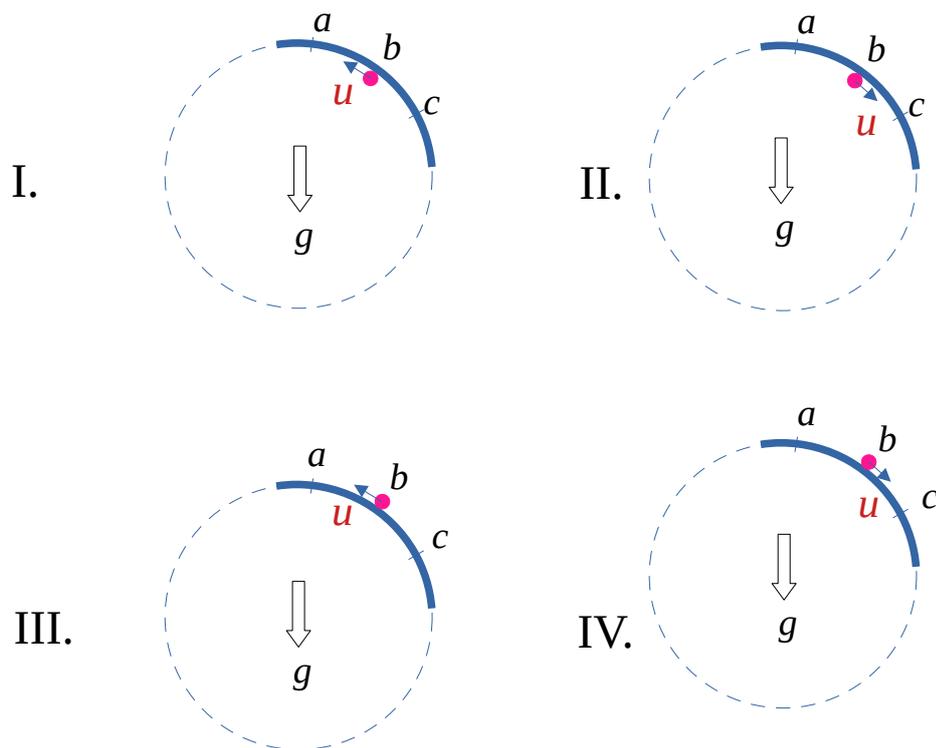


小紅珠在點 b 靠在垂直圓環的內壁或外壁進行圓周運動。小紅珠在點 b 的速率 $u = \sqrt{2gh_{ab}}$ ，其中 h_{ab} 是點 a 和點 b 的垂直距離。小紅珠的大小可以忽略，圓環的內外壁均是平滑沒有摩擦。點 a 、 b 和 c 是依圖中的次序排列並全部都在圓環的右上半部份，惟它們的真實角位置不必就是如圖所示般。



- A. 小紅珠在 (I) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的內壁到達點 a 。
- B. 小紅珠在 (II) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的內壁到達點 c 。
- C. 小紅珠在 (III) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的外壁到達點 a 。
- D. 小紅珠在 (IV) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的外壁到達點 c 。

答：

- A. 小紅珠在 (I) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的內壁到達點 a 。
- B. 小紅珠在 (II) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的內壁到達點 c 。
- C. 小紅珠在 (III) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的外壁到達點 a 。
- D. 小紅珠在 (IV) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的外壁到達點 c 。

