

致命『吸』引力

摘要

每次等待火車進站時，站務人員都會警戒乘客請勿跨越黃色警戒線，否則會造成危險。從這個疑問中，我們認識了「白努力原理」。而生活中有許多物理現象和「白努力原理」息息相關，藉由實驗操作的過程中，我們體驗、學習科學原理後，試著運用此原理，自行設計出有趣的科學遊戲。

壹、研究動機

當火車進站，站務人員會警戒乘客請勿跨越黃色警戒線，這是什麼原因呢？我們懷著疑惑跑去請教老師，於是老師帶領著我們展開了一連串的探索活動，著手進行實驗，解開了火車進站時，站務人員為什麼會警戒乘客，請勿跨越黃色警戒線的原因。

貳、研究目的

- 一、認識「白努力原理」。
- 二、生活中的「白努力原理」。
- 三、有趣的「白努力原理」科學實驗。
- 四、探討乘客請勿跨越黃色警戒線的原因。
- 五、設計趣味的「白努力原理」科學遊戲。

參、研究設備及器材

風速計、餅乾盒、乒乓球、保麗龍球、吹風機、量角器、長直尺、自製漏斗、碼錶、塑膠杯、綠豆、吸管、紅色墨水，PU 瓦楞板。

肆、研究過程或方法

一、認識「白努力原理」

為了解開火車進站時，站務人員會警戒乘客，請勿跨越黃色警戒線的原因，我們請教了自然老師，做了資料的搜尋，才明白這是一種物理現象—「白努力原理」。

(一)白努力原理 (Bernoulli's Principle)：

在流體力學中，白努力原理 (Bernoulli's Principle) 指出，對一不可壓縮流體（流體的密度不因外力而改變，大部分的液體皆可視為此類）而言，在外界不做功的情況下，當液體流速增加時，將會造成液體的壓力或是重力位能減少。這項原理是以荷蘭物理學家丹尼爾-白努力 (Daniel Bernoulli) 命名。

此原理可以白努力方程式表示如下：

$$\rho v^2/2 + \rho gh + P = \text{常數}$$

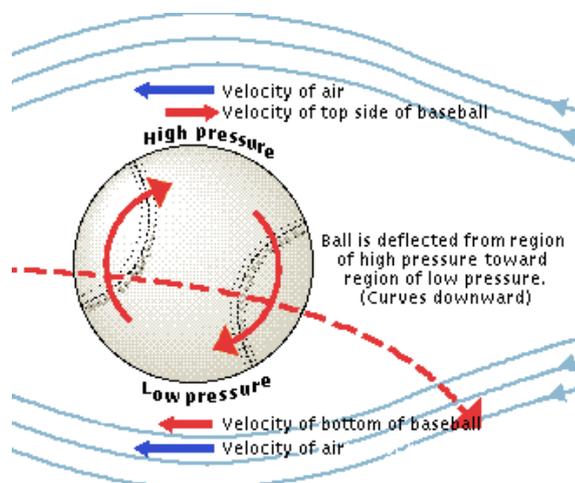
其中 v 為液體流速， ρ 為液體密度， g 為重力加速度， h 為液體相對於基準點的高度， P 為液體壓力。這個方程式必須在不可壓縮、沒有黏滯力的穩定流體下才成立。

白努力原理其實就是能量守恆定律 (conservation of energy) 在流體上的應用。

也就是說，為了滿足能量守恆定律，流體分子力學能的總和應該在流動路徑上的各處皆要相同，亦即動能與位能的和不論流體流往何處皆應保持定值。

(白努力方程式中 $\rho v^2/2$ 其實就是液體單位體積的動能，而 ρgh 為單位體積的位能)

