

以拉蜜定理對風洞中飛球的動力分析

梁立國

輔英科技大學 共同教育中心

(投稿日期：民國 100 年 07 月 05 日，修訂日期：100 年 09 月 05 日，接受日期：100 年 09 月 09 日)

摘要：一支改裝的吹風機可形成一個開放型的風洞 (wind tunnel)，不同大小的保力龍球在此風洞中飛起，重力、空氣推力、以及流體因流速變化而產生之壓力差 (白努利定律) 牽引著保力龍球的運動，利用拉蜜定理可定量分析這三個重要的作用力。

風洞仰角分別在 60 度及 45 度時被分析：當仰角逐漸變小時，球體逐漸遠離風口，意謂著推力的變小；此時，球體自然下降以增加升力讓球體不致掉落，此升力來自球體上方之流體流速較下方之流速大而產生之壓力差 (白努利定律)；在幾個簡單的假設下，流體的最低流速可被估算，此可作為白努利定律教學時具體的體驗與練習；而直徑 10 公分的保力龍球在眼前飛起與升降、球體因風洞仰角或風速變化而自行下降或改變其與出風口距離的自治動作 (self-consistent)、以及據此對風箏與飛機機翼的動力分析，使這個演示活動有趣且深具意義。

關鍵詞：風洞、拉蜜定理、白努利定律

壹、前言

在流體流動的教學中首先提到的是關於理想流體的假設¹：分子間無相互作用、不可壓縮、無黏滯性、等，連續方程式與白努利方程式則基於上面的假設提出，白努利定律的教學尤其重要，白努利定律在定性方面有飛機機翼、噴霧器的圖示說明；定量方面則有風速計、機翼上下方流速差、與「文氏管」實驗的理論值等的計算，「文氏管」也出

現在實驗的驗證或課堂的演示過程裡。「文氏管」的實驗因流體流速測量的具體應用成為白努利定律教學的重要例子，然而，實驗室裡「文氏管」實驗採用的流體主要為水，水在流動時的阻力，黏滯性等性質與理想流體的假設不符，雖能定量的陳述白努利定律，但實驗中遇到的問題不少³；飛機機翼與棒球的飛行也經常出現在諸多教科書的圖形裡，但是圖形裡流體流動的線條、流速的分析是抽象的，真實生活中，機翼與棒球的移動則

快速而不易讓學習者留下深刻的印象。

開放型的風洞是以吹風機將保力龍球吹起，幾個力的平衡讓球體停留空中，並觀察流體流經物體時產生的影響，此方式類似在封閉型的風洞裡觀察被流動空氣影響的靜置物體，這些物體包括：橋梁、汽車、飛機、等。此外，在物體於風洞中受力平衡方面，拉蜜定理協助我們以最簡約的方式認識風洞裡的三個力：重力、流體的推力，以及物體因形狀導致流速變化而產生的壓力差（白努利定律）。吹風機在仰角 60 度及 45 度時被分析：對同一保力龍球，仰角由 60 度變為 45 度時，球自行遠離出風口，流體推力變小，為尋求更大的升力，保力龍球自吹風機的中軸線下降，讓更多量的流體流經球的上方，白努利定律效應產生的升力表現明顯；對不同保力龍球處於同一仰角，較重的保力龍球自吹風機的中軸線下降的距離更大，白努利定律的效應更加明朗，球體甚而因流體產生的力矩自旋，呈現更為穩定的狀態。在幾個簡單的假設下，藉由白努利方程式，可估算出流體流經球體上方之最低流速。在動手操作的過程中，也可以併攏的手指擋在吹風機口前影響流體的去向，以增加實做的效果與樂趣。

以開放型的風洞作為白努利定律教學的示範與體驗，不涉及連續方程式，空氣的黏滯性較液體小的多；拉蜜定理的引入有助於對教科書中機翼圖示與習題的理解，教師與學生亦可藉此理解數學如何在面對物理現象時給予的協助。

此外，依據拉蜜定理與風洞操作的體驗，再以 Word 圖案軟體繪製滯空風箏受力的向量圖，顯示風箏在起飛時以手拉繩而產生的張力是重要的，升空後，繩的重量扮演重要的角色；對飛機機翼的影響也因上述的理解而有更多的認識，讀者可在參考文獻3

