

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

第三名

030203

不「球」「滲」「解」

學校名稱：興國學校財團法人台南市興國高級中學(國中部)

作者： 國三 吳宗諱 國三 柯伯勳 國三 尤暄婷	指導老師： 黃淑芬
---	------------------

關鍵詞：海藻酸鈉膠球和膠條、滲透、電解

壹、摘要

針對海藻酸鈉與鈣離子反應時，可以包覆多種物質的特性，我們探討了含有二氧化錳、碘化鉀或酸鹼指示劑的膠球與膠條，將其應用在國中理化的雙氧水製氧、電解與沉澱等實驗；也直接使用海藻酸鈉與銅離子反應形成的膠球，進行電解或置換實驗。其中，製成好清理又能方便實驗的二氧化錳膠球，進行一系列雙氧水分解製氧的控制變因實驗，可以取代目前國中理化實驗中所使用的粉末狀二氧化錳。最後進一步觀察海藻酸鈣膠球膜對不同離子的滲透現象。統整以上結果，利用這些小「球」，可以進行基本的「滲」透實驗，雙氧水分「解」實驗，還有電「解」實驗，這些設計可以達到方便處理、收納、觀察的效益，以及環保又省錢的目的。

貳、研究動機

有一次進入化學實驗室時，看見通風櫥裡堆滿了黑黑的過濾瓶，那是裝有雙氧水分解反應後所剩下的二氧化錳，所以我們想，如果能用其他方式來代替粉末狀的物質，達到具有環保又省時省錢的作用。我們查資料時發現，海藻酸鈉所形成的凝膠可以包覆多種物質，因此想利用此一性質，進一步探討是否能夠運用在國中理化各項實驗中。

參、研究目的

本作品主要利用海藻酸鈉與鈣離子形成的膠球或膠條，進行不同物質的包覆，使其能運用於國中理化實驗，如雙氧水分解實驗、沉澱、置換與電解實驗等。

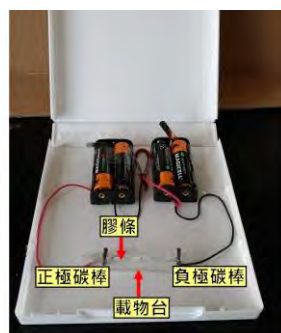
- 一、找尋海藻酸鈉與鈣離子形成的膠球、膠條、中空膠條管壁厚的最佳化實驗條件。
- 二、探討不同海藻酸鈉濃度、鈣離子濃度與不同種類鈣離子來源或反應時間對於中空膠條管壁厚或粒徑大小的影響。
- 三、探討包覆二氧化錳膠球的粒徑大小與催化雙氧水分解的影響。
- 四、探討包覆不同物質膠球或膠條進行電解實驗、沉澱反應、置換反應的情形。
- 五、探討膠球膜的滲透情形。

肆、研究設備及器材

一、膠球或膠條	(一) 配製溶液：滴管、燒杯、量瓶、刮勺、玻棒、電子天平。 (二) 藥品：海藻酸鈉 $((C_6H_7O_6Na)_n)$ 、氯化鈣 $(CaCl_2)$ 、乳酸鈣 $((CH_3CHOHCOO)_2Ca \cdot 5H_2O)$ 、碳酸鈣 $(CaCO_3)$ 、硫酸銅 $(CuSO_4)$ 、碘化鉀 (KI) 、二氧化錳 (MnO_2) 、過錳酸鉀 $(KMnO_4)$ 、碳酸鈉 (Na_2CO_3) 、醋酸 (CH_3COOH) 、食鹽 $(NaCl)$ 、甲殼素、酚酞指示劑、廣用指示劑、雙氧水 (H_2O_2) 、硝酸鉛 $(Pb(NO_3)_2)$ 。 (三) 其他器具：磁石加熱攪拌器、針筒、塑膠吸管、製冰盒、湯杓。
二、測量工具	電池、多功能數位三用電表、游標尺、手機顯微鏡、電子天平。
三、固定工具	熱熔膠槍、熱熔膠條、鐵架、鐵夾、鱷魚夾、鐵氟龍止洩帶。
四、實驗裝置 (見圖(一))	(一) 微型雙氧水製氧裝置：塑膠罐、玻璃注射針筒、二通閥、Septa、水管。 (二) 微型電解裝置：CD 盒、鉛筆芯、電池、電池盒、鱷魚夾。 (三) 微型滲透裝置：小藥杯、粗吸管。 (四) 傳統雙氧水製氧裝置：水盆、薊頭漏斗、過濾瓶、集氣瓶、量筒



(A) 微型雙氧水製氧裝置



(B) 微型電解裝置



(C) 微型滲透裝置



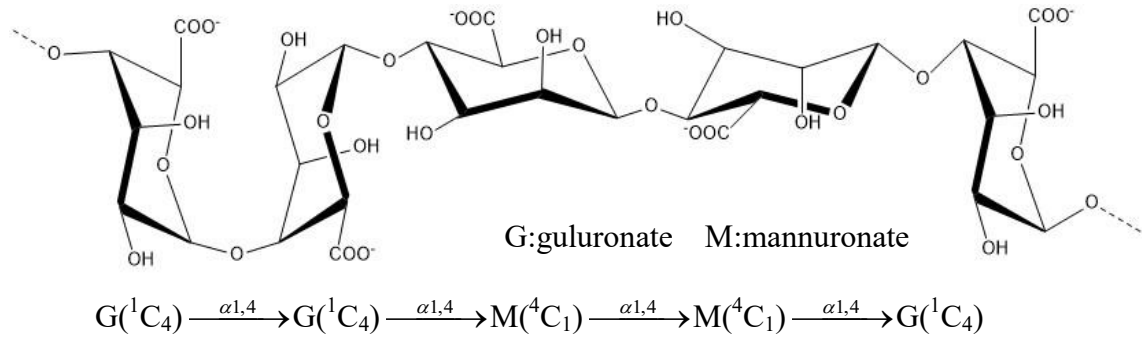
(D) 傳統雙氧水製氧裝置

圖(一) 實驗裝置圖

伍、研究過程或方法

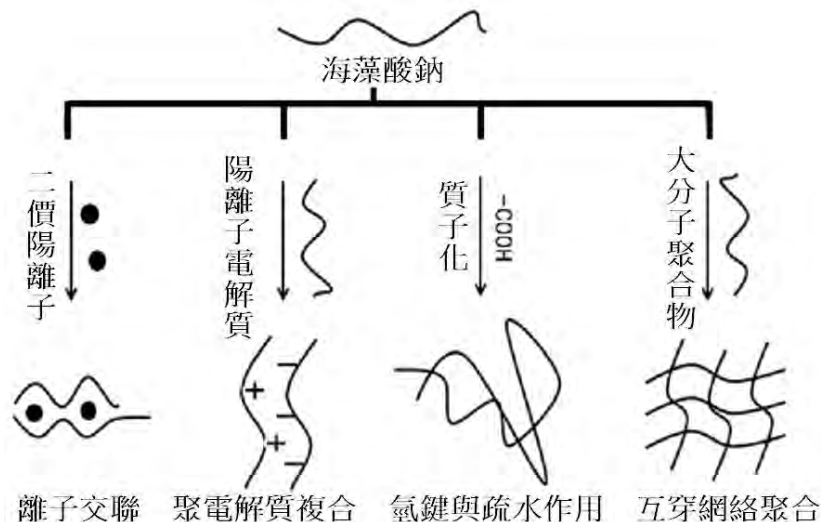
一、文獻探討：

海藻酸鈉(Sodium alginate)，為直鏈狀、多醣類的天然高分子聚合物，別名褐藻酸鈉、褐藻膠、藻膠，其分子式為 $(C_6H_7O_6Na)_n$ 。海藻酸鈉結構如圖(二)所示，是海藻酸的鈉鹽，由甘露糖醛酸(D-mannuronic acid, M)和葛蘿酸(L-guluronic acid, G)通過 α -1,4 糖苷鍵鏈接所組成，這兩種結構單元以三種方式不同比例(MM 段、GG 段和 MG 段)組成的共聚物。



圖(二) 海藻酸鈉分子結構式

海藻酸鈉水凝膠一般可以透過兩種方法來製備：化學方法與物理方法。化學方法主要透過海藻酸鈉主鏈上的糖醛酸單元的羥基(-OH)或羧基(-COOH)與其他交聯劑或其他聚合物的活性官能發生化學反應，製備出以共價鍵交聯為主、具有三維網絡結構的海藻酸鈉水凝膠；物理方法製備的海藻酸鈉水凝膠主要是通過非共價鍵，即靜電作用、氫鍵、凡德瓦力、親疏水作用等弱相互作用形成的(如圖(三))。由於物理方法未使用化學交聯劑，凝膠形成條件溫和且操作簡單，因此在生物醫藥、食品工業、環境方面具有一定的應用前景。



圖(三) 物理方法：非共價鍵交聯的海藻酸鈉水凝膠

(圖取自化學通報 2015 年第 78 卷 03 期)

其中使用二價陽離子的離子交聯法是最常見的，例如使用 Ca^{2+} ，其會取代兩個海藻酸鈉中的鈉離子進行交聯作用(cross-linking)而構成網狀結構形成膠球或膠條。因為這成形的結構像半透膜一樣具有許多極小孔洞，所以水分子是可以進行選擇性慢慢擴散出來，而膠球/條外的鈣離子也會慢慢穿過半透膜滲入膠球/條裡，形成網狀結構，因而可包覆色料、水份。很多研究即以海藻酸鈉做為膠球包覆如維生素 E、油性染料甚至乳酸菌等做為模擬實驗的材料。以下為幾屆研究海藻酸鈉相關的全國科展參賽作品與其基本結論：

(一) 第四十三屆全國科展作品：「小小晶球真奇妙！」

此研究利用兩種食品添加物-海藻酸鈉及明膠來模擬晶球在人體中的變化過程。結果發現：此兩種材質濃度太高或太低會無法成球形，海藻酸鈉膠球濃度須以 1%、3%及 5%；明膠膠球濃度則以 25%、30%及 40%，讓其在不同的酸鹼值環境下，進行測試實驗。較能符合人體模擬條件的是海藻酸鈉膠球濃度 3%及明膠濃度 40%。

(二) 第四十三屆全國科展作品：「晶」益「球」精

此實驗目的在透過一系列的實驗，諸如矽藻膠溶液和氯化鈣溶液的濃度、晶球的顆粒大小，以及晶球浸泡在氯化鈣溶液中時間的長短等，試圖找出最適合實驗觀察的理想晶球。發現晶球膨脹是否穩定果然取決於矽藻膠溶液的濃度，濃度愈大晶球的膨脹情形就愈穩定；晶球在氯化鈣溶液浸泡的時間愈長，晶球的表面就愈厚實。最後晶球放置在各種酸、鹼、中性溶液中觀察其變化，結果發現晶球在酸性溶液中比較容易保存；在中性溶液中釋放色素的速度普遍較快；但在鹼性溶液中晶球表面則會逐漸崩解。

(三) 第五十五屆全國科展作品：晶球世紀

本實驗以天然海藻酸做為生物吸附劑，並成功添加黃血鹽、赤血鹽作為重金屬檢測劑，實驗結果證明以黃血鹽和赤血鹽製成晶球，目視可檢測最低濃度。以分光光度計檢測四種以海藻酸鈣晶球吸附重金屬吸附能力大小比較結果：銅離子>鈷離子≡鐵離子>鎳離子。

(四) 第五十六屆全國科展作品：目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用

此作品探討不同價數陽離子溶液與海藻酸鈉溶液來做結合成形，結果發現正二價離子效果最好,其中更以 Ca^{2+} 較為穩定，而吸水度則以 Co^{2+} 最佳。但二價離子中我們發現，氯化鎂溶液和海藻酸鈉溶液所形成的晶球不便觀察。不同的溶液和不同的離液面高度,每一種晶球的直

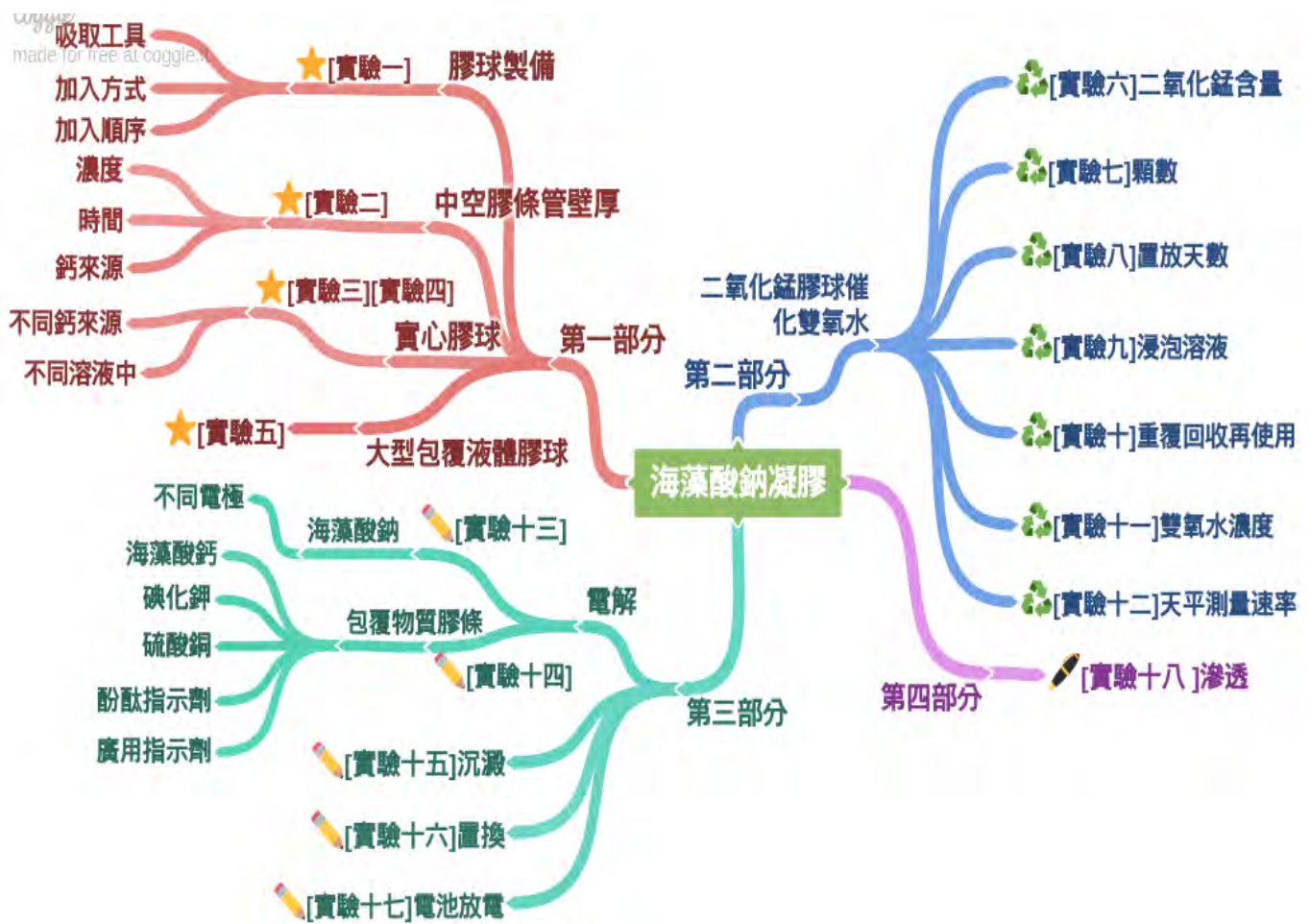
徑都會不同，但是重量卻不相差太多。乾燥後晶球再行泡水一天，所呈現的海藻酸鈉晶球，已經跟原本的海藻酸鈉晶球不同，無法回復原本的型態。

(五) 第五十六屆全國科展作品：吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測

此作品研究找出海藻酸鈉水溶液與含鈣水溶液濃度組合及各項檢測。歸納出：1. 海藻酸鈉水溶液應選擇濃度 0.5%~2%；2.含鈣水溶液:氯化鈣水溶液濃度至少 1%、乳酸鈣水溶液濃度至少要 2%較易製作出水球膜；3.保存應浸泡於純水並置冰箱冷藏，連續 200 小時紀錄無瓶水的流失率可降至 19%以下；4.物理測試發現 1%海藻酸鈉水溶液所製造出的無瓶水球在耐壓、拉力及自由落體表現均好。

本研究即想利用海藻酸鈉與鈣離子所形成的膠球或膠條可以包覆物質的能力，去應用在國中相關理化實驗上。

二、實驗思考架構



三、基本操作：

所有實驗藥品，由精密天平秤量質量，蒸餾水溶解後，再利用容量瓶配製體積莫耳濃度，保存於罐中；海藻酸鈉溶液必須是當天實驗時才配製，其在空氣中容易變質。

(一) 2% 海藻酸鈉溶液配製：

1. 取 4.0 公克的海藻酸鈉置於 500 mL 燒杯中，加入 196 g 純水，置於事先設定 50°C 之加熱攪拌器上。
2. 蓋上玻片攪拌至所有粉末完全溶解。靜置至溶液中完全沒有氣泡後即可。