如果今天流體在同一水平面上流動（也就是 h 為定值），則在流體流速快的地方壓力會變大，反之，流體流速慢時壓力會變小。棒球中的變化球就是利用白努力原理。



【圖 1】 【圖片來源：Lift and Bernoulli's Principle】

【國立彰化師範大學物理系趙書漢/國立彰化師範大學物理系洪連輝教授編輯】

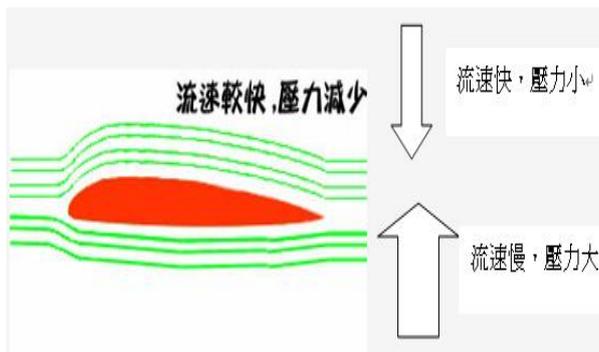
(二)白努力原理，簡單的說就是：流體流速愈大，壓力就愈小；反之，流體流速愈小，壓力就愈大，任何流體及液體都可以使用這個定律。

二、生活中的「白努力原理」

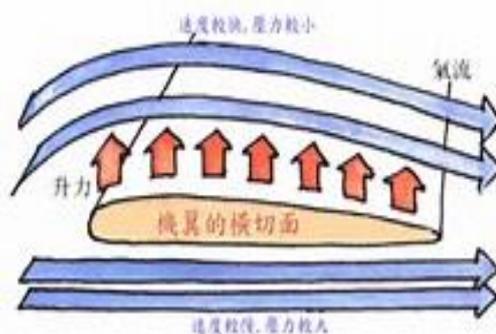
在日常生活中，常會遇到許多「白努力原理」所產生的現象與應用，你是否留意到呢？我們整理了以下相關的現象：

(一)飛機升力的原理

飛機升力的產生來自氣流流經飛機機翼上下表面，下表面的弧度(Camber)較平緩，上表面的弧度較大，當氣流流經下表面弧度較小時速度不會增加太多，因此氣流壓力不會降低太多；相對地，當氣流流經上表面弧度較大時速度會增加很多，因此氣流壓力會降低很多；因此在機翼下方的氣流壓力大於機翼上方的氣流壓力，使得機翼有向上的壓力差，自然使機翼向上升起，這就是升力的產生。(如圖2、圖3)



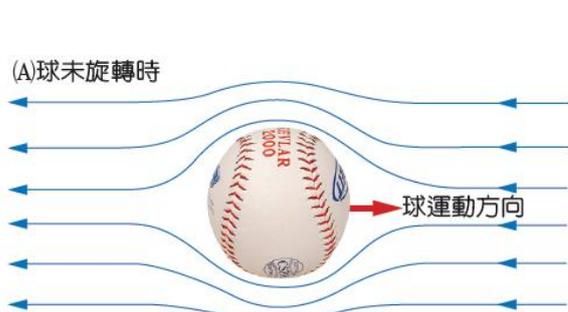
【圖 2】取自桃園縣建國國小"認識木飛機"



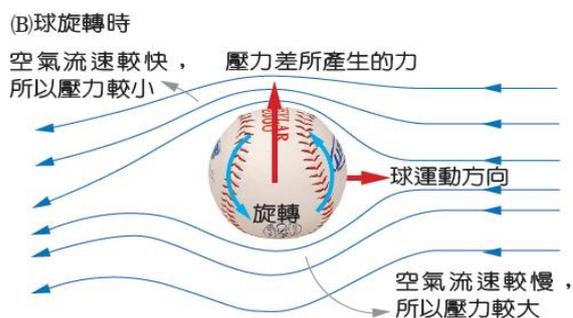
【圖 3】

(二)投手利用球的旋轉投出變化球：

當一顆投出的球如果未旋轉，則球上方與下方的流速會相同，上下壓力自然也會相同。但是當球逆時針旋轉時，球上方空氣的流速因旋轉而加快，根據白努力定理，速度變大壓力會變小，球下方空氣變慢，壓力則會變大，上下壓力不均衡，壓力大的往壓力小的方向擠壓，故球會受到一向上的力，使棒球往上飄。相反的道理，棒球好手王建民最拿手的伸卡球，則是因為球旋轉帶周圍的空氣，使上表面空氣速度慢，下表面速度快，於是棒球就往下掉，形成伸卡球。(如圖 4、圖 5)



