

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030217

臺南市立後甲國民中學

指導老師姓名

林麗華

吳采坪

作者姓名

林伯昱

林奕成

黃品叡

方冠寓

悠悠宇宙誰主胖瘦

壹、摘要：

爲了探討運動量與減肥的關係，我們利用洋菜活塞、氫氧化鈉、五倍子酚測量運動前後，呼出氣體的二氧化碳和氧的含量，進而推算出醣類、脂肪消耗量的比例。結果發現若運動時間少於 30 分鐘，主要都是消耗醣類，要去掉身上脂肪的機會不大；若運動時間持續 45 分鐘，則每消耗 1 克醣，會同時消耗 2.57 克的脂肪。有沒有耐心與恆心，讓每次運動都能持續較久的時間？悠悠宇宙誰主胖瘦？原來胖瘦的主宰者，正是我們自己。

貳、研究動機：

- 一、自然與生活科技課裏，學到呼吸作用，老師說我們呼吸時，不要誤以爲，氧的消耗量和 CO_2 的生成量必相等，老師說若只有醣氧化，才會相等；若有脂肪氧化，就不會相等。我們想到「減肥」的第一要務就是消除多餘的脂肪，那我們能不能藉著氧消耗量和 CO_2 生成量的關係，來探索脂肪的去留問題？

「減肥」，多少人不計代價，前仆後繼，各種千奇百怪的方法，「成仁取瘦」亦在所不惜。有沒有健康、天然的減肥良方呢？

- 二、作品與教材相關性
 - (一) 2-1 空氣的組成
 - (二) 6-3 兩力平衡
 - (三) 6-4 呼吸作用
 - (四) 6-6 壓力
 - (五) 9-2 分子式與化學反應式
 - (六) 10-2 常見的有機化合物

參、研究目的：

- 一、能否測定呼出氣體 CO_2 的含量？
- 二、能否測定呼出氣體氧的含量？
- 三、能否測定運動前後，呼出氣體 CO_2 和氧的含量？
- 四、能否由運動前後，呼出氣體 CO_2 和氧含量的不同，進一步探討脂肪的去留？

肆、實驗器材：

膠凍粉、傳統洋菜粉、氫氧化鈉、五倍子酚、膠囊、溫度計、橡皮塞、玻璃管、橡皮軟管、軟管夾、塑膠袋、彈性繩、吸管、原子筆外殼尖端、斜面量角器、呼出氣體檢測器

伍、實驗方法及步驟：

實驗一：收集呼出氣體

- (一) 橡皮塞挖洞，置入原子筆外殼尖端，橡皮塞挖一圈凹槽，如圖 1。
- (二) 全新、兩面緊貼的塑膠袋，底部斜角剪一小洞，置入圖 1 的橡皮塞，取蛋糕包裝盒上的彈性繩，沿橡皮塞凹槽，把塑膠袋緊綁在橡皮塞上。
- (三) 在原子筆外殼尖端，再依次接上橡皮軟管、軟管夾、另一個原子筆外殼尖端，如圖 2 及照片 1。

- (四) 從塑膠袋開口處呼出氣體，如照片 2。
- (五) 塑膠袋裝滿呼出氣體後，用彈性繩把塑膠袋口綁緊，如照片 3。
- (六) 依次收集：沒運動時呼出的氣體，及跑步 15 分鐘、30 分鐘、45 分鐘呼出的氣體。

