

# İÇİNDEKİLER

## KUVVET VE HAREKET

<b>Enerji ve Hareket</b> .....	3
İş Enerji İlişkisi .....	3
Sürtülmeli Yüzeylerde Yapılan İş .....	4
Enerji .....	5
Kinetik Enerji ve Potansiyel Enerji .....	5
Hooke Yasası .....	8
Mekanik Enerjinin Korunumu .....	10
Sürtülmeli Yüzeylerde Enerji Korunumu .....	10
<b>İtme ve Çizgisel Momentum</b> .....	20
İtme Nedir? .....	20
Momentum Nedir? .....	20
İtme ve Momentum Arasındaki İlişki .....	20
Momentumun Korunumu .....	23
Momentum - Kinetik Enerji İlişkisi .....	24
Çarpışmalar .....	25
Roketler .....	31
<b>Tork ve Denge</b> .....	38
Tork Nedir? .....	38
Tork Vektörünün Yönü (Sağ El Kuralı) .....	40
Cisimlerin Denge Şartları .....	41
<b>Kütle Merkezi ve Ağırlık Merkezi</b> .....	51
Kütle Merkezi .....	51
Ağırlık Merkezi .....	51
<b>Basit Makineler</b> .....	63
Kaldıraçlar .....	63
Sabit ve Hareketli Makaralar .....	65
Palangalar .....	65
Eğik Düzlem .....	67
Vida .....	68
Çıkrık .....	69
Kasnaklar .....	70
Dişli Çarklar .....	71
Cevap Anahtarı .....	78



## ENERJİ VE HAREKET

Cisimlerin hareket edebilmeleri için enerjiye ihtiyaçları vardır. Diğer bir tanımla enerji, iş yapabilme yeteneğidir.

### İŞ ENERJİ İLİŞKİSİ

Bir cismin ya da bir sistemin enerjisinde bir değişim varsa o cisim ya da sistem üzerinde iş yapılmıştır denir. Bir cisim üzerine hareket yönünde bir kuvvet etki ederse, kuvvet iş yapar.



Şekil I

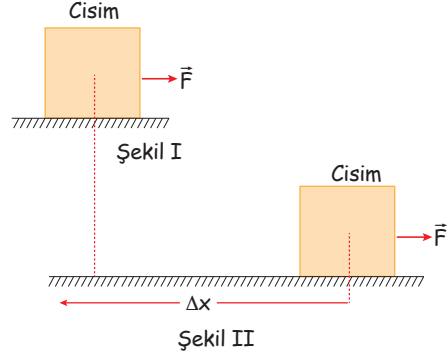


Şekil II



Şekil III

Şekil I'de el arabasını iten işçi, Şekil II'de araba çeken işçi iş yapmıştır. Şekil III'teki işçi ise kutuyu yerden yukarı kaldırırken iş yapmıştır. Ancak kutu ile birlikte yürürken iş yapmaz.



Şekil I'deki cisim  $\vec{F}$  kuvveti ile Şekil II'deki gibi  $\Delta x$  kadar yol alırsa  $\vec{F}$  kuvvetinin yaptığı iş,

$$W = \vec{F} \cdot \Delta x$$

ile bulunur.

$W$  : Kuvvetin yaptığı iş. (joule)  
 $F$  : Cisme hareket doğrultusunda uygulanan kuvvet. (N)  
 $\Delta x$  : Kuvvet etkisiyle cismin aldığı yol. (m)

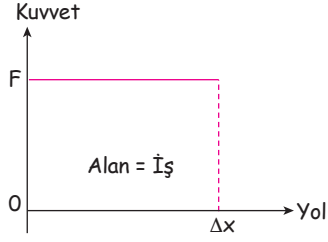
### Dikkate Al

→ Hareket Yönü



Ahmet'in kitaplarına uyguladığı kuvvet yukarı yönlü, hareket doğrultusu ise x doğrultusundadır. Kuvvet, hareket doğrultusuna dik olduğu için iş yapılmaz.

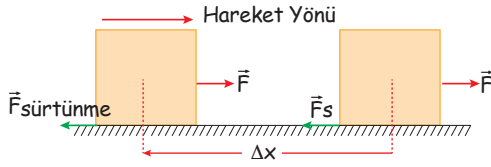
### Kuvvet - Yol Grafiği



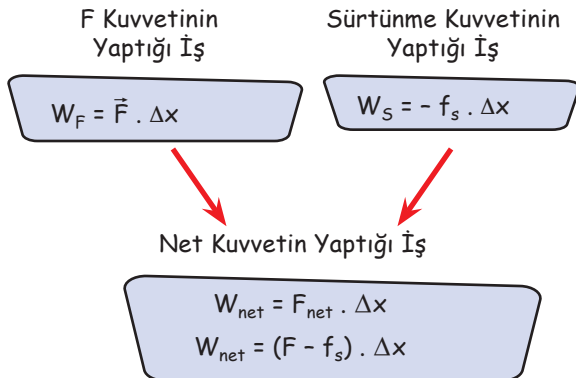
Sabit bir kuvvetin etkisi ile bir cisim  $\Delta x$  kadar yol alıyorsa kuvvet - yol grafiği şekildeki gibi olur. Kuvvet - yol grafiğinin altında kalan alan yapılan işi verir.

### Sürtünmeli Yüzeylerde Yapılan İş

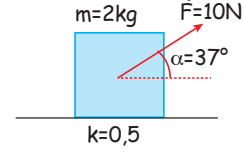
Sürtünme kuvveti, harekete zıt yönlü olan kuvvettir. Bu yüzden sürtünme kuvvetinin yaptığı iş negatiftir.



Şekildeki sürtünmeli yüzeyde  $\vec{F}$  kuvveti yardımıyla cisim  $\Delta x$  kadar çekilsin. Sürtünme kuvveti, harekete ters yönde olduğu için negatif iş yaparak cismin enerjisini azaltacaktır.



### Örnek 1



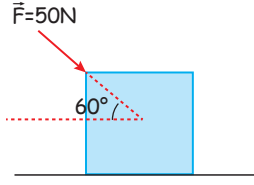
Kütlesi 2 kg olan cisim, sürtünme katsayısı 0,5 olan düzlemde 10 N'luk kuvvet etkisi ile 3m çekiliyor.

**Buna göre net kuvvetin yaptığı iş kaç joule'dür?**  
( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\cos 37^\circ = 0,8$ ,  $\sin 37^\circ = 0,6$ )

### Sen Çöz 1



Örnek 2



Şekildeki m kütleli cisim F kuvvetinin etkisi ile 4m yol alıyor.

F kuvvetinin yaptığı iş kaç joule'dür?

$$\left( \cos 60^\circ = \frac{1}{2} \quad \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

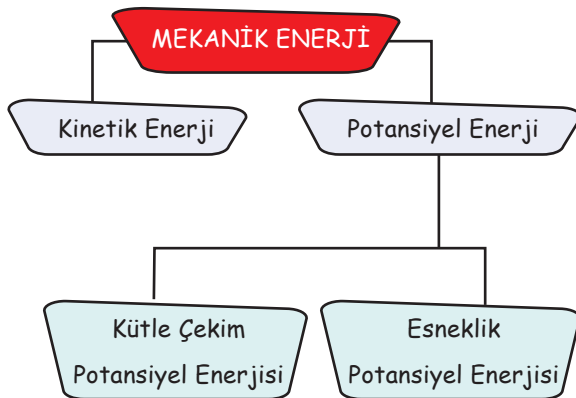
(Sistemde sürtünme yoktur.)

Sen Çöz 2

Enerji

Enerji, iş yapabilme yeteneğidir. Doğada enerji farklı şekillerde bulunur. Mekanik enerji, rüzgâr enerjisi, nükleer enerji, güneş enerjisi gibi.

Biz bu bölümde mekanik enerjiyi ele alacağız.



KİNETİK ENERJİ VE POTANSİYEL ENERJİ

Kinetik Enerji



Bir cismin hızından dolayı sahip olduğu enerjidir.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

ile bulunur.

$E_k$  : Kinetik enerji (joule)  
 $m$  : Cismin kütlesi (kg)  
 $v$  : Cismin hızı (m/s)

İş - Enerji İlişkisi

Bir cismin üzerinde iş yapılmışsa cismin enerjisinde değişim olur.

İş ile enerji değişimi ilişkisi aşağıdaki gibi olur.

$$W = \Delta E_k$$

$W$  : Yapılan iş

$\Delta E_k$  : Cismin enerjisindeki değişim

$F$  : Cisme etki eden kuvvet

$\Delta x$  : Cismin konumundaki değişim

$E_{son}$  : Son kinetik enerji

$E_{ilk}$  : İlk kinetik enerji

$v_{son}$  : Cismin son hızı

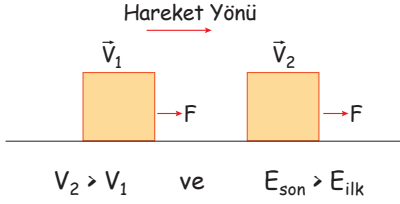
$v_{ilk}$  : Cismin ilk hızı

$$F \cdot \Delta x = E_{son} - E_{ilk}$$

$$F \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{son}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{ilk}^2$$

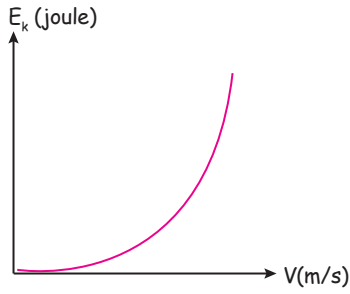
**Dikkate Al**

Bir cisme, hareketi yönünde bir kuvvet uygularsa cismin kinetik enerjisi artar.

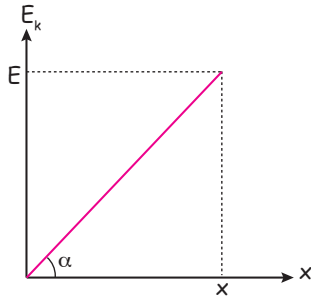


**Kinetik Enerjisi Değişen Cisme Ait Grafikler**

Kinetik Enerji - Hız Grafiği

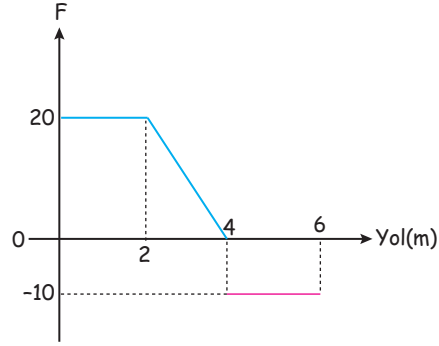


Kinetik Enerji - Yol Grafiği



$$\text{Eğim} = \tan\alpha = F = \frac{\Delta E}{\Delta x}$$

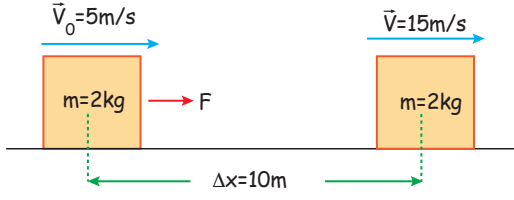
**Örnek 3**



Yatay düzlemde durmakta olan 5 kg kütleli cisme etki eden kuvvet - yol grafiği şekildeki gibidir. Buna göre, 6 m sonunda cismin sahip olduğu hız kaç m/s'dir?

**Sen Çöz 3**

Örnek 4



Şekildeki sürtünmesiz sistemde 5 m/s hızla gitmekte olan 2 kg kütleli bir cisme, bir F kuvveti 10 m yol boyunca uygulanıyor.

Cismin bu yol sonundaki hızı 15 m/s olduğuna göre F kuvveti kaç N olur?

Sen çözü 4

Kütlesi  $m$ , ağırlığı  $G = mg$  olan bir cismi bulunduğu yerden  $h$  kadar yükseğe çıkarabilmek için yerçekimi kuvvetine karşı iş yapılır. Yapılan bu iş, cisme kütle çekim potansiyel enerjisini kazandırır.

Kütle çekimi potansiyel enerjisi,

$$E_p = m \cdot g \cdot h \text{ ile bulunur.}$$

$E_p$  : Cismin kazandığı kütle çekim potansiyel enerji (joule)

$m$  : Cismin kütlesi (kg)

$g$  : Yer çekimi ivmesi ( $\frac{N}{kg} = m/s^2$ )

$h$  : Cismin yerden yüksekliği



Şekil I

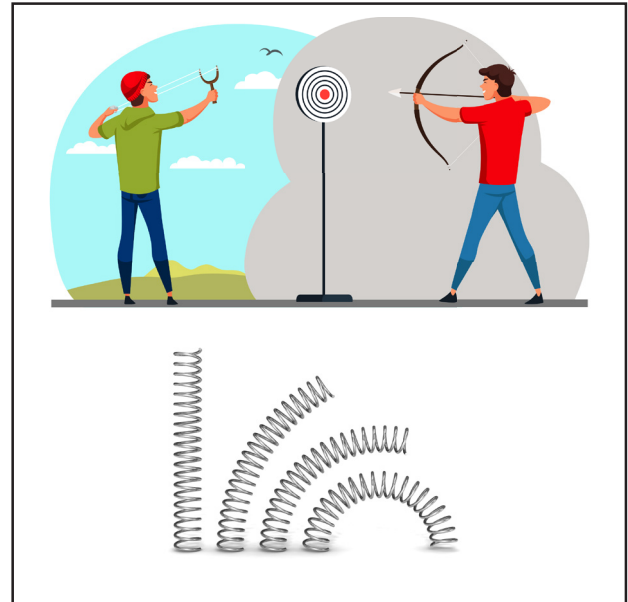


Şekil II

Şekil I'deki dağcının, dağa tırmanırken potansiyel enerjisi artar.

Şekil II'deki paraşütle atlayan sporcunun, aşağı doğru inerken potansiyel enerjisi azalır.

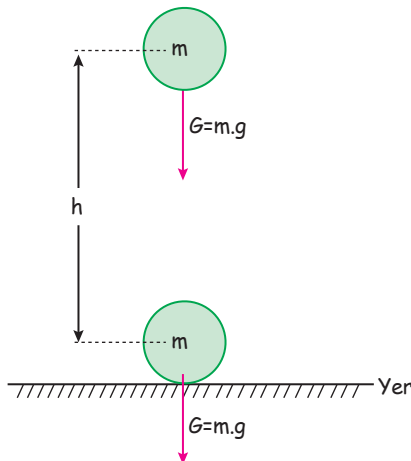
II) Esneklik Potansiyel Enerjisi



Potansiyel Enerji

Cisimlerde depo edilmiş enerjiye potansiyel enerji denir. Mekanik enerjide iki türlü potansiyel enerji vardır.

I) Kütle Çekim Potansiyel Enerjisi



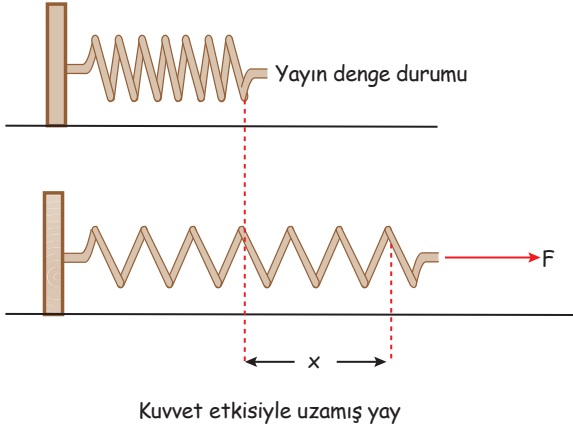
Esnek cisimlerin durumundan dolayı sahip olduğu enerjiye esneklik potansiyel enerji denir.

Sıkışmış bir yayda, gerilmiş lastikte enerji depolanır.

Gerilmiş yaydaki ok serbest bırakılırsa fırlar. Yaydaki potansiyel enerji, oka kinetik enerji olarak aktarılır.

### HOOKE YASASI

İdeal bir yayda, yayın uzama ya da sıkışma miktarı yaya uygulanan kuvvet ile doğru orantılıdır.



Bir yaya F kuvveti uygulayıp yayı x kadar çektüğümüzde kuvvet ve uzama miktarı arasında

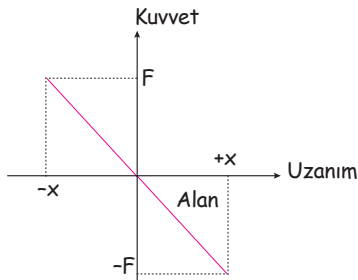
$$F = - kx \text{ bağıntısı vardır.}$$

F : Yayı geren kuvvet (Newton = N)  
x : Yayı uzama miktarı (metre = m)  
k : Yay sabiti (Newton / metre = N/m)

### Dikkate Al

Formüldeki (-) işareti yayın yer değiştirme vektörü ile yayın uyguladığı kuvvet vektörünün zıt olmasından kaynaklanır.

Kuvvet ve yaydaki uzama grafiği aşağıdaki gibidir.



Kuvvet uzanım grafiğinin altında kalan alan, yayda depolanan esneklik potansiyel enerji değerini verir.

$$\text{Alan} = E_p = \frac{F \cdot x}{2}$$

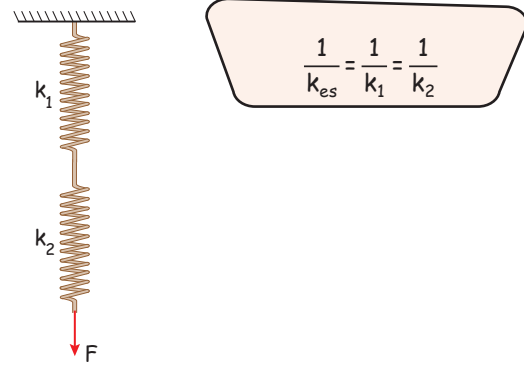
$$F = k \cdot x \text{ idi}$$

$E_p$  : Yayda depo edilen esneklik potansiyel enerjisi (joule)

k : Yay sabiti (N/m)

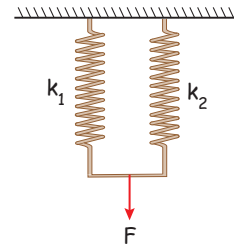
x : Uzama miktarı (m)

✓ Birden fazla yay seri bağlanırsa; eş değer yay sabiti,



ile bulunur.

✓ Yaylar paralel bağlanırsa;



$$k_{es} = k_1 + k_2 \text{ ile bulunur.}$$

✓ Bir yay eşit n parçaya ayrılırsa her bir yayın yay sabiti n . k kadar olur.

**Örnek Soru**

Kütlesi 20 g olan bir cisim yerden 5 m yüksekliktedir.

Cismin sahip olduğu potansiyel enerji kaç joule'dür? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

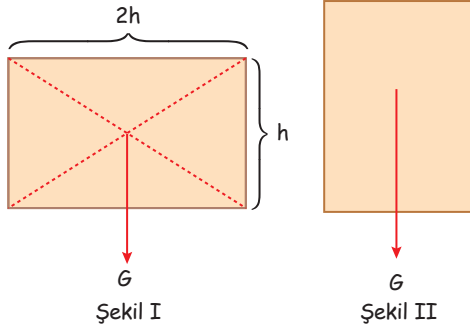
**Biz Çözdük**

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$= 0,02 \cdot 10 \cdot 5$$

Cevap :  $E_p = 1 \text{ joule}$

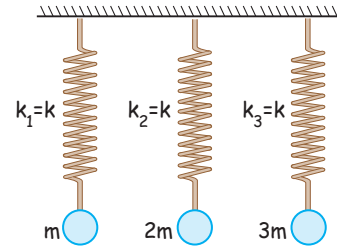
**Örnek 5**



Şekil I'deki tuğla, Şekil II'deki konuma getirilirse yer çekimine karşı yapılan iş kaç  $G \cdot h$  olur?

**Sen Çöz 5**

**Örnek 6**



Şekildeki özdeş ve yay sabitleri  $k$  olan yaylara sırasıyla  $m$ ,  $2m$  ve  $3m$  kütleli cisimler asılmıştır.

Yaylarda depolanan esneklik potansiyel enerjileri  $E_1$ ,  $E_2$  ve  $E_3$  arasındaki ilişki nedir?

**Sen Çöz 6**

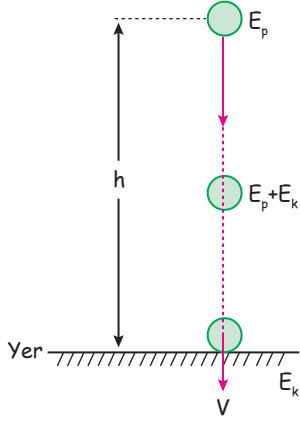
**Örnek 7**

Yay sabiti  $1000 \text{ N/m}$  olan bir yayın önüne bir cisim konulup yay  $10 \text{ cm}$  sıkıştırılıyor.

Buna göre yayda depolanan enerji kaç joule olur?

**Sen Çöz 7**

## MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU



Bir sistemde sürtünme yoksa sistemin mekanik enerjisi korunur.

Sürtünmelerin önemsenmediği ortamda, yerden h kadar yükseklikteki cisimde yer çekimi potansiyel enerjisi vardır. Cismi serbest bıraktığımızda, cismin potansiyel enerjisi azalırken kinetik enerjisi artacaktır. Sistemde sürtünme olmadığı için ( $E_p + E_k$ ) toplamı sabit kalacaktır.

$$E_T = E_p + E_k$$

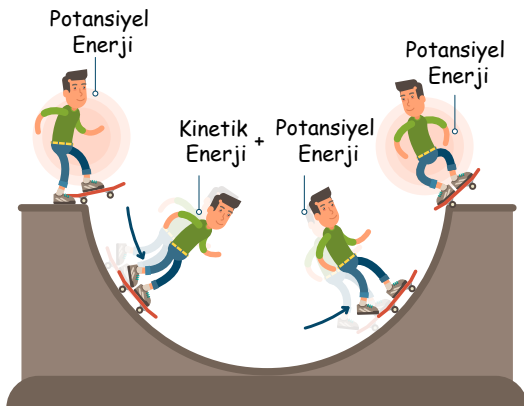
$E_T$  : Toplam mekanik enerji

$E_p$  : Potansiyel enerji

$E_k$  : Kinetik enerji

### Dikkate Al

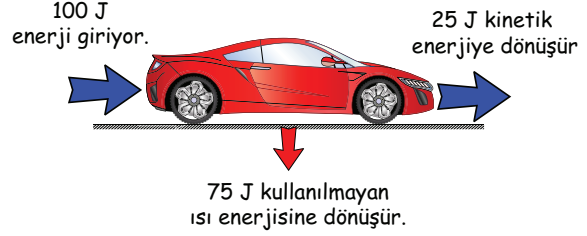
Sürtünmesiz sistemlerde mekanik enerji korunur.



## SÜRTÜNMELİ YÜZEYLERDE ENERJİ KORUNUMU

Bir sistemde sürtünme varsa sürtünmeden dolayı bir kısım enerji, ısı enerjisine dönüşür. Örneğin, ellerimizi sürttüğümüzde, hareket enerjisi ısı enerjisine dönüşür.

Şekildeki arabaya 100 j'lık enerji girerken, arabanın kinetik enerjisi 25 j olarak ölçülüyor. 75 j ise ısı enerjisine dönüşüyor.



### Dikkate Al

Sürtünlü sistemlerde mekanik enerji korunmaz. Ancak enerji korunur.

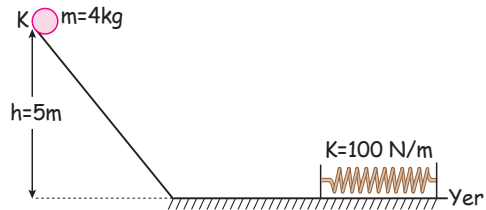
$$E_{T(İLK)} = E_{T(SON)} + W_{ISI}$$

$E_{T(İLK)}$  : Sistemin ilk mekanik enerjisi

$E_{T(SON)}$  : Sistemin son mekanik enerjisi

$W_{ISI}$  : Sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerji

### Örnek 8

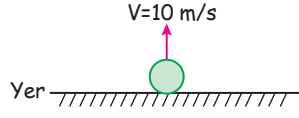


Şekildeki sistem sürtünmesizdir.

