

### 11.1.8. Tork

11.1.8.1. Kuvvetin etkisinden yola çıkarak torku (kuvvet momentini) açıkla ve örnekler ver.

11.1.8.2. Torkun bağlı olduğu değişkenleri analiz eder ve tork vektörünün yönünü belirler.

a. Öğrencilerin deney yaparak ve simülasyonlar kullanarak torkun bağlı olduğu değişkenler ile ilgili sonuçlar çıkarmaları sağlanır.

11.1.8.3. Tork kavramı ile ilgili günlük hayattan problem durumları ortaya koyar ve çözüm yolları üretir.

## 1.8. TORK

### 1.8.1. Kuvvetin Etkisi ile Oluşan Tork

Kapı kollarına dikkat edilirse kapının döndüğü menteşelerden uzak bir noktaya takıldıkları görülür.

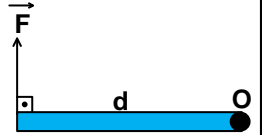
Kapıyı açmak için bir kuvvet uygularız. Bu kuvvet, kapının dönmesine sebep olur. Uyguladığımız kuvvetin büyüklüğünün yanında kuvvetin uygulandığı noktanın da kapının dönmesine etkisi vardır. Kapıya uyguladığımız kuvveti menteşelere daha yakın bir yere uygularsak kapıyı döndürmekte daha çok zorlanırız. Bu da bize kapı kollarının neden menteşelerden uzak bir noktaya yerleştirildiğini açıklamaktadır.

**Kuvvetin döndürme etkisine tork (moment) denir.**

Tork kavramı dönme hareketinin olduğu birçok durumda kullanılmaktadır. Örnek olarak araba tekerleklerinin dönmesi, İngiliz anahtarının vidayı döndürmesi verilebilir.

### 1.8.2. Torkun bağlı olduğu değişkenler

Uzunluğu  $d$  olan çubuğu sayfa düzleminde bir ucundan yere  $O$  noktasından çivileyelim. Çubuk, çivi ekseninde rahatlıkla dönebilsin.

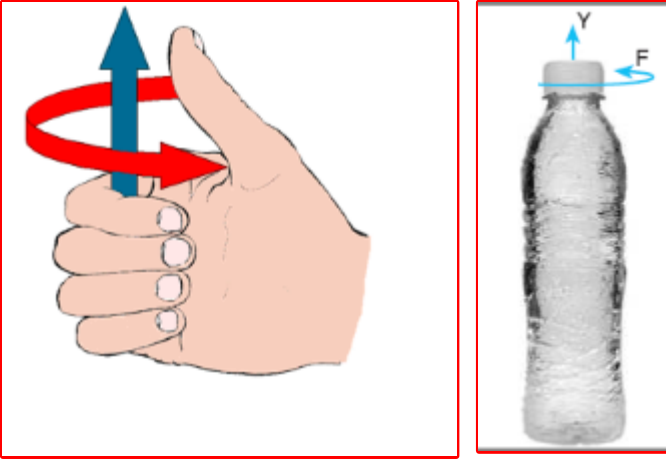


Çubuğun diğer ucundan şekilde gösterildiği gibi bir  $F$  kuvvetini çubuğa dik olarak uygulayalım. Çubuk, kuvvetin etkisi ile dönmeye başlar. Uygulanan kuvvetin döndürme etkisi tork (moment) kavramı ile ifade edilir.

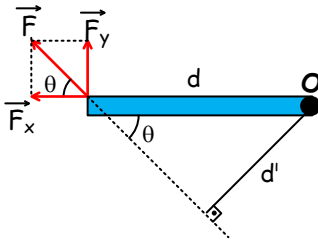
Tork, uygulanan kuvvete ve dönme noktasına olan dik uzaklığa bağlıdır.

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$$

Tork, vektörel bir büyüklüktür,  $\vec{\tau}$  harfi ile gösterilir. Birimi N.m'dir. Yönü sağ el kuralı ile bulunur. Su şişesinin kapağını çevirdiğimizde çevirme yönümüz kuvvetin yönünü gösterdiğinde kapağın hareket yönü torkun yönünü gösterir.



F kuvveti şekildeki gibi her zaman kuvvet koluna dik olmayabilir. Bu durumda tork iki yolla bulunabilir.



**Birinci Yol:** Kuvvet dik bileşenlerine ayrılır. Uzantısı dönme ekseninden geçen bileşenin ( $F_x$ ) torku sıfırdır. Bunun sebebi kuvvetin dönme eksenine uygulanması durumunda cismin dönmemesidir. Buna en iyi örnek kapıyı menteşelerden döndürmeye çalışmaktır. Kuvveti menteşelere uygularsak kapı dönmeyecektir. Diğer bileşenin torku aşağıdaki gibi hesaplanır.

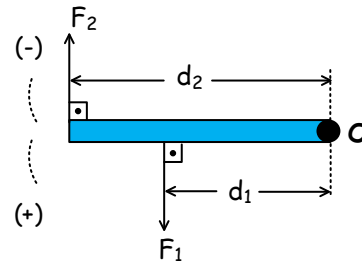
$$\tau = F_y \cdot d = (F \cdot \sin\theta) \cdot d$$

**İkinci Yol:** Kuvvetin uzantısı alınır. Bu uzantının dönme eksenine olan dik uzaklığı alınır. Yani kuvvetin yönü ve doğrultusu değiştirilmeden taşınır. Bu durumda tork şu şekilde hesaplanır.

$$\tau = F \cdot d' = F \cdot (d \cdot \sin\theta)$$

Bir cisme birden fazla kuvvet uygulanıyor ise bu kuvvetlerin torklarının bileşkesine bileşke tork denir. Bu tür durumlarda öncelik hangi kuvvetlerin dönmeye etki ettikleri tespit edilir. (Verilen kuvvetler, dönme merkezinden ya da doğrultusu dönme merkezi üzerinden geçebilir bu gibi durumlarda tork sıfır olacağından işleme katılmayacaktır.)

Daha sonra dönmeye etki eden kuvvetlerin cismi hangi yöne döndürdükleri belirlenir. Fizikte genellikle saat yönü tersi (+) yön, saat yönü ise (-) yön olarak alınır. Daha sonra vektörel toplam yapılır.



$$\tau_1 = F_1 \cdot d_1$$

$$\tau_2 = F_2 \cdot d_2$$

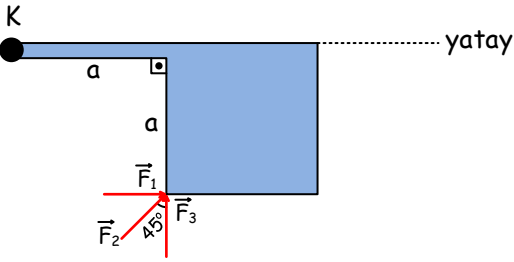
$$\Sigma\tau = \tau_1 - \tau_2$$

$$\Sigma\tau = F_1 \cdot d_1 - F_2 \cdot d_2$$

Eğer sonuç:

- ❖ (+) çıkarsa çubuk (+) yönde,
- ❖ (-) çıkarsa çubuk (-) yönde döner.
- ❖ (0) çıkarsa çubuk dönmez. Yani çubuk dengededir.

