

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031607

葉飄何處，紙歸何方

學校名稱：臺中縣立大雅國民中學

作者： 國二 邱盛崧 國二 枋信明	指導老師： 陳盈昌
-------------------------	--------------

關 鍵 詞：壓力、合力、合力矩

葉飄何處 紙歸何方

摘要

要了解葉子飄落有無規律，我們搜尋幾種葉子，加以分類，再分別釋放，觀察其落下的情形。結果發現，葉緣有翹起的，其落下的路徑較穩定。爲了精準的控制變因，我們用正方形的紙張，分別將其四邊折起一小段來觀察其落下的情形。結果發現，無折邊的紙張落下會翻滾亂飄。有折邊的紙張，會向折邊的中點位置飄去。

我們利用簡易風洞來探討折邊紙張的運動原因，首先在風洞下方燒樹枝製造煙霧，再觀察紙張周圍氣流流動情形。結果發現氣流經過紙張後，會向中心捲入，撞擊紙張折邊，使折邊紙張向固定方向飄落。

接者改用折兩邊的長方形紙張來做實驗，竟然會旋轉，而且剛開始旋轉方向和後來旋轉方向相反。經過仔細研究才發現，剛落下時速率慢，阻力小，捲入的空氣推動長邊的力量較大，所以由長邊轉向短邊。當落下愈來愈快時，阻力大於捲入空氣的推力，使阻力推動長邊的力較大，改向反方向旋轉。由以上的實驗我們終於了解折邊紙片落下的原因了。

壹.研究動機

有次在回家的路上看到樹葉飄落下來，心中就浮現出一個問號。為什麼會這樣呢？於是隔天就帶著這個問號到學校去，我就與好友跟老師討論為什麼會這樣呢？於是這個問號就變成了我們所要研究的題目了。

貳.研究目的

- 一. 紀錄不同形狀的葉子飄落的情形
- 二. 記錄不同樣式的紙張飄落的情形
- 三. 用風洞模擬紙張落下時的受力情形
- 四. 找出影響紙張落下方位的因素

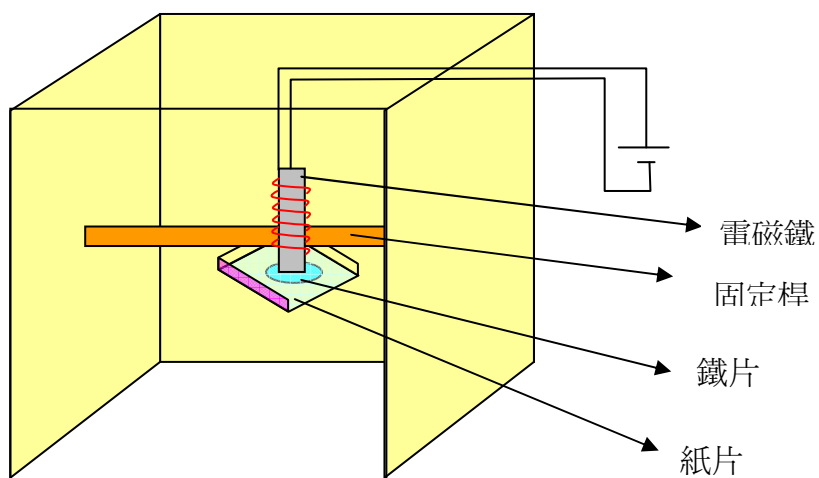
參.研究器材

- 一. 密閉箱:如圖一，圖二所示。

圖一：密閉箱實體圖



圖二：密閉箱結構圖



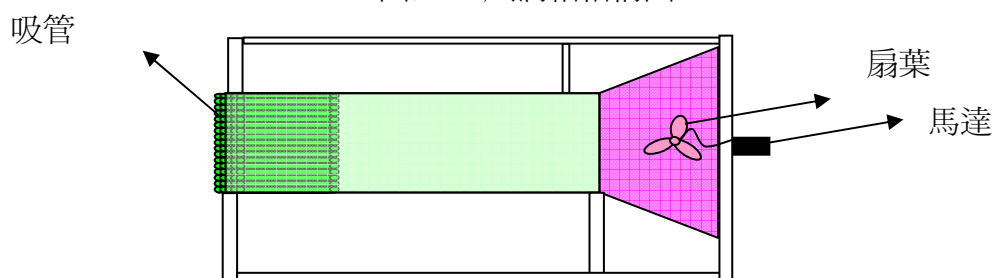
在這個實驗中我們剪裁了各種不同大小的紙張及折不同邊數的紙張，爲了避免外界風力干擾實驗結果，另外再製作了一個密閉箱以隔絕外界影響，並利用電磁鐵來當作釋放紙盒的開關以減少人爲的誤差，使測試紙張的飄動方向更爲客觀。

二．風洞箱：如圖三，圖四所示。

圖三：風洞箱實體圖



圖四：風洞箱結構圖



我們先製作一個風洞箱，並用保麗龍球來測試保麗龍球在風洞箱的飄動情形，結果發現保利龍球它的飄動的不是很穩定，所以我們跟老師和同學討論後決定用吸管把風洞箱的一端填滿，在我們填滿吸管的風洞箱的一端後，我們再做一次測試，結果發現這一次的測試中的保麗龍球，它飄動的情形已經改善了很多，且它不再左右晃動了，也就是說，風洞箱內的氣流是穩定且互相平行的。

肆.研究過程

1. 記錄不同樣式的葉子落下的情形

搜集校園內數十種不同葉子，再依據外形分為十類，分別將葉子放入密閉箱中，觀察其落下的情形，並記錄落下的距離及方位。

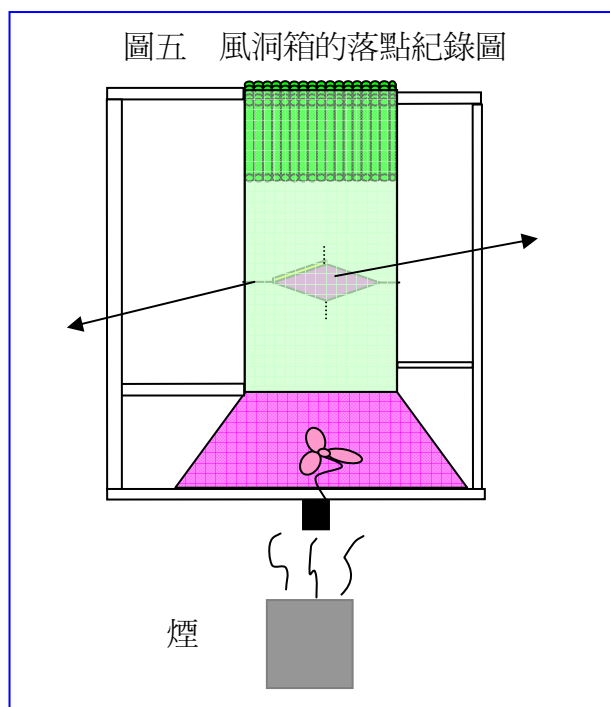
2. 紀錄不同樣式紙張落下的情形

- (1) 同樣面積，同樣紙質，不同折邊對落下方位的影響
- (2) 同樣折邊，同樣紙質，不同面積對落下方位的影響
- (3) 同樣面積，同樣折邊，不同紙質對落下方位的影響
- (4) 同樣面積，同樣紙質，同樣折邊，倒放對落下方位的影響
- (5) 同樣面積，同樣紙質，同樣折邊，不同釋放高度對落下方位的影響
- (6) 同樣面積，同樣紙質，將折邊改為等重漆包線，比較兩者的不同。

