

# 五分之一的真象

## 初小組化學科第二名

台北縣秀朗國民小學

作者：張哲源、張伊君  
李思元、劉國元  
指導教師：孫志麟、王明玲

### 一、研究動機

在上自然課時，老師帶領我們做有關空氣中氧含量有多少的實驗，我們利用蠟燭燃燒時會消耗氧氣的原理，用玻璃長筒罩住燃燒的蠟燭，蠟燭熄滅後，水會因玻璃長筒內的氧氣被消耗而上升，證驗出空氣中有五分之一的氧氣。但是我們每一組所得到的實驗結果，都不太一樣，有的水上升超過五分之一，有的不到五分之一，幾乎沒有剛好上升五分之一的，於是在討論時，到底有那些因素會影響到水位的上升，老師認為這是一個很好的問題，值得去研究，於是我們就展開了這次的實驗。

### 二、研究目的

正確的測出空氣中氧含量的多少，進而與理論上的五分之一做比較。

### 三、實驗設計

依據下列的變因找出會影響水面上升高度的重要因素：

- (一)蠟燭的長短。
- (二)蠟燭的粗細。
- (三)玻璃長筒口徑的大小。
- (四)有無壓住玻璃長筒。
- (五)不同的水量。
- (六)不同溫度的水。

(七)玻璃長筒口徑及長度與水槽口徑及高度比例。

#### 四、研究器材設備

- (一)蠟燭大型、中型、小型三種。
- (二)玻璃水槽及塑膠水槽。
- (三)五種口徑不同的玻璃長筒。
- (四)五種長度不同的玻璃長筒。
- (五)直尺。
- (六)溫度計。
- (七)簽字筆。
- (八)馬錶。
- (九)打火機。
- (十)鋼棉。
- (十一)鐵釘。

#### 五、研究過程及結果

※過程說明：

- 1.在實驗過程中都先將蠟燭固定在玻璃片上，然後再將蠟燭直立在水槽中央。
- 2.在實驗操作時，由一人負責記時，一人負責罩上玻璃長筒，一人負責記下水面上升高度並作成記錄，另一人擦拭器具。
- 3.計時方式：在前二秒由計時者發開始口令再由操作玻璃長筒者罩上蠟燭，蠟燭被完全罩住時，開始計時，等到蠟燭完全熄滅時喊停。
- 4.每種試驗都操作三次，分別記下水位上升高度及燃燒時間，再求三次的平均值作為結果。
- 5.水面上升高度的記錄方式：先量出玻璃長筒長度，再記下水面上升高度，算出水面上升高度與玻璃長筒長度比值，然後與 $\frac{1}{2}$ 比較，算出誤差有多大。

實驗一：蠟燭長短粗細不同會不會影響水面上升高度？

(一)操縱變因：蠟燭長短。蠟燭粗細。

(二)結果：

1.

實驗結果 大型蠟燭 長度 (cm)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 水高 (公分)			燃燒 平均時間 (秒)	水面 上升 平均 度 (cm)	玻璃 筒全 長占 比 值	比值 與 $\frac{1}{5}$ - 之誤 差
	第一 次	第二 次	第三 次	第一 次	第二 次	第三 次				
5	14	13	12	4.4	4.3	4.2	13	4.3	0.22	$+\frac{2}{100}$
10	20	22	24	2.8	3	3.2	22	3	0.15	$-\frac{5}{100}$
15	30	33	32	1.9	2	2.1	31.6	2	0.10	$-\frac{10}{100}$

2.

實驗結果 中型蠟燭 長度 (cm)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 水高 (公分)			燃燒 平均時間 (秒)	水面 上升 平均 度 (cm)	玻璃 筒全 長占 比 值	比值 與 $\frac{1}{5}$ - 之誤 差
	第一 次	第二 次	第三 次	第一 次	第二 次	第三 次				
5	6	7	8	3.4	3.5	3.6	7	3.5	0.18	$-\frac{2}{100}$
10	20	20	21	2.7	3	3.3	20	3	0.15	$-\frac{5}{100}$
15	20	22	23	2.2	2.4	2.6	21.6	2.4	0.12	$-\frac{8}{100}$

3.

