

10 Katı cisimlerin dönme hareketi

- a) Açısal konum, açısal hız ve açısal ivme
- b) Açısal ve çizgisel nicelikler
- c) Tork
- d) Tork ve açısal nicelikler
- e) Dönme hareketinde iş, güç ve enerji

Katı cisim-rigid body

Eksenini etrafında dönen bir tekerleğin hareketi, tekerin her parçasının değişik çizgisel hızları ve çizgisel ivmeleri olduğundan tekerleği bir nokta olarak ele alıp inceleyemeyiz. Bu sistemi (tekerleği) bir çok parçadan oluştuğunu kabul edip her parçasının ayrı ayrı incelenmesi ile analiz edilebiliriz. Dönen cisim katı cisim (sistemi oluşturan parçaların birbiri ile etkileşmediği ve aralarındaki uzaklıkların hep sabit kaldığı, sistemin deforme olmadığı) olarak kabul edilerek nesnenin hareketi kolayca incelenebilir.

Açısal konum, hız ve ivme

Şekildeki kompakt disk sabit bir O eksenini etrafında dönmektedir. Eksen disk düzlemine diktir. Milyonlarca parçacığın diski oluşturduğunu kabul edelim. P noktasındaki bir parçacık eksene r mesafesindedir ve r yarıçaplı bir çember üzerinde hareket eder-döner (*diskteki bütün parçacıklar belirtilen eksen etrafında döner*). Parçacığın konumunu kutupsal koordinatlarda (r, P) şeklinde verebiliriz. r eksenden veya orijinden uzaklık, P ise saat ibrelerinin dönme yönünün tersinde olan açı değerini göstermektedir. Dönen disk üzerindeki P noktasındaki parçacığın zamanla sadece başlama çizgisine göre θ açısı değişir (r sabit kalır). Parçacık çember üzerinde uzunluğu s olan yay kadar yer değiştirirse bu yayın uzunluğu çember yarıçapına ve bu yayı gören açıya bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$s=r\theta$$

$$\theta=s/r$$

Açısal konum, hız ve ivme

Çemberin çevresi $2\pi r$, 360° 'dir. $1 \text{ rad} = 360^\circ/2\pi = 57.3^\circ$ dir. Derecenin radyana dönüştürmek için aşağıdaki ifade kullanılabilir :

$$\theta (\text{rad}) = \frac{\pi}{180^\circ} \theta (\text{deg})$$

Açısal konum, hız ve ivme

Çember çevresinde A noktasından B noktasına hareket edilerek yer değiştirilirse bu yer değişim $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$ ile ifade edilir.

$$\Delta\theta \equiv \theta_f - \theta_i$$

Açı değişiminin zamana oranı ise açısal hız olarak ifade edilir :

$$\bar{\omega} \equiv \frac{\theta_f - \theta_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

10.1 Angular Position, Velocity, and Acceleration

In analogy to linear speed, the instantaneous angular speed ω is defined as the limit of the ratio $\Delta\theta/\Delta t$ as Δt approaches zero:

$$\omega \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (10.3)$$

Angular speed has units of radians per second (rad/s), which can be written as second^{-1} (s^{-1}) because radians are not dimensional. We take ω to be positive when θ is increasing (counterclockwise motion in Figure 10.2) and negative when θ is decreasing (clockwise motion in Figure 10.2).

Rotasyonel kinematiği : sabit açısal ivme ile rotasyonel hareket

İlk hızı olan bir cismin açısal hızı $w_f = w_i + \alpha t$ ile ifade edilebilir.

Açısal hızda konum ya da aı değeri $\theta_f = \theta_i + w_i t + 0.5 \alpha t^2$ ile ifade edilebilir.

Rotasyonel kinematiği : sabit açısal ivme ile rotasyonel hareket

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t$$

$$\theta_f = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha(\theta_f - \theta_i)$$

$$\theta_f = \theta_i + \frac{1}{2}(\omega_i + \omega_f)t$$

$$v_f = v_i + at$$

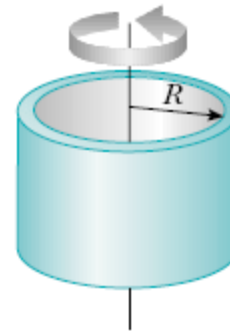
$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} at^2$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_i + v_f)t$$

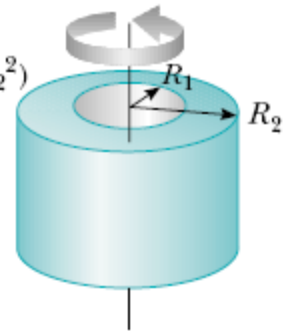
Moments of Inertia of Homogeneous Rigid Objects with Different Geometries

