

角動量

角動量在物理學裡我們將他定義為物體到原點的**位移**和**動量**相關的物理量，即為

$$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$$

角動量的 SI 單位為公斤·米平方/秒(kg·m²/s)，角動量也可以表示成轉動慣量和角速度的乘積，由於位移 \mathbf{r} 和動量 \mathbf{p} 都是一個向量，而角動量 \mathbf{L} 為這兩個向量的外積，因此角動量也是一個向量，再進行運算時可利用向量的加減法，另外，我們判斷角動量的方向也是利用**右手定則**去做判斷，四指為物體旋轉方向，大拇指為角動量方向。

角動量守恆

當系統外力矩何等於零時，由於 $\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ ，當外力矩為 0 時，角動量不隨時間變化，換句話說，角動量會呈現一定值，系統角動量守恆。

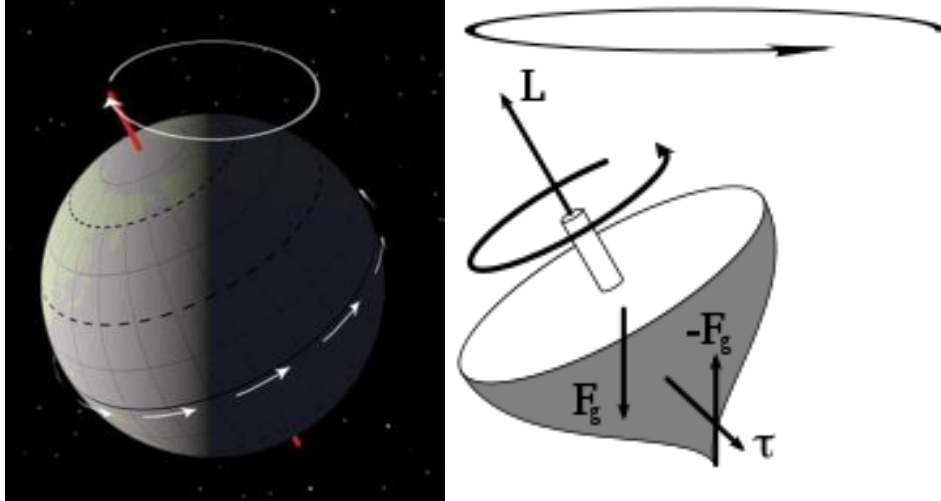
轉動世界

1. **角位移(angular position)**：其定義為 $\theta = s/r$ ，其中 s 為弧長、 r 為半徑，SI 單位為 **弧度(rad)**，對比於平移運動中的位移
2. **角速度(angular velocity)**：角速度為位置相對於時間的變率，為一個向量，方向可由**右手定則**判斷，其又可分為**平均角速度**和**瞬時角速度**，SI 單位為**弧度/秒(rad/s)**，對比於平移運動中的**速度**
3. **角加速度(angular acceleration)**：角加速度為角速度相對於時間的變率，為一個向量，其又可分為**平均角加速度**和**瞬時角加速度**，SI 單位為**弧度/秒平方(rad/s²)**，對比於平移運動中的**加速度**
4. **力矩(Torque)**：施以一作用力使物體繞一固定的點或軸做轉動的趨向，稱為力矩，力矩可以表示為旋轉半徑和作用力的外積，即 $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ 為一向量，SI 單位為**牛頓·米(N·m)**，也可表示成角動量和時間的變化量，對比於平移運動中的**力**
5. **轉動慣量(moment of inertia)**：對於一個質點 m 定軸(相距 r)轉動，其轉動慣量為 $I = mr^2$ ，SI 單位為**公斤·米平方(kg * m²)**，可對比為平移運動中的**質量**

進動

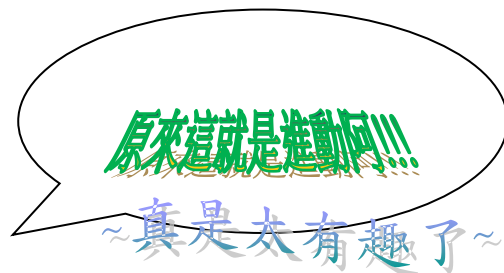
進動是一個轉動的物體之自轉軸又繞著另一軸旋轉的現象，也可稱作**旋進**。在天文學上，又稱為「**歲差現象**」。

