

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030201

石頭也會香!!---擴香石氣體擴散表面效應之研究

學校名稱：金門縣立金城國民中學

作者： 國一 陳玟安 國一 鍾欣妤	指導老師： 鄒怡君
-------------------------	--------------

關鍵詞：擴香石、格雷姆氣體擴散定律、量子侷限效應

摘要

提升生活品質降低廢棄物是當今重要課題，本研究欲建立製作可重複使用的擴香石標準化流程，模擬精油擴散及逸散的時間關係，並探討石膏表面的量子侷限效應。

實驗發現，氨水在擴香瓶中經由瓶口逸散到塑膠管內再擴散至與鹽酸反應，並不太符合格雷姆定律，一般網路及教科書中，擴散實驗皆以棉花吸附高濃度氨水與鹽酸，擴散效應明顯且產生白煙的時間短，本實驗以石膏取代棉花，材質改變的情況下，氨水經由石膏逸散到擴香瓶中會受到量子侷限效應(Quantum Confinement Effect)的影響，而拉長逸散的時間。

實驗得出以 50g 石膏粉混合 21ml 水的比例製作出的擴香瓶，吸收氨水的容量最大，此為擴香石的最佳比例，且在溫度 14–30°C 的狀況下，氣體擴散效果最好，溫度越高，氣體擴散速度越快。

壹、研究動機

有一次媽媽帶我去餐廳吃飯，我看到了一個莒光樓形狀的模型，聞起來香香的，我問店家之後才知道這個叫做「擴香石」，店家還告訴我，每塊擴香石大概可以維持一週的香味，當時我很好奇它為什麼會散發香味，於是我上網查找了一些資料，原來這是最近非常熱門的擴香產品。擴香石有很多不同的材質，例如石膏、陶瓷、水晶等，造型更是千變萬化！除了能散發香氣外，更能點綴空間！

當我深入探究後發現，以前的擴香產品是乾燥花噴香精或精油製成，缺點是揮發速度快而不持久，而且乾燥花為一次性使用，使用完之後乾燥花會脆化，無法重複使用，後來有香水瓶插小木棍或竹棍利用虹吸現象再揮發香味，缺點是揮發速度太慢，使得味道的變化性受限，在現代人講求生活品質當中，我想要去研究氣體擴散及逸散模型，進而製作可重複使用及可調整味道的擴香材料。

市售各式各樣的擴香造型



市售乾燥花



市售擴香石



市售擴香竹

圖片來源：

乾燥花：購物網

擴香石：購物網

擴香竹：購物網

貳、研究目的

- 一、 建構擴香瓶製作的標準化流程。
- 二、 建構擴散實驗的標準化裝置。
- 三、 測試不同比例擴香瓶吸收氨水的效果。
- 四、 探討不同比例擴香瓶擴散及逸散的速率模型。
- 五、 探討不同溫度下，不同比例擴香瓶氣體擴散及逸散之影響。
- 六、 探討氨水從石膏表面逸散的量子侷限效應(Quantum Confinement Effect)。
- 七、 探討擴香瓶持久性與擴香瓶重複使用的可行性。

參、研究設備及器材

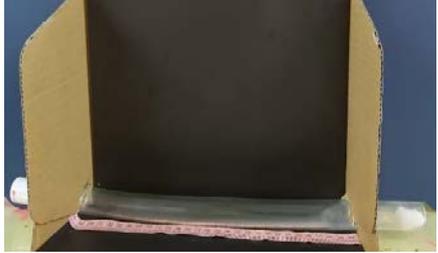
一、藥品

名稱	學名	化學式	出廠廠商
鹽酸(36%)	Hydrochloric acid	HCl	島久試藥
氨水(25%)	Ammonia water	NH ₄ OH	KOJIMA CHEMICAL
石膏粉(硫酸鈣)	Calcium sulfate	CaSO ₄	台灣資生堂

二、設備或器材

名稱	學名	名稱	學名
透明玻璃瓶	Glass bottle	燒杯	Beaker
塑膠管	Plastic tube	空針筒	Syringe
尺	Ruler	表面溫度計	Surface thermometer
黑色紙板	Black cardboard	烘箱	Oven
電子秤	Electronic balance	實體顯微鏡	Microscope
游標尺	Vernier ruler	手機	Cell phone
刮勺	Spatula	乾燥箱	Drying oven
行動顯微鏡	Action microscope	蒸餾水機	Distilled water machine

三、使用藥品及器材圖說

圖示				
說明	氨水(25%)	鹽酸(36%)	醫用級石膏粉	自製擴散裝置
圖示				
說明	實體顯微鏡	表面溫度計	電子秤	游標尺
圖示				
說明	7ml 玻璃瓶	烘箱	手機	0.8ml 針筒
圖示				
說明	行動顯微鏡	蒸餾水機	燒杯	塑膠管

肆、研究過程及方法

一、【實驗一】：建構擴香瓶製作的標準化流程。

目的將 50 克石膏粉混合不同比例的蒸餾水製作出 6 種比例的擴香瓶，蒸餾水分別加入 38ml、25ml、22ml、21ml、19ml、13ml，並定義各擴香瓶代號，以 (50：38-1)代表(石膏粉重量 g：蒸餾水體積 ml－第幾瓶)

(一)實驗步驟：

步驟 1-1：準備六個空杯，各秤量 50 克石膏粉備用，並在擴香瓶上標註石膏與蒸餾水的比例

步驟 1-2：逐杯加入不同體積的蒸餾水攪拌 15 秒，使石膏與蒸餾水完全混合，再倒入擴香瓶中，每種比例各製作 8 瓶，其中(50：21)製作 15 瓶，並將剩餘的石膏做成石膏片

步驟 1-3：將製備好的擴香瓶及石膏片置入烘箱中烘乾兩小時

步驟 1-4：(50：25)、(50：38)兩瓶在兩小時內無法乾，因此再延長烘乾兩小時

步驟 1-5：乾燥好的擴香瓶及石膏片取出放入乾燥箱備用

步驟 1-6：使用手機微距攝影功能，拍攝石膏片外觀及石膏片表面，並觀察石膏片表面狀態

(二)實驗過程圖說

			
步驟 1-1	步驟 1-2	步驟 1-3	步驟 1-4
稱量石膏粉	灌入模具	烘乾	擴香瓶成形

二、【實驗二】：建構擴散實驗標準化裝置：自製擴散實驗裝置，使擴香瓶口緊密對接塑膠管

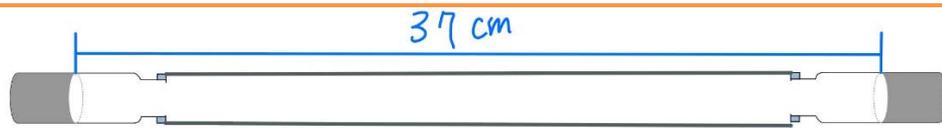
(一)實驗步驟：

步驟 2-1：準備一個紙箱，切除上蓋及前蓋，並在底部及後蓋貼上黑色卡紙

步驟 2-2：在紙箱角落挖出兩個與水管一樣粗細的孔

步驟 2-3：準備一支 31.60 公分長的透明塑膠水管，穿過紙箱預留孔位，並固定之，試著讓玻璃瓶插入瓶口時，兩端擴散起點間的距離為 37 公分

步驟 2-4：準備一條布尺，對準兩端管口處，並粘貼於底板上



三、【實驗三】：探討不同比例擴香瓶吸收氨水的效果

(一)實驗環境設定：

控制固定室溫 (16°C)、相對溼度 (70%)

(二)實驗步驟：

步驟 3-1：取擴香瓶(50：13-1)、(50：13-2)、(50：13-3)三瓶，用針筒取 0.5 毫升氨水，依序滴入氨水每次 0.1 毫升，滴至擴香瓶不能再吸收為止

步驟 3-2：取擴香瓶(50：19-1)、(50：19-2)、(50：19-3)三瓶，用針筒取 0.5 毫升氨水，依序滴入氨水每次 0.1 毫升，滴至擴香瓶不能再吸收為止

步驟 3-3：取擴香瓶(50：21-1)、(50：21-2)、(50：21-3)三瓶，用針筒取 0.5 毫升氨水，依序滴入氨水每次 0.1 毫升，滴至擴香瓶不能再吸收為止

步驟 3-4：取擴香瓶(50：22-1)、(50：22-2)、(50：22-3)三瓶，用針筒取 0.5 毫升氨水，依序滴入氨水每次 0.1 毫升，滴至擴香瓶不能再吸收為止

步驟 3-5：取擴香瓶(50：25-1)、(50：25-2)、(50：25-3)三瓶，用針筒取 0.5 毫升氨水，依序滴入氨水每次 0.1 毫升，滴至擴香瓶不能再吸收為止

步驟 3-6：取擴香瓶(50：38-1)、(50：38-2)、(50：38-3)三瓶，用針筒取 0.5 毫升氨水，依序滴入氨水每次 0.1 毫升，滴至擴香瓶不能再吸收為止

四、【實驗四】：探討不同比例擴香瓶擴散與逸散速率模型

(一)實驗環境設定：

控制固定室溫（16°C）、相對溼度（70%）

(二)實驗步驟：

步驟 4-1：設計對照組實驗，取兩個空玻璃瓶，秤取 8 克棉花塞入玻璃瓶中

步驟 4-2：取一瓶滴入氨水 0.2 毫升，另一瓶滴入鹽酸 0.2 毫升

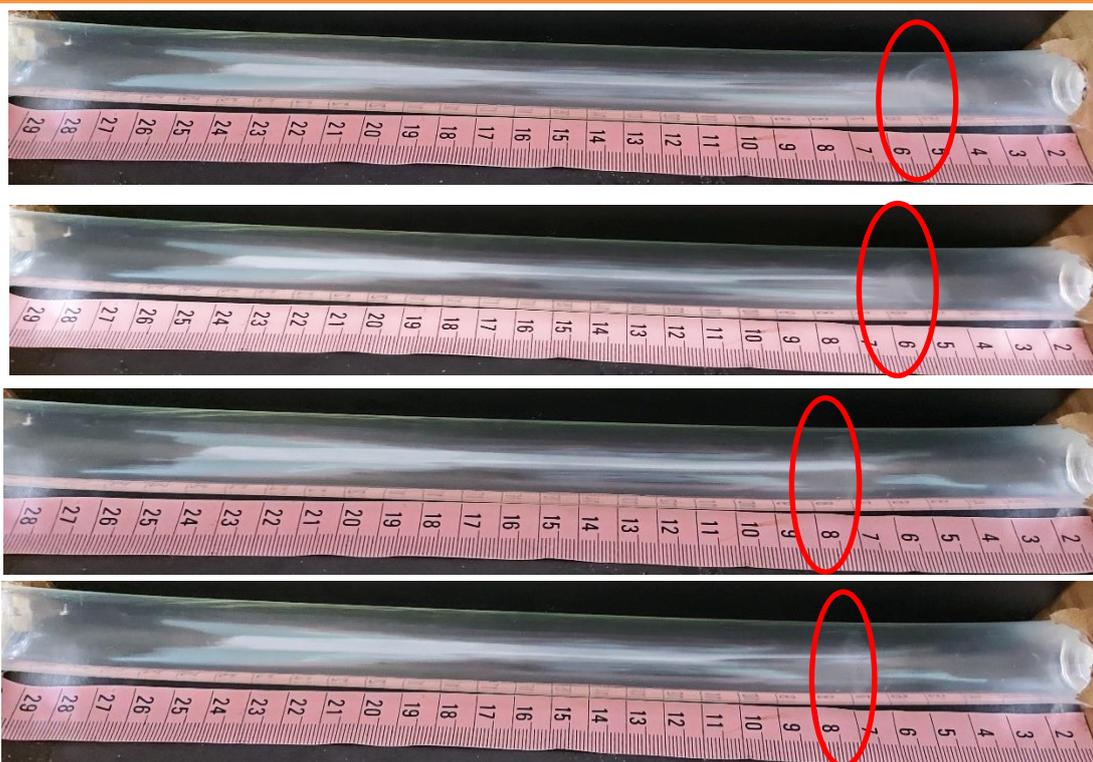
步驟 4-3：滴入氨水與鹽酸後測量棉花至瓶口距離為 3.50 公分

步驟 4-4：將玻璃瓶塞入塑膠管兩端，同時按下手機碼錶，觀察白煙生成的時間及位置

步驟 4-5：重複以上實驗三次，取擴散時間的平均值，及白煙生成位置的平均值

步驟 4-6：固定鹽酸端的條件，氨水端改用【實驗一】製得之擴香瓶進行擴散實驗

步驟 4-7：每組重複實驗步驟 4-5 三次，取擴散時間的平均值，及白煙生成位置的平均值



白煙生成實拍圖示

五、【實驗五】：探討不同溫度下，模擬冬天與夏天，擴香瓶氣體擴散及逸散之影響。本實驗選用(50：21)來做測試，因為由【實驗四】得知(50：21)擴香瓶吸收氨水的容量最多，且由【實驗四】得知此比例的擴香瓶氨水擴散速率最慢，表示其持久度最佳，其中控制擴散裝置溫度在 16°C 的實驗直接採用【實驗四】之數據。