Kütlesi 4 kg olan cisim, K noktasından serbest bırakıldığında yerde sabitlenmiş yayı kaç m sıkıştırır? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

### Sen Çöz 8

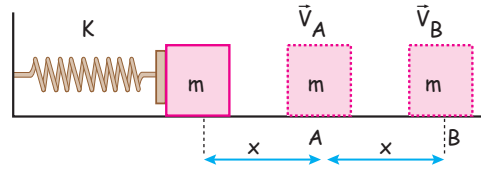
**Örnek 9**



Hava sürtünmelerinin önemsiz olduğu bir ortamda, yerden 10 m/s hızla fırlatılan cisim kaç m yüksekliğe çıkabilir? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**Sen Çöz 9**

**Örnek 10**

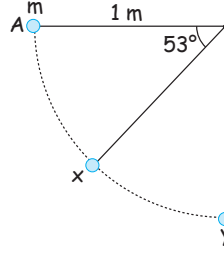


Yay sabiti  $k$  olan bir yay, sürtünmesiz düzlemde denge konumundan itibaren  $2x$  kadar sıkıştırılıp önüne  $m$  kütleli bir cisim konuluyor.

Cisim serbest bırakıldığında  $A$  noktasından  $V_A$ ,  $B$  noktasından  $V_B$  hızıyla geçtiğine göre  $\frac{V_A}{V_B}$  oranı nedir?

**Sen Çöz 10**

## Örnek 11



$m$  kütleli bir cisim  $1\text{ m}$  uzunluğundaki kütlesi önemsiz esemeyen ipin ucuna bağlanıp, şekildeki  $A$  konumundan serbest bırakılıyor.

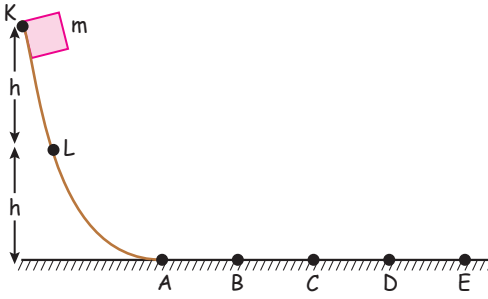
Cismin  $x$  noktasından geçerkenki hızı  $V_x$ ,  $Y$  noktasından geçerkenki hızı  $V_y$  ise  $\frac{V_x}{V_y}$  oranı nedir?

( $\sin 53^\circ = 0,8$      $\cos 53^\circ = 0,6$ )  
( $g = 10\text{ m/s}^2$ , sürtünmeler önemsizdir.)

## Sen Çöz 11



**Örnek 12**



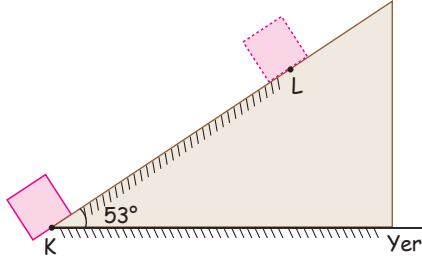
Şekildeki sürtünmesiz rayın K noktasından serbest bırakılan  $m$  kütleli cisim, yatay sürtümlü düzlemde E noktasında duruyor.

L noktasından  $3m$  kütleli cisim serbest bırakılırsa sürtümlü yüzeyde hangi noktada durur?

( $|AB| = |BC| = |CD| = |DE|$  sürtünme katsayısı her yerde aynıdır.)

**Sen Çöz 12**

1.



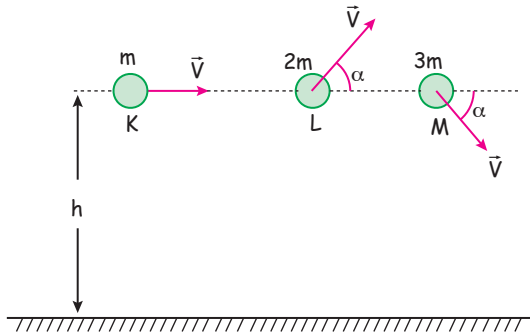
Şekildeki gibi eğik düzlemin alt noktasından  $4 \text{ m/s}$ 'lik hız ile atılan  $4 \text{ kg}$  kütleli cisim L noktasından  $1 \text{ m/s}$  hızla geçiyor.

Cisimle yüzey arasındaki sürtünme kuvveti  $4 \text{ N}$  olduğuna göre, L noktasının yerden yüksekliği kaç metredir?

( $g=10 \text{ m/s}^2$   $\sin 53^\circ=0,8$   $\cos 53^\circ=0,6$ )

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

2.

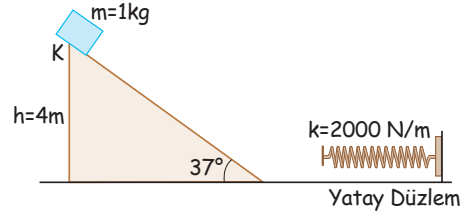


Hava sürtünmelerinin ihmal edildiği ortamda kütleleri sırasıyla  $m$ ,  $2m$  ve  $3m$  olan K, L, M cisimleri şekildeki gibi eşit büyüklükteki hızlarla atılıyorlar.

Cisimlerin yere çarpma hız büyüklükleri  $V_K$ ,  $V_L$  ve  $V_M$  arasındaki ilişki nedir?

- A)  $V_K > V_L > V_M$     B)  $V_L > V_K > V_M$   
 C)  $V_K = V_L > V_M$     D)  $V_M > V_K > V_L$   
 E)  $V_K = V_L = V_M$

3.



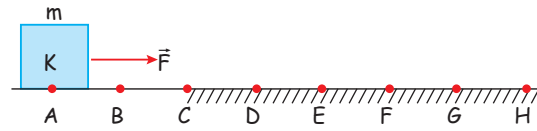
Kütlesi  $1 \text{ kg}$  olan bir cisim, şekildeki gibi sürtünmesiz eğik düzlemin K noktasından serbest bırakılıyor.

Buna göre, cisim yatay düzlemdeki yay sabiti  $2000 \text{ N/m}$  olan yayı kaç cm sıkıştırabilir? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ , yatay düzlem sürtünmesizdir.)

- A) 0,02    B) 0,2    C) 2    D) 20    E) 200

## ÇİTA YAYINLARI

4.



Şekildeki AH yolunun AC bölümü sürtünmesiz, CH bölümü sürtünelidir.

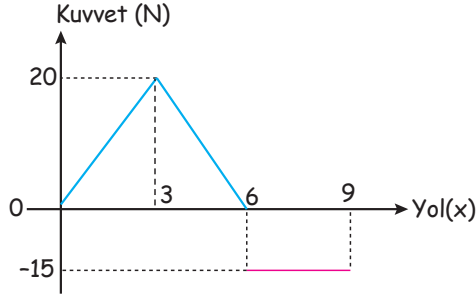
A noktasında durmakta olan  $m$  kütleli cisim F kuvveti ile çekiliyor.

Cisim F noktasında durduğuna göre, F kuvvetinin cisme etki eden sürtünme kuvvetine ( $F_s$ ) oranı  $\frac{|F|}{|F_s|}$  nedir?

(Noktalar arası uzaklık eşit ve sürtüneli yolun her bölümünde sürtünme katsayısı sabittir.)

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

5.

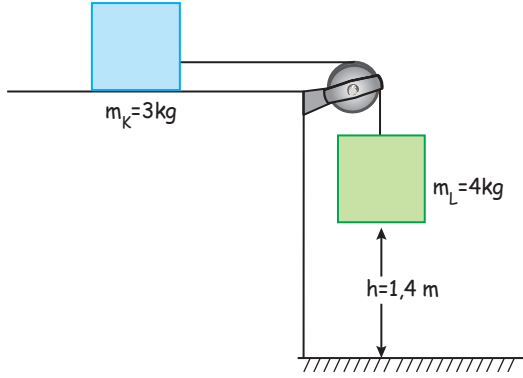


$t = 0$  anında durmakta olan bir cisme etki eden kuvvet - yol grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre, 9 m sonunda cismin sahip olduğu kinetik enerji kaç joule'dür?

- A) 15 B) 20 C) 25 D) 30 E) 35

6.

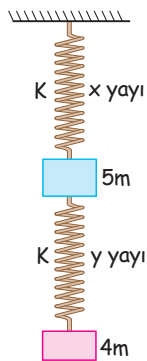


Şekildeki sürtünmesiz sistem serbest bırakılıyor.

4 kg kütleli cisim yere çarptığı anda 3 kg kütleli cismin kinetik enerjisi kaç j olur? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 10 B) 12 C) 24 D) 26 E) 32

7.

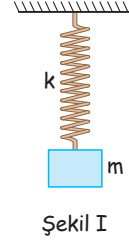


Özdeş ve ağırlıksız x ve y yaylarına şekildeki gibi 5m ve 4m kütleli cisimler bağlanmıştır.

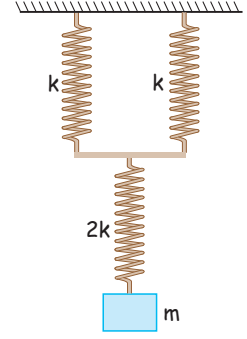
Sistem dengede olduğuna göre x yayında depolanan enerji  $E_x$ 'in, y yayında depolanan enerji  $E_y$ 'ye oranı nedir?

- A)  $\frac{81}{16}$  B)  $\frac{17}{11}$  C)  $\frac{19}{12}$  D)  $\frac{25}{16}$  E)  $\frac{17}{22}$

8.



Şekil I



Şekil II

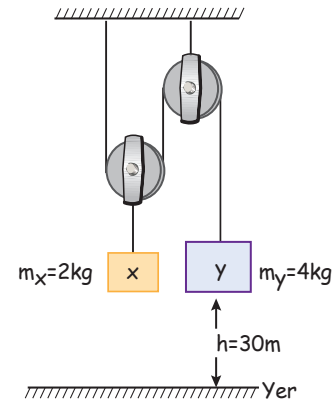
Şekil I ve Şekil II'deki sistem dengededir.

Şekil I'deki sistemde depo edilen enerji E ise Şekil II'de depo edilen enerji kaç E'dir?

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

ÇİTA YAYINLARI

9.

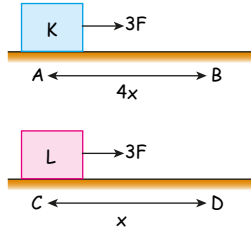


Kütlesi 2 kg olan x cismi ile kütlesi 4 kg olan y cismi sürtünmesiz sistemde serbest bırakılıyor.

y cismi yere değdiği anda x cisminin hızı kaç m/s olur? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ , makara ağırlıkları önemsiz.)

- A) 7,5 B) 10 C) 15 D) 17 E) 18

1.

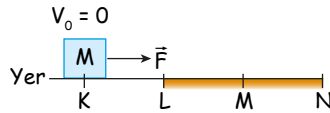


Sürtünmesiz yatay düzlemde durgun hâlde bulunan K ve L cisimlerine etki eden kuvvet ve aldıkları yollar şekildeki gibidir.

Buna göre K cisminin yapmış olduğu iş  $W_1$ , L cisminin yapmış olduğu iş  $W_2$  ise işlerin oranı  $\frac{W_1}{W_2}$  kaçtır?

- A) 4 B) 6 C) 8 D) 10 E) 12

2.

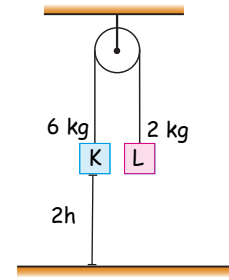


Şekildeki yatay düzlemde m kütleli cisme yere paralel  $\vec{F}$  kuvveti N noktasına kadar uygulanıyor.

Yolun yalnızca L - N arası sürtümlü ve cisim N noktasında durduğuna göre sürtünme kuvvetinin büyüklüğü kaç F'dir? (Noktalar arası uzaklık eşittir)

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

3.

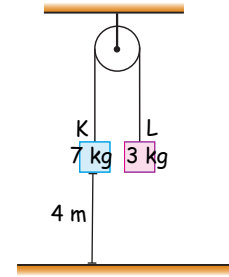


Sürtünmesiz makara sisteminden yerden  $2h$  yükseklikte bulunan K ve L cisimlerinin kütleleri sırasıyla  $6\text{ kg}$  ve  $2\text{ kg}$  dir.

Buna göre sistem serbest bırakıldığında L cismi yerden en fazla kaç h yükselir? ( $g = 10\text{ m/s}^2$ ) (Makara ağırlığı ihmal)

- A) 11 B) 16 C) 22 D) 24 E) 26

4.

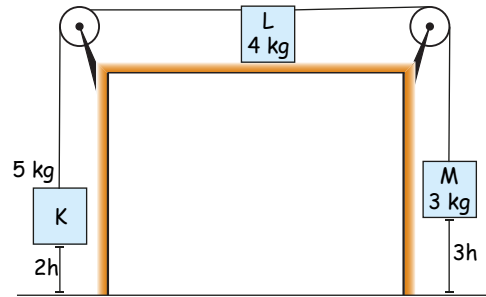


Sürtünmesiz ve makara ağırlığının ihmal edildiği bir sistem de yerden  $4\text{ m}$  yükseklikteki K ve L cisimleri şekildeki konumdan serbest bırakılıyor.

K ve L cisimlerinin kütleleri sırasıyla  $7\text{ kg}$ ,  $3\text{ kg}$  olduğuna göre cismin yere çarpma hızı ne olur? ( $g = 10\text{ m/s}^2$ )

- A)  $2\sqrt{2}$  B)  $4\sqrt{2}$  C) 8 D)  $8\sqrt{2}$  E) 16

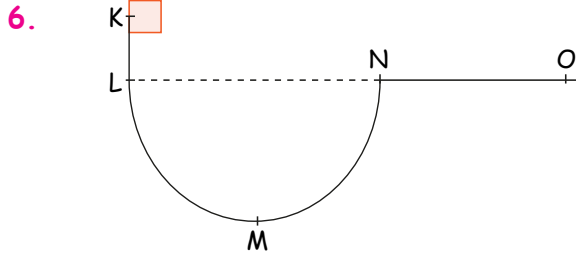
5.



Sürtünmesiz makaralardan oluşan sistemde K, L, M cisimlerinin kütleleri sırasıyla  $5\text{ kg}$ ,  $4\text{ kg}$ ,  $3\text{ kg}$  dir.

Buna göre K cismi yere çarptığı anda M cisminin toplam enerjisi kaç g.h. olur? (L cisminin bulunduğu yüzey yeterince uzundur.) ( $g = 10\text{ m/s}^2$ )

- A) 13 B) 14 C) 15 D) 16 E) 17



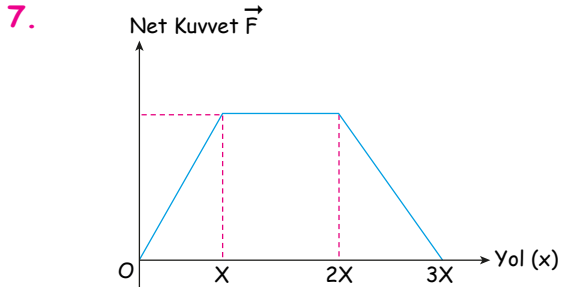
Şekildeki sistemde K noktasında bulunan cisim serbest bırakılıyor.

Cisim K, L, M, N, O yolunu izleyerek O noktasında durduğuna göre;

- I. N - O arası sürtünmelidir.
- II. Cisim L noktasındaki kinetik enerjisi N noktasındaki kinetik enerjisine eşittir.
- III. Cisim en fazla sürata M noktasına ulaşmıştır.

yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

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



Sürtünmesiz yatay düzlemde cisme etki eden net kuvvet - zaman grafiği şekildeki gibidir.

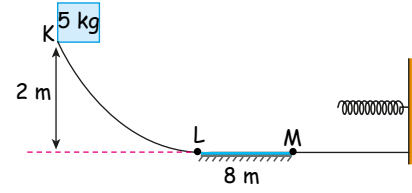
Buna göre,

- I. Cisim (0 - x) mesafesinde hızlanmıştır.
- II. Cisim (0 - x) mesafesindeki ortalama hızı (2x - 3x) mesafesindeki ortalama hızından büyüktür.
- III. Cisim (2x - 3x) mesafesinde yavaşlamıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

8.



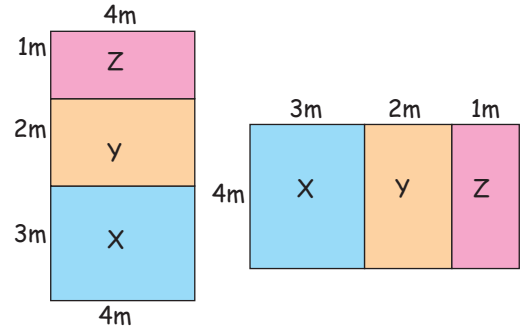
Yolun yalnızca L - M arası sürtümlü olan sistemde kütlesi 5 kg olan cisim 2 metre yükseklikten serbest bırakılmaktadır.

L - M yolunun sürtünme katsayısı  $k = 0,2$  ve yay sabiti  $k = 40\text{N/M}$  olduğuna göre yayın sıkışma miktarı kaç cm'dir? (Noktalar arası uzaklık eşittir.)

- A) 40
- B) 65
- C) 80
- D) 95
- E) 100

ÇİTA YAYINLARI

9.



Şekil-I

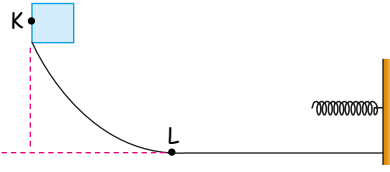
Şekil-II

Aynı maddeden yapılmış birbirine yapışık X, Y, Z cisimleri Şekil-I'deki gibi dengededir. Her bir sistemin enerjisi sırasıyla  $E_x, E_y, E_z$ 'dir.

Tüms sistem Şekil-I'den Şekil-II'deki hâle getirilirse sistemin son durumdaki enerjileri hakkında ne söylenebilir?

	$E_x$	$E_y$	$E_z$
A)	artar	azalır	azalır
B)	artar	artar	azalır
C)	artar	değişmez	azalır
D)	azalır	değişmez	artar
E)	azalır	azalır	değişmez

1.

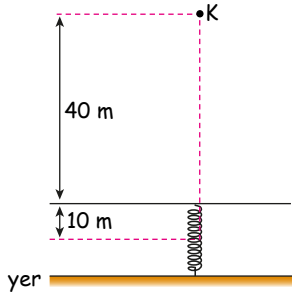


Şekildeki sürtünmesiz sistemde K noktasında bulunan  $m$  kütleli cisim serbest bırakılıyor. Cisim L noktasından  $V$  hız büyüklüğü ile geçerek yayı en fazla  $x$  kadar sıkıştırıyor.

Cismin kütlesi artırılırsa  $V$  ve  $x$  değerleri nasıl değişir?

	$V$	$x$
A)	artar	artar
B)	değişmez	artar
C)	azalır	değişmez
D)	değişmez	değişmez
E)	azalır	azalır

2.



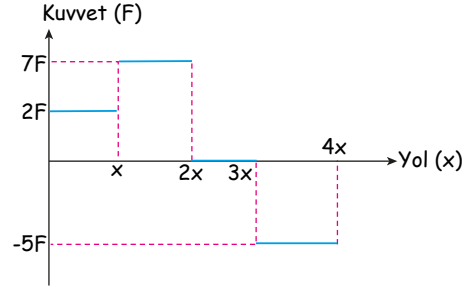
Sürtünmelerin önemsenmediği ortamda 20 gram kütleli K cismi şekildeki gibi serbest bırakılıyor.

Cisim yayı 10 m sıkıştırdığına göre yay sabitinin

( $k$ ) değeri kaç  $\frac{N}{m}$  'dir? ( $g = 10m/s^2$ )

- A) 0,1 B) 0,2 C) 0,4 D) 0,5 E) 0,8

3.



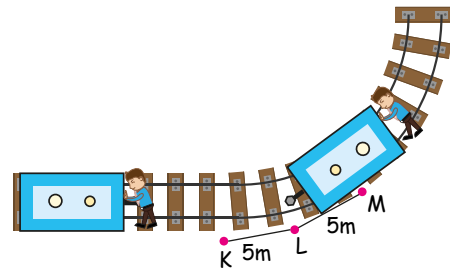
Sürtünmesiz yatay zeminde ilk hızı sıfır olan cisme etki eden kuvvetin yola bağlı değişimi grafikteki gibidir.

Cismin  $2x$  yolu sonundaki hızı  $4V$  ise  $4x$  yolun sonundaki hızı kaç  $V$  olur?

- A)  $\frac{2}{3}$  B)  $\frac{4}{3}$  C)  $\frac{8}{3}$  D)  $\frac{15}{2}$  E) 8

ÇİTA YAYINLARI

4.



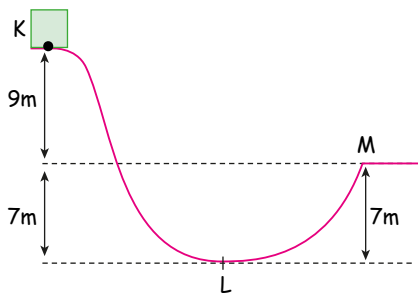
Sürtünmesiz bir rayda  $10 V$  hızı ile ilerleyen 1 ton kütleli treni, K noktasında bulunan kütleli 80 kg olan Cüneyt durdurmak istiyor. Tren K noktasına gelince Cüneyt trene sabit  $\vec{F}$  kuvveti uygulayarak, trenle birlikte yerden 3m yukarıda, M noktasında durduruyor.

Buna göre  $\vec{F}$  kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?

(Trenin uzunluğu önemsizdir.  $g = 10 m/s^2$ )

- A) 1000 B) 1240 C) 1550  
D) 1680 E) 1760

5.



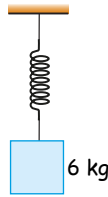
Sürtünmelerin önemsenmediği düzlemde K cismi şeklideki konumdan serbest bırakılıyor.

Buna göre, K cisminin L ve M noktalarındaki hız

büyüklikleri oranı  $\frac{|V_L|}{|V_M|}$  kaçtır?

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

6.

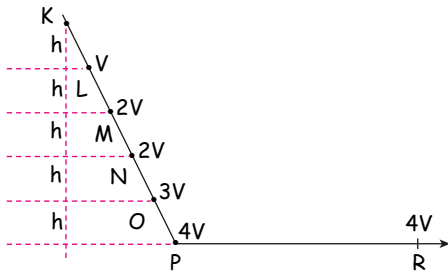


Düşey düzlemde 6 kg kütleli cisim, şekildeki gibi ağırlığı önemsiz esnek yaya asıldığında yay 80 cm uzamaktadır.

Buna göre yayın yarısı kesilip, aynı cisim tekrar asılırsa yayda depolanan enerji kaç joule olur?

- A) 6 B) 10 C) 12 D) 18 E) 24

7.

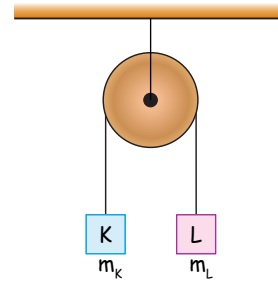


Sürtünmelerin önemsenmediği düzlemde K cismi serbest bırakılıyor ve bir süre sonra R noktasından geçerek sistemi terk ediyor.

Cismin K, L, M, N, O, P ve R noktalarındaki hızları sırası ile O, V, 2V, 2V, 3V, 4V, 4V olduğuna göre hangi noktalar arası kesinlikle sürtünmelidir?

- A) K - P B) O - P C) N - P  
D) K - O E) N - R

8.

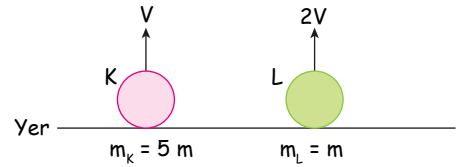


Sürtünmesiz makara sisteminde kütleleri sırası ile  $m_K$  ve  $m_L$  olan K ve L cisimleri serbest bırakılıyor.  $m_K > m_L$  ise K cismi yere çarpana kadar geçen sürede,

- I. K cisminin mekanik enerjisi artar.  
II. L cisminin mekanik enerjisi artar.  
III. K ve L cisimlerinin mekanik enerjileri değişmez.  
yargılarından hangileri doğrudur?

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

9.



Sürtünmesiz ortamdaki 5m ve m kütleli K ve L cisimleri V ve 2V hızlarıyla düşey doğrultuda atılıyor.

