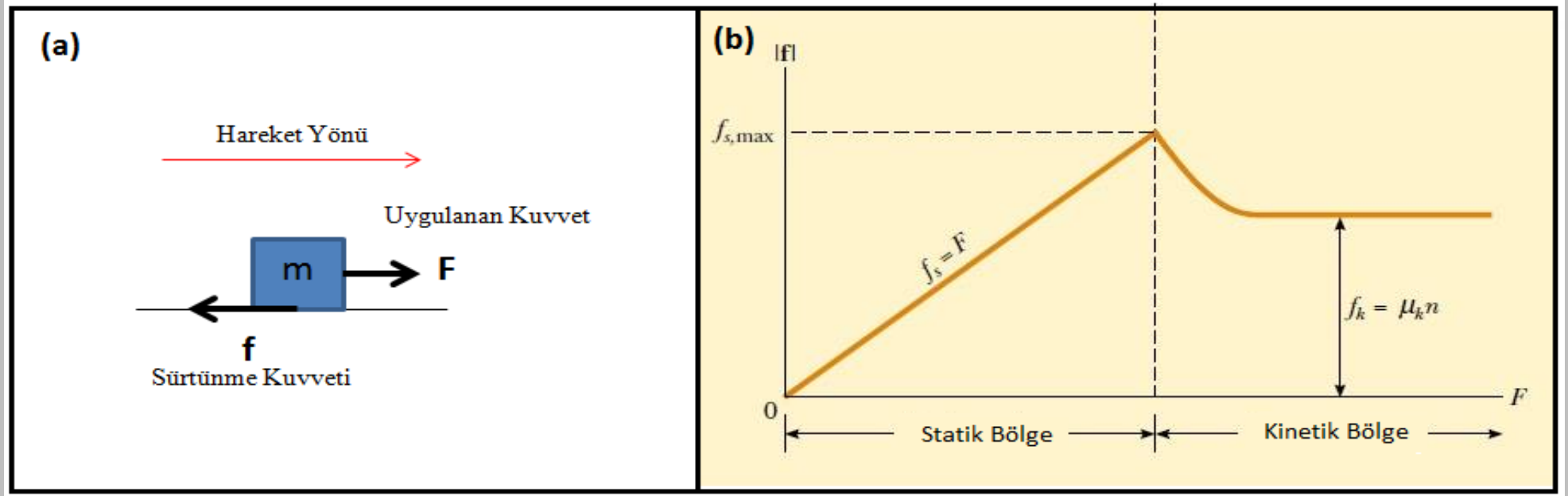


# FİZİK

---

7.HAFTA

## ➤ Sürtünme Kuvveti:



Bir cisim pürüzlü bir yüzey üzerinde hareket ediyorsa, yüzey ile cisim arasındaki etkileşmeden dolayı harekete karşı bir direnme ortaya çıkar. Bu direnme “**sürtünme kuvveti**” ile tanımlanır. Sürtünme kuvvetinin yönü daima cismin hareket doğrultusuna zıt yöndedir. Sürtünme kuvveti “ $\vec{f}$ ” harfi ile gösterilir. Yatay pürüzlü bir yüzey üzerinde bulunan  $m$  kütleli bloğu ele alalım. Bu bloğu zemin üzerinde zamanla artan bir dış  $\vec{F}$  kuvveti ile sağa doğru çekelim. Uygulanan dış kuvvetin büyüklüğü cismi hareket ettirecek büyüklükte değilse, cisim hareket etmeyecektir. Cisim hareketsiz olduğuna göre  $x$  doğrultusundaki ivmesi de sıfır olacaktır ( $\vec{a}_x = 0$ ). Cisim hareket etmediği süre boyunca da, cisim üzerinde etkili ve bloğa uygulanan dış  $\vec{F}$  kuvvetini dengeleyen bir sürtünme kuvveti söz konusu olacaktır. Birbirine göre hareket etmeyen iki cisim arasında oluşan bu sürtünme kuvvetine “**statik sürtünme kuvveti**” adı verilir.  $\vec{f}_s$  ile gösterilir.  $F$  kuvveti zamanla arttıkça statik sürtünme kuvveti de doğru orantılı olarak artar. Uygulanan dış kuvvet belli bir eşik değerine ulaştıktan sonra ise cisim yüzey üzerinde hareket etmeye başlar. Cisim sağa doğru ivmeli hareket eder. Cisim hareket etmeye başladıktan sonra, cisim ve yüzey arasındaki sürtünme kuvvetine ise “**kinetik sürtünme kuvveti**” denir ve  $\vec{f}_k$  ile gösterilir.