(一)實驗環境設定：

控制擴散裝置溫度在 10°C、16°C、30°C 相對溼度 (70%)

(二)實驗步驟：

步驟 5-1：將擴香瓶及整個實驗裝置置於冰箱中，直至溫度降到 10°C 以下

步驟 5-2：取出擴香瓶用表面溫度計測量其溫度，升溫至 10°C 左右，加入 0.2 毫升氨水

步驟 5-3：將擴香瓶塞入塑膠管口，使得兩端擴散起點間距離為 37 公分，同時按下手機碼錶，觀察白煙生成的時間及位置

步驟 5-4：重複以上實驗三次，取擴散時間的平均值，及白煙生成位置的平均值

步驟 5-5：將擴香瓶置於熱水中隔水加熱，實驗裝置安裝在房間中，並用電暖爐及暖氣加熱環境溫度，直至溫度升達 30°C 以上

步驟 5-6：取出擴香瓶用表面溫度計測量其溫度，降溫至 30°C 左右，加入 0.2 毫升氨水

步驟 5-7：將擴香瓶塞入塑膠管，同時按下手機碼錶，觀察白煙生成的時間及位置

步驟 5-8：重複以上實驗三次，取擴散時間的平均值，及白煙生成位置的平均值



用表面溫度計測量溫度

六、【實驗六】：探討氨水從擴香石逸散的量子侷限效應(Quantum Confinement Effect)。

為解釋在【實驗三】與【實驗四】中，各比例的擴香瓶對氨水的吸收度與氨水擴散的實驗數據是否與量子侷限效應有關，我們商請國立金門大學電子工程學系奈米晶體暨薄膜實驗室協助拍攝石膏表面結晶狀況

(一)顯微鏡規格：

目鏡倍率 10X，物鏡倍率 10X、20X、50X、100X

(二)實驗步驟：

步驟 6-1：由目鏡倍率 10X，物鏡倍率 10X，拍攝各比例石膏片表面影像

步驟 6-2：由目鏡倍率 10X，物鏡倍率 20X，拍攝各比例石膏片表面影像

步驟 6-3：由目鏡倍率 10X，物鏡倍率 50X，拍攝各比例石膏片表面影像

步驟 6-4：由目鏡倍率 10X，物鏡倍率 100X，拍攝各比例石膏片表面影像

七、【實驗七】：探討擴香瓶持久性與擴香瓶重複使用的可行性。

(一)實驗步驟：

步驟 7-1：將做完實驗的擴香瓶，收集並靜置於陽台十五天

步驟 7-2：十五天後再次製作相同比例擴香瓶各一瓶，並加入 0.2 毫升氨水

步驟 7-3：取回陽台的擴香瓶，比較新製作的擴香瓶與十五天前的擴香瓶做氣味比較

步驟 7-4：取回之擴香瓶，再做一次擴散實驗

步驟 7-5：將十五天前使用過的擴香瓶倒入酒精浸泡十分鐘

步驟 7-6：重複步驟 7-4 兩次

步驟 7-7：倒出擴香瓶中的酒精，並且再度置於陽台一天

步驟 7-8：一天過後取回擴香瓶，再聞其氣味，判斷氨水味道是否還存在

步驟 7-9：加入其他香味的精油，聞其味道是否被氨水干擾

伍、研究結果與討論

一、【討論實驗一】：建構擴香瓶製作的標準化流程

參考網路上搜尋到的石膏成形製作比例，發現各網站上提供最佳比例各不相同，但每一個網站都沒有說明石膏成形製作比例的原因為何，例如吸收率較好、擴散效果較佳、石膏較易成形等，於是我們決定自己嘗試製作，為了固定製作比例，一律採用 50 克石膏粉搭配不同比例的蒸餾水混合，水量的多寡會影響石膏凝固後的晶形，我們除了選用網路上建議加入的水量為 25ml、22ml、21ml、19ml 的比例以外，我們還大膽選用加入的水量為 38ml、13ml 兩種比例的擴香瓶。

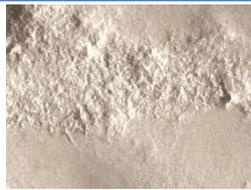
實驗發現：

加入不同水量的石膏粉凝固成形的表面差異相當大，我們透過手機的微距攝影，可初步觀察到石膏的表面狀態，我們就在想，不同的結晶晶形是否會影響擴香瓶對氨水的吸收程度呢？因此我們做了【實驗三】討論各種不同比例的擴香瓶對氨水的吸收程度比較。

(50：13)之石膏片，在外觀上很明顯可以觀察到有部分石膏未與水充份混合，而造成結塊凸起，其他比例的石膏片成形較為相似，均有像月球表面的隕石坑，其中以(50：38)石膏片外觀看起來最光滑。



(50：13)石膏片結晶微距攝影



(50：13)石膏片結晶微距攝影



(50：13)石膏片結晶微距攝影



石膏片外觀



(50：19)石膏片結晶微距攝影



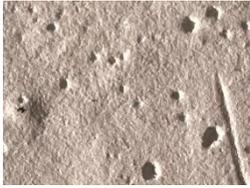
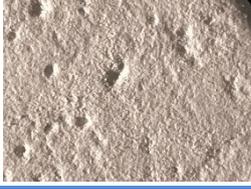
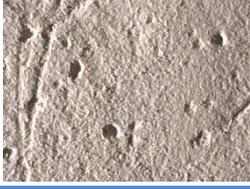
(50：19)石膏片結晶微距攝影



(50：19)石膏片結晶微距攝影



石膏片外觀

			
(50 : 21)石膏片結晶微距攝影	(50 : 21)石膏片結晶微距攝影	(50 : 21)石膏片結晶微距攝影	石膏片外觀
			
(50 : 22)石膏片結晶微距攝影	(50 : 22)石膏片結晶微距攝影	(50 : 22)石膏片結晶微距攝影	石膏片外觀
			
(50 : 25)石膏片結晶微距攝影	(50 : 25)石膏片結晶微距攝影	(50 : 25)石膏片結晶微距攝影	石膏片外觀
			
(50 : 38)石膏片結晶微距攝影	(50 : 38)石膏片結晶微距攝影	(50 : 38)石膏片結晶微距攝影	石膏片外觀

二、【討論實驗三】：探討不同比例擴香瓶吸收氨水的效果

這個實驗是想要探討擴香瓶內石膏的吸收率，觀察實驗數據，我們推估凝固成形的表面結晶狀態與內部結晶晶形，表面結晶狀態如果是紮實的成形，那就代表氨水吸收速度會很慢，如果表面結晶結構是鬆散的，那表示氨水吸收速度會很快。再則是探討內部結晶晶形，如果內部結晶緊密，那吸收量會很低，但是如果內部結晶有很多孔隙，那吸收量就會比較大。

實驗結果：

擴香瓶	滴入氨水 最大吸收量 (ml)	表面吸收狀況形容
(50：13-1)	0.2	吸收速度慢
(50：13-2)	0.1	吸收速度慢
(50：13-3)	0.2	吸收速度慢
(50：19-1)	0.4	吸收速度極快，且吸收量大
(50：19-2)	0.4	吸收速度極快，且吸收量大
(50：19-3)	0.5	吸收速度極快，且吸收量大
(50：21-1)	0.5	吸收速度極快，且吸收量大
(50：21-2)	0.4	吸收速度極快，且吸收量大
(50：21-3)	0.5	吸收速度極快，且吸收量大
(50：22-1)	0.4	吸收速度極快，且吸收量大
(50：22-2)	0.5	吸收速度極快，且吸收量大
(50：22-3)	0.4	吸收速度極快，且吸收量大
(50：25-1)	0.3	吸收速度快，但吸收總量變少
(50：25-2)	0.3	吸收速度快，但吸收總量變少
(50：25-3)	0.4	吸收速度快，但吸收總量變少
(50：38-1)	0.3	吸收速度快，但吸收總量變少
(50：38-2)	0.3	吸收速度快，但吸收總量變少
(50：38-3)	0.3	吸收速度快，但吸收總量變少

實驗發現：

(50：19)、(50：21)、(50：22)三組表面吸收氨水速度快，且吸收量比較大(0.4~0.6 毫升)。

(50：13)此組吸收速度慢，且吸收量小(<0.2 毫升)。

(50：25)此組雖可以吸收至 0.4 毫升，但吸收時間較長。

(50：38)此組起始吸收速度快，但很快就達到總吸收量，勉強可以吸收至 0.3 毫升。

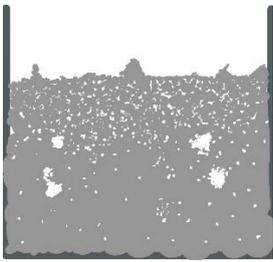
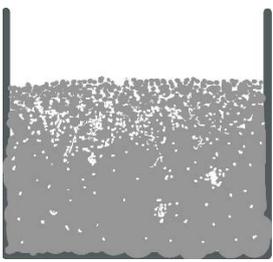
實驗推論：

(50：13)此組水量較少，雖有部分石膏與水混合不完全，但類似沖泡奶粉時，未攪散的奶粉表層會出現一層保護膜，此保護膜非常細緻，會讓水分子不容易通過，推論此組表層亦有相同狀況，因此吸收氨水的量小而且速度慢。

(50 : 19)、(50 : 21)、(50 : 22)這三組的表面結晶外觀較為相似，表面有許多坑洞，推論為結晶時水份蒸發不均勻所導致，因此吸收氨水速度比較快，內部結晶孔隙應該也屬於比較規律的，所以容量也比較大。

(50 : 25)、(50 : 38)這兩組有類似的吸收情況，一開始吸收速度都很快，但是一旦達到容量極限時，吸收速度馬上趨緩，此實驗可推論其原因，因為這兩組烘乾時間為 4 小時，為其他擴香瓶烘乾時間的兩倍，所以表示內部結晶會是相當緊密，因此可吸收氨水容量較少，但是結晶時表層會有溶液中的細微粉末附著，依照常理推論表層應該是相當綿密而鮮少縫隙可供水分子通過，但是起始吸收速度卻很快，值得做顯微鏡觀察再做微觀討論。

觀察【實驗三】數據，對各擴香瓶石膏成形的結晶情形預估圖

			
(50 : 13)	(50 : 19)、 (50 : 21)、 (50 : 22)	(50 : 25)	(50 : 38)
注入水量不足，造成結晶不完全，結晶孔隙處多，但表層應有細膜，因此氨水分子不易通過，所以容量不大。	上述三種比例的結晶狀態相似，表層有比較多的孔隙，所以吸收速度快，內部有較多的晶格縫隙，所以吸收容量大。	水量較多，底部石膏有時間慢慢沉積成形，結構較為緊密，表層會有細微石膏粉末原本懸浮於水中，待水份蒸乾後附著在石膏表面。	水量非常多，底部石膏有時間慢慢沉積成形，結構更為緊密，表層會有細微石膏粉末原本懸浮於水中，待水份蒸乾後附著在石膏表面。

三、【討論實驗四】：探討不同比例擴香瓶擴散及逸散的速率與對照組之比較

這個實驗是仿照中學課本中擴散實驗的裝置，本實驗之對照組為兩端皆為塞棉花之擴香瓶中，加入氨水與鹽酸，企圖以氨水和鹽酸模擬精油擴散取得擴散速率之數據，再以更換氨水端為各比例之擴香瓶測試之，測量白煙生成時間及位置。

