

化學科

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：再來一貫

關鍵詞：定速注射反應器、收集氣體的球、一貫作業反應及收集器

編號：030212

學校名稱：

南投縣立宏仁國民中學

作者姓名：

梁佩琪、陳俊吉、童柏涵、張怡靜

指導老師：

李學昌、王金源



摘要

在課本上收集氣體，均會利用排水集氣法來收集，但薊頭漏斗易漏失大量的氣體，使得效率不佳，於是我們研發出兩種不同的反應器，來製造及收集氣體，但收集到的氣體只能馬上使用，無法儲存起來利用。

因此，我們又製作了收集氣體的球，及單向針筒，但要擠出來使用時又覺得不太便利，於是，我們以點滴筒來自動注射，接上我們設計的反應器，再將氣體導入收集球中，最後將氣體灌入密閉灌中(需置入冷劑中，否則不易灌入)。

本實驗克服氣體收集效率不佳及無法儲存的缺點，成功的設計出，從氣體的製造到收集一貫作業的“自動反應及收集器”，不僅製造二氧化碳適用，還可應用在製造氧氣及氫氣等其他各種氣體，達到實驗自動化，和普遍化及環保化的目的。

壹、研究動機

我們看到學姊們所研究出來，製造氧氣的新型反應器，於是我們便想到二氧化碳是否也適用，剛好我們也上到理化第一冊用排水集氣法，來收集氧氣及二氧化碳的實驗，因此想找一找那一種藥品，製造二氧化碳的效率較佳，並且更進一步設計從製造到收集，一貫作業的新型反應器，我們的收集罐是利用廢棄的殺蟲劑空罐，如此既符合實驗自動化及通用化，又可以達到環保的目的。

貳、研究目的

1. 利用課本上排水集氣法，找尋適用於製造二氧化碳實驗的較佳藥品。
2. 不同反應器產生二氧化碳的比較。
3. 探討溫度對於碳酸鹽類的影響。
4. 定速注射反應器的設計。
5. 將二氧化碳灌入密閉式的瓶中。
6. 設計一貫作業反應及收集器。

參、實驗器材與藥品

器材：針筒數個(5 毫升、25 毫升、60 毫升)、橡皮塞、小玻璃瓶、羊奶瓶、注射針、三向閥、溫度計、薊頭漏斗、錐形瓶、軟管、水盆、電磁爐、燒杯數個、量筒、廣口瓶、電子天秤、滴管。

藥品：碳酸氫鈉、碳酸鈣、碳酸鈉、稀鹽酸(2M、1M)、冰、食鹽、雙氧水、二氧化錳、鎂帶、碳酸鉀。

肆、研究步驟與結果

實驗一：利用課本上排水集氣法，找尋適用於製造二氧化碳實驗的較佳藥品

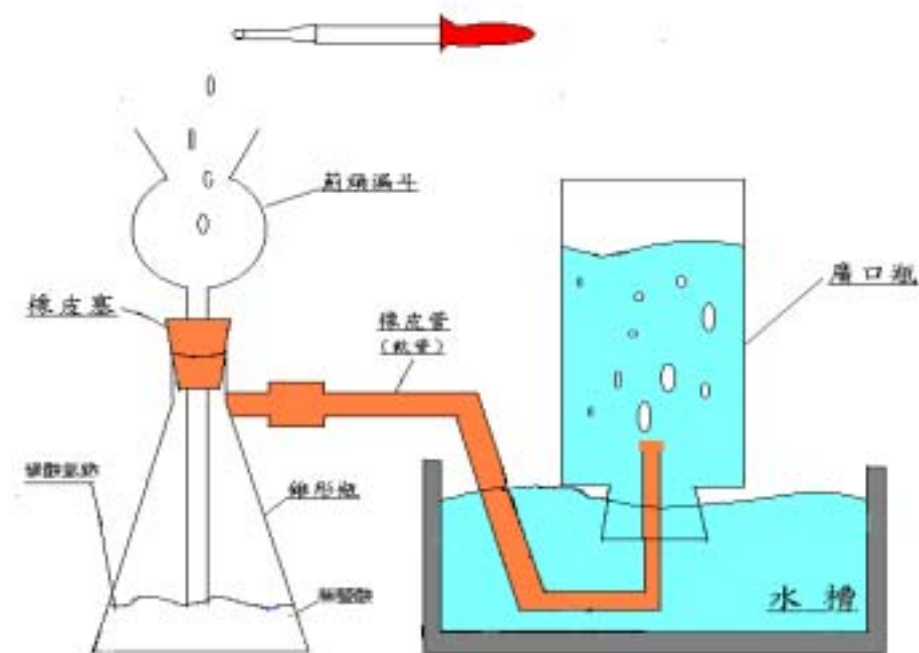
步驟一：探討不同的碳酸鹽類與鹽酸反應，二氧化碳生成量的比較

一、方法：

(一) 廣口瓶裝滿水以玻璃片蓋住並放入水槽中。

- (二) 碳酸氫鈉及碳酸鈉、碳酸鈣、碳酸鉀放入錐形瓶中，分別加入定量的水，使水面超過薊頭漏斗的底部。
- (三) 用附有薊頭漏斗的橡皮塞將瓶口塞緊，然後分別加入 1c.c.至 5c.c.稀鹽酸，使其反應產生二氧化碳。《裝置如圖一》
- (四) 收集後並紀錄產生氣體量的多寡《結果如表一》。
- (五) 把產生的氣體加入澄清石灰水中，看是否會變混濁。

圖【一】傳統排水集氣法的裝置圖



表【一】碳酸鹽類與 2M 稀鹽酸反應產生二氧化碳的數量表

碳酸鈣 鹽酸量	第一次	第二次	第三次	平均值
0.5c.c.	2.1c.c.	4.7c.c.	6.3c.c.	4.4c.c.
1.0c.c.	5.1c.c.	7.2c.c.	10.1c.c.	7.5c.c.
1.5c.c.	9.2c.c.	17.3c.c.	27.3c.c.	18.3c.c.
2.0c.c.	15.2c.c.	29.1c.c.	35.2c.c.	26.5c.c.
2.5c.c.	26.3c.c.	36.2c.c.	47.2c.c.	36.6c.c.
3.0c.c.	37.1c.c.	42.4c.c.	58.1c.c.	46.8c.c.
3.5c.c.	51.2c.c.	59.3c.c.	62.3c.c.	57.6c.c.
4.0c.c.	60.3c.c.	65.2c.c.	85.4c.c.	70.3c.c.
4.5c.c.	72.1c.c.	97.3c.c.	107.3c.c.	92.2c.c.
5.0c.c.	90.2c.c.	110.2c.c.	110.3c.c.	103.6c.c.
5.5c.c.	110.3c.c.	117.1c.c.	121.2c.c.	116.2c.c.
6.0c.c.	122.1c.c.	125.3c.c.	127.1c.c.	124.8c.c.
6.5c.c.	124.1c.c.	126.2c.c.	129.2c.c.	126.5c.c.
7.0c.c.	127.3c.c.	129.2c.c.	132.1c.c.	129.5c.c.