### 1.8.3 Tork Kavramı ile İlgili Günlük Hayattan Problem Durumları

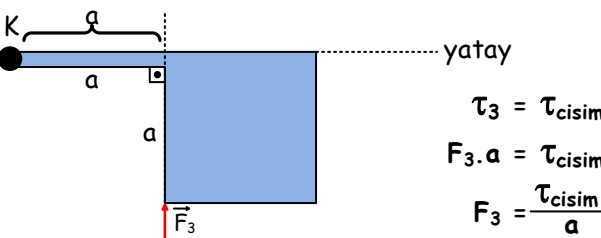
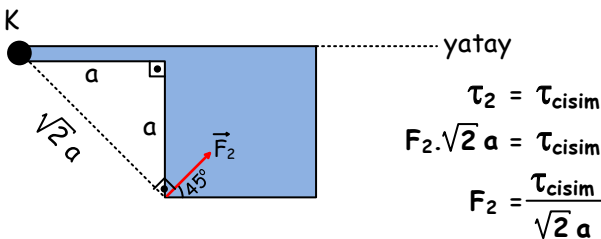
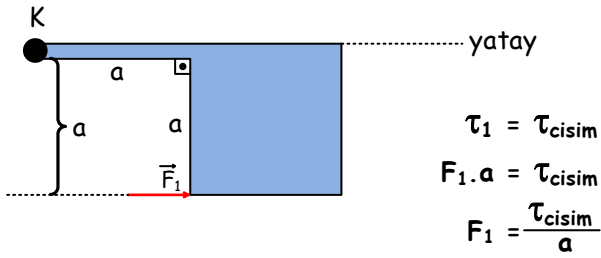


K ucundan menteşeli katı cisme düşey düzlemde  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetleri ayrı ayrı uygulanıyor ve bu kuvvetlerin her biri tek başına cismi şekildeki gibi dengede tutabiliyor.

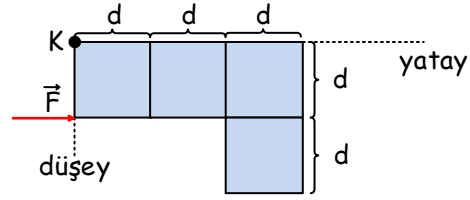
**Bu kuvvetlerin büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?**

$$(\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}) \quad (1992\text{-ÖYS})$$

Her bir kuvvetin cismi dengede tutabilmesi için cismin ağırlığının K noktasına göre torku, her bir kuvvetin K noktasına göre torkuna eşit olmalıdır.



$$F_1 = F_3 > F_2$$

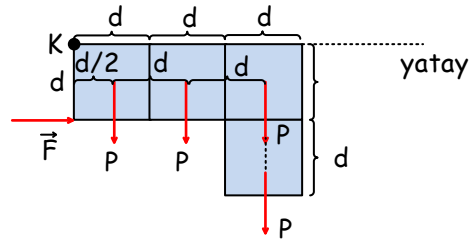


Kalınlığı önemsenmeyen şekildeki türdeş levha K deliğinden yatay bir mile takılmıştır. Levhadaki karelerin her biri P ağırlığındadır.

**Levha şekildeki gibi dengede olduğuna göre F kuvvetinin büyüklüğü nedir?**

(1991-ÖYS)

F kuvvetinin cismi dengede tutabilmesi için her karenin K noktasına göre torklarının toplamı, kuvvetin K noktasına göre torkuna eşit olmalıdır.

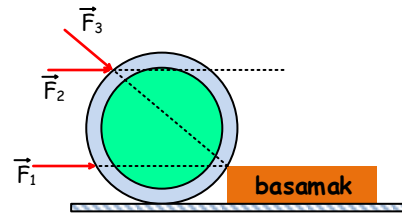


$$F \cdot d = P \cdot (d/2) + P \cdot (3d/2) + 2P \cdot (5d/2)$$

$$F \cdot d = P \cdot 7d$$

$$F = 7P$$

### Physics

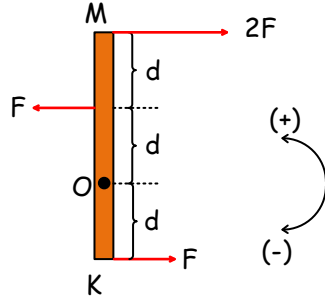


**Bir basamağa çıkarılacak tekere, şekildeki yönlerde ayrı ayrı uygulanması düşünülen  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetlerinden hangileri tekeri tek başına basamağa çıkarabilir?**

(1989-ÖYS)

Tekerleğin basamağa çıkabilmesi için, kuvvetlerin tekerlek ile basamağın temas noktasına göre torklarının, tekerleğin ağırlığının temas noktasına göre torkuna eşit veya büyük olması gerekir. Buna göre  $F_1$  ve  $F_3$  kuvvetlerinin doğrultusu temas noktasından geçtiği için bu kuvvetlerin bu noktaya göre torkları sıfır olduğu için, sadece  $F_2$  kuvveti çıkarabilir.

Bir KM çubuğu, O noktasında kendine dik bir eksen çevresinde dönebilmektedir. F, F, 2F büyüklüğünde üç kuvvet bu çubuğa şekildeki gibi uygulanmıştır.



Bu kuvvetlerin bu çubuğa uyguladıkları toplam torkun büyüklüğü ve dönme yönü nedir?

(1990-ÖYS)

$$\Sigma\tau = F.d + F.d - 2F.2d$$

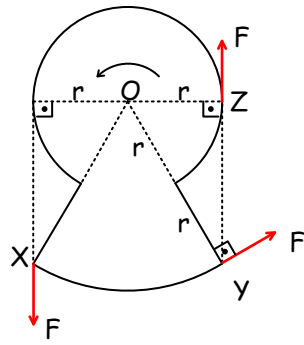
$$\Sigma\tau = 2Fd - 4Fd$$

$$\Sigma\tau = - 2Fd$$

### Physics

Şekildeki levha, O noktasında düzlemine dik bu eksen çevresinde dönmektedir. Levhaya X, Y, Z noktalarında uygulanmış F kuvvetleri, aynı düzlemde ve eşit büyüklüktedir.

Bu kuvvetlerin, O eksenine göre  $\tau_x$ ,  $\tau_y$ ,  $\tau_z$  torkları büyüklük bakımından nasıl sıralanır?



(1982-ÖYS)

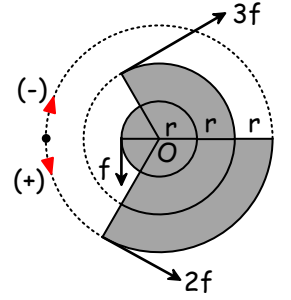
$$\tau_x = F.r$$

$$\tau_y = F.2r \quad \tau_x = \tau_z < \tau_y$$

$$\tau_z = F.r$$

Şekildeki taralı levhaya, kendi düzleminde kalan, f, 2f, 3f büyüklüğünde üç kuvvet etki etmektedir.

O noktasından geçen ve levhaya dik olan eksene göre, bu kuvvetlerin bileşke torklarının büyüklüğü nedir ve levha hangi yönde döner?



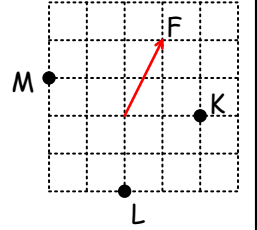
(1984-ÖYS)

$$\Sigma\tau = f.r + 2f.3r - 3f.2r$$

$$\Sigma\tau = (+) fr$$

### Physics

Şekildeki F kuvveti ile K, L, M noktaları aynı düzlemde. F kuvvetinin,



A noktasına göre torku  $\tau_K$

B noktasına göre torku  $\tau_L$

C noktasına göre torku  $\tau_M$

olduğuna göre torkların büyüklük sıralaması nasıldır?

F kuvveti yatay ve dikey bileşenlerine ayrıldıktan sonra her bir bileşenin istenene noktaya göre torkları toplanır.

$$\Sigma\tau_K = F_y.2 = 2.2 = 4$$

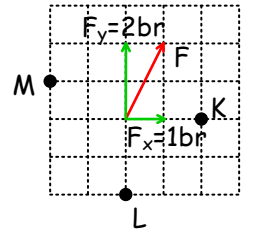
$F_x$  in K noktasına göre torku sıfırdır.

$$\Sigma\tau_L = F_x.2 = 1.2 = 2$$

$F_y$  nin L noktasına göre torku sıfırdır.

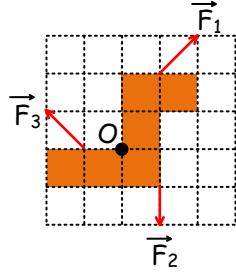
$$\Sigma\tau_M = F_x.1 + F_y.2 = 1.1 + 2.2 = 5$$

$$\tau_M > \tau_K > \tau_L$$



Şekildeki türdeş levha  $O$  noktası etrafında dönebilmektedir.