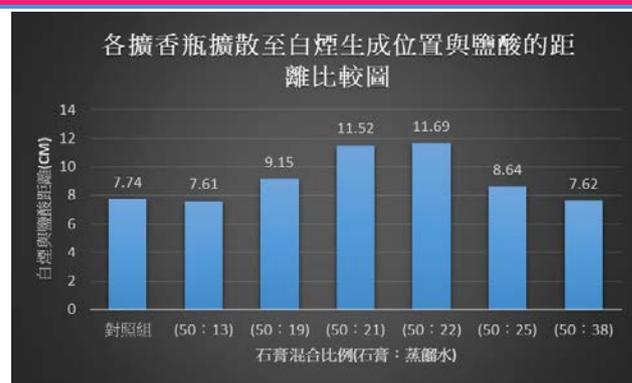
對照組：(擴香瓶內皆塞入 8 克的棉花並分別滴入 0.2 毫升的氨水與鹽酸，重複三次實驗)

對照組氨水瓶 (ml)	對照組鹽酸瓶 (ml)	擴散到白煙生成時間 (s)	白煙生成位置與鹽酸瓶的距離 (cm)
0.2	0.2	150.26	7.83
0.2	0.2	143.26	7.75
0.2	0.2	139.78	7.63
平均		144.43	7.74
$R_{NH_3} = \frac{29.26}{144.43} = 0.2026 \text{ cm/s} , R_{HCl} = \frac{7.74}{144.43} = 0.0536 \text{ cm/s} , \frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.2026}{0.0536} = 3.7797$			

各擴香瓶數據整理：(一端固定使用 8 克棉花塞入擴香瓶中並滴入 0.2 毫升鹽酸)

擴香瓶編號 (石膏：水)	氨水劑量 (ml)	擴散到白煙生成時間 (s)	白煙生成位置與鹽酸瓶的距離 (cm)
(50：13-4)	0.2	122.37	7.62
(50：13-5)	0.2	108.56	7.65
(50：13-6)	0.2	106.33	7.55
平均		112.42	7.61
$R_{NH_3} = \frac{29.39}{112.42} = 0.2614 \text{ cm/s} , R_{HCl} = \frac{7.61}{112.42} = 0.0677 \text{ cm/s} , \frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.2614}{0.0677} = 3.8612$			
(50：19-4)	0.2	172.33	8.99
(50：19-5)	0.2	178.65	9.46
(50：19-6)	0.2	170.35	9.00
平均		173.78	9.15
$R_{NH_3} = \frac{27.85}{173.78} = 0.1603 \text{ cm/s} , R_{HCl} = \frac{9.15}{173.78} = 0.0527 \text{ cm/s} , \frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.1603}{0.0527} = 3.0410$			
(50：21-4)	0.2	243.23	11.41
(50：21-5)	0.2	258.45	11.62
(50：21-6)	0.2	255.76	11.54
平均		252.48	11.52
$R_{NH_3} = \frac{25.48}{252.48} = 0.1009 \text{ cm/s} , R_{HCl} = \frac{11.52}{252.48} = 0.0457 \text{ cm/s} , \frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.1009}{0.0457} = 2.2083$			
(50：22-4)	0.2	235.22	11.44
(50：22-5)	0.2	246.17	11.75
(50：22-6)	0.2	249.36	11.87

	平均	243.58	11.69
$R_{NH_3} = \frac{25.31}{243.58} = 0.1039cm/s$, $R_{HCl} = \frac{11.69}{243.58} = 0.0480cm/s$, $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.1039}{0.0480} = 2.1648$			
(50 : 25 - 4)	0.2	198.34	9.04
(50 : 25 - 5)	0.2	180.62	8.46
(50 : 25 - 6)	0.2	182.79	8.42
	平均	187.25	8.64
$R_{NH_3} = \frac{28.36}{187.25} = 0.1515cm/s$, $R_{HCl} = \frac{8.64}{187.25} = 0.0461cm/s$, $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.1515}{0.0461} = 3.2854$			
(50 : 38 - 4)	0.2	121.25	7.61
(50 : 38 - 5)	0.2	107.92	7.52
(50 : 38 - 6)	0.2	109.34	7.74
	平均	112.84	7.62
$R_{NH_3} = \frac{29.38}{112.84} = 0.2604cm/s$, $R_{HCl} = \frac{7.62}{112.84} = 0.0675cm/s$, $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.2604}{0.0675} = 3.8578$			



實驗發現：

(50：19)、(50：21)、(50：22)、(50：25)四組表面吸收氨水速度快，前 0.3 毫升幾乎是滴入馬上吸收滲入石膏中，且吸收量比較大，但是擴散速率實驗白煙生成的時間並沒有比較短。

(50：13)、(50：38)這兩組擴香石吸收氨水速度慢，且吸收量小，但是擴散速率實驗白煙生成時間比較短。

鹽酸端的條件都是一樣的，但實驗數據計算出來鹽酸的擴散速率卻不相等，思考應該有實驗操作上的誤差造成。

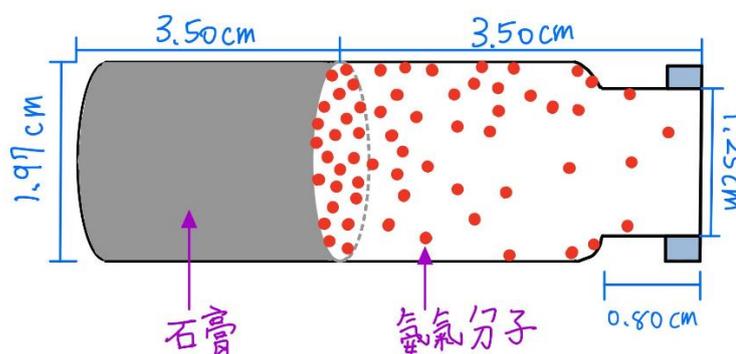
擴散模型推論：模擬氨氣分子在擴香瓶中的擴散及逸散情形

因瓶頸處比瓶身窄，因此氨氣分子自瓶口逸散時，會受到瓶頸縮小而導致逸散速率變慢，因此我們

們做出來的實驗數據，與格雷姆擴散實驗理論值($\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \sqrt{\frac{M_{HCl}}{M_{NH_3}}} = \sqrt{\frac{36.5}{17}} = 1.4653$)結果，差異性

很大，但是瓶頸縮小理應不會造成太明顯的數據差異，因此我們猜測，可能有除了擴散以外的其他原因，而此原因可能與石膏表面與氨氣分子的結合有關，經過指導教授的建議，所以我們設計

【實驗六】，想進一步觀察石膏表面的狀況，藉由表面結晶的觀察，看是否能判斷氨氣分子自石膏表面逸散的情況。



實驗數據推論：

原本預期(50：19)、(50：21)、(50：22)、(50：25)這四組擴香瓶擴散效果應該比較好，因為氨水吸收速度較快，且吸收容量較大，預估石膏孔隙較大，但實驗結果發現擴散速率反而比其他擴香瓶較慢，我們推論原因有三：

推論一：擴香瓶吸收率在**【實驗三】**吸收容量較大，而在**【實驗四】**中僅滴入 0.2 毫升氨水，尚未達到飽和容量，氨水儲存位置在石膏較深層處，因此在石膏結晶中氨水分子被緊密抓住不易逸散所導致實驗結果。

推論二：因上述原因，使得氨氣分子逸散到擴香瓶中的莫耳數較少，在氣體濃度不夠高的情況下，且氨氣分子較空氣分子輕，所以在擴香瓶中易受到空氣分子碰撞而不易從瓶口

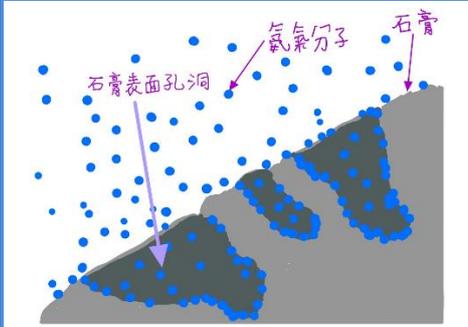
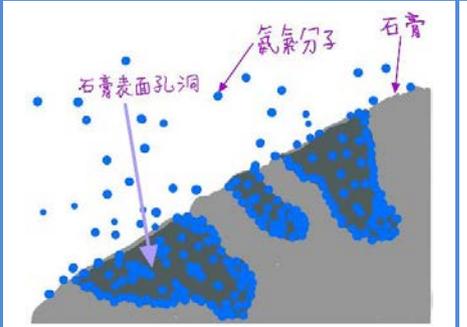
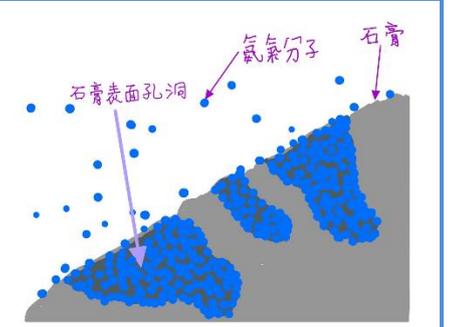
逸出，逸出的氨氣分子在塑膠管中擴散亦會受到大量的空氣分子干擾所影響，致使擴散速率較慢。

推論三：石膏表面孔隙多，因此與氨水的接觸面積較大，致使氨氣分子在運動時，仍然有部分氨氣分子重新撞擊石膏表面的孔隙，當氨氣分子重新接觸到石膏表面的孔隙，亦會重新吸附在石膏上，在科展縣賽中，經由指導教授的教導下，我們瞭解到氣體分子在石膏表面可能受到**量子侷限效應**的影響，而導致擴散速率較慢結果，再經由指導老師解釋量子侷限效應後，我們預測了一個氣體分子在接觸表面間的運動及吸附模型圖，並著手規劃【**實驗六**】，希望藉由觀察石膏片表面的顯微鏡攝影，可以讓我們找到關於實驗結果的答案。

(50：13)、(50：38)這兩組的石膏表面較細緻，吸收率就不佳，因此有部分氨水尚未被吸附，而易直接揮發至擴香瓶中，因此受到上述推論影響較小

氣體運動及表面吸附模型圖推論：

模擬氨氣分子逸散到空氣中，因受到空氣分子碰撞而產生撞擊石膏表面被吸附的量子侷限效應，致使在空氣中的氨氣分子濃度降低，擴散不明顯，即使有部分氨氣分子與鹽酸反應產生白煙，但因為白煙濃度太低而不易觀察，因此產生白煙的時間延長

		
* 氨氣分子逸散至空氣中，受到其他氣體分子碰撞，重新撞擊石膏表面。	* 石膏孔隙重新吸附氨氣分子。	* 氨氣分子大量吸附在石膏孔隙表面。

* 此推論的優缺點：

優點：可推導出氨氣分子擴散速度較理論值低的原因。

缺點：氨氣分子既然會重新大量吸附於石膏表面，那是不是代表原本氨氣分子就不容易自石膏表面逸散至空氣中。

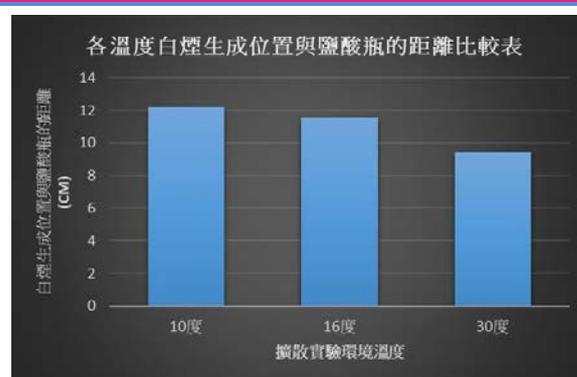
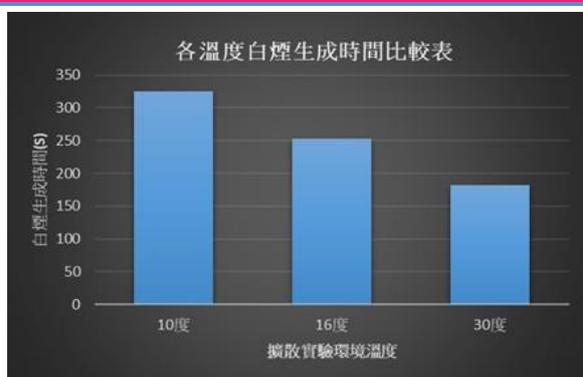
重新思考：是否開始逸散時，因氨氣分子較多，所以逸散現象顯著，但又因空氣中氨氣分子濃度變高，受到空氣分子碰撞又重新吸附於石膏表面孔隙，所以逸散速率減緩。