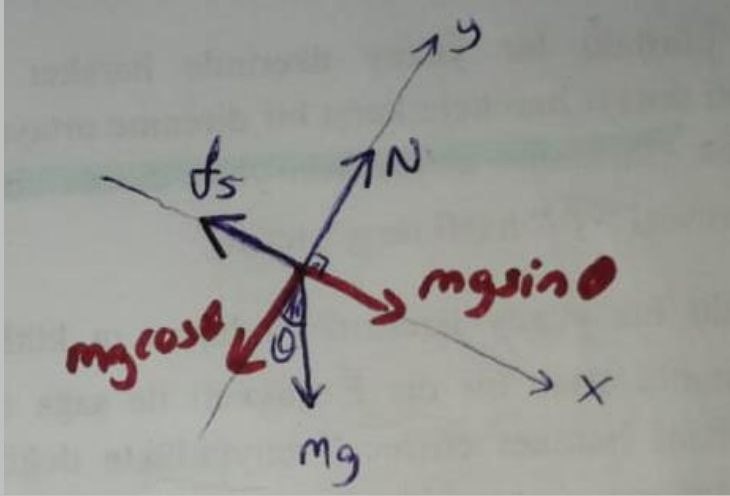
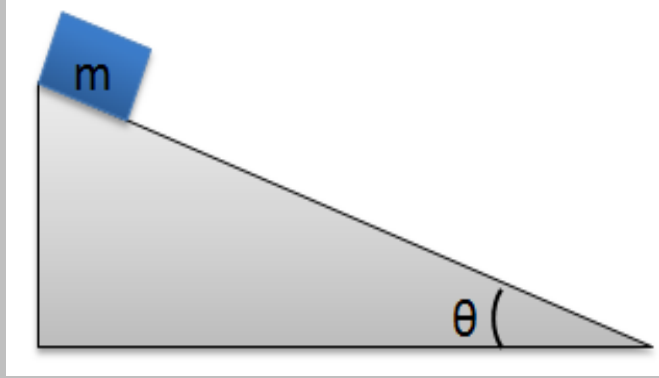
Statik sürtünme kuvvetinin büyüklüğü sabit değildir. 0'dan başlayarak uygulanan dış  $\mathbf{F}$  kuvveti ile birlikte  $f_{s,max}$  değerine ulaşana kadar artar. Statik sürtünmenin maksimum değerini ise cisme etki eden normal kuvveti ile statik sürtünme katsayısının ( $\mu_s$ ) arpımına eşittir.

$$\vec{f}_{s,max} = \mu_s \vec{N}$$

Dış kuvvet  $f_{s,max}$  değerini aştığı anda hareket başlar. Hareket eden cisme etki eden kinetik sürtünme kuvveti ise cisme etki eden normal kuvveti ile kinetik sürtünme katsayısının ( $\mu_k$ ) arpımına eşittir.

$$\vec{f}_k = \mu_k \vec{N}$$

**Örnek 5.8:**  $m$  kütleli bir blok sürtülmeli bir eğik düzlem üzerindedir. Eğim açısı  $\theta$  blok hareket edinceye kadar artırılabilir. Bloğun kaymaya başladığı kritik açı  $\theta_c$  olduğuna göre, zemin ve blok arasındaki statik sürtünme katsayısını bulunuz.



