

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-化學科

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱： 親愛的，誰讓你長高了？
(如何證明空氣中氧氣的含量)

關 鍵 詞：燃燒、氧化、空氣受熱膨脹

編 號：080203

學校名稱：

臺北縣新莊市光華國民小學

作者姓名：

游宇捷、王藝霖、鐘佳恩、陳妮、李岱齡、張育瑞

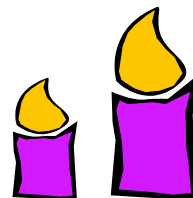
指導老師：

林素霞、白書玦



~親愛的，誰讓你長高了~

(如何證明空氣中氧氣的含量)



一、摘要：

經過多次親自實驗發現與文獻資料中利用「悶熄蠟燭」實驗證明「氧氣約占空氣的 21% (約 $1/4.76$)」有所出入，因為從「悶熄蠟燭」的多次實驗中顯示水位會急速上升，發現利用蠟燭使「水位上升體積」與「空氣中消耗氧氣體積」誤差頗大，更遑論「悶熄蠟燭」可支持「氧氣約占空氣 21% (約 $1/4.76$)」理論！所以針對：蠟燭數量多寡、火焰大小、空氣膨脹...等因素一一探討，抽絲剝繭找出「悶熄蠟燭」的誤差究竟在那兒？有鑒於「悶熄蠟燭」實驗方式是不準確，因此我們更進一步研發另一新方式，顯示出「水位上升體積 = 空氣中消耗氧氣體積」，證明「氧氣約占空氣的 21%」理論。



二、研究動機：

四年級自然課時，老師正在台上講述利用蠟燭證明空氣中的含氧量實驗，會發現蠟燭熄滅後玻璃容器內的水如書上所說：「上升約 $1/5$ 」。

但奇怪的是儘管實驗多次，我們發現水位上升結果不是超過就是不足 $1/5$ ，並非如書上與老師所言的「 $1/5$ 」，更好玩的是有頑皮的同學異想天開：將實驗中一根蠟燭換四根，『代誌大條囉...』，水位竟快速狂升甚至淹沒蠟燭...

『那ㄟ按ㄜㄟ??...』是我們共同的疑問，老師解釋那是因「誤差」關係，但為何有這麼大誤差咧...，但我們對會產生那麼大的誤差感到好奇，所以利用科展來對誤差做個研究，並想想是否有更好的方法來證明氧氣占空氣的 $1/5$ ，而且誤差不會太大。

三、研究目的：

- (一) 悶熄蠟燭後水上升的體積，是真的耗掉氧氣的體積？產生誤差原因在哪裡？
- (二) 利用鋼棉的氧化作用，可以測出空氣中的含氧量嗎？
- (三) 容器的大小會不會影響水上升的高度？為什麼？
- (四) 火焰大小會不會影響水上升高度？
- (五) 空氣受熱膨脹會不會影響水位上升？
- (六) 氧氣含量越多水上升高度會如何？
- (七) 哪一種實驗可容易又正確證明空氣中氧氣的含量約五分之一？
- (八) **0.1g** 的鋼棉可消耗掉多少空氣中的氧氣？

四、研究設備器材和材料

蠟燭、水族箱、鐵盒、溫度計、水、黏土、廣口瓶、圓柱形玻璃容器、錐形瓶、試管、圓形燒瓶、夾子、烤箱、抹布、橡皮管、玻璃（彎）管、橡皮塞、尺、鋼棉、天秤、醋、鐵絲、量筒、剪刀、尖嘴鉗、酒精燈、鐵盤、三腳架、鐵湯匙、線香、棉線、新鮮蔬果、玻璃板、滴管、雙氧水、寶特瓶、注射筒。

五、研究方法與過程：

(研究一)：悶熄蠟燭後水上升的體積是燃燒時消耗氧氣的體積嗎？

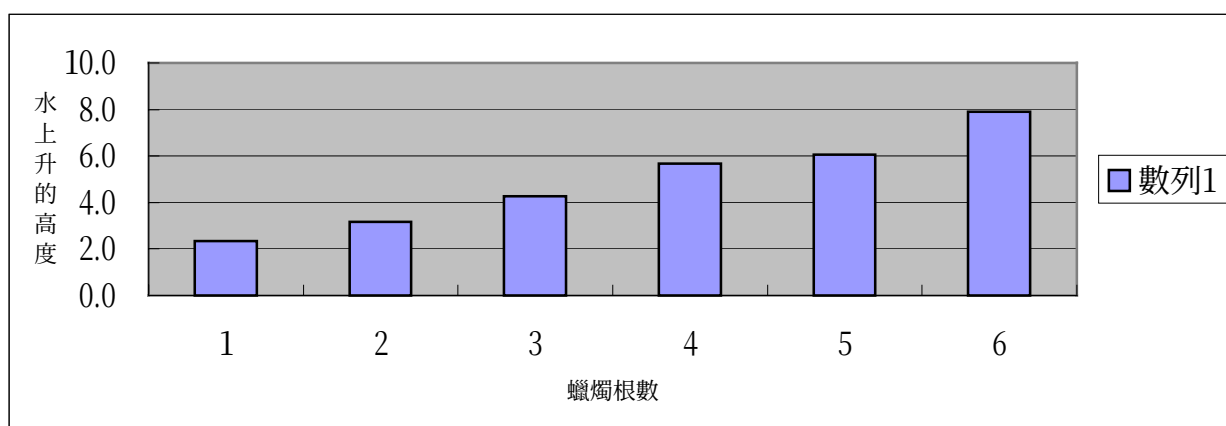
實驗方法：

- 1、用鐵盒裝水水深 1.5cm。
- 2、蠟燭高為(以容器高的 1/2 高)、利用少量化學黏土固定在鐵盒上。
- 3、分別用圓筒形玻璃容器 1500cc、1000cc、500cc 悶熄蠟燭。
- 4、蠟燭根數分別用 1 根、2 根、3 根、4 根、5 根、6 根。
- 5、燭高（約容器的 1/2 高），燭心長 0.8cm。
- 6、測量水上升高度以實驗三次平均值為紀錄。

