球製成

硼砂的分子式為 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ，當硼砂溶於水中時會生成硼酸(boric acid, H_3BO_3)，硼酸於水溶液中會接受帶負電荷氫氧根離子(Hydroxide, OH^-) 進而生成硼酸根離子(borate ion, $\text{B}(\text{OH})_4^-$)，化學反應如下所示。 $\text{B}(\text{OH})_3$ 與聚乙炔醇(PVC) 上的醇基進行縮合反應(condensation reaction) 並且脫去水分子，使得聚乙炔醇分子交聯(crosslinking) 在一起，而形成具有彈性的黏土狀聚合物，如圖八所示。 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 與聚乙炔醇上的醇基形成氫鍵(hydrogen bonding)，使得聚乙炔醇分子交聯(crosslinking) 在一起，而形成具有彈性的黏土狀聚合物，如圖九所示。



圖七 $\text{B}(\text{OH})_3$ 與 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 的分子結構式

圖八 醇 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 與聚乙炔進行縮合反應的交聯作用



根據遠哲基金會資料(遠哲基金會, 2012), 彈力球製成過程如下: 取一定重量的醇倒入燒杯中, 再加入一定重量的水加熱 300°C 等到它完全溶解, 加熱過後放在抹布上冷卻, 加入一些硼砂飽和溶液攪拌到凝固, 再滴入食用色素 1 到 2 滴, 用玻棒以同方向攪拌, 使色素與聚乙炔醇混合均勻。待呈現些許固態後, 放在手中慢慢滴入一定重量硼砂飽和水溶液, 在手中揉捏成圓形, 並滴入一到兩滴食用色素染色區別並易於觀察。

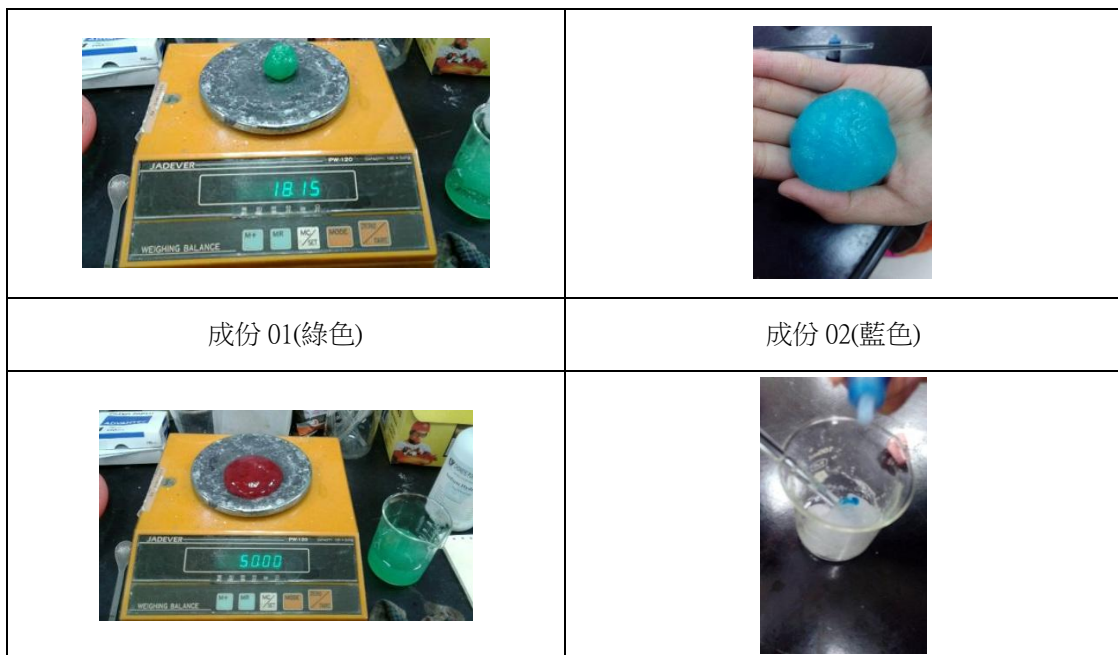


二、實驗設計一:不同原配方成份重量

為了解彈力球成份影響彈性與彈跳高度，本實驗先從控制彈力球原有組成成份，去控制其不同重量克數；除控制變因外，盡量維持其他因子與環境變因不變。

	成份 01	成份 02	成份 03	成份 04
聚乙烯(g)	20	10	15	5
水(g)	60	70	65	15
硼砂飽和溶液(g)	110	60	65	40
食用色素	綠色	藍色	紅色	不加

