

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

最佳創意獎

030209

自製蛋殼粉吸濕盒

學校名稱：新北市私立裕德實驗高級中學

作者： 國二 李 樺 國二 聶相丞	指導老師： 謝宜嘉
---------------------------------	------------------

關鍵詞：濕度指示卡、吸濕速率、分子篩

摘要：

本報告探討蛋殼粉的吸濕性，由**實驗六**得到蛋殼粉的吸濕速率比分子篩(最佳靜態水吸附劑)佳。在密閉空間**實驗七**中，蛋殼粉的吸濕量(0.31 克)優於分子篩(0.18 克)，因而有了自製蛋殼粉吸濕盒的想法。我們經由**實驗十一**，將自製蛋殼粉吸濕盒(內含蛋殼粉 20 克)放在二代溫濕控制箱內，經過 9 小時後，竟可使相對濕度下降 24%。而二代溫濕控制箱容積較大(38L)，可模擬小型房間。此外，自製蛋殼粉吸濕盒可加熱反覆使用，我們透過**實驗十一補充**得知，只要插電加熱 10 分鐘、吸濕 19 小時，即可讓相對濕度下降 20%。以上種種特性是自製蛋殼粉吸濕盒的實用特點，不僅環保、可回收利用，又是可在家中取得的材料，民眾也可自行製作蛋殼粉吸濕盒，相當方便。

壹、 研究動機

我們居住的地理環境為海島，常需乾燥劑⁽¹⁾保存物品。但這些乾燥劑多為工廠製造，使用後的處理很不環保(不可降解)。由外婆的經驗得知蛋殼粉有吸濕性，而蛋殼常當廢棄物丟棄相當浪費。回顧生物與理化的上課內容，接著詢問老師與找尋文獻資料⁽³⁾後，我們以不傷害地球為出發點，做出「自製簡易蛋殼吸濕盒」。

貳、 研究目的

- 一、如何用蛋殼製成乾燥劑
- 二、自製濕度指示卡，瞭解濕度變化
- 三、比較蛋殼與不同試劑的吸濕能力
- 四、蛋殼吸濕劑在生活中的應用

參、 研究設備及器材

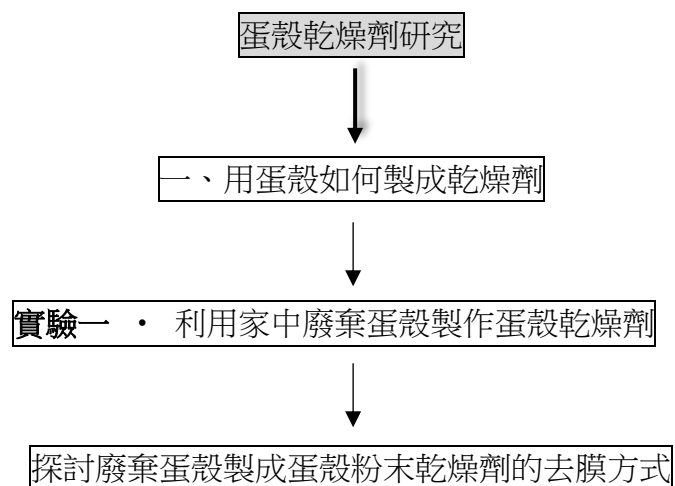
設備：

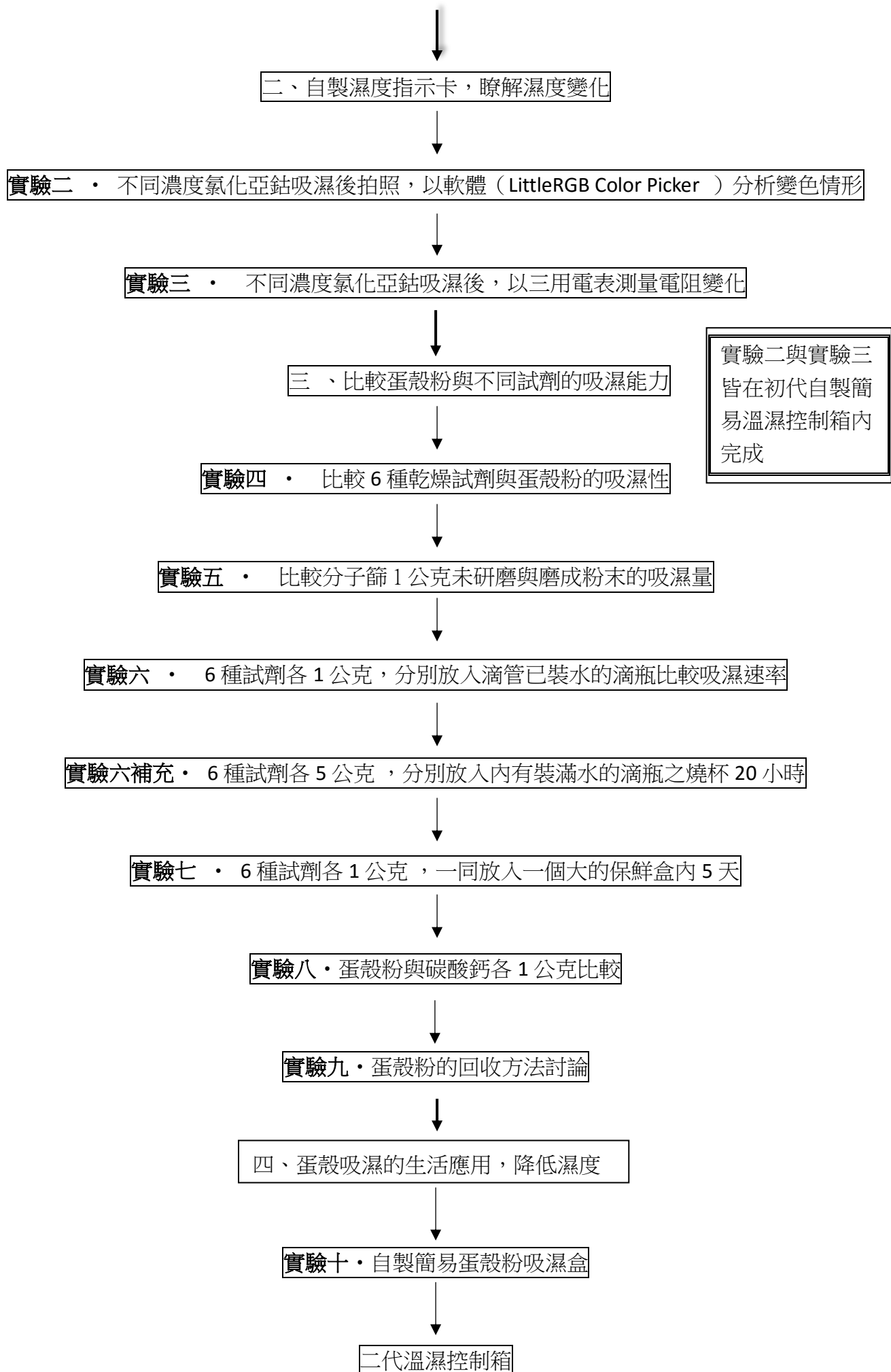
電子天平（Jadever SKY-300）	電子式溫度計（UL-IL01）	濕度計（聖岡科技 GM-108）
烘箱（Channel DM-45）	三用電錶	iPad(平板電腦)

器材與藥品：

氯化鈣	蛋殼粉+乾淨茶包袋	3-5mm 矽膠	分子篩	氧化鈣	碳酸鈣
100mL 燒杯	滴管+滴瓶+2mL 玻璃滴管與安全吸球	9 公升玻璃箱	38 公升聚丙烯 (PP)箱	濾紙	X

