

MÜHENDİSLİK MEKANİĞİ

STATİK

Behcet DAĞHAN

STATİK

İÇİNDEKİLER

1• GİRİŞ

- Skalerler ve Vektörler
- Newton Kanunları

2• KUVVET SİSTEMLERİ

- İki Boyutlu Kuvvet Sistemleri
- Üç Boyutlu Kuvvet Sistemleri

3• DENGE

- Düzlemde Denge
- Üç Boyutta Denge

4• YAPILAR

- Düzlem Kafes Sistemler
- Çerçeveler ve Makinalar

5• SÜRTÜNME

6• KÜTLE MERKEZLERİ ve GEOMETRİK MERKEZLER



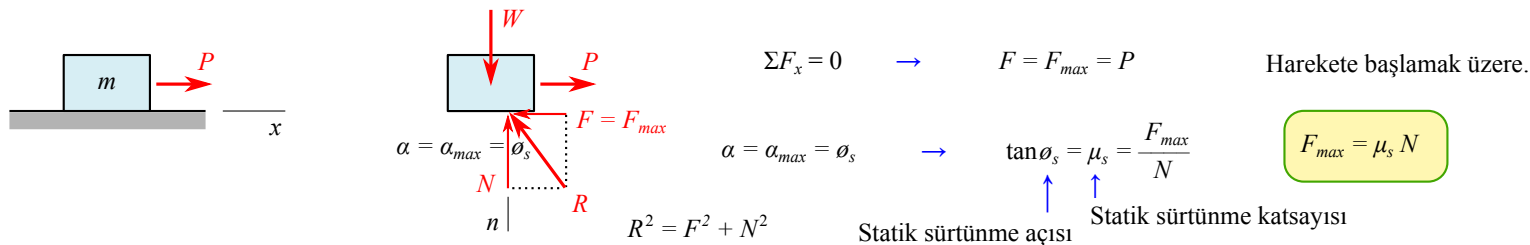
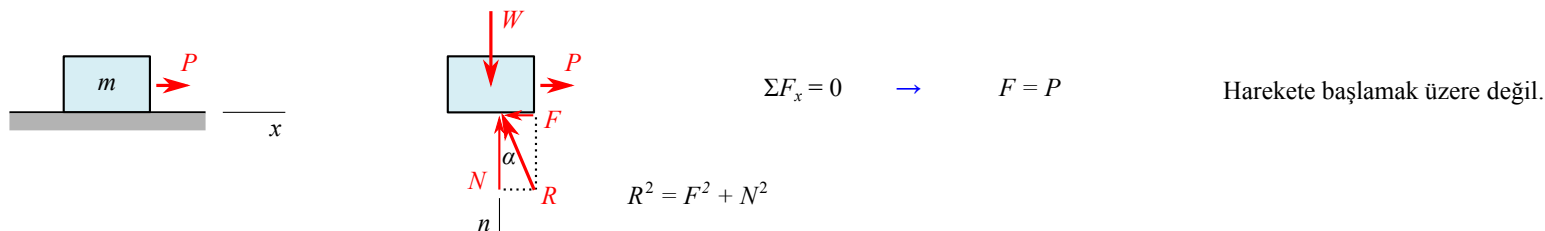
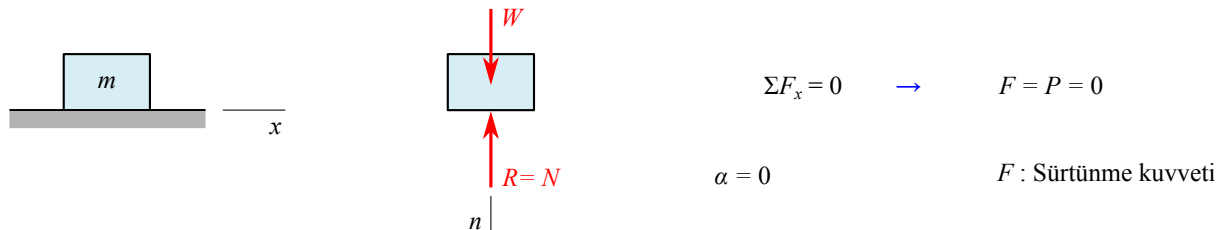
STATİK

5

SÜRTÜNME

Kuru sürtünme

Yatay yüzey ile arasında sürtünme olan bir blok göz önüne alalım. Şiddeti $P = 0$ dan başlayarak gittikçe artan yatay bir P kuvveti uygulayalım.