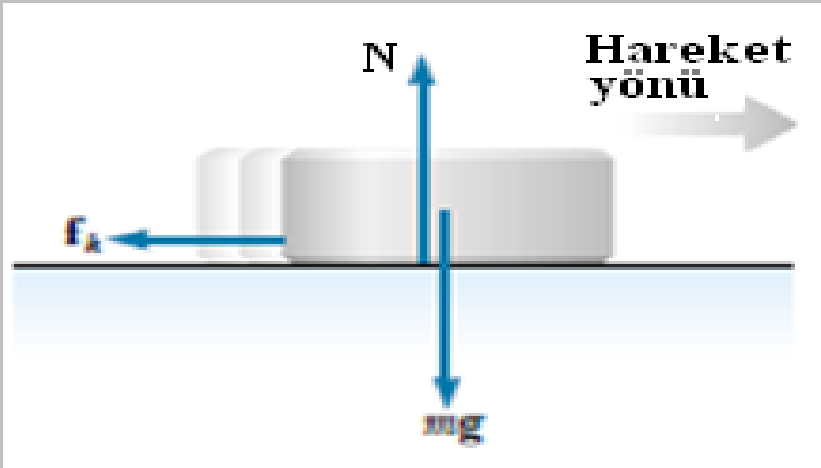
$$\begin{aligned}\sum F_x &= ma_x & \sum F_y &= mg \uparrow 0 \\ mg \sin \theta - f_s &= ma_x & N - mg \cos \theta &= 0 \\ mg \sin \theta - \mu_s N &= ma_x & \boxed{N = mg \cos \theta} \\ mg \sin \theta - \mu_s mg \cos \theta &= ma_x \stackrel{0}{=} 0 & \\ \mu_s &= \frac{g \sin \theta}{g \cos \theta} = \tan \theta & \boxed{\mu_s = \tan \theta}\end{aligned}$$

44

Statik sürtünme katsayısı cismin kütlesi ve yüzey alanından bağımsızdır. Sürtünme katsayıları sürtünen malzemelerin cinsine bağlıdır. Ağağıdaki tabloda bazı malzemeler için statik ve kinetik sürtünme katsayıları verilmiğtir.

Sürtünme katsayıları	Statik ( $\mu_s$ )	Kinetik ( $\mu_k$ )
elik üzerinde elik	0.74	0.57
elik üzerinde alüminyum	0.61	0.47
elik üzerinde bakır	0.53	0.36
Beton üzerinde kauçuk	1.0	0.8
Tahta üzerinde tahta	0.25–0.5	0.2
Cam üzerinde cam	0.94	0.4

**Örnek 5.9:** Donmuş bir havuzda bir hokey diskine vuruluyor ve ona 20 m/s lik bir ilk hız kazandırılıyor. Disk buz yüzeyi üzerinde durmadan önce 115 m kayıyorsa, disk ile buz yüzeyi arasındaki kinetik sürtünme katsayısını bulunuz.



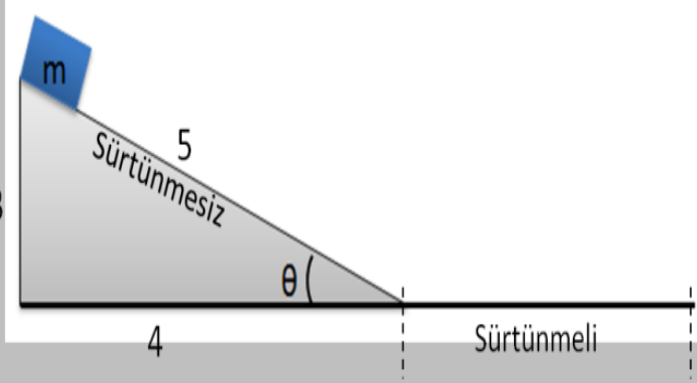
$$\begin{aligned} \sum F_x &= m a_x \\ -f_k &= m a_x \\ -\mu_k N &= m a_x \\ -\mu_k mg &= m a_x \\ \boxed{a_x} &= -g/\mu_k \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= m a_y \rightarrow 0 \\ N - mg &= 0 \\ \boxed{N} &= mg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_f^2 &= v_i^2 + 2a\Delta x \\ 0 &= (20)^2 + 2(-g/\mu_k)\Delta x \\ 0 &= 400 - 2g\mu_k\Delta x \\ 2g\mu_k\Delta x &= 400 \\ \mu_k &= \frac{400}{2g\Delta x} = \frac{400}{2(9,8)(115)} \\ \boxed{\mu_k} &= 0,18 \end{aligned}$$



**Örnek 5.12:** 3 kg kütleli bir blok sürtünmesiz eğik düzlemin tepesinden serbest bırakılıyor. Eğik düzlemin en alt ucuna inen blok daha sonra sürtülmeli yatay zemin üzerinde ilerlemeye devam ediyor. Yatay zemin ile blok arasındaki kinetik sürtünme katsayısı 0.25 ise bloğun yatay zemin üzerindeki durma mesafesini bulunuz.



