

台灣二〇〇五年國際科學展覽會

科 別：物理

作品名稱：旗海飄揚—旗面波之探討

學 校：國立彰化高級中學

作 者：楊智鈞

作者簡介



我的名字叫楊智鈞，目前就讀於彰化高級中學二年級，平時就對物理就頗有興趣，卻沒有適當的機會去研究，直到高中時才在老師的引導下，去研究一些較深入的題目，也發現了物理世界的奧妙、無邊無際！

這次是我第一次參加科展，在許多方面仍屬生疏，也因此有許多方面下過了一番苦心，更特別感謝梁松榮老師、楊淳清教授的指導，以及同學和家人的支持。從研究的過程中，讓我學習到科學的精神與解決問題能力的提升，這次的科展研究，將會是一項珍貴的經驗！

一、前言

(一)、研究動機

無意間在某大學的科學討論版中，發現有人提問了一個關於旗子的问题，但遲遲無人回應。

經過仔細思考這個問題後，想起許多旗幟在空中隨風飄揚的景象，那些旗子似乎有著一定的律動，而這個律動中，風扮演著一個十分重要的角色，不禁使我感到好奇：「風與旗子的擺動究竟有什麼關係？」，恰好有研究的機會，於是就以『旗海飄揚-----旗面波之探討』為題目，展開了一系列的研究。

(二)、研究目的

若將旗面的擺動視為一種波動（以下簡稱為旗面波）。本研究在探討：

1. 旗面波與旗子的長度、寬度是否有關？若有，是何種關係？
2. 風速與旗面波的振幅、頻率間有何關係？
3. 旗子的材質是否會影響旗面波的頻率和振幅？

(三)、研究設備及器材

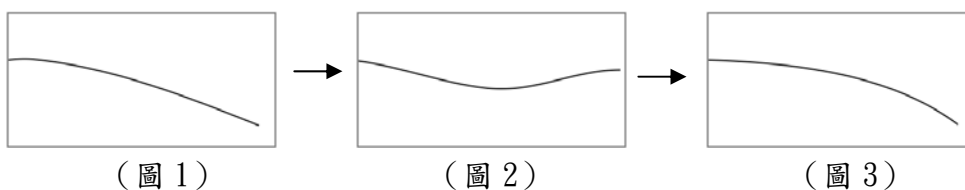
電風扇、抽風扇、馬達、自製風洞裝置、各種材質的旗子(布，紙……)、攝影機、電腦、若干電腦軟體。

二、研究方法及過程

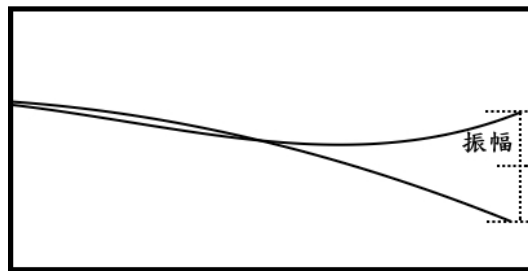
(一)、預備知識

以下定義將套用於整份報告，

1. 一次擺動：由旗子的末端傾向判斷，若原本朝下，經過一次朝上後，又回到朝下時，就定義為一次擺動。(如圖 1、圖 2 和圖 3)



2. 振幅：旗子末端擺動的最高點與最低點的高度差之半。(圖 4)



(圖 4)

(二)、研究過程

1. 風源

由於這個實驗與風有關，若風不夠穩定，將會有許多亂流，導致旗子擺動極度混亂，因此如何產生一道較穩定的風成了首先必需解決的問題。

雖然在經過多次努力後仍無法製造出一道極穩定的風，因而只好在優劣之間作出取舍。

以下四種方法就是為了產生穩定風源而想出來的辦法：

(1). 出口扁平圓桶：



(圖 5)



(圖 6)

如圖 5 和圖 6 所示，由鐵絲網內部鋪光滑日曆紙作成一圓柱體，長 90cm，而風洞乃由一圓柱體將其末端壓成扁平狀，再接一段平直的導管所構成，出風口為 45cm。