Buna göre

- I. K ve L cisimlerinin hareketi boyunca mekanik enerjileri korunur.  
II. Cisimlerin çıkabileceği maksimum yükseklikte K cisminin potansiyel enerjisi L cisminin potansiyel enerjisinden büyüktür.  
III. K cisminin yere çarpma hızı L cisminin yere çarpma hızından büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

## İTME VE ÇİZGİSEL MOMENTUM

### İTME NEDİR?

Bir cisme etki eden kuvvet ve kuvvetin etki süresinin çarpımına itme denir.  $\vec{I}$  ile gösterilir. Birimi N.s ya da kgm/s'dir. İtme vektörel bir büyüklüktür.



Şekildeki araba ağaca çarptığında  $\Delta t$  sürede durur. Bu sürede ağaç arabaya  $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$  kadarlık bir itme uygular.

Bir cisme bir  $\vec{F}$  kuvveti  $t$  sürede uygulanırsa cismin hızı değişir.  $\vec{F}$  kuvvetinin ya da  $t$  süresinin artması cismin hızındaki değişimi artırır.

İtme, cismin hızında değişim yaratabilen etki olarak da tanımlanır. İtme;

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

bulunur.

I : İtme (N . s)

F : Kuvvet (N)

$\Delta t$  : Kuvvetin uygulandığı süre (s)

### MOMENTUM NEDİR?

Hareket hâlindeki bir topu durdurabilmek için bir kuvvet uygularız.

Durdurmak istediğimiz cisim top değil de bir araba olsaydı daha büyük kuvvet uygulamamız gerekirdi.

Hareket hâlindeki cisimlerin hızları ile kütleleri arasındaki ilişkiye çizgisel momentum denir.

Biz çizgisel momentum yerine sadece momentum kavramını kullanacağız.

Bir cismin kütlesi ile hızının çarpımına momentum denir.  $\vec{P}$  ile gösterilir. vektörel bir büyüklüktür. Birimi kgm/s'dir.

## İTME VE MOMENTUM ARASINDAKİ İLİŞKİ



Şekildeki futbolcu topa  $\Delta t$  süresince bir kuvvet uyguladığında duran top bir hız kazanır. Newton'un 2. hareket yasasını kullanarak itme ve momentumdaki değişim ilişkisini bulabiliriz.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{V}$$

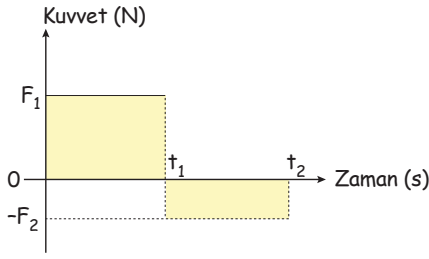
İtme Momentum Değişimi

$$\text{İtme} = \text{Momentum Değişimi} \Rightarrow \vec{I} = \Delta \vec{P}$$



İtme vektörü, kuvvet vektörü ve momentum değişimi vektörü aynı yönlüdür.





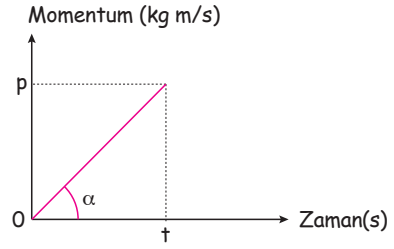
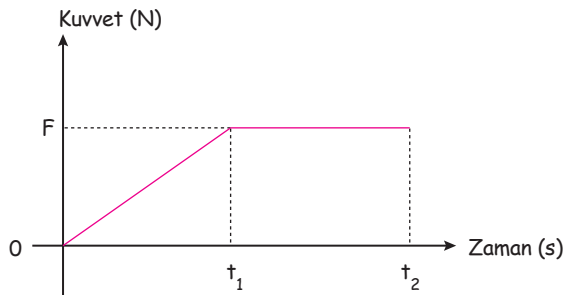
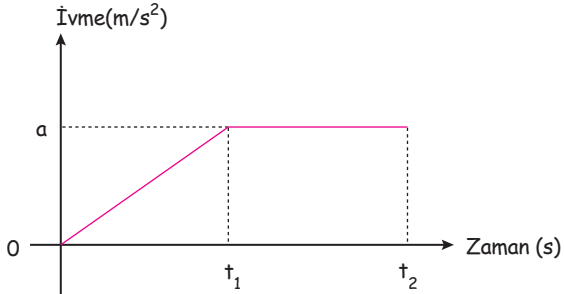
Kuvvet - zaman grafiğinin altındaki alan itmeyi, aynı zamanda cismin momentumundaki değişimi verir.

$$I = \Delta P = F_1 \cdot t_1 + (-F_2 \cdot (t_2 - t_1))$$

I : İtme  $\Delta P$  : Momentum değişimi

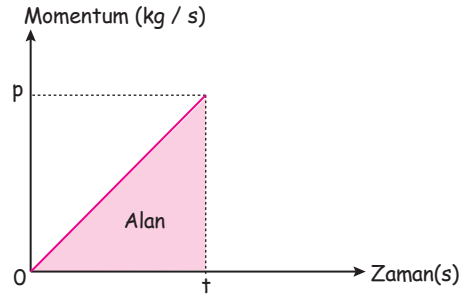


$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  olduğu için ivme - zaman grafiği, kuvvet - zaman grafiğine çevrilebilir.



Momentum - zaman grafiğinin eğimi kuvveti verir.

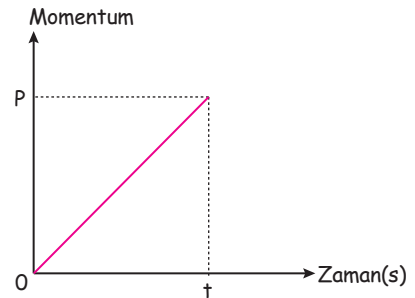
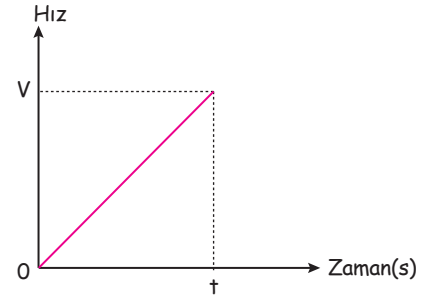
$$\tan \alpha = \frac{\Delta P}{\Delta t} = F$$



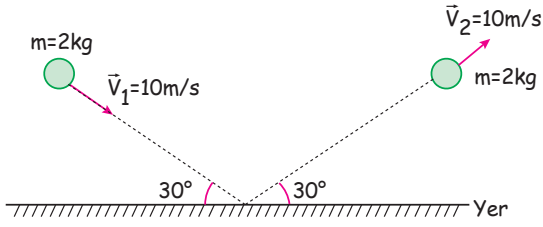
Momentum - zaman grafiğinin altında kalan alan, cismin kinetik enerjisini verir.



$\vec{P} = m\vec{v}$  olduğu için hız - zaman grafiği, momentum - zaman grafiğine çevrilebilir.



Örnek Soru



Sürtünmesiz sistemde kütlesi 2 kg olan cisim 10 m/s hızla yere çarparak şekildeki gibi 10 m/s hızla yoluna devam ediyor.

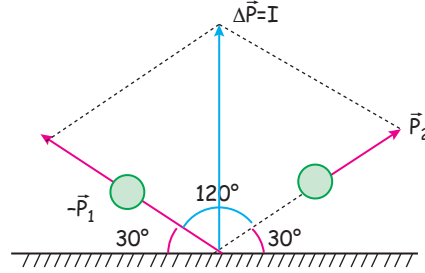
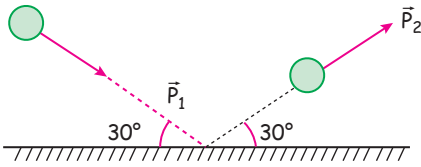
Yer tarafından cisme etki eden itme kuvveti nedir?

$$(\sin 30^\circ = \frac{1}{2} \quad \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$$

Biz Çözdük

İtme = Momentumdaki değişim ve

$$\vec{I} = \Delta \vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1 \text{ dir.}$$



$$P_1 = m \cdot V_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ kgm/s}$$

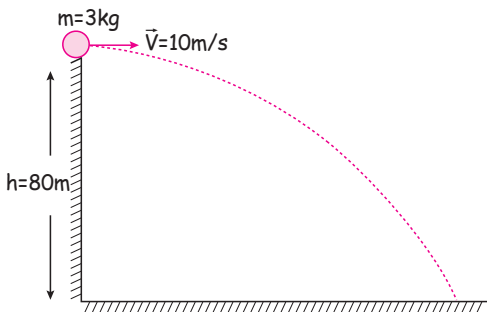
$$P_2 = m \cdot V_2 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ kgm/s}$$

İki vektör eşit ve aradaki açı  $120^\circ$  ise bileşke vektör, vektörlerden birine eşittir. Bu durumda;

$$\Delta P = I = 20 \text{ kgm/s} \text{ olur.}$$

Cevap: 20 kgm/s

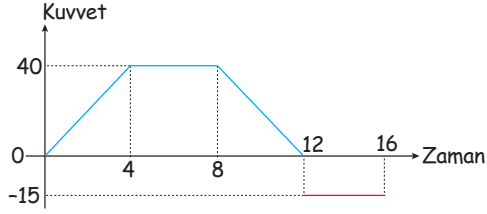
Örnek 13



80 m yükseklikten 10 m/s hızla yatay olarak atılan cisme çekim kuvvetinin uyguladığı itme kaç N.'dir? (Sürtünmeler ihmal edilecektir,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

Sen Çöz 13

Örnek 14



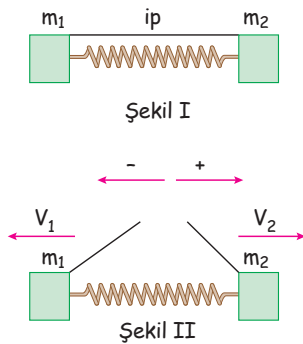
$t = 0$  anında hızı  $10 \text{ m/s}$  olan  $1 \text{ kg}$  kütleli cisme etki eden kuvvet - zaman grafiği şekildeki gibidir.

16 saniye sonunda cismin hızı kaç  $\text{m/s}$  olur?

Sen Çöz 14

MOMENTUMUN KORUNUMU

Bir sisteme ya da bir cisme dışarıdan bir kuvvet etki etmediği sürece sistemin ya da cismin momentumu korunur.



Şekildeki  $m_1$  ve  $m_2$  kütleleri, sıkıştırılmış yayın her iki tarafına konulmuş ve ipe birbirine bağlanmıştır. Sistem bu durumda iken momentumu 0'dır.

Aradaki ip koptuğunda cisimler farklı yönlerde hız kazanırlar. Sistemin ilk momentumu 0 olduğu için son momentumu da 0 olmalıdır.

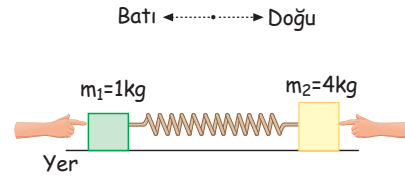
$$\vec{P}_{\text{ilk}} = \vec{P}_{\text{son}} \quad 0 = m_2 \cdot \vec{V}_2 - m_1 \cdot \vec{V}_1$$

$$m_1 \cdot \vec{V}_1 = m_2 \cdot \vec{V}_2 \quad \text{olur.}$$

Dikkate Al

Momentum vektörel olduğu için hesaplamalarda mutlaka hız vektörü yönü ile birlikte kullanılmalıdır.

Örnek 15



Sürtünmesiz sistemde  $m_1$  ve  $m_2$  kütleleri şekildeki konumda tutuluyor. Cisimler serbest bırakıldığında  $1 \text{ kg}$  kütleli cisim batı yönünde  $8 \text{ m/s}$  hız kazanıyor.

Sistemde sürtünme olmadığına göre,  $4 \text{ kg}$ 'lık  $m_2$  kütlesi hangi yönde hangi hızla hareket eder?

Sen Çöz 15

Örnek 16



$$m_A = 5m$$

$$m_ç = 2m$$

Batı ← ..... → Doğu

Sürtünmesi önemsiz yatay düzlemde durmakta olan annenin kütlesi 5m, çocuğunun kütlesi 2m'dir.

Anne çocuğunu doğu yönünde itince çocuğun kazandığı hız 6 m/s olduğuna göre, annenin hızı hangi yönde kaç m/s olur?

Sen Çöz 16

**MOMENTUM - KİNETİK ENERJİ İLİŞKİSİ**

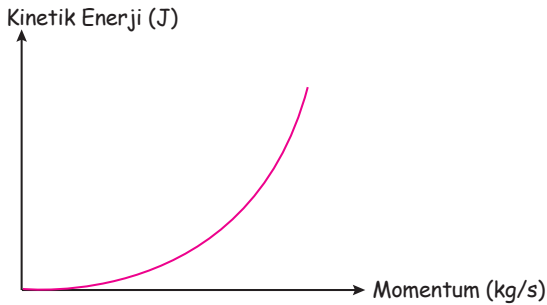
Bir cisim bir hıza sahipse hem kinetik enerjisi hem de momentumu vardır.

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \cdot \frac{m}{m} = \frac{p^2}{2m}$$

Kinetik enerji - momentum grafiği aşağıdaki gibidir.

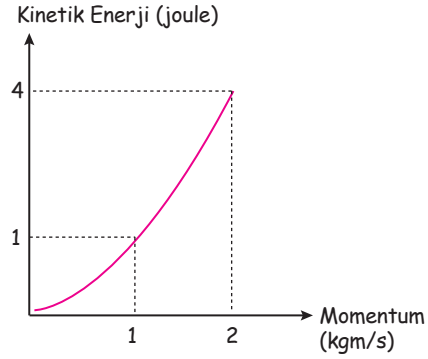


Örnek 17

Kütlesi 3m ve momentumu P olan cismin kinetik enerjisi E'dir. Buna göre, kütlesi 5m ve momentumu  $\frac{P}{2}$  olan cismin kinetik enerjisi kaç E'dir?

Sen Çöz 17

Örnek 18



Kinetik enerji - momentum grafiği şekildeki gibi olan cismin kütlesi kaç kg'dir?

Sen Çöz 18

## ÇARPIŞMALAR

Çarpışmalardaki kavramları öğrenelim:

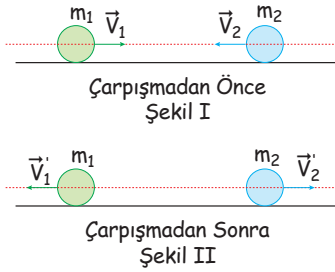
**Esnek Çarpışma:** Çarpışma sonrasında cisimlerin birbirinden ayrılarak yollarına devam etmesidir.

**Esnek Olmayan Çarpışma:** Çarpışma sonrası cisimlerin birbirine yapışıp birlikte hareket etmesidir.

**Tek Boyutta Çarpışma:** Çarpışan cisimlerin çarpışma öncesi ve çarpışma sonrası merkezlerinin aynı doğru üzerinde olmasıdır.

**İki Boyutta Çarpışma:** Çarpışma öncesi ve çarpışma sonrasında çarpışan cisimlerin merkezlerinin farklı doğru üzerinde olmasıdır.

### I. Tek Boyutta (Merkezi) ve Esnek Çarpışma



Cisimlerin çarpışma öncesinde ve çarpışma sonrasında merkezlerinin aynı doğru üzerinde olduğu çarpışma türüdür. Bu çarpışmalarda momentum, kinetik enerji ve hız korunur.

a) **Momentum korunur.** Çarpışma öncesindeki momentum vektörü toplamı, çarpışma sonrası momentum vektörü toplamına eşittir.

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = m_1 \vec{V}_1' + m_2 \vec{V}_2'$$

$V_1$  :  $m_1$  kütleli cismin ilk hızı

$V_1'$  :  $m_1$  kütleli cismin çarpışmadan sonraki hızı

$V_2$  :  $m_2$  kütleli cismin ilk hızı

$V_2'$  :  $m_2$  kütleli cismin çarpışmadan sonraki hızı

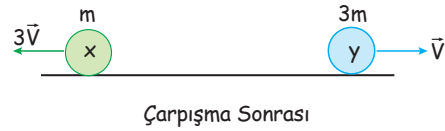
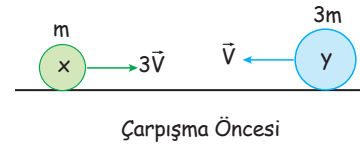
b) **Kinetik enerji korunur.** Cisimlerin çarpışma öncesindeki kinetik enerjilerinin toplamı, çarpışma sonrasındaki kinetik enerji toplamına eşit olur.

$$\frac{1}{2} m_1 V_1^2 + \frac{1}{2} m_2 V_2^2 = \frac{1}{2} m_1 (V_1')^2 + \frac{1}{2} m_2 (V_2')^2$$

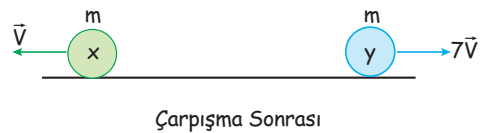
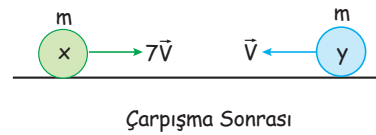
c) **Hızlar korunur.** Çarpışan cisimlerden birinin çarpışma öncesi hızı ile çarpışma sonrası hızının vektörel toplamı, çarpışan diğer cismin çarpışma öncesi hızı ile çarpışma sonrası hızının vektörel toplamına eşittir.

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_1' = \vec{V}_2 + \vec{V}_2'$$

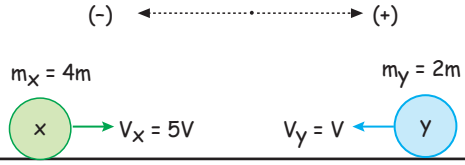
✓ Tek boyutta (merkezi) esnek çarpışan cisimlerin momentumları eşitse, çarpışma sonrası cisimler aynı hızlarla geri dönerler.



✓ Tek boyutta (merkezi) esnek çarpışan cisimler özdeş ve eşit kütleli ise cisimler çarpışma sonrasında birbirlerinin hızlarını alırlar.



Örnek Soru



Kütleleri 4m ve 2m olan x ve y cisimleri 5V ve V hızlarıyla birbirlerine doğru gelmektedir.

Cisimler tek boyutta ve esnek çarpışma yaptıklarına göre, çarpışmadan sonra hızlarının büyüklüğü ve yönü nedir? (Yatay düzlem sürtünmesizdir.)

Biz Çözdük

Tek boyutta esnek çarpışmada momentum korunur.

I. Yol

$$\begin{aligned} \vec{P}_{ilk} &= \vec{P}_{son} \\ 5V \cdot 4m - 2m \cdot V &= 4m V_1' + 2m V_2' \\ 18mV &= 4mV_1' + 2mV_2' \end{aligned}$$

$$18V = 4V_1' + 2V_2' \quad (1)$$

Hızlar korunur.

$$5V + V_1' = -V + V_2'$$

$$6V = V_2' - V_1' \quad (2)$$

II. Yol

(1) ve (2) denklemleri birlikte çözümlerse;

$$\begin{aligned} 18V &= 4V_1' + 2V_2' \\ -2 \cdot 6V &= -2V_2' - V_1' \\ \hline 18V &= 4V_1' + 2V_2' \\ + -12V &= -2V_2' + 2V_1' \\ \hline 6V &= 6V_1' \\ V_1' &= V \text{ olur.} \end{aligned}$$

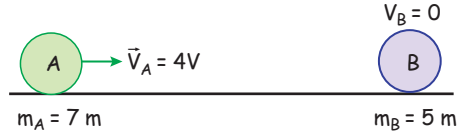
(2) denkleminde  $V_1' = V$  yerine konulursa;

$$\begin{aligned} 6V &= V_2' - V_1' \\ 6V &= V_2' - V \\ V_2' &= +7V \end{aligned}$$

4m kütleli x cismi, (+) yönde V hızı ile hareket eder.

2m kütleli y cismi, (+) yönde 7V hızı ile hareket eder.

Örnek 19

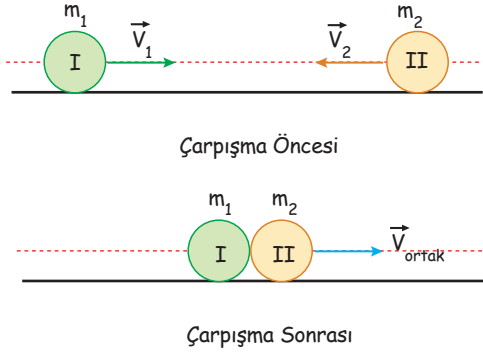


Kütlesi 7m hızı 4V olan A cismi, durmakta ve kütlesi 5m olan B cisimine merkezi ve esnek çarpıyor. Cisimlerin çarpışmadan sonraki hızlarının yönü ve büyüklüğü ne olur?

Sen Çöz 19

## II. Tek Boyutta (Merkezi) ve Esnek Olmayan Çarpışma

Merkezleri aynı doğrultuda olan cisimlerin çarpıştıktan sonra yapışarak birlikte hareket ettiği çarpışmalardır.



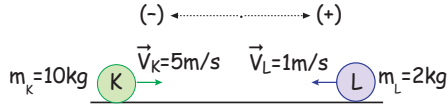
Bu çarpışmalarda sadece momentum korunur.

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{V}_{ort}$$

- ✓ Ortak hız, daima çarpışma öncesindeki büyük momentum yönündedir.
- ✓ Esnek olmayan çarpışmada enerji kaybı olur.

### Örnek Soru



Kütleleri 10 kg ve 2 kg olan K ve L cisimleri sırasıyla  $V_k = 5 \text{ m/s}$  ve  $V_l = 1 \text{ m/s}$  hızlarla birbirlerine doğru gelmektedir.

Cisimler tek boyutta esnek olmayan çarpışma yaptıklarına göre, çarpışma sonrasında cisimlerin sahip olduğu ortak hız kaç m/s ve hangi yöndedir?

### Biz Çözdük

Esnek olmayan çarpışmada momentum korunur.

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{V}_{ort}$$

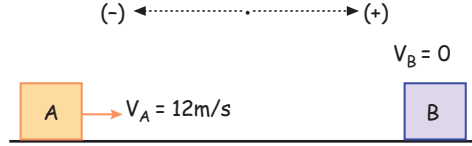
$$10 \cdot 5 - 2 \cdot 1 = (10 + 2) \cdot V_{ort}$$

$$+48 = 12V_{ort}$$

$$V_{ort} = +4 \text{ m/s}$$

Cisimler (+) yönde 4 m/s hızla hareket ederler.

### Örnek 20

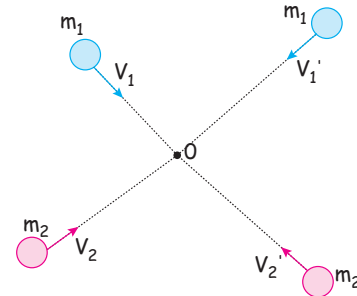


Kütlesi 4 kg olan A cismi ile kütlesi 2 kg olan B cismi, merkezi ve esnek olmayan çarpışma yapıyor.

Çarpışmadan sonra cisimlerin ortak hızı hangi yönde ve kaç m/s'dir? (Yüzey sürtünmesizdir.)

### Sen Çöz 20

## III. İki Boyutta (Merkezi Olmayan) ve Esnek Çarpışma



Farklı doğrultularda birbirine doğru gelen cisimlerin bir noktada çarpıştıktan sonra yine birbirlerinden farklı doğrultuda yollarına devam ettiği çarpışma türüdür.

Bu tür çarpışmalarda;

### a) Momentum korunur.

Çarpışma öncesi cisimlerin momentum vektörlerinin toplamı, çarpışma sonrası cisimlerin momentum vektörleri toplamına eşittir.

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = m_1 \vec{V}_1' + m_2 \vec{V}_2'$$

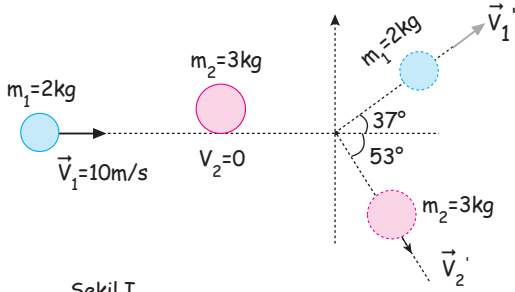
b) Kinetik enerji korunur.

$$\frac{1}{2} m_1 V_1^2 + \frac{1}{2} m_2 V_2^2 = \frac{1}{2} m_1 (V_1')^2 + \frac{1}{2} m_1 (V_2')^2$$

Dikkate Al

Merkezi olmayan ve esnek çarpışma yapan iki özdeş cisimden biri durgun ise son hız vektörleri birbirine dik olur.

