

化學科

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：你擔心你的肺會有問題嗎？—廢氣清道夫

關鍵詞：廢棄、吸收裝置、石灰水

編號：030211

學校名稱：

台中市立居仁國民中學

作者姓名：

洪瑞琪、陳俐婷、朱奕慈、簡楷芸

指導老師：

曾素真、張幼蘭



摘要

空氣，是生物不可或缺的，如何減少空氣污染淨化空氣是許多科學家努力之目標。我們結合構想與實際操作實驗的結果，製作出一個簡易且可以吸收大氣中主要污染源：二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等的模型，所得之碳酸鈣，亦可做為防火建材、石膏等。在實驗過程中，先找出吸收液的最佳種類、濃度，確立吸收液體後，分別以二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物作為實驗的主要氣體；並進一步得到廢氣對吸收液的最佳需求量。實驗結果顯示：氫氧化鋇吸收率最好，但我們則以石灰水為主，因氫氧化鈣方便取得，成本低。石灰水對二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物吸收的最佳濃度，結果是 0.6M、0.8M、0.9M 的石灰水吸收率最好。而 4300 cc 的二氧化碳、6500 cc 的二氧化硫對氫氧化鈣的需求量只要 1300 cc、1950 cc，如此一來，吸收液不會因過量而造成浪費。這些結果，將可作為一個參考，並可和我們的裝置相連結。

壹、研究動機

從生物第十二章第二節所介紹的環境污染以及理化第一冊第二章第四節中所介紹的空氣污染，了解空氣污染所帶來的危害以及後遺症。每年，數百萬噸的污染物從發電廠，工廠，汽車……排放到空氣中，現在大部分的國家都已經同意要降低工業或人為所造成的污染。然而，污染就像大地上的一道裂痕，並不會因為你減少撞擊，就銷聲匿跡；燃燒所產生二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等，是造成空氣污染的主要原因，空氣又與我們切身相關，所以想設計一個簡易的吸收裝置，來過濾空氣的污染物。此刻的我們，擁有一股渴望填補裂痕的衝動。

貳、研究目的

油漆可以填補牆上的裂痕；有什麼物質可以吸收污染氣體？想找出一種可以吸收二氧化碳，二氧化硫，氮氧化物等廢氣的物質，並且製作一個簡易又能過濾廢氣的吸收裝置，冀盼吸收空氣中污染氣體，以達到淨化空氣，減少污染的目標。

參、研究設備器材

器材：漏斗，薊頭漏斗，錐形瓶，燒杯，玻璃片，寶特瓶，水燈(裝飾用養魚的容器)，塑膠針筒(醫療用)，垃圾袋，橡皮(汽車後車箱的軟套)，燃燒匙，廣口瓶，衣架，培養皿，小型空罐頭，舊衣，絕緣膠帶，曬衣棍，酒精燈，玻璃片，凍頂茶罐(鐵罐)，玻璃管，絕緣膠帶，漏斗，小水燈，橡皮筋，強力膠，透明水管(連接小水燈和石灰水池)，馬達，紗窗網，塑膠罐(灑水用)，小養魚箱(裝石灰水)，空氣壓縮機

藥品：氫氧化鈉，銅，硝酸，高錳酸鉀，氧化鈣，氫氧化鈣，水，甲基紅，硫粉，小蘇打，稀鹽酸，氫氧化鉀，氫氧化鋇，氫氧化鎂，氫氧化鉍

肆、研究過程及方法

一、用什麼來吸收這些廢氣呢？

先以二氧化碳來實驗，找了幾種較普遍的鹼性液體，倒入充滿二氧化碳的寶特瓶裡，分別測出吸收率；再找出吸收率最好的濃度。

二、廢氣對氫氧化鈣的需求量

(一) 二氧化碳 (如圖 1)

大型針筒收集法:【針筒收集法聯想出的大型針筒收集法】

想法:由於垃圾袋收集法非常失敗，後來回到第一個實驗，再次探討。利用小型針筒的原理而改製成-----以水燈來做針筒實驗。

- 1、先利用像沙土罐的寶特瓶做成針筒橡皮塞，外圍包裹著一層橡皮，讓高約 90 公分的水燈裝滿二氧化碳，再將寶特瓶塞在水燈口。(圖 1A) (線 A)。
- 2、再倒入石灰水做吸收，並搖動水燈 (圖 1B)，將自製塞子壓入水燈內 (圖 1C)，壓到不能再壓為止(線 B)，得知線 A 和 B 之間就是吸收率。

