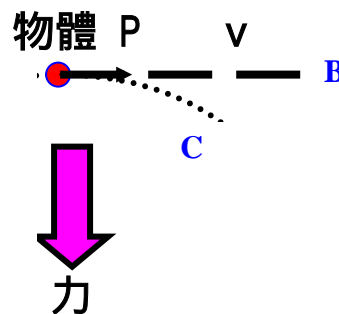


# 甚麼是『向心力』？ 甚麼是『離心力』？

## 向心力 (centripetal force) 製造圓周運動

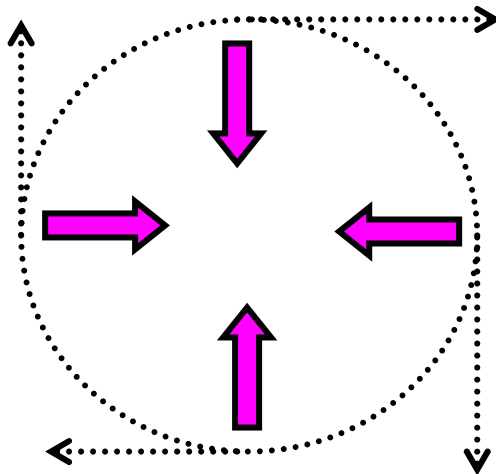
根據牛頓運動第一定律，如果下圖中以速度  $v$  行著的物體  $P$  不受任何外力作用，它會沿虛線  $B$  繼續它的直線運動。



如要求  $P$  偏離直線  $B$ ，把它拉向  $C$  的方向，物體必先受一如圖顯示的力作用。

進一步推想，若要  $P$  繼續沿一圓周上走，此力也必然繼續存在，但其方向要不斷改變；物體無時無刻都『企圖』以切線的方向飛出。

不要它飛出去，就要不斷把它拉回來。



拉回不要它飛去的力常常指向圓的中心，此力就是『向心力』。

是這個向心力製造圓周運動；不是圓周運動製造一個稱為向心力的力。

### (1) 向心力不是『力』

向心力不是張力、引力、電磁力等之外一種新的力。它只不過是對造成物體圓周運動的合力的一個稱呼。

我常打趣說：

『一學生須購買一本值二百元的教科書。他的二百元，其中一百元是自己儲蓄得來，五十元是媽媽給的，另外五十元是向哥哥借的。

好了，向不同渠道湊夠了二百元，可以買書了。

這二百元是用作『買書』用途，所以我可以稱這筆錢為『買書錢』。

但如果這學生說他現在擁有四百元：真金白銀的二百元，再加上

二百元的『買書錢』。你有甚麼反應？』

相同情況，汽車在傾斜的馬路上轉彎，是路上的摩擦力及法向力的水平分量提供了所需的向心力。我們絕不可以說汽車除了重量、摩擦和法向力之外還多了一個叫『向心力』的力。

經推導，向心力的數值是

$$F = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$$

其中  $m$  是物件的質量、 $v$  是沿周界運動的速率、 $r$  是圓的半徑和  $\omega$  是角速度（即一秒轉的角度； $v = \omega r$ ）。強調多一次，不是說圓周運動會產生一個叫做「向心力」的力，而上式只告訴我們這樣的一個概念：若你要物質  $m$ ，沿著一個半徑為  $r$  的周界，以  $v$  的速度行走，你必先給它一個力才行。這個力可以是引力，可以是電磁力，可以是法向力，……等，亦可以是這些力的合力。因為這個力必定指向圓的圓心，我們稱這個製造加速的合力為「向心力」。這個力應該是甚麼數值，那就是從上式求得的數值。

