Genel Fizik

Doç. Dr. Hasan H. Esenoğlu

2019

İçerik

1. Fizik ve Ölçme; Temel Büyüklükler; Kütle, zaman ve uzunluk; Birimler ve Boyut Analizi; Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar
2. Vektörler; vektörlerin toplanması ve çarpımı
3. Bir boyutta hareket, Yer değiştirme, Hız ve İvme, Serbest düşme
4. İki boyutta hareket , Eğik atış ve dairesel hareket
5. Newton Hareket Yasaları

Vize Haftası

6. Sürtünme kuvvetleri ve Newton yasalarının uygulamaları, İş ve kinetik enerji
7. Potansiyel Enerji ve Enerjinin korunumu, Doğrusal momentum ve çarpışmalar, momentumun korunumu
8. Katı Cismin Sabit Bir Eksen Etrafında Dönmesi, Eylemsizlik momenti
9. Yuvarlanma Hareketi , Dönme Enerjisi, Açısal Momentum ve Tork
10. Statik ve Denge
11. Titreşim Hareketi
12. Akışkanlar Mekaniği

Final Haftası

Ayrıntılı İçerik

Sürtünme kuvvetleri ve Newton yasalarının uygulamaları, İş ve kinetik enerji

İki Cisim Arasındaki Sürtünme Kuvveti

- Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetleri

Sürtünme Kuvvetinin Özellikleri

- Statik ve Kinetik Sürtünme Katsayıları

Merkezcil kuvvet açısından düzgün dairesel hareket

Düzgün Dairesel Hareket, Merkezcil Kuvvet

Kinetik Enerji ve İş

Kinetik Enerji

Bir kuvvetin yaptığı iş

İş

İş-Kinetik Enerji Teoremi

Yerçekimi Kuvvetinin Yaptığı İş

Yükseltme Kuvvetinin Yaptığı İş

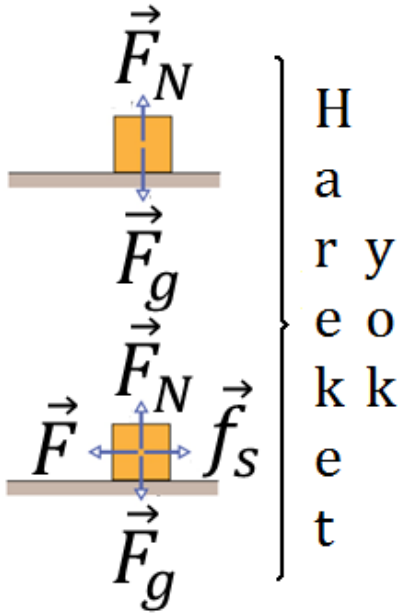
Alçaltma Kuvvetinin Yaptığı İş
Değişken Kuvvetin Yaptığı İş
Yay Kuvveti
Yay Kuvveti Tarafından Yapılan İş
Üç-Boyutlu Uzayda Kuvvetin Yaptığı İş
Değişken Kuvvet ve İş-Kinetik Enerji Teoremi

Güç

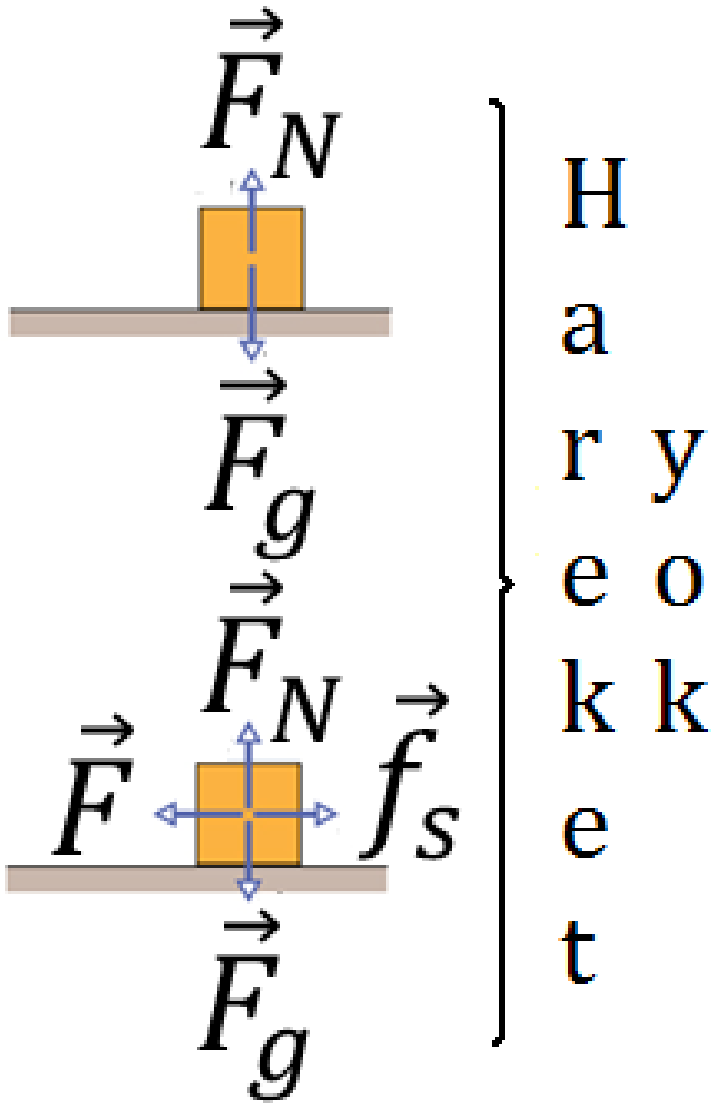
Hıza Bağlı Güç İfadesi

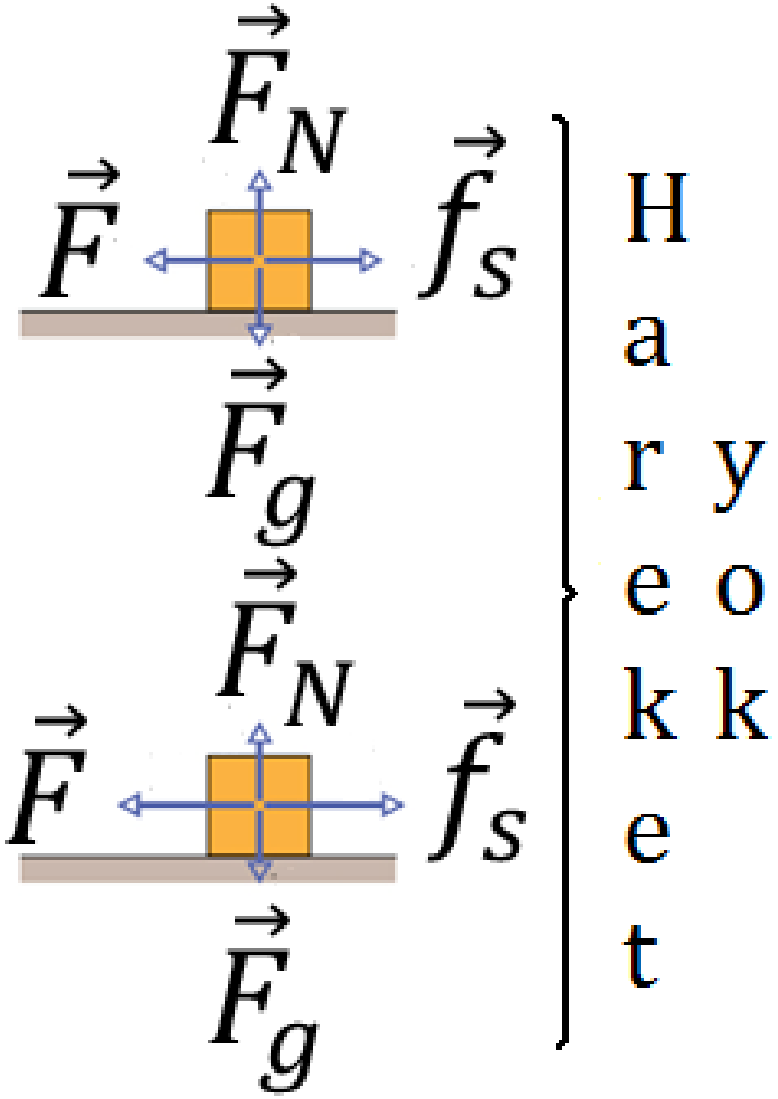
İKİ CİSİM ARASINDAKİ SÜRTÜNME KUVVETİ
Statik ve Kinetik Sürtünme Kuvvetleri

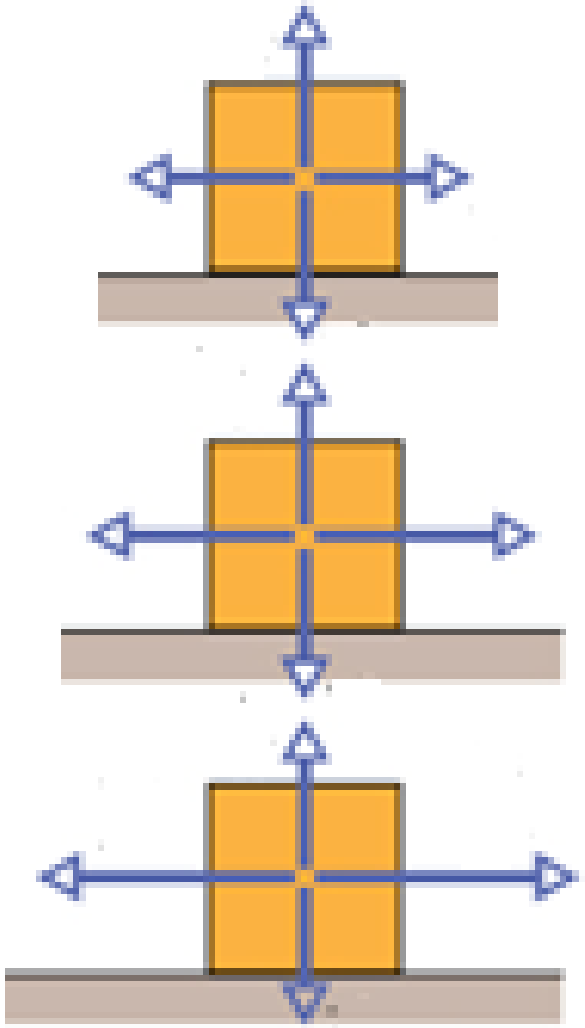
Yatay zeminde duran bir sandık düşünelim. Sandığı sola doğru artan bir kuvvetle çekelim. Sandık hareket etmediği sürece, temas yüzeyinde, uyguladığımız $\vec{F}$ kuvvetini dengeleyen bir $\vec{f}_s$ kuvveti oluşur. Bu kuvvet statik sürtünme kuvveti olarak tanımlanır.



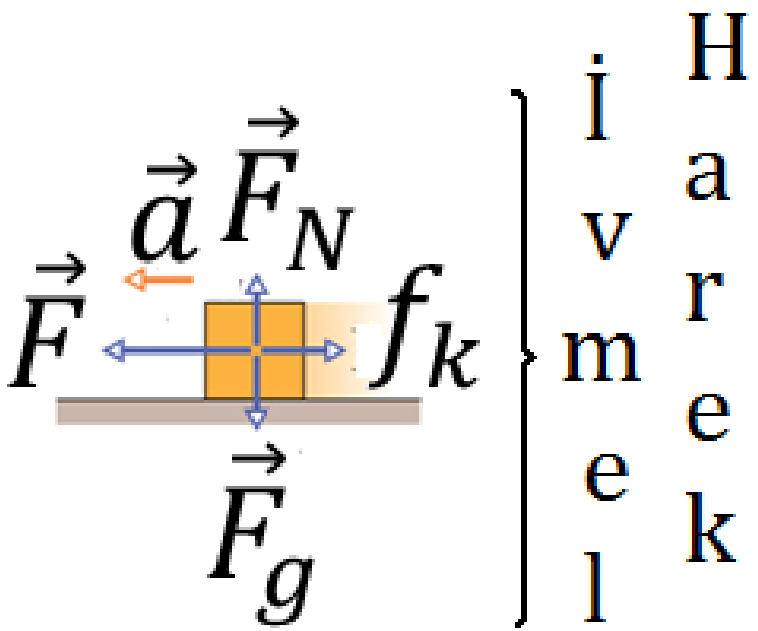
Uygulanan F kuvveti arttıkça f_s kuvveti de artar.