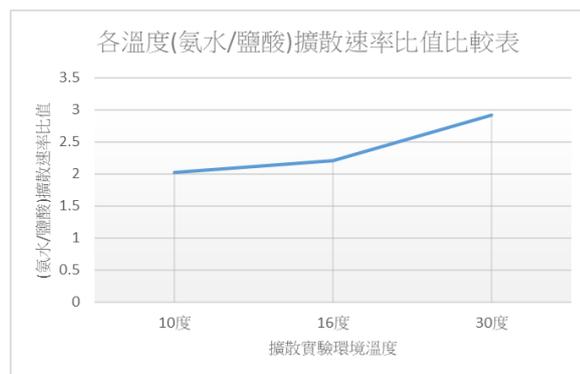
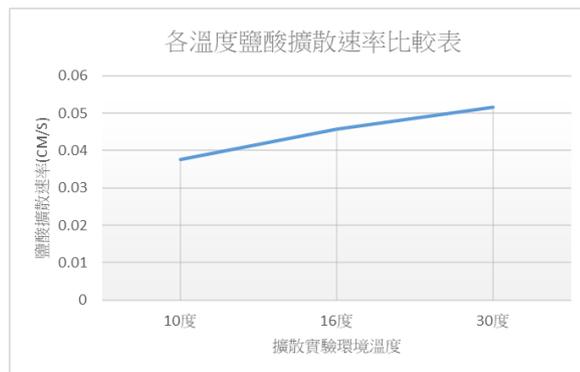
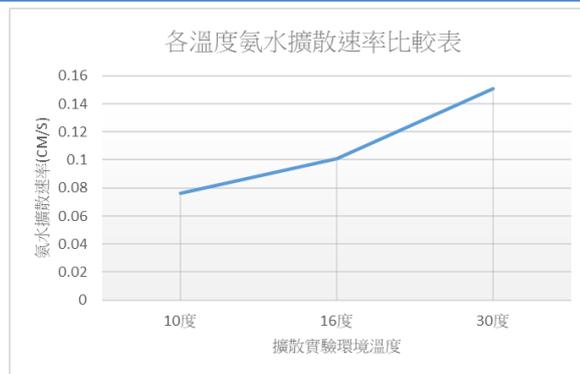
四、【討論實驗五】：探討不同溫度下，模擬冬天與夏天，擴香瓶氣體擴散及逸散之影響。

這個實驗是模擬冬天和夏天在不同溫度下，擴香瓶的擴散及逸散現象，本實驗選用(50：21)來做測試，因為由【實驗四】得知此比例的擴香瓶擴散速度最慢，表示其持久度最佳，其中控制擴散裝置溫度在 16°C 的實驗直接採用【實驗四】之數據。

各溫度擴散數據整理：

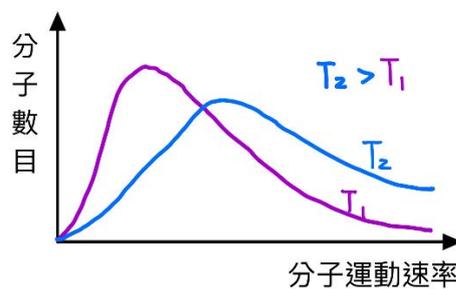
擴香瓶編號 (石膏：水)	氨水劑量 (ml)	擴散到白煙生成時間 (s)	白煙生成位置與鹽酸瓶的距離 (cm)
溫度 10°C			
(50：21-7)	0.2	324.27	12.39
(50：21-8)	0.2	333.26	12.45
(50：21-9)	0.2	319.53	11.83
平均		325.69	12.22
$R_{NH_3} = \frac{24.78}{325.69} = 0.0761cm/s$, $R_{HCl} = \frac{12.22}{325.69} = 0.0375cm/s$, $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.0761}{0.0375} = 2.0289$			
溫度 16°C			
(50：21-4)	0.2	243.23	11.41
(50：21-5)	0.2	258.45	11.62
(50：21-6)	0.2	255.76	11.54
平均		252.48	11.52
$R_{NH_3} = \frac{25.48}{252.48} = 0.1009cm/s$, $R_{HCl} = \frac{11.52}{252.48} = 0.0457cm/s$, $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.1009}{0.0457} = 2.2083$			
溫度 30°C			
(50：21-10)	0.2	186.34	9.54
(50：21-11)	0.2	177.53	8.96
(50：21-12)	0.2	183.68	9.81
平均		182.52	9.44
$R_{NH_3} = \frac{27.56}{182.52} = 0.1510cm/s$, $R_{HCl} = \frac{9.44}{182.52} = 0.0517cm/s$, $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \frac{0.1510}{0.0517} = 2.9206$			





實驗發現：

本實驗與預期相符，根據分子碰撞理論之馬克斯威-波茲曼分子動能分佈曲線圖中，溫度越高的情況下，分子平均動能會增加，碰撞頻率變高，擴散速率變快。



馬克斯威-波茲曼 分子動能分佈曲線圖

五、【討論實驗六】：探討氨水從擴香石逸散的量子侷限效應(Quantum Confinement Effect)。

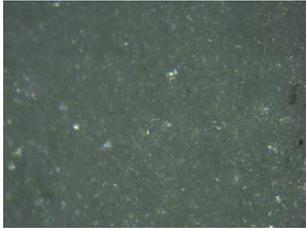
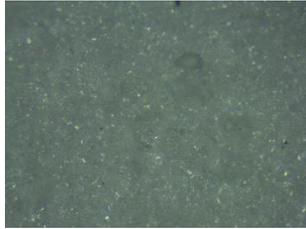
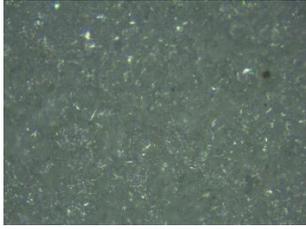
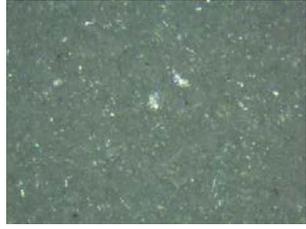
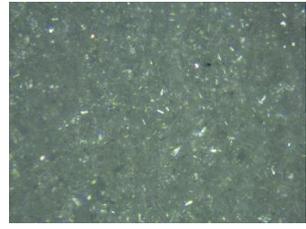
這個實驗是要探討氨水分子與石膏表面的吸附現象，是否與量子侷限效應有關，我們知道當粒子大小為奈米等級時，會造成材料的光、電、磁、聲等物理現象與傳統的固體不同，是否因為量子侷限效應影響，而造成氨氣體分子不易逸散到空氣中，或是因為量子侷限效應，而致使逸散至空氣中的氨氣分子，因碰撞而重新被石膏所吸附，而表面孔隙較少、較光滑的石膏表面，量子侷限效應就比較不明顯，進而解釋氨氣分子逸散速率的差異性。

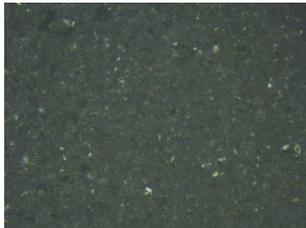
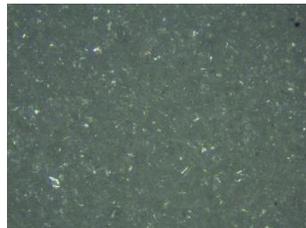
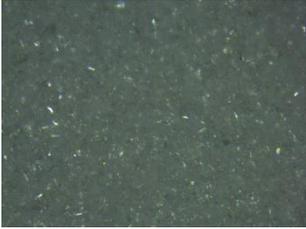
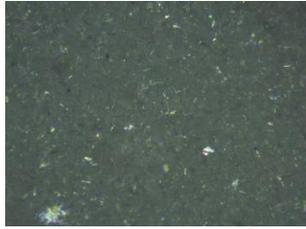
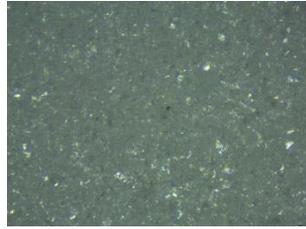
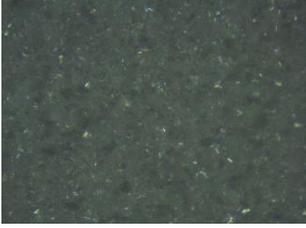
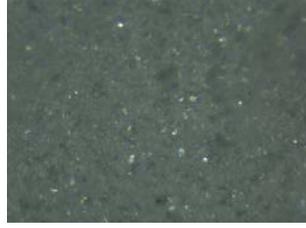
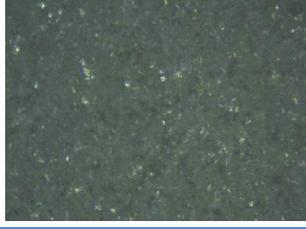
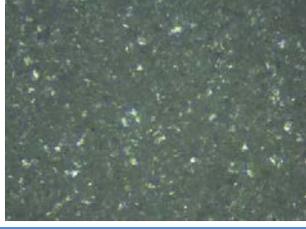
為了能夠觀測石膏片表面結晶情況，我們使用學校的解剖顯微鏡觀察，放大倍率為 40X，但是這個放大倍率無法讓我們觀察石膏細部表面，而且學校的顯微鏡無法用手機拍照，後來我們直接以電話詢問了國立金門大學電子工程學系是否有相關設備可以提供協助，在說明來意後，校方很樂意協助我們進行拍攝顯微鏡下的石膏表面。

量子侷限效應對我們來說是一個完全沒有聽過的名詞，感謝指導教授及學校指導老師跟我們說明，我們也閱讀了大量的文章和觀看大量的教學影片，對量子化和量子現象有了初步認識。

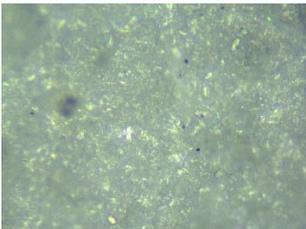
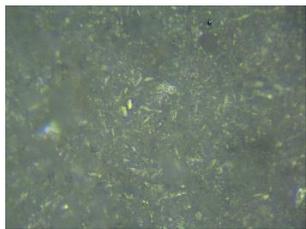
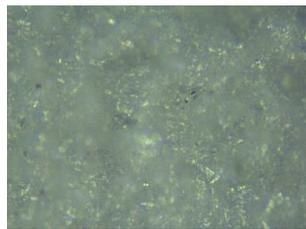
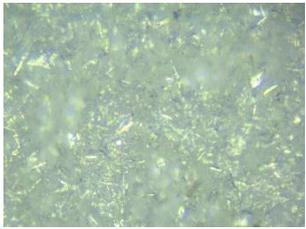
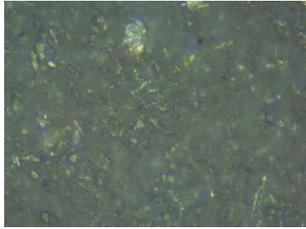
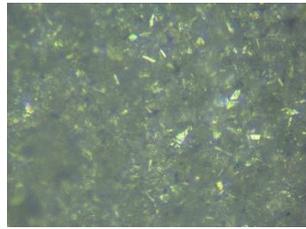
奈米晶體暨薄膜實驗室顯微鏡觀察石膏表面結果

