

空「巷」來風

高小組地球科學科第三名

台北市立師範學院附設實驗國民小學 作者：邱奕昕、胡文馨、曾之瑤、李翰青
指導教師：卓娟秀、林淑華

一、研究動機

每天上下學時穿梭在大街小巷中，走著走著常發現風兒忽大忽小，尤其是經過巷道時變化更是明顯。我注意觀察後，發現在不同的地點風力大小的確會有不同。風為什麼會變大變小呢？是受巷子的影響嗎？所以就約了同學進行一些實驗與觀察的活動。

二、研究目的

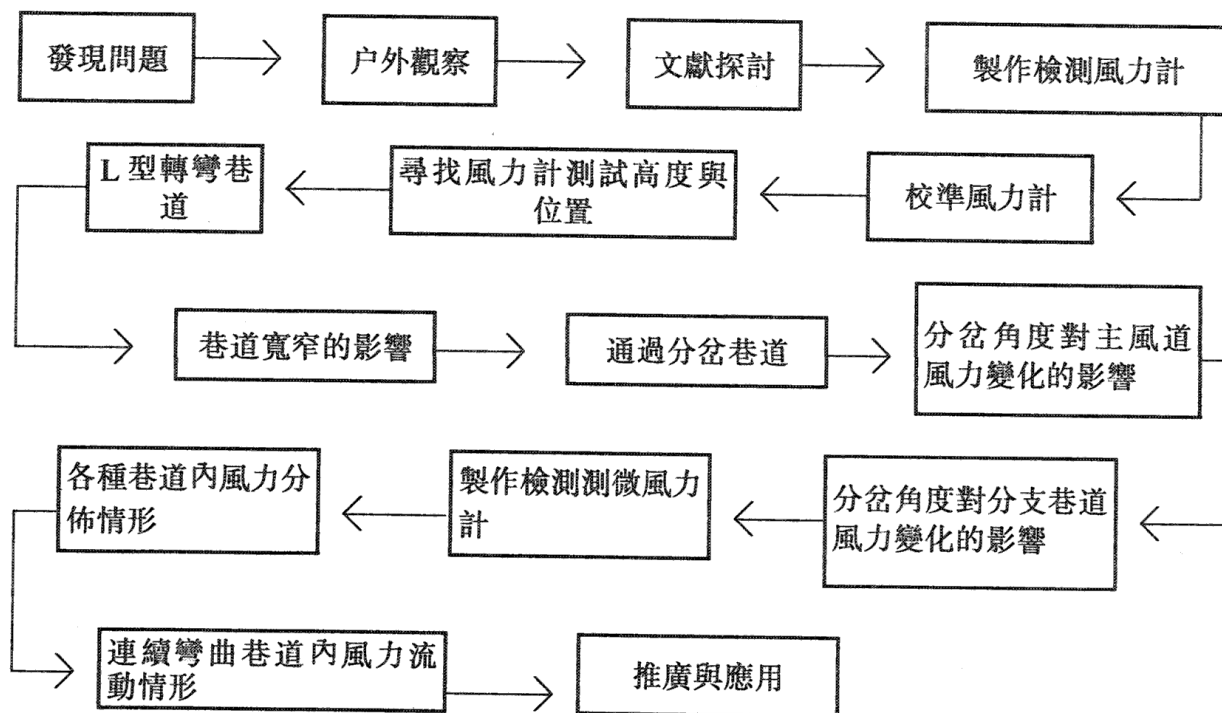
- 1.探討風通過轉彎巷道後的變化情形
- 2.探討巷道寬窄對風力的影響
- 3.探討風通過分岔巷道時風力大小的變化
- 4.探討連續彎曲巷道內風力流動情形

三、文獻探討

根據「隔瓶吹火」實驗經驗與查閱書籍中有關空氣流動特性與受到建築物及地形、障礙物等影響，得到下列資料作為我們實驗的基礎：

- 1.風撞到牆壁會反彈。
- 2.風撞到圓柱體後，在圓柱體後會有旋流。
- 3.風撞到大樓時會向四方分散。
- 4.當建築物構成■ ■型的通道會產生強大的風力。
- 5.風遇同向的巷道風力會增強，經過小巷時風力會集中使風力變強。
- 6.山谷、巷道越狹長，風力就越大。

四、研究過程



五、實驗結果

問題一：空氣通過轉彎巷道後的會發生變化嗎？

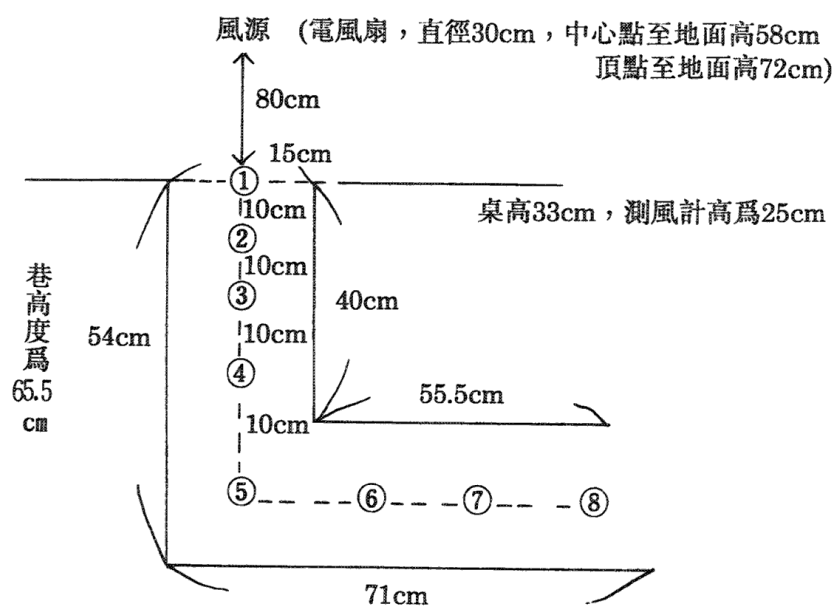


圖 (一)