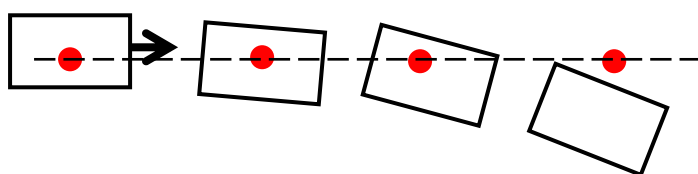
## (2) 離心力 (centrifugal force) 是一種假力

從牛頓力學而言，用向心力已經把圓周運動描述得清清楚楚，實在不需要甚麼『離心力』。

但另一方面，我們也不能否認當車轉彎時，真的有被『拋出』的感覺。這是甚麼一回事？

(a) 路面上的人會作如此解釋：

車在轉彎時不同時間的位置



上圖顯示一輛從高空望著的车子。紅點代表在車內，浮在空氣的一個汽球。

開始時，車子和汽球都以勻速向前走著。

車子轉彎，但車上的汽球因為**慣性**而繼續行直線。

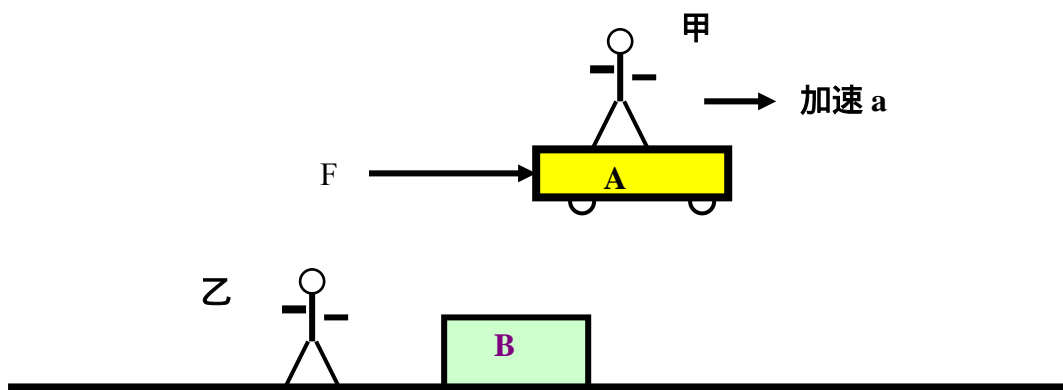
汽球行直線，車子轉了彎，汽球相對車子而言，是從車的一旁，**像**被一個力向外推向另一旁。這實際是慣性造成的效果，沒有甚麼所謂『離心力』。

從地面描述圓周運動，不存在甚麼『離心力』。人們有被拋出的感覺實際是慣性 (inertia) 造成。

(b) 若從加速當中的車子來觀看運動，情況不一樣。物理學稱一個加速的觀察者為一個非慣性參考系統 (noninertial frame of reference)。

但牛頓第二定律不適用於非慣性系統

例：



圖車 A 受力作用；力製造加速  $a = F/m$ 。

在路面上，靜止的乙所看見的：

A 因力 F 作用，所以加速。

B 靜止，因它沒有受（淨）力作用。

與 A 一起加速的甲，他看見的則是：

A 受力  $F$  作用，但它是靜止的。

雖然 B 沒有受淨力作用，但它以加速  $a$  的值向後加速。

明顯的，甲看見的世界是受力的物體不加速；不受力的物體加速，

甲觀察到的不滿足牛頓運動第二定律。

為了牛頓第力學仍然可適用於非慣性系統，物理學引入了『假力』

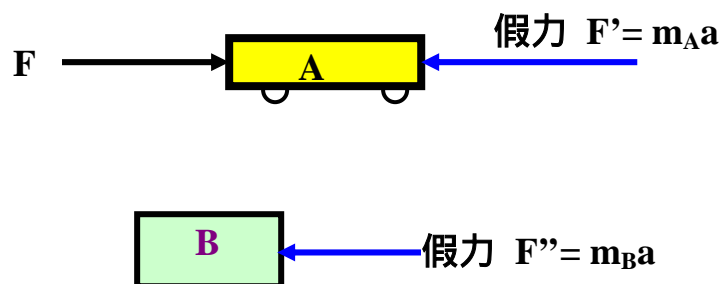
(pseudo-force, apparent force 或 inertial force)：

從一加速為  $a$  的非慣性系統來描述某物體的運動，只要『想像』該物體

多受一個  $-ma$  的力作用（ $m$  是該物體的質量，負是表示相反方向），那

時牛頓第二定律  $F = ma$  仍然正確。

在引入了假力後，上例中的甲就會這樣描述



A 是靜止，因為  $F$  與  $F'$  抵消。

B 向後加速，因它受  $F''$  作用。

用『假力』解問題既容易，亦簡單，是應用力學和工程學常用的方法。

離心力就是在轉彎的車上（一非慣性參考系統）來描述運動時，須加入令牛頓第二定律仍然生效的假力。

在轉彎的車上乘客看不見自己和車子走動（雖然他或許知道車是開著，但物理不講這些，只論他客觀看見甚麼）。他說他被『離心力』推向外。但離心力來自何處？沒有，因為它是一個假力。

最後，請留意以下數點：

- 『假力』之所以是『假』，是以牛頓力學標準而言。譬如，牛頓第三定律說，凡一力存在，它的反作用力也必然存在，但假力是沒有反作用力的。
- 我們絕不可以說慣性的現象是由離心力所造成（雖然『假力』亦可稱為『慣性力』）。『慣性』和『離心力』是兩個截然不同的觀察者所使用的概念。地面上的人用慣性解釋；車上的人用離心力解釋。

解釋一物理現象，必先要選定一參考系統。從這個參考系統作的解釋，是自洽和完整的，不需要從另一參考系統的觀察來作補充。

- 『假力』在感覺上絕不『假』。  
突然煞車，人向前仆；車轉彎，人向外拋。感覺千真萬確。  
地面的人會用慣性去解釋；車上的人則用假力作解釋。
- 以愛因斯坦廣義相對論的『等效原理』來解釋，『假力』是一個真正的(引)力。有興趣的讀者可找一些科普的書本看。

## 吳老師 (Chiu-king NG)