

## 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

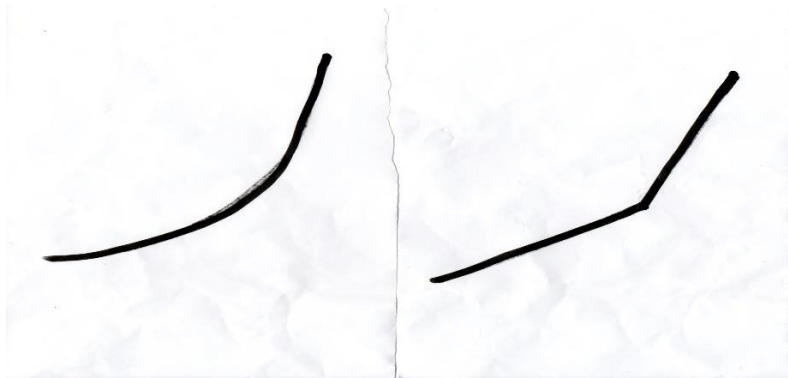
題目名稱：天顯神威？神奇全壘打

### 一、摘要：

我們在網路上看到了一部影片(連結見第 6 頁註 2)，在棒球比賽中的一顆高飛球，原本應該落在球場內，卻出乎眾人意料地在下降的過程中「飄」向了場外而變成全壘打。這讓眾人議論紛紛，有人覺得它打中了小鳥？有人則認為是風吹造成的？更有人認為這是神蹟？但是事實真的是如此嗎？我們上網查了資料後，認為是「瑪格努斯效應 Magnus Effect」的影響。於是我們設計並組裝了一組實驗器材，可以觀察球體在轉動時其周圍的流體流動情形，並做了兩個假設：1.轉速越高，瑪格努斯效應會越明顯 2.轉速達一定值時，瑪格努斯效應的變化量會提高。結果顯示兩個假設皆正確，而假設 2 的數值約介於 3500-4000rpm 之間。

### 二、探究題目與動機

我們在網路上看到了一部影片，球在下降過程原本應該是直線，但在影片中卻清楚地呈現了球在下降到某處時突然改變了其飛行的軌跡。我們認為最有可能的原因就是「瑪格努斯效應」。但是若受瑪格努斯效應影響的話，球的飛行軌跡應是(圖一)的左圖，而實際上呈現的軌跡卻是(圖一)的右圖。



(圖一)

### 三、探究目的與假設

探究目的：探討瑪格努斯效應對球體飛行的影響。

假設：

- 一、球的轉速越快，瑪格努斯效應就越明顯。
- 二、球的轉速達一定值時，球體軌跡受瑪格努斯效應影響的變化量會提高。

### 四、探究方法與驗證步驟

(1) **實驗器材**：壓克力板、風扣板、珍珠板、吸管、水霧機、馬達、電源供應器、調速器、照明工具、鐵棒、聯軸器、直尺，如(圖二)、(圖三)所示

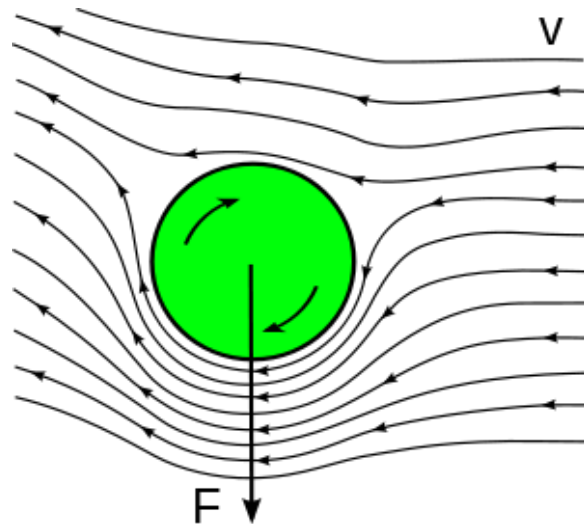


(圖二)