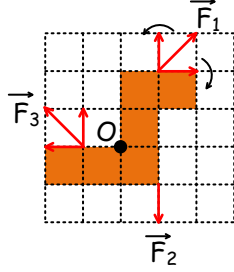
Levhaya etki eden  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$  kuvvetlerinin  $O$  noktasına göre torklarının büyüklükleri arasındaki ilişki nasıldır?



$F$  kuvveti yatay ve dikey bileşenlerine ayrıldıktan sonra her bir bileşenin istenene noktaya göre torkları toplanır.

$$\Sigma\tau_1 = F_{1y} \cdot 1 - F_{1x} \cdot 2 = 1 \cdot 1 - 1 \cdot 2 = -1$$

$F_1$  in dikey bileşeni levhayı saat yönünün tersine döndürürken, yatay bileşeni saat yönünde döndürür. (-) işareti yön bildirir. Büyüklüğe etkisi yoktur.



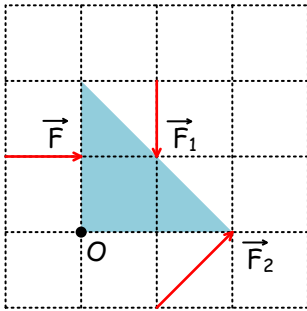
$$\Sigma\tau_2 = F_2 \cdot 1 = 1 \cdot 1 = 1$$

$$\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$$

$$\Sigma\tau_3 = F_{3y} \cdot 1 = 1 \cdot 1 = 1$$

$F_3$  ün yatay bileşeninin doğrultusu  $O$  noktasından geçtiği için  $O$  noktasına göre torku sıfırdır.

### Physics



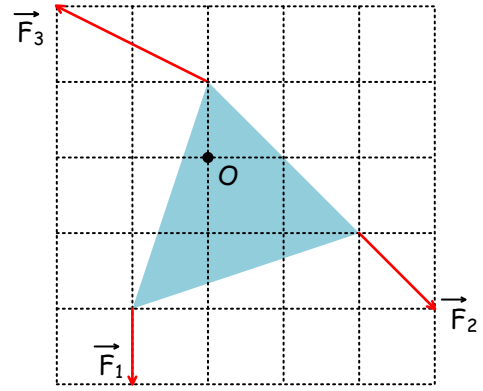
Yatay düzlemde bulunan levhaya uygulanan kuvvetlerden  $F$  kuvvetinin  $O$  noktasına göre torku  $\tau$  ise,  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetinin bu noktaya göre torkları kaç  $\tau$  olur?

$$\tau = F \cdot 1 = F \text{ (Saat yönü)}$$

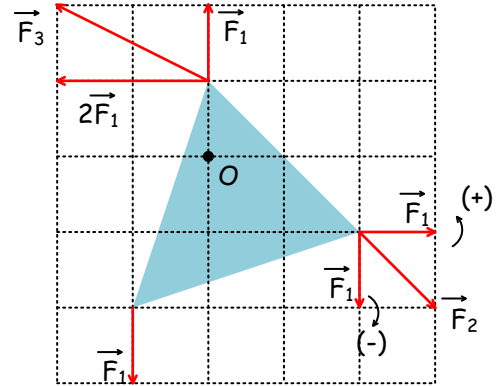
$$\Sigma\tau_1 = F_1 \cdot 1 = F \cdot 1 = F \text{ (Saat yönü)} = \tau$$

$$\Sigma\tau_2 = F_{2y} \cdot 1 + F_{2x} \cdot 1 = F \cdot 1 + F \cdot 1 = 2F \text{ (Saat yönünün tersi)}$$

$$\tau_2 = -2\tau$$



Aynı düzlemde bulunan üç kuvvet,  $O$  noktasından geçen ve sayfa düzlemine dik eksen etrafında dönebilen levhaya şekildeki gibi uygulanıyor. Bu kuvvetlerin  $O$  noktasına torklarının büyüklükleri arasındaki ilişki nedir? (Bölmeler eşit aralıktır.)

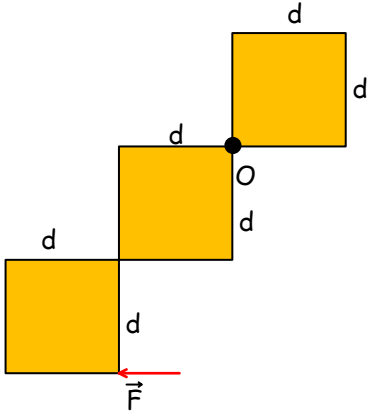


$$\Sigma\tau_1 = F_1 \cdot 1 = F_1$$

$$\Sigma\tau_2 = F_{2x} \cdot 1 - F_{2y} \cdot 2 = F_1 \cdot 1 - F_1 \cdot 2 = -F_1$$

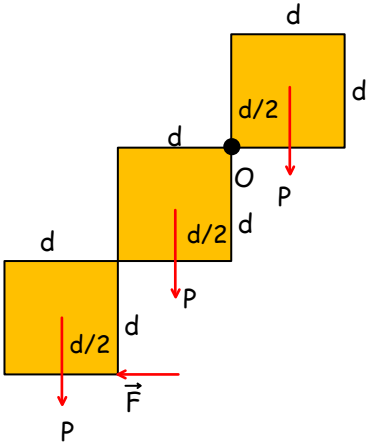
$$\Sigma\tau_3 = F_{3x} \cdot 1 = 2F_1 \cdot 1 = 2F_1$$

$$\tau_1 = \tau_2 < \tau_3$$



O noktasından geçen eksen etrafında dönebilen ve ağırlıkları P olan özdeş karelerden oluşmuş levha şekildeki gibi F kuvvetiyle dengelenmiştir.

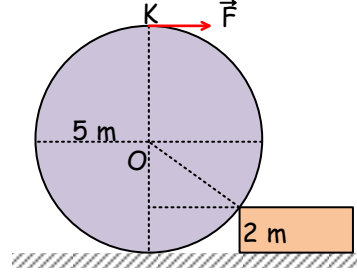
F kuvveti kaç P dir?



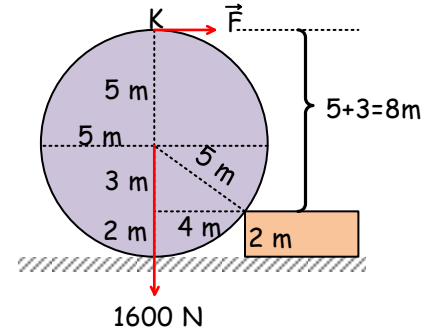
$$P \cdot (3d/2) + P \cdot (d/2) = F \cdot 2d + P \cdot (d/2)$$

$$3P/2 = 2F$$

$$3P/4 = F$$



Ağırlığı 1600 N, yarıçapı 5 m olan homojen bir küreyi 2 m yüksekliğindeki bir basamağa çıkarmak için K noktasına uygulanan F kuvveti en az kaç N olmalıdır?

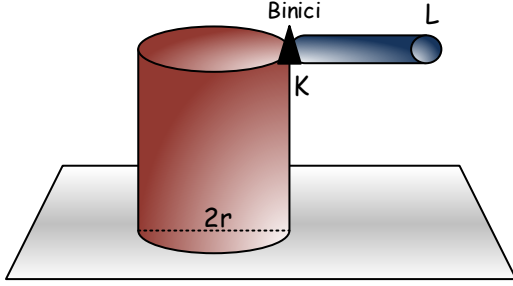


Kürenin ağırlığının basamak ile temas noktasına göre torku ile F kuvvetinin bu noktaya göre torku en az birbirine eşit olmalıdır.

$$1600 \cdot 4 = F \cdot 8$$

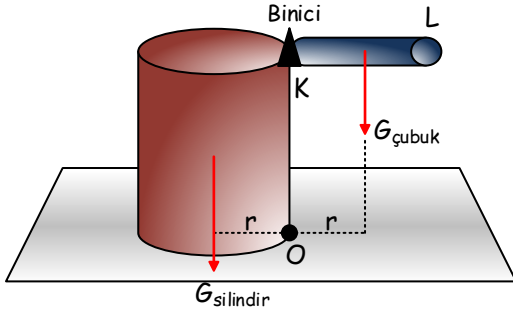
$$1600 = 2F$$

$$F = 800 \text{ N}$$



Yatay düzlemdeki  $r$  yarıçaplı homojen silindire,  $2r$  uzunluğundaki homojen  $KL$  çubuğu şekildeki perçinlenmiştir.