最常見的例子就是陀螺。當其自轉軸不再垂直地面時，你會發現自轉軸會沿著鉛直線作旋轉，這種現象就是**進動**。另外的例子是地球的自轉。



地球在軌道上繞行太陽的公轉也是一種旋轉的運動現象，(在這些事件中，地球和太陽結合的系統也是在旋轉的。)所以地球軌道平面的自轉軸也會隨著時間產生進動。

一般而言影響地球氣候大概是 19,000 到 23,000 年為一個週期，是由於太陽和月球的引力作用導致地球的軌道進動。而這些週期改變了地球的軌道參數，如軌道傾角，即為地球自轉軸與公轉軌道平面的夾角，這也是天文學理論的冰河期中的重要部分。



美式足球

相信大家都看過卡通光速蒙面俠吧！在卡通中，他們打的球也就是美式足球(俗稱橄欖球)。橄欖球的形狀如下圖所示



橄欖球的形狀有點橢圓形球後兩端尖尖，可以抱在懷裡或者是利用求中間的縫線將球丟出。



但是普通人丟球可能就直接往前丟，沒有讓球旋轉，這樣有個致命的缺點就是球容易受到風阻的影響，不規則的亂飄，就像棒球中的蝴蝶球一樣。如果我們仔細觀察職業美式足球員的傳球，會發現他們在傳球時會握緊縫線並且在丟出去的那一刻讓球旋轉著丟出

。旋轉丟出的球不易受到風阻的影響，會沿著原軌跡順利地到達接球員的手中。為何會如此呢？以物理的觀點，在球丟出時加以旋轉

，也就是施予球一角動量，被施予角動量的物體會趨於穩定，不易受到外面的干擾而改變方向。

另外在生活中也有許多類似的例子，相信大家都聽過手槍中的膛線吧！膛線的功用也就是讓子彈在發射前，讓子彈以高速旋轉的方式射出，使子彈能精準的打中目標。

角動量守恆

若一轉動系統不受外力矩作用，則此系統會有「角動量守恆」的現象發生，以下兩個實驗皆可以用角動量守恆的方式說明。

1. 車輪演示角動量守恆：角動量方向的守恆。

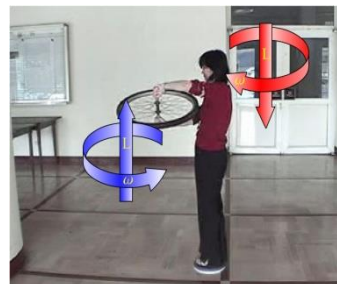
根據「右手定則」，我們可以輕易的知道角動量的方向（如圖一），考慮一個人位於一個能轉動的東西上，手上拿著一個車輪（如圖二），當我們施予車輪一個角動量，此系統的初角動量就這樣被決定了，這時候如果因為人把車輪倒過來，此時因為車輪轉動方向不同，角動量的方向也跟著不同，在沒有外力矩的狀況下，因為角動量守恆，所以人和轉盤的系統便會受到一個與原本方向相同的角動量作用，進而保持整個系統的角動量守恆。圖三的例子，便是初角動量方向為 \downarrow ，但是由於輪子後來的角動量方向為 \uparrow ，故人會受到一往 \downarrow 的角動量作用，以維持角動量的守恆。



(圖一)



(圖二)



(圖三)

2. 啞鈴演示角動量守恆：角動量量值的守恆。

另一個啞鈴演示角動量的守恆，要從計算角動量的公式談起，用到的公式如下： L (角動量) = I (轉動慣量) * W (轉速)，式中「轉動慣量(I)」與「轉動半徑(R)」有關係，當 R 越小， I 就越小，以啞鈴演示為例子， R 是伸出去的手臂長，以跳水選手為例， R 就是指腳長，也就是說…在轉動時，「把手伸進來」和「把腳縮進來」會造成一樣的效果， R 變小，進而造成 I 也變小，這時候再考慮沒有外力矩作用下，角動量守恆，從上述公式得知若 L 為一定值，當 I 變小， W 就會變大，進而維持角動量的量值守恆，圖為跳水選手的例子，在圖的中間他把腳縮起來，轉速會變快。