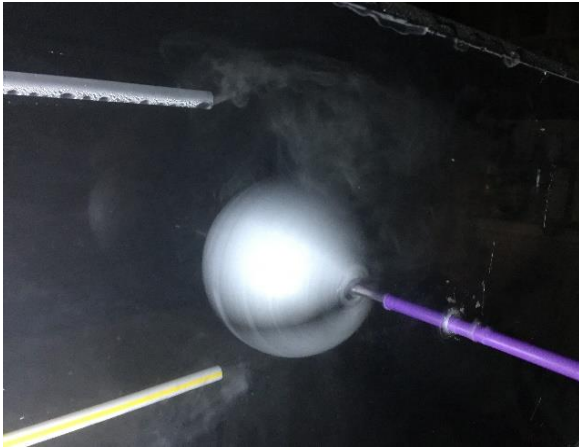
(圖三)

- (2) **瑪格努斯效應**：當一個物體在旋轉過程中，它周圍的氣體流動會因為物體表面移動方向的不同，而造成氣體流動速度不同，而「白努力定律」則說明了：「流體速度增加將導致壓力減小，流體速度減小將導致壓力增加」，物體上下的空氣流速不同會產生壓力差，因而導致物體的軌跡發生偏折。如(圖四)所示：球體上方的氣流流動方向與球體表面相反，而導致流體速度減慢，上方壓力則隨之提高；相反地，下方的氣流流動方向與球體表面相同，而導致流體速度加快，下方壓力就隨之下降。上方壓力大，下方壓力小，產生了向下的作用力，球體向下偏折。

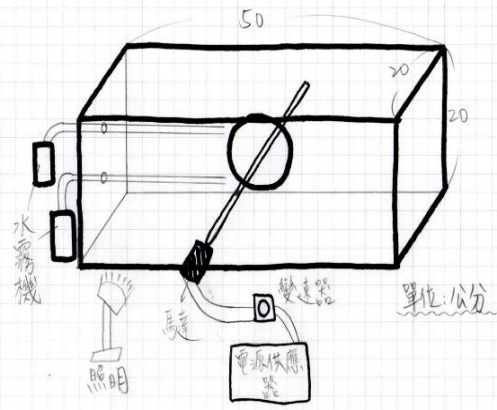


(圖四) 圖片來源：維基百科

- (3) **設備設計**：我們設計出了如(圖二)、(圖三)的實驗器材。用壓克力板、風扣板與珍珠板製作一個大小為 20\*20\*50 公分的箱子，裡面放置一顆直徑 10 公分的保麗龍球並外接馬達，箱子的側面插入兩枝吸管，吸管連接著箱子外的兩台水霧機，分別朝著球體的上端與下端噴氣，觀察流體在球體表面附近的流動情形，如(圖五)。而馬達則利用調速器調整轉動速度，搭配三用電表用比例計算出實際轉速(馬達最高轉速：12000rpm，需要 24 伏特的電壓，15 安培)。設計如(圖六)。