實驗結果 小型蠟燭 長度 (cm)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 水高 (公分)			燃燒 平均時間 (秒)	水面 上升 平均 度 (cm)	玻璃 筒全 長占 比 值	比值 與 $\frac{1}{5}$ - 之誤 差
	第一 次	第二 次	第三 次	第一 次	第二 次	第三 次				
5	16	12	14	3.5	3.5	3.8	14	3.6	0.18	$-\frac{2}{100}$
10	28	23	27	2.3	2.4	2.5	26	2.4	0.12	$-\frac{8}{100}$
15	31	30	29	2	1.8	2.2	30	2	0.10	$-\frac{10}{100}$

(三)發現：

- 1.長度不同、粗細不同各型蠟燭燃燒時間不同，較長的15公分蠟燭燃燒時間較長，較短的5公分蠟燭燃燒時間也較短。
- 2.蠟燭長度越長水位上升高度越低。
- 3.5公分長各型蠟燭燃燒時所測得氧含量最接近 $\frac{1}{5}$ ，誤差僅 $\frac{2}{100}$ ，可見較短的蠟燭所得結果較正確，也知道蠟燭長短會影響水面上升高度。
- 4.長度相同粗細不同的各型蠟燭燃燒時所測量得到的氧含量都很接近，可見蠟燭粗細不是影響水面上升之重要因素。
- 5.因為較短的5公分蠟燭所得實驗結果較好。於是我們以下的實驗設計所採用的蠟燭以5公分為主。

實驗二：玻璃長筒口徑大小不同對水面上升高度的影響。

(一)操縱變因：玻璃長筒口徑大小。

(二)結果：

1. 5公分蠟燭：

實驗結果 玻璃長筒口 徑 (cm)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 (公分)			燃燒平均時間 (秒)	水高 面上升 平均度 (cm)	水玻璃 面上長 筒全長 高度比 值	比值與 $\frac{1}{5}$ 之 誤差
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次				
4.2	2	3	4	4.7	4.8	4.9	3	4.8	0.24	$+\frac{4}{100}$
6.4	6	7	8	4.5	4.6	4.7	7	4.7	0.24	$+\frac{4}{100}$
7.4	12	15	14	3.5	3.7	3.9	13	3.7	0.18	$-\frac{2}{100}$
9	21	22	20	2.2	3.1	2	21	2.1	0.13	$-\frac{7}{100}$
11	31	35	30	1.2	1.6	2	32	1.6	0.08	$-\frac{12}{100}$

2. 10公分蠟燭：

玻璃長筒口 實驗結果 (cm)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 (公分)			燃燒平均時間 (秒)	水高 水面上升平均度 (cm)	玻璃長筒全長 水面上升高度占 比值	比值與 $\frac{1}{5}$ 之誤差
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次				
4.2	7	5	6	5.6	5.3	5.0	6	5.3	0.27	$+\frac{7}{100}$
6.4	14	15	16	3.5	3.6	3.4	15	3.5	0.17	$-\frac{3}{100}$
7.4	20	18	19	2.9	3.1	3	19	3	0.15	$-\frac{5}{100}$
9	28	26	24	2.2	2.5	2.8	26	2.5	0.12	$-\frac{8}{100}$
11	30	31	32	2.4	2.4	2.4	31	2.4	0.12	$-\frac{8}{100}$

3. 15公分蠟燭：

玻璃長筒口 實驗結果 (cm)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 (公分)			燃燒平均時間 (秒)	水高 水面上升平均度 (cm)	玻璃長筒全長 水面上升高度占 比值	比值與 $\frac{1}{5}$ 之誤差
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次				
4.2	5	5	5	5.2	5.5	5.8	5	5.5	0.28	$+\frac{8}{100}$
6.4	7	16	18	3.3	3.5	3.4	16	3.4	0.17	$-\frac{3}{100}$
7.4	21	23	22	3	2.8	3.2	22	3	0.15	$-\frac{5}{100}$
9	28	26	30	2.3	2.4	2.5	28	2.4	0.12	$-\frac{8}{100}$
11	31	33	32	2	2	2	32	2	0.10	$-\frac{10}{100}$

(三)發現：

1.口徑愈大的玻璃長筒，蠟燭燃燒時間較長，這因為氧含量較多的

緣故。

2. 口徑愈小的玻璃長筒水面上升高度愈高。
3. 依據實驗結果玻璃長筒口徑大小是影響水面上升的重要因素。
4. 實驗結果雖然無法找出測量氧含量可得正確結果的玻璃長筒口徑大小，但我們發現 6.4 公分～7.4 公分口徑的玻璃長筒，實驗結果較接近  $\frac{1}{5}$ ，也就是說，實驗時以口徑大小為 6.4 公分～7.4 公分的玻璃長筒較合適，於是我們以下的實驗設計所使用之玻璃長筒以此為主。