$$\Sigma F_y = m a_y \rightarrow 0$$

$$N - mg \cos \theta = 0$$

$$\boxed{N = mg \cos \theta}$$

$$\Sigma F_x = m a_x$$

$$mg \sin \theta = m a_x$$

$$\boxed{a_x = g \sin \theta}$$

$$a_x = (9,8) \frac{3}{5} = 5,88 \text{ m/s}^2$$

Eğik düzlemin alt ucundaki bloğun hızını bulalım.

$$v_s^2 = v_i^2 + 2a \Delta x$$

$$v_s^2 = (0) + 2(5,88)(5 \text{ m}) =$$

$$v_s = 7,67 \text{ m/s}$$

sürtülmeli yatay zeminde durma mesafesini bulalım.

$$\Sigma F_y = m a_y$$

$$N - mg = 0$$

$$\boxed{N = mg}$$

$$\Sigma F_x = m a_x$$

$$-f_k = m a_x$$

$$-\mu_k N = m a_x$$

$$a_x = -\mu_k g = -2,45 \text{ m/s}^2$$

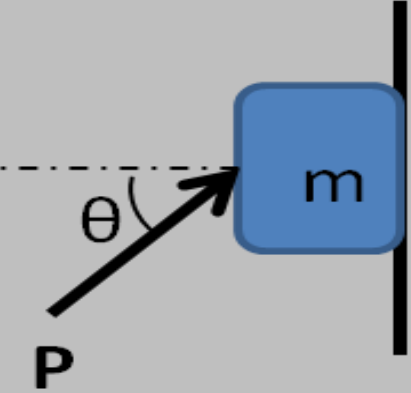
$$v_s^2 = v_i^2 + 2a \Delta x$$

$$0 = (7,67)^2 + 2(-2,45) \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{(7,67)^2}{4,9}$$

$$\Delta x = 12 \text{ m}$$

**Örnek 5.15:** 3 kg kütleli bir blok  $50^\circ$  lik bir açı altında P kuvveti ile duvara karşı itiliyor. Duvar ve blok arasındaki statik sürtünme katsayısı 0.25 olduğuna göre bloğun aşağıya düşmemesi için uygulanması gereken P kuvvetinin büyüklüğünü bulunuz.

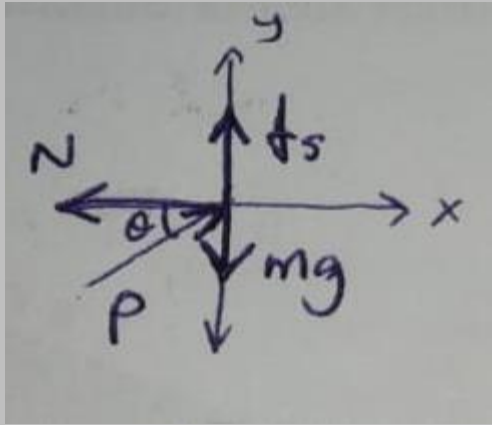


$$\begin{aligned}\sum F_y &= mg \rightarrow 0 \\ P \sin \theta + f_s - mg &= 0 \\ P \sin \theta + \mu_s N - mg &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_x &= mg_x \rightarrow 0 \\ P \cos \theta - N &= 0 \\ \boxed{N} &= P \cos \theta\end{aligned}$$