Örnek Soru



Şekil I

Şekil II

Şekil I'deki gibi 10 m/s hızla gelen 2 kg kütleli bir top, durmakta olan 3 kg kütleli cisme çarpıyor.

Çarpışma sonrası cisimlerin hareket yönleri Şekil II'deki gibi olduğuna göre, cisimlerin çarpışmadan sonraki hızları  $V_1'$  ve  $V_2'$  nedir?

( $\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0,6$  ,  $\cos 37^\circ = \sin 53^\circ = 0,8$ )

Biz Çözdük

İki boyutta esnek çarpışmalarda momentum korunur.

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$\vec{P}_{ilk} = m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2$$

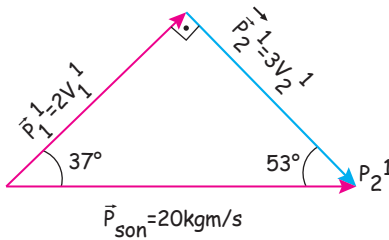
$$\vec{P}_{ilk} = 10 \cdot 2 + 3 \cdot 0$$

$\vec{P}_{ilk} = 20 \text{ kgm/s}$  olur.  $\vec{P}_{ilk}$  yönü ise doğu yöndedir.

Çarpışma sonrası cisimlerin momentum vektörleri toplamı da doğu yönünde ve 20 kgm/s olmalıdır.

$$\vec{P}_{son} = 20 \text{ kgm/s}$$

Sistemin son momentum toplamı şekildeki gibi olmalıdır.



$$\vec{P}_1' + \vec{P}_2' = \vec{P}_{son} = 20 \text{ kgm/s olmalı.}$$

$$|P_1'| = P_{son} \cdot \cos 37^\circ = 20 \cdot 0,8 = 16 \text{ kgm/s}$$

$$|P_2'| = P_{son} \cdot \cos 53^\circ = 20 \cdot 0,6 = 12 \text{ kgm/s bulunur.}$$

$$|P_1'| = m_1 \cdot V_1'$$

$$|P_2'| = m_2 \cdot V_2'$$

$$16 = 2 \cdot V_1'$$

$$12 = 3 \cdot V_2'$$

$$V_1' = 8 \text{ m/s}$$

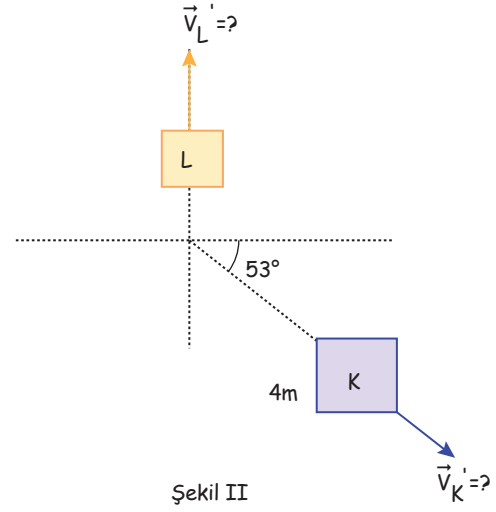
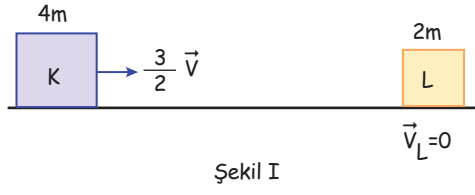
$$V_2' = 4 \text{ m/s bulunur.}$$

Sonuç:  $V_1' = 8 \text{ m/s}$

Sonuç:  $V_2' = 4 \text{ m/s}$



**Örnek 21**



4m kütleli K cismi, durmakta olan L cismi ile merkezi olmayan esnek çarpışma yapıyor.

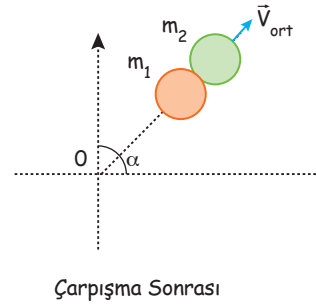
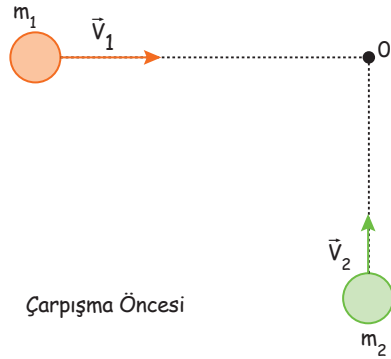
Çarpışma sonrasında cisimler Şekil II'deki gibi hareket ettiklerine göre  $\vec{V}_K'$  ve  $\vec{V}_L'$  hızlarının büyüklüğü kaç V olur?

( $\sin 53^\circ = \cos 37^\circ = 0,8$  ,  $\cos 53^\circ = \sin 37^\circ = 0,6$ )

**Sen Çöz 21**

IV. İki Boyutta (Merkezi Olmayan) ve Esnek Olmayan Çarpışma

Farklı doğrultuda birbirlerine doğru gelen cisimlerin bir noktada çarpışıp birlikte hareket ettikleri çarpışma türüdür.

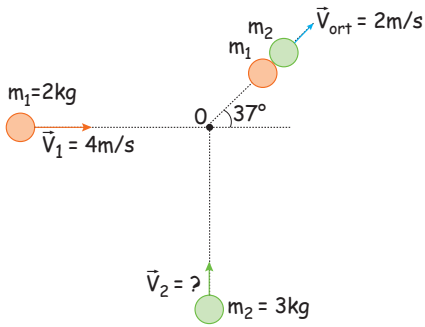


Bu tür çarpışmada momentum korunur.

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{V}_{ort}$$

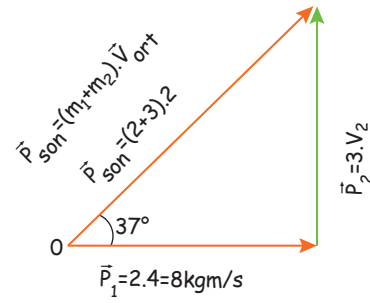
Örnek Soru



Yatay ve sürtünmesiz düzlemde birbirine dik doğrultuda 4 m/s ve  $V_2$  hızları ile gelen  $m_1 = 2\text{kg}$  ve  $m_2 = 3\text{kg}$  kütleli cisimler O noktasında çarpışıp kenetlenerek şekildeki gibi 2m/s hızla yollarına devam ediyorlar.

Buna göre çarpışma öncesi  $V_2$  hızı kaç m/s'dir?  
( $\sin 37^\circ = 0,6$   $\cos 37^\circ = 0,8$ )

Biz Çözdük



$$\vec{P}_{son} = (m_1 + m_2) \cdot \vec{V}_{ort}$$

$$= (2 + 3) \cdot 2$$

$$\vec{P}_{son} = 10 \text{ kgm/s}$$

$$\vec{P}_2 = \vec{P}_{son} \cdot \sin 37^\circ \text{ olmalıdır.}$$

$$3 \cdot V_2 = 10 \cdot 0,6$$

$$V_2 = 2 \text{ m/s bulunur.}$$

$$\text{Cevap: } V_2 = 2 \text{ m/s}$$

Örnek 22



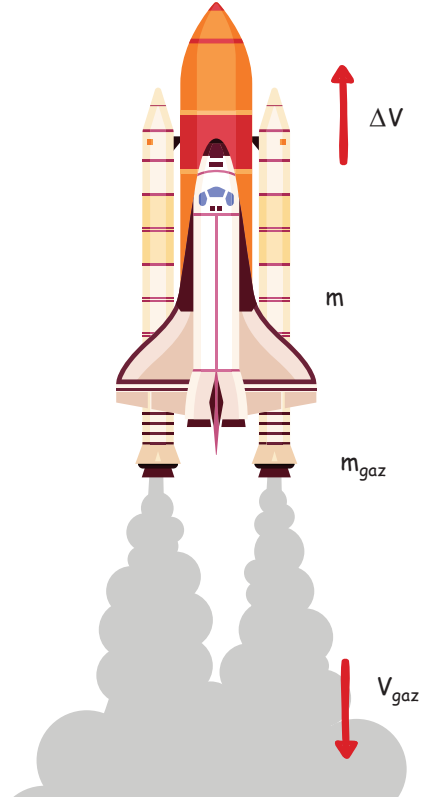
Kütleleri  $m$  olan  $x$  ve  $y$  cisimleri, yatay ve sürtünmesiz düzlemde belirtilen hızlarla hareket etmektedirler.

Cisimler  $O$  noktasında çarpışıp kenetlendiğine göre, çarpışmadan sonra cisimlerin hız vektörünü çiziniz. (Birimkareler özdeştir.)

Sen Çöz 22

ROKETLER

Roketler, roket tanklarındaki gazların yakılıp atılması sonucu momentum korunumu ilkesine göre atılan gazın tersi yönünde hızlanırlar.



Momentumun korunumu ilkesine göre;

$$m\Delta\vec{V} = m_{\text{gaz}} \cdot \vec{V}_{\text{gaz}} \quad \text{yazılabilir.}$$

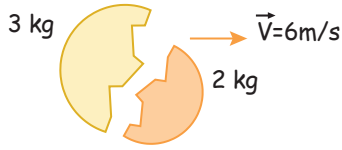
- $m$  : Gaz çıktıktan sonra roketin kütlesi
- $\Delta V$  : Roketin hızındaki değişim
- $m_{\text{gaz}}$  : Gazın kütlesi
- $V_{\text{gaz}}$  : Gazın hızı

Örnek Soru



Şekil I

Batı ← ..... → Doğu



Şekil II

Yatay ve sürtünmesiz düzlemde durmakta olan 5 kg kütleli bir cisim, bir iç patlama sonucu 3 kg'lık ve 2 kg'lık iki parçaya ayrılıyor.

2 kg kütleli parça Şekil II'deki gibi doğu yönünde 6 m/s hızla hareket ettiğine göre, 3 kg kütleli parça hangi yönde hangi hızla hareket eder?

Biz Çözdük

Cisim patlama öncesinde durduğu için momentumu 0'dır. Patlama sonundaki momentum toplamı da 0 olmalıdır. Doğu yönü (+) kabul edelim;

$$\vec{P}_{ilk} = \vec{P}_{son}$$

$$0 = 6 \cdot 2 + 3V_2$$

$$3 \cdot V_2 = -12$$

$$V_2 = -4 \text{ m/s}$$

3 kg kütleli cisim (-) Batı yönünde 4 m/s hızla yoluna devam eder.

Cevap: Batı yönünde 4 m/s hızla hareket eder.

Örnek 23

Toplam kütlesi 3000 kg olan bir roket hızı, 500 m/s'ye çıktığı anda 600 kg yakıtı 1600 m/s hızla yakarak atıyor.

**Yakıt atıldıktan sonra roketin hızı ne olur?** (Sistem sürtünmesizdir.)

Sen Çöz 23

Örnek 24

Kütlesi 3 kg olan bir cisim yerden 40 m/s hızla düşey yukarı yönde atılıyor.

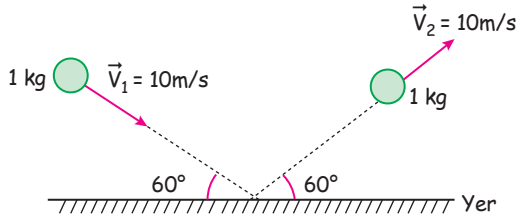
Cisim atıldıktan 3 saniye sonra bir iç patlama sonucu 3 eşit parçaya ayrılıyor.

Parçalardan biri 10 m/s hızla doğu yönünde giderken, diğeri 20 m/s hızla batı yönünde hareket ediyor.

**Buna göre 3. parça hangi yönde kaç m/s hızla hareket etmelidir?** (Hava sürtünmeleri önemsizdir.)

Sen Çöz 24

1.



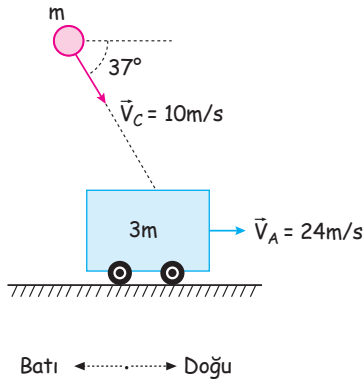
Kütlesi 1 kg olan cisim şekildeki gibi yere 10 m/s hızla çarptıktan sonra yine 10 m/s hızla yerden ayrılıyor.

Cisim ile yer arasındaki etkileşme süresi 0,2 saniye sürdüğüne göre, yerin cisme uyguladığı ortalama kuvvet kaç N olur?

$$(\cos 60^\circ = \frac{1}{2} \quad \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$$

- A) 10                      B) 30                      C)  $30\sqrt{3}$   
D)  $50\sqrt{3}$                       E) 50

2.

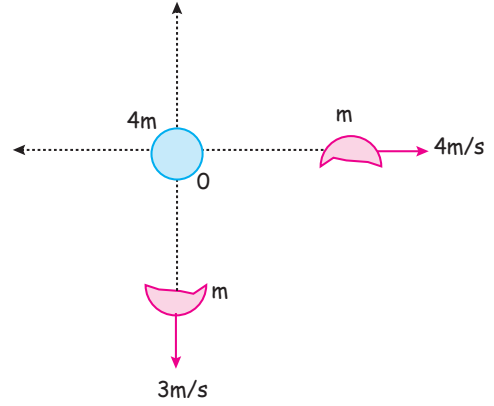


Doğu yönünde gitmekte olan 3 m kütleli arabanın hızı 24 m/s'dir. Kütlesi m olan bir cisim 10 m/s hızla şekildeki gibi düşerek arabaya yapışıyor.

Cisim arabaya yapıştıktan sonra sistemin hızı kaç m/s olur? ( $\sin 37^\circ = 0,6$ ,  $\cos 37^\circ = 0,8$ )

- A) 10                      B) 15                      C) 20                      D) 25                      E) 30

3.



Yatay ve sürtünmesiz düzlemde şekildeki gibi 0 noktasında durmakta olan 4m kütleli cisim bir iç patlama sonucu parçalara ayrılıyor.

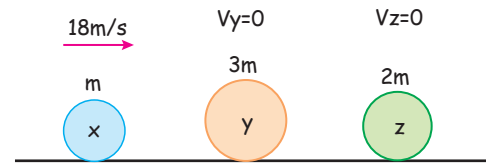
Kütlesi m olan parçalardan biri 4 m/s diğeri 3 m/s hızlarla birbirlerine dik olarak şekildeki gibi hareket ediyorlar.

Buna göre 3. parçanın hızının büyüklüğü kaç m/s olmalıdır?

- A) 1                      B) 1,2                      C) 2                      D) 2,2                      E) 2,5

ÇİTA YAYINLARI

4.



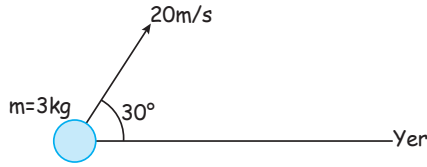
Yatay ve sürtünmesiz yüzeyde x, y, z cisimlerinden y ve z durmakta, x ise 18 m/s hızla şekildeki gibi y cismine doğru hareket etmektedir.

x cismi önce y'ye çarparak yapışıyor, sonra x ve y birlikte z'ye yapışarak V ortak hızıyla birlikte hareket ediyor.

Sistemin V ortak hızı kaç m/s'dir?

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

5.

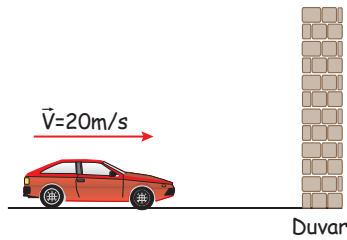


Kütlesi 3 kg olan cisim, sürtünmesiz ortamda yatayla  $30^\circ$  açı yapacak şekilde eğik atılıyor.

Cismin hareketi süresince yer çekim kuvvetinin cisme uyguladığı itme kuvveti aşağıdakilerden hangisidir? ( $g = 10 \text{ m/s}$  ( $\sin 30^\circ = 0,5$ ))

- A)  $\rightarrow 60 \text{ N.s}$       B)  $\downarrow 60 \text{ N.s}$
- C)  $\uparrow 40 \text{ N.s}$       D)  $\leftarrow 40 \text{ N.s}$
- E)  $\uparrow 60 \text{ N.s}$

6.

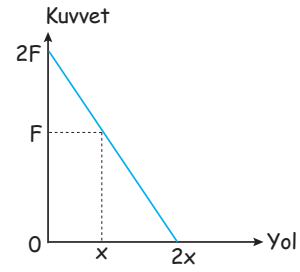


Kütlesi 1,2 kg olan oyuncak araba, sürtünmesiz düzlemde sabit 20 m/s hızla düşey duvara çarpıp 5 m/s hızla geri dönüyor.

Oyuncak arabanın duvarla etkileşim süresi 0,3 s sürdüğüne göre duvarın cisme uyguladığı ortalama kuvvet kaç N'dur?

- A) 70    B) 75    C) 85    D) 95    E) 100

7.



Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan bir cisme etki eden kuvvetin yola bağlı grafiği şekildeki gibidir.

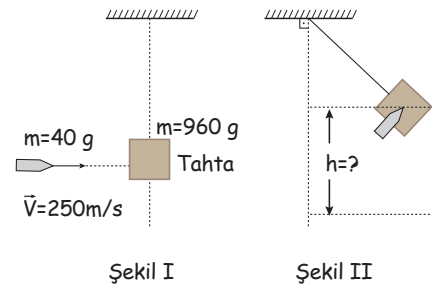
Cisim x yolunu aldığıında momentumu  $\vec{P}_1$ ,  $3x$  yolunu aldığıında momentumu  $\vec{P}_2$ 'dir.

Buna göre  $\frac{|\vec{P}_1|}{|\vec{P}_2|}$  oranı nedir?

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

ÇİTA YAYINLARI

8.

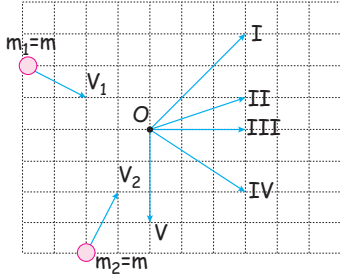


Kütlesi 40 g olan bir mermi 250 m/s hızla Şekil I'deki gibi kütlesi 960 g olan bir tahta bloğa çarpıyor ve birlikte Şekil II'deki gibi h kadar yükseliyorlar.

Buna göre h yüksekliği kaç m'dir?

- A) 120    B) 125    C) 140    D) 150    E) 175

9.

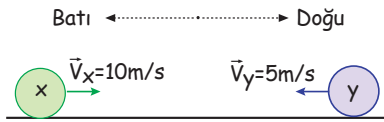


Kütleleri eşit iki cisim,  $\vec{V}_1$  ve  $\vec{V}_2$  hızları ile  $O$  noktasında çarpışıp yapışıyorlar.

Cisimler yapıştıktan sonra hangi doğrultuda hareket ederler? (Birimkareler özdeşdir.)

- A) V    B) IV    C) III    D) II    E) I

10.

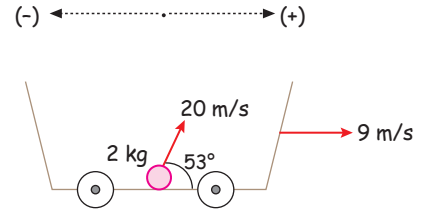


Sürtünmesiz yatay düzlemde birbirlerine doğru sırasıyla  $10 \text{ m/s}$  ve  $5 \text{ m/s}$  hızlarla gelen  $x$  ve  $y$  cisimlerinin kütleleri eşit ve  $3 \text{ kg}$ 'dır.

Cisimler esnek çarpışma yaptıklarına göre çarpışma sonrası  $y$  cisminin hızı ve yönü ne olur?

- A) Doğu:  $10 \text{ m/s}$     B) Batı:  $10 \text{ m/s}$   
 C) Batı:  $5 \text{ m/s}$     D) Doğu:  $5 \text{ m/s}$   
 E) Doğu:  $3 \text{ m/s}$

11.



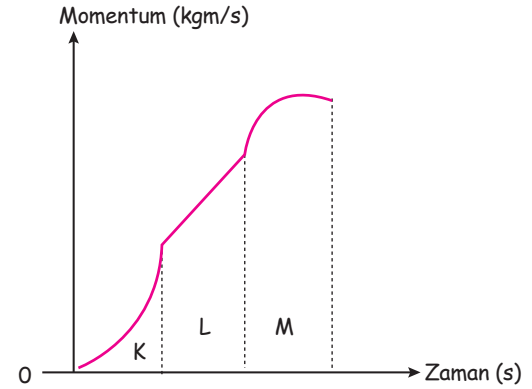
Sürtünmesiz yolda  $4 \text{ kg}$  kütleli araba, içinde  $2 \text{ kg}$ 'lık cisim varken  $9 \text{ m/s}$  hızla hareket etmektedir.

$2 \text{ kg}$  kütleli cisim şekildeki gibi arabaya göre  $20 \text{ m/s}$  hızla atıldığına göre cisim atıldıktan sonra arabanın hızı hangi yönde kaç  $\text{m/s}$  olur?

- A) - yönde  $7,5$     B) + yönde  $7,5$   
 C) - yönde  $12$     D) + yönde  $12$   
 E) + yönde  $14$

ÇİTA YAYINLARI

12.



Bir cismin momentum - zaman grafiği şekildeki gibidir.

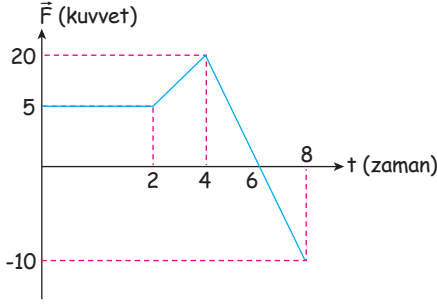
Buna göre;

- I. K aralığında cisme etki eden net kuvvet artmaktadır.  
 II. L aralığında cisme net bir kuvvet etki etmemiştir.  
 III. M aralığında cisme etki eden net kuvvet sabittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

1.

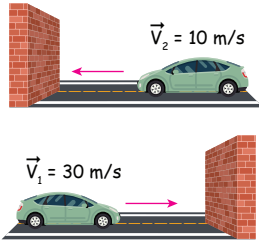


$t = 0$  anında durgun halde bulunan cisme uygulanan kuvvet - zaman grafiği şekildeki gibidir.

Cismin kütlesi 5 kg ise cismin 8. saniyedeki hızı kaç m/s'dir?

- A) 7 B) 9 C) 11 D) 13 E) 17

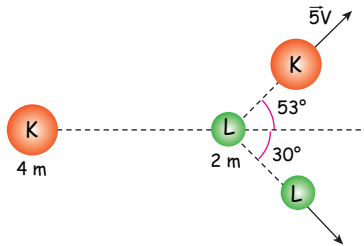
2.



Sürtünmesiz ortamda yatay düzlemde ilerleyen bir araba şekildeki gibi duvara çarpıp geri dönüyor. Arabanın kütlesi 4 kg ve arabanın duvarla etkileşim süresi 0,2 saniye ise duvarın arabaya uyguladığı kuvvet kaç N olur?

- A) 400 B) 600 C) 800 D) 1000 E) 1100

3.



Aynı doğrultuda bulunan K ve L cisimlerinin kütleleri ve hızları sırası ile 4m ve 2m'dir. K cismi duran L cismi ile esnek çarpışma yaptığında cisimler şekildeki gibi hareket etmektedir.

K cisminin çarpışma sonrası hızı 5V ise L cisminin son hızı kaç V olur?

- A) 4 B) 5 C) 6 D) 8 E) 16

4.



Sürtünmesiz yatay düzlemde kütleleri ve ilk hızları şekildeki gibi olan K ve L cisimleri merkezi esnek çarpışma yapıyor.