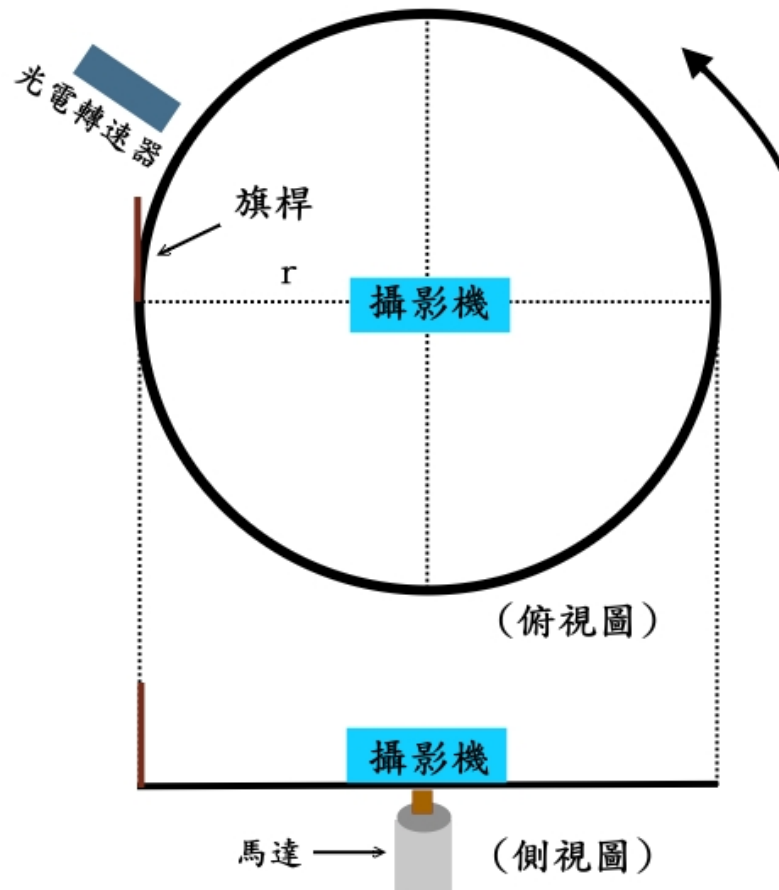
經過實驗後發現：

- A. 以這種風洞產生的風，由於柱體內部無法作得十分平滑，形狀上不夠流暢，於是產生了不少非水平方向之亂流，因此可用的穩流區極少。
- B. 因為將風管的出風口壓扁，由連續方程式知：風速將會增加很多，使得旗子擺動極快，在數據取得時有相當的困難。

(2). 等速圓周運動：

由於風是空氣分子的運動，因此只要空氣與旗子有了相對運動，就會有風的產生。

在此想法下，因而有了這個實驗設計（圖 7）。



(圖 7)

如圖 7 所示，將一腳踏車輪架設於馬達上，並將旗子插在車輪上某一半徑 r 處，藉光電轉速器測出車輪上半徑 r 處的角速度 ω ，由速度 $v = r\omega$ ，可求出旗子所受的風速，而攝影機則隨著圓盤作等速圓周運動，時時拍攝著旗子的運動情形。

就理論上而言，只要控制好馬達轉速，這個裝置所產生的風速將會是最穩定且最容易測定的，但這個計畫最後並沒有實行，因為攝影機過重，放置在馬達上時嚴重影響轉速，甚至轉不動，在找不到適當的攝影機及馬達下，這個計畫只得捨棄不用。

(3). 吹氣式圓柱：

後來想到延長管體長度或許可使風更穩定，因而決定製作一平滑的圓柱（圖 8 和圖 9）。

圓柱是由厚紙版作成，直徑 45cm，長 110cm，然後割去兩個 A4 大小的長方形，並補上空白投影片，將圓柱體內部半面貼上一層薄黑紙，以方便攝影。



(圖 8)

(圖 9)

經過實驗後，覺得風速還有些過快，而且風較「吸氣式」不穩。

(4). 吸氣式圓柱：

風洞構造同「吹氣式」，但將抽風扇由原來的吹氣改成吸氣，目的是使風速降低，也可使風更穩定。(同圖 8、9)