3. 用風洞模擬紙張落下時的受力情形

折邊紙張在風洞箱中偏移的情形

- (1) 把紙張放在風洞箱中，抽風看紙張偏移的情形。
- (2) 在風洞箱中加入煙，觀察煙在紙張周圍氣流的情形。如圖五所示。

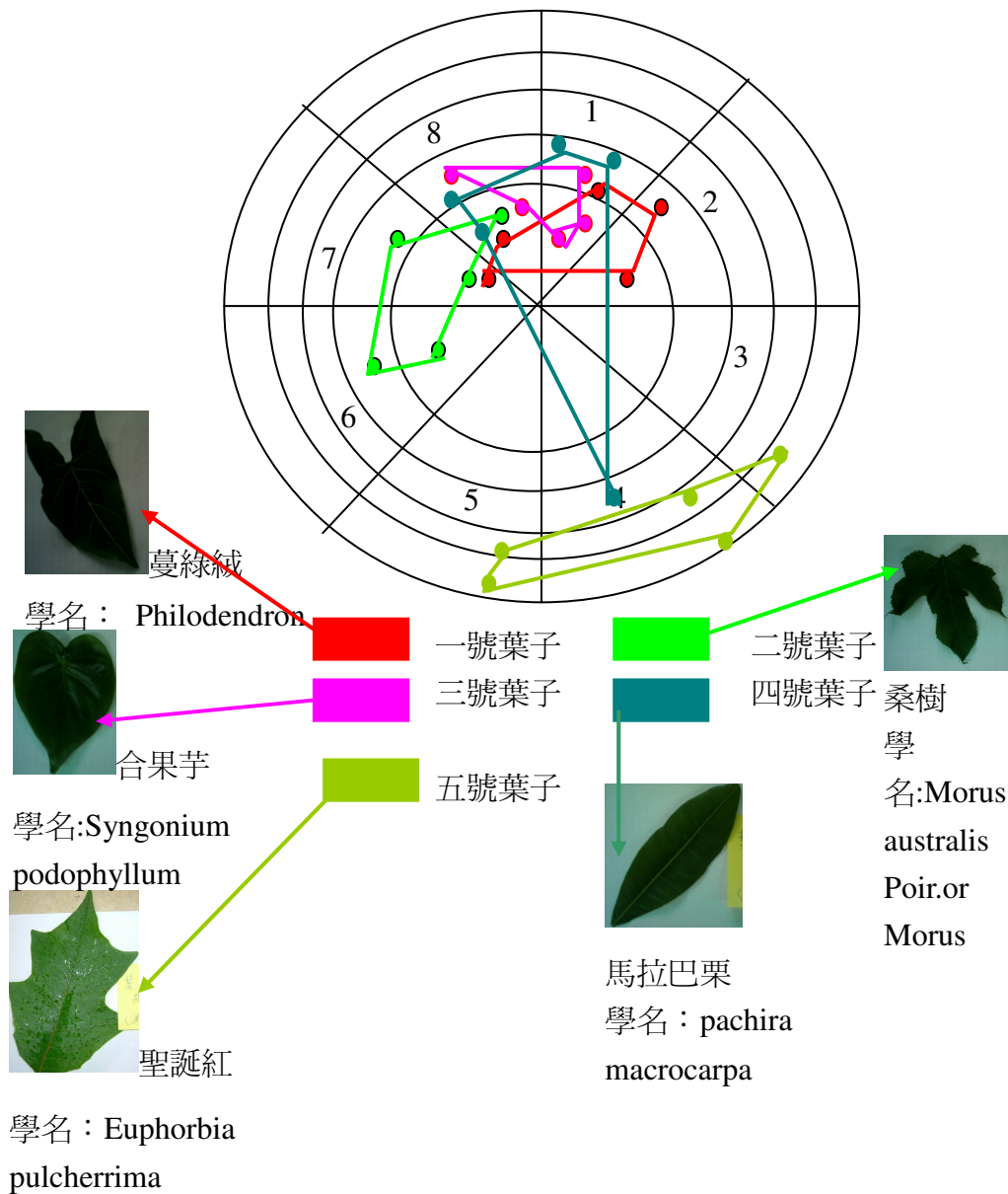


4. 找出影響紙張落下方位的因素,並應用到日常生活中

- (1) 分析正方形折邊紙張受力情形：由風洞箱所觀察到的煙霧流動情形，分析受力情形。
- (2) 記錄長方形折邊紙張落下情形：由正方形紙張的受力情形，推論長方形紙張的偏移情形。接著取一長方形紙張，折其中相鄰的兩邊，高度由 10cm 開始釋放，記錄其落點及偏轉情形，接著每次增加釋放高度 10cm，記錄其落點及偏轉情形，並將結果繪於落點紙上。
- (3) 分析長方形紙張受力情形：由前項的結果，分析出長方形紙張的受力情形。