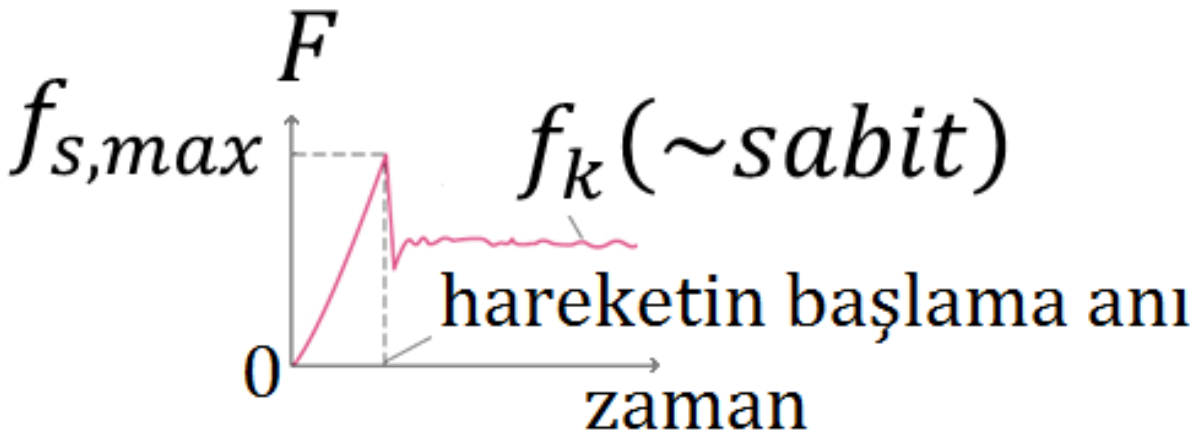




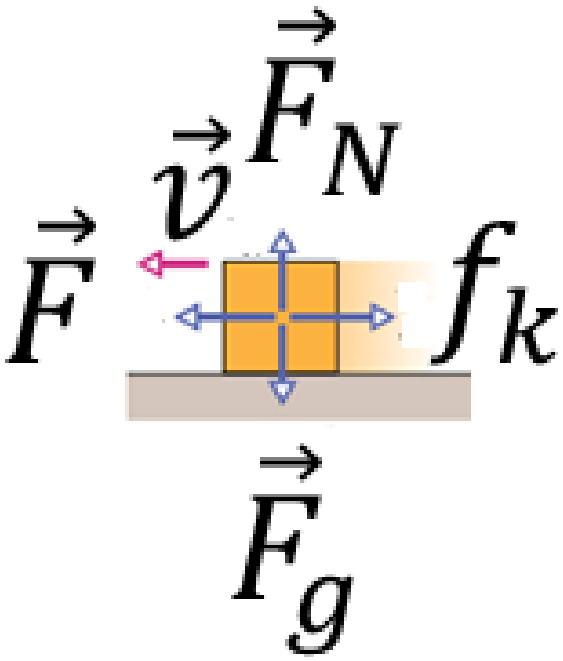
Uygulanan F kuvveti belli bir eşik değere ulaştığında, hareket başlar ve sandık sola doğru ivmelenir. Sandık harekete başladıktan sonra, sandıkla zemin arasındaki kuvvet artık kinetik sürtünme kuvveti' dir ve f_k ile gösterilir ($f_k < f_s$).



İvmeli Hareket

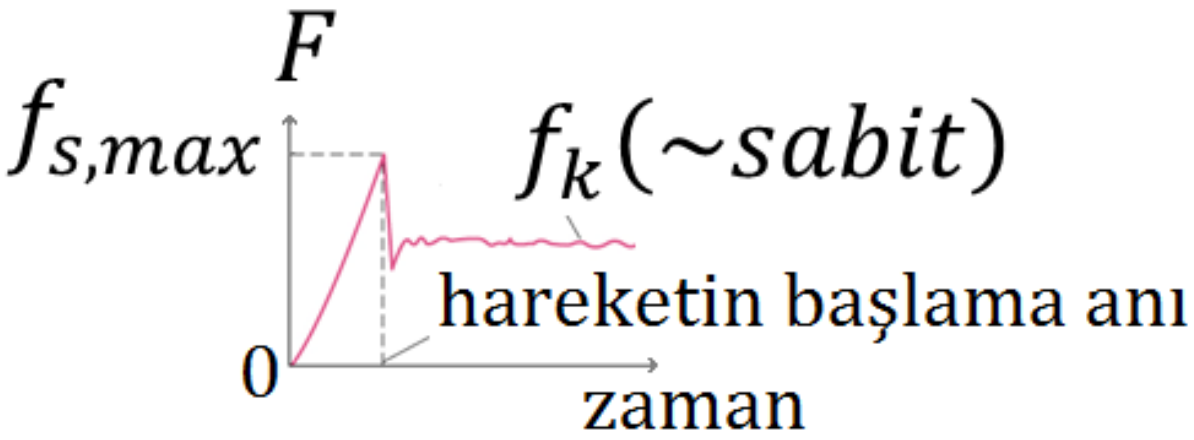


Sandığın sabit bir hızla harekete devam etmesini istiyorsak, uyguladığımız F kuvvetini f_k 'yı dengeleyecek şekilde düşürmemiz gerekecektir.



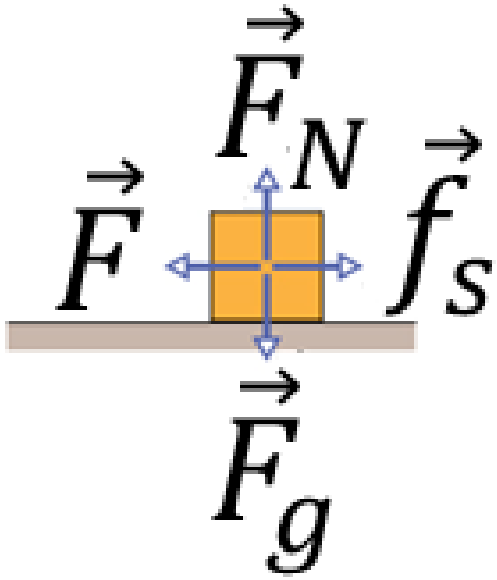
Hareketsiz

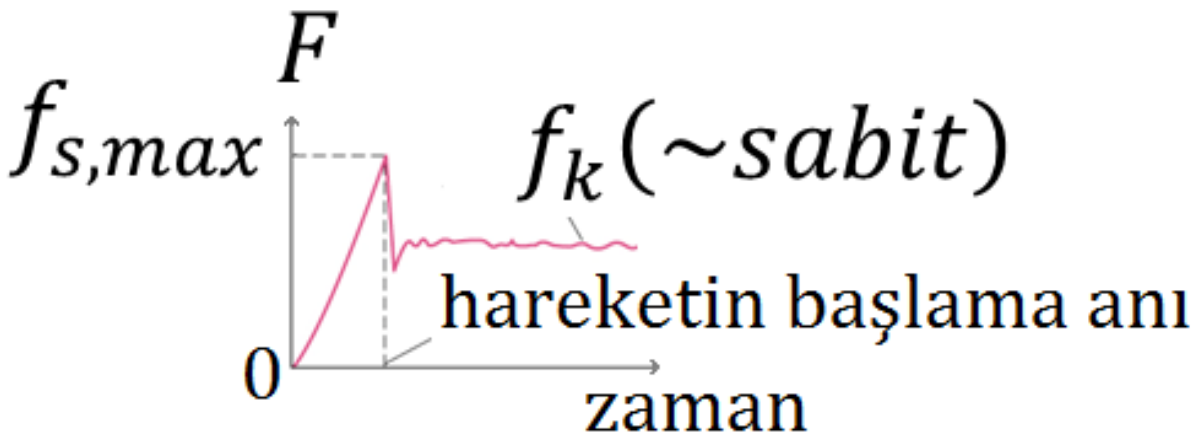
Sabit hızla hareket



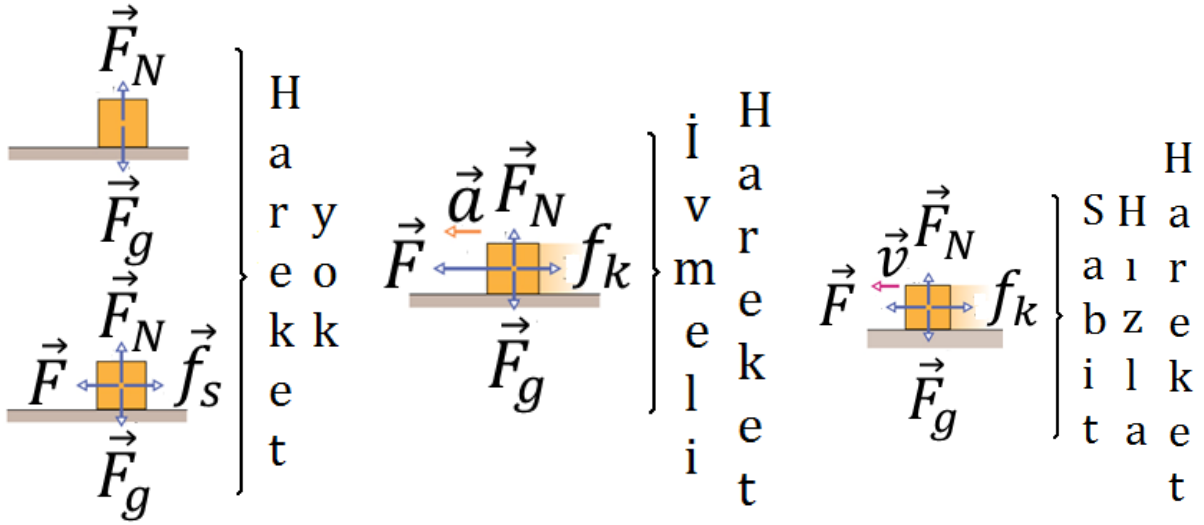
SÜRTÜNME KUVVETİNİN ÖZELLİKLERİ
Statik ve Kinetik sürtünme Katsayıları

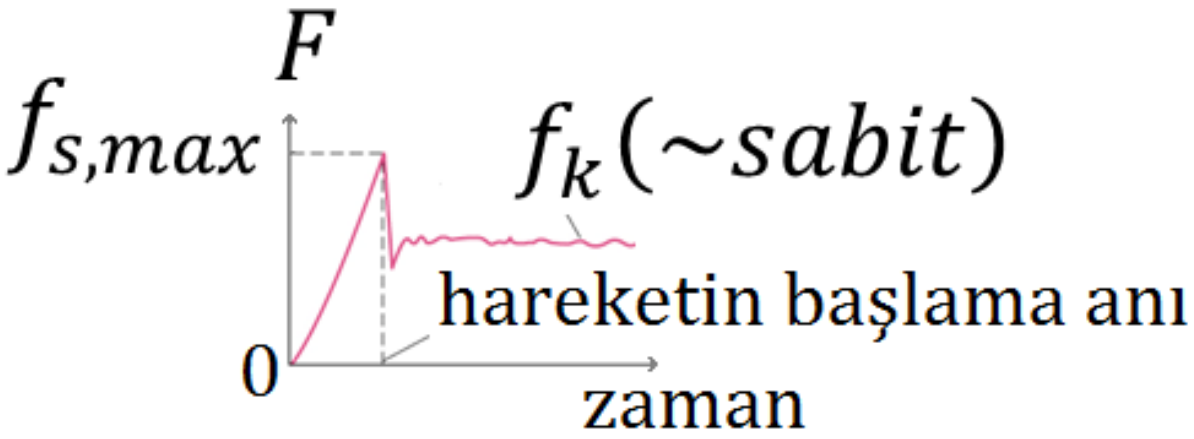
1. Temas eden iki yüzey birbirlerine göre hareketli değillerse, statik sürtünme kuvveti $\vec{f}_s$, uygulanan $\vec{F}$ kuvvetini dengeler.



