

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

第一名

080209

竹筒裡的奧秘

學校名稱：臺中市后里區內埔國民小學

作者： 小六 陳麒惟 小六 林千瑜	指導老師： 賴明照 王德陞
-------------------------	---------------------

關鍵詞：竹筒、二氧化碳、氧氣

## 得獎感言



回想一年多來的研究，可以說是一段酸甜苦辣與歷經艱辛的過程。冬天時，做排水集氣法收集竹筒裡的氣體實驗，把雙手泡進冷冰冰的水中，使原本暖呼呼的雙手，變成了一雙凍僵的手；炎熱的天氣時，在烈日當空的操場上進行溫室效應的探究，又是另一種不同的體驗。雖然很辛苦，但是也有很大的收獲；這個研究讓我們初步揭開了竹筒裡的奧秘，並親眼目睹了溫室效應是如何產生的。

很高興我們的作品獲得評審委員的肯定，當大會主持人宣布國小化學組第一名是「竹筒裡的奧秘」時，老師和我們都歡呼了起來；這是深深刻在我們心中，永生難忘的回憶。感謝老師的指導、學校的支持、家人的鼓勵以及三年級的學弟妹們幫忙吹氣球，這份榮耀是屬於大家的！

# 竹筒裡的奧秘

## 摘要

這個研究在探討：竹筒裡是真空的嗎？還是有空氣呢？如果竹筒裡有空氣，竹筒裡是否含有二氧化碳與氧氣？如果竹筒裡有二氧化碳與氧氣，二氧化碳與氧氣的含量是多少？竹筒裡會不會產生溫室效應呢？

本研究特點：我們想以五年多來自然課所學到的知識與實驗方法，利用自然教室的基本設備，進行以上的探究，希望能揭開竹筒裡的奧秘。由於沒有精密的檢測儀器，我們就設計了竹筒裡的氣體與人體呼出的氣體、普通空氣的比較實驗。因為人體呼出的氣體與普通空氣的含量，書本中有數據可以參考，我們可以將實驗的結果進行相對含量的測定，推估竹筒裡的氣體中二氧化碳與氧氣的含量。

## 壹、研究動機

在三上自然與生活科技課本第三單元「空氣和風」中提到，空氣充滿在我們的四周，還會隱藏在海綿、麵包、毛巾、泥沙中……等，凡是占有空間的地方都隱藏著空氣。當時我就想到竹筒裡是否也有空氣呢？因此，我們對以下的問題深感興趣：

- (一) 竹筒裡是真空的嗎？還是有空氣呢？
- (二) 如果竹筒裡有空氣，竹筒裡是否含有二氧化碳？竹筒裡的二氧化碳、人體呼出的二氧化碳與普通空氣中的二氧化碳含量是否一樣？
- (三) 如果竹筒裡有空氣，竹筒裡是否含有氧氣？竹筒裡的氧氣、人體呼出的氧氣與普通空氣中的氧氣含量是否一樣？
- (四) 在六上自然與生活科技課本第四單元「燃燒和生鏽」中提到，工業革命之後，人類開始大量燃燒煤、石油和天然氣，二氧化碳的濃度逐漸提高。有些科學家認為，大氣中二氧化碳含量的增加使得地球暖化速度加快，造成地球平均氣溫上升、氣候改變、冰河縮小、海平面上升等現象。因此，讓我們想到了，竹筒裡如果有二氧化碳，竹筒裡的氣體、人呼出的氣體與普通空氣所產生的溫室效應是否相同？
- (五) 如果竹筒裡有空氣，那其他中空的植物裡如：大萍的葉、布袋蓮的葉柄、空心菜的莖、蓮花的地下莖蓮藕……等是否也有空氣？二氧化碳與氧氣的含量與普通空氣中的含量是否一樣？

於是，我們想以五年多來自然課所學到的知識與實驗方法，利用自然教室的基本設備，進行以上的探究，希望能揭開竹筒裡的奧秘。由於沒有精密的檢測儀器，我們就設計了竹筒裡的氣體與人體呼出的氣體、普通空氣的比較實驗。因為人體呼出的氣體與普通空氣的含量，書本中有數據可以參考，我們可以將實驗的結果進行相對含量的測定，推估竹筒裡的氣體中二氧化碳與氧氣的含量。

相關教材：翰林版自然與生活科技第一冊第三單元 空氣和風  
第三冊第二單元 水中生物  
牛頓版自然與生活科技第七冊第四單元 燃燒和生鏽  
第八冊第一單元 熱的傳遞  
第八冊第三單元 生物和環境

