

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

040815

蛋殼木乃伊～乾燥劑

學校名稱：國立臺南第一高級中學

作者： 高二 邵孔昱 高二 陳泰元 高二 劉彥廷 高二 陳冠宇	指導老師： 鄧明聖
---	--------------

關鍵詞：相對溼度 乾燥速率 飽和吸濕量

作品名稱：蛋殼木乃伊~乾燥劑

摘要

蛋殼是生活中常見的廢棄物，但將它處理後的主成分卻是和市售乾燥劑十分類似的 CaCl_2 ，因此希望利用蛋殼製出日常可用的乾燥劑。實驗先將廢棄蛋殼加以處理，再將完成之乾燥劑和五種常見乾燥劑成分進行比較，測量各自可達到的相對濕度、乾燥速率及飽和吸溼量。實驗發現蛋殼乾燥劑在各方面皆有不亞於其它乾燥劑成分的表現，且反應後不會生成會傷害環境及人體的強酸、強鹼等有害物質，更可用加熱方法還原，具有極佳實用性。未來希望可向蛋殼成分、吸溼量作進一步研究，使它成為更方便日常使用的乾燥劑。

壹、研究動機：

近年來環保意識高漲，逐漸開始重視資源的回收與再利用，例如以廢棄的食用油做肥皂，廢玻璃鋪馬路，廚餘做堆肥。每次煮飯時，都少不了添一粒蛋進補，而每次望著廢棄的蛋殼，總是有些遺憾，認為除了成為廚餘之外，廢蛋殼應該要有更好的出路才對。

在現今社會，尤其台灣位於高溫多雨的亞熱帶，不管食衣住行方面，乾燥劑似乎與我們有著不可分離的關係。而這也引起筆者的好奇心，決定要揭開乾燥劑的謎底，並試著自製蛋殼乾燥劑，以及發展一套裝置及操作程序可以簡易的偵測乾燥劑的乾燥速率、飽和吸濕量及乾燥程度。

貳、研究目的：

1. 比較蛋殼乾燥劑與其他乾燥劑的乾燥速率。
2. 求蛋殼乾燥劑與其他乾燥劑的飽和吸濕量。
3. 探討各種除濕劑在定溫下的乾燥程度。

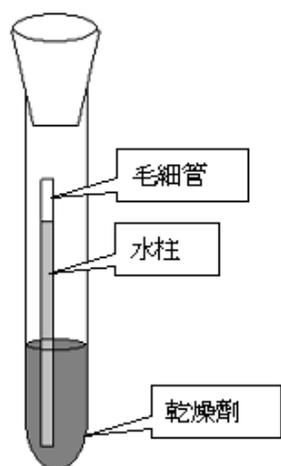
參、研究原理：



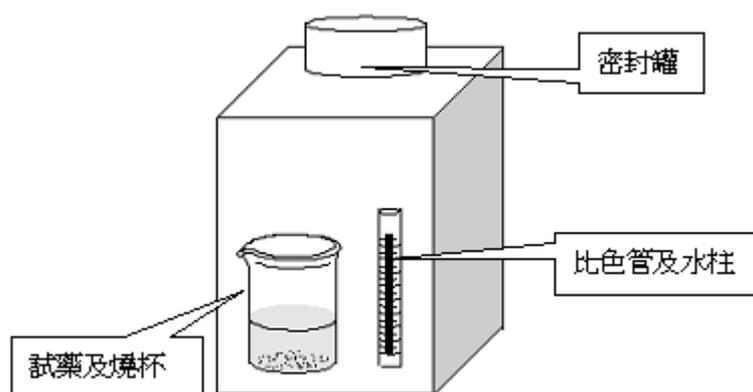
肆、研究器材：

- | | | |
|-----------|----------|-----------|
| 1. 蛋殼 | 2. 工業用片鹼 | 3. 鹽酸 |
| 4. 電子天平 | 5. 磁攪拌器 | 6. 毛細管 |
| 7. 烘箱 | 8. 移液管 | 9. 離心試管 |
| 10. 離心機 | 11. 數位相機 | 12. 微量吸管 |
| 13. 乾燥用矽膠 | 14. 氧化鈣 | 15. 五氧化二磷 |
| 16. 氫氧化鈉 | 17. 氯化鈣 | 18. 溼度計 |

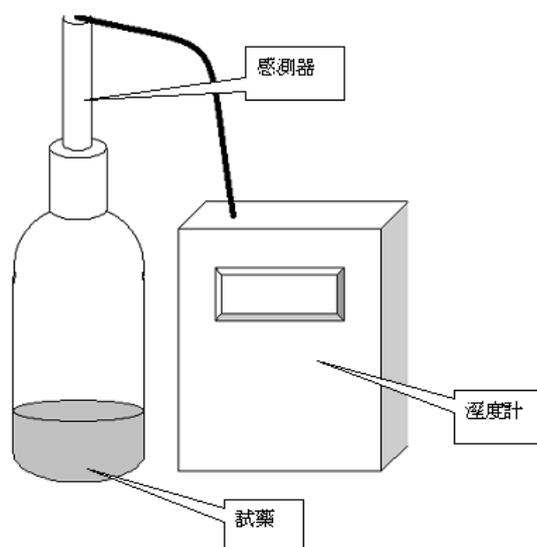
實驗二裝置圖：



實驗三裝置圖：



實驗四裝置圖：



伍、研究過程：

【實驗一】 利用餐廳的廢棄蛋殼以鹽酸來製作蛋殼乾燥劑，並計算產率。

1. 集中蛋殼清洗並加入工業用片鹼以除去蛋膜〈含蛋白質〉，約三日即可除去膜蛋白。
2. 將蛋殼取出並洗淨，乾燥，秤重。
3. 加入 2M HCl 靜置，使蛋殼溶解。
4. 用離心機將溶液先離心過一遍，除掉剩餘的蛋殼。
5. 將溶解完的鹽酸溶液抽濾一遍，再放上電磁攪拌器，加熱使溶劑蒸發，得到粗製結晶。
6. 以抽濾漏斗抽掉剩餘鹽酸溶液留下晶體。
7. 將留下的晶體溶於水中，再抽濾一次除去粗製晶體中不可溶的雜質。
8. 再放入烘箱中加熱除去水分，即得精緻蛋殼晶體，並秤重。
9. 計算產率。