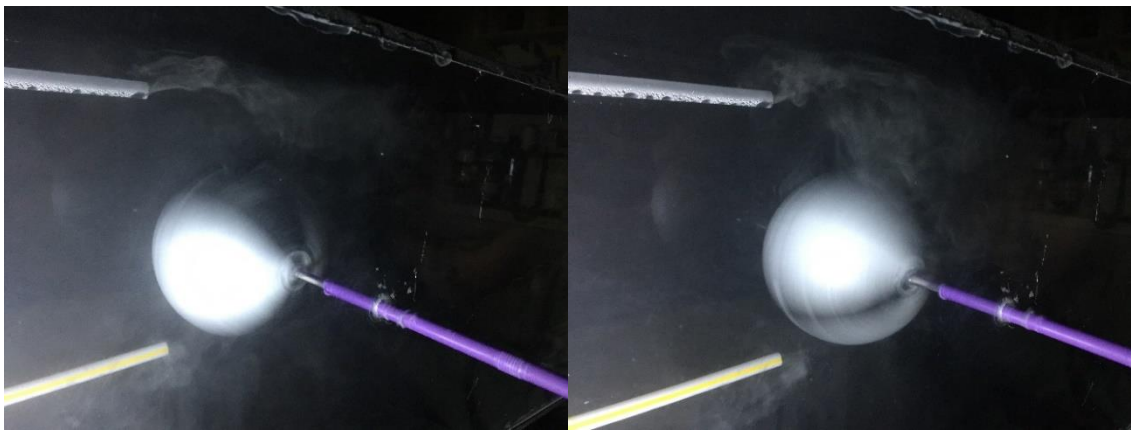


(圖五)



(圖六)