(二) 1% 氯化鈣溶液配製：

1. 取 5.0 g 的海藻酸鈉置於 500 mL 燒杯中，加入 495 g 純水，室溫下攪拌至完全溶解。

(三) 製備海藻酸鈣膠球的基本操作步驟：

1. 以適當容器取海藻酸鈉溶液置入氯化鈣溶液中。
2. 等待讓其成形。用勺子取出後，以清水沖洗。

(四) 製備海藻酸鈣膠條的基本操作步驟：

1. 以前端裝有吸管之針筒(如圖)吸取海藻酸鈉溶液。打入氯化鈣溶液中。等待讓其成形。
2. 用勺子取出後，以清水沖洗。



(五) 製備包覆物質之海藻酸鈣膠球或膠條的基本操作步驟：

1. 將欲包覆之物質直接以粉末或配成溶液後與海藻酸鈉溶液均勻混合。
2. 按照基本操作步驟(三)，置入氯化鈣溶液中。

(六) 雙氧水製氧之基本操作步驟：

1. 將二氧化錳膠球置於微型裝置之反應容器中，
2. 以針筒將雙氧水注射入裝置中，等待五秒排除原本在裝置中之氣體。將氣體排出口以水管接到玻璃注射針筒，記錄針筒被推到刻度 10 所需的時間。

(七) 海藻酸鈣膠條電解實驗之基本操作步驟：

1. 將膠條放於微型電解裝置中，插入電極進行電解實驗。

(八) 膠球膜滲透實驗的基本操作步驟：

1. 將內部非實心之膠球在上方剪一小洞，擠出內部多餘的海藻酸鈉液體，以清水清洗膠球內部。
2. 將欲測試之溶液打入膠球內，置於微型滲透實驗裝置中觀察。
3. 利用相關離子的特性進行檢驗。

【第一部分：膠球，膠條與膠膜製備實驗】

實驗一：比較不同條件(吸取工具，加入方式，加入順序)對製備海藻酸鈣膠球之影響

(一) 實驗步驟：

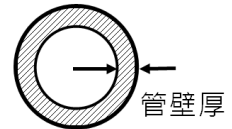
1. 室溫下，以「針筒」吸取 2%海藻酸鈉溶液。
2. 在液體表面約 1 公分處，「慢慢滴入」1%氯化鈣溶液中，如右圖。
3. 3 分鐘後，以勺子將膠球取出，用水沖洗過後，置於蒸餾水中保存。
4. 步驟 1 改使用滴管(下圖)、吸管、量匙(下圖)，重複步驟 2~3 比較結果。
5. 步驟 1 使用針筒，步驟 2 改使用「快速打入」，比較結果。
6. 步驟 1 改使用針筒吸取氯化鈣溶液，步驟 2 慢慢打入海藻酸鈉溶液中。



實驗二：比較不同濃度、時間、鈣來源對製備海藻酸鈣中空膠條管壁厚之影響

(一) 實驗步驟：

1. 參照基本操作(四)製備膠條，分別取用 1%、2%、4%海藻酸鈉；0.5%、1%、2%氯化鈣溶液，浸泡時間分別有 5 min、10 min、15 min。
2. 以游標尺量中空膠條的管壁厚。
3. 改用 1%乳酸鈣溶液取代氯化鈣溶液，浸泡時間分別有 5、10、15 min，重複步驟 2。



實驗三：比較不同鈣來源對製備海藻酸鈣實心膠球之影響

(一) 實驗步驟：

1. 參照基本操作(三)製備膠球，以量匙 1 茶匙取用 2%海藻酸鈉約 15 mL，加入 1%氯化鈣溶液中。浸泡時間 24 hr。
2. 以游標尺量膠球的直徑及比較球的特性。
3. 改用 1%乳酸鈣取代氯化鈣溶液，重複步驟 1 與 2。

實驗四：比較海藻酸鈣膠球在不同溶液中浸泡之影響

(一) 實驗藥品：Na₂CO₃、NaOH、NaCl、NaI、CH₃COOH、KCl、KI(均為 0.1M)

(二) 實驗步驟：

1. 參照基本操作(三)製備膠球，以量匙 1 茶匙取用 2%海藻酸鈉，加入 1%氯化鈣溶液。浸泡時間 24hr 成為實心膠球。
2. 分別將膠球浸泡在 0.01M Na₂CO₃、0.1M Na₂CO₃、NaOH、NaCl、CH₃COOH、0.1M NaI、KCl、KI 溶液與自來水、蒸餾水中。觀察記錄並做比較。

實驗五：比較不同方式製備大型包覆液體之海藻酸鈣膠球

(一) 實驗步驟：

1. 把 320 mL 溶液倒入圓形製冰盒中，置於冰箱上層冷凍 2 hr 結冰。
2. 取出冰球放入另一裝滿氯化鈣溶液之較大圓形製冰盒中，置於冰箱上層冷凍 2 hr。
3. 將含有欲包覆物質之氯化鈣冰球以勺子泡入海藻酸鈉溶液中，待表面形成一層薄膜，撈出泡清水，等內部冰塊融化，即可形成液體膠球。
4. 比較大型水球的特性。

【第二部分：雙氧水分解製氧實驗】

實驗六：比較不同含量二氧化錳製備膠球對製氧反應之影響

(一) 實驗步驟：

1. 參照基本操作(五)，將二氧化錳粉末與海藻酸鈉溶液以質量比(A) 1 : 15 或(B) 1 : 20 混合均勻製備膠球。
2. 參照基本操作(六)進行製氧實驗。

實驗七：比較不同顆數二氧化錳膠球對製氧反應之影響

(一) 實驗步驟：

1. 分別取用二氧化錳膠球 10 顆、20 顆、30 顆與 40 顆進行實驗。
2. 參照基本操作(六)進行製氧實驗。

實驗八：探討置放不同天數之二氧化錳膠球對製氧反應之影響

(一) 實驗步驟：

1. 取用剛製備好之二氧化錳膠球，分別浸泡在水中 1、2 與 3 天。
2. 參照基本操作(六)進行製氧實驗。

實驗九：探討浸泡在不同溶液中對膠球大小的影響及不同粒徑膠球對雙氧水分解的影響

(一) 實驗步驟：

1. 分別將二氧化錳膠球浸泡在 1%氯化鈣與蒸餾水中。
2. 分別 1、2 與 3 天後，以游標尺量膠球的直徑。
3. 選擇膠球 1 與膠球 3，參照基本操作(六)進行製氧實驗。

實驗十：探討二氧化錳膠球重複進行雙氧水分解的影響

(一) 實驗步驟：

1. 將 40 顆二氧化錳膠球與 35%雙氧水進行製氧反應。
2. 將反應完之膠球浸泡在水中 24 小時，再重複進行製氧反應。
3. 重複步驟 2，回收再使用二氧化錳膠球。

實驗十一：探討不同雙氧水濃度的影響

(一) 實驗步驟：

1. 參照基本操作(六)進行製氧實驗。雙氧水濃度有 20%、35%。

實驗十二：以天平測量雙氧水分解之質量測定反應速率

(一) 實驗步驟：

1. 將 5g 二氧化錳膠球(4.5mm)置於 50 mL 燒杯，置放於天平上。
2. 打入 1 g 35%雙氧水後，錄影記錄質量隨時間的變化。
3. 改變二氧化錳膠球質量 7.5 g 與 10 g，重複步驟 2。



【第三部分：膠條電解實驗或膠球其他相關實驗】

實驗十三：比較不同電極對電解海藻酸鈉反應之影響

(一) 實驗步驟：

1. 取 2%海藻酸鈉做為電解液。以燒杯為電解裝置。使用乾電池(6V)為電源，導線兩端接上碳棒做為電極。觀察電解的情形。
2. 電極部分以銅棒、迴紋針重覆上述實驗。

實驗十四：探討在膠條上進行電解不同物質的實驗

(一) 試劑：KI、KNO₃、NaNO₃、CuSO₄ 溶液

(二) 實驗步驟：

1. 參考基本操作(五)，將海藻酸鈉與等量之 2% KI 混合均勻，再與氯化鈣溶液反應形成膠條。取海藻酸鈉 10 mL 分別滴入 5 滴廣用指示劑、5 滴酚酞指示劑再與氯化鈣溶液反應形成膠條。取海藻酸鈉 10mL 滴入 2%CuSO₄ 中形成膠條。
2. 打開電源後，電解(純海藻酸鈣膠條，含 KI，含硫酸銅、含有廣用指示劑、含有酚酞指示劑)觀察電解結果。

實驗十五：以膠球進行沉澱的實驗

(一) 試劑：KI、Pb(NO₃)₂、Na₂CO₃ 溶液

(二) 實驗步驟：

1. 參考基本操作(五)，將 10 mL 海藻酸鈉分別與 5 mL 之 2% KI 混合，再與氯化鈣形成膠球。置於氯化鈣溶液中 24 小時成為實心膠球。
2. 取 Pb(NO₃)₂ 溶液滴在含有 KI 的實心膠球上，觀察膠球表面的沉澱反應。
3. 改以 Na₂CO₃ 溶液滴在海藻酸鈣的實心膠球上，觀察膠球表面的沉澱反應。

實驗十六：以膠球進行置換反應

(一) 試劑：鋅片、CuSO₄ 溶液

(二) 實驗步驟：

1. 以量匙 1 茶匙取海藻酸鈉溶液，直接放入硫酸銅溶液中形成膠球。
2. 置於 CuSO₄ 溶液中 24 小時，成為實心膠球。
3. 取鋅條插入膠球中，觀察置換反應。

實驗十七：以膠球進行電池放電反應

(一) 試劑：KI、KMnO₄ 溶液

(二) 實驗步驟：

1. 參考基本操作(五)將 10 mL 海藻酸鈉與 5 mL 2% KI 混合，再與氯化鈣形成膠球。
將 10 mL 海藻酸鈉與 5mL 2% KMnO₄ 混合，再與氯化鈣形成膠球。
2. 置於氯化鈣中 24 小時，成為實心膠球。
3. 將含有 KI 的實心膠球放入 2% KMnO₄ 溶液中，2 支迴紋針分別插在膠球內及部分浸泡在 KMnO₄ 溶液中，接上三用電表，錄影記錄隨時間的電壓變化。
4. 將含有 KMnO₄ 的實心膠球放入 2% KI 溶液中，將 2 支迴紋針分別部分插在膠球內及部分浸泡在 KI 溶液中，接上三用電表，錄影記錄隨時間的電壓變化。



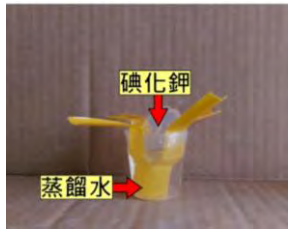
【第四部分：球膜滲透實驗】

實驗十八：探討不同離子溶液在海藻酸鈣球膜中滲透情形

(一) 試劑：Na₂CO₃、CaCl₂、KI、Pb(NO₃)₂ 溶液

(二) 實驗步驟：

1. 參照基本操作步驟(八)。
2. 操縱變因分別有不同的電解質溶液：0.05 M Na₂CO₃、0.1 M CaCl₂、2% KI。
3. 利用微型滲透裝置，分別依下表將檢驗溶液加在球膜中和小藥杯中。
4. 記錄溶液之情形與待測膜之變化。

膜內	Na ₂ CO ₃	CaCl ₂	KI
藥杯	CaCl ₂	Na ₂ CO ₃	H ₂ O
裝置			

陸、研究結果

【第一部分：膠球，膠條與膠膜製備實驗】

一、進行【實驗一】所得結果，整理於(表一)。

(表一) 不同變因對製備海藻酸鈣膠球或膠條的比較

變因：吸取工具	來源	價錢	特性與優缺點
針筒	易	5 元	可以重複使用，但較難控制打入的量，滴入的粒徑大小無法改變
滴管	易	2 元	可以重複使用，滴入可用手壓控制，滴入的粒徑大小可以經由修剪管口而改變
量匙	易	80 元/組	可以重複使用，用來製造大顆膠球，直徑 3 cm 以上

變因：加入方式	特性與優缺點	變因：加入順序	特性與優缺點
慢慢滴入	會形成小球狀，若滴加速度差異不大，球的粒徑大小差異不大	海藻酸鈉加入 氯化鈣	海藻酸鈉為限量試劑，一滴入即可形成膠球
快速打入	會形成小球帶有末端長條狀，類似蝌蚪狀，或者很不規則的凝膠	氯化鈣加入 海藻酸鈉	無法控制成為球形或長條狀形狀

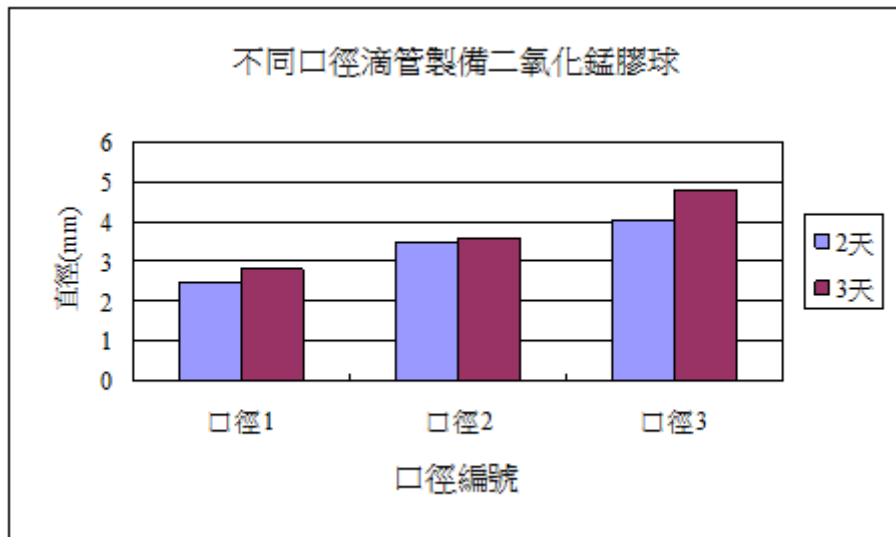
(一) 我們剛開始依照網路上 NTCU 科學實驗室「化學粉圓與麵條」實驗進行測試，由於我們想將粉圓和麵條加以運用在國中理化實驗中，因此想要製造較大顆的膠球或者較厚的膠條，所以採用除了滴管以外的工具或者滴管加以修改。最終，使用量匙，可以製造出直徑 3 cm 以上的大顆膠球。

(二) 滴管經由修剪口徑，我們嘗試了三種尺寸大小，如圖所示，以添加二氧化錳做成的膠球，比較其粒徑大小並置放於水中 2 至 3 天，結果整理於(表二)與圖(四)，結果發現口徑愈大的滴管可以製造較大顆的膠球，直徑可以從 2.5~5.0 mm 之間。而浸泡在水中，顆粒均有變大的趨勢。



(表二)不同口徑滴管形成之膠球粒徑大小與浸泡於水中天數的差別

天數(天)	口徑編號		
	1	2	3
2	2.47	3.48	4.07
3	2.78	3.60	4.78



圖(四) 不同口徑滴管形成之膠球粒徑大小

- (三) 若將海藻酸鈉溶液慢慢滴入氯化鈣溶液中，可形成小顆粒，滴加速率約 60 滴/min。若快速滴入或者直接倒入，則會有成團不規則的凝膠。
- (四) 海藻酸鈉滴入氯化鈣中，可以確保海藻酸鈉與鈣離子形成膠球狀，也比較不會浪費海藻酸鈉；但對於形成凝膠，兩者皆可。
- (五) 綜合以上三個因素的測試，若想製造大小較均勻的小膠球的，採用滴管吸取海藻酸鈉溶液，慢慢滴入氯化鈣溶液中；若想製造大顆膠球，則以量匙 1 茶匙取海藻酸鈉溶液 15 mL，慢慢放入氯化鈣溶液中，等待一段時間可以成實心球或具有空心的膠球膜。