(5). 抽風扇的種類：有兩種，分別為 3 葉扇及 10 葉扇。



(圖 10)

(圖 11)

實驗後發現十葉的抽風扇所產生的風較連續，較不會時強時弱。

在經過多次實驗及調整後，最後決定採用第四種“吸氣式圓柱”搭配 10 葉抽風扇作為往後實驗的風源，因為在圓柱的截面上，各點的風速由圓心向外遞減，因此風洞實驗區段在風洞中心直徑 5cm、距風扇 55cm~95cm 間的圓柱區域內。在此條件下，旗子長寬都受到了限制。

2. 旗子材質的選定(不將旗子材質作為操縱變因時)

起初，實驗時都是使用布製旗子，但由於布過軟，無法抵抗橫向的力，容易造成對摺的情形，一旦對摺後，旗子的擺動將會改變，經常會成了三維的擺動，從風的方向看來，旗子會作圓周運動。

但若旗子太硬，則不容易擺動。

在為了抵抗橫向的力，及兼顧旗子材質的柔軟度下，試過許多材質後，最後找到了「印書紙(厚0.015mm)」(圖12)，這種材質的紙，可抵抗橫向的力，又不會過硬，於是就以印書紙作為旗子的材料。



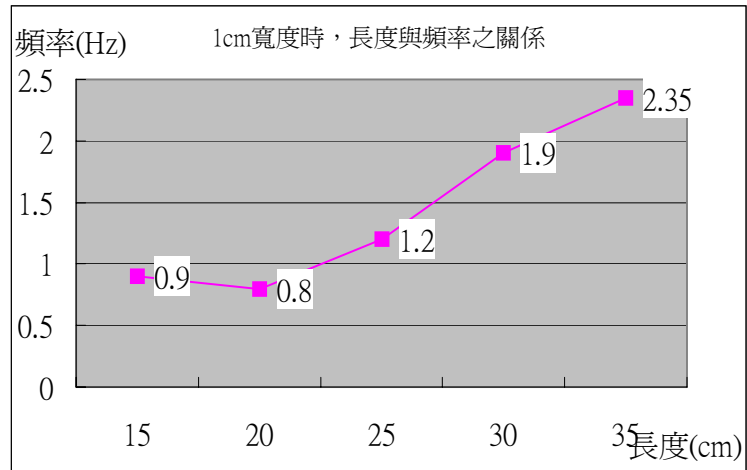
(圖 12)

(圖 13)

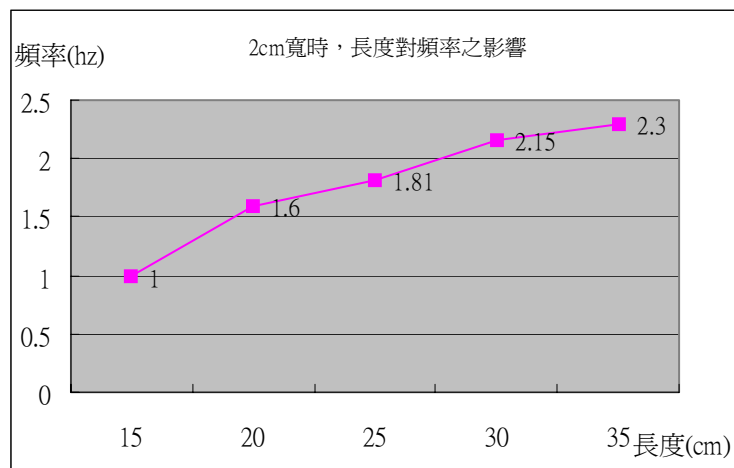
而旗子則由文書夾夾緊作為固定(圖13)，事實上文書夾並不能將整張紙都夾緊，有夾到的部分其實只有一條線，如此一來，旗子可藉由些微的左右晃動，以減輕橫向的風對旗面的影響。先前，也有想過用一針，穿過旗子，讓旗子易於左右擺動，而避免對摺的情形，但發現抽風扇啟動不久後，針與旗子就鬆脫了，因此只能捨棄「點」的固定法，改用「線」的固定法。

