離心力是向心力的反作用力嗎？

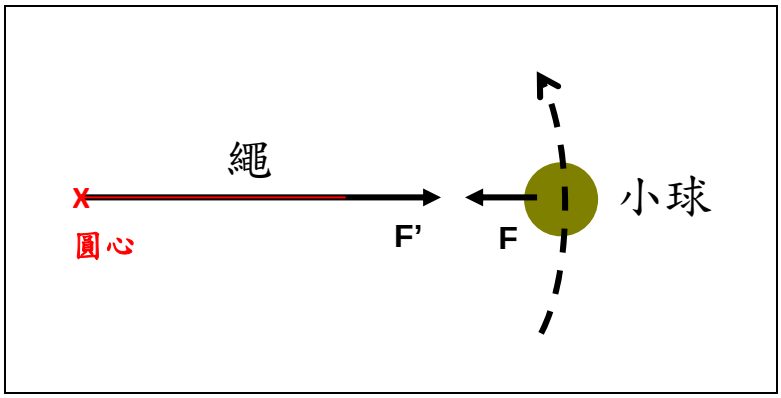
把小球繫在繩端，然後把它旋轉作圓周運動。 若忽略重量，繩的張力是作用於小球，提供它作圓周運動用的向心力(centripetal force)。 繩拉小球，小球拉繩。所謂『離心力是向心力的反作用力』即是下圖中的 F' (是 F 的反作用力) 是離心力 (centrifugal force)。

的確，這裡的 F' 是指離開圓的中心。

說『離心力是向心力的反作用力』見於一些中、外的物理入門書刊

(例如 http://www.infoplease.com/encyclopedia/science/centripetal-force-centrifugal-force.html)。

本文嘗試指出這說法是不正確。



1. 一般人用「離心力」這名詞

1.1 在玩諸如「跳樓機」時的感覺，說是很大的「離心力」。這實與物理學上的「離心力」扯不上關係。準確來說，那是「失重」感覺。

若有人把「離心力」的「心」理解為「心臟」，那是更大的誤解。

1.2　當車急轉彎，車上乘客有被拋出的感覺，人說這是「離心力」造成。

在這情景用「離心力」是適當的。

2.　傳統物理學上的「離心力」

當車子轉彎，車子是進行加速運動—因其速度 (velocity) 的方向要不斷改變。 在一加速物件上的觀察者（車上乘客）就會說他看見的所有物體（車上和車外）受「離心力」作用。物理學上，此為一種假力 (pseudo-force, fictitious force, apparent force)或是慣性力 (inertial force) 。

請參看作者的一篇相關文章：

甚麼是向心力？甚麼是離心力？

http://ngsir.netfirms.com/Q/ME/MQ9.pdf

3.　兩種「離心力」說法

在不少書刊和網上資源，都有這樣論述：

3.1　力學存在兩種「離心力」，一種是把乘客拋出的「離心力」，此力應更貼切稱為「慣性離心力 (inertial centrifugal force)」。另一種「離心力」，就是向心力的反作用力，這種「離心力」應稱為 reactive centrifugal force (http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_force)。

3.2　把乘客拋出的「離心力」是作用於乘客（以乘客為觀察者）；但向心力的反作用力不是作用於乘客，而是作用於提供那向心力的物件，例如乘客坐

著的椅子或是乘客拿著的扶手等。

3.3 無論如何，把「向心力的反作用力」說是把乘客拋出的「離心力」之外的另一種「離心力」(reactive centrifugal force) 也是對的。 因為「離心力」之「離心」二字只是標示方向。 「向心力」指向圓心，其反作用力必方向相反，「指向圓心」的反方向就是「指離圓心」。 『向心力的反作用力起碼也是一種離心力』，這在語言和邏輯上沒犯錯。

