

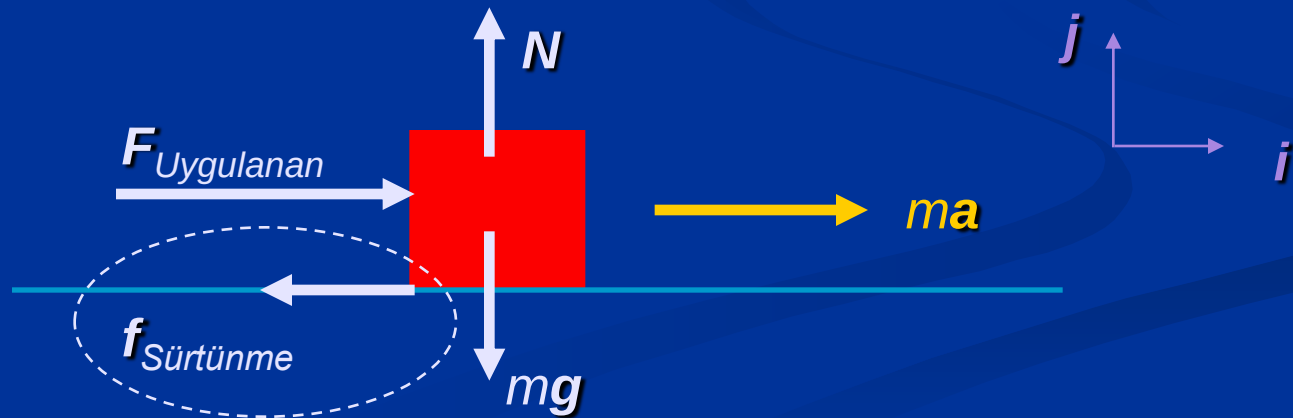
Fizik 101: Ders 7

Ajanda

- Sürtünme
 - Nedir?
 - Nasıl nitelendirebiliriz?
 - Sürtünme modeli
 - Statik & Kinetik sürtünme
- Sürtünmeli problemler

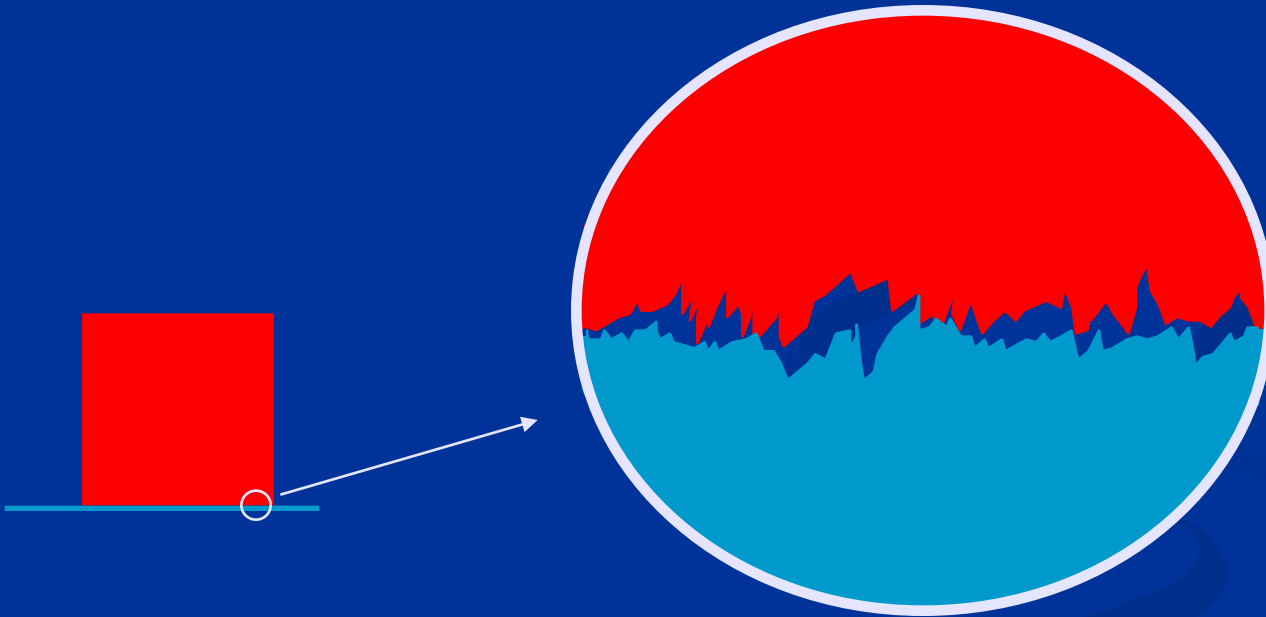
Yeni Konu: Sürtünme

- Sürtünme ne yapar?
 - Rölatif harekete karşıdır.
- Öğrendiklerimiz cinsinden nasıl niteleyebiliriz?
 - Sürtünme hareketin yönüne ters yönde bir kuvvet oluşturur!



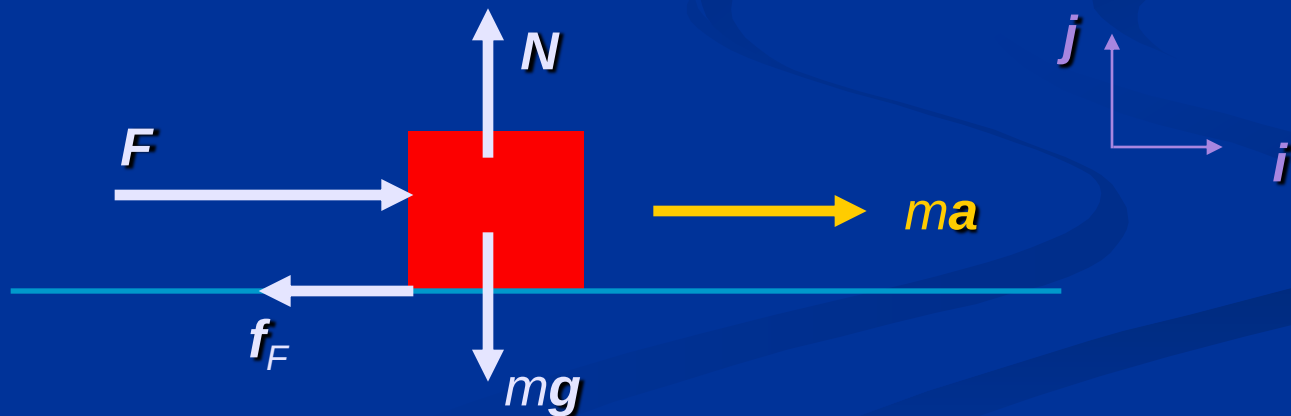
Yüzey Sürtünmesi...

- Sürtünme iki yüzey arasında mikroskobik etkileşmeden ortaya çıkar:



Yüzey Sürtünmesi...

- Sürtünme kuvveti rölatif harekete karşı etki eder:
 - Yüzeye paralel.
 - Normal kuvvete dik.



Kayan (kinetik) Sürtünme için Model

- Sürtünme kuvvet vektörünün yönü normal vektöre (N) diktir.
- Sürtünme kuvvet vektörünün büyüklüğü $|f_F|$ normal kuvvetin büyüklüğü $|N|$ ile orantılıdır.
 - $|f_F| = \mu_K |N|$ ($= \mu_K |\square mg|$ örnekte)
 - Daha "ağır" bir cisim için sürtünme kuvveti daha fazladır... (anlamalı değil mi!?)
- Buradaki sabit μ_K "kinetik sürtünme katsayısı" olarak adlandırılır.

Burada verilen denklemler karmaşık gerçekler için verilen bir yaklaşımdır.

Model...

