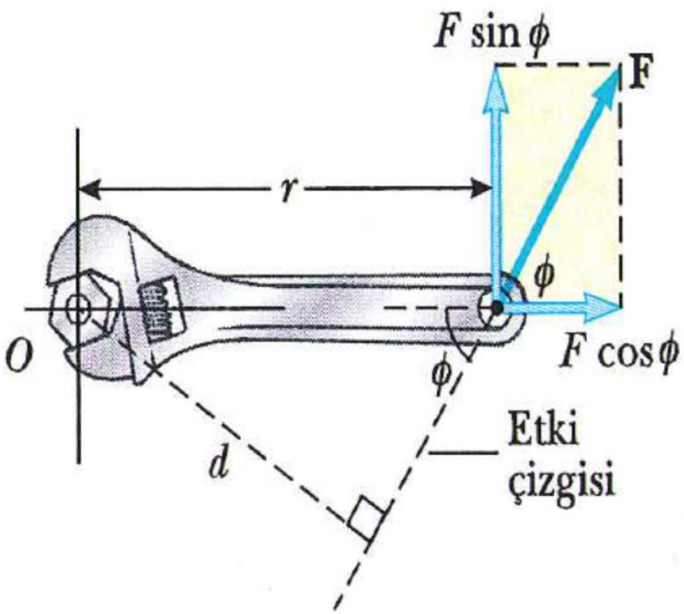
TORK

Bir eksen üzerinde bulunan cisme bir kuvvet uygulandığı zaman, cisim bu eksen etrafında dönme eğilimi gösterir. Bir kuvvetin bir cismi bir eksen etrafında döndürme eğilimi **tork ($\vec{\tau}$)** denilen bir nicelikle ölçülür.

Şekilde görüldüğü gibi, O'dan geçen eksen etrafında dönecek şekilde bulunan bir anahtara yatayla bir ϕ açısı yapacak şekilde bir $\vec{F}$ kuvveti uygulanırsa, $\vec{F}$ kuvvetinden kaynaklanan torkun büyüklüğü,



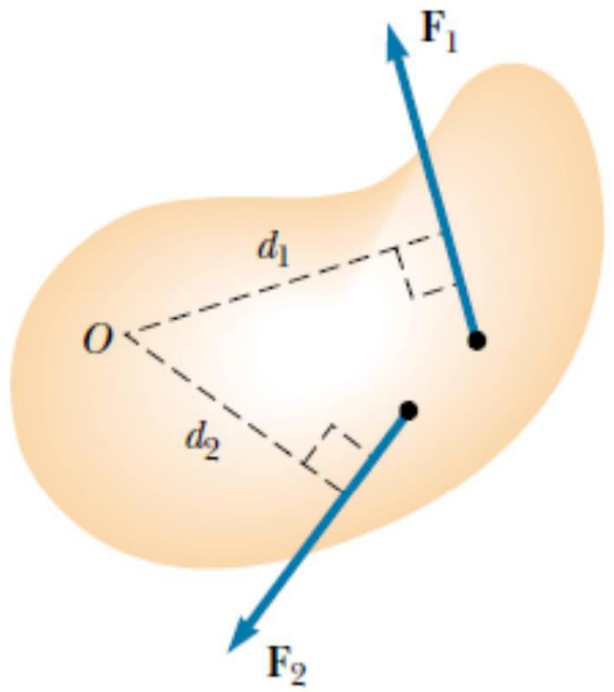
$$\tau = rF\sin\phi = Fd$$

olarak verilir. Burada r, $\vec{F}$ kuvvetinin uygulandığı noktadan dönme eksenine olan uzaklıktır. d ise, dönme ekseninden, $\vec{F}$ kuvvetinin etki çizgisine olan dik uzaklıktır. Yani,

$$d = r \sin \phi$$

şeklindedir. Bu d niceliğine $\vec{F}$ kuvvetinin **moment kolu** adı verilir.

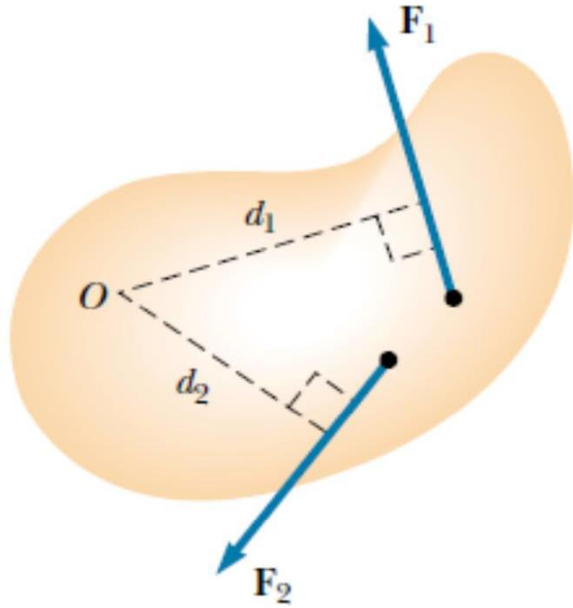
ķekilde görüldüĵ ü gibi, cisim üzerine iki veya daha fazla kuvvet uygulanērsa, kuvvetlerin herbirinin döndürme eĵ ilimi vardēr.



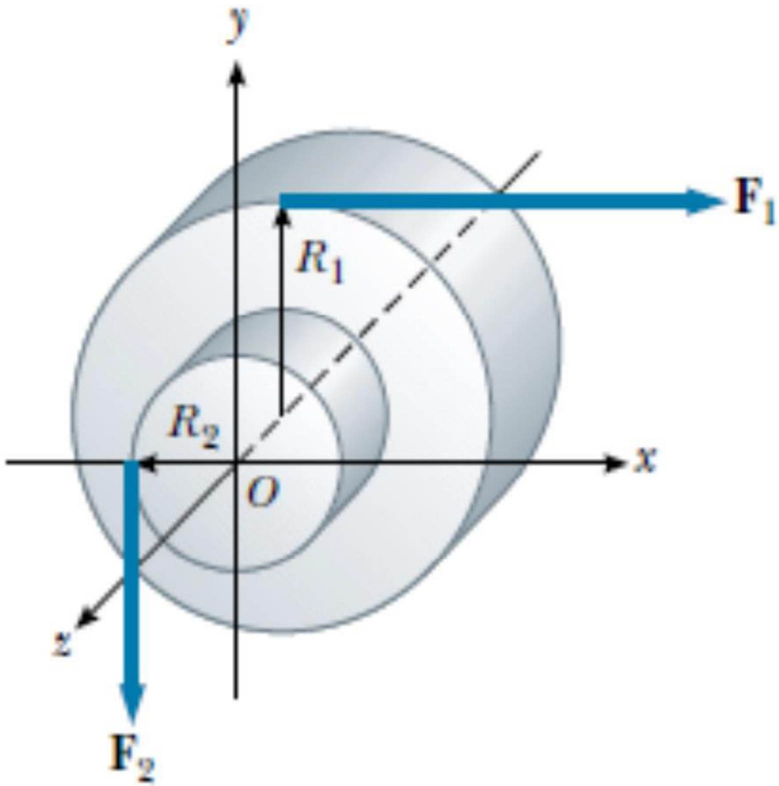
Örneğin şekilde, $\vec{F}_2$ kuvveti cismi saat ibresi yönünde döndürme eğilimindeyken, $\vec{F}_1$ kuvveti de cismi saat ibresinin tersi yönünde döndürme eğilimindedir. **Tork, saat ibresinin tersi yönünde döndüren kuvvetler için pozitif, saat ibresi yönünde döndüren kuvvetler için de negatif alınır**. Örneğin yukarıdaki şekilde, $\vec{F}_1$ kuvvetinin moment kolu d_1 ve torku da $+F_1 d_1$'e eşit iken, $\vec{F}_2$ kuvvetinin moment kolu d_2 ve torku da $-F_2 d_2$'e eşittir. Buna göre net tork,

