

風兒多可愛！

—— 探討空氣流動的現象 ——

高小組地球科學科第二名

台北縣大豐國民小學

作者：周婷婷、邱詩雯、馬之駿、陳芳婷

指導教師：楊月娥、歐陽金垵

一、研究動機

在自然課堂上，進行——「空氣的流動」單元活動時，老師要我們全班同學試說：哪裡有空氣？同學們都愣住了。忽然老師拿出幾枝線香，點燃後不久，滿室生香。老師說：「空氣是實在的東西，而且會流動啊！」。我和同學們引起了好奇心，想探討出氣體流動的現象。

二、研究問題

- (一) 兩地溫度相同時，氣體會流動嗎？
- (二) 兩地溫度相異時，氣體會流動嗎？
- (三) 兩地溫度相異時，氣體體積改變與流動有關係嗎？
- (四) 空氣究竟是如何流動的呢？

三、研究過程

問題一

兩地溫度相同時，氣體會流動嗎？

實驗(一)

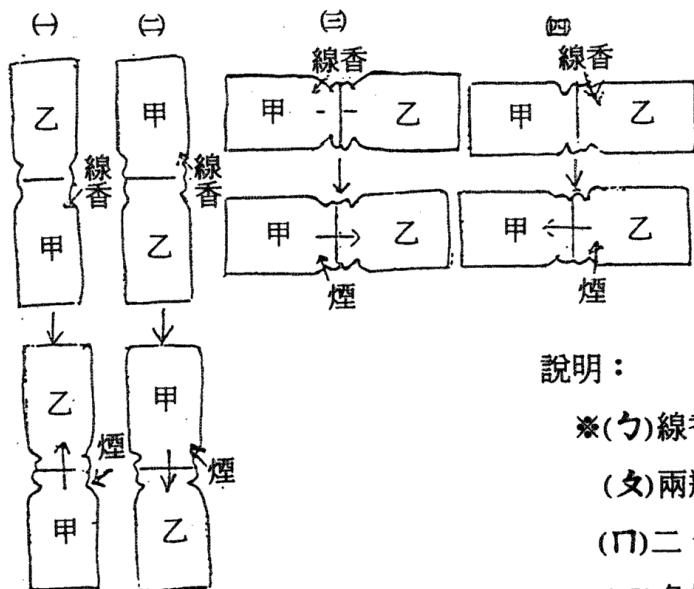
常溫：室溫約17°C

器材：500cc廣口燒瓶兩個、玻璃片（49Cm²）標籤、線香三支、碼錶、溫度計

過程：

1. 將500cc廣口燒瓶二個，分別貼上甲、乙標籤。
2. 將燒瓶一個平置桌面。
3. 將玻璃片密蓋瓶口。

4. 點燃線香。
5. 移開玻璃片少許，插入線香，半分鐘後抽出。
6. 倒立另一燒瓶在玻璃片上。
7. 抽開玻璃片，將兩瓶口密合。
8. 觀察「煙」的現象，並記錄之。
9. 燒瓶上下調位，橫放調位，線香置瓶變換如下圖實驗。



說明：

- ※(一)線香放入瓶中半分鐘。
- (二)兩瓶密合觀察「煙」。
- (三)二、三、四調換及放「煙」情形。
- (四)各操作實驗至少五次。

控制變因：

1. 觀察氣溫。
2. 觀察時間控制。
3. 兩瓶密合情形。
4. 繼續觀察瓶要潔淨。
5. 線香燃燒。
6. 抽取玻璃片方式。

結果：根據記錄整理出下面統計表

煙流動 時間 (秒) 次數	線香 放置	下廣口燒瓶	上廣口燒瓶	左廣口燒瓶	右廣口燒瓶	總 計
		一	2 "04	1 "91	0 "40	
二		0 "66	2 "69	4 "71	4 "83	
三		1 "44	1 "98	3 "69	3 "08	
四		2 "26	2 "47	3 "79	3 "92	
五		1 "56	1 "76	3 "14	3 "94	
平 均		1 "85	2 "67	3 "51	3 "76	2 "73

說明：線香在下廣口燒瓶燃燒，煙流動最快1"85到上瓶。

發現：保持兩燒瓶常溫，溫度相同時，不論瓶子如何調換位置，線香在那一瓶放入半分鐘，觀察兩瓶之間，「煙」的流動並不明顯。

實驗(二)