$$P \sin \theta + \mu_s P \cos \theta = mg$$

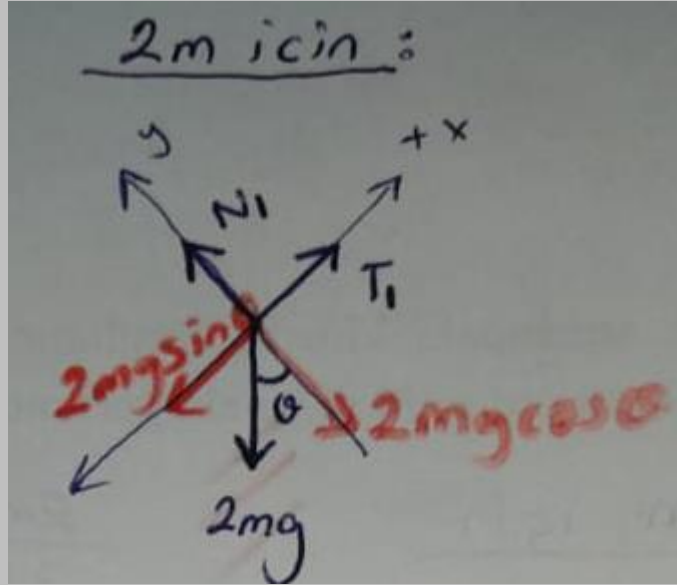
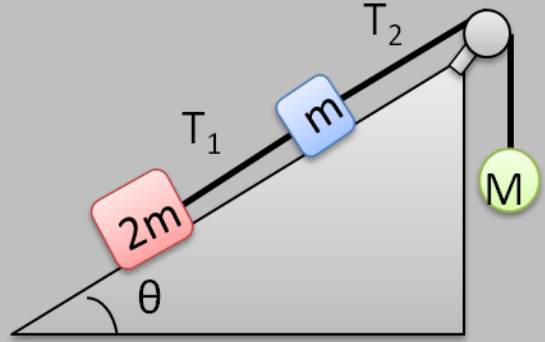
$$P = \frac{mg}{(\sin \theta + \mu_s \cos \theta)} = \frac{(3 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)}{(\sin 50^\circ + 0,25 \cos 50^\circ)} = 31,6 \text{ N}$$





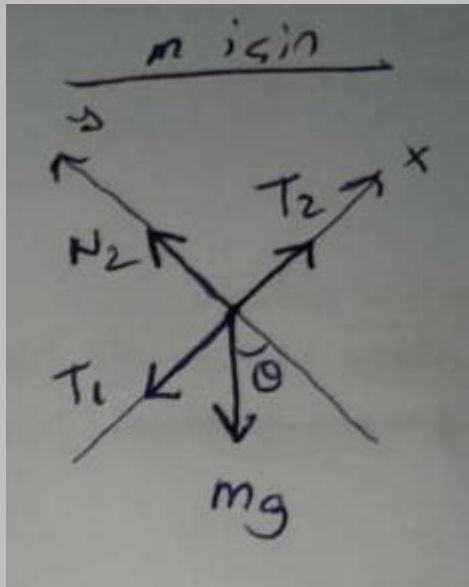
**Örnek 5.16:** Şekilde birbirine bağlı üç küteden oluşan bir sistem veriliyor. Eğik düzlem yüzeyinde sürtünme yoktur. Sistem dengede olduğuna göre  $m$  ve  $g$  ye bağlı olarak

- $M$  kütesinin büyüklüğü,
- $T_1$  ve  $T_2$  gerilme kuvvetlerini,
- Eğer  $M$  kütesi iki katına çıkarılırsa, cisimlerin ivmesini ve iplerdeki gerilme kuvvetlerini bulunuz.



2m için :

$$\sum F_x = 2m a_x$$
$$T_1 - 2mg \sin \theta = 2m a_x \rightarrow 0$$
$$\boxed{T_1 = 2mg \sin \theta}$$
$$\sum F_y = 2m a_y \rightarrow 0$$
$$N_1 - 2mg \cos \theta = 0$$
$$\boxed{N_1 = 2mg \cos \theta}$$