## 貳、研究目的

- 一、竹筒裡有空氣嗎？
- 二、竹筒裡有二氧化碳嗎？
- 三、竹筒裡的二氧化碳、人體呼出氣體中的二氧化碳與普通空氣中的二氧化碳含量的比較。
- 四、竹筒裡有氧氣嗎？
- 五、竹筒裡的氧氣、人體呼出氣體中的氧氣與普通空氣中的氧氣含量的比較。
- 六、竹筒裡的空氣、人體呼出的氣體與普通空氣所產生溫室效應的比較。

## 參、研究設備及器材

竹筒、培養皿、計時器、打火機、電子溫度計、蠟燭、錐形瓶、廣口瓶、量筒、密閉的容器、滴管、玻棒、水槽、水、澄清石灰水、酚酞指示劑、氨水、注射筒、普通空氣、氣球、油土、標籤、電鑽、打氣筒。

## 肆、研究方法

### 一、收集竹筒：

將竹子鋸成保留兩個竹節的竹筒。

### 二、竹筒裡是否有空氣的實驗：

#### 方法一：

將竹筒放在水面下，在竹筒上、下的不同邊，各鑽一個小孔，看看有沒有氣泡跑出來。

#### 方法二：

將竹筒放在水面下，在竹筒上鑽孔，用注射筒直接抽取，看看能不能抽得到氣體。

### 三、竹筒裡是否有二氧化碳的實驗：

以排水集氣法收集竹筒裡的氣體，取 40mL 澄清石灰水，倒入收集到的竹筒氣體的錐形瓶中，搖一搖，以檢驗是否含有二氧化碳。

### 四、竹筒裡的二氧化碳、人體呼出氣體中的二氧化碳與普通空氣中的二氧化碳含量的比較實驗：

#### 方法一：以澄清石灰水檢驗

- (一) 以排水集氣法收集竹筒裡的氣體。
- (二) 用嘴巴吹數個氣球，並將它們放入水中，以排水集氣法，收集人體呼出的氣體。
- (三) 為了實驗變因的一致，我們不直接在空氣中收集普通空氣，我們先用打氣筒灌滿氣球，再將它們放入水中，以排水集氣法，收集普通空氣。

(四) 各取 40mL 澄清石灰水，分別倒入收集到的竹筒氣體、人體呼出的氣體與普通空氣的錐形瓶中，搖一搖，以檢驗是否含有二氧化碳，並比較它們的含量。

#### **方法二：以酚酞指示劑加氨水檢驗**

(一) 取一個量杯，裝入 400mL 蒸餾水，滴入 5 滴酚酞指示劑，一邊攪拌，一邊慢慢滴入 3 滴氨水，使溶液變成紅色。

(二) 用 60mL 的注射筒吸取上面配製的紅色溶液 10mL，抽取竹筒裡的氣體，用食指堵住注射筒的吸入口，用力震蕩 2 分鐘，然後將注射筒吸入口向上，小心將餘氣排出，不要把溶液排出。再重複上述的操作，直到注射筒內的溶液紅色恰好褪去，變成無色，記下抽氣的次數。

(三) 再用 60mL 的注射筒吸取上面配製的紅色溶液 10mL，抽取氣球中人體呼出的氣體，其他方法同上。

#### **五、竹筒裡是否有氧氣的實驗：**

將裝有竹筒空氣的廣口瓶，蓋住點燃的蠟燭，觀察蠟燭是否繼續燃燒。

#### **六、竹筒裡的氧氣、人體呼出氣體中的氧氣與普通空氣中的氧氣含量的比較實驗。**

(一) 以排水集氣法分別收集竹筒裡的氣體、人呼出的氣體與普通空氣。

(二) 分別將裝有竹筒氣體、人體呼出氣體與普通空氣的廣口瓶，蓋住點燃的蠟燭，觀察蠟燭燃燒的情形，並比較燃燒的時間。

(三) 為了實驗變因的一致，每次開始燃燒時，都取長度 6cm、燭芯長度 0.8cm 的蠟燭，燃燒一次後，就換新的。

#### **七、竹筒裡的空氣、人呼出的氣體與普通空氣所產生溫室效應的比較實驗：**

##### **方法一：排水集氣法**

(一) 校準電子溫度計。

(二) 在密封罐上開一個電子溫度計剛好能插進去的孔，放入溫度計。

(三) 以排水集氣法分別收集竹筒裡的氣體、人呼出的氣體與普通空氣到密封罐內。

(四) 在密封罐內放入乾燥劑，以除去水蒸氣，因為水蒸氣也是溫室氣體。

(五) 用膠帶黏緊，放入遮日光用的紙箱中，天氣晴朗時，把這些密封罐拿到太陽照射充分的操場上，使每個密封罐完全地與均勻地接受到太陽的光和熱 30 分鐘，並記錄升溫的情形；然後，再裝入紙箱中，帶回自然教室，放在實驗桌上，記錄降溫的情形 30 分鐘。

