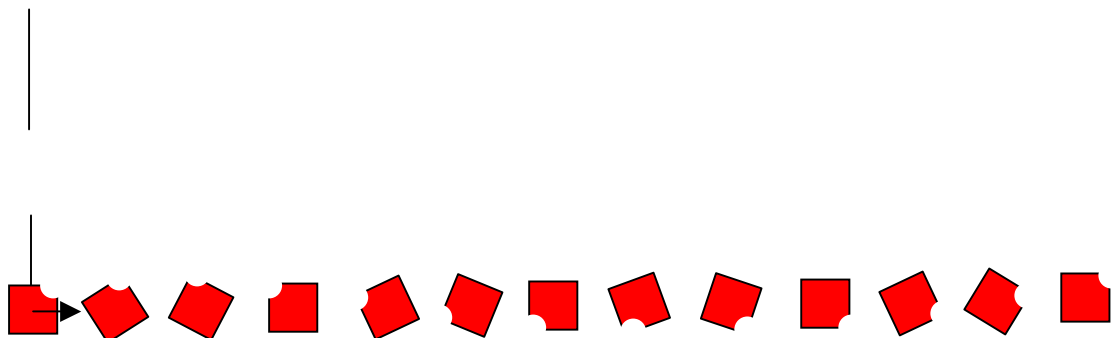


假設在一個沒有重力的環境下，把一木塊繫在繩端，然後作圓周運動。若在某刻突然把繩子剪斷，問木塊之後的運動為何？

請利用角動量 (angular momentum)

守恆定律來思考和說明此問題。

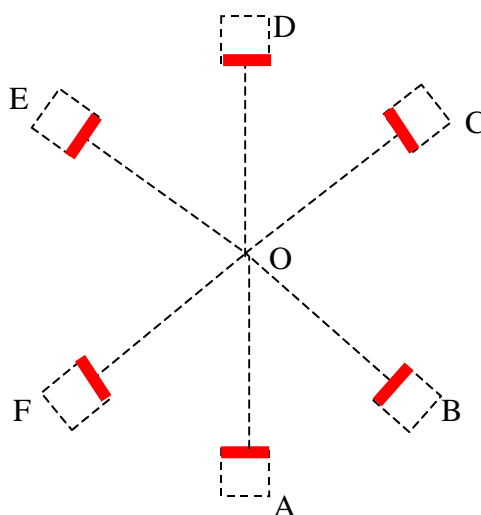
答：木塊在繩子被剪斷的地方沿切線向外的方向飛出，同時，木塊亦會繞自己的質心(center of mass) 自旋翻滾，其旋轉週期和先前的圓周運動的週期相同。



解釋：

1. 在原來的圓周運動中，木塊有兩個角動量：

- (i) 木塊以繩長為半徑的大圓周運動；
- (ii) 木塊在作 (i) 這個大圓周運動時，自己亦繞自己的質心旋轉。繞大圓周一次，自己就自旋一次。



留意上圖中木塊紅色部份相對木塊中央的位置：

- A: 紅色部份在木塊中央的北方、
- B: 紅色部份在木塊中央的西北方、
- C: 紅色部份在木塊中央的西南方、

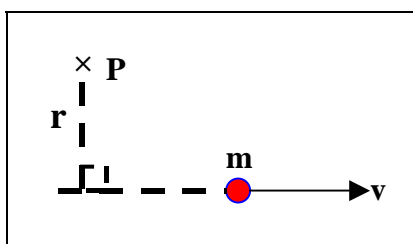
.....

明顯的，木塊是以和 O 為中心的大圓周運動（以下簡稱為大圓周運動）相同的角頻率自旋轉（以下簡稱為自旋運動）。

兩個轉動都有角動量。

2. 把繩切斷，木塊以慣性向外切線地飛出。飛出前後角動量必然要守恆。

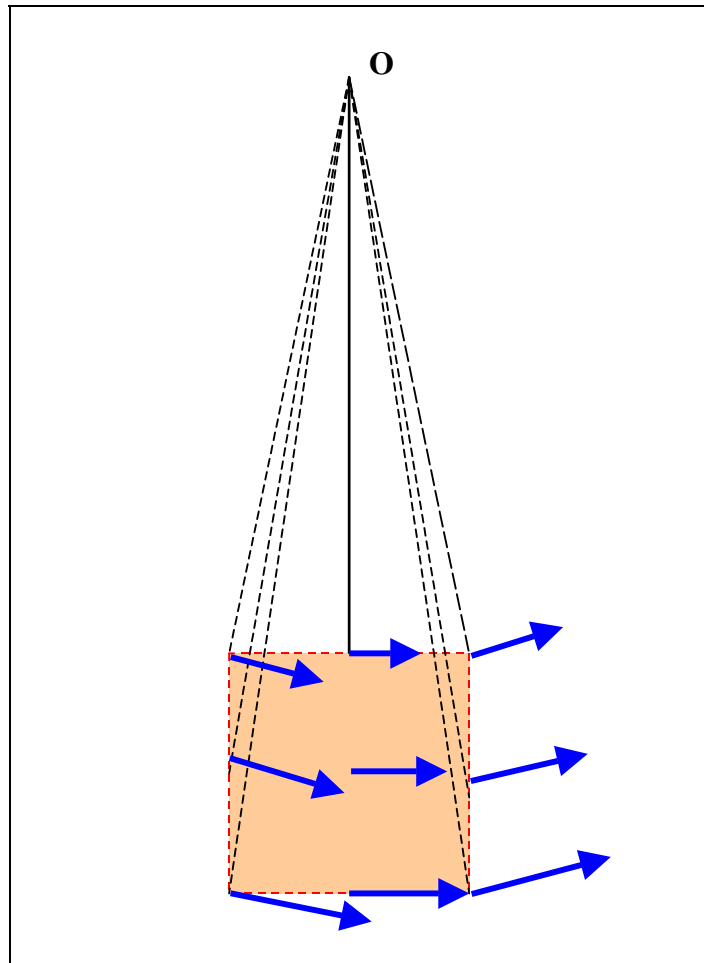
點質量的角動量是 $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ 。所以， L 的量值是 $L = mvr_{\perp}$ ，



圖中粒子雖然是作線性運動，但我們仍可計算它相對某點的角動量。例如相對點

P，角動量是 mvr_{\perp} 。

3. 木塊飛出時， $L = mvr_{\perp}$ 中的 r_{\perp} 就是圓圈的半徑。所以，原大圓周運動的角動量在木塊以切線飛出的線運動中已保留。
4. 木塊的自旋角動量亦要守恆，這在木塊的線運動無法表現和取代的，所以木塊以直線飛出時，亦要繼續保持原有的自旋運動。
5. 我們會問，在木塊飛出時，明明它的速度單只是水平，何以會出現自旋？
事實上，木塊有一定的大小(不是點)，它在飛出時，不可能在它的所有部份有相同的速度！



木塊上每一點與圓心 O 有不同的距離，所以每一點的速度在任何時刻都不相同。 $v = \omega r$ ， r 不同， v 就不同。而 v 是與 r 垂直的。若把上圖的藍色速度箭矢減去質心的平移速度，餘下的明顯就是一個逆時針轉動（可用數學嚴格證明）。

所以當木塊以切線飛出時，它已包括一個平移運動和一個翻滾運動。