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

olur. Tork, kuvvetle karēĸtērēlmamalēdēr. Kuvvetler, Newtonôun ikinci yasasēna göre cismin doĵrusal hareketine neden olur. Dönme hareketindeki deĵiĸime olan etkinlik ise hem kuvvete hem de moment koluna baĵlēdēr. Torku bunlarēn bileĸimi oluĸturur.



Örnek 10-9: Katı bir silindir şekildeki gibi, sürtünmesiz bir mil etrafında serbestçe dönebilcek şekildedir. Dış yarıçapı R_1 olan silindir etrafina sarılı bir ipe, sağa doğru yönelmiş $\vec{F}_1$ kuvveti uygulanmaktadır. R_2 yarıçapı üzerindeki ipe de aşağı doğru yönelmiş $\vec{F}_2$ kuvveti uygulanmaktadır.



a) Oĉdan geçen z-eksenine göre silindire etki eden net tork nedir?

b) $F_1 = 5{,}0$ N, $R_1 = 1{,}0$ m, $F_2 = 15$ N ve $R_2 = 0{,}5$ m olduğunda net tork nedir ve silindir hangi yönde döner?

Çözüm 10-9:

a) $\vec{F}_1$ kuvvetinin torku, saat yönünde döndürme eğiliminden dolayı $-R_1F_1$'dir. $\vec{F}_2$ kuvvetinin torku ise, saat yönünün tersi yönüne döndürme eğiliminden dolayı $+R_2F_2$'dir.

$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 = -R_1F_1 + R_2F_2$$

$R_1 > R_2$ olduğu için, $\vec{F}_1$ kuvveti, $\vec{F}_2$ kuvvetinden daha etkin olacağından, silindir saat yönünde dönecektir. (F_1=F_2 ise)

b)

$$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 = -(5{,}0\ N)(1{,}0\ m) + (15{,}0\ N)(0{,}50\ m)$$

$$\sum \tau = 2{,}5\ N.m$$

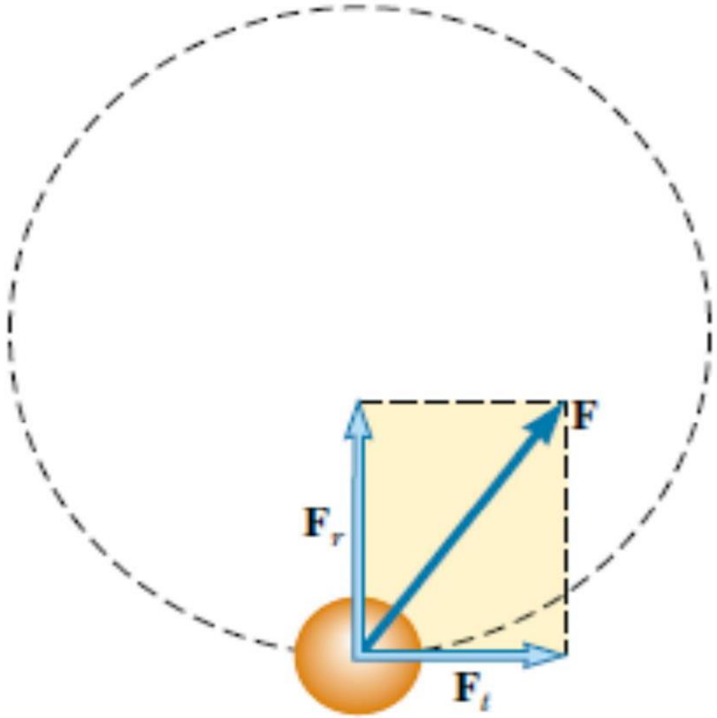
Net Tork pozitif olduğu için silindir durgun halden harekete geçmişse, artan bir açısal hızla saat yönünün tersi yönünde dönmeye başlayacaktır (Silindir başlangıçta saat yönünde dönüyorsa, yavaşlayıp duracak ve sonra gittikçe artan bir açısal hızla saat yönünün tersi yönünde dönmeye başlayacaktır).

TORK VE AÇISAL İVME ARASINDAKİ BAĞINTI

Bu bölümde, sabit bir eksen etrafında dönen katı bir cismin açısal ivmesinin, bu eksene göre hesaplanan net tork ile orantılı olduğu gösterilecektir.

Şekildeki gibi teğetsel bir $\vec{F}_t$ kuvveti ile merkezcil bir $\vec{F}_r$ kuvveti etkisinde, r yarıçaplı bir daire çevresinde dönen m kütleli bir parçacık olsun. Teğetsel kuvvet, teğetsel $\vec{a}_t$ ivmesinin oluşturur:

$$F_t = ma_t$$



$\vec{F}_t$ kuvvetinin de dairenin merkezine göre torku,

$$\tau = F_t r = (ma_t)r$$

olur. Teğetsel ivme, açısal ivmeye $a_t = r\alpha$ eşitliği ile bağlı olduğundan, bu tork