【圖 4】



【圖 5】

(三)香水噴霧器的設計（如實驗一）

香水噴霧器的設計也是利用了白努力的原理：高速氣流從噴嘴口噴出，使噴嘴周圍的壓力變小，瓶子裡靜止的空氣壓力比噴嘴處的壓力大，因此便向瓶中的液體擠壓，讓它朝著通向噴嘴的那根吸管湧出來，並隨著氣流噴射出去。

(四)戶外使用野餐地墊不被風吹走的方法（如實驗二）

在戶外野餐時，有沒有碰過野餐地墊被風吹飛的窘境，你知不知道只要 4 條橡皮筋就能解決這個問題。首先將橡皮筋綁住野餐地墊的四個角 6-7 公分處，然後再將綁好的部份摺進野餐地墊下面，這樣就不怕被風吹起了。根據白努力定理，空氣流動快所產生的壓力比較小，所以將野餐地墊的四角用橡皮筋綁住並摺到下面去，地面和野餐地墊就會出現空隙，當風吹過窄小的空間速度比在廣闊處的速度快，所產生的壓力比較小，因此只要風從地面和地墊間的細縫吹過，地墊就會緊貼地面，於是野餐地墊就會往下拉而不會被風吹起。

三、有趣的「白努力原理」科學實驗

【實驗一：香水噴霧器】

實驗方法：將少許紅色墨水置於塑膠杯中，利用剪刀將吸管剪成2：1的比例，將短吸管放入裝水的塑膠杯內，長吸管則置於短吸管上方成直角與水面平行，用力在長吸管處吹氣，觀察塑膠杯中的紅色墨水和吸管有何變化。（為了讓實驗結果更明顯，故在純水中加入紅色墨水）。

【實驗二：戶外使用野餐地墊不被風吹走的方法】

實驗方法：首先將橡皮筋綁住野餐地墊的四個角 6-7 公分處，然後再將綁好的部份摺到地墊下面，用電風扇來吹野餐地墊。

【實驗三：飄飄球(一)】

實驗方法：將乒乓球放在吹風機口，觀察乒乓球的運動情形。【如圖 6】



【圖 6】

【實驗四：飄飄球(二)】

實驗方法：轉動吹風機，測量乒乓球飄浮在空中而不會掉落至地面，吹風機可以傾斜的最大角度與乒乓球飄浮高度。【如圖 7、圖 8】



【圖 7】



【圖 8】

【實驗五：飄飄球(三)】

實驗方法：將不同大小的保麗龍球放在吹風機口，觀察保麗龍球的運動情形，測量吹風機傾斜的角度與保麗龍球飄浮的高度【如圖 9、圖 10】。



【圖 9】



【圖 10】

【實驗六：吹吹樂】

實驗方法：將綠豆放入塑膠杯裡，綠豆上面放置一顆乒乓球，大家一起動動腦，如何才能將乒乓球吹出塑膠杯外？【如圖 11、圖 12】



【圖 11】



【圖 12】

四、為了探討站務人員會警戒乘客請勿跨越黃色警戒線的原因，我們寄 e-mail 給台鐵、台灣高鐵、台北捷運、高雄捷運公司，整理的資料結果如表一。

□表一：大眾運輸系統，黃色警戒線距離、進站速度大小。

大眾運輸系統名稱	進站速度	黃色警戒線距離	備 註
台 鐵	130 KPH 以下	100 公分	致命吸引力實驗 以此數據為依據
台灣高鐵	—	—	高鐵答覆：非運輸及服務事項， 無法提供相關資料【如圖 15】
台北捷運	約 50 KPH	—	北捷只有答覆進站速度， 黃色警戒線距離未說明【如圖 17】
高雄捷運	—	—	高雄捷運未回信