高溫：用水溫計測量控制在40°C。

器材：熱水一桶、冷水一桶、水溫計、其他同實驗(一)

過程：

- 1.將兩廣口燒瓶，瓶口朝上，瓶身浸入熱水中約二分鐘取出。
- 2.其他操作過程，與控制變因同實驗(一)。

結果：根據記錄整理出下面統計表

煙流動 時間(秒) 次數	線香 放置	下廣口燒瓶	上廣口燒瓶	左廣口燒瓶	右廣口燒瓶	總
一		0 "41	0 "31	6 "28	3 "44	計
二		0 "60	0 "20	2 "36	2 "21	
三		0 "27	0 "08	1 "24	1 "34	
四		0 "01	2 "58	3 "47	3 "18	
五		0 "01	0 "08	4 "58	2 "37	
平	均	0 "43	0 "81	3 "84	2 "71	2"41

說明：現象和實驗一同，較常溫快0"16到上瓶。

發現：煙的流動較明顯。

實驗(三)

低溫：用水溫計測量，控制在5°C。

器材：冰塊、冷水一桶、其他與實驗(一)同。

過程：

- 1.將兩廣口燒瓶浸入5°C水中，二分鐘取出。
- 2.其他操作過程與控制變因同實驗(一)。

結果：根據記錄整理出下面統計表

煙流動 時間(秒) 次數	線香 放置	下廣口燒瓶	上廣口燒瓶	左廣口燒瓶	右廣口燒瓶	總
一		0 "01	2 "63	1 "90	3 "92	計
二		0 "01	1 "36	1 "92	2 "07	
三		0 "01	0 "64	2 "52	2 "80	
四		0 "02	0 "62	0 "95	4 "10	
五		0 "01	1 "43	1 "45	2 "77	
平	均	0 "02	1 "69	2 "24	3 "48	2"09

說明：(1)下廣口燒瓶煙流至上瓶較常溫快1"4。

(2)煙流至上瓶較高溫快0"32。

發現：低溫時和常溫、高溫相同，兩地溫度相同插入線香，溫度改變，流動加快，平時不明顯。

問題二

兩地溫度相異時氣體會流動？

實驗(一)

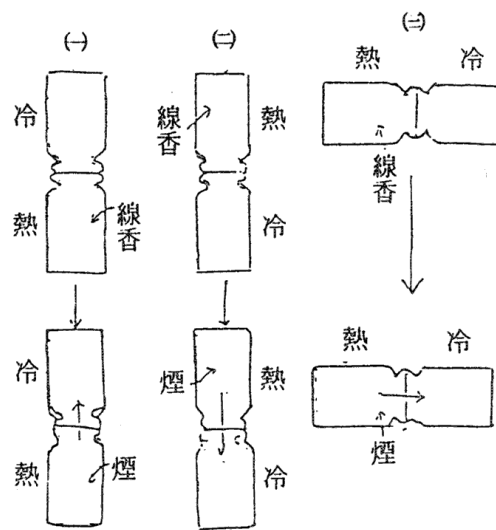
兩地溫差大時。

器材：熱水、冰塊、冷水、盆子、500cc廣口燒瓶二個、玻璃片(49cm²)、線香、標籤、碼錶、水溫計。

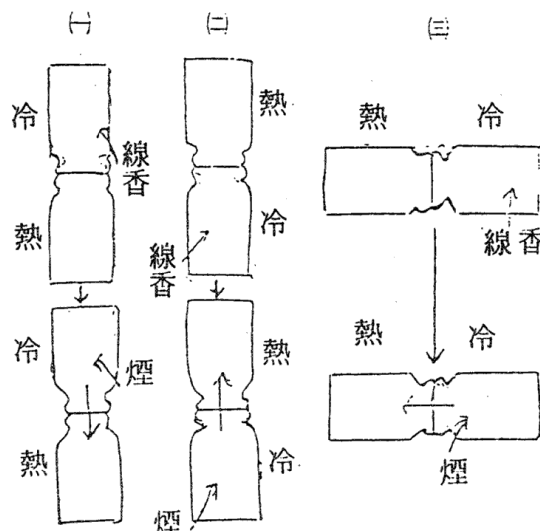
過程：

- 1.將廣口燒瓶兩個分別貼上甲、乙標籤。
- 2.將兩瓶同時分別浸入5°C。及40°C水中，二分鐘後取出。
- 3.其他操作過程及控制變因同問題一的實驗(一)。
- 4.燒瓶及線香放置變換如下圖