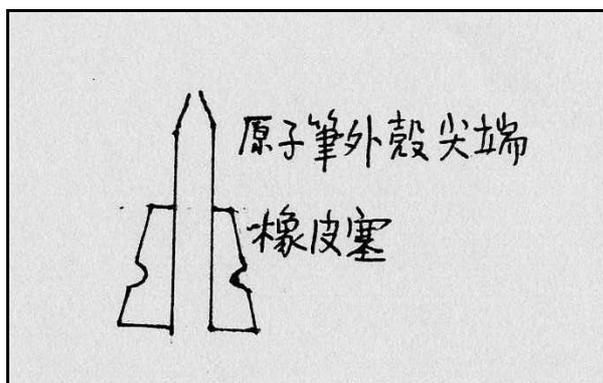


圖 1：腰圍令人羨慕的橡皮塞

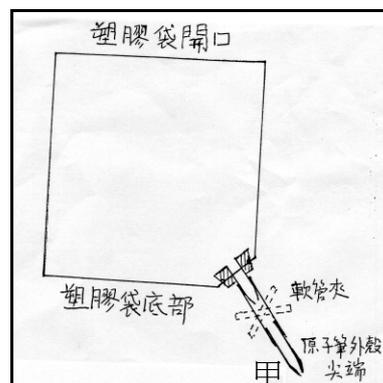


圖 2：便於收集和取出氣體的加工塑膠袋



照片 1：呼出氣體收集袋



照片 2：帥哥「出氣」



照片 3：收集到一袋一袋的呼出氣體

實驗二：呼出氣體檢測器的設計

- (一) 我們想利用參考資料 1 介紹的洋菜活塞來測量氣體體積，但書裏的洋菜活塞只是灌在直直的管中。若要從外面外加藥品，會有很多不便，同時會增加測量上的誤差。
- (二) 在管子旁邊設計一個小容器，如照片 4，我們發現製作不易，且小容器體積受到限制。
- (三) 管子一定要圓形嗎？改為方形就解決上述問題了。但是市面上只有圓形橡皮塞，沒有方形橡皮塞。
- (四) 把方形管一端接上圓形管，製作成呼出氣體檢測器，如圖 3 及照片 5。