(控制變因: 加熱器 300°C)

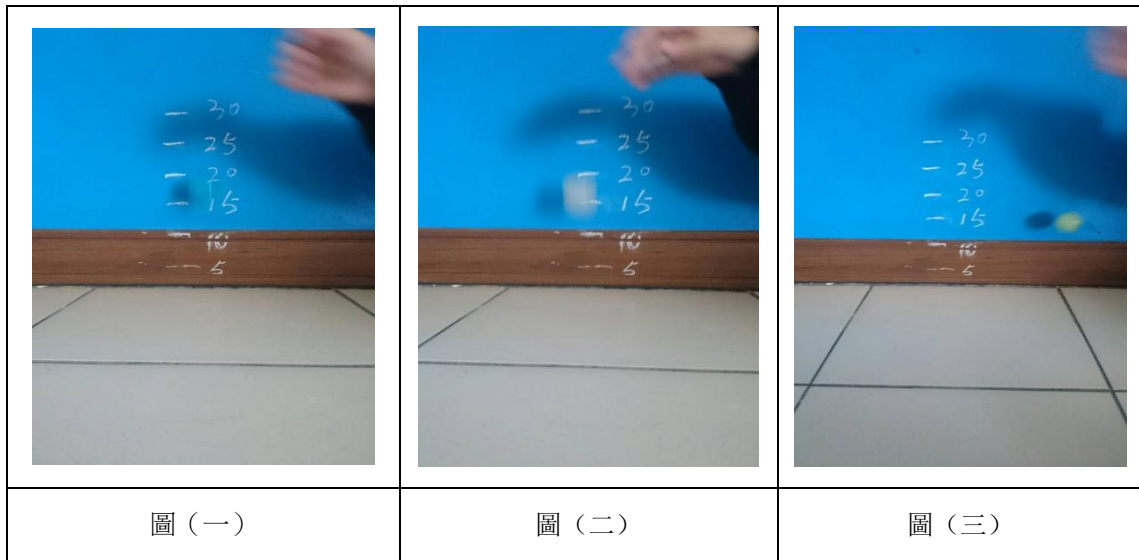


成份 03(紅色)	成份 04(無色)
-----------	-----------

製成成品後，將彈力球做 5-10 次反彈彈跳高度並記錄不同成分重量與彈跳高度關係，紀錄如下:表（一）、表（二）圖（一）、圖（二）、圖（三）

	第一次	第二次	第三次	第五次	第六次	第七次	第八次	第十次	平均
綠色	12	18	10	20	16	13	14	17	15
藍色	10	16	8	15	9	17	14	15	13
紅色	13	11	10	14	13	11	15	9	12
無色	15	19	21	16	14	18	13	20	17