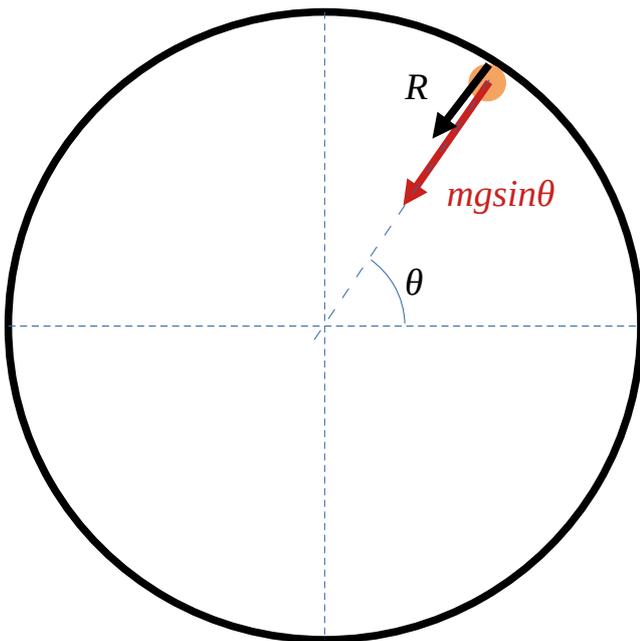


問：在垂直圓環的內壁或外壁進行圓周運動，其最基本的分別是甚麼？

答：在前者，擔任向心力的主是要幾大有幾大的法向力 R 。；在後者，擔任向心力的主是量值已有了限制的 mg 。

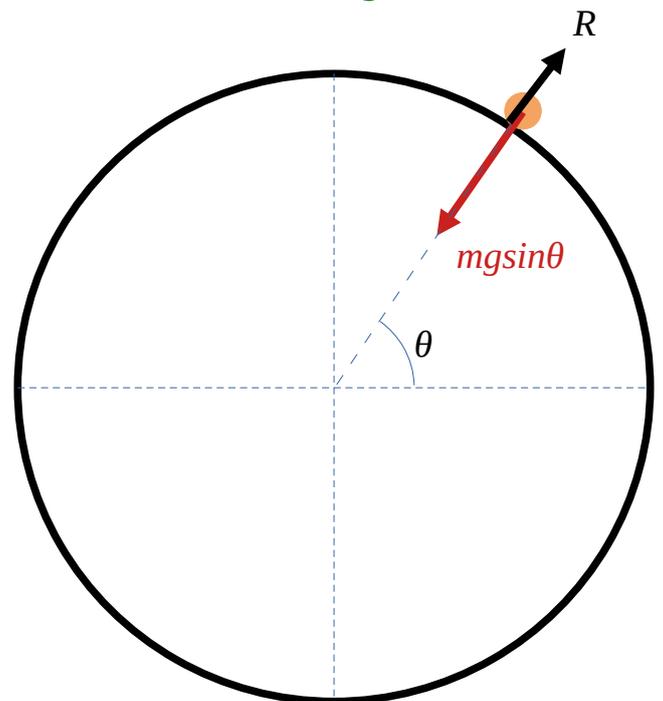
內壁圓周運動

向心力來自 " $mg\sin\theta + R$ "
(R 是法向力)



外壁圓周運動

向心力來自 " $mg\sin\theta - R$ "