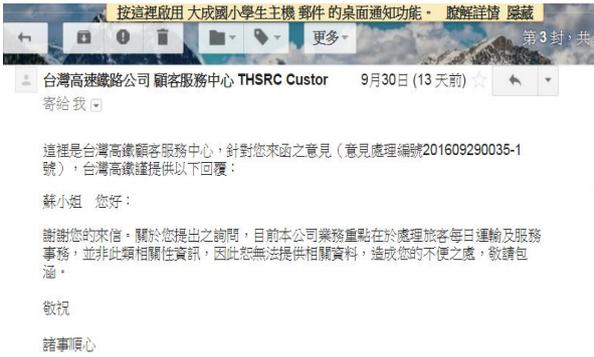


【圖 13】

親愛的陳名義先生/小姐 您好，
您於2016年9月29日由局長信箱來信諮詢，
您的問題，謹答覆如下：

案件編號	0001-1609-00767
諮詢主類別	其他
諮詢次類別	其他
主旨	科展
內容	您好!我是彰化市大成國小的學生，由於我們這次科展的題目有關"台努力"原理，所以我想請教您下列幾個問題: 1 在火車站都會看見寫著"安全距離"的黃線，請問黃線距離火車有多長? 2 請問火車進站的速率有多快? 如果可以回覆我，請寄到這
備註	無
答覆日期	2016/10/7
答覆內容	有關台灣詢問月台警戒線距離火車長度等問題，回復如下： 1、月台警戒線距離火車長度1節，查從警戒線邊緣至月台邊緣約為100公分。 2、有關火車進站時速度有多快一事，火車進站時是依路線規定速度及號誌機的號誌限速條件以及停車與否而定，因此速度至130KM/H以下均有可能。

【圖 14】



【圖 15】



【圖 16】台灣高鐵：截取自高鐵網站



【圖 17】



【圖 18】台北捷運：截取自維基百科



【圖 19】高雄捷運：截取自維基百科

【實驗七：致命吸引力（一）】

實驗方法：電風扇模擬火車進站的氣流，紙盒模擬乘客，觀察紙盒運動情形。【如圖 20】



【圖 20】

【實驗八：致命吸引力（二）】

實驗方法：改用乒乓球模擬乘客，吹風機模擬火車進站的氣流，觀察乒乓球運動情形【如圖 21】。



【圖 21】

【實驗九：致命吸引力（三）】

實驗方法：改用大小不同的保麗龍球模擬乘客，觀察保麗龍球的運動情形。【如圖 22、圖 23】



【圖 22】



【圖 23】

五、設計趣味的『白努力原理』科學遊戲

(一)目的：利用「白努力原理」所造成的現象，設計趣味的「白努力原理」科學遊戲。

從遊戲中了解「白努力原理」，啟發對科學的興趣，達到學習及實踐的功能。

(二)「白努力原理」科學遊戲

【遊戲一：吹!吹!吹!『白努力』啦】

1.遊戲材料：吸管、乒乓球及 PU 瓦楞板固定架二組，固定架高度是 30 公分的斜坡，角度分別是 35 度、45 度【如圖 24、圖 25】。

2.遊戲方法：利用吹氣的方法將乒乓球吹到 PU 瓦楞紙固定架頂端即可過關。



【圖 24】



【圖 25】

3.遊戲過程：【如圖 26、圖 27】



【圖 26】



【圖 27】

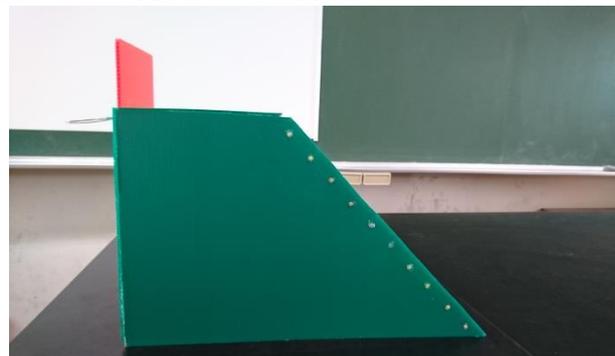
【遊戲二：全民『風』籃球】

1.遊戲材料：吸管、保麗龍球及 PU 塑膠籃球架二組，籃框高度 30 公分。【如圖 28、圖 29】

2.遊戲方法：取一根可彎吸管，將吸管上端剪開呈花狀，花狀上放保麗龍球，並在可彎吸管另一端持續吹氣，使保麗龍球飄浮並維持一定高度，依序將保麗龍球吹到 PU 塑膠籃球架球框內即可過關，遊戲方法有點像是用保麗龍球投籃，但不是用丟的，是用吹的！