Buna göre,

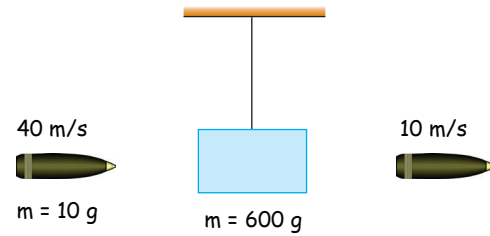
- I. Çarpışmada cisimlerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler eşit büyüklüktedir.
- II. Çarpışma sonucu cisimler ilk hızları ile geri dönerler.
- III. K cisminin momentum değişimi, L cisminin momentum değişiminde büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

ÇİTA YAYINLARI

5.



400 m/s hızla hareket etmekte olan 10 g kütleli mermi durmakta olan 600 g'lık takozu delip geçiyor.

Merminin son hızı 100 m/s olduğuna göre takozun yükselme miktarı kaç m olur?

- A) 1,25 B) 2,5 C) 3,75 D) 5 E) 6,25



6.



Şekildeki K ve L cisimleri merkezi - esnek çarpışma yapıyor.

Buna göre çarpışma sonrası L cisminin hızı kaç m/s olur? (Sürtünmeler önemsiz.)

- A) 5    B) 8    C) 10    D) 10    E) 12

7.

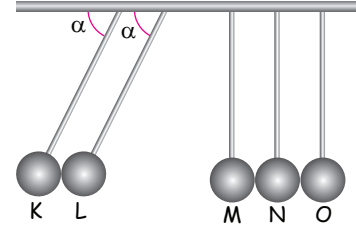


Sürtünmelerin önemsenmediği ortamda 2m ve 3m kütleli cisim şekildedeki hızlarla çarpışıp birlikte hareket ediyorlar.

Cisimlerin ortak hızları kaç N'tür?

- A) 20    B) 21    C) 22    D) 26    E) 28

8.



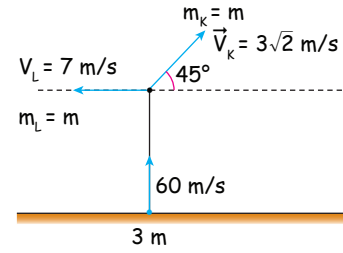
Özdeş bilyelerden oluşan Newton beşiği sisteminde K ve L bilyeleri şekildedeki gibi bir miktar çekilip serbest bırakılıyor.

Buna göre ilk çarpışmada hangi bilyeler yükseilir?

- A) Yalnız O    B) N ve O    C) M, N ve O  
 D) K ve O    E) K, L ve O

ÇİTA YAYINLARI

9.



Hava sürtünmesinin olmadığı bir ortamda yerden 60 m/s hız ile düşey yukarı fırlatılan 3m kütleli cisim 6 saniye sonra bir iç patlama sonucu 3 parçaya ayrılıyor. Parçalardan ikisinin kütleleri ve hızları şekildedeki gibidir.

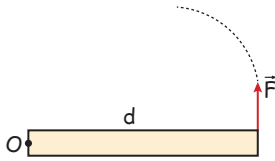
Buna göre üçüncü parçanın hızı kaç m/s olur?

- A) 3    B) 4    C) 5    D) 6    E) 7

## TORK VE DENGE

### TORK NEDİR?

Kuvvetin cisimleri döndürme etkisine **tork** denir.  $\vec{\tau}$  ile gösterilir. Vektörel bir büyüklüktür. Birimi N.m'dir. Bir kapıyı açmak, su şişesini açmak, direksiyon çevirmek, vidayı çevirerek yerinden çıkarmak kuvvetin döndürme etkisi ile yani tork ile oluşur.



Şekildeki d uzunluğundaki çubuğu,  $\vec{F}$  kuvveti etkisi ile O noktası etrafında döndürebiliriz.

Torkun büyüklüğü;

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

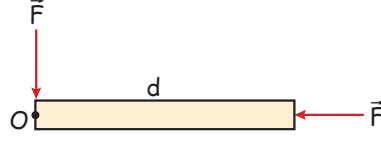
ile bulunur.

$\vec{\tau}$  = Torkun büyüklüğü (N . m)

F = Cisme uygulanan kuvvet (N)

d = Kuvvetin dönme noktasına olan uzaklığı (m)

#### Dikkate Al

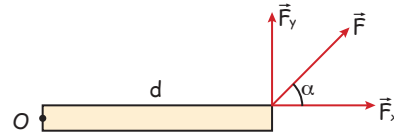


Kuvvet ya da kuvvetin uzantısı dönme noktasından geçiyorsa, kuvvetin tork etkisi yoktur.

#### Dikkate Al

Kuvvet dönme noktasına göre dik uygulanmamışsa kuvvetin bileşenleri bulunur. Dönme noktasına dik bileşen, cismi döndüren kuvvettir.

1. Yöntem

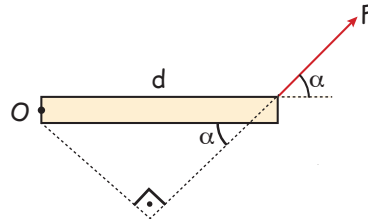


$$\vec{\tau} = \vec{F} \cdot \sin\alpha$$

$$\vec{\tau} = \vec{F}_y \cdot d = \vec{F} \cdot \sin\alpha \cdot d$$

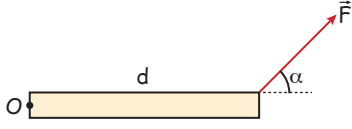
2. Yöntem

Kuvvet dönme noktasına dik uygulanmamışsa kuvvetin uzantısını dönme noktasına dik birleştiren doğrunun büyüklüğü, kuvvetin dönme noktasına olan dik uzaklıktır.



$$\vec{\tau} = \vec{F} \cdot d \cdot \sin\alpha$$

**Dikkate Al**

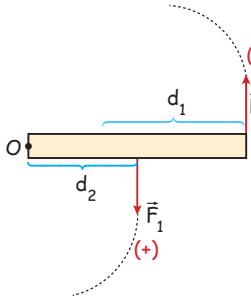


Torkun büyüklüğü uygulanan kuvvetin büyüklüğüne kuvvetin dönme noktasına olan dik uzaklığa ve de  $\alpha$  açısının sinüs değerine bağlıdır.

Tork sabit kalmak şartıyla kuvvetin en küçük değerinde, kuvvetin uygulama noktası ile dönme noktası arası uzaklık en büyük değerini alır.

**Dikkate Al**

Bir cisme birden fazla kuvvet etki ederse toplam torku bulmak için her bir kuvvetin ayrı ayrı torkları bulunur ve vektörel toplanır.



Şekildeki  $d$  uzunluğundaki çubuğu  $\vec{F}_1$  kuvveti saat ibresi yönünde,  $\vec{F}_2$  kuvveti ise saat ibresinin tersi yönünde döndürür. Tork yönleri zıt olduğu için saat ibresi yönüne (+) dersek saat ibresinin tersi (-) yön olur.

$O$  noktasına göre toplam tork,

$$\vec{\tau} = \vec{F}_1 \cdot d_1 - \vec{F}_2 \cdot d_2 \text{ ile bulunur.}$$

İşlem sonucu (+) çıkarsa cisim saat ibresi yönünde döner. (-) çıkarsa cisim saat ibresinin tersi yönünde döner.

$\vec{\tau}_O = O$  noktasına göre toplam tork

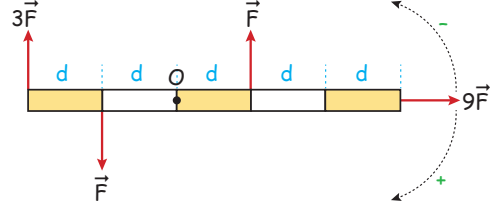
$\vec{F}_1 =$  Kuvvet

$\vec{F}_2 =$  Kuvvet

$d_1 = F_1$  kuvvetinin dönme noktasına dik uzaklığı

$d_2 = F_2$  kuvvetinin dönme noktasına dik uzaklığı

**Örnek Soru**



$O$  noktası etrafında dönebilen çubuğa şekildeki kuvvetler etki ediyor.

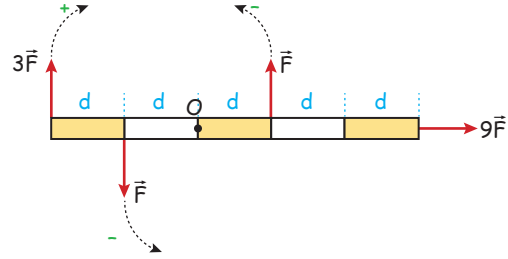
Buna göre;

a) Çubuk hangi yönde döner?

b)  $O$  noktasına göre toplam torkun büyüklüğü kaç  $F \cdot d$ 'dir?

**Biz Çözdük**

a)  $O$  noktasına göre toplam tork büyüklüğünü bulalım.



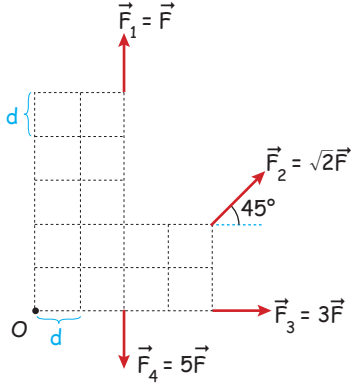
Öncelikle kuvvetlerin  $O$  noktasına göre çubuğu döndürme yönlerini belirleyelim.

$$\tau_O = +3F \cdot 2d - F \cdot d - F \cdot d = +4Fd$$

Toplam tork (+) çıktığı için çubuk (+) yönde döner.

b) Toplam torkun büyüklüğü  $|\tau| = 4Fd$  olur.

Örnek 25



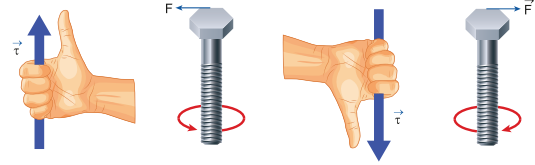
Düzensür türdeş karelerden oluşmuş türdeş levha  $O$  noktası etrafında dönebilmektedir. Levhaya  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$  ve  $\vec{F}_4$  kuvvetleri şekildeki gibi aynı anda uygulanıyor.

$F_1$  kuvvetinin  $O$  noktasına göre torku  $\vec{\tau}$  olduğuna göre  $O$  noktasına göre toplam tork kaç  $\vec{\tau}$  dur? (Birimkareler özdeşdir.)

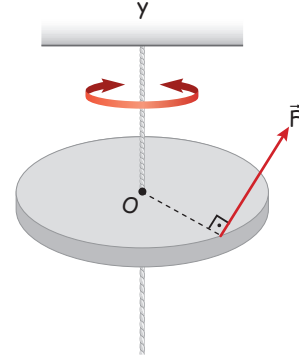
Sen Çöz 25

TORK VEKTÖRÜNÜN YÖNÜ (SAĞ EL KURALI)

Tork vektörel bir büyüklüktür. Torkun yönü sağ el kuralına göre bulunur. Sağ elin 4 parmağını cismin dönme yönünü gösterecek şekilde kıvrıdığımızda dört parmağa dik açılan başparmak torkun yönünü verir.



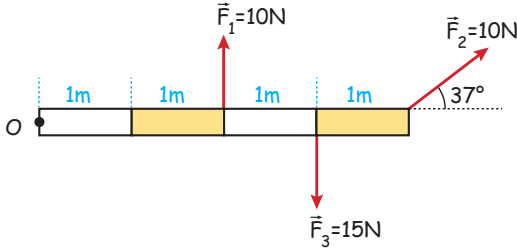
Örnek 26



Şekildeki disk,  $y$  eksenini etrafında dönmektedir. Buna göre torkun yönünü bulunuz.

Sen Çöz 26

**Örnek 27**



Şekildeki 4 m uzunluğundaki çubuğa  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  ve  $\vec{F}_3$  kuvvetleri aynı anda etki etmektedir.

Çubuk O noktası etrafında dönebildiğine göre O noktasına göre toplam tork kaç N.m'dir?

( $\sin 37^\circ = 0,6$ ,  $\cos 37^\circ = 0,8$ )

**Sen Çöz 27**

**CİSİMLERİN DENGE ŞARTLARI**

Cisimlerin hareketini öteleme (yer değiştirme), dönme ve dönerek ötelenme olarak ayırabiliriz. Bir cismin hem öteleme hem de dönme hareketi yapmamasına **statik denge** denir.

**Dengenin 1. Şartı**

Bir cisim üzerine etkiyen kuvvetlerin bileşkesi sıfır olmalıdır.

$$\begin{aligned} \sum R_x &: 0 \\ \sum R_y &: 0 \\ \sum R &: 0 \end{aligned}$$

$\sum R_x$  : x doğrultusundaki kuvvetlerin bileşkesi

$\sum R_y$  : y doğrultusundaki kuvvetlerin bileşkesi

$\sum R$  : Tüm kuvvetlerin bileşkesi

Cisim üzerine etki eden kuvvetlerin bileşkesi sıfır olduğunda cisim yer değiştiremez (öteleme yapamaz).

**Dengenin 2. Şartı**

Cisim üzerine etki eden kuvvetlerin herhangi bir noktaya göre toplam torku sıfır olmalıdır.

Cisim üzerine etki eden kuvvetlerin bir noktaya göre torku sıfır olduğunda cisim dönme hareketi yapamaz.

**Dikkate Al**

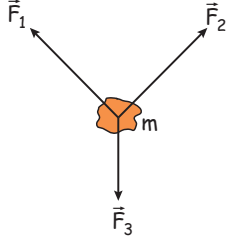
Bir cisim üzerinde dengenin iki şartı birden sağlandığında cisim statik dengede olur. **Statik denge** durumu, duran cisimlerin denge durumudur.

**Dikkate Al**

Bir cisim nokta şeklinde ise denge durumunda sadece kuvvetlerin dengede olması yeterlidir. Bir cisim noktasal değil de boyutlu ise denge durumunda hem kuvvetlerin dengesi hem de tork dengesi olmak zorundadır.

### Kesişen Kuvvetlerin Dengesi

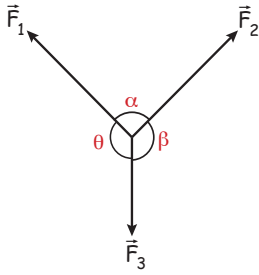
Bir cisim üzerine 3 kuvvet etkilediğinde cismin dengede kalabilmesi için herhangi iki kuvvetin bileşkesinin, 3. kuvvete eşit fakat zıt yönlü olması gerekir.



Şekildeki m kütleli cisim dengede olsun. Bu durumda;

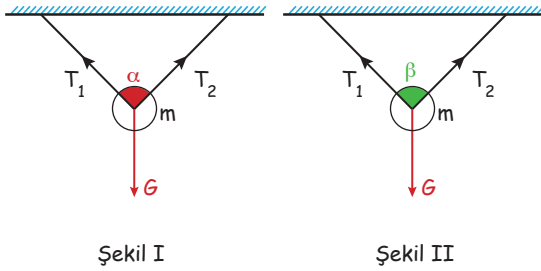
$$\left. \begin{aligned} \vec{F}_1 + \vec{F}_2 &= -\vec{F}_3 \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 &= -\vec{F}_2 \\ \vec{F}_2 + \vec{F}_3 &= -\vec{F}_1 \end{aligned} \right\} \text{ olmalıdır.}$$

### Lami Teoremi



Kesişen üç kuvvet dengede ise kuvvetlerin karşısındaki açılarının sinüslerine oranı birbirine eşit ve sabittir. Bu teorem Lami Teoremi olarak bilinir.

#### Dikkate Al



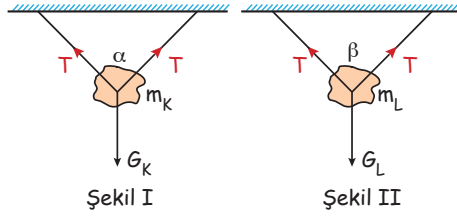
G ağırlıklı bir cisimi iki farklı şekilde iplere asıp dengeye getirelim. İpler arasındaki açı arttıkça iplerdeki gerilme kuvvetleri artar.

$$\beta > \alpha \text{ ise } T_2 > T_1 \text{ 'dir.}$$

#### Dikkate Al

Lami teoremine göre büyük açının karşısındaki kuvvet küçüktür. Yukarıdaki şekilde açılar arasında  $\alpha > \beta > \theta$  ilişkisi olsun. Bu durumda kuvvetler arasında  $F_3 < F_1 < F_2$  ilişkisi olur.

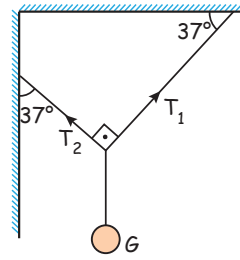
#### Dikkate Al



Şekildeki K ve L cisimleri ipler ile asıldığında ip gerilmeleri hem Şekil I için hem Şekil II için aynı oluyorsa, cisimlerin ağırlıklarını karşılaştırmak için ipler arasındaki açıya bakılır.

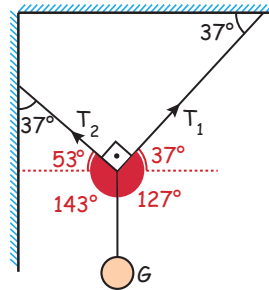
$$\begin{aligned} \alpha > \beta &\Rightarrow G_L > G_K \text{ 'dir.} \\ \beta > \alpha &\Rightarrow G_K > G_L \text{ 'dir.} \end{aligned}$$

#### Örnek Soru



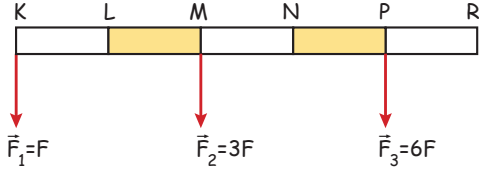
Şekildeki sistem dengedir. Buna göre  $T_1$ ,  $T_2$  ve  $G$  kuvvetlerini sıralayınız.

#### Biz Çözdük



O noktasına etki eden kuvvetleri ve açıları belirleyelim ve açıları sıralayalım.  
 $90^\circ < 127^\circ < 143^\circ$   
 $G > T_2 > T_1$

**Örnek 28**

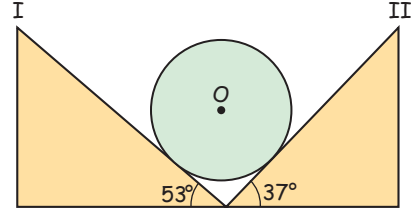


Şekildeki ağırlıksız çubuğa  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  ve  $\vec{F}_3$  kuvvetleri etki etmektedir.

Çubuk nereden asılırsa yatay dengede kalır?  
(Noktalar arası uzaklık eşittir.)

**Sen Çöz 28**

**Örnek 29**



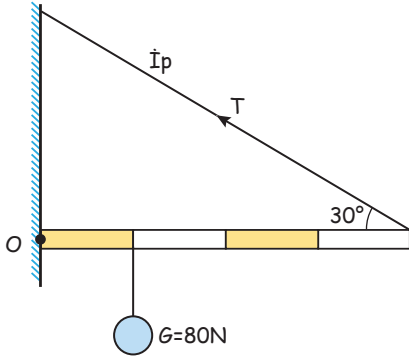
Ağırlığı 200N olan homojen küre, I ve II eğik düzlemleri arasında şekildeki gibi dengededir.

Buna göre kürenin I. eğik düzlemine uyguladığı kuvvet  $\vec{F}_1$ , II. eğik düzlemine uyguladığı kuvvet  $\vec{F}_2$  olduğuna göre  $\frac{|F_1|}{|F_2|}$  oranı nedir?

( $\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0,6$  ;  $\cos 37^\circ = \sin 53^\circ = 0,8$ )

**Sen Çöz 29**

**Örnek 30**

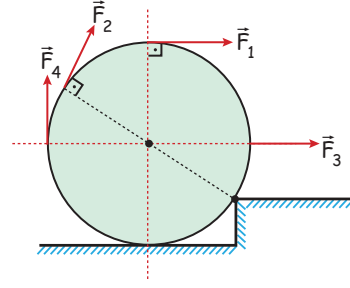


Ağırlığı önemsiz eşit bölmeli çubuk,  $G$  ağırlıklı cisim ve ip asılarak dengeye getiriliyor.  $G$  ağırlığı  $80\text{N}$  olduğuna göre ip gerilmesi  $T$  kaç  $\text{N}$ 'dir?

$$\left( \sin 30^\circ = \frac{1}{2}, \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

**Sen Çöz 30**

**Örnek 31**

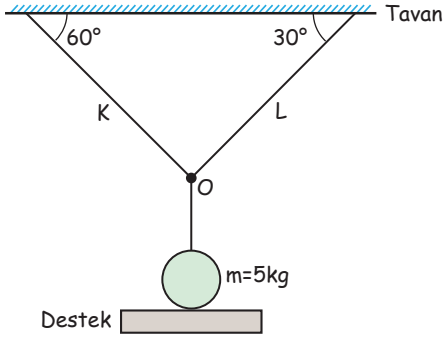


Şekildeki küre, basamak üzerine  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$  ve  $\vec{F}_4$  kuvvetlerinden biri ile çıkarılmak isteniyor. Küreyi basamak üzerine çıkaracak en büyük ve en küçük kuvvet hangileridir?

**Sen Çöz 31**



**Örnek 32**



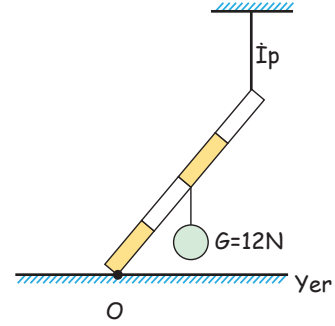
Kütlesi  $m = 5 \text{ kg}$  olan bir cisim K ve L ipleri yardımı ile tavana asılmış, altına da bir destek konularak dengelenmiştir.

K ve L ipleri en fazla  $30\text{N}$ 'a dayanabildiğine göre, destek çekildikten sonra iplerin durumu ne olur? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

$$(\sin 90^\circ = 1, \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}, \sin 30^\circ = \frac{1}{2})$$

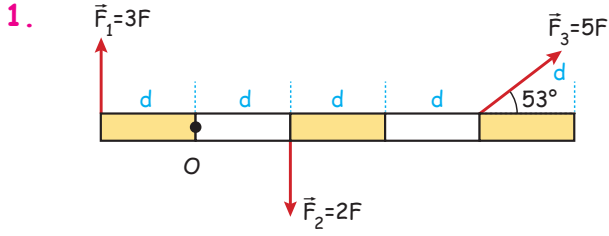
**Sen Çöz 32**

**Örnek 33**



Şekildeki ağırlıksız çubuk dengededir. İpte oluşan gerilme kuvveti kaç N'dur? (Çubuk eşit bölmelendirilmiştir.)

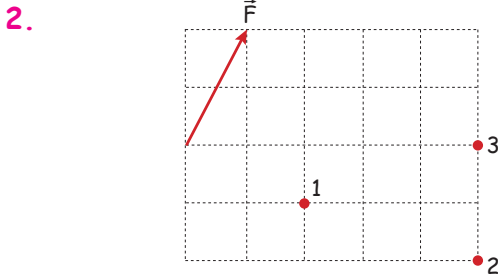
**Sen Çöz 33**



O noktası etrafında dönebilen ağırlıksız çubuğa  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  ve  $\vec{F}_3$  kuvvetleri etki ediyor.

Noktalar arası uzaklık eşit ve  $d$  kadar olduğuna göre,  $O$  noktasına göre toplam tork kaç  $F \cdot d$  dir? ( $\cos 53^\circ = 0,6$ ,  $\sin 53^\circ = 0,8$ )

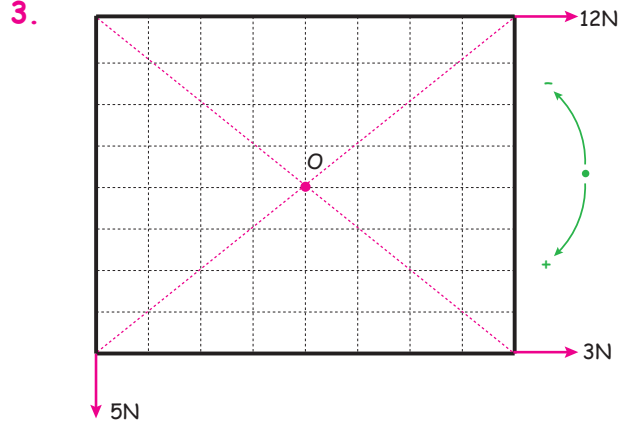
- A) 1      B) 2      C) 3      D) 4      E) 7



Şekildeki  $F$  kuvvetinin 1, 2 ve 3 noktalarına göre torklarının büyüklüğü  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  ve  $\tau_3$ 'tür.