【實驗二】 求取蛋殼晶體、氯化鈣、氫氧化鈉、五氧化二磷、乾燥用矽膠、氧化鈣等乾燥劑的吸水速率。

1. 取五個乾淨試管，各種乾燥劑秤取二公克分別放入各個試管，放入裝滿水的毛細管，蓋上橡皮塞，每隔一個小時用數位相機拍照一次，共拍五個小時。
2. 利用電腦算出蒸發使毛細管高度變化和時間（ Δ 畫素/時間）的關係圖

【實驗三】 求乾燥劑的飽和吸濕量。

1. 將各種乾燥劑秤取一克，分別放入五十毫升的燒杯中。
2. 用移液管量取五毫升的水，放入比色管，以零點五毫升為一個單位，標上刻度。
3. 將燒杯和比色管各一放入密封罐中，並靜置五天，再用微量滴管反滴定，測其液面下降量，此量即為每克乾燥劑的飽和吸濕量。

【實驗四】 探討各種除濕劑在定溫下的乾燥程度。

將各類乾燥劑各取五十克，放入五百毫升的塑膠罐中密封，以溼度計測量試管中的相對溼度。

【實驗五】 探討各種乾燥劑在同容器中的吸濕量

1. 將各種乾燥劑秤取一克，分別放入一百毫升的 PP 塑膠瓶中，並秤量每一個瓶子加蓋子的重量(W1)。
2. 把六個 PP 塑膠瓶集中於一個較大的密封罐中，並且加入四十毫升的水於密封罐中，密封。
3. 靜置五天後，將每個瓶子取出後擦乾，秤其總體重量(W2)，將兩個重量相減(W2-W1)，即為每克乾燥劑的吸濕量。

【實驗六】 探討蛋殼乾燥劑的回收比率

1. 將實驗三所用過的蛋殼乾燥劑和氯化鈣，置入微波爐中強熱七十五秒。
2. 將強熱過後的蛋殼乾燥劑和氯化鈣再次進行實驗三的步驟，靜置五天。
3. 五天後取出已吸濕的蛋殼乾燥劑和氯化鈣，測定吸濕量並和原本的吸濕量作比較，求出反應後的回收比率。

陸、研究結果：

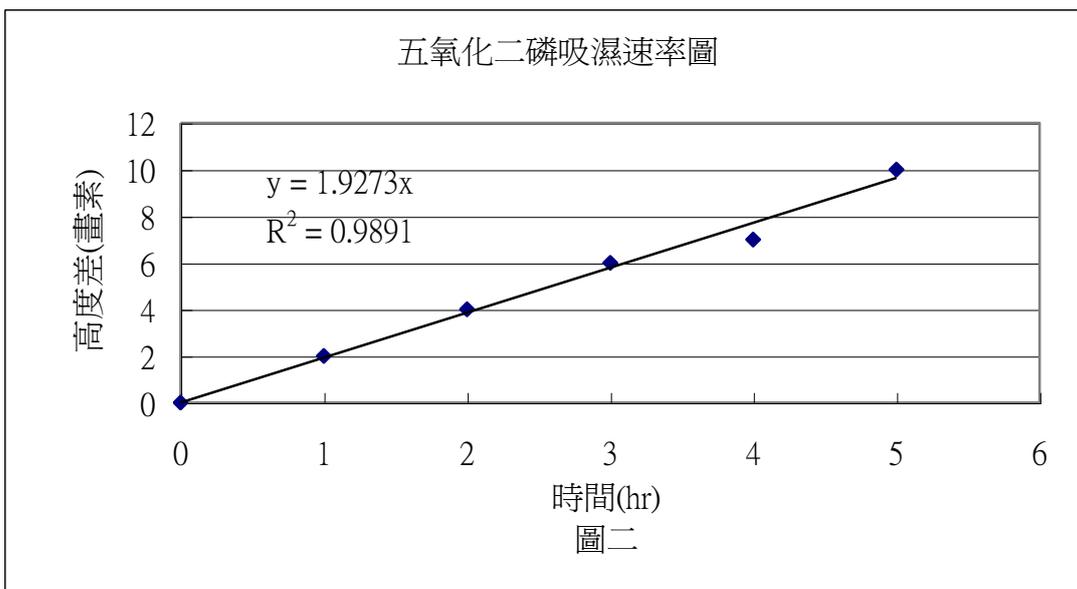
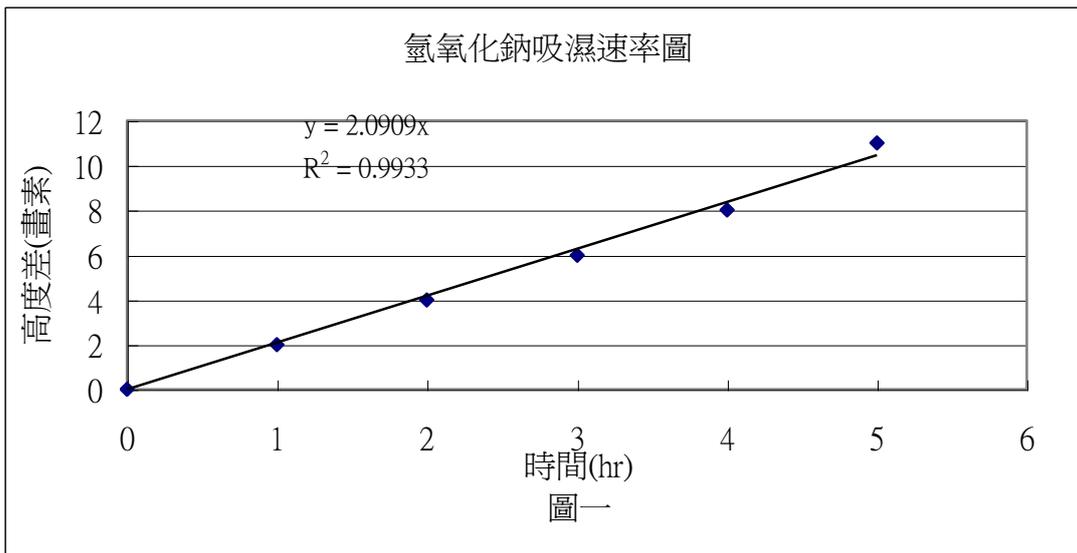
1、蛋殼乾燥劑的產率：