7.5c.c.	127.2c.c.	129.3c.c.	131.3c.c.	129.3c.c.
8.0c.c.	129.1c.c.	131.2c.c.	130.2c.c.	130.1c.c.
8.5c.c.	129.8c.c.	130.1c.c.	130.3c.c.	130.3c.c.
9.0c.c.	130.2c.c.	131.2c.c.	131.1c.c.	130.6c.c.
9.5c.c.	131.1c.c.	132.3c.c.	132.1c.c.	131.9c.c.
10.0c.c.	132.3c.c.	134.2c.c.	133.2c.c.	133.2c.c.
碳酸氫鈉 鹽酸量	第一次	第二次	第三次	平均值
0.5c.c.	16.4c.c.	17.2c.c.	21.4c.c.	18.3c.c.
1.0c.c.	26.3c.c.	21.4c.c.	30.1c.c.	25.9c.c.
1.5c.c.	49.3c.c.	36.7c.c.	52.3c.c.	46.1c.c.
2.0c.c.	60.2c.c.	47.3c.c.	65.2c.c.	57.6c.c.
2.5cc.	76.3c.c.	67.4c.c.	79.3c.c.	74.3c.c.
3.0c.c.	82.1c.c.	76.4c.c.	86.1c.c.	81.5c.c.
3.5c.c.	107.2c.c.	106.5c.c.	109.3c.c.	107.7c.c.
4.0c.c.	120.2c.c.	123.2c.c.	126.1c.c.	123.2c.c.
4.5c.c.	167.3c.c.	165.3c.c.	182.2c.c.	171.6c.c.
5.0c.c.	215.4c.c.	216.5c.c.	245.3c.c.	225.7c.c.
5.5c.c.	223.5c.c.	221.2c.c.	247.2c.c.	230.6c.c.
6.0c.c.	246.1c.c.	246.3c.c.	250.1c.c.	247.5c.c.
6.5c.c.	257.2c.c.	256.3c.c.	261.1c.c.	258.2c.c.
7.0c.c.	268.3c.c.	267.2c.c.	270.4c.c.	268.6c.c.
7.5c.c.	268.2c.c.	268.4c.c.	270.5c.c.	269.0c.c.
8.0c.c.	269.1c.c.	271.3c.c.	272.2c.c.	270.9c.c.
8.5c.c.	269.2c.c.	273.4c.c.	271.3c.c.	271.3c.c.
9.0c.c.	270.7c.c.	274.5c.c.	272.4 c.c.	272.5c.c.
9.5c.c.	272.6c.c.	274.2c.c.	272.1c.c.	272.6c.c.
10.0c.c.	273.2c.c.	272.4c.c.	272.1c.c.	272.7c.c.
碳酸鈉 鹽酸量	第一次	第二次	第三次	平均值
0.5c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.
1.0c.c.	0.2c.c.	0.3c.c.	0.5c.c.	0.3c.c.
1.5c.c.	3.1c.c.	10.1c.c.	5.3c.c.	6.2c.c.
2.0c.c.	6.1c.c.	13.2c.c.	7.2c.c.	8.8c.c.
2.5c.c.	12.3c.c.	17.4c.c.	16.4c.c.	15.4c.c.
3.0c.c.	18.4c.c.	22.3c.c.	20.1c.c.	20.3c.c.
3.5c.c.	29.2c.c.	29.4c.c.	37.2c.c.	31.9c.c.
4.0c.c.	40.2c.c.	35.2c.c.	42.3c.c.	39.2c.c.
4.5c.c.	59.3c.c.	44.1c.c.	56.4c.c.	53.3c.c.

5.0c.c.	70.1c.c.	51.3c.c.	62.4c.c.	61.3c.c.
5.5c.c.	72.3c.c.	69.4c.c.	70.2c.c.	70.6c.c.
6.0c.c.	75.2c.c.	76.2c.c.	74.3c.c.	75.2c.c.
6.5c.c.	87.3c.c.	86.4c.c.	89.3c.c.	87.7c.c.
7.0c.c.	89.1c.c.	90.2c.c.	92.1c.c.	90.5c.c.
7.5c.c.	89.6c.c.	91.4c.c.	93.2c.c.	91.4c.c.
8.0c.c.	90.2c.c.	92.3c.c.	95.3c.c.	92.6c.c.
8.5c.c.	81.6c.c.	90.3c.c.	93.6c.c.	92.8c.c.
9.0c.c.	92.3c.c.	89.2c.c.	94.1c.c.	92.9c.c.
9.5c.c.	93.1c.c.	92.4c.c.	93.3c.c.	93.1c.c.
10.0c.c.	94.2c.c.	94.3c.c.	92.1c.c.	93.5c.c.
碳酸鉀 鹽酸量	第一次	第二次	第三次	平均值
0.5c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.
1.0c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.	0.0c.c.
1.5c.c.	2.1c.c.	2.4c.c.	3.6c.c.	3.1c.c.
2.0c.c.	6.1c.c.	5.4c.c.	7.2c.c.	6.2c.c.
2.5c.c.	7.2c.c.	5.7c.c.	8.6c.c.	7.2c.c.
3.0c.c.	8.4c.c.	6.1c.c.	10.3c.c.	8.3c.c.
3.5c.c.	17.2c.c.	16.4c.c.	21.4c.c.	18.3c.c.
4.0c.c.	25.1c.c.	27.3c.c.	29.2c.c.	27.2c.c.
4.5c.c.	29.3c.c.	36.1c.c.	37.3c.c.	34.2c.c.
5.0c.c.	36.2c.c.	43.4c.c.	45.2c.c.	41.6c.c.
5.5c.c.	47.1c.c.	49.3c.c.	57.1c.c.	51.2c.c.
6.0c.c.	56.3c.c.	58.4c.c.	63.2c.c.	59.3 c.c.
6.5c.c.	63.2c.c.	67.4c.c.	72.1c.c.	67.6c.c.
7.0c.c.	70.1c.c.	74.2c.c.	79.2c.c.	74.5c.c.
7.5c.c.	71.2c.c.	75.3c.c.	79.3c.c.	75.3c.c.
8.0c.c.	72.3c.c.	76.1c.c.	80.2c.c.	76.2c.c.
8.5c.c.	72.2c.c.	76.2c.c.	80.3c.c.	76.2c.c.
9.0c.c.	72.4c.c.	76.2c.c.	80.4c.c.	76.3c.c.
9.5c.c.	72.5c.c.	76.5c.c.	80.6c.c.	76.5c.c.
10.0c.c.	72.6c.c.	76.9c.c.	80.7c.c.	76.7c.c.

註：1. 使用傳統排水集氣法，來實驗四種藥品所產生二氧化碳量的多寡
2. 稀鹽酸濃度 2M；各藥品的用量是 1.0g

不同的碳酸鹽類	碳酸鈣	碳酸氫鈉	碳酸鈉	碳酸鉀
產生氣體的量 (c.c./mole)	1.32	3.23	0.87	0.55

註：1. 以 2M 的鹽酸用量 8c.c. 所產生二氧化碳的量除以其各自的莫耳數

二、討論：

- (一) 反應後產生的氣體，我們用廣口瓶來收集，但是卻很難測量，所以我們討論之後，決定要用量筒來代替，這樣測量起來較方便。
- (二) 由表一可知四種碳酸鹽類中，以碳酸氫鈉與鹽酸的反應，所產生的二氧化碳最多，其次是碳酸鈣，則最少的是碳酸鉀，因此我們決定以碳酸氫鈉來做為實驗的藥品。
- (三) 四種碳酸鹽類與稀鹽酸反應，產生的氣體，均會使澄清石灰水變混濁，證明了均為二氧化碳。

步驟二：不同碳酸鹽類與鹽酸反應時間的比較

一、方法：

- (一) 實驗方法如同步驟一。
- (二) 用附有薊頭漏斗的橡皮塞將瓶口塞緊，然後加入 2c.c. 的 2M 的稀鹽酸，並記錄反應氣體到 20c.c. 所需的時間。《如表二》

【表二】各種碳酸鹽類與 2c.c. 的 2M 稀鹽酸反應時間圖

次數	第一次	第二次	第三次	平均
藥品名稱				
碳酸氫鈉	24.4sec	22.6sec	23.1sec	23.3sec
碳酸鈣	160.1sec	164.5sec	168.1sec	164.6sec
碳酸鈉	180.0sec 8c.c	180.0sec 7c.c	180.0sec 9c.c	180.0sec 8c.c
碳酸鉀	180.0sec 6c.c	180.0sec 6c.c	180.0sec 6c.c	180.0sec 6c.c

二、討論：

- (一) 由表二可知碳酸氫鈉與鹽酸反應，產生的二氧化碳速率最快，而碳酸鈣次之，碳酸鈉反應經 180sec 只能產生 8c.c. 的二氧化碳，碳酸鉀反應經 180sec 只能產生 6c.c. 的二氧化碳。
- (二) 在理化課本上，製造二氧化碳的藥品是碳酸鈣，我們便懷疑是否有比它更快的藥品，我們用了碳酸鈣、碳酸鈉、碳酸氫鈉、碳酸鉀來做這次的實驗，我們實驗後發現碳酸氫鈉反應後，產生的二氧化碳會比碳酸鈣更多，反應也會更快。

實驗二：不同反應器產生二氧化碳的比較

步驟一：利用第一代反應器來反應產生二氧化碳

一、方法：

- (一) 準備稀鹽酸並放入針筒中。
- (二) 將 1.0g 碳酸氫鈉裝入另一針筒中。

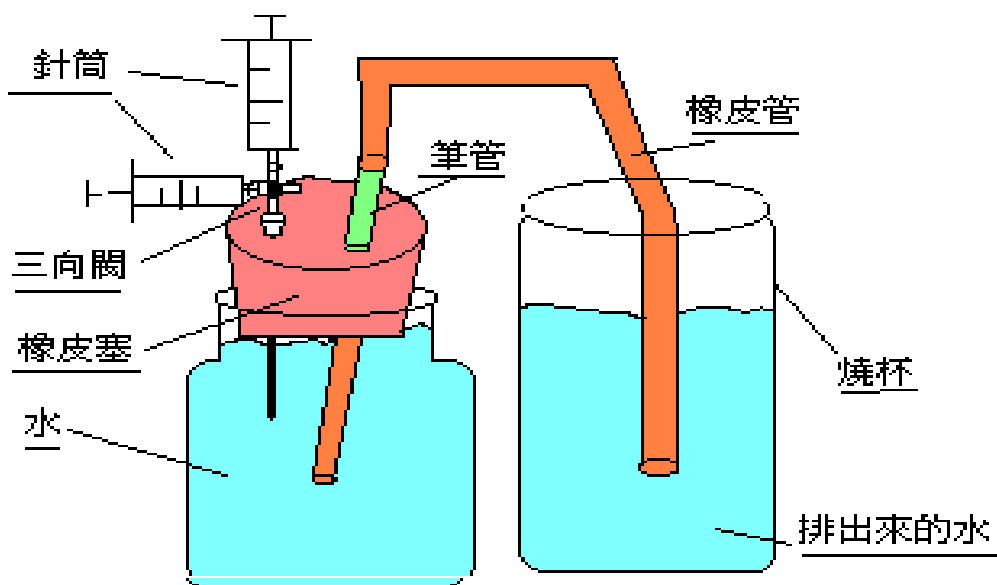
(三) 將三向閥的開關閉至稀鹽酸及碳酸氫鈉反應方向，再將反應的氣體排入羊奶瓶中。裝置如圖【二】