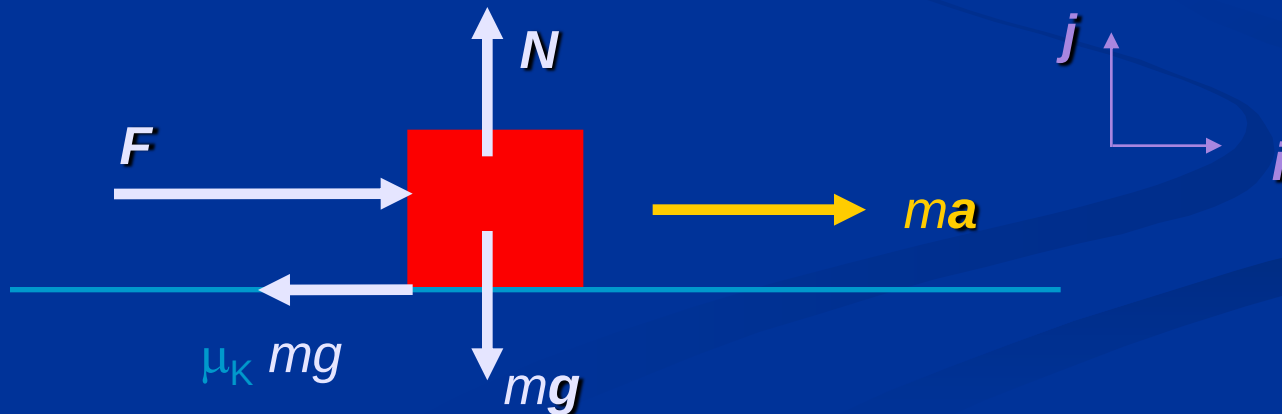
■ Dynamik:

$$i: \quad F - \mu_K N = ma$$

$$j: \quad N = mg$$



$$F - \mu_K mg = ma$$



Ders 7, Soru 1

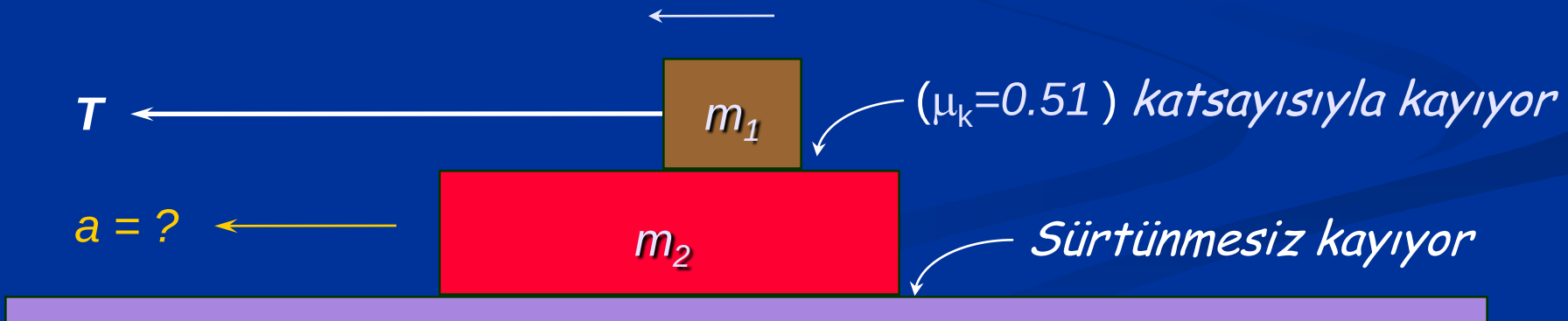
Kuvvetler ve Hareket

- Kütle $m_1 = 1.5 \text{ kg}$ olan bir kutu $T = 90 \text{ N}$ geriliminde bir ip ile çekilmektedir. Kütle üzerinde bulunduğu ve kütlesi $m_2 = 3 \text{ kg}$ olan ikinci bir kutu üzerinde ($\mu_k = 0.51$) kinetik sürtünme katsayısıyla kaymaktadır.
 - İkinci kutunun ivmesi nedir?

(a) $a = 0 \text{ m/s}^2$

(b) $a = 2.5 \text{ m/s}^2$

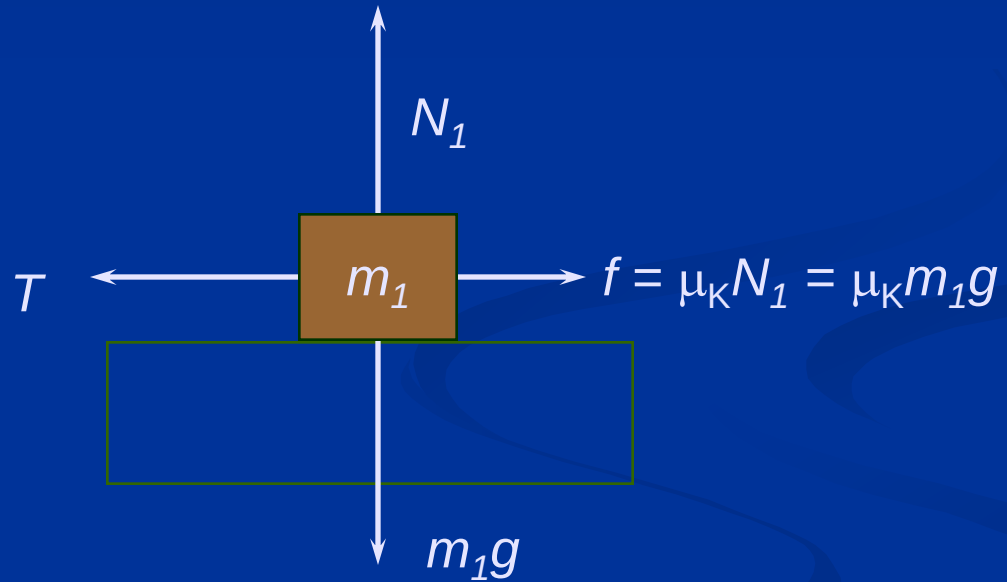
(c) $a = 3.0 \text{ m/s}^2$



Ders 7, Soru 1

Çözüm

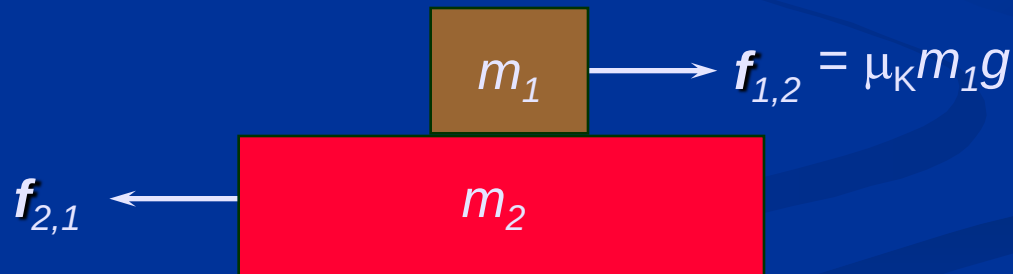
- Üstteki kutu için SCD çizelim:



Ders 7, Soru 1

Çözüm

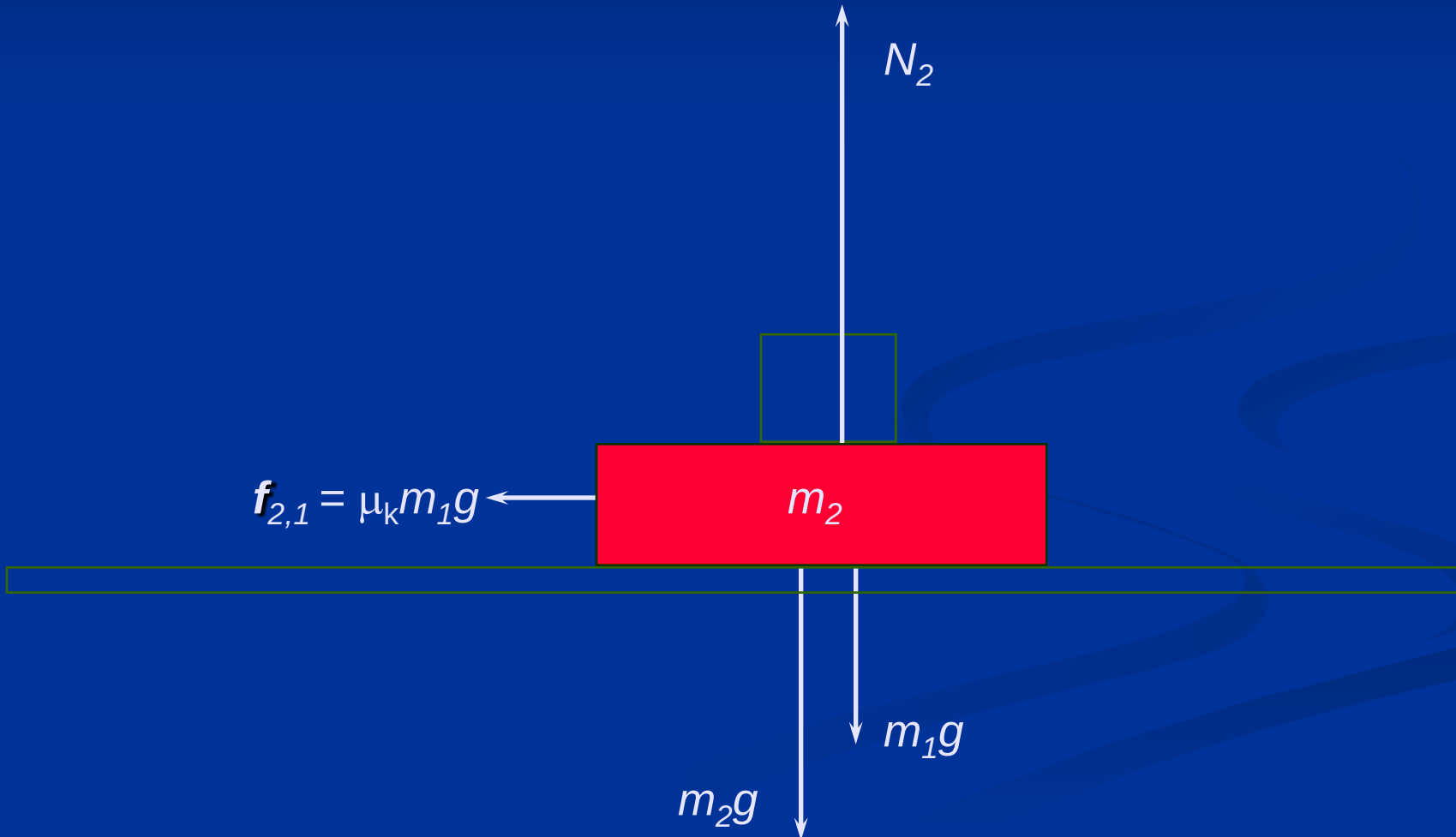
- Newtonun 3. yasasına göre 1. kutudan 2. kutuya etki eden kuvvet, 2.den 1.ye etki eden ile aynı büyüklükte ama ters yöndedir.
- Sürtünme kuvveti:



Ders 7, Soru 1

Çözüm

- Şimdide 2. kutu için SCD'a bakalım:



Ders 7, Soru 1

Çözüm

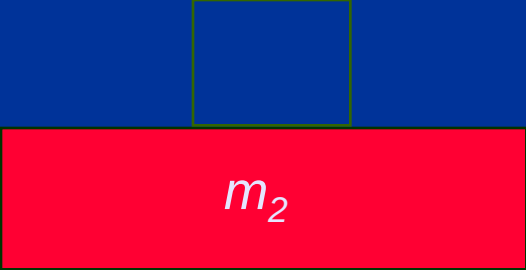
- Sonuç olarak $F = ma$ denklemini yatay yönde çözelim:

$$\Rightarrow \mu_k m_1 g = m_2 a \quad \Rightarrow a = \frac{m_1}{m_2} \mu_k g = \frac{1.5 \text{ kg}}{3 \text{ kg}} \times 0.51 \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow a = 2.5 \text{ m/s}^2$$

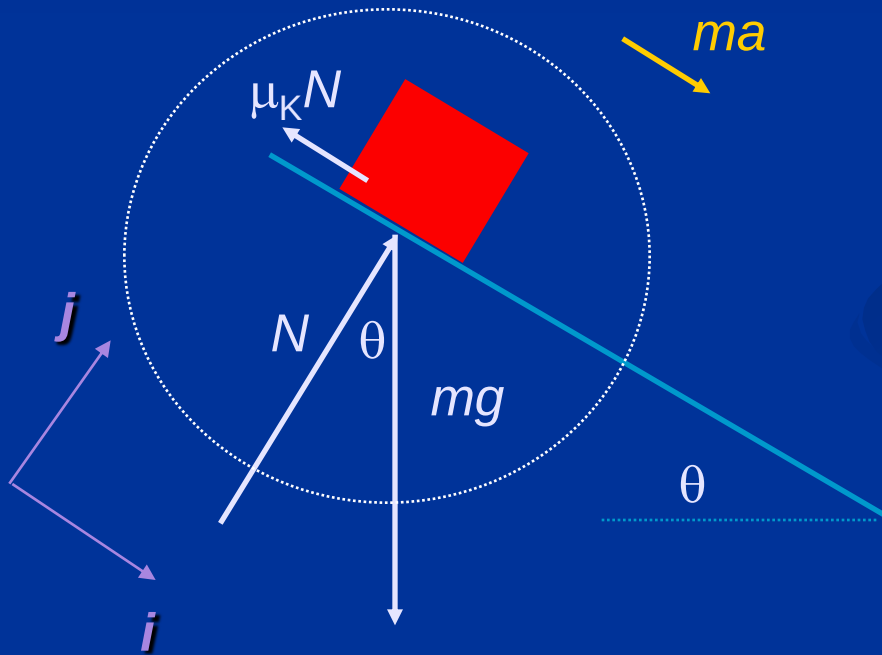
$$f_{2,1} = \mu_k m_1 g \leftarrow$$

m_2



Sürtünmeli Eğik Düzlem:

■ Serbest Cisim Diyagramı:



Eğik Düzlem...