##### **方法二：直接用注射筒抽取氣體法**

(一) 校準電子溫度計。

(二) 在 60mL 的「注射筒密封蓋」上開一個電子溫度計剛好能插進去的孔，放入溫度計。

(三) 直接用注射筒在空氣中抽取 60mL 的普通空氣，以手堵住筒口，迅速將裝有電子溫度計的「注射筒密封蓋」蓋上。

(四) 用嘴巴吹數個氣球，直接用注射筒在氣球中抽取 60mL 人呼出的空氣，以手堵住筒口，迅速將裝有電子溫度計的「注射筒密封蓋」蓋上。

(五) 將竹筒鑽孔，直接用注射筒在竹筒中抽取 60mL 竹筒裡的氣體，以手堵住筒口，迅速將裝有電子溫度計的「注射筒密封蓋」蓋上。

(六) 將以上的注射筒，放入遮日光用的紙箱中，天氣晴朗時，把這些注射筒拿到太陽照射充分的操場上，使每個注射筒完全地與均勻地接受到太陽的光和熱 30 分鐘，並記錄升溫的情形；然後，再裝入紙箱中，帶回自然教室，放在實驗桌上，記錄降溫的情形 30 分鐘。

## 伍、研究結果與討論

### 一、竹筒裡有空氣嗎？

#### (一) 實驗結果：

1. 連續用不同的竹筒進行操作，真的有氣泡跑出來；實驗五次，氣泡都源源不斷地從竹筒裡跑出來。
2. 在竹筒上鑽孔，用注射筒直接抽取，很輕鬆地就抽滿整個注射筒，並聽到吱吱的氣體流動聲。

#### (二) 實驗照片：

		
竹林	準備竹子	裁取竹筒
		
準備好的竹筒	在水面下鑽孔	在竹筒另一側鑽孔
		
氣泡冒出來	直接在水中抽取竹筒裡的空氣	抽滿竹筒空氣的注射筒



### (三) 討論



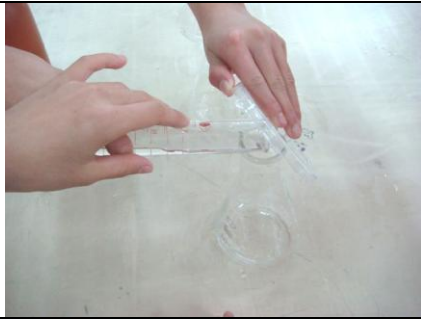

1. 我們很高興地發現，氣泡從竹筒裡跑出來，證明了竹筒裡有空氣。
2. 我們本來只開一個小孔，氣泡不太能跑出來，這是因為空氣不能對流，竹筒裡壓力小於大氣壓力的原因；再另外開一個小孔後，氣泡就源源不斷地從竹筒裡跑出來。
3. 在水中直接抽取，很輕鬆地就抽滿整個注射筒，也可證明竹筒裡不是真空，而是充滿了空氣。

## 二、竹筒裡有二氧化碳嗎？

### (一) 實驗結果：

1. 在錐形瓶中倒入 40mL 的澄清石灰水，搖一搖，澄清的石灰水變成白色混濁。
2. 連續用不同的竹筒所收集的氣體，實驗五次，都能使澄清的石灰水變成白色混濁。

### (二) 實驗照片：

		
收集竹筒裡的氣體	收集竹筒裡的氣體	收集竹筒裡的氣體
		
倒入澄清石灰水 40mL	搖一搖	變成白色混濁

### (三) 討論：

我們很高興地發現，澄清的石灰水變成白色混濁，證明了竹筒裡的氣體含有二氧化碳。

## 三、竹筒裡的二氧化碳、人體呼出氣體中的二氧化碳與普通空氣中的二氧化碳含量的比較。

(一) 實驗結果：



表 3-1 二氧化碳含量的比較

氣體類別	與澄清石灰水作用的結果				
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
竹筒裡的空氣	變成白色混濁	變成白色混濁	變成白色混濁	變成白色混濁	變成白色混濁
人呼出的氣體	變成白色混濁	變成白色混濁	變成白色混濁	變成白色混濁	變成白色混濁
普通空氣	沒有產生變化	沒有產生變化	沒有產生變化	沒有產生變化	沒有產生變化

表 3-2 二氧化碳相對含量的測定

氣體類別	與滴酚酞指示劑加氨水作用，紅色溶液恰好褪去的次數						
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	二氧化碳的體積含量
竹筒裡的空氣	9 次	9 次	9 次	9 次	9 次	9 次	2.67%
人呼出的氣體	6 次	6 次	6 次	6 次	6 次	6 次	4%