(四) 將不同數量的稀鹽酸與碳酸氫鈉反應，產生的二氧化碳結果如表三。

表【三】不同濃度的稀鹽酸與碳酸氫鈉反應產生二氧化碳量的表(第一代反應器)

1M 稀鹽酸量	2.0c.c.	4.0c.c.	6.0c.c.	8.0c.c.	10.0c.c.	12.0c.c.	14.0c.c.	16.0c.c.	18.0c.c.	20.0c.c.
氣體體積 (C.C.)	86.3	170.1	250.5	385.1	490.6	606.4	850.8	860.9	864.1	868.5
2M 稀鹽酸量	1.0c.c.	2.0c.c.	3.0c.c.	4.0c.c.	5.0c.c.	6.0c.c.	7.0c.c.	8.0c.c.	9.0c.c.	10.0c.c.
氣體體積 (C.C.)	103.5	174.4	250.3	381.2	505.5	610.1	870.6	872.8	875.4	875.3

圖【二】第一代反應器(排水集氣法)裝置圖



二、 討論：

(一) 由表三可得知，注入稀鹽酸的量越多，能夠產生的氣體就越多，而且鹽酸的濃度愈濃，產生氣體的量也會越多，速度也會加快，另外也發現要產生相同二氧化碳的量，所需加入 1M 鹽酸的體積為所需加入 2M 鹽酸體積的兩倍。

(二) 我們在進行實驗時，到了要注射 3c.c.的稀鹽酸時，實驗到一半，發現羊奶瓶中的水不夠了，於是在活塞上，再插入一支針筒用來補水。

(三) 實驗過程中，我們原先把碳酸氫鈉放在直立的針筒中，但我們發現在注射氣體時，碳酸氫鈉很容易會隨著氣體一起被注射下去水中，於是決定將碳酸氫鈉放入橫向的針筒中，就不會那麼容易一起跟著氣體，被注射下去了。

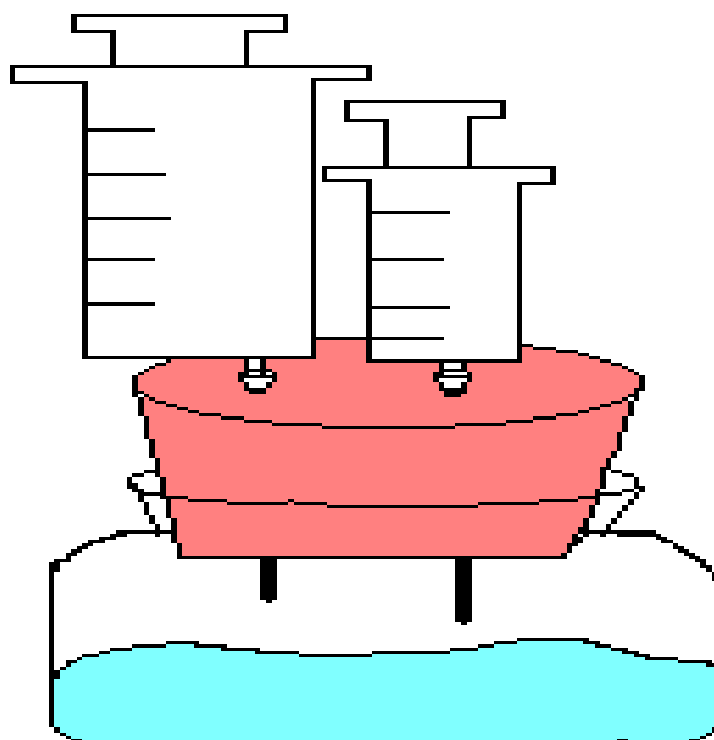
步驟二：利用第二代反應器來反應產生二氧化碳

一、方法：

- (一) 準備不同數量的稀鹽酸並放入針筒中。
- (二) 碳酸氫鈉放入小玻璃瓶中。
- (三) 鹽酸慢慢注入瓶中。裝置如圖三。
- (四) 稀鹽酸與碳酸氫鈉反應產生二氧化碳氣體的量紀錄在表四。
- (五) 將三種反應器所產生的二氧化碳量相比較，結果如圖四。

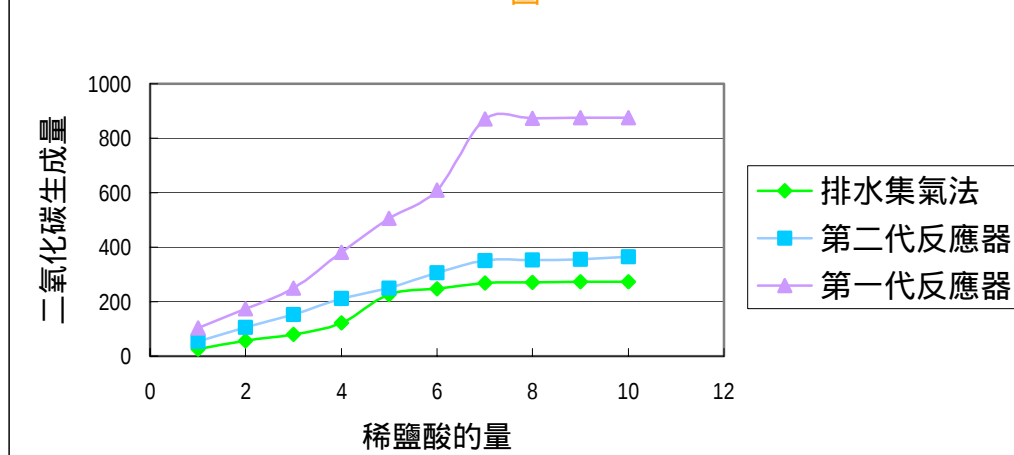
表【四】不同濃度的稀鹽酸與碳酸氫鈉反應產生二氧化碳量的表(第二代反應器)

1M 稀鹽酸 量	2.0c.c.	4.0c.c.	6.0c.c.	8.0c.c.	10.0c.c.	12.0c.c.	14.0c.c.	16.0c.c.	18.0c.c.	20.0c.c.
氣體體積 (CC)	50.4	100.3	150.7	204.5	248.1	300.6	348.5	350.0	352.8	352.9
2M 稀鹽酸 量	1.0c.c.	2.0c.c.	3.0c.c.	4.0c.c.	5.0c.c.	6.0c.c.	7.0c.c.	8.0c.c.	9.0c.c.	10.0c.c.
氣體體積 (CC)	54.7	105.2	154.9	211.0	250.3	305.5	350.8	352.1	355.4	356.0



圖【三】第二代反應器（向上排氣法）

圖【四】在三種反應器中碳酸氫鈉與2M稀鹽酸反應比較圖



二、討論：

- (一) 由以上實驗我們發現，第一代反應器與第二代反應器產生二氧化碳的量，相差了 2~3 倍，因為向上排氣法收集氣體時，氣體會被壓縮造成壓力變大，使得瓶子氣爆而漏氣。
- (二) 第二代反應器雖然產生的氣體，較第一代反應器少，但是較容易收集氣體，也易於連接成一貫作業反應器使用。
- (三) 三種反應器中以第一代反應器，產生二氧化碳的量最多，其次是第二代反應器，然後是排水集氣法最少。

實驗三：探討溫度對於碳酸鹽類的影響

步驟一：利用第二代反應器探討溫度對於碳酸鹽類反應的影響

一、方法：

- (一) 將燒杯上的水逐次加熱至 50、60、70、80、90 度，然後將 0.5 克的碳酸氫鈉，放入第二代反應器中，然後將瓶子置入燒杯中，隔水加熱，利用馬錶計算針筒收集氣體到 20c.c.時，測其反應所需時間。
- (二) 將藥品改為碳酸鈣 碳酸鈉 碳酸鉀重複上述步驟，分別測其反應所需時間，結果如表五。

