

中華民國第四十九屆中小學科學展覽會
作品說明書

二氧化碳吸收速率的探討

科 別：化學科

組 別：高中組

作品名稱：二氧化碳吸收速率的探討

關 鍵 詞：二氧化碳、氫氧化鈉、反應速率

編 號：

壹、摘要：

爲了使溫室效應減緩，我們決定開始去進行有關不同形態氫氧化鈉對二氧化碳的吸收之實驗。

我們分別用了三種型態的氫氧化鈉，依序是氫氧化鈉顆粒、氫氧化鈉粉末和氫氧化鈉水溶液。我們比較了這三種型態的反應速率快慢，算出其初速率，並利用 isolation method 判斷其反應級數，顆粒用反應開始的前 5 分鐘二氧化碳平均消耗速率，來代表初速率，其反應級數爲 0.37，相對標準偏差爲 5.73%；粉末以前 10 秒鐘的平均速率來代表初速率，其反應級數爲 2.47，相對標準偏差爲 21.9%；而水溶液則以前 10 分鐘的平均速率來代表初速率，其反應級數爲 1.13，相對標準偏差爲 0%。

由實驗結果可知，不論是氫氧化鈉顆粒、粉末或水溶液，都會吸收二氧化碳，所加入的量越多，吸收二氧化碳的速率就越快，若所加入的顆粒數相同（即所加入氫氧化鈉的質量差不多），以粉末狀的反應速率較快，其次是顆粒狀，水溶液的反應是最慢的。

貳、研究動機：

不管在課堂上或者生活中，常常聽到有關地球暖化的事件，讓我們對這個現象有了初步的了解。自從課堂上看過「不願面對的真相」後，溫室效應這個潛藏的危險，使得每個人都開始有了危機意識，並在內心自問著：我們能爲地球做些什麼？

溫室氣體中，危害最嚴重的就是二氧化碳，雖然植物能行光合作用吸收二氧化碳，但遠不比我們人類所製造的速度，因此有了初步的實驗動機：如何將二氧化碳清除掉。

有關這個問題，我們找了很多的資料，現實中有很多的物質都可以，但從資料中明顯的看到：物質與二氧化碳作用的速率仍不及於製造速度。因此，我們有了非常明確的目標：究竟吸收速率最快的氫氧化鈉，在何種情況下，能最有效果，而不同型態與濃度的氫氧化鈉，反應曲線又是如何呢？

參、研究目的：

很多人都知道，氫氧化鈉可以很快速的吸收二氧化碳，可是卻沒有人真正去深入了解此反應的反應速率，我們想要依照實驗的結果來選出最可以有效吸收二氧化碳的氫氧化鈉型態，並且依據課本上提到之內容推斷其反應級數。

肆、研究設備及器材：

(一)材料			
密封罐	橡皮塞	保鮮膜	鋁箔紙
紙箱	封口袋	密封膠膜	刮勺
止水帶	杵	膠帶	滴管
(二)設備			
GAST 抽氣機	鑽孔機	恆溫裝置(RCP-411)	
二氧化碳偵測儀 (PS-2110)	Plorer GLX (PS-2002)	溫度偵測儀 (PS-2125)	壓力偵測儀 (PS-2107)

二氧化碳鋼瓶			
(三)器材			
漏斗	小燒杯 100ml	容量瓶 100ml	培養皿
濾紙	電子天平(CP224S)		
(四)藥品			
蒸餾水	氫氧化鈉		

伍、研究過程或方法：

文獻探討：

一、反應速率的測量

一般測量反應速率是測量反應物的消失速率，或生成物的生成速率。例如反應



反應物 A 的濃度以[A]表示，則反應速率 R 為

$$R = -\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{d[A]}{dt}$$

如果把生成物的濃度對時間作圖，在曲線的一點之切線斜率便是反應速率。

$$R = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta[P]}{\Delta t} = \frac{d[P]}{dt}$$

例如，一氧化氮與臭氧的反應 $\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_{2(g)}$ ，則反應速率為

$$R = -\frac{d[\text{NO}]}{dt} = -\frac{d[\text{O}_3]}{dt} = \frac{d[\text{NO}_2]}{dt} = \frac{d[\text{O}_2]}{dt}$$

二、濃度與時間：半生期

(一) 零級反應

零級反應表示反應速率與反應物的濃度無關，即

$$-\frac{d[A]}{dt} = k \quad (1)$$

其中[A]表示反應物 A 的濃度，t 表示反應進行的時間。現將(1)式整理如下

$$d[A] = -k dt$$

兩邊積分，時間為 0 的時候，A 的濃度寫為[A]₀

$$\int_{[A]_0}^{[A]} d[A] = -k \int_0^t dt$$

得

$$[A] - [A]_0 = -kt$$

即

$$[A] = [A]_0 - kt \quad (2)$$

(二) 一級反應

一級反應表示反應速率與反應物的濃度成正比，即

$$-\frac{d[A]}{dt}=k[A] \quad (3)$$

現將(3)式整理如下

$$\frac{d[A]}{[A]}=-kdt$$

兩邊積分

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]} = k \int_0^t dt$$

得

$$\ln[A] - \ln[A]_0 = -kt$$

將自然對數(ln)改成常用的對數(log)，

$$\log[A] - \log[A]_0 = -\frac{kt}{2.303}$$

即

$$\log[A] = \log[A]_0 - \frac{kt}{2.303}$$

(三) 二級反應

二級反應表示反應速率與反應物濃度的二次方成正比，即

$$-\frac{d[A]}{dt}=k[A]^2 \quad (5)$$

現將(5)式整理如下

$$\frac{d[A]}{[A]^2}=-kdt$$

兩邊積分

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]^2} = -k \int_0^t dt$$

得

$$\left(-\frac{1}{[A]}\right) - \left(-\frac{1}{[A]_0}\right) = -kt$$

即

$$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt \quad (6)$$

(四) 半生期。半生期是指反應物濃度變為原來濃度一半所需的時間，以符號 $t_{\frac{1}{2}}$ 表示。零

級反應的半生期應滿足下列式子[由方程式(2)]

$$\frac{[A]_0}{2} = [A]_0 - kt_{\frac{1}{2}}$$

解出

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{[A]_0}{2k} \quad (7)$$

這表示零級反應的半生期與反應物初濃度成正比。

一級反應的半生期應滿足下列式子[由方程式(4)]：

$$\log\left(\frac{1}{2}[A]_0\right) = \log[A]_0 - \frac{kt_{\frac{1}{2}}}{2.303}$$

解出

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{k}$$

這表示一級反應的半生期與反應物的出濃度無關。換言之，不管原來的量多

少，每經過一個半生期，濃度就變為原來的 $\frac{1}{2}$ ，經過兩個半生期，濃度就變

為原來的 $\frac{1}{4}$ ，以此類推。

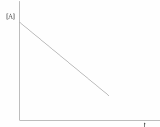
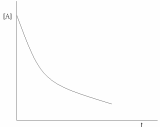
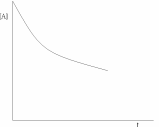
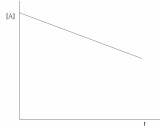
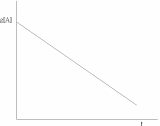
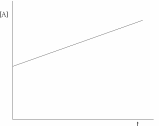
$$\frac{2}{[A]_0} - \frac{1}{[A]_0} = kt_{\frac{1}{2}}$$

解出

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k[A]_0}$$

這表示二級反應的半生期與反應物的濃度成反比。

最後把零級、一級和二級反應做格比較和綜合整理，以供讀者參考。

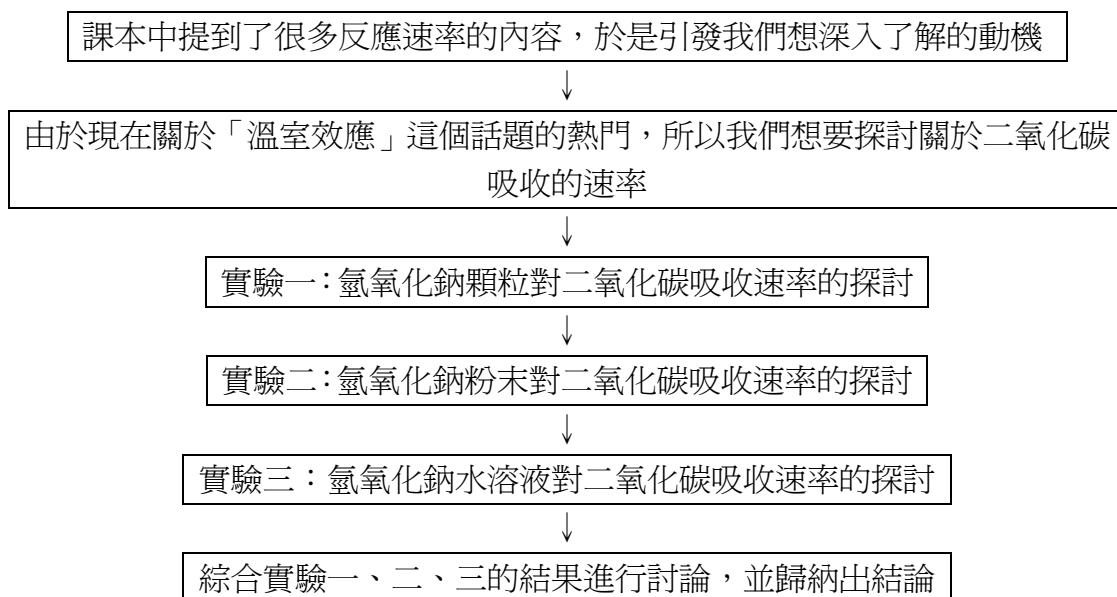
反應速率	$R=k$	$R=k[A]$	$R=k[A]^2$
濃度-時間關係式	$[A]=[A]_0-kt$	$\log[A]=\log[A]_0 - \frac{kt}{2.303}$	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
濃度-時間作圖			
線性作圖			
半生期	$[A]/2k$	$0.693/k$	$1/k[A]_0$

三、各種反應類型與速率定律式及半生期的關係

Order	Reaction	Rate law	$t_{\frac{1}{2}}$
0	$A \rightarrow P$	$v = k$	$\frac{[A]_0}{2k}$
		$kt=x$ for $0 \leq x \leq [A]_0$	
1	$A \rightarrow P$	$v = k[A]$	$\ln 2$

		$kt = \ln \frac{[A]_0}{[A]_{0-x}}$	
2	$A \rightarrow P$	$v = k[A]^2$	$\frac{1}{k[A]_0}$
		$kt = \frac{x}{[A]_0([A]_0 - x)}$	
	$A+B \rightarrow P$	$v = k[A][B]$	
		$kt = \frac{1}{[B]_0 - [A]_0} \ln \frac{[A]_0([B]_0 - x)}{([A]_0 - x)[B]_0}$	
	$A+2B \rightarrow P$	$v = k[A][B]$	
		$kt = \frac{1}{[B]_0 - 2[A]_0} \ln \frac{[A]_0([B]_0 - x)}{([A]_0 - x)[B]_0}$	
	$A \rightarrow P$ with autocatalysis	$v = k[A][P]$	
		$kt = \frac{1}{[A]_0 + [P]_0} \ln \frac{[A]_0([P]_0 - x)}{([A]_0 - x)[P]_0}$	
3	$A+2B \rightarrow P$	$v = k[A][B]^2$	
		$kt = \frac{2x}{(2[A]_0 - [B]_0)([B]_0 - 2x)[B]_0} + \frac{1}{(2[A]_0 - [B]_0)^2} \ln \frac{[A]_0}{([A]_0 - x)[B]_0}$	
$n \geq 2$	$A \rightarrow P$	$v = k[A]^0$	$\frac{2^{n-1} - 1}{(n-1)k[A]_0^{n-1}}$
		$kt = \frac{1}{n-1} \left\{ \frac{1}{([A]_0 - x)^{n-1}} - \frac{1}{[A]_0^{n-1}} \right\}$	