實驗三：蠟燭燃燒時有無壓住玻璃長筒對水面上升的影響如何？

(一) 操縱變因：有沒有壓住玻璃長筒。

(二) 結果：

實驗結果 有無壓住玻璃長筒	燃燒時間 (秒)			水面上升度 (公分)			燃燒平均時間 (秒)	水面上升平均高度 (cm)	玻璃長筒全長比值 水面上升高度占值	比值與 $\frac{1}{5}$ 之誤差
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次				
有	8	10	7	4.1	4.2	4.1	8.3	4.1	0.21	$+\frac{1}{100}$
無	6	6	8	3.5	3.4	3.2	6.7	3.3	0.17	$+\frac{3}{100}$

(三) 發現：

1. 有壓住玻璃長筒的比沒有壓住的誤差小，僅  $1/100$ ；但二者相差並沒有很大。
2. 有壓住玻璃長筒時，可以避免玻璃長筒搖動而使水能完全上升以填補氧的空間。

實驗四：不同的水量會不會影響水面上升高度？

(一) 操縱變因：不同水量

(二) 結果：

實驗結果 水槽水量 (cc.)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 (公分)			燃燒平均時間 (秒)	水面上升平均度 (cm)	玻璃長筒全長比值 水面上升高度占	比值與 $\frac{1}{2}$ 之誤差
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次				
700	30	29	28	26	2.5	2.4	20	2.5	0.13	$-\frac{7}{100}$
600	26	25	27	3	3.1	2.9	26	3	0.15	$-\frac{5}{100}$
500	25	25	25	2.5	2.4	2.6	25	2.5	0.13	$-\frac{7}{100}$
400	15	16	14	3	3	3	15	3	0.15	$-\frac{5}{100}$
300	2.4	28	29	2.9	2.9	2.9	27	2.9	0.15	$-\frac{7}{100}$

(三)發現：

- 1.水槽裝水量不同時，蠟燭燃燒時間及水面上升高度並無明顯變化。
- 2.實驗結果所測得氧含量在不同水量時也很接近，又不過都比 $\frac{1}{2}$ 來得少些。
- 3.水面上升高度占玻璃長筒全長比值與 $\frac{1}{2}$ 之誤差只有二種情形，即 $5/100$ 及 $7/100$ 。
- 4.可見水量並非影響水面上升高度之重要因素。

實驗五：不同的水溫對水面上升高度有何影響？

(一)操縱變因：不同水溫

(二)結果：(如下頁表)

(三)發現：

- 1.水溫愈高時，蠟燭燃燒時間稍有減少。
- 2.水溫在 $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 時，水面上升高度最接近 $\frac{1}{2}$ ，所以實驗時以 $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 之水溫最合適。
- 3.水溫太低時，如 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ，水面上升高度較一般 $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 之水溫為低。實驗結果較不正確，可能低溫度影響空氣的流動，使氧氣無法充分消耗，所以低水溫不利於實驗。

4. 水溫逐漸升高時，水面上升高度反而逐漸降低。

5. 50°C~60°C 之水溫，由於溫度過高，使蠟燭有軟化現象，無法直立在水槽中央，實驗不能完成，所以高水溫亦不利於實驗。

實驗結果 水槽中水溫 (°C)	燃燒時間 (秒)			水面上升度 (公分)			燃燒平均時間 (秒)	水高 水面上升平均度 (cm)	玻璃長筒全長 水面上升高度 比值	比值與 1/5 之誤差
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次				
0~10	15	14	16	2.9	3	3.1	15	3	0.15	- $\frac{5}{100}$
10~20	14	13	12	4.8	5	5.2	13	5	0.25	+ $\frac{5}{100}$
20~30	11	13	12	4.6	4.7	4.5	12	4.6	0.23	+ $\frac{3}{100}$
30~40	10	10	10	4	4	4	10	4.0	0.20	0
40~50	9	8	7	3.4	3.6	3.5	8	3.5	0.18	- $\frac{2}{100}$
50~60	蠟燭軟化，無法做實驗。									