表【五】碳酸氫鈉與熱水在各溫度下所反應收集二氧化碳到 20c.c.所需時間表：

溫度	90 度	85 度	80 度	75 度	70 度	65 度	60 度
時間	195.6 秒	380.4 秒	582.5 秒	830.1 秒	1080.5 秒		

註：碳酸鈣、碳酸鈉、碳酸鉀在熱水中收集氣體無法到達 20c.c.，因此無法製作成表。

二、討論：

- (一) 由表中可知，溫度越高，碳酸氫鈉，產生二氧化碳的速率越快。
- (二) 碳酸鈣置入熱水中，分解的反應非常慢，而將碳酸鈉及碳酸鉀置入熱水中，幾乎不反應所以無法測量，因此四種碳酸鹽類在熱水中分解的速率，碳酸氫鈉最快，碳酸鈣次之，然後碳酸鈉，碳酸鉀反應最慢。

步驟二：碳酸鹽類與鹽酸反應時間的比較

一、方法：

- (一) 將 0.5 克的碳酸氫鈉、碳酸鈣、碳酸鈉及碳酸鉀放入第二代反應器中。
- (二) 並將 1M 鹽酸打入反應器中，使其產生反應。
- (三) 利用馬錶計算針筒收集氣體到 20c.c.時，所需的時間並記錄下來。結果如表六。
- (四) 將 2M 鹽酸重複上述步驟，結果如表七。

表【六】

碳酸鹽類與 1M 鹽酸 1c.c.在各溫度下反應，收集二氧化碳到 20c.c.所需時間表：

溫度 藥品名稱	90 度	85 度	80 度	75 度	70 度	65 度	60 度	55 度	50 度
碳酸氫鈉	2.1 秒	3.6 秒	5.1 秒	6.4 秒	7.6 秒	12.2 秒	16.6 秒	18.5 秒	20.8 秒
碳酸鈣	69.2 秒	94.8 秒	120.6 秒	149.4 秒	183.8 秒	237.4 秒	274.4 秒		
碳酸鈉	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒		
碳酸鉀	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒	300.0 秒		

註：碳酸鈉及碳酸鉀無法產生二氧化碳到 20c.c.，因此我們固定 5 分鐘來收集氣體，如果 5 分鐘後氣體未達 20c.c.就停止實驗，並將結果記錄下來。

表【七】

碳酸鹽類與 2M 鹽酸 1c.c.在各溫度下反應，收集二氧化碳到 20c.c.所需時間表：

溫度 藥品名稱	90 度	85 度	80 度	75 度	70 度	65 度	60 度	55 度	50 度
碳酸氫鈉	1.3 秒	2.4 秒	3.2 秒	3.5 秒	4.7 秒	5.5 秒	7.1 秒	8.5 秒	10.8 秒
碳酸鈣	9.5 秒	10.4 秒	12.6 秒	15.4 秒	17.1 秒	22.6 秒	28.4 秒	38.4 秒	
碳酸鈉	21.1 秒	25.5 秒	30.9 秒	47.4 秒	63.1 秒	80.2 秒	102.3 秒		
碳酸鉀	28.1 秒	38.2 秒	50.3 秒	65.7 秒	82.6 秒	101.5 秒	135.8 秒		

二、 討論：

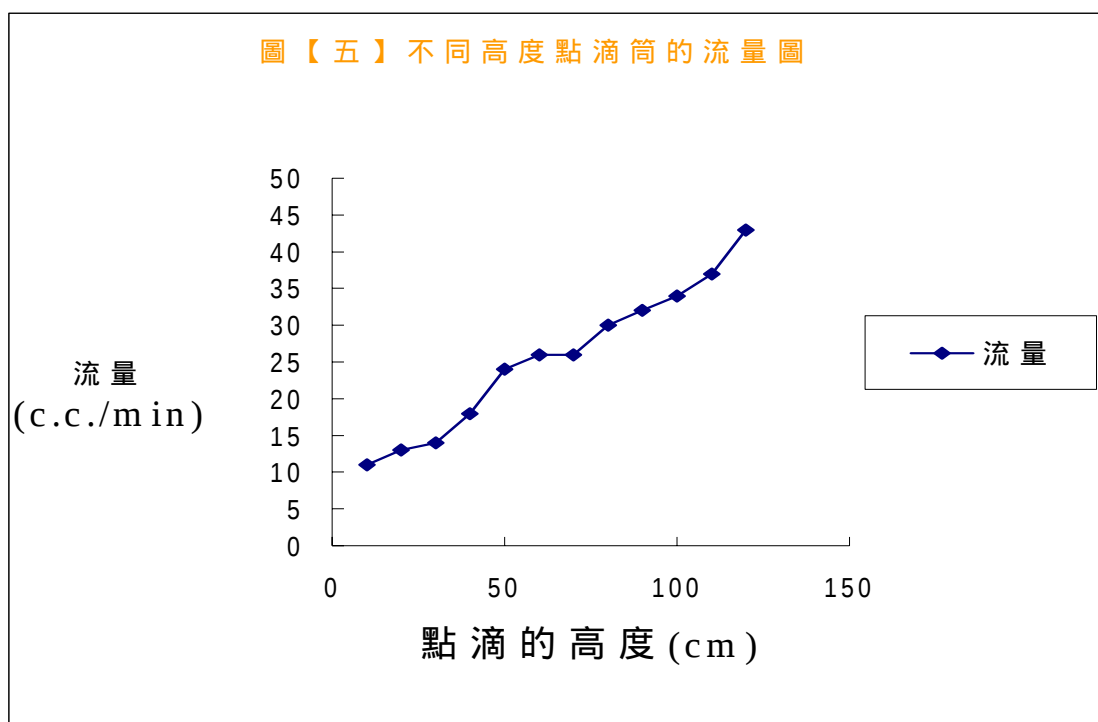
- (一) 我們發現溫度越高，收集氣體的速度越快，相對的溫度越低收集氣體速度越慢，實驗證明了溫度對於碳酸氫鈉與稀鹽酸的反應，有很大的影響，四種碳酸鹽類中，碳酸氫鈉與鹽酸的反應速率最快，其次是碳酸鈣，然後碳酸鈉，碳酸鉀反應最慢。
- (二) 在相同溫度下，三種碳酸鹽類與 2M 鹽酸反應均比 1M 鹽酸快，表示鹽酸濃度越高，反應速率越快。
- (三) 在 2M 鹽酸的實驗中，我們發現注入稀鹽酸時速度太快，產生的氣體壓力太大，導致橡皮塞會和玻璃瓶爆開，於是我們決定將速度放慢，也換了一枝更粗的針頭，便減少氣爆的情況。

實驗四：定速注射反應器的設計

步驟一：不同高度的點滴筒的直接流量測量

一、 方法：

- (一) 測量不同的高度，並在不同的高度的鐵架上作記號。
- (二) 設定一分鐘，將點滴筒內裝滿 1M 稀鹽酸，並在不同高度上測量其流速，結果如圖五。



二、 討論：

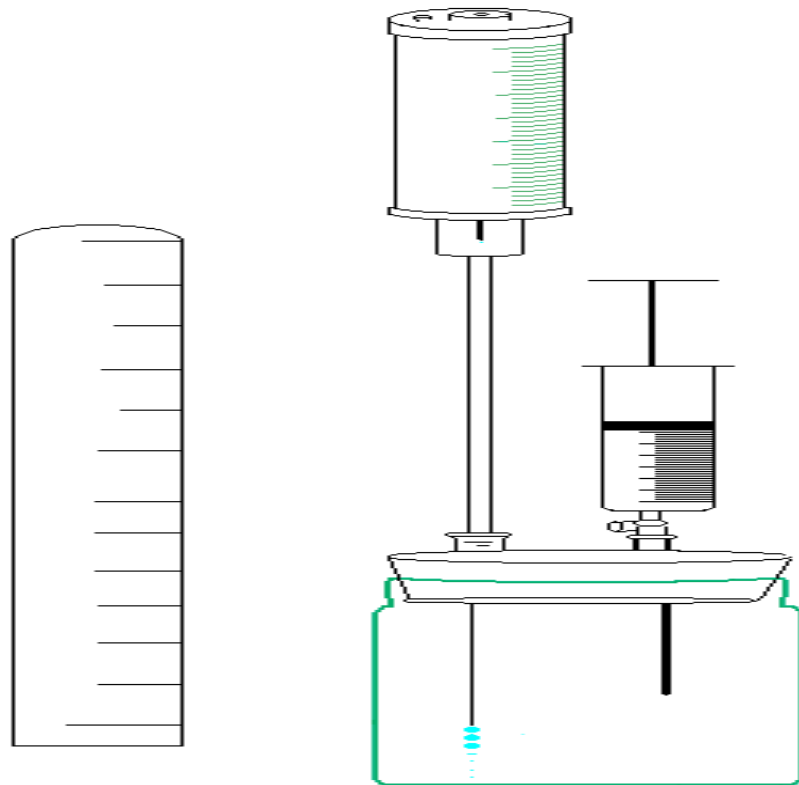
- (一) 測量點滴的流量時，可以將 1M 稀鹽酸滴入量筒中，直接測量。
- (二) 由圖中可知點滴筒的高度越高，流量越大。