- *i* ve *j* bileşenlerini dikkate alırsak

$$F_{NET} = ma:$$

$$i \Rightarrow mg \sin \theta - \mu_k N = ma$$

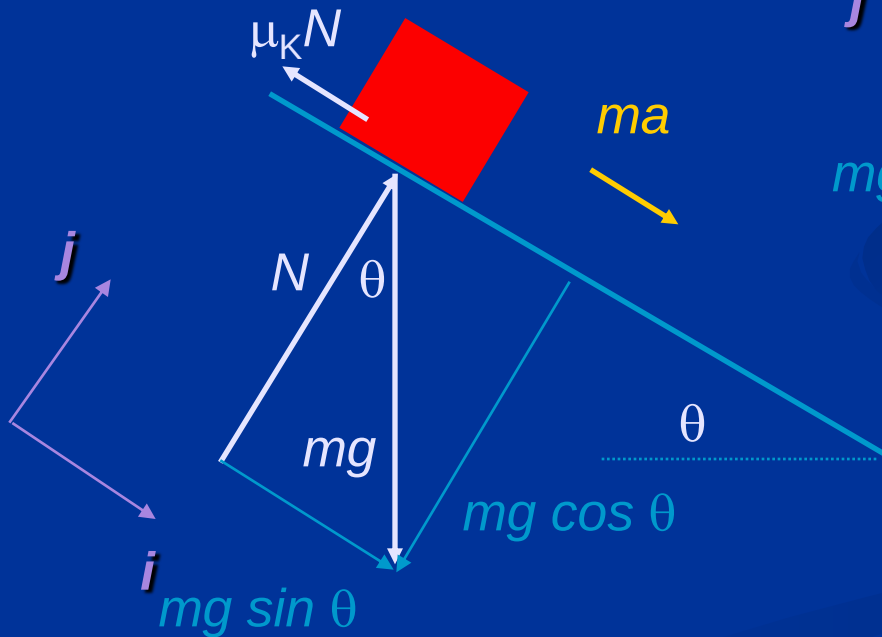
$$j \Rightarrow N = mg \cos \theta$$



$$mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta = ma$$

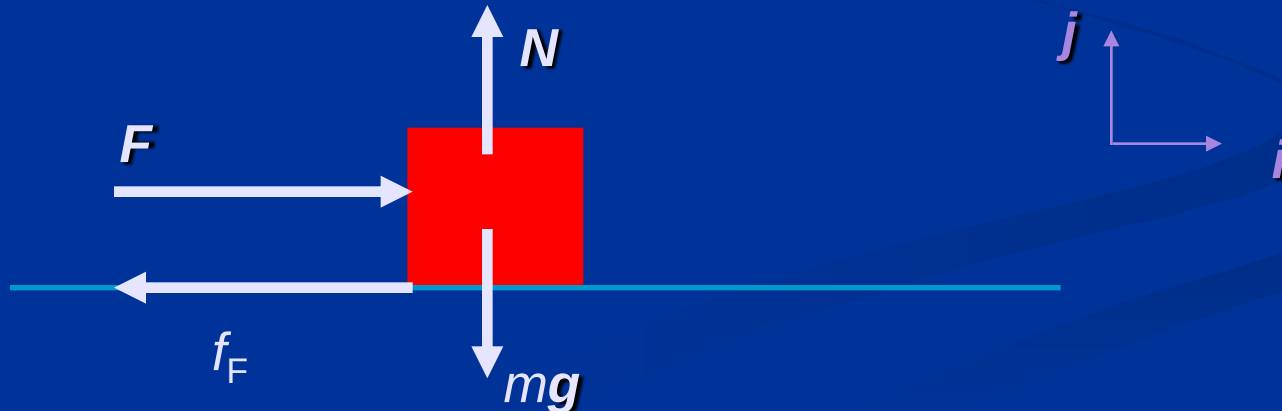


$$a / g = \sin \theta - \mu_k \cos \theta$$



Statik Sürtünme...

- Şimdiye kadar birbirine göre hareket eden yüzeyler (yani kayan yüzeyler) için sürtünmeyi dikkate aldık...
 - Biliyoruz ki yüzeyler beraber hareket ettiklerinde de sürtünme kuvveti etki eder. Statik durum.
- Bu durumlarda sürtünme kuvveti sistemin başka parçalarından ortaya çıkar.



Statik Sürtünme...

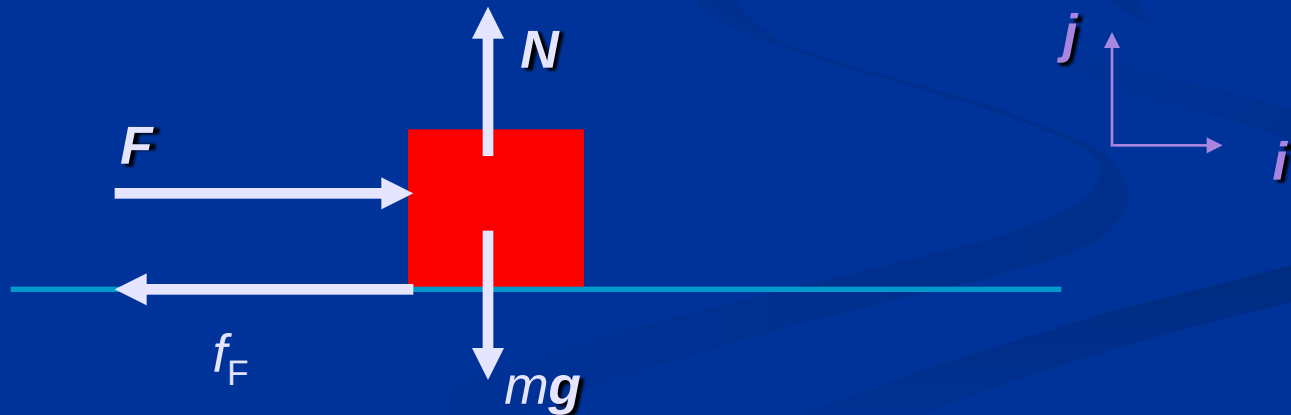
(bir yüzeyin durgun olduğu hal)

- Kayan yüzeyler gibi! Fark: $a = 0$.

$$i: \quad F - f_F = 0$$

$$j: \quad N = mg$$

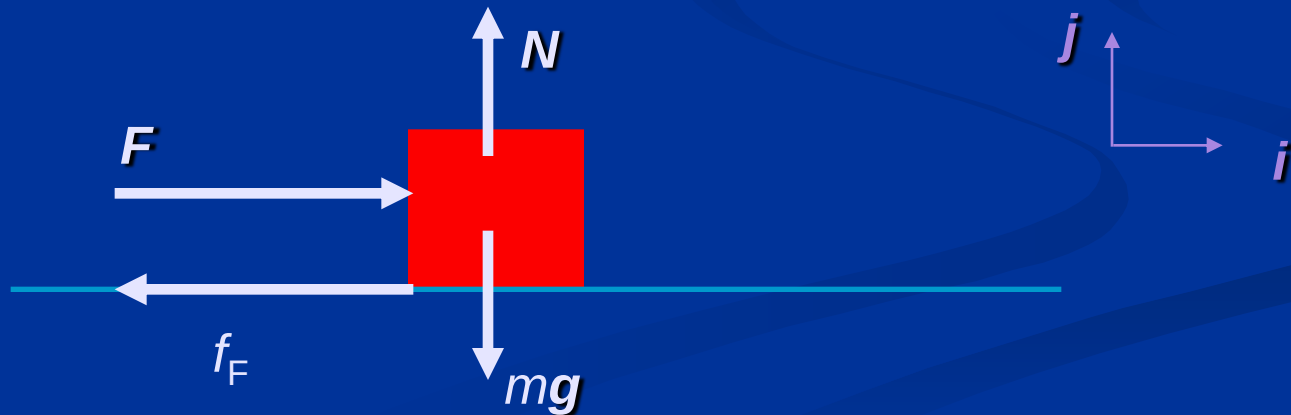
- Blok durgun olduğundan: $f_F = F$



Statik Sürtünme...

(bir yüzeyin durgun olduğu hal)

- İki cisim arasında oluşabilecek maksimum sürtünme kuvveti $f_{MAX} = \mu_s N$, burada μ_s "statik sürtünme katsayısı" olarak adlandırılır.
 - Yani $f_F \leq \mu_s N$.
 - F kuvveti artarsa, f_F artar taaki $f_F = \mu_s N$ olana kadar ve cisim hareket etmeye başlar.



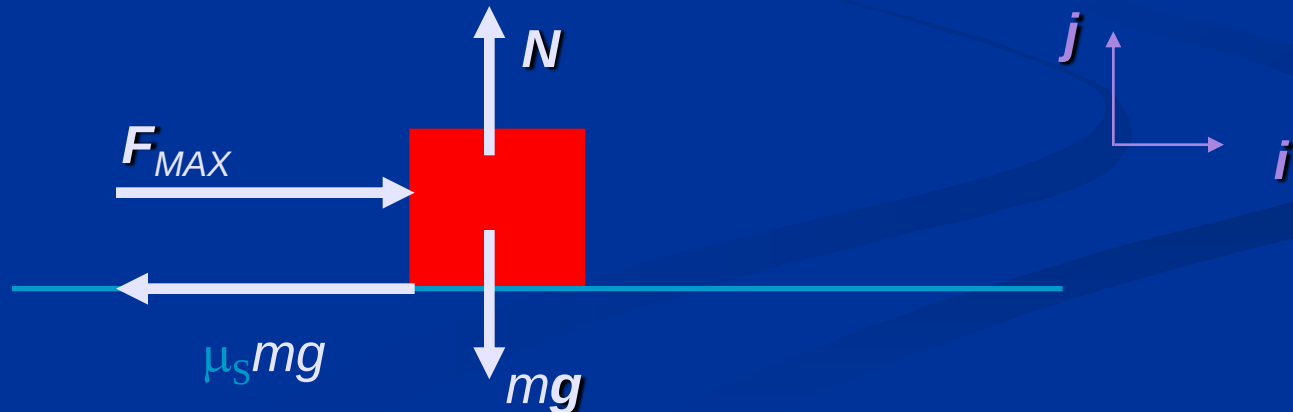
Statik Sürtünme...