3. 實驗

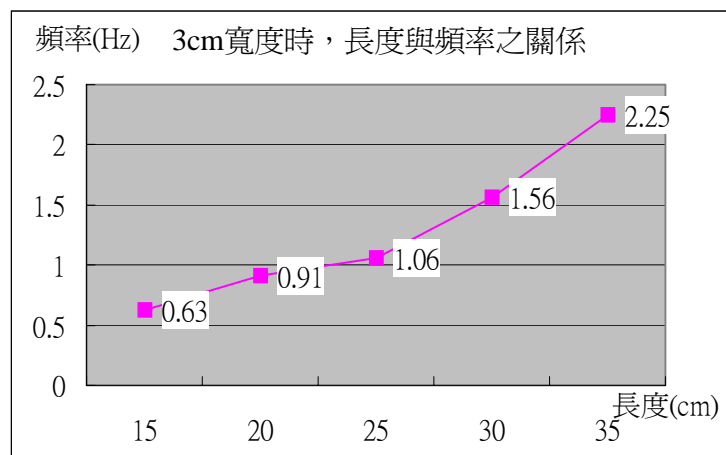
A. 旗子長度對擺動頻率、振幅的影響



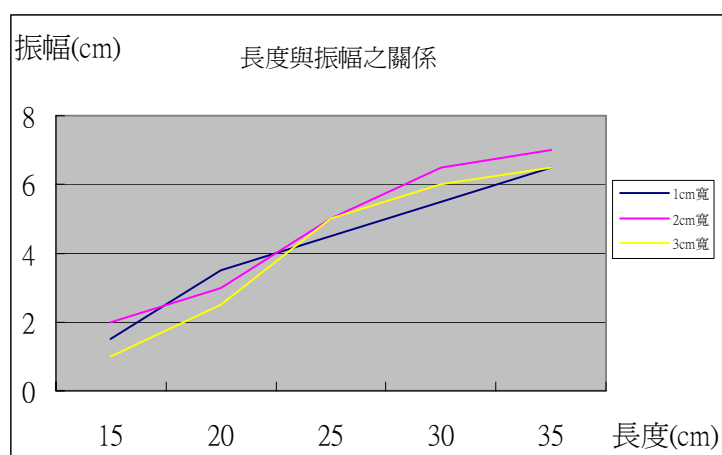
(圖 14)



(圖 15)



(圖 16)

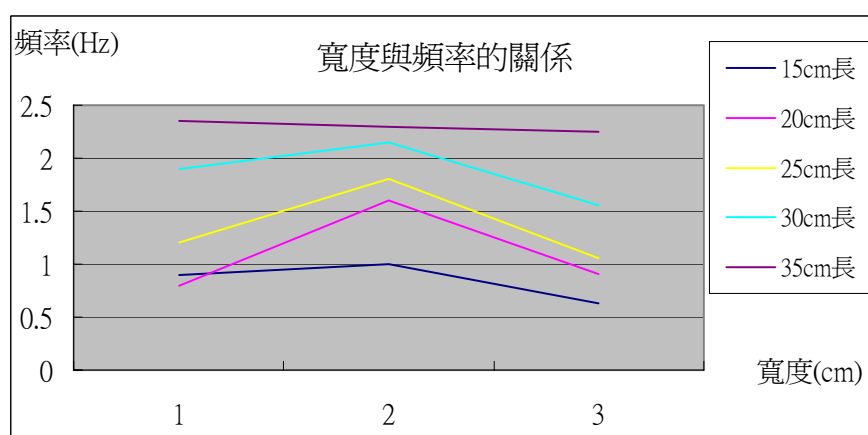


(圖 17)

由實驗數據 (圖 14、圖 15、圖 16 和圖 17) 明顯可知：

旗子長度越長，則擺動頻率越快，振幅也越大，但長度太短時，可能會有例外，因為此時的旗子擺動並不明顯、甚至沒有，因而難以判讀是否有擺動，容易造成判讀錯誤。

B. 寬度對擺動頻率的影響



(圖 18)