實驗結果（水上升高度單位為 cm）

(一)：悶熄蠟燭玻璃容器 1500cc，蠟燭高 10cm，蠟燭體積 11ml

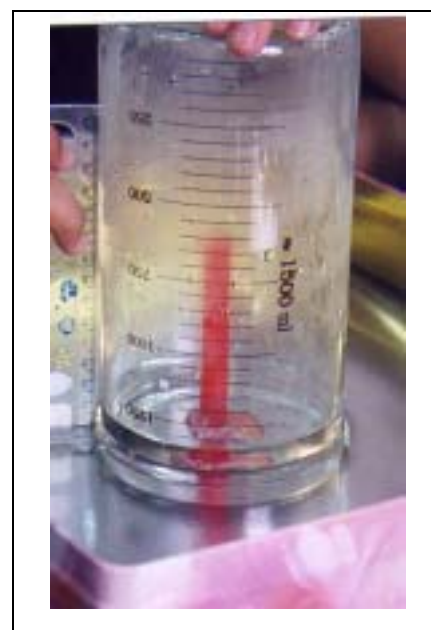
蠟燭根數 項 目	蠟燭根數 1 根	蠟燭根數 2 根	蠟燭根數 3 根	蠟燭根數 4 根	蠟燭根數 5 根	蠟燭根數 6 根
三次水上升高度平均	2.3	3.2	4.3	5.7	6.1	7.9
水上升的體積 總容器體積	1/8.5	1/6.1	1/4.4	1/3.3	1/3.1	1/2.4



↑照片 1：一樣長度的蠟燭！



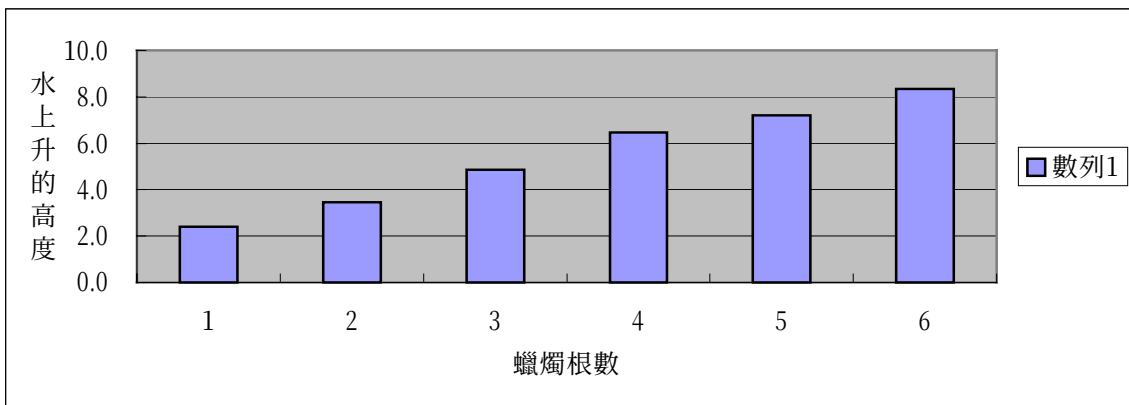
↑照片 2：悶熄蠟燭



↑照片 3：量水上升的高度。

(二) 悶熄蠟燭玻璃容器 1000cc，蠟燭高 10cm，燭心長 0.8cm，蠟燭體積 11ml

蠟燭根數 項 目	蠟燭根數 1 根	蠟燭根數 2 根	蠟燭根數 3 根	蠟燭根數 4 根	蠟燭根數 5 根	蠟燭根數 6 根
三次水上升高度平均	2.4	3.5	4.9	6.5	7.2	8.3
水上升的體積 總容器體積	$1/7.9$	$1/5.4$	$1/4.3$	$1/3.2$	$1/2.8$	$1/2.3$



↑照片 4：正在點燃蠟燭！



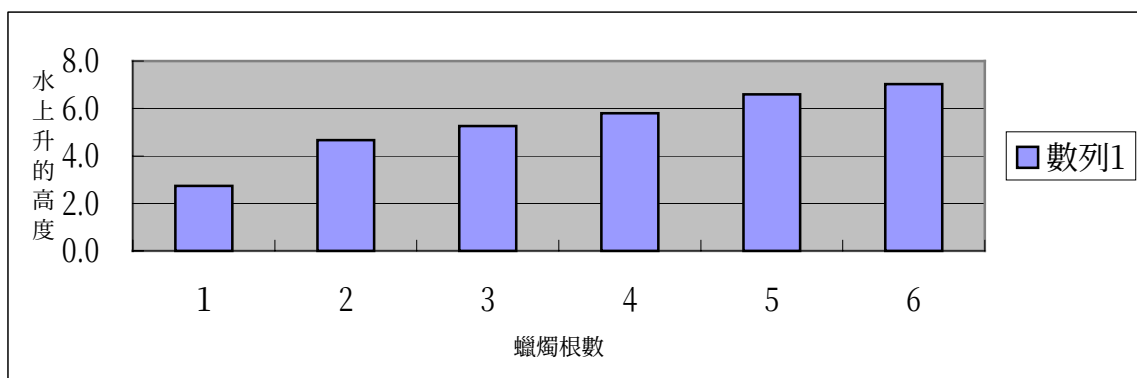
↑照片 5：哇！上升好多耶..



↑照片 6：到底上升多少？

(三) 悶熄蠟燭玻璃容器 500cc，燭高 6cm，燭心長 0.8cm，蠟燭體積 6.5ml

蠟燭根數	蠟燭根數	蠟燭根數	蠟燭根數	蠟燭根數	蠟燭根數	蠟燭根數
項 目	1 根	2 根	3 根	4 根	5 根	6 根
三次水上升高度平均	2.7	4.7	5.3	5.8	6.6	7.0
$\frac{\text{水上升的體積}}{\text{總容器體積}}$	1/5.5	1/3.2	1/2.8	1/2.6	1/2.2	1/2.1



研究歸納：

蠟燭根數 項 目	蠟燭根數 1 根	蠟燭根數 2 根	蠟燭根數 3 根	蠟燭根數 4 根	蠟燭根數 5 根	蠟燭根數 6 根
容器 1500cc 水上升的體積佔總體積的比	1/8.5	1/6.1	1/4.4	1/3.3	1/3.1	1/2.4
容器 1000cc 水上升的體積佔總體積的比	1/7.9	1/5.4	1/4.3	1/3.2	1/2.8	1/2.3
容器 500cc 水上升的體積佔總體積的比	1/5.5	1/3.2	1/2.8	1/2.6	1/2.2	1/2.1