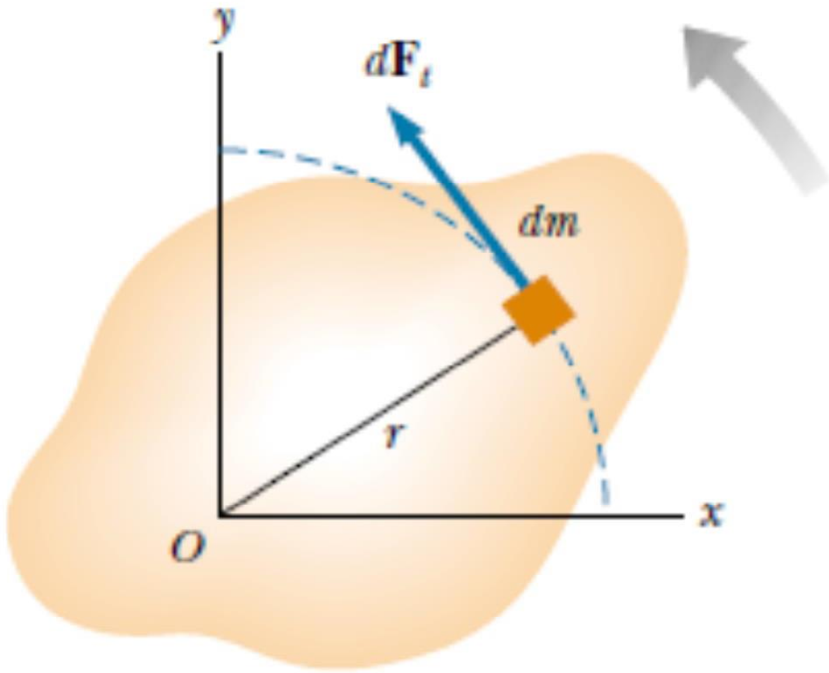
$$\tau = (mr\alpha)r = (mr^2)\alpha$$

olarak yazılabilir. Burada mr^2 niceliği orijinden geçen *z*-eksenine göre dönen kütlenin eylemsizlik momenti ise

$$\boldsymbol{\tau = I\alpha}$$

elde edilir. **Yani, parçacığa etkiyen tork ($\boldsymbol{\tau}$), açısal ivmesi ($\boldsymbol{\alpha}$) ile orantılıdır ve orantı sabiti de eylemsizlik momentidir (*I*).** ($F = ma$ benzerliğine dikkat edilmelidir)

Şimdi de yandaki şekilde görüldüğü gibi, sabit bir eksen etrafında dönen katı bir cisim için aynı tartışma yapılırsa, katı cismin çok sayıda dm kütleli küçük parçacıklardan oluştuğu düşünülebilir. Burada her dm kütle elemanı orijin etrafında döner ve teğetsel $d\vec{F}_t$ kuvvetinden kaynaklanan teğetsel bir $\vec{a}_t$ ivmesine sahiptir.



$$dF_t = (dm)a_t$$

Orijine göre, $d\vec{F}_t$ kuvvetinin torku,

$$d\tau = rdF_t = (rdm)a_t$$

olur. Yine, teğetsel ivme, açısal ivmeye $a_t = r\alpha$ eşitliği ile bağlı olduğundan, bu tork

$$d\tau = (rdm)r\alpha = (r^2dm)\alpha$$

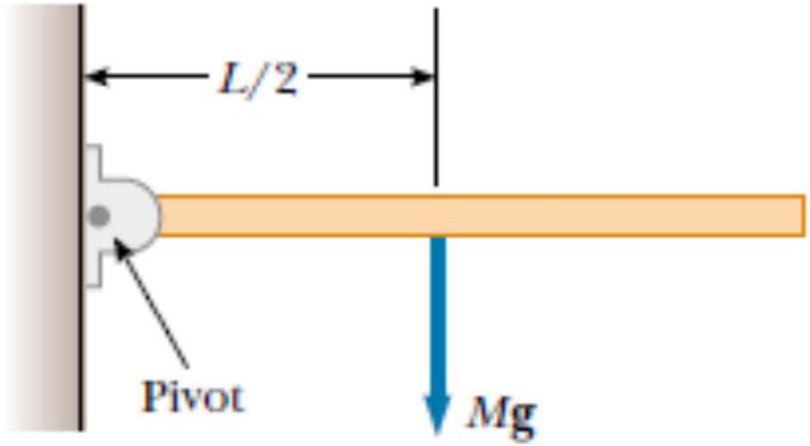
olarak yazılabilir. Katı cismin her noktasının teğetsel ivmesi (a_t) farklı olabildiği halde, her kütle elemanı aynı açısal ivmeye (α) sahiptir. Buna göre net tork;

$$\sum \tau = \int (r^2dm)\alpha = \alpha \int r^2dm$$

$$\boldsymbol{\sum \tau = I\alpha}$$

olur. Bu sonuç, dairesel bir yörüngede dönen parçacık için bulunan bağıntı ile aynıdır.

Örnek 10-10: Uzunluğu L, kütlesi M olan düzgün bir çubuk, şekildeki gibi, bir ucu etrafında sürtünmesiz dönebilecek durumdadır. Çubuk yatay durumda iken serbest bırakılıyor. Çubuğun ilk açısal ivmesi ve sağ ucunun ilk çizgisel ivmesi nedir?



Çözüm 10-10: Çubuk üzerindeki torku hesaplamak için, Mg ağırlığı çubuğun geometrik merkezinde alınabilir.

$$\tau = Mg\left(\frac{L}{2}\right)$$

Bu dönme ekseni için eylemsizlik momenti tablodan bakılarak

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

alınır ve,

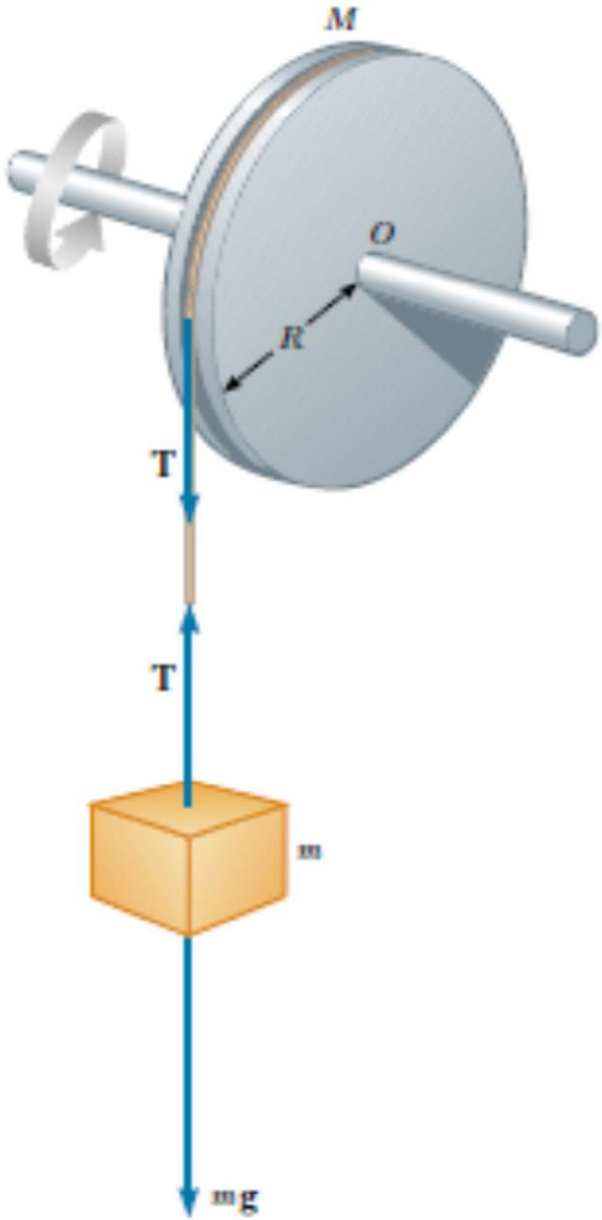
$$\sum \tau = I\alpha \qquad \Longrightarrow \qquad \alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{Mg\left(\frac{L}{2}\right)}{\frac{1}{3}ML^2} = \frac{3}{2}\frac{g}{L}$$

olur. Çubuğun sağ ucunun çizgisel ivmesini bulabilmek için $r = L$ alıp, $a_t = r\alpha$ bağıntısını kullanarak

$$a_t = L\alpha = L\frac{3}{2}\frac{g}{L} = \frac{3}{2}g$$

bulunur.