$$\sum F_x = m g \sin \theta = 0$$

$$T_2 - T_1 - m g \sin \theta = 0$$

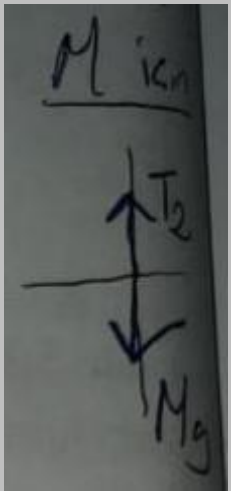
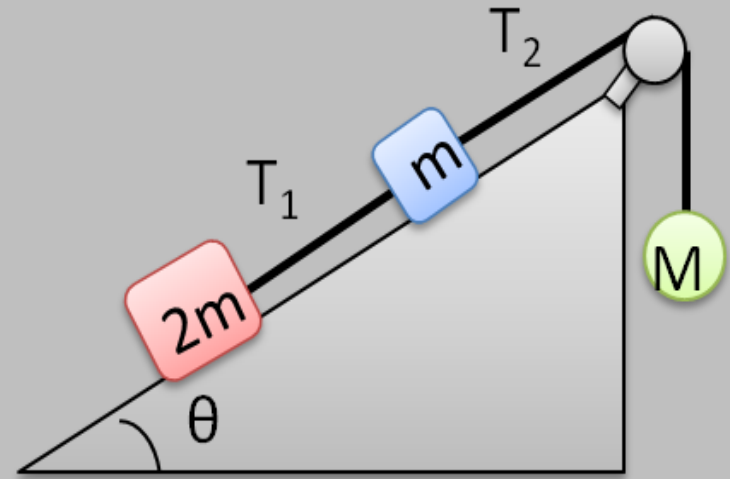
$$T_2 - 2m g \sin \theta - m g \sin \theta = 0$$

$$\boxed{T_2 = 3m g \sin \theta}$$

$$\sum F_y = m g \cos \theta = 0$$

$$N_2 - m g \cos \theta = 0$$

$$\boxed{N_2 = m g \cos \theta}$$



$$\sum F_y = m g = 0$$

$$T_2 - M g = 0$$

$$T_2 = M g$$

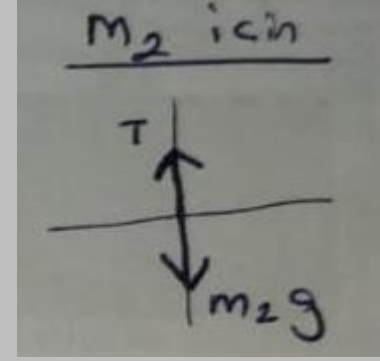
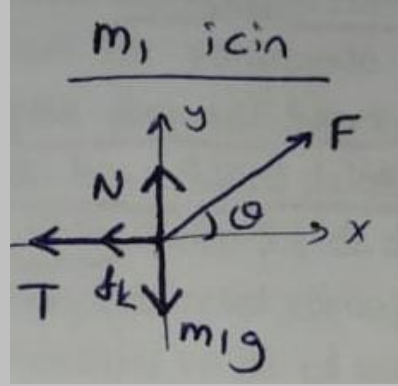
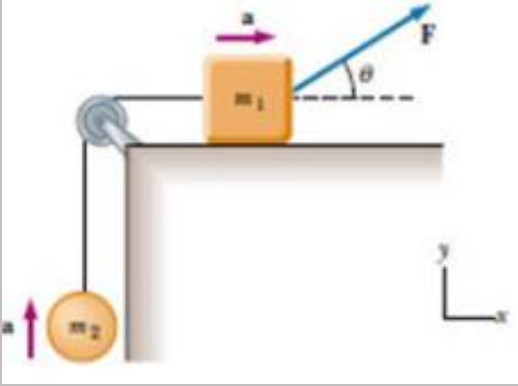
$$3m g \sin \theta = M g$$

$$\boxed{M = 3m \sin \theta}$$

c)  $M = 6m \sin \theta$   
 o/w sa  

$$a = \frac{3g \sin \theta}{(1 + 8 \sin \theta)}$$

**Örnek 5.17:** Pürüzlü bir yüzey üzerindeki  $m_1$  kütleli blok, hafif bir iple sürtünmesiz ve kütlesi ihmal edilebilir bir makara üzerinden  $m_2$  kütleli küresel cisme bağlanmıştır.  $m_1$  bloğuna şekildeki gibi yatayla  $\theta$  açısı yapan bir  $F$  kuvveti uygulanıyor. Blok ile zemin arasındaki kinetik sürtünme katsayısı  $\mu_k$  ise, sistemin ivmesini bulunuz.