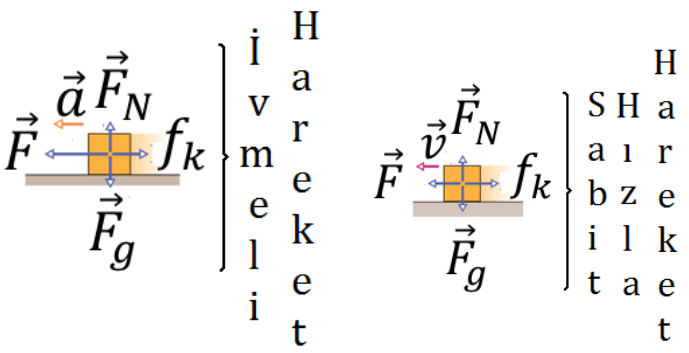


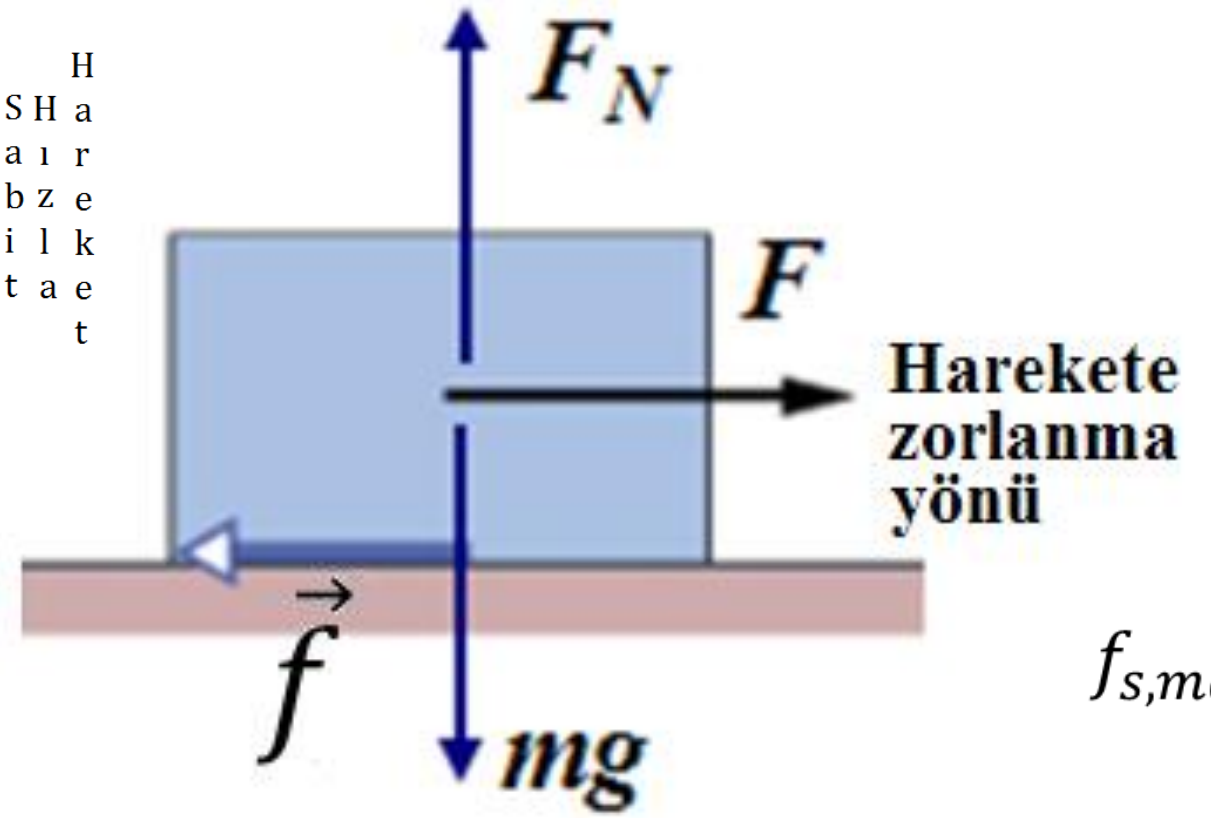
2. Statik sürtünme kuvveti $\vec{f}_s$ 'nin büyüklüğü sabit değildir. 0' dan $f_{s,max} = \mu_s F_N$ değerine kadar değişir. Burada μ_s, statik sürtünme katsayısıdır. Uygulanan F kuvveti, $f_{s,max}$ kuvvetini aştığı anda sandık harekete başlar.





3. Sandık harekete başladıktan sonra, sürtünme kuvveti artık kinetik sürtünme kuvveti $\vec{f}_k$ 'dır ve büyüklüğü $f_k = \mu_k F_N$ eşitliği ile verilir. Burada μ_k kinetik sürtünme katsayısıdır.

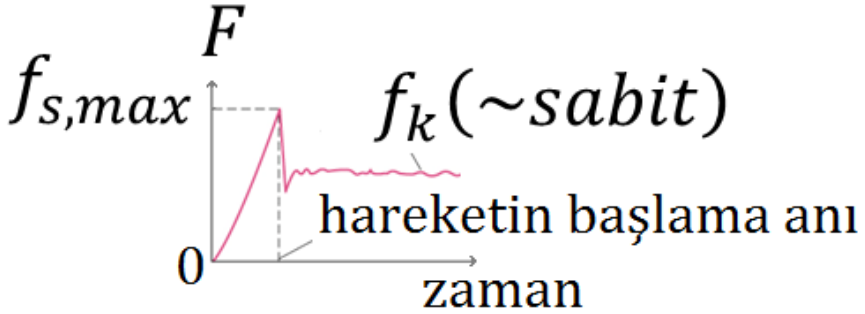




$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$

$$0 < f_s \leq \mu_s F_N$$

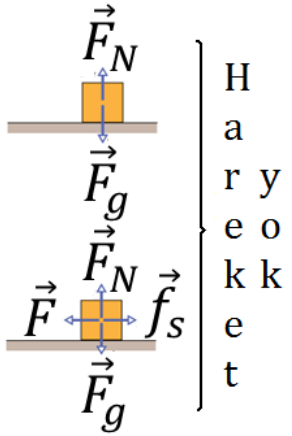
$$f_k = \mu_k F_N$$

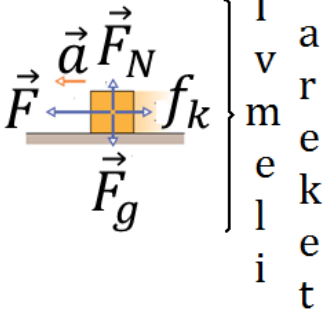


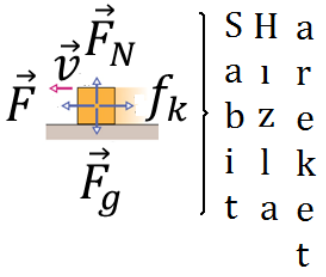
Not 1: Statik (f_s) ve kinetik (f_k) sürtünme kuvvetleri temas yüzeyine paraleldir.

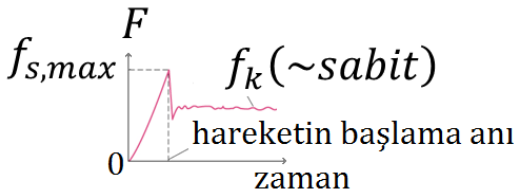
1. Kinetik sürtünme kuvveti (f_k) harekete ($\vec{v}$) ters yöndedir.
2. Statik sürtünme kuvveti (f_s) kayma eğiliminin tersi yönündedir

Not 2: Kinetik sürtünme katsayısı (μ_k), hareket eden cismin hızına bağlı değildir.





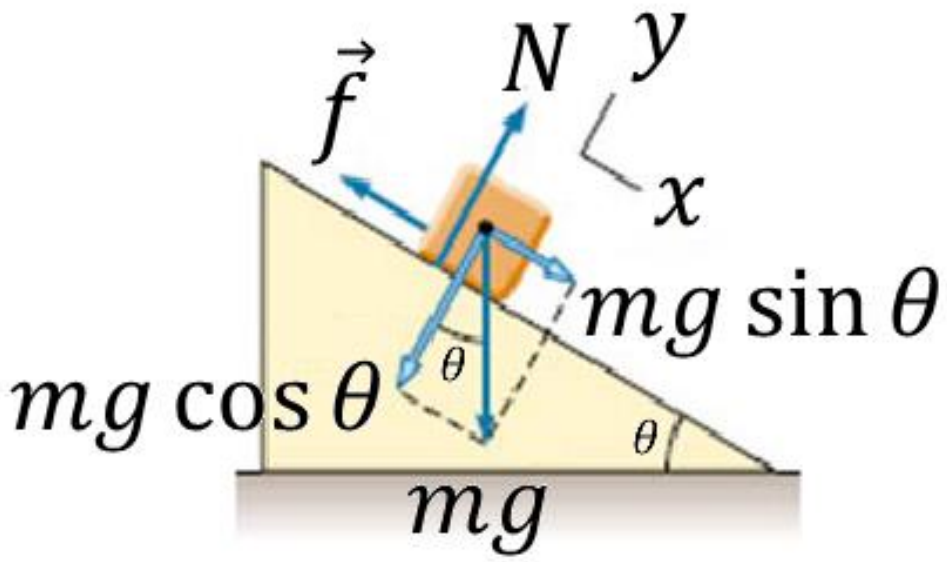


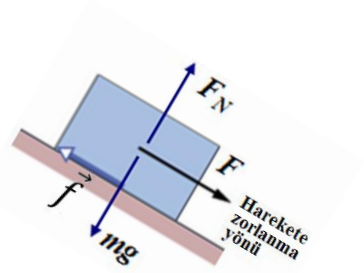


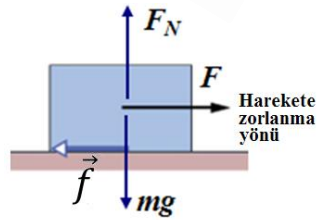
$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$
$$0 < f_s \leq \mu_s F_N$$
$$f_k = \mu_k F_N$$

Örnek

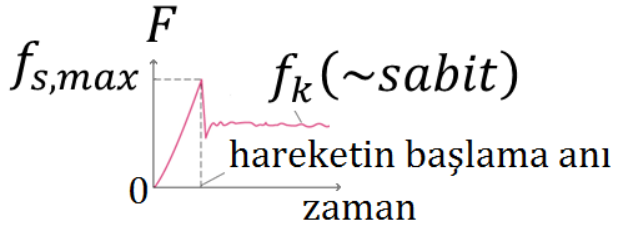
m kütleli bir blok sürtünmeli eğik bir düzlem üzerindedir. Eğim açısı θ, blok hareket edinceye kadar artırılabiliyor. Bloğun kaymaya başladığı kritik açı θ_k olduğuna göre, zeminle blok arasındaki statik sürtünme katsayısı μ_s nedir?



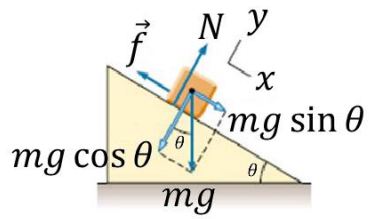




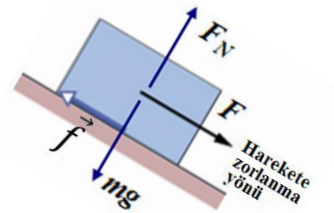
Çözüm ($\mu_s = ?$)



Kritik durumda (kayma başlamadan hemen önce):



$$\sum F_x = mg\sin\theta - f_s = ma_x = 0 \rightarrow f_s = mg\sin\theta$$



$$\sum F_y = N - mg\cos\theta = ma_y = 0 \rightarrow mg = \frac{N}{\cos\theta}$$

$$\rightarrow f_s = \frac{N}{\cos\theta}\sin\theta = N\tan\theta$$

$$f_{s,max} = N\tan\theta_k = \mu_s N \rightarrow \mu_s = \tan\theta_k$$

$f_{s,max} = \mu_s F_N$

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

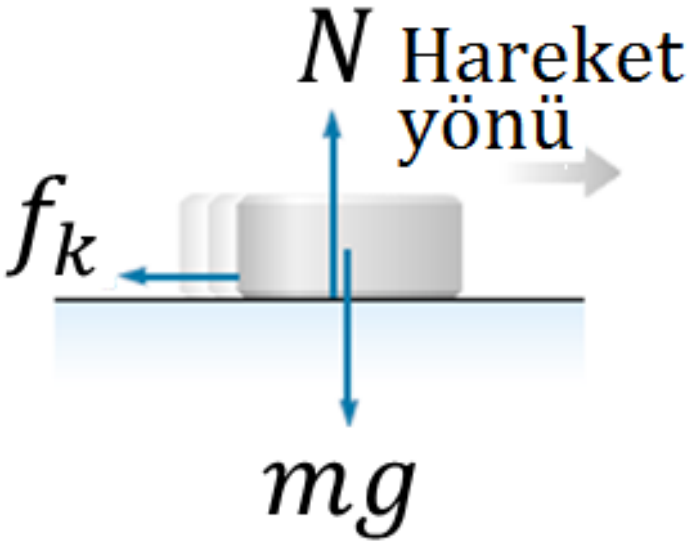
$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

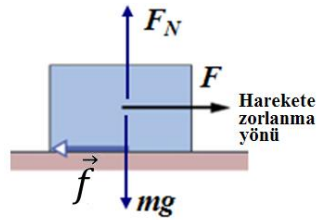
$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$

$F_{net,x} = ma_x$; $F_{net,y} = ma_y$; $F_{net,z} = ma_z$

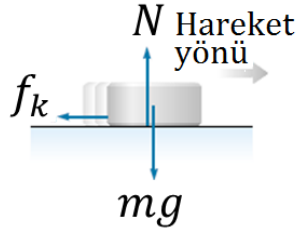
Örnek

Donmuş bir gölet üzerinde, bir buz hokeyi diskine 20 m/s'lik bir ilk hız veriliyor. Disk, buz üzerinde 115 m yol aldıktan sonra durduğuna göre, zeminle hokey diski arasındaki kinetik sürtünme kaysayısı (μ_k) nedir?