步驟二：不同高度的點滴筒在密閉系統中的流速測量

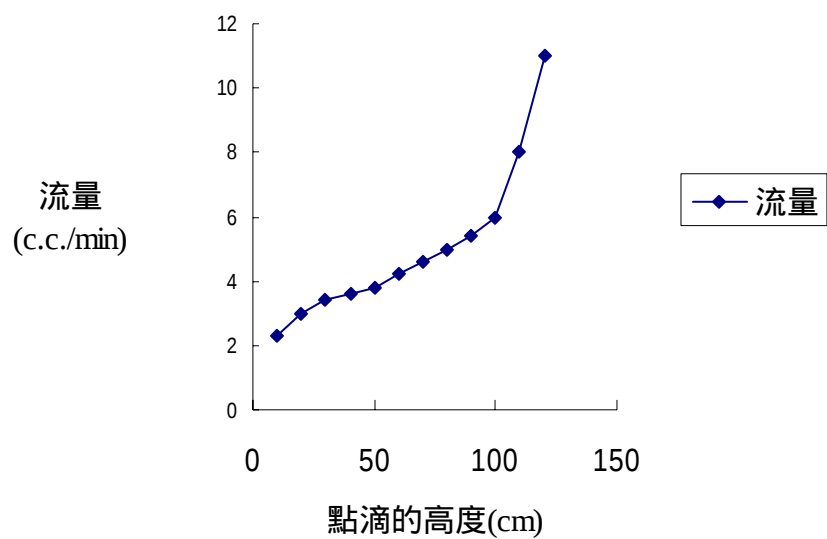
一、 方法：

- (一) 將點滴筒的管子，接上長針，插入第二代反應器中，裝置如圖六。
- (二) 其餘測量方法同步驟一。
- (三) 測量流速的結果如圖七。

圖【六】點滴筒的流量測量裝置圖



圖【七】不同高度點滴筒在密閉系統中的流量圖



二、 討論：

- (一) 在做實驗的過程中，我們發現讓點滴滴入量筒中，與滴入第二代反應器裡的壓力不同，因此流量差很多，所以我們決定把點滴筒直接滴入第二代反應器中，來測量其流量。
- (二) 由表中可知點滴筒高度越高，流速越快，但若流速太快，所產生的二氧化碳太快，很容易使橡皮塞爆開，於是我們決定採用高度 100cm，來做為一貫作業時，定速注射反應器的流速。

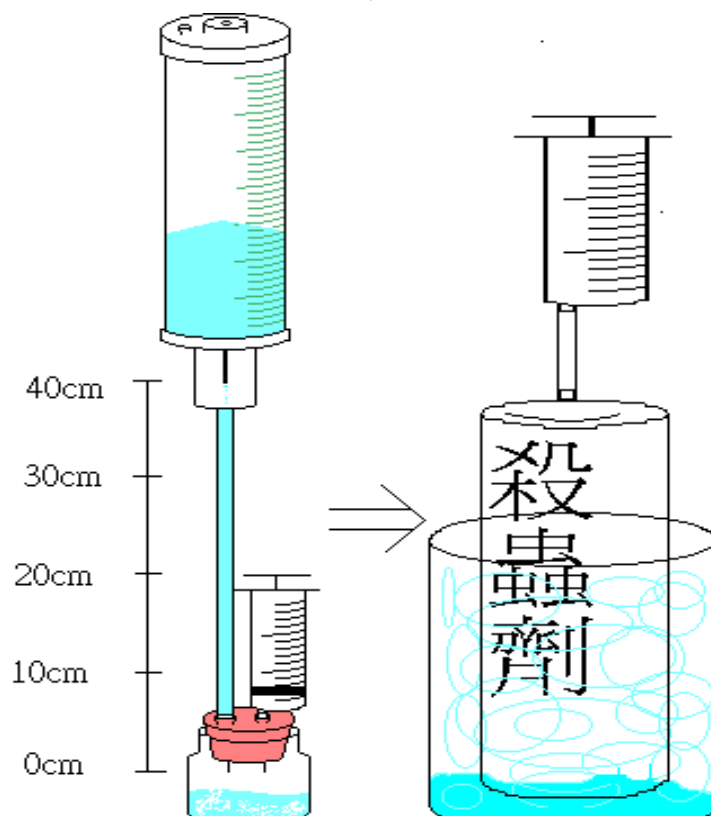
實驗五：將二氧化碳灌入密閉式的罐中收集

步驟一：直接灌入密閉罐中

一、 方法：

- (一) 準備一個用完的殺蟲劑罐子。
- (二) 剪下一段點滴的管子，並將管子接在罐子上。
- (三) 將收集二氧化碳的針筒，插入管子中與罐子連接。
- (四) 將針筒中的二氧化碳注入瓶中。裝置如圖八。

圖【八】利用點滴筒與第二代反應器產生二氧化碳，再灌入密閉罐中的裝置圖



二、 討論：

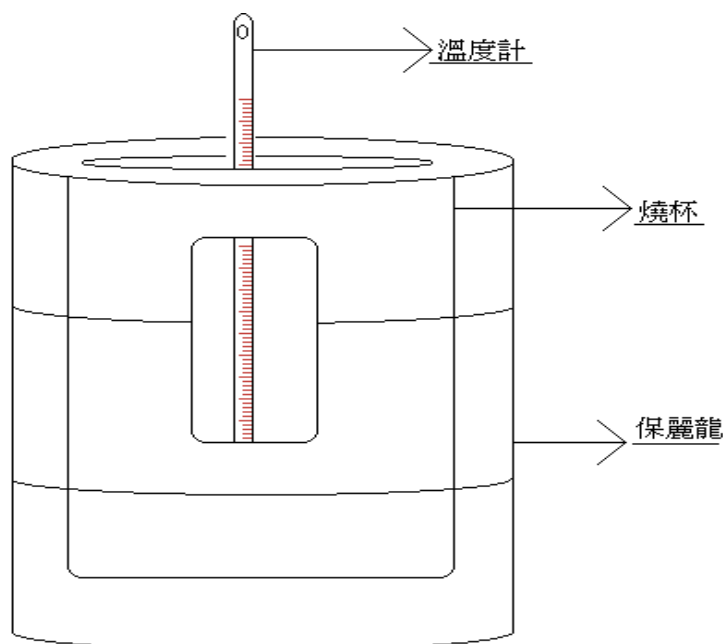
- (一) 在此實驗中我們發現了將二氧化碳注入時，很容易漏氣，於是我們想到若加入冷劑，使其溫度下降，二氧化碳便較容易注入瓶中。
- (二) 此外我們也發現打入時速度太慢，而且太花時間了。

步驟二：冰與食鹽冷劑的探討

一、 方法：

- (一) 利用保麗龍設計製作絕熱裝置如圖九。
- (二) 將冰塊和食鹽以不同的比例混合。《1：1、 2：1、 3：1、 4：1、 5：1、 6：1、 7：1、 8：1、 9：1、 10：1》
- (三) 兩著混合放入燒杯中，將整個裝置至入絕熱罐中，測量冷劑的下降溫度，結果如表八。

圖【九】密閉絕熱裝置圖



表【八】不同冷劑比例所產生的溫度表

冷劑比例	1：1	2：1	3：1	4：1	5：1	6：1	7：1	8：1	9：1	10：1
溫度()	-15.5	-17.0	-19.0	-18.0	-20.0	-21.0	-20.0	-19.5	-19.0	-19.0

二、 討論：

- (一) 我們在網路上找到 6：1 的冷劑比 3：1 的溫度還低的報告，所以我們決定把冰與食鹽的比例從 1：1 到 10：1 的冷劑，分別測量其溫度。
- (二) 由表中可知 6：1 比例的冷劑，下降的溫度最大，並不是如課本所寫的 3：1 的溫度最低，故我們改用冰與食鹽比例為 6：1，當作我們實驗所用的冷劑。
- (三) 空罐經過冷劑冷卻後，二氧化碳很容易打入，但動作繁瑣，容易漏氣，經討論後，決定朝直接將反應的氣體灌入收集罐的方向作探討。