- F_{yi} , blok harekete başlayıncaya kadar artırmak suretiyle μ_s değerini elde ederiz:

$$i: \quad F_{MAX} - \mu_s N = 0$$

$$j: \quad N = mg$$

$$\mu_s = F_{MAX} / mg$$

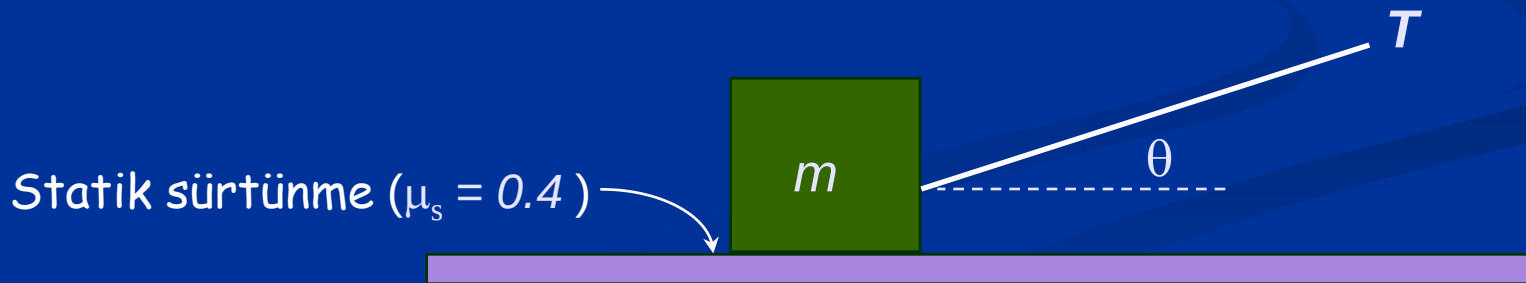


Ders 7, Soru 2

Kuvvetler ve Hareket

- Kütle $m = 10.21 \text{ kg}$ olan bir kutu zeminde hareketsiz durmaktadır. Kutu ve zemin arasındaki statik sürtünme katsayısı $\mu_s = 0.4$ dir. Bağlanan bir sicimle kutu zeminle $\theta = 30^\circ$ açı yapan ve gerilimi $T = 40 \text{ N}$ olan bir kuvvetle çekilmektedir.
 - Kutu hareket eder mi?

(a) evet (b) hayır



Ders 7, Soru 2

Çözüm

■ Eksenleri seç & kutu için SCD çiz!

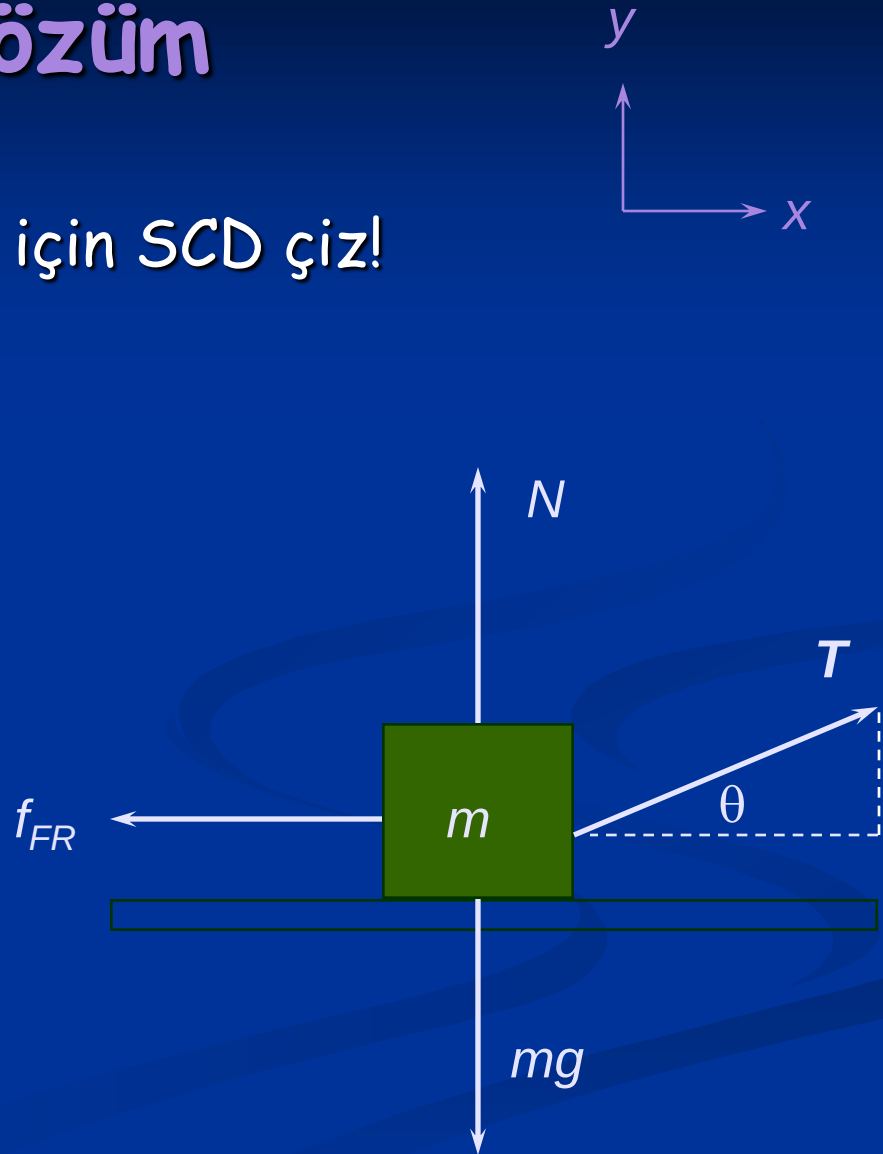
➤ $F_{NET} = ma$ *uygularsak*

y : $N + T \sin \theta - mg = ma_y = 0$

$$N = mg - T \sin \theta = 80 \text{ N}$$

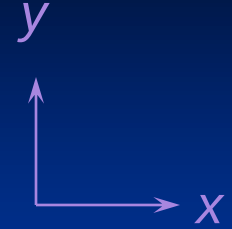
x : $T \cos \theta - f_{FR} = ma_x$

Kutu hareket eder
eğer $T \cos \theta - f_{FR} > 0$



Ders 7, Soru 2

Çözüm



y: $N = 80 \text{ N}$

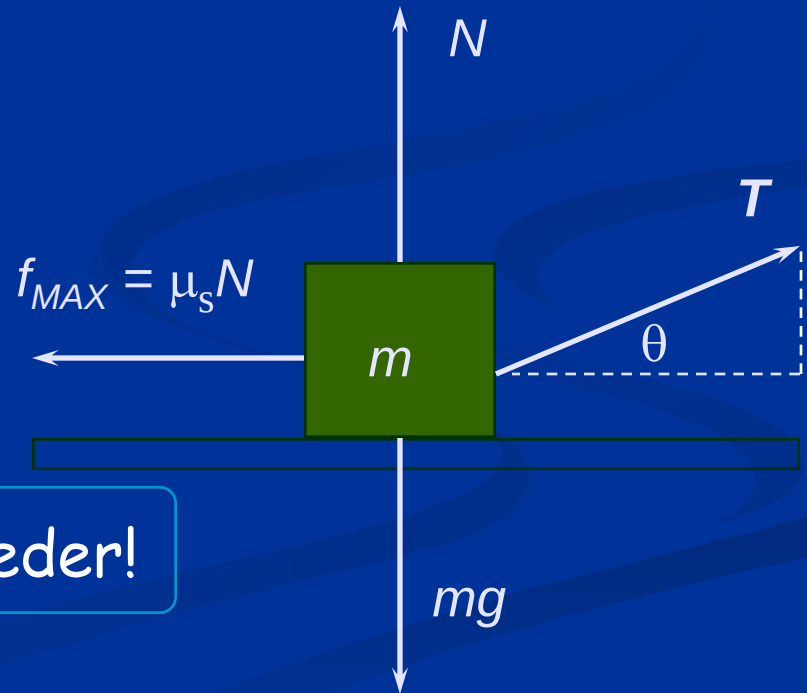
x: $T \cos \theta - f_{FR} = ma_x$

Kutu hareket eder
eğer $T \cos \theta - f_{FR} > 0$

→ $T \cos \theta = 34.6 \text{ N}$

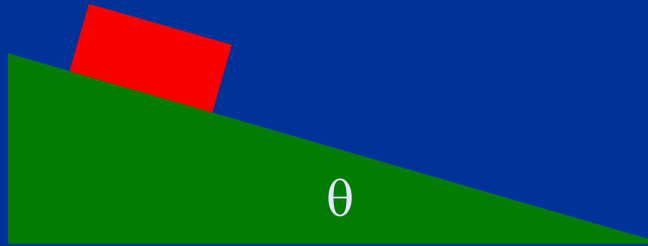
→ $f_{MAX} = \mu_s N = (.4)(80\text{N}) = 32 \text{ N}$

→ $T \cos \theta > f_{MAX}$ kutu hareket eder!