及本文最後的結論中得到更多的啟發。

貳、文獻探討

以吹風機將乒乓球吹起（圖 1）再將吹風機移動（圖 2）是網路上可見的動手做活動²，乒乓球被吹起時，重力與空氣的推力達成平衡；當吹風機右移時，因右側的風速較左側為大而產生壓力差，乒乓球跟著吹風機右移，壓力差則來自白努利定律的敘述，值得注意的是：一、此壓力差與原有之空氣推力垂直；二、此壓力差是介入乒乓球運動的第三個力。

在多年的動手做活動示範中，將吹風機傾斜吹向乒乓球，如圖 3，乒乓球作些微的調整後，仍滯留空中，眼前的景象讓觀測者能夠輕易理解：流動的空氣大部份循著吹風

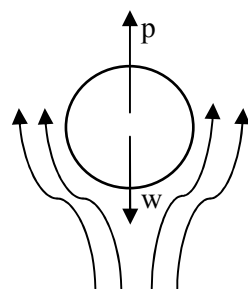


圖 1：流體的推力 P 與重力 W 反向，且大小相等。

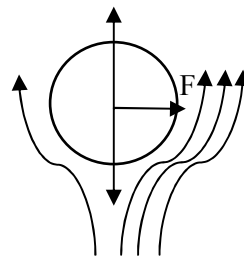


圖 2：當吹風機向右移動時，流經球體右方之空氣速率較左方大，形成右方的氣壓較左方氣壓為小，因而產生向右的力 F 。

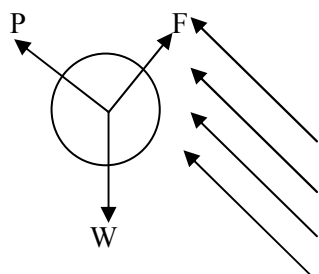


圖 3：當吹風機向左傾斜，球體下降，流經球體右上方之空氣速率較左下方大，形成右上方的氣壓較左下方氣壓為小，因而對球產生向右上方的力 F ，此力與空氣推力 P 垂直。

機傾斜的方向吹過乒乓球上方，前述三個力的角度有了固定的方向：重力向下、空氣推力與壓力差相互垂直。改以較大的保力龍球，現象更為明顯，球體甚至以自旋的方式增加流體之流速，自旋也有助於保力龍球滯空的穩定。

李賜福 (2010) 在 2010 物理教學及示範教學研討會中提及：拉蜜定理可應用於三力的平衡，拉蜜定理本質上就是正弦定理。拉蜜定理敘述三個同點力達成平衡時，如圖 4 (a) 所示，有著式 (1) 的關係，而正弦定理則說明此三個力（空間中的三個向量）會形成一個封閉的三角形，如圖 4 (b)。在風洞的演示活動裡，拉蜜定理可使我們在重力與三個力間角度關係已知的條件下，求出風的推力、流速差所產生之力與重力的數量關係；使用 Word 繪圖與正弦定理，加上對風洞演示的理解，可畫出風箏飛行的靜力平衡圖形。

$$\frac{\sin \alpha}{W} = \frac{\sin \beta}{P} = \frac{\sin \gamma}{F} \quad (1)$$

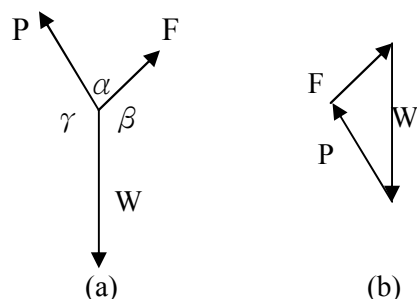


圖 4：拉蜜定理中同點三力的平衡，三個向量可利用 Word 圖案軟體繪出一封閉的三角形。

陳瓊森 (2010) 等在「流體力學教學的困境與突破」文中提及「文氏管」實驗關於白努利定律的示範實驗，疑問主要有三個：首先是「文氏管」實驗在設備上出現無法解釋的現象：即改變鼓風機進風處，觀察到與白努利定律完全相異的現象，即流體流經狹窄處氣壓反而較高；其次，在封閉系統的「文氏管」實驗中，氣體的流動幾乎無法觀察出壓力差的現象，必須由液體的流動始有結果；最後是文中提及最多的是關於流體阻力與黏滯現象的問題，其間幾個較複雜的經驗方程式是必須考慮的，而「文氏管」的理論值則將之忽略。