實驗流程：

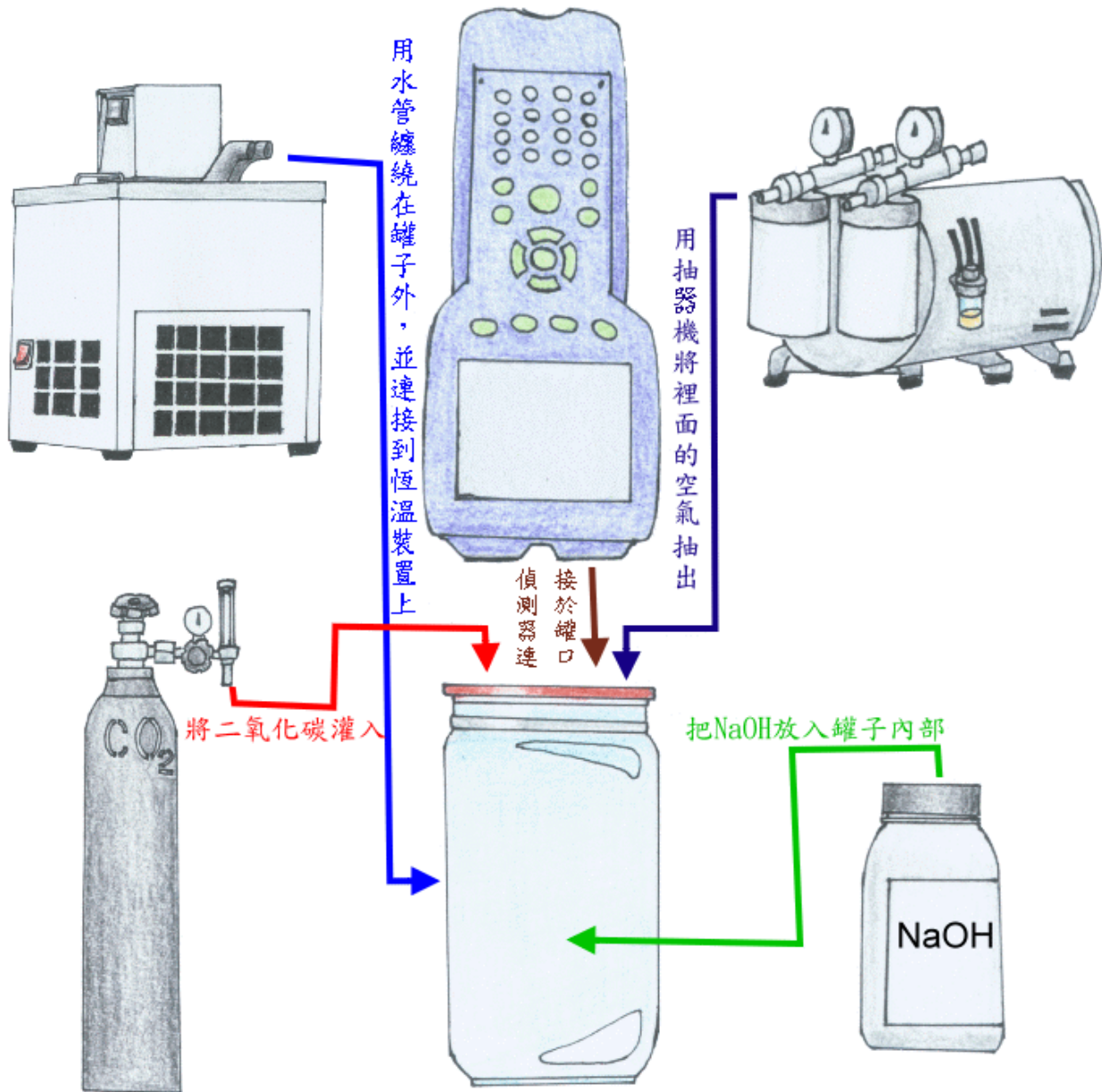


【實驗一】氫氧化鈉顆粒吸收二氧化碳速率的探討

一、實驗設計：利用不同重量的氫氧化鈉顆粒，來比較其吸收速率

操控變因	氫氧化鈉的顆粒的顆數
控制變因	溫度、體積、壓力

二、實驗設計圖：



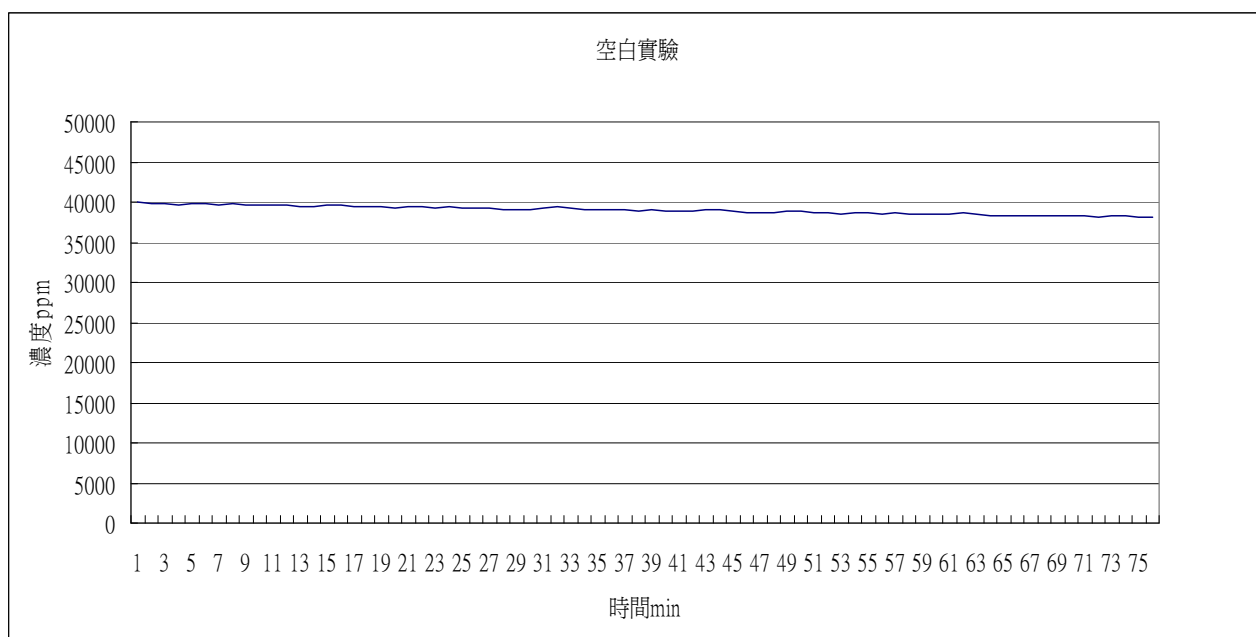
三、實驗步驟：

- (一)、將偵測器插入密封罐中，培養皿墊上濾紙然後置於密封罐的底部，並啟動恆溫裝置，打開抽氣機將內部的空氣抽出，待內部二氧化碳濃度歸零的時候，使用二氧化碳鋼瓶灌入二氧化碳。
- (二)、將需要的氫氧化鈉顆粒裝入封口袋中。
- (三)、待二氧化碳濃度到 40000ppm 平衡的時候，丟入原本置於封口袋中的氫氧化鈉顆粒。
- (四)、重複以上實驗，紀錄不同顆粒數對二氧化碳吸收速率的影響。

四、數據及關係圖

一般的空白實驗

時間	平均	時間	平均	時間	平均	時間	平均
0min	40000	21min	39348.45	42min	38971.91	63min	38369.64
1min	39769.34	22min	39270.58	43min	38976.84	64min	38353.87
2min	39764.42	23min	39384.92	44min	38866.44	65min	38307.54
3min	39703.3	24min	39282.41	45min	38762.94	66min	38330.21
4min	39728.93	25min	39328.73	46min	38742.24	67min	38376.54
5min	39780.19	26min	39326.76	47min	38755.05	68min	38297.68
6min	39612.62	27min	39121.73	48min	38827.99	69min	38281.91
7min	39733.86	28min	39121.73	49min	38806.31	70min	38246.43
8min	39626.42	29min	39052.74	50min	38687.04	71min	38192.21
9min	39607.69	30min	39285.36	51min	38701.82	72min	38287.83
10min	39642.19	31min	39349.43	52min	38467.23	73min	38256.28
11min	39561.36	32min	39184.82	53min	38698.87	74min	38127.16
12min	39501.23	33min	39014.29	54min	38765.89	75min	38147.86
13min	39492.36	34min	39002.46	55min	38577.62		
14min	39563.33	35min	39064.56	56min	38641.7		
15min	39588.96	36min	39067.52	57min	38493.84		
16min	39490.39	37min	38931.49	58min	38516.51		
17min	39486.45	38min	39041.89	59min	38559.88		
18min	39437.16	39min	38962.05	60min	38504.68		
19min	39324.79	40min	38845.74	61min	38672.25		
20min	39343.52	41min	38895.02	62min	38419.91		



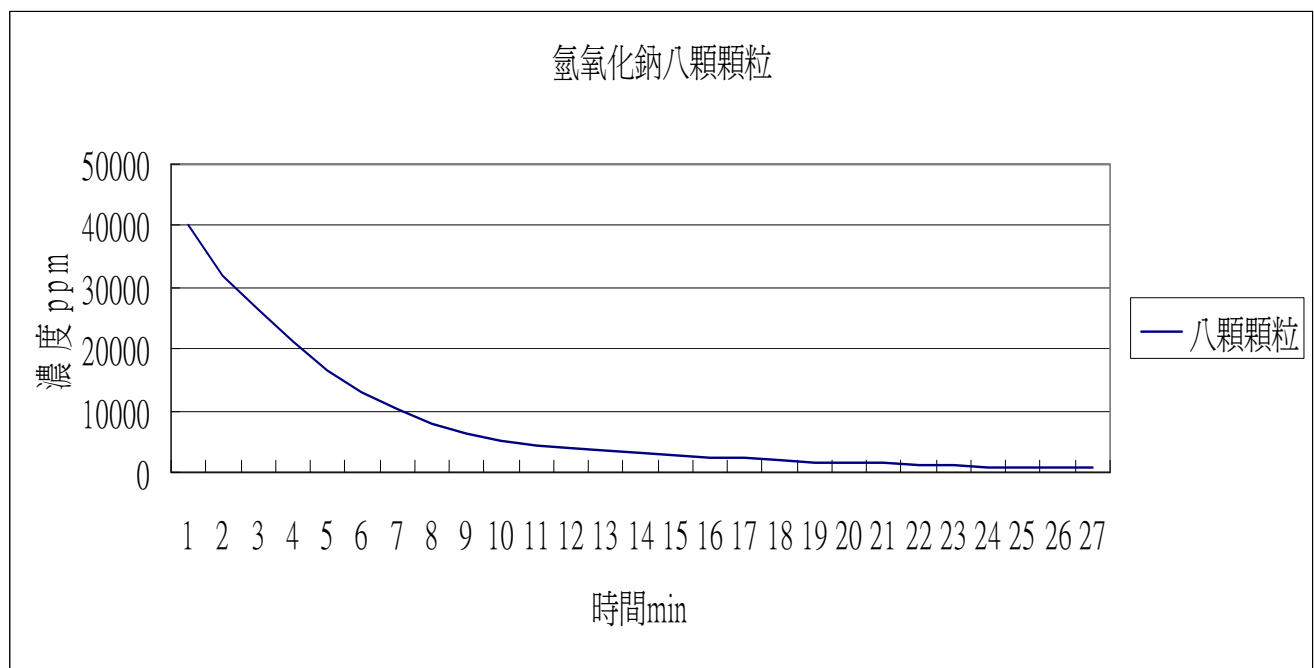
氫氧化鈉四顆顆粒

時間	平均	時間	平均	時間	平均
0 min	40000	21 min	29435.37	42 min	27771.08
1 min	36715.75	22 min	29297.59	43 min	27758.4
2 min	35298.7	23 min	29255.37	44 min	27761.84
3 min	33422.82	24 min	29183.28	45 min	27628.23
4 min	32549.32	25 min	29202.55	46 min	27695.34
5 min	31784.68	26 min	29172.47	47 min	27736.7
6 min	31625.45	27 min	29016.19	48 min	27719.25
7 min	31395.45	28 min	28944.89	49 min	27691.57
8 min	31370.66	29 min	28759.83	50 min	27739.4
9 min	31184.46	30 min	28505.71	51 min	27737.64
10 min	31120.35	31 min	28444.47	52 min	27698.9
11 min	30927.26	32 min	28433.81	53 min	27751.02
12 min	30690.36	33 min	28280.17	54 min	27695.76
13 min	30431.66	34 min	28218.77	55 min	27758.98
14 min	30252.51	35 min	28042.19	56 min	27746.47
15 min	30234.84	36 min	27904.8	57 min	27725.19
16 min	29948.71	37 min	27880.76	58 min	27708.46
17 min	29885.19	38 min	27858.01	59 min	27763.49
18 min	29679.07	39 min	27809.27	60 min	27700.38
19 min	29645.88	40 min	27746.43		
20 min	29557.99	41 min	27775.99		