肆、 研究過程





實驗十一・自製簡易蛋殼粉吸濕盒在二代溫濕控制箱的吸濕表現

實驗十一補充・將自製簡易蛋殼粉吸濕盒插電 10 分鐘，再於二代溫濕控制箱吸濕

一、文獻探討



1. 上圖為常見的食品乾燥劑（矽膠 SiO_2 ），常加入氯化亞鈷方便觀察吸濕程度，無水氯化亞鈷具吸濕性，且在乾燥時為藍色，潮濕時轉為粉紅色，如此可作為水的顯示劑。由其顏色變化可知乾燥劑烘乾時機^{(1) (2)}。所以有自製濕度指示卡的想法。
2. 由文獻⁽³⁾中得知蛋殼粉中的碳酸鈣如同乾燥劑，具有吸濕效果。
3. 在自然與生活二下課本⁽⁴⁾有電解質概念、自然與生活三上課本⁽⁵⁾有基本電路介紹，以及參閱國立師範大學物理系⁽⁶⁾的網頁內容，使我們有實驗三的想法。
4. 參考文獻⁽¹⁾了解乾燥劑的成分與相關資訊，在自然與生活二上課本⁽⁴⁾的原子與分子，想知道蛋殼粉與分子篩乾燥劑的乾燥程度

二、研究過程

【實驗一】

利用家中廢棄蛋殼製作蛋殼乾燥劑

(一) 實驗目的：收集製造實驗主角（蛋殼粉），探討兩種方式收集的蛋殼粉。

(二) 實驗流程：

1. 收集蛋殼清洗、擦拭乾淨，放入烘箱（ 45°C ），乾燥 30 分鐘（秤重： W_0 ）
2. 使用鑷子挑去蛋膜，再放入烘箱（ 85°C ），乾燥 48 小時
3. 用研鉢將蛋殼磨粉放入燒杯，再以烘箱（ 85°C ）乾燥 24 小時加熱除去水分（秤重： W_1 ）

(三) 探討廢棄蛋殼製成蛋殼粉末乾燥劑的去膜方式：

1. 將收集的蛋殼洗淨後，加蒸餾水以果汁機攪拌過濾
2. 將收集的蛋殼洗淨後，鑷子剝除內膜（本實驗採用此法，因為收集的粉末產率較高）

【實驗二】

不同濃度氯化亞鈷的吸濕後拍照，再以軟體（Little RGB Color Picker）分析變色情形

(一)實驗目的： 因為想探討蛋殼粉的吸濕效果，所以需有辨識濕度的器材。七年級生物實驗課用氯化亞鈷試紙檢測水分；八年級理化課提到含結晶水的氯化亞鈷試紙為粉紅色，失去結晶水後變成藍色。因此想了解不同濃度氯化亞鈷濾紙與濕度關係。（自製濕度指示卡）

(二)實驗流程：

1. 配製不同體積莫耳濃度氯化亞鈷水溶液，有 0.3M、0.5M、0.7M、1.0M（各 100mL）

2. 將上述的溶液滴一滴在濾紙上，在 85 度的烘箱內加熱至試紙變成藍色
3. 拿出烘乾的濾紙，放置於自製簡易溫濕控制箱內
4. 計時觀察變色情形，並拍照以便之後利用軟體（LittleRGB Color Picker）分析變色情形

【實驗三】

不同濃度氯化亞鈷的吸水後，以三用電表測量電阻變化

- (一) 實驗目的：在八年級理化課文中有電解質的介紹；而九年級理化課本中有電阻的定義，以上觀念讓我們聯想到關聯性。找尋文獻資料⁽³⁾後，使不同體積莫耳濃度氯化亞鈷濾紙吸水後，以三用電表測量電阻變化

(二)實驗流程：

1. 配製不同體積莫耳濃度氯化亞鈷水溶液，有 0.3M、0.5M、0.7M、1.0M（各 100mL）
2. 將裁剪好（長：4.5 cm 寬：1.0 cm）濾紙放入上各濃度的溶液靜置一天
3. 以鑷子夾取上述濾紙於錶玻璃上，在 85°C 的烘箱內加熱 5 分鐘至濾紙條變藍色
5. 在自製簡易溫濕控制箱(初代)內（溫度：19°C，相對濕度：70%）用電表測量電阻變化



初代溫濕控制箱。

【實驗四】

比較 6 種乾燥試劑與蛋殼粉的吸濕性

(一)實驗目的：由市售乾燥劑及實驗室常用試劑，探討與蛋殼粉在開放容器中 1 公克的吸濕量

(二)實驗流程：

1. 拿 100mL 燒杯 6 個，貼上標籤後秤重，分別放入氯化鈣、蛋殼粉、矽膠、分子篩、氧化鈣、碳酸鈣各 1 公克
3. 把 6 種試劑放入燒杯中，在 85 °C 的烘箱內加熱 30 分鐘，秤重 (W_1)
5. 放置實驗室桌上，靜置 0.5 小時、1 小時、2 小時、20 小時的時間，秤重 (W_2)
6. 將兩重量相減 ($W_2 - W_1$)，比較探討吸濕量

【實驗五】

比較分子篩 1 公克磨成粉末與不磨成粉末的吸濕量探討

(一) 實驗目的：由實驗四發現分子篩乾燥效果好，想探討分子篩研磨情形對吸濕量的影響

(二)實驗流程：

1. 拿**未研磨**的分子篩 1 公克放入滴瓶中，放在空氣中 20 小時後再秤重
2. 拿**磨成粉末**的分子篩 1 公克放入滴瓶中，放在空氣中 20 小時後再秤重
3. 比較分子篩 1 公克**未研磨與磨成粉末**的吸濕量，比較探討吸濕量

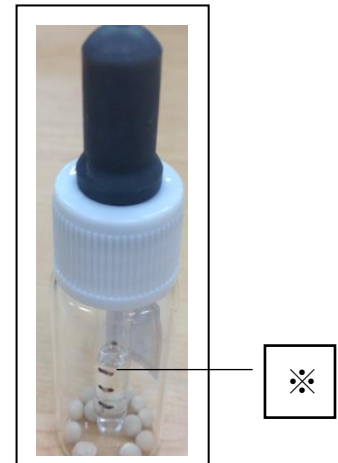
【實驗六】

6 種試劑各 1 公克，分別放入滴管已裝水的滴瓶

(一) 實驗目的：想探討 6 種（氯化鈣、蛋殼粉、3-5mm 矽膠、分子篩、氧化鈣、碳酸鈣。）乾燥劑的吸濕速率。

(二) 實驗流程：

1. 6 個滴瓶貼上標籤後秤重，分別秤取 6 種乾燥試劑 1 公克放入
2. 將上的滴瓶的滴管畫刻度，裝水至刻度線（裝置見右圖）



【※：表示滴管出口處到此為 2cm，右圖中的兩條線距離為 0.5 cm】

3. 用 2mL 玻璃滴管，滴水對空滴管定量， $0.5\text{ cm} = 0.16\text{ mL}$
4. 將滴管與滴瓶栓緊，並於 0.5 小時、1 小時、1.5 小時、2 小時、20 小時，拍照記錄水位高度變化

【實驗六補充】

六種乾燥劑各五克放入燒杯，再放入裝滿水的滴瓶，吸濕 20 小時

(一) 實驗目的：再次探討六種乾燥劑的吸濕量比較

(二) 實驗步驟：

1. 將六種乾燥劑放入 85 度烘箱烘 30 分鐘，取出後各秤 5 克裝入 100 毫升燒杯

2. 把六個滴瓶裝滿水分別放入六個燒杯，用保鮮膜包好後放入密閉盒子

3. 過 20 小時後測量數據



實驗六補充之實際照片。

【實驗七】

6 種試劑各 1 公克，一同放入一個大的保鮮盒內 5 天

(一) 實驗目的：想探討 6 種乾燥試劑在同一容器中 1 公克乾燥試劑的吸濕量

(二) 實驗流程：

1. 分別秤取 6 種乾燥劑 1 公克放入 6 個滴瓶內（無蓋且不放滴管），秤重（ W_1 ）

- 2.將上述滴瓶，與裝有水 100mL 的燒杯與溫濕度計，一起放入密封罐密封
3. 靜置 5 天後，分別取出 6 個滴瓶， 秤重 (W_2)
4. 將兩重量相減 ($W_2 - W_1$)，探討每種乾燥試劑 1 公克的吸濕量