Örnek 10-12: Yarıçapı R, kütlesi M ve eylemsizlik momenti I olan bir tekerlek, yandaki şekildeki gibi, sürtünmesiz yatay bir mil üzerine monte edilmiştir. Tekerlek etrafına sarılı hafif bir ipin ucunda m kütleli bir cisim vardır. Tekerleğin açısal ivmesini, asılı cismin çizgisel ivmesini ve ipteki gerilmeyi bulunuz.



Çözüm 10-12:

Dönme eksenine göre tekerleğe etkiyen tork saat yönünün tersine dönme eğilimi olduğu için τ=TR olur. Burada T, tekerleğin çevresindeki ip tarafından uygulanan kuvvettir. Tekerleğin Mg ağırlığı ile, milin uyguladığı normal kuvvet dengeler ve torka katkısı olmaz. Sadece T gerilme kuvveti torku oluşturur. Buna göre,

$$\sum \tau = I\alpha = TR$$

$$\alpha = \frac{TR}{I}$$

$$\sum F_y = mg - T = ma \qquad \Longrightarrow \qquad a = \frac{mg - T}{m}$$

$$a = R\alpha$$

$$a = R\alpha = \frac{TR^2}{I} = \frac{mg - T}{m}$$

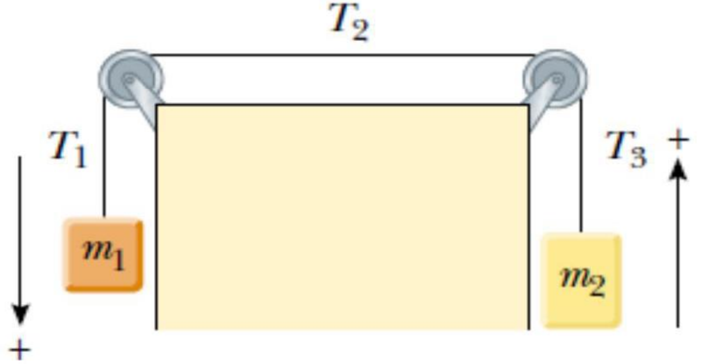
$$T = \frac{mg}{1 + \frac{mR^2}{I}}$$

olur. Buradan

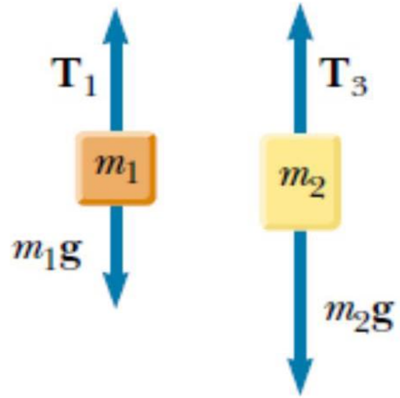
$$a = \frac{g}{1 + \frac{I}{mR^2}} \qquad \Longrightarrow \qquad \alpha = \frac{a}{R} = \frac{g}{R + \frac{I}{mR}}$$

elde edilir.

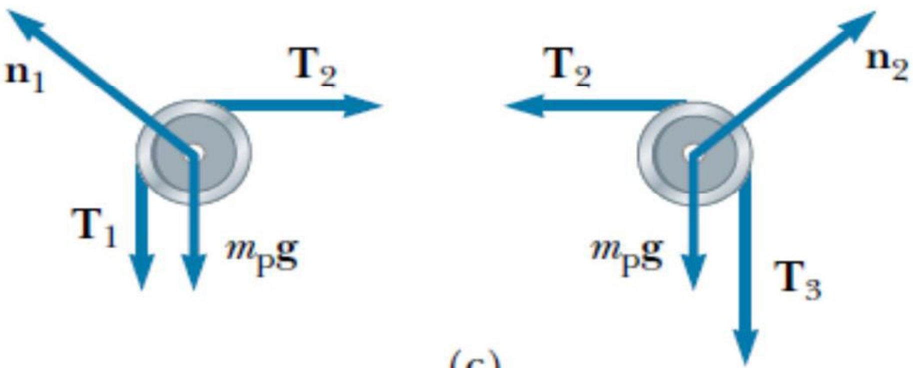
Örnek 10-13: Şekilde görüldüğü gibi, m_1 ve m_2 kütleleri, eylemsizlik momenti I olan iki özdeş makara üzerinden geçen hafif bir iple birbirlerine bağlıdırlar. Her kütlenin ivmesi ile T_1, T_2 ve T_3 gerilmelerini bulunuz. (İp ve makaralar arasında hiçbir kaymanın olmadığını varsayınız.)



(a)



(b)



(c)

Çözüm 10-13: m_1 için aşağı yön pozitif, m_2 için de yukarı yön negatif seçelim.

$$m_1 g - T_1 = m_1 a \qquad (1)$$

$$T_3 - m_2 g = m_2 a \qquad (2)$$

Saĵ daki makara için net tork;

$$\tau = (T_2 - T_3)R$$

iken, soldaki makara için net tork;

$$\tau = (T_1 - T_2)R$$

ise ve $\sum \tau = I\alpha$ bağıntısı kullanılırsa

$$(T_1 - T_2)R = I\alpha \qquad (3)$$

$$(T_2 - T_3)R = I\alpha \qquad (4)$$

elde edilir. Son elde edilen eкitlikler taraf tarafa toplanērsa

$$(T_1 - T_3)R = 2I\alpha \qquad (5)$$

olur. İlk elde edilen iki eşitlikler taraf tarafa toplanırsa,

$$T_3 - T_1 + m_1 g - m_2 g = (m_1 + m_2)a$$

$$T_1 - T_3 = (m_1 - m_2)g - (m_1 + m_2)a \qquad (6)$$

olur. Daha sonra, (6) eşitliği i (5) eşitliğinde yerine yazılırsa;