伍. 數據與結果

一. 紀錄不同形狀的葉子飄落的情形

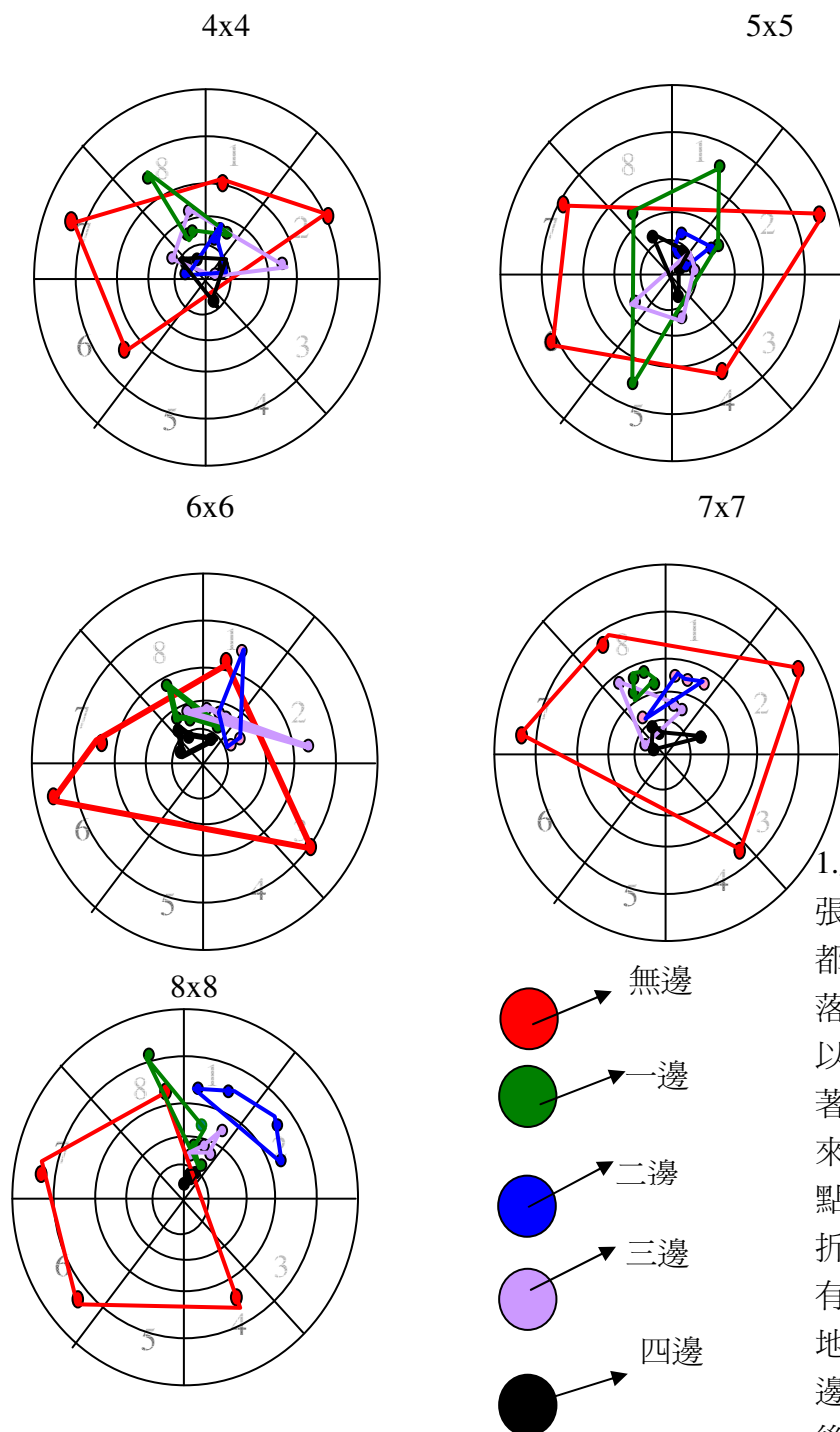


結果：馬拉巴栗葉及聖誕紅的葉子落點範圍較大，其它的葉子落點較規律，比較兩者，發現落點較規律的，其葉子邊緣會往上翹，形成中央凹陷狀。

二.記錄不同樣式的紙張飄落的情形：如圖六到圖十一所示

各紙張的落點圖 **邊高 2**

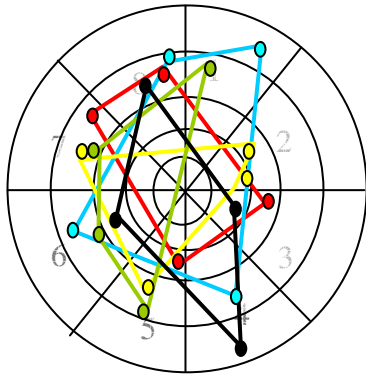
圖六 同樣面積，同樣紙質，不同折邊的落下示意圖



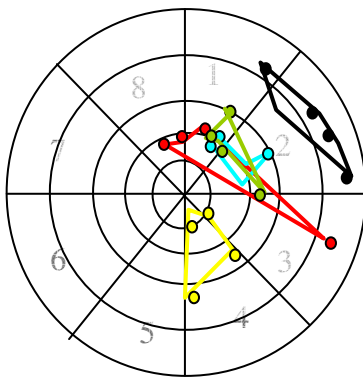
1.結果發現以無折邊的紙張來說，它大部分的落點都比較遠離中心點，而且落點都沒有固定。相對的以有邊的紙張來說，會隨著邊數的增加它的落點越來越靠近中心點，而且落點都比較固定了。所以有折邊與無折邊的差別在，有邊的話風會從無折邊的地方流入，先撞擊到有折邊的地方，接下來撞擊之後與折邊下來的氣流會合由於風不斷撞擊折邊，所以會向有折邊的地方偏。

圖七 同樣折邊，同樣紙質，不同面積的落下示意圖

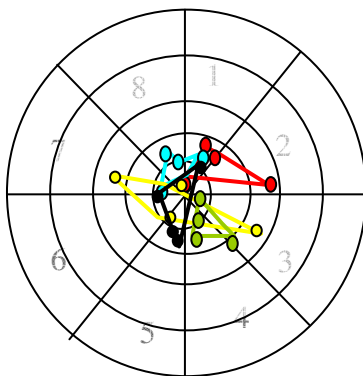
各紙張的落點圖 邊高 2
無邊



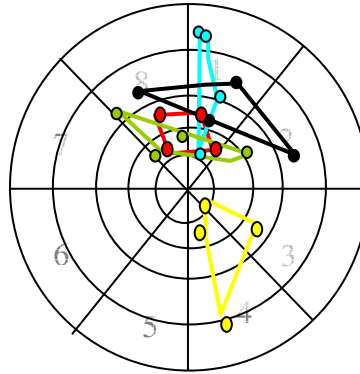
二邊



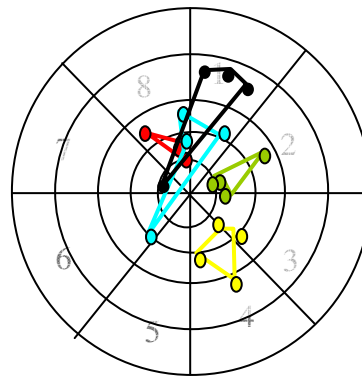
四邊



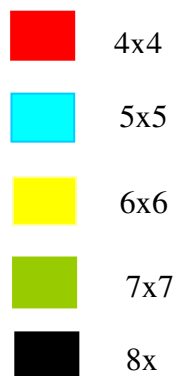
一邊



三邊



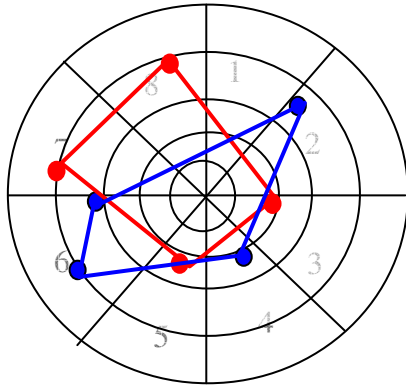
結果發現在同樣折邊，同樣紙質，不同面積時，無邊的紙張飄落的比較沒有規律性。一邊的紙張大部分都飄落在方位辨識圖的 8、1、2 的位置。兩邊的紙張大部分都飄落在 1、2、3 的位置。三邊的紙張大部分都飄落在方位辨識圖的 8、1、2、3 的位置。而四邊的紙張大部分都飄落在方位辨識圖的中心位置。所以面積大的紙張飄落的位置越遠，反之面積小的紙張飄落的位置就沒有比面積大的紙張遠。（四邊的紙張除外）



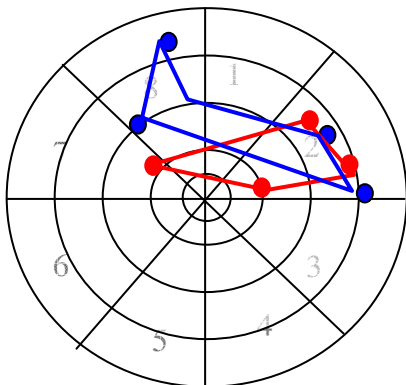
圖八 同樣面積，同樣折邊，不同紙質的落下示意圖

各紙張的落點圖 邊高 2

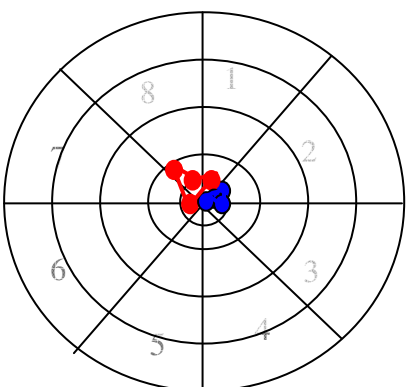
6x6 無邊



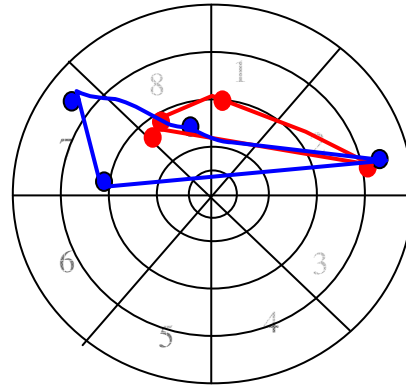
6x6 邊二



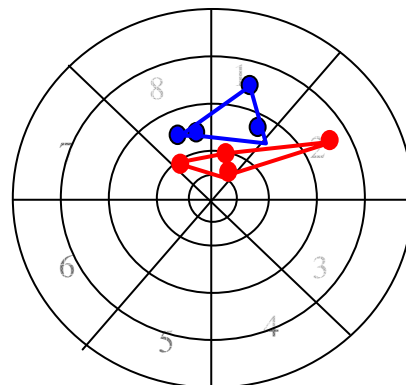
6x6 邊四



6x6 邊一



6x6 邊三



紅色表示海報紙

藍色表示白報紙

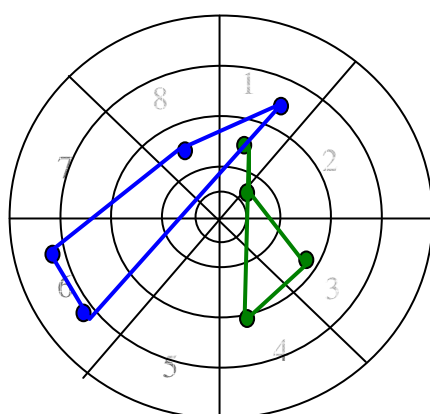
結果發現改變紙質後，並沒有太大的差別，無邊的紙張落點，沒有固定的落點，一邊的紙張在這裡的落點，不管是海報紙還是白報紙它們大部分的落點都在方位辨識圖 7、8、1、2 的方位，二邊的紙張這裡的落點，以 8、1、2 的方位，三邊的紙張跟二邊的紙張落點類似但落下來的點都比較近了，而四邊的紙張大部分都集中在方位辨識圖的中心。所以紙張的紙質改變了，對於紙張的落點並不會有太大的影響。