$m_1$  için

$$\Sigma F_y = m_1 a_y = 0$$

$$N + F \sin \theta - m_1 g = 0$$

$$\boxed{N = m_1 g - F \sin \theta}$$

$$\Sigma F_x = m_1 a_x$$

$$\boxed{F \cos \theta - T - f_k = m_1 a}$$

$m_2$  için

$$\Sigma F_y = m_2 a_y$$

$$T - m_2 g = m_2 a$$

$$\boxed{T = m_2 (a + g)}$$

$$F \cos \theta - T - f_k = m_1 a$$

$$F \cos \theta - m_2 (a + g) - \mu_k N = m_1 a$$

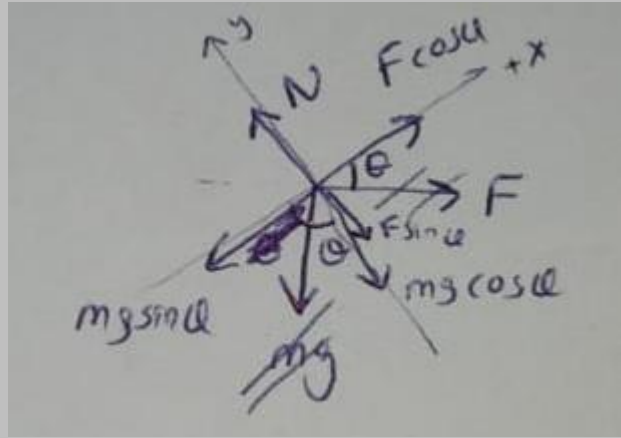
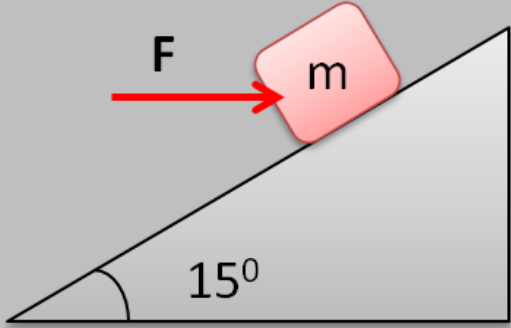
$$F \cos \theta - m_2 (a + g) - \mu_k (m_1 g - F \sin \theta) = m_1 a$$

$$F \cos \theta - m_2 a - m_2 g - \mu_k m_1 g + F \sin \theta \mu_k = m_1 a$$

$$a = \frac{F(\cos \theta + \mu_k \sin \theta) - g(m_2 + \mu_k m_1)}{(m_1 + m_2)}$$

**Örnek 5.18:** Şekilde  $15^\circ$  eğimi olan sürtünmesiz eğik düzlem üzerinde 25 kg lık bir blok yatay bir F kuvveti ile itilmektedir.

- Bloğun dengede kalması için gerekli F kuvvetinin büyüklüğünü bulunuz.
- Bloğu iterken bu kuvvetin üç katını uygularsak, bloğun ivmesi ne olur?



a) Blok dengede olduğu için bloğa etki eden net kuvvet sıfır olmalıdır.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F \cos \theta - mg \sin \theta = 0$$

$$N - F \sin \theta - mg \cos \theta = 0$$

$$N = F \sin \theta + mg \cos \theta$$

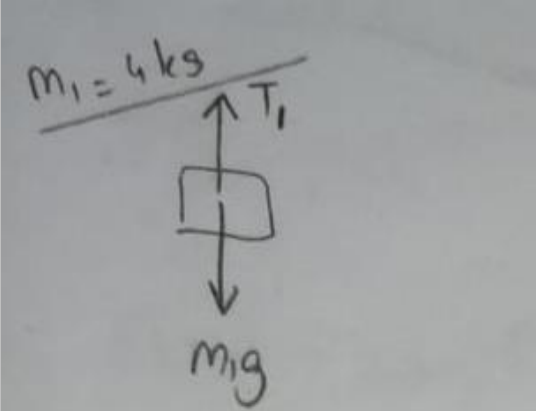
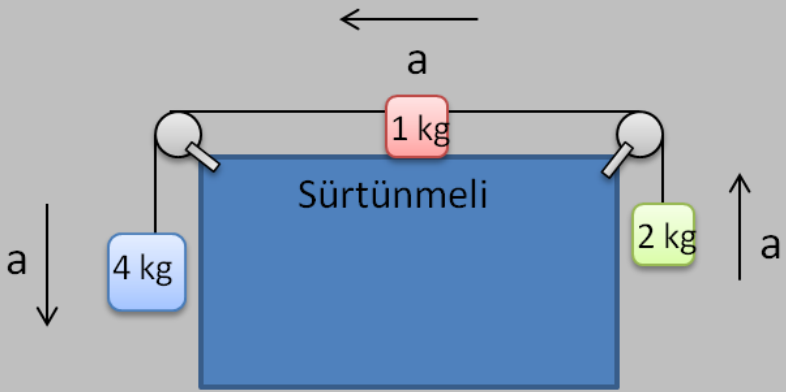
$$F = \frac{mg \sin \theta}{\cos \theta}$$