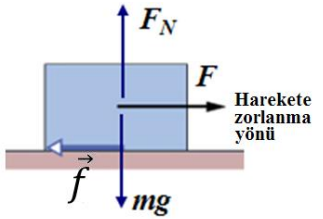




Çözüm ($v_i = 20\frac{m}{s}, v_s = 0,\ \Delta x = 115m,\ \mu_k = ?$)



$$\sum F_x = -f_k = ma_x$$



$$\sum F_y = N - mg = ma_y = 0 \rightarrow N = mg$$

$$\rightarrow f_k = \mu_k N = \mu_k mg = -ma_x \rightarrow a_x = -\mu_k g$$

$f_k = \mu_k F_N$

$v^2 = v_0{}^2 + 2a(x - x_0)$

$$v_s^2 = v_i^2 + 2a_x\Delta x \rightarrow a_x = -\frac{v_i^2}{2\Delta x} = -\frac{20^2}{2 \times 115} = -\frac{40}{23}$$

$$a_x = -\mu_k g = -\mu_k \times 9.8 = -\frac{40}{23} \rightarrow \mu_k = 0.177$$

$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$

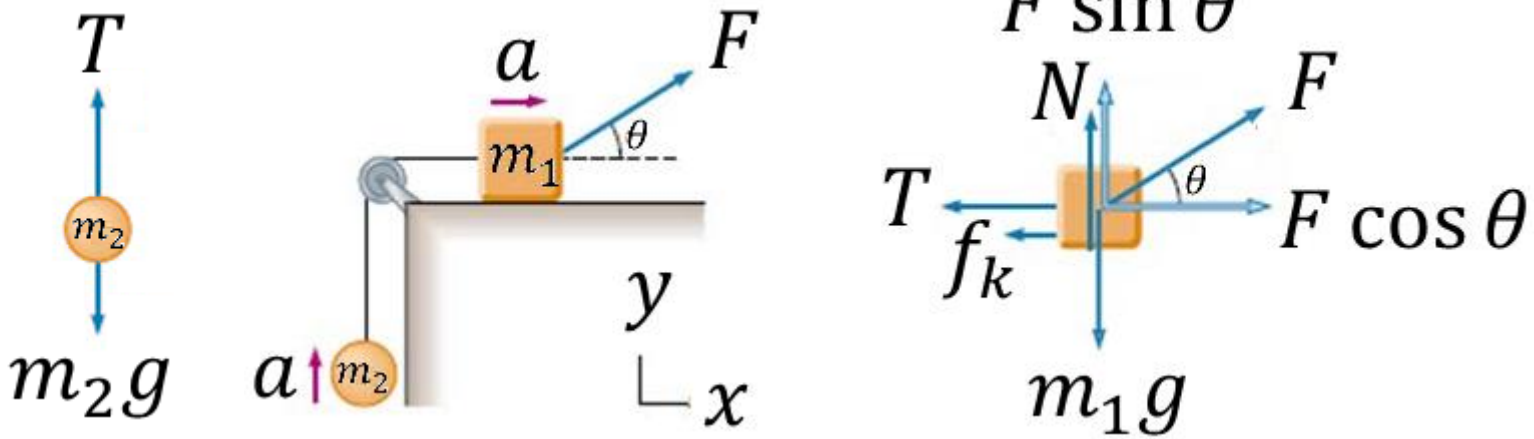
$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$

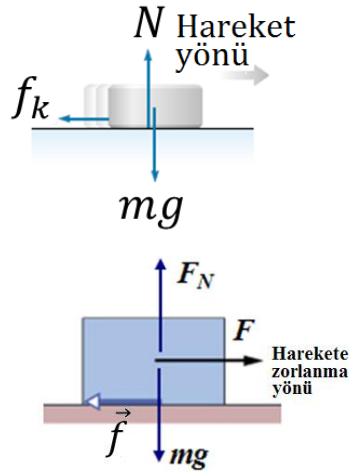
$F_{net} = m\vec{a}$

$F_{net,x} = ma_x\ ; F_{net,y} = ma_y\ ; F_{net,z} = ma_z$

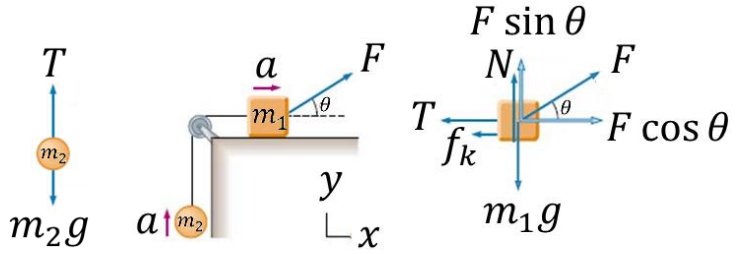
Örnek

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 θ açısı yapan bir F kuvveti uygulanıyor. Blok ile zemin arasındaki kinetik sürtünme katsayısı μ_k ise, sistemin ivmesini (a) bulunuz.





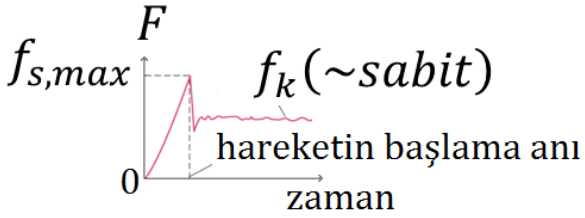
Çözüm ($a = ?$)



m_1 bloğu: $\sum F_x = F\cos\theta - T - f_k = m_1 a$

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

$$\rightarrow f_k = \mu_k N = \mu_k (m_1 g - F\sin\theta)$$



$$\rightarrow \sum F_x = F\cos\theta - T - \mu_k (m_1 g - F\sin\theta) = m_1 a$$

m_2 bloğu: $\sum F_y = T - m_2 g = m_2 a$

$f_k = \mu_k F_N$

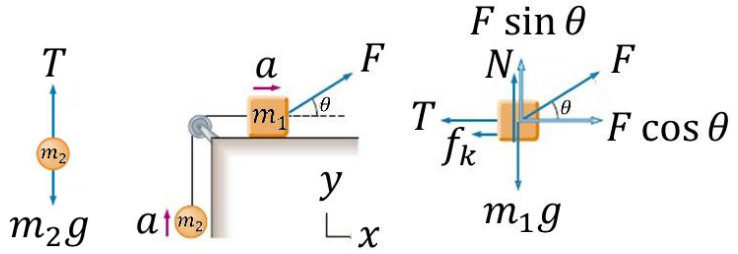
$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$F_{net} = m\vec{a}$

$F_{net,x} = ma_x \; ; F_{net,y} = ma_y \; ; F_{net,z} = ma_z$

Çözüm ($a = ?$)



$$F_{net} = m\vec{a} = m_1 a + m_2 a = a(m_1 + m_2)$$

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

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

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

$$f_k = \mu_k F_N$$

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

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

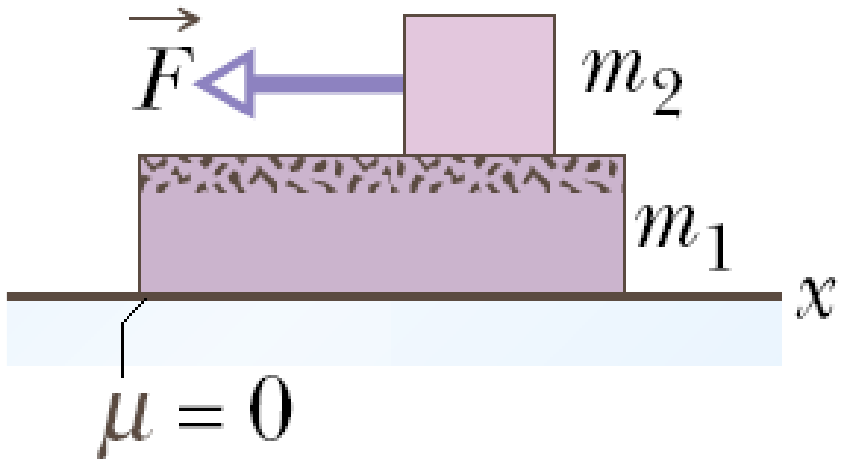
$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$$F_{net} = m\vec{a}$$

$$F_{net,x} = ma_x \; ; F_{net,y} = ma_y \; ; F_{net,z} = ma_z$$

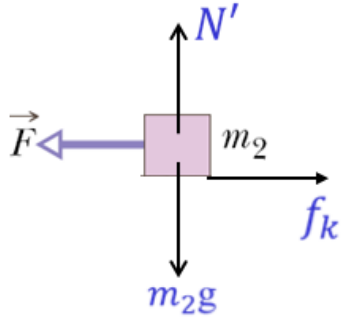
Örnek

Kütlesi 40 kg olan bir kalas sürtünmesiz yatay düzlemde, üzerinde 10 kg'lık blok ile birlikte hareketsiz durmaktadır. Blok ile kalas arasındaki statik ve kinetik sürtünme katsayıları sırasıyla 0.6 ve 0.4'tür. Bloğa 100N'luk bir $\vec{F}$ kuvvet şekildeki gibi uygulanmaktadır. Bloğun ve kalasın ivmelerini bulunuz.



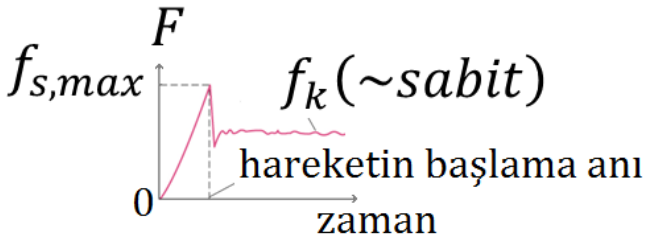
Çözüm ($m_2 = 10\ kg\ , \mu_s = 0.6\ , \mathrm{F} = 100\ \mathrm{N}\ , a = ?$)

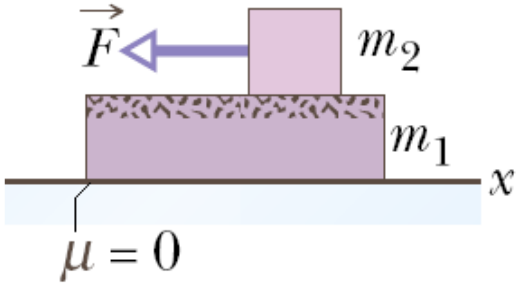
Eğer iki kütle arasındaki sürtünme kuvvetinin maksimum ($f_{s,max}$) değeri 100 N'dan küçük ise $m_2$bloğu kalas üzerinde sola doğru hareket edecektir.

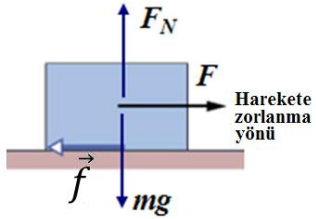


$$f_{s,max} = \mu_s N' = \mu_s m_2 g = 0.6 \times 10 \times 9.8 = 58.8\ N$$

$F > f_{s,max}$ olduğuna göre, iki kütle arasındaki sürtünme kuvveti kinetiktir (f_k).