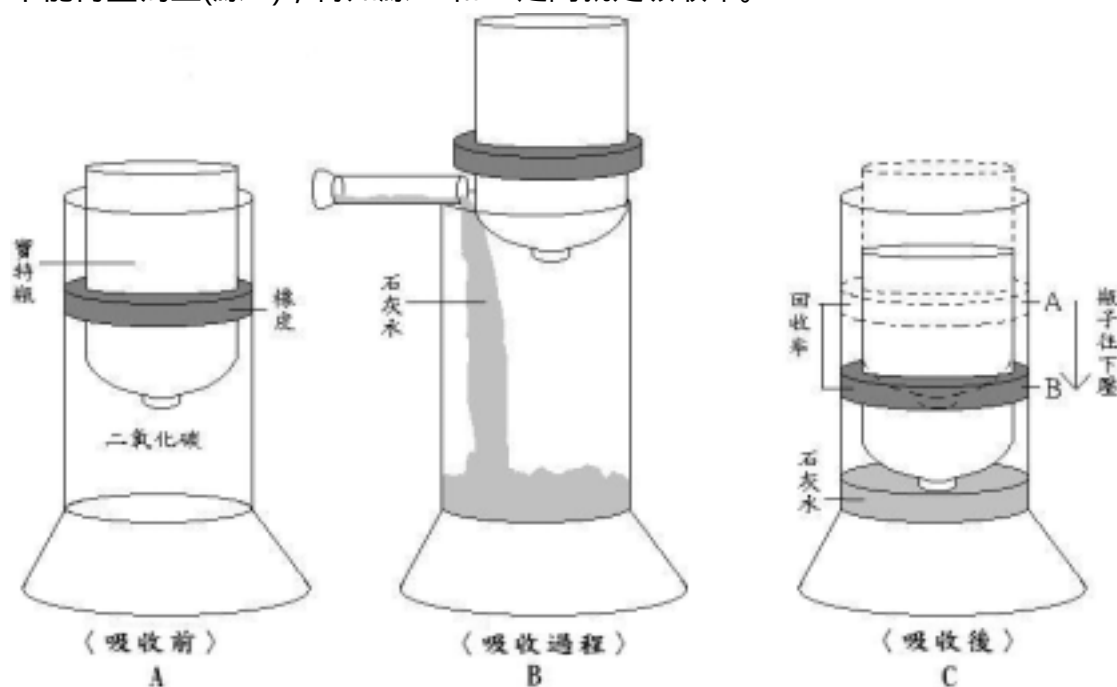


圖1：大型針筒收集法

(二) 二氧化硫

大水燈收集法【參考針筒原理】

- 1、如圖 2 先在 4 枝燃燒匙上燃燒硫粉 (利用化學方程式估算, 約需 4 枝燃燒匙的硫粉量, 才能使整個水燈內充滿二氧化硫), 再用空罐頭裝入燃燒硫粉的燃燒匙, 空罐頭旁黏上兩條線, 便可使此罐頭在水燈內自由移動。
- 2、加入不同體積的吸收液體, 壓入自製的棒子, 並搖動它, 使其吸收。
- 3、發現搖動後, 棒子幾乎可壓到底, 表示效果很好。

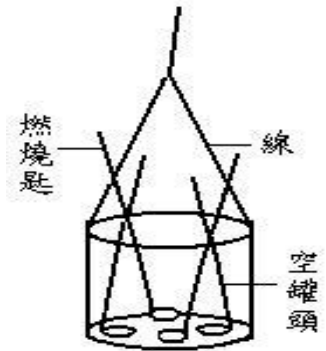


圖 2：二氧化硫大水燈收集法

三、找出吸收液的最佳濃度比例

(一) 二氧化碳

- 1、秤出氧化鈣的不同重量, 再和水混合成體積 250 cc, 製成不同濃度的石灰水
- 2、取 100 cc 的石灰水倒入裝滿二氧化碳 600 cc 的寶特瓶裡加以吸收
- 3、找出吸收率最好的濃度

(二) 二氧化硫

- 1、分別配製出不同濃度的氫氧化鈣
- 2、將氫氧化鈣倒入充滿二氧化硫的大水燈吸收, 並壓入自製塞子
- 3、算出最好的吸收率

(三) 氮氧化物

- 1、配製出不同濃度的氫氧化鈣
- 2、將銅倒入有側管的錐形瓶, 橡皮塞打兩個洞, 分別放置引導空氣灌入的橡皮管和裝有硝酸的滴定管
- 3、拿一條橡皮管連接有側管的錐形瓶和廢氣被氫氧化鈣吸收的裝置
- 4、再拿一條橡皮管接另一個裝有甲基紅的側管錐形瓶, 如果甲基紅變色, 即表示氫氧化鈣已不能再吸收, 便停止反應 (甲基紅配製方法: 0.1g 甲基紅溶解於 60ml 的乙醇中, 溶解後加水稀釋到 100ml。變色範圍: PH 值 4.2~6.3; 酸性變紅色、鹼性不變色)
- 5、依此方法找出吸收液的最佳濃度, 並照化學方程式算出氮氧化物的吸收量