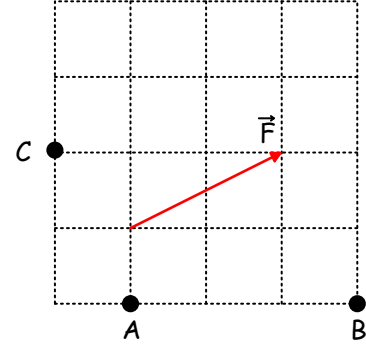
$K$  noktasındaki binici  $L$  noktasına doğru harekete başladığı anda silindir devrildiğine göre silindirin ağırlığı, çubuğun ağırlığının kaç katıdır?



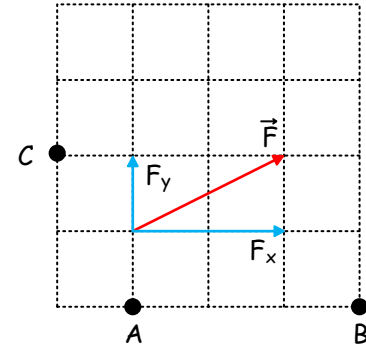
Binici  $K$  noktasındayken, devrilme noktası olan  $O$  noktasına göre tork etkisi yoktur. Bu durumda silindirin ağırlığının ve çubuğun ağırlığının bu noktaya göre torkları eşit olmalı ki devrilmeden durabilsinler. Bu durumda ağırlık merkezlerinin  $O$  noktasına uzaklıkları eşit olduğuna göre silindir ile çubuğun ağırlıkları da eşit olmalıdır. Bu durumda oran 1 olur.

## Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları

1)



Şekildeki  $F$  kuvvetinin  $A$ ,  $B$  ve  $C$  noktalarına göre torklarının büyüklüklerini bularak karşılaştırınız. (Çizim ölçeklidir.)



$F$  kuvveti yatay ve dikey bileşenlerine ayrıldıktan sonra her bir bileşenin istenen noktaya göre torkları toplanır.

$$\Sigma \tau_A = F_x \cdot 1 = 2 \cdot 1 = 2$$

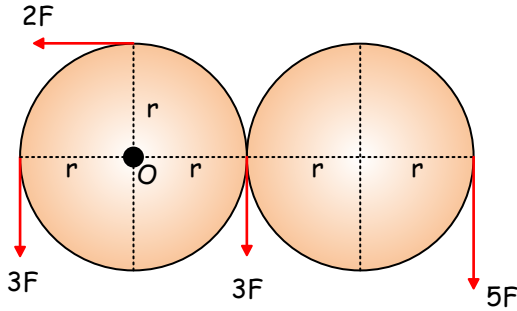
$F_y$  nin  $A$  noktasına göre torku sıfırdır.

$$\Sigma \tau_B = F_x \cdot 1 + F_y \cdot 3 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 3 = 5$$

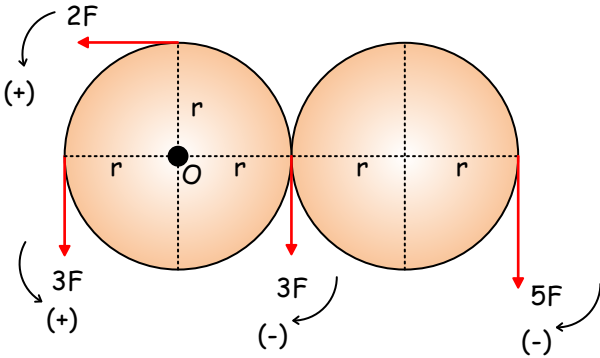
$$\tau_B > \tau_C > \tau_A$$

$$\Sigma \tau_C = F_x \cdot 1 + F_y \cdot 1 = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 3$$

2)



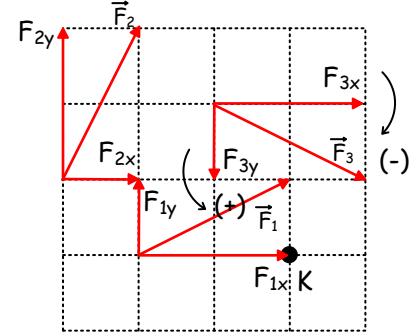
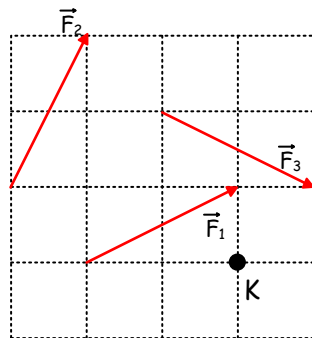
O noktası etrafında dönebilen r yarıçaplı dairesel levhalara şekildeki kuvvetler etki ediyor. Kuvvetlerin toplam torku kaç F.r'dir? Bulunuz.



$$\Sigma \tau = 2F \cdot r + 3F \cdot r - 3F \cdot r - 5F \cdot 3r$$

$$\Sigma \tau = 13Fr$$

3) Şekildeki kuvvetlerin K noktasına göre torklarının büyüklüklerini karşılaştırınız. (Çizim ölçeklidir.)



F kuvvetlerini yatay ve dikey bileşenlerine ayıldıktan sonra her bir bileşenin istenene noktaya göre torkları toplanır.

$$\Sigma \tau_1 = F_{1y} \cdot 2 = 1 \cdot 2 = 2$$

F<sub>1</sub> in yatay bileşeninin doğrultusu K noktasından geçtiği için O noktasına göre torku sıfırdır.

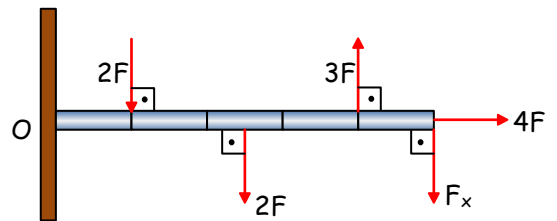
$$\Sigma \tau_2 = F_{2x} \cdot 1 + F_{2y} \cdot 3 = 1 \cdot 1 + 2 \cdot 3 = 7$$

$$\tau_2 > \tau_3 > \tau_1$$

$$\Sigma \tau_3 = F_{3y} \cdot 1 - F_{3x} \cdot 2 = 1 \cdot 1 - 2 \cdot 2 = -3$$

F<sub>3</sub> ün dikey bileşeninin K noktasına göre döndürme yönü saat yönünün tersine iken, yatay bileşeni saat yönünde döndürür. (-) işareti yön bildirir. Büyüklüğe etkisi yoktur.

4)



Şekildeki eşit bölmelendirilmiş ve her bir bölümünün uzunluğu d olan 2F ağırlığındaki homojen ve türdeş çubuk O noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir. Bileşke tork sıfır olduğuna göre F<sub>x</sub> kaç F'dir?

2F ve F<sub>x</sub> saat yönünde (-), 3F saat yönünün tersine (+) döndürür. 4F'in doğrultusu O noktasından geçtiği için torku sıfırdır.

$$\Sigma \tau = 3F \cdot 40 - 2F \cdot 10 - 2F \cdot 25 - F_x \cdot 50 = 0$$

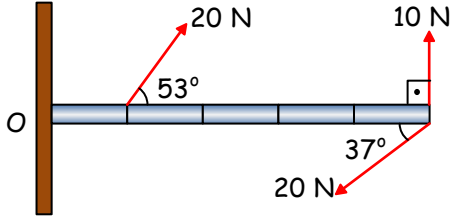
$$120F - 70F = F_x \cdot 50$$

$$50F = F_x \cdot 50 \quad \rightarrow$$

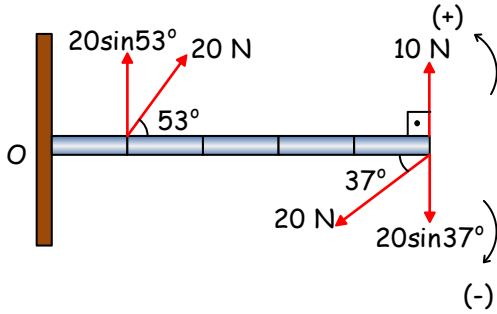
$$F = F_x$$



5)



Şekildeki kuvvetlerin etkisinde kalan eşit bölmelendirilmiş, her bir bölümünün uzunluğu 10 cm olan ağırlığı önemsiz çubuk, O noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir. Bileşke torkun büyüklüğünü hesaplayınız.