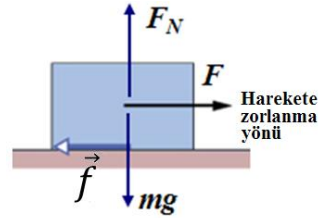




$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$

$$f_k = \mu_k F_N$$

Çözüm ($m_2 = 10\ kg$, $\mu_s = 0.6$, $\mu_k = 0.4$, $\mathrm{F} = 100\ \mathrm{N}$, $a_1 = ?$, $a_2 = ?$)

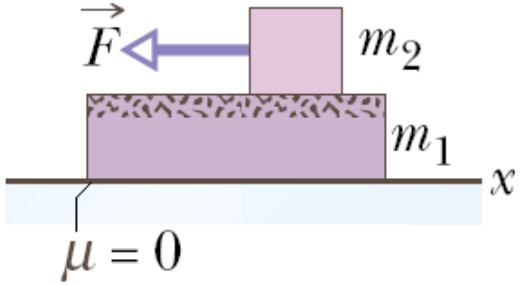


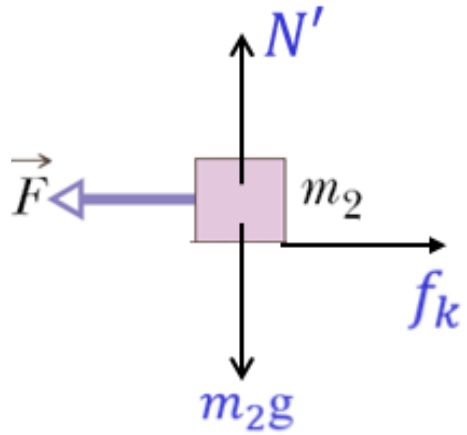
Şimdi her bir kütlenin serbest cisim diyagramını çizerek hareketlerini inceleyelim.

m_2 bloğu:

$$N' = m_2 g = 10 \times 9.8 = 98\ N$$

$$f_k = \mu_k N' = 0.6 \times 9.8 = 39.2\ N$$



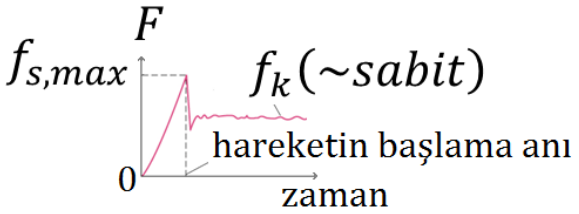


$$\vec{F} - f_k = m_2 a_2 \rightarrow a_2 = \frac{\vec{F} - f_k}{m_2} = \frac{100 - 39.2}{10} = 60.8\ \frac{m}{s^2}$$

$F_{net} = m\vec{a}$

$f_{s,max} = \mu_s F_N$

$f_k = \mu_k F_N$

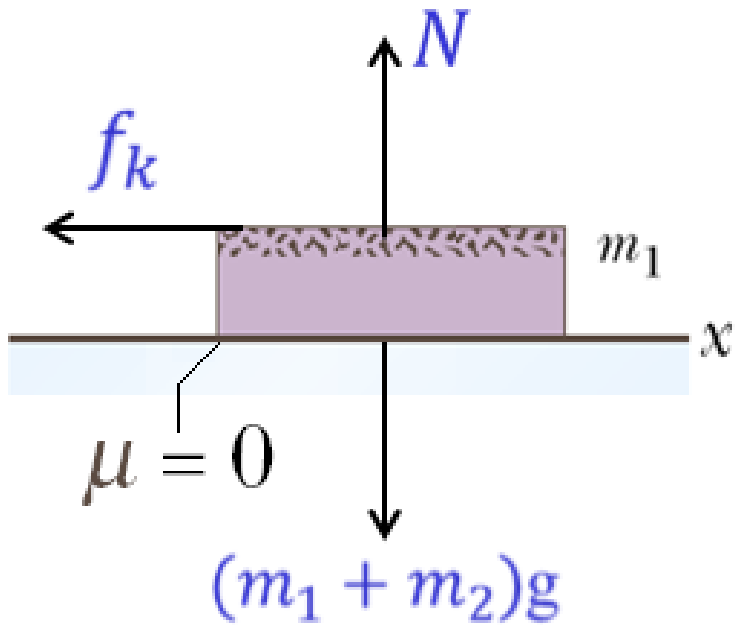


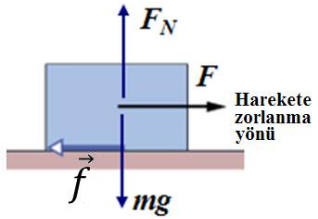
Çözüm ($m_1 = 40\ kg\ , m_2 = 10\ kg\ , \mu_s = 0.6\ , \mu_k = 0.4\ , \mathrm{F} = 100\ \mathrm{N}\ , f_k = 39.2\ N\ , a_1 = ?\ , a_2 = ?$)

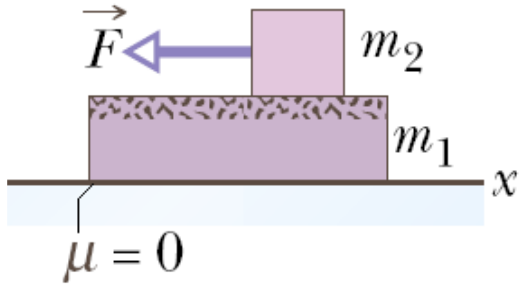
m_1 kalası:

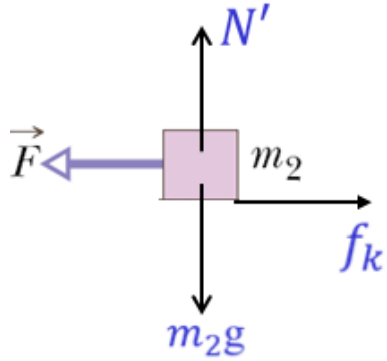
$$\mu = 0 \rightarrow f_k = m_1 a_1$$

$$\rightarrow a_1 = \frac{f_k}{m_1} = \frac{39.2}{40} = 0.98 \frac{m}{s^2}$$









$$F_{net} = m\vec{a}$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$

$$f_k = \mu_k F_N$$

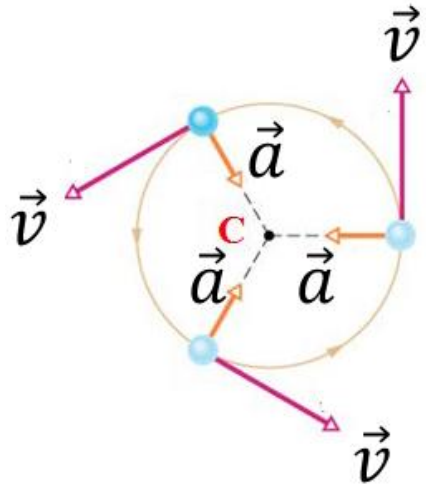
MERKEZCİL KUVVET AÇISINDAN DÜZGÜN DAİRESEL HAREKET

Düzgün Dairesel Hareket, Merkezcil Kuvvet

Düzgün dairesel hareket yapan bir cismin her hangi bir andaki ivmesinin büyüklüğü

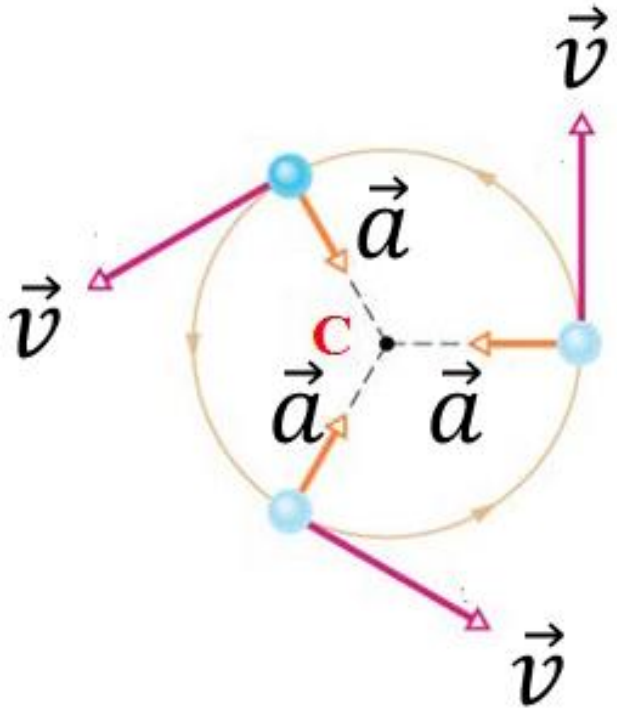
$$a = \frac{v^2}{r}$$

ifadesi ile verilir. Bu kuvvete merkezcil kuvvet diyoruz.



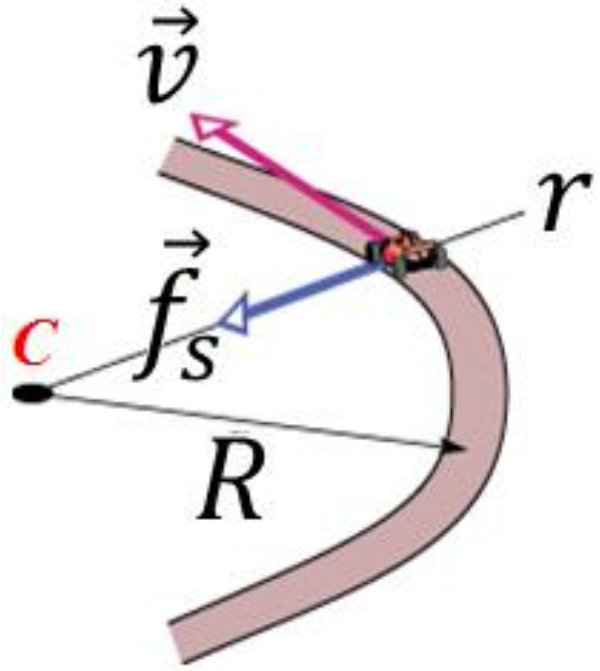
Merkezcil kuvvet yeni bir kuvvet değildir, C noktası etrafında dönen cisme etkiyen net kuvvettir.

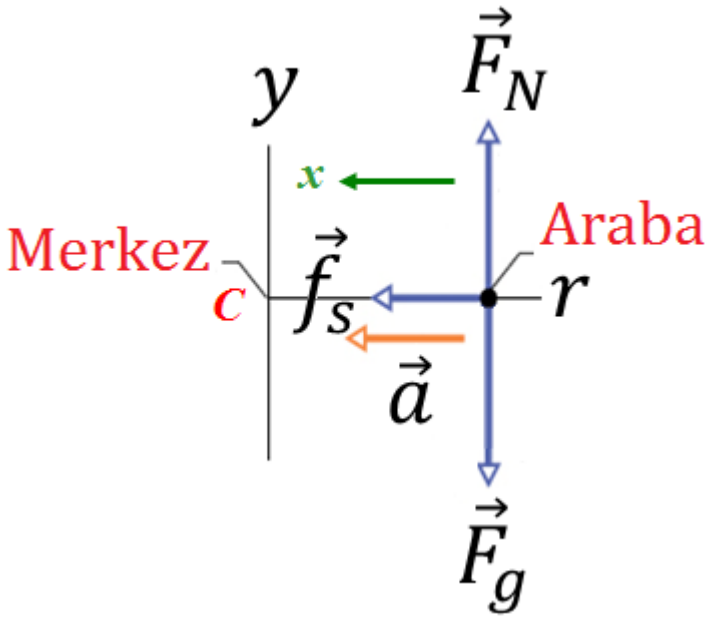
Duruma göre merkezcil kuvvet bazen sürtünme, bazen normal, bazen de yer-çekimi kuvveti olabilir.



Örnek

Kütlesi *m* olan bir yarış arabası düz (yatay) bir yolda R yarıçaplı bir virajı *v* hızıyla dönmek istiyor. Araba ile yol arasındaki sürtünme kuvvetini belirleyiniz.

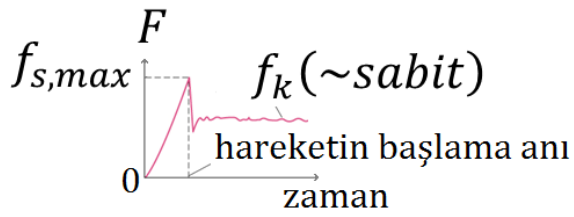




Çözüm (f =?)