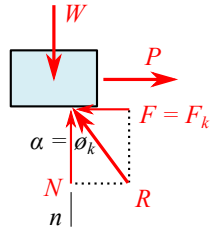
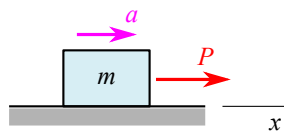


$$0 \leq F \leq \mu_s N$$

Sürtünme kuvveti daima kaymayı önleyici yöndedir.

$$\tan \theta_s = \mu_s$$

P kuvveti artırılmaya devam edilirse:



$$\Sigma F_x = m a_x \rightarrow$$

$$F = F_k \neq P$$

Hareket var.

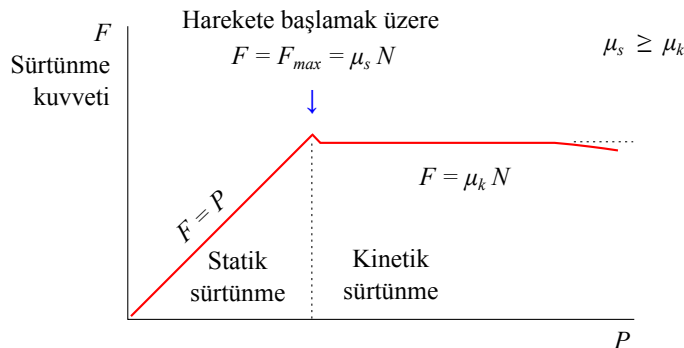
$$\alpha = \theta_k \rightarrow$$

$$\tan \theta_k = \mu_k = \frac{F_k}{N}$$

Kinetik sürtünme açısı

Kinetik sürtünme katsayısı

$$F_k = \mu_k N$$



Temas yüzey çifti

μ_s

μ_k

Buz üzerinde metal

0.02

Çelik üzerinde teflon

0.04

0.04

Dökme demir üzerinde fren balatası

0.4

0.3

Çelik üzerinde çelik

0.6

0.4

Asfalt yol üzerinde lastik tekerlek

0.9

0.8

P

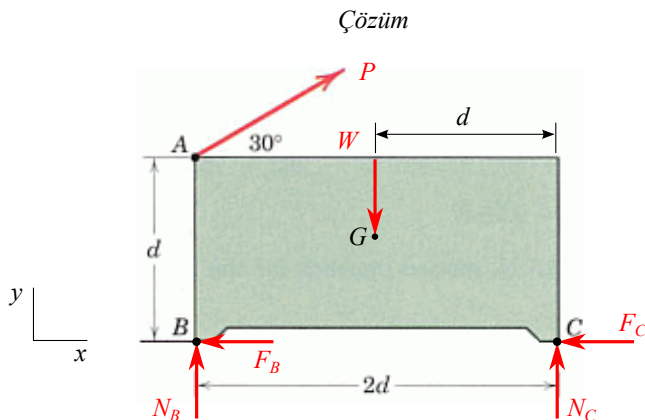
Sürtünme kuvvetini doğuran sebep

Örnek Problem 5/1

Şekildeki P kuvvetinin şiddeti yavaş yavaş artırılmaktadır. Sandık kayar mı yoksa devrilir mi? Ayaklar küçük olduğu için boyutlarının etkisini ihmal ediniz.

Verilenler:

$$\mu_s = 0.5$$



Sandığın kayması için gerekli olan kuvveti bulalım.
Sandık tam kaymaya başlamak üzere olsun.

$$F_B = \mu_s N_B$$

$$F_C = \mu_s N_C$$

İstenenler:

$$\Sigma F_x = 0$$

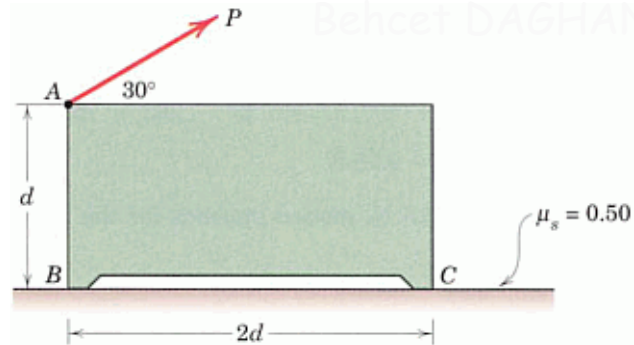
$$P \cos 30^\circ - F_B - F_C = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$P \sin 30^\circ - W + N_B + N_C = 0$$

$$P = \frac{\mu_s W}{\mu_s \sin 30^\circ + \cos 30^\circ}$$

$$P = 0.448 W$$



Sandığın devrilmesi için gerekli olan kuvveti bulalım.
Sandık tam devrilmeye başlamak üzere olsun.