$$\text{產率} = \frac{\text{蛋殼乾燥劑淨重}}{\text{氯化鈣式量}} \times \frac{\text{碳酸鈣式量}}{\text{蛋殼淨重}} \times 100\%$$

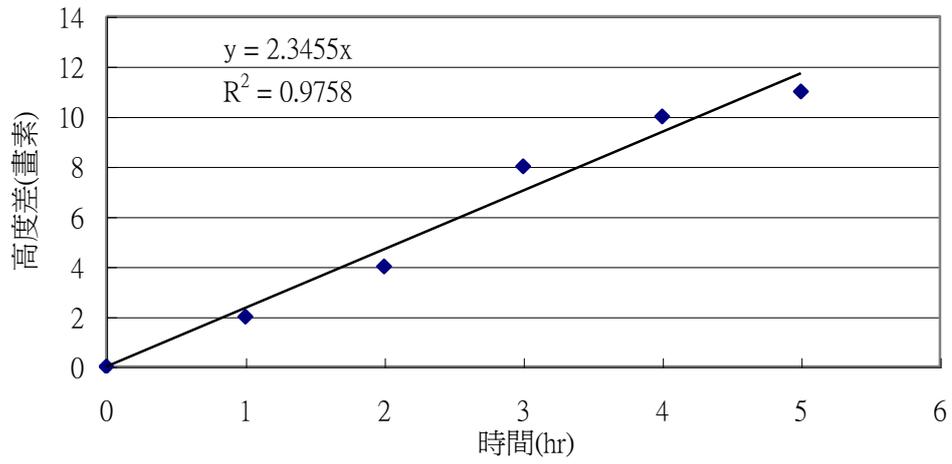
蛋殼淨重=100.00 克；蛋殼乾燥劑淨重=107.65 克