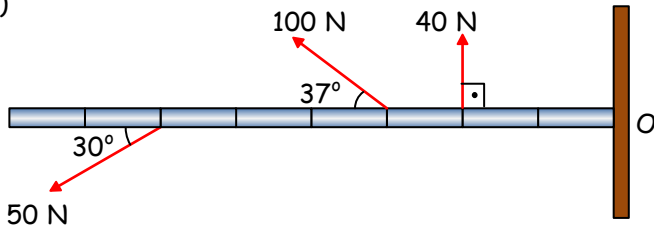
20 N'luk kuvvetlerin yatay bileşenlerinin doğrultuları O noktasından geçtiği için torkları sıfırdır.

$$\Sigma \tau = 20 \sin 53^\circ \cdot 0,1 + 10 \cdot 0,5 - 20 \sin 37^\circ \cdot 0,5$$

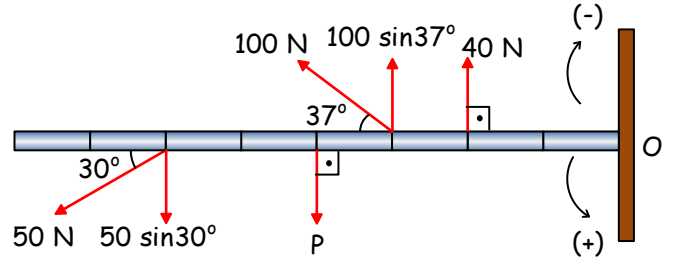
$$\Sigma \tau = 1,6 + 5 - 6$$

$$\Sigma \tau = 0,6 \text{ N.m}$$

6)



O noktası etrafında serbestçe dönebilen eşit bölmeli ve türdeş çubuk şekildeki gibi dengededir. Çubuğun ağırlığını bulunuz.



50 ve 100 N'luk kuvvetlerin yatay bileşenlerinin doğrultuları O noktasından geçtiği için torkları sıfırdır. Sistem dengede olduğundan torkların bileşkesi sıfır olmalıdır.

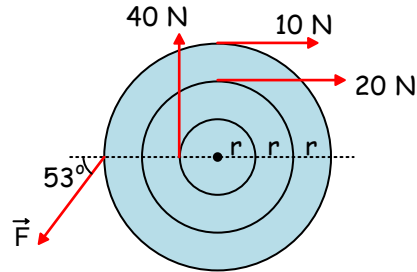
$$\Sigma \tau = 50 \sin 30^\circ \cdot 6 + P \cdot 4 - 100 \sin 37^\circ \cdot 3 - 40 \cdot 2 = 0$$

$$150 + 4P = 260$$

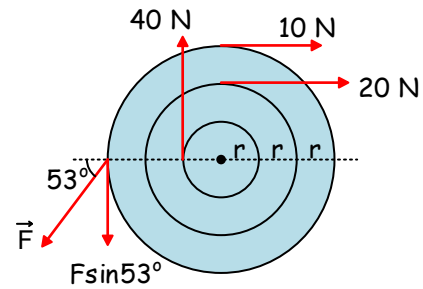
$$4P = 110$$

$$P = 27,5 \text{ N}$$

7)



Şekildeki cisme etkiyen kuvvetlerin, dairelerin merkezine göre toplam torku sıfır olduğuna göre F kuvveti kaç Newton dur?

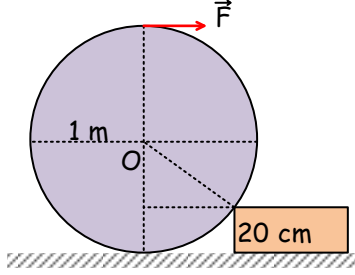


$$\Sigma \tau = 40 \cdot r + 10 \cdot 3r + 20 \cdot 2r - F \sin 53^\circ \cdot 3r = 0$$

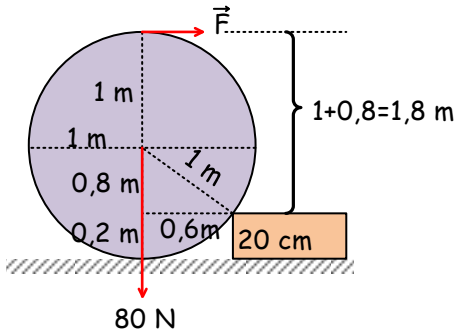
$$110r = 2,4Fr$$

$$45,8 \text{ N} = F$$

8)



Şekildeki kürenin yarıçapı 1 m ve ağırlığı 80 N'dur. Bu küreyi 20 cm yüksekliğindeki basamaktan çıkarmak için uygulanan  $F$  kuvvetinin, büyüklüğü kaç N olmalıdır? Aynı küreyi daha küçük bir kuvvetle basamaktan çıkarabilir misiniz?

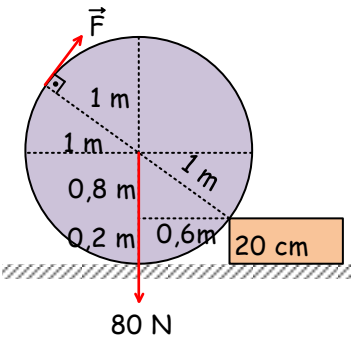


Kürenin ağırlığının basamak ile temas noktasına göre torku ile  $F$  kuvvetinin bu noktaya göre torku en az birbirine eşit olmalıdır.

$$80 \cdot 0,6 = F \cdot 1,8$$

$$80 = 3F$$

$$F = 26,67 \text{ N}$$



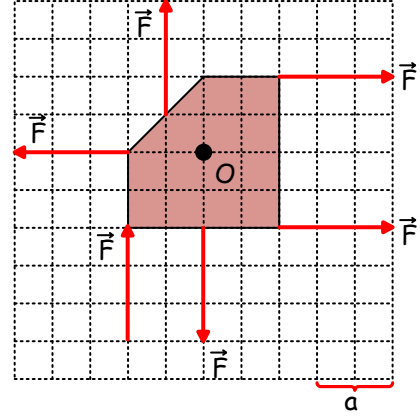
En küçük kuvvet en uzun noktada olmalıdır.

$$80 \cdot 0,6 = F \cdot 2$$

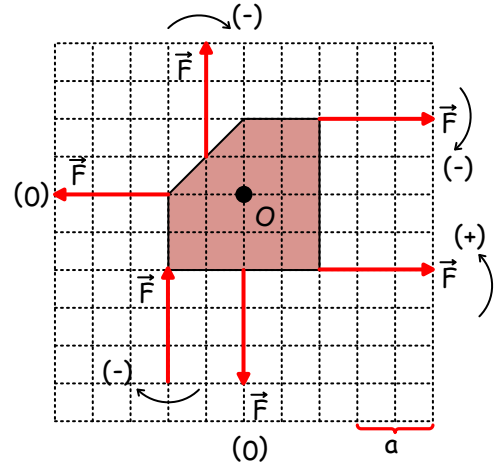
$$48 = 2F$$

$$F = 24 \text{ N}$$

9)

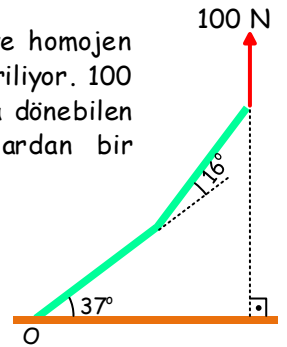
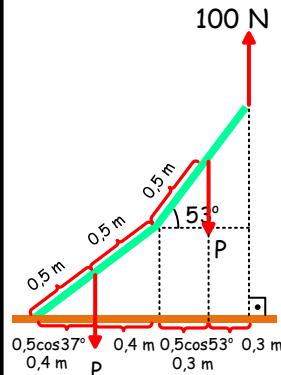


$O$  noktası etrafında dönebilen şekildeki ağırlığı önemsiz levhaya etki eden bileşke torkun büyüklüğü kaç  $F$  'a'dır?



$$\Sigma \tau = F \cdot a - F \cdot a - F \cdot a - F \cdot (a/2) = -3Fa/2$$

10) 1 m uzunluğundaki özdeş ve homojen iki çubuk şekildeki gibi birleştiriliyor. 100 N kuvvetle  $O$  noktası etrafında dönebilen çubuklar dengeleniyor. Çubuklardan bir tanesinin ağırlığını bulunuz.