【圖 28】



【圖 29】

3.遊戲過程【如圖 30 、圖 31】



【圖 30】



【圖 31】

(三)學期末，五年級各班舉辦「白努力原理」科學遊戲比賽，比賽過程如下【如圖 32~圖 37】。



【圖 32】



【圖 33】



【圖 34】



【圖 35】



【圖 36】



【圖 37】

伍、研究結果

在此研究中，我們為探討當火車進站，站務人員會警戒乘客請勿跨越黃色警戒線，這是什麼原因？是否會造成危險進行研究，發現此原因為「白努力原理」，故以白努力為主題作為研究的主題，以下為我們的研究結果：

【實驗一：香水噴霧器】

實驗結果：用力在長吸管處吹氣，水就會從短吸管下面往上升，前端即可吹出像噴霧一樣的效果。【如圖 38、圖 39】



【圖 38】



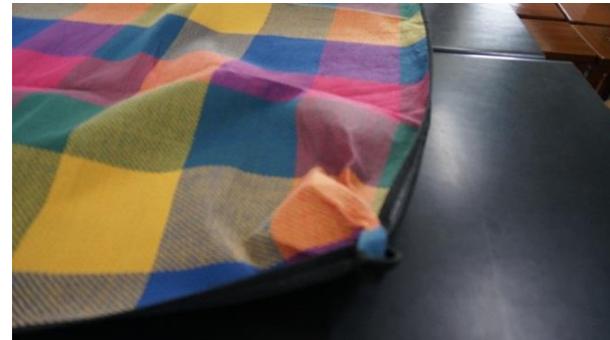
【圖 39】

【實驗二：戶外使用野餐地墊不被風吹走的方法】

實驗結果：野餐地墊緊貼桌面，沒有被電風扇吹飛。【如圖 40~圖 43】



【圖 40】



【圖 41】



【圖 42】



【圖 43】

【實驗三：飄飄球(一)】

實驗結果：乒乓球飄浮在空中而不會掉落至地面。【如圖 44】



【圖 44】

【實驗四：飄飄球(二)】

實驗結果：乒乓球運動情形【如圖 45、圖 46】。吹風機傾斜的角度【如表二】。

◆ 表二：乒乓球飄浮在空中，吹風機可以傾斜的角度與乒乓球飄浮的高度

乒乓球直徑	吹風機傾斜的角度						乒乓球飄浮的高度
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	
40mm	43°	44°	46°	45°	44°	44.4°	約 11 公分



【圖 45】



【圖 46】

【實驗五：飄飄球(三)】

實驗結果：保麗龍球運動情形【如圖 47、圖 48】。保麗龍球飄浮的高度【如表三】。

◆表三：不同體積的保麗龍球飄浮在空中，可以傾斜的角度與保麗龍球飄浮的高度。

保麗龍球直徑	吹風機傾斜的角度						保麗龍球飄浮的高度	備註
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均		
60mm	28	32	34	30	29	30.6	約 29 公分	
50mm	18	16	21	19	17	18.2	約 45 公分	
40mm	—	—	—	—	—	—	約 63 公分	飄浮在空中 時間約 1 秒



【圖 47】



【圖 48】

※小結

- (一) 當乒乓球受到吹風機的強風往上吹時，乒乓球不但沒有被吹走，反而飄浮在吹口處不落下也不被吹走。將吹風機傾斜，乒乓球仍會浮在空中，但傾斜至大約 44.4 度時，即掉至地面。
- (二) 由表三得知，大小不同的保麗龍，會影響吹風機傾斜角度及飄浮高度，當保麗龍球愈大，吹風機傾斜的角度愈大，飄浮高度愈低；相反的，保麗龍球愈小吹風機傾斜的角度愈小，飄浮的高度愈高。
- (三) 當保麗龍球直徑太小時(保麗龍球直徑 40mm)，吹風機雖然可以吸住保麗龍，但保麗龍球很快就因為距離風口太遠，所造成壓力差小於風壓而飛走。