實驗一：探討空氣通過單向轉彎巷道後的變化情形

1.材料：直徑30cm電風扇、L型巷道、碼錶、捲尺、風力計、棉線。

2.方法：

(1)以電風扇為風源，在巷道定點①～⑧放置風力計，測量風力大小。

(2)測量10秒內風力計轉動所帶動的棉線長度，每定點各5次。

3.結果：(略)

4.發現：在①②位置的測風計沒有轉動，但葉片左右搖擺不定。以④風力最小，巷道轉彎後風力變強，以⑥風力最大，⑦⑧依次遞減。

問題二：巷道寬窄對風力大小有影響嗎？

實驗二：探討空氣通過寬窄不同的巷道對風力大小的影響

1.材料：電風扇、風源箱、巷道、碼錶、捲尺、風力計、棉線。

2.方法：

(1)方法同上，但巷道選用15cm、22.5cm、30cm寬度。

(2)各定點測量5次，取平均值比較。

3.結果：(略)

4.發現：巷道越寬，巷道內的風力越弱。但增寬後風力計在定點①、②會轉動，而不論巷道寬窄，定點⑥的風力都最強。

上面實驗的結果使我們驗證了文獻上所提到有關風通過窄巷會增強的說法，但對於風通過「L」型巷道後會突然增強更覺得好奇，似乎與日常的感覺不一樣，所以我們決定去實地觀察。

實驗三：探討風通過實際巷道的流動情形

1.材料：指南針、20cm竹籤、棉線、住家附近巷道平面圖、手錶。

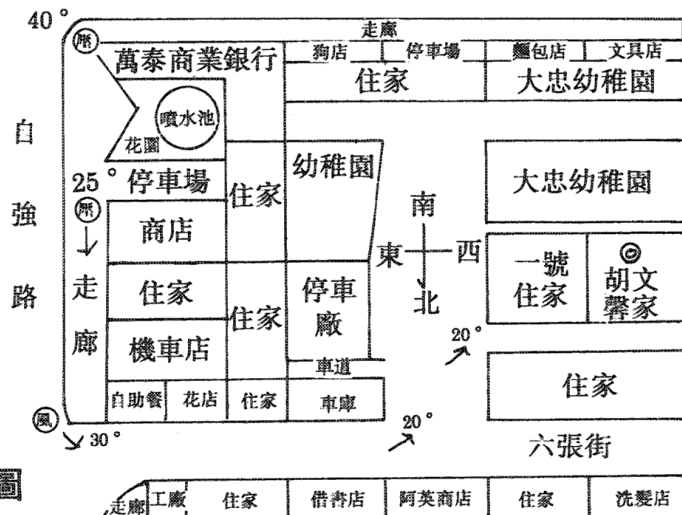
2.方法：

(1)先用指南針定出方位，並在平面圖上註明方位指標。

(2)依照回家的路線測定，以棉線偏向表示風向，上飄角度表示風力。

(3)進行三次觀測。

3.結果：如圖三



圖三 住家附近巷道平面圖

4.發現：走在高樓旁覺得風很大，轉彎後風向改變風力也變小，由於文馨家在巷子裡，一彎進去就覺得風變的很小，棉線的飄動很難觀察。由於巷道的類型很多，所以我們設計了各種不同角度的分岔型巷道進行實驗來找出答案。此時發現風力計又不適用了，於是著手試做合用的風力計。

實驗四：製作一個準確可用的風力計

1.製作風力計：

第四代風力計：

製作方法：(1)材料：直徑2.5cm的保麗龍球，長20cm、徑0.3cm竹籤，25cc塑膠杯。

(2)將塑膠杯分成四等份做成風杯，以十字交叉插入保麗龍球，在垂直方位插入竹籤，放置於座台上的試管中。

(3)在保麗龍球下方竹籤1.5cm處綁上棉線。

測 試：人體走過即會轉動，離風源500cm遠仍可轉動，我們以固定時間內風力計旋轉所帶動的棉線長度表示風力的大小。被帶動的棉線越長，表示風力越大。

2.檢測風力計：

(1)製作15個第四代風力計放在距離風扇40cm處轉動20秒，選擇帶動線長（ $67 \pm 2\text{cm} / 20\text{秒}$ ）者共5個，供實驗用。在本實驗中稱為「風杯風力計」。

(2)將5個風杯風力計放在距離風扇40cm處轉動5、10、15、20秒各5次，取平均值。

表四：風力計檢測結果

標號 時間	1	2	3	4	5	平均
5秒	20.0	15.5	17.0	17.2	16.0	17.10
10秒	34.0	36.0	34.0	34.0	35.0	34.60
15秒	57.0	48.0	59.0	46.0	56.0	51.20
20秒	73.0	59.0	55.0	77.0	75.0	67.80