(甲)控制線香在熱瓶中



(乙)控制線香在冷瓶中



結果：根據記錄整理出下面統計表

煙流動 時間 (秒)	線放 香置	熱 瓶			冷 瓶		
		(一)上	(二)下	(三)左	(一)上	(二)下	(三)右
一		0 " 67	0 " 18	0 " 34	0 " 60	0 " 74	0 " 63
二		0 " 67	0 " 13	0 " 36	0 " 59	0 " 66	0 " 59
三		0 " 66	0 " 14	0 " 37	0 " 57	0 " 59	0 " 60
四		0 " 62	0 " 13	0 " 37	0 " 58	0 " 57	0 " 59
五		0 " 62	0 " 14	0 " 41	0 " 61	0 " 49	0 " 54
平 均		0 " 65	0 " 14	0 " 37	0 " 58	0 " 58	0 " 59
總 計		0 " 38			0 " 58		

結果：煙香放置熱瓶或冷瓶，兩瓶溫差大時「煙」流動速度極快，較同溫問題一實驗快約2"。

發現：空氣確實在流動，溫差大時流動明顯。

問題三

兩地溫度相異時，氣體體積改變與流動有關係嗎？

實驗(一)

溫度不同時，氣體積會改變嗎？

器材：250cc有側管燒瓶三個、氣球一包、熱水、冰塊、水溫計、膠泥、塑膠盆。

過程：

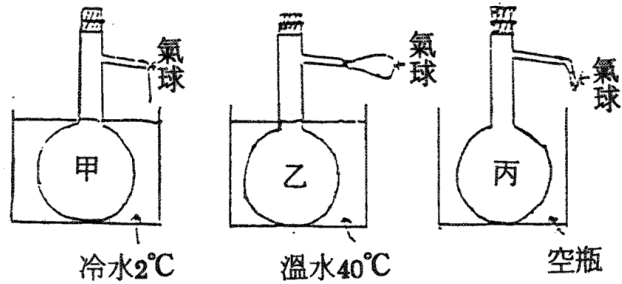
1. 將燒瓶只用瓶塞及膠泥密封。
2. 將側管套氣球。
3. 將三個燒瓶如上列1.2.操作妥。
4. 分別貼上甲、乙、丙標籤。
5. 同時將甲、乙、丙瓶子分別浸入2°C、40°C的盆水及空塑膠盆中。
6. 如下列圖示，觀察之。

7. 實驗記錄之。

控制變因

- 1. 瓶子大小。
- 2. 氣球大小。
- 3. 盆子大小。
- 4. 水溫。
- 5. 時間。

結果：根據記錄整理出下表



不同溫度 現象 (1分鐘)	甲	乙	丙
氣球	收縮	迅速膨脹	保持原狀

發現：氣體體積受冷熱溫度的不同，有明顯的改變，熱脹冷縮。

$$P \cdot \frac{V}{T} = (\text{常數}) \quad V \sim T \quad (\text{查理定律})$$

P 為壓力，V 為體積，T 為溫度。

實驗(二)

溫度相異時，兩地氣體體積改變與流動關係

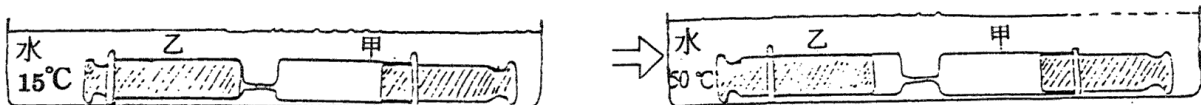
器材：50cc 玻璃針筒二支、水槽一個、膠泥一塊、水溫計、熱水、膠帶、細膠管 2Cm。

過程：

1. 將細膠管剪 2Cm 長度。
2. 將上列膠管連接兩針筒頭，用膠帶固定貼上甲、乙標籤。
3. 將針筒（標籤甲）抽 50cc 再固定。
4. 將上列 2. 3. 放入溫水中觀察記錄之。
5. 繼續將水加溫至無法操作為止。
6. 水溫每升高 5°C 時測一次。

