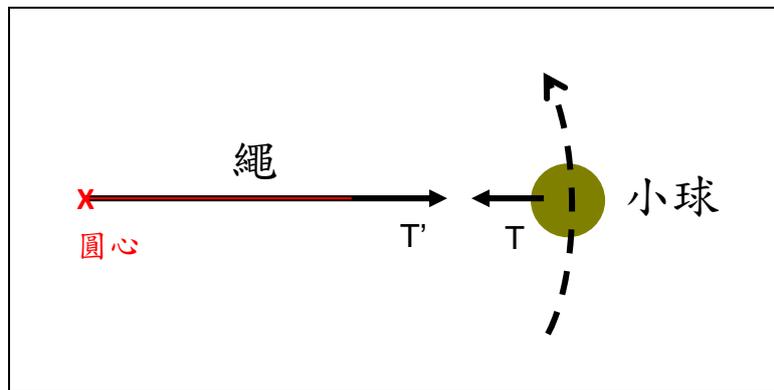


離心力是向心力的 反作用力嗎？

答：不是。



旋轉繫在繩端的小球作圓周運動。若忽略重量，繩的張力(T)作用於小球，提供它作圓周運動需要的向心力(centripetal force)。繩拉小球，小球拉繩。所謂『離心力是向心力的反作用力』即是上圖的 T' (是 T 的反作用力) 是離心力 (centrifugal force)。的確，這裡 T' 的方向是指離開圓的中心。

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。

其實，這 說法不正確。

筆者未曾見過在嚴肅的力學書本中有這樣的一個概念（如有，請告之）。

1. 一般人（常常誤）用「離心力」這物理名詞

- 1.1 在玩「跳樓機」時說有很大的「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」的感覺。
- 1.2 但凡玩急遽機動遊戲時，不少不懂物理的人把那份「驚恐感」說是「離心力」。他（她）們或者真是把「離心力」的「心」理解為自己的心臟：「離心力」就是自己的心臟有被扯離開的恐怖感覺！
- 1.3 當車子急轉彎，車上乘客有被向外拋出的感覺，這時用上「離心力」，物理是對的。

2. 物理學上的「離心力」

當車子轉彎，車子是進行着加速運動 — 因其速度 (velocity) 的方向在不斷改變。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

在一些書刊和網頁，有以下這個說法：

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「慣性離心力 (inertial centrifugal force)」是作用於乘客(如以乘客自己的角度來描述運動)。但「向心力的反作用力」的那「離心力」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。所以，「向心力的反作用力」 - 所謂甚麼“reactive centrifugal force”並不作用於乘客。

3.3 他們說：『無論如何，把「向心力的反作用力」說是另一種「離心力」也不為過，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(也是)一種離心力」，這在語言和邏輯上見不得錯誤。』