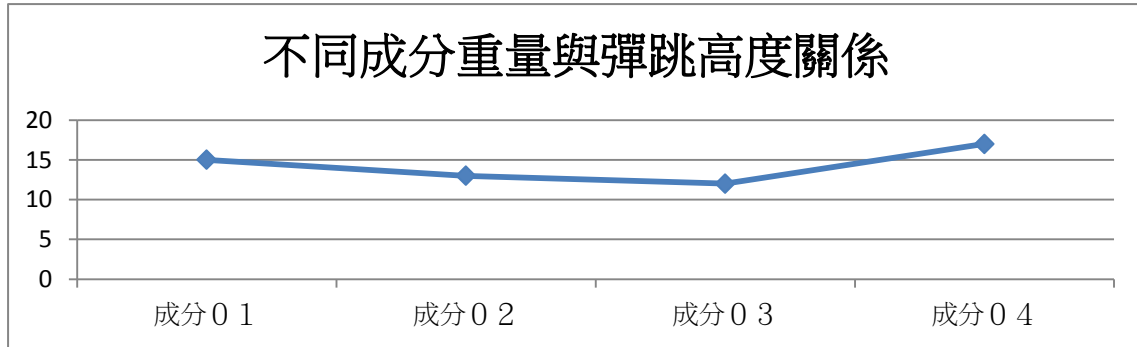
表（一）



	成份 01	成份 02	成份 03	成份 04
彈力球重量(g)	18.15	32.02	31.80	15
實驗彈跳平均最高值(Cm)	15	13	12	17

表（二）

圖 1：不同重量所彈的高度



三、實驗設計二:不同微量添加物

為了解彈力球成份影響彈性與彈跳高度，本實驗設計 A、B、C 三組，分別從原有成份中，試著加入不同添加物用以探討；除控制變因外，盡量維持其他因子與環境變因不變。

A 組：原有製程中，等到加熱器 108°C 加入 1 克硼砂飽和溶液(圖三)攪拌到它凝固(圖四)。

B 組：原有製程中，等到加熱器 108°C 加入 5 克的硫粉(圖三)。

C 組：原有製程中，等到 108°C 加入 5 克的硫粉(圖三)和 5 克的活性碳(圖四)。

	A 組	B 組	C 組
聚乙烯(g)	2	2	15
水(g)	23	23	65
硼砂飽和溶液(g)	60	60	65
添加物	硼砂(1g)	硫粉(5g)	硫粉(5g)、活性碳(5g)
食用色素	1 到 2 滴	1 到 2 滴	1 到 2 滴

(控制變因: 加熱器 300°C)

製成成品後，將彈力球做 5-10 次反彈彈跳高度並記錄不同成分重量與彈跳高度關係，紀錄如下:表 (三)、表 (四)

	第一次	第二次	第三次	第五次	第六次	第七次	第八次	第十次	平均
A 組	7	6	4	6	5	7	5	5	5
B 組	1 1	1 4	1 3	1 2	1 0	1 5	9	1 2	1 2

C組	1 2	1 8	1 4	1 6	1 5	1 1	1 5	1 9	1 5
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

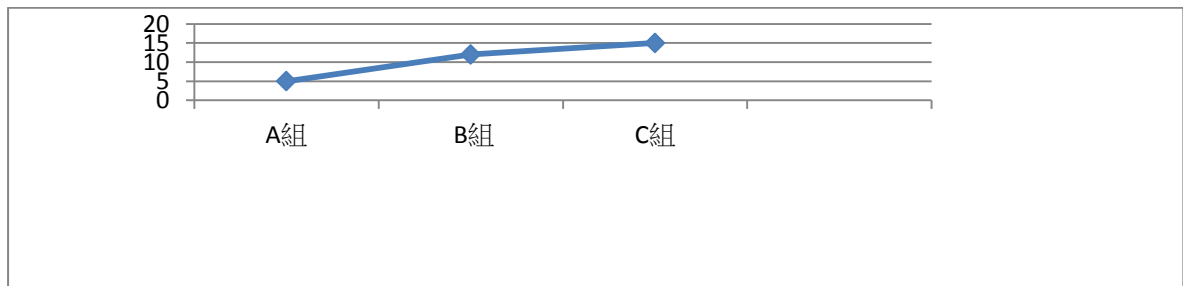
表(三)

	A組	B組	C組
			
軟硬度 (1 最軟, 5 最硬)	1	3	5
實驗彈跳平均最高值(Cm)	5	12	15

表(四)

繪製成圖表如下

不同微量添加物與彈跳高度的關係



四、討論與分析

彈力球碰擊地面是產生彈性形變, 地面和球相互產生反作用力. 球受力加速, 便向上“飛起”. 但有些東西則不會產生太大的彈性形變(還是有彈性形變的現象), 而顯塑性, 物體間力的作用對它施加的力越大反作用也越大。經實驗一發現

- 形狀越規則, 重量越輕, 彈力越好。
- 若使用的膠水溶液濃度較濃, 則得到較硬且較脆的交聯聚合物, 以及較不容易變形; 若是使用的膠水溶液濃度較稀, 則得到較軟較且黏稠的交聯聚合物, 以及較容易變形。

經實驗二發現

- 硼砂含的比例越高的彈力球, 彈跳的高度越高。硼砂含的比例越低的彈力球, 彈跳的高度越低。
- 當兩溶液互相混合時, 溶液由原來的液體狀態變成為黏土狀的固體狀態。