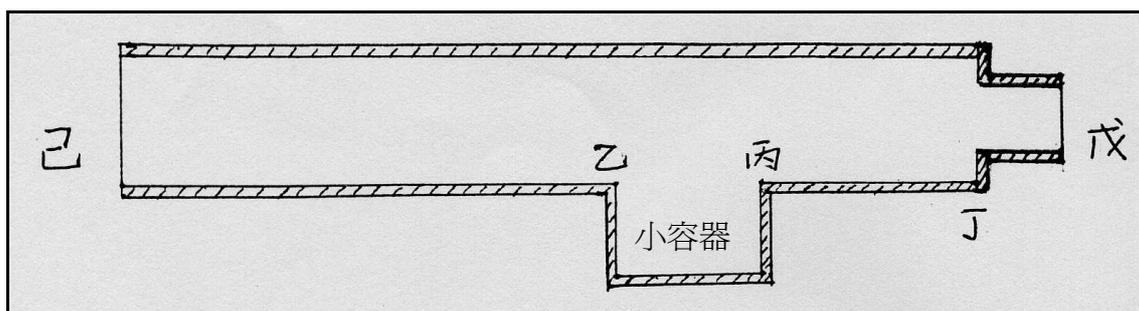


圖 3：呼出氣體檢測器



照片 4：圓管的呼出氣體檢測器



照片 5：方形管的呼出氣體檢測器

實驗三：找尋最佳配方的「混合洋菜活塞」

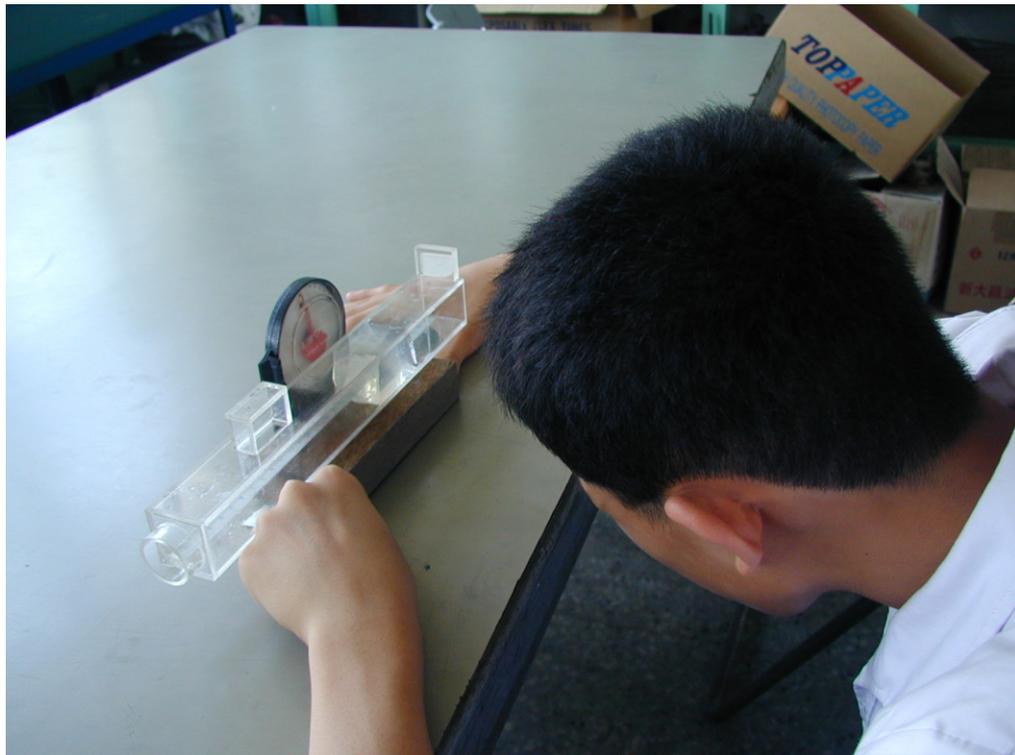
- (一) 以膠凍粉、傳統洋菜粉調配成各種不同比例的「混合洋菜」。
- (二) 在圖 3 的呼出氣體檢測器，塞上橡皮塞，灌製洋菜活塞，如照片 6。
- (三) 取一木塊，上面固定一個斜面量角器，如照片 7。
- (四) 把呼出氣體測量器放在上述木塊上，木塊傾斜至洋菜活塞開始滑動(如照片 8)，記錄傾斜角度。
- (五) 每天測量一次傾斜角度，至洋菜活塞漏氣為止。
- (六) 從表一選出最佳配方的洋菜活塞。



照片 6：灌製洋菜活塞



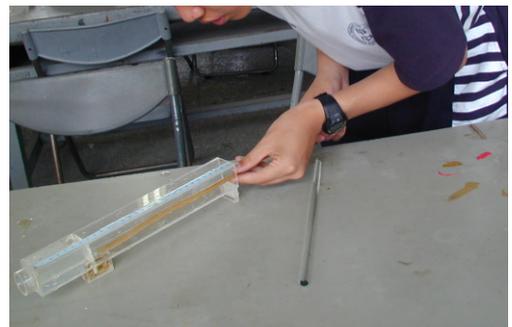
照片 7：斜面量角器帥帥的黏立在木塊上



照片 8：洋菜活塞開始滑動的角度測量

實驗四：呼出氣體中，CO₂ 含量的測定

- (一) 以每 100ml 水 10g 膠凍粉、0.5g 傳統洋菜粉的配方，如實驗 3 的步驟 2，灌製洋菜活塞。
- (二) 讓洋菜活塞移到圖 3 小容器左側，用吸管從戊處加一點水到小容器中。
- (三) 以喝飲料用的吸管代替刮勺，把固體氫氧化鈉裝入膠囊內，把膠囊從戊處放入圖 3 的小容器中。
- (四) 洋菜活塞移到緊貼住丁，此時洋菜活塞在小容器右側，用自製的特長軟吸管，從己處把小容器裝滿水，如照片 9。
- (五) 在戊處塞緊插有玻璃管的橡皮塞，成為圖 4，讓圖 2 的甲緊接圖 4 的 C，兩個軟管夾都打開，



照片 9：自製的特長軟吸管「放水」中

把實驗 1 的呼出氣體擠入(如照片 10)，洋菜活塞向外跑，兩個軟管夾都關閉，拆開甲和 C，記錄洋菜活塞在 A 處的刻度、及當時的溫度和氣壓。

- (六) 待小容器內的膠囊破裂，把小容器內的氫氧化鈉倒入 D，如圖 5，搖動之。
- (七) 圖 4，洋菜活塞向內跑至 B (如照片 11)，記錄洋菜活塞在 B 處的刻度、及當時的溫度和氣壓。
- (八) 依次測量沒運動時呼出氣體中 CO_2 的含量及跑步 15 分鐘、30 分鐘、45 分鐘呼出氣體中 CO_2 的含量。