產率=96.98%

2、乾燥劑的吸水速率：時間和毛細管高度差關係圖

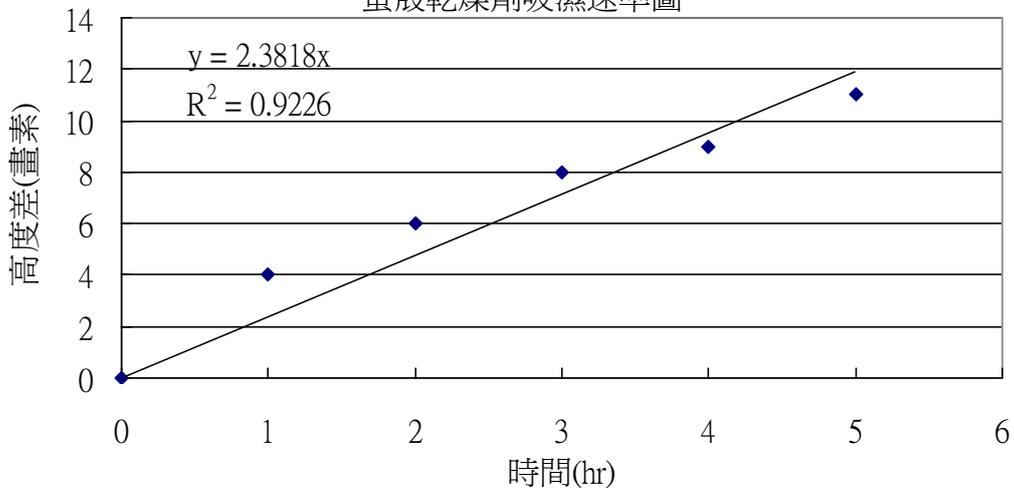


氧化鈣吸濕速率圖

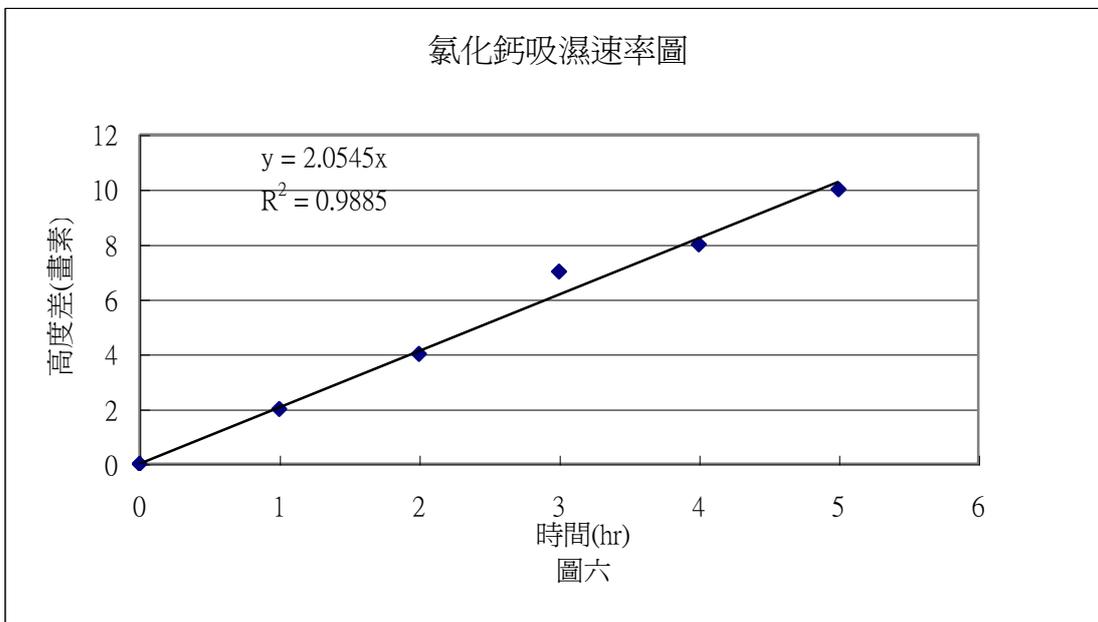
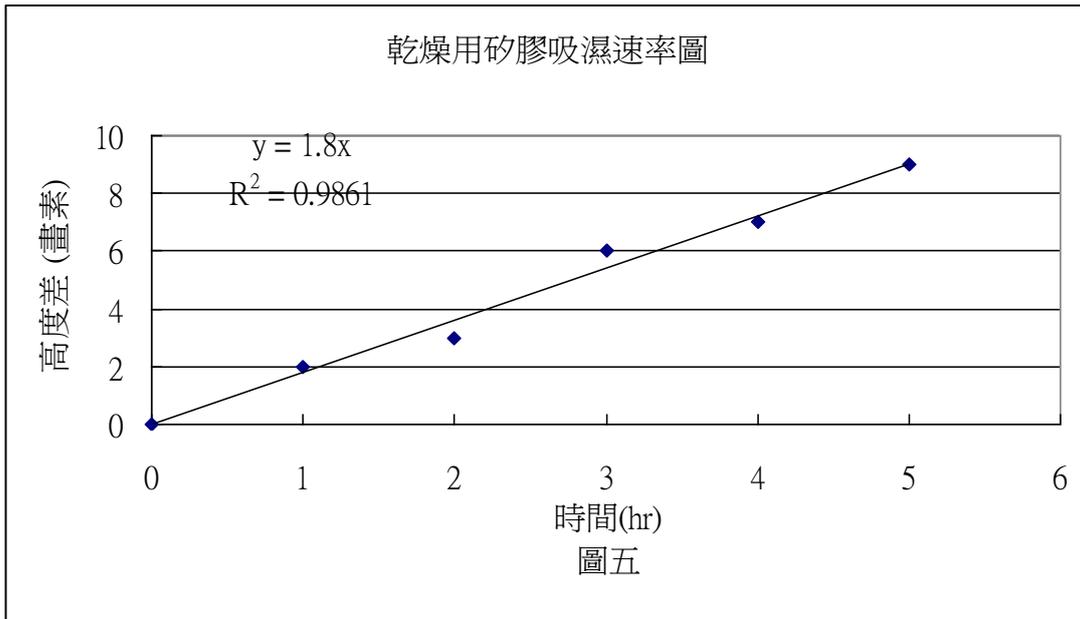