$$[(m_1 - m_2)g - (m_1 + m_2)a]R = 2I\alpha$$

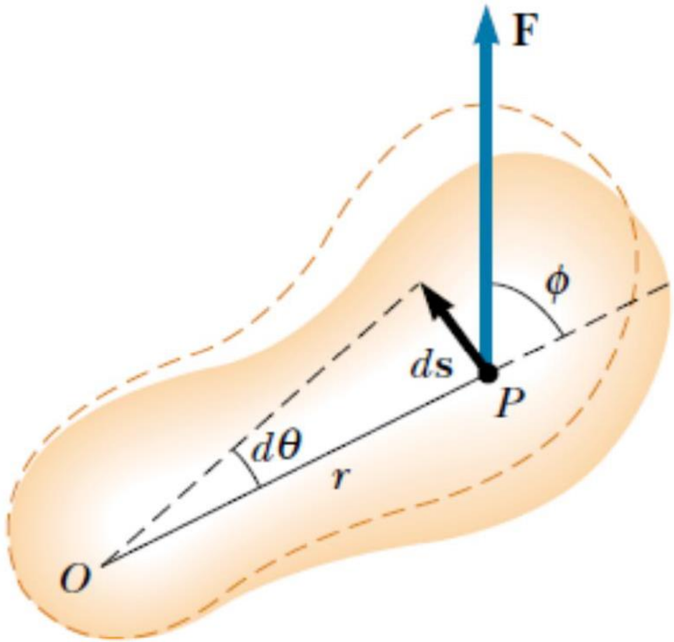
$$\alpha = \frac{a}{R} \qquad \Longrightarrow \qquad (m_1 - m_2)g - (m_1 + m_2)a = 2I\frac{a}{R^2}$$

$$a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2 + 2\frac{I}{R^2}}$$

Bulunan bu değer denklemlerde yerine koyularak T_1, T_2 ve T_3 gerilmeleri de kolaylıkla bulunabilir.

DÖNME HAREKETİNDE İŞ, GÜÇ VE ENERJİ

Şekildeki gibi, O noktası etrafında dönebilecek bir katı cismin P noktasına bir tek $\vec{F}$ kuvvetinin uygulandığı varsayılsın. Burada kuvvet sayfa düzlemindedir. Cisim dt süresinde $ds = rd\theta$ kadar döndüğünde, $\vec{F}$ kuvvetinin yaptığı iş,



$$dW = \vec{F}.d\vec{s} = (F \sin \emptyset) r d\theta$$

olur. Burada $F \sin \emptyset$, $\vec{F}$ kuvvetinin teğetsel bileşeni veya kuvvetin yerdeğiştirme boyunca olan bileşenidir. Şekildeki $\vec{F}$ kuvvetinin radyal bileşeni iş yapmaz.

Orijine göre $\vec{F}$ kuvvetinin torku $rF\sin\emptyset$ ise, $d\theta$ dönmesi için yapılan iş;

$$dW = \tau d\theta$$

olur. Sabit eksen etrafinda dönme için $\vec{F}$ kuvvetinin iş yapma hızı yani gücü ise

$$\frac{dW}{dt} = \tau\frac{d\theta}{dt} \Longrightarrow \boldsymbol{\mathcal{P} = \tau\omega}$$

olarak yazılabilir.

Dönme Hareketinde İş ve Enerji

Matematikteki zincir kuralını kullanarak, tork şu şekilde ifade edilebilir.

$$\sum \tau = I\alpha = I\frac{d\omega}{dt} = I\frac{d\omega}{d\theta}\frac{d\theta}{dt} = I\frac{d\omega}{d\theta}\omega$$

Bu ifade yeniden düzenlenerek ve $\sum \tau \, d\theta = dW$ alınarak,

$$\sum \tau \, d\theta = dW = I\omega d\omega$$

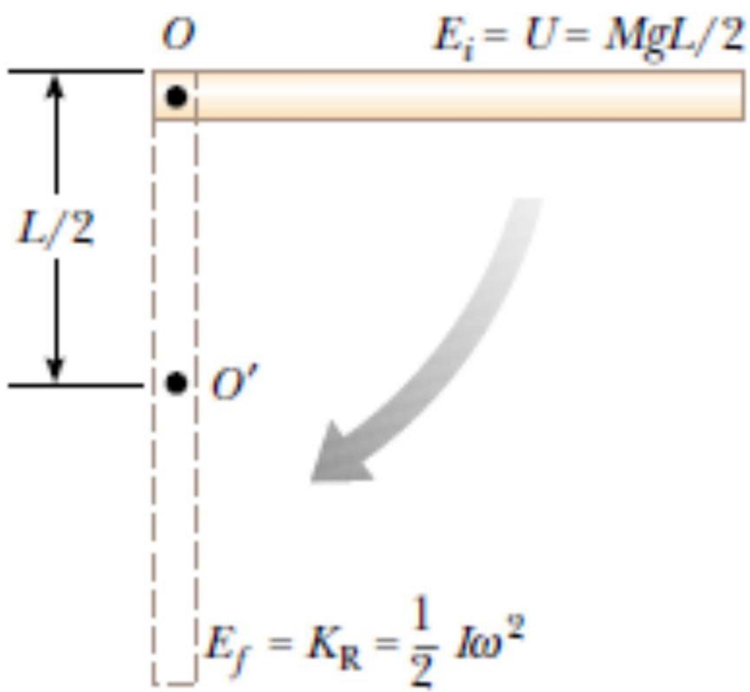
elde edilir. Dönen bir sisteme etkiyen dış kuvvet tarafından yapılan toplam iş ise

$$\sum W = \int_{\theta_i}^{\theta_s} \sum \tau \, d\theta = \int_{\omega_i}^{\omega_s} I\omega d\omega = \frac{1}{2}I\omega_s^2 - \frac{1}{2}I\omega_i^2$$

şeklindedir.

Sabit Eksen Etrafēnda Dönme Hareketi	Doĵ rusal Hareket
$Açısal\ hız \rightarrow \omega = d\theta/dt$	$Çizgisel\ hız \rightarrow v = dx/dt$
$Açısal\ ivme \rightarrow \alpha = d\omega/dt$	$Çizgisel\ ivme \rightarrow a = dv/dt$
$Bileşke\ tork \rightarrow \sum \tau = I\alpha$	$Bileşke\ kuvvet \rightarrow \sum F = ma$
$\alpha = sabitse \begin{cases} \omega_s = \omega_i + \alpha t \\ \theta_s = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \\ \omega_s^2 = \omega_i^2 + 2\alpha(\theta_s - \theta_i) \end{cases}$	$a = sabitse \begin{cases} v_s = v_i + at \\ x_s = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \\ v_s^2 = v_i^2 + 2a(x_s - x_i) \end{cases}$
$İş \rightarrow W = \int_{\theta_i}^{\theta_s} \tau d\theta$	$İş \rightarrow W = \int_{x_i}^{x_s} F_x dx$
$Dönme\ kinetik\ enerjisi \rightarrow K_D = \frac{1}{2}I\omega^2$	$Kinetik\ enerji \rightarrow K = \frac{1}{2}mv^2$
$Güç \rightarrow \mathcal{P} = \tau\omega$	$Güç \rightarrow \mathcal{P} = Fv$
$Açısal\ momentum \rightarrow L = I\omega$	$Çizgisel\ momentum \rightarrow p = mv$
$Bileşke\ tork \rightarrow \sum \tau = dL/dt$	$Bileşke\ kuvvet \rightarrow \sum F = dp/dt$

Örnek 10-14: Şekilde görüldüğü gibi, boyu L ve kütlesi M olan düzgün bir çubuk bir ucu etrafında sürtünmesiz bir mil üzerinde, gösterilen yönde dönebilecek durumdadır.



a) Çubuk en düşük (düşey) konumda iken açısal hızı ne olur?

b) Çubuk düşey duruma geldiği anda, kütle merkezinin ve çubuk üzerindeki en alt noktanın çizgisel hızı nedir?