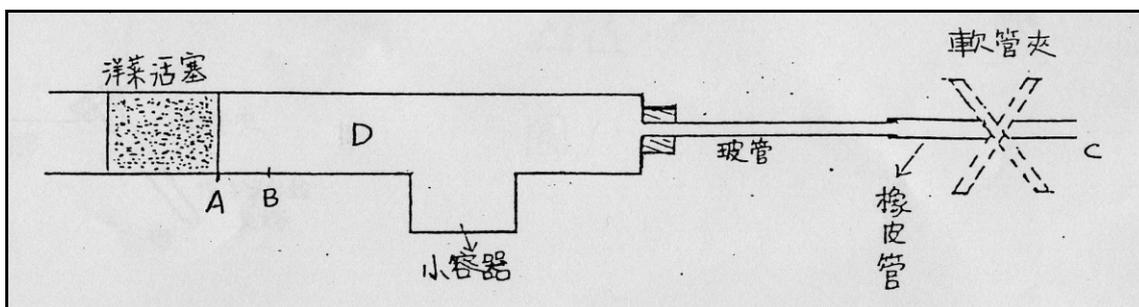


圖 4：全副武裝的呼出氣體檢測器

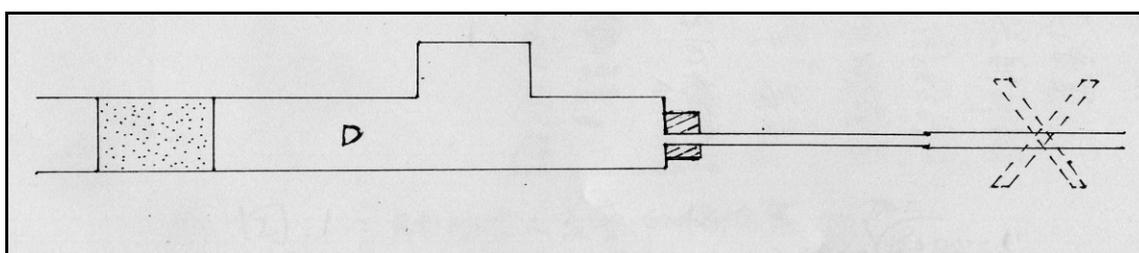


圖 5：看我倒立的厲害



照片 10：呼出氣體「氣走」洋菜活塞

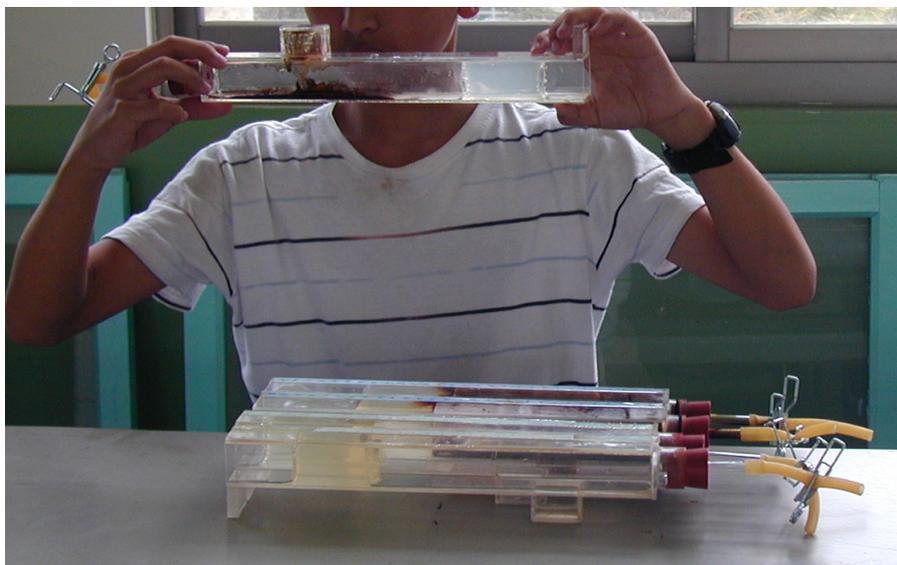


照片 11：NaOH 吸收 CO_2

實驗五：呼出氣體中，氧含量的測定

- (一) 如實驗四的步驟 1、2、3，只是除了原來的 1 顆固體氫氧化鈉膠囊外，再加兩顆固體五倍子酚的膠囊。
- (二) 如實驗四的步驟 4、5，記錄洋菜活塞在 A 處的刻度、及當時的溫度和氣壓。
- (三) 待小容器內的膠囊破裂，把小容器內的氫氧化鈉、五倍子酚倒入 D，如圖 5 及照片 12，搖動之。