$$N_B = 0$$

$$F_B = 0$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$W(d) - P \cos 30^\circ (d) - P \sin 30^\circ (2d) = 0$$

$$P = \frac{W}{2 \sin 30^\circ + \cos 30^\circ}$$

$$P = 0.536 W$$

Sandığın devrilmesi için gerekli olan kuvvet daha büyük olduğu için:

Sandık devrilemez, kayar.

Örnek Problem 5/2

Bir kuvvet çifti bir silindire şekildeki gibi uygulanmıştır. $m_B = 3 \text{ kg}$, $m_C = 6 \text{ kg}$, $(\mu_s)_B = 0.50$, $(\mu_s)_C = 0.40$ ve $r = 0.2 \text{ m}$ olduğuna göre hareketi başlatmaya yetecek M değerini bulunuz. C silindiri ile B bloğu arasındaki sürtünme ihmal edilebilir.

Verilenler:

$$m_B = 3 \text{ kg}$$

$$m_C = 6 \text{ kg}$$

$$(\mu_s)_B = 0.50$$

$$(\mu_s)_C = 0.40$$

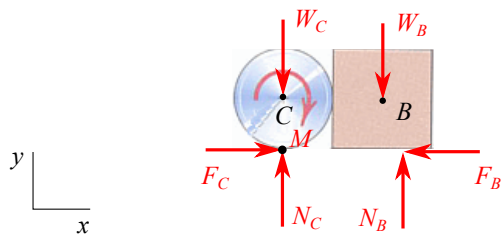
$$r = 0.2 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

İstenenler:

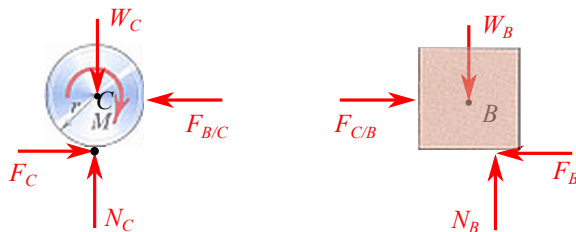
$$M = ?$$

Çözüm



$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F_C = F_B$$

M momenti yavaş yavaş artırılırken F_C daima F_B ye eşittir.



$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow N_C = W_C$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow N_B = W_B$$



$$F_{max} = \mu_s N$$

$$(F_{max})_C = (\mu_s)_C N_C$$

$$(F_{max})_B = (\mu_s)_B N_B$$

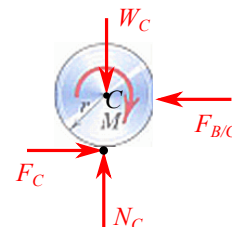
$$(F_{max})_C = 23.5 \text{ N}$$

$$(F_{max})_B = 14.7 \text{ N}$$

F_B kuvveti maksimum değerine önce ulaşır.

B kaymaya, C de yuvarlanmaya başlamak üzeredir.

$$F_C = (F_B)_{max} = 14.7 \text{ N}$$



$$\Sigma M_C = 0$$

$$M + F_C (r) = 0$$

$$M = -2.94 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Yön belirtir.
Şekildeki yöndedir.

Örnek Problem 5/3

Şekildeki 90 kg kütleli boyacının 4 m-lık merdiveni kaydırmadan tırmanabileceği s mesafesini bulunuz. 15 kg-lık merdivenin tepesinde bir tekerlek vardır ve yer ile arasındaki statik sürtünme katsayısı 0.25 tir. Boyacının kütle merkezi ayakları ile aynı düşey doğrultu üzerindedir.