3.發現：5秒的時間太短，操作上常有失誤；15、20秒所需的棉線太長，容易纏捲在竹籤上，而且轉動較不穩定；10秒的線長較為適中，所以選擇10秒做為下列實驗檢測的時間依據。

問題三：空氣通過分岔巷道後會對風力大小產生影響嗎？

實驗五：探討風通過不同角度的分岔巷道的主風道對風力大小的影響

1.材料：風源箱、巷道（75×180cm木板6片）、碼錶、捲尺、風力計。

2.方法：

(1)將6片木板搭建成「」型通道， $\angle BOC$ 的角度分別為 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 。

(2)將風源安置於巷道開口前方40cm處。

(3)分別於巷道內中線處畫定A1、A2、A3、A4、A5，B1、B2、B3、B4、B5，C1、C2、C3、C4、C5等測量位置。A巷寬50cm、B、C巷寬25cm。

(4)各定點以風力計10秒鐘捲動線長測定，各做10次，取平均值。

3.結果：

表五—1：風源A時，A巷道內各定點的風力變化 (cm)

角 度 (°)			位 置				
$\angle AOB$	$\angle BOC$	$\angle AOC$	A1	A2	A3	A4	A5
◎165	30	◎165	31.35	24.05	17.60	17.40	20.15
◎150	60	◎150	36.83	33.67	28.00	23.33	34.17
◎135	90	◎135	36.67	33.00	28.33	24.17	32.00
◎120	120	◎120	36.00	32.50	27.17	23.50	32.67
◎105	150	◎105	37.00	33.50	28.50	22.67	33.17
◎90	180	◎90	36.50	33.17	27.50	23.00	35.00
◎75	210	◎75	36.40	35.80	32.70	29.00	36.30
◎60	240	◎60	36.20	32.80	26.70	24.80	23.80

發現：風由A1吹到A4，風力逐漸變小，而不論 $\angle BOC$ 的角度大小，風力吹到A4時的風力都相差不多，但在A5時除了 $\angle BOC = 30^\circ$ 、 240° 外，其他角度的巷道風力卻明顯的增加。

表五-2：風源B時，B巷道內各定點的風力變化

(cm)

角 度 (°)			位 置				
$\angle AOB$	$\angle BOC$	$\angle AOC$	B1	B2	B3	B4	B5
◆165	◎30	165	24.85	25.10	31.75	38.80	45.20
◆150	◎60	150	37.20	40.00	41.25	43.95	49.25
◆135	◎90	135	34.60	28.70	32.20	35.30	40.40
◆120	◎120	120	31.50	40.00	41.25	43.95	49.25
◆105	◎150	105	30.65	40.00	41.20	43.90	49.20
◆90	◎180	90	0.00	45.10	47.00	49.55	53.50
◆75	◎210	75	0.00	35.35	37.10	43.70	52.45
◆60	◎240	60	32.30	37.60	42.75	47.58	51.95

發現：風由B5吹到B1，距離越遠風力越弱，而在 $\angle BOC=180^\circ$ 、 210° 時風力計不轉動，幾乎沒有風。其餘各點則以 $\angle BOC=60^\circ$ 時風力最大；當風源由B巷口吹到此地來時若以流經鈍角彎道方式吹入分岔道時風力消失不多。而轉彎角小於 90° 時B1幾乎無風，與「L」型彎道的差距太大了；當 $\angle BOC=240^\circ$ 時強大的風力可能是風撞到C巷道外壁反彈回來的緣故。

表五-3：風源C時，C巷道內各定點的風力變化

(cm)

角 度 (°)			位 置				
$\angle AOB$	$\angle BOC$	$\angle AOC$	C1	C2	C3	C4	C5
165	◎30	◆165	22.55	24.26	27.05	32.45	45.10
150	◎60	◆150	41.60	45.10	47.00	49.55	53.95
135	◎90	◆135	35.30	32.55	35.65	37.60	45.30
120	◎120	◆120	30.80	45.10	47.00	49.55	53.95
105	◎150	◆105	30.20	45.10	47.00	49.55	53.95
90	◎180	◆90	0.00	45.10	47.00	49.55	53.95
75	◎210	◆75	0.00	34.80	37.75	45.50	51.30
60	◎240	◆60	31.00	37.60	43.00	49.00	53.90

發現：雖然流量的大小與五-2的結果不完全相同，但相差不多。

- 4.討論：以A、B、C分別做為主風道，當分岔巷道角度不變時，風進入主風道內的風力會隨距離的增加而越來越少，可能是受到空氣與巷道壁摩擦的影響緣故。若以流經鈍角彎角方式吹入分岔道時風力消失不多，可能分岔角度的改變會使風的流動產生了變化。故而下面針對風流過各種彎角進入支巷道的變化進行實驗。

實驗六：探討風通過分岔角度不同的巷道時風力變化的情形。

1.材料：同實驗五。

2.方法：

(1)安裝同實驗五。

(2)各分支巷道定點以測定風杯風力計10秒鐘捲動線長，各做10次，取平均值。

3.結果：

表六-1：風源A時，B、C巷道內各定點的風力變化 (cm)