「文氏管」實驗是白努利定律教學中重要的例子，實驗的理論值涉及兩個方程式的呼應，一是連續方程式，一是能量守恆方程式，均為理想流體的假設，具流動阻力與黏滯性質的液體的流動無法簡單敘述；其次，改變鼓風機進風處得到相異的結果，根據多年示範吸管噴霧器的經驗：當吹氣管吹氣方向與出水管小於 90° 度時，水霧容易噴出，且可噴至 3 公尺以上，流體除了有白努利定律的效應外尚有抽氣的作用，反之，大於 90° 度不僅無法噴出，且易將空氣吹入水中，因

此，「文氏管」實驗中的設備，有可能在封閉流體容器與壓力計管口的交接處並非 90 度的夾角，也許透過這樣的方式，「文氏管」才能成為測量流速的利器，市面上的噴霧器也具有相同的設計與製作；最後，關於壓力差無法以空氣流動觀察則是因為「文氏管」測量壓力差的是液體，而白努利方程式中，形成壓力差的是空氣流速，兩者密度相差近千倍（如果以水銀測量則近萬倍），加上 g 值的乘積產生 10^4 級數，空氣流速的平方差必須夠大，始可產生明顯可觀察的壓力差。

開放型的風洞將拉蜜定理引入流體的教學，直接以空氣的流動討論白努利定律，其中僅用到能量守恆方程式定量討論白努利定律，不涉及其他的經驗公式，也可模擬飛機機翼的升起，非常適合作為教學時示範的教具，而對於質量守恆的連續方程式，吹風機僅需改變其出風口的面積便可定性的敘述連續方程式。就單純呈現白努利定律與連續方程式的現象而言，以吹風機形成的開放型風洞較「文氏管」簡單，至於定量的演算，除了可讓學生對習題中機翼問題有具體的體驗，將拉蜜定理引入，在球體重量已知的條件下求出壓力差與風速的值，這也是白努利定律中最直接的敘述內容：流體流速較大時呈現較小的壓力。

參、開放型風洞的製作與操作

一、開放型風洞的製作

- (一)表 1 列出製作開放型風洞需要使用的器材。
- (二)渦輪式吹風機（市售最便宜的，非扇葉式）拆開，以工具卸除所有零件，留下開關、馬達與渦輪。
- (三)將開關、馬達串聯後拉出需要的端線，為求攜帶與操作方便，端線必須夠長耐

用，並接上與變壓器相合的端子。

- (四)變壓器的功率是風洞製作時的關鍵，表 1 所列之變壓器為經驗裡適當的型號，該型號實際測量則為 30V 1.7A，為求變壓器能長久操作，可外加散熱片與串聯過熱斷電元件。
- (五)吹風機組合後，於外側中線上先以電鑽鑽孔，再用螺絲將圓心鑽孔的量角器鎖上，量角器懸吊在吹風機上，當吹風機產生傾斜時，量角器並不移動，藉由吹風機外側中線可輕易觀察傾斜角度。
- (六)圖 5 為開放型風洞完成後的套件，左一為裝上量角器的吹風機，左二為改變出風口面積的塑膠管（一為出風口變為扁平，一為直徑縮小之出風口），右二為三個不同直徑的保力龍球，右側為改裝後的變壓器。

表 1：開放型風洞所需材料

序號	品名	數量	備註
1	吹風機	1 支	管徑 4 cm，渦輪式
2	變壓器	1 個	17VDC 0.8A
3	保力龍	3 個	10 cm 8cm 7cm 各一球
4	錐形管	1 個	球賽加油喇叭
5	扁形管	1 個	吹風機配件，改變出風面積
6	量角器	1 個	大小較吹風機稍小
7	尺	1 支	60 公分（測量用）
8	工具		銼刀、膠帶、游標尺