實驗六：一貫作業 反應及收集器的設計

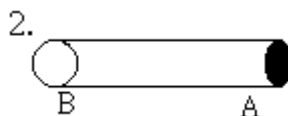
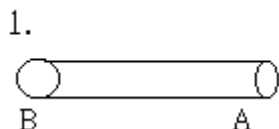
經研究的結果，要一貫作業需將整個實驗分成：一、氣體製造區，二、氣體收集區，三、氣體灌入區，整個氣體的傳送至空罐的過程必須同一方向，不可逆傳，經分解輪胎、打火機、空罐的罐嘴，雖略知其控制原理無法自製又買不到，首先要自己設計使氣體單項的裝置。

步驟一：如何設計使氣體單向的裝置

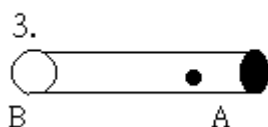
一、方法：

(一) 將 2cm 的原子筆蕊空管

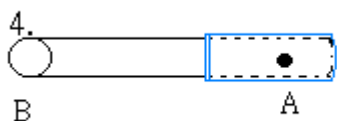
(二) 將空管 A 端塞住



(三) 鑽兩個圓孔使 B 端氣體可從圓孔排出(一邊各一個)

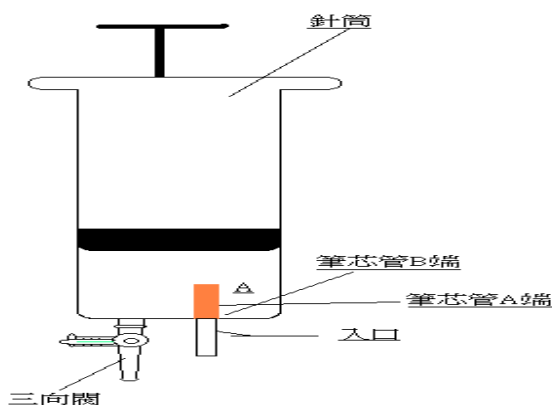


(四) 將橡皮管套住 A 端之圓孔



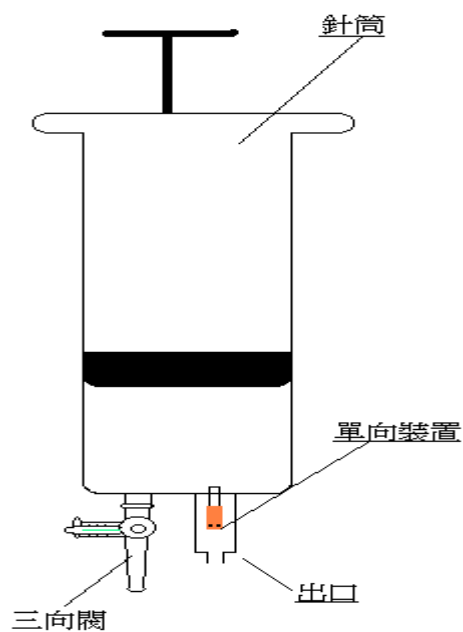
(五) 在大針筒針頭處裝上三向閥，在另一處挖一個小洞單向裝置固定在大針筒上，如圖十 A 關閉開關，則此單向針筒只能吸不能壓出。

圖【十 A】氣體單向針筒圖



(六) 當單向裝置針筒 A 端在外固定在大針筒上，用熱熔膠黏住，使氣體不會從接黏處漏出，再以 5c.c.注射針筒的前段附蓋用熱熔膠黏住，如圖十 B，當三向閥關閉時，則單向針筒只能使氣體壓出，不能吸入氣體。

圖【十 B】氣體單向針筒圖

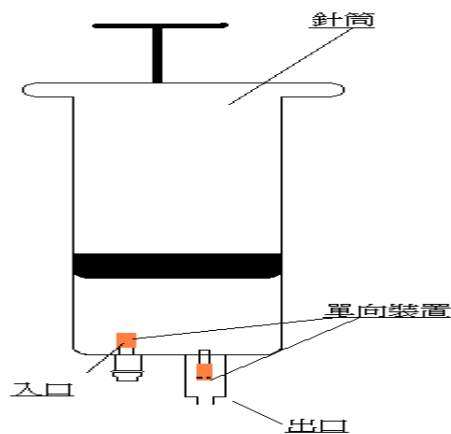
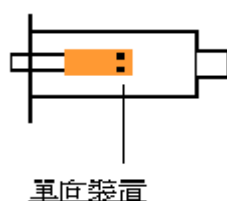


(七) 當單向裝置黏附管的一端，另一端為氣體出口，如圖十 C 則可成為氣體單向接管。

(八) 將圖十 A、十 B 融合，改良成圖十 D，即可製造成“氣體進、出單向針筒”。

圖【十 C】氣體單向接管

圖【十 D】氣體進、出單向針筒



二、 討論：

(一) 在反應瓶中反應產生的氣體，由三向閥進入大針筒內，然後氣體只能從單向針筒內橡皮管，然後進入氣體收集區中。

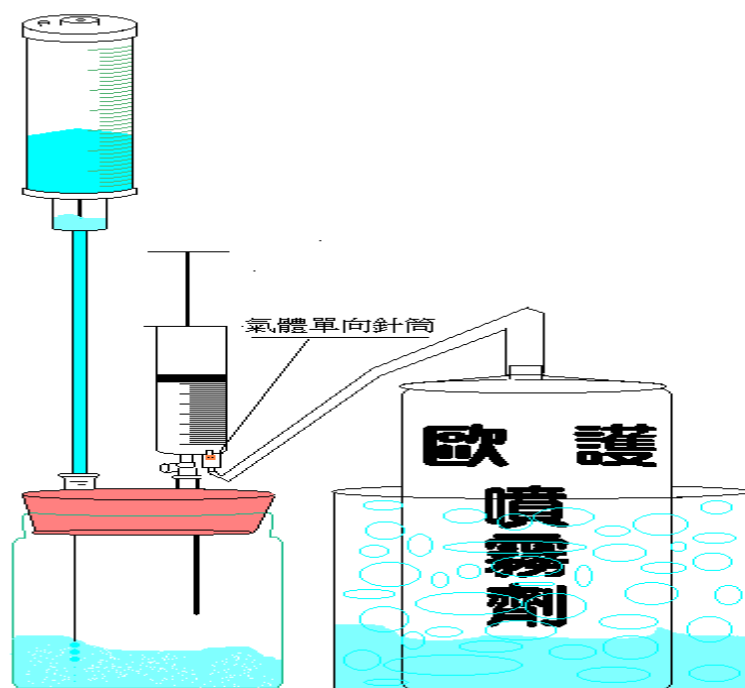
步驟二：一貫作業反應及收集器的設計（第一代）

一、方法：

- (一) 採用點滴管高度 100cm，做為實驗時的定速注射反應器高度。
- (二) 將第二代反應器的橡皮塞，改裝成上面放兩支大小不同的針頭。
- (三) 將單向的針筒裝置在三向閥上方，一端用管子接在密閉罐上，並將另一頭封死，再將另一頭放到橡皮塞上較小的針頭上。

- (四) 將 3.5 克碳酸氫鈉放入羊奶瓶中。
- (五) 將 1M 稀鹽酸放入點滴瓶中，並將點滴管插入在另一個針頭上，先將點滴的開關關閉，待實驗時再將開關打開，使鹽酸滴入反應器內。
- (六) 準備一個用完的殺蟲劑或歐護的罐子，並將罐子外面放入 6：1 的冷劑，然後一起置入絕熱裝置內，使其溫度下降。
- (七) 將產生的氣體收集在針筒中，將三向閥的方向開往接在密閉罐中管子的方向，將針筒收集的氣體注入罐子中。其裝置如圖十一。