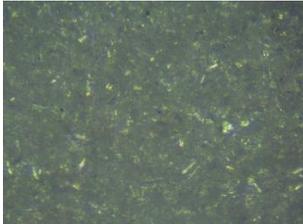
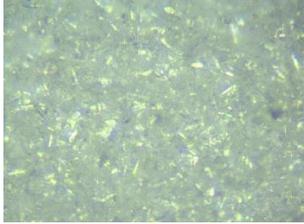
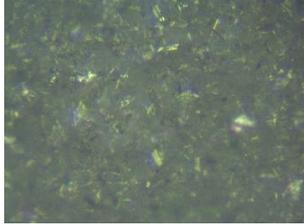
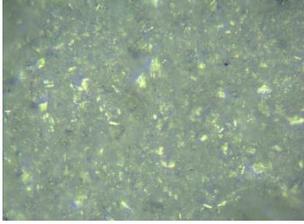
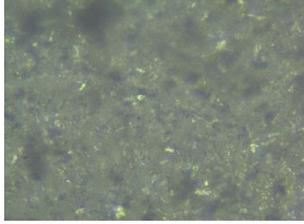
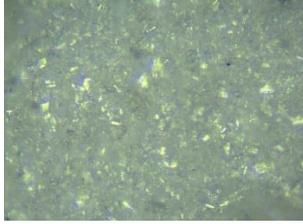
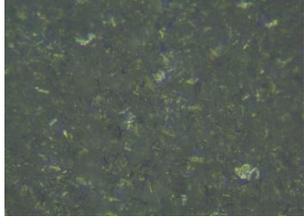
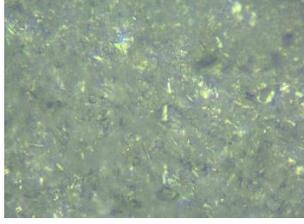
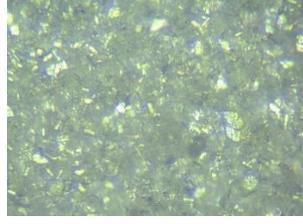
隨機取石膏片上三個點位進行觀測，目鏡皆選用 10X。

物鏡 倍率	石膏片比例 (石膏：水)	點位一	點位二	點位三
10X	(50：13)			
10X	(50：19)			

10X	(50 : 21)			
10X	(50 : 22)			
10X	(50 : 25)			
10X	(50 : 38)			

總放大倍率 100X 的圖面無法觀測差異性所在。

物鏡 倍率	石膏片比例 (石膏 : 水)	點位一	點位二	點位三
20X	(50 : 13)			
20X	(50 : 19)			

20X	(50 : 21)			
20X	(50 : 22)			
20X	(50 : 25)			
20X	(50 : 38)			

總放大倍率 200X 可明顯發現顯微鏡對焦開始出現模糊區域，代表表面凹凸位置落差明顯，亦可推測結晶面不平滑。

(50 : 13)：表面可觀察有數個黑點，顯示有局部結晶孔隙，且高低落差大，表面非常不規則。

(50 : 19)：表面可觀察有部分高低落差，條狀結晶明顯且交錯，可見黑色縫隙出現。

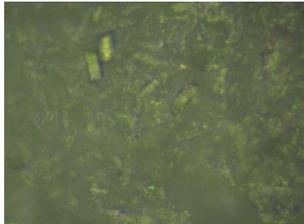
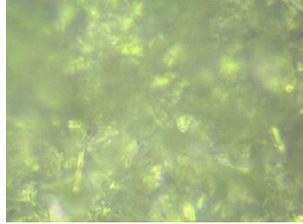
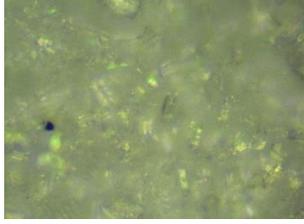
(50 : 21)：表面可觀察有多處高低落差，條狀結晶明顯且交錯，可見黑色縫隙出現。

(50 : 22)：表面可觀察有多處高低落差，條狀結晶明顯且交錯，可見黑色縫隙出現。

(50 : 25)：表面可觀察有多處高低落差，條狀結晶明顯且交錯，可見黑色縫隙出現。

(50 : 38)：表面可觀察有部分高低落差，條狀結晶較短類似片狀，可見黑色縫隙出現。

物鏡 倍率	石膏片比例 (石膏：水)	點位一	點位二	點位三
----------	-----------------	-----	-----	-----

50X	(50 : 13)			
50X	(50 : 19)			
50X	(50 : 21)			
50X	(50 : 22)			
50X	(50 : 25)			
50X	(50 : 38)			

總放大倍率 500X 可明顯發現顯微鏡對焦模糊區域，代表表面凹凸位置落差明顯。

(50 : 13)：表面可觀察有大、小顆粒結晶，有大面積結晶生長不明顯處，結晶感覺較細緻。

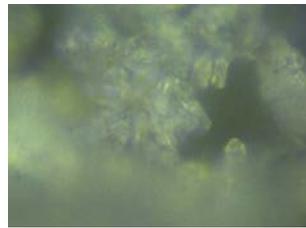
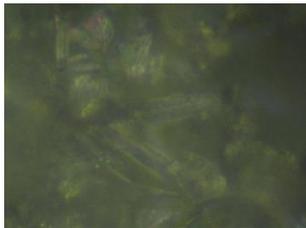
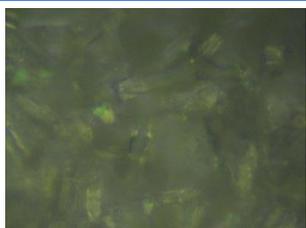
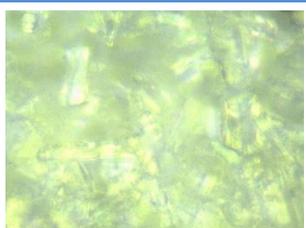
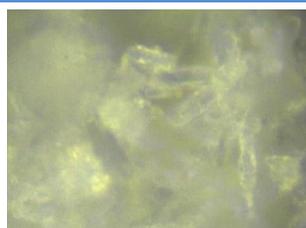
(50 : 19)：表面可觀察結晶較不規則，結晶體較細長，黑色縫隙明顯可見。

(50 : 21)：表面可觀察結晶較不規則，結晶體較細長，黑色縫隙明顯可見。

(50 : 22)：表面可觀察結晶交疊狀況之高低落差大，出現鉛直結晶生長方向。

(50 : 25)：表面可觀察可對焦區域與模糊區非常明顯，可見表面孔隙明顯，結晶處仍較棉密。

(50 : 38) : 表面可觀察結晶較棉密，條狀結晶較均勻，黑色縫隙不明顯。

物鏡 倍率	石膏片比例 (石膏 : 水)	點位一	點位二	點位三
100X	(50 : 13)			
100X	(50 : 19)			
100X	(50 : 21)			
100X	(50 : 22)			
100X	(50 : 25)			
100X	(50 : 38)			

總放大倍率 1000X 可明顯發現顯微鏡對焦模糊區域，代表表面凹凸位置落差明顯。

(50 : 13) : 表面可觀察結晶棉密處相當緊密，但有結晶孔隙處亦相當明顯。

(50 : 19) : 表面可觀察結晶堆疊及縫隙，應屬吸收率高，且吸收速度快。

(50 : 21) : 表面可觀察結晶堆疊及縫隙，應屬吸收率高，且吸收速度快。
(50 : 22) : 表面可觀察結晶堆疊及縫隙，應屬吸收率高，且吸收速度快。
(50 : 25) : 表面可觀察結晶堆疊及縫隙，應屬吸收率高，且吸收速度快。
(50 : 38) : 表面可觀察有大量條狀結晶，但下方有較平緩棉密的結晶層。

實驗發現：

氨水分子可滲入石膏，表示氨水分子比石膏孔隙還要小，顯微鏡下的石膏表面結晶形狀與原本預測模型相似，多為長方體或較大面積的片狀晶型，表面晶體交疊形式多為不規則，其中石膏與水比例為(50 : 19)、(50 : 21)、(50 : 22)結構大致上差不多，表面結晶皆有凹凸之高低落差，且結晶交疊處縫隙明顯可觀察。而(50 : 13)、(50 : 38)兩種石膏與蒸餾水的混合比例相差甚大，但表面卻有相似晶形，這個部分與【實驗三】的推論結果吻合，(50 : 13)雖有部分結晶孔隙相當明顯，但是卻不會增加對氨水的吸收量，合理判斷是結晶孔隙之間沒有互相連通，而結晶孔隙的表面亦有【實驗三】的推論結果，致使吸收氨水容量較小。(50 : 38)表面結構最為細緻，雖表面條狀結晶明顯可見，但推估底層結晶緊密，導致吸收氨水速率快但可吸收容量卻不大的原因。因此觀察石膏表面結晶可證明前述實驗結果及推論正確。

顯微鏡觀察石膏表面推論：從表面晶體結構推估量子侷限效應

經查「四川大學學報 2008 年第 1 期工程科學版」，由彭家惠、瞿金東、張建新、陳明鳳、吳徹平在重慶大學材料學院發表的論文中所載，石膏表面鈣元素會與氨水於石膏表面顆粒形成化學吸附。

另查「礦產保護與利用系列期刊 2018 年」，由張巍所發表白雲石的應用與進展中所載，觀察石膏表面與白雲石有相似之處，其表面會出現表面效應、小尺寸效應、量子尺寸效應（量子侷限效應）、宏觀量子隧道效應等特點，致使石膏表面吸附氨水分子有更顯著的效果。

再查「北京化學工業出版社 2003 年」，由曲遠方主編的功能陶瓷材料一文中，奈米陶瓷與奈米石膏由於多樣的結構特徵和奇異的量子侷限效應（原文為量子限域效應），除表面吸附特性外，尚有奈米光學性質。

六、【討論實驗七】：探討擴香瓶持久性與擴香瓶重複使用的可行性。

這個實驗是要探討擴香瓶的持久性與擴香瓶是否可以重複使用的特性，持久性主要延續【實驗三】、【實驗四】、【實驗六】的綜合效應，考量擴香瓶的吸收率、擴散情況、量子侷限效應等，是否可以讓擴香瓶可以持續 15 天以上香味的維持。擴香瓶重複使用主要為環保考量及經濟效益，試想一個有造型的擴香瓶只有一次性的使用，那是不是很可惜呢？若可以重複使用，而不會讓前者精油的味道影響到後來添加的精油香味，那就可以讓擴香瓶持續使用。

將剩餘的石膏粉，自製不同造型的擴香石



檢測方法：

檢測方法為人為感受，沒有量化的原因是因為香味的感受是因人而異，而擴香瓶的使用也正是以人的感受為主。

實驗發現：

使用過後的擴香瓶靜置於陽台十五天後，與新製作添加氨水的擴香瓶比較，味道淡化很多，但是因為原實驗添加的是氨水，氨水具有刺鼻臭味，而且聞到氨水氣味會令人作嘔，因此感覺氨水味道仍然存在，且明顯可聞，顯見氨水分子與石膏之間有除了凡得瓦力之外的吸引力，我們想應該是氨氣分子間有氫鍵，所以彼此吸引力較大，亦增加其依數性質，使得蒸氣壓較小，而造成氨水殘留量較大的原因。

將靜置於陽台十五天的擴香瓶取回後，再做一次擴散實驗，結果觀察不到白煙產生，我們認為雖然氨水味道還存在，但是逸散到空氣中的氨氣含量已經很小，所以擴散實驗中的白煙無法用肉眼觀察。

將擴香瓶加入酒精浸泡十分鐘後，倒出酒精時仍可聞到氨水氣味，但重複潤洗三次後，氨水味道已不復存在，靜置於陽台一天後，氨水氣味變得非常不明顯，此時加入洋甘橘精油於擴香瓶中，發現味道不會被氨水干擾