圖三

蛋殼乾燥劑吸濕速率圖



圖四



3、乾燥劑的吸水速率比較表：

表一

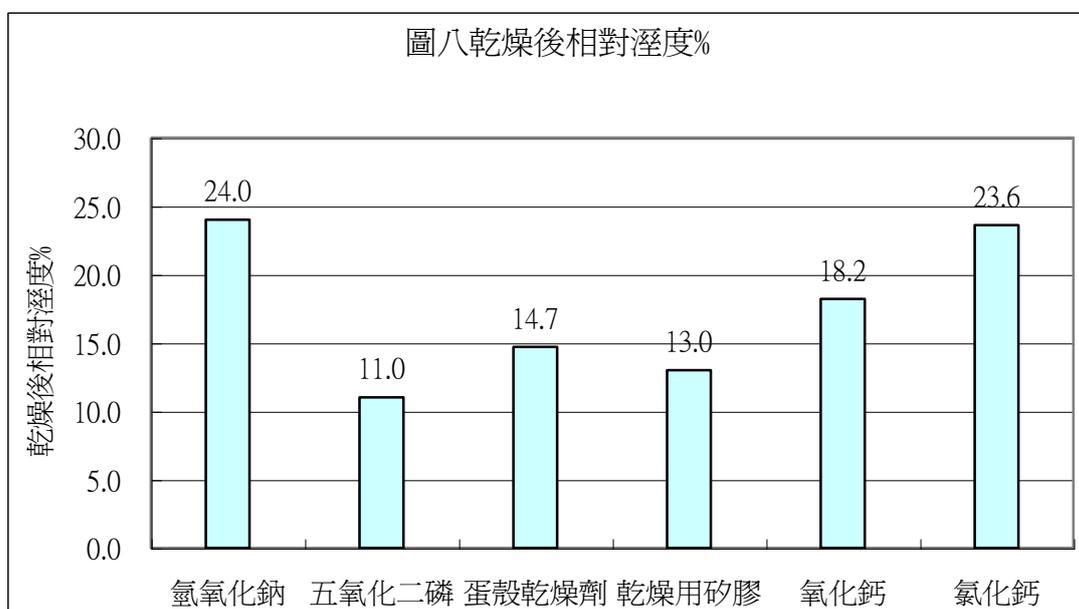
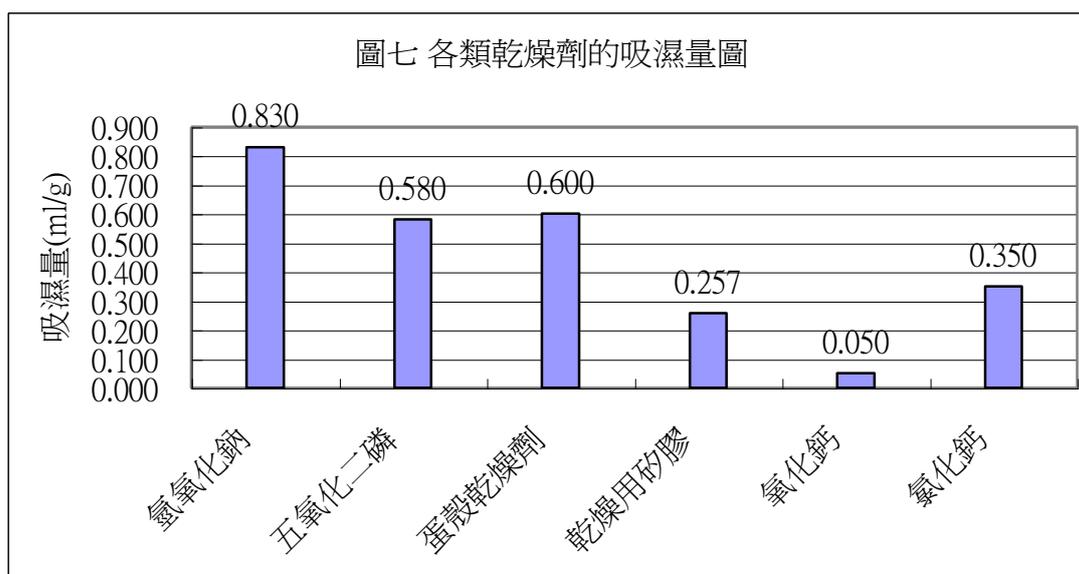
乾燥劑	速率(畫素差/時間)*	溫度 (°C)
氫氧化鈉	2.09	29.0
五氧化二磷	1.93	29.0
蛋殼乾燥劑	2.38	29.0
乾燥用矽膠	1.80	29.0
氧化鈣	2.53	29.0
氯化鈣	2.05	29.0

4、乾燥劑的飽和吸濕量和乾燥劑的乾燥程度

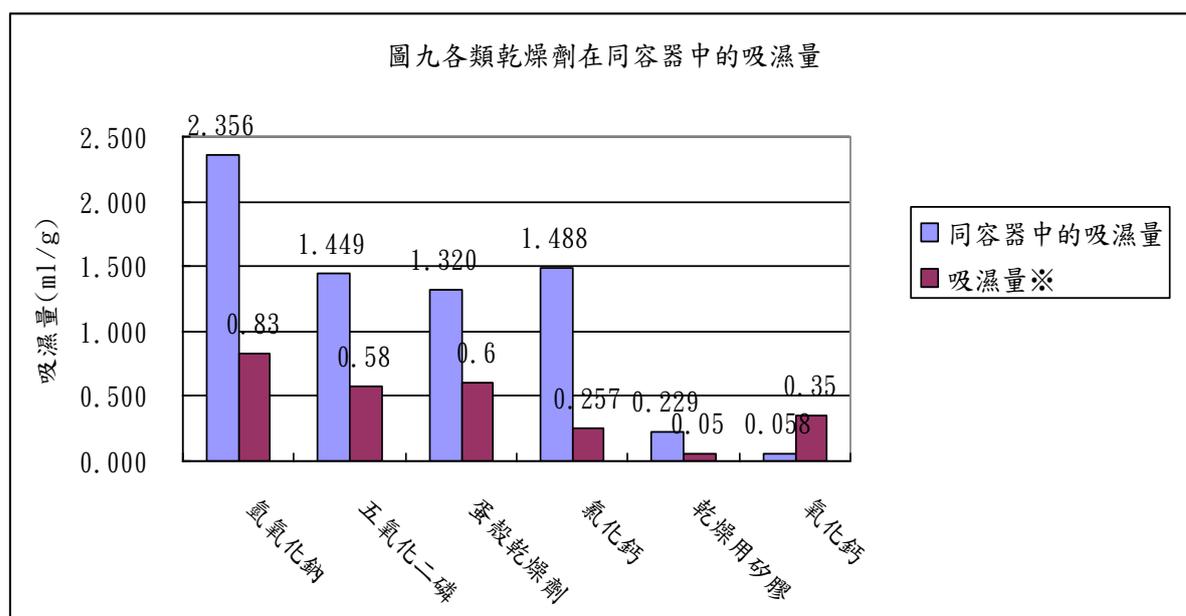
表二

乾燥劑	吸濕量※	乾燥後相對溼度%	溫度 (°C)
氫氧化鈉	0.830	24.0	30.1
五氧化二磷	0.580	11.0	30.4
蛋殼乾燥劑	0.600	14.7	29.8
乾燥用矽膠	0.257	13.0	30.3
氧化鈣	0.050	18.2	30.6
氯化鈣	0.350	23.6	29.0