Verilenler:

$$m_B = 90 \text{ kg}$$

$$m_M = 15 \text{ kg}$$

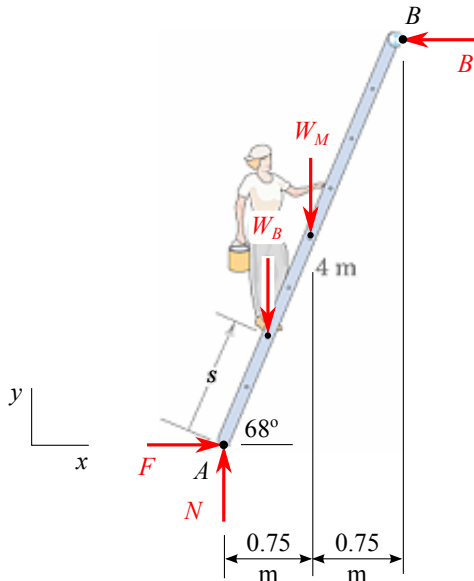
$$\mu_s = 0.25$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

İstenenler:

$$s = ?$$

Çözüm



$$W = mg$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N - W_B - W_M = 0$$

$$N = W_B + W_M$$

$$N = 1030 \text{ N}$$

Merdiven tam kaymaya başlamak üzere iken:

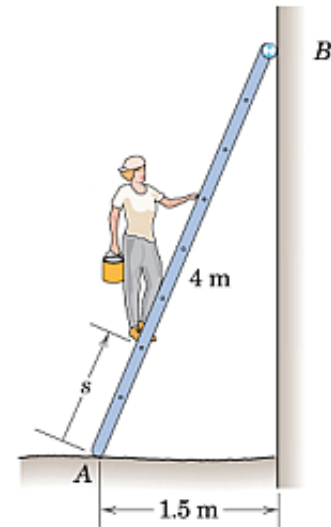
$$F = F_{\max} = \mu_s N$$

$$F = 257.5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$W_M (0.75) + W_B (1.5 - s \cos 68^\circ) + F (4 \sin 68^\circ) - N (1.5) = 0$$

$$s = 2.55 \text{ m}$$



Örnek Problem 5/4

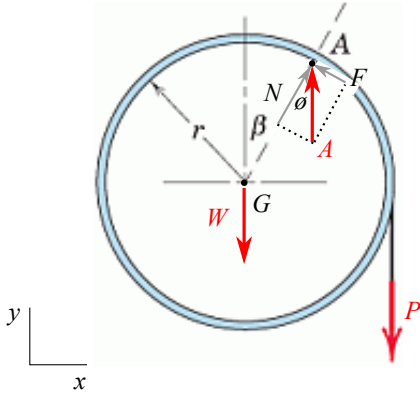
Kütlesi m , ortalama yarıçapı r olan ve kalınlığı ihmal edilebilen bir halka A mesnedine asılmıştır. Mesnet ile halka arasındaki sürtünme katsayısı μ ise halkayı mesnet üzerinde kaydırabilecek olan düşey P kuvvetini bulunuz. Kayma başlamak üzere iken β açısının değeri ne olur?

Verilenler:

 m r μ

$$\theta = \tan^{-1}\mu$$

Çözüm



$$\Sigma M_A = 0$$

$$W(r \sin \beta) - P(r - r \sin \beta) = 0$$

$$P = mg \frac{\sin \theta}{1 - \sin \theta}$$

İstenenler:

$$P = ?$$

$$\beta = ?$$

Diğer iki kuvvet düşey olduğu için mesnet tepkisi de düşey olur.

Sürtülmeli yüzeylerde kayma başlamak üzere iken tepki kuvvetinin yüzey normali ile yaptığı açı, "sürtünme açısı" olur.

$$\beta = \theta = \tan^{-1}\mu$$

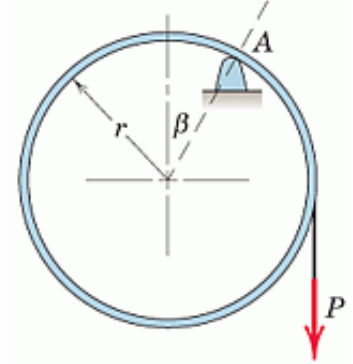
$$F_{max} = \mu_s N$$

$$F = \mu N$$

$$A^2 = N^2 + F^2$$

$$\sin \theta = F/A$$

$$P = mg \frac{\sin \theta}{1 - \sin \theta}$$



$$P = mg \frac{\mu}{\sqrt{1 + \mu^2} - \mu}$$