4. 本文首先要說的：向心力的反作用力不一定是離心。

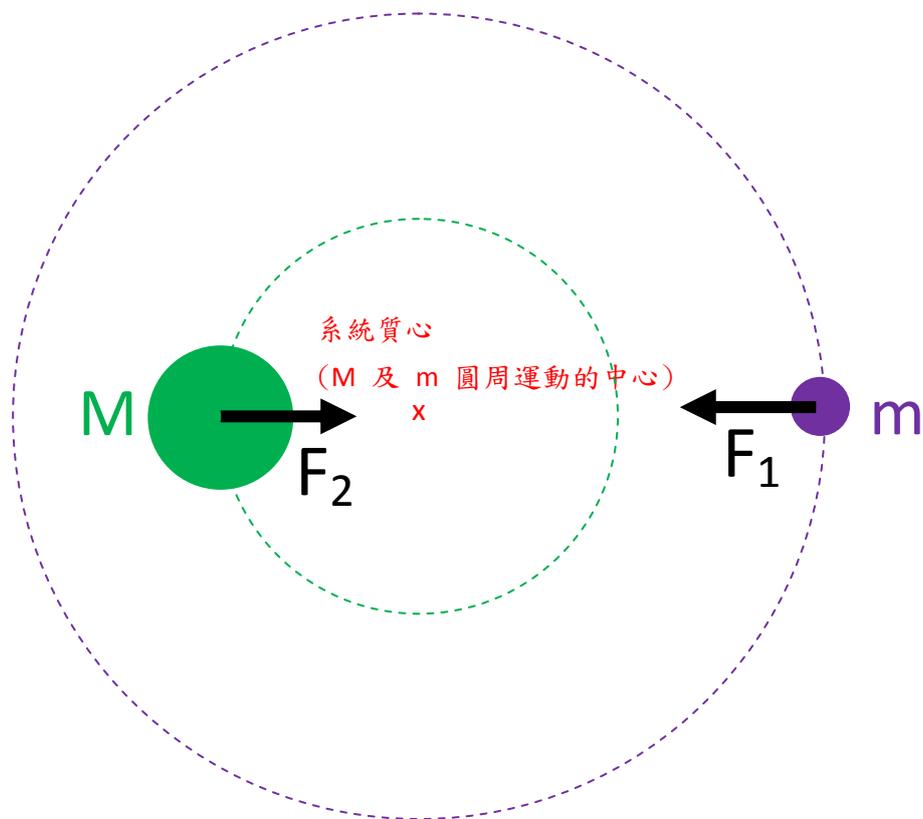
我們研究以下這兩個簡單例子。

4.1 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。

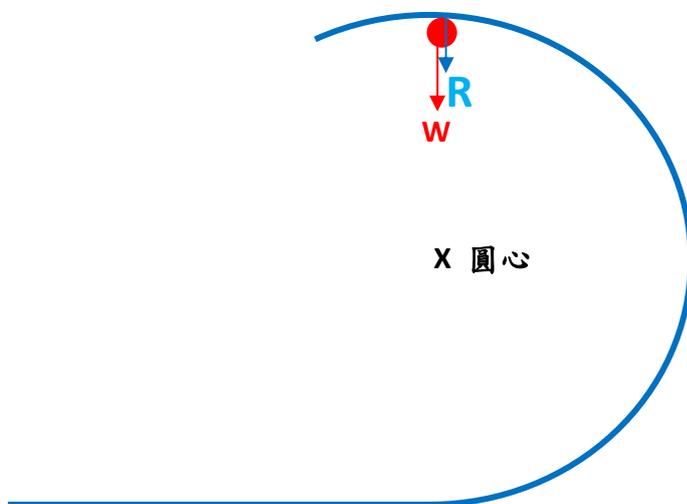
M 作用於 m 的引力是 F_1 ；而 m 作用於 M 的引力是 F_2 。

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。 F_1 的反作用力 (F_2) 不是「離心」。同樣， F_2 的反作用力 (F_1) 也不是「離心」。



4.2 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)。

向心力是 $W + R$ 。但這個向心力的反作用力在那裡？

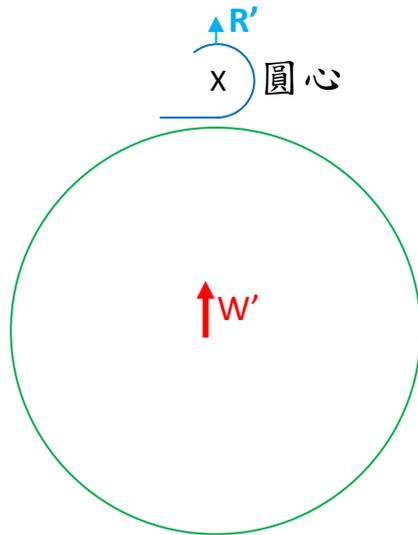
W 的反作用力 (W') 在地球； R 的反作用力 (R') 在路軌。

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 $W' + R'$ 是否指離開圓珠進行圓周運動的那圓心？ R' 是，但 W' 不是！