圖 5：開放型風洞套件：左 1 為改裝後的吹風機，左 2 為改變出風口面積的管狀物，右 1 為變壓器。

二、風洞的操作

(一)流體連續方程式定性的認識：啓動吹風機，將不同形狀出風口的塑膠管套上，可體會風速因出風口面積改變帶來的變化。

(二)白努利定律定性演示的三個階段：

1. 將直徑 8 公分的保力龍球置於開啓的吹風機正上方，流體的推力克服保力龍球所受之重力，保力龍球在空中滯留。
2. 吹風機水平右移時保力龍球因右方流體流量與流速的增加而呈現較左方爲小的氣壓（白努利定律），保力龍球跟著吹風機的移動而移動。
3. 將吹風機風口稍微傾斜，保力龍球再度因白努利定律而跟著風口的傾角移動，不同的是：保力龍球會稍爲遠離風口，並向下偏離吹風機風口之中軸線；此時，可明顯感受球上方之風速與風量大於下方之風速與風量，白努利定律產生之壓力差逐漸明顯。保力龍球也因流體在球體上下方不均勻的流動產生力矩而發生自旋的現象，自旋同時使球體的滯空更爲穩定。
4. 加大吹風機的傾斜，球遠離風口、下墜偏離中軸線、與自旋的現象更爲明顯，球體甚至可降至幾與風口等水平之高度，形成保力龍球迎風而飛的景象。
5. 此時，右手持吹風機可改變仰角角度，左手可以併攏伸直的手指影響風向，皆可左右保力龍球的運動，活動更顯生趣。

肆、定理與定律的分析

一、拉蜜定理的三個力

(一)圖 6 爲吹風機仰角 60 度時保力龍球受力的向量圖，(a) 爲平衡的三個力，(b) 爲此三個向量形成的封閉三角形。依據

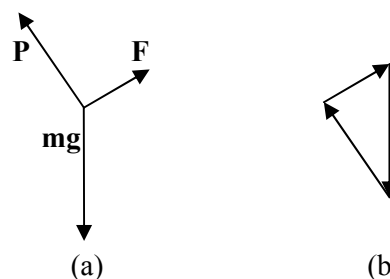


圖 6：仰角 60 度時，三個靜力平衡的向量圖。

拉蜜定理，三個力具有式 (2) 的關係， mg 爲重力， P 爲空氣推力， F 爲流體壓力差形成之升力。

$$\frac{\sin 90^\circ}{mg} = \frac{\sin 120^\circ}{P} = \frac{\sin 150^\circ}{F} \quad (2)$$

(二)表 2 列出三個保力龍球的規格及依式(2) 得出受力的大小值。其中

$$P=0.866 mg$$

$$F=0.5 mg$$

(三)圖 7 爲吹風機仰角 45 度時保力龍球受力的向量圖，(a) 爲平衡的三個靜力，(b) 爲此三個向量形成的封閉三角形。並可得式 (3)

$$\frac{\sin 90^\circ}{mg} = \frac{\sin 135^\circ}{F} = \frac{\sin 135^\circ}{P} \quad (3)$$

表 2：仰角 60 度時，三個靜力的值

編號	質量 (g)	直徑 (cm)	重力 ($10^{-3}N$)	流體推力 ($10^{-3}N$)	壓力差形成之力 ($10^{-3}N$)
1	3.2	6.7	31.4	27.2	15.7
2	4.8	7.8	47.0	40.7	23.5
3	9.6	9.9	94.2	81.6	47.1

表 3：仰角 45 度時，三個靜力的值

編號	質量 (g)	直徑 (cm)	重力 ($10^{-3}N$)	流體推力 ($10^{-3}N$)	壓力差形成之力 ($10^{-3}N$)
1	3.2	6.7	31.4	22.2	22.2
2	4.8	7.8	47.0	33.2	33.2
3	9.6	9.9	94.1	66.5	66.5