參●結論

本研究經實驗一與實驗二得出以下結論:

- 硼砂含的比例越高的彈力球，彈跳的高度越高。硼砂含的比例越低的彈力球，彈跳的高度越低。
- 形狀越規則，重量越輕，彈力越好
- 當兩溶液互相混合時，溶液由原來的液體狀態變成為黏土狀的固體狀態。
- 若使用的膠水溶液濃度較濃，則得到較硬且較脆的交聯聚合物，以及較不容易變形；若是使用的膠水溶液濃度較稀，則得到較軟較且黏稠的交聯聚合物，以及較容易變形。

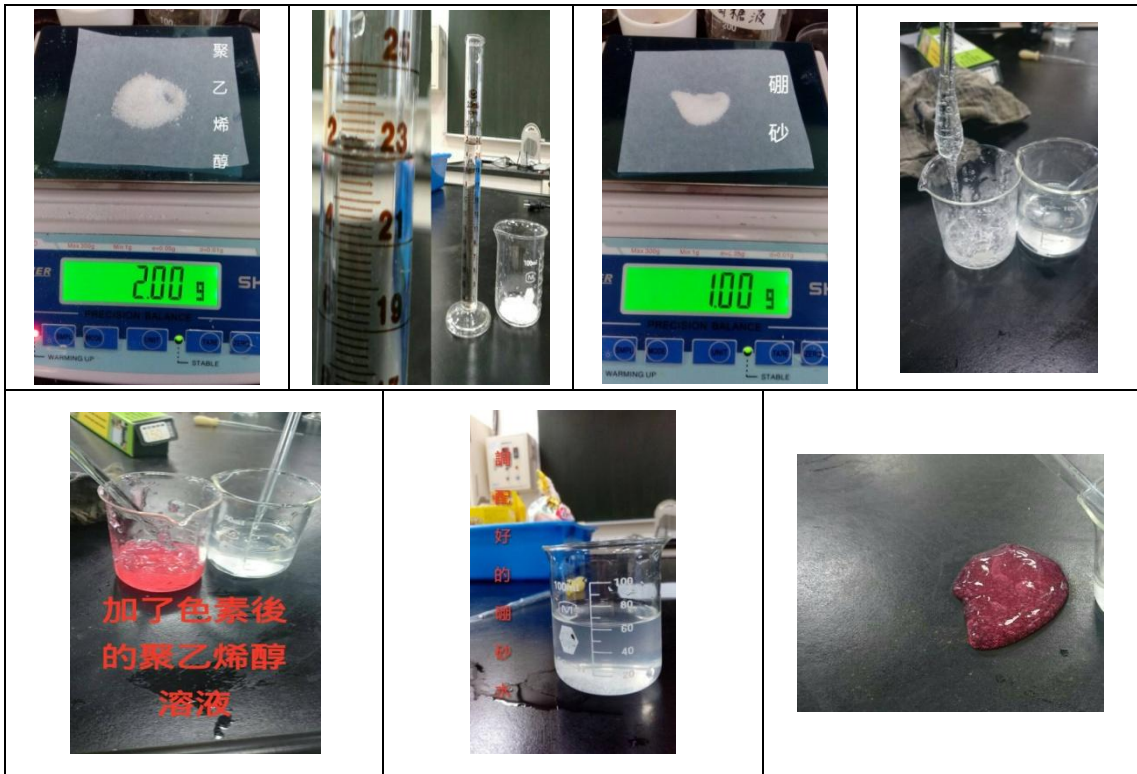
本研究建議可以用各種不同比例的聚乙烯醇跟硼砂飽和溶液來自製彈力球，來當做抗震杯的杯套，看它的防震能力是否佳。購買膠水別注意上面是否有無標示主要成份為 polyvinyl alcohol (PVA)，因為有些透明膠水的成份不是 Polyvinyl alcohol，若沒有事先進行測試，而直接進行示範實驗，有可能造成失敗。材料用量可自行調整，不同的處方用量，可得到物理性質不同的交聯聚合物。此示範實驗由於沒有太大危險性，因此可以由學生操作。此實驗也可以在家中來進行，燒杯或玻棒可以用適當的容器或家用品來取代；但太小的小朋友進行此實驗，需由大人陪伴，避免小朋友因誤食而造成危險。