控制變因：

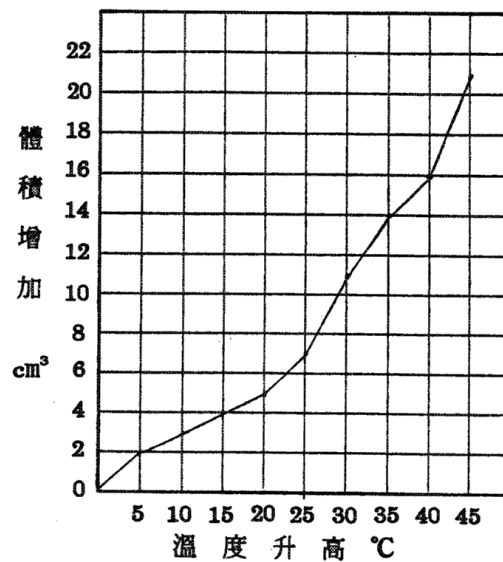
- 1. 針筒大小。
- 2. 水溫。
- 3. 水量。
- 4. 兩針筒密合。
- 5. 時間。



結果：根據記錄整理出下面圖表

水溫升高 (°C)	體積增加 (cc) 實測度數 (°C)	操作情形		增加百分比 (%)
		針	筒	
		甲	乙	
0	16 °C	50cc	0cc	0
5	21 °C	50cc	2cc	4
10	26 °C	50cc	3cc	6
15	31 °C	50cc	4cc	8
20	36 °C	50cc	5cc	10
25	41 °C	50cc	7cc	14
30	46 °C	50cc	11cc	22
35	51 °C	50cc	14cc	28
40	56 °C	50cc	16cc	32
45	61 °C	50cc	21cc	42
	63 °C	50cc	24cc	48

溫度相異氣體體積改變關係圖



發現：(1)由上表可知體積受熱會膨脹，膨脹的體積和溫度成正比。

(2)冷卻後體積漸漸收縮。

(3)由(1)(2)可推測出氣體的體積膨脹，密度變小上升，由周圍密度大的冷空氣來填補，產生流動，形成風。

問題四

空氣究竟是如何流動的呢？

實驗(一)

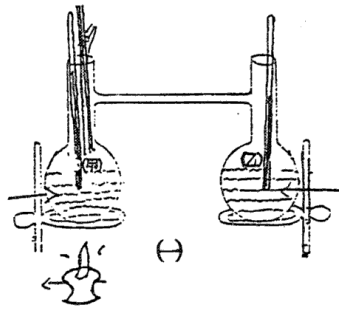
兩地溫度不同時（熱、冷）。

器材：250cc有側管燒瓶側管連接二個、熱水、冰塊、線香、活動支架一組、水溫計、量筒、酒精燈。

過程：

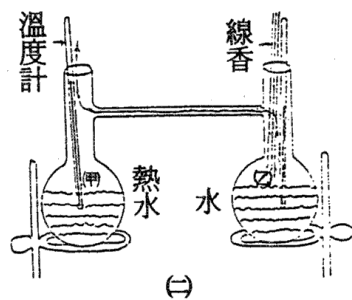
1. 將鐵支架架好。
2. 兩燒瓶分別注入200cc的水貼上甲、乙兩標籤。
3. 將甲瓶底部架酒精燈加熱，同時在甲、乙瓶口插入點燃的線香。
4. 觀察甲、乙兩瓶煙的流動現象。
5. 隨時將溫度計由甲、乙瓶口插入測量。