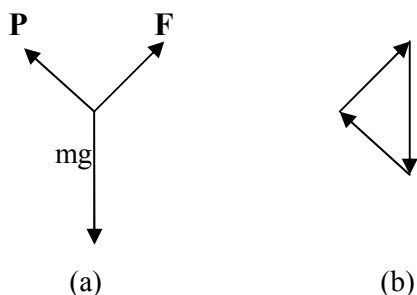


圖 7：仰角 45 度時，三個靜力平衡的向量圖。

(四)表 3 列出三個保力龍球的規格及依式(3) 得出受力的大小值。其中

$$P=0.707 mg$$

$$F=0.707 mg$$

(五)由表 2、表 3 知，對同一球體而言，當仰角變小時，球體因風速差形成的壓力差越大，亦即白努利定律的效應越明顯。

二、白努利定律對最低風速的估算

(一)對最低風速的估算有兩個假設：一、如圖 8，受力面積 A 為流體均勻流過保力龍球的兩平行線，與圓弧包圍的面積(此面積的計算考慮了壓力向量的投影)；二、流經球體下方的風速為 0 m/sec (此可以併攏伸直的手指遮住風向)；利用表二與表三中因壓力差形成之力 F，以及式(4)與式(5)可求出流體之最低風速。

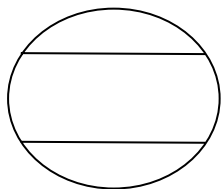


圖 8：管狀平行的風均勻流過球體，管口的直徑 4 公分。

表 4：吹風機仰角 60 度之最低風速預估值。

編號	直徑 (cm)	流過面積 (cm×cm)	與風口距離(cm)	最小風速值 (m/sec)
1	6.7	25.5	17.2	3.1
2	7.8	29.3	12.6	3.5
3	9.9	39.3	8.5	4.3

表 5：吹風機仰角 45 度時之最低風速預估值。

編號	直徑 (cm)	流過面積 (cm×cm)	與風口距離(cm)	最小風速值 (m/sec)
1	6.7	25.5	24.8	3.7
2	7.8	29.3	20.8	4.2
3	9.9	39.3	11.2	5.1

$$F = \Delta P A \tag{4}$$

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \tag{5}$$

(二)表 4 列出吹風機仰角 60 度時，流經上方之最低風速及其與吹風口之距離。

(三)表 5 列出吹風機仰角 45 度時，流經上方之最低風速及其與吹風口之距離。

(四)由表 4、表 5 得知：同一仰角時，越重的球，為獲得較大的推力，球體滯空位置較接近出風口；更為有趣的是，對同一球體，當仰角變小時，球體遠離出風口讓流體使推力變小，但白努利定律則顯現更大的重要性，實驗觀察得到：球體自行從出風口的中軸線下降，讓球體上方取得更多的風量與風速。圖 9 為球體離開中軸線示意圖。圖 10 為 3 號保力龍球在仰角 45 度時與吹風機的相對位置圖，可明顯觀察到球心降至中軸線之下。

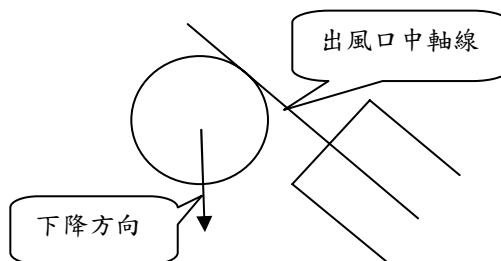


圖 9：保力龍球自中軸線下降示意圖

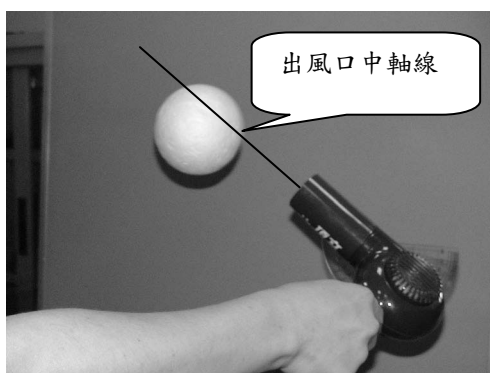


圖 10：3 號保力龍球在仰角 45 度時與吹風機的相對位置，可見球心降至中軸線之下。吹風機後方可見量角器。

三、風箏的飛行動力學

(一)依據拉蜜定理與風洞活動的體驗，嘗試對風箏飛行動力的向量圖繪圖，首先得到的是風箏在高空時的受力圖，如圖 11

(a) P 為流體之力，此力垂直於接觸面， W 為風箏的重量，有趣的是 T 為繩子的重量，經驗告訴我們：當風箏飛至高處時，手反而顯得輕鬆，只因牽引風箏的力為線的重量，力的方向為風箏擺線與風箏交會點張力的方向，此力也使風箏面仰角變小。(b) 為三向量形成封閉三角形，有趣的是：藉由完成此一封閉三角形才可完全繪出 (a) 圖中各力的大小與方向。