(二) 實驗照片：

		
吹氣球	收集人呼出的氣體	收集竹筒裡的氣體
		
灌氣球	收集普通空氣	分別倒入澄清的石灰水
		
竹筒裡的氣體變成白色混濁	人呼出的氣體變成白色混濁	普通空氣沒有變化





滴入 5 滴酚酞指示劑



滴入 3 滴氨水



溶液變成紅色



抽取竹筒裡的氣體



抽取竹筒裡的氣體



用力震蕩 2 分鐘



第一次的變化



再次抽取竹筒裡的氣體



第三次的變化



第五次的變化



第七次的變化



第九次的變化

		
吹氣球	抽取的紅色溶液	抽取人呼出的氣體
		
用力震蕩 2 分鐘	第一次的變化	第三次的變化
		
第五次的變化	第六次抽取人呼出的氣體	第六次的變化

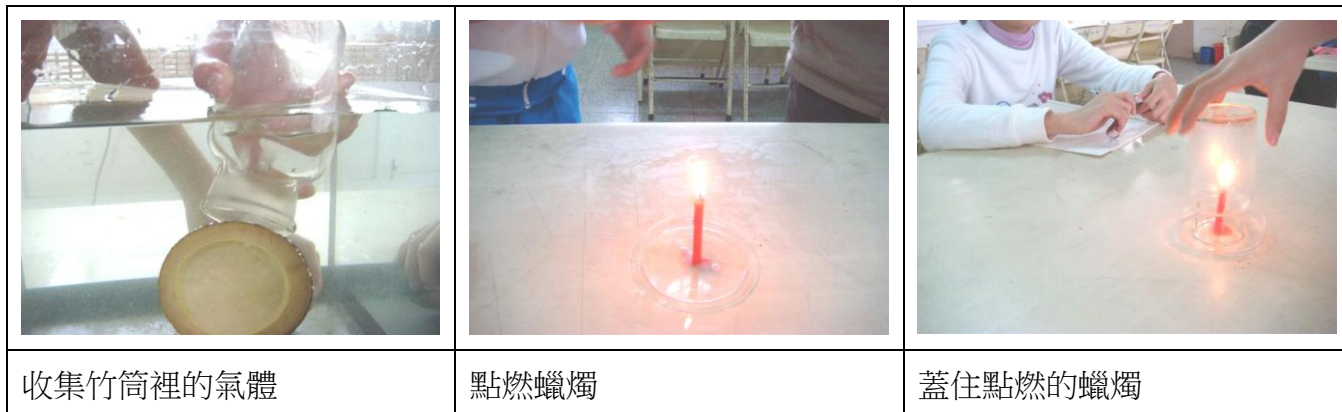
### (三) 討論：

1. 普通空氣裡的二氧化碳體積大約是 0.03%，由於含量較低，和澄清石灰水作用後，沒有什麼變化。
2. 由此實驗可證明，竹筒裡的二氧化碳含量與人體呼出氣體的二氧化碳含量都高於普通空氣中的二氧化碳含量。
3. 竹筒裡的氣體與澄清石灰水作用的結果，混濁的程度與人體呼出的氣體相似，說明了竹筒裡的二氧化碳與人體呼出氣體的二氧化碳含量可能很相近。
4. 為了更確實了解竹筒裡的二氧化碳與人體呼出氣體的二氧化碳含量，我們再以酚酞指示劑加氨水檢驗，我們很高興的發現，人呼出的氣體到第六次用力震蕩 2 分鐘後，漸漸褪去顏色，變成無色。竹筒裡的氣體到第九次用力震蕩 2 分鐘後，也漸漸褪去顏色，變成無色。
5. 我們以人體呼出的二氧化碳的體積含量 4% 作為比較標準，竹筒裡二氧化碳的相對含量約為 2.67%（抽氣次數和二氧化碳的體積含量成反比），比普通空氣裡的二氧化碳含量 0.03%，高了很多。