Arabanın serbest-cisim diyagramı çizilirse, virajın merkezine doğru olan net kuvvetin statik sürtünme kuvveti f_s olduğu görülür. Dolayısıyla, statik sürtünme kuvveti f_s merkezcildir. Arabanın virajdan savrulmadan dönmesini sağlar.

$$F_{net,r} = f_s = ma = m\frac{v^2}{r}$$



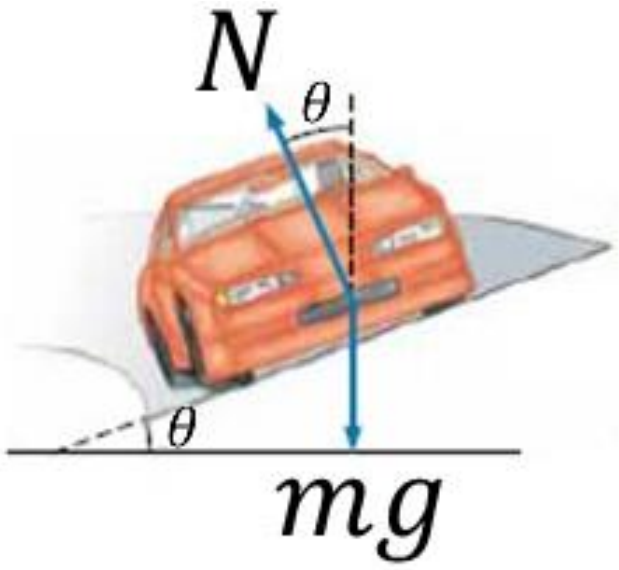
$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$

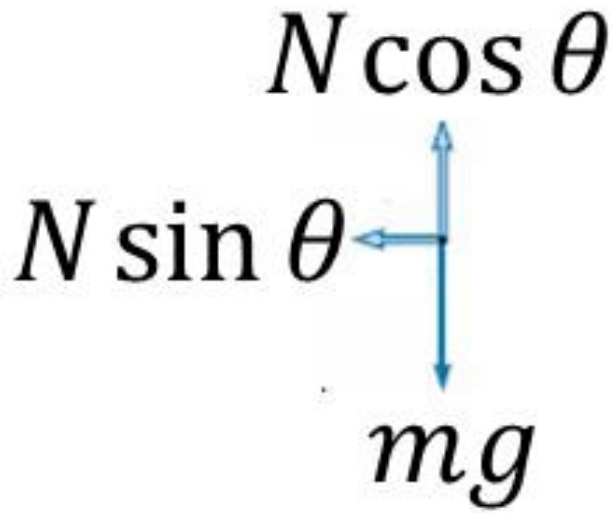
$$F_{net} = m\vec{a}$$

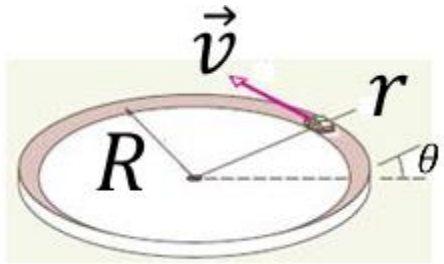
$$a = \frac{v^2}{r}$$

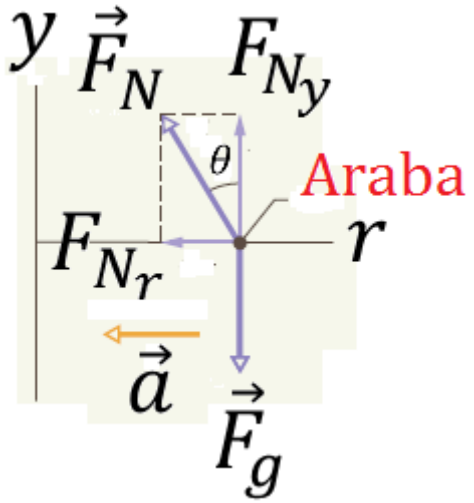
Örnek (eğimli viraj)

Tamamen buzla kaplı (sürtünmesiz), 50 m yarıçaplı bir virajı 13.4 m/s hızla geçmek için, yolun eğim açısı kaç derece olmalıdır?

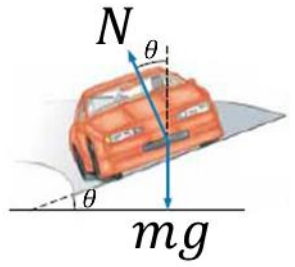


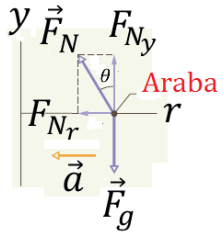


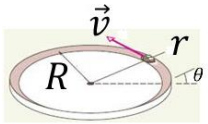




Çözüm ($v = 13.4\frac{m}{s}$, $R = 50m$, $\theta = ?$)

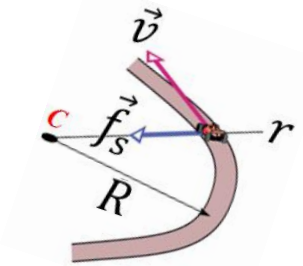






$$\sum F_r = N\sin\theta = m\frac{v^2}{R}$$

$$\sum F_y = N\cos\theta - mg = 0 \rightarrow N\cos\theta = mg$$



$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = \frac{v^2}{gR} = \frac{13.4^2}{9.8\times 50} \cong 0.37$$

$$\theta = 20°.1$$

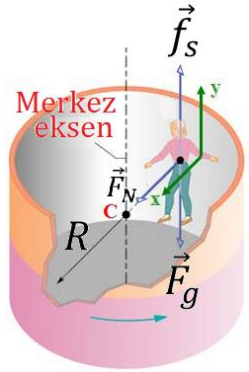
$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

$$F_{net,x} = ma_x \; ; F_{net,y} = ma_y \; ; F_{net,z} = ma_z$$

Örnek



Rotor, ekseni etrafında v hızıyla dönen R yarı çaplı içi boş bir silindirdir. Kütlesi m olan bir çocuk, sırtı silindirin iç duvarına yaslanmış bir şekilde ayaktadır. Silindir dönmeye başlıyor ve önceden belirlenmiş bir hız değerine ulaştığında, silindirin tabanı aniden düşmesine rağmen, çocuk silindir duvarında tutulu kalmaktadır. Rotor duvarıyla çocuk arasındaki statik sürtünme katsayısı f_s olduğuna göre, Rotor'un minimum hızı ne olmalıdır?

$f_{s,max} = \mu_s F_N$

Çözüm ($v_{min} = ?$)

Çocuk için serbest-cisim diyagramı çizilirse, normal kuvvet F_N'nin merkezcil kuvvet olduğu görülür.



$$F_{net,x} = F_N = ma = m\frac{v^2}{R}$$

$$\sum F_{net,y} = f_s - mg = 0 \rightarrow f_s = mg$$

$$mg = \mu_s F_N = \mu_s m\frac{v^2}{R} \rightarrow v_{min} = \sqrt{\frac{gR}{\mu_s}}$$

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

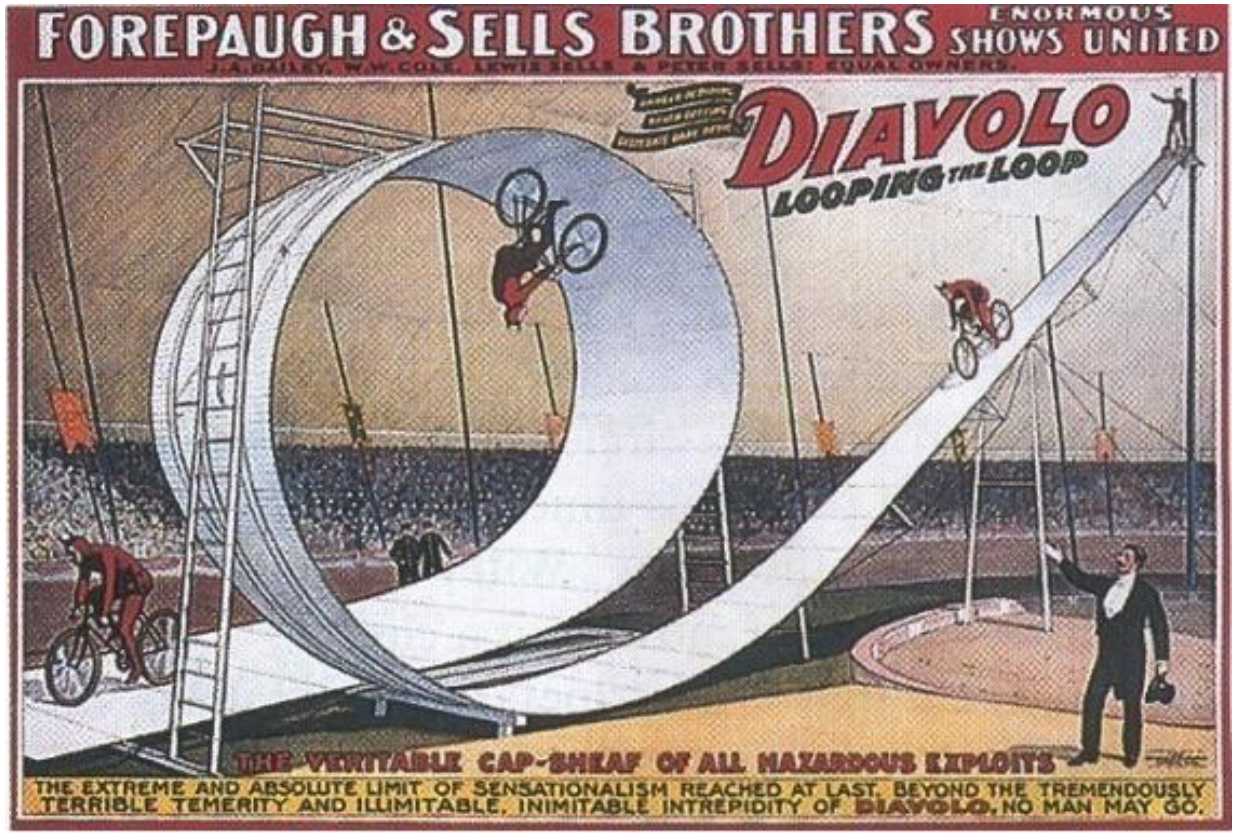
$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

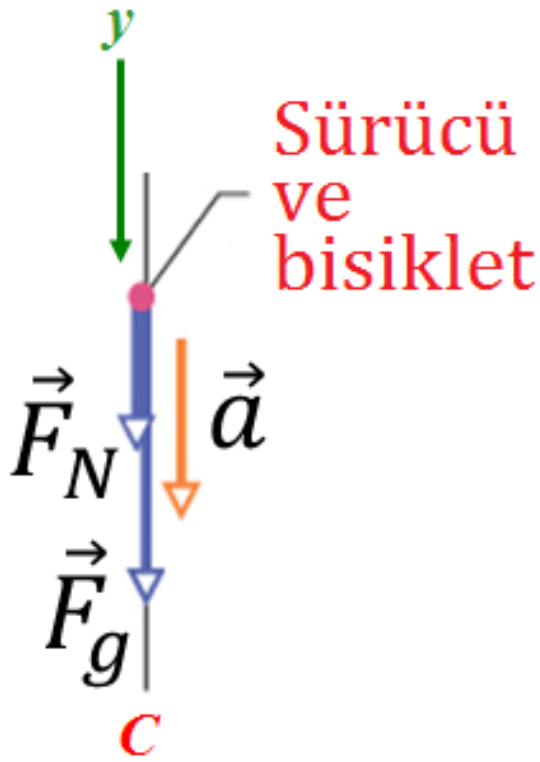
$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

$$F_{net,x} = ma_x \; ; F_{net,y} = ma_y \; ; F_{net,z} = ma_z$$

Örnek

Çember şeklindeki platformun yarı çapı R 'dir. Platformun en tepesinde sürücünün düşmemesi için o andaki v hızı ne olmalıdır?