圖九 同樣面積，同樣紙質，同樣折邊，凹口向下的落下示意圖

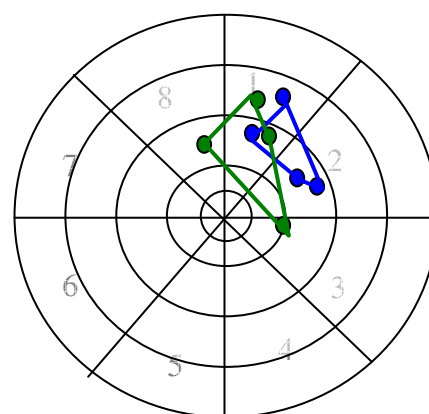
各紙張的落點圖 邊高 2

白報紙

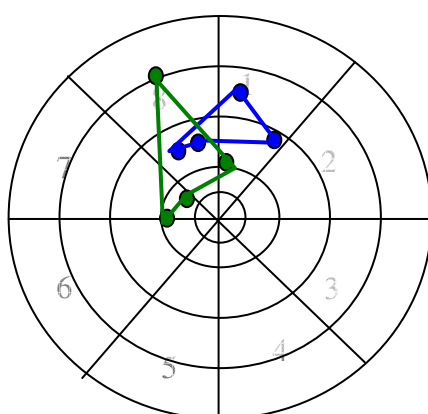
6x6 一邊



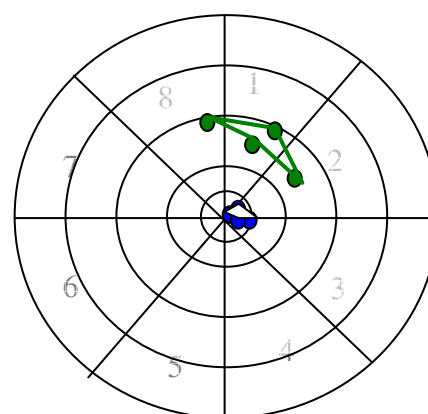
6x6 二邊



6x6 三邊



6x6 四邊



藍色表示凹口向上的紙張

綠色表示凹口向下的紙張

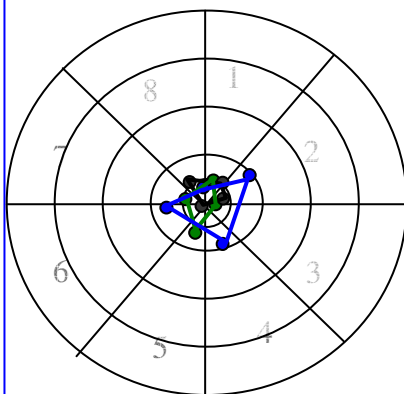
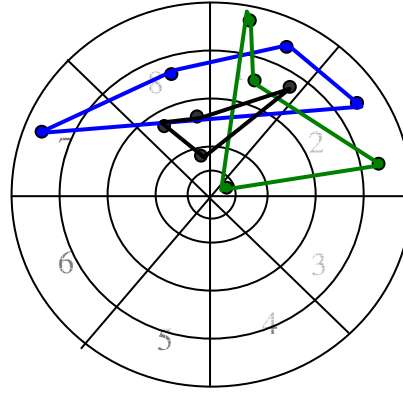
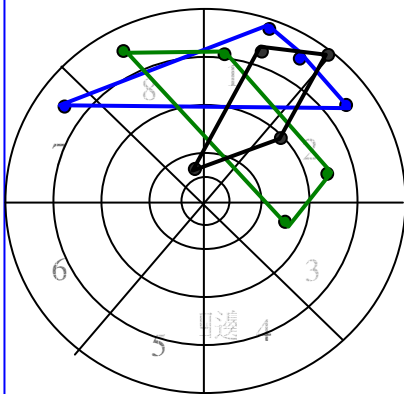
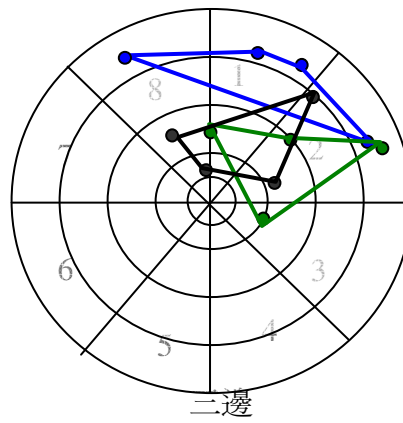
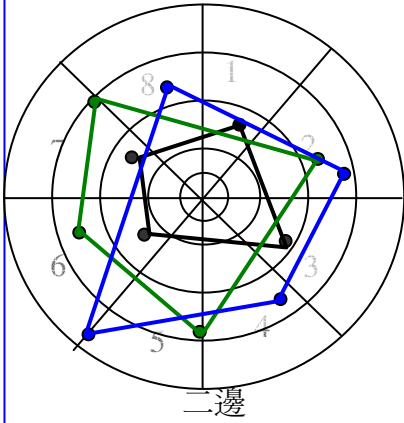
結果發現同樣面積，同樣紙質，同樣折邊，凹口向下的紙張飄的比較凌亂，凹口向上的紙張飄的比較有規律性

圖十 同樣面積，同樣紙質，同樣折邊，不同釋放高度的落下示意圖

各紙張的落點圖 邊高 2

無邊

一邊

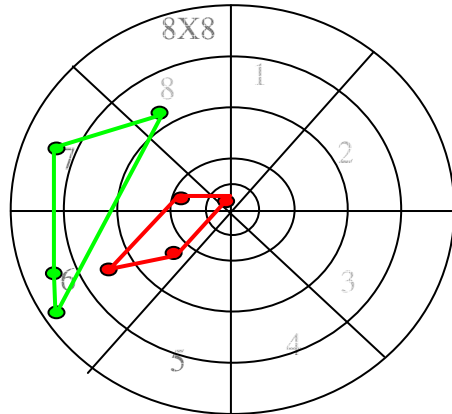


5.結果發現同樣面積，同樣的折邊的紙張，釋放高度不同，紙張的飄落的方向也不同，高度在 110cm 釋放時，紙張飄落的距離比較遠。而在 90cm 釋放時，紙張的飄落距離比較近。但四邊的紙張飄落時沒有差別。所以高度越高紙張飄的越遠。

● 110cm ● 90cm ● 70cm

圖十一 同樣面積，同樣紙質，將折邊改爲等重漆包線的落下示意圖

各紙張的落點圖（薄）高 110cm 邊高 2



紅色的是折四邊但是不加漆包線
綠色的是不折四邊但是邊加漆包線

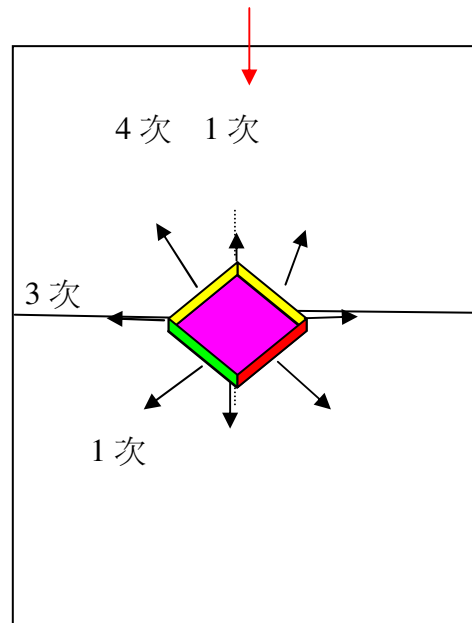
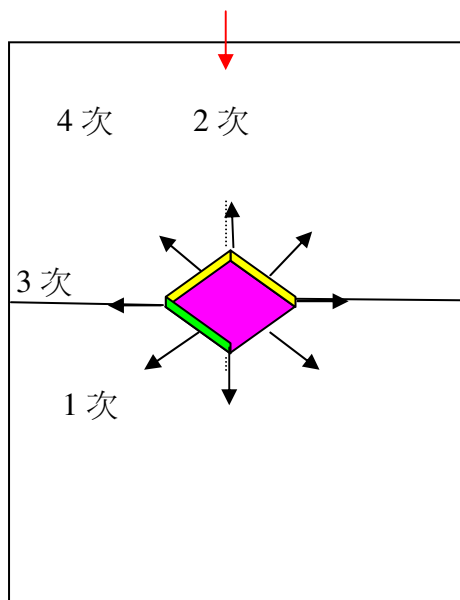
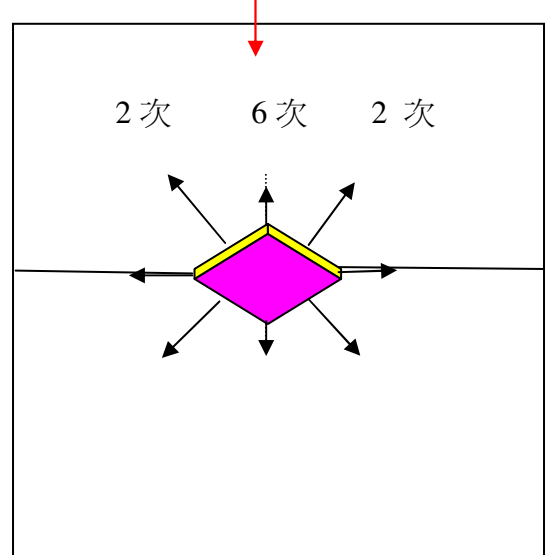
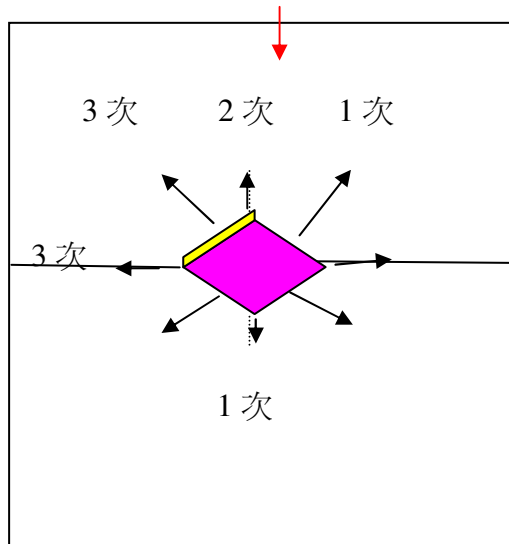
6.結果發現同樣面積，同樣紙質，將折邊改爲等重漆包線時，跟重量沒有太大的關係，而是跟紙張的折邊邊有比較大的關係，有加漆包線的紙張落點較散亂，相對的沒加漆包線紙張飄落的比較集中。

