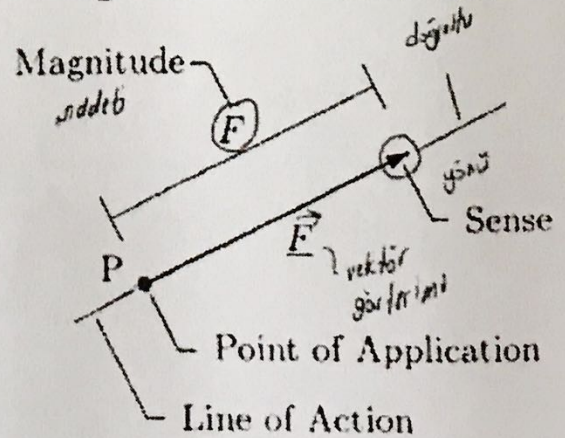


### Kuvvet Vektörü

- Kuvvet, mekanik müdahale veya yük olarak tanımlanabilir.
- Bir nesneyi çektiğimizde veya ittiğimizde ona bir kuvvet uygularız.
- Bir topu attığımızda veya topa vurduğumuzda da bir kuvvet uygularız.
- Tüm bu durumlar, kuvvet -kas aktivitesi sonucuyla ilişkilidir.
- Bir cisme etki eden kuvvetler onu deforme edebilir, hareket halini değiştirebilir veya her ikisini birden değiştirebilir.
- Kuvvetler harekete neden olsa da bu durum kuvvetin her zaman hareketle ilişkili olduğu anlamına gelmez.
- Örneğin, bir sandalyede oturan bir kişi ağırlığını sandalyeye uygular ancak sandalye sabit kalır.
- Kuvvet vektörel bir büyüklüktür.
- Kuvvetleri içeren problemler vektör cebiri ilkeleri ile analiz edilebilir.
- Bir kuvvetin tam olarak tanımlanabilmesi için, kuvvetin yönü ve büyüklüğü belirtilmelidir.
- Bir kuvvet vektörü, okun yönü kuvvet vektörünün etki çizgisini gösterecek şekilde bir ok ile grafiksel olarak gösterilebilir.
- Okun ucu kuvvetin yönü ve doğrultusunu, okun tabanı da kuvvet vektörünün uygulama noktasını temsil eder.
- Tek bir çizimde birden fazla kuvvet vektörü gösterilecekse, her bir okun uzunluğu temsil ettiği kuvvet vektörünün büyüklüğü ile orantılı olmalıdır.



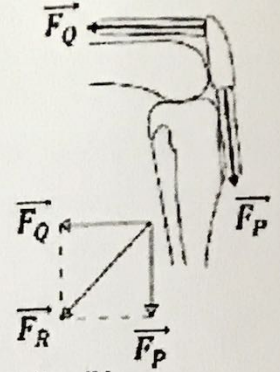


**Kuvvet Vektörü**

- Diğer vektörel büyüklükler gibi, kuvvetler grafik ve trigonometrik yöntemler kullanılarak toplanabilir.

Örneğin; bir dizi kısmi olarak ele aldığımızda;

- Patellada (Diz kapağı) kuadriseps ve patellar tendon tarafından uygulanan kuvvetler  $\vec{F}_Q$  ve  $\vec{F}_P$  dir.
- Kuadriseps ve patellar tendonun uyguladığı kuvvetlere bağlı olarak patellada ortaya çıkan bileşke kuvvet  $\vec{F}_R$ , bu kuvvetlerin vektörel toplamıyla belirlenebilir.



$$\vec{F}_R = \vec{F}_P + \vec{F}_Q$$

- Tek bir cisme etki eden herhangi iki veya fazla kuvvet, bir kuvvet sistemi oluşturur.
- Bir kuvvet sistemini oluşturan kuvvetler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir.
- Kuvvetler, uygulandıkları cisim üzerindeki etkilerine veya birbirlerine göre yönelimleri açısından sınıflandırılabilir.