陸、結論

- 一、製備擴香石材料的石膏粉與蒸餾水的比例會影響到凝固時間及結晶狀況，也會影響到吸收氨水的量及擴散與逸散效果，可做為自製擴香石的參考。
- 二、本次實驗可發現以石膏粉 50 克混合蒸餾水 21 毫升的比例製作出的擴香瓶吸收量最大、吸收速度最快、擴散速度慢等優點，可延長使用時間，最適合室內環境(居家客廳、房間、餐廳、工作室)長期且重複使用，減少廢棄物。
- 三、安排每個實驗步驟之前，我們都會先做**思想實驗(Thought experiment)**，利用生活經驗思考實驗本身想要獲得的結果，進而安排實驗步驟去一一證實，得到實驗數據後，我們會再對實驗結果做推論，確立推論模型，在【**實驗三**】，得到石膏對氨水吸收率的實驗數據後，我們歸納分析所得實驗數據，藉由 IPAD 畫出我們對該數據所解讀的石膏結構模型。在【**實驗四**】，得知擴散速率與理論值落差甚大，且與對照組的數據也有差異，因此我們猜測有瓶頸縮小、石膏表面的量子侷限效應因素影響實驗結果，於是我們對石膏表面與氨氣分子接觸的情況畫出了模擬圖，嘗試解釋氨水吸收的數據結果，為求謹慎，我們進行【**實驗六**】顯微鏡 的觀察，以證實我們的推論。
- 四、本實驗中透過顯微鏡拍攝石膏表面的晶體結構，讓我們觀察到表面細部結晶形式，加上指導老師教導上網搜尋相關的期刊論文，證實石膏表面對於氨水的吸附確實與量子侷限效應有關，進一步合理解釋光滑表面與多孔隙表面的石膏晶形對氨水的吸收率、吸收容量、逸散情形之實驗數據。
- 五、經由國立金門大學電子工程學系教授建議，本實驗可以延伸做切面分析，也可以再做掃描電子顯微鏡 (SEM) 的觀察，可以更進一步剖析石膏結晶對於氨水吸收率表現的差異性，未來也可以嘗試用摻雜的方式，看石膏能否吸收更多的氨水容量。
- 六、基於本實驗數據，對於不同比例的石膏之吸收率、擴散與逸散速率，且考量擴香石持久性、重複使用等特性，我們認為以(50：21)之比例做為擴香石材料比例為最佳選擇。

柒、參考文獻資料

- 一、 謝宓庭、呂宛霖、王羿文、周宜貞。散光彈——探討溶液性質對擴散行為的影響。第 47 屆科展作品。
- 二、 邱翊博、梁耘睿、陳昱亘。隧散—電解質與非電解質之擴散界面現象探討。第 58 屆科展作品。
- 三、 黃彥鈞、張哲、徐紫芸。不同濃度層離子躍遷行為之研究。第 53 屆科展作品。
- 四、 葛政宏、陳玄翎、康喻樺、黃建維。逸而散。第 45 屆科展作品。
- 五、 趙子豪、龔柏瑋、陳韋潔、簡峻擇。氣體逸散實驗的改進。第 47 屆科展作品。
- 六、 許舒甯、潘柏熏、鄭名揚。讓「氣泡」說話。第 57 屆科展作品。
- 七、 藍偉倫、胡子恒、徐子涵。未來的「綠」趨勢—夢想中的「綠」建築。第 51 屆科展作品。
- 八、 林君、賴可崑。火龍升起—探討火龍捲的特性。第 61 屆科展作品。
- 九、 劉惟中、陳奕豪、陳瑋智、陳柏瑞。利用雷射光的偏折測量擴散係數。第 49 屆科展作品。
- 十、 林界誼、呂翔碩。聲波激擾對噴流擴散特性與燃燒性能之影響。第 53 屆科展作品。
- 十一、 陳律蓁、蘇珊、鄧宛瑄。非高斯型擴散。2012 年國展作品。
- 十二、 張詠晴、林詠筑、曾紹綺。「氣」消了沒?!——氣體在空氣及水中的逸散速率探討。蘭陽女中第十一屆數理專題。
- 十三、 Youtube 頻道：媽咪說 MommyTalk 量子故事會主題
<https://www.youtube.com/c/%E5%A6%88%E5%92%AA%E8%AF%B4MommyTalk>。
- 十四、 Youtube 頻道：【台大探索第九期】沒人懂的量子力學/高湧泉教授
https://www.youtube.com/watch?v=eHC_6WcgagU&list=PLvWQohjH8rwwa1QF0Duq99sKCecQ2s0Q。
- 十五、 張威之。科學發展期刊 2016 年 10 月第 526 期 室溫波動型熱傳導現象的發現。
<https://ejournal.stpi.narl.org.tw/>

- 十六、 彭家惠、瞿金東、張建新、陳明鳳、吳彻平重慶大學材料學院。四川大學學報 2008 年第 1 期工程科學版」。
- <http://www.cqvip.com/qk/90462b/200801/26335176.html>
- 十七、 張巍。礦產保護與利用系列期刊 2018 年，白雲石的應用與進展。 <http://www.xml-data.org/KCBHYLY/html/15910ada-2d7b-4e51-a69f-0c7b33dfff80.htm>
- 十八、 臺北市立第一女子高級中學二年級鄭竹容/臺北市立第一女子高級中學化學科周芳妃老師/國立臺灣師範大學化學系葉名倉教授責任編輯。
- <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4322>。

【評語】 030201

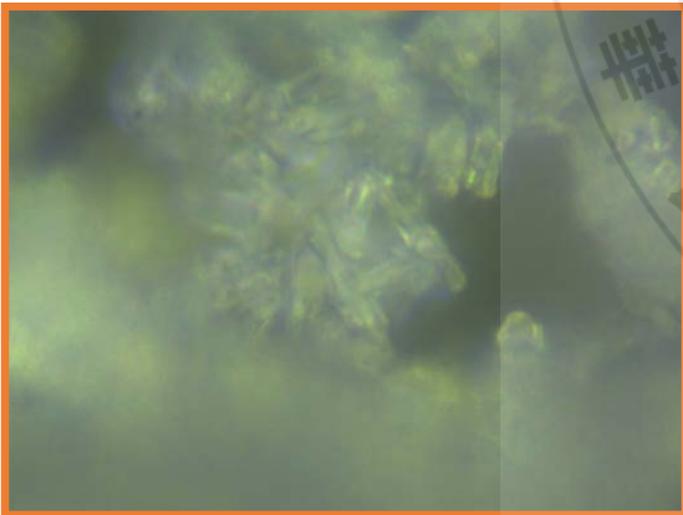
利用自製擴香石，探討氣體擴散效應。研究使用擴香瓶，並尋找最佳條件，探討擴香石材料的石膏粉與蒸餾水的比例，影響到凝固時間及結晶狀況，藉由擴散實驗來觀察不同的擴香石的優化反應條件，獲得石膏粉混合水的最佳比例，以製作吸收氨水容量最大的擴香瓶。具有創意。若能釐清量子侷限效應之真正作用，將更好。但得到最佳適用溫度為攝氏 16 度，缺乏實用性，而且實驗數據誤差偏大。

作品簡報



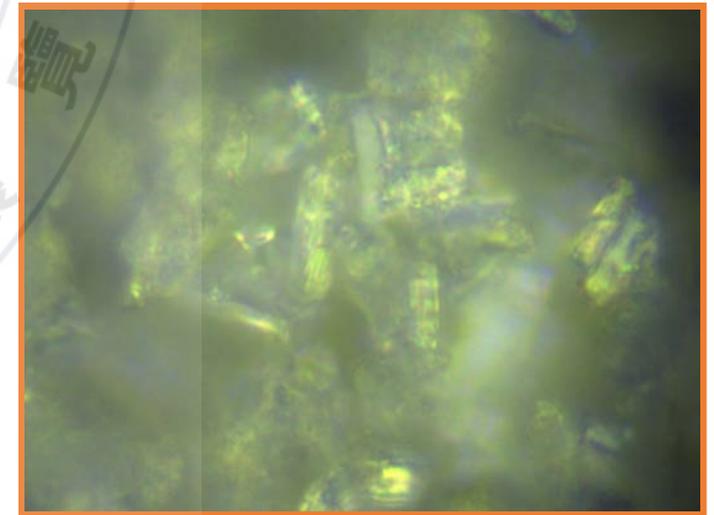
石頭也會香!!---

擴香石氣體擴散表面效應之研究



國中組

化學科



摘要與架構

實驗主軸

本研究欲建立製作可重複使用的擴香石標準化流程，藉以提升生活品質及降低廢棄物。

模擬精油擴散及逸散的時間關係，並探討石膏表面的量子侷限效應。

實驗發現

氨水在擴香瓶中經由瓶口逸散到塑膠管內再擴散至與鹽酸反應，並不太符合格雷姆定律，一般網路及教科書中，擴散實驗皆以棉花吸附高濃度氨水與鹽酸，擴散效應明顯且產生白煙的時間短，本實驗以石膏取代棉花，材質改變的情況下，氨水經由石膏逸散到擴香瓶中會受到量子侷限效應 (Quantum Confinement Effect) 的影響，而拉長逸散的時間。

實驗結果

以50g石膏粉混合21ml水的比例製作出的擴香瓶，吸收氨水的容量最大，此為擴香石的最佳比例，且在溫度14—30°C的狀況下，氣體擴散效果最好，溫度越高，氣體擴散速度越快。

實驗流程

建構擴香瓶製作的標準化流程

建構擴香實驗的標準化裝置

不同比例擴香瓶吸收氨水效果

不同比例擴香瓶對於擴散及逸散的速率模型

不同的環境溫度對於擴散與逸散的影響

石膏表面的量子侷限效應

擴香瓶持久性與重複利用的可行性

擴香瓶製備



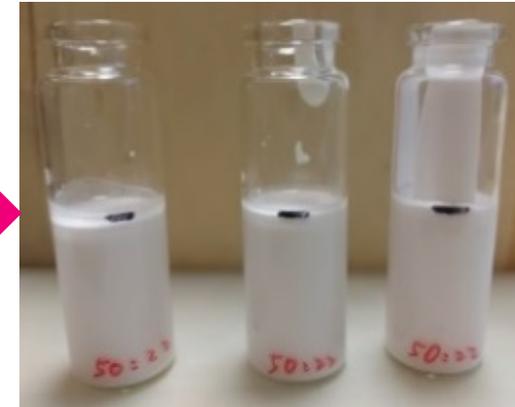
秤量石膏粉



灌入模具



烘乾



擴香瓶成形

製作擴散裝置



37 cm

準備一個紙箱，切除上蓋及前蓋，並在底部及後蓋貼上黑色卡紙，在紙箱角落挖出兩個與水管一樣粗細的孔，準備一支31.60公分長的透明塑膠水管，穿過紙箱預留孔位，並固定之，控制讓玻璃瓶插入瓶口時，兩端擴散起點間的距離為37公分。

摘要與架
構實驗材料
準備吸收率探
討

擴散討論

溫度效應

量子侷限
效應

結論

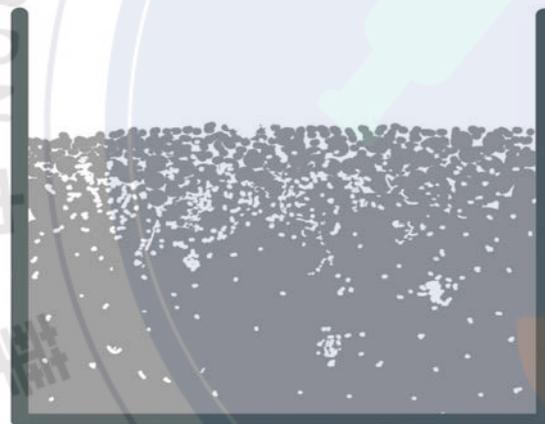
混合比例	(50 : 13)	(50 : 19)	(50 : 21)	(50 : 22)	(50 : 25)	(50 : 38)
氨水平均吸收量 (ml)	0.167	0.433	0.467	0.433	0.333	0.300

觀察【實驗三】數據，對各擴香瓶石膏成形的結晶情形預估圖



(50 : 13)

注入水量不足，造成結晶不完全，結晶孔隙處多，但表層應有細膜，因此氨水分子不易通過，所以容量不大。



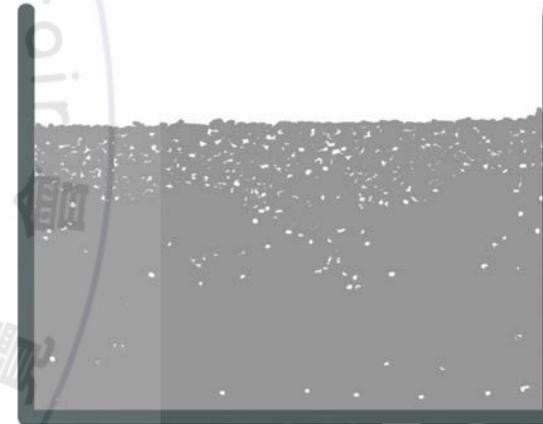
(50 : 19)、(50 : 21)、(50 : 22)