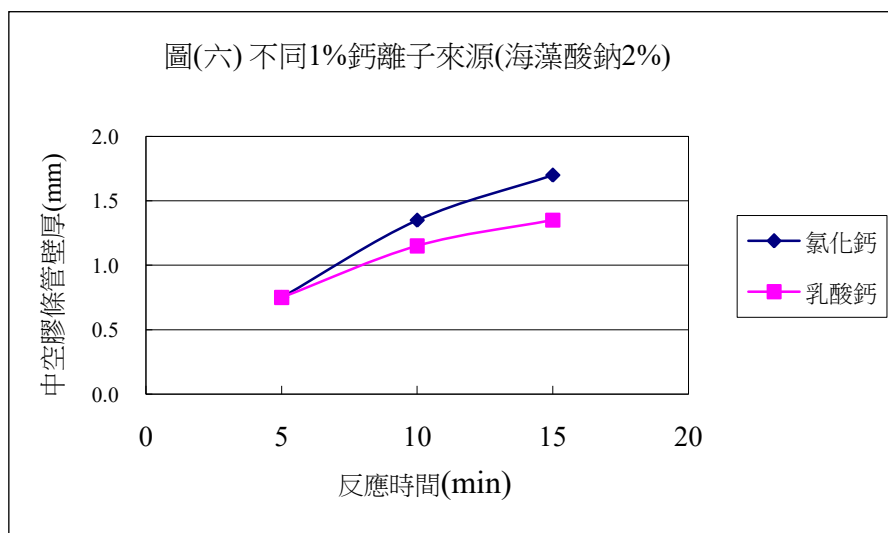
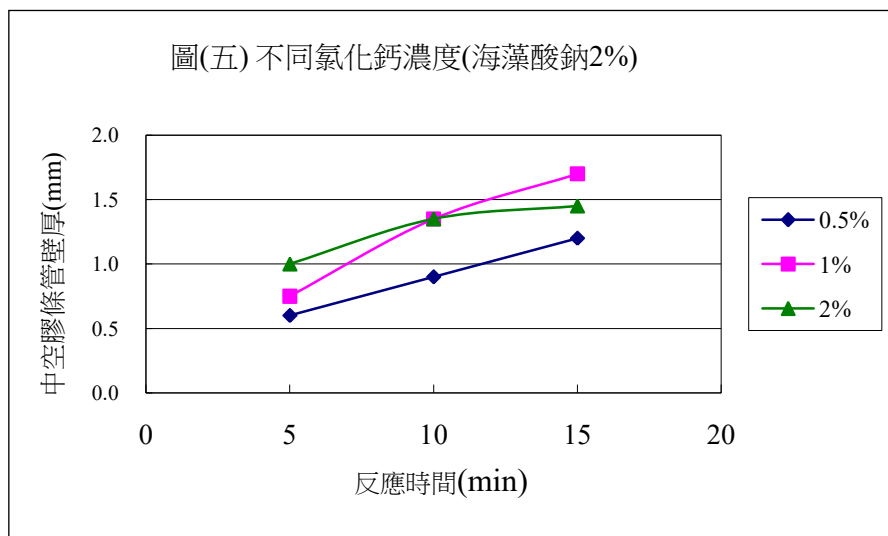
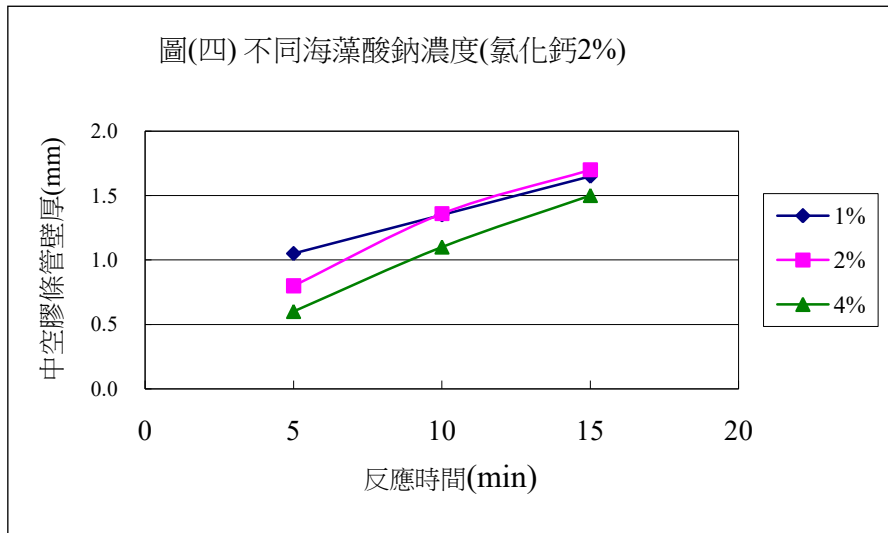
二、進行【實驗二】所得結果，整理於(表三)。中空膠條管壁厚隨時間之變化圖，見圖(四)~圖(六)。

(表三)不同變因下所測得之中空膠條管壁厚(mm)

控制變因：1%氯化鈣				
操縱變因：海藻酸鈉濃度 浸泡時間				
% \ min	1	2	4	
5	1.05	0.80	0.60	
10	1.35	1.36	1.10	
15	1.65	1.70	1.50	

控制變因：2%海藻酸鈉				
操縱變因：氯化鈣濃度 浸泡時間				
% \ min	0.5	1	2	
5	0.60	0.75	1.00	
10	0.90	1.35	1.35	
15	1.20	1.70	1.45	

控制變因：2%海藻酸鈉			
操縱變因：不同 1%鈣來源 浸泡時間			
min \	氯化鈣	乳酸鈣	
5	0.75	0.75	
10	1.35	1.15	
15	1.70	1.35	



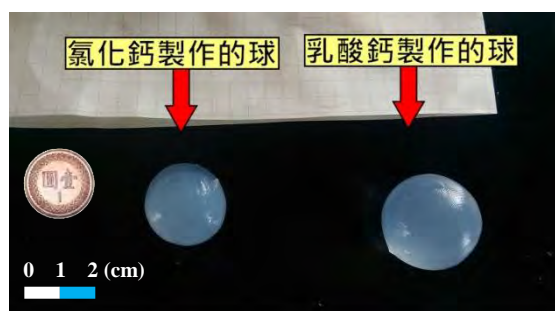
我們選用三種條件(海藻酸鈉濃度、氯化鈣濃度與不同鈣離子來源)去測量不同反應時間下，所形成具有中空結構膠條的膜厚。

- (一) 就所有不同濃度的海藻酸鈉或氯化鈣或乳酸鈣，其所形成的中空膠條管壁厚大多隨著時間增加而有變厚的趨勢。
- (二) 同樣是 5 min 反應時間與 2%氯化鈣溶液時，管壁厚是使用 1%的海藻酸鈉較厚，其次是 2%，最濃的 4%反而最薄。但到了 10 至 15 min，1%與 2%的海藻酸鈉所形成的中空膠條管壁厚差異不大，因此以減量的想法，若無特別需求，海藻酸鈉溶液配製 1%即可。
- (三) 而改變氯化鈣濃度時，0.5 %的情況所形成的管壁均較薄，所以若要有較厚的管壁，氯化鈣濃度選擇 1% ~2%較適當。
- (四) 至於鈣離子來源，若是以食用考量，乳酸鈣沒有氯離子的殘留問題，所以可以乳酸鈣為來源，但若就本研究並無食用的考量，所以仍以較便宜容易取得的氯化鈣為鈣離子的來源。
- (五) 若想要成為實心膠條，則要讓反應時間超過 30 min 以上即可。

三、 進行【實驗三、實驗四】所得結果整理如(表四)與圖(七)：

所欲探討的變因有不同鈣離子來源、浸泡於不同溶液中。

(表四)	膠球直徑	膠球外形	膠球顏色	膠球特性
氯化鈣實心球	2.13 cm	內部實心外部有一層薄膜	乳白色	表皮有皺摺沒彈性
乳酸鈣實心球	2.47 cm	渾圓全實心	乳白色	表面光滑有彈性



圖(七) 兩種膠球的外觀

我們利用氯化鈣和乳酸鈣提供不同的鈣離子來源，進行大膠球的製備，發現了：

- (一) 膠球直徑大小比較：氯化鈣實心球較乳酸鈣實心球小，且形狀無法呈完整球形。
- (二) 氯化鈣製成的實心球內部實心，但是外部另有一層摸起來軟軟的薄膜；乳酸鈣製成的實心球則整顆實心，有較堅硬的外皮。

(三) 氯化鈣和乳酸鈣製成的實心球顏色皆為乳白色。

(四) 氯化鈣實心球表面粗糙有皺摺且沒有彈性；乳酸鈣實心球表面光滑密實有彈性。

進一步進行實驗四，我們將膠球浸泡於不同溶液中，考慮了濃度、含鈉離子與否、自來水或蒸餾水與酸鹼環境四個變因，觀察結果整理於(表五)。

(表五)	不同濃度 Na_2CO_3		不同水來源	
浸泡溶液	0.01M Na_2CO_3	0.1M Na_2CO_3	自來水	蒸餾水
結果	未使海藻酸鈣膠球崩解	使海藻酸鈣膠球崩解	沒有明顯改變	沒有明顯改變

(表五)	不同鹽類電解質溶液				酸鹼溶液	
浸泡溶液	NaCl	NaI	KCl	KI	NaOH	CH_3COOH
結果	皆使膠球崩解		沒有明顯改變		膠球崩解	膠球表面產生氣泡

(一) 濃度較低的 Na_2CO_3 不會使海藻酸鈣膠球崩解，因為鈉離子含量少，無法完全和海藻酸鈣進行反應，故得知鈉離子濃度會影響海藻酸鈣的保存結果。

(二) 因為海藻酸鈣會和鈉離子進行反應，故泡入含有一定濃度鈉離子的溶液，海藻酸鈣膠球容易崩解，在選擇保存海藻酸鈣膠球的溶液時，不宜選含鈉離子的溶液。

(三) 原以為自來水當中含的離子會影響保存結果，但可能因為濃度低，所以選擇自來水或蒸餾水的影響不大。

(四) 在酸鹼環境的改變下，泡入鹼性環境時海藻酸鈣也崩解了，但有可能是因為鈉離子，反之酸性環境下海藻酸鈣膠球表面產生氣泡，有微溶的現象。

四、進行【實驗五】的製作過程與結果，彙整於圖(八)：



圖(八) (1)製冰盒裝水 (2)製完冰塊 (3)加入氯化鈣製冰 (4)泡入海藻酸鈣後取出泡清水待冰溶化 (5)水球完成

我們參考「吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測」報告內容，仿製海藻酸鈣膠球，以冰塊內層做為欲包覆物質，外層則為氯化鈣，泡入海藻酸鈉後，氯化鈣融化和海藻酸鈉形成海藻酸鈣薄膜後，撈出泡入清水，製成液體膠球。並比較其膠球和基本操作(三)製成的基本膠球特性：

- (一) 液體膠球內部含欲包覆物質，未實心的基本膠球則含未反應之海藻酸鈉。
- (二) 液體膠球膜厚由浸泡海藻酸鈉的時間控制，通常薄而易破；基本膠球膜厚由浸泡氯化鈣的時間控制。
- (三) 液體膠球可改變包覆物，製造含不同液體的膠球；基本膠球欲含不同溶液，必須將其溶液和海藻酸鈉混和，再滴入氯化鈣。

【第二部分：雙氧水分解製氧實驗】

五、進行【實驗六~實驗八】：

所得結果整理如於(表六)，速率隨相關變因之關係整理於圖(九)~圖(十一)：

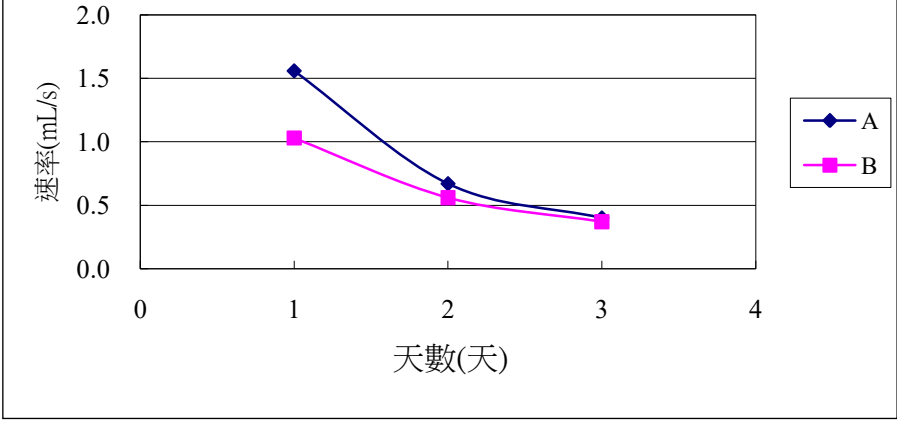
(表六)不同變因下所測得之氧氣生成時間或速率

控制變因：1%氯化鈣，H ₂ O ₂ (35%, 1.5 g)，V _{O₂} =10 mL								
操縱變因：不同比例 置放天數			操縱變因：不同顆數			操縱變因：保存不同天數		
天	V _{A(1:15)} (mL/s)	V _{B(1:20)} (mL/s)	顆	T (s)	V (mL/s)	天	T (s)	V (mL/s)
1	1.56	1.03	10	23.00	0.43	1	6.35	1.58
2	0.67	0.56	20	11.00	0.91	2	10.00	1.00
3	0.40	0.37	30	7.00	1.43	3	17.00	0.59
			40	6.30	1.59			

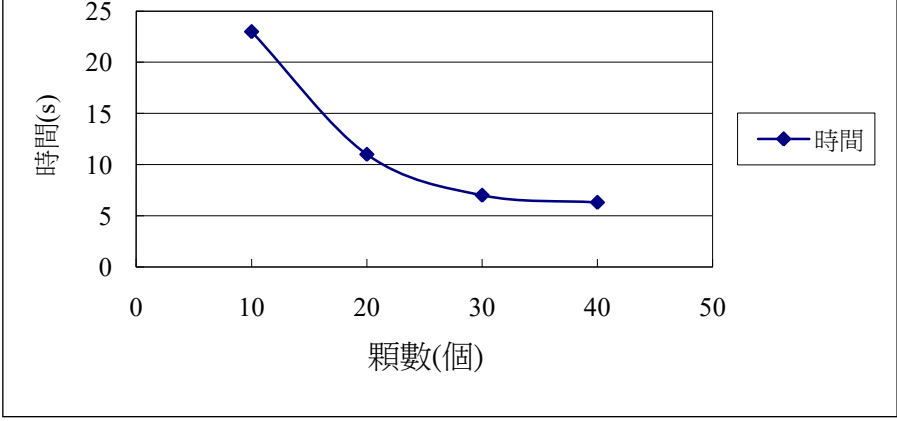
我們將二氧化錳加入海藻酸鈉中，用不同比例所做的膠球來與雙氧水做分解反應：

- (一) 二氧化錳：海藻酸鈉的比例 A(1：15)、B(1：20)，A 比 B 反應時間還要快，因為二氧化錳的比例相對較多，所以產生 10 mL 氧氣的速度比較快。
- (二) 所使用的膠球數量愈多，也可以縮短收集固定量氧氣的時間。
- (三) 保存時間愈久，收集固定量氧氣所需時間較長。