$$F = mg \tan \theta = 67 \text{ N}$$

b)  $a_x = 5,2 \text{ m/s}^2$



**Örnek 5.19:** Üç blok şekildeki gibi birbirlerine bağlanmıştır. Masa pürüzlü ve kinetik sürtünme katsayısı 0.35 dir. Her bir bloğun ivmesini ve iplerdeki gerilme kuvvetlerini bulunuz.

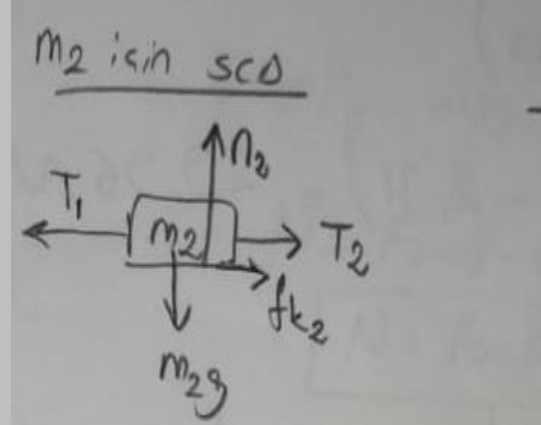


$$\Sigma F_x = m_1 a_x = 0$$

$$\Sigma F_y = m_1 a_y$$

$$T_1 - m_1 g = -m_1 a$$

$$T_1 = m_1 (g - a)$$



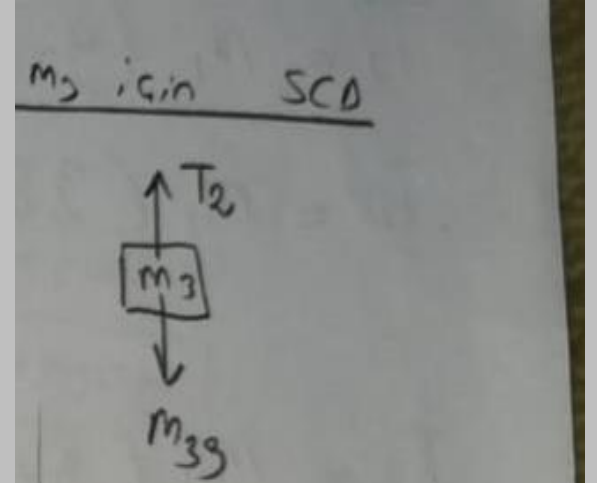
$$\Sigma F_x = m_2 a_x$$

$$T_2 + f_{k2} - T_1 = -m_2 a$$

$$\Sigma F_y = m_2 a_y$$

$$N_2 - m_2 g = m_2 a_y = 0$$

$$N_2 = m_2 g$$



$$\Sigma F_x = m_3 a_x = 0$$

$$\Sigma F_y = m_3 a_y$$

$$T_2 - m_3 g = m_3 a$$

$$T_2 = m_3 (g + a)$$



$$T_2 + f_{k2} - T_1 = -m_2 a$$

$$m_3(g+a) + \mu_k N_2 - m_1(g-a) = -m_2 a$$

$$m_3(g+a) + \mu_k (m_2 g) - m_1(g-a) = -m_2 a$$

$$m_3 g + \mu_k m_2 g - m_1 g = -(m_1 + m_2 + m_3) a$$

$$a = \frac{(m_1 - m_3 - \mu_k m_2) g}{(m_1 + m_2 + m_3)}$$

$$a = \frac{(4 - 2 - 0,35 \cdot 1) 9,8}{(4 + 2 + 1)} = \frac{1,65 \cdot 9,8}{7}$$

$$a = 2,31 \text{ m/s}^2$$

$$T_1 = m_1 (g - a)$$

$$T_1 = m_1 (9,8 - 2,31) = 29,56 \text{ N}$$

$$T_2 = m_3 (g + a) = 2 \text{ kg} (9,8 + 2,31) = 24,22 \text{ N}$$