Statik Sürtünme:

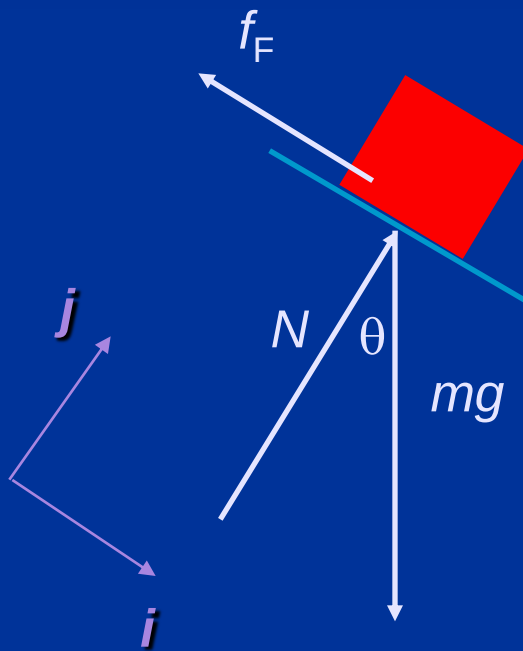
- Eğik düzlemde statik sürtünmeyi (μ_s) dikkate alalım.



- Bu durumda sürtünme kuvveti düzlemim eğim açısı θ ya bağlı olacaktır..

Statik Sürtünme...

- Sürtünme kuvveti f_F , eğim açısına (θ) bağlı:



$ma = 0$ (kütle hareketsiz)

➡ $mg \sin \theta - f_f = 0$

x -ekseninde Newtonun 2. yasası

Statik Sürtünme...

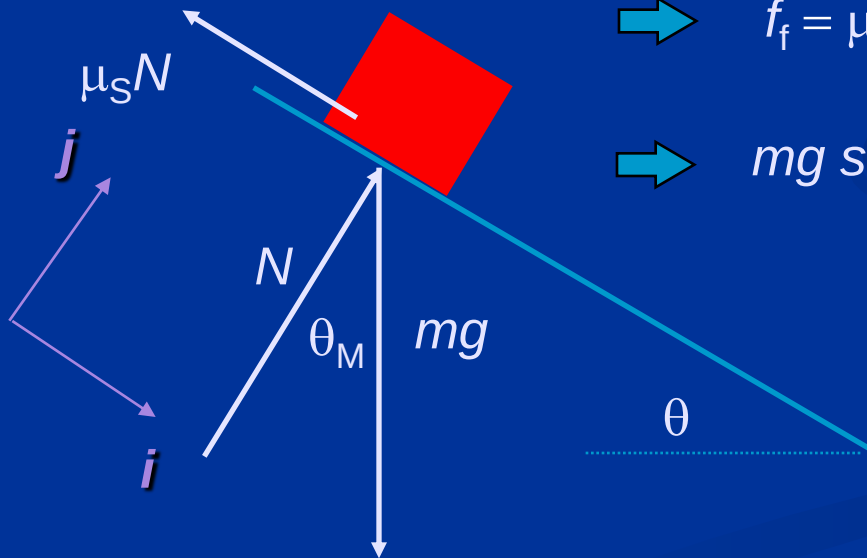
- Kütle kayana kadar rampanın açısını artırmak suretiyle μ_s değerini bulabiliriz:

$$\Rightarrow mg \sin \theta - f_f = 0$$

Bu durumda:

$$\Rightarrow f_f = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta_M$$

$$\Rightarrow mg \sin \theta_M - \mu_s mg \cos \theta_M = 0$$



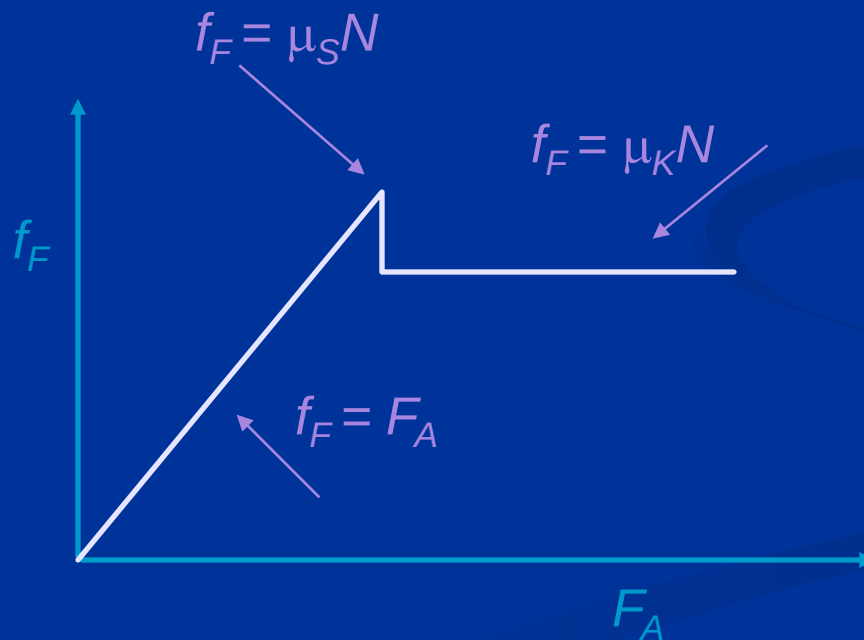
$$\mu_s = \tan \theta_M$$

Sürtünmeyle ilgili...

- $f_F = \mu N$ olduğundan sürtünme kuvveti sürtünme yüzeyinden bağımsızdır. (bu ortalama olarak doğru olsa da yaklaşımdan ibaret olup tam değildir)
- Tanımdan herhangi bir sistem için doğru olmalıdır.

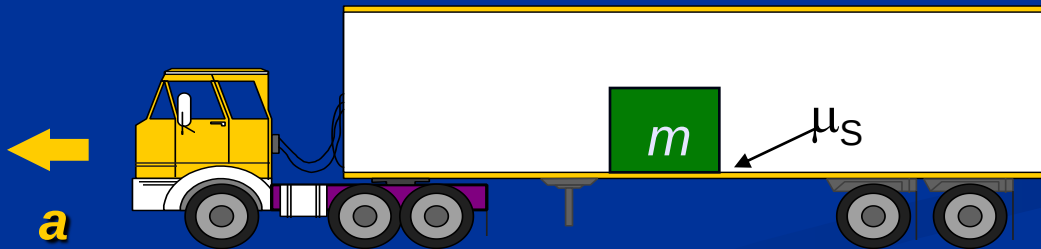
$$\mu_s \geq \mu_k$$

- *Sürtünme kuvvetine karşı Uygulanan kuvvet grafiği:*



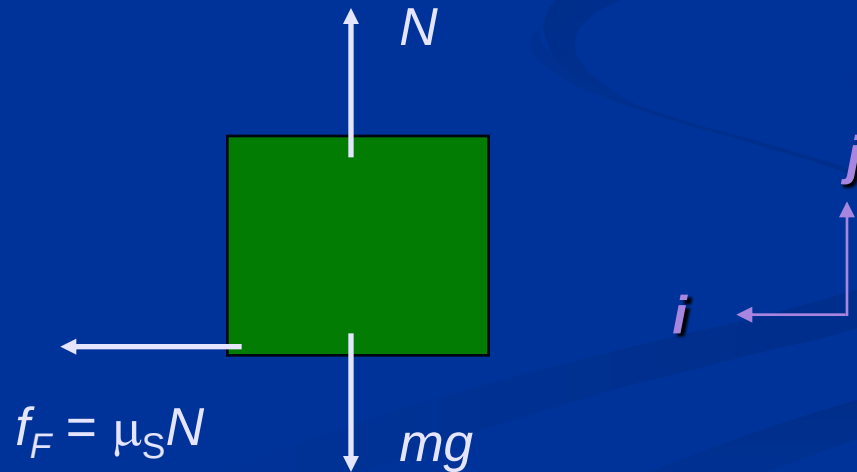
Problem: Kamyonda Kutu

- Kütle m olan bir kutu bir kamyon konteynerinde yüklüdür. Kutu ve konteyner arasındaki statik sürtünme katsayısı μ_s dir.
 - Kutu kaymadan kamyonun ulaşabileceği maksimum ivme a nedir?