#### 四、竹筒裡有氧氣嗎？

##### (一) 實驗結果：

1. 將裝有竹筒空氣的廣口瓶，蓋住點燃的蠟燭，能夠使蠟燭繼續燃燒一段時間才熄滅。
2. 用不同的竹筒進行操作，共實驗五次，都能夠使蠟燭繼續燃燒一段時間才熄滅。



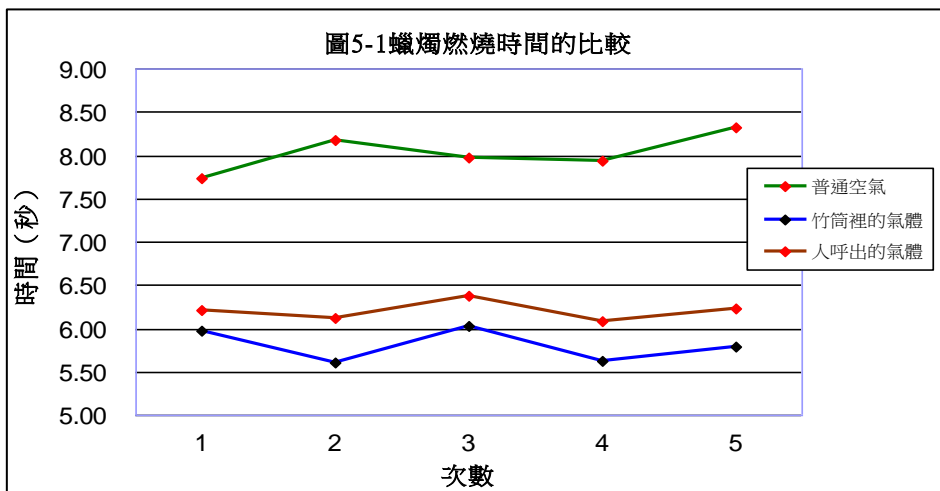
(三) 討論：由實驗可知，竹筒裡含有氧氣，才能使蠟燭繼續燃燒。

#### 五、竹筒裡的氧氣、人體呼出氣體中的氧氣與普通空氣中的氧氣含量的比較。

##### (一) 實驗結果：





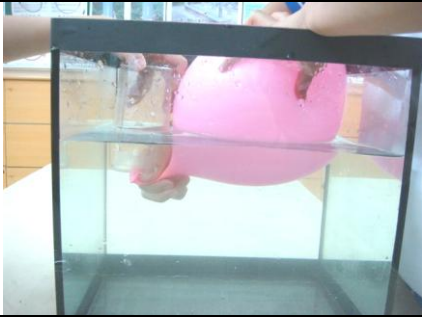



表 5-1 氧氣含量的比較

氣體類別	蠟燭燃燒的時間（秒）						氧氣相對體積含量
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值	
竹筒裡的空氣	5 秒 97	5 秒 60	6 秒 03	5 秒 62	5 秒 78	5 秒 80	15.17%
人呼出的氣體	6 秒 22	6 秒 12	6 秒 38	6 秒 08	6 秒 23	6 秒 21	16.24%
普通空氣	7 秒 73	8 秒 18	7 秒 97	7 秒 94	8 秒 33	8 秒 03	21%





## (二) 實驗照片

		
吹氣球	收集人呼出的氣體	收集竹筒裡的氣體
		
灌氣球	收集普通空氣	分別蓋住點燃的蠟燭
		
分別蓋住點燃的蠟燭	分別蓋住點燃的蠟燭	蠟燭熄滅了

## (三) 討論：

1. 由此實驗可證明，竹筒裡的氧氣與人體呼出氣體的氧氣含量都低於普通空氣中的氧氣含量。
2. 我們以空氣中氧氣的體積含量 21% 作為比較標準，竹筒裡氧氣的相對含量約為 15.17%，人呼出的氧氣含量約為 16.24%（蠟燭燃燒的秒數與氧氣的體積含量成正比），都比空氣中的氧氣少了很多。
3. 人呼出的氧氣含量書本上寫的約為 16%，與我們以蠟燭燃燒的時間作相對測定的結果 16.24% 很相近。

## 六、 竹筒裡的空氣、人體呼出的氣體與普通空氣所產生溫室效應的比較。

### (一) 實驗結果：

表 6-1 排水集氣法收集的氣體溫室效應的比較（陽光照射時）

氣體類別	溫度 (°C)					
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
密封罐外的空氣	38.0	38.1	38.4	38.3	38.1	38.2
普通空氣	42.2	42.3	42.5	42.4	42.3	42.3
竹筒裡的氣體	42.6	42.7	42.9	42.8	42.7	42.7
人呼出的氣體	43.0	43.1	43.2	43.1	43.0	43.1