- (四) 圖 4，洋菜活塞向內跑至 B，記錄洋菜活塞在 B 處的刻度、及當時的溫度和氣壓。
- (五) 依次測量沒運動時呼出氣體中氧加 CO₂ 的含量及跑步 15 分鐘、30 分鐘、45 分鐘呼出氣體中氧加 CO₂ 的含量。
- (六) 配合實驗四，可得沒運動時及跑步 15 分、30 分、45 分呼出氣體中，氧的含量。



照片 12：倒立讓小容器的 NaOH 和五倍子酚倒入管內

陸、實驗數據及結果：

- 一、實驗三的數據如表一。
- 二、實驗四的數據，呼出氣體 CO₂ 含量測量結果：沒運動、跑 15 分鐘、跑 30 分鐘、跑 45 分鐘依次為表二、表三、表四、表五的 A 部分。
- 三、實驗五的數據，呼出氣體氧的含量測量結果：沒運動、跑 15 分鐘、跑 30 分鐘、跑 45 分鐘依次為表二、表三、表四、表五的 B 部分。
- 四、沒運動、跑 15 分鐘、跑 30 分鐘、跑 45 分鐘，CO₂ 生成量與時間的關係圖如圖 6。
- 五、沒運動、跑 15 分鐘、跑 30 分鐘、跑 45 分鐘，氧的消耗量與時間的關係圖如圖 7。
- 六、沒運動、跑 15 分鐘、跑 30 分鐘、跑 45 分鐘，呼吸商與時間的關係圖如圖 8。
(註：CO₂ 的生成量 / 氧的消耗量，稱為呼吸商)

表一：洋菜活塞配方測定

說明：下列「新」表示膠凍粉，「舊」表示傳統洋菜粉

100ml 水所含新舊克數	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天
新 10 克舊 0.3 克	2.0°	漏氣				
新 10 克舊 0.4 克	3.8°	漏氣				
新 10 克舊 0.5 克	1.5°	1.7°	1.8°	2.1°	3.3°	漏氣
新 10 克舊 0.6 克	3.5°	3.5°	漏氣			
新 10 克舊 0.7 克	4.1°	漏氣				

表二：沒運動

A：二氧化碳含量測定

實驗次數	實驗前溫度 (°k)	實驗前氣壓 百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度 (°k)	實驗後氣壓 百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	二氧化碳含量% (A-B)/A *100%
1	303.5	1007.3	20.00	17.89	304.0	1007.0	19.81	17.68	1.174
2	303.5	1007.3	20.10	17.98	304.0	1007.0	19.80	17.68	1.669
3	303.5	1007.3	20.00	17.89	304.0	1007.0	19.83	17.70	1.062
平均									1.301

B：氧含量測定

實驗次數	實驗前溫度(°k)	實驗前氣壓百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度(°k)	實驗後氣壓百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	剩餘氧及產生二氧化碳含量 (A-B)/A*100%	氧含量 P%	用掉的氧 (20.94% -P%)	呼吸商
1	303.0	1007.3	20.00	17.92	301.0	1006.4	15.78	14.22	20.65	19.35	1.59	
2	304.0	1007.3	20.00	17.86	301.0	1006.4	15.75	14.20	20.49	19.19	1.75	
3	304.0	1007.3	20.00	17.86	301.0	1006.4	15.65	14.10	21.05	19.75	1.19	
平均											1.51	0.862

表三：跑 15 分鐘

A：二氧化碳含量測定

實驗次數	實驗前溫度 (°k)	實驗前氣壓 百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度 (°k)	實驗後氣壓 百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	二氧化碳含量% (A-B)/A *100%
1	300.5	1007.3	20.20	18.25	301.5	1006.9	19.80	17.82	2.356
2	300.8	1007.3	20.00	18.05	301.5	1006.9	19.78	17.80	1.385
3	301.3	1006.9	20.00	18.01	301.5	1006.9	19.84	17.86	0.833
平均									1.525