圖【十一】一貫作業反應器裝置圖（第一代）



二、討論：

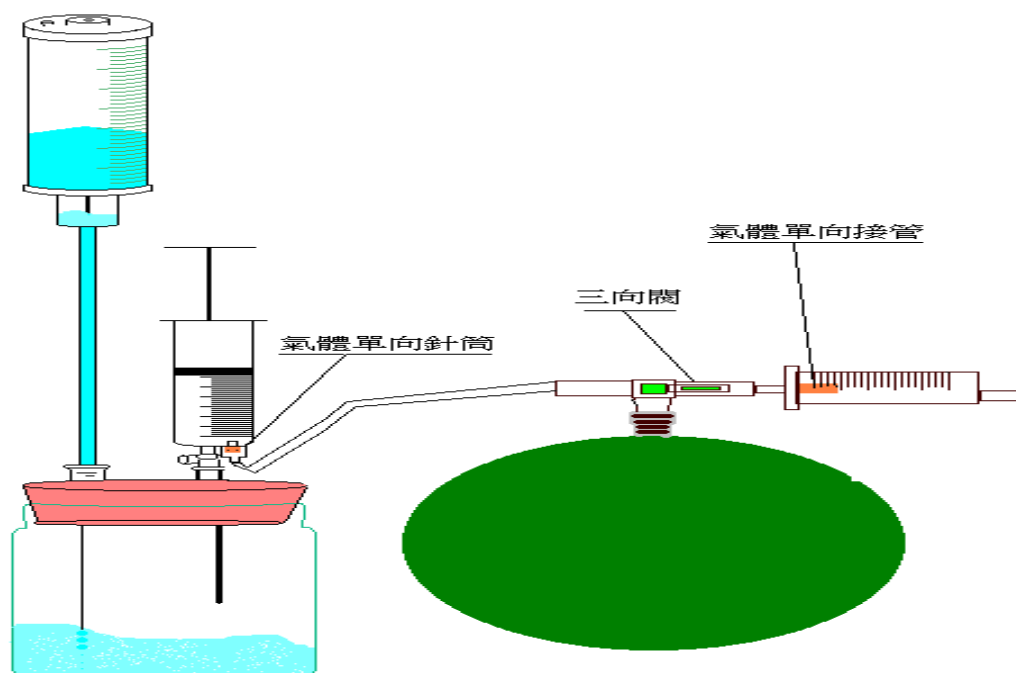
- (一) 我們在實驗時發現了連接的地方會漏氣，我們使用熱熔膠將連接的地方黏起來，再實驗時就不會漏氣了。
- (二) 實驗時發覺所收集的氣體中，含有原先瓶中的空氣，討論之後，決定可以利用第一代反應器將瓶內的空氣排出，再利用第二代反應器來作此實驗，如此便可以收集到較純的二氧化碳。
- (三) 收集到的氣體並不會自動的灌入到瓶子中，所以尚未達到自動化的要求。

步驟三：設計收集氣體的球

一、方法：

- (一) 把橡皮球內灌滿水。
- (二) 利用步驟二的反應器收集二氧化碳，將球中的水排出，然後接上氣體單向針筒，即可完成裝置，如圖十二。
- (三) 改變點滴筒的高度，測量其灌滿橡皮球的時間，結果如表九

圖【十二】收集氣體球的裝置圖



表【九】利用不同點滴筒高度與第二代反應器反應產生二氧化碳，灌滿橡皮球的時間表

點滴筒高度 (cm)	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
灌滿時間 (min)	17.4	13.7	12.3	11.5	10.9	9.8	8.8	8.4	7.6	6.8	5.1	3.7

二、 討論：

- (一) 實驗時為了減少橡皮球內的空氣，決定將橡皮球內裝滿水，再將氣體灌入橡皮球內，把水排開，如此橡皮球便可收集到比較純的二氧化碳。
- (二) 由表中可知，點滴筒的高度越高，灌滿橡皮球的時間越短，但若太快會有氣爆現象，故我們選擇 100cm 為實驗的高度。
- (三) 利用點滴注射稀鹽酸時，裝在橡皮塞上的針太大，導致稀鹽酸的速度太快，而爆開，所以我們換成較細的針，也就比較不會爆開。
- (四) 原本我們用手來將收集在球內的氣體擠出，但發現並不理想，於是設計了一塊板子，用來將球內的氣體擠出，也可改用腳來壓板子。

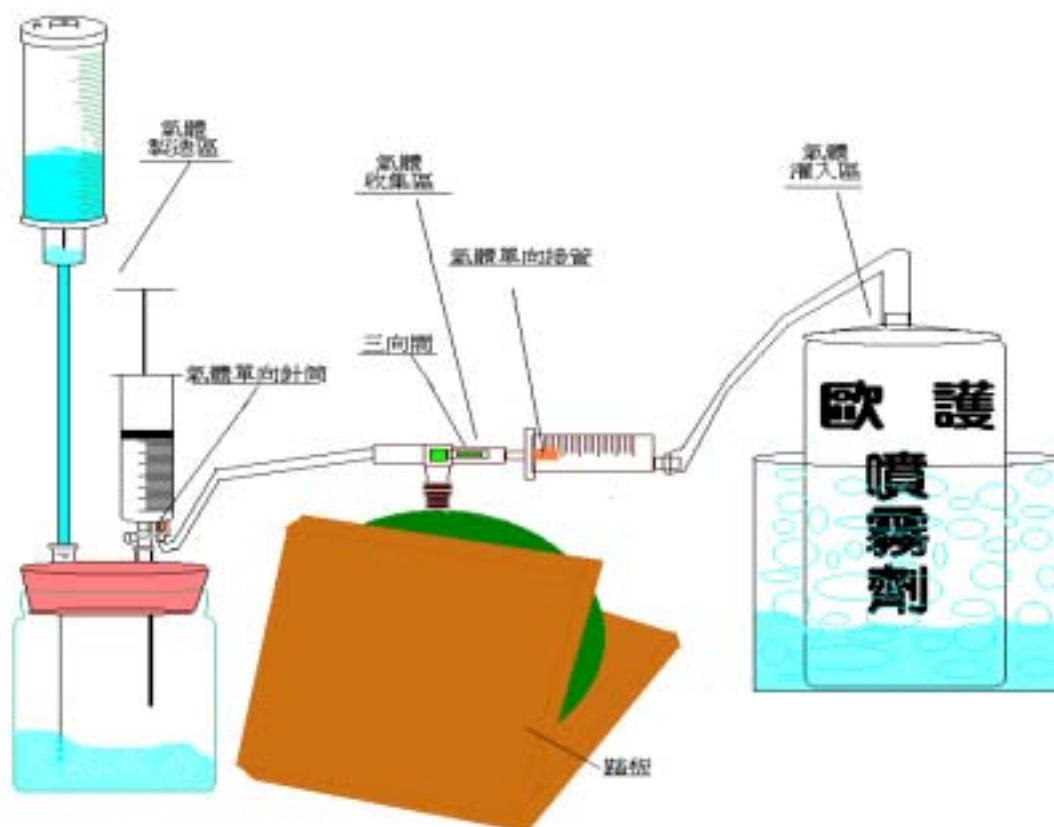
步驟四：一貫作業反應器的設計（第二代）

一、 方法：

- (一) 將點滴筒的高度固定 100cm 處，再將針筒中的氣體，接至收集氣體的球，球上有一個利用三向閥改裝可控制氣體的進出，兩端各接一個以針筒改造的單向打氣接管。其裝置如圖十三

- (二) 用步驟二中的板子來壓氣球，使球內的氣體通過灌入密閉瓶中。

圖【十三】一貫作業反應器裝置圖（第二代）



二、討論：

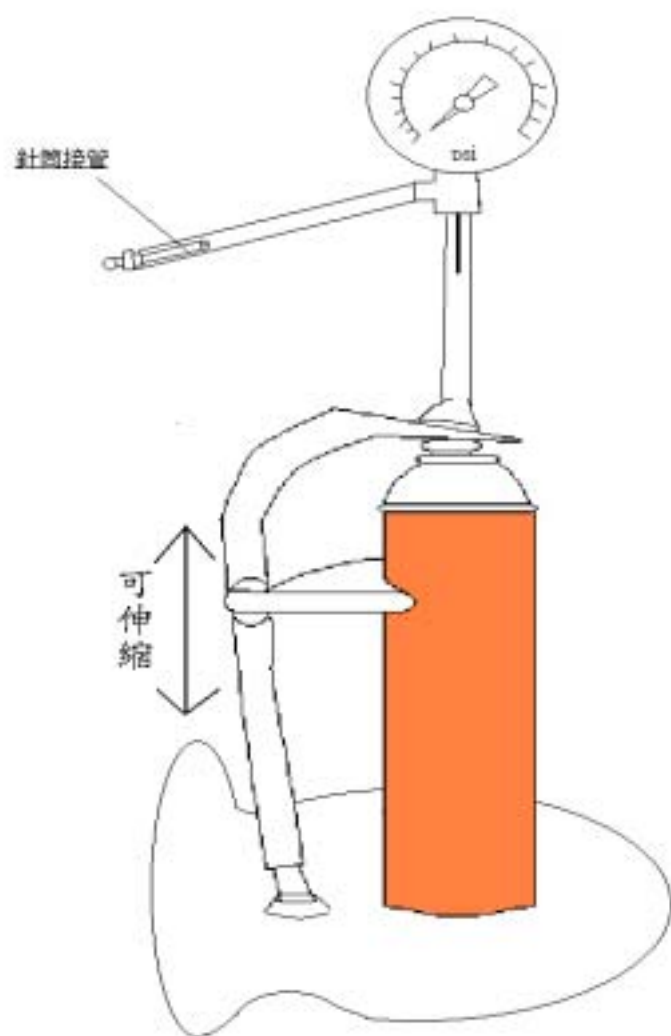
- (一) 在產生氣體時，我們發現，瓶中的氣體會，自動灌入球中，通過針筒時，針筒並不會一直被推上去，而是達 25c.c.就固定住，不再上升就直接通到球中。
- (二) 一手壓空罐噴嘴，一手壓夾住氣球的踏板則氣體灌入空罐內。
- (三) 因空罐必須靠人壓，且不知灌入氣體多少，必須改進。