角 度 (位 置)			B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
∠AOB	∠BOC	∠AOC										
◎165	30	◎165	17.45	16.50	18.00	13.20	9.20	24.90	25.10	22.30	19.70	12.65
◎150	60	◎150	30.83	31.35	24.10	17.75	15.25	30.50	18.05	17.65	15.50	14.70
◎135	90	◎135	30.33	17.60	15.90	11.30	7.80	30.33	19.60	15.10	12.25	13.20
◎120	120	◎120	32.00	22.90	21.10	17.90	15.40	31.33	22.40	21.20	17.80	15.30
◎105	150	◎105	31.17	27.45	24.90	21.55	15.15	31.33	26.65	24.55	21.05	15.35
◎90	180	◎90	30.83	17.90	0.00	0.00	0.00	31.83	18.15	0.00	0.00	0.00
◎75	210	◎75	36.45	18.00	0.00	0.00	0.00	34.65	18.00	0.00	0.00	0.00
◎60	240	◎60	23.90	0.00	0.00	0.00	0.00	23.60	0.00	0.00	0.00	0.00

發現：大致看來風源為A時的B、C二分支巷道吹入的風都差不多，但分岔角度到180°後B3~B5、C3~C5就都沒有風了，當分岔角度為240°時，巷道形成「↓」形，兩旁的分支巷道就都沒有風了。

表六—2：風源B時，A、C巷道內各定點的風力變化 (cm)

角 度 (°)			A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	C5
◊AOB	◎BOC	◊AOC										
◊165	◎30	165	10.35	8.31	8.55	18.90	8.70	22.55	0.00	0.00	0.00	0.00
◊150	◎60	150	17.20	19.60	23.10	27.65	21.55	41.45	0.00	0.00	0.00	0.00
◊135	◎90	135	5.30	0.00	0.00	0.00	30.85	35.30	0.00	0.00	0.00	0.00
◊120	◎120	120	0.00	0.00	0.00	0.00	37.80	30.80	24.60	21.25	18.70	14.15
◊105	◎150	105	0.00	0.00	0.00	0.00	32.60	30.20	38.70	35.20	30.60	25.50
◊90	◎180	90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	35.50	31.60	26.35
◊75	◎210	75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	風杯搖擺不定		
◊60	◎240	60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.70	24.45	20.30	18.10	15.60

發現：(1)風從B巷道口吹來時，當分岔角度在120°以上後，A4~A1都沒有風；180°以上時，A5也都沒風，比較特別的是90°時的A1和A5都還有風。

(2)B、C巷道夾角為30°~90°時，C2~C5都沒有風；80°~210°時C1沒有風。

表六—3：風源C時，A、B巷道內各定點的風力變化 (cm)

角 度 (°)			A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
◊AOB	◎BOC	◊AOC										
165	◎30	◊165	11.80	12.80	17.65	22.35	31.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	◎60	◊150	17.40	21.25	24.50	33.10	37.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
135	◎90	◊135	9.65	0.00	0.00	0.00	35.40	28.95	0.00	0.00	0.00	0.00
120	◎120	◊120	0.00	0.00	0.00	0.00	33.25	26.50	24.10	21.10	18.35	15.50
105	◎150	◊105	0.00	0.00	0.00	0.00	32.35	29.95	38.55	35.10	28.55	24.90
90	◎180	◊90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	35.50	31.70	26.55
75	◎210	◊75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	風杯搖擺不定			
60	◎240	◊60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.85	24.30	20.80	18.00	15.00

發現：(1)風從C巷道口吹來時，當 $\angle BOC$ 角度到達 $180^\circ \sim 240^\circ$ 時，A巷道內完全沒有風；分岔角度越大時，A巷道內沒有風的區域也就越大。

(2)B、C巷道夾角為 $30^\circ \sim 180^\circ$ 時，角度越小，B巷道內的風越小，沒有風的區域越多。

4.討論：

(1)當風由A吹入B、C巷道時，由於A巷道正對分岔道，所以 $\angle AOB = \angle COA$ ，故而風向會均勻的向兩側分支岔道中流動；但風源為C或B時，風力會同時面對一個銳角巷道與鈍角巷道，由此可以明顯的看出風流動的方向。

(2)當風源在C時，若巷道分岔角度過大（ $\angle BOC = 210^\circ$ 或 240° ），則因 $\angle AOC$ 都是銳角，風不易進入A巷道中；但在 $\angle BOC$ 為 $30^\circ \sim 90^\circ$ 的角度中，風不進入B巷道中，同樣是受到B與C巷道夾角為銳角的緣故。但在 $\angle BOC$ 為 90° 的岔道中，A2→A4、B5→B2都沒有風，只有A5、B1處有強大的風，而風源為B時，也出現相同現象，顯然是受到風的吹向角度與反彈角度均為 90° 使得風力在A5、B1、C1集中而無法進入巷道。

實驗七：探討風通過分岔巷道角度不同的主風道對風力大小的影響

1.材料：同實驗五。

2.方法：(1)安裝同實驗五。

(2)各定點以風力計10秒鐘捲動線長測定，各做10次，取平均值。

3.結果：

表七—1：風源A時，巷道內各定點的風力變化

(cm)