$\tau_1$ ,  $\tau_2$  ve  $\tau_3$  arasındaki ilişki nedir? (Birimkareler özdeşdir?)

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

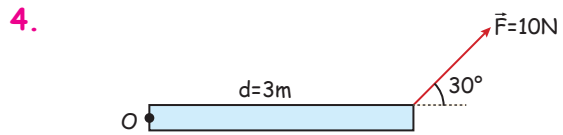


O noktası etrafında dönebilen kare levhanın bir kenarının uzunluğu  $8 \text{ m}$ 'dir.

Levhaya  $12 \text{ N}$ ,  $3 \text{ N}$  ve  $5 \text{ N}$  büyüklüğündeki kuvvetler şekildeki gibi uygulandığına göre, bu kuvvetlerin  $O$  noktasına göre toplam torklarının büyüklüğü ve levhanın dönme yönü nedir?

- A) (+) yönünde  $16 \text{ N} \cdot \text{m}$   
 B) (-) yönünde  $16 \text{ N} \cdot \text{m}$   
 C) (-) yönünde  $11 \text{ N} \cdot \text{m}$   
 D) (-) yönünde  $10 \text{ N} \cdot \text{m}$   
 E) (+) yönünde  $10 \text{ N} \cdot \text{m}$

ÇİTA YAYINLARI



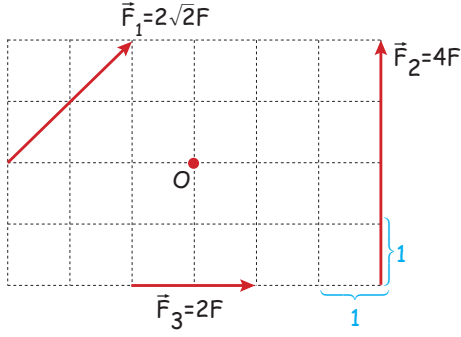
Sayfa düzleminde ve  $O$  noktası etrafında dönebilen  $3 \text{ m}$  uzunluğundaki ağırlıksız çubuğa  $10 \text{ N}$ 'luk kuvvet şekildeki gibi uygulanıyor.

Buna göre çubuğun  $O$  noktasına etki eden torkun büyüklüğü ve yönü nedir?

$(\sin 30^\circ = \frac{1}{2}, \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$

- A)  $10 \text{ N} \cdot \text{m}$  (+y)      B)  $15 \text{ N} \cdot \text{m}$   $\odot$   
 C)  $10 \text{ N} \cdot \text{m}$   $\otimes$       D) (+x)  $15 \text{ N} \cdot \text{m}$   
 E)  $18 \text{ N} \cdot \text{m}$  (-y)

5.

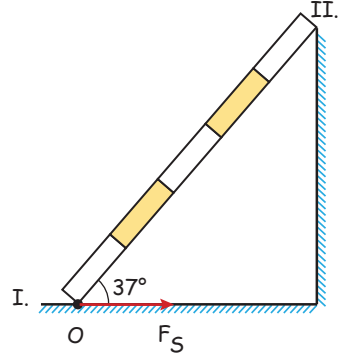


Şekildeki dikdörtgen levha  $O$  noktası üzerinde dönebilmektedir.

Birim kareler özdeş ve levhaya etki eden kuvvetler şekildeki gibi olduğuna göre,  $O$  noktasına göre toplam torkun büyüklüğü ve yönü nedir? (Levha, sayfa düzleminindedir.)

- A)  $4F(+y)$                       B)  $4Fx(-y)$   
 C)  $10F \otimes$                       D)  $10F \odot$   
 E)  $F \otimes$

7.



Ağırlığı 120 N olan eşit bölmeli türdeş çubuk, I ve II düzlemleri arasında dengededir.

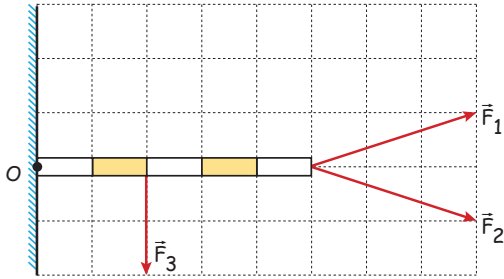
Buna göre I düzlemi ile çubuk arasındaki sürtünme kuvvetinin en küçük değeri kaç N'dur?

( $\sin 37^\circ = 0,6$ ,  $\cos 37^\circ = 0,8$ )

- A) 40    B) 60    C) 80    D) 100    E) 120

ÇİTA YAYINLARI

6.



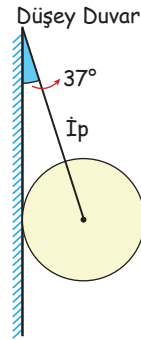
Şekildeki gibi  $O$  noktası etrafında dönebilen ağırlıksız çubuğa  $F_1$ ,  $F_2$  ve  $F_3$  kuvvetleri etki etmektedir.

Kuvvetlerin  $O$  noktasına göre torklarının büyüklüğü sırasıyla  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  ve  $\tau_3$  olduğuna göre  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  ve  $\tau_3$  arasındaki ilişki nedir?

(Noktalar arası uzaklık eşittir.)

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

8.



Ağırlığı 240N olan küre, şekildeki gibi dengededir.

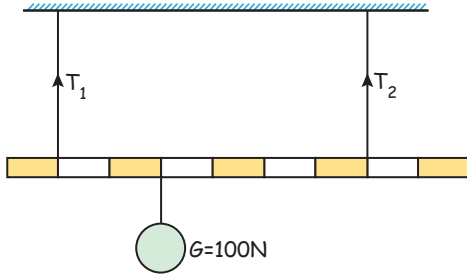
Buna göre, kürenin düşey duvara uyguladığı kuvvet  $\vec{F}$  ve ipteki gerilme kuvveti  $T$  kaç N olur?

( $\sin 37^\circ = 0,6$ ,  $\cos 37^\circ = 0,8$ )

(Düşey duvar sürtünmesizdir.)

	F	T
A)	100	120
B)	120	120
C)	300	180
D)	180	300
E)	240	300

9.

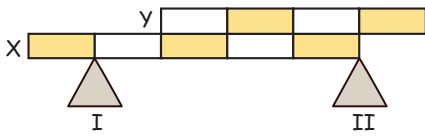


Şekildeki eşit bölmeli ağırlıksız çubuk, ip gerilmeleri ve 100 N'luk cisim ile dengelenmiştir.

İplerdeki gerilme kuvvetlerinin oranı  $\frac{T_1}{T_2}$  nedir?

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

10.

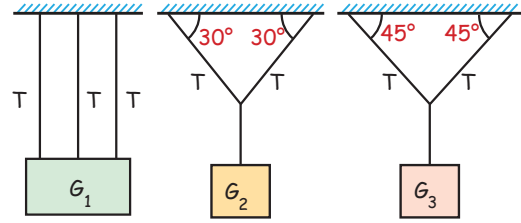


Aynı maddeden yapılmış kendi içlerinde türdeş X ve Y kalasları I ve II destekleri üzerinde şekildeki gibi dengededir.

Çubukların her bir bölümünün ağırlığı P olduğuna göre; I. desteğin tepki kuvveti  $N_1$ 'in, II. desteğin tepki kuvveti  $N_2$  ye oranı  $\frac{N_1}{N_2}$  nedir?

- A)  $\frac{1}{9}$       B)  $\frac{11}{13}$       C)  $\frac{5}{9}$       D)  $\frac{5}{27}$       E) 1

11.



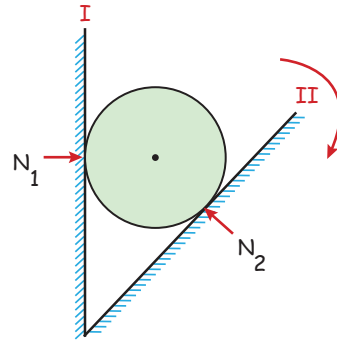
Ağırlığı önemsiz ipler yardımı ile asılmış  $G_1$ ,  $G_2$  ve  $G_3$  cisimleri şekildeki gibi dengededir.

İplerdeki gerilme kuvvetleri eşit ve T kadar olduğuna göre  $G_1$ ,  $G_2$  ve  $G_3$  arasındaki ilişki nedir?

- A)  $G_1=G_2=G_3$       B)  $G_1>G_3>G_2$   
C)  $G_1>G_2>G_3$       D)  $G_3>G_1=G_2$   
E)  $G_3>G_2>G_1$

ÇİTA YAYINLARI

12.

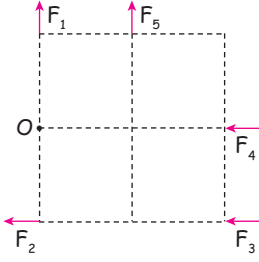


Ağırlığı  $G$  olan homojen bir küre, şekildeki gibi I ve II yüzeyleri arasında dengededir.

II yüzeyi ok yönünde hareket ederse, yüzeylerin cisme uyguladığı tepki kuvvetleri  $N_1$  ve  $N_2$  nasıl değişir?

- |    | $N_1$    | $N_2$    |
|----|----------|----------|
| A) | azalır   | azalır   |
| B) | artar    | azalır   |
| C) | artar    | artar    |
| D) | azalır   | artar    |
| E) | değişmez | değişmez |

1.

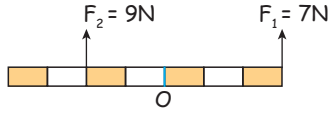


Sürtünmesiz yatay düzlem üzerindeki eşit bölme-  
meli metal kare levha, O noktası etrafında ser-  
bestçe dönebilmektedir.

Buna göre  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$ ,  $\vec{F}_4$ , ve  $\vec{F}_5$  kuvvetlerinden  
hangilerinin büyüklüğü arttırılırsa toplam torkun  
büyüklüğü değişmez?

- A)  $\vec{F}_1$  ve  $\vec{F}_5$                       B)  $\vec{F}_2$  ve  $\vec{F}_3$   
C)  $\vec{F}_1$  ve  $\vec{F}_4$                       D)  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$  ve  $\vec{F}_4$   
E)  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  ve  $\vec{F}_4$

2.

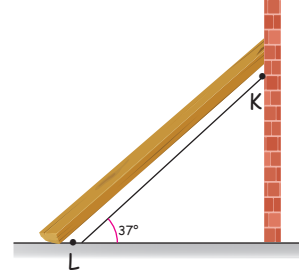


Şekildeki ağırlığı ihmal edilen çubuk O noktası  
etrafında dönebilmektedir.

Çubuğa  $\vec{F}_1$  ve  $\vec{F}_2$  kuvvetleri aynı anda uygulanırsa  
bileşke torkun yönü ve büyüklüğü aşağıdakiler-  
den hangisi olur?

	Yön	Net - tork
A)	⊗	3
B)	⊙	3
C)	⊙	2
D)	⊗	2
E)	⊗	4

3.



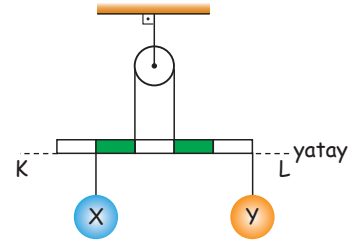
Sürtülmeli yatay zemin, sürtünmesiz düşey du-  
var ve ağırlığı 60 N olan tahta parçası şekildeki  
gibi dengededir.

Buna göre tahta parçasının L ucu ile yatay  
düzlem arasındaki sürtünme kuvveti en az kaç  
N'dir? ( $\sin 37^\circ = 0,6$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 60    B) 50    C) 45    D) 40    E) 20

ÇİTA YAYINLARI

4.



Eşit bölmeli KL türdeş çubuk kütleleri  $m_x$  ve  $m_y$   
olan cisimlerle şekildeki gibi dengededir.

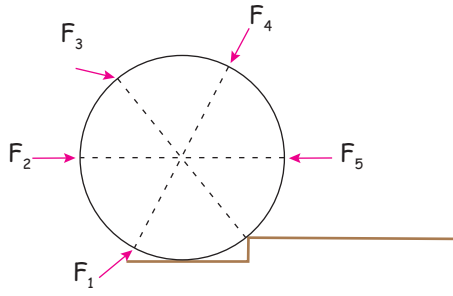
Buna göre,

- I.  $m_y > m_x$   
II.  $m_x > m_y$   
III.  $m_c = m_x$   
IV.  $m_c = m_y$

Verilen yargılardan hangileri kesinlikle doğru-  
dur? (Sürtünmeler önemsiz ve çubuğun ağırlığı  $m_c$   
kadar)

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

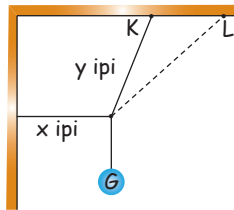
5.



O merkezli şekildeki küreyi basamaktan çıkarabilecek en küçük kuvvet aşağıdakilerden hangisidir?

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

6.

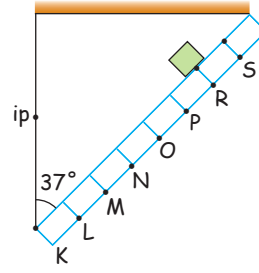


$G$  ağırlıklı cisim  $x$ ,  $y$  ipleriyle şekildeki gibi dengededir.

$y$  ipi  $K$ 'den  $L$ 'ye bağlanırsa ip gerilimleri  $T_x$ ,  $T_y$  ilk duruma göre nasıl değişir?

	$T_x$	$T_y$
A)	Artar	Artar
B)	Azalı	Azalı
C)	Artar	Azalı
D)	Azalı	Artar
E)	Değişmez	Değişmez

7.

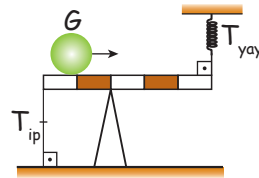


Uzunluğu 40 m olan özdeş ve türdeş kaydırak R noktasında 70 kg'lık cisim sabit tutulmaktadır. Kaydırakın ağırlığı 3 kg ve ip gerilmesi 540N'a kadar dayanabiliyorsa, cisim R noktasından serbest bırakıldığında ip cisim nereye geldiğinde kopar? (Sistem sürtünmesizdir)

- A) P noktası    B) O - P arası  
C) O noktası    D) N - O arası  
E) M noktası

ÇİTA YAYINLARI

8.



Düzgün ve türdeş bir çubuk  $G$  ağırlıklı cisimle şekildeki düzenekte yatay dengede iken esnemeyen ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü  $T_{ip}$ , esnek yaydaki  $T_{yay}$  oluyor.

Cisim ok yönünde dönerek ilerlerken  $T_{ip}$  (ip gerilmesi) ve  $T_{yay}$  (yay gerilmesi) ilk duruma göre nasıl değişir?

	$T_{ip}$	$T_{yay}$
A)	Değişmez	Değişmez
B)	Artar	Değişmez
C)	Değişmez	Artar
D)	Azalı	Değişmez
E)	Azalı	Artar

## KÜTLE MERKEZİ VE AĞIRLIK MERKEZİ

### KÜTLE MERKEZİ

Bir cisim çok küçük parçalara bölündüğünde, bu parçaların ortalama konumuna **kütle merkezi** denir.

### AĞIRLIK MERKEZİ

Bir cismi çok küçük parçalara böldüğümüzde, her bir parçaya yer tarafından bir kuvvet uygulanır. Bu kuvvete ağırlık denir. Cismi böldüğümüz her bir küçük parçacığın ağırlığının bileşkesinin uygulama noktasına **ağırlık merkezi** denir.

#### Dikkate Al

Küçük cisimlerde kütle merkezi ve ağırlık merkezi aynı noktadadır.

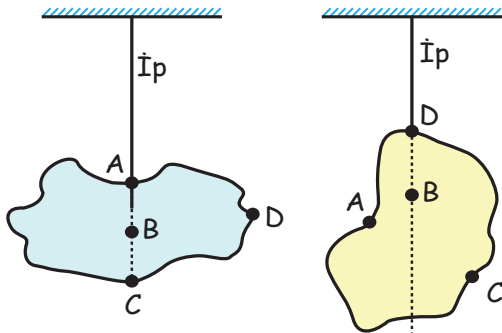
#### Dikkate Al

Çok yüksek binalarda kütle merkezi binanın tam ortasında olmasına rağmen ağırlık merkezi yer yüzeyine daha yakındır. Çünkü yer yüzeyinden uzaklaştıkça yer çekim ivmesi azalır.

#### Unutma!

Düzensiz geometrik şekle sahip olmayan katıların ağırlık merkezi bulunurken cisim iki farklı noktadan asılır.

Cisimler asıldığında ipin uzantısı ağırlık merkezinden geçer. İki ayrı noktadan asılan cisim için ip doğrultularının kesiştiği nokta ağırlık merkezinin yerini verir.



Şekil I

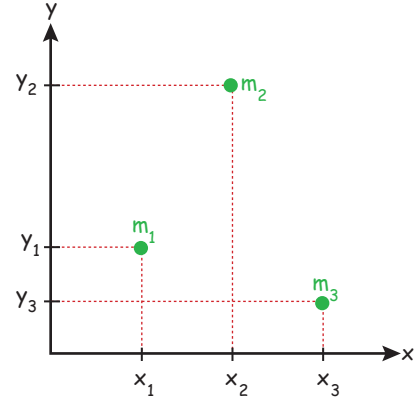
Şekil II

Geometrik şekli olmayan cisim önce A noktasından Şekil I'deki gibi asılır. Sonra da D noktasından Şekil II'deki gibi asılır. Her iki durumda da ipin uzantısı B noktasından geçmektedir. Yani cismin ağırlık merkezi B noktasıdır.

#### Dikkate Al

Çekim alanının olmadığı yerde kütle merkezi varken, ağırlık merkezi yoktur.

### Kütle Merkezinin Koordinatlarının Bulunması



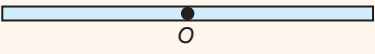
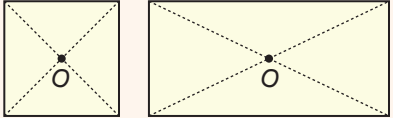
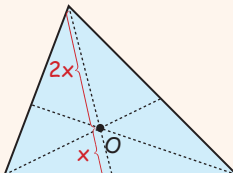
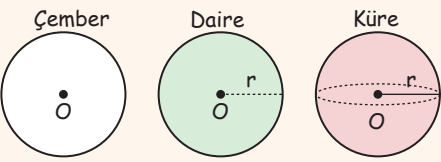
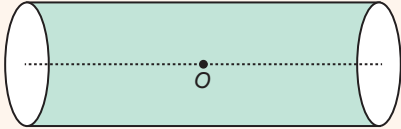
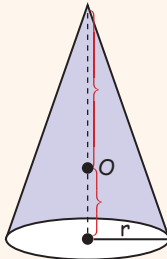
Şekildeki gibi birden fazla noktasal cismin kütle merkezinin koordinatları aşağıdaki gibi bulunur.

$$X_{KM} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

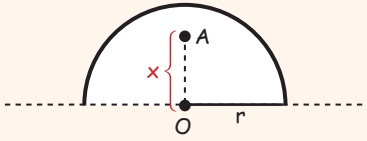
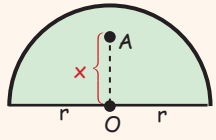
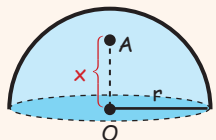
$$Y_{KM} = \frac{m_1 \cdot y_1 + m_2 \cdot y_2 + m_3 \cdot y_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$X_{km}$  = Sistemin kütle merkezinin X koordinatı

$Y_{km}$  = Sistemin kütle merkezinin Y koordinatı

Cisim	Ağırlık Merkezinin Yeri
 <p>Homojen Çubuk ya da Tel</p>	Tam orta noktası
 <p>Türdeş Kare ya da Dikdörtgen</p>	Köşegenlerin kesim noktası
 <p>Türdeş Üçgen Levha</p>	Kenarortayların kesim noktasıdır. Kenarortay $3x$ ise kütle merkezi tabandan $x$ kadar yüksektedir.
 <p>Çember Daire Küre</p> <p>Türdeş Çember, Dairesel Levha ve Küre</p>	Geometrik merkez
 <p>Türdeş Silindir</p>	Taban merkezlerini birleştiren doğrunun tam orta noktasıdır.
 <p>Türdeş Koni</p>	Koninin yüksekliği $h$ ise: $x = \frac{\text{Yükseklik}}{4} = \frac{h}{4}$



 <p>Türdeş Yarım Çember</p>	<p>Ağırlık merkezi A noktasıdır.</p> $x =  OA  = \frac{2r}{\pi}$
 <p>Türdeş Yarım Daire</p>	<p>Ağırlık merkezi A noktasıdır.</p> $x =  OA  = \frac{4r}{3\pi}$
 <p>Türdeş Yarım Küre</p>	<p>Ağırlık merkezi A noktasıdır.</p> $x =  OA  = \frac{3r}{8}$



**Dikkate Al**

Aynı tür maddeden yapılmış türdeş, çubuk tel, çember gibi tek boyutlu cisimlerin uzunlukları oranı ağırlıkları oranına eşittir.



**Dikkate Al**

Aynı maddeden yapılmış ve kalınlıkları aynı olan türdeş kare, üçgen, daire gibi iki boyutlu cisimlerin alanları oranı ağırlıkları oranına eşittir.



**Dikkate Al**

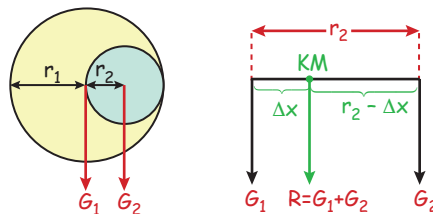
Aynı maddeden yapılmış, küre, küp, koni, silindir gibi üç boyutlu cisimlerin hacimleri oranı, ağırlıkları oranına eşittir.



**Cisimlerin Üzerine Parça Ekleme**



Bir cisim üzerine parça yapıştırılırsa ağırlık merkezi, iki parçanın ağırlık merkezi arasında olur.





Kütle merkezine göre tork alınırsa;

$$G_1 \cdot \Delta x = G_2 \cdot (r_2 - \Delta x)$$

ile ağırlık  
merkezinin yeri  
bulunur.

KM = Kütle Merkezi

$G_1$  = Büyük parçanın ağırlığı

$G_2$  = Yapıştırılan küçük parçanın ağırlığı

$\Delta x$  = Kütle merkezinin kayma miktarı

$r_2$  = İki parçanın kütle merkezi  
arasındaki uzaklık

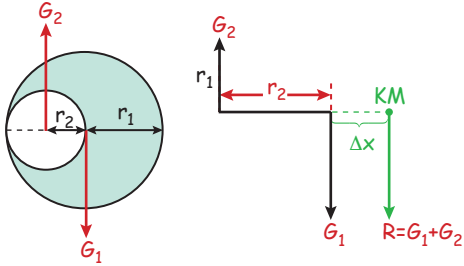
$R = G_1 + G_2$  = Ağırlıkların bileşkesi



### Cisimlerin Üzerinden Parça Çıkarma



Bir cisimden parça çıkarılırsa, çıkarılan parçanın ağırlığı yukarı doğru alınır.



$G_1$  ve  $G_2$  ağırlıklarının bileşkesi, parçaların ağırlıklarının farkı kadardır.



Sistemin ağırlık merkezi büyük kuvvetin dışında ve büyük kuvvetle aynı yöndedir.



Kütle merkezine göre tork alınırsa, ağırlık merkezinin yeri bulunur.

$$G_2 \cdot (r_2 + \Delta x) = G_1 \cdot \Delta x$$

$G_1$  = Büyük parçanın ağırlığı

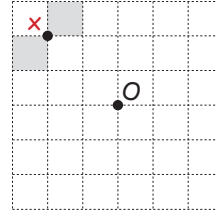
$G_2$  = Çıkarılan parçanın ağırlığı

$r_2$  = Çıkarılan parçanın yarıçapı

$\Delta x$  = Kütle merkezindeki kayma miktarı

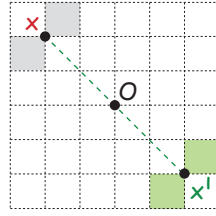


### Dikkate Al

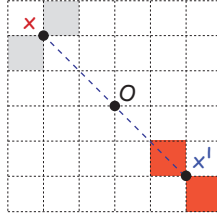


Şekildeki kare levhadan taralı parçalar çıkarılınsın. Kütle merkezi olan O noktasının yerinin değişmemesi için X noktasının O noktasına göre simetriği olan X' noktası, çıkarılması gereken parçaların kütle

merkezi olmalıdır.