由圖 18 得知，在長度越長時，寬度的改變對於頻率的影響就越小。

C. 風速對頻率、振幅的影響

由於作這個實驗所用的風並不能太強也不能太弱，所以實際上能使用的風速範圍並不大，因此只能稍微知道：

風速越快，頻率越大，振幅也越大。

D. 旗子擺動模式

在旗子擺動的過程中，並不是從頭到尾都是作著同樣的運動，約略可分為三個階段：規律擺動、穩定不動、劇烈擺動。

規律擺動時：旗子有規律的運動，每次擺動的振幅相近，頻率穩定。

穩定不動時：旗子幾乎保持不動，亦或振幅小於 1mm 時，頻率幾乎為 0。

劇烈擺動時：旗子作大幅度的擺動，振幅大，頻率也大，極不具規律性。

以 35cm 長，1cm 寬的旗子為例，每 0.12 秒繪製一張圖片，就看到旗子經歷這些過程時的樣貌，但光從圖片並不能明確判斷出，尚需以影片為輔（見附件 圖 19~圖 58）。

三、研究結果與討論

(一)、研究結果

1. 風速與風向一定時，旗子長度越長，則擺動頻率越大、振幅也越大。
2. 旗子長寬和材質一定時，風速越快，則頻率越高、振幅也越大。
3. 若風速和風向一定，則旗子長度越長時，寬度對旗面波的影響越小。
4. 旗子擺動時，會約略有三種情形：穩定不動、規律擺動、劇烈擺動，三種情形會隨時間交替出現，但三種情形的發生順序並無一定。

(二)、討論

1. 雖然目前採用的是「吸氣式圓柱」風洞裝置，但仍有一些可改善的地方，目前是想到用兩台風扇，分別架設在兩端，並在電路上串聯可變電阻，以調整風速，一吹一吸，利用『離出風口近的地方風速快，離出風口遠的地方風速慢』，造成互補，使得整個風管內的風速更均勻，但若只這樣作，仍有一大困難無法突破，即在同一截面上各點的風速並不一致，因此目前尚未想出解決的方法。
2. 藉等速圓周運動所產生的風應會是最穩的，但要盡快想出攝影的方法。

3. 要研究旗子的材質對於旗面波的影響，必須找出有效的方法避免旗面對摺的情形發生。
4. 重力的作用是旗子擺動的重要因素之一，我曾經將風洞豎立起來，使風鉛垂往下吹送，但此時的旗子一直呈現穩定不動的狀態，因此足以證實重力的作用對於旗子之擺動是有相當影響力的。

四、結論與應用

(一)、結論

在這個研究中，因為風源的關係，旗子的長、寬都受到了限制，並還沒徹底掌握旗面波，但對於旗面波已有些許認識，雖然現在的風洞還有一些亂流，但比起初期已有大幅的改善，我想只要能突破風源的障礙，一定能更了解旗面波的型態。

(二)、應用

1. 如果能了解風與旗子關係，就能有效的將風能轉換成旗子的動能，可減弱風的強度。
2. 也或許可改善未來的水上交通工具，以效率更高的擺動裝置代替目前的螺旋槳，就如同魚的游水。
3. 風與旗子的關係應與聲帶發聲原理有相似之處。

五、參考文獻

1. 杜鳳棋，流體力學(上)，二版，台北縣，高立圖書出版有限公司，p. 187~234，2002D.C.
2. 黃立政，流體力學—原理與應用，二版，台北市，全華科技股份有限公司，4-1~4-54，2000D.C.
3. Zhang, Childress, Libchaber and Shelley, 2000D.C,
Flexible Filaments in Flowing Soap Film, Nature., 408,835

附件

以 1cm 寬，35cm 長的旗子為例，說明旗子擺動的三大運動型態，但須搭配影片才能看清楚三種情形的樣貌。

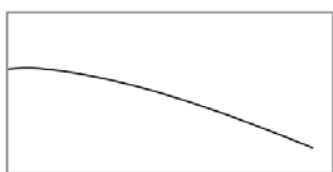
(每張圖片間隔 0.12 秒，共紀錄 4.8 秒，順序：由左向右，由上而下。)