位置 角度(°)			A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
$\angle AOB$	$\angle BOC$	$\angle AOC$															
○165	30	○165	31.35	24.05	17.60	17.40	20.15	17.45	16.50	18.00	13.20	9.20	24.90	25.10	22.30	19.70	12.65
○150	60	○150	36.83	33.67	28.00	23.33	34.17	30.83	31.35	24.10	17.75	15.25	30.50	18.05	17.65	15.50	14.70
○135	90	○135	36.67	33.00	28.33	24.17	32.00	30.33	17.60	15.90	11.30	7.80	30.33	19.60	15.10	12.25	13.20
○120	120	○120	36.00	32.50	27.17	23.50	32.67	32.00	22.90	21.10	17.90	15.40	31.33	22.40	21.20	17.80	15.30
○105	150	○105	37.00	33.50	28.50	22.67	33.17	31.17	27.45	24.90	21.55	15.15	31.33	26.65	24.55	21.05	15.35
○90	180	○90	36.50	33.17	27.50	23.00	35.00	30.83	17.90	0.00	0.00	0.00	31.83	18.15	0.00	0.00	0.00
○75	210	○75	36.40	35.80	32.70	29.00	36.30	34.65	18.00	0.00	0.00	0.00	34.65	18.00	0.00	0.00	0.00
○60	240	○60	36.20	32.80	26.70	24.80	23.80	23.90	0.00	0.00	0.00	0.00	23.60	0.00	0.00	0.00	0.00

發現：(1)30°~240°的A1~A4風力都有漸弱的現象；A5、B1、C1的風力都增強許多；B2、B3、B4、B5和C2、C3、C4、C5都有漸弱的現象。

(2)以A5與B1、C1在同一水平位置，但風力都出現 $A5 > B1 \div C1$ 現象。

(3)B2與C2分別位於B、C巷道口的正中央與A5的情況相似，由於A巷寬度是B、C的二倍，三者的關係為 $B2 + C2 = A5 \times 2$ ，但由數據顯示均為 $A5 \times 2 > B2 + C2$ ，其中的差別以30°與240°為最大。

表七-2：風源B時，巷道內各定點的風力變化

(cm)

位置 角 度 (°)			B1	B2	B3	B4	B5	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	C5
∠AOB	∠BOC	∠AOC															
◆165	○30	165	24.85	25.10	31.75	38.80	45.20	10.35	8.31	8.55	18.90	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
◆150	○60	150	37.20	40.00	41.25	43.95	49.25	17.20	19.60	23.10	27.65	21.55	30.40	0.00	0.00	0.00	0.00
◆135	○90	135	34.60	28.70	32.20	35.30	40.40	5.30	0.00	0.00	0.00	30.85	28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
◆120	○120	120	31.50	40.00	41.25	43.95	49.25	0.00	0.00	0.00	0.00	37.80	27.50	24.60	21.25	18.70	14.15
◆105	○150	105	30.65	40.00	41.20	43.90	49.20	0.00	0.00	0.00	0.00	32.60	30.70	38.70	35.20	30.60	25.50
◆90	○180	90	0.00	45.10	47.00	49.55	53.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	35.50	31.60	26.35
◆75	○210	75	0.00	35.35	37.10	43.70	52.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	風杯搖擺不定		
◆60	○240	60	32.30	37.60	42.75	47.58	51.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.70	24.45	20.30	18.10	15.60

發現：(1)30°~240°的B5~B1風力有漸弱的現象，因為風在窄巷成擁擠狀態，所以風力較七-1的A巷道大。A4~A1有漸弱的現象且風力較小；當風吹入C巷道後，C2~C5有漸弱的現象。

(2)在∠BOC為60°以內的分岔巷道裡，風極易由B→A，但由於B寬=1/2A寬，所以風力明顯的減弱，而在∠BOC180°以上，則風力不易流入A巷道，反而流向C巷道。

(3)在∠BOC為180°時，B5→B2風力極大，但依次減弱。但到B1時完全測不出風力。

(4)本實驗中有許多定點測風計無法轉動，難道這裡沒有空氣流過嗎？

表七—3：風源C時，巷道內各定點的風力變化

(cm)

角 度(°)	位 置			C1	C2	C3	C4	C5	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
	∠AOB	∠BOC	∠AOC															
165	○30	◆165		22.55	24.26	27.05	32.45	45.10	11.80	12.80	17.65	22.35	31.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	○60	◆150		41.60	45.10	47.00	49.55	53.95	17.40	21.25	24.50	33.10	37.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
135	○90	◆135		35.30	32.55	35.65	37.60	45.30	9.65	0.00	0.00	0.00	35.40	28.95	0.00	0.00	0.00	0.00
120	○120	◆120		30.80	45.10	47.00	49.55	53.95	0.00	0.00	0.00	0.00	33.25	26.50	24.10	21.10	18.35	15.50
105	○150	◆105		30.20	45.10	47.00	49.55	53.95	0.00	0.00	0.00	0.00	32.35	29.95	38.55	35.10	28.55	24.90
90	○180	◆90		0.00	45.10	47.00	49.55	53.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	35.50	31.70	26.55
75	○210	◆75		0.00	34.80	37.75	45.50	51.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	風杯搖擺不定			
60	○240	◆60		31.00	37.60	43.00	49.00	53.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.85	24.30	20.80	18.00	15.00