B：氧含量測定

實驗次數	實驗前溫度(°k)	實驗前氣壓百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度(°k)	實驗後氣壓百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	剩餘氧及產生二氧化碳含量 (A-B)/A*100%	氧含量 P%	用掉的氧 (20.94% -P%)	呼吸商
1	300.5	1007.3	20.00	18.07	301.0	1005.7	15.80	14.23	21.25	19.73	1.21	
2	300.6	1007.3	20.00	18.06	301.0	1005.7	15.87	14.29	20.87	19.35	1.59	
3	301.0	1006.9	20.00	18.03	301.0	1005.7	15.90	14.32	20.58	19.05	1.89	
平均											1.56	0.975

表四：跑 30 分鐘

A：二氧化碳含量測定

實驗次數	實驗前溫度 (k)	實驗前氣壓 百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度 (k)	實驗後氣壓 百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	二氧化碳含量% (A-B)/A *100%
1	301.5	1009.8	20.00	18.05	301.0	1009.3	19.70	17.80	1.385
2	301.0	1009.3	20.00	18.07	301.0	1009.3	19.75	17.85	1.217
3	301.0	1009.3	20.00	18.07	301.0	1009.3	19.70	17.80	1.494
平均									1.366

B：氧含量測定

實驗次數	實驗前溫度(k)	實驗前氣壓百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度(k)	實驗後氣壓百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	剩餘氧及產生二氧化碳含量 (A-B)/A*100%	氧含量 P%	用掉的氧 (20.94% -P%)	呼吸商
1	302.5	1005.7	20.00	17.92	301.5	1012.8	15.70	14.21	20.70	19.34	1.60	
2	303.0	1005.7	20.10	17.98	301.5	1012.8	15.76	14.27	20.63	19.27	1.67	
3	304.0	1009.3	20.00	17.89	303.0	1011.8	15.75	14.17	20.79	19.43	1.51	
平均											1.60	0.856

表五：跑 45 分鐘

A：二氧化碳含量測定

實驗次數	實驗前溫度 (k)	實驗前氣壓 百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度 (k)	實驗後氣壓 百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	二氧化碳含量% (A-B)/A *100%
1	300.2	1010.0	20.00	18.13	301.5	1010.0	19.75	17.83	1.655
2	300.5	1010.0	20.10	18.21	302.0	1010.0	19.85	17.89	1.757
3	301.3	1010.5	20.00	18.08	304.5	1008.5	19.95	17.81	1.493
平均									1.635

B：氧含量測定

實驗次數	實驗前溫度(k)	實驗前氣壓百帕	實驗前刻度 cm	實驗前 S.T.P 刻度 Acm	實驗後溫度(k)	實驗後氣壓百帕	實驗後刻度 cm	實驗後 S.T.P 刻度 Bcm	剩餘氧及產生二氧化碳含量 (A-B)/A*100%	氧含量 P%	用掉的氧 (20.94% -P%)	呼吸商
1	301.2	1009.3	20.20	18.24	301.2	1010.5	16.10	14.56	20.18	18.54	2.40	
2	301.9	1008.5	20.00	18.01	305.0	1005.0	16.16	14.35	20.32	18.69	2.25	
3	301.9	1008.5	20.00	18.01	305.0	1005.0	16.08	14.28	20.71	19.08	1.86	
平均											2.17	0.753