【實驗八】

1 克蛋殼粉與 1 克碳酸鈣的吸濕量比較

- (一) 實驗目的：蛋殼粉的主要成分是碳酸鈣，想研究純碳酸鈣和蛋殼粉的吸濕量比較。
- (二) 實驗流程：
 1. 將兩乾燥劑各 1 公克，於 85°C 烘箱烘 30 分鐘，秤重(燒杯重+乾燥劑重，單位：公克)得 W_0 。
 2. 取出後放置在溫度 26°C、相對濕度 55% 的二代溫濕控制箱
 3. 紀錄 1 小時、2 小時、20 小時的燒杯重+乾燥劑重，與 W_0 相減得增加重量(吸濕量)。
 4. 重複以上步驟做第二次實驗，並改成溫度 30°C、相對濕度 70%

【實驗九】

蛋殼粉的吸濕回收方法討論

- (一) 實驗目的：由以上的實驗知道蛋殼粉有良好的吸濕性，想探討吸濕後蛋殼粉如何回收

(二) 實驗流程：

1. 秤取 1 公克蛋殼粉，放入 3 個 100mL 燒杯， 秤重 (W_1)
2. 放在溫度 19°C、濕度 70 度的自製簡易溫濕控制箱內，1 小時後秤重 (W_2)
3. 以上三個燒杯分別用加熱板加熱 5 分鐘；烘箱 85 度加熱 5 分鐘；微波爐 600W 加熱 1 分鐘， 秤重 (W_3)
4. 記錄比較三種加熱方式的重量變化與外觀

【實驗十】

自製簡易蛋殼吸濕盒

(一) 實驗目的：由實驗六的蛋殼粉有很好的乾燥速率及實驗九中發現烘乾是最佳的方法，讓我們想到類似吹風機的原理（插電後利用九年級理化的電流熱效應將熱傳出，使吸濕的蛋殼粉回收利用）自製一個簡易蛋殼吸濕盒，應用於日常生活中。

(二) 實驗流程：

1. 將一乾淨茶包袋（五金雜貨行買的）放入 20 公克蛋殼粉，再用另一茶包袋包覆
2. 自製簡易蛋殼吸濕盒的作法：電熱片兩片，中間夾一片絕緣片，再取一鐵片固定電熱片與傳導熱（電流熱效應原理），蓋子上方打洞，最後放上步驟 1. 的茶包袋
3. 接著放入濕度計（記錄當時的溫度與濕度），蓋上蓋子

4. 8 小時後，記錄溫度與濕度



【二代溫濕控制箱】

為了實驗方便，我們決定製作二代自製簡易溫濕控制箱

(一) 差異

1. 從 9L 玻璃箱改為 38L 聚丙烯 PP 箱，減輕重量且空間變大，可模擬小型房間
2. 由於二代附有蓋子，所以將壓克力蓋板去除，並以保鮮膜及膠帶封住縫隙

(二)實物圖



【實驗十一】

(一) 實驗目的: 將自製蛋殼粉吸濕盒放入二代溫濕箱，探討自製蛋殼粉吸濕盒的吸濕效果。

(二) 實驗流程:

1. 將自製蛋殼粉吸濕盒(蛋殼粉 20 克)放入二代溫濕控制箱內(溫度 28℃ 相對濕度 66%)
2. 每隔 1 小時紀錄電子溫濕度計的變化，共記錄 9 次

【實驗十一補充】

將自製簡易蛋殼粉吸濕盒插電 10 分鐘，再於二代溫濕控制箱吸濕

(一) 實驗目的:探討自製蛋殼粉吸濕盒插電加熱後的吸濕效果

(二) 實驗流程:

1. 將吸濕後的自製蛋殼粉吸濕盒(蛋殼粉 20 克)插電加熱 10 分鐘
2. 使其在二代溫濕控制箱(溫度 26℃、相對濕度:66%)吸濕
3. 紀錄 14 小時、15 小時、16 小時、17 小時、18 小時的濕度變化

伍、研究結果

【實驗一】

1. 利用鑷子剝除後研磨的方式與果汁機攪拌過濾的方式去比較所得的蛋殼乾燥劑外觀。

(見圖 1)

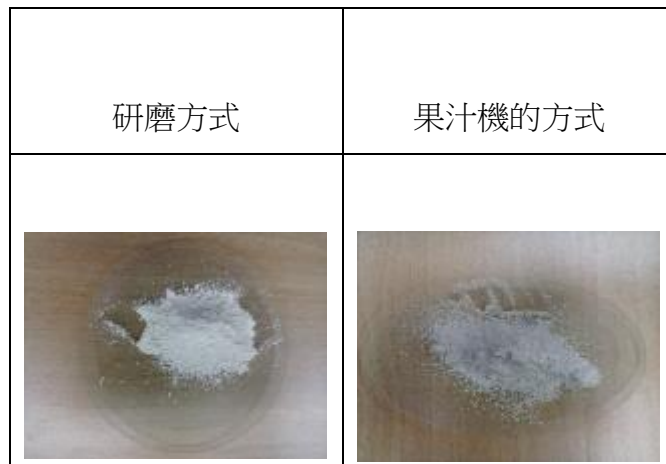


圖 1 兩種磨粉方式外觀比較

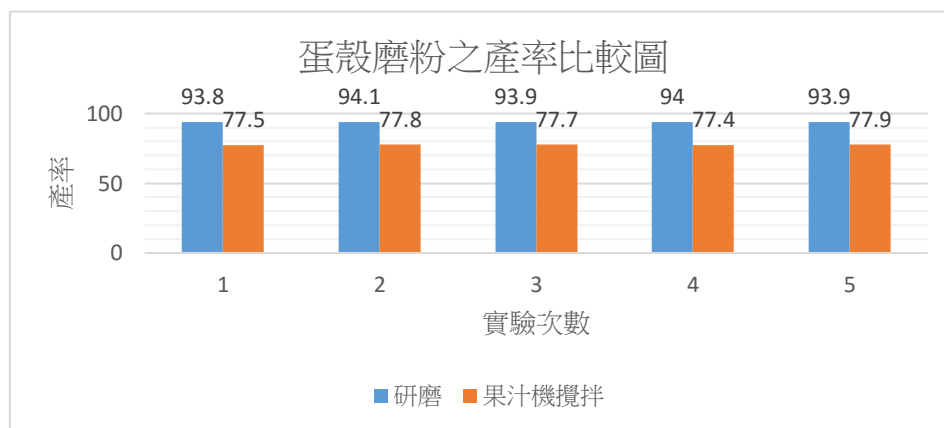


圖 2

從圖 2 可以看出研磨蛋殼粉的產率，比以果汁機攪拌的產率來得高。因此之後的實驗都採用此方法。

2. 利用研磨的方式除膜，蛋殼乾燥劑較易乾燥且產率較高。(見上圖 2)