發現：本實驗中出現的現象與表七—2相似。

4.討論：經過上面的實驗，發現了一些無風帶，而且分佈的位置很特殊，使我們想到：

(1)這些地方真的沒有風嗎？

(2)要用什麼才能測出來呢？

(3)風在各種巷道內的分佈情形是怎樣呢？

於是我們又進行下列的實驗來幫助我們找尋答案。

問題四：風在巷道內的分佈情形如何呢？

實驗八：製作並檢測測微風力計：

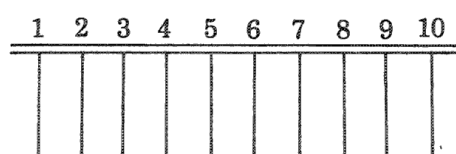
1.製作50cm長竹籤，每隔5cm懸掛10cm棉線，下方綁上2cm長的小竹籤。

2.風力檢測：

(1)將測微風力計與第四代風力計，放置於直徑14吋，1級風力風扇的正前方，於不同距離內，測試10秒內上飄角度與風杯旋轉帶動線長。

(2)所以我們以 $5 \pm 2^\circ$ 為一個測量基準（如： $13^\circ \sim 17^\circ$ 則定為 15° ， $38^\circ \sim 42^\circ$ 則定為 40° ）

(3)結果：表八—1：測微風力計風力檢測結果 風力：（ ）°（略）



圖八—1 測微風力計

發現：不論風力多大測微風力計的上飄角度最多為 60° 左右，當角度小於 20° ，風杯測風計就無法轉動了。

3.測量高度的檢測：

(1)將測微風力計放入長180cm、寬50cm、高75cm木製上空巷道內，取距離A巷口0、20、60、100、140、180cm等定點測試10秒共10次取平均值。

(2)風源放在A巷口前方40cm處。

(3)在每個定點分別測定離地面10、20、30、40、50、60cm高度處棉線上飄角度。測試10秒共10次取平均值。

(4)結果：

①表八—2：各定點不同高度的檢測 測量地點：距A巷口60cm 風力： $(\quad)^{\circ}$ 。

發現：巷道中的平面風力，越靠近中間的部份風力越大。從垂直方向來看，則底部的風力最強，風力再依高度遞減；而中央大於外側的現象隨距離的增加而減弱，一直到巷頂仍然存在。

②八—3：巷道內各定點不同距離的檢測 風力： $(\quad)^{\circ}$ （略）

發現：風在巷道內的分佈若以平面來看，則中央的風力大於兩側，而此種現象距離巷道口越遠越不明顯。

4.討論：從這個風在平面遞減的現象與可再次的驗證實驗五的結果，而B1、C1、A5三定點與巷道口距離相等，而風源為A時， $A5 > B1 \div C1$ 可能就由此原因造成的

實驗九：探討風通過分的岔巷道的角度不同對風力大小的影響。

1.材料：電風扇、風源箱、巷道（ 75×180 cm木板6片）、碼錶、捲尺、測微風力計。

2.方法：

(1)安裝同實驗五。

(2)風源在B巷道口前40cm處。測 $\angle BOC = 90^{\circ}$ 、 120° 、 150° 、 180° 、 210° 、 240° 時風吹入A巷道內時風力變化情形。

(3)取距離A巷口60、80、100、120、140、160、180cm為定點。

(4)離地面20cm處以測微風力計測各定點棉線上飄角度各做10次，取10秒內最多值。

3.結果：

表九—1：A巷道內風力變化情形（ $\angle BOC = 90^{\circ}$ ） 風力： $(\quad)^{\circ}$ 。

發現：風由B巷口吹來，沿著巷道右側風力較大，左側只有很微弱的風，但到巷口確有均勻的風出現，我們想可能是撞到巷壁反彈的緣故。（圖九-1）

表九-2：A巷道內風力變化情形（ $\angle BOC=120^\circ$ ） 風力：（ ）°（略）

發現：風由B巷吹來，沿著巷道右側風力較大，一直到巷口左側的風都很微弱。我們想可能是B巷來的風的在撞到A巷道外側壁後因反彈角度較大，所以繼續延右側流動而造成左小右大的現象。（圖九-2）。

表九-3：A巷道內風力變化情形（ $\angle BOC=150^\circ$ ） 風力：（ ）°（略）

發現：風由B巷口吹來，在180cm處右側風力極大大，左側風力微弱，但到120cm處強風就移到左側而右側較弱，到60cm處則風移至巷道中間，但變得較弱了。顯然風經過此種岔道會在A巷道中形成彎曲的氣流。（圖九-3）。

表九-4：A巷道內風力變化情形（ $\angle BOC=180^\circ$ ） 風力：（ ）°（略）

發現：風由B巷口吹來，在180cm處右側風力極大大，左側極微弱，但到140cm處強風就移到左側而右側較弱，到60cm處則風移至巷道中間，但變得較弱了。顯然風經過此種岔道會在A巷道中形成角度較小的彎曲氣流，我們預測如果再往後測量可能會再彎向左側。（圖九-4）。