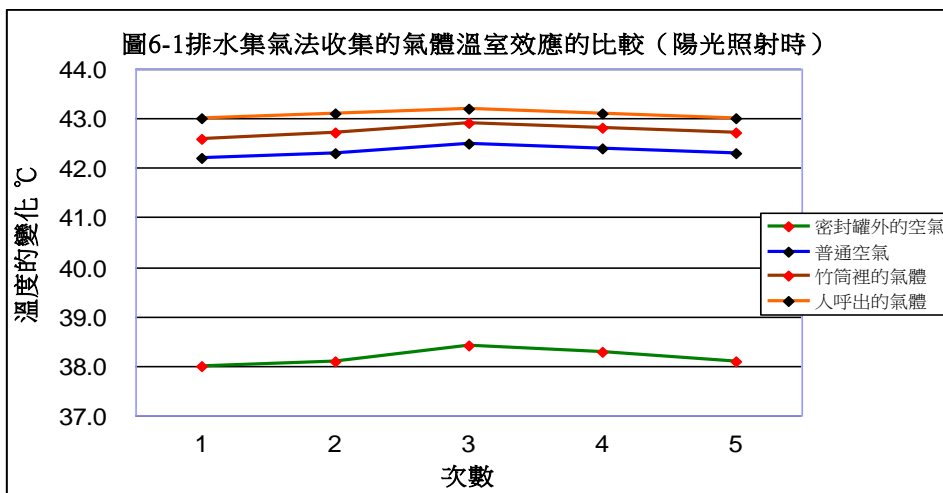


表 6-2 排水集氣法收集的氣體溫室效應的比較（室內降溫時）

氣體類別	溫度 (°C)					
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
密封罐外的空氣	29.9	30.0	30.2	30.1	29.9	30.0
普通空氣	30.4	30.6	30.8	30.7	30.5	30.6
竹筒裡的氣體	30.8	30.9	31.2	31.0	30.9	31.0
人呼出的氣體	31.1	31.3	31.5	31.4	31.2	31.3

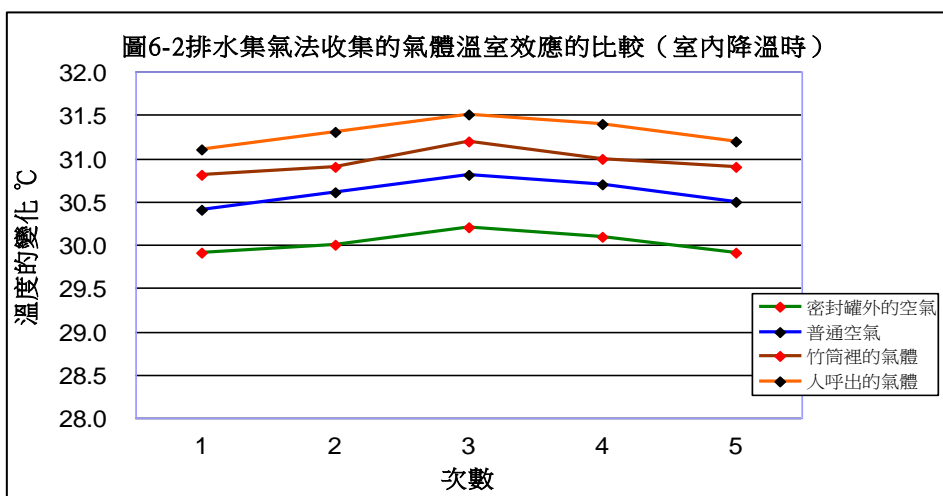




表 6-3 直接以注射筒抽取的氣體溫室效應的比較（陽光照射時）

氣體類別	溫度 (°C)					
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
注射筒外的空氣	35.4	35.9	35.9	35.8	35.7	35.7
普通空氣	37.1	37.6	37.7	37.6	37.5	37.5
竹筒裡的氣體	37.8	38.4	38.5	38.5	38.5	38.3
人呼出的氣體	38.2	38.8	39.0	38.9	38.9	38.8

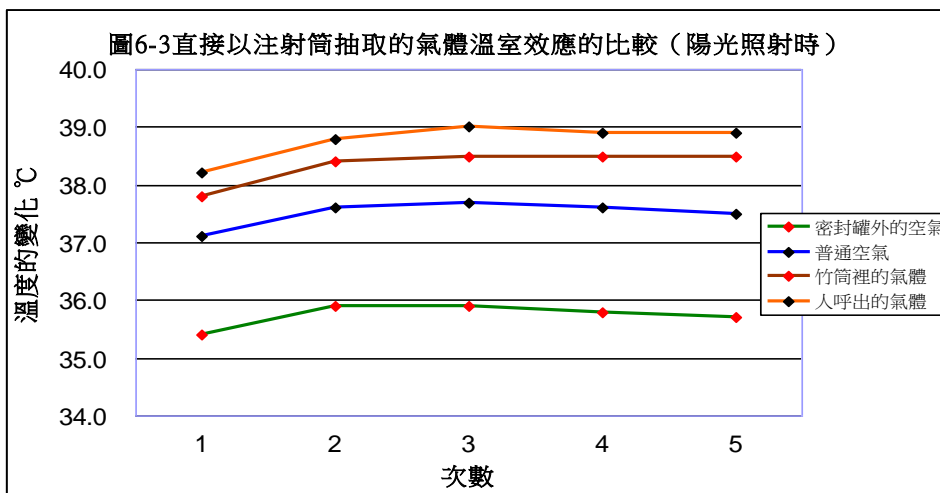
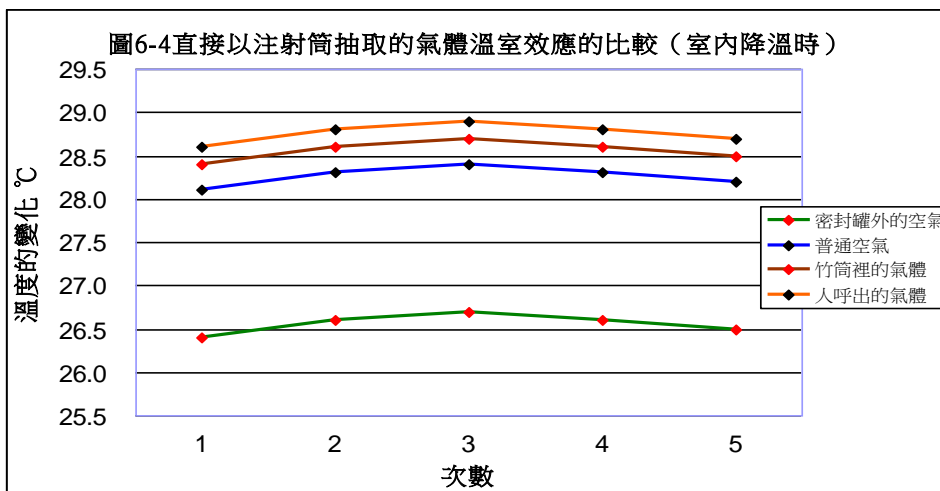