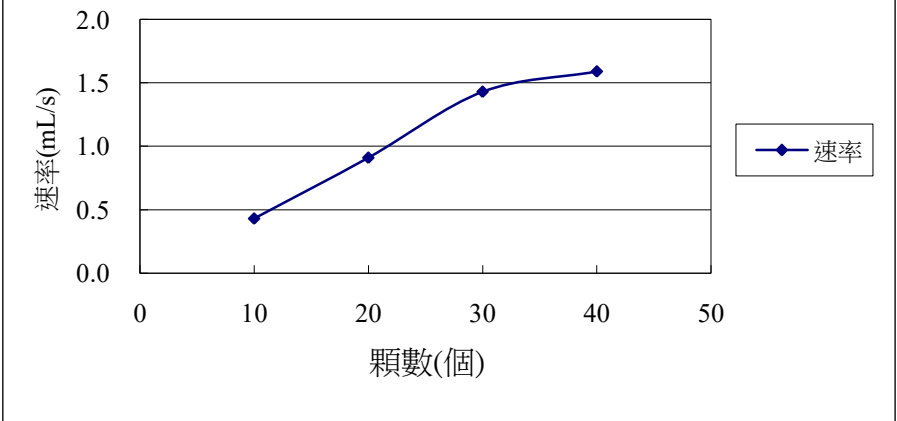
圖(九) 不同比例二氧化錳膠球製氧的速率

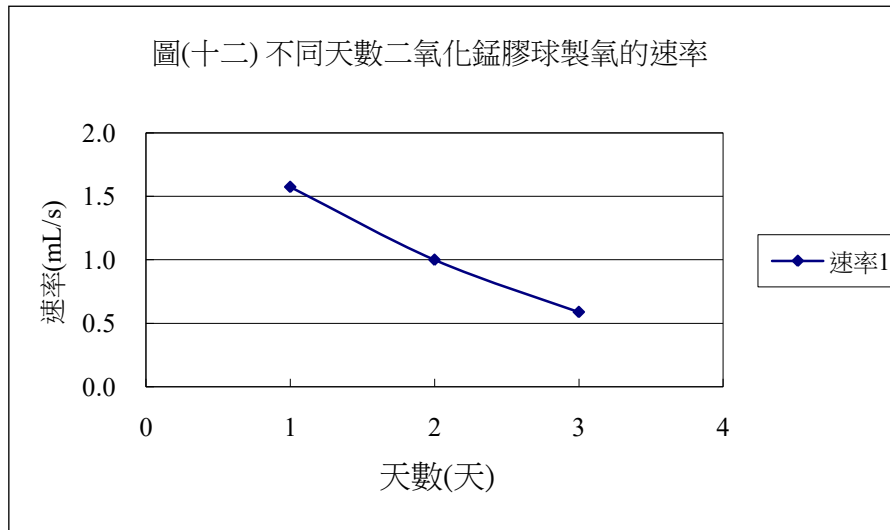


圖(十) 不同顆數二氧化錳膠球製氧10 mL所需的時間



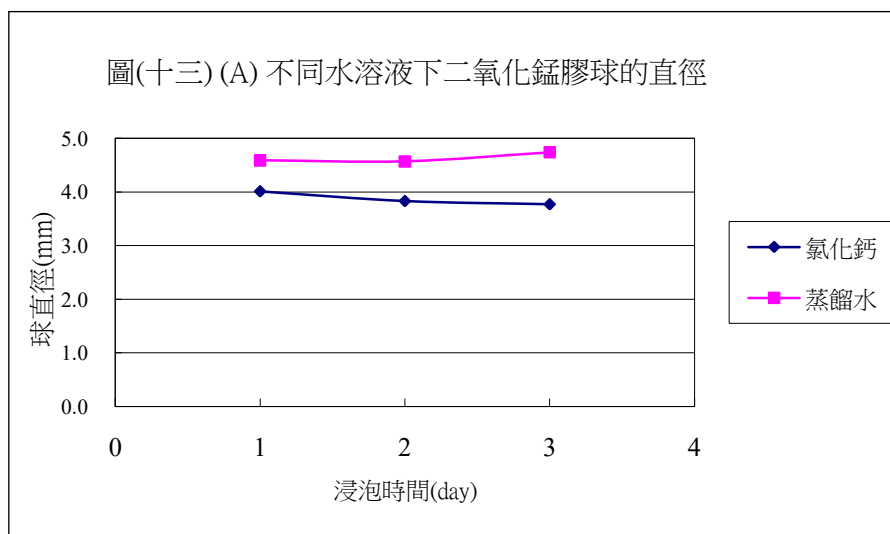
圖(十一) 不同顆數二氧化錳膠球製氧的速率





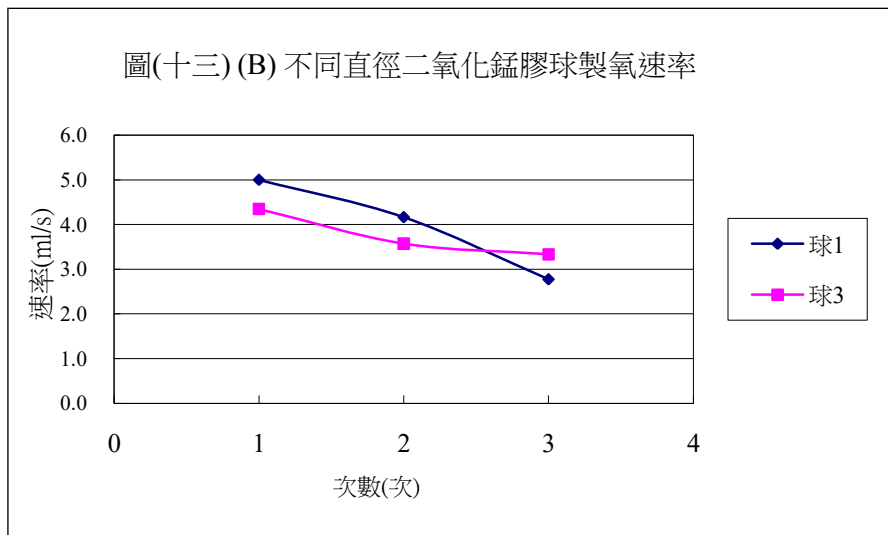
我們利用相同比例之二氧化錳膠球，比較放置相同水溶液，但時間不同的情況下，產生固定量氧氣所需要的時間與反應速率，發現將膠球置放於蒸餾水中愈多天，所需要的時間會變長，即反應速率會變慢，三天後約為初始的 1/3。收集氧氣與放置天數時間有一定關係。

六、進行【實驗九】所得的結果列於下：



我們將二氧化錳膠球分別置放於氯化鈣水溶液與蒸餾水中，探討膠球在不同溶液中、浸泡不同天數其口徑大小：

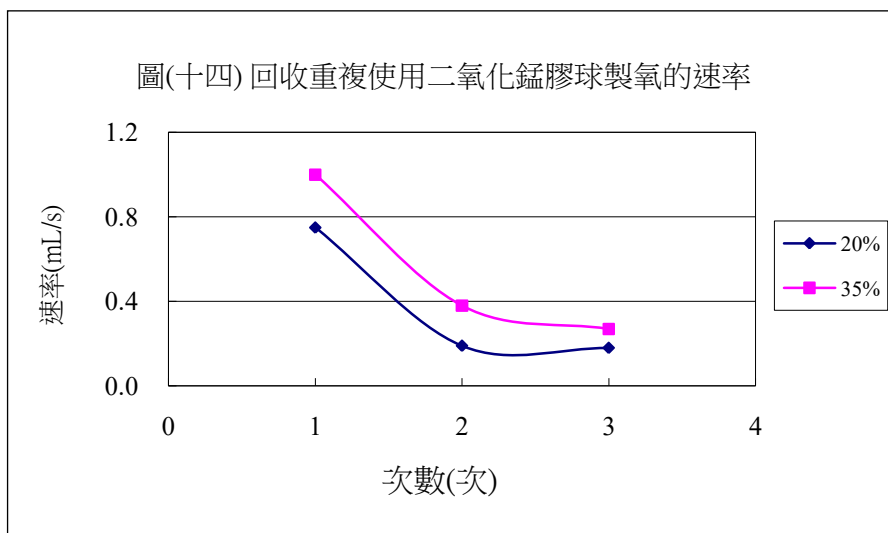
- (一) 放置於蒸餾水中，粒徑會明顯大於在氯化鈣溶液中。
- (二) 浸泡於氯化鈣溶液愈多天，粒徑變小。
- (三) 置於蒸餾水愈多天，粒徑會慢慢變大。



我們進一步使用含有等量二氧化錳的兩種不同直徑的膠球來進行雙氧水的分解實驗，所得結果如圖(十三)(B)所示：

- (一) 在第一、二次反應時，小球的速率比大球快，這明顯與小球的表面積較大有關；但小球的速率變化量較大，因此在第三次反應時，反而是大球比較快。
- (二) 在大球的製氧實驗中，第一次明顯大於第二次與第三次，而第二、三次的速率差不多。
- (三) 在小球的製氧實驗中，第一、二、三次的速率明顯相差很大，且第一次>第二次>第三次，反應次數愈多，速率愈慢。

七、進行【實驗十與實驗十一】所得的結果列於下：



我們為了達到環保的概念，探討了重覆使用膠球對製造氧氣的速率快慢之差別：重覆次數愈多，效果變差，但仍有催化的效果。

我們想進一步了解，是否為雙氧水濃度太高，會破壞膠球結構，所以進一步改變雙氧水濃度。一開始作實驗時，決定以高濃度之雙氧水來進行製氧以提高分解速率，後來我們稀釋了雙氧水，使其降至 20%，而結果：

- (一) 20%的雙氧水比 35%的速度慢，但不會差距太大。
- (二) 使用 20%腐蝕性比使用 35%的弱，比較安全。

八、 進行【實驗十二】所得的結果列於下：

我們進一步想利用在開放系統中，雙氧水分解會產生氧氣而逃逸，所以會導致系統總質量減少，可以以此數據來當作氧氣的生成速率判定。所得結果整理於(表七)，反應質量減少量隨時間之關係圖，見圖(十五)與圖(十六)。

(表七)不同質量膠球下所測得之反應總質量變化

控制變因：H ₂ O ₂ (35%, 1g) ，膠球直徑(4.5mm)						
操縱變因：二氧化錳膠球不同質量				操縱變因：不同質量+15 g H ₂ O		
時間(s)	5 g	7.5 g	10 g	時間(s)	5 g	10 g
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
30	0.16	0.16	0.12	30	0.02	0.04
60	0.20	0.17	0.14	60	0.04	0.08
90	0.22	0.18	0.15	90	0.06	0.09
120	0.24	0.19	0.15	120	0.08	0.11
150	0.24	0.21	0.16	150	0.09	0.13
180	0.27	0.22	0.17	180	0.11	0.15
210	0.27	0.22	0.17	210	0.12	0.17
240	0.28	0.23	0.18	240	0.14	0.17
270	0.28	0.24	0.19	270	0.15	0.19
300	0.30	0.24	0.19	300	0.16	0.20

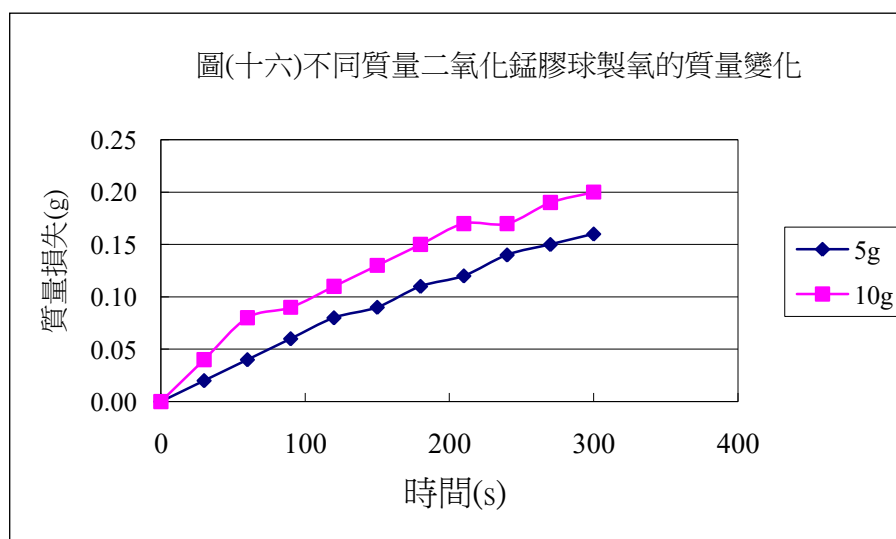
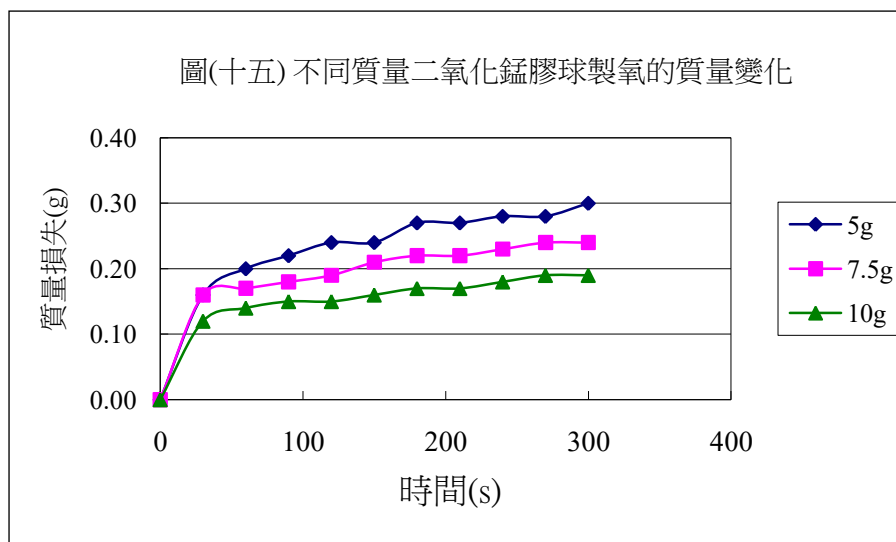
我們用球徑平均約為 4.5mm 的二氧化錳膠球，分別取 5g、7.5g、10g，並加入 1g 的雙氧水進行製氧實驗，觀察並比較其質量隨時間的變化，根據實驗結果，我們發現：

- (一) 前三十秒的質量變化量在不同質量膠球實驗中皆最大。
- (二) 使用 5g 膠球的整體質量消耗變化量曲線較不平緩，7.5g 和 10g 的質量消耗變化量曲線在 30 秒後，幾乎以每 30 秒增加 0.01g 的速率增加，在 30 秒後的曲線兩者近乎平行。質量越大，反應速率改變較規律。

(三) 二氧化錳膠球所使用的質量較少時，在同樣時間內反應速率反而越快，由於這和我們的假說不合，因此我們猜測由於雙氧水含量少，無法完全覆蓋膠球，導致質量越少反而接觸面積增大，因此我們加入 15g 完整覆蓋膠球再次進行實驗。

為了讓二氧化錳膠球完整覆蓋，我們加入 15g 的水分別和 5g、10g 的膠球進行實驗，根據實驗結果我們發現：

- (一) 由於增加 15g 的水，而雙氧水仍保持 1g，整體濃度下降，導致反應速率皆比第一次實驗慢。
- (二) 5g 的質量消耗變化量曲線幾乎呈一直線函數，10g 的質量消耗變化量曲線在前 60 秒反應速率較快，後面的反應較無規律性。
- (三) 加水完整覆蓋後，5g 的二氧化錳膠球和雙氧水的接觸面積比 10g 的二氧化錳膠球少，由於質量和接觸面積成正比，所以質量越大，反應速率也會越快。



【第三部分：膠條電解實驗和膠球其他相關實驗】

九、進行【實驗十三】所得結果整理於(表八)與圖(十七)：

(表八)	操縱變因：電極種類 控制變因：海藻酸鈉溶液為 2%，電源為乾電池(6V)	
電極材質	正極	負極
碳棒	產生 O ₂ 電極外附着一層透明膠狀物	產生 H ₂
銅棒	電極外附着一層規則狀的深綠色物質	產生 H ₂
迴紋針	電極外附着不規則狀的深綠色物質	產生 H ₂

我們使用不同電極來電解 2%海藻酸鈉溶液，並觀察電解後的結果。

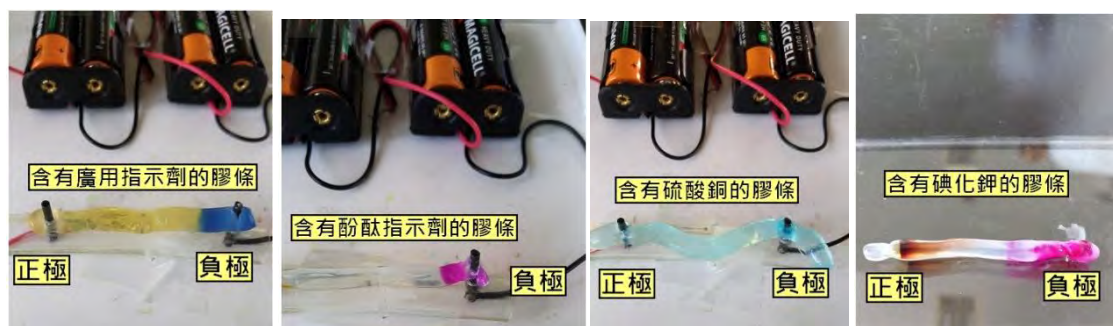
- (一) 無論使用何種電極，負極皆會產生氫氣，滴入酚酞指示劑會變成粉紅色。
- (二) 正極中只有碳棒會產生氧氣。附著在碳棒外的透明凍狀物質地柔軟。
- (三) 銅棒外的綠色包覆物質地緻密有韌性，完整包覆在電極外。
- (四) 迴紋針上的附著物外層質地柔軟，內層的深黑色物質質地堅硬，且會不規則的附著在電極上。



圖(十七) 不同電極電解海藻酸鈉溶液

十、進行【實驗十四】所得結果整理於(表九)與圖(十八)：

(表九)	操縱變因：電解不同物質 控制變因：碳棒為電極，電源為乾電池(1.5V*4)	
所含物質	正極	負極
純海藻酸鈣	產生 O ₂ $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$	產生 H ₂ $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
KI	產生褐色 I ₂ $2\text{I}^-(aq) \rightarrow \text{I}_2(s) + 2e^-$	產生 H ₂ $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
CuSO ₄	產生 O ₂ $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$	電極上析出 Cu，比較藍 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow \text{Cu}(s)$
廣用指示劑	產生 O ₂ ，變紅	產生 H ₂ 變藍
酚酞指示劑	產生 O ₂ ，顏色不變	產生 H ₂ ，變粉紅