三.用風洞模擬紙張落下時的受力情形

圖十二折邊紙張在風洞箱中偏移的情形 (凹口向上)
紅箭頭方向表示風從哪裡進入

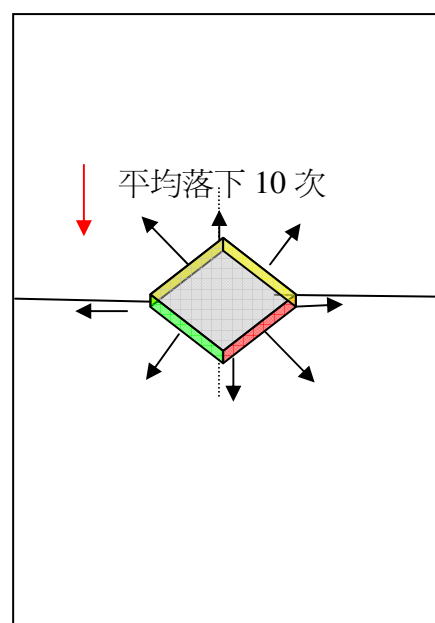
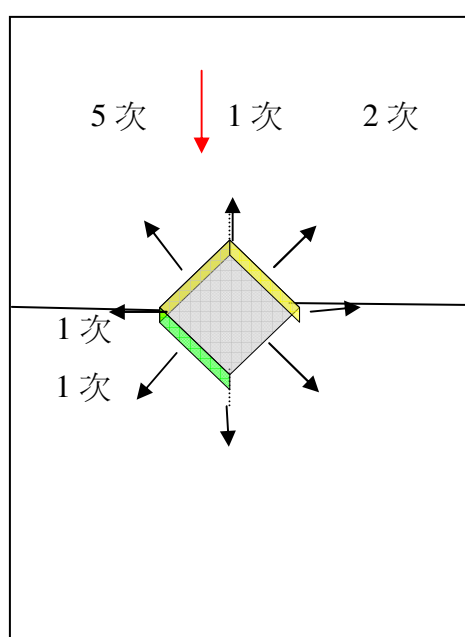
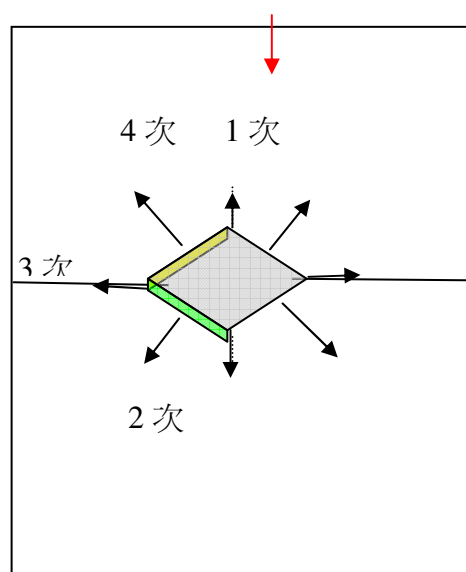
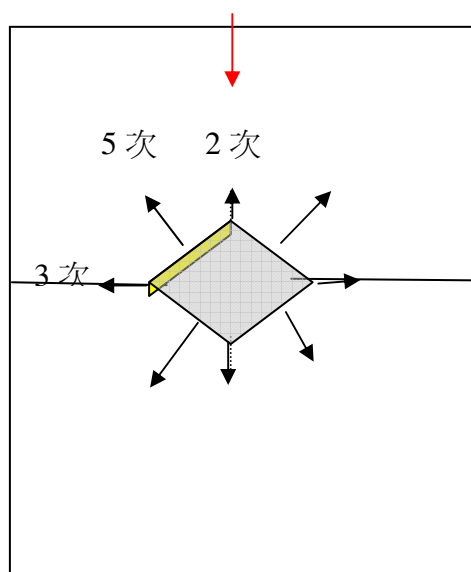
我們把紙張放在風洞箱中，抽風來看他偏移的情形。

紙張朝上



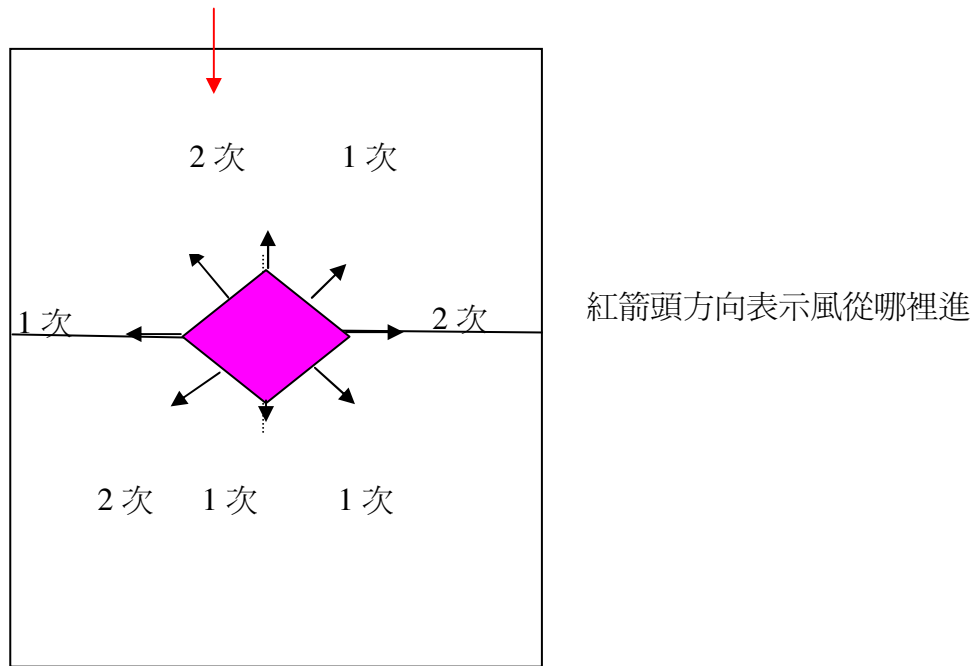
圖十三折邊紙張在風洞箱中偏移的情形 (凹口向下)

