

## 6.4. 解決有關勻速圓周運動的問題 (Solving Problems Involving Uniform Circular Motion)

2 “解決有關勻速圓周運動的問題”即係計數、考大家識唔識得運用公式  $v = r\omega$  同  $a = r\omega^2$ 。而當中又可能會用日同勻速圓周運動有關嘅例子。

n 因此我喺依度會同大家講吓一 D 例子。

2 例如喺右面幅圖入面，一條管內有一條可以自己活動嘅弦線。而弦線兩端分別有連接住兩個法碼。

l 我哋先擺住枝管好似 flick 流星鎗令圓形法碼行勻速圓周運動，而另一方面要令到方形嘅法碼唔上下移動。

l 喺依個時候，我哋要明白以下幾點：

n 整條弦條內嘅張力  $T$  (tension) 係一樣嘅。

n 因為方形嘅法碼唔郁，所以  $T = Mg$

n 而因為圓形法碼只係水平方向作勻速圓周運動，所以都係唔會上下郁，因此  $T \cos\theta = mg$

n 再考慮圓形法碼嘅勻速圓周運動：

u 圓周運動嘅半徑  $r = l \sin\theta$

u 方心力  $F_c = T \sin\theta$

u 根據  $F_c = m r \omega^2$ ， $T \sin\theta = m (l \sin\theta) \omega^2$

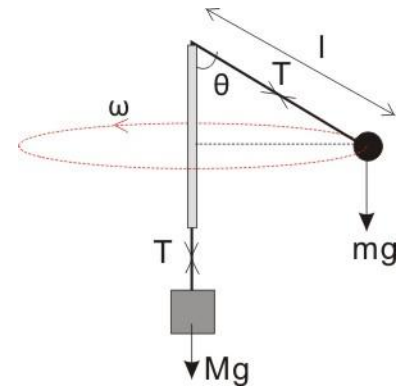
$$T = m l \omega^2$$

u 因  $T = Mg$ ，所以  $Mg = m l \omega^2$

l 假設  $M$  同  $m$  不變，而我哋又想 keep 住方形法碼唔郁，咁根據以上嘅數式，我哋會發現：

n 如果  $l$  細嘅話，我哋就要用一個大 D 嘅圓周運動轉速。

n 相反，如果  $l$  係大嘅話，我哋就可以用一個細 D 嘅圓周運動轉速都 OK。



2 另一個例子就係飛機轉彎時點解要將機身傾斜。

l 大家都應該知飛機飛嘅時候機翼會有一個向上嘅提升力。

n 而機師將機身傾斜就係想將一部份嘅提升力變成向心力。

n 有咗個向心力，飛機就會轉彎。

l 假設右圖中機身傾斜的角度為  $\theta$  及當時飛機只作水平面上的勻速圓周運動轉彎，求圓周運動的半徑。

n 因垂直方向的加速率為零， $L \cos\theta = mg$

n 考慮向心力， $F_c = L \sin\theta = mv^2 / r$

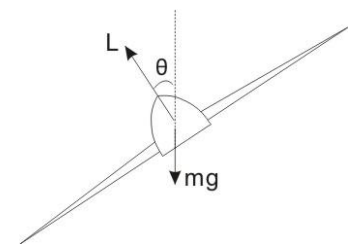
n 把以上兩式相除， $\tan\theta = v^2 / gr$

u 由公式可見，要轉急彎 (即細  $r$ )，我哋要減少  $v$  或增加  $\theta$ 。

l 另外如果大家有睇空戰嘅電影，你哋可能會發現當機師將機身傾斜嘅時候，飛機除咗轉彎之外仲會向下降。

n 其實咁係因為本來提升力只等於飛機嘅重量。但機身傾斜嘅時候，垂直向上嘅力會細咗 (因為一部份  $L$  分咗做向心力)。因此飛機會受到向下嘅淨力作用而向下“加速”。

n 要維持唔下跌，飛機轉彎時就要加速嚟增加提升力  $L$ 。



2 第三個例子就係汽車以均速圓周運動嚟轉彎。

l 首先因為汽車唔會上下郁，所以垂直方向嘅淨力係零。

$$R_1 + R_2 = mg$$

l 當司機扭軚，因車軚方向改變，所以車嘅移動亦方向改變，而喺依個時候，摩擦力除咗向後之外亦會有向側（即圖中的  $f_1$ 、 $f_2$ ）。

n 令汽車作均速圓周運動嘅向心力 =  $f_1 + f_2$

$$\text{即 } f_1 + f_2 = mv^2 / r \quad (r \text{ 為圓周運動嘅半徑})$$

l 考慮於 G 點（車嘅重心所在）上嘅力距，

逆時針方向力距 = 順時針方向力距

$$R_2 d = R_1 d + (f_1 + f_2) h$$

由此可以  $R_2 > R_1$

l 當汽車用一個更高嘅速度轉彎或者轉嘅彎更急嘅時候，要求嘅向心力就會更大。

n 而這亦代表  $f_1 + f_2$  嘅值就會增加。

n 因  $R_1 + R_2$  嘅總值不變（因為  $R_1 + R_2 = mg$ ），而  $R_2 d = R_1 d + (f_1 + f_2) h$ ，所以當  $f_1 + f_2$  嘅總值增加嘅時候：

u  $R_1$  會減少、 $R_2$  會增加。

l 當汽車嘅速度不斷增加嘅時候， $R_1$  最終可能會變成零（ $R_2$  會等於  $mg$ ）。

l 如果汽車嘅速度再增加， $(f_1 + f_2)$  亦會再增加。但  $R_2$  就不能再增加。

n 喺依個時候順時針方向力距會大於逆時針方向力距。

u 這代表汽車會向外傾側、打翻抖。

l 以上汽車向外傾側嘅情況當中假設嘅  $(f_1 + f_2)$  可以不斷增加。

n 但喺現實生活中依個假設未必會發生。

u 例如當路面濕滑嘅時候，摩擦力亦會有上限。

n 當摩擦力  $(f_1 + f_2)$  到達上限而  $R_1$  未變成零嘅時候，汽車用一個更高嘅速度去轉彎，因為向心力唔能夠維持新嘅圓周運動，可以當  $v$  增加嘅時候，圓周運動嘅半徑只好增加。

u 而喺依個時候汽車就會向外溜滑（即係跌軚）。

2 其實有關均速圓周運動嘅例子仲有好多。例如電單車轉彎時點解要傾側、同埋傾側咗之後又唔會跌、過山車點先可以 360 度垂直打圈等等。

n 不過只要明白前面嘅例子同推論，希望問題唔會太大。