表九-5：A巷道內風力變化情形（ $\angle BOC=210^\circ$ ） 風力：（ ）°（略）

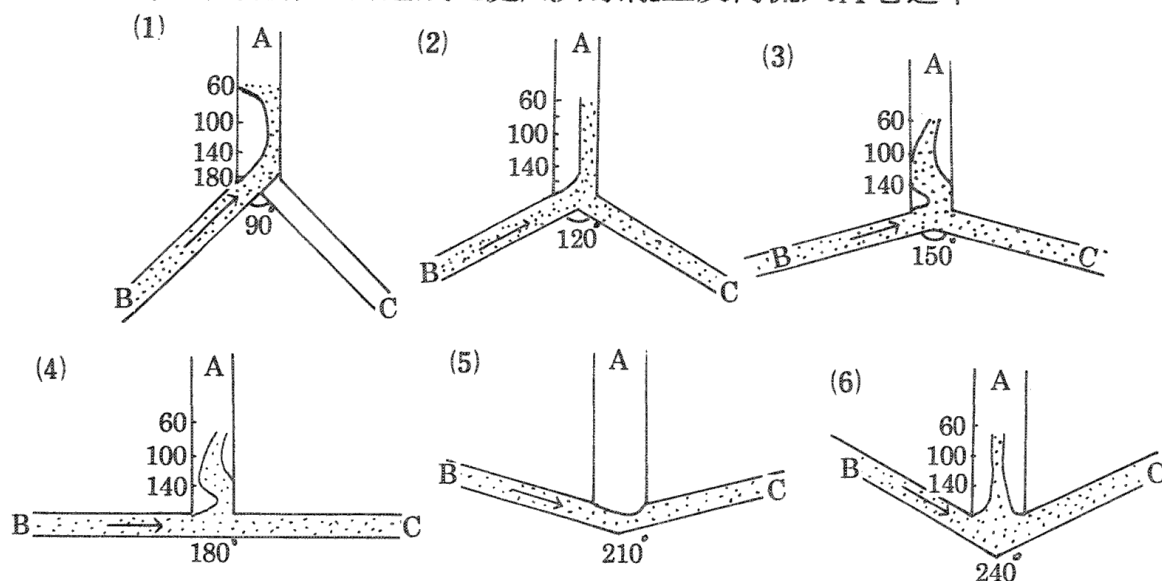
發現：在A巷道中完全沒有風。而在交叉巷道尖端出現較為混亂的氣流，使得測微風力計快速搖擺不定。（圖九-5）。

表九-6：A巷道內風力變化情形（ $\angle BOC=240^\circ$ ） 風力：（ ）°（略）

發現：風由B巷口吹來，巷道中間有很微弱的風，到80cm以後就測不出來；而兩側幾乎沒有風。（圖九-6）

4.討論：風碰到平面式的阻礙物，會因其與平面的入射角度多少所產生反向風力， $\angle BOC=90\sim 120^\circ$ 由於風入射時會與A巷道右壁形成 $135^\circ\sim 120^\circ$ 的入射角，所以反彈後大都沿右壁流動，而因 $\angle BOC=90^\circ$ 的入射角較大，所以反彈後有機會大打到左壁，所以在巷道中會出現A1、A5有風而A2~A4沒有風的現象；在 $\angle BOC=150^\circ\sim 180^\circ$ 時，同樣因為入射角大於 135° ；所以可在巷道中出現不同彎曲角度的氣流；在 $\angle BOC=210^\circ$ 時；由於風直接撞到C巷道而產生 150° 的入射角，所以反彈後就充滿C巷道，而有C2左側內壁出現風力微弱

的現象；在 $\angle BOC=240^\circ$ 時；因入射角小於 30° ，反彈的風會與原來的風混雜，而造成此處風力紊亂且反向流入A巷道中。



圖九 A巷道內風力分佈情形

問題五：如果巷道不只一個轉彎時，風會怎樣流動？

實驗十：探討風通過連續彎道對風力大小的影響。

1.材料：風源箱、巷道（ $75 \times 180\text{cm}$ 木板6片）、碼錶、捲尺、風力計。

2.方法：

(1)將6片木板搭建成「Z」型通道，夾角分別為 60° 、 90° 、 120°

(2)將風源安置於巷道開口前方40cm處。

(3)分別於巷道內中線處畫定10個測量位置。

(4)各定點以風力計10秒鐘捲動線長測定，各做10次，取平均值。

3.結果：

表十一：『Z』型通道內風力變化情形

(cm)

角度 (°)	位置 (°)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
60	60	33.33	26.65	23.82	18.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	90	33.33	27.00	23.66	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	120	33.35	26.68	23.67	18.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

發現：風在「Z」型彎道中無法順暢流動，不論巷道夾角的大小，幾乎在第一個轉彎處就被阻擋住了，這與實驗一的結果大不相同。

實驗十一：探討風通過連續彎道後分佈的情形。

1.材料：風源箱、巷道（75×180cm 木板8片）、碼錶、捲尺、風力計。

2.方法：

(1)將8片木板搭建成「」型通道，夾角分別為60°、90°、120°

(2)將風源安置於巷道開口前方40cm處。

(3)分別於巷道內中線處選定測量位置。

(4)在各測量位置以測微風力計測量棉線上飄角度各5次，取平均值。

3.結果：

表十一—1：A巷道內風力變化情形（夾角=60°） 風力：()°（略）

發現：離A巷口180cm到210cm附近正好是巷道轉彎的地方，可看到這裡仍然有風，但靠近巷道外側幾乎無風，棉線只做輕微的晃動，一轉彎後就測不出來，在後面的巷道中也是如此。

表十一—2：A巷道內風力變化情形（夾角=90°） 風力：()°（略）

發現：風由巷道口吹入巷底，受到垂直巷道開口的影響而轉到彎道中，但風力變得很小，而主巷道底部則略為增強。由記錄看來風的確不會垂直轉向，所以在外壁垂直夾角的地方沒有風。

表十一—3：A巷道內風力變化情形（夾角=120°） 風力：()°（略）

發現：風經轉角流入第一彎道後，在20cm地方風力增強，沿壁流動。而在主巷道底轉彎處沒有風。

由實驗發現，進入巷道後的風力都大為減弱，而且在轉角的外側都沒有風，更證明風不會直角轉向流動。當風力進入這三種連續轉彎的巷道，所出現的結果與前面的實驗結果不相同，可能這種單向彎曲設計的巷道，更不利於風的流通吧！所以，彰化鹿港的「曲巷冬晴」就是因為這個緣故，才會在強大的海風下有著不受海風侵襲的功用吧！