紅箭頭方向表示風從哪裡進



箭頭所標示的次數代表指張在風洞箱中實驗時所靠近的地方

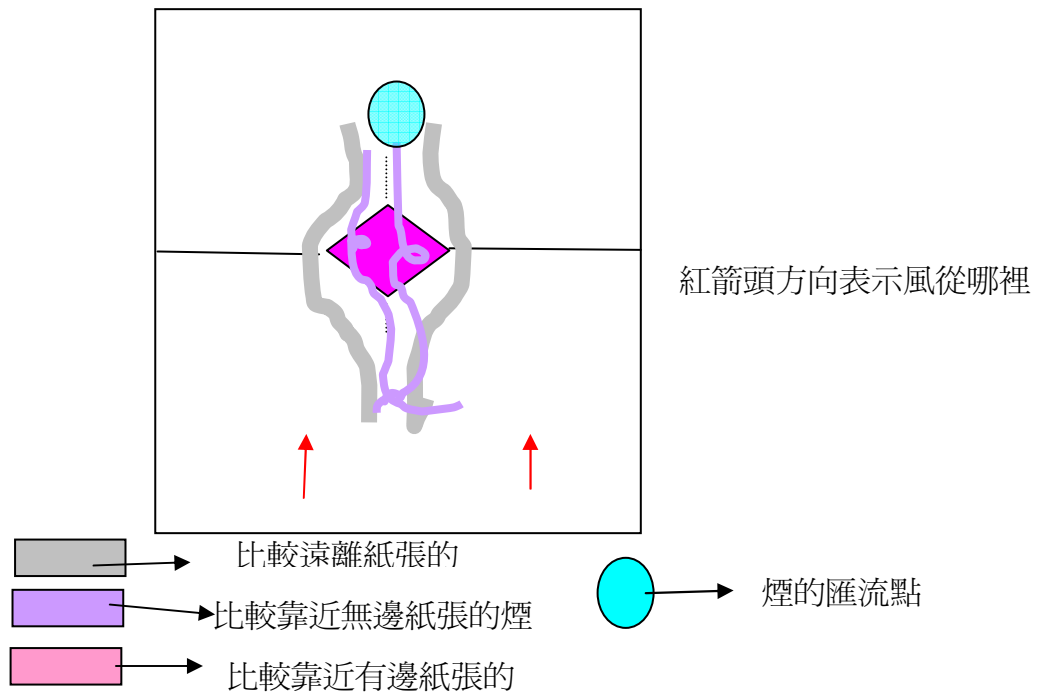
圖十四折邊紙張在風洞箱中偏移的情形（無邊）



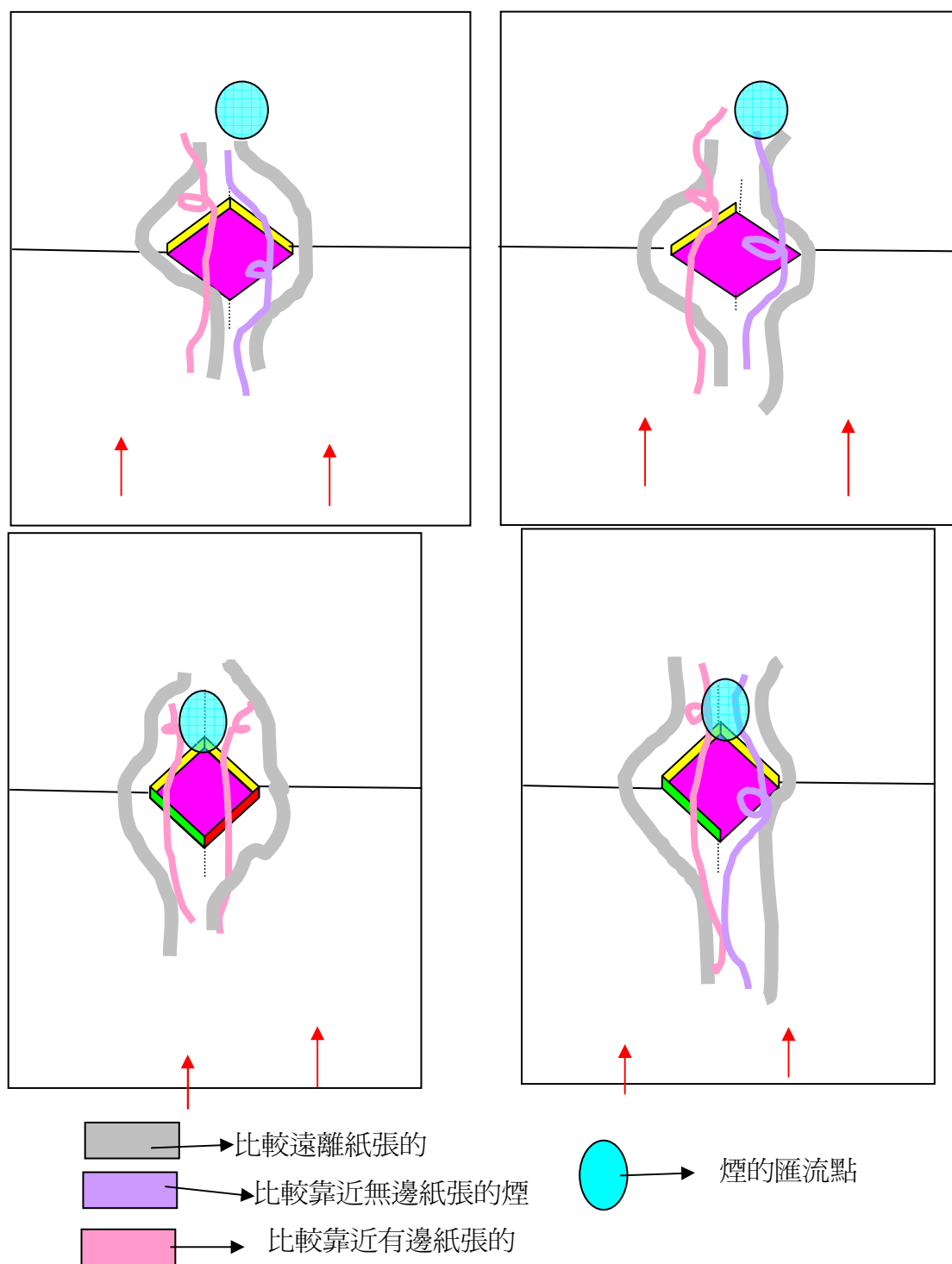
箭頭所標示的次數代表指張在風洞箱中實驗時所靠近的地方

圖十五我們在風洞箱中加入煙，觀察煙在紙張周圍氣流的情形（無邊）

我們在風洞箱中加入煙，觀察煙在紙張周圍氣流的情形。



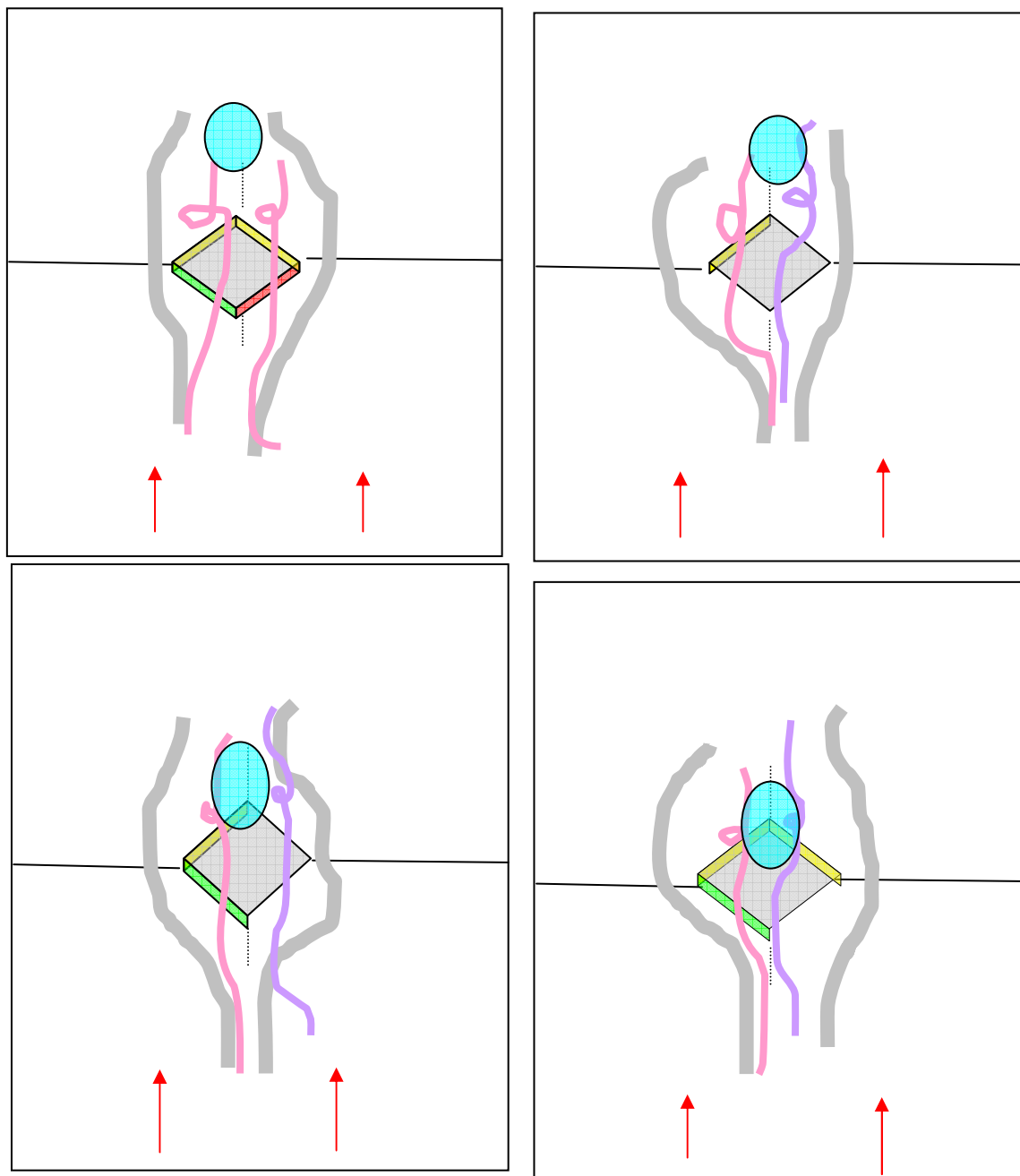
圖十六我們在風洞箱中加入煙，觀察煙在紙張周圍氣流的情形 (凹口向上)
紅箭頭方向表示風從哪裡進