註：※吸濕量單位：ml/g



5、各種乾燥劑在同容器中的吸濕量與在分開容器中的吸濕量比較



6、蛋殼乾燥劑和氯化鈣的作用回收比率

乾燥劑	吸濕量※	回收吸濕量	回收比例
蛋殼乾燥劑	0.600	0.500	83.33%
氯化鈣	0.350	0.245	70.00%

註：※吸濕量單位：ml/g

柒、討論及應用：

- 廢棄蛋殼以及鹽酸來製作氯化鈣，所得產率為 96.98% ，但在製作上為過濾方便，加入鹽酸時需注意，把二氧化碳泡沫用刮杓加以刮除，因上面有很多蛋白質膠體，會使過濾較不容易。另外，蛋殼乾燥劑只要用微波爐強火 1 分鐘，即可乾燥（外表像凸糖）並重複使用，非常方便。
- 各類乾燥劑的吸濕量：

由表一可得到每公克乾燥劑吸濕量最多的為氫氧化鈉 (0.83ml/g)，而筆者製備的乾燥劑卻也排行第二 (0.6ml/g)。但在實用性方面，蛋殼乾燥劑佔有可以烘乾重複使用的優勢，吸濕量卻又比矽膠 (0.26ml/g) 來的高。此外，蛋殼乾燥劑為弱酸性，相較於氫氧化鈉的強鹼，較沒有危險性，且不易和各類藥品起反應，雖說會有潮解成水的狀況發生，但若在蛋殼乾燥劑外包上一層高分子化合物的薄膜，便可避免上述情形發生，變成可以用在藥品保存、適用於實驗室的乾燥劑。

3、各類乾燥劑的乾燥程度：

由表一可得知五氧化二磷為吸溼力最強的乾燥劑，可以讓空氣的水氣剩到相對溼度 11%，卻有太容易潮解、存放不易、具強酸性等缺點。由文獻及實驗所得的數據矽膠居然高居第二，顯示出雖然單位質量矽膠吸的水量不多(0.257ml/g)，但若矽膠量足夠，也能將容器乾燥蠻徹底的。相反的，氫氧化鈉雖然吸水量大(0.83ml/g)，卻無法進行有效的乾燥，使它的實用性大打折扣。蛋殼乾燥劑(相對溼度 14.7%)相對於純氯化鈣的乾燥程度(相對溼度 23.6%)強上許多，而氯化鈣需在遠比 120°C 高的溫度下才能將其所吸的水排除，故較難重複使用。

4、各種除濕劑吸濕速率之比較：

筆者由實驗二得到六個毛細管高度差與時間的關係圖(圖一至圖六)可得各類乾燥劑的吸濕速率是呈一個線性關係，斜率為 1.80 與 2.53 (單位：pixel/hr) 之間。由此可見，除了矽膠的速率(1.80)略為慢些，其他各類乾燥劑的吸濕速率沒有統計上的差別；再由 20 小時的觀察，六個毛細管都相差 20 至 21 畫素(見附錄)，可見矽膠一開始較慢，是因為其顆粒較大的關係。相對於實驗三測氧化鈣時比色管內的水柱高度幾乎沒有任何變化(吸濕量非常小)，筆者在實驗二發現氧化鈣的吸濕速率不亞於其它乾燥劑。推測是因為在實驗二中，氧化鈣相對毛細管中的水為過量，所以表現出相當好的吸濕力。但在乾燥劑的實際應用上，大多為定量乾燥劑吸取大量的水氣，因此氧化鈣的吸濕能力應以實驗三的情況為準。

5、實驗二的裝置目的：

- (1) 採用毛細管當容器來觀察水柱，是因為毛細管的管徑小，若有些許的水量變化，很容易的就能觀察出來。配合以腳架固定的數位相機記錄，便能忠實地觀察水量的變化。
- (2) 由於毛細管中的含水量很少，相對來說週遭的乾燥劑為過量，因此乾燥劑在每一個時間點上可視為尚未作用，避免乾燥劑在吸水後干擾實驗結果。所以筆者的設計讓速率的偵測更容易迅速及準確(由實驗三發現高度有變化最少要三天以上，但實驗二只需五小時)。

6、實驗三的裝置目的：

- (1) 此實驗的目的是要測量單位質量乾燥劑的飽和吸水量，若是如此則水的蒸發量要大，才有利於迅速觀察乾燥劑的飽和。但若水柱的截面積過大，反而不利於測量水柱的變化，因此筆者採用比色管來當

裝水的容器，以兼顧反應速率與測量的便利性。

- (2) 為了測量水量下降的準確性，筆者採用微量吸管反滴定到原刻度，以增加測量的精密程度。

7、實驗二與實驗四操作過程的比較

在實驗二中筆者採用觀察毛細管內水柱高度變化的方式，來測量吸濕速率，而在實驗四中，卻用溼度計進行乾燥程度的量測。對於為何不用溼度計來求取乾燥速率，因為學長用過這個方法，發現要將初始的相對溼度設定在同一點在實驗操作上是有困難的。再者，筆者要求的是五種乾燥劑間的相對速率，若用溼度計來測量，由於一次只能測量一種乾燥劑，還要比對當時的溫度再進行換算。為了顧及實驗速度與方便性，筆者採用實驗二的步驟操作。

8、氫氧化鈉與蛋殼除濕劑之比較：

氫氧化鈉屬於強鹼具有腐蝕性，不適合放置在玻璃容器中；且若不慎接觸到水會產生高溫破壞器材，更不用說其破裂的後果了。還要經常檢查乾燥劑的效力，更新，才能確保器材安全。

9、五氧化二磷與蛋殼除濕劑之比較：

雖然五氧化二磷在每升空氣中所剩的水量為最少，但其剩餘乾燥劑表面會形成一層有釉光之生成物而阻止其繼續作用，造成乾燥效果下降；而五氧化二磷會與水生成磷酸，使得乾燥劑不但無法重複使用，其產生的磷酸還具有危險性，因此不適合作為家庭用的乾燥劑。又磷酸化合物在高溫時會侵蝕玻璃且無法對鹼性氣體進行乾燥，也使其在實驗室的實用性上相對較差。