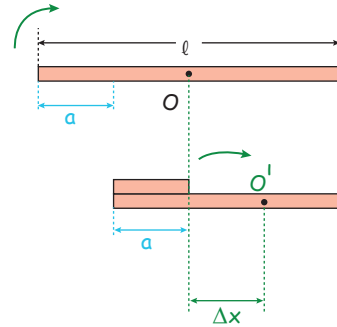
Yeşil ile taralı iki parça çıkarılırsa levhanın kütle merkezinin yeri değişmez.



Kırmızı ile taralı iki parça çıkarılırsa levhanın kütle merkezinin yeri değişmez.



### Unutma!



Şekildeki gibi boyu  $l$  olan bir çubuğun  $a$  kadarlık kısmı kendi üzerine katlanırsa ağırlık merkezi diğer tarafa  $x$  kadar kayar. Kayma miktarı  $\Delta x$ :

$$\Delta x = \frac{a^2}{l}$$

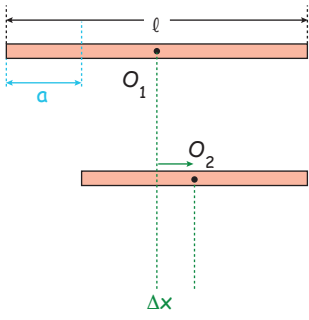
ile bulunur.

$\Delta x$  = Kütle merkezindeki kayma miktarı

$a$  = Katlanan kısmın uzunluğu

$l$  = Çubuğun ilk uzunluğu

**Dikkate Al**



$O_1$ : Boyu  $l$  olan çubuğun kütle merkezi

$O_2$ : Parça kesildikten sonra çubuğun kütle merkezi

Boy  $l$  olan çubuğun  $a$  kadarlık kısmı kesilip atılırsa ağırlık merkezi ters yönde  $\Delta x$  kadar kayar.

Kayma miktarı  $\Delta x$ :

$$\Delta x = \frac{a}{2} \text{ ile bulunur.}$$

$\Delta x =$  Ağırlık merkezindeki kayma miktarı

**Dikkate Al**

		İp		
K		13	7	1
		14	8	2
	O	15	9	3
	L	16	10	4
		17	11	5
		18	12	6

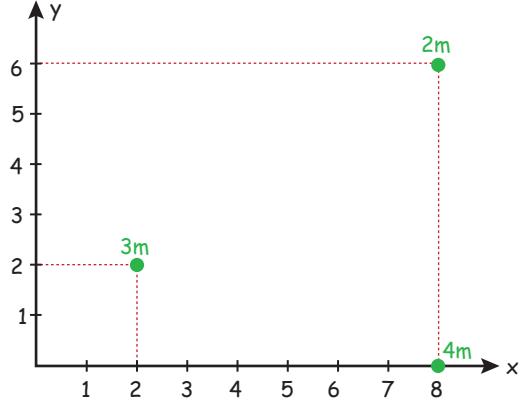
Şekildeki levhadan K ve L parçaları çıkarıldığında levhanın dengesinin bozulması için aşağıdaki işlemler yapılabilir.

K'nın yerine; 1, 2, 3, 4, 5, 6 parçalarından herhangi biri çıkarılabilir.

L'nin yerine; 13, 14, 15, 16, 17, 18 parçalarından herhangi biri çıkarılabilir.

K ve L'nin yerine 7, 8, 9, 10, 11, 12 numaralı parçalardan herhangi ikisi birlikte çıkarılabilir.

**Örnek Soru**



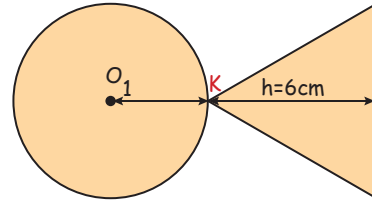
Şekildeki 3m, 2m ve 4m kütleli cisimlerden oluşmuş sistemin kütle merkezinin koordinatlarını bulunuz.

**Biz Çözdük**

$$X_{KM} = \frac{3m \cdot 2 + 4m \cdot 8 + 2m \cdot 8}{3m + 2m + 4m} = 6$$

$$Y_{KM} = \frac{3m \cdot 2 + 2m \cdot 6 + 4m \cdot 0}{3m + 2m + 4m} = 2$$

**Örnek 34**

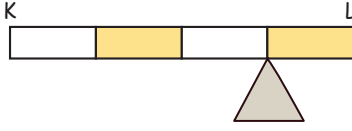


Aynı maddeden yapılmış, türdeş, yarıçapı  $r = 2$  cm olan dairesel levha ile yüksekliği 6 cm olan üçgen levha K noktasından yapıştırılmıştır.

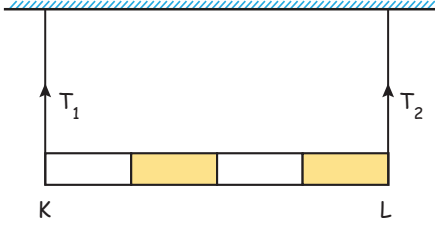
Sistemin kütle merkezi K noktasından kaç cm uzaktadır? ( $\pi = 3$  alınız.)

**Sen Çöz 34**

**Örnek 35**



Şekil I



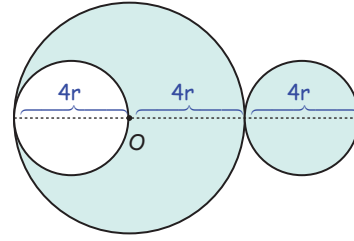
Şekil II

$G$  ağırlığındaki eşit bölmeli KL çubuğu Şekil I'deki gibi dengededir.  
KL çubuğu Şekil II'deki gibi asıldığında iplerde oluşan gerilme kuvvetleri  $T_1$  ve  $T_2$  olmaktadır.

Buna göre oranı  $\frac{T_1}{T_2}$  nedir?

**Sen Çöz 35**

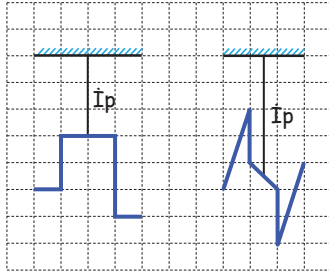
**Örnek 36**



Şekildeki  $4r$  yarıçaplı dairesel parçadan,  $2r$  yarıçaplı daire kesilerek dıştan yapıştırılıyor.  
Sistemin kütle merkezi  $O$  noktasından kaç  $r$  uzaklıktadır?

**Sen Çöz 36**

**Örnek 37**



Şekil I

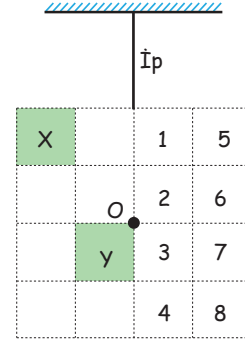
Şekil II

Homojen ve türdeş teller Şekil I ve Şekil II'deki gibi bükülüp bir ip yardımıyla tavana asılmıştır.

Cisimler serbest bırakıldığında hangi telin konumu değişmez?

**Sen Çöz 37**

**Örnek 38**



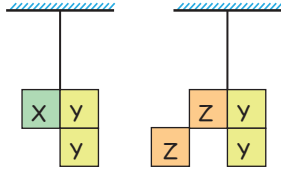
Şekildeki türdeş kare levhadan taralı parçalar kesilip çıkarılıyor.

a) Levhanın dengesinin bozulmaması için hangi parçalar çıkarılmalıdır?

b) Levhanın kütle merkezinin yerinin değişmesi için hangi parçalar çıkartılmalıdır?

**Sen Çöz 38**

**Örnek 39**



Şekil I

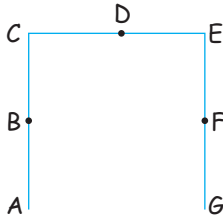
Şekil II

Şekil I ve Şekil II'deki sistem dengededir.

Buna göre homojen türdeş X, Y, Z cisimlerin ağırlıkları  $G_x$ ,  $G_y$  ve  $G_z$  arasındaki ilişki nedir?

**Sen Çöz 39**

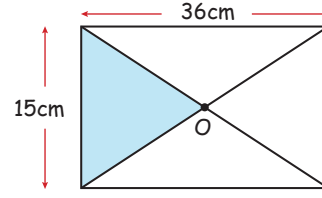
**Örnek 40**



Şekildeki bükülmüş homojen türdeş tel C noktasından asılırsa kütle merkezi hangi noktalar arasından geçer?

**Sen Çöz 40**

**Örnek 41**

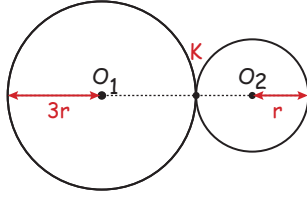


Şekildeki homojen türdeş dikdörtgen şeklindeki levhadan taralı parça kesilip atılıyor.

Buna göre kütle merkezi kaç cm yer değiştirir?

**Sen Çöz 41**

1.

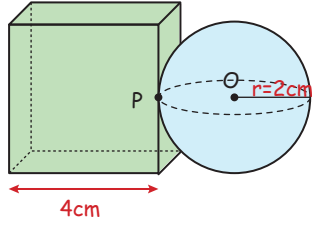


Homojen, türdeş, aynı maddeden yapılmış eşit kalınlıktaki, yarıçapları  $3r$  ve  $r$  olan iki çember şekildeki gibi K noktasından yapıştırılmıştır.

Sistemin kütle merkezi K noktasından kaç  $r$  uzaklıktadır? ( $\pi = 3$ )

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

2.



Şekildeki içleri dolu kendi içlerinde türdeş küp ve kürenin ağırlık merkezi P noktasıdır.

Kürenin yarıçapı  $2$  cm, küpün bir kenarı  $4$  cm olduğuna göre kürenin özkütlesinin küpün özkütlesine oranı  $\frac{d_{\text{küre}}}{d_{\text{küp}}}$  nedir? ( $\pi = 3$ )

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

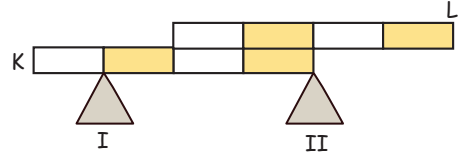
3.

Homojen, türdeş ve uzunluğu  $100$  cm olan telin bir ucundan  $30$  cm'lik kısmı kendi üzerine katlıyor.

Buna göre çubuğun ağırlık merkezi kaç cm yer değiştirir?

- A) 5    B) 6    C) 7    D) 8    E) 9

4.

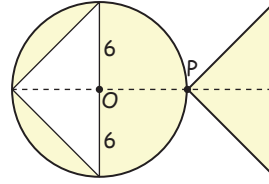


Homojen, türdeş, ağırlığı  $G$  olan K ve L kalasları şekildeki gibi I ve II destekleri üzerinde dengededir.

I. desteğin tepki kuvveti  $N_1$ , II. desteğin tepki kuvveti  $N_2$  olduğuna göre  $\frac{N_1}{N_2}$  oranı nedir?

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

5.

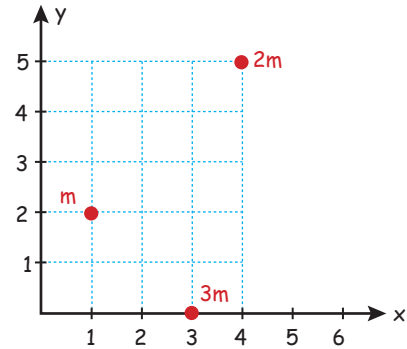


Homojen ve türdeş, yarıçapı  $6$  cm olan dairesel levhadan şekildeki gibi üçgen levha çıkarılıp P noktasından yapıştırılıyor.

Buna göre sistemin ağırlık merkezi, P noktasından kaç cm uzaktadır? ( $\pi = 3$  alınız.)

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

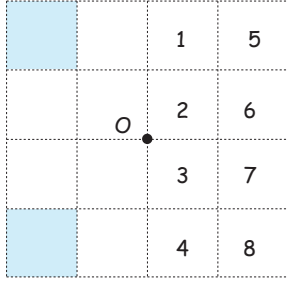
6.



Aynı düzlemde tutulan  $m$ ,  $2m$  ve  $3m$  noktasal cisimlerden oluşmuş sistemin kütle merkezinin koordinatları  $(X;Y)$  nedir?

- A) (1;1)    B) (1;2)    C) (2;3)  
D) (3;2)    E) (0;1)

7.

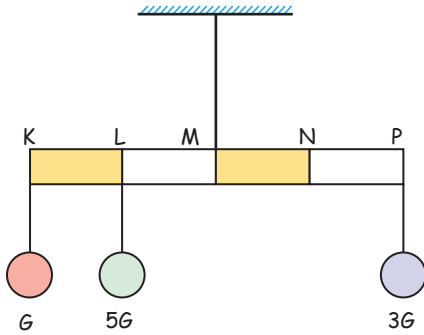


Şekildeki homojen ve türdeş kare levhadan taralı parçalar çıkarılıyor.

Levhanın ağırlık merkezinin yerinin değişmemesi için hangi parçalar birlikte çıkarılmalıdır?

- A) 1 ve 4      B) 2 ve 6      C) 4 ve 7  
D) 2 ve 7      E) 6 ve 7

8.

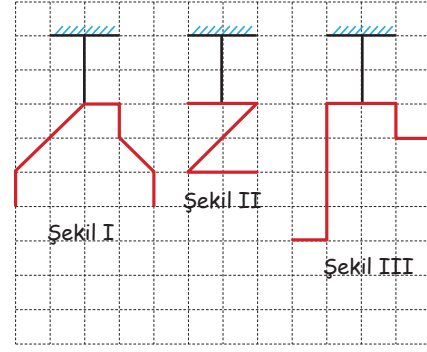


Ağırlığı  $G$  olan KP çubuğu şekildeki gibi dengededir.

Buna göre çubuğun ağırlık merkezi hangi noktadır?

- A) L      B) M      C) N  
D) NP arasında      E) MN arasında

9.



Düzensiz türdeş teller Şekil I, Şekil II ve Şekil III'teki gibi tutuluyor.

Teller serbest bırakıldığında hangileri dengede kalır?

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

ÇİTA YAYINLARI

10. Kütle ve ağırlık merkezi ile ilgili olarak;

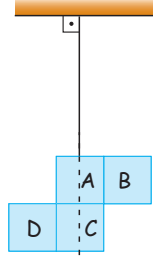
- I. Çok küçük cisimler için kütle merkezinin yeri, ağırlık merkezinin yeri ile aynıdır.
- II. Çekim ivmesinin sabit olmadığı yerlerde, kütle merkezinin yeri değişmez iken ağırlık merkezinin yeri değişir.
- III. Çok yüksek binaların kütle merkezi, binanın tabanına daha yakındır.

yukarıdakilerden hangileri doğrudur?

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



1.

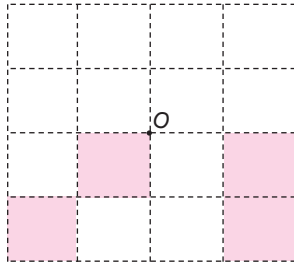


Düzgün ve türdeş A, B, C, D karelerinden oluşan sistem şekildeki gibi dengededir.

A, B, C, D levhalarının kütleleri sırası ile  $m_A$ ,  $m_B$ ,  $m_C$ ,  $m_D$  ise aşağıdaki eşitliklerden hangisi kesinlikle doğrudur? (İp, sistemi tam ortadan bölmektedir.)

- A)  $m_A = m_B$       B)  $m_D = m_A$       C)  $m_C = m_A$   
D)  $m_B = m_D$       E)  $m_C = m_D$

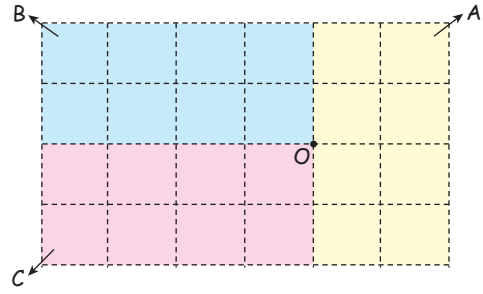
2.



Eşit karelere bölünmüş türdeş levhadan taralı parçalar çıkartılıyor. Parçalar çıkartılıp atıldıktan sonra levhanın ağırlık merkezi hangi yönde yer değiştirilir?

- A) ↓      B) →      C) ←      D) ↙      E) ↖

3.



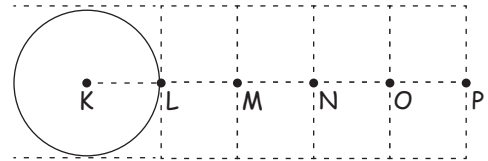
Düzgün ve türdeş A, B, C levhaları birleştirildiğinde ortak kütle merkezi O noktası oluyor.

B levhasının kütlesi 3 m olduğuna göre A levhasının kütlesi nedir?

- A) 6 m      B) 8 m      C) 10 m      D) 12 m      E) 14 m

ÇİTA YAYINLARI

4.

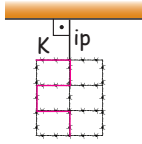


Şekildeki çember ile içi boş tel çerçeve birleştirilmiştir.

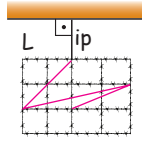
Buna göre yeni oluşturulan cismin ağırlık merkezi neresidir? (Noktalar eşit aralıktır.)

- A) L      B) M      C) N      D) O      E) P

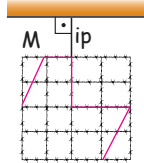
5.



Şekil - I



Şekil - II



Şekil - III

Düzgün ve türdeş teller bükülerek şekildeki gibi iplerle tavana asılmıştır.

Buna göre teller serbest bırakıldıklarında hangilerinin konumu değişmez?

- A) Yalnız K      B) Yalnız L      C) Yalnız M  
D) K ve L      E) L ve M

6.

- I. Bir gökdelenin ağırlık merkezi ile kütle merkezi aynı noktadır.  
II. Bir cismin kütle merkezi, ağırlık merkezinden yere göre daha yakındır.  
III. Kütle merkezi ile ağırlık merkezi farklı noktalarda bulunurlar.

yargılarından hangileri doğru olabilir?

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

7.

Boyu 40 cm olan türdeş ve düzgün bir telin ucundan 8 cm lik kısım kesilip atılıyor.

Buna göre telin kütle merkezi kaç cm kayar?

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

8.

Boyu 200 cm olan türdeş ve düzgün bir çubuğun 10 cm lik kısmı kesilerek üzerine katlanıyor.

Buna göre telin kütle merkezi kaç cm kayar?

- A) 0,2      B) 0,5      C) 1      D) 1,2      E) 1,5

## BASİT MAKİNELER

Günlük yaşantımızda işlerimizi kolaylaştırmak için kullanılan araçlara **basit makineler** denir. Ağır bir yükü yerinden kaldırmak, kuyudan su çekmek, bir çiviye yerinden sökmek elimizle yapamayacağımız zorlukta işlerdir. Bu işleri basit makineler sayesinde kolaylıkla yapabiliriz.



Basit makinelerde kuvvetten ya da yoldan kazanç sağlanırken **işten ya da enerjiden** kazanç sağlanmaz.

### Dikkate Al

Basit makinelerde kuvvetin destek noktasına göre torku, yükün destek noktasına göre torkuna eşittir.

### Dikkate Al

Basit makinelerde, kuvvetten sağlanan kazanç oranında yoldan kayıp vardır.

### Dikkate Al

Basit makinelerde sürtünme yoksa kuvvetin yaptığı iş, yükün yaptığı işe eşittir.

### Unutma!

Basit makineler iş kolaylığı sağlar.

$$\text{Kuvvet Kazancı} = \frac{\text{Yük}}{\text{Kuvvet}} = \frac{\text{Kuvvet Kolu}}{\text{Yük Kolu}} = \frac{G}{F}$$

ile bulunur.

### Basit Makinelerde Verim

Basit makinelerde sürtünmelerden dolayı bir kısım enerji ısıya dönüşür. Dolayısıyla alınan enerji, verilen enerjiden küçüktür. Aradaki fark makinenin verimini verir. Eğer basit makinede sürtünme yoksa verim %100 olur.

$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan Enerji}}{\text{Verilen Enerji}} = \frac{\text{Yükün Yaptığı İş}}{\text{Kuvvetin Yaptığı İş}} = \frac{\text{Alınan Güç}}{\text{Verilen Güç}}$$

ile bulunur.

## BASİT MAKİNE ÇEŞİTLERİ

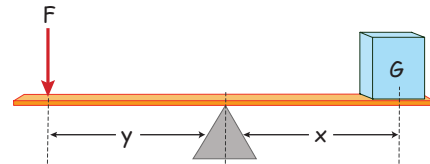
### KALDIRAÇLAR

Bir destek, bu destek etrafında dönebilen çubuk, kaldırılacak yük ve yükü hareket ettiren kuvvetten oluşan sistemlerdir.



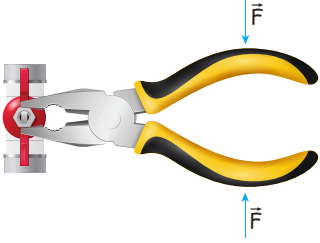
Desteğin bulunduğu yere göre üç çeşit kaldıraç vardır.

a) **Destek noktası ortada olan kaldıraçlar:** Tahteravalli, makas, kerpeten, pense gibi araçlar bu tür kaldıraçlara örnektir. Destek noktasına göre tork alınır;



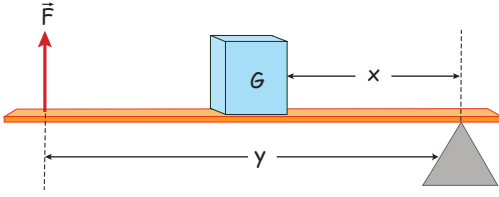
$$F \cdot y = G \cdot x$$

F: Kuvvet  
G: Yük  
y: Kuvvet Kolu  
x: Yük kolu

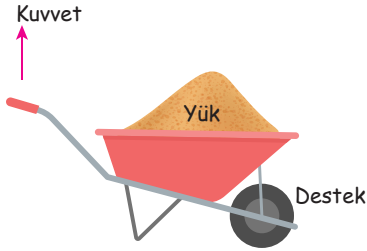


b) Destek noktasının uçta, yükün kuvvet ile destek arasında olduğu kaldıraçlar:

Bu tür kaldıraçlara el arabası, fındık, ceviz kıracağı örnek verilebilir.

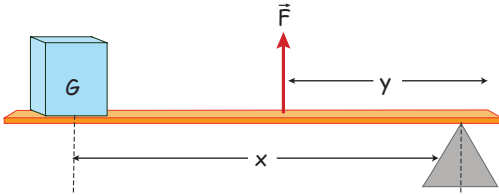


$$G \cdot x = F \cdot y$$

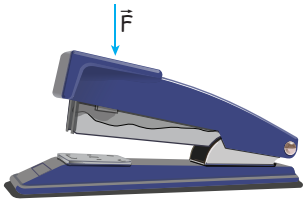


c) Destek noktasının uçta, kuvvetin yük ile destek arasında olduğu kaldıraçlar:

Maşa, zımba, kürek bu tür kaldıraçlara örnek verilebilir.



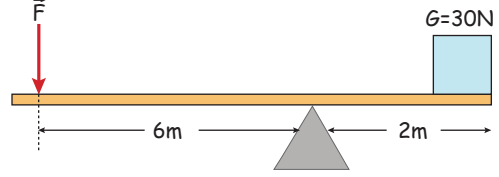
$$G \cdot x = F \cdot y$$



**Dikkate Al**

Kuvvet kolu yük kolundan büyük ise kuvvetten kazanç, yoldan kayıp olur.

**Örnek Soru**



Ağırlığı 30N olan bir cisim şekildeki kaldıraç yardımıyla dengede tutulmak isteniyor.

Buna göre F kuvvetinin değeri kaç N olmalıdır?