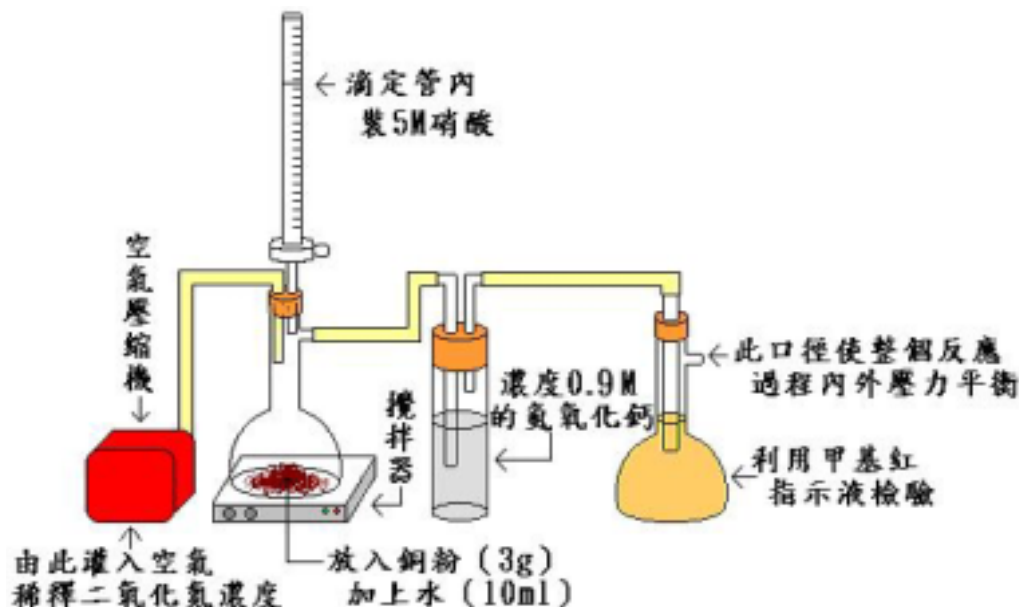


圖 3：氮氧化物製造、吸收、檢驗示意圖

四、石灰水加氧化劑（高錳酸鉀）對氮氧化物的吸收：如 p.8 表 1

- （一）做法和氮氧化物的吸收一樣
- （二）在氫氧化鈣加入氧化劑（高錳酸鉀）的吸收率和氫氧化鈣沒加氧化劑的吸收率相互比較

五、自製吸收裝置製作過程：如 p.4 圖 4

首先，以小水燈為主，分別請人打出三個洞，一個接製造廢氣的玻璃管，一個接檢驗廢氣吸收後氣體是否呈酸性的寶特瓶，另一個則接石灰水池的水管。製作燃燒廢氣的鐵罐，先在側邊打四個洞做對流，並在下方打個長方形的洞，方便拿取燃燒物，找大小適中的漏斗蓋住罐頂，並用玻璃管連接，燃燒器就完成了。取一個塑膠罐做灑水用，先在其中一面打出許多小洞讓水流通，再將另一面的正中央打出一個與透明塑膠管口徑相同的洞，並接上塑膠管，而塑膠管另一端則是放入石灰水池和馬達連接。接著製作裝甲基紅的寶特瓶管，先拿五個寶特瓶，將五個寶特瓶打洞以便相連，全部組合在一起，檢驗瓶就完成了！