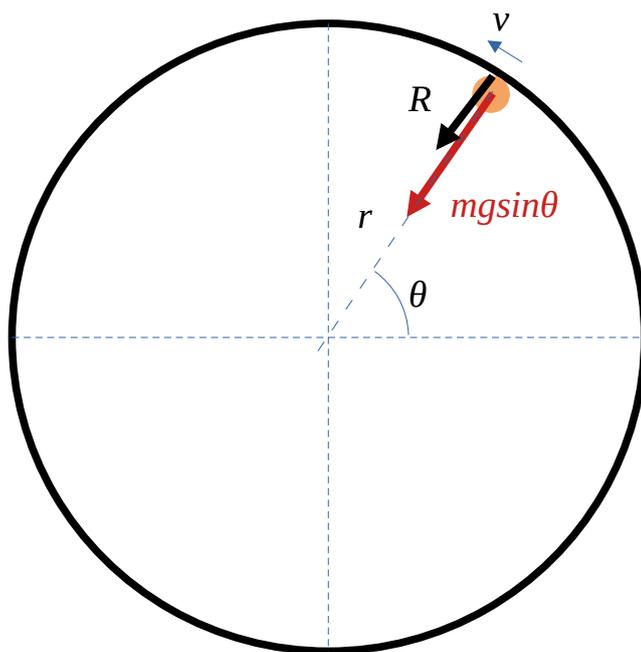


我們逐個 case 來研究。

(I) 沿內壁圓周運動

粒子能夠進行圓周運動，必須滿足以下動力學條件

$$mg\sin\theta + R = m\frac{v^2}{r} \quad \dots (1)$$



R 理論上可以無限大，所以式 (1) 的速度 v 幾快都不成問題。

但速度 v 太慢就有可能出現問題了。

譬如越向上走，因為動能減少， $v \downarrow$ 。與此同時， " $mg\sin\theta$ " \uparrow 。

當 $mg\sin\theta > m\frac{v^2}{r}$ 出現時，圓周運動走不成了！

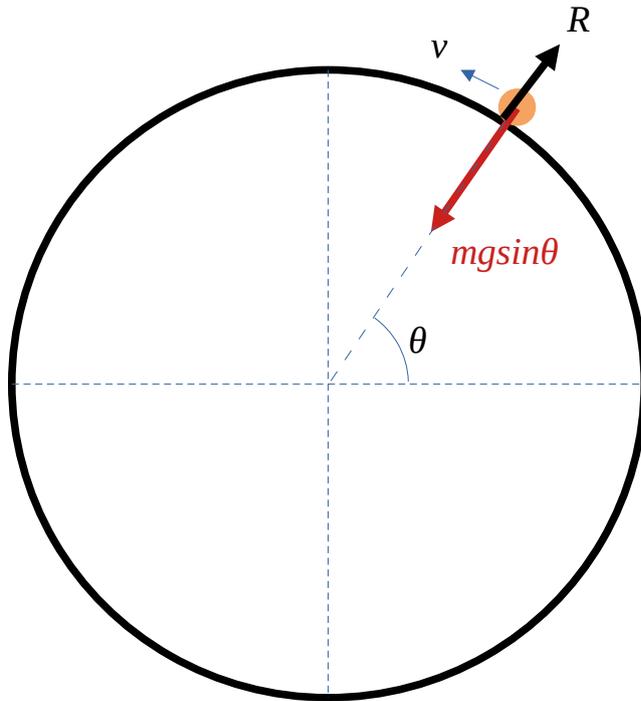
就算 $R=0$, 也無補於事。 R 是不能夠負的。

沿內壁圓周運動，速度幾快都不成問題，但速度太慢就不妙了。當 $v^2 < gr\sin\theta$ ，那圓周運動走不成了。

(II) 沿外壁圓周運動

那時的動力學條件變成

$$mg\sin\theta - R = m\frac{v^2}{r} \quad \dots (2)$$



R 理論上可以是任何非負的數值，所以式 (2) 的速度 v 幾慢都不成問題。問題只會出現在當 v 太快之時。

所以當向上走， $v \downarrow$ ，" $mg\sin\theta$ " \uparrow 。這不會做成問題，只要 R 適當調整以滿足式 (2) 就可以了。

危機只會出現當粒子向下走， $v \uparrow$ ，" $mg\sin\theta$ " \downarrow ，肯定 $mg\sin\theta < m\frac{v^2}{r}$ 必然在圓的上半部某角 θ 就會出現，到時粒子進行不了圓周運動。

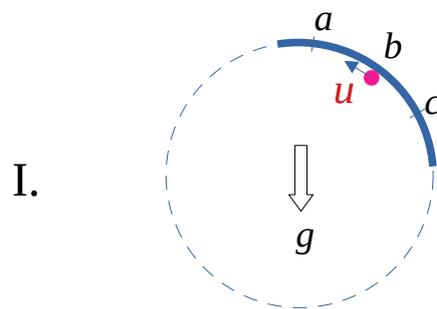
沿外壁圓周運動，速度幾慢都不成問題，但速度太快就不妙了。當 $v^2 > gr\sin\theta$ ，那圓周運動走不成了。

A. 雖然小紅珠在點 b 的速率 $u = \sqrt{2gh_{ab}}$ ，其中 h_{ab} 是點 a 和點 b 的垂直距離。即是小紅珠是有足夠動能上升至 a 的高度。

但“足夠能量”並不是唯一條件！

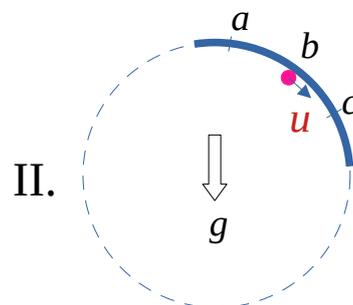
$$\because u = \sqrt{2gh_{ab}}$$

\therefore 小紅珠在走向 a 時，速度趨向零，即是在 a 之前某處必然已是 $v^2 < g r \sin\theta$ 。在那處小紅珠已離開了圓環了。



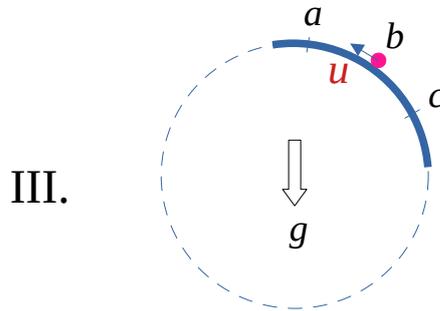
小紅珠在 (I) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的內壁到達點 a 。

B. 小紅珠越向下走，速度越高，越不成問題。需要多大的向心力，法向力 R 都會給出！NO PROBLEM！



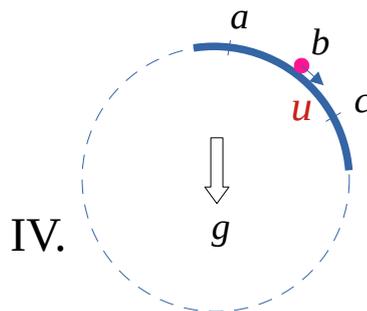
小紅珠在 (II) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的內壁到達點 c 。

C. 粒子在外壁行圓周運動，是不怕「速度越來越慢」。儘管到達 a 時，速度是零，但的而且確，粒子會到達 a 。



小紅珠在 (III) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的外壁到達點 a 。

D. 粒子沿圓外壁向下走，危機會出現：當 $v^2 > gr\sin\theta$ ，粒子就會向外飛離開。在 c 之前或之後會發生 “ $v^2 > gr\sin\theta$ ”，那就不肯定（必然會在上半部出現，角度也不難算出）。



小紅珠在 (IV) 一定 / 不一定 / 一定不 能夠沿圓環的外壁到達點 c 。



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