Çözüm 10-14:

a) Mekanik enerjinin korunumundan faydalanılacak olursa,

$$\frac{1}{2}MgL = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}ML^2\right)\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{3g}{L}}$$

olur. Burada $\frac{1}{3}ML^2$ çubuk için eksen etrafındaki dönme momenti ve $\frac{1}{2}MgL$ kütle merkezinin en düşük konuma göre (O') potansiyel enerjisidir.

b) Kütle merkezinin çizgisel hızı,

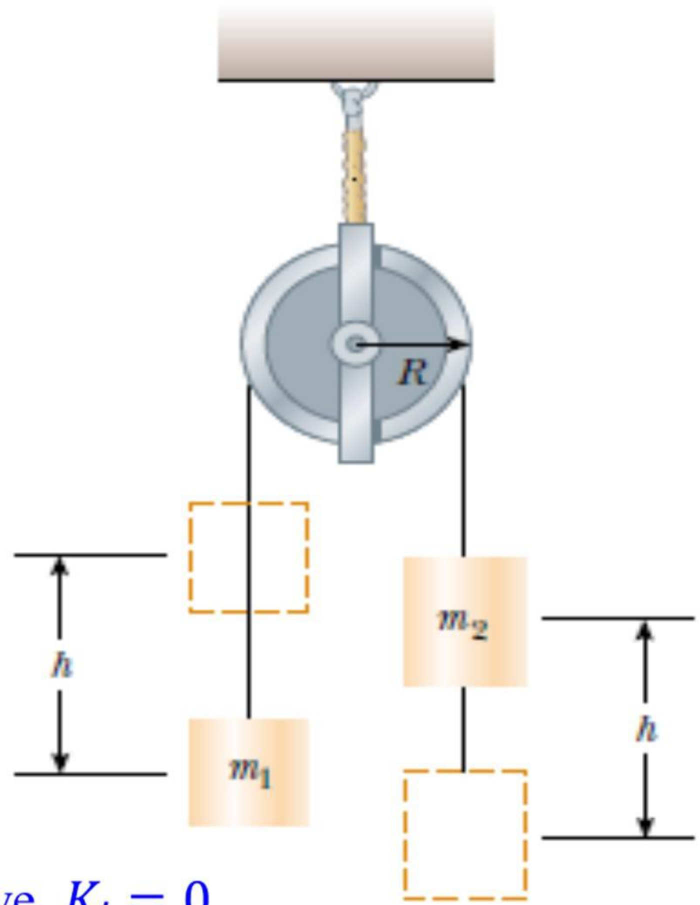
$$v_{KM} = r\omega = \frac{L}{2}\omega = \frac{1}{2}\sqrt{3gL}$$

olur. Çubuk üzerindeki en alt noktanın çizgisel hızı ise

$$2v_{KM} = \sqrt{3gL}$$

olur.

Örnek 10-15: Şekilde görüldüğü gibi, dönme eksenine göre eylemsizlik momenti I ve yarıçapı R olan bir makara üzerinden geçen bir ipin uçlarına $m_1 \neq m_2$ olacak şekilde iki tane kütle bağlanıyor. İp, makara üzerinde kaymıyor ve sistem durgun halden serbest bırakılıyor. m_2 kütlesi, h kadar düştükten sonra, kütlelerin çizgisel hızlarını ve bu anda makaranın açısal hızını bulunuz.



Çözüm 10-15:

Mekanik enerjinin korunumundan faydalanılacak ve $K_i = 0$ olarak alınırsa, $\Delta E = 0 \implies E_s - E_i = 0$

$$(K_s + U_s) - (K_i + U_i) = 0$$

$$\left(\frac{1}{2}m_1 v_s^2 + \frac{1}{2}m_2 v_s^2 + \frac{1}{2}I\omega_s^2 + m_1 gh\right) - (0 + m_2 gh) = 0$$

$$v_s = R\omega_s$$

$$\frac{1}{2}\left(m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}\right)v_s^2 + m_1 gh - m_2 gh = 0$$

$$v_s = \sqrt{\frac{2(m_2 - m_1)gh}{\left(m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}\right)}}$$

$$\omega_s = \frac{v_s}{R} \qquad \Longrightarrow \qquad \boldsymbol{\omega_s = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{2(m_2 - m_1)gh}{\left(m_1 + m_2 + \frac{I}{R^2}\right)}}}$$

olur.

Bölüm Sonu Problemleri

Problem 10-7: Bir teker üzerinde bir noktanın açısal konumu $\theta = 5 + 10t + 2t^2\ rad$ olarak verilmektedir. $t = 0$ ve $t = 3\ s$ için bu noktanın açısal konumunu, açısal hızını ve açısal ivmesini bulunuz.

Çözüm 10-7: $t = 0$' da $\quad \theta\Big|_{t=0} = 5 + 10(0) + 2(0)^2 = 5\ rad$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = 10 + 4t \quad \Longrightarrow \quad \omega\Big|_{t=0} = \frac{d\theta}{dt}\Big|_{t=0} = 10 + 4(0) = 10\ rad/s$$

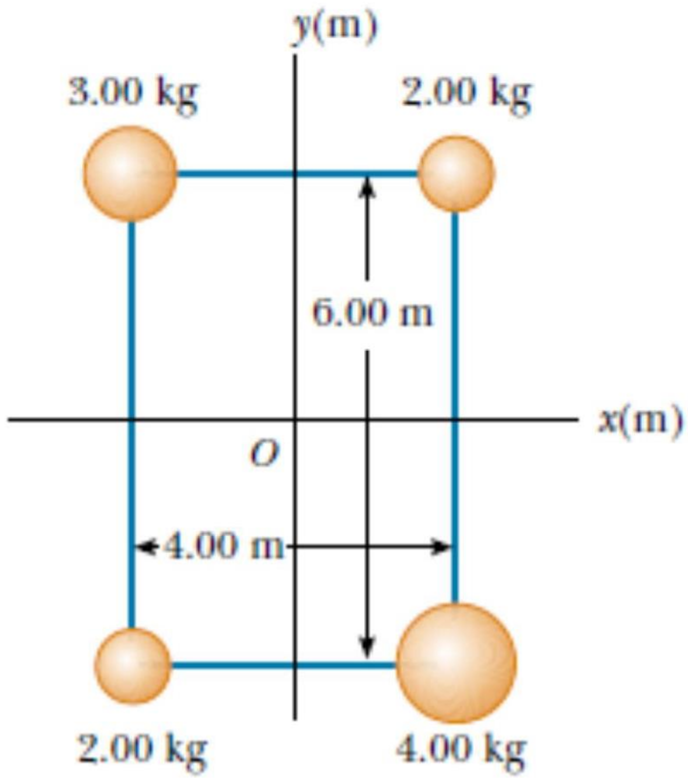
$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = 4 \quad \Longrightarrow \quad \alpha\Big|_{t=0} = \frac{d\omega}{dt}\Big|_{t=0} = 4\ rad/s^2$$