4. 本文要說的：向心力的反作用力根本就不一定是離心。 『向心力的反作用力是離心力』在語言和邏輯上都是犯了錯誤。

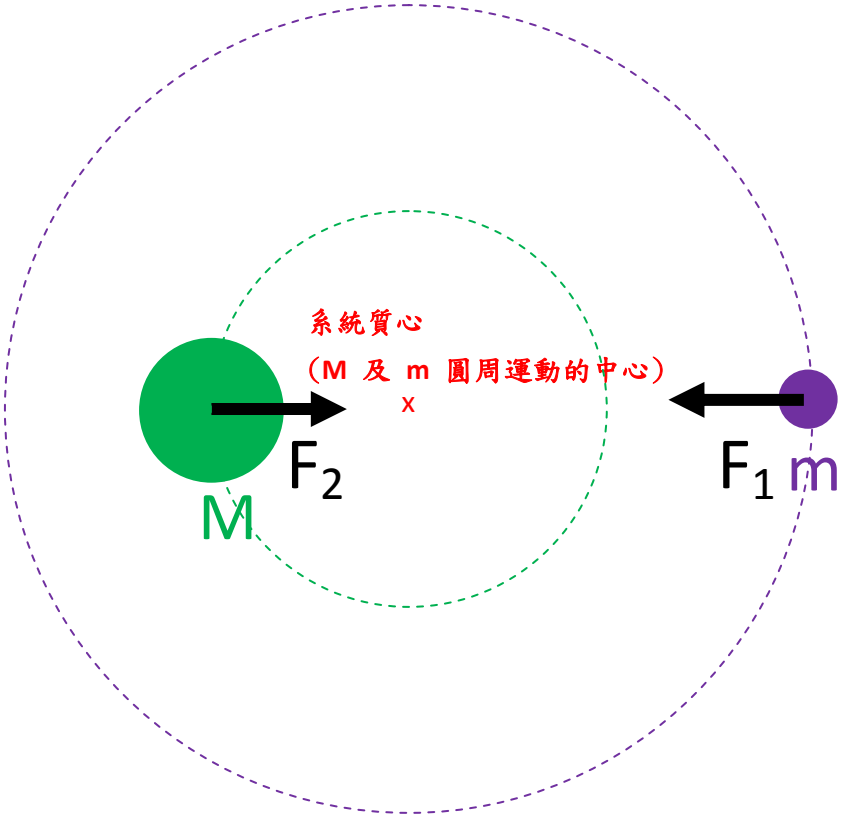
以下這個例子已說明了一切：

兩個物體 M 和 m，利用它們相互之間的萬有引力，令大家一齊繞著系統的質心 (centre of mass) 旋轉。

M 作用於 m 的引力是 F_1； 而 m 作用於 M 的引力是 F_2。

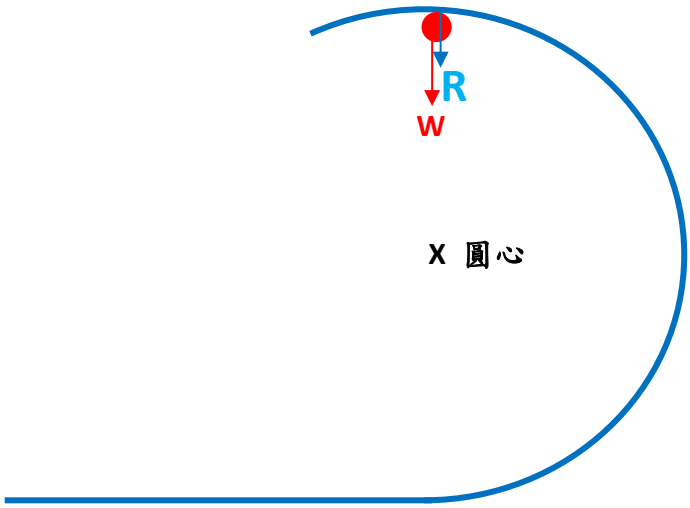
F_1 與 F_2 是作用力—反作用力關係。

F_1 是 m 的向心力； F_2 是 M 的向心力。你看看，F_1 的反作用力 (F_2)是指離中心嗎？ 同樣，F_2 的反作用力 (F_1)是指離中心嗎？



在這例，任何一個向心力的反作用力都不是離心！

考慮另一例 ”Looping the loop”。 當圓珠在圓軌的最高點，是甚麼力貢獻為向心力？



是圓珠自己的重量 (W) 和路軌施於圓珠的法向反作用力 (R) 。

W + R : 向心力。但這個向心力的反作用力在那裡？

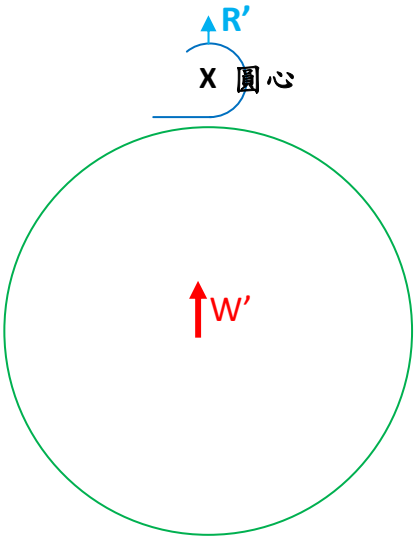
W 的反作用力 (W')在地球；R 的反作用力(R')在路軌。

勉強說，W' 和 R' 的矢量和是那向心力的反作用力。

W + R 是圓珠的向心力，但 W'+ R'是甚麼東西的離心力？

W'在地球、R'在路軌。所以「地球 + 路軌」這系統應該是那圓珠的向心力的反作用力的受體。

你說 W' + R' 是否離心？ R' 是，但 W' 不是！



當物體受多力作用，我們視這些力作用於這物體的質心 (centre of mass) 。

「地球 + 路軌」的質心在那裡？

- 若地球質量遠大於路軌質量，那「地球 + 路軌」的質心在圓珠進行圓周運動的中心之下。那時 R'+W' 也是指向那圓心。
- 若地球質量遠小於路軌質量，那「地球 + 路軌」的質心在圓珠進行圓周運動的中心之上。那時 R'+W' 才是指離那圓心。

> ➢ 若「向心力的反作用力是離心力」是一項真的物理概念，那它必具有普遍性。即是在任何情況，「向心力的反作用力」必然是「離心」。
>
> ➢ 但從以上例子，向心力的反作用力根本就不一定是離心。

5. 推論謬誤

∴ 作用力與反作用力的方向相反

∴ 向心力的方向是指向圓心

∴ 指向圓心的反方向是指離圓心

∵ 向心力的反作用力是指離圓心

以上推論錯在那裡？

是那句「指向圓心的反方向是指離圓心」

相像你自己站在尖沙嘴海旁，面向維港。 若你就地轉 180^0，就變成背向維港了。

但若與你站在中環海旁的朋友遙遙相望。你與你朋友是望著相反的方向。你是面向維港，但你的朋友也是面向維港喔！

「指向圓心的反方向是指離圓心」是假設了在同一位置的兩個反方向。但作用力與反作用力是沒有假設這兩個力必在同一位置作用 (於不同物體) 。萬有引力、電力、磁力這些力的作用力與反作用力就不是在同一位置發生。施力者和受力者是相隔一段距離而相互作用！

作用力與反作用力的確方向相反；但「指向圓心」的反方向就不定是「指離圓心」。

6. 網上參考

6.1 網站 A Glossary of Frequently Misused or Misunderstood Physics Terms and Concepts. By Donald E. Simanek, Lock Haven University.
http://www.lhup.edu/~dsimanek/glossary.htm