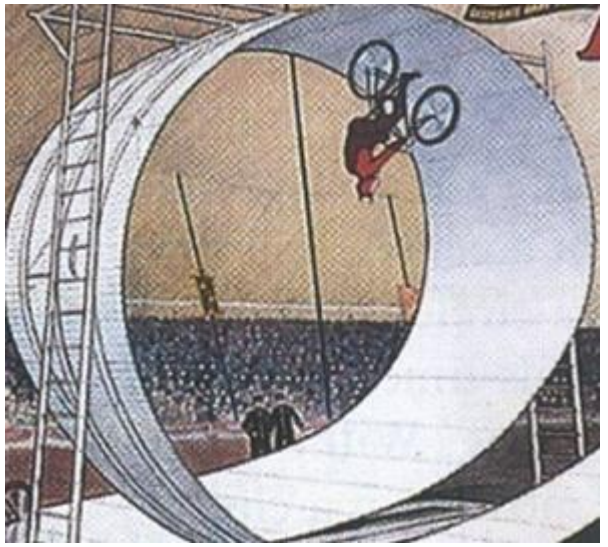


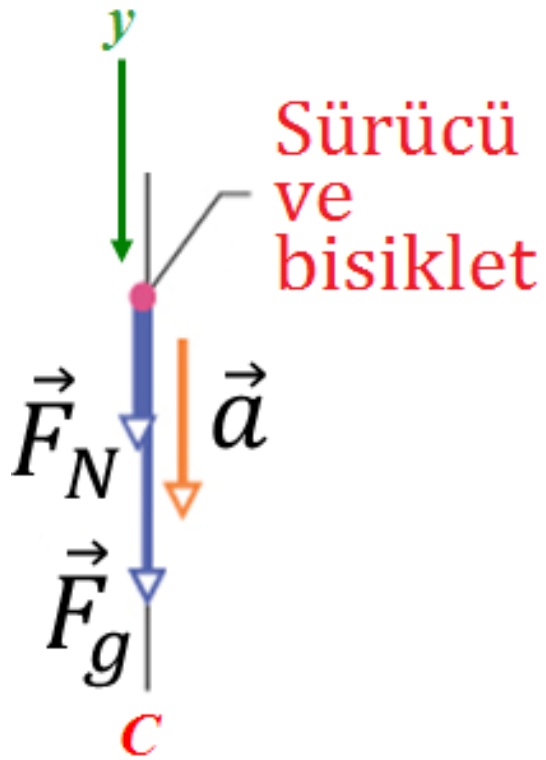
$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

Çözüm ($v_{min} = ?$)

Sürücü platformun tepesinde iken serbest-cisim diyagramını çizersek, sürücüye etki eden yer-çekimi kuvveti F_g ve normal kuvvet F_N aşağı yöndedir.





$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

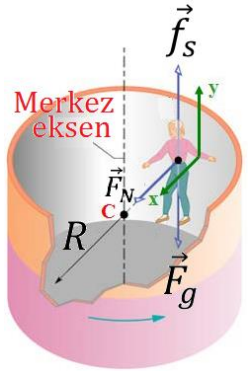
Çözüm ($v_{min} = ?$)

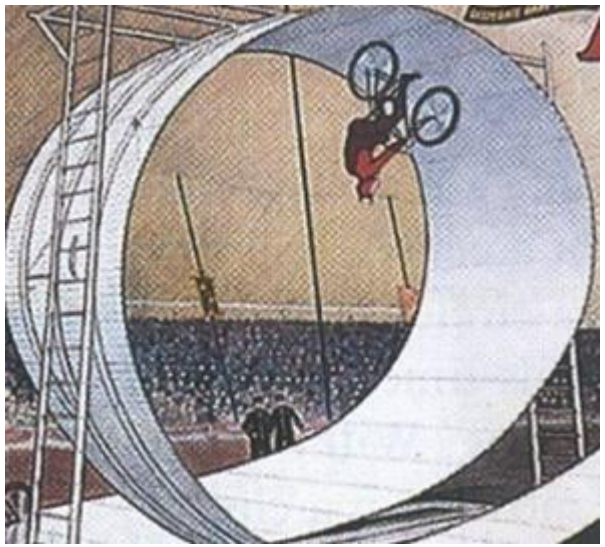
O noktada sürücünün minimum hıza sahip olması durumunda, platformla teması kesilir ve $F_N = 0$ olur. Böylece, sürücüye etki eden tek kuvvet F_g'dir ve merkezcildir. Bu durumda,

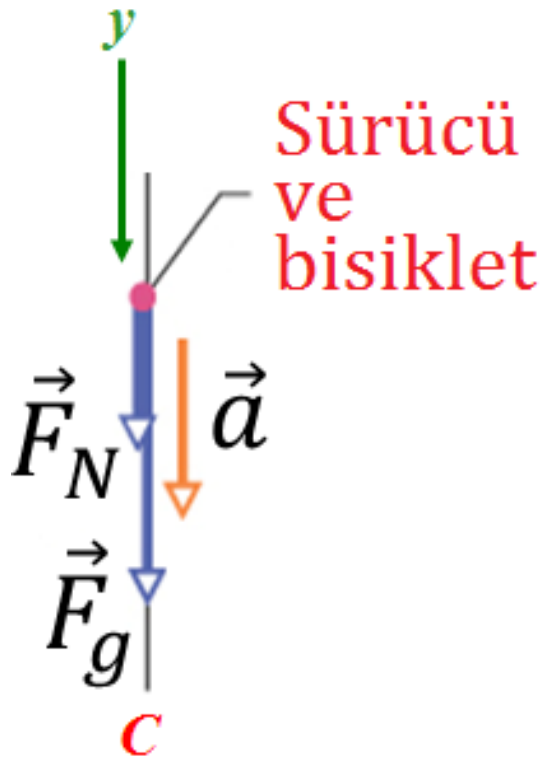
$$F_{net,y} = mg = m\frac{v_{min}^2}{R}$$

$$\rightarrow v_{min} = \sqrt{gR}$$

$$(v_{min} = \sqrt{\frac{gR}{\mu_s}})$$

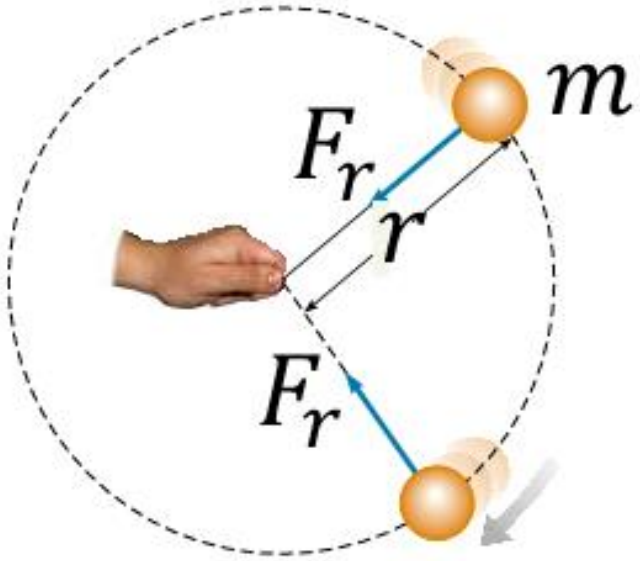






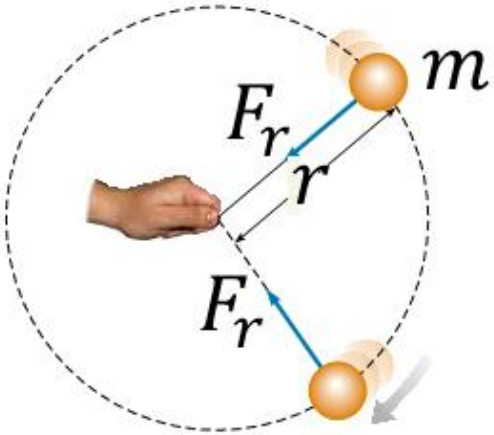
Örnek

Kütlesi 0.5 kg olan bir taş, 1.5 m uzunluğundaki bir ipin ucuna bağlanmış ve yatay bir düzlemde döndürülmektedir. Taşın bağlı olduğu ip en fazla 50 N'luk bir kuvvete dayanabildiğine göre, ipin kopmadan hemen önceki hızı ne olur?



Çözüm ($m = 0.5\ kg\ , r = 1.5\ m\ , T_{max} = 50\ N\ ,$ $\mathrm{v_{max}}$ =?)

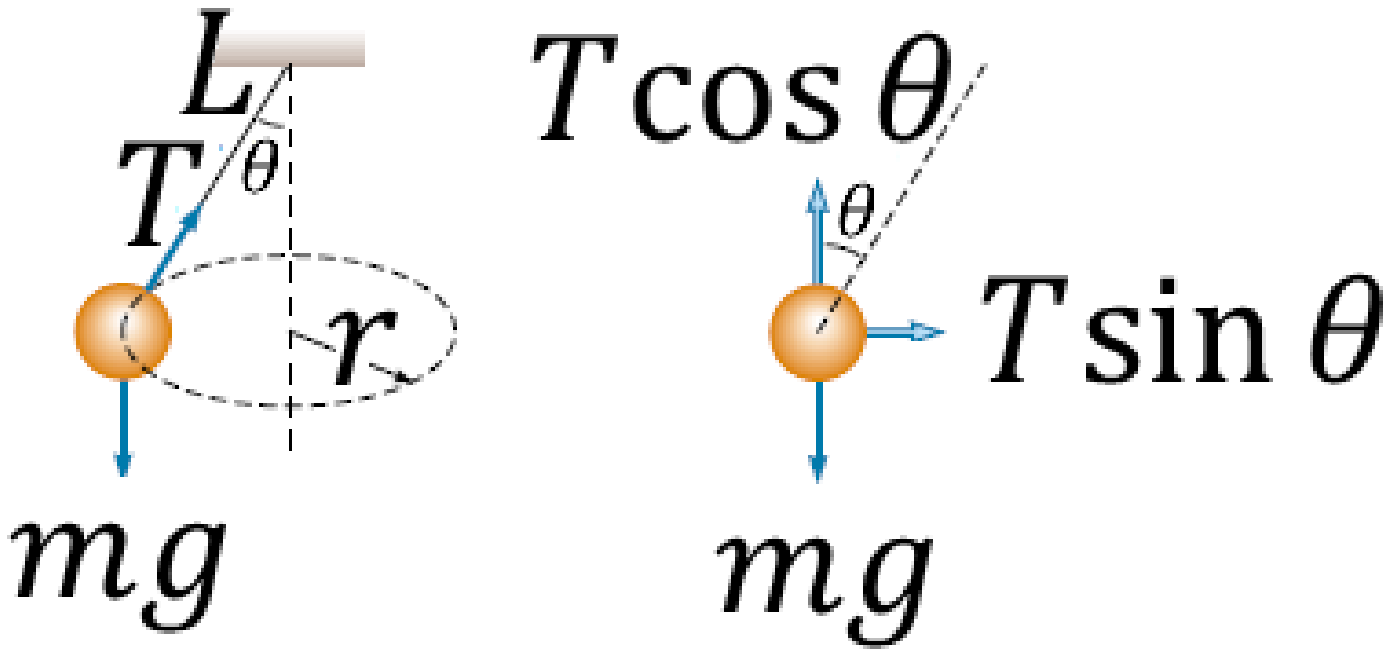
$$T_{max} = m\frac{v^2}{r} \rightarrow \mathrm{v_{max}} = \sqrt{\frac{rT_{max}}{m}} = \sqrt{\frac{1.5 \times 50}{0.5}} = 12.2\ \frac{m}{s}$$



$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

Örnek

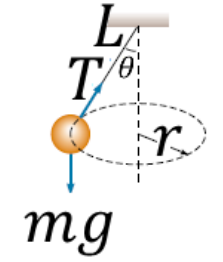
Kütlesi m olan bir cisim L uzunluğundaki bir ipin ucunda şekildeki gibi yatayda r yarıçaplı çembersel bir yörüngede v hızı ile dönmektedir (Konik sarkaç). Cismin hızını bilinen nicelikler cinsinden ifade ediniz.