最後，再將紗窗網剪好與水燈口徑相同的形狀黏在水燈內部，並把做好的各項設備安裝在水燈上，一切就大功告成啦！

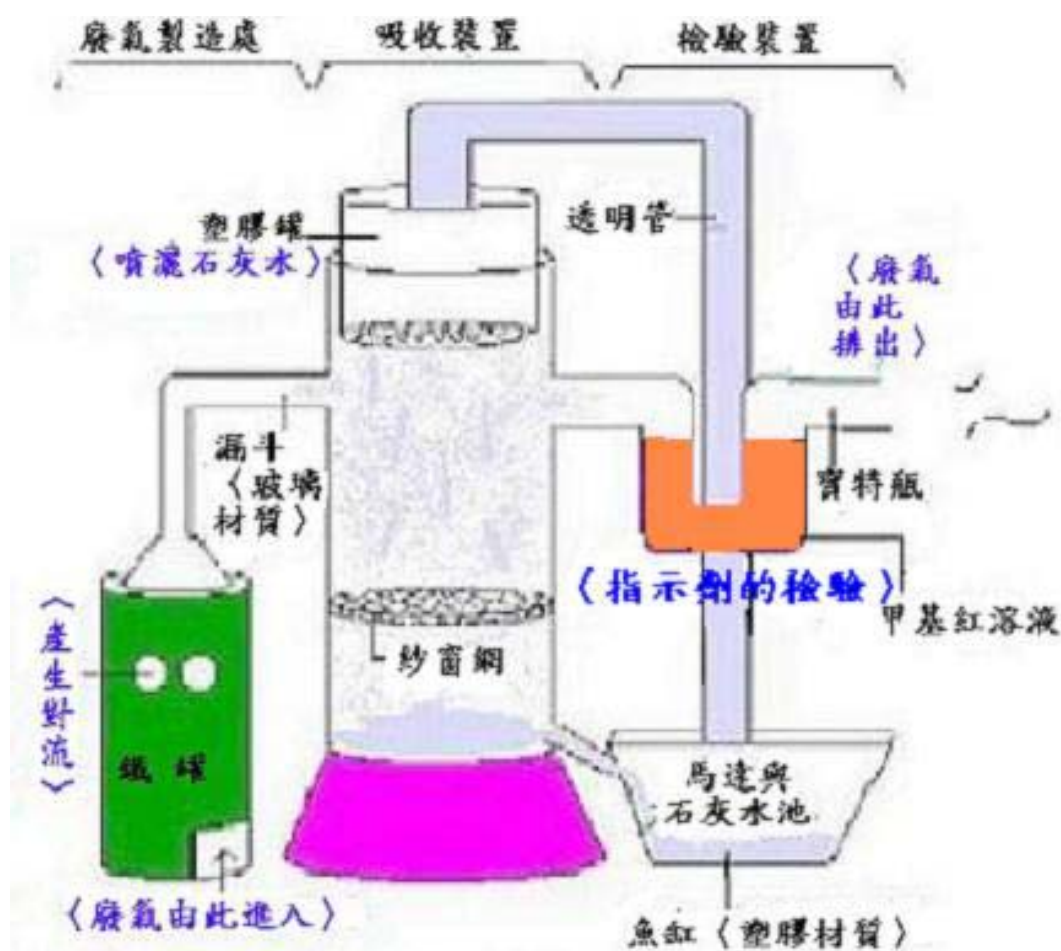


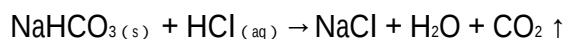
圖4：自製吸收裝置示意圖

六、化學方程式

在我們的實驗過程中，把利用到的化學方程式一一列出做參考。

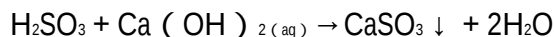
(一) 二氧化碳 + 氫氧化鈣 → 碳酸鈣 + 水： $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

(二) 小蘇打 + 稀鹽酸 → 氯化鈉 + 水 + 二氧化碳：

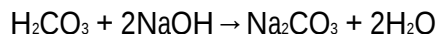


(三) 硫 + 氧 → 二氧化硫： $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$

(四) 二氧化硫 + 石灰水： $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq})$



(五) 二氧化碳 + 氫氧化鈉： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$



(六) 碳酸鈣 + 鹽酸 → 氯化鈣 + 水 + 二氧化碳： $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

(七) 銅 + 濃硝酸 → 硝酸銅 + 二氧化氮 + 水： $\text{Cu}(\text{s}) + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

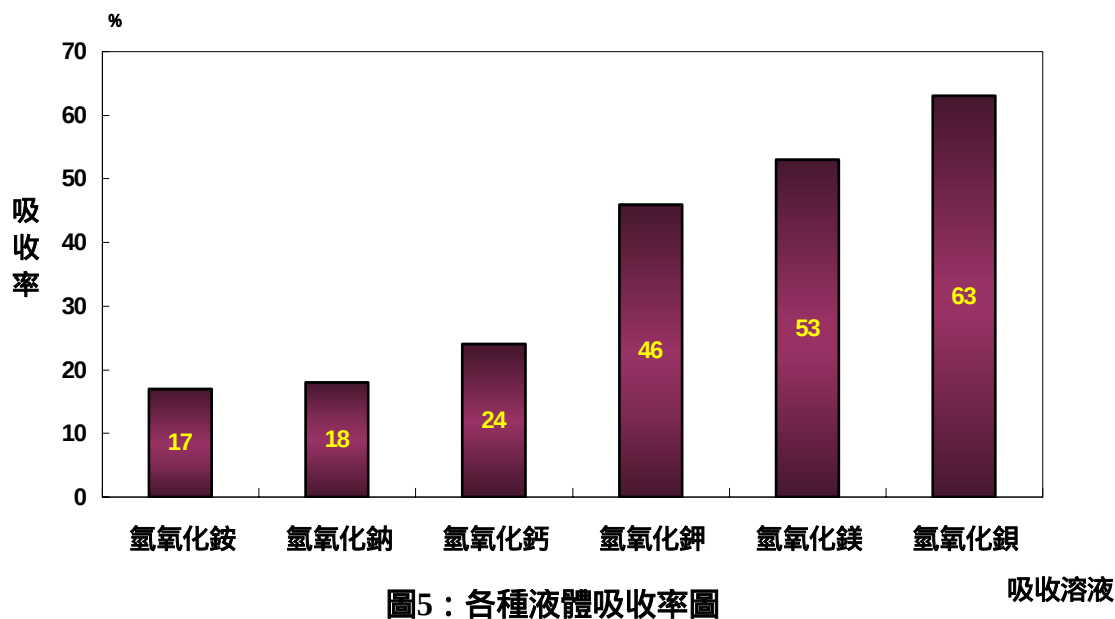
(八) 銅 + 稀硝酸 → 硝酸銅 + 一氧化氮 + 水： $3\text{Cu}(\text{s}) + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$

(九) 二氧化氮 + 水 → 硝酸 + 一氧化氮： $3\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}, \text{大量}) \rightarrow 2\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$

伍、研究結果

一、用什麼液體來吸收這些廢氣呢？

在我們以氫氧化鈉等液體來試驗二氧化碳吸收率之實驗中，得知各溶液的吸收率如圖 5 所示，以 1M 氫氧化鉀、氫氧化鎂、氫氧化鋇及氫氧化鈣溶液的吸收率佳，但因氫氧化鈣成本低、生活中易取得，所以在後續的實驗中利用氫氧化鈣來進行測量吸收率的實驗。