PS：因為氫氧化鈉四顆顆粒對於二氧化碳吸收的時間過長，取樣不易，因此我們不探討氫氧化鈉四顆顆粒對於二氧化碳吸收的速率。

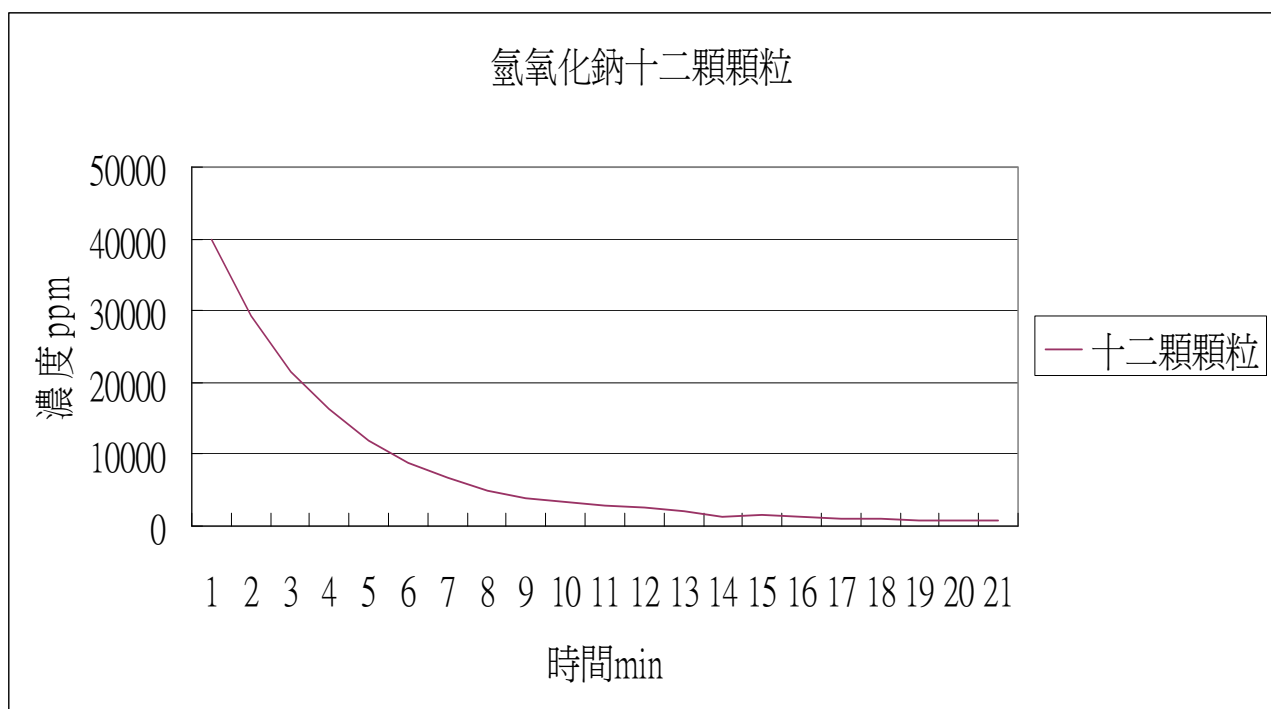
氫氧化鈉八顆顆粒

時間	平均	平均+40000- 空白實驗	時間	平均	平均+40000- 空白實驗
0min	40000	40000	20min	738.4902	1394.97
1min	31793.33	32023.99	21min	560.8463	1212.396
2min	26100.81	26336.39	22min	397.3484	1126.768
3min	21014.59	21311.29	23min	252.6995	867.7795
4min	16208.88	16479.95	24min	120.6455	838.2355
5min	12833.59	13053.4	25min	35.02014	706.2901
6min	9855.728	10243.11	26min	0	673.24
7min	7761.713	8027.853			
8min	6046.716	6420.296			
9min	4920.179	5312.489			
10min	4037.84	4395.65			
11min	3386.877	3825.517			
12min	2926.351	3425.121			
13min	2545.861	3053.501			
14min	2228.872	2665.542			
15min	1965.088	2376.128			
16min	1680.917	2190.527			
17min	1413.557	1927.107			
18min	1165.121	1727.96			
19min	940.8859	1616.096			



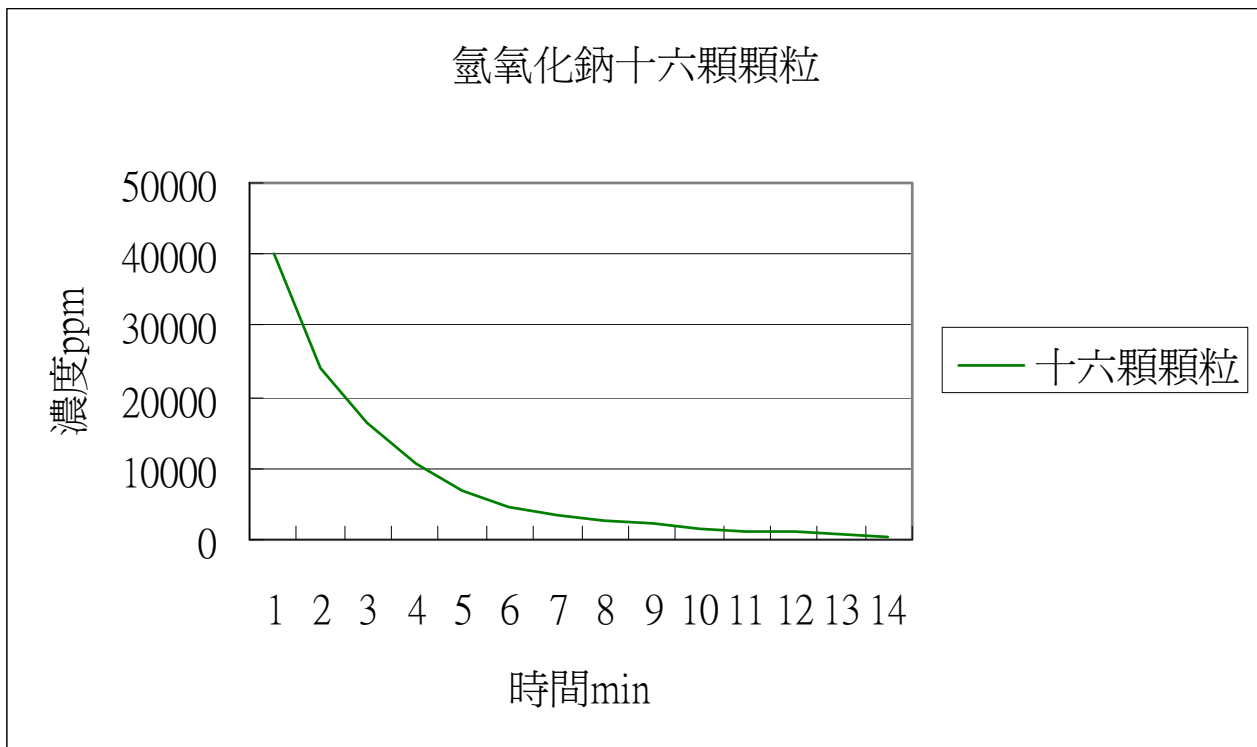
氫氧化鈉十二顆顆粒

時間	平均	平均+40000-空白實驗
0min	40000	40000
1 min	27032.45	29263.11
2 min	21243.58	21479.16
3 min	16110.99	16407.69
4 min	11594.16	11865.23
5 min	8461.334	8681.144
6 min	6224.152	6611.532
7 min	4643.262	4909.402
8 min	3623.115	3996.695
9 min	2911.811	3304.121
10 min	2413.801	2771.611
11 min	2044.155	2482.795
12 min	1658.101	2156.871
13 min	1316.443	1284.083
14 min	1016.287	1452.957
15 min	768.2471	1179.287
16 min	569.4294	1079.039
17 min	400.5308	914.0808
18 min	238.3882	801.2282
19 min	99.40886	774.6189
20 min	0	656.48



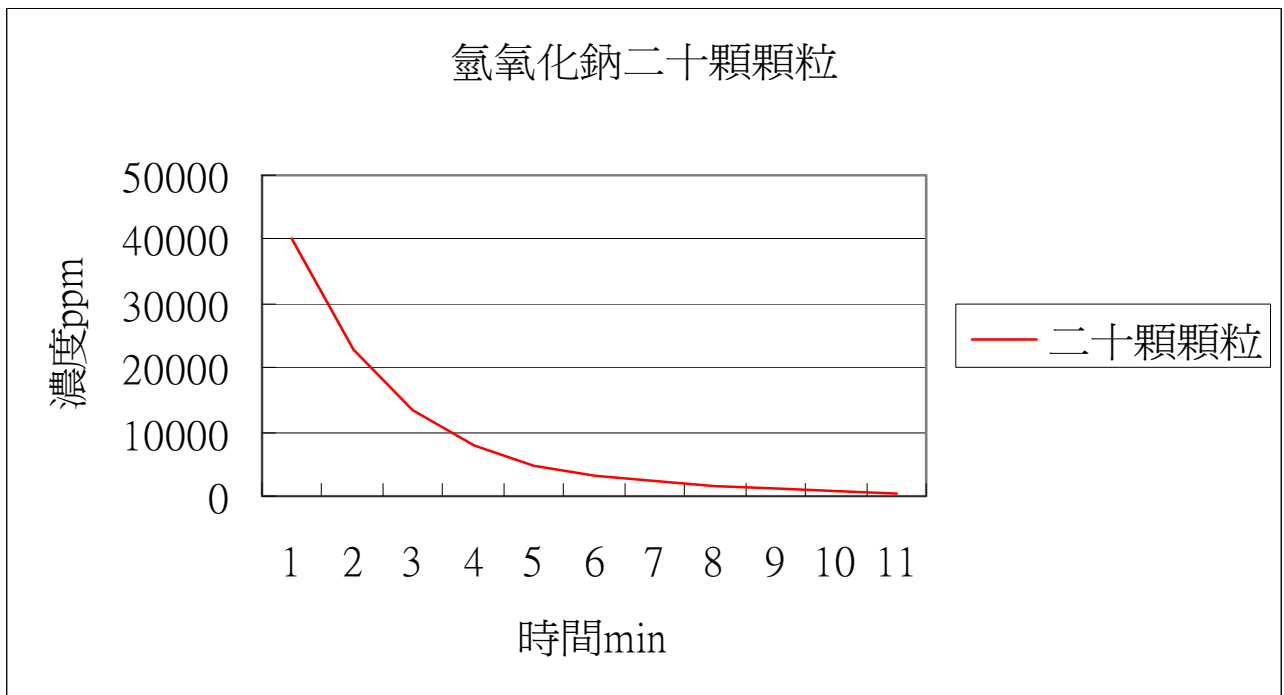
氫氧化鈉十六顆顆粒

時間	平均	平均+40000-空白實驗
0min	40000	40000
1min	23798.72	24029.38
2min	16257.09	16492.67
3min	10349.07	10645.77
4min	6697.928	6968.998
5min	4333.001	4552.811
6min	3068.118	3455.498
7min	2384.916	2651.056
8min	1804.139	2177.719
9min	1291.564	1683.874
10min	859.6734	1217.483
11min	532.0784	970.7184
12min	258.4436	747.2135
13min	0	507.64

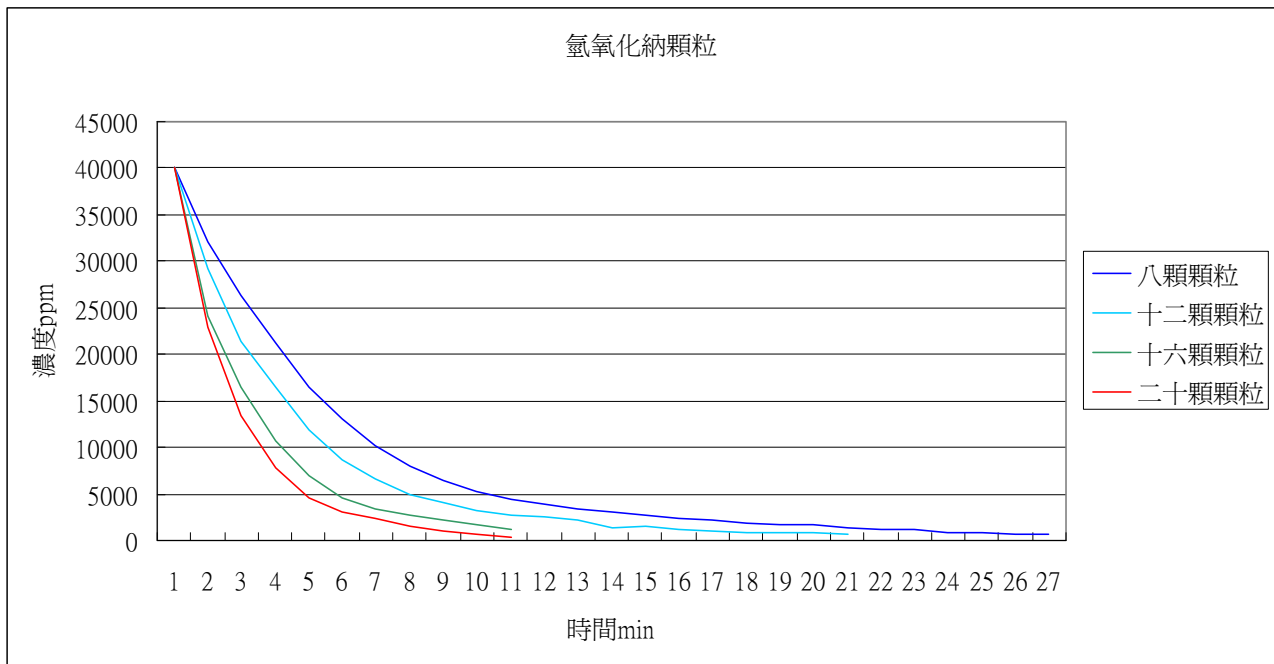


氫氧化鈉二十顆顆粒

時間	平均	平均+40000-空白
0min	40000	40000
1 min	22615.42	22846.08
2 min	13096.33	13331.9
3 min	7565.107	7861.807
4 min	4283.186	4554.25
5 min	2915.803	3135.61
6 min	1936.789	2324.16
7 min	1237.927	1504.06
8 min	676.6119	1050.19
9 min	248.799	641.109
10 min	0	357.81