地球質量遠大於路軌質量，那「地球 + 路軌」系統的質心差不多就是地心。

把 $R'+W'$ 看成作用在那裡， $R'+W'$ (向心力 $R+W$ 的反作用力) 也是指向圓珠進行圓周運動的圓心。

以上兩例，我們看不到「向心力的反作用力」必然就是「離心」。

5. 「向心力的反作用力是離心力」所涉及的兩個「心」究竟是指甚麼「心」？是指同一個心嗎？概念清楚嗎？

「向心力」的「心」是物體作圓周運動的中心；但

「(慣性)離心力」的「心」是指轉動參考系統的中心。那這個「(reactive)

離心力」的「心」又是甚麼心？

6. 向心力的反作用力是一定存在的嗎？

不一定！

須知，物體 P 受到的「向心力」只不過是令物體 P 作圓周運動的合力的一個稱呼而已。「向心力」可以是 P 以外很多其他物體施於 P 的多個力的合力。有趣的是，這「多個力」其中也可以包括「假力 (pseudo-force)」。假力是沒有反作用的，那時的「向心力」就不存在反作用力。

7. 物理學上「向心力」和「離心力」兩名詞（概念）那個更重要？答案是後者。下

圖是大名鼎鼎 Feynamm's Lectures on Physics 的書後 index：只有 Centrifugal force，而沒有 Centripetal force。讀者可翻閱其他「有份量」的物理書看看。

Center of mass, I-18-1 f, I-19-1 ff
Centrifugal force, I-7-5, I-12-11
Cerenkov, P. A., I-51-2
Cerenkov radiation, I-51-2
Charge, conservation of, I-4-7,
II-13-1 f
on electron, I-12-7
line of, II-5-3 f
motion of, II-29-1 ff
sheet of, II-5-4
sphere of, II-5-4 f
Charge density, II-5-4
Charge separation, II-9-7 ff
Charged conductor, II-8-2 ff
Chemical energy, I-4-2
Chemical kinetics, I-42-7 f
Chemical reaction, I-1-6 ff
Chromaticity, I-35-6 f
Circuits, alternating-current, II-22-1 ff
equivalent, II-22-10 f
Circuit elements, II-23-1 f
active, II-22-5
passive, II-22-5

力學是可以完全不使用「向心力」這名詞的，因為它只不過是製造一種特定加速所需要的淨力而已。世間這麼多種類加速，每一種加速所需的淨力都要給它一個名稱嗎？「離心力」則不同，在討論「非慣性參考系統」中必須要出現（另一個必須出現的是 Coriolis force）。

8. 網上參考

- 8.1 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> (網頁已不存在)

"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."

筆者注：“The centrifugal force required in the non-inertial system is equal and opposite to the centripetal force calculated in the inertial system.” 中的 “equal and opposite” 沒有必要一定是的。

- 8.2 Fermi Laboratory 的網站

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

9. 結語

9.1 向心力的反作用力就是不一定是離心。

9.2 若「向心力的反作用力是離心力」是一項正確、有用的物理概念，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」的。但是，我們看不到它是。

9.3 學生總會在課堂外聽過「離心力」這名詞，也或會問物理老師它是甚麼。老師總不能為了「打發」他（她）們的問題而去「忽悠」他（她）們，說甚麼「離心力即是向心力的反作用力喇」這種鬼話！

9.4 若同學希望可以認真地以正統力學學習甚麼是向心力、離心力和科里奧利力（Coriolis force），請同學花一些時間和耐心看看筆者撰寫並發表在英國 Institute of Physics 的刊物 Physics Education 的一篇文章 "Simple quantitative examples illustrating how the centrifugal and Coriolis forces 'rescue' Newton's second law in rotating frames" (下載地址：<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ad2af2/pdf>) 文章適合高中程度的中學生看。看完也不代表你甚麼都明白，但希望它可幫助你建立第一步的正確概念。



作者：吳老師 (Chiu-King Ng)

<https://ngsir.netfirms.com>

<http://phy.hk>

電郵：feedbackWZ@phy.hk 其中 WZ 是 23 之後的質數