從 (圖 19~25) 為規律擺動，(圖 26~30) 為劇烈擺動

(圖 31~33) 為規律擺動，(圖 34~37) 為穩定不動

(圖 38~42) 為規律擺動，(圖 43~45) 為穩定不動

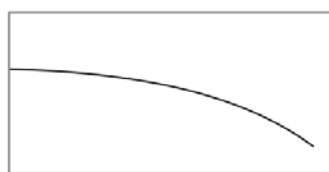
(圖 46~50) 為劇烈擺動，(圖 51~58) 為規律擺動



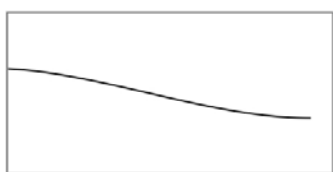
(圖 19)



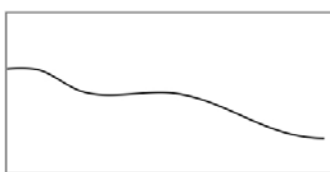
(圖 20)



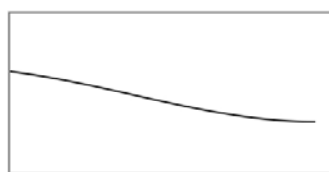
(圖 21)



(圖 22)



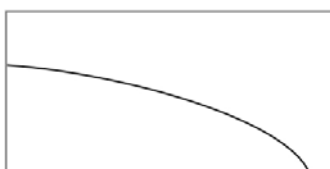
(圖 23)



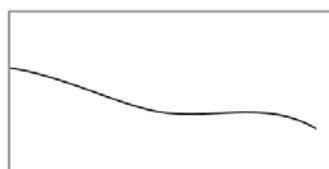
(圖 24)



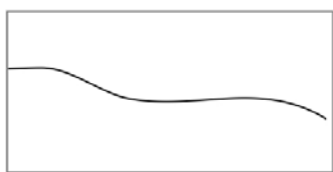
(圖 25)



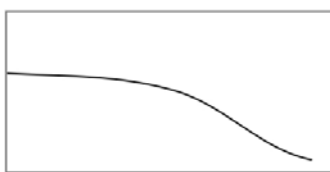
(圖 26)



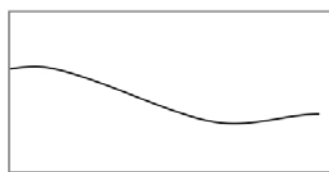
(圖 27)



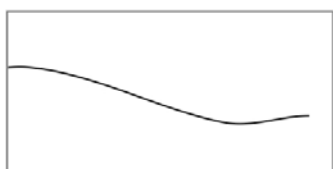
(圖 28)



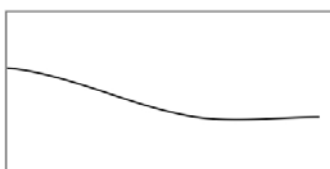
(圖 29)



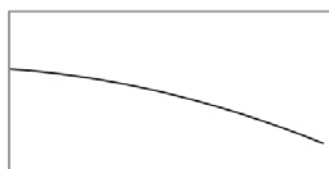
(圖 30)



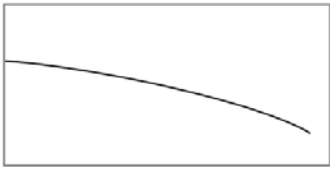
(圖 31)



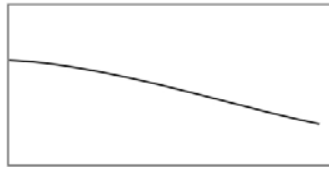
(圖 32)



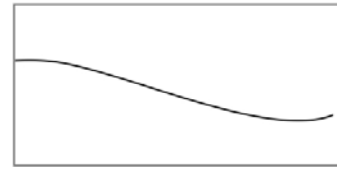
(圖 33)



(圖 34)



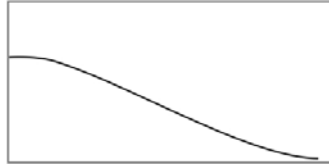
(圖 35)



(圖 36)