研究發現：

- 1、由結果發現當蠟燭根數增加時，水上升的高度及體積也增加。
- 2、由歸納〈一〉發現水上升的體積占總體積：
 - (1) 約 1/5 的實驗：容器 500cc 燃燒一根蠟燭、容器 1000cc 燃燒二根蠟燭。
 - (2) 低於 1/5 的實驗：容器 1000cc 燃燒一根蠟燭、容器 1500cc 燃燒一根蠟燭。
 - (3) 高於 1/5 的實驗：容器 1500cc 燃燒二根蠟燭、燃燒三根蠟燭以上都是高於 1/5。
- 3、燃燒過的空氣用澄清石灰水相混合變白色渾濁狀，可知含有二氧化碳。
- 4、水上升 1/5 一實驗：容器小蠟燭根數少、容器大蠟燭根數多。

研究討論：

- 1.從這個實驗可知容器的改變，減少的氣體比例也會改變。
- 2.燃燒蠟燭根數的改變，減少的氣體比例也會改變。
- 3.要如何證明減少的氣體就是空氣中的氧氣？

據文件資料表示：『氧氣是約占空氣的五分之一』。但由我們由實驗數據的結果顯示：

1/8.5、1/7.9、1/6.1、1/4.4、1/3.3、1/2.8、1/2.1 都有發生。若只是消耗氧，誤差不應該這麼多。可見一定有其他原因影響。因此採「悶熄蠟燭」的實驗方法，証明耗掉的是氧氣但誤差相當大，可見這實驗並非相當恰當。



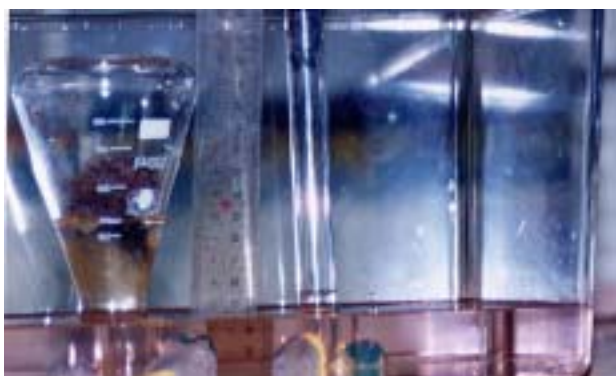
推測可能誤差的原因：

- 1、蠟燭燃燒會耗氧氣，也會產生二氧化碳。
- 2、蠟燭燃燒時周圍空氣受熱膨脹，悶熄蠟燭後溫度降低，空氣收縮使水上升。
- 3、火焰的大小。
- 4、容器的大小。(參見附件一)
- 5、氧氣的多寡。(參見附件二)

〔研究二〕：用不同容器裝 1 克鋼棉氧化消耗氧氣，測量出減少的氣體約占總容量的多少多寡？

實驗方法：

1. 將水族箱裝水---水深 2cm。
2. 把 1 公克鋼棉沾醋並甩乾分別置入試管（32.5ml）、三角錐瓶（284ml）、圓底錐瓶（272ml）。
3. 倒立於水族箱中，靜待二天後觀察水上升的高度並測量出水上升的體積。（裝置見照片 7、8）



↑照片 7：水上升的情形



↑照片 8：裝置完成

實驗結果：

器 項目	試 管 (32 .5ml)	三角 錐瓶 (284 ml)	圓底錐 瓶 (272ml)
水上升體積 (ml)	7.2	48	54
容器總容量 (ml)	32.5	284	272
水上升體積 佔總容器體 積比率	1/4.5	1/5.16	1/5.03

發現：

- 1、水上升體積占試管體積比約 $1/4.5$ 。
- 2、水上升體積占三角錐瓶體積比約 $1/5.16$
- 3、水上升體積占圓底錐瓶體積比 $1/5$ 左右。
- 4、不知瓶中為何種氣體，於是用線香點燃放入瓶中，結果一下子熄滅，可知氧氣消耗了。
- 5、用澄清石灰水來測試，並無白濁現象。
- 6、鋼棉的顏色由鐵灰色變為褐色，代表被氧化了，且將線香放入後立即熄滅。

討論：

- 1、從實驗得知雖然容器不同、形狀也不同，但減少的氣體大約 $1/5$ 左右。
- 2、將燃燒中的線香放進容器中發現線香立即熄滅；而澄清石灰水與容中氣體相互搖晃後
發現並無混濁現象，可見容器中的氣體並無含氧與二氧化碳。代表減少的氣體是
氧氣，而且不會產生二氧化碳。
- 3、利用鋼棉代替火焰，可以準確測出氧氣約占空氣的 $1/5$ 。

〈研究三〉利用鋼棉代替火焰，採〈研究一〉實驗方法做實驗，兩個實驗結果做對照，水上升體積和總體積的比例。

實驗方法：

- 1、用鐵盒裝水水深 1.5cm。
- 2、用 1g 的鋼棉搓成團狀用鐵絲綁成棒棒糖形狀。（**照片 9、照片 10**）
- 3、利用 6g 化學黏土固定鋼棉在鐵盒中。
- 4、分別蓋上玻璃圓筒形容器 1500cc、 1000cc、 500cc。（照片 11）
- 5、測量水上升高度，直到水位不再上升便記錄。

實驗結果：

(水上升高度單位為 cm)

圓筒容器 鋼棉量	1500cc		1000cc		500cc	
	水上升高度	水上升體積 /總體積	水上升高度	水上升體積 /總體積	水上升高度	水上升體積 /總體積
1g 重鋼棉	1.5	1/12.7	1.3	1/16	2.8	1/5.5
2g 重鋼棉	2.0	1/9.5	2.8	1/7	3.5	1/4.4
3g 重鋼棉	2.0	1/9.5	2.4	1/8.2	3.1	1/4.9



↑照片 9：定量鋼棉



↑照片 10：裝置完成...



↑照片 11：多認真在做實驗啊...