**Dış ve İç Kuvvetler**

- Bir kuvvet, iç veya dış kuvvet olarak sınıflandırılabilir.
- Hemen hemen bilinen tüm kuvvetler dış kuvvetlerdir.
- Örneğin, bir el arabasını ittiğimizde el arabasına, bir çiviye çekiçe vurduğumuzda çiviye, veya bir futbol topuna vurduğumuzda topa dış kuvvet uygularız.
- İç kuvvetler ise, cisim dışarıdan uygulanan kuvvetlerin etkisi altındayken cismi bir arada tutan kuvvetlerdir.
- Örneğin; bir ip parçası, her iki uçtan çekildiğinde kopmayabilir, Bir bant gerildiğinde, bant belli bir ölçüde uzayabilir.

**Normal ve Teğet Kuvvetler**

- Mekanikte, 'normal' kelimesi dik anlamına gelir. Bir yüzeye etki eden bir kuvvet, bu yüzeye dik yönde uygulanıyorsa normal kuvvet olarak adlandırılır.
- Örn., düz yatay bir masanın üzerinde duran bir kitap, masanın üzerine kitabın ağırlığına eşit olan bir normal kuvvet uygular.
- Teğet kuvvet ise yüzeye paralel yönde uygulanan kuvvettir.
- Sürtünme kuvveti teğet kuvvetler için iyi bir örnektir.
- Bir bloğu itmek veya çekmek, bloğun alt yüzeyi ve zemin arasında bir sürtünme kuvveti oluşmasına neden olacaktır.



## Çekme ve Basma Kuvveti

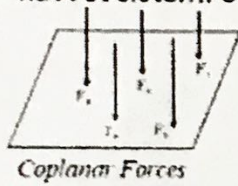
- Bir cisme uygulanan çekme kuvveti, cismi germeye ya da uzatmaya sebep olurken, basma kuvveti, uygulanan kuvvet doğrultusunda cismi küçültme eğiliminde olacaktır.
- Örneğin, bir lastik bant üzerine uygulanan çekme kuvveti bandı gerecektir.
- Şişirilmiş bir balona bastırmak ise, balon üzerinde bir basma kuvveti üretecektir.
- Sadece çekme kuvvetlerinin uygulanabildiği bazı malzemeler vardır.
- Örneğin; ip, kablo veya bir tel basma kuvvetine dayanamaz.
- Benzer şekilde, kaslar bağlandıkları kemikleri bir araya getirmek için kasılarak çekme kuvveti üretirler, Kaslar, basma kuvvetleri üretemez veya itme gerçekleştiremezler.

## Eş düzlemli kuvvetler

- Bütün kuvvetler iki boyutlu (düzlemsel) bir yüzey üzerinde hareket ediyorsa, bu kuvvetler sistemi eş düzlemseldir.

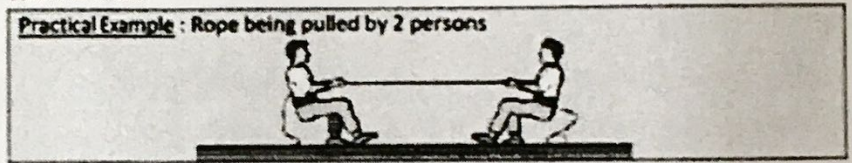
## Eş doğrultulu kuvvetler

- Bütün kuvvetler ortak bir etki çizisine sahipse bu kuvvetler sistemi eş doğrultuludur.
- Örneğin bir halat çekme yarışmasında ip üzerine uygulanan kuvvetler bir eş doğrultulu kuvvet sistemi oluşturur.



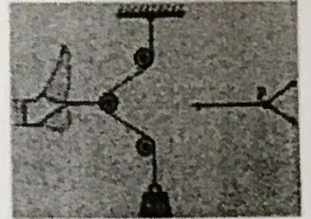
collinear forces.

Practical Example : Rope being pulled by 2 persons



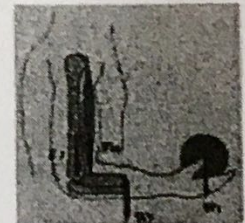
## Kesişen kuvvetler

- Kuvvetlerin etki çizgileri ortak bir kesişme çizisine sahipse bu kuvvetler kesişendir.