蛋殼乾燥劑的產率：產率 = $W_1 / W_0 \times 100\%$ W_0 ：蛋殼原重 W_1 ：去蛋膜後秤重

【實驗二】

結果

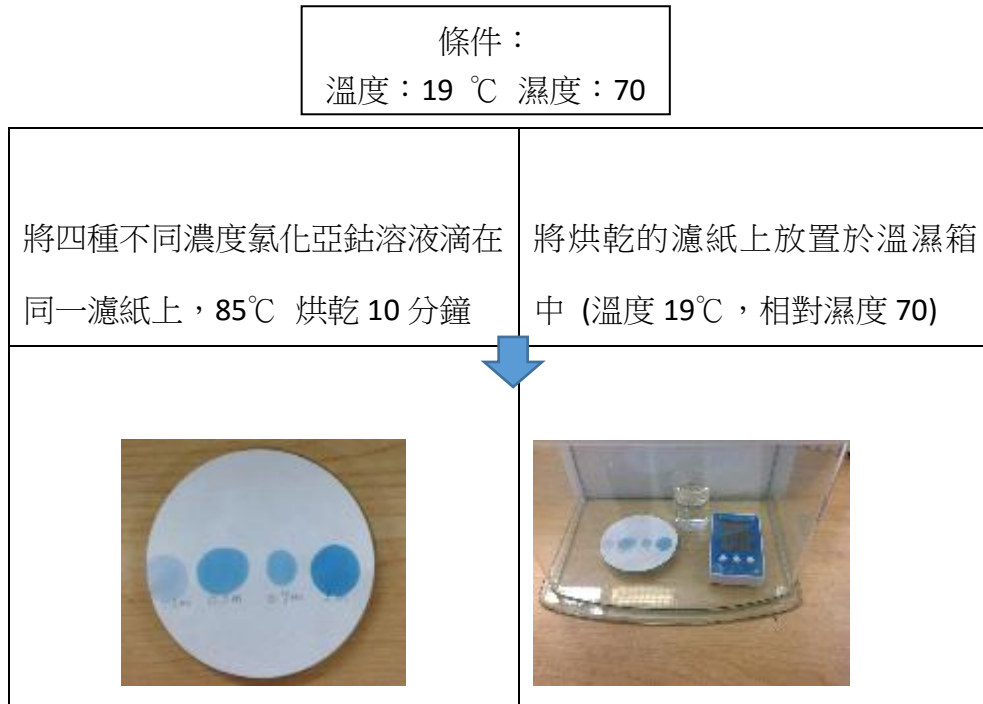


圖 3

1. 0.3 M 氯化亞鈷濃度 (見圖 4。測量五次的平均值，四捨五入所得數據)

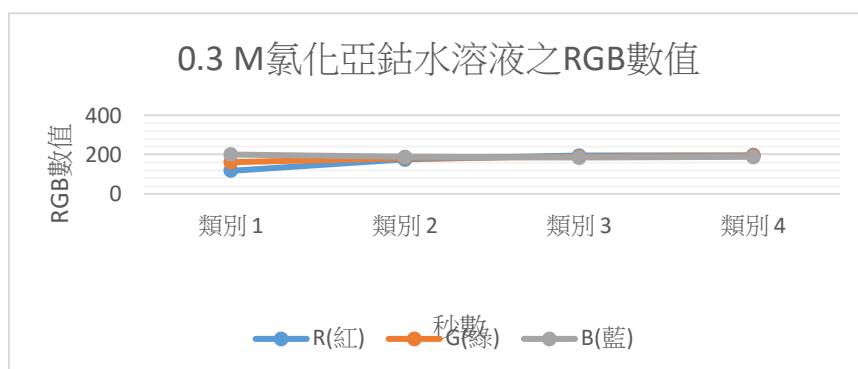


圖 4

實驗討論：0.3M 濃度氯化亞鈷溶液在溫度 19°C；濕度 70%時，開始變色的時間為 21 秒 (R:117 變到 R:174；變化量:57) 約 60 秒後穩定變色情形。

2. 0.5 M 氯化亞鈷溶液

(見圖 5、表二測量五次的平均值，四捨五入所得數據)

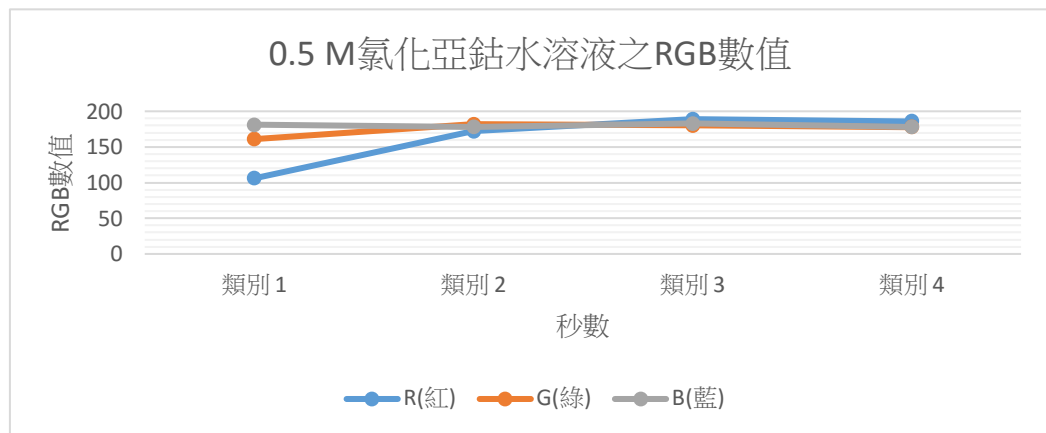


圖 5

實驗討論：0.5M 氯化亞鈷溶液在溫度：19℃；濕度 70 時，開始變色的時間為 78 秒（R:106 變到 R:172；變化量:66），約 180-200 秒後穩定變色情形。

3. 0.7 M 濃度氯化亞鈷

(見圖 6。測量五次的平均值，四捨五入所得數據)

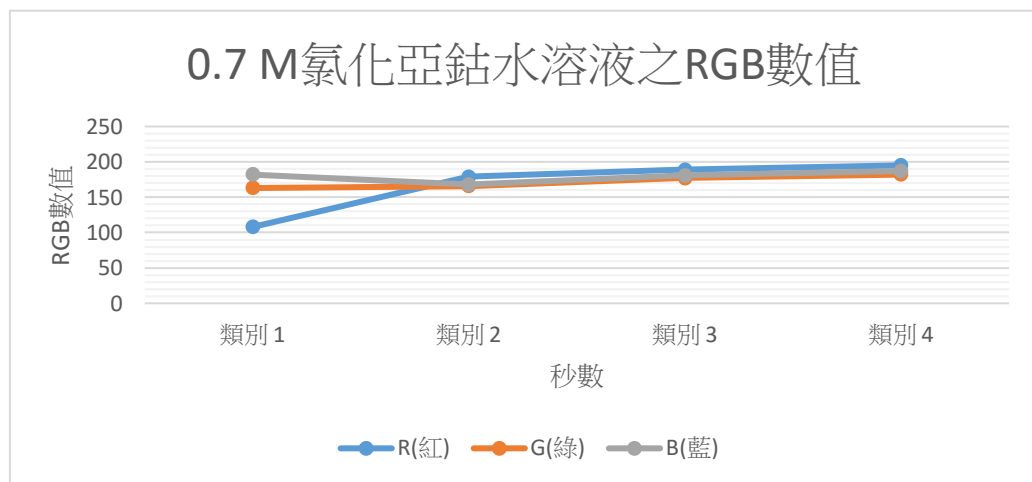


圖 6

實驗討論：0.7M 氯化亞鈷溶液在溫度：19℃；濕度 70 時，開始變色的時間為 184 秒（R:108 到 R:179；變化量:71），約 480 秒後穩定變色情形。

4. 1.0 M 濃度氯化亞鈷 (見圖 7。測量五次的平均值，四捨五入所得數據)

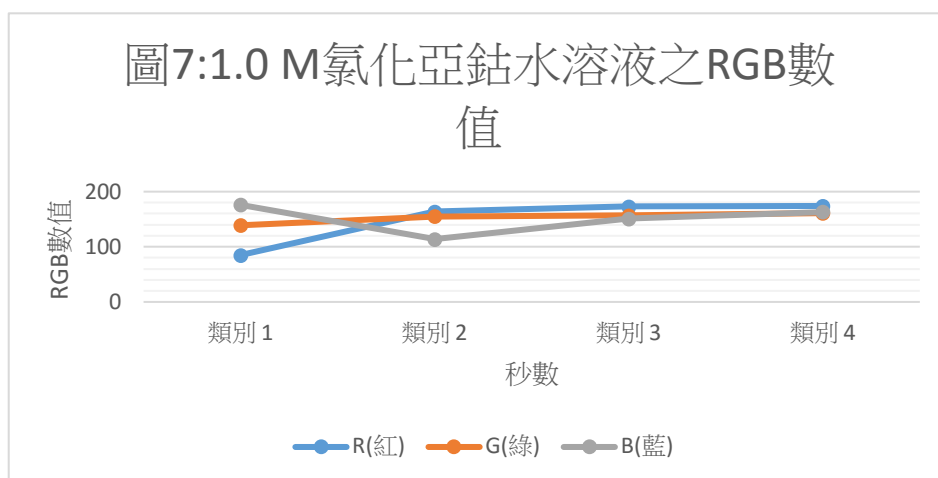


圖 7

實驗討論：1.0M 氯化亞鈷溶液在溫度：19；濕度 70 時，開始變色的時間為 282 秒（R:85 到 R:148；變化量:79），約 638 秒後穩定變色情形。