發現：

1. 蓋鋼棉的圓筒容器 1500cc、1000cc，水上升體積都少於 $1/5$ 很多，可得知誤差很大。
2. 蓋鋼棉的圓筒容器 500cc，水上升的體積大約 $1/5$ 。

討論：

1. 從先前實驗中水上升的體積大約 $1/5$ ，〈研究一〉實驗顯示只有圓筒容器 500cc 一根蠟燭、圓筒容器 1000cc 二根蠟燭；〈研究三〉只有圓筒容器 500cc 蓋鋼棉。因此可得知：蓋鋼棉、悶熄蠟燭的實驗容器過大，都會影響水位上升體積的準確性。
2. 悶熄蠟燭容器大小最好不要超過 500cc。
2. 由〈研究一〉〈研究二〉〈研究三〉悶熄蠟燭或蓋住鋼棉容器越大，水位上升的體積會比氣體減少的體積越小，所以容器越大則測出的氣體減少體積誤差越大。
4. 選擇約 500cc 或比 500cc 小的容器，最好瓶身小的容器誤差會較小。

〈研究四〉：火焰的大小是否會影響水上升的高度？

實驗方法：

1. 利用棉線製作燭蕊粗細不同四種特粗、粗、細、較細。（見照片 12、13）
2. 試試是否火焰大小不同：特大火焰高約 13 公分、寬 3 公分；大火焰高約 10 公

分寬、1.5 公分；中火焰高約 6.5 公分、寬 0.7 公分；小火焰高約 2.5 公分、寬 0.7 公分。（因火焰沒有固定形狀，取其較穩定的大小。（見照片 14）

3、水族箱裝水，水深 2 公分。

4、用 8 克重黏土墊高蠟燭並固定在水族箱中。

5、點燃蠟燭火焰穩定後用廣口瓶 340cc 蓋上蠟燭。（照片 15）

6、蠟燭熄滅水不再繼續升，觀察水上升的高度並記錄。

7、依水上升高度，計算水上升體積和總體積的比。



照片 12：特製蠟



照片 13：小心...



↑照片 14：燭焰比較



照片 15：悶熄火焰

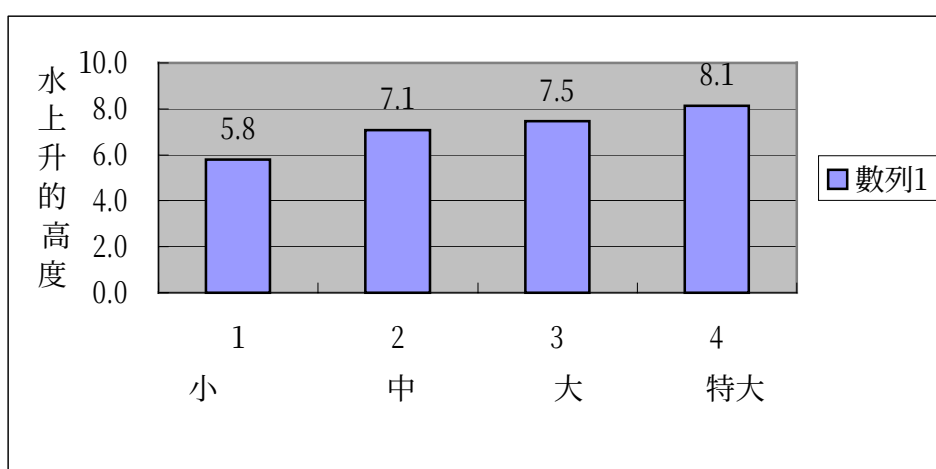


照片 16：試驗

實驗結果：

圓筒容器 500cc 項目	火焰 (小)	火焰 (中)	火焰 (大)	火焰 (特大)
水上升高度 (cm)	4.5	5.9	6.3	7.4
水上升體積 (ml)	124	171	190	238
水上升體積和總 體積的比	1/4.0	1/2.9	1/2.6	1/2.1

火焰種類 廣口瓶 340cc	火燄 (小)	火焰 (中)	火焰 (大)	火焰 (特大)
水上升高度第 1 次 (cm)	5.4	7.2	7.2	7.8
水上升高度第 2 次 (cm)	5.9	6.9	6.9	8.5
水上升高度第 3 次 (cm)	6.1	7.1	7.1	8.1
平均高度	5.8	7.1	7.1	8.1
水上升體積和總體積比	1/5.3	1/3.8	1/3.4	1/2.4



發現

- 1、廣口瓶 340cc，悶熄蠟燭火焰小，水上升的體積和總體積比約 1/5.3。
- 2、採圓筒容器悶熄蠟燭，水上升的體積都大於 1/5。
- 3、火焰越大，水上升的高度越高，水上升體積和總體積比越大（都超過 1/5）。

討論：

- 1、火焰大占的空間大周圍空氣溫度高，空氣膨脹大。因此當火焰熄滅，溫度降低時，火焰空間變少，空氣溫度降低而收縮，因此水上升的體積超過燃燒時消耗的氧氣很多。
- 2、火焰越大，空氣受熱膨脹越多，溫度降低空氣體積會縮小會影響水上升高度。（參見研究五）

〈研究五〉：容器內空氣受熱後再降溫容器內的水會不會上升？上升情形如何？

實驗方法：

1. 水族箱水深 2 公分。
2. 把容器放入烤箱，溫度分別：45°C、60°C、75°C、90°C。
3. 容器有圓筒容器 260 cc、500cc、廣口瓶 340 cc、560cc。
4. 容器在烤箱內溫度到達時，迅速拿出來蓋在水族箱裡。
5. 等溫度降為常溫，測量水上升的高度。



↑照片 17：裝置中



↑照片 18：烤熱中

實驗結果：

溫 度 項 目		45°C	60°C	75°C	90°C
圓筒容 器 500cc	水上 升高 度	0.7	0.9	1.5	2.3
	水上 升體 積/ 總體 積	1/20.0	1/16.4	1/10	1/6.1
圓筒容 器 260cc	水上 升高 度	0.7	0.8	2.1	2.4
	水上 升體 積/ 總體 積	1/14	1/13	1/6.5	1/6.1
廣口瓶 560cc	水上 升高 度	0.8	1.5	2.7	3.0
	水上 升體 積/ 總體 積	1/26.7	1/17.0	1/10.0	1/8.0
廣口瓶 340cc	水上 升高 度	2.0	2.5	3.0	3.5
	水上 升體 積/ 總 體積	1/14.4	1/10.6	1/7.4	1/5.8