## Paralel kuvvetler

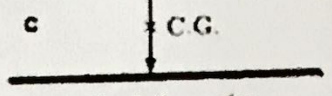
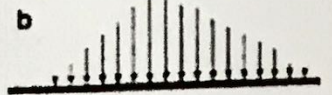
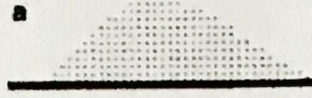
- Kuvvetlerin etki çizgileri birbirine paralel ise bu kuvvetler paralel kuvvet sistemi oluşturur.



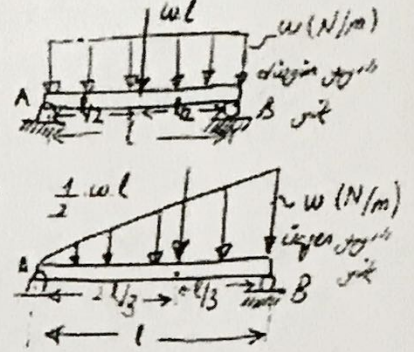


## Yayıllı Kuvvet

- Bir nokta yerine bir çizgi ya da bir alan boyunca uygulanan yüklemedir.
- Örn., düz yatay bir düzlem üzerindeki kum yığını altındaki alan üzerine dağılan bir kuvvet ve yük uygular.
- Yük bu alanda eşit olarak dağılmaz.
- Yığının altındaki kenar bölgeler merkez bölgelere kıyasla daha az yüklenmiştir.
- Pratik olarak kum tarafından uygulanan yayılı yük tekil bir kuvvet ile temsil edilebilir.
- Tekil yükün büyüklüğü kumun toplam ağırlığına eşittir.

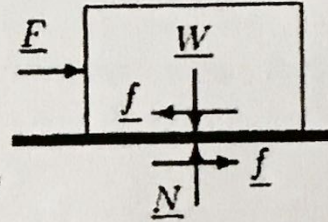


Yayıllı Kuvvetler



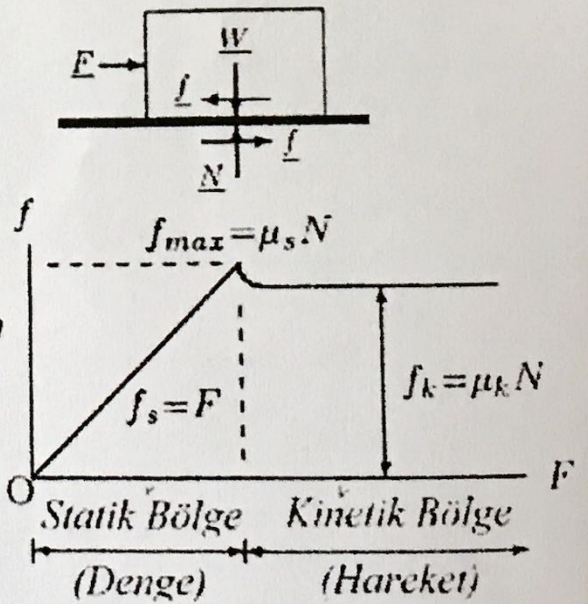
## Sürtünme Kuvveti

- Temas halindeki iki yüzeyden birisi diğeri üzerinde kaydığı veya kaymaya çalıştığı anda ortaya çıkan kuvvete sürtünme kuvveti denir.
- Bazı uygulamalarda sürtünme aranırken, bazılarında ise en aza indirgenmesi gerekebilir.
- Örn., sürtünme kuvvetinin olmadığı koşullarda yürümeye başlamak imkansızdır.
- Fren sistemleri taşıtı durdurmak yada yavaşlatmak için sürtünme ilkelerini kullanır.