【實驗三】

結果

由此可知，氯化亞鈷水溶液濃度越高，其吸濕後的電阻越低；濃度越低，電阻越高。

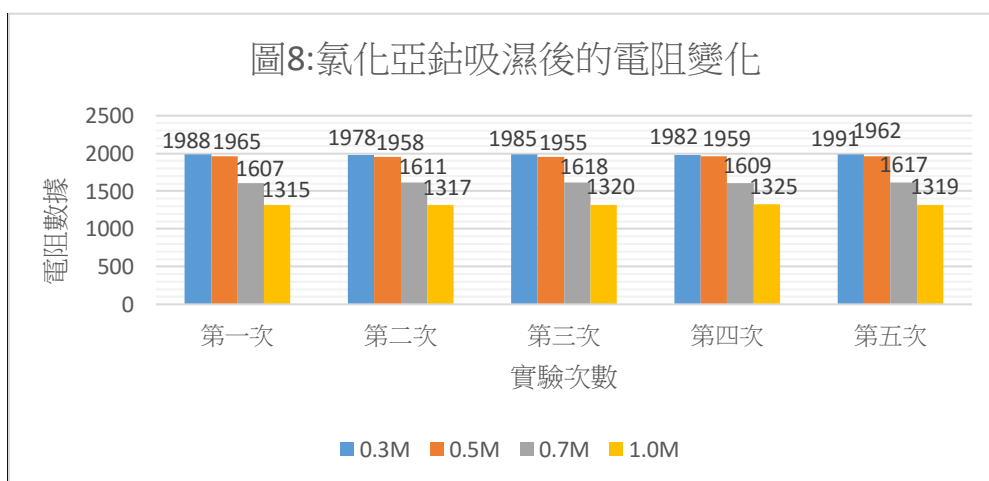


圖 8

(表一)

氯化亞鈷濃度	吸濕後的電阻數據（環境條件：19 濕度：70）				
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
0.3M	1988	1978	1985	1982	1991
0.5M	1965	1958	1955	1959	1962
0.7M	1607	1611	1618	1609	1617
1.0M	1315	1317	1320	1325	1319

實驗討論：得到氯化亞鈷濃度越高吸水後的溶液電阻越低。

【實驗四】

結果

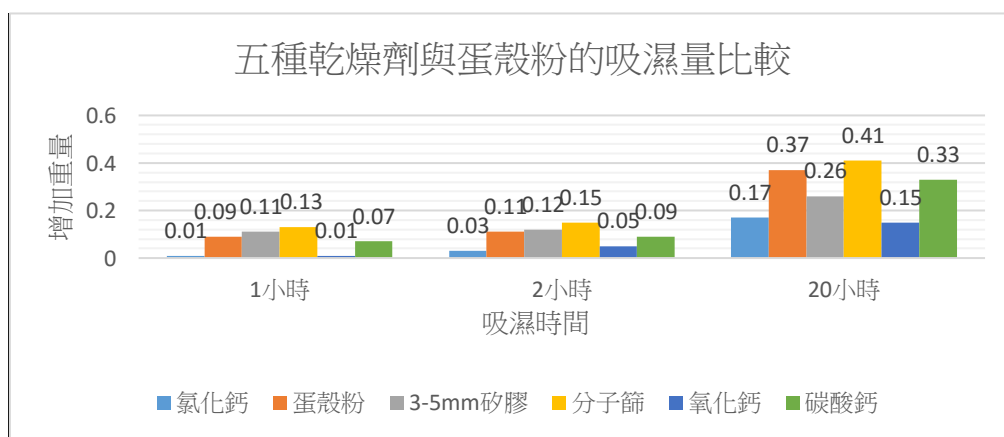


圖 9

比較發現在開放空間中，分子篩的吸濕量最佳(0.41g)，而其次是蛋殼粉(0.37g)。

(表二)

	1 小時後增加重量	2 小時後增加重量	20 小時後增加重量
氯化鈣	0.01	0.03	0.17
蛋殼粉	0.09	0.11	0.37
3-5mm 矽膠	0.11	0.12	0.26
分子篩	0.13	0.15	0.41
氧化鈣	0.01	0.05	0.15
碳酸鈣	0.07	0.09	0.33

實驗討論： 在開放的環境裡，以上 6 種乾燥試劑中， 20 小時後分子篩吸濕量最佳； 其次是蛋殼粉。

【實驗五】

結果

1.未研磨的分子篩 1 公克(見表七)

(表七)

實驗次數	吸濕前總質量	吸濕後總質量	增加重量
1	34.27	34.40	0.13
2	36.50	36.65	0.15
3	34.61	34.78	0.17

2.磨成粉末的分子篩 1 公克

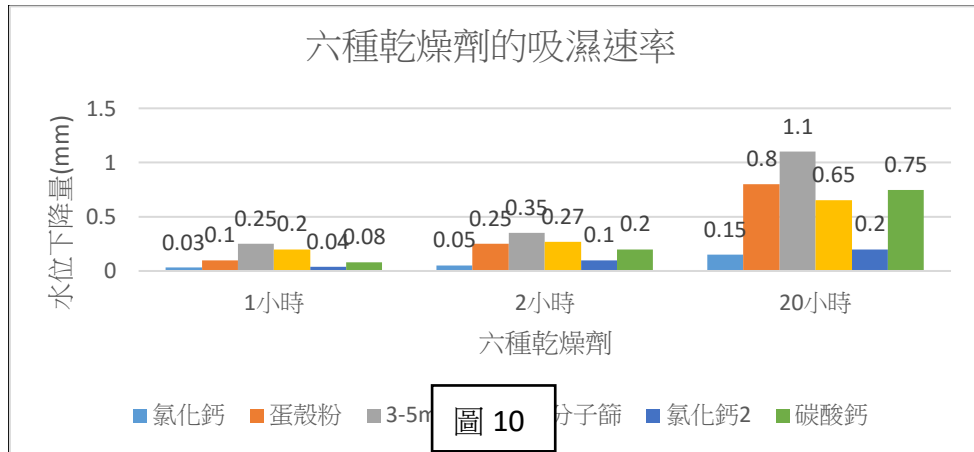
(表八)

實驗次數	吸濕前總質量	吸濕後總質量	增加重量
1	35.27	35.35	0.05
2	37.51	37.58	0.07
3	38.05	38.09	0.04

實驗討論：此實驗的數據可明顯看出 1 公克的磨成粉末（吸濕量：0.053）與未研磨的分子篩（吸濕量：0.15）。 探討吸濕結果有 0.097 公克的差異】

【實驗六】

結果

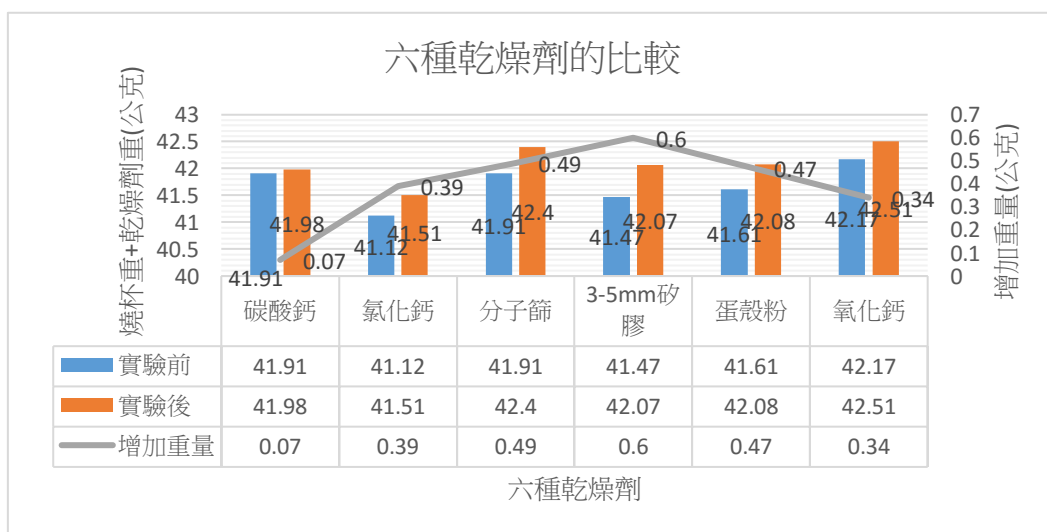


3-5mm 矽膠的吸濕速率最快，其次是蛋殼粉。

實驗討論：結果為 3-5mm 矽膠的吸濕速率最快(1 公克吸水量 0.352mL (用 2mL 玻璃滴管，滴水對空滴管定量，0.5 cm = 0.16mL))