上述三種比例的結晶狀態相似，表層有比較多的孔隙，所以吸收速度快，內部有較多的晶格縫隙，所以吸收容量大。



(50 : 25)

水量較多，底部石膏有時間慢慢沉積成形，結構較為緊密，表層會有細微石膏粉末原本懸浮於水中，待水份蒸乾後附著在石膏表面。

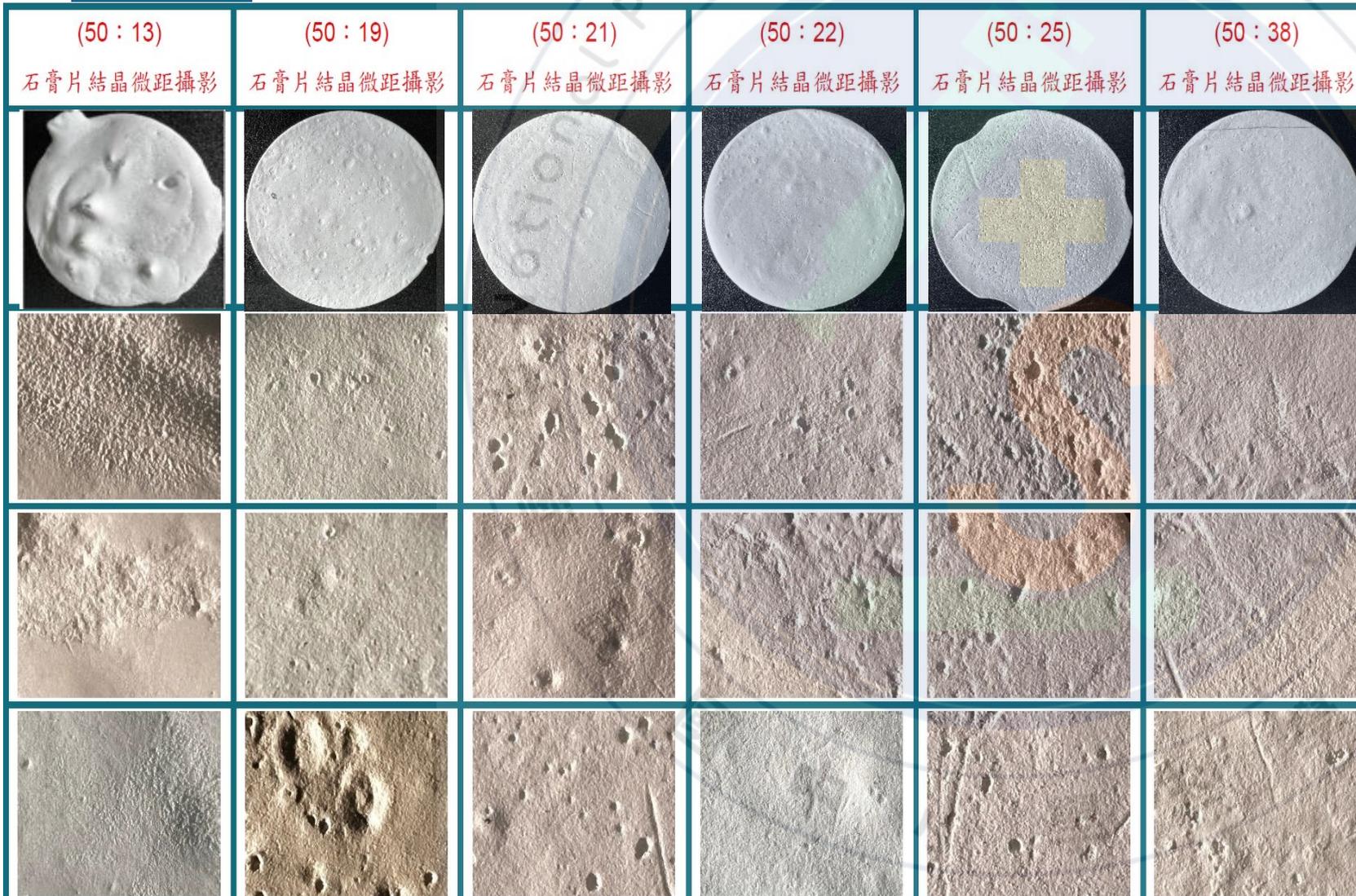


(50 : 38)

水量非常多，底部石膏有時間慢慢沉積成形，結構更為緊密，表層會有細微石膏粉末原本懸浮於水中，待水份蒸乾後附著在石膏表面。

代號說明 (50 : 38 - 1) 代表 (石膏粉重量g : 蒸餾水體積ml - 第幾瓶)

觀察結果說明



(50 : 13)
以肉眼觀察，外觀上很明顯可以觀察到有部分石膏未與水充份混合，而造成結塊凸起，透過微距攝影可觀察到有明顯粗糙表面。

(50 : 19)
以肉眼觀察，外觀上有很明顯的小顆粒凸起以及凹凸不平的狀況，類似月球表面的隕石坑，透過微距攝影可觀察到表面有較平滑也有較粗糙的表面。

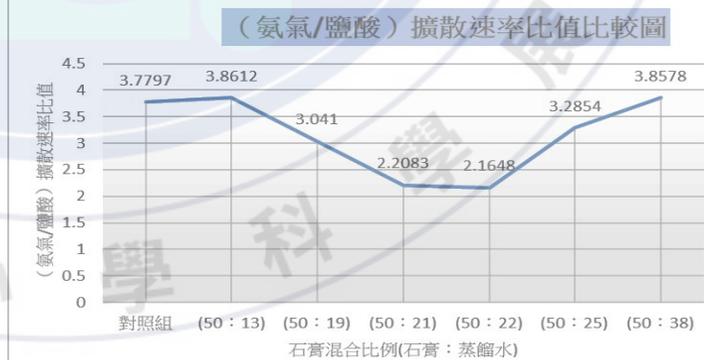
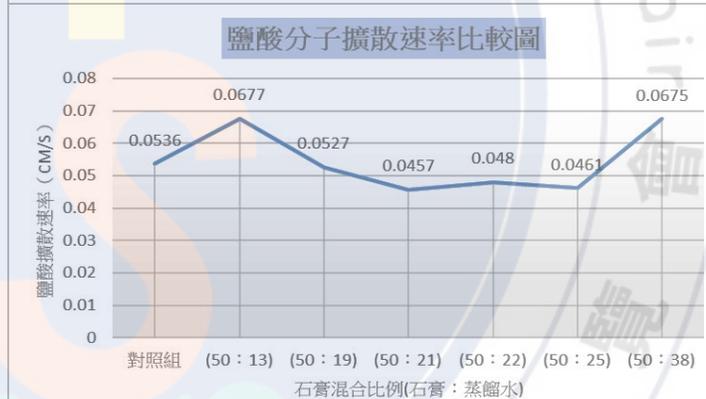
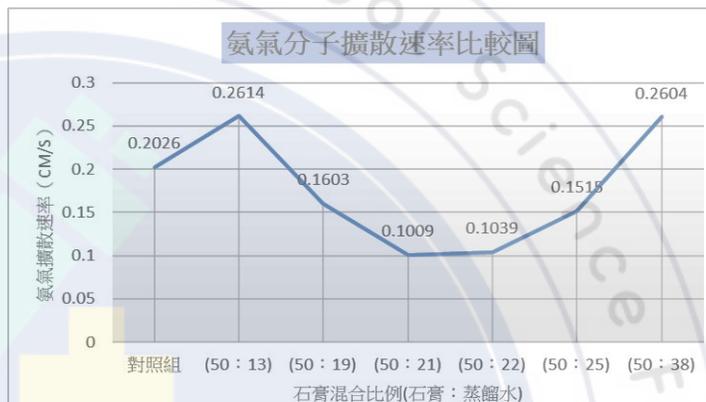
(50 : 21)
以肉眼觀察，外觀上非常平滑，結晶狀況看起來非常均勻，透過微距攝影可觀察到表面有類似月球表面的隕石坑，也有小顆粒的凸起物，整體算是細緻。

(50 : 22)
以肉眼觀察，外觀上非常平滑，結晶狀況看起來非常均勻，透過微距攝影可觀察到表面有類似水流痕跡，表面不平整處落差較小，整體算是細緻。

(50 : 25)
以肉眼觀察，外觀上有很明顯的坑洞，類似月球表面的隕石坑，透過微距攝影可觀察到表面坑洞處形狀相似，推測是烘乾時水蒸發不均勻的水坑。

(50 : 38)
以肉眼觀察，外觀上非常平滑，結晶狀況看起來非常均勻，透過微距攝影可觀察到表面大面積結構都相當均勻，表面整體算是細緻綿密。

混合比例	平均 R_{NH_3} (cm/s)	平均 R_{HCl} (cm/s)	平均 $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}}$
對照組	0.2026	0.0536	3.7797
(50 : 13)	0.2614	0.0677	3.8612
(50 : 19)	0.1603	0.0527	3.0410
(50 : 21)	0.1009	0.0457	2.2083
(50 : 22)	0.1039	0.0480	2.1648
(50 : 25)	0.1515	0.0461	3.2854
(50 : 38)	0.2604	0.0675	3.8578



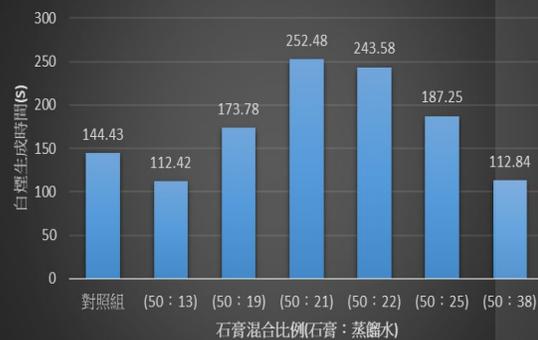
實驗發現

(50 : 19)、(50 : 21)、(50 : 22)、(50 : 25)四組表面吸收氨水速度快，前0.3毫升幾乎是滴入馬上吸收滲入石膏中，且吸收量比較大，但是擴散速率實驗白煙生成的時間並沒有比較短。(50 : 13)、(50 : 38)這兩組擴香石吸收氨水速度慢，且吸收量小，但是擴散速率實驗白煙生成時間比較短。

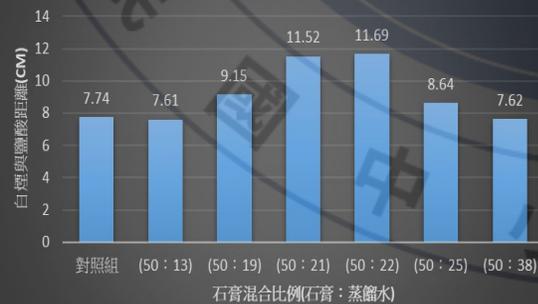
實驗數據與格雷姆擴散實驗理論值不符

$$\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}} = \sqrt{\frac{M_{HCl}}{M_{NH_3}}} = \sqrt{\frac{36.5}{17}} = 1.4653$$

各擴香瓶擴散至白煙生成時間比較圖



各擴香瓶擴散至白煙生成位置與鹽酸的距離比較圖



實驗數據推論

推論一：

擴香瓶吸收率在【實驗三】吸收容量較大，而在【實驗四】中僅滴入0.2毫升氨水，尚未達到飽和容量，氨水儲存位置在石膏較深層處，因此在石膏結晶中氨水分子被緊密抓住不易逸散所導致實驗結果。

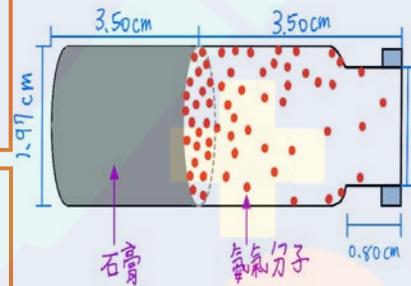
推論二：

因上述原因，使得氨氣分子逸散到擴香瓶中的莫耳數較少，在氣體濃度不夠高的情況下，且氨氣分子較空氣分子輕，所以在擴香瓶中易受到空氣分子碰撞而不易從瓶口逸出，逸出的氨氣分子在塑膠管中擴散亦會受到大量的空氣分子干擾所影響，致使擴散速率較慢。