【實驗六：吹吹樂】

實驗結果：只有水平向乒乓球上方吹氣，才能把乒乓球吹出塑膠杯【如圖 49~圖 58】。

乒乓球被吹飛所需的時間【如表四】。

◆ 表四：不同吹風口位置，乒乓球的運動情形。

吹風口位置	實驗時間 (秒)			平均	乒乓球運動情形
	第一次	第二次	第三次		
水平向乒乓球上方吹氣【如圖 49】	0.81	0.74	0.78	0.776 秒	乒乓球很快被吹飛【如圖 50】
垂直向乒乓球上方吹氣【如圖 51】	—	—	—	—	乒乓球在杯中無法被吹出【如圖 52】
延著乒乓球左方吹氣【如圖 53】	—	—	—	—	乒乓球在杯中無法被吹出【如圖 54】
延著乒乓球右方吹氣【如圖 55】	—	—	—	—	乒乓球在杯中無法被吹出【如圖 56】
向乒乓球下方吹氣【如圖 57】	—	—	—	—	乒乓球在杯中無法被吹出【如圖 58】



【圖 49】



【圖 50】



【圖 51】



【圖 52】



【圖 53】



【圖 54】



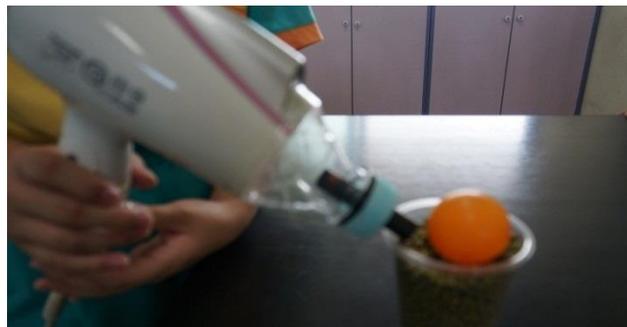
【圖 55】



【圖 56】



【圖 57】



【圖 58】

【實驗七：致命吸引力（一）】

實驗結果：當餅乾盒慢慢靠近電風扇時，會被電風扇的氣流影響而吹倒【如圖 59、圖 60】，被電風扇氣流影響而吹倒的最小距離【如表五、表六】。



【圖 59】



【圖 60】

□ 表五：餅乾盒被電風扇吹倒的最小距離。

電風扇風速	餅乾盒可以被吹倒的最小距離 (cm)			平均	備註
	第一次	第二次	第三次		
低速 (約 3.6 m/s)	10.1	9.8	9.9	9.9 cm	
中速 (約 4.2 m/s)	11.1	11.4	11.2	11.2 cm	
高速 (約 3.6 m/s)	12.3	12.4	12.7	12.5 cm	

□ 表六：換算成台鐵火車進站速度 130 km/h 所需的距離。

電風扇風速	紙盒倒下的距離	黃色警戒線最小距離	是否安全 (台鐵黃色警戒線距離 100cm)
低速 (約 3.6 m/s)	9.9 cm	99.3cm	安全
中速 (約 4.8 m/s)	11.2 cm	96.3 cm	安全
高速 (約 4.8 m/s)	12.5 cm	94.0 cm	安全

【實驗八：致命吸引力（二）】

實驗結果：乒乓球會互相吸引【如圖 61、圖 62】，乒乓球互相吸引的最小距離【如表七、表八】。



【圖 61】



【圖 62】

□ 表七：乒乓球互相吸引的距離

吹風機風速	乒乓球互相吸引的最小距離 (cm)			平均	備註
	第一次	第二次	第三次		
低速 (約 5.1 m/s)	7.3	7.4	7.3	7.3 cm	
高速 (約 6.9 m/s)	9.7	9.9	9.8	9.8 cm	

□ 表八：換算成台鐵火車進站速度 130 km/h 所需的距離。

吹風機風速	乒乓球互相吸引的距離	黃色警戒線最小距離	是否安全 (台鐵警戒線距離 100cm)
低速 (約 5.1 m/s)	7.3 cm	51.7 cm	安全
高速 (約 6.9 m/s)	9.8 cm	51.3 cm	安全