【實驗六補充】

結果

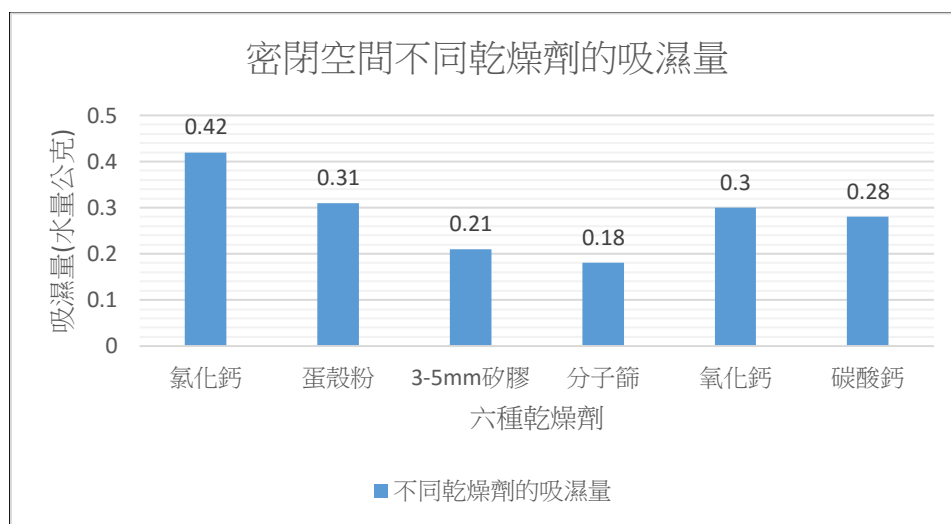


3-5mm 矽膠的吸濕量(0.6g)最好，其次是分子篩(0.49g)、蛋殼粉(0.47g)。

實驗討論：數據顯示 3-5mm 矽膠的吸濕量(0.6g)最好，其次是分子篩(0.49g)、蛋殼粉(0.47g)。

【實驗七】

結果



在密閉空間中，蛋殼粉吸濕量(0.31g)優於分子篩(0.18g)。而氯化鈣最高(0.42g)。

圖 12

(表十) 密閉空間不同乾燥劑的吸濕量

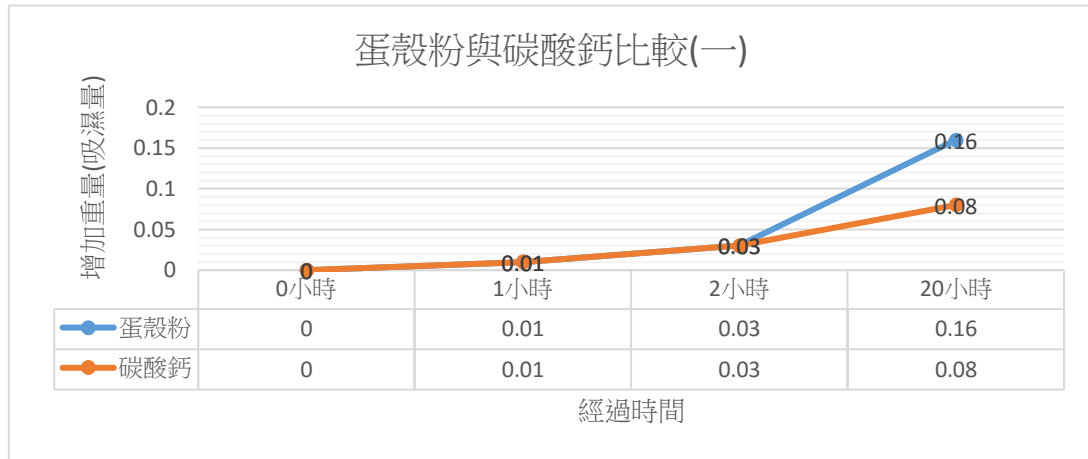
試劑 (1 克)	氯化鈣	蛋殼粉	3-5mm 矽膠	分子篩	氧化鈣	碳酸鈣
吸濕量 (水量公克)	0.42	0.31	0.21	0.18	0.30	0.28

實驗討論：數據顯示氯化鈣 1 公克的吸濕量最佳

【實驗八】

結果

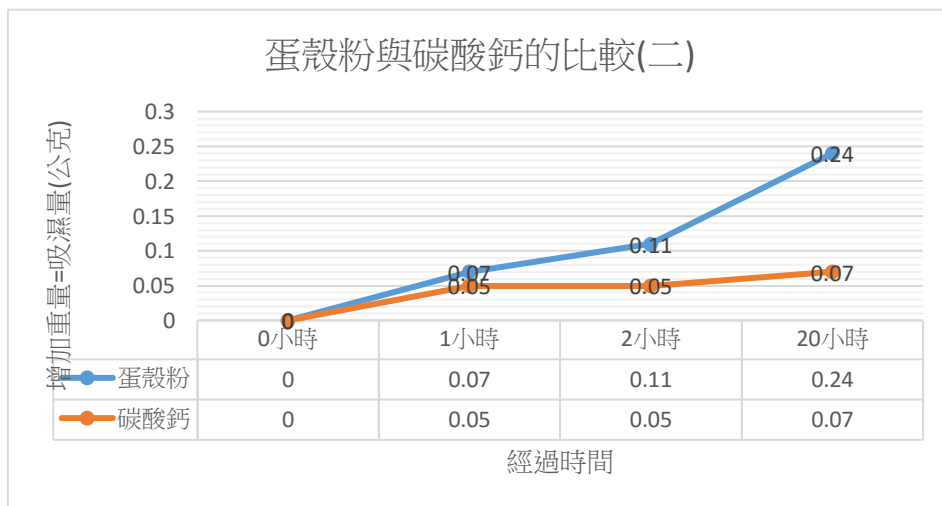
1. 第一次實驗數據(溫度 26°C、相對濕度 55%)



蛋殼粉和碳酸鈣的吸濕量，最多可相差 0.08 公克（蛋殼粉大於碳酸鈣）。

圖 13

2. 第二次實驗數據(溫度 30°C、相對濕度 70%)



蛋殼粉和碳酸鈣的吸濕量，最多可相差 0.17 公克（蛋殼粉大於碳酸鈣）。

圖 14

實驗討論：由以上兩次實驗，可得知蛋殼粉的吸濕能力比碳酸鈣好。

【實驗九】

結果

(表十一)



加熱板加熱	烘箱加熱	微波加熱
加熱 5mins	85 加熱 5mins	600W 加熱 1mins
變色	外觀無異	杯壁有粉末

實驗討論：本實驗的外觀有明顯差異，而回收前後重量無明顯變化所以未列數據

【實驗十】

(表十二)

結果

濕度/溫度（測量前）	蛋殼粉的重量/容器大小	濕度/溫度（測量後）
70/19	5 公克/9 公升的容器	69/19
68/21	20 公克/0.323 公升的容器	63/21