如下圖示



說明：

線香點燃，放入甲瓶中，煙由甲瓶直接流出。



說明：

線香點燃，放入乙瓶中，煙由側管入甲瓶，由甲瓶口流出。

控制變因：1. 燒瓶。2. 水量。3. 水溫。4. 線香燃燒。

結果：根據記錄整理出下表

煙流動現象 溫度上升	線香 放置	甲	乙
0 °C		煙由瓶口直升	煙由瓶口直升
5 °C		煙由瓶口直升	經側管流入甲瓶口流出

發現：(1)由甲瓶中得知熱空氣直接上升。

(2)溫差大時由乙瓶中得知冷空氣會向熱瓶流動（經側管）。

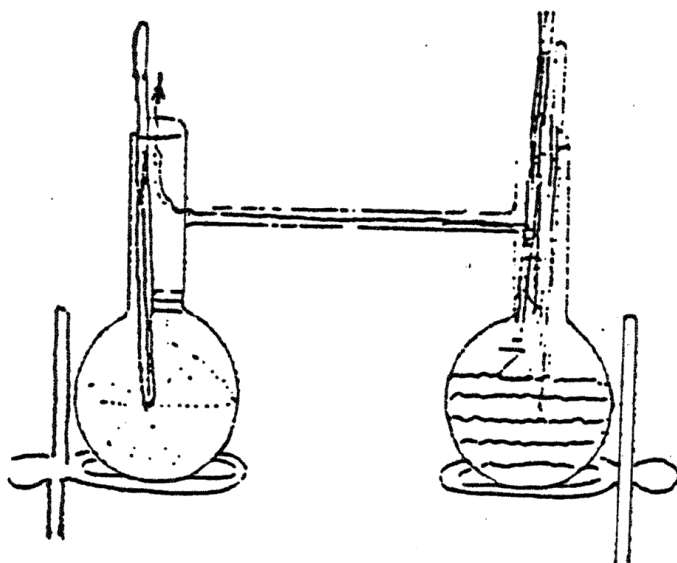
實驗(二)

兩地溫度不同時（沙、水）。

器材：150cc、150g沙、其他與問題四實驗(一)同。

過程：

1. 將150cc水及150g沙裝瓶移至室外曬太陽。
2. 每三十分鐘同時測得甲瓶沙表面溫度及乙瓶水溫。
3. 把點燃線香的煙同時放入甲、乙兩瓶內，觀察煙的流向。



說明：

1. 當兩瓶的溫差不大時，線香的煙會直接向上流出。
2. 當溫差達到約5°C時，就能看出線香的煙由乙瓶經側管流入甲瓶，由甲瓶口流出。

觀察 實錄	日期	1月26日				1月27日				1月28日			
		沙	水	溫 差	煙 流動	沙	水	溫 差	煙 流動	沙	水	溫 差	煙 流動
觀測 時間 (分)													
0		20.5 °C	20 °C	0.5 °C		18.5 °C	18 °C	0.5 °C		21.5 °C	21 °C	0.5 °C	
30		35°C	26°C	9°C	▼	30°C	23°C	7°C	▼	38°C	26°C	12°C	▼
60		32°C	27°C	5°C	▼	33°C	23°C	10°C	▼	42°C	33°C	9°C	▼
90		29°C	26°C	3°C	▼	35°C	25°C	10°C	▼	46°C	34°C	12°C	▼
120		30°C	26°C	4°C	▼	38°C	29°C	9°C	▼	45°C	36°C	9°C	▼
150		32°C	27°C	5°C	▼	37°C	30°C	7°C	▼	45°C	36°C	9°C	▼
180		35°C	28°C	7°C	▼	39°C	31°C	8°C	▼	46°C	33°C	13°C	▼
210		37°C	30°C	7°C	▼	41°C	31°C	10°C	▼	45°C	34°C	11°C	▼
240		39°C	31°C	8°C	▼	41°C	32°C	9°C	▼	46°C	36°C	10°C	▼
270		41°C	32°C	9°C	▼	38°C	31°C	7°C	▼	45°C	36°C	9°C	▼
300		40°C	30°C	10°C	▼	38°C	32°C	6°C	▼	45°C	34°C	11°C	▼
330		38°C	29°C	9°C	▼	35°C	29°C	6°C	▼	46°C	36°C	10°C	▼
360		37°C	29°C	8°C	▼	35°C	28°C	7°C	▼	46°C	36°C	10°C	▼
390													
備 註	在陽光照射下沙比“熱”小吸熱快，溫度上得快。												