發現：溫度在 45℃ 度時影響很小，溫度越高，水上升體積比越大

討論：空氣受熱膨脹會影響水上升的高度，而且溫度越高影響越大。

〈研究六〉：如何可以讓鋼棉氧化速度快？鋼棉的多寡會不會影響水為上升

實驗方法：

1. 一組用 1g、2g、3g 鋼棉沾水裝入試管；一組 1g、2g、3g 鋼棉沾醋裝入試管；一組 1g、2g、3g 鋼棉沾水＋醋裝入試管。
2. 裝好鋼棉的試管倒立於水深 2cm 的水族箱。
3. 四小時後，觀察那一組水上升的速度比較快並記錄。

實驗結果：

鋼棉沾水	鋼棉 1g	鋼棉 2g	鋼棉 3g
水上升高度 (cm)	0.5	0.7	0.8

鋼棉沾醋	鋼棉 1g	鋼棉 2g	鋼棉 3g
水上升高度 (cm)	2.1	1.9	2.2

鋼棉沾醋加上少許水	鋼棉 1g	鋼棉 2g	鋼棉 3g
水上升高度 (cm)	3.6	3.9	3.6

發現：試管裝沾的鋼醋加水的鋼棉，很明顯可看出水上升最快，試管裝沾水的鋼棉，水上升最慢。

討論：如果要氧化速度較快，鋼棉採用沾醋加水。

〈研究七〉：採用哪一種裝置較能準確證明氧氣占空氣的 1/5。

實驗方法（一）：

1. 蠟燭採一根，火焰高約 2.5cm、寬約 0.7cm。
2. 悶熄的容器廣口瓶 340cc、560cc、圓筒形玻璃容器 250cc、500cc。
3. 水族箱裝水水深 2cm。
4. 蠟燭用 4g 黏土固定在水族箱中
5. 點燃蠟燭火焰穩定後，用容器悶熄蠟燭。
6. 等水位不再上升測量水上高度並求其兩次平均值。

實驗結果（一）：（水上升高度單位為 cm）

項 目 \ 容器種類	廣口瓶 340cc	廣口瓶 500cc	圓筒型 容器 260cc	圓筒型 容器 500cc
兩次平均高度	4.8	4.7	4.2	2.6
水上升體積	93	114	74	88
水上升體積/ 總體積	1/3.7	1/4.9	1/3.5	1/5.6

實驗方法（二）

- 1、鋼棉撮成 1g、2g、3g，做成棒棒糖形狀，沾醋加少許的水電乾固定在水深 2cm 的水族箱。
- 2、採用容器廣口瓶 340cc、560cc、圓筒形玻璃容器 250 cc、500cc，並蓋住鋼棉。
- 3、直到水位不再上升，測量水上升的高度。

實驗結果（二）：（照片 19、20、21）

（水上升高度單位為 cm）

鋼棉數量 \ 容器種類	廣口瓶 340cc	廣口瓶 560cc	圓筒型 容器 260cc	圓筒型 容器 500cc
水上升高度 1g	4.4	4.2	3.4	3.2
水上升高度 2g	4.4	4.5	3.25	3.5
水上升高度 3g	4.3	4.5	3.6	3.6
平均	4.3	4.4	3.5	3.4
水上升體積	66	107	63	116
水上升體積/總 體積	1/5.1	1/5.2	1/4.1	1/4.4

實驗方法 (三) :

1. 鋼棉採 0.5g, 沾醋加水後甩乾裝入不同長度圓頭試管中, 倒立在水深 2cm 的水族箱。
2. 經過兩天後測量水上升的高度。

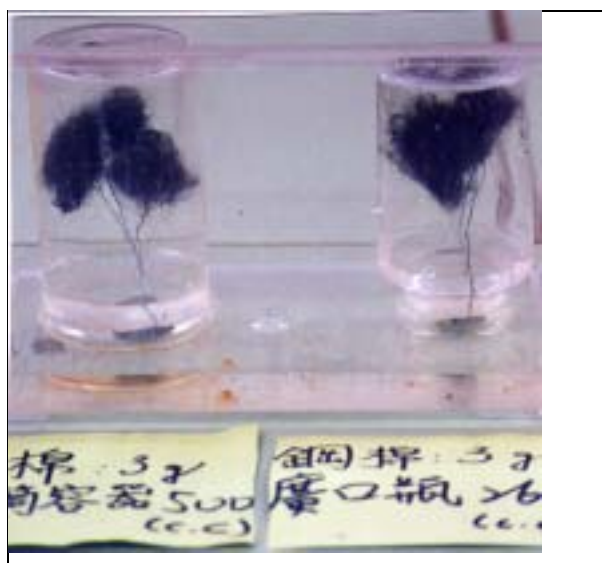
實驗結果 (三) : (照片 22)

(水上升高度單位為 cm)

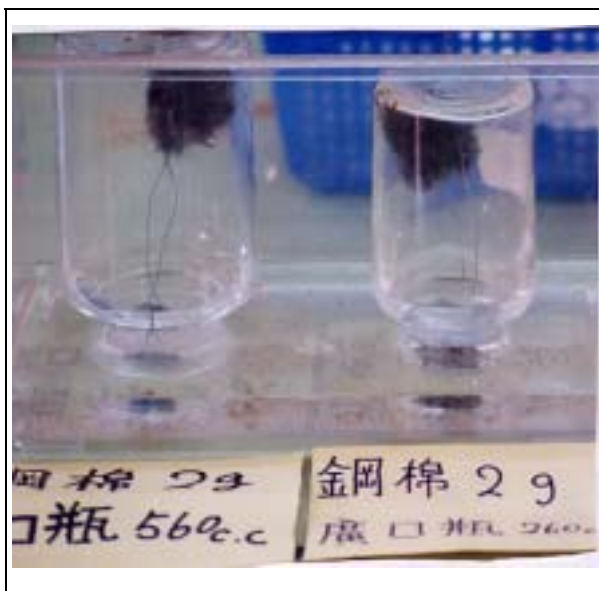
容器種類 鋼棉數量	圓頭試管長 18.2cm	圓頭試管長 15.0 cm	圓頭試管長 10.0 cm	圓頭試管長 9.0cm
水上升高度	3.5	2.9	2.1	1.8
水上升的高度/ 總長度	1/5.2	1/5.1	1/4.8	1/5