圖(十八) 不同電解電解不同膠條

將含有不同物質的海藻酸鈣膠條，放在微型電解裝置上進行電解，並觀察電解後的結果。

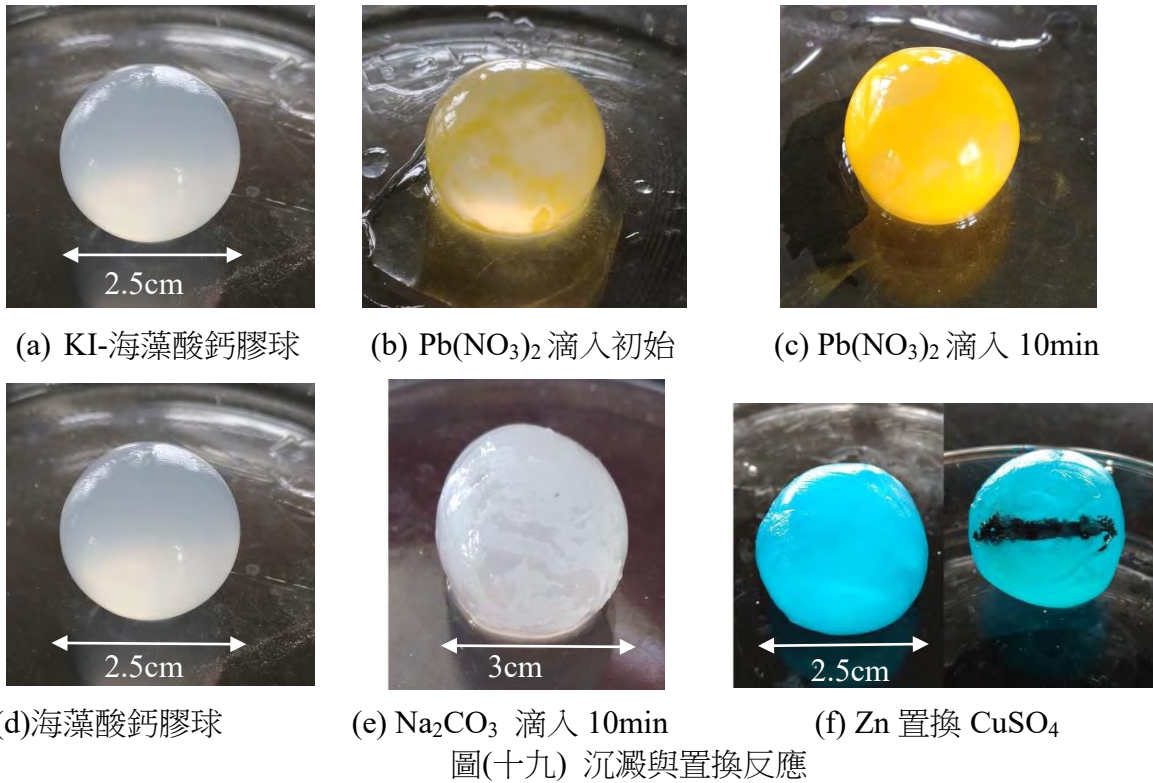
- (一) 電解純海藻酸鈣膠條時，正極會產生氧氣，負極會產生氫氣，在負極滴上酚酞指示劑，會變成粉紅色。
- (二) 電解含有碘化鉀的海藻酸鈣膠條時，正極產生褐色碘，負極會產生氫氣，在負極滴上酚酞指示劑，會變成粉紅色。
- (三) 電解含有硫酸銅的海藻酸鈣膠條時，正極會產生氧氣，而膠條中的銅離子會往負極移動，使得負極附近會比較藍，而負極的電極上有銅析出。
- (四) 電解含有廣用指示劑的海藻酸鈣膠條時，正極產生氧氣，pH 值較小但海藻酸鈣膠條本身就是酸性（膠條顏色為黃色，但海藻酸鈉溶液偏鹼性），所以正極的顏色不會改變，負極會產生氫氣，pH 值較大，會使負極附近變成藍色。
- (五) 電解含有酚酞指示劑的海藻酸鈣膠條時，正極會產生氧氣，顏色不變，負極會產生氫氣，變成粉紅色。

十一、進行【實驗十五、十六】所得結果，見圖(十九)：

此沉澱與置換反應之反應式：



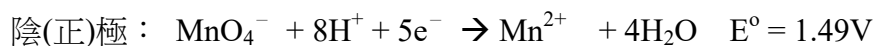
- (一) 將硝酸鉛滴在含有碘化鉀的海藻酸鈣膠球上，膠球中的碘離子，會與鉛離子先在表面反應產生一些黃色的碘化鉛沉澱，隨著時間增長，整顆膠球會呈現明顯的黃色。
- (二) 將碳酸鈉滴在純海藻酸鈣膠球上，膠球中的鈣離子，會與碳酸根離子反應產生白色的碳酸鈣沉澱。
- (三) 將鋅棒插入含有硫酸銅的膠球，由於鋅的活性比銅大，所以鋅會取代銅成為硫酸鋅，鋅棒接觸到的地方會有銅析出。



十二、進行【實驗十七】所得結果整理於(表十)，電壓隨時間之關係圖見圖(二十)：

(表十)	操縱變因：KI 與 KMnO_4 在電池中的狀態	
	控制變因：KI 濃度(2%), KMnO_4 濃度(2%)	
電池狀態	(A)KI 膠球+ KMnO_4 溶液	(B) KMnO_4 膠球+KI 溶液
時間(min)	電壓(V)	電壓(V)
0	0.600	0.210
5	0.558	0.238
10	0.525	0.253
15	0.461	0.252
20	0.451	0.256
25	0.370	0.259

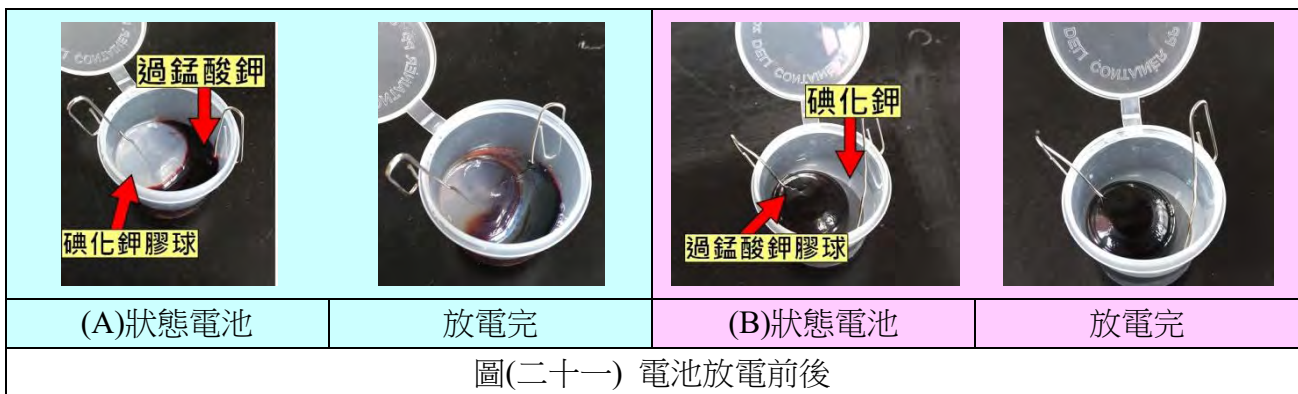
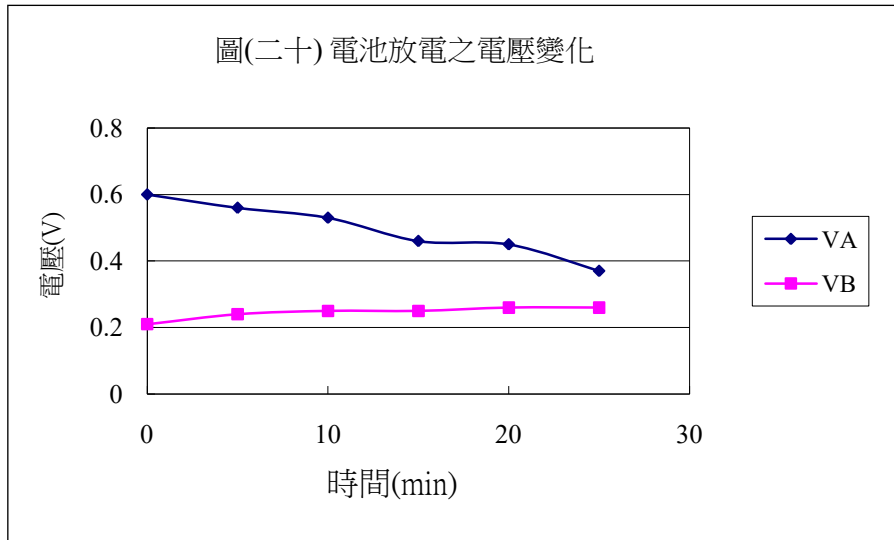
過錳酸鉀和碘化鉀的反應方程式如下，在酸性條件下理論電壓約為 2.02V。



經由記錄不同狀態電池的電壓，我們發現：

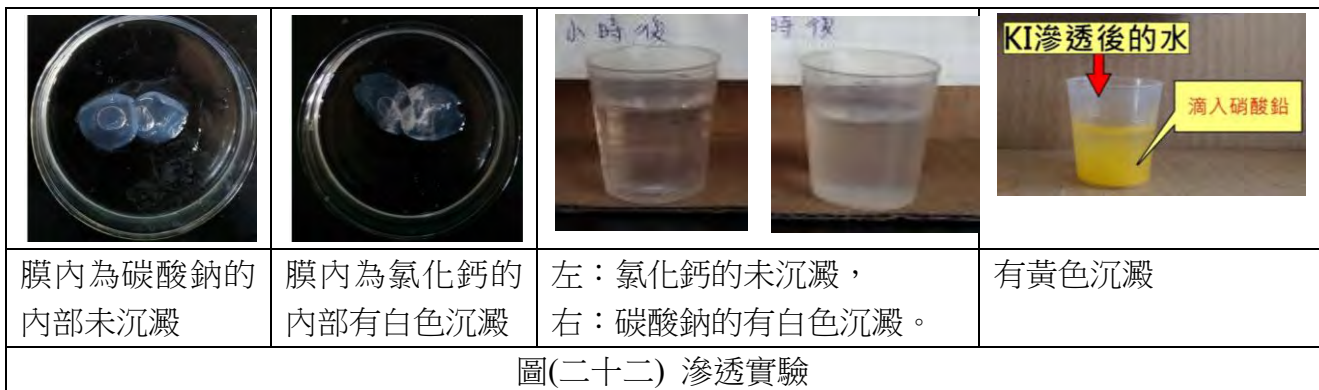
- (一) A 狀態下的電池雖然一開始電壓較高，但隨著時間下降速率較快，且反應後電池較髒亂。見圖(二十一)。B 狀態下的電池一開始電壓會隨時間上升，接著持平，雖然電壓較小，但反應後仍和反應前一樣乾淨。

(二) 由 A 與 B 來比較，A 的電壓較 B 來得高，這可以推測同樣是包覆在膠球內離子，I⁻ 的反應性較 MnO₄⁻ 來得影響較小；而再與理論電壓比較，MnO₄⁻ 在膠球內時其進行化學反應，與在單純溶液中明顯是有所差異，由於膠球顏色頗深，因此並不容易判別其真正的行為。



【第四部分：球膜滲透實驗】

十三、進行【實驗十八】所得結果，見圖(二十二)：



利用 Na_2CO_3 會和 CaCl_2 反應，產生白色的 CaCO_3 沉澱，只要有離子進出球膜，便會產生沉澱。而 KI 會和 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 反應，產生黃色的 PbI_2 沉澱，若 KI 可以滲透到球膜外部的水，在水中滴入 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 便會產生沉澱。根據實驗結果，我們發現：

- (一) 當球膜中盛裝 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ ，藥杯裡裝 $\text{CaCl}_2(\text{aq})$ 時，一小時後觀察發現，球膜內外的溶液皆呈透明，無白色沉澱。
- (二) 當球膜中改盛裝 $\text{CaCl}_2(\text{aq})$ ，藥杯是 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 時，一小時後觀察發現，膜內外皆有白色沉澱。由此證明球膜可以讓鈣離子離開和碳酸根產生沉澱，也可讓碳酸根進入球膜，和鈣離子產生沉澱。
- (三) 當球膜中盛裝 $\text{KI}(\text{aq})$ ，藥杯是 H_2O 時，一小時後取出一小部分杯中的水，滴入 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ ，會產生黃色沉澱。證明 I^- 會滲透出球膜，使得外面的水含 I^- ，並與 Pb^{2+} 反應產生沉澱。

柒、討論

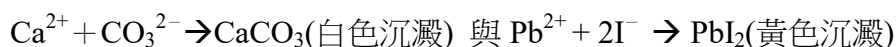
一、就膠「球」製備部分：

- (一) 製作含有硫酸銅的膠球時，使用了飽和硫酸銅，當海藻酸鈉滴到硫酸銅時，由於密度差異，只會浮在表面而無法成球，可是製作膠條時卻剛好相反，藉由這個密度差，只要將針筒連接的吸管口置於液面下，當海藻酸鈉被打出時便會自動上浮，不須用手拉動即可形成長條狀，因此在製作膠球或膠條時，所使用的溶液密度也是考量的因素。
- (二) 將欲添加的物質加在海藻酸鈉內與加在氯化鈣內的差別：
 1. 加在海藻酸鈉內相較於加在氯化鈣，在膠球或膠條內物質的含量較多，但由於海藻酸鈉的含量變少，所以會影響到形成膠球的能力，且不是所有的物質都能使用此方法，例如當硫酸銅碰到海藻酸鈉時會直接反應，如果想製作含有硫酸銅的膠球或膠條，可以選擇將硫酸銅加在氯化鈣內或直接將海藻酸鈉打入硫酸銅。
 2. 加在氯化鈣內雖然影響形成膠球或膠條的能力不大，但由於物質並不是一開始就混在海藻酸鈉內，所以形成膠球或膠條後，含有的物質會比較少，使用此方法並沒有物質的限制，只要可配製成溶液即可。

二、就「滲」透部分：

- (一) 海藻酸鈉之所以可形成膠球，是因為其與氯化鈣的二價鈣離子反應，二價鈣離子可以在兩個海藻酸鈉的分子間形成兩個鍵結，產生具有半透膜性質的球膜。由文獻可知，

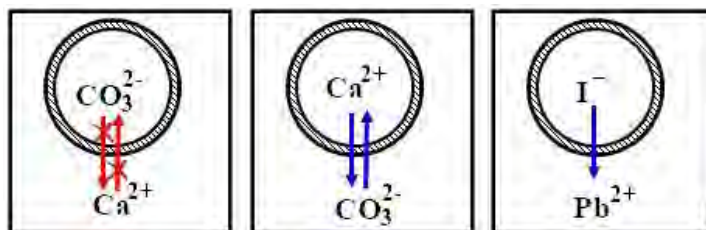
若海藻酸鈉包覆色素，色素可以漸漸滲透出來或者包覆酸鹼指示劑後滴到鹼性的氯化鈣溶液中，OH⁻會滲透到膜內，使得膠球因為遇鹼而變色，像是彩色的小蝌蚪般。但是較少文獻是針對其他離子的滲透行為去探討，因此我們利用兩個沉澱方程式：



分別探討 Ca²⁺、CO₃²⁻與 Pb²⁺、I⁻ 在球膜內或球膜外的滲透情形，四個離子的半徑列於下表。其可否進入球膜的結果示意圖如下：

離子	Ca ²⁺	CO ₃ ²⁻	Pb ²⁺	I ⁻
半徑 (nm)	0.99	1.64	1.2	0.216

**參考無機化學課本



當膜內是 Ca²⁺或 I⁻可以滲透到外面溶液，但若是膜內為 CO₃²⁻則無法進行滲透。而膜外是 CO₃²⁻時可以滲透至膜內。但當膜裡面是 CO₃²⁻時，膜外面是 Ca²⁺卻無法滲透，這情形目前只能就膜的滲透行為並非針對離子有選擇性，而僅是就孔徑大小來阻擋。

(二) 但若一開始膜內是布滿海藻酸鈉溶液，而外面是氯化鈣溶液時，我們可以確定隨著時間，球膜外面的 Ca²⁺是可以滲透到球膜內部而與海藻酸鈉反應，最後變成實心的膠球。所以，此海藻酸鈉與鈣離子所形成的球膜，並無法具備類似蛋膜或透析膜，來對特定的離子做選擇。

三、就電「解」部分：

(一) 使用膠條作為電解介質相較於傳統電解的優點：

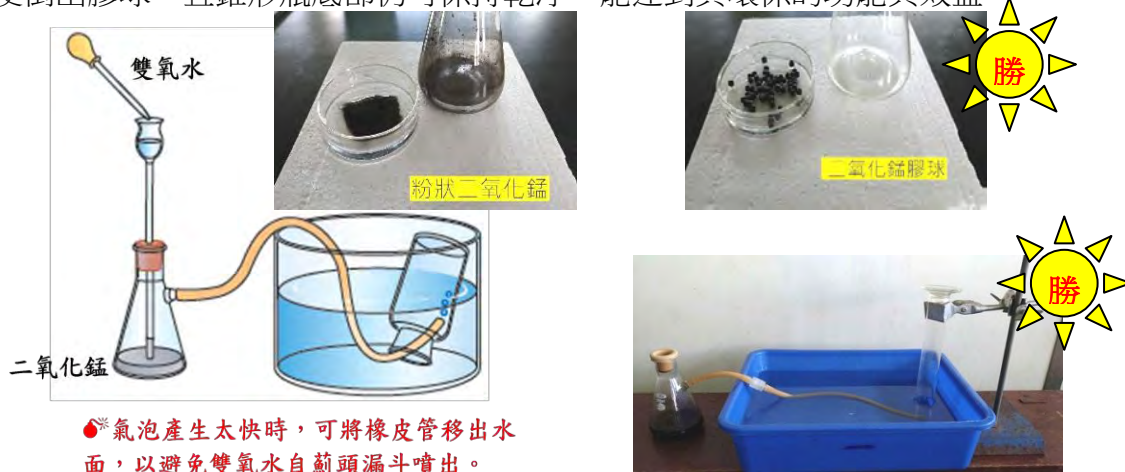
1. 傳統國高中電解實驗，例如電解水和電解 KI，所需的器材較多且大多是玻璃裝置以及含有水溶液，教學上較難將其帶至教室內，若是使用膠條作為介質，每次只需一小條放置可攜帶式的微型電解裝置上，便可達到同樣在定性上觀察的效益。
2. 傳統電解實驗完後產生的廢液量極為龐大，不但浪費藥品，還得花錢處理，使用膠條作為介質，每次只需配製少量溶液，便能製作出許多含有此物質的膠條，不但達到節省藥品，也能大幅縮減廢液的產生。
3. 參考歷屆科展中曾使用粉筆作為電解介質，與膠條比較，兩者皆能達到節省藥品減少廢液的目的，但粉筆的可塑性較差，無法隨著裝置改變形狀或彎曲，膠條卻可以；且在電解的過程中，粉筆不透明，無法觀察到在粉筆內部的反應，這些情況透明的膠條皆可解決。