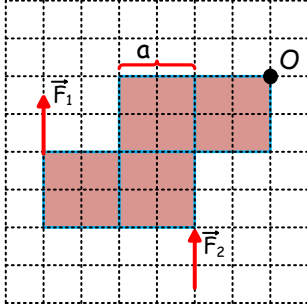


$$P \cdot 1,1 + P \cdot 0,4 = 100 \cdot 1,4$$

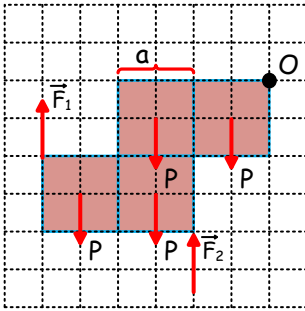
$$1,5 P = 140$$

$$P = 93,3 \text{ N}$$

11)



Bir kenarı  $a$  kadar olan özdeş ve homojen dört cisim şekildeki gibi birleştiriliyor.  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetleri cisimleri ayrı ayrı dengede tuttuğuna göre  $F_1 / F_2$  oranı kaçtır? (Cisim  $O$  noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir.)



$$F_1 \cdot 3a = P \cdot (a/2) + 2P \cdot (3a/2) + P \cdot (5a/2)$$

$$F_1 \cdot 3a = P \cdot (6a)$$

$$F_1 = 2P$$

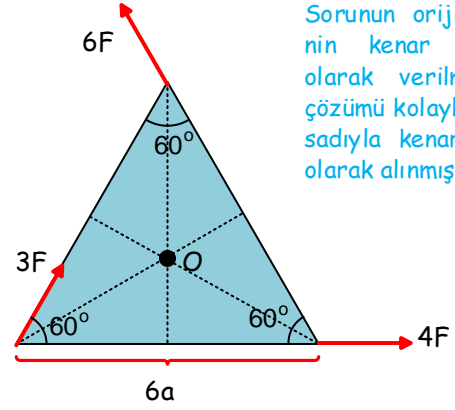
$$F_2 \cdot a = P \cdot (a/2) + 2P \cdot (3a/2) + P \cdot (5a/2)$$

$$F_2 \cdot a = P \cdot (6a)$$

$$F_2 = 6P$$

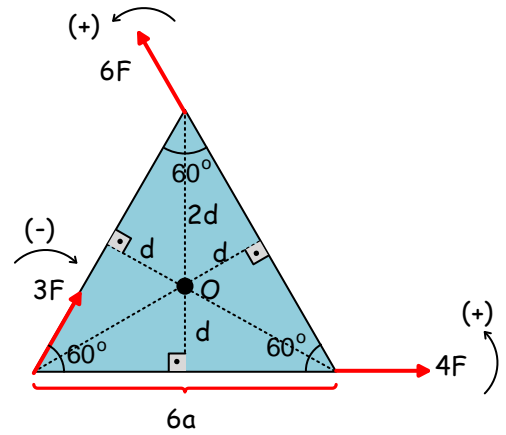
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{2P}{6P} = \frac{1}{3}$$

12)



Sorunun orijinalinde üçgenin kenar uzunluğu  $3a$  olarak verilmiştir. Ancak çözümü kolaylaştırmak amacıyla kenar uzunluğu  $6a$  olarak alınmıştır.

$O$  noktası etrafında dönebilen ağırlığı önemsiz eşkenar üçgenin köşelerine şekildeki gibi kuvvetler uygulanıyor. Bileşke torku bulunuz.



Eşkenar üçgen olduğundan kuvvetlerin üçgenin merkezine olan dik uzaklıkları birbirine eşittir.

$$(3d)^2 = (6a)^2 - (3a)^2 = 27a^2$$

$$3d = 3\sqrt{3}a$$

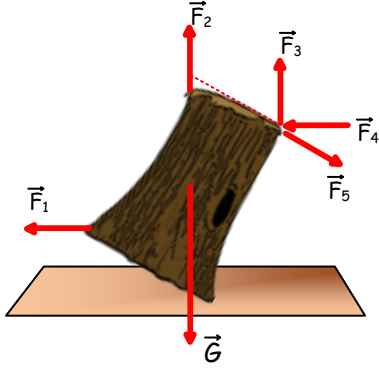
$$d = \sqrt{3}a$$

$$\Sigma\tau = 4F \cdot d + 6F \cdot d - 3F \cdot d = 7Fd$$

$$\Sigma\tau = 7\sqrt{3} Fa$$

TEST SORULARI

1

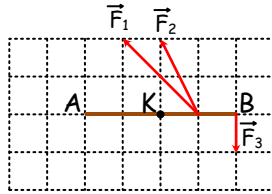


$G$  ağırlıklı kütüğü şekildeki gibi dengede tutabilmek için uygulanması gereken en küçük kuvvet hangisidir?

- A)  $F_1$     B)  $F_2$     C)  $F_3$     D)  $F_4$     E)  $F_5$

2

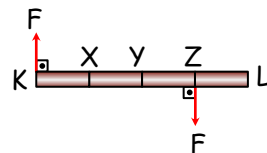
Şekildeki AB çubuğuna etki eden  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetleri çubuğu A noktasından döndürdüğüne göre, çubuğun dönmesi için K noktasına uygulanması gereken kuvvet kaç birim olmalıdır?



- A) 2    B) 3    C) 4    D) 8    E) 12

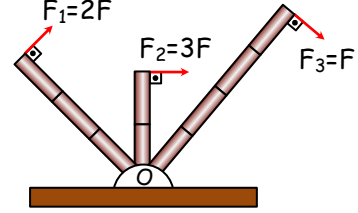
3

Şekildeki KL çubuğuna etki eden kuvvetlerin hangi noktaya göre torklarının toplamı en büyüktür?



- A) X    B) Y    C) Z  
D) L    E) Bütün noktalarda aynıdır.

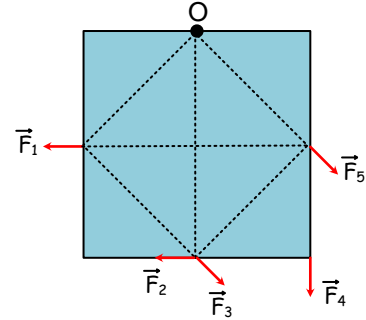
4



Aynı maddeden yapılmış çubuklara etki eden kuvvetler şekildeki gibi verildiğine göre, çubukların O noktasına göre torkları nasıl sıralanır? (Bölmeler eşit aralıktır.)

- A)  $\tau_1 = \tau_2 > \tau_3$     B)  $\tau_1 = \tau_2 < \tau_3$     C)  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$   
D)  $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3$     E)  $\tau_1 > \tau_3 > \tau_2$

5

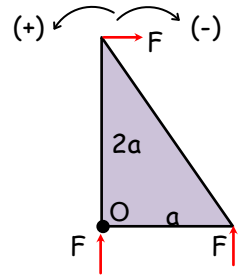


O noktası etrafında dönebilen homojen levhaya, şekildeki gibi eşit büyüklükte beş kuvvet uygulanıyor. Hangi kuvvetin O noktasına göre torku en büyüktür?