## Sürtünme Kuvveti

- Sürtünme yüzey kalitesi ve pürüzlülüğüne bağlıdır.
- Pürüzsüz bir yüzey sürtünme etkisini azaltabilir.
- Hem statik hem de kinetik sürtünmenin büyüklüğü temasta olan yüzeylere etki eden normal kuvvet ( $N$ ) ile orantılıdır.
- Orantılılık sabiti: malzeme özelliği, yüzey pürüzlülüğü ve yüzeylerin içinde bulunduğu koşullar gibi faktörlere bağlı olan  $\mu$  sürtünme katsayısı ile ifade edilir.





## Biyomekanik

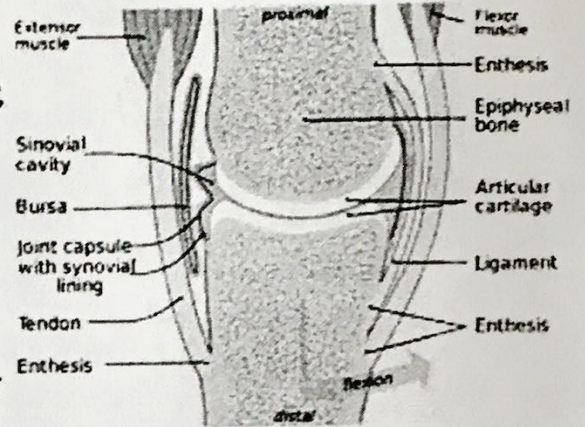
## Sürtünme Kuvveti

- Sürtünme ve aşınmanın etkileri kayan yüzeyler arasına yeni malzemeler konularak azaltılabilir.
- Yağlayıcı olarak adlandırılan bu malzemeler katı ya da sıvı olabilir.
- Hareket eden parçalar arasına yerleştirilen yağlayıcılar hareket eden parçalar arasındaki direkt teması azaltarak sürtünmenin etkisini ve aşınmayı azaltır.
- İnsan vücudundaki hareketli eklemler (diresek, kalça ve diz eklemleri) sinoviyal sıvı ile kayganlaştırılır.

## Sinoviyal sıvı,

- viskoz bir malzemedir,
- eklem yüzeyleri arasındaki direkt teması kısıtlar,
- eklem yüzeylerindeki kıkırdakı besler,
- hareketli yüzeylerin sürtünme etkisini, aşınmasını ve parçalanmasını azaltır.

Her ne kadar hareketli eklemler aşın yüklenme koşullarına maruz kalsalar da, kıkırdak yüzeyler normal, günlük koşullarda çok az aşınmaya maruz kalır.

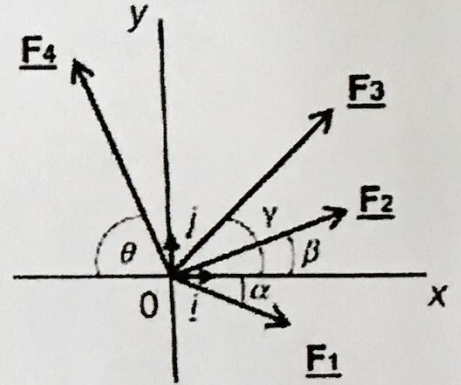


## Örnek

Şekilde gösterilen  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  ve  $F_4$  kuvvetleri xy düzleminde duran bir cisme uygulandığında;

- Bileşke kuvvet vektörünün bileşenlerini hesaplayınız
- Bileşke kuvvet vektörünün şiddetini hesaplayınız.
- Bileşke kuvvet vektörünün yatayla yaptığı açığı hesaplayınız.

$F_1 = 32 \text{ N}$ ,  $F_2 = 45 \text{ N}$ ,  $F_3 = 50 \text{ N}$  ve  $F_4 = 55 \text{ N}$  dur. Kuvvetlerin X eksenine ile yaptığı açılar ;  $\alpha = 35^\circ$ ,  $\beta = 32^\circ$  ve  $\gamma = 50^\circ$  ve  $\theta = 65^\circ$  dir.