【實驗九：致命吸引力 (三)】

實驗結果：不同保麗龍球運動情形【如圖 63、圖 64】，數據結果【如表九~表十二】。



【圖 63】



【圖 64】

□ 表九：固定風速為高速 (約 6.9 m/s)，觀察不同保麗龍球互相吸引的距離。

保麗龍球直徑	乒乓球互相吸引的最小距離 (cm)			平均	備註
	第一次	第二次	第三次		
大保麗龍球 (50 mm)	10.2	10.3	10.2	10.2 cm	
小保麗龍球 (30 mm)	7.5	7.4	7.4	7.4 cm	

□ 表十：換算成台鐵火車進站速度 130 km/h 所需的距離。

保麗龍球直徑	乒乓球互相吸引的距離	黃色警戒線最小距離	是否安全 (台鐵警戒線距離 100cm)
50 mm	10.2 cm	53.4 cm	安全
30 mm	7.4 cm	52.4 cm	安全

□ 表十一：固定風速為低速 (約 5.1 m/s)，觀察不同保麗龍球互相吸引的距離。

保麗龍直徑	乒乓球互相吸引的最小距離 (cm)			平均	備註
	第一次	第二次	第三次		
大保麗龍球 (50 mm)	10.0	10.1	10.2	10.1 cm	
小保麗龍球 (30 mm)	7.5	7.4	7.5	7.5 cm	

□ 表十二：換算成台鐵火車進站速度 130 km/h 所需的距離。

保麗龍球直徑	乒乓球互相吸引的距離	黃色警戒線最小距離	是否安全 (台鐵警戒線距離 100cm)
50 mm	10.1 cm	52.9 cm	安全
30 mm	7.5 cm	53.1 cm	安全

□ 表十三：不同大小的球體，黃色警戒線所需最小距離。

球體名稱 (直徑大小)	黃色警戒線所需最小距離 (cm)			結果
	低速	高速	平均	
乒乓球 (40 mm)	51.7 cm	51.3 cm	51.5cm	安全
大保麗龍球 (50 mm)	52.9 cm	53.4 cm	53.15 cm	安全
小保麗龍球 (30 mm)	53.1 cm	52.4 cm	52.75cm	安全

※小結

- (一) 餅乾盒會被電風扇所產生的氣流吹倒，換算台鐵火車進站速度 130 km/h 所需的距離，在安全範圍內。
- (二) 乒乓球、保麗龍球會被吹風機所產生的氣流影響，造成相互吸引的現象。
- (三) 由表十三得知，吹風機對乒乓球，保麗龍球所產生的吸引力，換算台鐵火車進站速度 130 km/h 所需的距離，都在安全範圍內。

陸、討論

一、香水噴霧器實驗

為什麼對著吸管吹氣，紅墨水就往上爬，而且變成水霧呢？因為白努力原理，吹氣會造成吸管内部的空氣流動速率較慢，壓力較大氣壓力小，放到水裡的那端吸管裡壓力等於大氣壓，所以空氣跑到缺口處，會造成缺口處壓力變小，因此水面壓力小，水底壓力大，紅墨水就被吸出來，而且持續的吹氣，後續的氣流就把被壓出來的水噴成霧狀。

二、野餐地墊不被風吹走實驗

根據「白努力原理」，空氣流動快所產生的壓力比較小，所以將塑膠地墊的四角用橡皮筋綁住並摺到下面去，地面和塑膠地墊就會出現空隙，當風吹過窄小的空間速度比在廣闊處的速度快，所產生的壓力比較小，因此只要風從地面和地墊間的細縫吹過，地墊就會緊貼地面，於是地墊就會往下拉而不會被風吹起。

三、飄飄球實驗

- (一) 當乒乓球受到吹風機的強風往上吹時，乒乓球不但沒有被吹走，反而飄浮在吹口處，飄浮的高度約 11 公分。
- (二) 將吹風機傾斜，乒乓球仍會飄浮在空中，但傾斜至大約 44 度時，即掉落至地面。
- (三) 比較不同大小的保麗龍球飄浮在空中，發現當球的體積愈大，吹風機傾斜愈大，相反的，球的體積愈小，可以傾斜角度愈小。
- (四) 「白努力原理」是流體的流速與壓力的關係(流速快，壓力小；流速慢，壓力大)，所以當吹風機吹出來的強風通過乒乓球時，向上的快速氣流經過乒乓球，造成兩側的氣流流速快，壓力變小，而周圍流速較慢的空氣氣壓相對力就會比較高，當壓力的差異形成時，在物體的截面上會產生一股向內壓力，所以球就會被限制在氣流中，而不被吹走，這就是為什麼乒乓球球可以飄浮在空中。