- A)  $F_1$     B)  $F_2$     C)  $F_3$     D)  $F_4$     E)  $F_5$

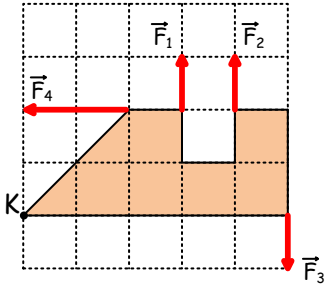
6

İki dik kenarının uzunluğu  $a$  ve  $2a$  olan üçgenin köşelerine  $F$  kuvvetleri uygulanmıştır. Buna göre kuvvetlerin O noktasına torklarının bileşkesi aşağıdakilerden hangisidir?



- A)  $-3Fa$     B)  $-2Fa$     C)  $-Fa$     D)  $3Fa$     E)  $Fa$

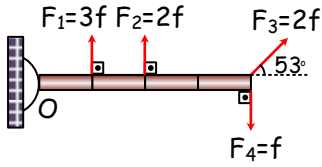
7



Ağırlığı önemsenmeyen levhanın köşelerine etki eden  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  kuvvetleri şekilde gösterilmiştir. Levha K noktası etrafında serbestçe dönebildiğine göre bu nokta etrafında oluşan bileşke tork kaç birimdir?

- A) 2      B) 4      C) 6      D) 8      E) 10

8



Dört eşit bölmeden oluşmuş çubuk O noktasında menteşeyle tutturulmuştur. Çubuğa etki eden kuvvetler şekilde gösterilmiştir.

Buna göre;

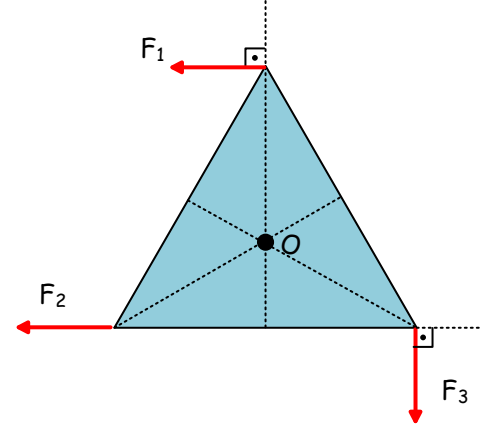
- I. Çubuk hareketsiz kalır.  
 II.  $F_1$ 'in torku en büyüktür.  
 III.  $F_3$  ve  $F_4$ 'ün torklarının büyüklükleri birbirine eşittir.

yargılarından hangileri yanlıştır?

( $\sin 53^\circ = 0,8$ ;  $\cos 53^\circ = 0,6$ )

- A) Yalnız I      B) I ve II      C) II ve III  
 D) I ve III      E) I, II ve III

9



Eşkenar üçgen levha, kenar ortaylarının kesim noktası olan O noktası etrafında rahatça dönebilmektedir.

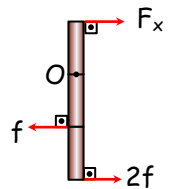
Şekildeki kuvvetlerin O noktasına göre torklarının büyüklükleri eşit olduğuna göre bu kuvvetlerin büyüklükleri arasındaki ilişki nasıldır?

- A)  $F_2 > F_1 = F_3$       B)  $F_1 = F_2 = F_3$       C)  $F_2 > F_3 > F_1$   
 D)  $F_3 > F_2 > F_1$       E)  $F_1 = F_2 > F_3$

10

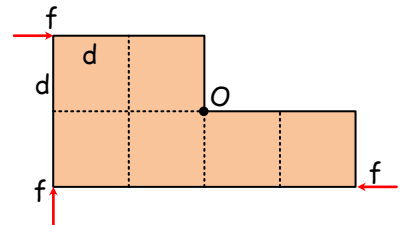
Eşit bölmeli çubuk O noktası etrafında dönebilmektedir.

Çubuk şekildeki kuvvetlerin etkisinde dengede kaldığına göre  $F_x$  kuvveti kaç  $f$  dir?



- A) 1      B) 2      C) 3      D) 4      E) 5

11



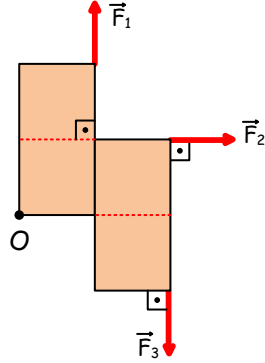
Şekildeki kuvvetlerin etkisinde O noktasına göre bileşke torkları kaç  $f \cdot d$ 'dir?

- A) 1      B) 2      C) 3      D) 4      E) 5

12

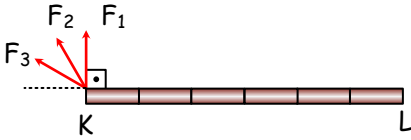
Şekildeki kuvvetler aynı büyüklükte olup, şekil düzleminindedir.

Bu kuvvetlerin O noktasına göre torqlarının büyüklükleri arasındaki ilişki nedir? (Bölmeler eşit aralıklıdır.)



- A)  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$     B)  $\tau_1 = \tau_3 > \tau_2$     C)  $\tau_3 > \tau_2 > \tau_1$   
D)  $\tau_3 > \tau_1 > \tau_2$     E)  $\tau_3 > \tau_1 = \tau_2$

13

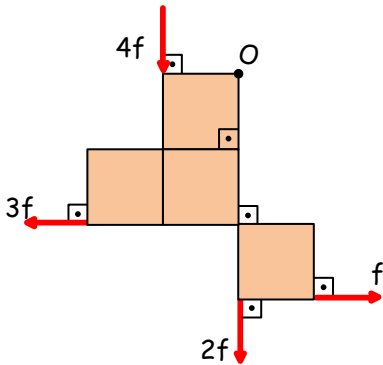


L noktası etrafında serbestçe dönebilen ağırlığı önemsenmeyen KL çubuğuna etki eden kuvvetlerin L noktasına göre torqları birbirine eşittir.

Buna göre bu kuvvetlerin büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

- A)  $F_2 > F_1 = F_3$     B)  $F_1 = F_2 = F_3$     C)  $F_1 > F_3 > F_2$   
D)  $F_3 > F_2 > F_1$     E)  $F_1 = F_2 > F_3$

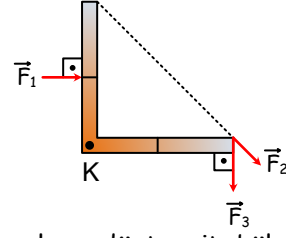
14



Kenar uzunluğu a olan özdeş karelerden oluşan levhaya etki eden kuvvetlerin O noktasına göre bileşke torqlarının büyüklüğü kaç f.a dır?

- A) 1    B) 2    C) 3    D) 5    E) 7

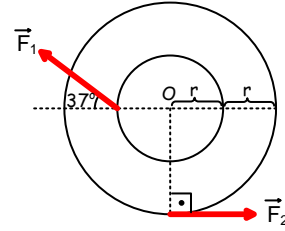
15



Şekildeki gibi kıvrılmış dört eşit bölmeli çubuğa eşit büyüklükteki  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetleri etki ediyor. Bu kuvvetlerin K noktasına göre torqları arasındaki ilişki nedir?

- A)  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$     B)  $\tau_1 > \tau_2 = \tau_3$     C)  $\tau_3 = \tau_2 > \tau_1$   
D)  $\tau_3 > \tau_2 > \tau_1$     E)  $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3$

16



Sayfa düzleminde bulunan türdeş dairesel levha, düzlemine dik, O merkezinden geçen eksen etrafında rahatça dönebilmektedir.

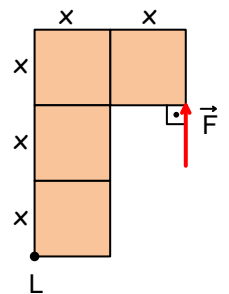
Levha aynı düzlemdeki  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin etkisinde dengede olduğuna göre  $\frac{F_1}{F_2}$  oranı kaçtır?