$$\begin{aligned}
 F_{1x} &= F_1 \cos \alpha = 32 \cdot \cos 35 = 26,212 \text{ N } (\rightarrow) (+x) & F_{3x} &= 50 \cdot \cos 50 = 32,139 \text{ N } (\rightarrow) \\
 F_{1y} &= F_1 \sin \alpha = 32 \cdot \sin 35 = 18,354 \text{ N } (\downarrow) (-y) & F_{3y} &= 50 \cdot \sin 50 = 38,302 \text{ N } (\uparrow) \\
 F_{2x} &= 45 \cdot \cos 32 = 38,162 \text{ N } (\rightarrow) & F_{4x} &= 55 \cdot \cos 65 = 23,244 \text{ N } (\leftarrow) (-x) \\
 F_{2y} &= 45 \cdot \sin 32 = 23,846 \text{ N } (\uparrow) & F_{4y} &= 55 \cdot \sin 65 = 49,846 \text{ N } (\uparrow)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \vec{F}_R &= \vec{F}_{2x} + \vec{F}_{2y} \\
 F_{Rx} &= F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} - F_{4x} = 73,269 \text{ N } (\rightarrow) \\
 F_{Ry} &= -F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = 93,64 \text{ N } (\uparrow) \\
 F_R &= \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{73,269^2 + 93,64^2} = 118,89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

The diagram shows the resultant force vector  $F_R$  in the first quadrant of the xy plane. Its horizontal component is  $F_{Rx} = 73,269 \text{ N}$  and its vertical component is  $F_{Ry} = 93,64 \text{ N}$ . The angle  $\tau$  is measured from the positive x-axis to the vector  $F_R$ .

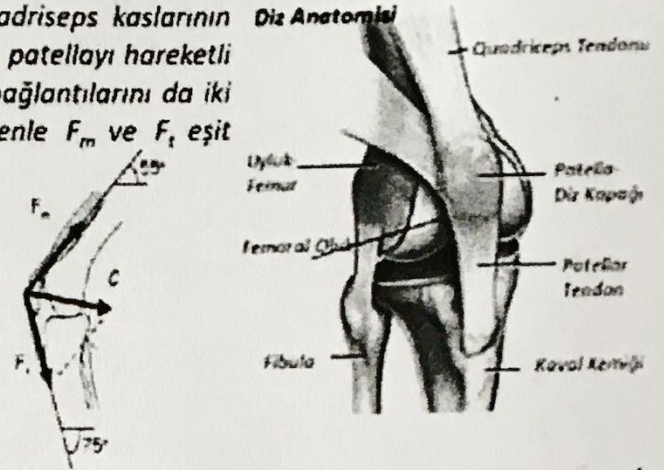
$$\tan \tau = \left( \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} \right) \Rightarrow \tau = \tan^{-1} \left( \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} \right) = 51,95^\circ$$



## Örnek

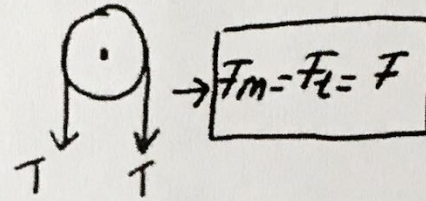
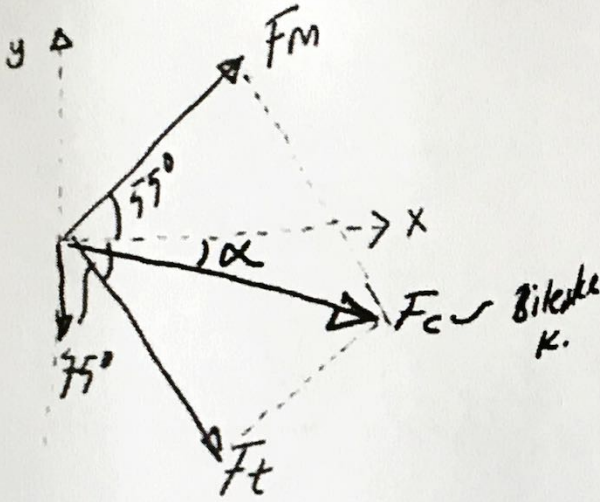
Patellofemoral eklem reaksiyon kuvveti  $F_c$ , kuadriseps kaslarının bileşke kuvvetine eşittir. Makul bir varsayım için, patellayı hareketli bir kasnak olarak ve patellaya yapılan tendon bağlantılarını da iki destekleyici iplik olarak düşünebiliriz, bu nedenle  $F_m$  ve  $F_t$  eşit büyüklüktedir.