Problem: Kamyonda Kutu

- Kutu için serbest cisim diyagramını çizelim:
- f_F nin maksimum olduğu durumu göz önünde bulunduralım...
(yani eğer ivme daha fazla olduğunda kutu kayar.).



Problem: Kamyonda Kutu

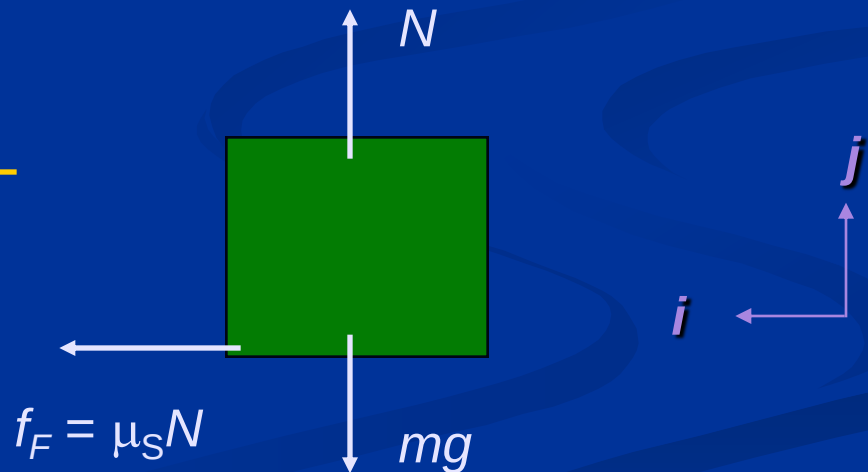
- i ve j bileşenleri için $F_{NET} = ma$ alalım

- $i \Rightarrow \mu_s N = ma_{MAX}$

- $j \Rightarrow N = mg$



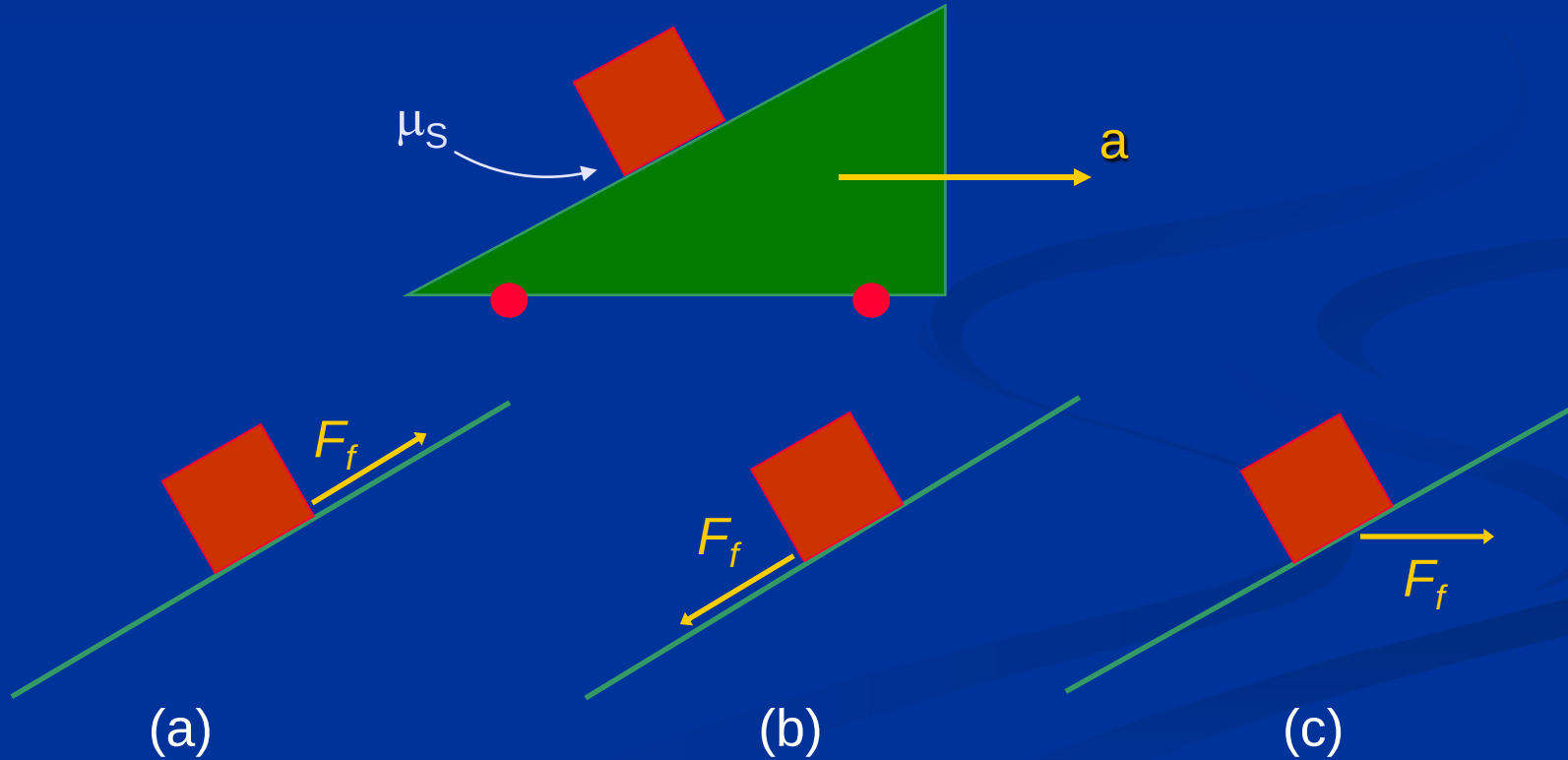
$$a_{MAX} = \mu_s g$$



Ders 7, Soru 3

Kuvvetler ve Hareket

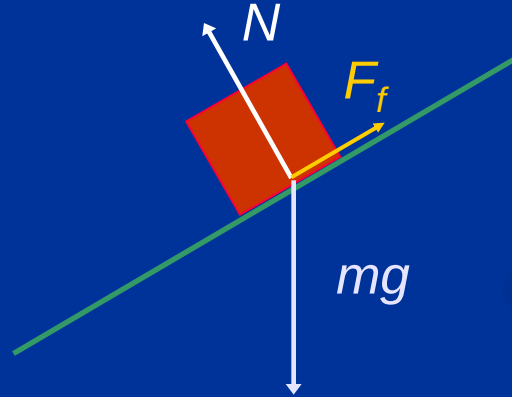
- Eğik bir düzlem sabit bir ivme a ile hızlanıyor. Eğik düzlemde duran bir kutu statik sürtünmeden dolayı hareketsizdir. Statik sürtünme kuvvetinin yönü nedir?



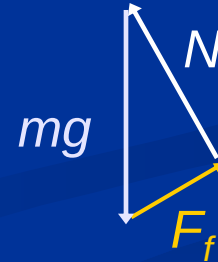
Ders 7, Soru 3

Çözüm

- Önce eğik düzlemin ivmesiz olduğu durumu dikkate alalım.