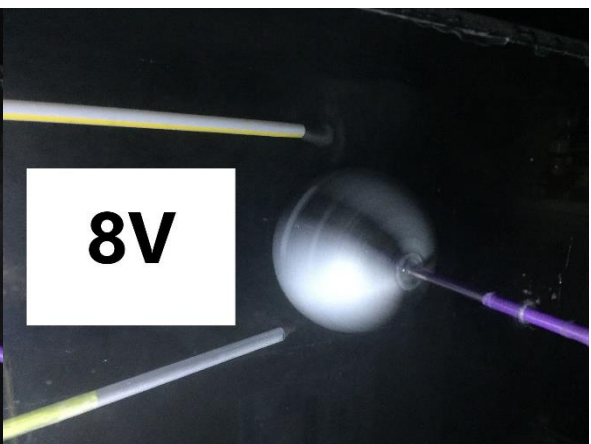
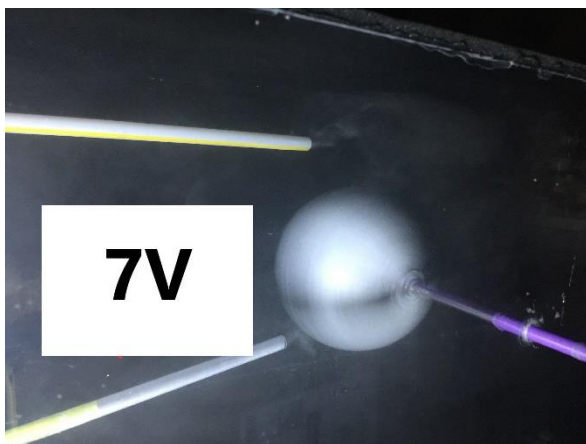
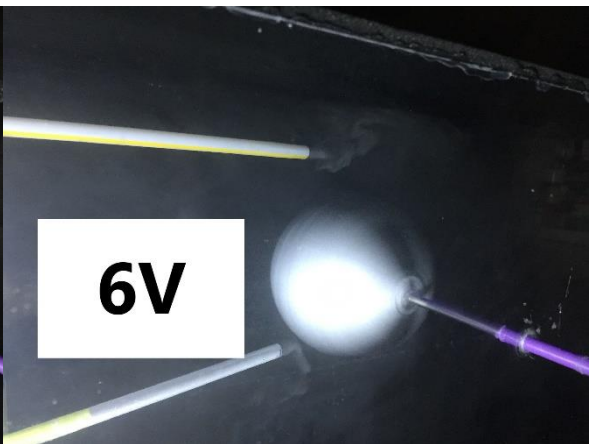
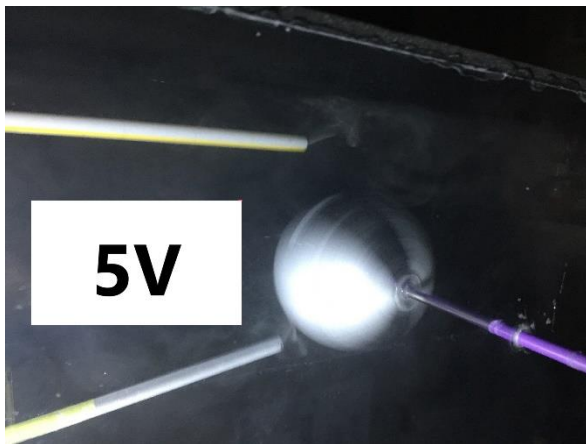
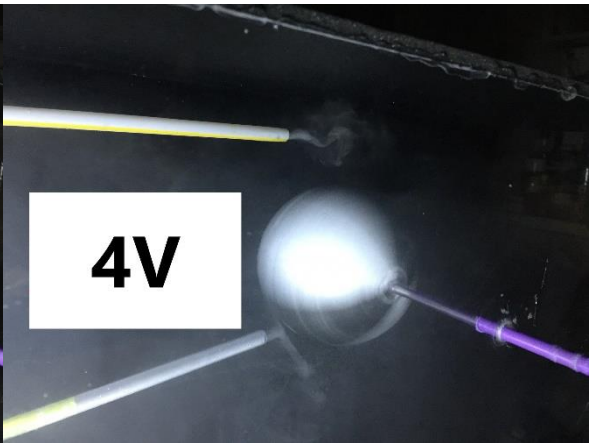
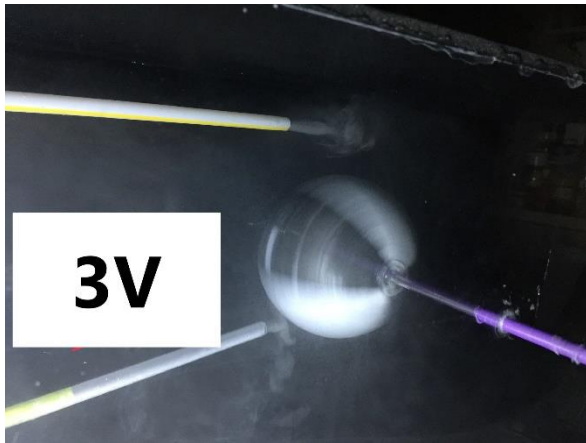
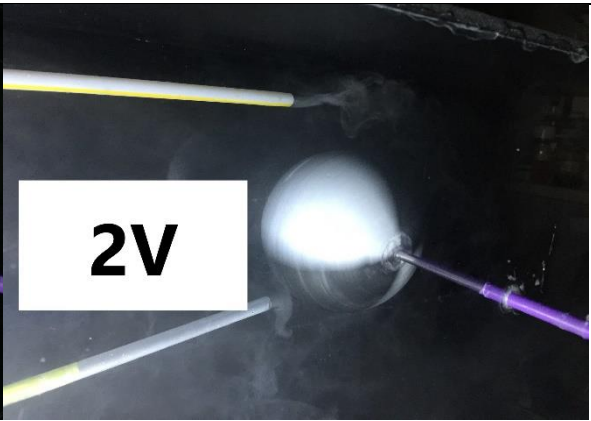
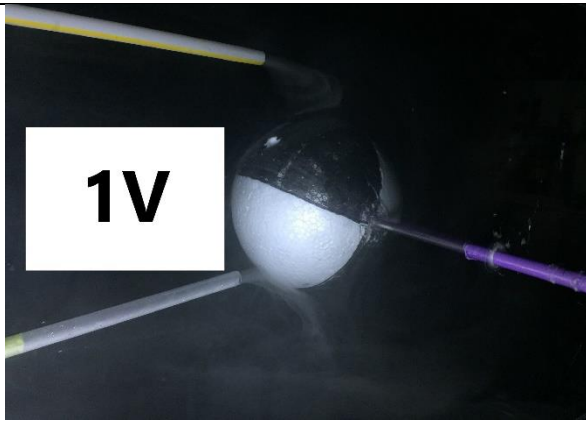
(4) **實驗一**：我們認為球下降時受重力影響，球的飛行會變快，轉速應該也會隨之提升，所以我們依照棒球的飛行軌跡預測「轉速越快，瑪格努斯效應就越明顯」。於是，我們用慢動作拍攝了各轉速時的流體流動情形。在轉速不斷提高時，我們發現上方與下方的氣流間距離會愈來愈遠，所以說明了我們原先提出的假設是正確的。如(圖七)、(圖八)就可以發現顯著的差異，(圖七)為低轉速；(圖八)為高轉速。