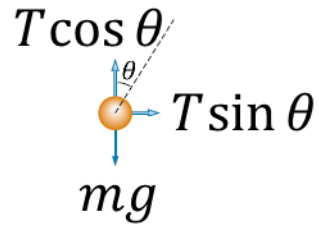


Çözüm (v =?)

$$\sum F_{net,x} = T\sin\theta = ma = m\frac{v^2}{r}$$

$$\sum F_{net,y} = T\cos\theta - mg = 0 \rightarrow T\cos\theta = mg$$





$$\tan\theta = \frac{v^2}{gr} \rightarrow v = \sqrt{gr\tan\theta}$$

$$v = \sqrt{gL\sin\theta\tan\theta}$$

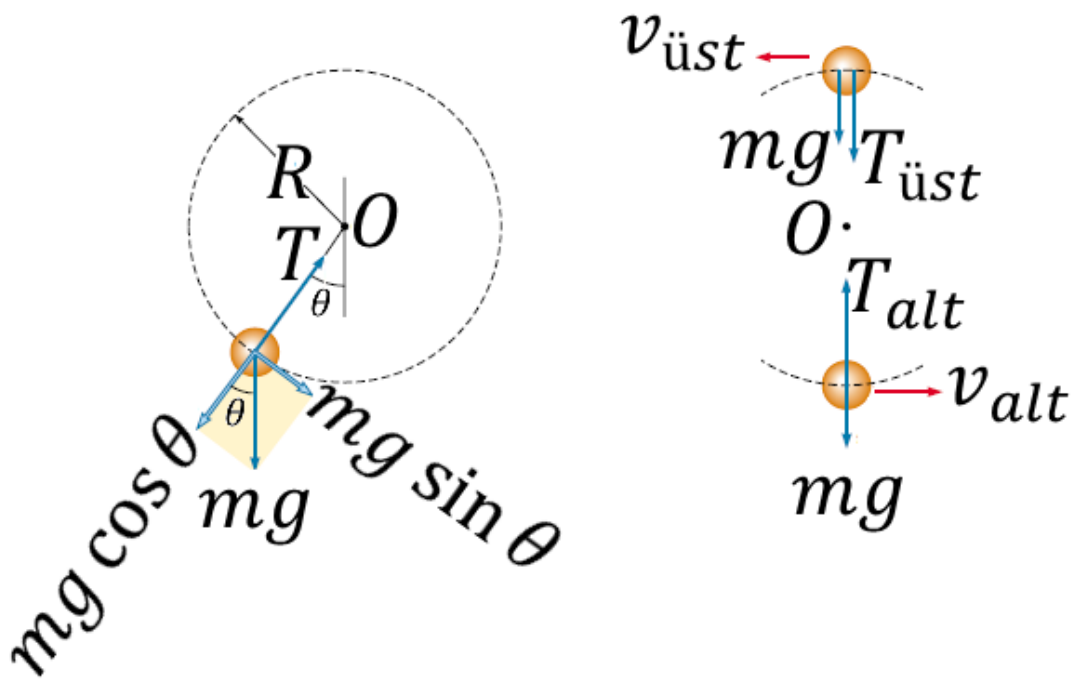
$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

Örnek

Kütlesi m olan bir cisim uzunluğu R olan bir ipin ucunda, şekildeki gibi düşey düzlemde O noktası etrafında dönmektedir. İpin düşeyle θ açısı yaptığı bir anda cismin hızı v ise, ipteki gerilme kuvveti ne olur?



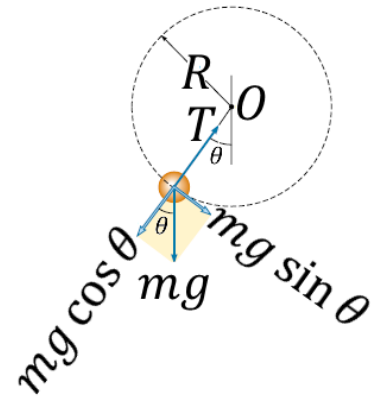
Çözüm (T =?)

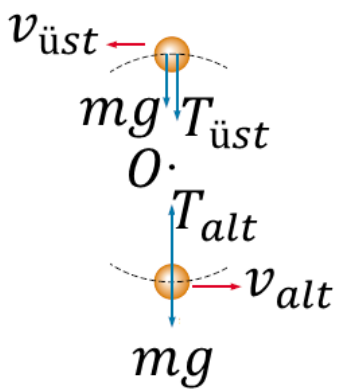
$$\sum F_t(\text{teğetsel}) = mg\sin\theta = ma_t$$

$$\rightarrow a_t = g\sin\theta \ (\text{hızdaki değişimin kaynağı})$$

$$\sum F_r(radyal) = T - mg\cos\theta = ma_r = m\frac{v^2}{R}$$

$$\rightarrow T = m\left(\frac{v^2}{R} + g\cos\theta\right)$$





$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

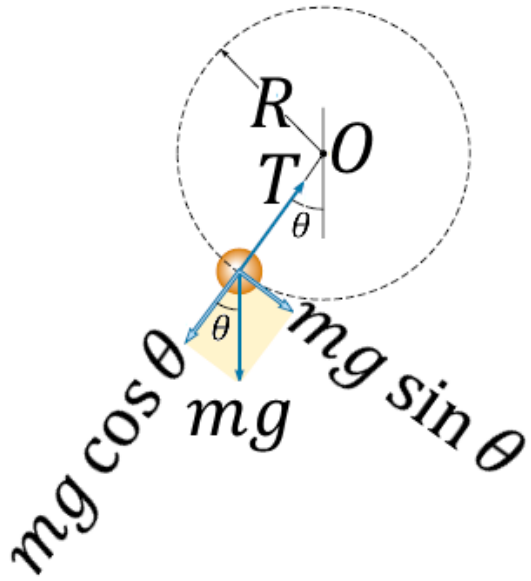
$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

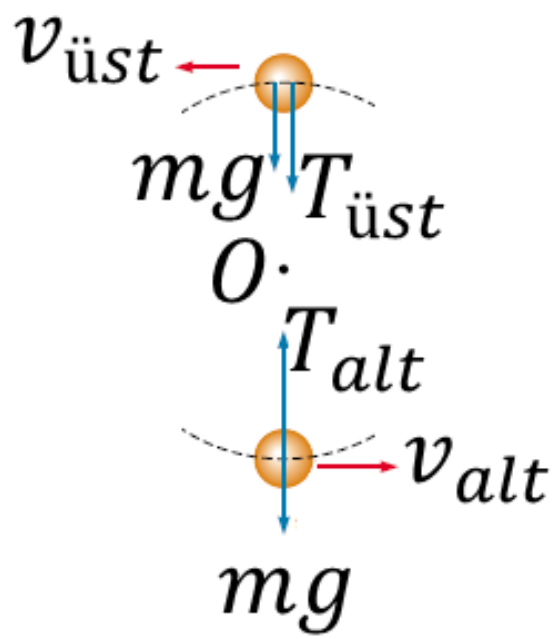
Çözüm (T =?)

$$\rightarrow T = m\left(\frac{v^2}{R} + g\cos\theta\right)$$

$$\rightarrow T_{\text{üst}} = m\left(\frac{v^2}{R} - g\right)$$ üst noktada ($\theta = 180°$)

$$\rightarrow T_{alt} = m\left(\frac{v^2}{R} + g\right)$$ alt noktada ($\theta = 0°$)

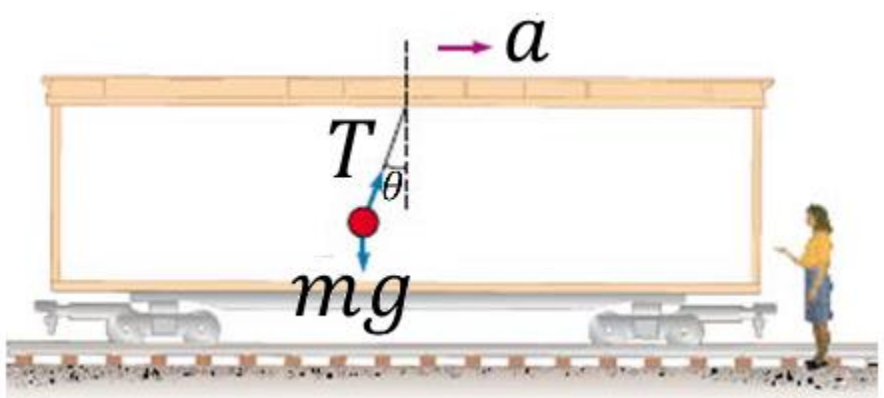


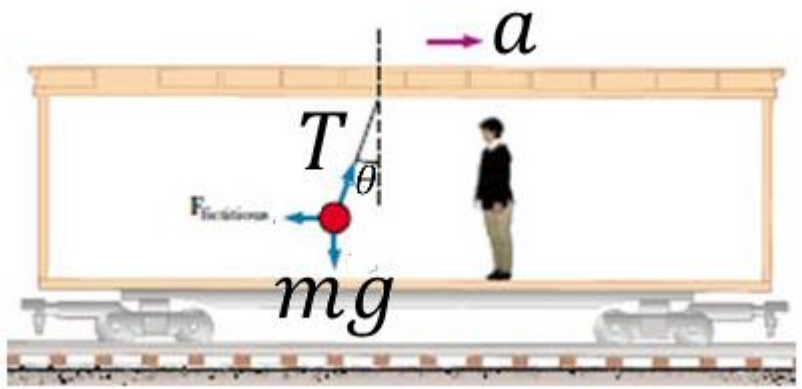


Örnek

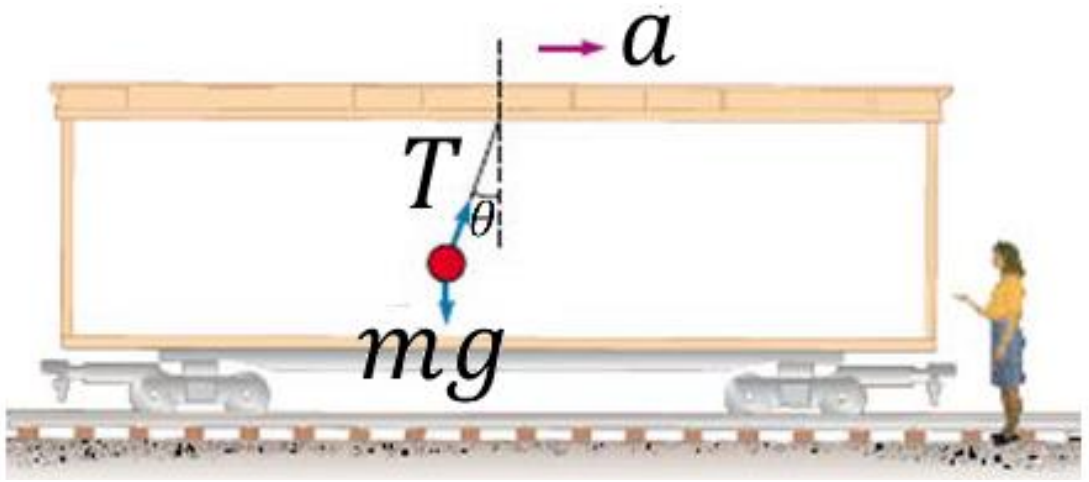
Kütlesi m olan bir cisim, sağa doğru ivmeli hareket yapan bir yük vagonunun içinde tavana asılıdır.

a) Vagonun dışındaki durgun bir gözlemciye göre aracın ivmesi nedir?
b) Vagonun içindeki bir gözlemciye göre durumu inceleyiniz?





Çözüm (a =?)



a)

$$\sum F_x = T\sin\theta = ma$$

$$\sum F_y = T\cos\theta - mg = 0 \rightarrow T\cos\theta = mg$$

$$\rightarrow a = g\tan\theta$$

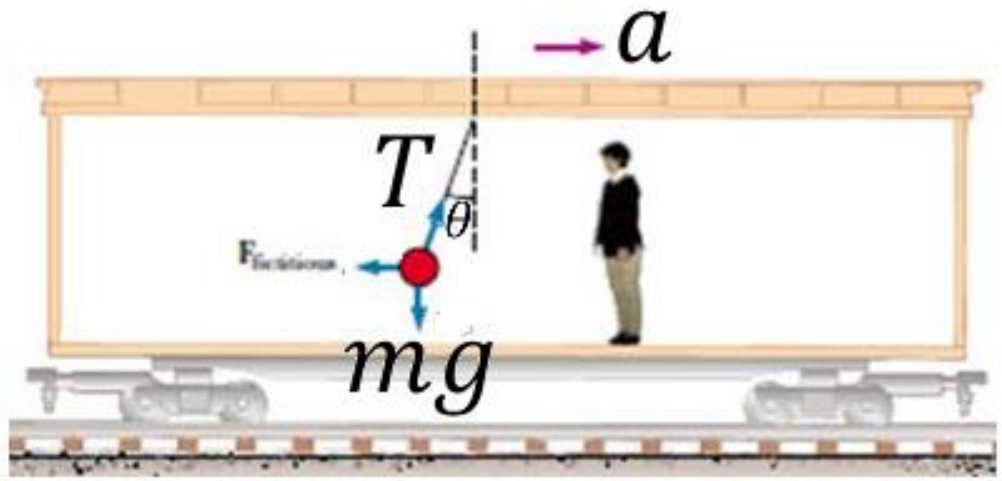
$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$

Çözüm

b)



$$\sum F'_x = T\sin\theta - f_{hayali} = 0 \rightarrow T\sin\theta = f_{hayali}$$

$$\sum F'_y = T\cos\theta - mg = 0 \rightarrow T\cos\theta = mg$$

$$\rightarrow \boldsymbol{f_{hayali} = mg\tan\theta = ma}$$

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 0$$

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 0$$

$$F_{net,r} = ma = m\frac{v^2}{r}$$