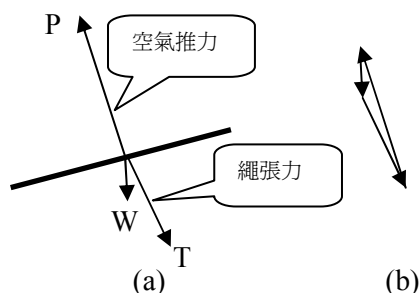


圖 11：風箏在高空時的受力圖。必須先畫 W 與 T ，此時，為求完成封閉三角形才畫出 P ，因此得知風箏面的仰角很小。

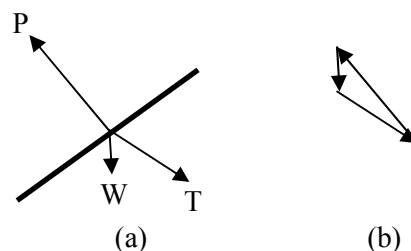


圖 12：風箏在起飛時的受力圖。

(二)圖 12 為風箏將要起飛時的力圖，此時 T 為手施於風箏線之拉力，風箏仰角較大，流體的推力扮演重要的角色。

伍、風洞的教學應用

一、白努利定律演示：

- (一)直徑 8 公分的保力龍球以吹風機吹起說明流體推力與球重量的平衡。
- (二)水平移動吹風機，說明球體在吹風機移動方向上有流動較快的空氣，形成較低的氣壓球體因而向吹風機移動方向移動。
- (三)將吹風機傾斜，空氣以一仰角吹向球體，當仰角變小時，可見流經球體上方的空氣量多且快，白努利定律效應明顯。
- (四)小的仰角可讓較大的保力龍球下降至幾與吹風機管口同一水平，形成機翼飛行的實體模性，有助於相關習題的練習與具體的體驗。

二、流體的連續方程式：

以錐形管或扁型出口管套於吹風機管口可定性敘述連續方程式裡流體流速與管徑面積比的關係。

三、關於血液循環：

- (一)吹風機管口的變化與連續方程式有助於理解動靜脈中流速與血管容積的關係，即流速較快的動脈容積較少，流速較慢的靜脈容積較大，流速更慢的微血管有更大的容積。
- (二)當血管已經窄化，特別是動脈與冠狀動脈，運動時，血液流速的加大，會在窄化處形成更快速的血流（連續方程式），窄化處血管血壓瞬間降低（白努力定律）造成血管瞬間的崩蹋而形成栓塞，這可以在錐形管出口處套上較軟的塑膠管（例如電子零件用之熱縮套管）演示。