實驗討論：此實驗的數據，可推測出蛋殼粉在 1 公克可使環境濕度下降 0.2 度(環境溫度在 19℃；相對濕度在 70，9 公升的容器)。當溫度稍高與容器容積較小(約 0.3)，則蛋殼粉在 1 公克可使環境濕度下降 0.5 度。

【實驗十一】

結果

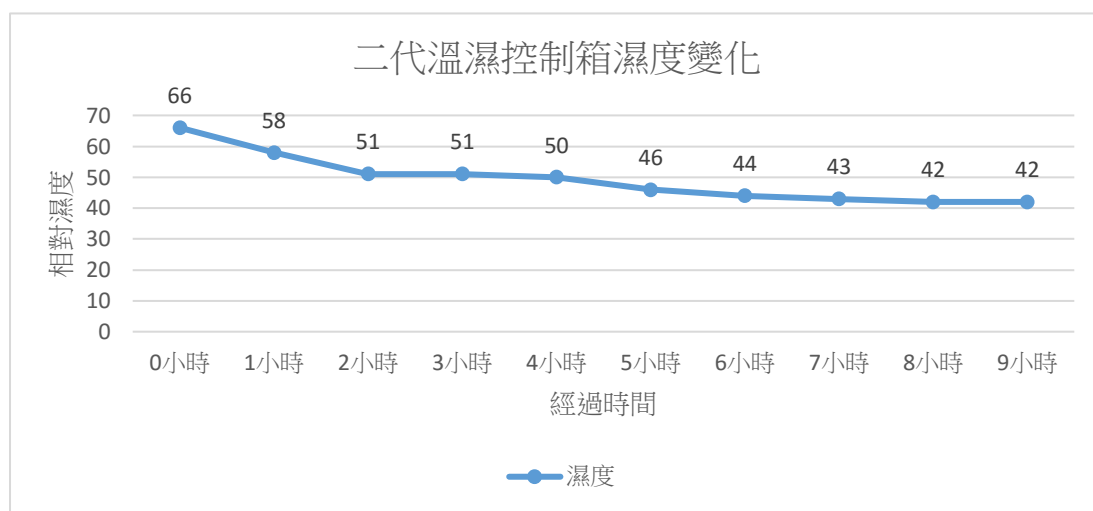


圖 15

實驗討論：經過九小時後，自製蛋殼粉吸濕盒(蛋殼粉 20 克)可使相對濕度下降 24%

【實驗十一補充】

結果

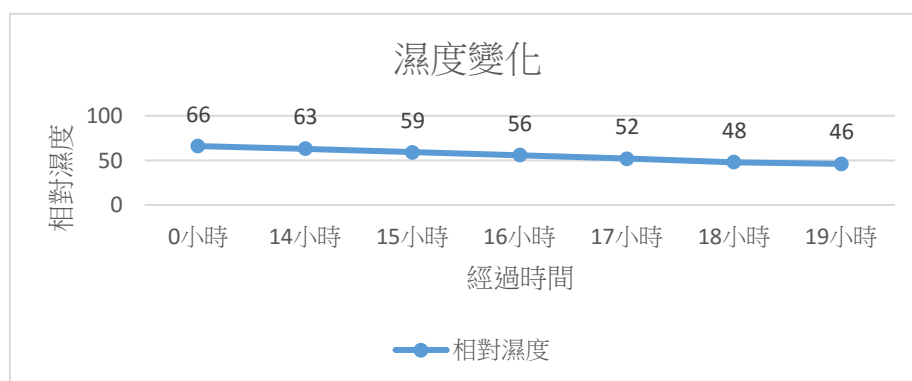
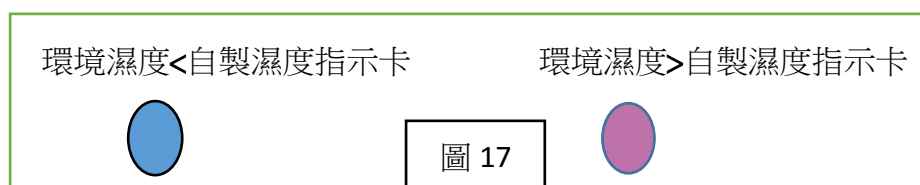


圖 16

實驗討論：插電加熱 10 分鐘、吸濕 19 小時，即可讓相對濕度下降 20%

伍、 討論

一、自製濕度指示卡：用配製不同體積莫耳濃度氯化亞鈷水溶液 0.3M、0.5M、0.7M、1.0M，各以滴管取一滴在濾紙上，觀察不同時間的變色情形。(如下圖 14 圖示)



- (一) 為了準確求得數據，在此實驗的測量秒數時，需搭配軟體 (Little RGB Color Picker) 分析變色情形，因此反覆放入溫水或交錯打開容器，以調節自製簡易溫濕控制箱內的溫度與濕度。
- (二) 由實驗二我們知道當環境溫度在 19°C；相對濕度在 70，此時的 0.3M 氯化亞鈷水溶液最快外圍的變色為 15 秒，若以圓點的中心點及搭配 RGB 分析變色軟體為 21 秒。
- (三) 探討上述時間的差異原因，推測是滴在濾紙的溶液量與濾紙纖維吸液體擴散速率不同。因此今後研究應改為濾紙浸泡溶液後乾燥使用，增加自製濕度指示卡對環境濕度判別的準確度。

二、理化課本中有介紹電解質，了解在電解質中，電流是由帶電的離子流動產生，因此溶液電阻受溶液濃度影響。而電阻是一個物體對於電流通過的阻礙能力。所以我們利用以上原理設計了此實驗，以三用電表測量不同濃度的氯化亞鈷乾燥的試紙在吸濕後電阻變化。在此實驗三的表五數據，得到氯化亞鈷濃度越高吸水後溶液電阻越低。

- (一) 在此實驗過程中電阻跳動明顯，我們找尋文獻⁽⁶⁾瞭解電阻會變可能是因為內部雜質的關係，因此需等一段長一點的時間再測量

(二) 還有夾濾紙的距離需固定，所以在此實驗我們裁剪好固定的長寬(長:4.5cm 寬:1cm)的濾紙並浸泡於不同體積莫耳濃度氯化亞鈷水溶液一天。

三、在實驗六中，探討 6 種(氯化鈣、蛋殼粉、3-5mm 矽膠、分子篩、氧化鈣、碳酸鈣)的吸濕速率。我們發現 3-5mm 矽膠的吸濕速率(1.1mm 水位=0.352mL/1 克矽膠)比蛋殼粉(0.8mm 水位=0.256mL/1 公克蛋殼粉)及分子篩(0.65mm 水位=0.208mL/1 公克分子篩)快；而在實驗六補充(探討 6 種乾燥劑的吸濕量)中，矽膠的吸濕量(0.6 克/5 克矽膠)仍然比蛋殼粉(0.47 克/5 克蛋殼粉)及分子篩(0.49 克/5 克分子篩)還要好。

(一) 推論以上的結果與乾燥劑的孔徑有關，矽膠⁽¹⁾的孔徑：2-2.4nm(奈米)，蛋殼中的海棉層⁽⁷⁾有無數氣孔貫通；氣孔大小為 9x10 到 22x29 μm^2 (平方微米)；氣孔數在雞蛋殼的鈍端為 78-149/cm²；在赤道端 107-131/cm²；在銳端 16-90/cm²，分子篩⁽¹⁾的孔洞直徑約為 0.4 nm(奈米)。一個水分子的大小約有 0.324nm 到 0.35nm，由以上資料推測由於矽膠的孔徑：2-2.4nm(奈米)較大，可吸附的速率就較快。

(二) 在實驗八中蛋殼粉有約 97%是碳酸鈣，但兩者吸濕量相差 0.17 克(見圖 14)。查詢參考文獻⁽⁹⁾後發現碳酸鈣可吸水但效果差，推測蛋殼粉吸濕性比碳酸鈣好應是具有氣孔。

