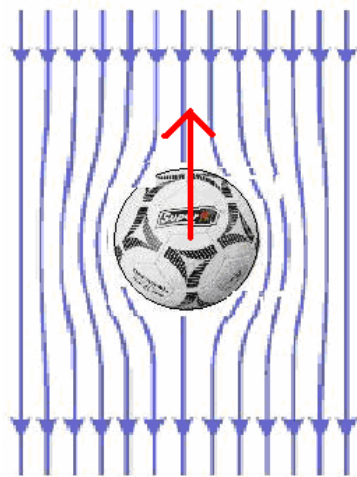


如何射出“香蕉形”罰球?

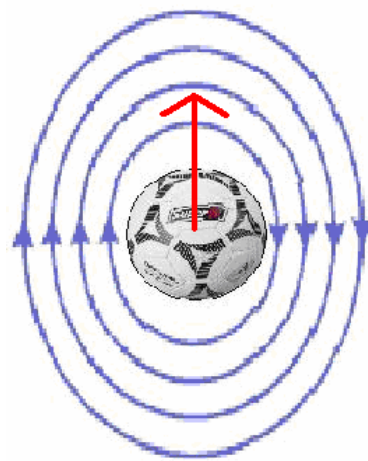
世界杯又黎啦!!! 每屆世界杯都有一些“罰球專家”，如碧咸，卡路士等，射出令人津津樂道的“香蕉形”罰球。但是，怎樣才能射出“香蕉形”罰球呢？一切盡在白努利方程 (Bernoulli Equation). (高考物理必考課題之一)

首先，當足球向前射出，左右兩邊的空氣就會相對於足球向後運動。(如圖 1) 當我們踢中足球的重心(通常在足球的中心或較下一點)，足球就會在沒有旋轉的情形下向前衝。但是，如果足球向前衝的時候旋轉，四周的空氣會被足球帶動。假設足球向右旋轉(辦法：右腳以腳趾尾拉西，每天苦練一百次，一個月內應該可以得心應手^^)，在足球右邊的空氣速度會比足球左邊的空氣速度快(如圖 2)。



藍線: 空氣流動方向
紅線: 足球移動方向

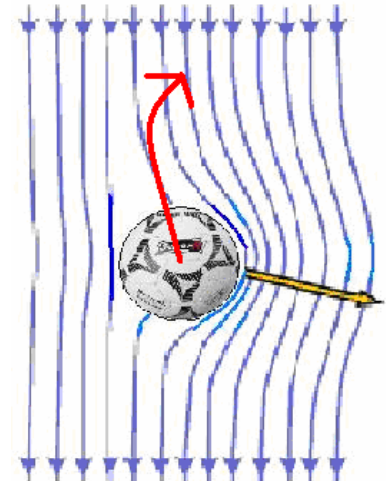
圖 1



藍線: 足球轉動方向

空氣速度+足球轉速=>右邊空氣速度↑
本身速度-足球轉速=>左邊空氣速度↓

圖 2



紅線: 香蕉形移動路線

右邊空氣速度↑=>右邊氣壓↓
左邊空氣速度↓=>右邊氣壓↑

圖 3

根據流體力學在白努利方程 (Bernoulli Equation): $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{常數}$,

P = 流體壓力 (Pressure), ρ = 流體密度 (Density), v = 流體速度 (Velocity),
 g = 重力加速度 (Gravity), h = 流體高度 (Height).

在這情況之下，由於空氣密度，重力加速度和空氣高度都不變，所以，根據白努利方程，空氣速度越快 ($V \uparrow$)，空氣壓力會越低 ($P \downarrow$)。由於在足球右邊的空氣速度較足球左邊的空氣速度快，因此，足球右面的氣壓會較左面的氣壓低，這個左右不平衡的壓力產生了一個向右的力。(如圖 3) 結果足球一面向前衝，一面承受一個把它推向右的力。這樣，你便可以射出“香蕉球”了。

其實，我們在日常生活中也經常應用白努利方程 (Bernoulli Equation)使物體在流體中的運動方向改變，例如飛機飛行和風帆逆風航行都是基於這個原理。你又可不可以嘗試用白努利方程 (Bernoulli Equation)去解釋這些現象呢？