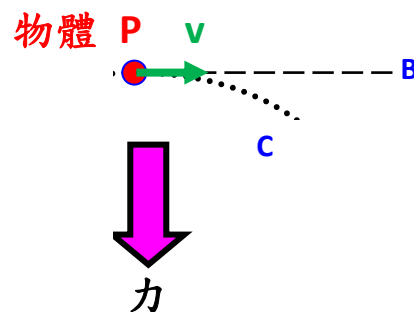


# 甚麼是『向心力』？ 甚麼是『離心力』？

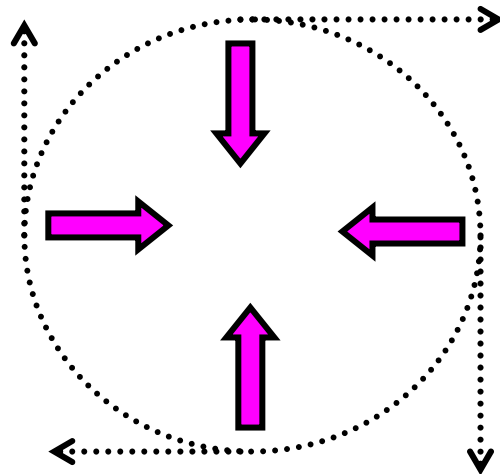
## 向心力 (centripetal force) 製造圓周運動

根據牛頓運動第一定律，如果下圖中以速度  $v$  行走的物體 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，物體必先受如圖顯示的一個外力作用。

進一步推想，若 P 沿一圓周不斷走動，此外力也必然要一直存在，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) 向心力不是一種新的力

向心力不是張力、引力、摩擦力、電磁力等這份名單中的其中一種新的力。它只不過是對造成物體圓周運動的合力或淨力(resultant force, net force) 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』。你聽了之後，會如何反應？』

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加速所需的淨力。這個淨力是指向圓心，故被稱為「向心力」。我們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』的力嗎？

經推導（從教科書容易找到），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，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，我們稱製造一個這樣加速的合力為「向心力」。這

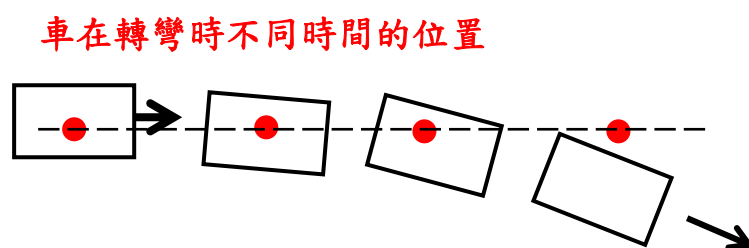
個力應該是甚麼數值，那就是從上式求得的數值。

## (2) 離心力 (centrifugal force) 是一種假力

從牛頓力學而言，描述圓周運動只需向心力已經足夠，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) 路面的人會作如此解釋：



上圖顯示一輛從高空望著的車子。紅點代表在車內，放在平滑地面的一個紅球。

開始時，車子和汽球都以勻速向前走著。

車子轉彎，但車上的紅球因為慣性而繼續行直線。

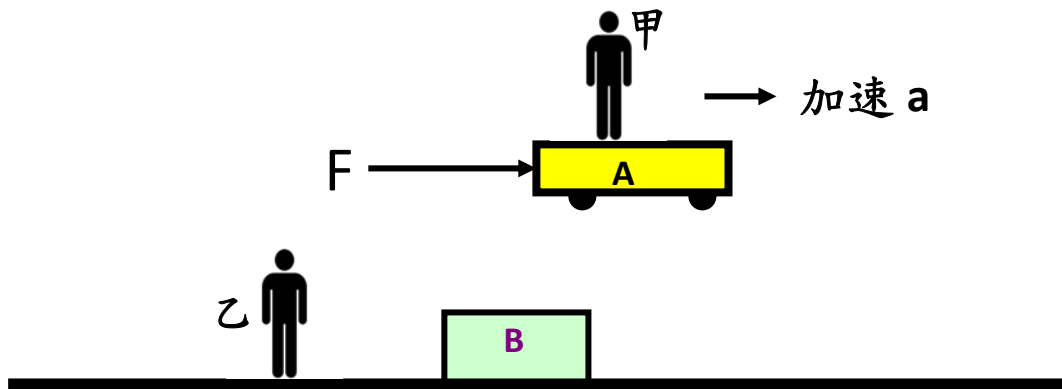
紅球行直線，車子轉了彎，紅球相對車子而言，是從車的一旁，像被一個力向外推向另一旁。這實際是慣性造成的效果，沒有甚麼所謂『離心力』。

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  $a = F/m$ 。方塊 B 則不受任何力作用。

● 在路面上，靜止的乙所看見的景象是：

A 因力 F 作用，所以加速。

B 靜止，因它沒有受（淨）力作用。

- 在車 A 內的乘客甲 看見的則是另一番景象：

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。

為了牛頓力學仍然可適用於非慣性系統，物理學引入了『假力』

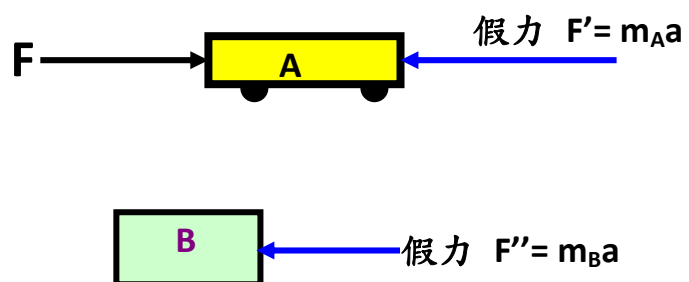
(pseudo-force, fictitious force, apparent force 或 inertial force)：

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（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。

轉彎的車子是加速中，所以坐在轉彎的車子上的乘客就是以一非慣性參考系統來觀察世界，他們看到的一切一切（車上的自己、鄰座的朋友、椅子、... 等等所有車上物體；車外的街上行人、停泊在路旁的車、從樹上飄落下的樹葉、...等等所有車外物體）都受了一個名為「離心力」的假力作用，引入這個假力（還需引入另一假力：「科奧拉力」(Coriolis force)，那才算完整)，那車上的人就會用牛頓第二定律好好地描述他/她看見的世界。

如此，在轉彎的車上乘客說他/她被『離心力』推向外。

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。離心力是沒有反作用力的
- **絕不可以說慣性的現象是由慣性力造成**（雖然『假力』可稱為『慣性力』）。『慣性』和『慣性力』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。從這個參考系統看到的現象，並作出的解釋，是自洽、獨立和完整的。

牛頓第一定律 (first law) 說當物體不受外力作用，物體就會靜止或勻速行走.....，此性質稱為物體的慣性。但另一邊廂，又說慣性是由慣性力造成??? 這令學生不感覺混亂才怪！！

路上的人 **只** 說慣性， **不** 說慣性力，  
**不** 說離心力。乘客像被拋出去，這百份  
百因為慣性。

- 在一些不嚴謹的書刊中有「離心力是向心力的反作用力」的說法，這  
是完全錯誤的。請閱讀作者的另一篇相關文章

<http://ngsir.netfirms.com/Q/ME/MQ10.pdf>

- 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。

**作者：吳老師 (Chiu-king NG)**

物理勿勿理 <http://ngsir.netfirms.com>