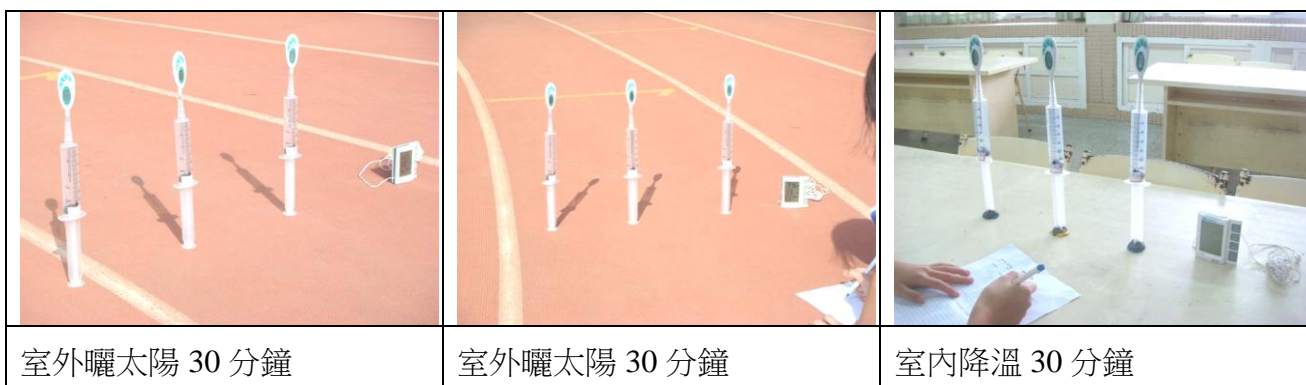
表 6-4 直接以注射筒抽取的氣體溫室效應的比較（室內降溫時）

氣體類別	溫度 (°C)					
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均值
注射筒外的空氣	26.4	26.6	26.7	26.6	26.5	26.6
普通空氣	28.1	28.3	28.4	28.3	28.2	28.3
竹筒裡的氣體	28.4	28.6	28.7	28.6	28.5	28.6
人呼出的氣體	28.6	28.8	28.9	28.8	28.7	28.8