四、吹吹樂實驗

根據白努力定律，當流體的速度加快時，物體與流體接觸的介面上的壓力減小，反之，壓力就會增大。在實驗六，當我們對著乒乓球上方吹氣時，乒乓球上方的壓力降低，而其他氣壓比較大的地方，就會有氣流向氣壓小的地方移，因此乒乓球就會吹離塑膠杯。

五、致命吸引力實驗

- (一) 在致命吸引力的實驗中（實驗七），我們以電風扇模擬火車進站的氣流，餅乾盒模擬乘客，發現紙盒慢慢接近電風扇時，會被電風扇吹出來的氣流吹倒，換算成台鐵火車進站速度 130 km/h 所需的距離，都在 100 公分的安全距離內。
- (二) 在實驗八、實驗九我們以乒乓球、保麗龍球模擬乘客，發現所需的黃色警戒線距離，都在安全距離內（如表十三）。

六、趣味的「白努力原理」科學遊戲

小時候師長總是以『龜兔賽跑』的故事勉勵我們，只要努力一定會成功，努力就一定成功嗎？成功需要靠努力，但努力不一定會成功。在【吹!吹!吹!『白努力』啦】，這個遊戲中，讓我們感觸非常深。大部份的同學有一個共同的問題？為什麼用力吹乒乓球還是吹不上去。因為這個遊戲的設計是白努力定律的應用，當『氣流通過物體表面時會造成

表面附近壓力變小，氣流通過的速率越快，壓力就越小，此關係稱為白努力定理。所以不是對著乒乓球猛吹就能成功，還得要吹對位置，不是吹乒乓球下面，而是吹上面一些，乒乓球上方才會因氣流快速通過壓力小，與下方形成壓力差而往上抬升。

柒、結論

在我們的生活中，白努力定律扮演著相當重要的角色，根據「白努力定律」(Bernoulli's law)，當流體的流速增快，壓力便會降低，流速變慢，壓力便會增加。

當火車進站時，我們會有被火車吸引的感覺，這是因為火車要進站時，帶來的高速氣流，火車前方氣體被推擠向前，形成一股氣流吹到月台上使壓力減小，而火車高速通過時，附近又會形成低壓區，人被後方壓力較大的氣體推近車身，就像是被火車吸進去一樣。所以當火車進站時，站務人員會警戒候車的乘客不得超越黃線，就是為了避免火車進站時，乘客被強大氣流吸入軌道而造成危險。因此，我們要切記，當火車進站或在高速前進時，千萬不可離候車月臺邊太近，一定要站在黃色警戒線後面，才不會造成危險。

站務人員平常看起來稀鬆平常的舉動，原來其中卻暗藏著這麼多的科學知識。藉由此研究，讓我們認識了「白努力原理」。此外，遊戲是我們的最愛，在實驗操作的過程中，我們利用學到的簡單科學原理，設計趣味的科學遊戲，這種寓教於樂來學習的知識，不但印象深刻，歷久彌新永遠不忘，更讓我們發現，原來科學如此的有趣！

捌、參考資料及其他

【網路資源】

一、白努力原理。

取自：國立彰化師範大學物理系趙書漢/國立彰化師範大學物理系洪連輝教授編輯

二、國立臺灣大學普通物理實驗室網頁。

取自 <http://web.phys.ntu.edu.tw/gphyslab/modules/smartsection/item7083.html?itemid=4>

三、白努力定律定的應用。

取自：<http://www.youtube.com/watch?v=EW6-D4IezQQ>

四、【生活裡的科學】20130914 流體追追追 白努力的效應。

取自：<http://www.youtube.com/watch?v=b6Ep4O3IPes>

五、zfang 科學小玩意。

取自：<http://zfang.tc.edu.tw/398.html>