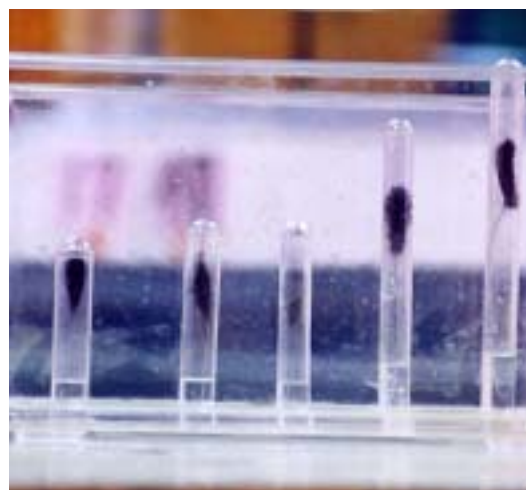
↑ 照片 19



↑ 照片 20



↑照片 21



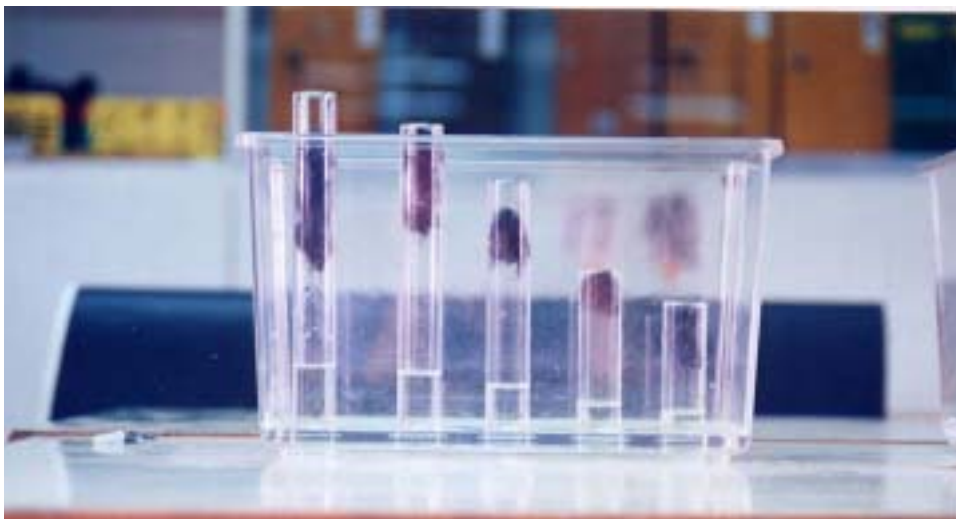
↑照片 22

實驗方法 (四)

1. 鋼棉 0.5g，沾醋加少許水甩乾裝入不同長度平頭試管中，倒立在水深 2cm 的水族箱。
2. 直到水位不再上升，測量水上升的高度。

實驗結果 (四) : (照片 23)

試管種類 項 目	平頭試管 20 cm (80cc)	平頭試管 18 cm (70cc)	平頭試管 15 cm (60cc)	平頭試管 10 cm (40cc)	平頭試管 8 cm (30cc)
水上升高度	4.4	4.0	3.3	2.3	1.9
水上升高度/ 試管總長度	1/4.5	1/4.5	1/4.5	1/4.3	1/4.2



照片 23

發現：

1. 採用燃燒消耗氧氣，測出氧氣在空氣中的比例誤差大，因每次實驗結果相差很多。
2. 由於採用同量的鋼棉來消耗氧氣，顯示穩定性高，誤差小。
3. 採用圓頭試管直接用水上升高比上總高度，可以找到氧氣佔空氣的比例從 $1/4.8 \sim 1/5.2$ 。
4. 採用平頭試管直接用水上升高比上總高度，可找到氧氣佔空氣的比例從 $1/4.5 \sim 1/4.2$ 。

討論：

1. 從四個實驗可知道用火焰來耗氧氣，讓水位上升的穩定性比鋼棉穩定性差。
2. 採用鋼棉來耗氧氣，讓水位上升的高度穩定性高。
3. 採用圓頭試管，瓶身不能確定直徑相同，也可以證明氧氣約佔空氣的 $1/5$ 。
4. 採用平頭試管，瓶身直徑相同。但發現試管越長越靠近 $1/4.76$ ，試管越短越大於 $1/4.76$

〈研究八〉：外圍水族箱的水深會不會影響水位上升的高度？

實驗方法

- 1、 水族箱分別裝不同深度的水。
- 2、 不同長度的試管，裝入鋼棉沾加點水的醋，倒放在裝水的水族箱。
- 3、 直到水位不再上升，量試管內水位上升高度。

實驗結果：

水深 1 cm和 3 cm和（和 2 cm一樣）

試管種類 項 目	平頭試管 20 cm (80cc)	平頭試管 18 cm (70cc)	平頭試管 15 cm (60cc)	平頭試管 10 cm (40cc)	平頭試管 8 cm (30cc)
水上升的高度	4.4	4.0	3.3	2.3	1.9
水上升的高度/ 試管總長度	1/4.5	1/4.5	1/4.5	1/4.3	1/4.2

發現

證明外圍的水深對於試管內的水位上升影響不大。

討論：

外圍的水深若過深則不易於實驗的觀察，且試管易受水的浮力影響而倒。

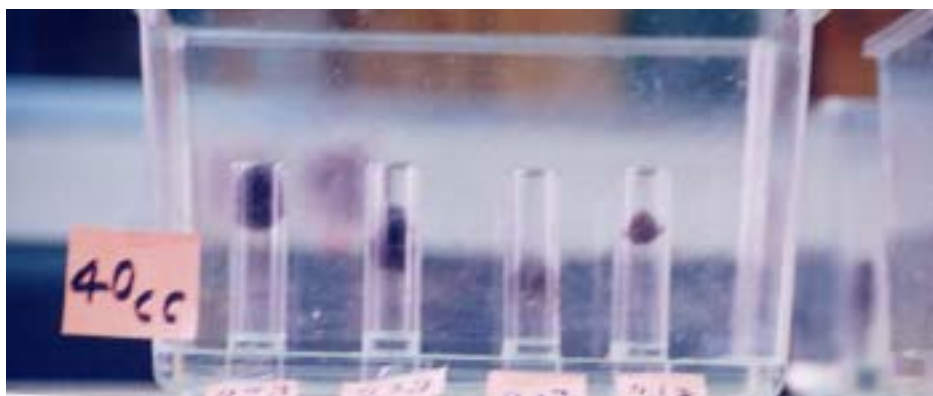
〈研究九〉：多少重量的鋼棉可以消耗多少空氣中的氧氣？**實驗方法**

- 1、水族箱裝水深 2 cm。
- 2.分別取用 0.1g、0.2g、0.3g、0.4g 的鋼棉沾醋加少許的水。
- 3.用不同大小的平頭試管，分別蓋住 0.1g、0.2g、0.3g、0.4g 的鋼棉
- 4.過 1 到 2 天水位不再上升，測量水上升的高度。（照片 24-26）