Hoop or thin
cylindrical shell
 $I_{CM} = MR^2$

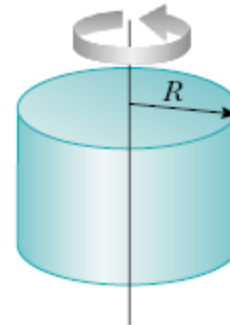


Hollow cylinder

$$I_{CM} = \frac{1}{2} M(R_1^2 + R_2^2)$$

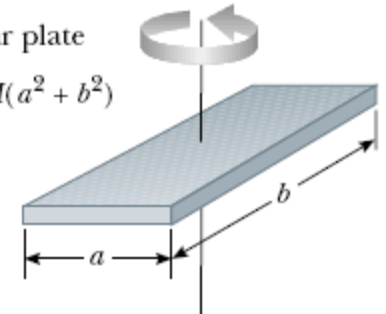


Solid cylinder
or disk
 $I_{CM} = \frac{1}{2} MR^2$



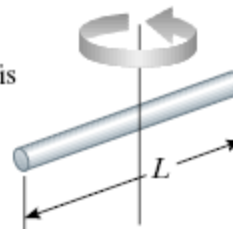
Rectangular plate

$$I_{CM} = \frac{1}{12} M(a^2 + b^2)$$



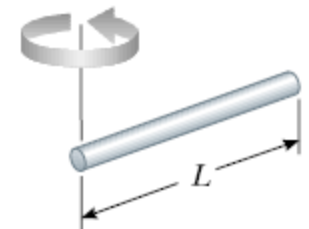
Long thin rod
with rotation axis
through center

$$I_{CM} = \frac{1}{12} ML^2$$

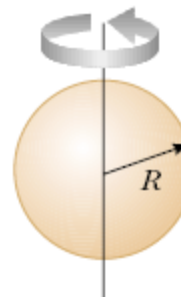


Long thin rod
with rotation axis
through end

$$I = \frac{1}{3} ML^2$$

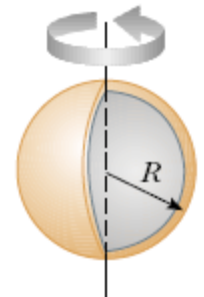


Solid sphere
 $I_{CM} = \frac{2}{5} MR^2$



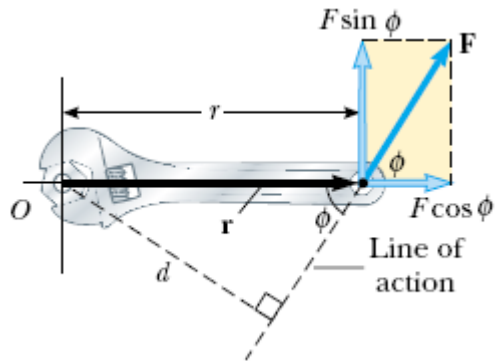
Thin spherical
shell

$$I_{CM} = \frac{2}{3} MR^2$$



Tork

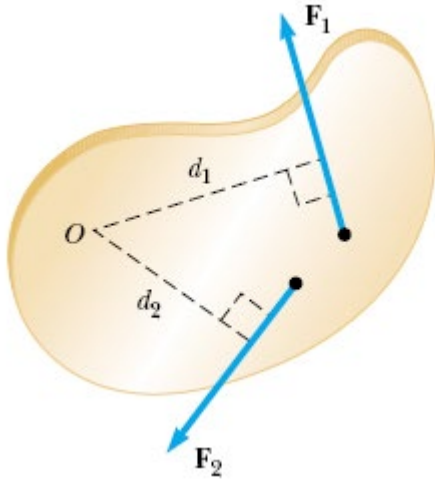
Kapının menteşelerinden kasasına tutturulması ve kapı koluna uygulanan itme kuvvetini günlük hayatımız her an yaşamaktayız. İngiliz anahtarı ile bir vidayı sıkıştıran somunu açarken kullandığımız aletler dik kuvvet uygulama ile çalışırlar.



$$\tau \equiv rF \sin \phi = Fd$$

Tork

Bir cisme bir referans noktasına çizilen bir çizgiye göre dik F-kuvveti uygulanmasına tork denir. O noktasına çizilen çizgilere dik olarak uygulanan F_1 ve F_2 kuvvetleri.



$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 = F_1 d_1 - F_2 d_2$$