註：1、二氧化碳體積均為 600 cc

2、吸收液體積均為 100 cc

3、吸收液濃度均為 1M

二、廢氣對氫氧化鈣的需求量

(一) 二氧化碳

大型針筒收集法

經多次實驗，取其平均值，結果如圖 6，表示石灰水量越多，吸收率也越高；但當吸收液的體積為 1300 cc 時，吸收率可最高且完全吸收不會造成浪費；最後兩次的吸收率是 95 %，所以 95 % 的吸收率是石灰水能吸收二氧化碳的最大值。

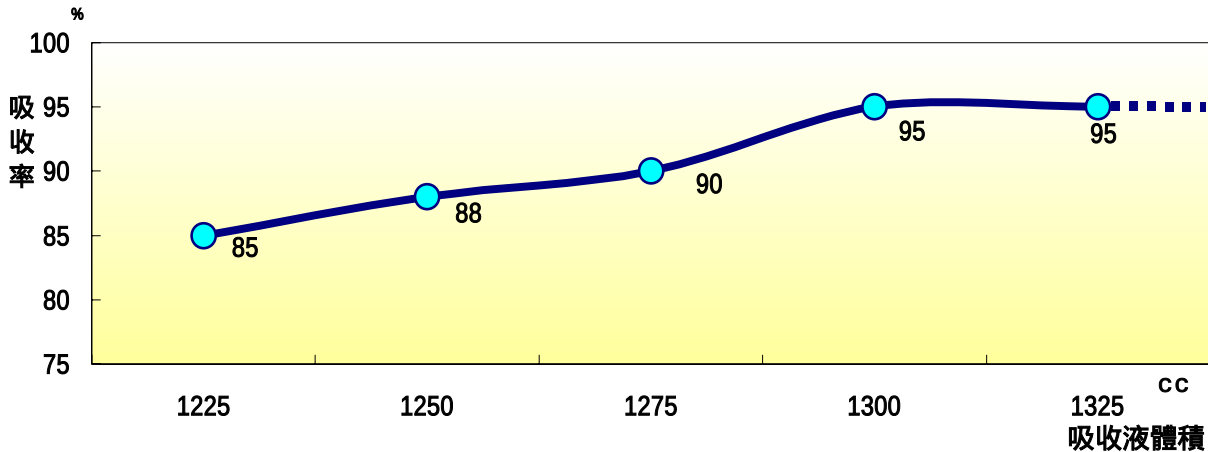


圖6：二氧化碳對氫氧化鈣需求量之圖示

- 註：1、二氧化碳體積均為 4300 cc
2、均用 0.1M 的氫氧化鈣來吸收

(二) 二氧化硫

大水燈收集法

換了大水燈後，幾次結果證明石灰水的體積為 1950 cc 時的吸收率最高且最好，如圖 7 所示；可見 95 % 是吸收液吸收二氧化硫的最大值。