4. 由電解實驗結果，即使是作為讓海藻酸鈉交聯的二價陽離子來形成膠球和膠條，如 Cu^{2+} 仍可以進行電解析出 Cu ，這是由於這些陽離子與海藻酸鈉是採用物理方法中的離子交聯，同樣地 Ca^{2+} 與 CO_3^{2-} ， Pb^{2+} 與 I^- 也可生成沉澱，所以其陽離子與海藻酸根間的作用力並沒有很大。

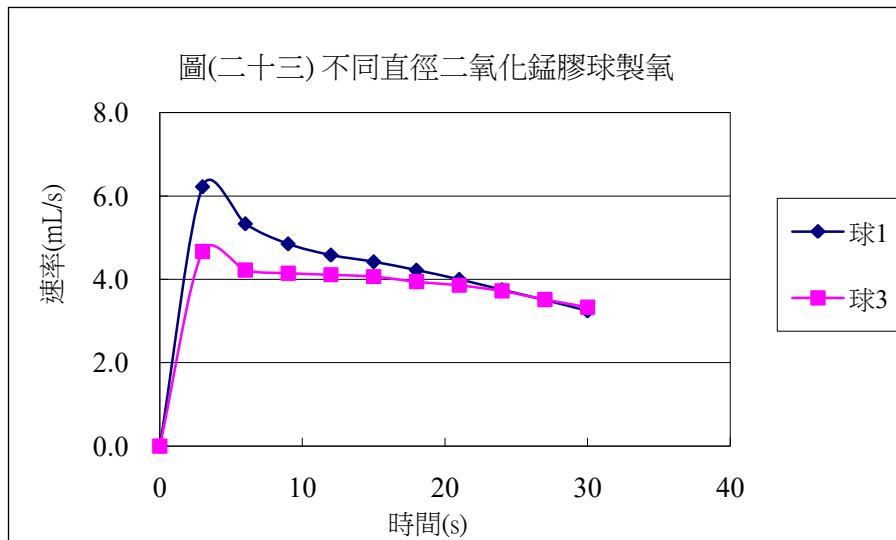
四、雙氧水分「解」部分：

(一) 使用膠球內包覆二氧化錳相較於粉末狀當作催化劑的優點：

1. 課本上雙氧水分解製氧的實驗，其裝置必須使用較大型的玻璃器材，過程中得注意避免雙氧水自薊頭漏斗噴出，甚至噴出時會夾帶大量的黑色粉末。最後要收拾時卻會發現那些黑色的粉末真的不易清理，且過濾瓶底部總是黑黑的難去除。若是使用微型雙氧水分解裝置，每次只需要微量的二氧化錳膠球，便可達到觀察定性的效果。若一樣要使用大型玻璃器皿時，使用含二氧化錳之膠球當催化劑，反應完後可以方便倒出膠球，且錐形瓶底部仍可保持乾淨，能達到具環保的功能與效益。



2. 為了比較二氧化錳粉末與二氧化錳膠球製備雙氧水的速率差異，我們改以實驗室的過濾瓶(250mL)作為反應容器，但是以 Septa 封口，針筒打入雙氧水的方式，選用二氧化錳膠球 1 與球 3 來當作催化劑，再以倒置的量筒裝滿水，排水集氣法收集氧氣來測定分解速率，其結果整理於圖(二十三)。二氧化錳粉末：二氧化錳膠球的氧氣生成速率比約為 10：1。雖然使用二氧化錳粉末很快，但若使用 5 g 35% 雙氧水與二氧化錳膠球來收集 100 mL 的氧氣，是可以在 80s 內就完成，因此若以一節課要收集 500 mL，其實使用二氧化錳膠球是可以適用的；值得一提的反而是在課本上所使用的 H_2O_2 量都太過量了，如取 10% 50mL，加上是使用薊頭漏斗，導致產生的氧氣容易逃逸，因此反而會有效率較低的情形。



捌、結論

一、製作膠球或膠條部分：

(一) 無論濃度或鈣來源為何，其所形成的膠條膜厚皆會隨著時間增加而有變厚的趨勢。

同樣是 5min 反應時間與 2%氯化鈣溶液時，膜厚是使用 1%的海藻酸鈉較厚，其次是 2%，最濃的 4%反而最薄。但到了 10 至 15 min，1%與 2%的海藻酸鈉所形成的膜厚差異不大，以減量的想法，若無特別需求，海藻酸鈉溶液配製 1%即可。而改變氯化鈣濃度時，0.5 %的情況所形成的膜均較薄，所以若要有較厚的膜，氯化鈣濃度選擇 1% ~2%較適當。

(二) 製作海藻酸鈣膠球時，欲與海藻酸鈉反應的溶液密度需比海藻酸鈉小，否則海藻酸鈉只會浮在溶液的表面，無法成球，但製作膠條時則反之，如果溶液密度較小，則需用手拉動才會成條，使用密度較大的溶液，海藻酸鈉便會自動浮出液面形成條狀。

二、以二氧化錳膠球催化雙氧水分解製氧的結果：

氧氣生成速率：(一)膠球的顆數：40 顆 > 30 顆 > 20 顆 > 10 顆；(二)二氧化錳膠球與海藻酸鈉的比例：(1 : 15) > (1 : 20)；(三)膠球放置的天數：1 天 > 2 天 > 3 天；(四)重複利用膠球的次數：1 次 > 2 次 > 3 次；(五)雙氧水的濃度：35% > 20%。因此若想推廣二氧化錳膠球來取代現有的二氧化錳粉末，建議採用多顆，二氧化錳比例高，配製完成一天後即使用，此種條件下雙氧水濃度可選用 35%並不會過於激烈。利用海藻酸鈉製成的二氧化錳膠球，不但能有原本的效益，還能達到環保的功能。

三、針對電解部分：

- (一) 海藻酸鈉本身為電解質，使用不同電極電解會有不同的產物。而膠球內所包覆的物質仍保有原本的性質，可以進行電解、沉澱或氧化還原反應。
- (二) 使用膠條或膠球作為電解之介質，可以節省藥品的消耗及廢液的產生，且裝置容易攜帶，在教學上可發揮更大的用途。
- (三) 使用膠球進行沉澱及置換實驗同樣可以達到減少廢液及方便攜帶觀察的目的。

四、球膜滲透實驗：海藻酸鈉和鈣離子製成的海藻酸鈣膜，透過實驗，觀察沉澱結果，發現不同離子的滲透結果有所不同，但是大多數離子皆能滲透，證明此膜對離子沒有嚴格的選擇性。

五、電池放電部分：就 $\text{KMnO}_4\text{-KI}$ 電池所測得之電壓，KI 膠球狀態的電池的電壓較大，但因反應完後髒亂，所以無法重覆使用，而過錳酸鉀膠球狀態的電池電壓較小，但反應完後乾淨，所以可以重覆使用，如果只是要證明放電，使用後者較不浪費藥品。

玖、參考資料或其他

- 一、國中自然與生活科技第三冊，雙氧水分解，康軒出版社。
- 二、國中自然與生活科技第四冊，氧化還原反應，康軒出版社。
- 三、國中自然與生活科技第六冊，電流的化學效應，康軒出版社。
- 四、「化學粉圓與麵條」，科學遊戲實驗室，台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系。
- 五、黃珮瑀、曹家豪、吳沛璇、林璟醇，第四十三屆科展作品國中組化學科-小小晶球真奇妙！桃園縣立福豐國民中學。
- 六、周佳穎、徐芷齊、汪瑞環，第四十三屆中小學科展覽會作品國小組化學科-「晶」益「球」精。台南縣關廟鄉關廟國民小學。
- 七、湯宣擎，第五十五屆中小學科展覽會作品高中組化學科-晶球世紀。國立臺中第二高級中學。
- 八、吳佳蓉、陳彥劭、吳郁婷，第五十六屆科展作品國中組化學科-目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用。臺南市立歸仁國民中學。
- 九、廖哲立、隋典融、陳俊豪，第五十六屆科展作品國小組化學科-吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測。新北市私立及人國民小學。

【評語】 030203

優點：

1. 利用海藻酸鈉作為包覆藥品的載體，改良與應用在國中實驗，達到減量減廢效果，很好的想法! 可重複使用!
2. 題目取題於國中自然與生物科技領域，並改進課程編製之時實驗內容使學生更加了解編制內實驗課程之內容值得嘉許。
3. 實驗紀錄詳盡及數據分析完整。

建議：

1. 未來可結合使用材料之性質進行酸鹼領域方面之探討可使作品更出色。
2. 膠球或膠條對鹽類的作用力為何? 應說明。
3. 遺漏了目錄，建議加入。

作品海報

壹、摘要

針對海藻酸鈉與鈣離子反應時，可以包覆多種物質的特性，我們探討了含有二氧化錳、碘化鉀或酸鹼指示劑的膠球與膠條，將其應用在國中理化的雙氧水製氧、電解與沉澱等實驗；也直接使用海藻酸鈉與銅離子反應形成的膠球，進行電解或置換實驗。其中，製成好清理又能方便實驗的二氧化錳膠球，進行一系列雙氧水分解製氧的控制變因實驗，可以取代目前國中理化實驗中所使用的粉末狀二氧化錳。最後進一步觀察海藻酸鈣膠球膜對不同離子的滲透現象。統整以上結果，利用這些小「球」，可以進行基本的「滲」透實驗，雙氧水分「解」實驗，還有電「解」實驗，這些設計可以達到方便處理、收納、觀察的效益，以及環保又省錢的目的。

貳、研究動機

有一次進入化學實驗室時，看見通風櫥裡堆滿了黑黑的過濾瓶，那是裝有雙氧水分解反應後所剩下的二氧化錳，所以我們想，如果能用其他方式來代替粉末狀的物質，達到具有環保又省時省錢的作用。我們查資料時發現，海藻酸鈉所形成的凝膠可以包覆多種物質，因此想利用此一性質，進一步探討是否能夠運用在國中理化各項實驗中。

參、研究目的

本作品主要利用海藻酸鈉與鈣離子形成的膠球或膠條，進行不同物質的包覆，使其能運用於國中理化實驗，如雙氧水分解實驗、沉澱、置換與電解實驗等。

- 一、找尋海藻酸鈉與鈣離子形成的膠球、膠條、中空膠條管壁厚的最佳化實驗條件。
- 二、探討不同海藻酸鈉濃度、鈣離子濃度與種類或反應時間對於中空膠條管壁厚或粒徑大小的影響。
- 三、探討包覆二氧化錳膠球的粒徑大小與催化雙氧水分解的影響。
- 四、探討包覆不同物質膠球或膠條進行電解實驗、沉澱反應、置換反應的情形。
- 五、探討膠球膜的滲透情形。

肆、研究器材

一、膠球或膠條	(一) 配製溶液：滴管、燒杯、量瓶、刮勺、玻棒、電子天平。 (二) 藥品：海藻酸鈉 $((C_6H_7O_6Na)_n)$ 、氯化鈣 $(CaCl_2)$ 、乳酸鈣 $((CH_3CHOHCOO)_2Ca \cdot 5H_2O)$ 、碳酸鈣 $(CaCO_3)$ 、硫酸銅 $(CuSO_4)$ 、碘化鉀 (KI) 、二氧化錳 (MnO_2) 、過錳酸鉀 $(KMnO_4)$ 、碳酸鈉 (Na_2CO_3) 、醋酸 (CH_3COOH) 、食鹽 $(NaCl)$ 、甲殼素、酚酞指示劑、廣用指示劑、雙氧水 (H_2O_2) 、硝酸鉛 $(Pb(NO_3)_2)$ 。 (三) 其他器具：磁石加熱攪拌器、針筒、塑膠吸管、製冰盒、湯杓。
二、測量工具	電池、多功能數位三用電表、游標尺、手機顯微鏡、電子天平。
三、固定工具	熱熔膠槍、熱熔膠條、鐵架、鐵夾、鱷魚夾、鐵氟龍止洩帶。
四、自製裝置	(一) 微型雙氧水製氧裝置：塑膠罐、玻璃注射針筒、二通閥、血清塞(Septa)、水管。 (二) 微型電解裝置：CD盒、鉛筆芯、電池、電池盒、鱷魚夾。 (三) 微型滲透裝置：小藥杯、粗吸管。 (四) 傳統雙氧水製氧裝置：水盆、薊頭漏斗、過濾瓶、集氣瓶、量筒。



微型雙氧水製氧裝置



微型滲透裝置

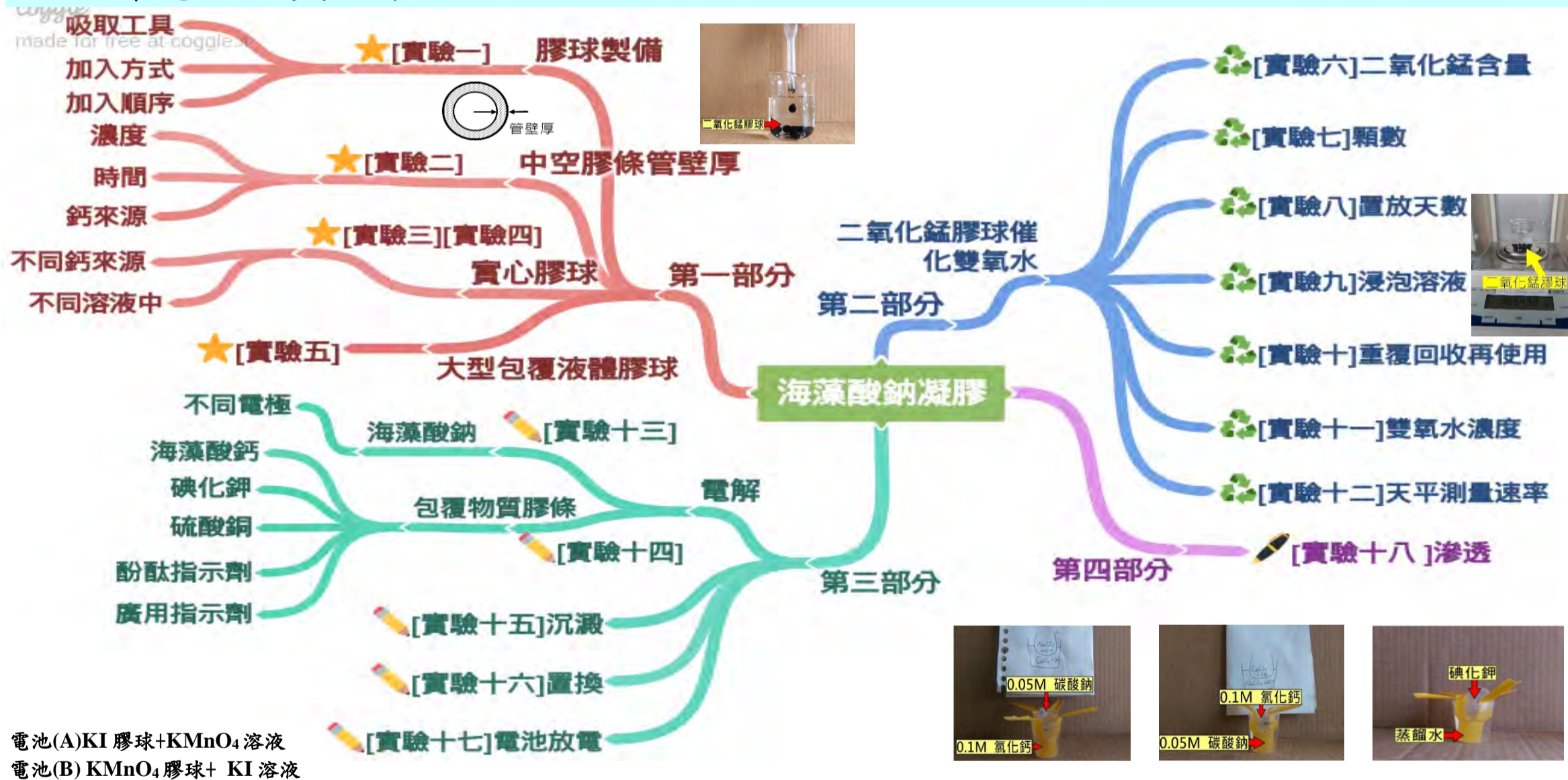


微型電解裝置



傳統雙氧水製氧裝置

伍、研究方法與過程

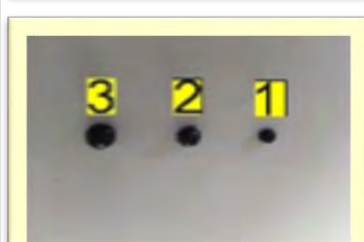
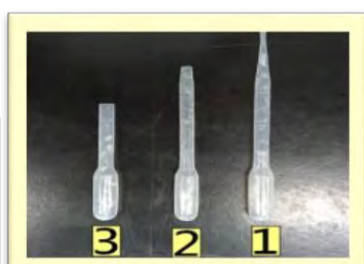
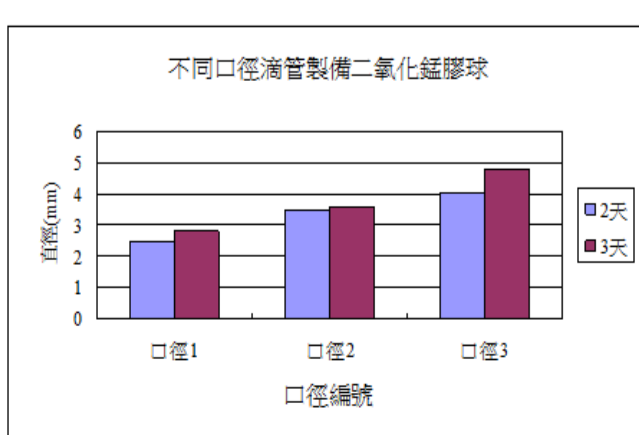