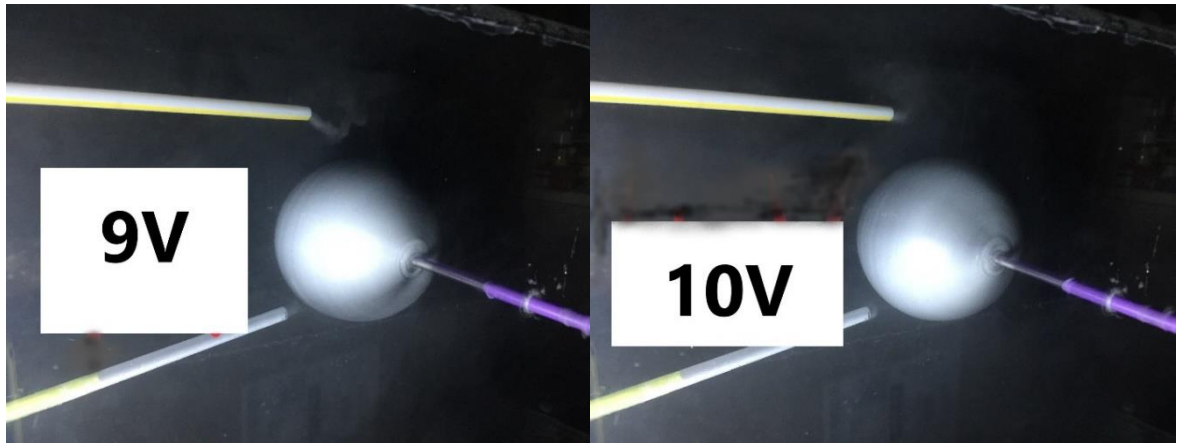


(圖七)

(圖八)

(5) **實驗二**：我們利用瑪格努斯效應預測的飛行軌跡與實際的不同，實際上其飛行時在上升時與下降時都有一轉折點，但是原理相同，而上升時的轉折相對較不明顯，所以我們只有探討下降時的飛行軌跡。於是我們利用與實驗一相同的器材做了實驗二，在不同轉速時皆拍攝了球體附近的流體流動情形，結果如下方十張照片。實驗後結果發現 7~8 伏特之間的水霧距離差距最大，所以我們推測棒球的飛行過程中在轉折處的轉速可能是介於 3500~4000rpm。