$t = 3\ s$' de $\quad \theta\Big|_{t=3\ s} = 5 + 10(3) + 2(3)^2 = 53\ rad$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = 10 + 4t \quad \Longrightarrow \quad \omega\Big|_{t=0} = \frac{d\theta}{dt}\Big|_{t=0} = 10 + 4(3) = 22\ rad/s$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = 4 \quad \Longrightarrow \quad \alpha\Big|_{t=0} = \frac{d\omega}{dt}\Big|_{t=0} = 4\ rad/s^2$$

Problem 10-25: ķekildeki dört parçacēk, kütlesi ihmal edilen katē çubuklarla birbirine tutturulmuķtur. Orijin dikdörtgenin merkezindedir. Sistem *xy* düzleminde *z*-ekseni etrafēnda 6 *rad/s*ēlik açēsal hēzla dönüyorsa,



a) z-eksenine göre sistemin eylemsizlik momentini,

b) Sistemin dönme kinetik enerjisini bulunuz.

Çözüm 10-25:

a) *z*-eksenine göre sistemin eylemsizlik momenti,

$$I_z = \sum_i m_i r_i^2$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4$$

$$r = \sqrt{(3{,}00\ m)^2 + (2{,}00\ m)^2} = \sqrt{13{,}0}\ m$$

$$I_z = (3{,}00\ kg + 2{,}00\ kg + 2{,}00\ kg + 4{,}00\ kg)\left(\sqrt{13{,}0}\ m\right)^2$$

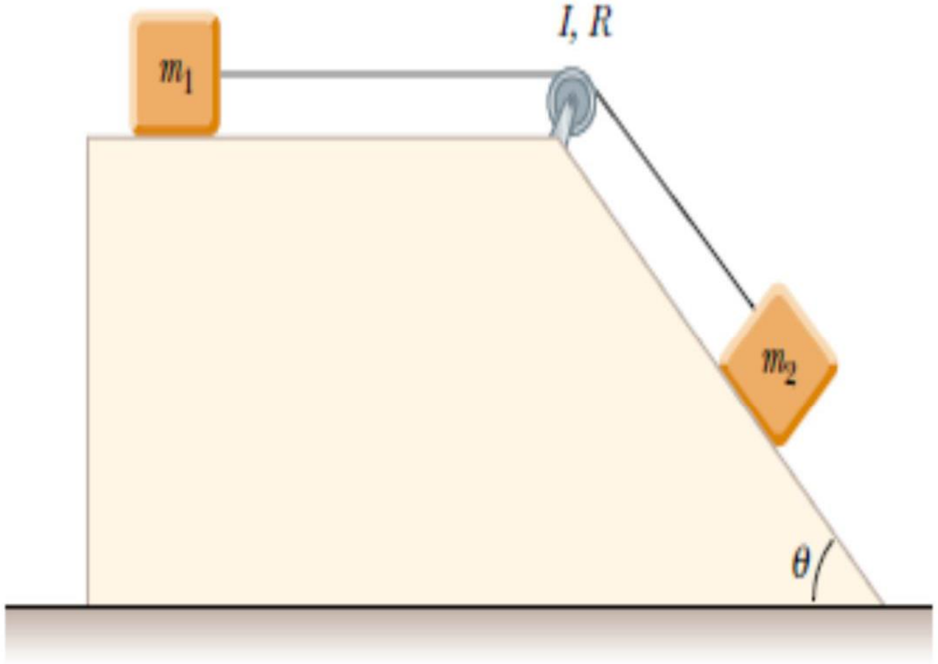
$$I_z = 143\ kg.m^2$$

b) Sistemin dönme kinetik enerjisi ise,

$$K_D = \frac{1}{2} I_z \omega^2 = \frac{1}{2}(143\ kg.m^2)(6{,}00\ rad/s)^2$$

$$K_D = 2{,}57 \times 10^3\ J$$

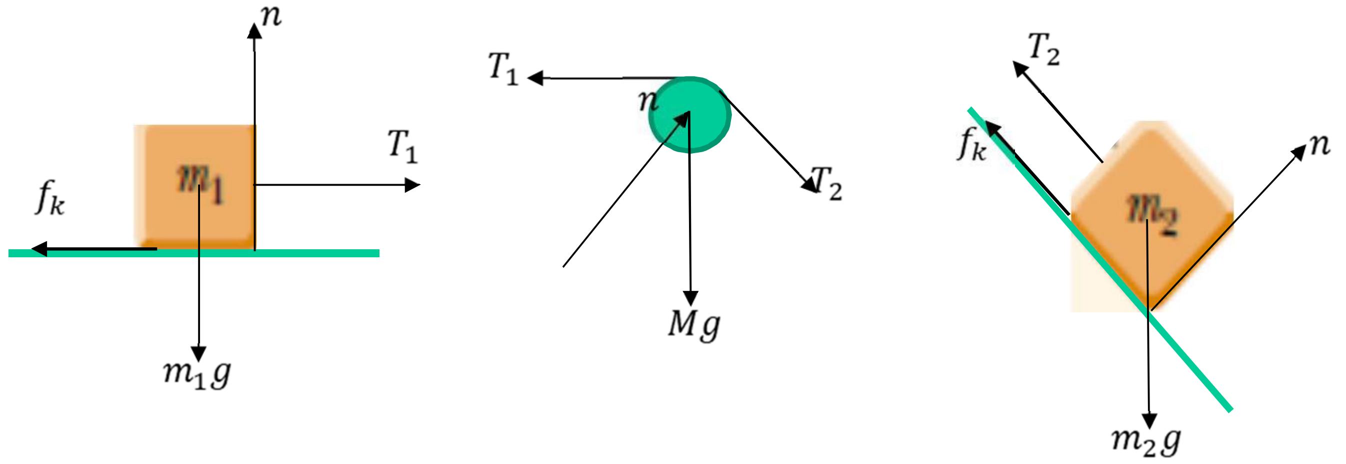
Problem 10-39: Kütleleri $m_1 = 2{,}00\ kg$ ve $m_2 = 6{,}00\ kg$ olan iki blok yarıçapı $R = 0{,}250\ m$ ve kütlesi $M = 10{,}0\ kg$ olan bir makara üzerinden geçen kütlesi dikkate alınmayan bir iple birbirine bağlıdır. Düzlemle bloklar arasındaki kinetik sürtünme kuvveti 0,360'dır. Şekilde görüldüğü gibi bloklar sağa doğru hareket ederler. $\theta = 30{,}0^0$ olduğuna göre makara ve bloklar üzerindeki kuvvetleri gösteriniz.



a) İki bloğun ivmesini,

b) Makaranın iki tarafında ip üzerindeki gerilmeyi bulunuz.