Şekilde gösterilen konumda, patellofemoral eklem üzerinde 158,9N sıkıştırma kuvveti etki ettiğinde kuadriseps kaslarında ne kadar bir kuvvet meydana gelir?



$$F_{cx} = F_m \cos 55^\circ + F_t \cos 75^\circ \quad (1)$$

$$F_{cy} = F_m \sin 55^\circ - F_t \sin 75^\circ \quad (2)$$



$$F_{cx} = F_c \cos \alpha \quad \vec{F}_c = \vec{F}_{cx} + \vec{F}_{cy}$$

$$F_{cy} = F_c \sin \alpha \quad F_c = 158,9N$$

$$\left. \begin{aligned} F_c \cos \alpha &= F (\cos 55^\circ + \cos 75^\circ) \\ F_c \sin \alpha &= F (\sin 55^\circ - \sin 75^\circ) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{(\sin 55^\circ - \sin 75^\circ)}{(\cos 55^\circ + \cos 75^\circ)}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{-0,446}{0,832} \right) \quad \boxed{\alpha = 10^\circ}$$

(1) nolu denklemden:

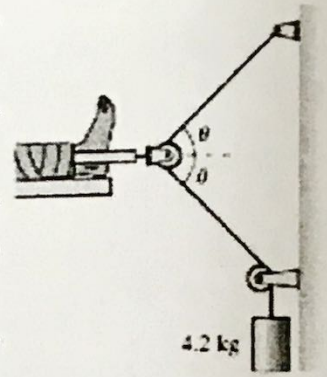
$$(158,9) \cdot \cos 10^\circ = F (\cos 55^\circ + \cos 75^\circ) \Rightarrow \boxed{F = 187,9N}$$



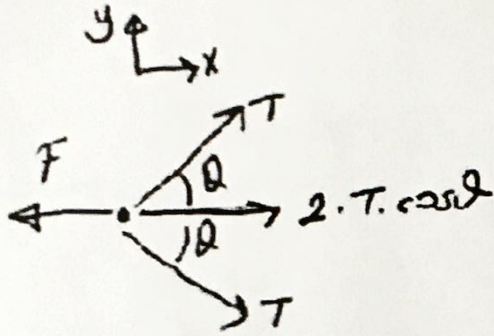
## Örnek

Bacağın ciddi kırıklarında, bacak kaslarının kasılarak kırık kemiklerin birbirini çok fazla zorlaması önlemelidir. Bunun için genellikle bir çekme kuvvetine ihtiyaç duyulur. Bu çekiş, bir halat düzeni, bir ağırlık ve kaskaklar kullanılarak yapılır. Halat, kaskağın her iki tarafında aynı açığı yapmalıdır, böylece bacak üzerindeki net kuvvet yataydır, ancak açı, çekiş miktarını kontrol etmek için ayarlanabilir.

Doktor, 4.2 kg asılı kütlesi olan bu hasta için 50 N'luk bir çekme kuvveti istemiştir. Buna göre uygun açı nedir?



$$W = (4.2)(9.81) = 41.22 \text{ N}$$



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 2 \cdot T \cos \theta - F = 0$$