實驗結果：

平頭試管 10 cm (40 cc)

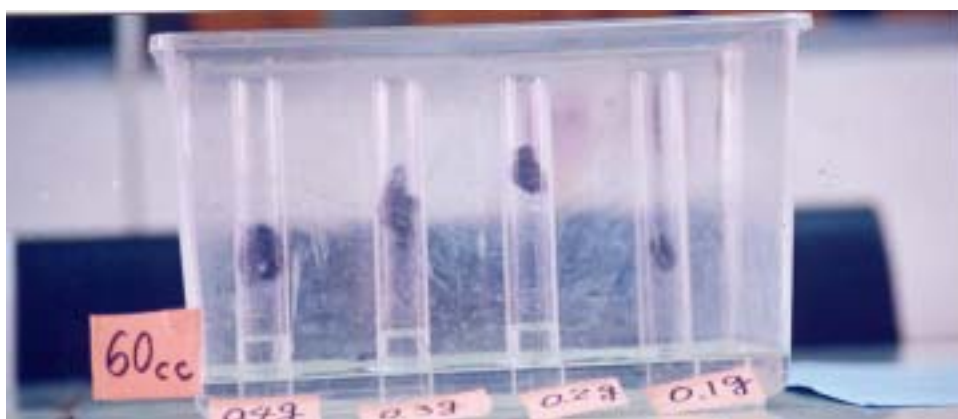
鋼棉量 項 目	0.4g	0.3g	0.2g	0.1g
第一天水位上升高度 (cm)	2.2	2.3	2.2	2.1
第二天水位上升高度 (cm)	2.2	2.3	2.2	2.3
水位上升高度/試管總長度	1/4. 5	1/4. 3	1/4. 3	1/4. 3



照片 24

平頭試管 15 cm (60 cc)

鋼棉 量 項 目	0.4g	0.3g	0.2g	0.1g
第一天水位上升高度 (cm)	3.1	3.1	3.1	2.0
第二天水位上升高度 (cm)	3.2	3.2	3.2	2.2
水位上升高度/試管總長度	1/4.6	1/4.6	1/4.6	1/6.8



照片 25

平頭試管 20 cm (80 cc)

鋼棉量 項 目	0.4g	0.3g	0.2g	0.1g
第一天水位上升高度 (cm)	4.1	4.1	4.1	2.2
第二天水位上升高度 (cm)	4.2	4.2	4.2	2.5
水位上升高度/試管總長度	1/4.7	1/4.7	1/4.7	1/8



照片 26

發現：

1. 0.1g 到 0.4g 使 40 cc 的試管，水位上升約 2.2~2.3 cm，佔總體積 $1/4.6 \sim 1/4.3$ 。
2. 0.2g 到 0.4g 使 60 cc 的試管，水位上升約 3.2 cm，佔總體積 $1/4.6$ ；0.1g 無法消耗全部氧氣。
3. 80 cc 試管和 60、40cc 的試管實驗結果相同，而 0.1g 也是無法消耗全部氧氣。

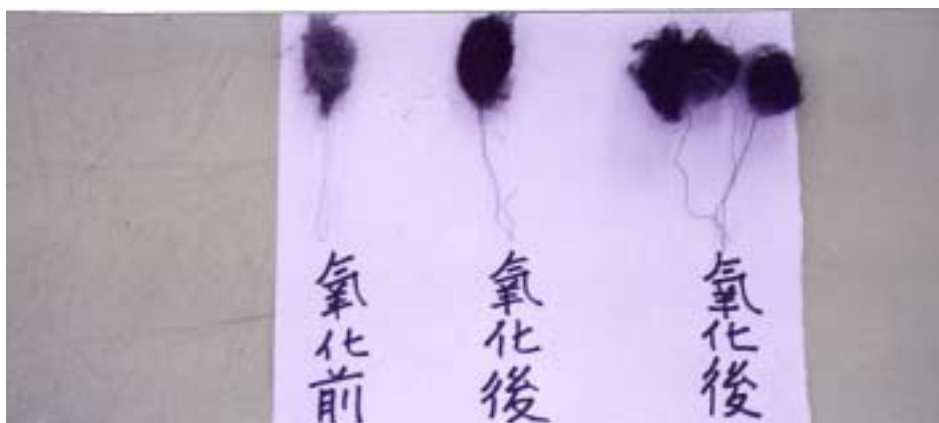
討論：

由實驗得知 0.1g 可以消耗 40 cc 空氣中所含的氧氣；但無法消耗掉 60cc 空氣中的氧氣。

六、結論：

1. 悶熄蠟燭所用蠟燭越多根，水上升的高度越大，誤差越大。如果同用一根蠟燭但是火焰越大，水位上升越多，主要影響水位上升是火焰的大小，而且火焰大小，形狀隨時會變化，以致於每次做實驗誤差容易產生而且勿差還頗大，加上火焰周圍空氣溫度會上升也會影響水上升的高度。
2. 悶熄蠟燭所用的容器大小和瓶口大小，會影響水位上升：採用 500cc 廣口瓶，一根蠟燭時，較容易做出氧氣占約空氣的五分之一，推測在如此條件中巧然測得氧氣占約空氣的五分之一是因燃燒氧氣會產生二氧化碳、空氣會膨脹、熱脹冷縮...等關係，而且每次都有誤差。
3. 瓶中空氣溫度越高，水上升高度越高。
4. 採用鋼棉氧化消耗氧氣，鋼棉數量只要足夠氧化掉氧氣，就可測得氧氣含量，當全部耗掉氧氣時，測得的比例界於 $1/4 \sim 1/5.55$ 間。
5. 採用鋼棉氧化消耗氧氣，測得氧氣含量較為穩定，誤差很少。
6. 採用廣口瓶不能用高度比，必須用量筒測出體積，比較麻煩。
7. 採用圓頭試管或平頭試管，可以直接用水位上升高度和總高度比就可以得知氧氣佔空氣約 21% ($1/4.76$)，雖然有誤差，但是已經很接近了。