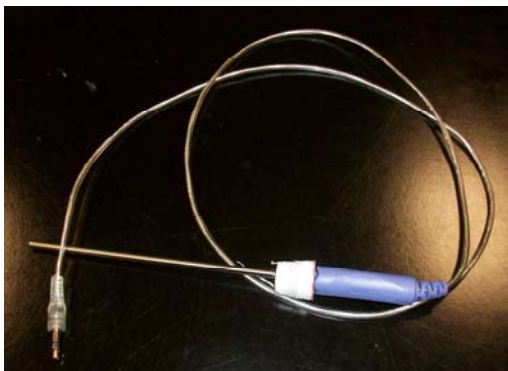
顆粒圖形比較



五、儀器的設計及改良：

- (一) 實驗中把密封罐的頂部鑽了四個孔，分別為橡皮塞、二氧化偵測器、壓力偵測器和溫度偵測器。但是密封效果並不佳，因為軟木塞的大小和鑽的孔有點小小的縫細，因此會造成密封罐沒辦法很完全的密閉。

改良：將橡皮塞的外圍纏上一層密封膠膜以及止水帶，以增加橡皮塞和洞口的緊密度。



↑ 纏上密封膠帶和止水帶的溫度偵測器



↑ 纏上止水帶的二氧化碳偵測器



↑ 纏上密封膠帶和止水帶的壓力偵測器

(二) 雖然已經增加了頂部的緊密度，但是密封罐的底部還是會有些微的漏氣。

改良：於是我們在密封罐底部的蓋子上纏上一層保鮮膜，增加密封罐的緊密度。

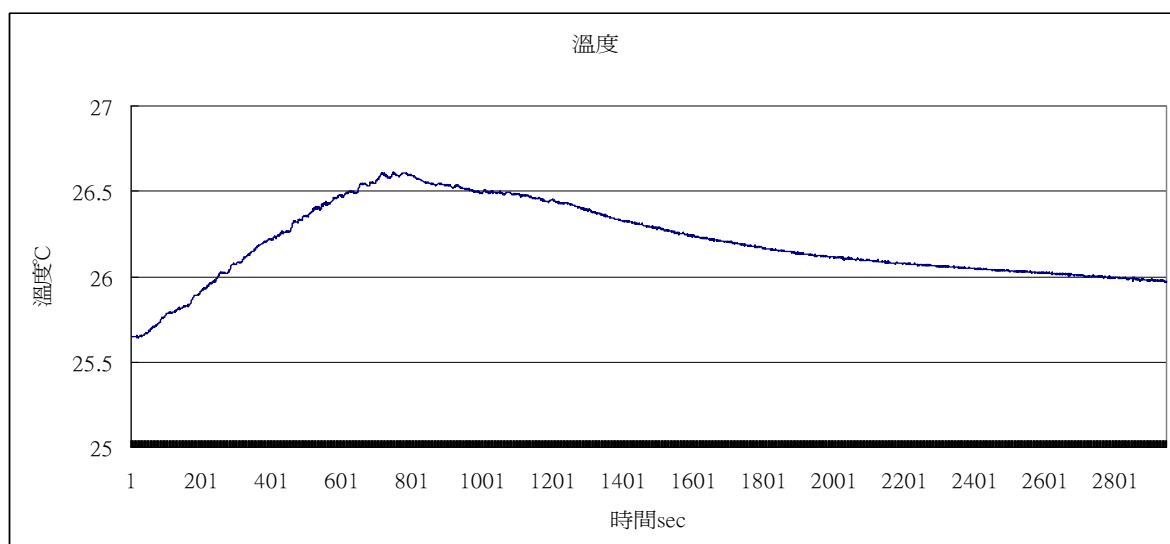


↑ 保鮮膜先繞成一個圓



↑ 將保鮮膜套在密封罐的蓋子上

(三) 實驗中，我們發現氫氧化鈉和二氧化碳在反應的時候會增加溫度，如圖顯示：



改良：所以我們使用了恆溫裝置，使溫度維持在一個穩定的狀態。

(四) 二氧化碳偵測器為紅外光譜的應用，因此需要避免環境的干擾，如光線。

改良：把實驗室的電燈全部關上，並把窗簾拉起來，為了一些細微的光線，因此再密封罐的外圍纏繞一層鋁箔紙，並蓋上一層紙箱，以確保內部不會受到光線的干擾。



← 纏上鋁箔且放入紙箱的偵測儀

【實驗二】氫氧化鈉粉末吸收二氧化碳速率的探討

一、實驗設計：利用不同重量的氫氧化鈉粉末，來比較其吸收速率

操控變因	氫氧化鈉的粉末的重量
控制變因	溫度、體積、壓力

二、實驗步驟：

- (一) 將偵測儀插入密封罐中，並啟動恆溫裝置，打開抽氣機將內部的空氣抽出，待內部二氧化碳濃度歸零的時候，使用二氧化碳鋼瓶灌入二氧化碳。
- (二) 把需要的氫氧化鈉顆粒置於封口袋中，並拿杵把顆粒磨碎，放在天平上量其重量。
- (三) 待二氧化碳濃度到 40000ppm 平衡的時候，倒入氫氧化鈉粉末。
- (四) 把剩下的封口袋置於電子天平上量其重量，即為封口袋重，再將之前量的重量減去封口袋的重量，便可得知氫氧化鈉粉末的重量。



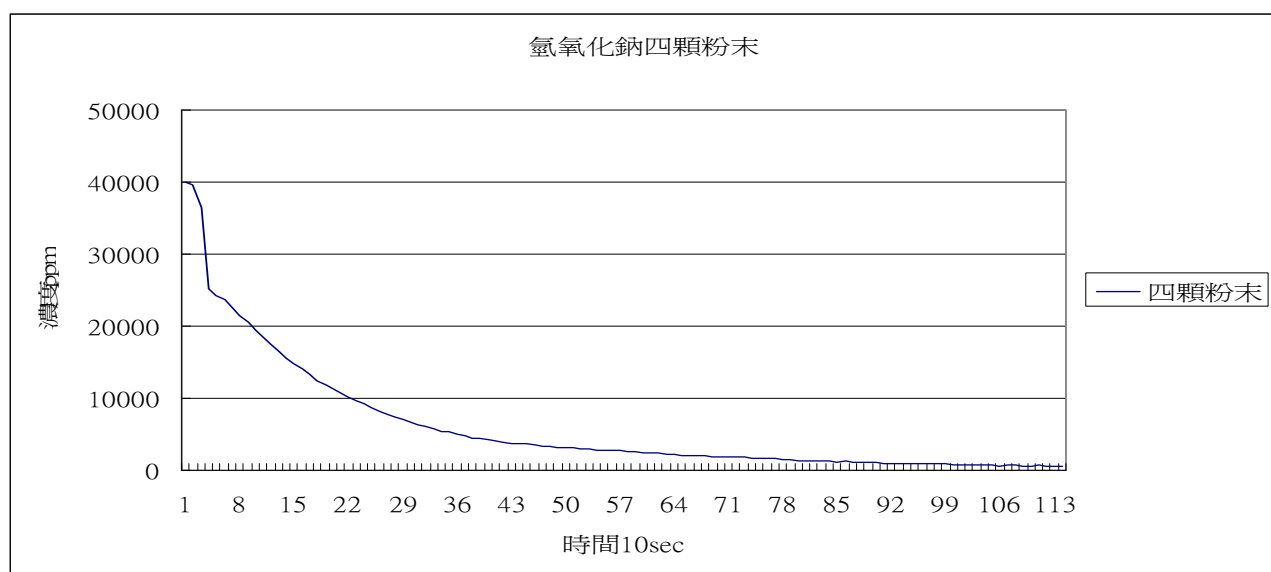
- (五) 重複以上實驗，紀錄不同重量的粉末對二氧化碳吸收速率的影響。

三、數據及關係圖

氫氧化鈉四顆粉末

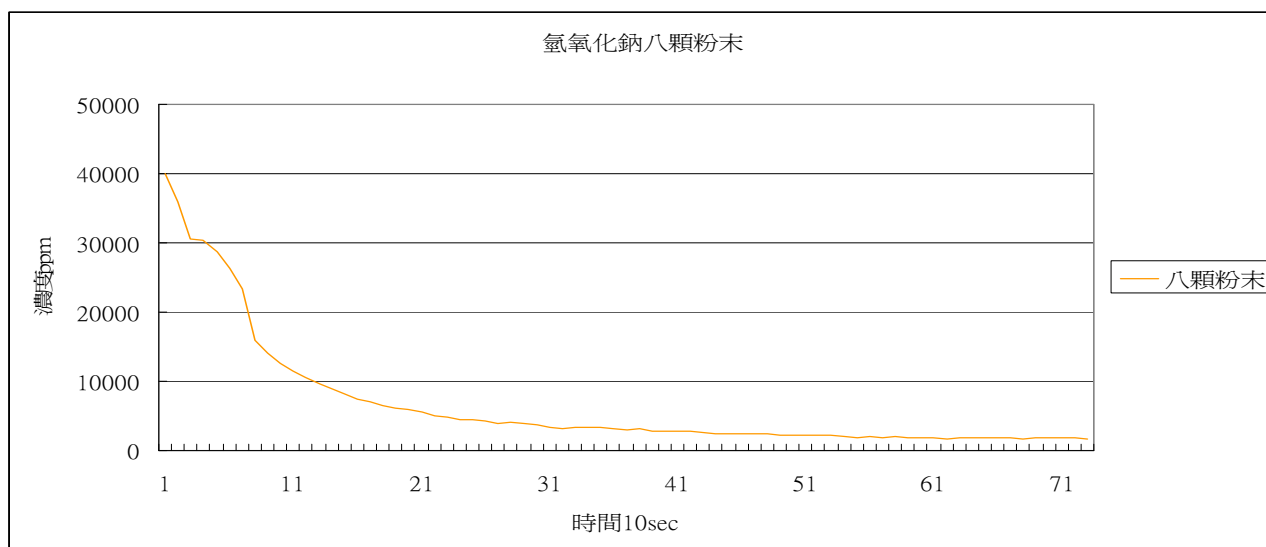
時間	平均	平均 +40000- 空白實 驗	時間	平均	平均 +40000- 空白實 驗	時間	平均	平均 +40000- 空白實 驗
0sec	40000	40000	320 sec	5472.601	5775.211	640 sec	1727.439	2111.869
10sec	39346.1	39559.01	330 sec	5191.485	5397.495	650 sec	1663.272	2092.052
20 sec	36155.02	36447.78	340 sec	4957.221	5308.131	660 sec	1598.085	2036.725
30 sec	25032.59	25186.36	350 sec	4718.884	5009.664	670 sec	1552.251	1975.121
40 sec	24123.04	24299.48	360 sec	4486.657	4874.037	680 sec	1492.157	1892.357
50 sec	23403.95	23640.52	370 sec	4299.246	4499.346	690 sec	1431.045	1862.785
60 sec	22402.73	22633.39	380 sec	4123.039	4409.879	700 sec	1377.063	1942.863
70 sec	21232.43	21481.81	390 sec	3933.591	4194.801	710 sec	1321.043	1771.513
80 sec	20328.99	20520.22	400sec	3770.625	4104.775	720 sec	1267.061	1765.831
90 sec	19261.56	19524.74	410sec	3616.826	3894.796	730 sec	1228.356	1649.256

100 sec	18260.34	18438.75	420sec	3480.342	3746.482	740 sec	1176.411	1657.441
110 sec	17286.62	17631.62	430sec	3352.007	3678.277	750 sec	1126.502	1686.382
120 sec	16315.95	16551.53	440sec	3230.801	3633.951	760 sec	1085.761	1662.401
130 sec	15417.6	15539.83	450sec	3127.928	3549.808	770 sec	1032.797	1539.447
140 sec	14606.84	14786.24	460 sec	3020.982	3422.162	780 sec	990.0183	1497.658
150 sec	13832.76	14024.97	470 sec	2927.276	3393.516	790 sec	952.3325	1326.903
160 sec	13054.59	13338.47	480 sec	2823.386	3196.966	800 sec	904.4612	1370.701
170 sec	12338.56	12450.93	490 sec	2736.81	3161.65	810 sec	866.7753	1359.625
180 sec	11639.85	11936.55	500 sec	2655.327	3093.967	820 sec	822.9782	1279.358
190 sec	11031.78	11238.78	510 sec	2573.844	2976.014	830 sec	787.3294	1305.809
200 sec	10424.73	10681.01	520 sec	2499.491	2882.931	840 sec	746.5879	1183.258
210 sec	9914.443	10204.24	530 sec	2428.193	2744.603	850 sec	717.0503	1254.26
220 sec	9363.414	9689.684	540 sec	2356.895	2749.205	860 sec	675.2903	1158.29
230 sec	8817.478	9167.408	550 sec	2302.913	2810.553	870 sec	638.6229	1127.533
240 sec	8353.025	8624.095	560 sec	2244.856	2719.966	880 sec	607.0483	1076.248
250 sec	7873.294	8100.994	570 sec	2175.596	2644.796	890 sec	575.4736	1176.754
260 sec	7516.806	7729.716	580sec	2122.632	2501.142	900 sec	538.8063	949.8463
270 sec	7094.113	7334.623	590sec	2065.594	2453.964	910 sec	510.2872	993.2872
280 sec	6709.106	7005.806	600sec	1997.352	2355.162	920 sec	480.7496	921.3596
290 sec	6360.766	6688.016	610sec	1936.24	2364.04	930 sec	453.2491	975.6691
300 sec	6021.593	6241.403	620sec	1867.998	2227.778	940 sec	418.6189	946.9589
310 sec	5727.236	6020.976	630 sec	1805.867	2153.817	950 sec	389.0813	1017.961