Çözüm 10-39:



m_1 için;

$$\sum F_y = m_1 a_y \Rightarrow n - m_1 g = 0$$

$$n = m_1 g = (2{,}00\ kg)(9{,}80\ m/s^2) = 19{,}6\ N$$

$$f_k = \mu_k n = (0{,}360)(19{,}6\ N) = 7{,}06\ N$$

$$\sum F_x = m_1 a_x \Rightarrow -f_k + T_1 = m_1 a$$

$$(-7{,}06\ N) + T_1 = (2{,}00\ kg)a \qquad (1)$$

Makara için;

- T_1 kuvveti makarayı saat yönünün tersi yönünde döndürme eğiliminden dolayı makarada oluşturduğu tork $+T_1 R$ olur.
- T_2 kuvveti makarayı saat yönünde döndürme eğiliminden dolayı makarada oluşturduğu tork $-T_2 R$ olur.
- Açēsal ivme ise, makara saatle aynē yönde dönüldüĵ ünden dolayē negatif olur.

$$\sum \tau = I(-\alpha)$$

$$T_1 R - T_2 R = \frac{1}{2} M R^2 \left(-\frac{a}{R}\right)$$

$$T_2 - T_1 = \frac{1}{2}(10{,}0\ kg)a$$

$$T_2 - T_1 = (5{,}00\ kg)a \qquad \mathbf{(2)}$$

m_2 için;

$$\sum F_y = m_2 a_y \Longrightarrow n - m_2 g \cos\theta = 0$$

$$n = m_2 g \cos\theta = (6{,}00\ kg)(9{,}80\ m/s^2)(\cos 30{,}0^0) = 50{,}9\ N$$

$$f_k = \mu_k n = (0{,}360)(50{,}9) = 18{,}3\ N$$

$$\sum F_x = m_2 a_x \Longrightarrow -f_k - T_2 + m_2 g \sin\theta = m_2 a$$

$$(-18{,}3\ N) - T_2 + (6{,}00\ kg)(9{,}80\ m/s^2)(\sin 30{,}0^0) = (6{,}00\ kg)a$$

$$(-18{,}3\ N) - T_2 + (29{,}4\ N) = (6{,}00\ kg)a \qquad (3)$$

a) (1), (2) ve (3) eşitlikleri taraf tarafa toplanırsa,

$$-7{,}06\,N - 18{,}3\,N + 29{,}4\,N = (13{,}0\,kg)a$$

$$a = \frac{4{,}01\,N}{13{,}0\,kg} = 0{,}309\,m/s^2$$

b) İpteki gerilme kuvvetleri ise (1) ve (2) eşitliklerinden,

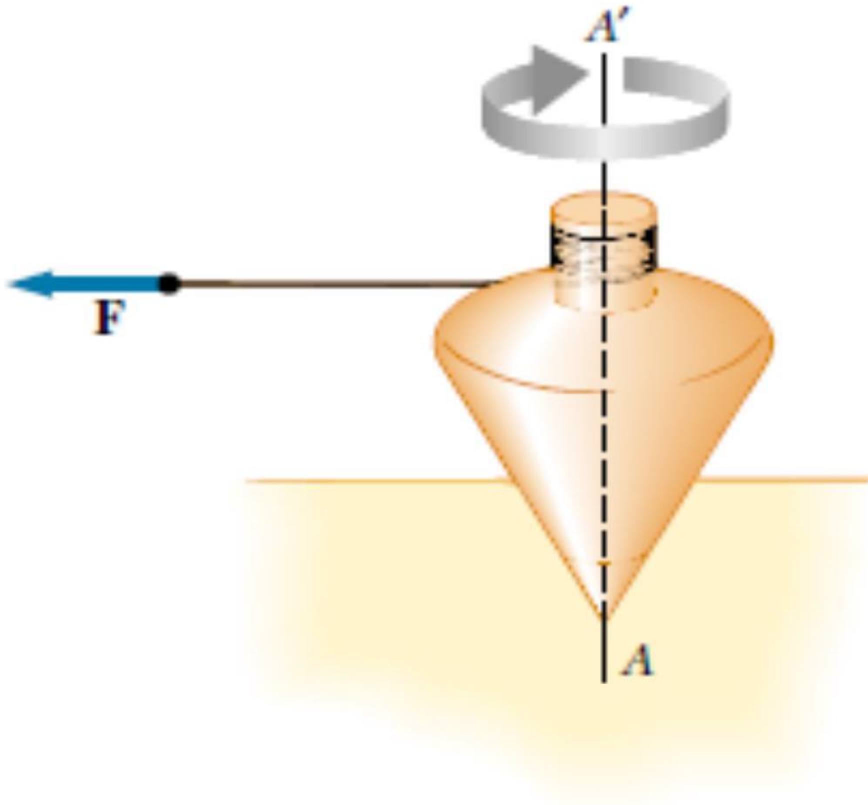
$$T_1 = m_1 a + f_k \Rightarrow T_1 = (2{,}00)\left(0{,}309\frac{m}{s^2}\right) + 7{,}06\,N$$

$$T_1 = 7{,}67\,N$$

$$T_2 - T_1 = (5{,}00\,kg)a \Rightarrow T_2 = (7{,}67\,N) + (5{,}00\,kg)(0{,}309\,m/s^2)$$

$$T_2 = 9{,}22\,N$$

Problem 10-62: Şekilde görülen topaçın eylemsizlik momenti $4 \times 10^{-4}\, kg.m^2$ ve başlangıçta durgundur. Topaç AA' ekseni etrafında dönecek şekilde serbesttir. Topacın üst kısmına sarılı ip; döndürülecek şekilde $5{,}57\, N$'luk bir gerilme kuvveti uygular. İp kaymadan $80\, cm$ çekilerek topaç döndürülürse topacın açısal hızı ne olur?



Çözüm 10-62:

$$Yapılan\ iş = Fd = (5{,}57\, N)(0{,}800\, m) = 4{,}46\, J$$

$$İş = \Delta K = \frac{1}{2} I\omega_s^2 - \frac{1}{2} I\omega_i^2 \quad \text{ve} \quad \omega_i = 0 \ \text{ise}$$

$$4{,}46\, J = \frac{1}{2}(4{,}00 \times 10^{-4}\, kg.m^2)\omega_s^2$$

$$\omega_s = 149\, rad/s$$