- 8、外圍水族箱的水深不可以過深，只要足夠讓試管內水上升的量就可以，因為水越深越不容易觀察水位的上升。
- 9、0.1g 的鋼棉可以消耗 40 cc 空氣中所含的氧氣；0.2g 可以消耗掉 80cc 空氣中所含的氧氣，推論 40 cc~60 cc 中間有一個數值是剛好能讓 0.1g 鋼棉消耗空氣中的氧氣。



氧化前的鋼棉

氧化後的鋼棉

七、參考文獻：

1. 牛頓出版社。 國小自然第十二冊 。初版二刷。台北市。牛頓開發教科書股份有限公司。頁 7-8。(2001/8)。
2. 牛頓出版社。 國小自然第十冊。 初版。台北市。牛頓開發教科書股份有限公司。頁 64。(2002/1)。
3. 康軒出版社。 國小自然第七冊。 第二版。台北縣新店市。康軒文教事業。頁 50。(2000/9)。
4. 劉君祖主編。 小牛頓科學百科 (第四冊)。初版。台北市。牛頓出版社。頁 169。(1988/4)
5. 貓頭鷹出版社編譯小組。 新世紀彩色圖解百科全書。初版。台北市。貓頭鷹出版社。頁 19。(1997/8)。
6. Jane Bingham (譯者：吳家元)。 科學實驗。初版。台北市。遠哲科學教育基金會。頁 7。(2001/3)

附件一：

悶熄蠟燭和蓋住鋼棉的容器大小，為什麼會影響水位上升？

實驗方法：

1. 用不同粗細的寶特瓶，穿洞用塑膠管連接注射筒，不能洩氣。
2. 用水族箱裝水水深 2cm。
3. 不同粗細寶特瓶平放入水中，裡面充滿空氣，再用注射筒抽出定量的空氣，量出寶特瓶內水位上升的體積和抽出的空氣相互對照。(如照片 12、照片 13)



照片 1：容器大



照片 2：容器小

實驗結果：

(抽 60 cc 空氣體積，以抽三次的水位上升體積平均為數據)

直徑大小 項目	直徑 (1622 cc)	直徑 (448 cc)	直徑
水位上升的體積	50 cc	56 cc	60 cc

發現：

容量越大，直徑越粗水位上升的體積和減少的空氣體相差越大，發現抽出 60 cc，卻出現 50 cc、56 cc、60 cc。

討論：

1. 玩空氣槍時，發現空氣受擠壓時有彈性，空氣越多彈性越大，當容器大時減少空氣體積越不明顯。

2.推測（研究一）（研究三）容器 1500 cc、1000 cc，因為容器過大，雖然氧氣減少了約 $\frac{1}{5}$ ，卻無法相對的讓水位上升體積也約 $\frac{1}{5}$ ，在直徑較小時可以顯示減少空氣體積多少，水位上升體積就多少。

附件二：

問題一：收集氧氣的廣口瓶，用燃燒耗氧氣使水上升的情形。

實驗方法：

- 1.錐形瓶內裝馬鈴薯，加入雙氧水後會產生氧氣，運用排水集氣法，將氧收集在廣口瓶（340cc）中。（照片 3）
- 2、線香固定於裝水 2 公分的水族箱。
- 3、線香長約小於廣口瓶高，用少量膠泥固定在水族箱中。
- 4、廣口瓶收集滿了氧氣玻璃板蓋住，移至線香上方並蓋住線香，結果線香燃燒旺盛，水位上升快速。
- 5、實驗三次，測量並計錄水上升高度平均值。



↑照片 3：排水集氣法



↑照片 4：線香燒得非常旺...

↑照片 5：澄清石灰水變白濁

實驗結果：

項目	水上升高度 (cm)	水上升體積 (ml)	上升體積/總體積
水位高度			
三次平均	6.5	153	1/2.3

發現：

- 1、水上升體積比和特大火焰水上升體積比大約相同。
- 2、水並未完全上升，氧氣用完還有其他氣體，用澄清石灰水混合會成白濁現象。

討論：

- 1.用線香燃燒，線香火焰微小，溫度低，影響水上升也是微小，可知影響水上升是因耗氧多造成的。
- 2.瓶中剩下氣體多是二氧化碳。

問題二：收集氧氣的廣口瓶，用鋼棉氧化消耗氧氣使水上升的情形。

實驗方法：

- 1、錐形瓶內裝馬鈴薯，後加入雙氧水會產生氧氣，利用排水集氣法，將氧收集在廣口瓶。（照片 6）
- 2、水族箱水深 2 公分。
- 2、分別 1g、2g、3g、4g 的鋼棉用鐵絲做成棒棒糖，鋼棉沾醋甩乾，用少量膠泥固定在水族箱中。

- 4、廣口瓶收集滿了氧氣，玻璃板蓋住，移至鋼棉上方蓋住。
- 5、直到水位不再上升記錄。



↑照片 6：鋼棉在氧氣瓶中。

實驗結果：

數 量 項 目	鋼 棉			
	1g	2g	3g	4g
水上升高度 (cm)	4.0	7.7	7.2	7.3
水上升體積 (ml)	4.5	9.0	8.5	8.6
上升體積/總體積	1/3.1	1/1.5	1/1.6	1/1.7

發現：

- 1、鋼棉 1g 的廣口瓶，用線香試瓶中結果，線香燃燒非常旺盛，證明瓶中仍有氧氣。
- 2、其它廣口瓶，用鋼棉氧化掉氧氣，使水上升高度比用線香燃燒使水上升的高度高。

討論：

- 1、瓶中的鋼棉數量 1g、2g、3g、4g，無法使氧氣用完。所以水位沒有完全上升。
- 2、氧氣含量大而水上升的高度也高。
- 3、可得知用鋼棉消耗氧不會產生二氧化碳，所以誤差比較小。

附件三：

歡喜做，甘願受！



↑照片 7：我們正在測量水上升體積。



↑照片 8：利用線香測有無氧氣。



↑照片 9：做夥打拼多快樂！