步驟五：一貫作業反應器的設計（第三代）

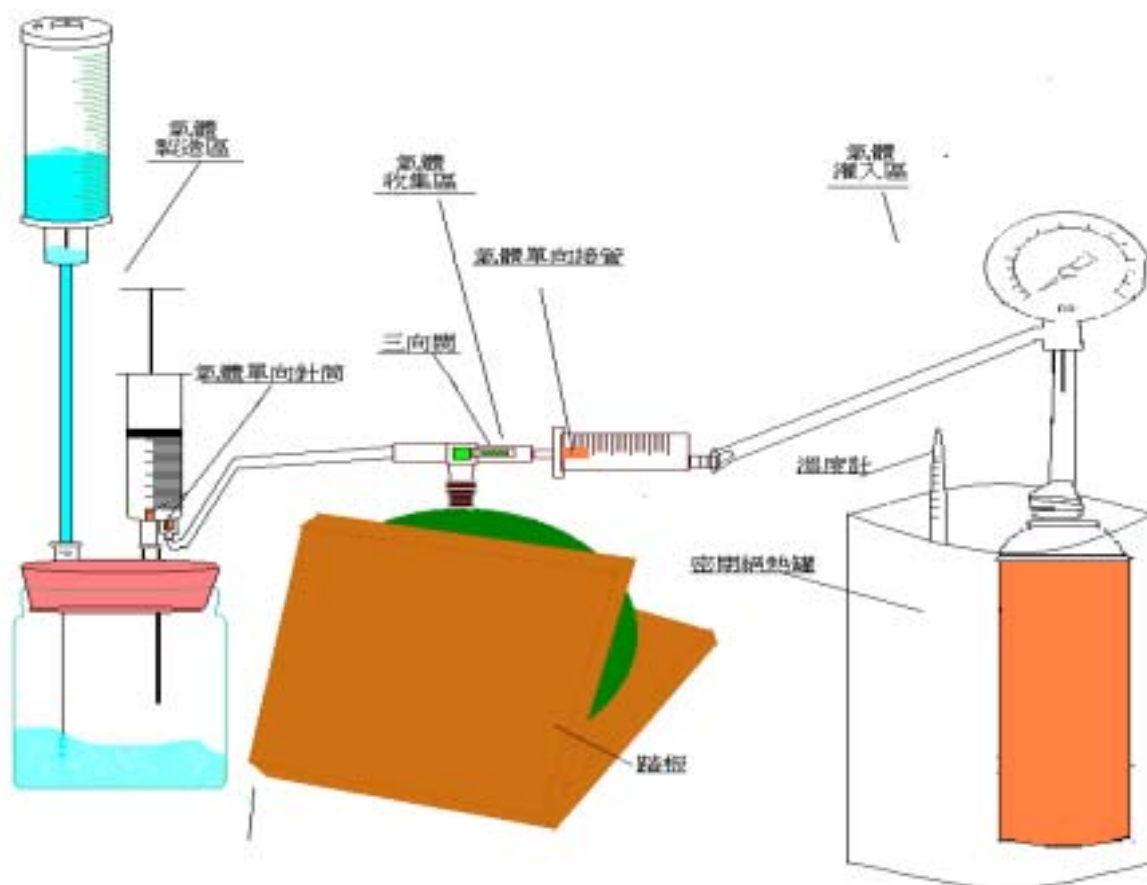
一、方法：

- (一) 將瓦斯槍上端噴槍切掉，再裝上壓力表及密閉罐組合成圖(十四)(氣體壓力測量架)。
- (二) 將氣體壓力測量架裝到氣體收集區，組合成一貫作業反應器裝置圖(十五)。
- (三) 重覆步驟四的實驗。

圖【十四】氣體壓力測量架



圖【十五】一貫作業反應器裝置圖（第三代）



二、 討論：

(一) 利用第三代“一貫作業反應器”來製造及收集二氧化碳，可以達到自動化又可知道收集罐內的壓力。

步驟六：用第三代“一貫作業反應器”來製造收集氧氣

一、 方法：

- (一) 將步驟三中的鹽酸改成雙氧水，碳酸氫鈉改成二氧化錳，反應生成氧氣。
- (二) 其餘與步驟三相同。
- (三) 將球中所收集的氧氣灌入廣口瓶中，以燃燒鎂帶測試，會產生白色強光，可以證明其為氧氣。
- (四) 改變不同濃度的雙氧水，與二氧化錳反應，測量其灌滿橡皮球所需時間，結果如表十。

表【十】不同濃度的雙氧水與二氧化錳反應灌滿橡皮球的時間圖

雙氧水濃度	3%	5%	7%	10%	15%
灌滿時間 (min)	13.9	6.5	4.6	4.3	3.8

二、 討論：

- (一) 由表十中可知，雙氧水的濃度越大，灌滿雙氧水的時間越短，表示產生氧氣的速率越快。
- (二) 實驗後的二氧化錳，可以利用過濾法回收再使用，達到環保的目的。

- (三) 本實驗所開發的“一貫作業反應器及收集器”，不僅可以製造及收集二氧化碳又可以知道其壓力大小，也可以應用在其他氣體的製造及收集，效果很好。

伍、結論

- (一) 我們經多次實驗，成功地找到以碳酸氫鈉，來代替課本上的碳酸鈣，當作製造二氧化碳的藥品，因為碳酸氫鈉可以反應出更多的二氧化碳，反應時的速度也比碳酸鈣快的多。
- (二) 本實驗利用三種不同的反應器來製造二氧化碳，以第一代反應器最多，其次是第二代反應器，排水集氣法最少，我們仔細觀察後才發現，傳統排水集氣法漏氣最嚴重，而第二代反應器生成二氧化碳的量，之所以與一代反應器相差那麼多，是因為第二代反應器的容量太小，造成裡面壓力太大，易使氣體溢出，因此生成量才會與第一代反應器有差異，但是第二代反應器，卻遠比第一代反應器來的好收集氣體，也有利於一貫作業的實驗。
- (三) 我們證明了溫度對於碳酸氫鈉有很大的影響，溫度越高反應速度越快，相反的，溫度越低，反應速度越慢。
- (四) 碳酸氫鈉、碳酸鈉、碳酸鈣、碳酸鉀四種藥品與鹽酸反應的速度，由快至慢，碳酸氫鈉 > 碳酸鈣 > 碳酸鈉 > 碳酸鉀，其可能原因包含與鹽酸反應的活化能不同，及不同金屬與碳酸鹽類鍵結的能量不同，而碳酸氫鈉與鹽酸溶解甚快，反應時的接觸面積增加較快，因此碳酸氫鈉與鹽酸的反應，產生氣體的速度是四種碳酸鹽類中最快者。
- (五) 點滴的流速，越高當然越快，但是我們想到，在實驗六中，流速如果太快，會導致瓶子爆開，因此我們採用 100 公分高度時的流速，來進行實驗，以避免實驗時橡皮塞爆開。
- (六) 將收集到的二氧化碳灌入用完的瓶子中，因為低溫或高壓可使氣體較易灌入瓶中，故利用到冷劑來降低溫度，【冰：食鹽】的比例，原本是用課本上 3：1 的比例，但是我們在網路上找到比 3：1 更好的冷劑比例 6：1，於是我們將 1：1 至 10：1 的比例全做一次，並且成功的證明了 6：1 的冷劑比 3：1 的更好，也讓氣體灌入密閉瓶的效果更好。
- (七) 本實驗最後利用第一代反應器，先收集較純的二氧化碳後，再利用此瓶當作第二代反應器，來進行一貫作業的實驗，如此便可兼具第一代及第二代反應器的優點。
- (八) 本實驗利用筆管、輪胎、針筒，成功設計出使氣體單向的裝置，包含了氣體

單向針筒及氣體單向接管，並且連接上收集氣體的球，另外我們也設計用來壓橡皮球的板子，便可很容易的將氣體壓入密閉瓶中。

- (九) 本實驗我們成功的研發出“一貫作業的反應及收集器”，此裝置可以從氣體的製造到收集，一氣呵成，它不僅能製造二氧化碳，還可以用來製造其它各種氣體，例如：氫氣、氧氣 等，而且在收集氣體時也很方便，另外二氧化錳也可回收重複使用，可以達到實驗自動化和普遍化及環保化的目的。

陸、參考資料

- (一) 國中理化課本第一冊第一章。
- (二) 國中理化課本第一冊第二章。
- (三) 國中理化課本第二冊第九章。
- (四) 第 42 屆全國科展化學科第一名 “氧樂多”。
- (五) 第 40 屆全國科展化學科第二名 “真的是 3：1 嗎”。

評語

主題與教材相關性佳，方法設計之邏輯性佳。