$$\cos \theta = \frac{F}{2T}$$

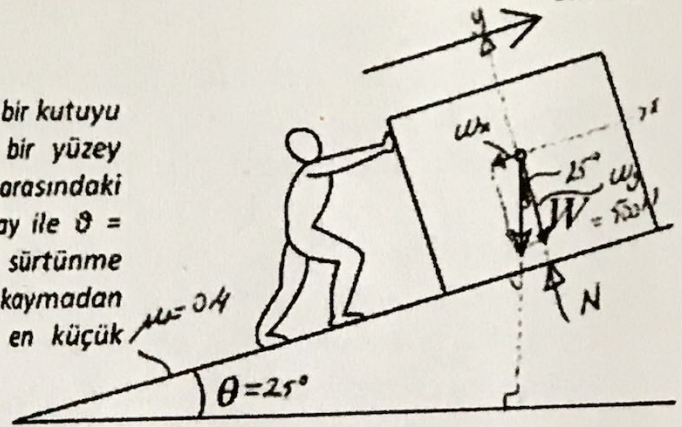
$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{F}{2T} \right) = \cos^{-1} \left( \frac{50}{2 \times 41.22} \right) \Rightarrow \boxed{\theta = 52.64^\circ}$$



## Biyomekanik

## Örnek

Şekil gösterildiği gibi, bir kişi 500 N ağırlığındaki bir kutuyu eğime paralel bir kuvvet uygulayarak eğimli bir yüzey üzerine itmeye çalışmaktadır. Kutu ile yüzey arasındaki sürtünme katsayısı  $\mu_s = 0,4$  ve eğik yüzey yatay ile  $\theta = 25^\circ$ 'lik bir açı yaptığında kutuya etki eden sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü belirleyiniz. Kutunun kaymadan durabilmesi için adamın uygulaması gereken en küçük kuvveti bulunuz.



$$F_s = ?$$

$$W_x = W \cdot \sin 25 = 211,30 \text{ N}$$

$$W_y = W \cdot \cos 25$$

$$W = 500 \text{ N} \quad \sum F_y = 0 \Rightarrow -W \cdot \cos 25 + N = 0 \Rightarrow N = W \cdot \cos 25$$

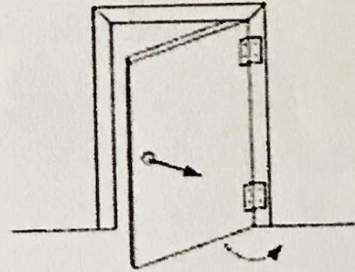
$$F_s = \mu_s \cdot N = (0,4)(453,15 \text{ N}) = 181,26 \text{ N}$$

\*Kutu hareket etmiyor

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -W \sin 25 + F_s + F_{\text{adam}} = 0 \Rightarrow F_{\text{adam}} = 30,04 \text{ N}$$

## MOMENT ve TORK VEKTÖRLERİNİN TANIMI

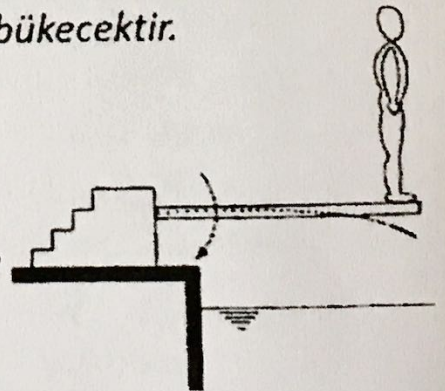
- Bir cisim üzerine uygulanan kuvvet bu cismi öteleyebilir, döndürebilir ve/veya cisimde deformasyon meydana getirebilir.
- Cisme uygulanan kuvvetin etkisi cisme nasıl uygulandığına ve cismin ne kadar desteklendiğine bağlı olarak değişir.
- Örnek olarak; açık bir kapı çekildiği zaman kapı, kasasına monte edildiği menteşeler boyunca salınır.
- Kapının salınımına sebep olan ise kapıya uygulanan kuvvetin menteşeler içerisinde geçen eksen üzerinde tork oluşturmaktır.



- Bir atlama tahtasının ucunda duran kişi tahtayı bükecektir.

- Bu durumda tahtayı eğen vücut ağırlığının tahtanın sabitlenmiş ucuna uyguladığı momentidir.

- Genel olarak tork, uygulanan kuvvetlerin dönme ve burma hareketleri ile ilişkili iken, moment ise eğme etkisi ile ilişkilidir.



- Fakat tork ve momentin matematiksel olarak tanımı aynıdır.