陸、研究結果

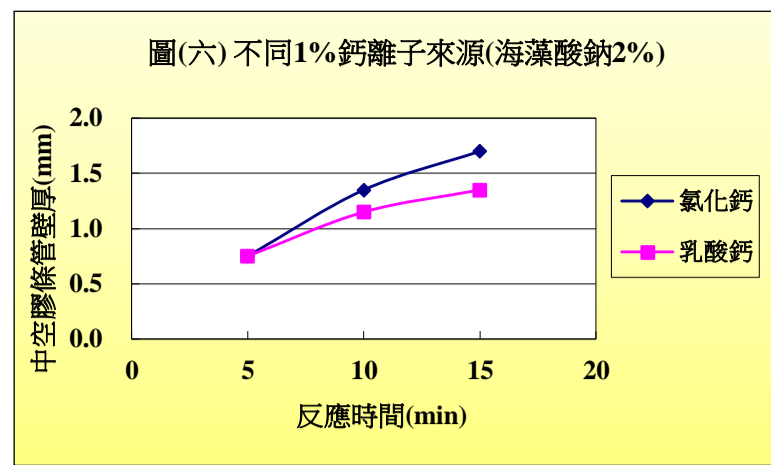
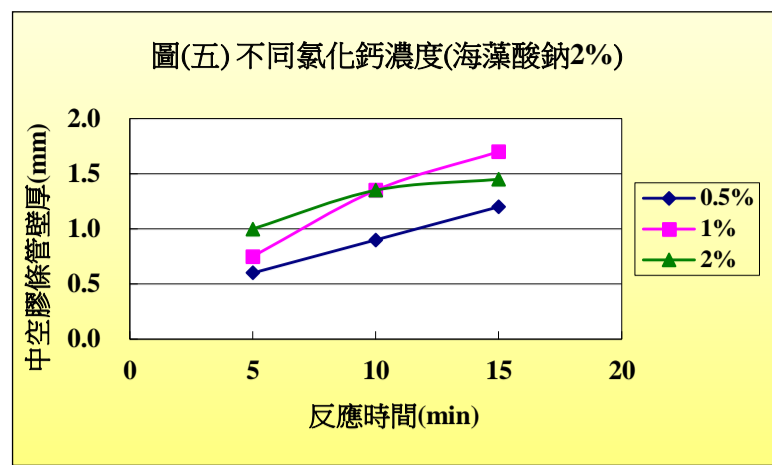
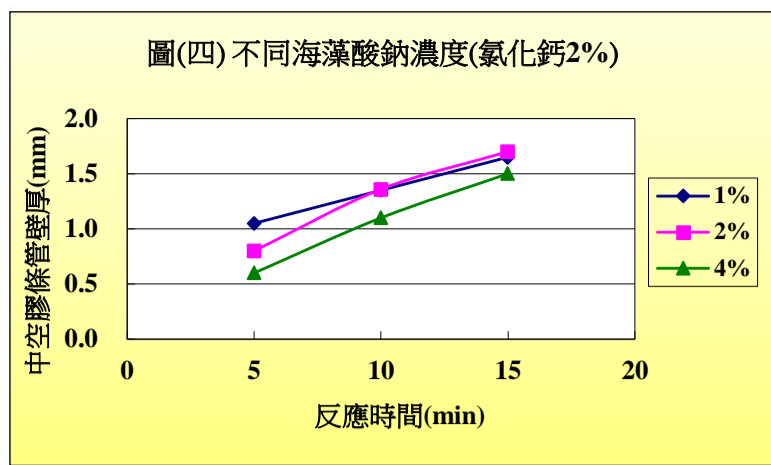
【第一部份：膠球，膠條與膠膜製備實驗】

實驗一：比較不同條件(吸取工具，加入方式，加入順序)對製備海藻酸鈣膠球之影響

變因：吸取工具	特性與優缺點	變因：加入順序	特性與優缺點
針筒	難控制打入的量，用來製造膠條。	海藻酸鈉加入氯化鈣	海藻酸鈉為限量試劑，一滴入即可形成膠球。
滴管	滴入的粒徑大小可經由修剪管口而改變。	氯化鈣加入海藻酸鈉	無法控制成為球形或長條狀形狀。
量匙	用來製造大顆膠球，直徑 3 cm 以上。	海藻酸鈉滴入硫酸銅	因密度而浮在液面而無法成球。



實驗二：比較不同濃度、時間、鈣來源對製備海藻酸鈣中空膠條管壁厚之影響



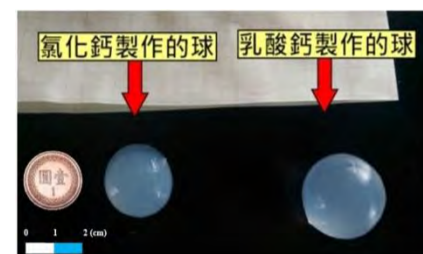
不同濃度的海藻酸鈉或氯化鈣或乳酸鈣，其所形成的中空膠條管壁厚大多隨著時間增加而有變厚的趨勢。同樣是 5 min 與 2% 氯化鈣溶液時，管壁厚 1% > 2% > 4%。10 至 15 min，管壁厚 1% ≈ 2%，因此以減量的想法，若無特別需求，海藻酸鈉溶液配製 1% 即可。而改變氯化鈣濃度時，0.5 % 的情況所形成的管壁均較薄，所以若要有較厚的管壁，氯化鈣濃度選擇 1% ~ 2% 較適當。至於鈣離子來源，若是以食用考量，乳酸鈣沒有氯離子的殘留問題，所以可以乳酸鈣為來源，但若就本研究並無食用的考量，所以仍以較便宜容易取得的氯化鈣為鈣離子的來源。若想要成為實心膠條，則要讓反應時間超過 30 min 以上即可。

實驗三與實驗四：比較不同鈣來源對製備海藻酸鈣實心膠球之影響與膠球在不同溶液中浸泡之影響

(表五)	不同濃度 Na ₂ CO ₃		不同鹽類電解質溶液				膠球直徑	膠球外形	膠球特性	
	0.01M Na ₂ CO ₃	0.1M Na ₂ CO ₃	NaCl	NaI	KCl	KI				
浸泡溶液	0.01M Na ₂ CO ₃	0.1M Na ₂ CO ₃	NaCl	NaI	KCl	KI	氯化鈣實心球	2.13 cm	內部實心外部有一層薄膜	表皮有皺摺沒彈性
結果	膠球未崩解	膠球崩解	皆使膠球崩解		沒有明顯改變		乳酸鈣實心球	2.47 cm	渾圓全實心	表面光滑有彈性

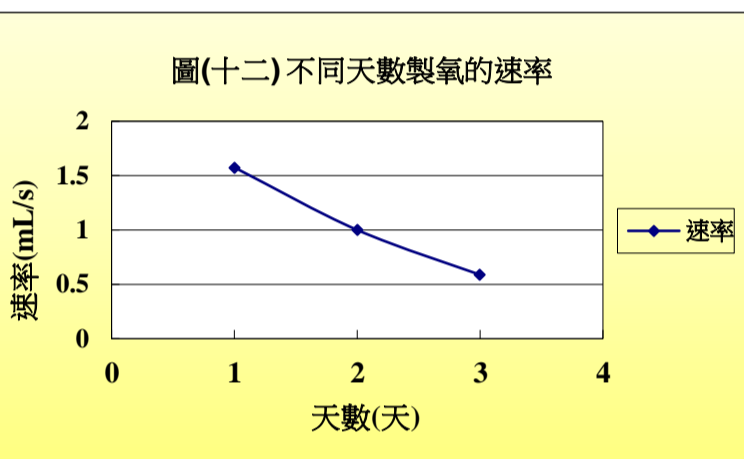
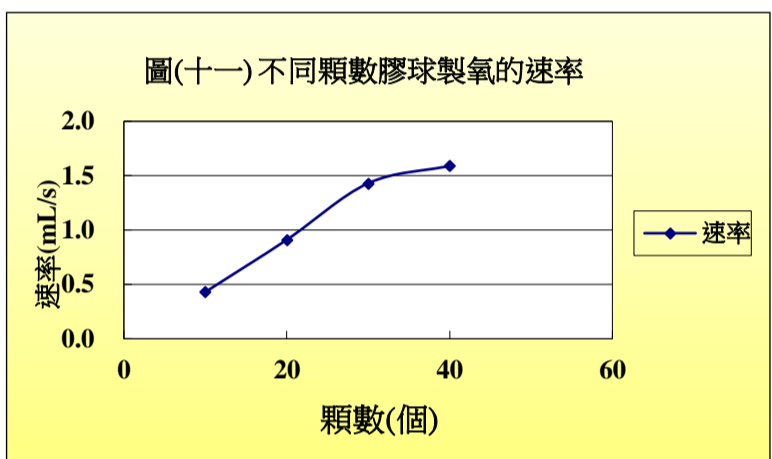
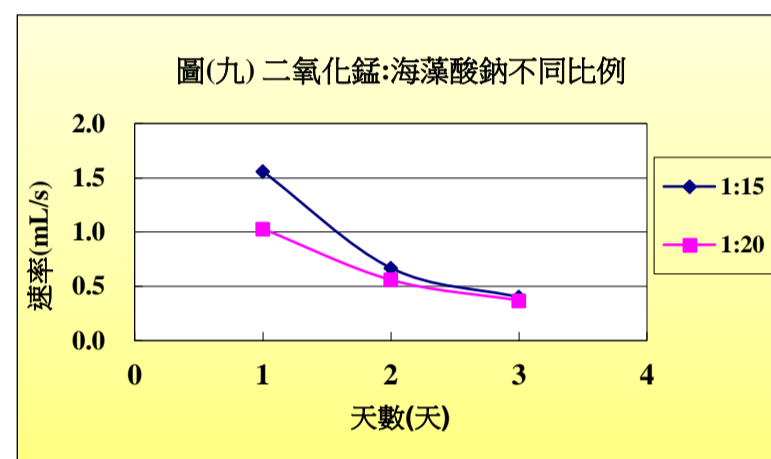
實驗五：比較不同方式製備大型包覆液體之海藻酸鈣膠球

大型液體膠球膜厚由浸泡海藻酸鈉的時間控制，通常薄易破；基本膠球則可由浸泡氯化鈣的時間控制。

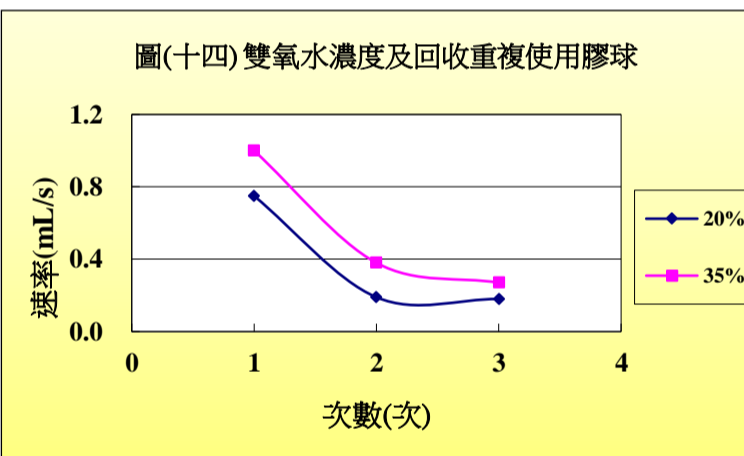
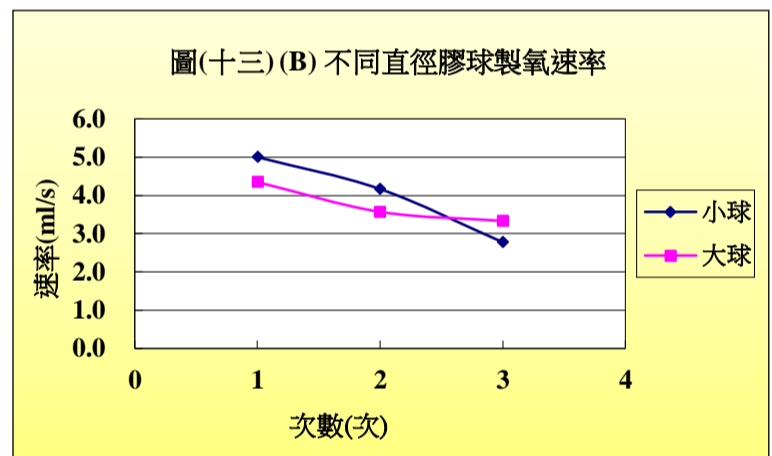
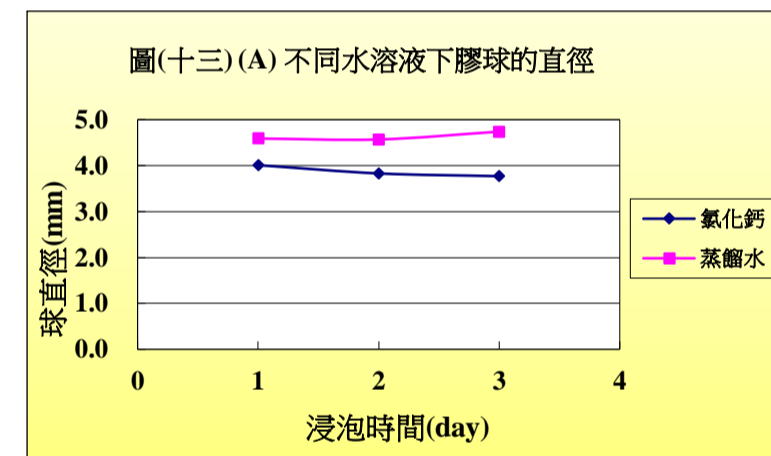


【第二部份：雙氧水製氧實驗】

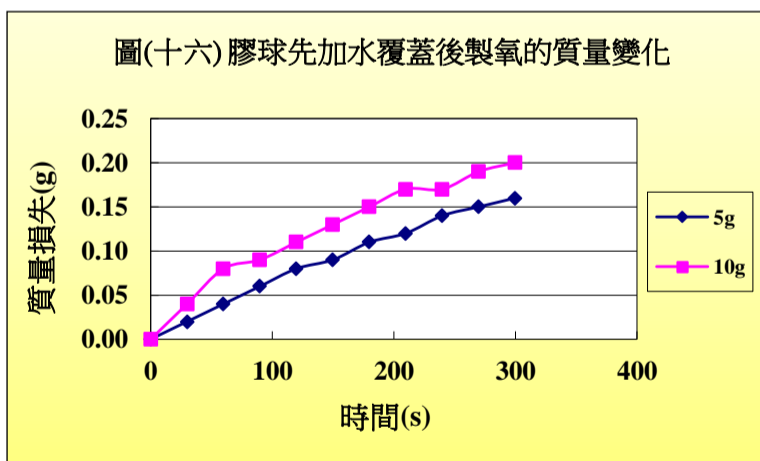
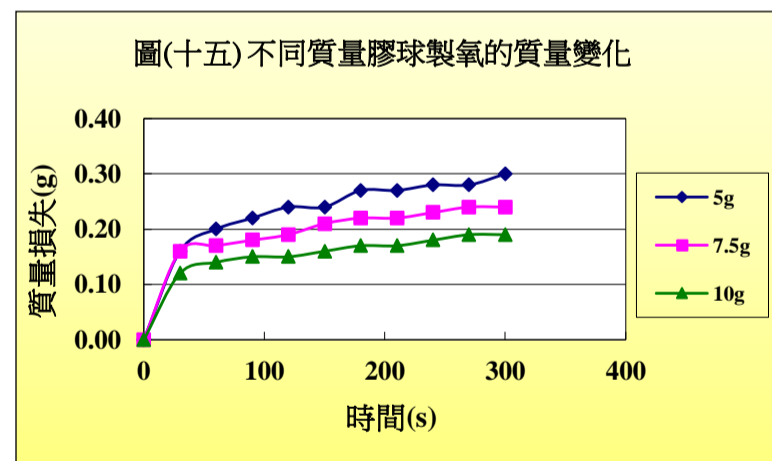
實驗六~實驗八：不同比例與不同天數二氧化錳膠球對雙氧水分解製氧速率的影響