圖十七我們在風洞箱中加入煙，觀察煙在紙張周圍氣流的情形(凹口向下)

紅箭頭方向表示風從哪裡進

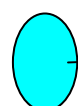
反面紙張在風洞箱中的流向



 比較遠離紙張的煙

 比較靠近無折邊紙張的煙的煙

 比較靠近有折邊紙張的煙

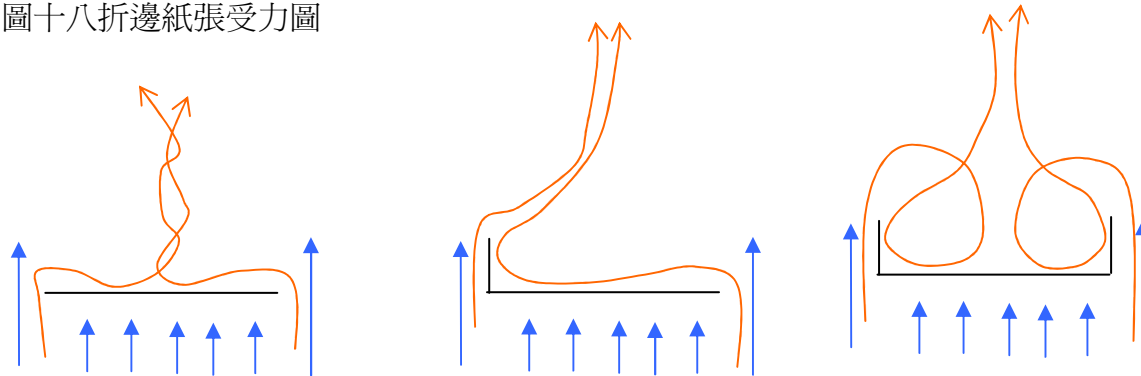
 煙的匯流點

四. 找出影響紙張落下方位的因素,並應用到日常生活中

1.分析正方形折邊紙張受力情形:

較輕的無折邊紙張在落下時，容易受到周圍氣流的影響而飄忽不定。因為無邊紙張落下時，周圍氣流會捲進來，撞擊紙張的背面，力量只要稍不平均，就會翻轉。加了一個折邊之後，風會先由沒折邊處捲入，撞擊到折邊的地方，因而會穩定朝折邊處飄去。加了四個折邊，風會由四邊捲入，撞擊四個折邊，起了穩定作用，因而會直直落下。若是將折四邊的紙張，凹面朝下釋放則是會先反轉，再直直落下，由風洞的煙物流向，可以看出進入凹面風速很快，通常只會由一面捲入，由另一面捲出。所以只要撞擊力量不平均，就會翻轉而凹面朝上的，捲入的風速不會很快，可以由四面均勻的捲入，較為穩定。如圖十八所示。

圖十八折邊紙張受力圖



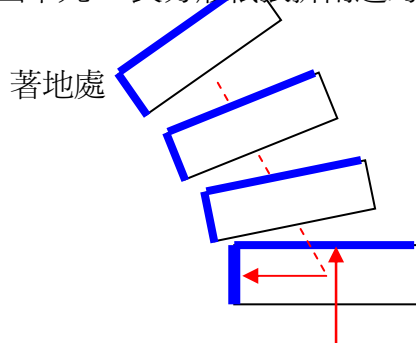
2.記錄長方形折邊紙張落下情形:

(1) 預估長方形落下軌跡：

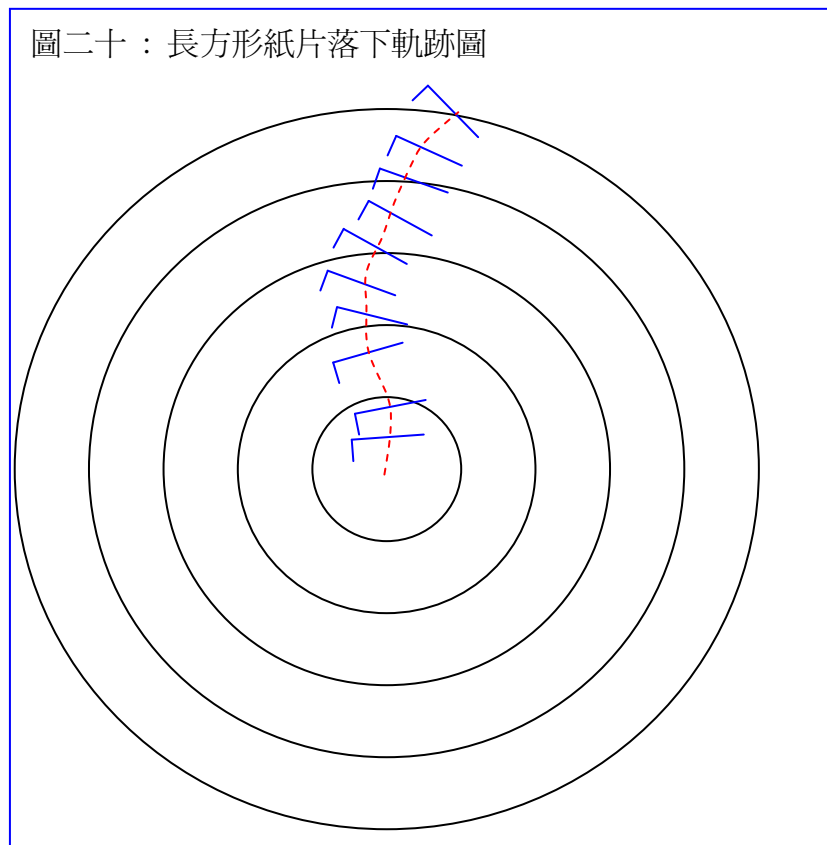
如圖十九所示，藍色部分是折邊之處，

紅色虛線表示預測軌跡，紅色箭頭是受力情形，由於長短邊受力不同，所以合力矩不為零，而是朝逆時鐘方向旋轉，且由於合力不為零，它會一邊旋轉一邊朝著合力的方向前進。

圖十九：長方形紙張折兩邊的預測軌跡圖



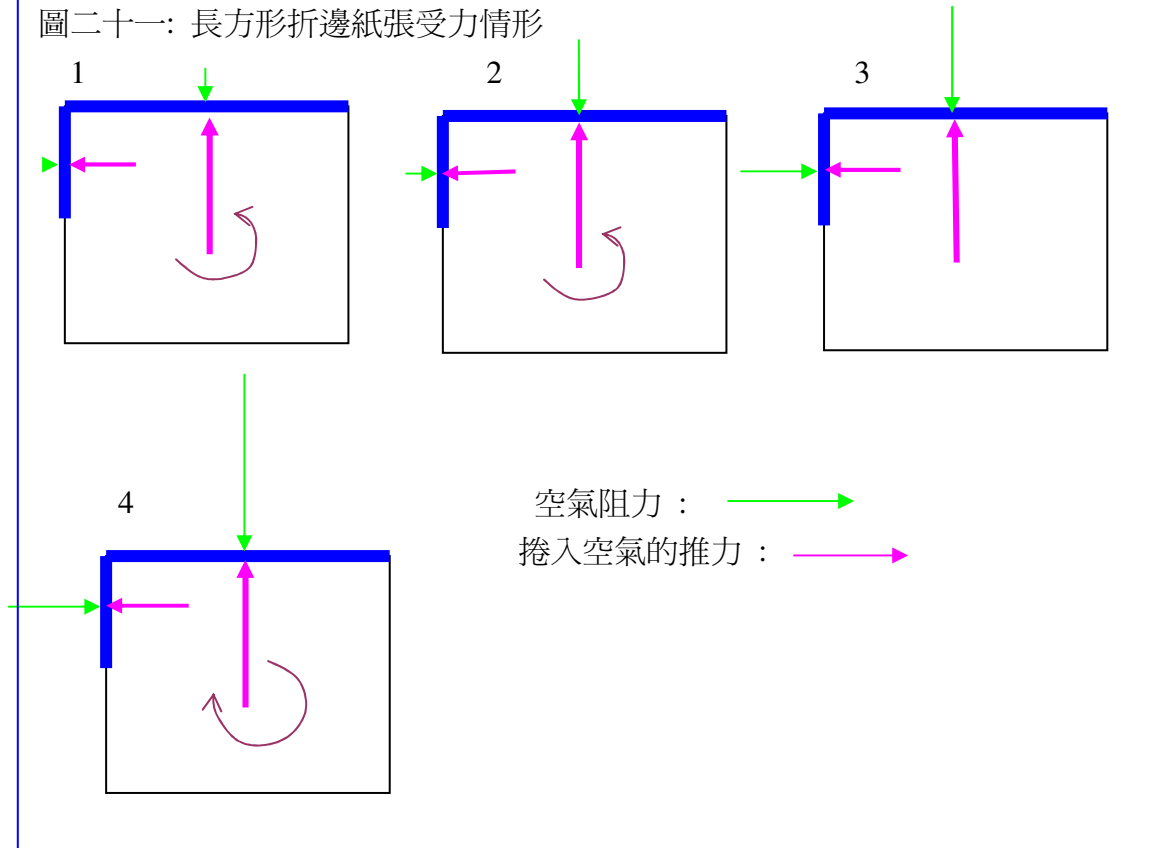
(2)長方形落下軌跡，如圖二十



結果：原本預估長方形紙張偏移路線為圖十九所示，但結果卻出乎意料之外，紙張並不是朝虛線方向直直飛去，而是先逆時鐘方向轉一點點，再朝順時鐘方向一直旋轉到底。可見原本的理論應有修正之處。

(3)分析長方形紙張受力情形：當形狀不對稱時，折邊受力不同就會有旋轉的效果。原本只考慮捲入的空氣對折邊所造成的推力，這應該會讓它逆時鐘旋轉，可是結果卻是先逆後順。這表示還有其他的力在作用，於是想到空氣阻力，空氣阻力隨速率的增加而變大，所以剛開始釋放時，速率慢，阻力小，所以照預定的結果落下。但是當速率快，阻力大時，阻力作用於折邊之力，會大於捲入空氣的推力，於是朝反方向旋轉。如圖二十一所示。

圖二十一：長方形折邊紙張受力情形



陸.討論

- 1.紙的平整程度，做實驗用的紙張無法做到完全平整，尤其經過剪裁之後，更容易皺掉，再加上拿進拿出的影響，無法每次都落在預估範圍內，這是無法避免的誤差，所以只有多做幾次來減少此項的誤差。
- 2.釋放時的中心點不易控制，由於做了多次實驗之後，紙張不平整，雖然釋放時，鐵片被吸在中心點，但是紙張並不會很平整，導致落下瞬間並非水平。
- 3.製作時的誤差，像是剪裁紙張時的大小會有一點點誤差，剪漆包線時有可能會剪出和邊不一樣重的重量，這也是無法避免的誤差，所以我們盡量多做幾次測量來縮小誤差。
- 4.觀察風洞實驗中，觀察時角度的不同，看見煙的流向也不同。所以我們用攝影機拍攝與觀察都在同一角度觀察，以減少觀察時的誤差。
- 5.風洞中的觀測中，若抽風抽得太慢，造成煙太慢上升，會擠在一起，看不出來，煙太快，又會太淺而不易觀察，所以調煙的大小，以及抽風的快慢，是觀測正確與否的重要條件。
- 6.在密閉箱時，做釋放的實驗時，有時會因為紙張較大，不易由落點紙的圈圈看出距離，在寫數據時會有觀察的誤差。所以改用用尺來量它距離中心幾公分較為準確。
- 7.抽氣所用的馬達，原來採用電風扇的馬達，後還發現轉速不易控制，所以到五金行買較好的馬達，並用變壓器控制電壓以改變轉速，便可獲得較準確的結果。

柒.結論

- 1.我們裁出大小不同紙張將它的四個邊一一折出，一邊、兩邊、三邊、四邊跟無邊的紙張來測試它是否會因為其折邊的不同，而改變飄落的方向。邊越多紙張飄下來就越有規律性。而無邊的紙張，它飄下來就比較凌亂。
- 2.我們也討論到如果將我們所用的紙張的材質換成較輕的白報紙是否也會影響到它落下的方向呢?所以我們開始製作大小規格相同的紙張，而它也分成一、二、三、四邊。重複上一個材質的紙張所做所有實驗。發現白報紙它落下的距離變近了，而且落下的速度變慢了。但落下的方向仍然不變。
- 3.我們在密閉箱中把高度變成三個階段，這三個階段分別是 70cm、90cm、110cm 用這三個不同的高度來測試紙張的飄動結果。結果發現在釋放高度 110cm 放下的紙張，其落點分布的範圍最大，但折邊紙張飄落的方向大致故定。
- 4.我們做完這些實驗後，想到如果把紙張倒過來，結果發現倒過來的紙張，它飄落下來的速度有變慢，且所有的紙張飄落的地點都很凌亂，不像放正面飄落時那麼的流暢，且有三個邊跟四個邊都比較會翻過來。推論原因，倒蓋落下的情形，其所受的力量是直接衝擊到摺邊，所以容易翻轉過來。
- 5.在風洞箱中我們在加入煙後發現，靠近紙張的折邊，周圍在有煙通過時，邊周圍的煙會比較遠離紙張，反之靠近無折邊之處，周圍在有煙通過時，邊周圍的煙會比較靠近紙張，在

通過紙張後無論正反面都會有類似有龍捲風煙團。有邊與無邊的紙張差別，在於風會從無折邊的地方流入，先撞擊到有折邊的地方，接下來撞擊之後與折邊下來的氣流會合，形成類似橫向龍捲風的狀態，由於風不斷撞擊折邊，所以會向有折邊的地方偏。而且折邊越多飄的越穩。

- 6.在把邊高加到 5cm 以上時，煙在通過後，形成龍捲風的煙團比較弱，比較看不清楚，把它反過來後，煙一進去凹口就形成旋轉的煙團，由一邊旋入，另一邊旋出，可見其撞擊的力道較強。
- 7.邊的高度、紙張的材質、釋放的高度、風力的大小這些都會影響到紙張落下的方位，而我們所做的實驗跟發現結果，可以運用在跑步團體，跑者排成一直線，第一個人當阻風人，而後面的人就能減少受風的面積，以達到減少消耗體力的目的，使跑步團體的成績更好。
- 8.不同形狀的紙張，我們又做了其他形狀的紙張，例如三角形、星形、橢圓形等.....。結果發現這些形狀的紙張，在落下時都不規則飄落，如果加了折邊之後，就會有固定飄落方向。所以我們得到的結果是其他形狀的紙張，只要面積稍大，加上摺邊，就會有固定的飄落方向了。

捌. 參考資料

張懋中，科學月刊，62 年頭版

評語

031607 葉飄保處，紙歸何方

1. 議題在歷屆作品探討甚多，作者可考歷屆作品中延伸出更有特色，更有研究價值的科學實驗。
2. 對於各項變因的控制及記錄如能運用科學工具或自製工具做更精確的測定，則作品的完整度為創意性會較佳。