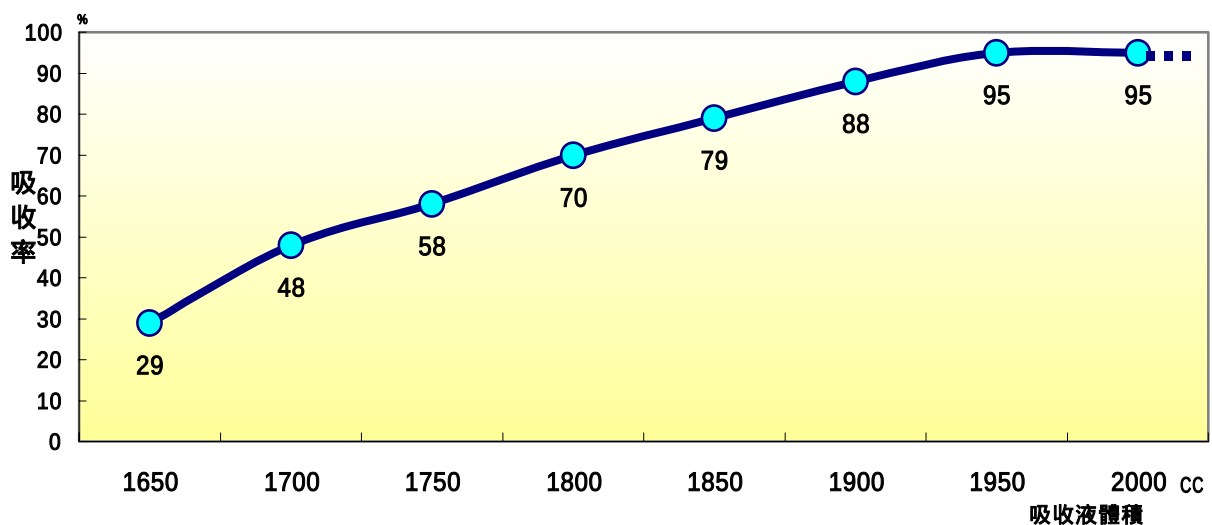


圖7：二氧化硫對氫氧化鈣需求量之圖示

- 註：1、二氧化硫體積均為 6500 cc
2、均用 0.1M 的氫氧化鈣來吸收

三、吸收液濃度的最佳比例

(一) 二氧化碳

秤出不同重量的氧化鈣，調出 250 cc、濃度不同的石灰水，找出當二氧化碳 600 cc，石灰水 0.6M，100 cc 時吸收率最好。如圖 8 所示

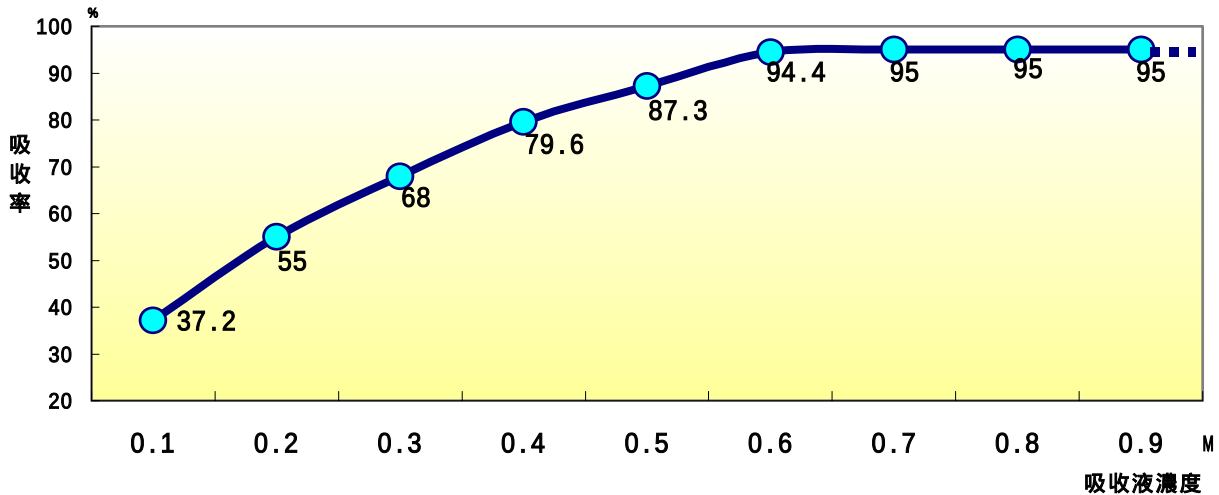


圖8：吸收液濃度對二氧化碳的最佳比例

註：1：二氧化碳體積均為 600 cc

2、吸收液體積均為 100 cc

(二) 二氧化硫

如圖 9 所示，做了多次實驗，石灰水在 0.8M 時的吸收率達到了 95 %，和 0.9M 的吸收率一樣。證明當氫氧化鈣對二氧化硫的吸收濃度為 0.8M 時，吸收率即能最好。