七、討 論

1.風由寬巷進入窄巷由於面積減少，所以流入的風會因被集中而顯得風力變大。

2.風進入巷道後會與兩旁建築物與兩壁的摩擦而風力減弱，而中央氣流因不受影響顯得風力較大，而造成巷道中風力呈向風源面弧型分佈。

3.風碰到平面式的阻礙物，會因其與平面的角度多少所產生反向風力，若入射角小於90°時，反彈的風會與原來的風混雜，而造成垂直巷道無風或此處風力紊亂；若入射角是135°~120°所以反彈後大都沿右壁流動；若入射角在13

5°~180°時可在巷道中出現不同彎曲角度的氣流。

- 4.由於A巷道寬度是B、C巷道寬度的兩倍，故三者風力的關係為 $A^2 \times 2 = B^2 + C^2$ ，所以我們利用這個方式發現在 $\angle BOC = 120^\circ$ 、 150° 時風力的損失最小。從本實驗中顯示這種兩岔分支的巷道巷的最佳角度在 $120^\circ \pm 15^\circ \sim 150^\circ \pm 15^\circ$ 。
- 5.風扇由於扇葉平面轉動而造成渦流，所以風杯旋轉方向隨位置更動而改變。所以本實驗在，只好將測量的置儘量正對風扇的正中央，以便獲得固定的風向，所以當風源為A吹向B、C巷道時，兩側風力略有差距，可能是受到在主巷道內因渦流造成兩側風向略有不同的緣故。
- 6.測微風力計對很微弱的風不易測定，所以我們只能用概數來表示結果，實在不能很明確的表示風力的大小變化，以後應設法找到更精準的測量工具。

八、結 論

- 1.風通過單向的彎道（L型）時，風力可在轉彎處突然增加，但若遇到單向的連續彎道，則在第一個轉彎處就被阻擋了。
- 2.風由寬巷進入窄巷（A→B、A→C）時，風力都會增強；若由窄巷進入寬巷（B→A、C→A），則風力明顯的減弱。
- 3.風通過直線巷道時，巷道中央風力大於兩側風力，此現象不隨與風源距離增加而改變，但中央與兩側風力大小的差距則隨風源距離增加而減小。
- 4.得知在巷道內地表風強於巷道頂端風力，此點可能受風源位置影響。所以若有地表風，則人們將有機會享受較大的風力。
- 5.當銳角與鈍角同時出現在分岔巷道時，風會向角度較大（鈍角）的方向流去，在形成銳角方向的巷道幾乎無風。
- 6.當主風道正對分岔巷道時，流入分支道中的流量也差不多，但隨夾角的不同，流量會有差異。夾角小於 30° 與大於 240° 則流量都明顯減弱。
- 7.當巷道角度成 90° 時，在垂直風向的岔道內的風力非常微弱，由測微風力計的檢測，證明空氣無法垂直轉彎。
- 8.風在夾角為 $120^\circ \sim 150^\circ$ 巷道內流動情形最好，風力減弱與浪費的情形也最少。
- 9.在巷道內的風受到風向與岔道角度的影響，隨著入射角度的多少而可決定巷道內的風力大小、分佈與方向。

九、推廣與應用

- 1.目前都市的規劃看來大都是垂直交叉的巷道，所以在風不會垂直轉彎的情況下，無法利用自然界的風或地形風及或大廈風；若是我們的街道或建築物與周圍巷道能規劃成八卦狀（正八邊形內角為 135° ）或蜂窩狀（正六邊形內角 120° ），則風能在巷道中自由穿梭，而且損失較少。這樣大家都有流通的空氣，也不需要吹冷氣浪費能源了。
- 2.在海邊或東北季風強烈的地區，街道可與建築安排成連續彎道的形式，以避免強風的侵襲。
- 3.若能瞭解巷道角度與地區風向特性，則在購屋時可做參考，以便在巷弄中買到涼爽的房子。
- 4.強風侵襲時可事前規劃在巷道中的行走路線，避免危險。

十、參考資料

- 1.國民小學自然科學課本第八冊、第十冊 臺灣書店出版
- 2.國民小學自然科學教學指引第八冊、第十冊 臺灣書店出版
- 3.彩色自然科學辭典 華視出版社
- 4.牛頓科學研習百科—物理 環華出版社
- 5.學生科學文庫—流動的空氣 維新書局發行
- 6.流體力學 徐氏基金會
- 7.歷屆科展作品專輯
 - (1)比比看，怎樣的風車轉的好 全國科展第20屆 西門國小
 - (2)捕捉風兒的足跡 台北市科展第 屆 銘傳國小
 - (3)風兒多變化 全國科展第 屆 北縣清水國小
 - (4)大風吹……吹什麼？ 全國科展第34屆 高雄大同國小
 - (5)向左？向右？由不得您—流體偏向的探討—
全國科展第31屆 北縣清水國小
 - (6)氣流的奇妙旅行 全國科展第31屆 台中市太平國小

評 語

- 1.本作品很符合國小同學的程度，相信都是他們自己的作品。
- 2.由設計風力計，到應用於巷道、建築物，頗有實用價值。