圖 6

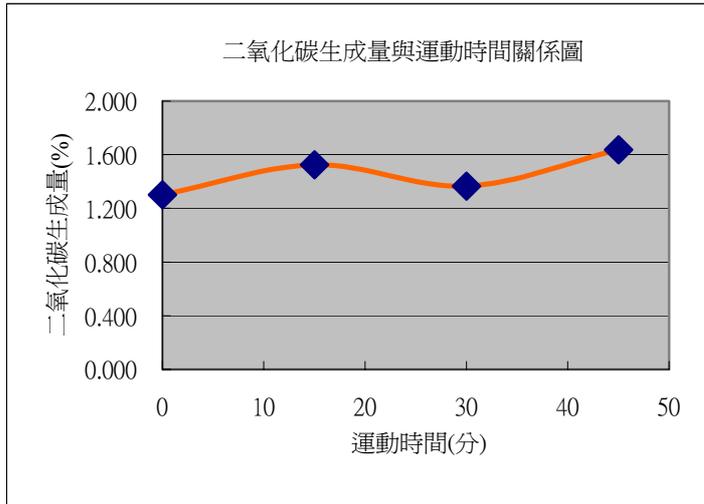


圖 7

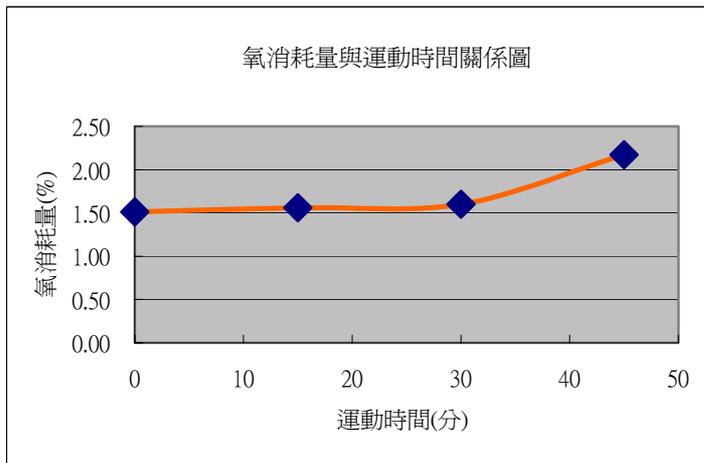
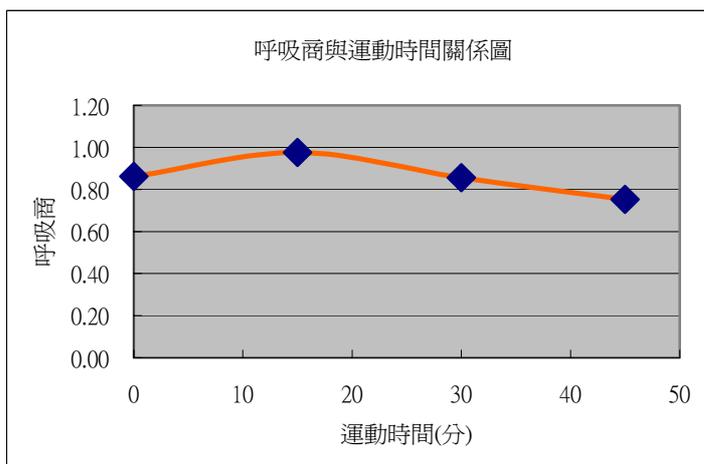


圖 8



柒、總結論及總討論：

實驗一及實驗二：

- (一) 不用排水集氣法，而是利用塑膠袋收集呼出氣體，這樣，不需承受水的壓力，才能自然呼吸，收集到的呼出氣體才不會「失真」。
- (二) 利用原子筆外殼尖端的「斜面」，可輕鬆的與橡皮管接管。
- (三) 圖 3 的乙丙長度要小於丙丁長度，才能在丙丁處灌出長度大於乙丙的洋菜活塞。這樣，當洋菜活塞滑過時，才不會漏氣。

實驗三：

- (一) 參考資料 1 裏，以 100ml 水含膠凍粉 10 克灌製洋菜活塞，在管徑不很大的圓形管中，效果很好。我們在邊長 3cm 的方形管中，灌製後平放，即因太軟變形，有一點塌下，因而漏氣，不能使用。只好自己找尋新配方。
- (二) 由表一可知我們找到適合我們管子的配方是：100ml 水含有 10 克膠凍粉、0.5 克傳統洋菜粉。