實驗六：玻璃長筒口徑及長度與水槽口徑及高度比例不同時，對水面上升高度的影響。

(一) 操縱變因：玻璃長筒口徑及長度與水槽口徑及高度比例不同。

(二) 結果：

實驗結果 組別	燃燒時間 (秒)			水面上升度 (公分)			燃燒平均時間 (秒)	水高 水面上升平均度 (cm)	玻璃長筒全長 水面上升高度 比值	比值與 1/5 之誤差
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次				
A	39	41	43	4.3	4.5	4.4	41	4.4	0.22	+ $\frac{2}{100}$
B	10	8	9	4.3	4.8	4.7	9	4.6	0.23	+ $\frac{3}{100}$
C	3	3	3	1.5	1.5	1.5	3	1.5	0.21	+ $\frac{1}{100}$



(三)發現：

- 1.不同比例的玻璃長筒及水槽對水面上升高度並無多大影響，因為其誤差不大，分別只有  $2/100$ 、 $3/100$  及  $1/100$ 。
- 2.誤差較小的 C 組，其口徑比值為 2 ( 2 : 1 ) 而長度比值為 1.6 ( 8 : 5 ) 較接近 2，由此推知，口徑比例及長度比值較接近 2 : 1 時，實驗結果較正確。

## 六、結論

- (一)蠟燭長短會影響水面高度的上升，較短的蠟燭水面上升高度較高，而在實驗中以 5 公分的蠟燭所測得氧含量最接近  $1/5$ ，也就是蠟燭長度如果是玻璃長筒長度的  $1/4$  左右，最適合做實驗。(  $5 / 19.5$  )
- (二)蠟燭的粗細不會影響水面上升高度。因為所測得氧含量都很接近。
- (三)玻璃長筒口徑大小會影響水面上升高度，口徑越小水面上升高度越高，口徑越大，水面上升高度越低。但以 6.4 ~ 7.4 公分左右的口徑較適合做實驗。
- (四)在實驗操作，若蓋上玻璃長筒後不用手壓住，所測得氧含量較接近  $1/5$ ，結果較正確。
- (五)水量的多少並非影響水面上升高度之重要因素。
- (六)水溫高低對水面上升高度稍有影響，水溫太高時，蠟燭軟化無法做實驗；水溫太低時，影響空氣流動，氧氣無法充分消耗，所得結果不太正確。所以水溫過高或過低都不適於做實驗。而依實驗所得以  $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$  之水溫較合適。
- (七)實驗中所用的玻璃長筒及水槽，如果其口徑比例及長度比例較接近 2 : 1 時，實驗所得結果誤差較少。較適合於做實驗。
- (八)蠟燭燃燒時間與玻璃長筒大小有關，越大的長筒氧含量較多，燃燒時間較長，越小的長筒燃燒時間則較短。但燃燒時間長水面予升高度不一定較高，因燃燒久，可能不旺盛，所以水面上升的高度和燃燒時間並沒有絕對的影響。
- (九)綜合以上結果建議在實驗操作中，選用較短的蠟燭，長度約為玻璃長筒的  $1/4$ ，而長筒口徑以 6.4 ~ 7.4 公分較佳。玻璃長筒與水槽的

長度及口徑比例約為 2 : 1 較好。在實驗中不壓住玻璃長筒結果較正確。水槽中的水溫以 30°C ~ 40°C 較佳。

## 七、參考資料

(一)五年級自然課本及教學指引第十一冊。

(二)光復百科大全(5)—基礎科學。

(三)少年科學。

(四)爲什麼？—志昌出版社出版

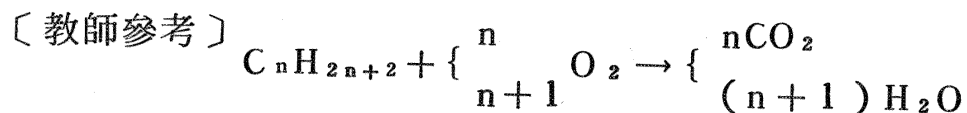
## 評 語

(一)以初小學生能以有系統的方法做科學研究，探討人云亦云的問題，精神應值鼓勵。

(二)在所做實驗條件，難得「五分之一」，因

①蠟燭燃燒很難用盡所有的氧。

②燃燒所產生的二氧化碳，未能完全溶於水，且所產生的二氧化碳的體積，理論上與所耗用的氧的體積相同。



建議：①教師以磷替蠟燭做示範實驗與學生共同研討。

②水中加氫氧化鈉做比較。