(二) 實驗照片：

		
吹氣球	收集人呼出的氣體	收集竹筒裡的氣體
		
灌氣球	收集普通空氣	室外曬太陽 30 分鐘
		
室外曬太陽 30 分鐘	室外曬太陽 30 分鐘	室內降溫 30 分鐘
		
直接抽取氣球中人呼出的氣體	直接抽取竹筒中的氣體	直接抽取空氣中的普通空氣



### (三) 討論：

#### 1.以排水集氣法收集的氣體溫室效應的比較

- ①以排水集氣法收集的氣體，太陽照射 30 分鐘後，密封罐內的普通空氣平均溫度為 42.3℃，竹筒裡的氣體平均溫度為 42.7℃，人體呼出的氣體平均溫度為 43.1℃，密封罐外的普通空氣平均溫度為 38.2℃。
- ②由實驗可知，密封罐內的空氣，都有很明顯的溫室效應，以人體呼出的氣體最高，竹筒裡的氣體第二，普通空氣第三，分別高於密封罐外的普通空氣 4.9℃、4.5℃、4.1℃。
- ③室內降溫 30 分鐘後，密封罐內的普通空氣平均溫度為 30.6℃，竹筒裡的氣體平均溫度為 31.0℃，人體呼出的氣體平均溫度為 31.3℃，密封罐外的普通空氣平均溫度為 30.0℃。
- ④由實驗可知，降溫時，密封罐內的氣體都有很明顯的保溫效果，以人體呼出的氣體最高，竹筒裡的氣體第二，普通空氣第三，分別高於密封罐外的空氣 1.3℃、1.0℃、0.6℃。
- ⑤由研究目的三可知，人體呼出的二氧化碳體積含量為 4%，竹筒裡二氧化碳的相對含量約為 2.67%，普通空氣裡的二氧化碳含量為 0.03%；人體呼出的氣體與竹筒裡的氣體含有較多的二氧化碳，因此，比普通空氣產生較高的溫室效應與保溫效果。

#### 2.直接以注射筒抽取的氣體溫室效應的比較

- ①直接以注射筒抽取的氣體，太陽照射 30 分鐘後，注射筒內的普通空氣平均溫度為 37.5℃，竹筒裡的氣體平均溫度為 38.3℃，人體呼出的氣體平均溫度為 38.8℃，密封罐外的普通空氣平均溫度為 35.7℃。
- ②由實驗可知，注射筒內的空氣，都有很明顯的溫室效應，以人體呼出的氣體最高，竹筒裡的氣體第二，普通空氣第三，分別高於注射筒外的空氣 3.1℃、2.6℃、1.8℃。
- ③室內降溫 30 分鐘後，注射筒內的普通空氣平均溫度為 28.3℃，竹筒裡的氣體平均溫度為 28.6℃，人體呼出的氣體平均溫度為 28.8℃，注射筒外的普通空氣平均溫度為 26.6℃。
- ④由實驗可知，注射筒內的氣體，都有很明顯的保溫效果，以人體呼出的氣體最高，竹筒裡的氣體第二，普通空氣第三，分別高於注射筒外的空氣 2.2℃、2.0℃、1.7℃。
- ⑤由排水集氣法與注射筒直接抽取法的實驗都可證明，由於人體呼出的氣體與竹筒裡的氣體含有較多的二氧化碳，因此，比普通空氣產生較高的溫室效應與保溫效果。

## 陸、結論

經過將近一個學年的努力，我們的研究終於完成了，雖然很辛苦，但是也有很大的收獲；這個研究讓我們揭開了竹筒裡的奧秘，並親眼目睹了溫室效應是如何產生的。我們的研究結論如下：

- 一、竹筒裡有空氣，其成份與普通空氣有一些不同。
- 二、竹筒裡的空氣含有二氧化碳，竹筒裡的二氧化碳含量與人呼出氣體的二氧化碳含量都高於普通空氣中的二氧化碳含量。
- 三、如果以人體呼出的二氧化碳的體積含量 4% 作為比較標準，竹筒裡二氧化碳的相對含量約為 2.67%，比普通空氣裡的二氧化碳含量 0.03%，高了很多。
- 四、竹筒裡有氧氣，竹筒裡的氧氣與人體呼出氣體的氧氣含量都低於普通空氣中的氧氣含量。
- 五、如果以空氣中氧氣的體積含量 21% 作為比較標準，竹筒裡氧氣的相對含量約為 15.17%，人呼出的氧氣含量約為 16.24%，都比空氣中的氧氣含量少了很多。
- 六、由於人體呼出的氣體與竹筒裡的氣體含有較多的二氧化碳，因此，比普通空氣產生較高的溫室效應與保溫效果。
- 七、「大萍的葉、布袋蓮的葉柄、空心菜的莖、蓮花的地下莖蓮藕……等其他中空的植物裡是否也含有空氣」的研究，由於時間關係，留待以後繼續探討。

## 柒、參考資料及其他

王祖浩、張天若等（2003）化學問題設計與問題解決。北京市：高等教育出版社。

王祖浩等譯（Phillips, J.S. 等著）（2008）。化學概念與應用上冊。杭州市：浙江教育出版社。

李千毅譯（John Suchocki 著）（民 95）。觀念化學 V。台北市：天下遠見出版公司。

翰林版國小自然與生活科技學習領域第 1 冊（民 96）。台南市：翰林出版公司。

翰林版國小自然與生活科技學習領域第 3 冊（民 97）。台南市：翰林出版公司。

牛頓版國小自然與生活科技學習領域第 7 冊（民 99）。台北市：育橋文教公司。

牛頓版國小自然與生活科技學習領域第 8 冊（民 100）。台北市：育橋文教公司。

## 【評語】 080209

1. 能自創簡易型分辨並定量空氣竹筒內氣體及人體呼出氣體之差異。
2. 實驗探究方式及敘述能就數據範圍推論。
3. 若能比較各種不同類的竹筒內的氣體，就更加完美。