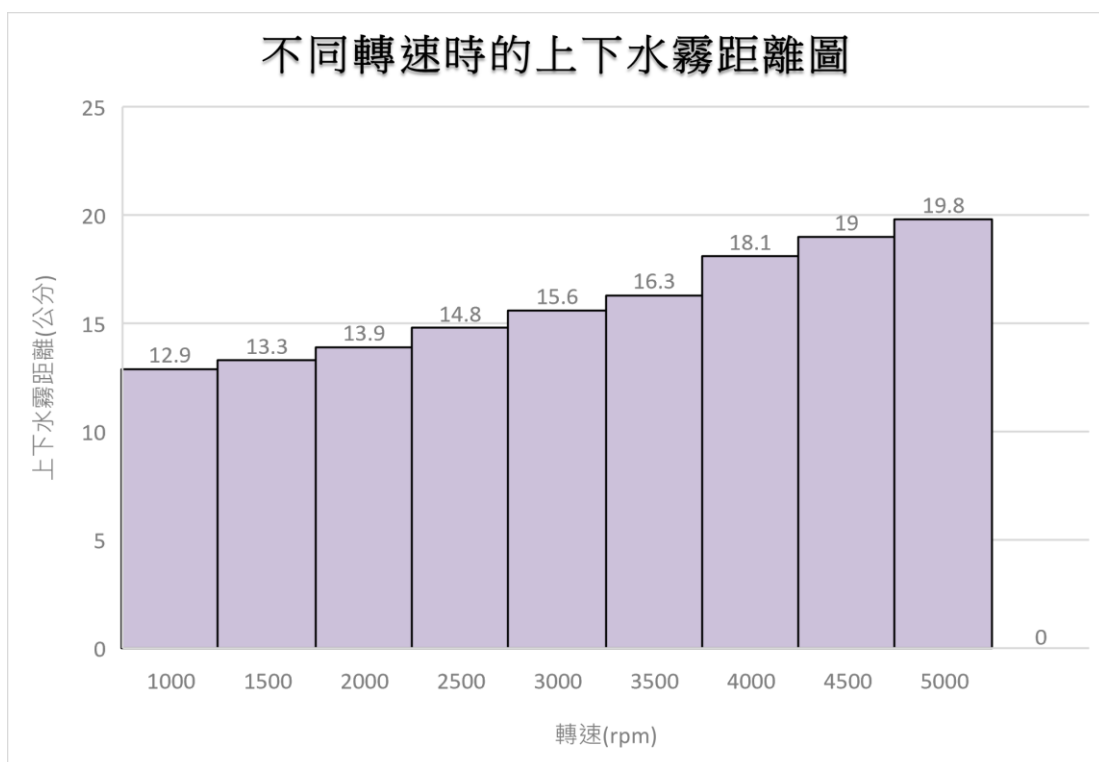




【各電壓之轉速測量】

電壓	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V
轉速 (rpm)	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
上下水霧距離 cm	12.2	12.9	13.3	13.9	14.8	15.6	16.3	18.1	19.0	19.8
與前一欄的標準差	-	0.7cm	0.4cm	0.6cm	0.9cm	0.8cm	0.7cm	1.8cm	0.9cm	0.8cm

不同轉速時的上下水霧距離圖



## 五、結論與生活應用

1. 結論：
  - (1)球的轉速愈高，瑪格努斯效應對物體飛行時軌道的影響就會愈明顯。
  - (2)物體的轉速在介於 3500-4000rpm 之間時，瑪格努斯效應對其影響會最明顯，甚至大幅度地影響其飛行軌跡，肉眼也可能直接觀察到。
2. 討論：
  - (1)誤差之影響因素：
    - 水霧的重量：相對空氣而言，水霧的重量較重，可能會影響水霧與球的距離。
    - 吸管中水氣的多寡：吸管内會累積水滴，會影響水霧噴出的多寡。
    - 球體表面的粗糙程度：球體表面若粗糙程度不同會影響水霧的流速。
    - 水霧噴出的穩定度：水霧噴出若不穩定，會影響水霧與球之間的距離。
    - 轉動時盒子的晃動幅度：盒子的晃動會使水霧的軌跡不穩定。
  - (2)改變棒球飛行的其他原因：
    - 撞到鳥、攝影機
    - 風力
    - 鬼？神威？

## 六、參考資料

(註 1.) 維基百科 馬格努斯效應

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A9%AC%E6%A0%BC%E5%8A%AA%E6%96%AF%E6%95%88%E5%BA%94>

(註 2.) Youtube 日本棒球場靈異事件 阿部選手球空中跳一下變全壘打!!

<https://youtu.be/xVOBqShvhM>

(註 3) NTCU 科學遊戲 Lab：馬格努斯效應 - NTCU-科學遊戲實驗室

<http://scigame.ntcu.edu.tw/air/air-023.html>