若以蛋殼作為除濕劑，使用上只需放入微波爐中加熱或烘箱中加熱至 120°C 左右即可重複使用，且由於其表面不會形成隔絕層，所以內部的反應可以繼續進行。蛋殼除濕劑在除濕的過程當中並不會產生具有危險性的物質，且其乾燥的對象也沒有酸鹼性的限制，因此無論是在家庭或實驗室用的乾燥劑上均比五氧化二磷來的方便且實用。

10、氯化鈣與蛋殼除濕劑之比較：

在實驗中，筆者觀察到由鹽酸自製的蛋殼乾燥劑，不會像純氯化鈣一般受潮後結塊而難以清除。對於幾乎由氯化鈣組成的蛋殼乾燥劑，為何與純氯化鈣有不同的特性，可能與蛋殼內含有5%的 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和有機物質，與氯化鈣發生交互作用有關，此外，蛋殼乾燥劑為何會產生焦糖的香味和形成褐色溶液（因為之前曾利用醋酸溶解蛋殼，乾燥後卻

是純白的粉末)，這些特性都是值得再深入探討的，期待將來能有更進一步的研究。蛋殼乾燥劑可能因含磷酸鹽類使吸濕量較佳；另外蛋殼乾燥劑呈粉末狀，故吸濕速率較佳。蛋殼乾燥劑可以簡易方式重複使用，反觀氯化鈣無法輕易回收使用。

11、蛋殼乾燥劑的光譜分析

由於製備成的蛋殼乾燥劑具焦糖的香味，使筆者懷疑其中具有無法過濾的有機物質，因此筆者將乾燥劑粉末配成稀釋溶液，放入紫外可見光光譜儀（日立 U-2001）中分析。掃描的範圍為 1100nm 至 190nm。其中在 1089nm 與 211.2nm 具有 peak 值，判定 1089nm 的值為石英玻璃的特性光譜，而 211.2nm 的值代表其中含有 π 鍵，但由於溶液的雜質含量過多並且缺乏紅外線光譜儀，所以無法辨別內部含有哪些物質。

12、探討各種乾燥劑在同容器中的吸濕量與在分開容器中的吸濕量的差異

先前在分開容器中測量的吸濕量中，氯化鈣、五氧化二磷及蛋殼乾燥劑的吸濕量以氯化鈣最低，但在將各乾燥劑置於同容器中測量吸濕量時，氯化鈣的吸濕量卻比蛋殼乾燥劑高。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，進而影響水分的吸收。原先我們判斷蛋殼乾燥劑的組成應是五氧化二磷及氯化鈣的中間成分，根據公式，吸水量應在二者之間。但實驗的結果顯示蛋殼乾燥劑應還有一些更高分子量的物質在其中。此結果正與之前做的光譜試驗中，蛋殼乾燥劑內有有機物的結果符合。

13、氯化鈣與蛋殼乾燥劑回收比較

經過再次實驗，發現蛋殼乾燥劑在反應後再進行乾燥，可以獲得百分之八十三的回收百分率。但由於放置時間的這五天期間（五月），溫度較之前測量飽和吸濕量為高（二月）。已知乾燥劑的吸水反應是放熱反應，根據熱沙特涅原理，溫度的提高會使反應方向趨向反應物，這或許是導致回收百分率無法達到百分之百的原因。除此之外，筆者發現其實蛋殼乾燥劑的吸濕量比五天所測得的吸濕量還要來的高出許多。筆者將一克的蛋殼乾燥劑置於空氣流通的空間中，放置 20 天，發現吸濕量竟達到 4.648ml/g，可見經過長時間後，蛋殼乾燥劑可以比五天實驗的結果，有更大的吸濕量。

因為這樣的觀察結果，可見本實驗如果要求得一個極限的吸濕量，可能要對乾燥劑的吸濕量進行長時間的紀錄，並且進行溫度調控。

捌、結論與展望：

一般人以為把乾燥劑放入櫃子內就可達防潮效果，其實因櫥櫃並不氣密，乾燥劑吸濕的速度遠不及空氣中濕氣滲入的速度。就像用一塊海綿要把大海吸乾，是不可能的事。一般的塑膠袋，可防水，卻無法抵擋比液態水分子更細小的氣態水分子的穿透。本實驗發現，乾燥劑其吸濕速度太緩慢，遠不如週遭濕氣滲入的速度。若不慎打翻，可是天大的災難，不適用於攝影器材。更何況大量的化學廢水是環保殺手呢。

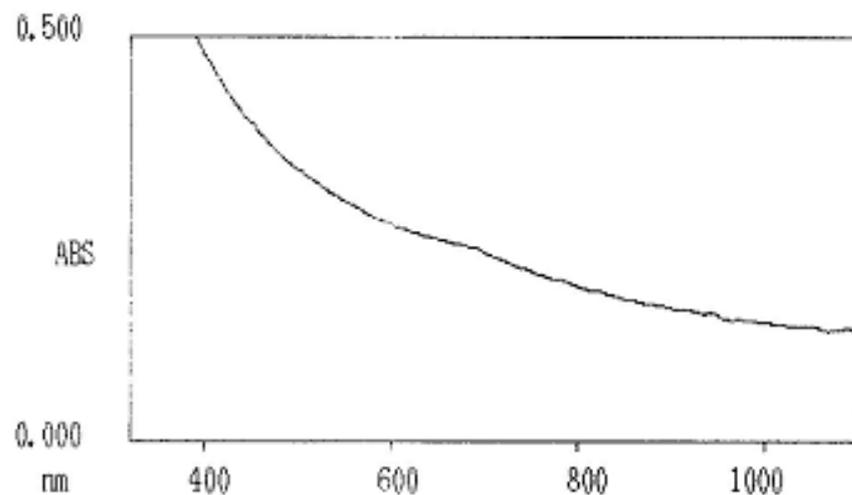
完成了整個實驗，發現蛋殼乾燥劑在安全性、吸濕速率、吸濕量、乾燥程度、重複使用的特性及環保方面，無論在實驗室中或者家庭的應用上，都有良好的實用性。