實驗九~實驗十一：不同水溶液下球直徑與回收重複使用二氧化錳膠球對雙氧水分解製氧速率的影響



實驗十二：以天平測量雙氧水分解之質量測定反應速率

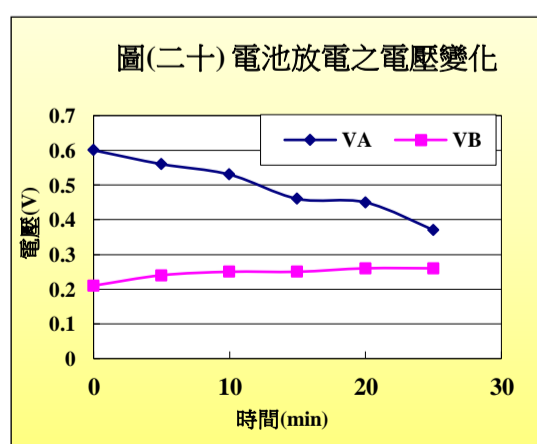
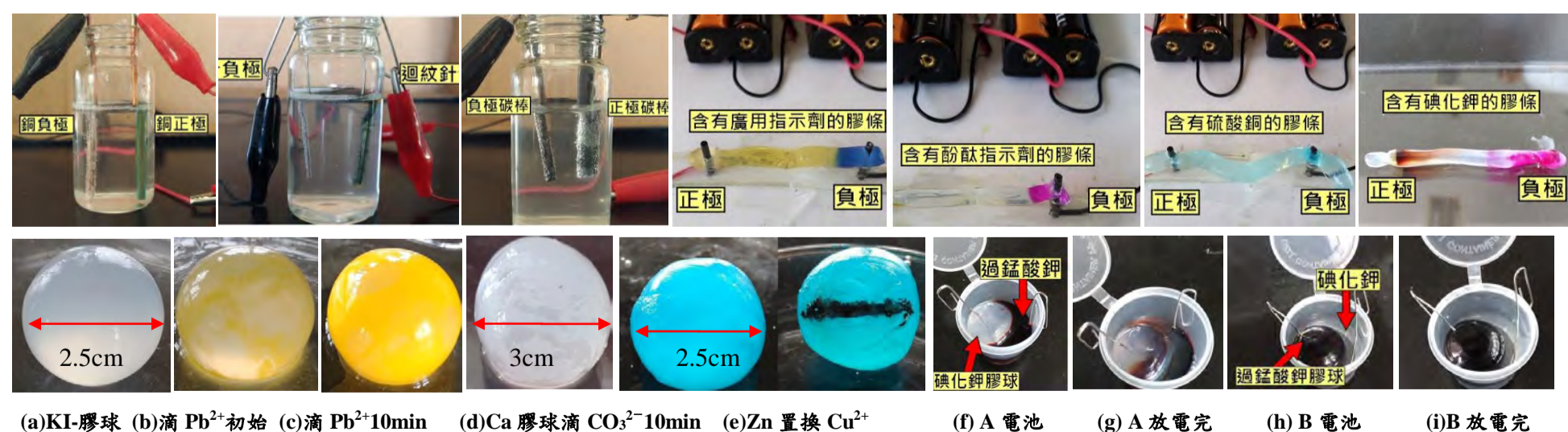


以天平測量雙氧水分解時總質量的變化，前 30 秒的質量變化量在不同質量膠球實驗中皆最大。5g 的質量消耗變化量曲線較不平緩，7.5g 和 10g 的質量消耗變化量曲線在 30 秒後，幾乎以每 30 秒增加 0.01g 的速率增加，在 30 秒後的曲線兩者近乎平行。

由於雙氧水加量較少，所以進一步先加水完整覆蓋膠球後，5g 的膠球和雙氧水的接觸面積比 10g 的膠球少，由於質量和接觸面積成正比，所以質量越大，反應速率也會越快。

【第三部份：膠條電解實驗或膠球其他相關實驗】

實驗十三~實驗十七：電解海藻酸鈉、電解含不同物質膠條、膠球沉澱與置換反應、膠球進行電池放電反應



(a)KI-膠球 (b)滴 Pb²⁺ 初始 (c)滴 Pb²⁺ 10min (d)Ca 膠球滴 CO₃²⁻ 10min (e)Zn 置換 Cu²⁺ (f)A 電池 (g)A 放電完 (h)B 電池 (i)B 放電完

【第四部份：膠球滲透實驗】

實驗十八：不同離子溶液在海藻酸鈣球膜中滲透情形



(a)膜中為碳酸鈉的內部未沉澱 (b)膜中為氯化鈣的內部有白色沉澱 (c)左:氯化鈣的未沉澱, 右:碳酸鈉的有白色沉澱 (e)有黃色沉澱

膠球或膠條內的物質與海藻酸鈉的物理交聯作用力並不強，所以可以順利進行電解。電解海藻酸鈣相當於電解水，在膠條上可以明顯觀察到氫氣生成或者鹼性物質生成；電解含有 KI，可以看到 I₂ 的生成；電解含有 CuSO₄，可以看到 Cu 析出；也在膠球上進行沉澱或置換反應，反應也非常明顯。

而膠球膜的滲透行為，經由我們的測試，鈣離子、碳酸根、碘離子等離子均能經由球膜滲透，選擇性專一性並不高。

柒、討論

一、就膠「球」製備部分：

- (一)使用飽和硫酸銅製作膠球，當海藻酸鈉直接滴到硫酸銅溶液時，由於密度差異， $D_{\text{海藻酸鈉}} < D_{\text{硫酸銅}}$ ，導致海藻酸鈉只會浮在硫酸銅溶液表面而無法成球；反之，製作膠條時，藉密度差，只要將針筒連接的吸管口置於液面下打出即可。因此在製作膠球或膠條時，所使用的**溶液之間的相對密度是考量的因素**。
- (二)將欲添加的物質加在海藻酸鈉內與加在氯化鈣內的差別：
 - 1.欲添加的物質先加在海藻酸鈉內混合均勻後，再與氯化鈣反應形成膠球或膠條，此時物質的含量相對較多，但由於海藻酸鈉的含量變少，所以會影響到形成膠球的能力，且不是所有的物質都能使用此方法，例如硫酸銅適合直接加入於氯化鈣中。
 - 2.欲添加的物質先加在氯化鈣水溶液內，雖然對形成膠球或膠條的影響不大，但由於物質並不是一開始就混在海藻酸鈉內，所以形成膠球或膠條後，含有的物質會比較少，使用此方法並沒有物質的限制，只要可配製成溶液即可。

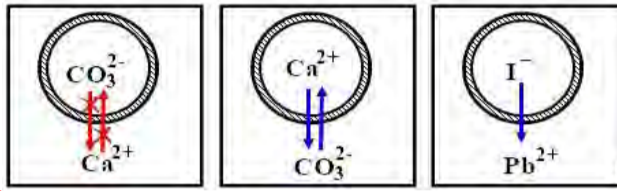
二、就「滲」透部分：

海藻酸鈉之所以可形成膠球，是因為其與氯化鈣的**二價鈣離子**反應，二價鈣離子可以在兩個海藻酸鈉的分子間形成兩個鍵結，產生具有半透膜性質的球膜，我們進行了不同物質進出膜的行為探討。

(一)我們利用沉澱反應方程式： $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$ (白色沉澱)來判斷鈣離子和碳酸根離子是否進行滲透行為。膜內為 CO_3^{2-} ，膜外為 Ca^{2+} 時，無任何白色沉澱生成；將兩者內外互相交換，卻可以生成白色沉澱。

(二)進一步探討其他離子的滲透情形，我們利用沉澱方程式： $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2$ (黃色沉澱)來判斷鉛離子和碘離子是否進行滲透行為。球膜內為 I^- ，膜外為蒸餾水，放置一段時間後，取膜外的蒸餾水滴加 Pb^{2+} ，結果產生沉澱，表示 I^- 可以由膜滲透到外部的蒸餾水。

四種離子可否進入球膜的實驗結果示意圖如右，四種離子的半徑大小列於表中。



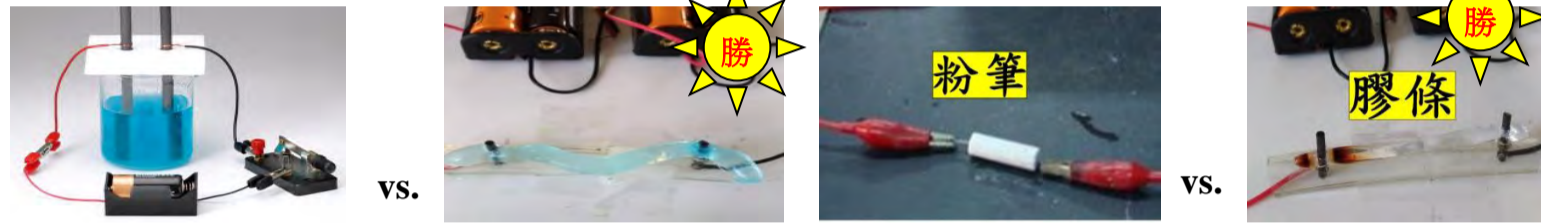
離子	Ca^{2+}	CO_3^{2-}	Pb^{2+}	I^-
半徑 (nm)	0.99	1.64	1.2	0.216

**參考無機化學課本

(三)根據以上結果證明此**球膜對於離子的選擇性不大**。

三、就電「解」部分：

(一)使用膠條作為電解介質相較於傳統電解及粉筆電解的比較：

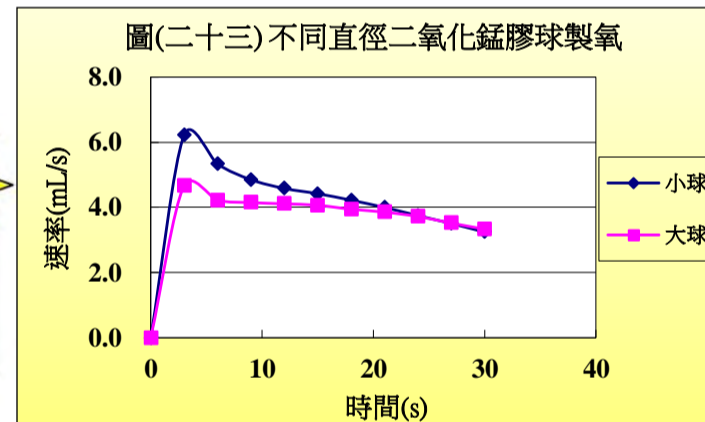
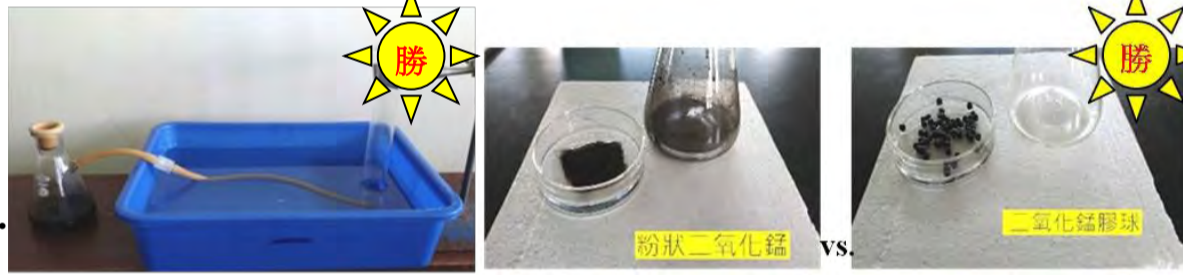


由電解實驗得知，即使作為交聯的二價陽離子，如 Cu^{2+} 仍可以進行電解析出 Cu ，這是由於陽離子與海藻酸鈉是採用物理方法的離子交聯，同樣地 Ca^{2+} 與 CO_3^{2-} 也可生成沉澱，所以其陰陽離子間的作用力並沒有很大。

四、雙氧水分「解」部分：

(一)使用膠球內包覆二氧化錳相較於粉末狀當作催化劑的優點：

- 1.課本上雙氧水分解製氧的實驗，其裝置必須使用較大型的玻璃器材，過程中得注意避免雙氧水及黑色粉末自薊頭漏斗噴出，最後要收拾時卻會發現黑色的粉末真的不易清理，且會殘留於過濾瓶底部。若是使用微型雙氧水分解裝置，每次只需要微量的二氧化錳膠球，便可達到觀察定性的效果。若一樣要使用大型玻璃器皿時，使用含二氧化錳之膠球當催化劑，反應完後可以方便倒出膠球，且錐形瓶底部仍可保持乾淨，能達到具**環保的功能與效益**。
- 2.為了比較二氧化錳粉末與膠球製備雙氧水的速率差異，我們改以過濾瓶 250mL 作為反應容器，但以血清塞封口，針筒打入雙氧水的方式。粉末：膠球催化產生的氧氣速率比約為 10：1。使用 5 g 35% 雙氧水與二氧化錳膠球來收集 100 mL 的氧氣，可在 80 s 內就完成，一節課若要收集 500 mL，使用二氧化錳膠球是可行的；反而是課本上使用的 H_2O_2 都太過量了，無法達到環保的效益。



捌、結論

- 一、雙氧水製氧速率的結果：二氧化錳膠球與海藻酸鈉的比例： $(1:15) > (1:20)$ ；膠球放置的天數：1天 > 2天 > 3天；重複利用的膠球次數：1次 > 2次 > 3次。
- 二、製作膠球或膠條部分：無論濃度或鈣來源為何，其所形成的中空膠條管壁皆會**隨時間增加而變厚**。但過 10 至 15 min，**1% 與 2% 的海藻酸鈉形成的管壁厚度差異不大**，以減量的想法，海藻酸鈉溶液配製 1% 即可。而改變氯化鈣濃度時，若要較厚的管壁，**氯化鈣濃度選擇 1% ~ 2% 較適當**。可以利用海藻酸鈉製成膠球，不但能有原本的效益，還能達到**環保**的功能。
- 三、針對電解部分：海藻酸鈉為電解質，使用不同電極電解會有不同的產物。使用膠條或膠球作為電解介質，可以節省藥品消耗及廢液的產生，且裝置容易攜帶，在教學上可發揮更大的用途。使用膠球進行沉澱及置換實驗也能達到以上效果。
- 四、球膜滲透實驗：海藻酸鈉和鈣離子製成的海藻酸鈣膜為半透膜，透過實驗，觀察沉澱結果，有些會在膜內或膜外沉澱，我們發現海藻酸鈣球膜可控制離子的進出方向且不同離子的滲透結果有所不同，但大多數離子皆能滲透，證明此**膜對離子沒有嚴格的選擇性**。
- 五、電池放電部分：就電壓而言，碘化鉀膠球狀態的電池放電電壓較大，但因反應完後髒亂，所以無法重覆使用，而過錳酸鉀膠球狀態的電池放電電壓較小，但反應完後乾淨，所以可以重覆使用，如果只是要證明放電，使用後者較不浪費藥品。

玖、參考資料及其他

- 一、國中自然與生活科技第三冊，雙氧水分解，康軒出版社。
- 二、國中自然與生活科技第四冊，氧化還原反應，康軒出版社。
- 三、國中自然與生活科技第六冊，電流的化學效應，康軒出版社。
- 四、「化學粉圓與麵條」，科學遊戲實驗室，台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系。
- 五、黃佩瑤、曹家豪、吳沛璇、林璟醇，第四十三屆科展作品國中組化學科-小小晶球真奇妙！桃園縣立福豐國民中學。
- 六、周佳穎、徐芷齊、汪瑞環，第四十三屆中小學科展作品國小組化學科「晶」益「球」精。台南縣關廟鄉關廟國民小學。
- 七、湯宣擎，第五十五屆中小學科展覽會作品高中組化學科-晶球世紀。國立臺中第二高級中學。
- 八、吳佳蓉、陳彥劭、吳郁婷，第五十六屆科展作品國中組化學科-目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用。臺南市立歸仁國民中學。
- 九、廖哲立、隋典融、陳俊豪，第五十六屆科展作品國小組化學科-吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測。新北市私立及人國民小學。