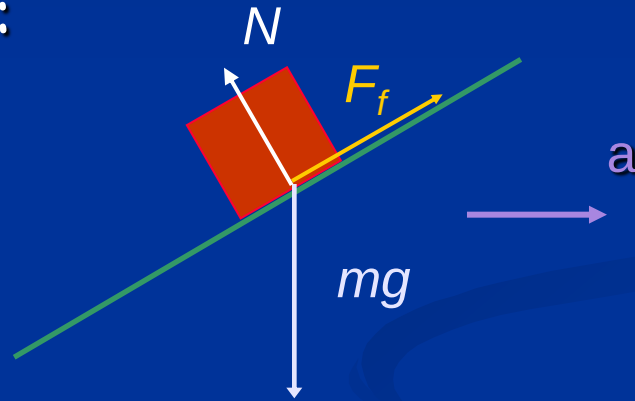
- Bütün kuvvetlerin toplamı sıfırdır!



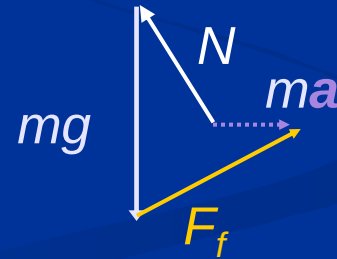
Ders 7, Soru 3

Çözüm

- Eğik düzlem ivmelendiğinde normal kuvvet azalır ve sürtünme kuvveti artar ama sürtünme kuvveti hala düzlem yönündedir:

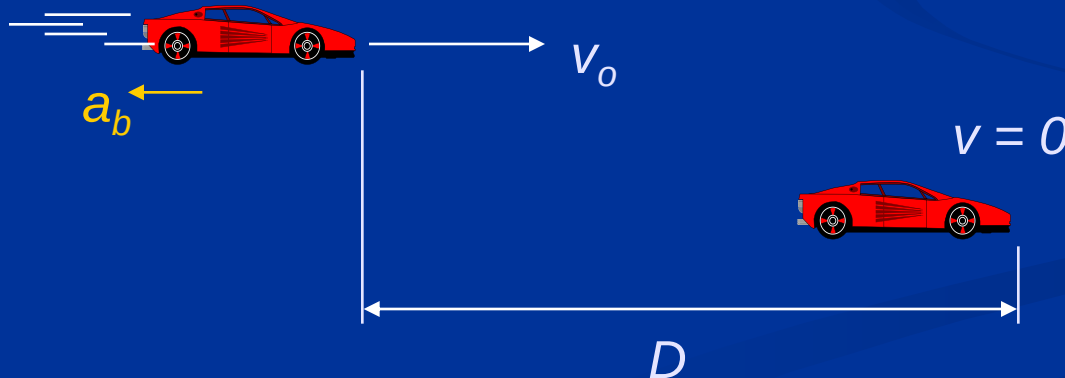


- Kuvvetlerin tamamının toplamı ma !
 - $F = ma$
 - Cevap (a)



Problem: Frenlemek

- ABS fren sistemi tekerleklerin kaymadan dönmesi prensibi üzerine kuruludur. Buda $\mu_S > \mu_K$ olduğundan sürtünme kuvvetini en aza indirir.
- v_0 hızıyla hareket eden bir aracın sürücüsü ani fren yapar. Tekerlekler ve yol arasındaki statik sürtünme katsayısı μ_S ise aracın durma mesafesi D nedir?



Problem: Frenlemek

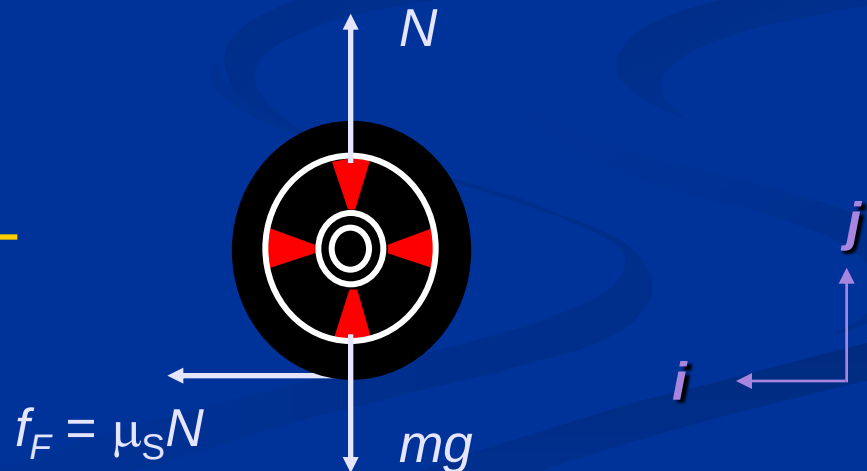
- i ve j bileşenlerinin her ikisi içinde $F_{NET} = ma$ kullanarak

- $i \Rightarrow \mu_s N = ma$

- $j \Rightarrow N = mg$

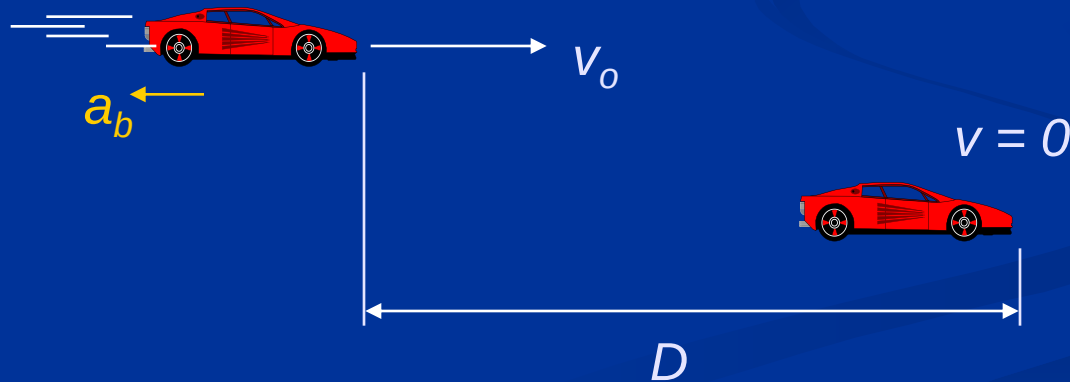


$$a = \mu_s g$$



Problem: Frenlemek

- Önceki örnekte olduğu gibi ivme: $a_b = \mu_s g$.
- Hareket denklemini kullanarak: $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$
- Son hız 0 olduğundan: $\Rightarrow 0 - v_0^2 = 2a_b(D)$

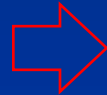


Problem: Frenlemek

➤ Son hız 0 olduğundan :

$$0 - v_0^2 = -2a_b(D)$$

➤ *Dyi çözersek.*

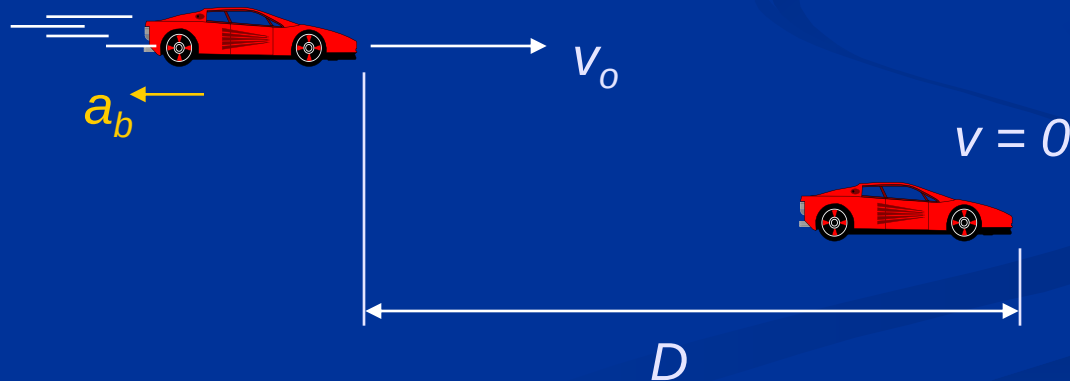


$$D = \frac{v_0^2}{2a_b}$$

İvme $a_b = \mu_s g$ değerini koyarsak



$$D = \frac{v_0^2}{2\mu_s g}$$



Özet

- Sürtünme
 - Nedir?
 - Nasıl nitelendirebiliriz?
 - Sürtünme modeli
 - Statik & Kinetik sürtünme
- Sürtünmeli problemler...
 - Kamyonda kutu.
 - Fren mesafesi.