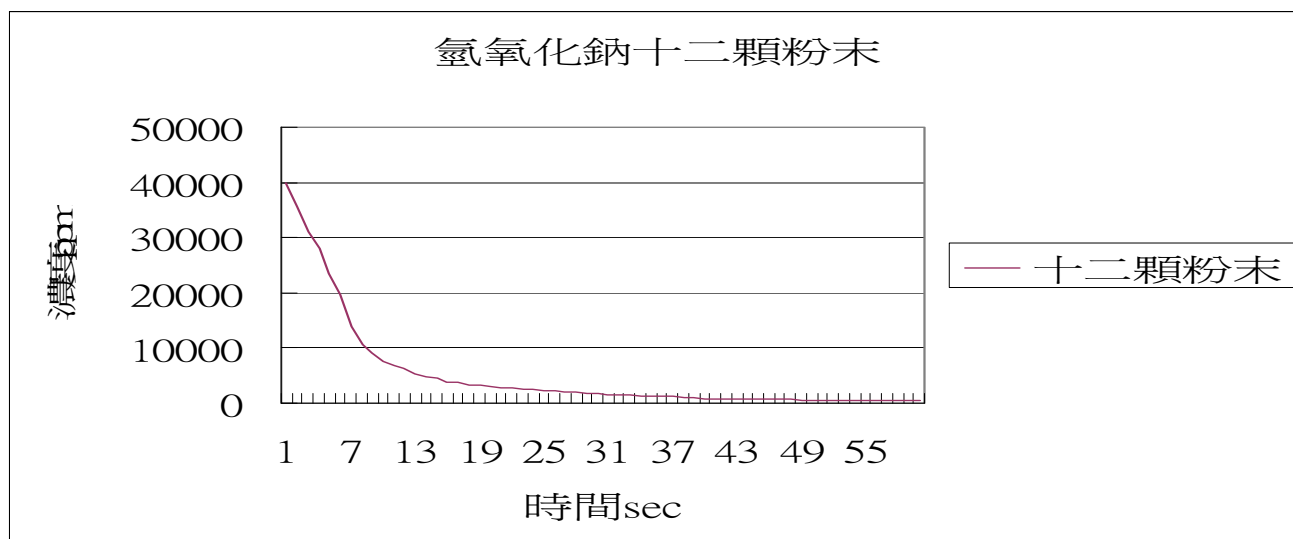
氫氧化鈉八顆粉末

時間	平均	平均 +40000- 空白	時間	平均	平均 +40000- 空白	時間	平均	平均 +40000- 空白
0sec	40000	40000	250 sec	3497.717	4168.987	500 sec	907.0386	2219.999
10sec	35772.84	36003.5	260 sec	3299.052	3972.292	510 sec	843.8268	2142.007
20 sec	30294.49	30530.07	270 sec	3115.437	3993.707	520 sec	778.6083	2311.378
30 sec	30036.62	30333.32	280 sec	2948.879	3827.149	530 sec	725.4302	2026.56
40 sec	28435.26	28706.33	290 sec	2809.412	3756.672	540 sec	672.252	1906.362
50 sec	26001.1	26220.91	300 sec	2696.032	3410.672	550 sec	615.0605	2037.441
60 sec	23005.07	23392.45	310 sec	2572.618	3223.188	560 sec	559.8756	1918.176
70 sec	15588.22	15854.36	320 sec	2451.212	3266.392	570 sec	506.6974	2012.857
80 sec	13707.92	14081.5	330 sec	2350.875	3336.585	580sec	460.5428	1944.033
90 sec	12279.14	12671.45	340 sec	2252.546	3250.086	590sec	414.3882	1854.508
100 sec	11157.38	11515.19	350 sec	2161.24	3096.68	600 sec	374.2538	1869.574
110 sec	10157.03	10595.67	360 sec	2077.961	3010.441	610 sec	334.1193	1661.869
120 sec	9159.685	9658.455	370 sec	1989.665	3058.175	620 sec	294.9882	1875.078
130 sec	8420.208	8927.848	380 sec	1895.349	2853.459	630 sec	258.8672	1889.227
140 sec	7663.673	8100.343	390 sec	1789.996	2827.946	640 sec	222.7462	1868.876
150 sec	7085.737	7496.777	400sec	1688.657	2842.917	650 sec	185.6218	1878.082
160 sec	6514.825	7024.435	410sec	1596.348	2701.328	660 sec	156.5244	1826.314
170 sec	6015.151	6528.701	420sec	1513.069	2541.159	670 sec	126.4235	1749.883
180 sec	5505.443	6068.283	430sec	1420.76	2443.92	680 sec	91.30587	1793.626
190 sec	5199.418	5874.628	440sec	1341.494	2475.054	690 sec	59.19831	1777.288
200 sec	4810.114	5466.594	450sec	1258.215	2495.275	700 sec	38.12773	1791.698
210 sec	4432.85	5084.4	460 sec	1178.949	2436.709	710 sec	4.013445	1811.803
220 sec	4172.979	4902.399	470 sec	1108.714	2353.664	720 sec	0	1712.17
230 sec	3911.102	4526.182	480 sec	1042.492	2214.502			
240 sec	3710.43	4428.02	490 sec	971.2537	2164.944			



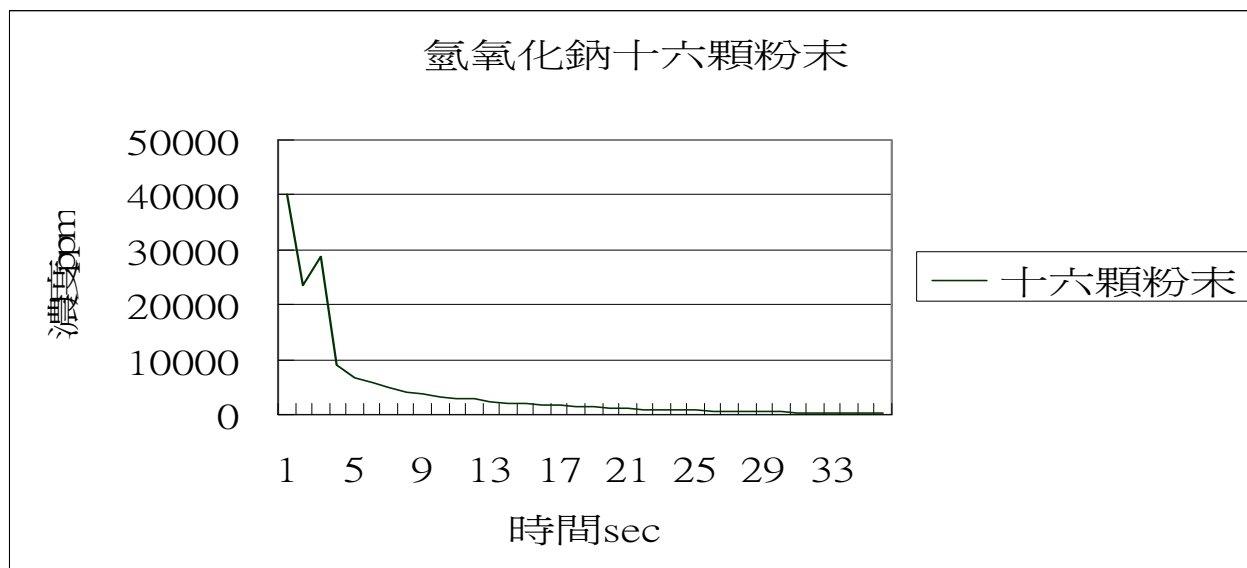
氫氧化鈉十二顆粉末

時間	平均	平均 +40000- 空白實 驗	時間	平均	平均 +40000- 空白實 驗	時間	平均	平均 +40000- 空白實 驗
0sec	40000	40000	200 sec	2617.046	2873.326	400sec	512.8333	846.9833
10sec	35377.52	35590.43	210 sec	2472.375	2762.175	410sec	473.9218	751.8918
20 sec	30662.24	30955	220 sec	2324.711	2650.981	420sec	468.9332	735.0732
30 sec	27762.84	27916.61	230 sec	2199.995	2549.925	430sec	385.1238	711.3938
40 sec	23319.95	23496.39	240 sec	2068.295	2339.365	440sec	340.226	743.376
50 sec	19414.83	19651.4	250 sec	1939.587	2167.287	450sec	296.3259	718.2059
60 sec	13726.77	13957.43	260 sec	1800.903	2013.813	460 sec	256.4167	657.5967
70 sec	10381.38	10630.76	270 sec	1691.153	1931.663	470 sec	208.5256	674.7656
80 sec	8775.037	8966.267	280 sec	1572.423	1869.123	480 sec	203.537	577.117
90 sec	7266.469	7529.649	290 sec	1392.831	1720.081	490 sec	171.6096	596.4496
100 sec	6650.869	6829.279	300 sec	1332.967	1552.777	500 sec	132.6981	571.3381
110 sec	5895.588	6240.588	310 sec	1239.181	1532.921	510 sec	105.7594	507.9294
120 sec	5170.238	5405.818	320 sec	1239.181	1541.791	520 sec	86.80252	470.2425
130 sec	4712.28	4834.51	330 sec	1015.689	1221.699	530 sec	66.84792	383.2579
140 sec	4337.133	4516.533	340 sec	925.8936	1276.804	540 sec	64.85246	457.1625
150 sec	3719.538	3911.748	350 sec	859.0457	1149.826	550 sec	58.86608	566.5061
160 sec	3514.006	3797.886	360 sec	789.2046	1176.585	560 sec	26.93871	502.0487
170 sec	3198.723	3311.093	370 sec	698.4111	898.5111	570 sec	18.95687	488.1569
180 sec	3003.168	3299.868	380 sec	630.5655	917.4055	580sec	11.97276	390.4828
190 sec	2819.585	3026.585	390 sec	577.6858	838.8958	590sec	0	388.37



氫氧化鈉十六顆粉末

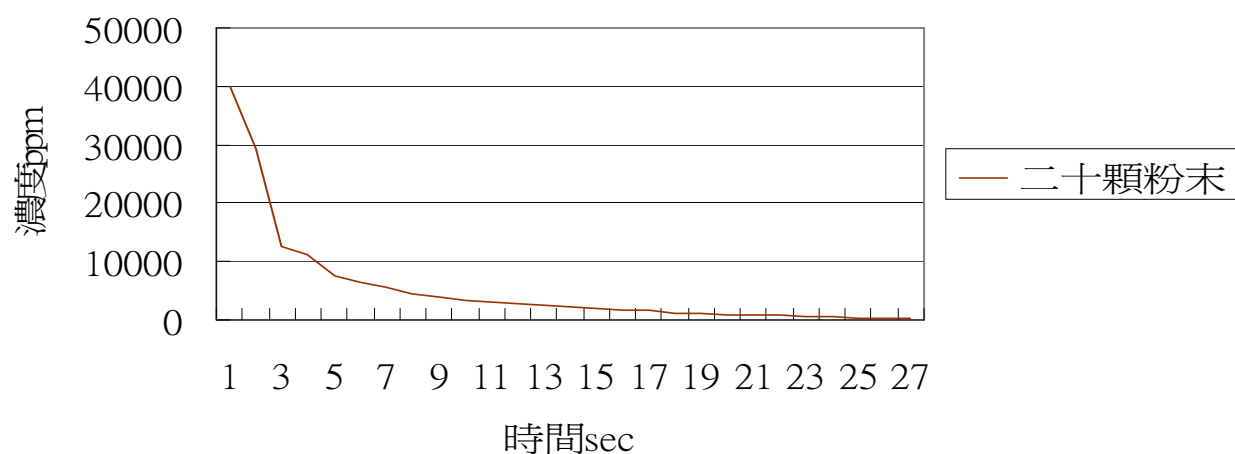
時間	平均	平均+40000- 空白實驗	時間	平均	平均+40000- 空白實驗
0sec	40000	40000	180 sec	1124.938272	1421.638
10sec	23365.93	23578.84	190 sec	972.8395062	1179.84
20 sec	28422.72	28715.48	200 sec	861.2345679	1117.515
30 sec	8808.889	8962.659	210 sec	710.1234568	999.9235
40 sec	6474.074	6650.514	220 sec	600.4938272	926.7638
50 sec	5548.642	5785.212	230 sec	555.0617284	904.9917
60 sec	4591.605	4822.265	240 sec	485.9259259	756.9959
70 sec	3873.58	4122.96	250 sec	409.8765432	637.5765
80 sec	3487.40	3678.63	260 sec	319.0123457	531.9223
90 sec	3031.111	3294.291	270 sec	250.8641975	491.3742
100 sec	2677.531	2855.941	280 sec	223.2098765	519.9099
110 sec	2423.704	2768.704	290 sec	174.8148148	502.0648
120 sec	2190.617284	2426.197	300 sec	161.9753086	381.7853
130 sec	2002.962963	2125.193	310 sec	134.3209877	428.061
140 sec	1792.592593	1971.993	320 sec	66.17283951	368.7828
150 sec	1585.185185	1777.395	330 sec	68.14814815	274.1581
160 sec	1404.444444	1688.324	340 sec	16.79012346	367.7001
170 sec	1270.123457	1382.493	350 sec	0	290.78