玖、參考資料：

- 1、高中物質科學化學篇（南一版）第下冊第七章反應速率
- 2、高中物質科學化學篇（南一版）第下冊第八章酸鹼
- 3、高中基礎化學篇（南一版）第二章自然界的物質
- 4、朱文聰，定量化學分析，徐氏基金會出版，1976. 7. 15，P. 33
- 5、魏耀揮、謝魁鵬，最新生物化學實驗，藝軒，1994. 9
- 6、<http://www2.seeder.net.tw/keystone>
- 7、Silverstein，有機化學之光譜鑑別法，第四版，眾光文化事業有限公司，1989. 8. 15

壹拾、 附錄

1、有機物光譜分析：



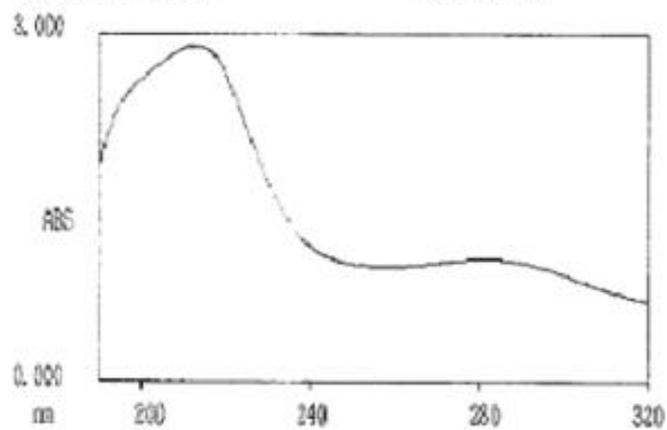
WAVELENGTH SCAN/SDCU

03/02/07 14:14

NO.	PEAK		VALLEY	
	nm	ABS	nm	ABS
1	1089.0	0.140	1070.0	0.136
2	1040.0	0.143	1033.0	0.142
3	942.0	0.159	937.0	0.157
4	917.0	0.163	910.0	0.162

WAVELENGTH SCAN/SDCU

03/02/07 14:14

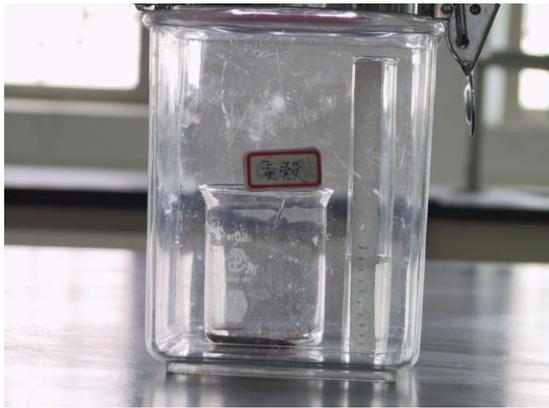


WAVELENGTH SCAN/SDCU

03/02/07 14:14

NO.	PEAK		VALLEY	
	nm	ABS	nm	ABS
1	282.0	1.064	259.4	0.992
2	211.2	2.903		

2、操作照片



蛋殼飽和吸水照片



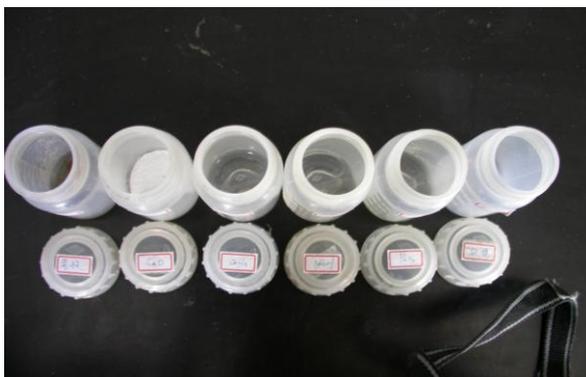
氧化鈣飽和吸水照片



乾燥程度操作照片



乾燥速率操作照片



同容器中各試劑吸水後照片



同容器中的吸濕量操作照片

乾燥劑的吸水速率比較原始畫素—時間表：

時間 (hr)	氫氧化鈉	五氧化二磷	氯化鈣	蛋殼乾燥劑	矽膠	氯化鈣
0	1153	1096	1176	1097	1104	989
1	1155	1098	1178	1101	1106	991
2	1157	1100	1180	1103	1107	993
3	1159	1102	1184	1105	1110	996
4	1161	1103	1186	1106	1111	997
5	1164	1106	1187	1108	1113	999
12	1173	1117	1196	1120	1124	1010

廢棄蛋殼以鹽酸來製作氯化鈣，並計算產率。原始數記表

蛋殼重	100.00 克
加入鹽酸溶液體積	1260.0mL
鹽酸溶液最後體積	1235.0mL
取樣體積	483.0mL
氯化鈣重	42.10 克
氯化鈣總重	107.65 克

【評 語】 040815 蛋殼木乃伊～乾燥劑

以蛋殼製造乾燥劑的創意極佳，且比較吸濕能力的測量合宜，若能在乾燥技術上及乾燥劑之乾燥能力比較變因控制予以改善，且輔以未知物成份的檢測，則作品將更完整且具說服力。