- A)  $\frac{8}{3}$     B)  $\frac{10}{3}$     C)  $\frac{7}{2}$     D)  $\frac{9}{2}$     E) 4

17

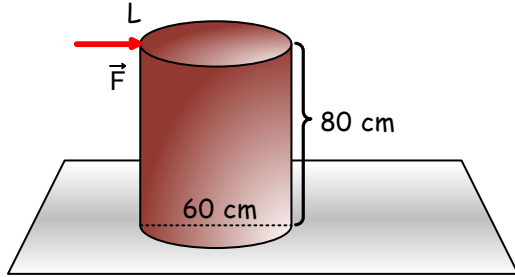
L noktası etrafında dönebilen ve ağırlıkları P olan türdeş karelerden oluşmuş levha F kuvvetiyle dengede tutulmaktadır.

Buna göre  $\frac{F}{P}$  oranı kaçtır?



- A)  $\frac{1}{3}$     B)  $\frac{1}{2}$     C)  $\frac{4}{3}$     D) 1    E)  $\frac{3}{2}$

18



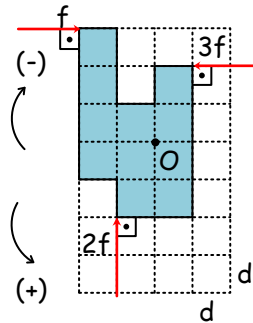
Çapı 60 cm, yüksekliği 80 cm olan 400 N ağırlığındaki homojen silindir şeklindeki cismi devirebilmek için L noktasına uygulanacak en küçük kuvvet kaç N'dur?

- A) 75    B) 90    C) 120    D) 150    E) 300

19

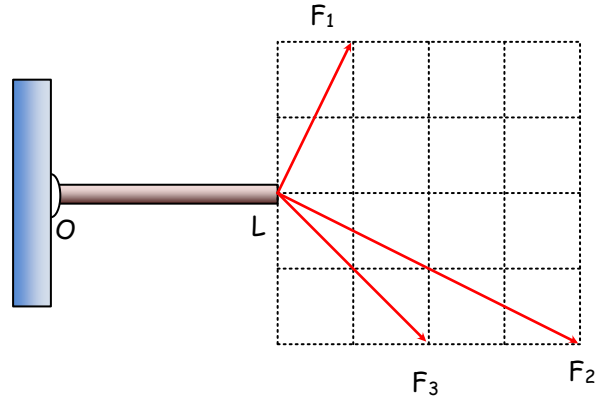
Bir kenarının uzunluğu d olan karelerden oluşan levhaya, kendi düzleminde f, 2f, 3f büyüklüğünde üç kuvvet etki ediyor.

O noktasından geçen ve levhaya dik olan eksene göre, bu kuvvetlerin torklarının bileşkesinin büyüklüğü ve yönü nedir?



- A) fd, (-) yönde    B) fd, (+) yönde    C) 2fd, (-) yönde  
D) 2fd, (+) yönde    E) 3fd, (+) yönde

20

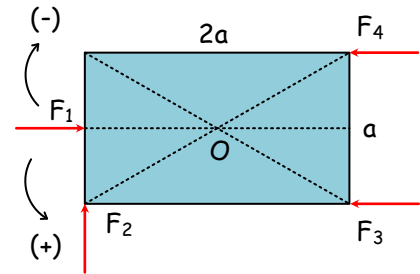


Şekildeki OL çubuğu, O noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir.

Çubuğa uygulanan  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetlerinin O noktasına göre torkları  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  arasındaki ilişki nedir?

- A)  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$     B)  $\tau_1 = \tau_3 > \tau_2$     C)  $\tau_3 > \tau_2 > \tau_1$   
D)  $\tau_3 > \tau_1 > \tau_2$     E)  $\tau_3 > \tau_1 = \tau_2$

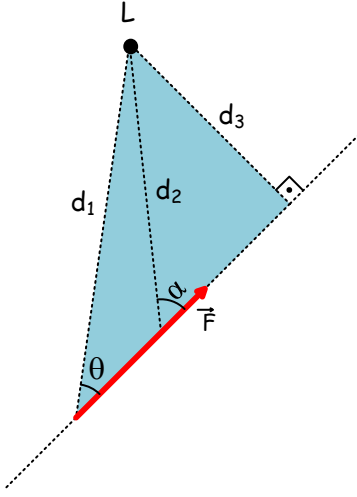
21



O noktasından geçen eksen etrafında dönebilen levhaya F büyüklüğünde dört kuvvet şekildeki gibi etki ediyor. Levha hangi yönde ve ne kadarlık bir tork ile döner?

- A) Fa, (+) yönde    B) 2Fa, (+) yönde  
C) Fa/2, (-) yönde    D) 2Fa, (-) yönde    E) Fa, (-) yönde

22



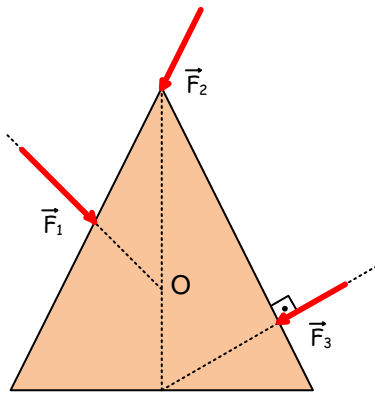
Şekildeki  $F$  kuvvetinin  $L$  noktasına göre torku,

- I.  $F \cdot d_3$
- II.  $F \cdot d_2 \cdot \sin \alpha$
- III.  $F \cdot d_1 \cdot \cos \theta$

yargılarından hangileriyle bulunabilir?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) II ve III

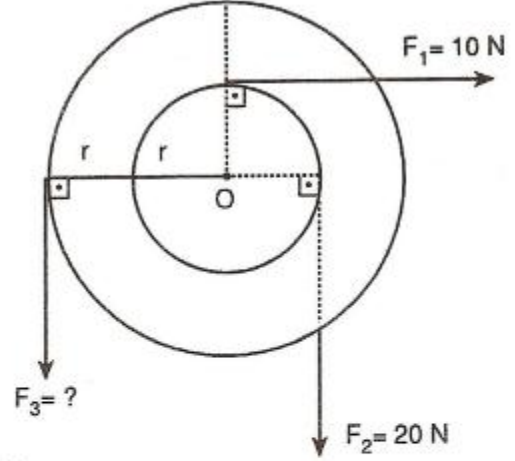
23



Sürtünmesiz yatay düzlemdeki üçgen levha  $O$  noktası etrafında serbestçe dönebilmektedir. Levhaya uygulanan  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetlerinden hangileri levhayı döndürebilir?

- A) Yalnız  $F_2$
- B)  $F_1$  ve  $F_2$
- C)  $F_2$  ve  $F_3$
- D)  $F_1$  ve  $F_3$
- E)  $F_1$  ve  $F_2, F_3$

24

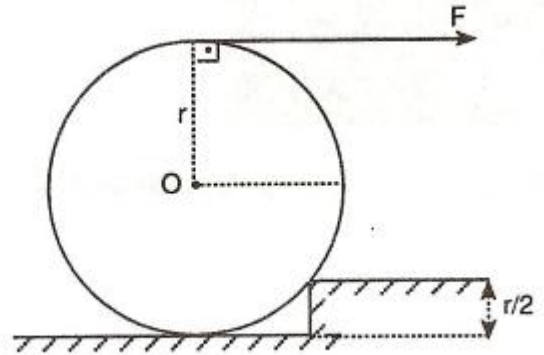


$O$  noktası etrafında serbestçe dönebilen şekildeki tekerlek  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetleri ile dengede tutuluyor.

Buna göre  $F_3$  kuvveti kaç newtondur?

- A) 20
- B) 15
- C) 10
- D) 5
- E) 2,5

25



$P$  ağırlıklı  $r$  yarıçaplı türdeş küre, yatay  $F$  kuvveti ile  $\frac{r}{2}$  yüksekliğindeki basamağa çıkarılıyor.

Buna göre  $F$  kuvvetinin en küçük değeri kaç  $P$  dir?

- A)  $\frac{1}{2}$
- B)  $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- C)  $\frac{3}{2}$
- D) 2
- E)  $\frac{5}{2}$



1) E  
2) C  
3) E  
4) A  
5) B  
6) C  
7) C  
8) E  
9) C  
10) C

11) D  
12) E  
13) D  
14) A  
15) D  
16) B  
17) B  
18) D  
19) B  
20) A

21) E  
22) D  
23) C  
24) B  
25) B