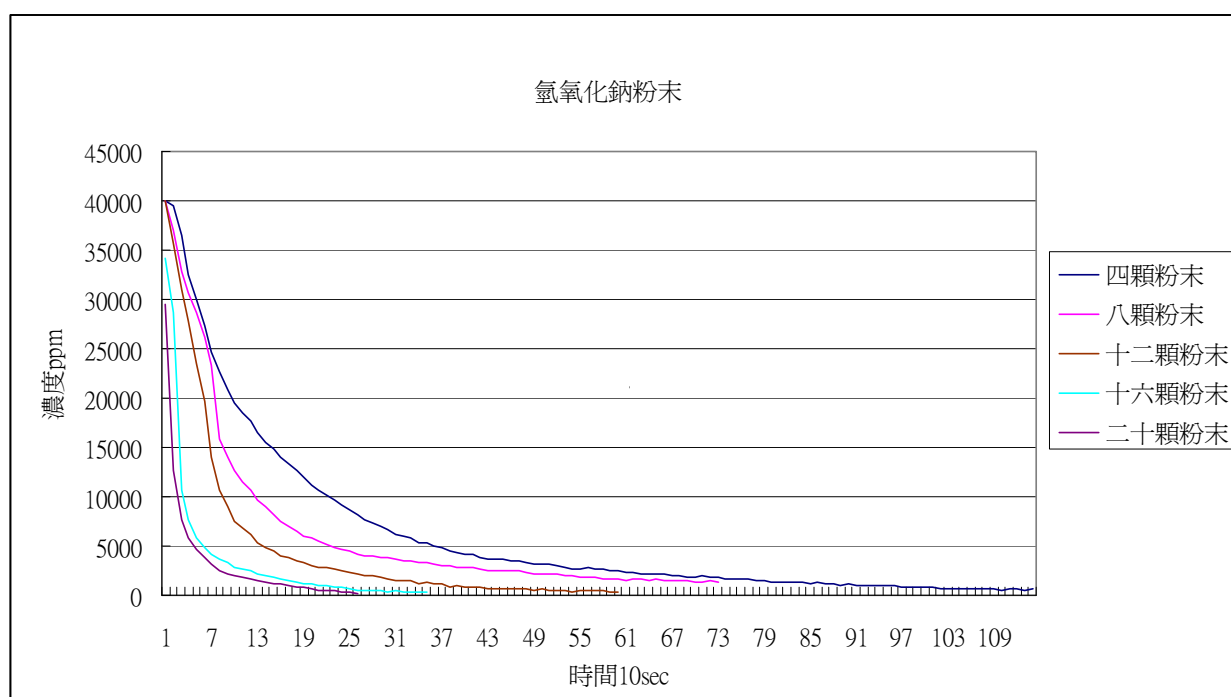
氫氧化鈉二十顆粉末

時間	平均	平均+40000- 空白實驗	時間	平均	平均+40000- 空白實驗
0sec	40000	40000	140 sec	1754.638	1934.038
10sec	29227.45	29440.36	150 sec	1541.624	1733.834
20 sec	12382.53	12675.29	160 sec	1281.054	1564.934
30 sec	11083.65	11237.42	170 sec	1068.041	1180.411
40 sec	7227.603	7404.043	180 sec	849.0823	1145.782
50 sec	6250.712	6487.282	190 sec	679.6622	886.6622
60 sec	5354.073	5584.733	200 sec	577.6138	833.8938
70 sec	4277.116	4526.496	210 sec	459.7132	749.5132
80 sec	3703.465	3894.695	220 sec	326.9512	653.2212
90 sec	3177.371	3440.551	230 sec	194.1892	544.1192
100 sec	2852.401	3030.811	240 sec	105.0207	376.0907
110 sec	2569.044	2914.044	250 sec	38.63968	266.3397
120 sec	2232.185	2467.765	260 sec	0	212.91
130 sec	2006.291	2128.521			

氫氧化鈉二十顆粉末



粉末圖形比較



【實驗三】氫氧化鈉水溶液吸收二氧化碳速率的探討

一、實驗設計：利用不同濃度的氫氧化鈉水溶液，來比較其吸收速率

操控變因	氫氧化鈉水溶液的濃度
控制變因	溫度、體積、壓力

二、實驗步驟：

- (一) 將偵測器插入密封罐中，並啟動恆溫裝置，打開抽氣機將內部的空氣抽出，待內部二氧化碳濃度歸零的時候，使用二氧化碳鋼瓶灌入二氧化碳。
- (二) 將氫氧化鈉顆粒置於封口袋中，並拿杵將其磨碎，並置於電子天平上量其重量。
- (三) 在容量瓶內裝入少許的水，並將氫氧化鈉粉末倒入其中，待溶解後，再加水至刻度線，則可得到氫氧化鈉水溶液。
- (四) 將剩下的封口袋置於電子天平上量其重量，再將一開始量的重量減去封口袋的重量，便可得知氫氧化鈉粉末的重量，也可依據此重量求得氫氧化鈉水溶液的濃度。
- (五) 待二氧化碳濃度到 40000ppm 平衡的時候，倒入配好的氫氧化鈉溶液。
- (六) 重複以上實驗，紀錄不同濃度的氫氧化鈉水溶液對二氧化碳吸收速率的影響。

三、數據及關係圖

水的空白實驗

時間	平均	時間	平均	時間	平均	時間	平均
0min	40000	18min	38688.23	36min	38313.16	53 min	37861.51
1min	38548.81	19min	38691.18	37min	38264.07	54 min	37835.98
2min	38760.89	20min	38796.24	38min	38223.82	55 min	37774.12
3min	38911.12	21min	38771.69	39min	38216.94	56 min	37702.45
4min	39001.45	22min	38658.78	40min	38223.82	57 min	37604.26
5min	38905.23	23min	38743.22	41min	38172.76	58 min	37510
6min	38755.98	24min	38654.85	42min	38068.68	59 min	37454.04
7min	38852.21	25min	38600.85	43min	38131.52	60 min	37501.17
8min	38776.6	26min	38692.16	44min	38090.28	61 min	37495.27
9min	38812.93	27min	38690.2	45min	38022.53	64 min	37415.74
10min	38891.48	28min	38598.89	46min	37954.79	65 min	37240.97
11min	38759.91	29min	38509.54	63 min	37408.87	66 min	37199.73
12min	38861.04	30min	38473.21	47min	37946.93	67 min	37171.26
13min	38658.78	31min	38473.21	48min	37985.22	68 min	37173.22
14min	38787.4	32min	38523.28	49min	37953.8	69 min	37051.47
15min	38756.97	33min	38382.88	50 min	37775.1	70 min	37082.89
16min	38744.2	34min	38454.55	51 min	37804.56		
17min	38746.16	35min	38313.16	52 min	37818.31		

氫氧化鈉四顆水溶液 (0.20M)

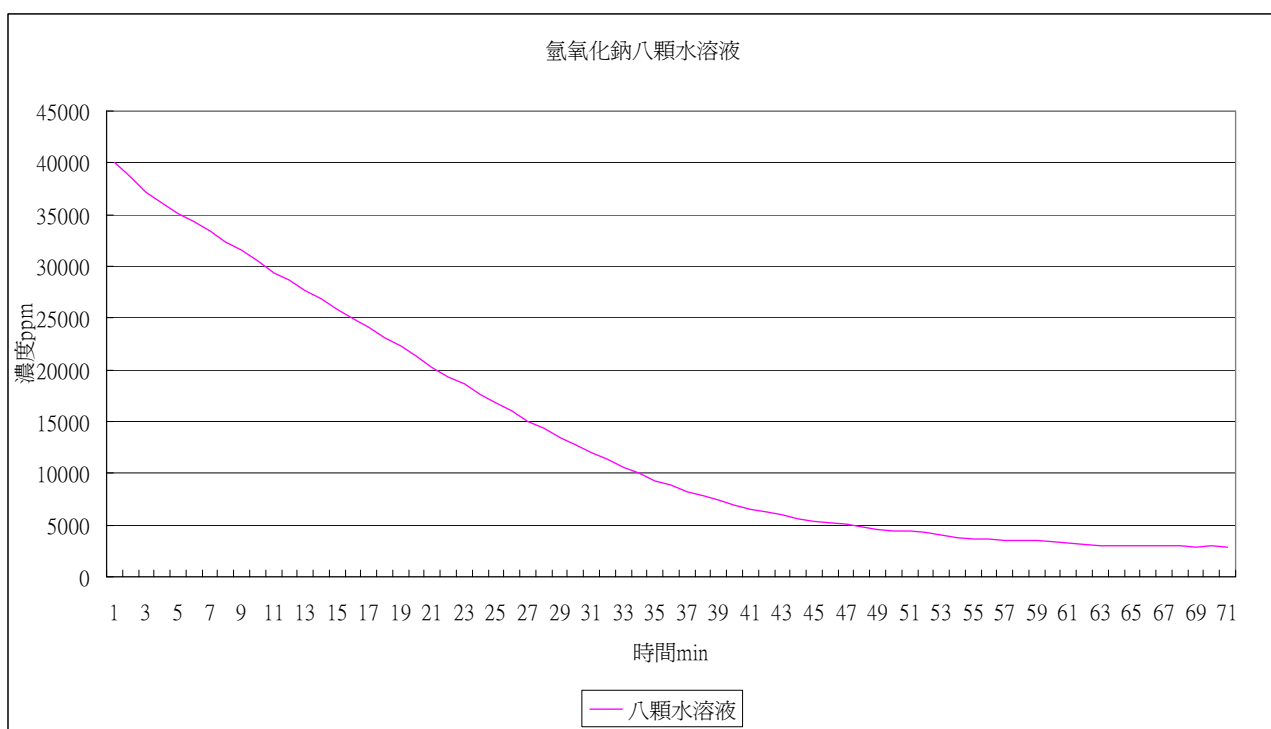
時間	平均	時間	平均
0min	40000	14min	37901.35
1min	39008.04	16min	37712.45
2min	38739.03	17min	37689.7
3min	38665.84	18min	37711.46
4min	38425.52	19min	37689.7
5min	38415.63	20min	37626.41
6min	38357.28	21min	37487.95
7min	38273.21	22min	37529.48
8min	38319.69	23min	37391.02
9min	38160.46	24min	37408.83
10min	38180.24	25min	37340.59
11min	37974.53	26min	37290.15
12min	38031.9	27min	37283.22
13min	38049.7	28min	37308.94

PS：因為氫氧化鈉四顆水溶液對於二氧化碳吸收的時間過長，取樣不易，因此我們不探討氫氧化鈉四顆水溶液對於二氧化碳吸收的速率。

氫氧化鈉八顆水溶液 (0.41M)

時間	平均	平均 +40000- 空白	時間	平均	平均 +40000- 空白	時間	平均	平均 +40000- 空白
0min	40000	40000	24min	15525.41	16870.56	48min	2584.41	4599.19
1min	37095.41	38546.6	25min	14643.66	16042.81	49min	2410.852	4457.052
2min	35990.22	37229.33	26min	13756.92	15064.76	50min	2254.252	4479.152
3min	35057.6	36146.48	27min	12987.88	14297.68	51min	2049.773	4245.213
4min	34088.08	35086.63	28min	12098.15	13499.26	52min	1849.284	4030.974
5min	33157.45	34252.22	29min	11326.12	12816.58	53min	1691.686	3830.176
6min	32188.92	33432.94	30min	10533.14	12059.93	54min	1538.078	3702.098
7min	31232.36	32380.15	31min	9815.969	11342.76	55min	1377.487	3603.367
8min	30297.74	31521.14	32min	9133.709	10610.43	56min	1242.831	3540.381
9min	29330.21	30517.28	33min	8406.563	10023.68	57min	1110.169	3505.909
10min	28275.9	29384.42	34min	7761.209	9306.659	58min	976.5099	3466.51
11min	27392.15	28632.24	35min	7131.814	8818.654	59min	856.8151	3402.775
12min	26448.56	27587.52	36min	6581.218	8268.058	60min	741.1102	3239.94
13min	25527.9	26869.12	37min	6048.576	7784.506	61min	637.3747	3142.105
14min	24628.2	25840.8	38min	5644.606	7420.786	62min	536.6316	3030.552
15min	23654.68	24897.71	39min	5192.758	6975.818	63min	446.8605	3037.991