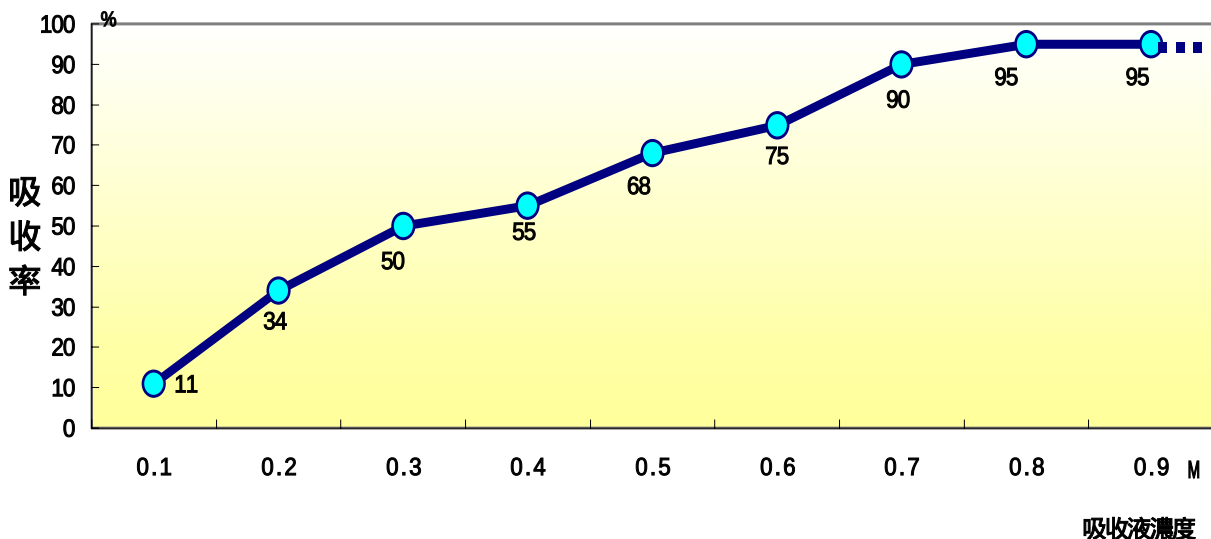


圖9：吸收液濃度對二氧化硫的最佳比例

註：1、二氧化硫體積均為 6500 cc

2、吸收液體積均為 1250 cc

(三) 氮氧化物

分別配製不同濃度的吸收液，實驗後發現當濃度為 0.9M 時，氮氧化物的吸收率最好，因而得知 0.9M 的氫氧化鈣對氮氧化物的吸收最好。

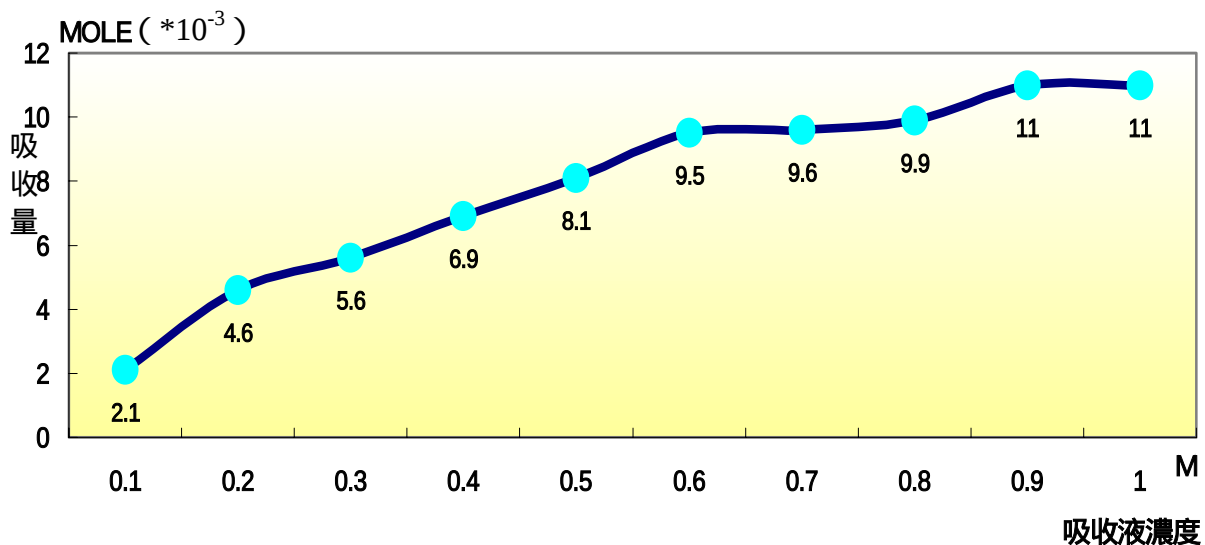


圖10：吸收液濃度對氮氧化物的最佳比例

註：1、吸收液體積均為 150 cc

2、空氣速率均約 62ml / s 3、甲基紅體積均為 150 cc

四：石灰水加氧化劑（高錳酸鉀）對氮氧化物的吸收率比較

為了試驗氧化劑加氫氧化鈣對氮氧化物的吸收是否較好，因而做了比對，結果如表 1，證明吸收液加氧化劑對氮氧化物的吸收真的較好。

表 1：石灰水加高錳酸鉀對氮氧化物的吸收率比較

次數	吸收液體積 (cc)	濃度 (M)	氧化劑 (高錳酸鉀)	吸收量 (莫耳數)
一	150	0.9	0	0.012
二	150	0.9	0	0.011
三	150	0.9	0	0.012
四	150	0.9	2	0.033
五	150	0.9	3	0.042
六	150	0.9	4	0.053

陸、討論

- 一、由圖 1 得知氫氧化鋁、氫氧化鎂、氫氧化鉀的吸收率比氫氧化鈣好，但氫氧化鋁、氫氧化鎂成本較高；氫氧化鉀可拿來製造軟肥皂；且這些液體主要用途不在於吸收廢氣。而石灰水與廢氣作用後能產生防火建材、人造大理石的 CaCO_3 、 CaSO_4 ，又能重複使用，故採用氫氧化鈣。
- 二、二氧化碳的實驗中，曾用過針筒收集法、水燈測量法、垃圾袋收集法等，但都因吸收的氣體量太少造成的誤差大，所以均失敗。

三、二氧化硫由於無法用排水集氣法收集，所以先後試了自製瓶口收集法、燒杯輔助法、小水燈收集法、自製塞子收集法等；但不是氣體太少就是塞子太鬆而影響結果。

四、如 p.8 表 1 用石灰水加氧化劑去吸收氮氧化物，之所以吸收率會增加是因為我們所製造出的氮氧化物中含有一氧化氮，而一氧化氮的吸收不及二氧化氮，加入氧化劑後會使一氧化氮氧化轉化成二氧化氮，進而被石灰水所吸收。參考 p.5 化學方程式（九）。

五、汽機車廢氣實驗

用寶特瓶收集的汽機車廢氣，可用石灰水吸收，因此有人建議我們，可以裝一吸收器在汽機車內部。在室溫 25℃ 時，我們以 95 無鉛汽油做了五次的實驗：

次數	一	二	三	四	五
汽油質量 (g)	15	29.8	44.6	59.6	74.6
汽油體積 (cc)	20	40	60	80	100
汽油密度 (g/cc)	0.75	0.75	0.74	0.745	0.746