"Centrifugal force. When a non-inertial rotating coordinate system is used to analyze motion, Newton's law F = ma is not correct unless one adds to the real forces a fictitious force called the centrifugal force. The centrifugal force required in the non-inertial system is equal and opposite to the centripetal force calculated in the inertial system. Since the centrifugal and centripetal forces are concepts used in two different formulations of the problem, they cannot in any sense be considered a pair of reaction forces. Also, they act on the same body, not different bodies."

6.2 Fermi Laboratory 的網站

http://www.fnal.gov/pub/inquiring/questions/centripetal.html

" Now we understand, that the centripetal force acting on B causes its circular motion. But where is the centrifugal force??? What is it? The third Newton's law says: If A acts on B by a force, B acts on A by another force, called the reaction force, which has the same magnitude but opposite direction. Many

people confuse the centrifugal force with this reaction force acting ON A BY B. (As an illustration of the reaction force, just remember, that if you rotate a ball (B) on the end of a rope, your hand (A) FEELS a force, which is the reaction force to the centripetal force.) Please remember, this reaction force is not the centrifugal force introduced by physicist. …….”

7. 結論

7.1 向心力的反作用力不一定是離心。

7.2 說『向心力的反作用力是離心力』不正確。

7.3 無論之前人們如何理解『離心力』一詞。在今天物理教育，我們應盡量避免說甚麼『兩種離心力』，因為這只會造成概念混淆。對學生學習和解決問題都沒有好處。

作者：吳老師 (Chiu-king NG)