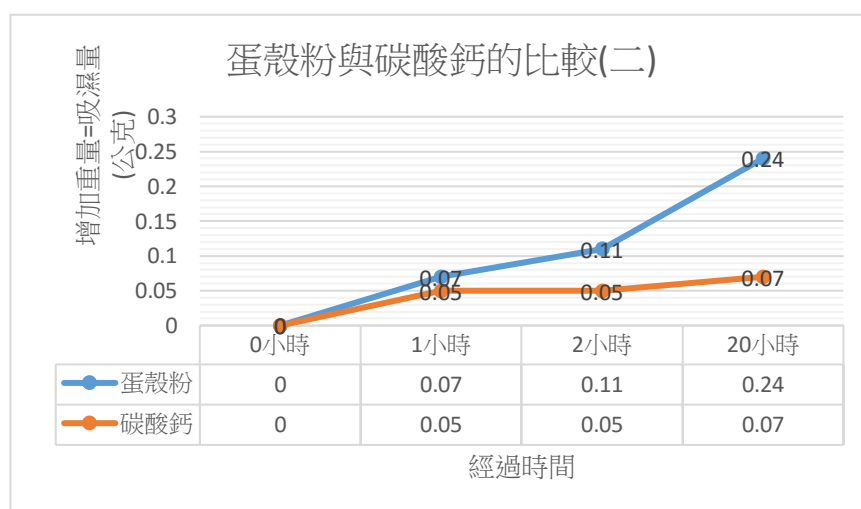


圖 14

四、在實驗四與實驗七中，我們探討 6 種（氯化鈣、蛋殼粉、3-5mm 矽膠、分子篩、氧化鈣、碳酸鈣）在開放空間與一同放入密閉容器的吸濕量（見圖 15）。我們發現在開放空間分開容器中的吸濕量以分子篩最大（1 克的吸濕量為 0.4），在一同放入密閉容器的吸濕量（1 克的吸濕量為 0.18）卻比蛋殼粉低，由文獻⁽⁸⁾瞭解根據水溶液蒸氣壓的依數性公式：

$$P = P_A^0 \times \frac{n_A}{n_A + n_B [1 + (a+b-1) \times \alpha]}$$

分子量越大、解離率越低的乾燥劑會產生較大的蒸氣壓，而影響水分吸收。分子篩的化學式 $\text{Na}_2[(\text{AlO}_2)_2(\text{SiO}_2)_2] \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 的分子量大，因此在同一密閉容器的吸濕量不及蛋殼粉。還有開放的空間溫度與濕度較無法控制而影響結果。

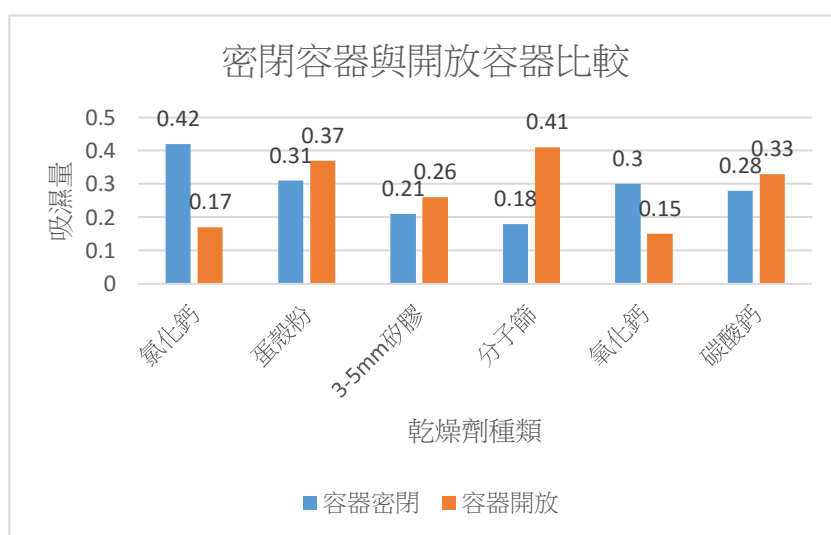


圖 18

五、在實驗五比較分子篩的顆粒與磨成粉末的吸濕量探討。結果 1 公克的磨成粉末（吸濕量：0.053）與不磨成粉末的分子篩（吸濕量：0.15）。有 0.097 公克的差異。瞭解分子篩的吸濕原理是用分子篩的特殊單一孔徑結構，對分子尺寸進行篩選，只有小於孔洞尺寸的分子可以進入晶體的孔洞中；當目標分子進入孔洞中，又因為分子篩中的金屬離子對於極性大的分子產生作用力（凡得瓦力或靜電力等等），將目標分子吸附住，而達到純化的效果。以除水能力為例，分子篩孔洞直徑約為 0.4 nm（奈米）約一個水分子的大小，所以目前市面上的 4A 分子篩(孔洞直徑約為 0.4 nm)有「最佳的靜態水吸附劑」之稱號。在此實驗推測因磨成粉末會破壞分子篩的孔徑而影響吸水量。

六、在實驗九討論 1 公克蛋殼粉的回收方法，三種回收方法中以烘乾較方便。以加熱板加熱的方式會破壞蛋殼粉結構；外觀有變色及有異味。

七、由實驗六的蛋殼粉有很好的乾燥速率及實驗九中發現烘乾是最佳的方法，讓我們想到類似吹風機的原理（插電後將熱傳出，使吸濕的蛋殼粉回收利用），自製一個簡易蛋殼吸濕盒(實驗十一)，應用於生活中於日常生活中。我們由實驗數據看出：當在溫度 19℃、相對濕度 70%時，蛋殼粉在 1 公克可使環境濕度下降 0.2 度當溫度高（20 度）與容器容積較小（0.3 公升），則蛋殼粉在 1 公克可使環境濕度下降 0.5%。在溫度 28℃、相對濕度 66%、容器容積 38 公升時(實驗十一)，1 克蛋殼粉可使環境濕度下降 1.2%。

陸、 結論

- 一. 乾燥劑是一種從大氣中吸收潮氣的除水劑，乾燥劑的乾燥原理就是通過物理方式將水分子吸附在自身的結構中（如蛋殼粉，分子篩，矽膠等）或通過化學方式吸收水分子並改變其化學結構，變成另外一種物質（如氯化亞鈷：紅色為六水物 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，藍色為失去結晶水的結構）。本實驗主題的蛋殼粉具有安全性、方便取得、環保，20 克蛋殼粉即可使 38L 聚丙烯箱之環境濕度下降 24%，相當具有實用性。
- 二. 在一般家庭中多少都會有除濕劑或除濕機，本報告的自製蛋殼粉吸濕盒是個經濟實用的簡易除濕機，吸濕情況不亞於市面上的乾燥劑，可在家中取得又可加熱回收再利用。
- 三. 若有時間想再作蛋殼中鈣含量對吸濕的效果探討，在八年級自然與生活二下課本⁽⁴⁾的酸鹼鹽概念；利用酸鹼滴定求蛋殼中鈣含量之檢測。因此想利用酸鹼滴定做進一步研究。

柒、參考資料

1. <http://www.absorcare.net.cn> (乾燥劑資訊網)
2. 創意教學-理化篇 陳偉民。祁明輝著 幼獅出版
3. 101 年全國高職學生實務專題製作競賽暨成果展報告書
4. 國民中學自然與生活 2 下 (翰林版) 第三章 電解質與酸鹼鹽
5. 國民中學自然與生活 3 上 (翰林版) 第三章 電壓・電流與歐姆定律
6. <http://www.phy.ntnu.edu.tw/> (國立師範大學物理系)
7. 蛋殼不為人知的秘密 國立員林農工
8. <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/> 科技部高瞻自然科學教學資源平台
9. <http://www.zwbk.org/MyLemmaShow.aspx?zh=zh-tw&lid=164436> (中文百科在線)

【評語】 030209

作品利用蛋殼製作乾燥劑，具有創意及發展為食品乾燥的可能性，但取樣應更為嚴謹，研磨的過程也應注意顆粒大小，以免太多變因影響實驗結果。