四、拉蜜定理的練習題：

藉由這項演示活動，風洞中物體的受力情形，風箏的起飛與滯空、飛機機翼的受力，都可成爲拉蜜定理的好例子。

陸、結論與建議

本研究的結論與建議有下列幾點：

1. 滯空的保力龍球，利用拉蜜定理可以在僅知重力與吹風機仰角角度的情況下分析流體推力與白努利定律，是數學定理理解物理現象的具體例子。
2. 由拉蜜定理得知：當風洞的仰角逐漸變小時，球體逐漸遠離風口，所需之推力的變小；此時，球體也會自然的下降以增加升力讓球體不致掉落，此升力來自球體上方流體流速較下方大而產生之壓力差，此現象爲白努利定律的表現。
3. 此項活動在幾個簡單假設下，利用白努利方程式可定量求出流體的最低流速約爲 5 公尺/秒（10 公分保麗龍球上方），時速約 20 公里/小時，相當於一般腳踏車快騎的狀態；也可與生活中關於其他風速體驗作比較，例如：自然風、電風扇、等。
4. 藉由活動的體驗，可將拉蜜定理應用於風箏的飛行動力分析：放風箏的開始，風箏仰角較大，繩的張力與空氣的推力爲主角，而繩的張力來自於手拉繩的力量；風箏升空後，風箏仰角很小，繩的張力與空氣的推力仍爲主角，不同的是，繩的張力來自於風箏線的重量，張力方向則爲擺線下垂的方向，因此，擺線越長，由地面望去，風箏面越趨於水平。風箏所受的重力，是拉蜜定理的第三個力，它與張力、空氣的推力相較，是較小的力。
5. 保麗龍球是一球體，風箏爲一平面；藉由理解流體對球面之垂直作用力以及對平面之垂直作用力，試著對飛機機翼的動力作以下的認識：機翼下方爲平面受流體的推力、上方爲弧形受風速差產生之升力，對向上仰起的主翼而言，此二力提供了對抗飛機所受重力的大部分，非常小的部分則由襟翼仰角角度操控（越是大型的飛機襟翼更形重要），襟翼仰角的操控猶如風洞中吹機風仰角的變化，仰角較小時，雖然流速小，藉由上下方流速平方差與流量的增加可提供較大的升力。因此，襟翼仰角提供飛機在特定速度下適當的升力。對課本以機翼圖示白努利定律的解釋方式，這個演示能協助學習者對該圖形產生較好的啓發。
6. 運用風洞演示的相關器材，對於連續方程式，例如：動靜脈血流流速與血管管徑的關係定性的認識；與白努利方程式相關習題的演練，例如：機翼上下方流體速率，是好的實體教具。
7. 保力龍球滯空的過程裡，隨著吹風機仰角的改變，保力龍球自己尋找滯空位置求得三個力的平衡有其意義；但下降到幾與吹

風機同一水平時，只見風從球體上方掠過而輕忽重力的存在是演示活動中非常有趣的畫面。

8. 開放型風洞原意是基於省電、風力強化、及可以操作更長久的時間而製作，更多的認識則說明了精緻化後必然的結果。
9. 以吹吸兩用的吸塵器產生更高的風速，以圓柱型鋁罐代替保力龍球，應可以有更吸引人的地方，然吸塵器體積龐大，也太過耗電；一般的吹風機也可完成這樣的活動，但一千瓦的耗電量，危險且不經濟。
10. 利用 Word 圖案繪製滿足拉蜜定理中封閉三角形裡三個向量間在已知條件下相互的關係，是其中另一有趣的過程；這些已知條件包括：壓力差形成的力與空氣推力垂直、流體的壓力垂直於接觸面、繩的張力是來自於繩重抑或手對繩之拉力等。

參考文獻

1. 李賜福 (2010)：被忽略的拉蜜定理。2010 中華民國物理教學及示範教學研討會論文集 122-123。桃園縣：國立中央大學。
2. 科學動手做網站
http://www.exploratorium.edu/snacks/balancing_ball/index.html
3. 梁立國 (2011)：手中的風洞。2011 年中華民國物理教育學會年會。台北市。
4. 陳瓊森、顧炳宏、楊孟欣 (2010)：「流體力學」教學的困境與突破。物理教育學刊，11 (1)，79-90。
5. Serway, R. A. (2006), Serways College Physics Ch.9-7 pp288-298 .USA：Thomson Brooks/Cole press.

The Dynamical Analysis of A Ball in Wind-tunnel by The Lami's Theory

Li-kuo Liang
Fooyin University

Abstract

An hair-blower is transformed as an opened-type wind-tunnel. Some different sized polystyrene balls fly in the wind-tunnel. By the Lami's theory, we can analyze three important forces that act on the ball in quantity. These forces include gravity, force pushed by the wind, and the force from the Bernouli's effect.

The Dynamics of the ball are analyzed when the hair-blower at the angles of 45° and 60° above the horizontal. When the angle above the horizontal decreases, the ball is far away from the blower means the push force by the wind decreases. Meanwhile the ball moves downward and away the direction of the wind, the air speed above the ball is greater than below. This makes the upward force from the Bernouli's effect increase. With some simple assumptions, we can calculate the possible lowest air speed above the ball. This is a wondering exercise in the teaching of the Bernouli's law. As we change the angle of the blower, a big ball controlled by the operator flies upward and downward, and these variable forces keep their self-consistence to make the ball move in a stable state are interesting and meaningful. Also are the understanding about the dynamics of the kite and the plane wing from these activities.

Key words: the Lami's Theory, the Bernouli's effect, wind-tunnel.