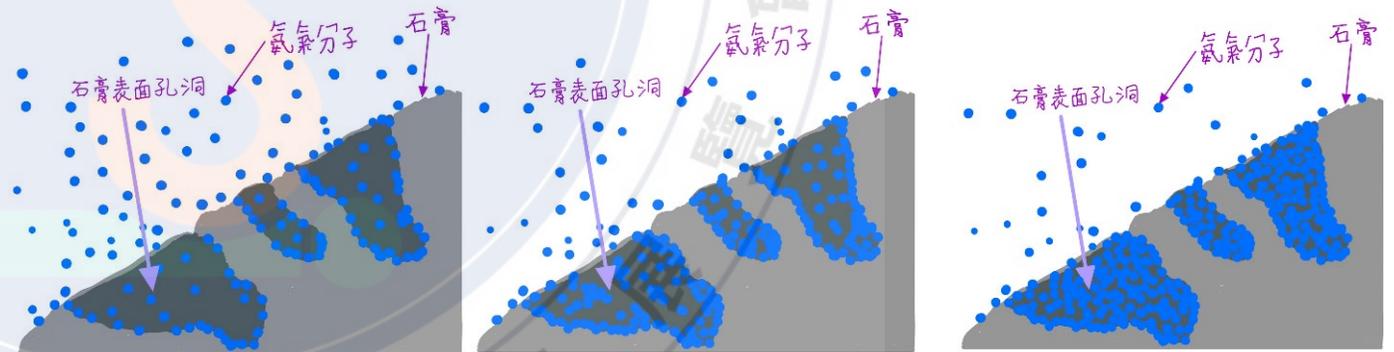
推論三：

石膏表面孔隙多，因此與氨水的接觸面積較大，致使氨氣分子在運動時，仍然有部分氨氣分子重新撞擊石膏表面的孔隙，當氨氣分子重新接觸到石膏表面的孔隙，亦會重新吸附在石膏上，在科展縣賽中，經由指導教授的教導下，我們瞭解到氣體分子在石膏表面可能受到量子侷限效應的影響，而導致擴散速率較慢結果，再經由指導老師解釋量子侷限效應後，我們預測了一個氣體分子在接觸表面間的運動及吸附模型圖，並著手規劃【實驗六】，希望藉由觀察石膏片表面的顯微鏡攝影，可以讓我們找到關於實驗結果的答案。

氣體運動與表面吸附模型推論



模擬氨氣分子在擴香瓶中的擴散及逸散情形因瓶頸處比瓶身窄，因此氨氣分子自瓶口逸散時，會受到瓶頸縮小而導致逸散速率變慢，因此我們做出來的實驗數據，與格雷姆擴散實驗理論值結果，差異性很大，但是瓶頸縮小理應不會造成太明顯的數據差異，因此我們猜測，變慢原因可能是氨氣分子自石膏表面逸散的情況。

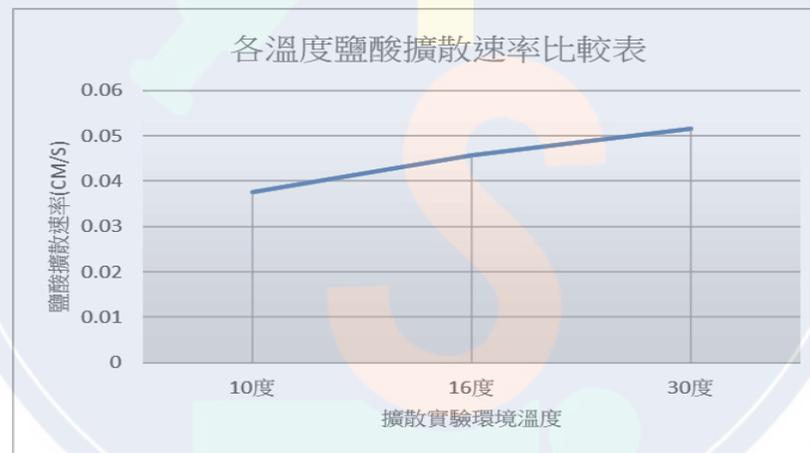
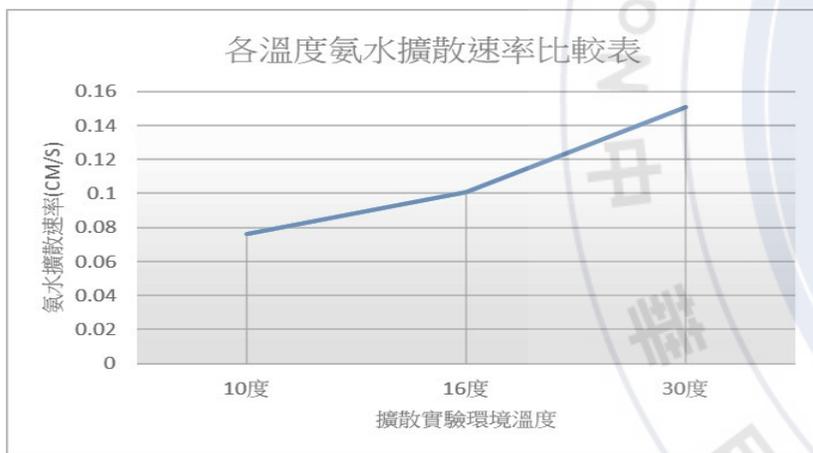
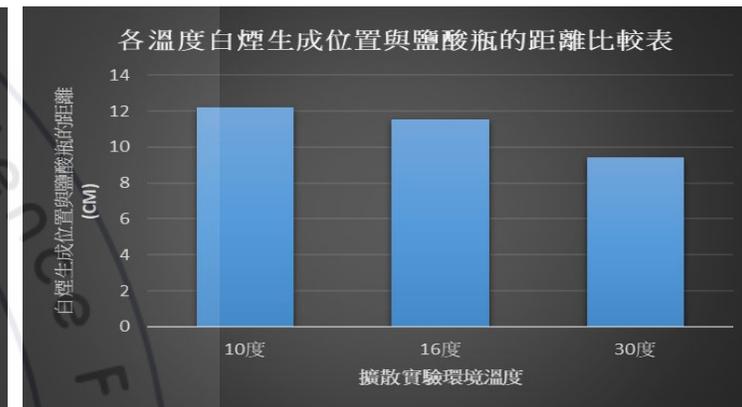
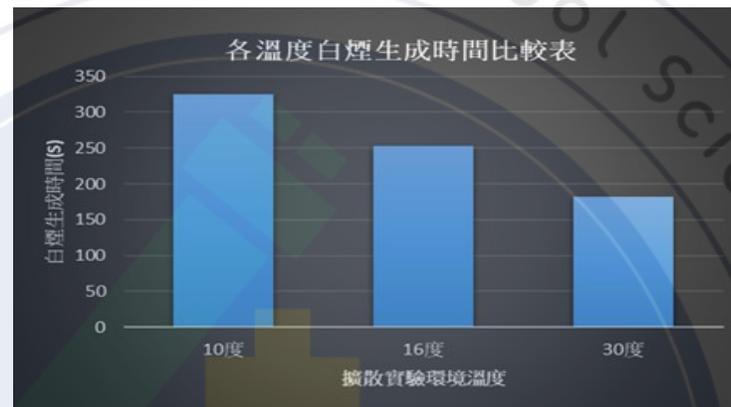


* 氨氣分子逸散至空氣中，受到其他氣體分子碰撞，重新撞擊石膏表面。

* 石膏孔隙重新吸附氨氣分子。

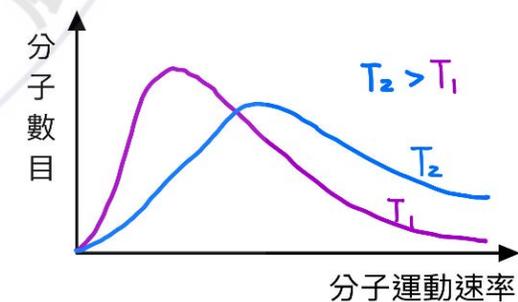
* 氨氣分子大量吸附在石膏孔隙表面。

溫度	平均 R_{NH_3} (cm/s)	平均 R_{HCl} (cm/s)	平均 $\frac{R_{NH_3}}{R_{HCl}}$
10°C	0.0761	0.0375	2.0289
16°C	0.1009	0.0457	2.2083
30°C	0.1510	0.0517	2.9206



實驗發現

本實驗與預期相符，根據分子碰撞理論之馬克斯威—波茲曼分子動能分佈曲線圖中，溫度越高的情況下，分子平均動能會增加，碰撞頻率變高，擴散速率變快。



奈米晶體暨薄膜實驗室顯微鏡觀察石膏表面結果

1. 每組表格中之左圖為各比例之顯微鏡攝影，放大倍率皆為1000倍，邊長皆為1微米，在這個尺度下觀察表面結晶狀況非常明顯，石膏結晶呈條狀，而且結晶排列非常不規律，致使石膏表面縫隙很多。
2. 每組表格中之右圖為使用Image J軟體計算孔隙面積大小，選取範圍為各點位可對焦區域90000平方奈米，調整識別波長，使紅色點顯像位置於結晶邊緣，並計算紅點之覆蓋面積，藉以此數據證明石膏對氨水的吸收率，以及氨水被石膏吸收後，因有量子侷限效應的影響，而使得逸散難度增加。

(50 : 13)		(50 : 19)		(50 : 21)	
孔隙大小(平方奈米)	2838.149 2471.930 2361.033	孔隙大小(平方奈米)	7279.964 10588.673 13777.426	孔隙大小(平方奈米)	11889.160 17592.447 17360.341
平均(平方奈米)	2557.0373	平均(平方奈米)	10548.688	平均(平方奈米)	15613.983

奈米晶體暨薄膜實驗室顯微鏡觀察石膏表面結果

(50 : 22)		(50 : 25)		(50 : 38)	
孔隙大小(平方奈米)	15693.969 18764.021 16268.579	孔隙大小(平方奈米)	13451.544 13251.627 6764.458	孔隙大小(平方奈米)	6175.978 3317.675 3600.550
平均(平方奈米)	16908.856	平均(平方奈米)	11155.876	平均(平方奈米)	4364.734

Image J軟體參數設定如下

Image/type/8-bit

Adjust/Threshold

Analyze/Set Scale/照片邊
長1000nm

Analyze/Set

Measurements/Area

Analyze/Set

Measurements/Limit to
threshold

Analyze/Set

Measurements/Mean gray
value

顯微鏡觀察石膏表面推論：從表面晶體結構推估量子侷限效應

量子侷限效應

(50 : 19)、(50 : 21)、(50 : 22)、(50 : 25)

(50 : 13)

(50 : 38)

照片觀察條狀結晶明顯，排列不規律

有結晶孔隙
但氨水吸收率低表面最細緻
條狀結晶最明顯

進一步選取可對焦區域90000平方奈米分析

(50 : 21)、(50 : 22)

判斷

推估

表面縫隙多、平均孔隙面積大、內孔隙多

結晶孔隙間互不
相連底層結晶緊密
氨水吸收率快
可吸收容量不大

氨水受石膏吸引的作用力大

結論

1. 做思想實驗

實驗三氨水吸收率

IPAD畫出石膏模型

實驗四氨水由擴香石擴散

與格雷姆定律不符

猜測石膏表面有量子侷限效應

畫出氨氣與石膏表面接觸模擬圖

實驗六顯微觀察

證實確有量子侷限效應

2. 量子侷限效應

(50 : 21)(50 : 22)條狀
結晶明顯排列不規律

表面縫隙、內部孔隙多

平均孔隙面積大

氨水受石膏引力增加

量子侷限效應明顯

3. 研製出擴香石最佳比例

(石膏粉g : 水ml) = (50 : 21)

吸收量最大

吸收速度最快

擴散及逸散最慢

可用時間最長

可重複使用

謝謝評審聆聽