實驗四及實驗五：

- (一) 以喝飲料的吸管代替刮勺，可把固體藥品「完美」的放入膠囊中，膠囊外面不會附著藥品。若膠囊外面附著藥品，會造成不小的誤差。飲料吸管真是小兵立大功。
- (二) 醣是碳水化合物，其中氫、氧二元素之原子數比為 2：1，恰與水相同，因此當醣氧化時，來自吸入空氣中的氧僅需供碳氧化即可。所以醣氧化時，氧的消耗量等於 CO₂ 的生成量。
- (三) 脂肪分子中的氧量，不足以氧化其氫，來自吸入空氣中的氧，必需用來將碳氧化，也必需用來將氫氧化，所以脂肪氧化時，氧的消耗量比 CO₂ 的生成量多。
- (四) 從參考資料 4 可知：氧化 1 克醣需消耗 0.828 升的氧，生成 0.828 升的 CO₂；氧化 1 克脂肪需消耗 1.989 升的氧，生成 1.419 升的 CO₂。
- (五) 若呼出的氣體體積 V 升，設沒運動時，消耗 x 克醣，同時消耗 y 克脂肪，經由表二的結果可知：
$$0.0151V = 1.989y + 0.828x$$
$$0.01301V = 1.419y + 0.828x$$
$$x = 0.00943V \text{ 克}$$
$$y = 0.00367V \text{ 克}$$
$$y/x = 0.389$$
也就是說：沒運動時，每消耗 1 克醣，同時消耗 0.389 克脂肪。
- (六) 跑 15 分鐘，呼吸商升高，這是假性呼吸商，是因運動後的過度呼吸所致，由於急劇呼吸，因此 CO₂ 的排出量多於生成量。所以跑 15 分鐘的部分，不作進一步的運算。
- (七) 若呼出的氣體體積 V 升，設跑 30 分鐘時，消耗 x 克醣，同時消耗 y 克脂肪，經由表四的結果可知：
$$0.0160V = 1.989y + 0.828x$$

$$0.01366V = 1.419y + 0.828x$$

$$x = 0.00946V \text{ 克}$$

$$y = 0.00411V \text{ 克}$$

$$y/x = 0.434$$

也就是說：跑 30 分鐘時，每消耗 1 克醣，同時消耗 0.434 克脂肪。

- (八) 若呼出的氣體體積 V 升，設跑 45 分鐘時，消耗 x 克醣，同時消耗 y 克脂肪，經由表五的結果可知：

$$0.0217V = 1.989y + 0.828x$$

$$0.01635V = 1.419y + 0.828x$$

$$x = 0.00366V \text{ 克}$$

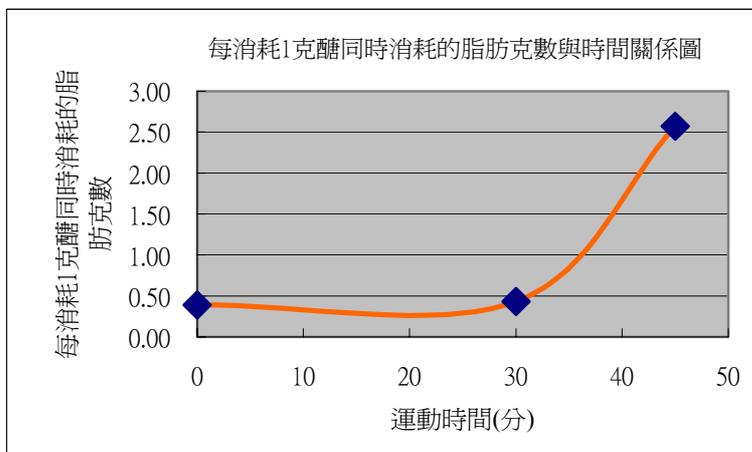
$$y = 0.00939V \text{ 克}$$

$$y/x = 2.57$$

也就是說：跑 45 分鐘時，每消耗 1 克醣，同時消耗 2.57 克脂肪。

- (九) 沒運動、跑 30 分鐘、跑 45 分鐘，每消耗 1 克醣同時消耗脂肪克數與時間的關係圖如圖 9。
- (十) 綜上所述，若運動時間少於 30 分鐘，要去掉身上脂肪的機會不大；若運動時間持續 45 分鐘，身上某些脂肪只好溜之大吉。
- (十一) 有沒有耐心與恆心，讓每次運動都能持續較久的時間？悠悠宇宙誰主胖瘦？除了一些特殊狀況之外，原來胖瘦的主宰者，正是我們自己。

圖 9



捌、參考資料：

- 一、趣味科學攜遊記 第一、二冊 林麗華著 建宏出版社
- 二、自然與生活科技課本
- 三、化學實驗，王澄霞著，三民書局
- 四、肌肉運動生理學 PETER V. KARPOVICH WAYNE E. SINNING 合著，謝文福、曾應龍合譯

評語

030217 國中組化學科 第三名

悠悠宇宙誰主胖瘦

設計實驗測定呼氣之氧及二氧化碳並進而推算運動過程中糖及脂肪之消耗量。設計上具相當之創意，唯數據之再現性略差。