【求得汽油密度的平均值 = 0.7462 ± 0.0015 g/cc】

以每公升汽油跑 12 km 的汽車為例，每公里所產生的二氧化碳，需用 32.5 公升、0.1M 的石灰水來吸收，就算用 1M 的氫氧化鈉，也需 4.37 公升才可吸收。若要吸收汽車的廢氣，則石灰水或是氫氧化鈉的需要量極大，所以認為此法不可行。若能從燃料供給系統改進，盡量不使用石化原料，才能解決問題。

六、我們將自製吸收裝置 (如圖 4) 接在抽油煙機的排氣孔上，經過良久時間，甲基紅均無變色，證明我們的自製裝置是可用、可行的，假如利用此原理，進一步製造出更精密的儀器，將可使空氣中的污染源比例降低。

七、如圖 8，在氫氧化鈣濃度對二氧化碳的吸收的影響試驗中，雖 0.7M 的氫氧化鈣吸收率比 0.6M 好，但因只相差 0.6 % 的吸收率，亦有可能是實驗過程中的誤差，因此，我們仍選 0.6M 為氫氧化鈣對二氧化碳吸收的最佳濃度。

八、吸收裝置的最初構想是以一個密閉的壓克力箱子為主，分別打出三個洞，能讓廢氣進入、排出，接蓮蓬頭，而以塑膠管連接廢氣製造處和箱子，當廢氣一進入箱子內，不斷循環的石灰水便和廢氣作用，作用後的廢氣再通入裝有甲基紅的塑膠管內，測量是否呈酸性，而石灰水和廢氣作用後所產生石膏，經過自製濾網被過濾在紗布上。但在製作過程中發現的問題與解決的辦法：

- 1、為何一定要用方形箱子？像水燈的形狀（壓克力材質）也可以。
- 2、連接廢氣製造處和箱子的管子不能使用塑膠，因高溫會使塑膠熔化，便改用玻璃代替。
- 3、原本想用蓮蓬頭裝在水燈上方，但因重量負荷不了且難以固定，極為不便，故直接找塑膠罐，在其下方打洞，裝上馬達，使它有如蓮蓬頭二世。且經過實驗，證明噴灑的接觸面積變大，所以吸收率較好。
- 4、原本用紗布過濾石灰水，但紗布易發臭且不易清洗，故用紗窗網（鐵絲材質）來替代。
- 5、裝有甲基紅的塑膠管，要彎曲成 U 字型並不容易，所以就用寶特瓶來製成 U 字型。

柒、結論

近年來，文明對人類的傷害已日益浮現，環境品質也亮起了紅燈。空氣在生物界中扮演著重要的角色，隨著工廠林立、樹木砍伐，造成溫室效應、臭氧層破洞等的問題更不容忽視。因此，本實驗以二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物為主，利用易取得的吸收液找出其對廢氣的需求量及最佳濃度。本實驗中，成功地選擇低成本、日常生活中便於取得的氫氧化鈣來進行研究，以達到降低廢氣在空氣中的含量。實驗結果的數據可作為自製吸收裝置的參考。如此一來，可利用本實驗結果，有效吸收空氣中的廢氣，即可達到淨化空氣的效果，為改善空氣污染盡一份心力。

捌、參考文獻

1. Clint Twist，環境與生態 7 The Environment，初版，臺北市，桂冠圖書，40、41 頁，民國 8 年
2. 台灣省政府教育廳 兒童讀物編輯小組，中華兒童百科全書 7，再版，臺北市，台灣省政府教育廳，民國 76 年
3. 吳惠禎、童九如，拉魯斯青少年百科全書 能和物質，初版，臺南市，紅樹林出版社，88、89 頁，民國 89 年
4. 胡軌，幼獅少年百科全書，初版，臺北市，幼獅文化事業股份有限公司，164、165 頁，民國 74 年
5. 許金和，火力發電大全，初版，高雄市，高雄復文，8-22、8-23、9-42、9-43、9-44，民國 89 年
6. 陳育仁，新世紀彩色圖解百科全書，初版，臺北市，貓頭鷹出版社，89、427 頁，民國 82 年
7. 陳秋松，中國少年兒童百科全書，初版，嘉義市，明山書局，376-377、380-381，民國 89 年
8. 劉君祖，牛頓現代科技大辭典，初版，臺北市，牛頓出版社，18、19 頁，民國 78 年

附錄一



排水集氣法收集二氧化碳



汽機車廢氣吸收實驗



吸收液測量



水燈的測量



吸收裝置製作過程



紗窗網的製作過程

附錄二



二氧化硫收集



加入石灰水吸收二氧化硫



測量二氧化硫吸收率



觀察二氧化硫是否收集完全



搖動使二氧化硫和石灰水產生反應



測量二氧化硫吸收率實驗

附錄三



石灰水吸收前後比較



廢氣吸收實驗



為吸收與製造二氧化氮反應過程（分液漏斗內裝硝酸，由於指示劑變色，二氧化氮往上跑，因此實驗失敗）



二氧化氮的製作與反應過程（用分液漏斗內裝硝酸）

吸收與製造二氧化氮反應過程（原本以分液漏斗裝硝酸，後來為了準確控制硝酸量，因此改用滴定管）



二氧化氮的製作與反應過程（用滴定管裝硝酸）

評語

主題生活化且具環保意識，實驗日誌及相關資料蒐集完整，具良好之團隊精神。