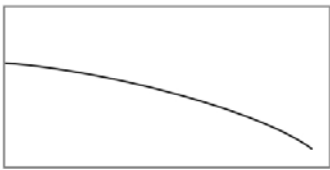
(圖 37)



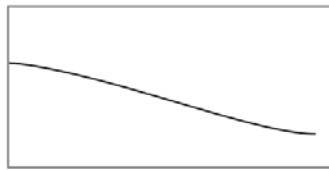
(圖 38)



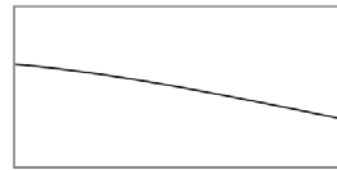
(圖 39)



(圖 40)



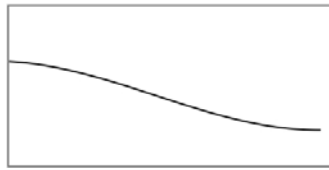
(圖 41)



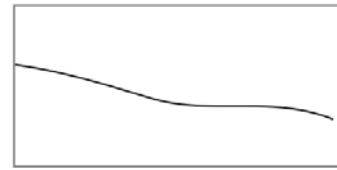
(圖 42)



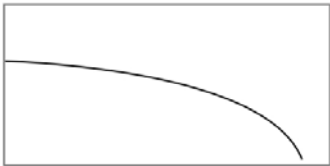
(圖 43)



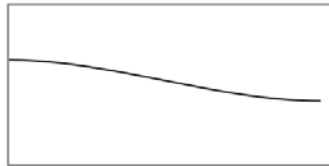
(圖 44)



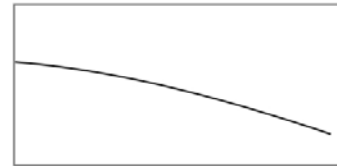
(圖 45)



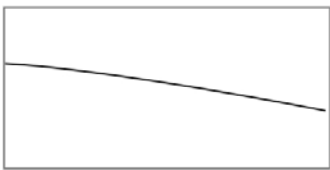
(圖 46)



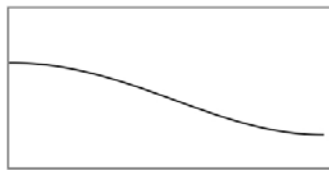
(圖 47)



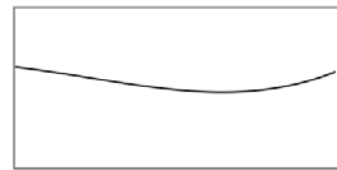
(圖 48)



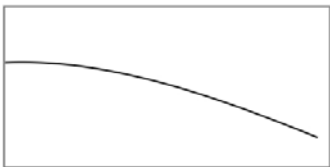
(圖 49)



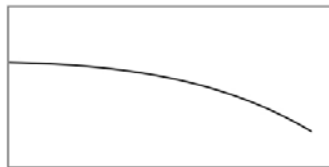
(圖 50)



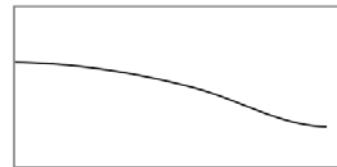
(圖 51)



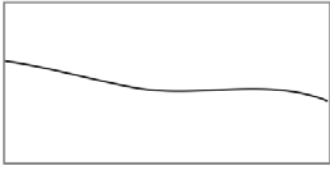
(圖 52)



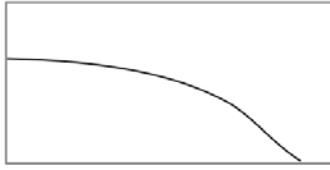
(圖 53)



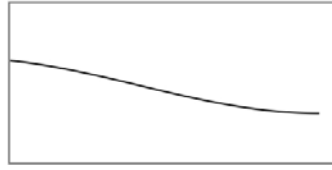
(圖 54)



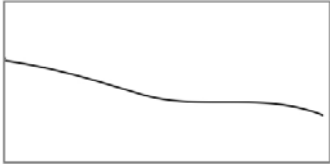
(圖 55)



(圖 56)



(圖 57)



(圖 58)