發現：

- (1) 同時間測知甲瓶溫度較乙瓶高。
- (2) 由甲瓶中得知沙由於比熱小吸熱快，溫度上升快，沙上面的空氣因與沙有點對點的接觸，熱量會經由熱傳導從沙傳至空氣，使得空氣溫度上升也較快，空氣會直接上升。
- (3) 由乙瓶得知水比熱大吸熱慢，溫度較沙低，所以水面上空氣溫度也較沙面上空氣溫度來得低，因乙瓶中之空氣因溫度低，體積變小密度較甲瓶大，從流體靜壓公式

$$P = \rho gh \text{ (高度) } \quad P \text{ 壓力, } \rho \text{ 密度, } g \text{ 重力加速度}$$
 可知乙瓶空氣壓力大於甲瓶，因為有此壓力“梯度力”之存在，所以煙會由乙瓶會由乙瓶經側管向甲瓶流動。
- (4) 當溫差到5°C左右，可看見「煙」流動較明顯。
- (5) 此實驗可模擬白天時“海風”的發生。
- (6) 從以上實驗模擬晚上時“陸風”的發生。

※器材同上

過程則將上實驗(一)之器材曬太陽後移至室內，作長時間觀察，直至兩瓶溫差低至無法流動止。

結果：根據記錄整理出下表

發現：

(1)當溫差達 3°C 左右就可看見「煙」先由乙瓶經側管流向甲瓶，但經2到3小時後（視常溫高低）甲瓶煙流向乙瓶。

(2)可模擬“陸風”的發生。

觀察 實際 觀測 時間(分)	1月26日				1月27日				1月28日			
	沙	水	溫 差	煙 流 動	沙	水	溫 差	煙 流 動	沙	水	溫 差	煙 流 動
0	46°C	36°C	10°C	▼	35°C	28°C	7°C	▼	35°C	28°C	7°C	
30	42°C	33°C	9°C	▼	35°C	29°C	6°C	▼	35°C	29°C	6°C	
60	40°C	30°C	10°C	▼	32°C	27°C	5°C	▼	30°C	29°C	1°C	
90	35°C	30°C	5°C	▼	30°C	26°C	4°C	▼	28°C	29°C	1°C	
120	33°C	30°C	3°C	▼	29°C	26°C	3°C	▼	26°C	28°C	2°C	
150	30°C	30°C	0°C		25°C	23°C	2°C		26°C	28°C	2°C	
180	26°C	29°C	3°C	▼	24°C	23°C	1°C		24°C	27.5°C	3.5°C	▼
210	25°C	29°C	4°C	▼	21°C	23°C	2°C	▼	21°C	27°C	6°C	▼
240	23°C	28°C	5°C	▼	20°C	23°C	3°C		19°C	26°C	7°C	▼
270	20°C	27°C	7°C	▼	20°C	21°C	1°C		18°C	24°C	6°C	▼
300	20°C	26°C	6°C	▼	19°C	19.5°C	0.5°C		18°C	21°C	3°C	▼
330	20°C	23°C	3°C	▼					18°C	20°C	2°C	
360	20°C	23°C	3°C	▼					18°C	18.5°C	0.5°C	
390	20°C	20.5°C	0.5°C									
備註	移入室內沙的散熱較快，煙流入“水”瓶，直至溫差不到 3°C 時止（室內較室外清晰）											

四、結論

(一)氣體在一定壓力之下受熱體積增加密度較小（較輕）。

(二)較輕的空氣（暖空氣）。

(三)周圍冷空氣會填補暖空氣上升時留下的空間。

(四)白天，由於太陽的照射，陸地的“比”熱小，吸熱快，溫度上升得快。陸地表面的溫度就比海洋表面傳熱快，溫度高，陸地熱空氣上升，海洋表面空氣流往填補，形成“海風”。

(五)夜晚，由於海面散熱比陸地慢，海洋表面溫度會比陸地表面高，空氣流向和白天相反，形成“陸風”。

(六)地球表面有陸地，有海洋，有高山，有森林，有沙漠，因比熱不同，各地接受太陽輻射多寡各不相同。

(七)地表各處因緯度不同，造成太陽在各地有的是直射，有的是斜射，所以受熱不同，氣溫有不盡相同。

(八)各地氣溫不同造成空氣的流動，空氣流動形成“風”。

評語

本作品利用簡易模型，來瞭解不同溫度的空氣塊，氣體流動的方向，以解釋海邊白天吹海風，夜晚吹陸風的現象，作者對氣體運動的原理，相當的清楚研究推理過程嚴謹值得鼓勵。