肆●引註資料

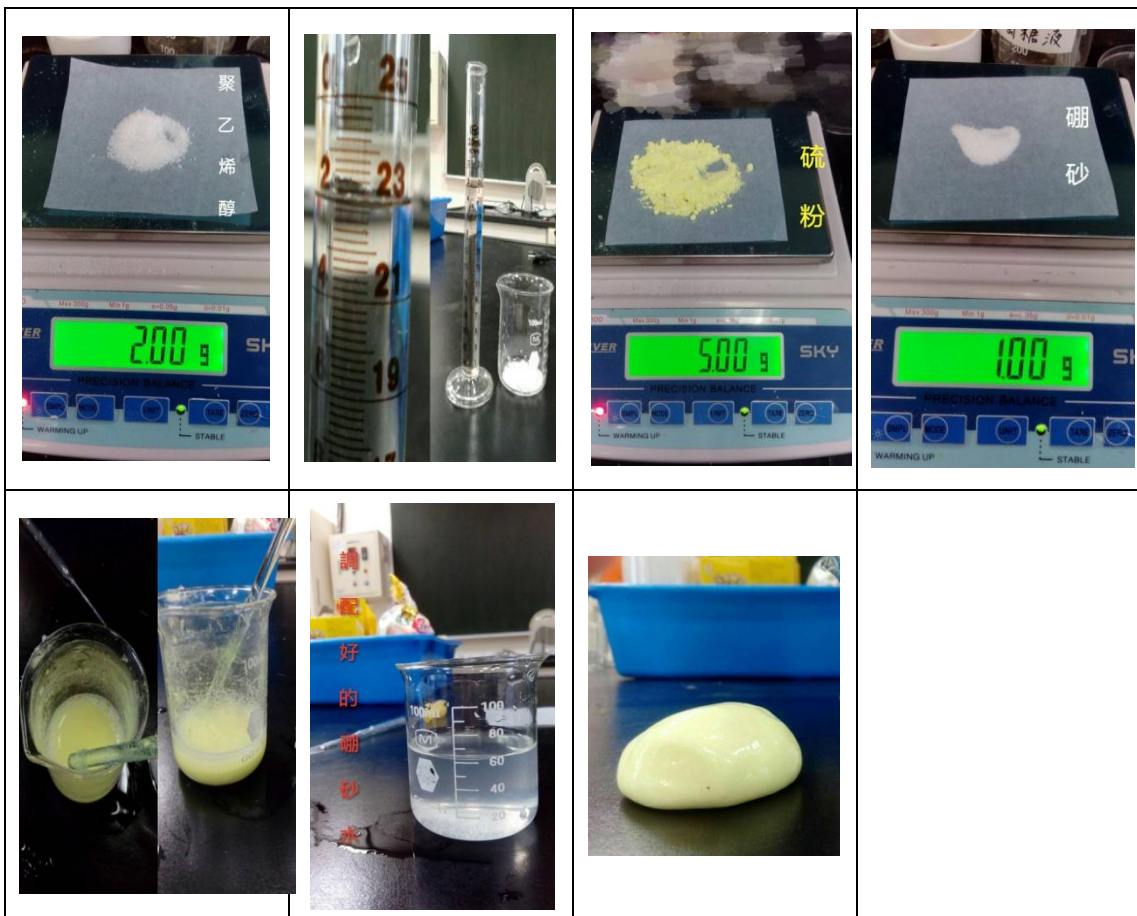
- Slime, Organic Chemistry, General Chemistry Demos, GenChem main page, Chemistry Department, University of Wisconsin-Madison (Accessed on 2011/04/30)
- Shakhshiri, Bassam Z; *Chemical Demonstrations: a handbook for Teachers of chemistry*, Volume 3, 1983, pp 362, Madison, Wis., University of Wisconsin Press.
- Mickey Sarquis and Jerry Sarquis, *Fun with Chemistry: A Guidebook of K-12 Activities*, 2nd Ed, Vol. 2, 1995, pp 67-76, the Institute for Chemical Education, Madison.

附件一、實驗二：各組實驗過程

A 組



B 組



C 組