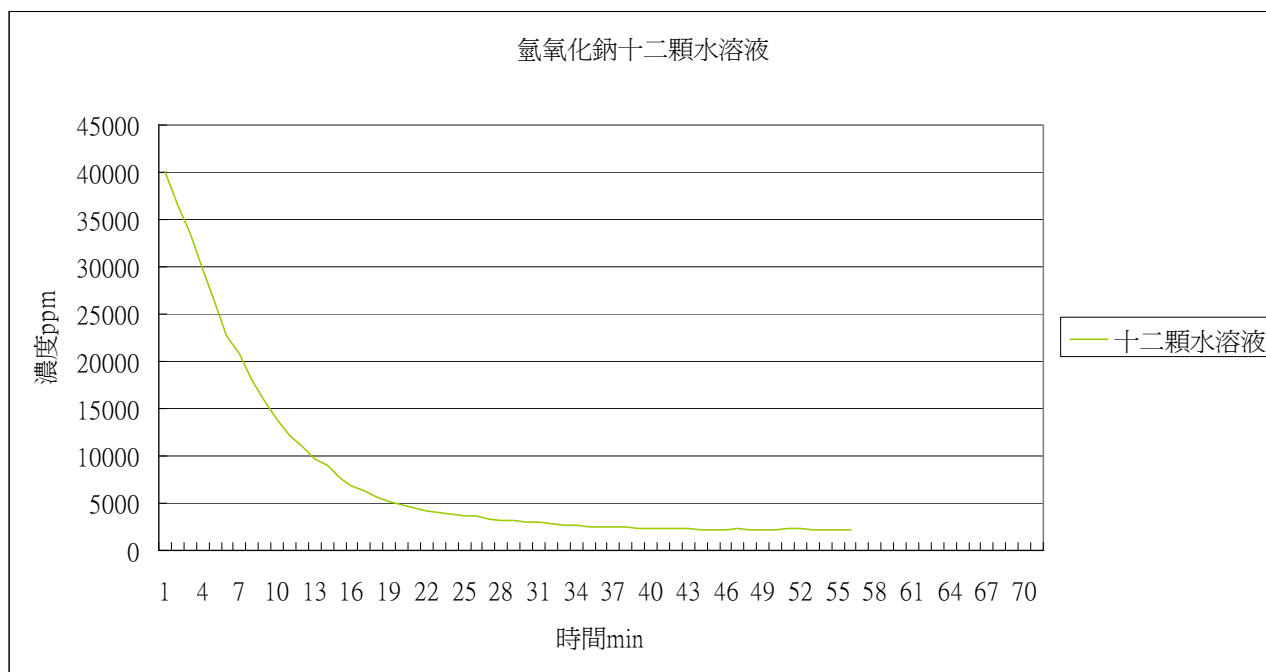
16min	22834.77	24090.57	40min	4765.847	6542.027	64min	356.092	2940.352
17min	21891.18	23145.02	41min	4398.783	6226.023	65min	277.2929	3036.323
18min	20962.55	22274.32	42min	4064.635	5995.955	66min	209.4659	3009.736
19min	19975.06	21283.88	43min	3741.459	5609.939	67min	143.6337	2972.374
20min	19016.51	20220.27	44min	3447.21	5356.93	68min	89.77108	2916.551
21min	18123.78	19352.09	45min	3251.708	5229.178	69min	40.89572	2989.426
22min	17246.02	18587.24	46min	2992.369	5037.579	70min	0	2917.11
23min	16389.21	17645.99	47min	2772.929	4825.999			



氫氧化鈉十二顆水溶液 (0.61M)

時間	平均	平均+40000-空白	時間	平均	平均+40000-空白
0min	40000	40000	28min	1718.341	3119.451
1min	35106.7	36557.89	29min	1563.318	3053.778
2min	32316.29	33555.4	30min	1423.394	2950.184
3min	28616.87	29705.75	31min	1312.664	2839.454
4min	24925.51	25924.06	32min	1183.813	2660.533
5min	21519.03	22613.8	33min	1098.248	2715.368
6min	19525.87	20769.89	34min	965.3715	2510.822
7min	16931.75	18079.54	35min	882.8267	2569.667
8min	14615.46	15838.86	36min	798.2686	2485.109
9min	12567.95	13755.02	37min	708.6773	2444.607

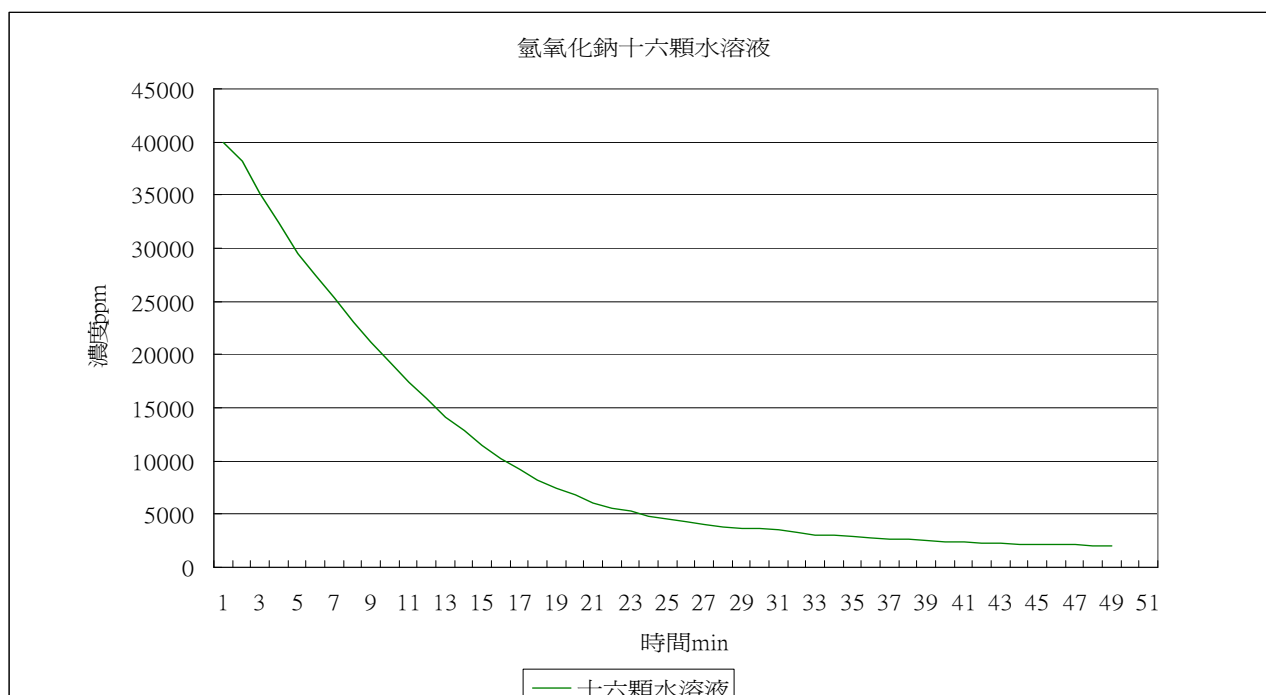
10min	11117.37	12225.89	38min	636.1989	2412.379
11min	9744.312	10984.4	39min	567.7471	2350.807
12min	8462.855	9601.815	40min	507.3485	2283.529
13min	7625.327	8966.547	41min	443.9299	2271.17
14min	6386.149	7598.749	42min	392.5911	2323.911
15min	5616.066	6859.096	43min	344.2722	2212.752
16min	5103.684	6359.484	44min	294.9466	2204.667
17min	4423.193	5677.033	45min	257.7008	2235.171
18min	3934.971	5246.741	46min	210.3886	2255.599
19min	3541.373	4850.193	47min	182.2025	2235.273
20min	3270.586	4474.346	48min	148.9833	2163.763
21min	2967.586	4195.896	49min	117.7773	2163.977
22min	2726.998	4068.218	50 min	91.60459	2316.505
23min	2518.623	3775.403	51 min	64.42521	2259.865
24min	2368.633	3713.783	52 min	42.27904	2223.969
25min	2191.464	3590.614	53 min	27.17938	2165.669
26min	2049.527	3357.367	54 min	10.06644	2174.086
27min	1880.411	3190.211	55 min	0	2225.88



氫氧化鈉十六顆水溶液（0.80M）

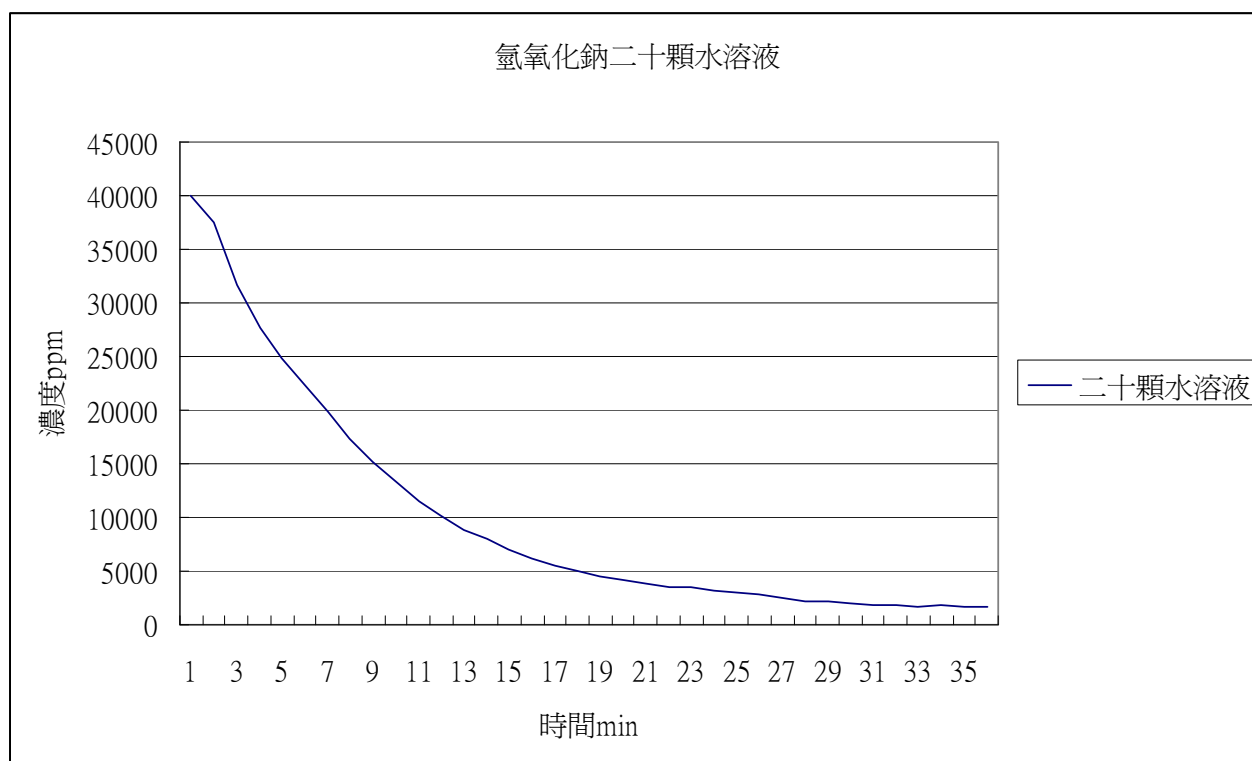
時間	平均	平均+40000-空白	時間	平均	平均+40000-空白
0min	40000	40000	25min	2922.314	4321.464
1min	36732.98	38184.17	26min	2686.033	3993.873

2min	33960.01	35199.12	27min	2480.438	3790.238
3min	31256.58	32345.46	28min	2299.391	3700.501
4min	28482.59	29481.14	29min	2135.734	3626.194
5min	26399.02	27493.79	30min	1972.076	3498.866
6min	24146.68	25390.7	31min	1790.007	3316.797
7min	21965.94	23113.73	32min	1605.892	3082.612
8min	19990.79	21214.19	33min	1440.188	3057.308
9min	18126.12	19313.19	34min	1292.896	2838.346
10min	16254.28	17362.8	35min	1147.65	2834.49
11min	14591.11	15831.2	36min	1009.564	2696.404
12min	13026.13	14165.09	37min	883.7519	2619.682
13min	11521.51	12862.73	38min	770.2143	2546.394
14min	10238.84	11451.44	39min	660.7682	2443.828
15min	8987.879	10230.91	40min	560.5278	2336.708
16min	7971.155	9226.955	41min	463.356	2290.596
17min	6957.5	8211.34	42min	374.3671	2305.687
18min	6175.012	7486.782	43min	286.4011	2154.881
19min	5454.917	6763.737	44min	210.7094	2120.429
20min	4839.155	6042.915	45min	141.1548	2118.625
21min	4344.09	5572.4	46min	74.66885	2119.879
22min	3909.375	5250.595	47min	13.29719	2066.367
23 min	3519.665	4776.445	48min	0	2014.78
24min	3201.555	4546.705			

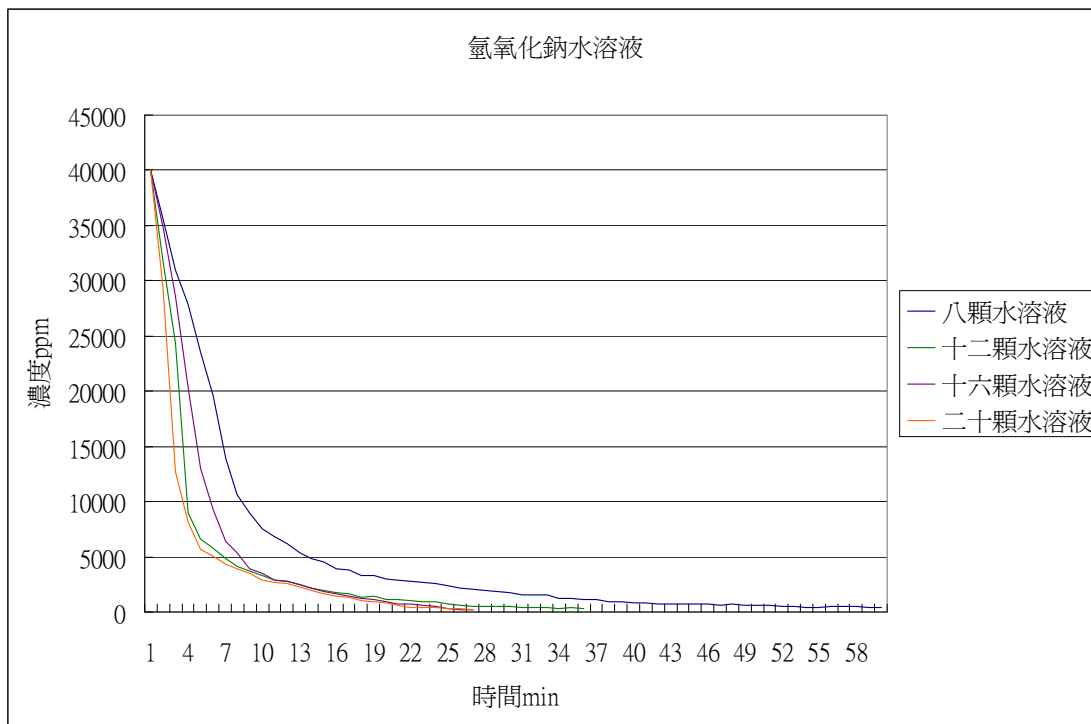


氫氧化鈉二十顆水溶液 (0.98M)

時間	平均	平均+40000- 空白實驗	時間	平均	平均+40000- 空白實驗
0min	40000	40000	18min	3239.129	4550.899
1min	35991.64	37442.83	19min	2849.533	4158.353
2min	30482.14	31721.25	20min	2554.651	3758.411
3min	26644.84	27733.72	21min	2299.151	3527.461
4min	23901.78	24900.33	22min	2087.541	3428.761
5min	21247.14	22341.91	23min	1853.583	3110.363
6min	18541.27	19785.29	24min	1595.586	2940.736
7min	16121.06	17268.85	25min	1352.215	2751.365
8min	13990.1	15213.5	26min	1126.541	2434.381
9min	12088.33	13275.4	27min	924.5593	2234.359
10min	10459.27	11567.79	28min	737.2582	2138.368
11min	8967.796	10207.89	29min	531.3853	2021.845
12min	7673.803	8812.763	30min	372.3262	1899.116
13min	6664.709	8005.929	31min	235.9622	1762.752
14min	5740.337	6952.937	32min	149.8165	1626.537
15min	4941.307	6184.337	33min	156.8549	1773.975
16min	4255.827	5511.627	34min	58.31783	1603.768
17min	3710.083	4963.923	35min	0	1686.84



水溶液圖形比較



陸、研究結果：

實驗一

NaOH 顆粒的 CO₂ 消耗速率值

CO ₂ 消失速率 (ppm/min)	1 min	5 min	10 min
八顆	7976	5389.3	3560.4
十二顆	10736.9	6263.8	3722.8
十六顆	15970.6	7089.4	3878.3
二十顆	17153.9	7372.9	3964.2

以八顆為基準的倍率關係（顆粒倍率 vs 速率倍率）

顆粒倍率		1 min 速率倍率	5 min 速率倍率	10 min 速率倍率
八顆	1.0	1.00	1.00	1.00
十二顆	1.5	1.35	1.16	1.04
十六顆	2.0	2.00	1.32	1.09
二十顆	2.5	2.15	1.36	1.11

由倍率關係計算出 NaOH 顆粒的反應級數（反應級數= \log 速率倍率 $\div\log$ 顆粒倍率）

反應級數	1 min 速率倍率	5 min 速率倍率	10 min 速率倍率
八顆	—	—	—
十二顆	0.74	0.37	0.097
十六顆	1.00	0.40	0.12
二十顆	0.83	0.34	0.11
平均	0.86	0.37	0.11
相對標準偏差	21.5%	5.7%	14.9%

註：— 為比較基準。

- (一) 爲了要進行實驗數據的比較，因此我們必須先做標準化，將二氧化碳出濃度標準化爲 40000 ppm。（標準化就是把得到的數據先乘上 40000 再除以得到的數據）
- (二) 我們一開始先做了空白的實驗，目的是要知道在未放入氫氧化鈉時，密封罐內部的二氧化碳會不會隨著時間而明顯下降，結果發現有些微的下降，所以我們必須先用 40000 去減掉空白實驗，就可以得到下降的量值，把實驗後經過標準化的數據加上此量值，就可以得到標準化後的比較數據。因爲實驗數據得到的點太多，因而我們取了幾個固定時間的點當作代表。
- (三) 由實驗可知，二氧化碳的消失速率爲平滑的曲線，當顆粒數越多，消失速率越快。利用 isolation method，當二氧化碳的初濃度固定，改變氫氧化鈉的顆粒數，觀察二氧化碳消失速率與氫氧化鈉顆粒數的關係（以 1、5、10 分鐘的平均速率爲初速率），發現以 5 分鐘的效果最佳，可得氫氧化鈉顆粒約的反應級數平均值爲 0.37。

實驗二

NaOH 粉末的 CO₂ 消耗速率值

CO ₂ 消失速率 (ppm/sec)	10 sec	20 sec	30 sec
四顆粉末	44.1	177.6	493.8
八顆粉末	399.7	473.5	322.2
十二顆粉末	441.0	452.3	402.8
十六顆粉末	1642.1	564.2	1034.6
二十顆粉末	1056.0	1366.2	958.8

以四顆粉末爲基準的倍率關係（粉末倍率 vs 速率倍率）

粉末倍率	10 sec 速率倍率	20 sec 速率倍率	30 sec 速率倍率
四顆 1.0	1.00	1.00	1.00
八顆 2.0	9.06	2.67	0.65
十二顆 3.0	10.0	2.55	0.81
十六顆 4.0	37.2	3.17	2.09
二十顆 5.0	23.9	7.69	1.94

由倍率關係計算出 NaOH 粉末的反應級數（反應級數= \log 速率倍率 $\div\log$ 粉末倍率）

反應級數	10 sec 速率倍率	20 sec 速率倍率	30 sec 速率倍率
四顆粉末	—	—	—
八顆粉末	3.18	1.41	-0.62
十二顆粉末	2.10	0.85	-0.19
十六顆粉末	2.61	0.83	0.53
二十顆粉末	1.97	1.27	0.41
平均	2.47	1.09	0.033
相對標準偏差	21.9%	30.2%	1787.9%

註：— 為比較基準。

- (一) 我們發現使用粉末時，二氧化碳的濃度會先急速的下降，然後濃度又會回升一點點再繼續下降。
- (二) 粉末量越多，二氧化碳濃度消失速率越快，且於 300 秒內的變化速率明顯較快，300 秒後則消失速率較為緩慢。
- (三) 由實驗可知，二氧化碳的消失速率在反應初期為不平滑的曲線，變動比較劇烈，然後才逐漸平滑減小。利用 isolation method，當二氧化碳的初濃度固定，改變氫氧化鈉的粉末數，觀察二氧化碳消失速率與氫氧化鈉粉末數的關係（以 10、20、30 秒鐘的平均速率為初速率），發現以 10 秒鐘的平均速率變化最顯著；30 秒鐘的平均速率較無變化，且皆無法判斷其反應級數，最接近的反應級數為 2.47。推測可能的原因為反應速率太快，造成測量上的誤差，且粉末為人工研磨，顆粒大小以肉眼判定，難以確認其顆粒皆為相似大小，因而影響其與二氧化碳的接觸面積，導致實驗數據較無規律性。
- (四) 比較氫氧化鈉顆粒與粉末對二氧化碳的反應速率，粉末的反應速率較顆粒快。

實驗三

NaOH 水溶液的 CO₂ 消失速率值

CO ₂ 消失速率 (ppm/min)	1 min	5 min	10 min
八顆 0.41M	1453.4	1149.6	1061.6
十二顆 0.61M	3442.1	3477.2	2777.4
十六顆 0.80M	1815.8	2501.2	2263.7
二十顆 0.98M	2557.2	3531.6	2843.2

以 0.41M 為基準的倍率關係（濃度倍率 vs 速率倍率）

濃度倍率		1 min 速率倍率	5 min 速率倍率	10 min 速率倍率
0.41M	1.00	1.00	1.00	1.00
0.61M	1.49	2.37	3.02	2.62
0.80M	1.95	1.25	2.18	2.13
0.98M	2.39	1.76	3.07	2.68

由倍率關係計算出 NaOH 溶液的反應級數（反應級數= \log 速率倍率 \div \log 濃度倍率）

反應級數	1 min 速率倍率	5 min 速率倍率	10 min 速率倍率
八顆 0.41M	—	—	—
十二顆 0.61M	*2.16	*2.77	*2.42
十六顆 0.80M	0.33	1.17	1.13
二十顆 0.98M	0.65	1.29	1.13
平均	0.49	1.23	1.13
相對標準偏差	46.2%	6.9%	0.0%

註：—為比較基準，*為應該剔除。

- (一) 以氫氧化鈉水溶液與二氧化碳反應，其中十二顆氫氧化鈉 0.61M 的實驗數據明顯有誤差，故將之忽略不計。
- (二) 氫氧化鈉濃度越高，二氧化碳濃度消失速率越快。利用 isolation method，當二氧化碳的初濃度固定，改變氫氧化鈉水溶液的濃度，觀察二氧化碳消失速率與氫氧化鈉濃度的關係（以 1、5、10 分鐘的平均速率為初速率），實驗結果顯示，以 10 分鐘的平均速率來代替初速率，所計算而得的反應級數精密度最高，其值為 1.13。

柒、討論：

一、本實驗所利用的自製儀器主要考慮的因素有：

容器：考慮溫度變化、壓力變化、溶劑性質、鑽孔與否，選用合適的密封罐。

鑽孔：密封程度、與其他偵測儀間的吻合程度、灌入二氧化碳部分的活塞。

二、歸納儀器本身有以下的一些優點：

- 1、使用材料裝置簡單、易取得。
- 2、裝置拆裝方便，無須花太多時間準備。
- 3、密封容器隔離水氣佳，能避免實驗過程中受水氣的干擾。
- 4、活塞能切斷與空氣的接觸，且密封度佳。

三、本儀器尚存的改進空間：

- 1、灌入二氧化碳的時候沒辦法馬上就測得其濃度，必須等待幾分鐘以達到平衡。

四、本實驗遇到的最大困難：

- 1、二氧化碳灌入後，濃度需要平衡很久，花費了很多的時間。
- 2、密封罐的選擇及鑽孔，如何保持密封罐的密封。

捌、結論：

由實驗結果可知，不論是氫氧化鈉顆粒、粉末或水溶液，都會吸收二氧化碳，所加入的量越多，吸收二氧化碳的速率就越快，若所加入的顆粒數相同（即所加入氫氧化鈉的質量差不多），以粉末狀的反應速率較快，其次是顆粒狀，水溶液的反應是最慢的，推測原因為粉末的表面積大，與二氧化碳的接觸面積大，故反應最快；水溶液則必須考慮到二氧化碳在水中的溶解度僅是微溶，而且氫氧化鈉在溶液表面所佔據的面積不大（溶液表面大部分應該是被水所佔據），故吸收二氧化碳的速率較慢且不規率。由實驗一可知，顆粒所取的時間範圍越大，平均速率越小，代表反應速率越來越慢，是比較合理的現象，所得到的數據也比較正確；而

實驗二、三卻呈現先升後降的狀況，仍有待研究與討論。

玖、參考資料及其他：

1.<化學平衡>曾國輝，建宏出版社

2.<高中化學教科書下冊>葉名倉，南一出版社

3.<告訴你「拉午耳」、「亨利」的壓力有多大—自製簡易的 IC 電路板來討論拉午耳及亨利定律>

4.<二氧化碳分析儀的原>

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1306060214103>

5.<NaOH 的標定>

<http://72.14.235.132/search?q=cache:uJRJVMdcctcJ:chem.ncue.edu.tw/hsiehck/html/ppt/%E6%99%AE%E5%8C%96ppt%E5%AE%8C%E6%88%90%E7%89%88/%E6%B0%AB%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%88%89%E7%9A%84%E6%A8%99%E5%AE%9A.pptNaOH&hl=zh-TW&ct=clnk&cd=1>

6.<二氧化碳>

http://tw.babelfish.yahoo.com/translate_url?doit=done&tt=url&trurl=http%3A%2F%2Fph83.com%2FDict%2FExplain.aspx%3FPX%3D2%26Zid%3D171&lp=zh_zt&.intl=tw&fr=yfp

7.<二氧化碳捕獲技術的分類>

<http://blog.roodo.com/foodno1/archives/3985397.html>

8.<噴泉實驗-氫氧化鈉吸收二氧化碳氣體>

<http://pckchem.ncue.edu.tw/laboratory/chemdemo/84/8424006/噴泉實驗.htm>

9.<CO₂ 管末控制技術簡介>

<http://www.bcsd.org.tw/images/doc/503/2002/20020531/001.PPT>

10.<Physical Chemistry ATKINS>

11.<二氧化碳的捕獲與分離>

http://www.nsc.gov.tw/NewFiles/popular_science.asp?add_year=2007&popsc_aid=64