**Biz Çözdük**

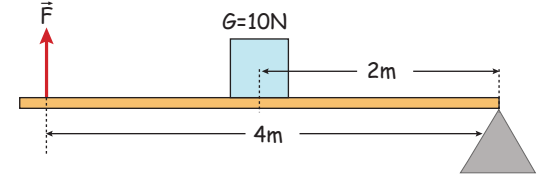
Basit makineler tork prensibine göre çalışır. Destek noktasına göre tork alınır;

$$F \cdot 6 = 30 \cdot 2$$

F = 10N bulunur.

ÇİTA YAYINLARI

**Örnek 42**



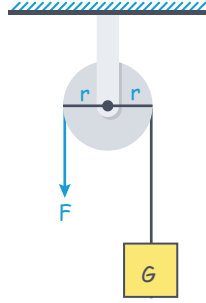
10N ağırlığındaki cisim F kuvveti ile dengede tutuluyor.

F kuvveti ile çubuk 2m yükseltirse G ağırlığı kaç m yükselir?

**Sen Çöz 42**

**SABİT VE HAREKETLİ MAKARALAR**

**Sabit Makara**

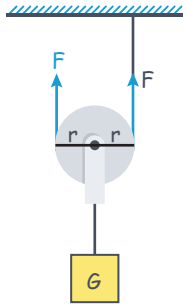


Sabit eksen etrafında dönen makaralardır. Kuvvetten ya da yoldan kazanç sağlanmaz. Sabit makaralar kuvvetin yönünü değiştirerek iş kolaylığı sağlar.

$$F \cdot r = P \cdot r$$

$$F = P \text{ olur.}$$

**Hareketli Makara**



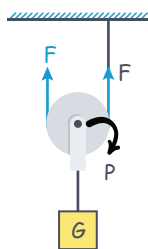
Çevresine sarılan ip ile aşağı ya da yukarı hareket edebilen makaralardır. Hareketli makaralar kuvvetten kazanç sağlarken yoldan kaybettirir.

$$F \cdot 2r = P \cdot r$$

$$F = \frac{G}{2} \text{ olur.}$$

İp h kadar çekildiğinde yük  $\frac{h}{2}$  kadar yükselir.

**Dikkate Al**

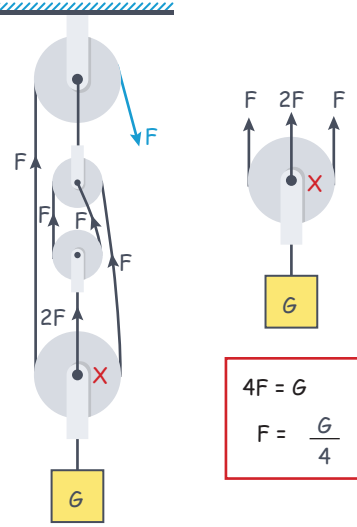


Makara ağırlıklı ve makaranın ağırlığı P ise kuvvet dengesi yazılır.  
 $2F = G + P$

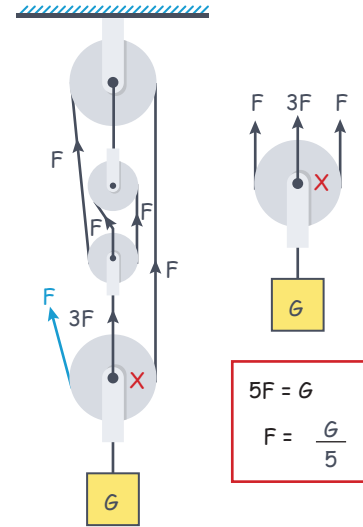
$$F = \frac{G + P}{2} \text{ olur.}$$

**PALANGALAR**

Birden fazla hareketli ve sabit makaranın kullanıldığı makara sistemidir.



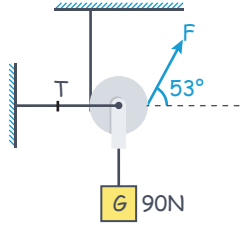
Şekil - I



Şekil - II

- ✓ Uygulanan kuvvet ipin her yerinde aynıdır.
- ✓ Şekil I'deki cismi h kadar yükseltebilmek için F kuvveti ile ip 4h çekilmelidir.
- ✓ Şekil II'deki cismi h kadar yükseltebilmek için F kuvveti ile ip 5h çekilmelidir.

Örnek Soru



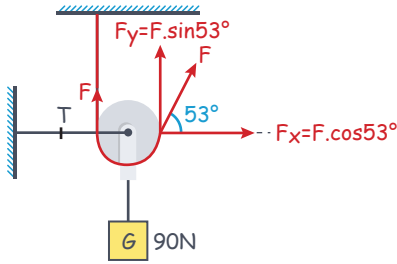
Şekildeki sistem dengededir.

Buna göre;

- a) F kuvveti kaç N olur?  
b) T ip gerilmesi kaç N'dur?

( $\sin 53^\circ = 0,8$  ,  $\cos 53^\circ = 0,6$ ) (Makara ağırlığı ihmal edilmiştir.)

Biz Çözdük



- a) Kuvvet dengesini düşey kuvvetler için yazalım;

$$F + F \cdot \sin 53^\circ = G$$

$$F + F \cdot 0,8 = 90 \text{ N}$$

$$1,8 F = 90 \text{ N}$$

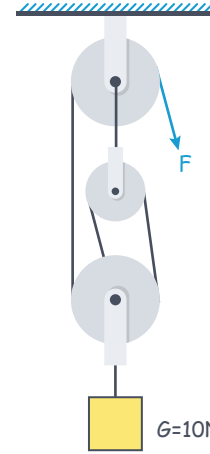
$$F = 50 \text{ N}$$

- b) Kuvvet dengesini yatay kuvvetler için yazalım;

$$T = F_x = F \cdot \cos 53^\circ$$

$$T = 50 \cdot 0,6 = 30 \text{ N olur.}$$

Örnek 43

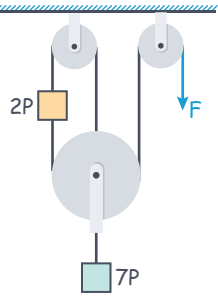


Şekildeki makaraların her birinin ağırlığı  $P = 2 \text{ N}'$ dur.

10N'luk yük F kuvveti ile dengede tutulduğuna göre F kuvveti kaç N'dur?

Sen Çöz 43

Örnek 44



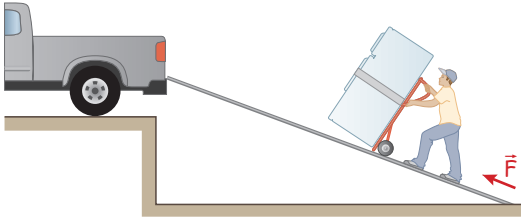
Makara ağırlıklarının özdeş ve P olduğu sistem, F kuvveti ile dengededir.

Buna göre F kuvveti kaç P'dir?

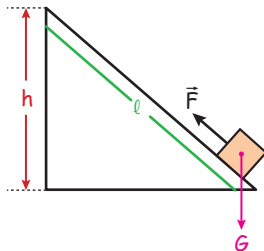
Sen Çöz 44

EĞİK DÜZLEM

Bir kamyonu ağır bir yükü sırtımızda taşımak yerine, eğimli bir kalasla taşımak daha kolaydır.



✓ Eğik düzlemde kuvvetin yaptığı iş G ağırlığındaki cisme potansiyel enerji olarak aktarılır.



$$F \cdot l = G \cdot h$$

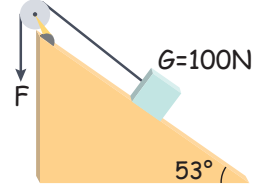
F = Cisme uygulanan kuvvet

G = Yükün ağırlığı

l = Eğik düzlemin uzunluğu

h = Eğik düzlemin yüksekliği

Örnek Soru

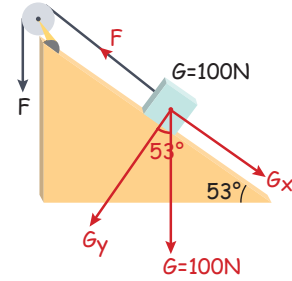


Şekildeki 100N ağırlığındaki cisim F kuvveti ile sürtünmesiz eğik düzlemde dengededir.

Buna göre F kuvveti kaç N'dur?

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

Biz Çözdük



Serbest cisim diyagramından G ağırlıklı cisme etki eden kuvvetleri belirleyelim.

$$G_x = G \cdot \sin 53^\circ = 100 \cdot 0,8 = 80\text{N}$$

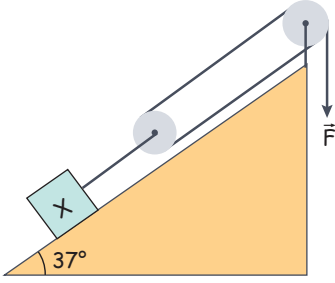
$$G_y = G \cdot \cos 53^\circ = 100 \cdot 0,6 = 60\text{N}$$

Ağırlığın  $G_x$  bileşenini F kuvveti dengelemektedir.

$$F = G_x$$

$$F = 80\text{N olur.}$$

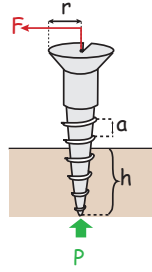
Örnek 45



Şekildeki makara ağırlıkları önemsiz ve eğik düzlem sürtünmesizdir.  
Ağırlığı 50N olan X cismi  $\vec{F}$  kuvveti ile dengede iken  $\vec{F}$  kuvveti ipi 5m aşağı çekiyor.  
**Buna göre X cismi kaç m yükselir?** ( $\sin 37^\circ = 0,6$ ,  $\cos 37^\circ = 0,8$ )

Sen Çöz 45

VİDA



İki parçayı birleştirmeye yarayan basit makineye **vida** denir. Bir vidanın iki dişi arasındaki uzaklığa **vida adımı** denir. Vida bir tam tur attığında, vida yüzeyde bir vida adımı "a" kadar ilerler. Vida bir tam tur attığında F kuvveti  $F \cdot 2\pi r$  kadar iş yapar.

$$F \cdot 2\pi r = P \cdot a$$

şeklinde enerji eşitliği yazılabilir.

Vidanın yüzeyde ilerlemesine karşı koyan kuvvete **direnç kuvveti** denir. Direnç kuvveti P ile gösterilir.

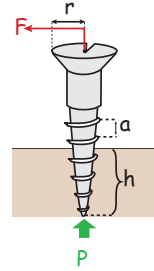
Dikkate Al

Vida n kere çevrilirse düzlemde  $h = n \cdot a$

kadar ilerler.

ÇİTA YAYINLARI

Örnek Soru



Şekildeki vida  $F = 10N$  ile bir tur çevrildiğinde düzleme 60N'luk kuvvet uygulanıyor.

**Vida kolunun yarıçapı  $r = 4$  mm ve vida adımı  $a = 2$ mm olduğuna göre vidanın verimi nedir?** ( $\pi = 3$ )

Biz Çözdük

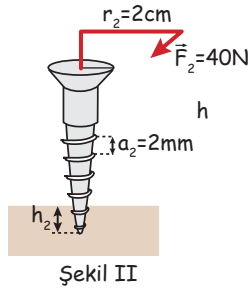
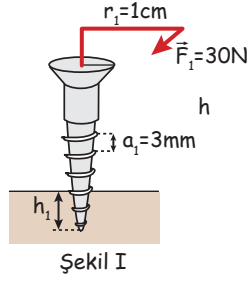
$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan Enerji}}{\text{Verilen Enerji}} = \frac{P \cdot a}{F \cdot 2\pi r}$$

$$\text{Verim} = \frac{60 \cdot 2}{10 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} = \frac{1}{2} \text{ olur.}$$

%Verim = %50'dir.



Örnek 46



Şekil I'deki vida adımı  $a_1 = 3\text{mm}$  olan bir vida,  $30\text{N}$ 'luk kuvvet uygulanarak 4 kez çevrilip zeminde  $h_1$  kadar saplanıyor.

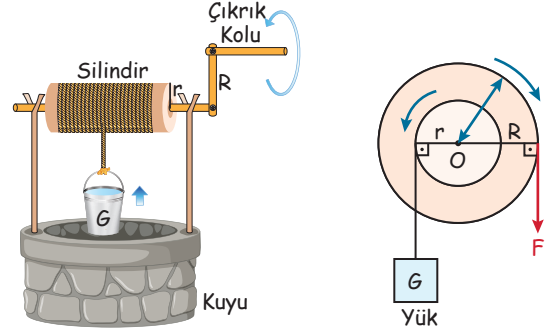
Şekil II'deki vida adımı  $a_2 = 2\text{mm}$  olan vida,  $15\text{N}$ 'luk kuvvet ile 7 kez çevrilip zeminde  $h_2$  kadar saplanıyor.

Buna göre  $\frac{h_1}{h_2}$  oranı nedir?

Sen Çöz 46

ÇIKRIK

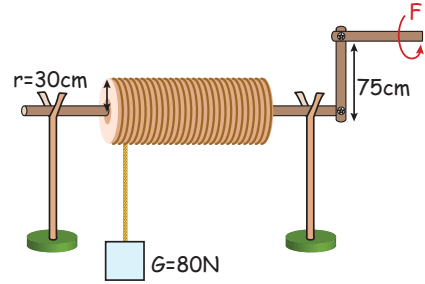
Kuyulardan su çekmek için kullanılan basit makinelere **çıkırcık** denir.



Çıkırcık kolu bir kere döndürüldüğünde silindire sarılı ip  $2\pi r$  kadar aşağı ya da yukarı doğru hareket eder. Silindirin dönme eksenine göre tork alınırsa;

$$F \cdot R = G \cdot r \text{ olur.}$$

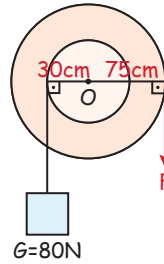
Örnek Soru



Şekildeki düzenekte  $80\text{N}$  ağırlığındaki yük  $F$  kuvveti ile dengede tutuluyor.

Buna göre  $F$  kaç  $\text{N}$ 'dur?

Biz Çözdük



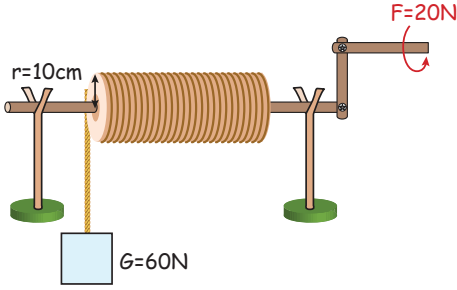
O noktasına göre tork alınırsa,

$$F \cdot R = G \cdot r$$

$$F \cdot 75 = 80 \cdot 30$$

$$F = 32 \text{ N}$$

Örnek 47

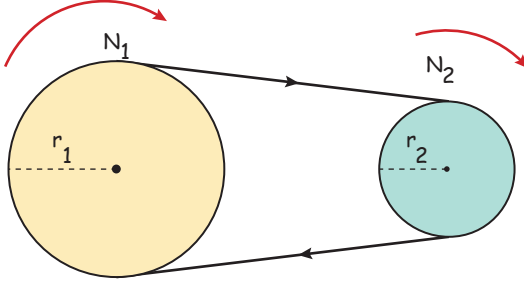


Şekildeki düzende F kuvveti ile çıkık kolu döndürülerek, 60N ağırlığındaki yük sabit hızla 3m aşağı indiriliyor. Buna göre çıkık kolu kaç tur atmıştır? ( $\pi = 3$ )

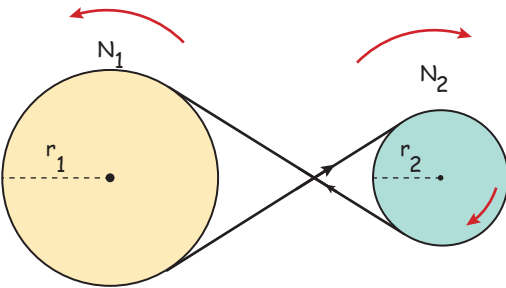
Sen Çöz 47

KASNAKLAR

Birbirine kayışla bağlanmış makaralardan oluşmuş sisteme **kasnak** denir.



Şekil I



Şekil II

- ✓ Şekil I'deki kasnaklar düz bağlı oldukları için aynı yönde dönerler.
- ✓ Şekil II'deki kasnaklar çapraz bağlı oldukları için ters yönde dönerler.

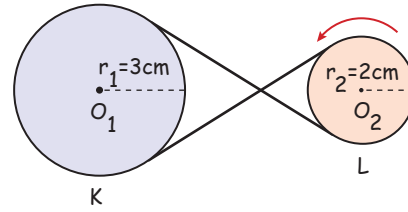
Dikkate Al

Küçük kasnaklar, büyük kasnaklardan daha fazla dönerler. Kasnakların tur sayıları arasında;

$$N_1 \cdot r_1 = N_2 \cdot r_2 \text{ bağıntısı vardır.}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= 1. \text{ kasnağın tur sayısı} \\ N_2 &= 2. \text{ kasnağın tur sayısı} \\ r_1 &= 1. \text{ kasnağın yarıçapı} \\ r_2 &= 2. \text{ kasnağın yarıçapı} \end{aligned}$$

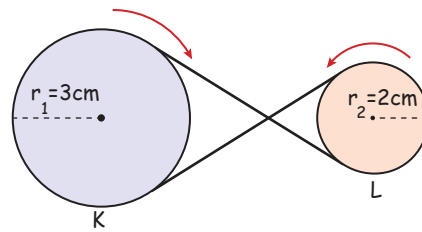
Örnek Soru



Şekildeki yarıçapı 3 cm olan K kasnağı ile yarıçapı 2 cm olan L kasnağı çapraz bağlanmıştır.

L kasnağı ok yönünde 15 tur atarsa K kasnağı hangi yönde kaç tur atar?

Biz Çözdük



K kasnağı L kasnağı ile zıt yönde döner. K kasnağının tur sayısı,

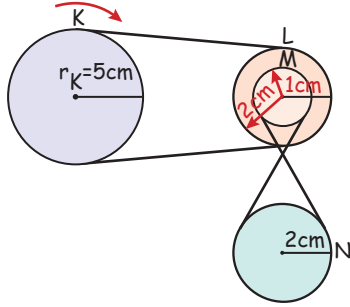
$$N_K \cdot r_K = N_L \cdot r_L$$

$$N_K \cdot 3 = 15 \cdot 2$$

$$N_K = 10 \text{ tur}$$

K kasnağı L kasnağı ile ters yönde 10 tur atar.

Örnek 48

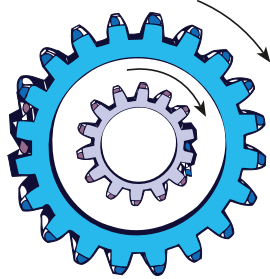


Şekildeki K, L, M ve N kasnaklarının yarıçapı sırasıyla 5 cm, 2 cm, 1 cm ve 2 cm'dir. L ve M kasnakları eş merkezlidir.

K kasnağı ok yönünde 2 tur dönerse L, M ve N kasnaklarının tur sayısı ne olur?

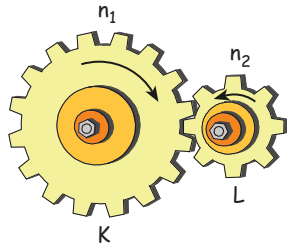
Sen Çöz 48

DİŞLİ ÇARKLAR



Dişli çarkların dişleri birbirinin arasına girdiği için çarklardan biri döndüğünde diğeri de döner.

Aynı merkezli dişli çarklarda dönme yönleri ve dönme sayıları eşittir.



Farklı merkezli dişliler zıt yönde dönerler. Dönme sayıları ile diş sayıları arasında,

$$f_1 \cdot n_1 = f_2 \cdot n_2 \text{ bağıntısı vardır.}$$

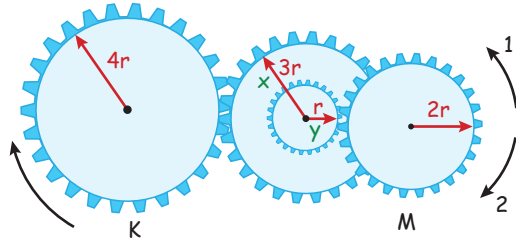
$n_1$  = K dişlisinin diş sayısı

$f_1$  = K dişlisinin tur sayısı

$n_2$  = L dişlisinin diş sayısı

$f_2$  = L dişlisinin tur sayısı

Örnek Soru



Şekildeki K dişlisi ok yönünde  $\frac{1}{3}$  tur atarsa, M dişlisi hangi yönde kaç tur atar?

Biz Çözdük

K dişlisi  $\frac{1}{3}$  tur atarsa X dişlisi;  $n_K \cdot r_K = n_X \cdot r_X$

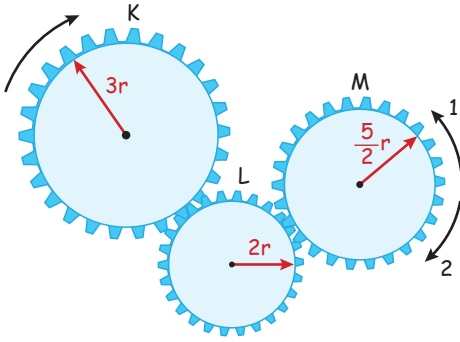
$$\frac{1}{3} \cdot 4 = n_X \cdot 3 \Rightarrow n_X = \frac{4}{9} \text{ tur atar.}$$

X dişlisi ile Y dişlisi eş merkezlidir. Bu durumda Y dişlisi de  $\frac{4}{9}$  tur atar.

M dişlisinin tur sayısını  $n_Y \cdot r_Y = n_M \cdot r_M$  ile bulunur.  
 $\frac{4}{9} \cdot r = n_M \cdot 2r \Rightarrow n_M = \frac{2}{9}$  tur atar.

K ile X zıt yönde Y ile M zıt yönde döner. Buna göre M dişlisi 2 yönünde  $\frac{2}{9}$  tur atar.

**Örnek 49**

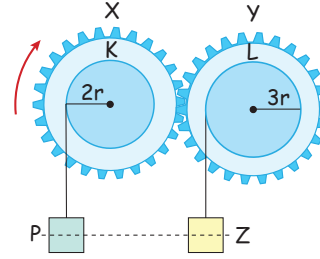


Şekildeki K, L ve M dişlilerinin yarıçapları sırasıyla  $3r$ ,  $2r$  ve  $\frac{5}{2}r$ 'dir.

K dişlisi ok yönünde 5 tur atarsa M dişlisi hangi yönde kaç tur atar?

**Sen Çöz 49**

**Örnek 50**

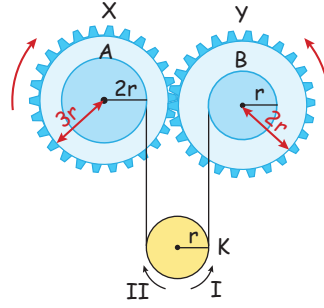


Şekildeki X ve Y dişlileri özdeşdir. X dişlisi ok yönünde bir tur attığında P cismi  $h$  kadar yükseliyor.

Buna göre P ve Z cisimleri arasındaki fark kaç  $h$  olur?

**Sen Çöz 50**

**Örnek 51**



Şekildeki dişli ve kasnaklarla kurulan sistemde, X dişlisi ok yönünde 2 tur atıp döndürülüyor. Buna göre K kasnağı;

- Hangi yönde kaç tur döner?
- K kasnağı kaç  $\pi r$  kadar yükselir?

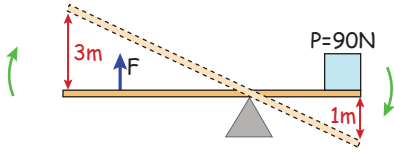
**Sen Çöz 51**

1. I. Basit makineler bize iş yapma kolaylığı sağlar.  
 II. Basit makinelerde enerjiden kazanç olmaz.  
 III. Basit makinelerde kuvvetten kazanç olursa yoldan kayıp vardır.

Yukarıdaki yargılarından hangileri doğrudur?

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

2.

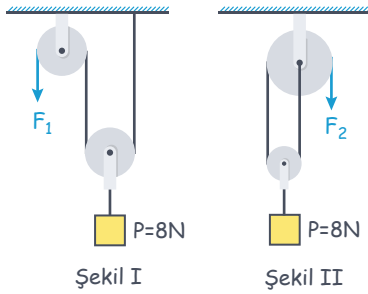


Şekildeki 90N'luk P yükü F kuvveti yardımıyla 1m aşağı yönde hareket ettiriliyor.

Buna göre F kuvvetinin yaptığı iş kaç joule'dür?

- A) 40 B) 50 C) 70 D) 90 E) 100

3.



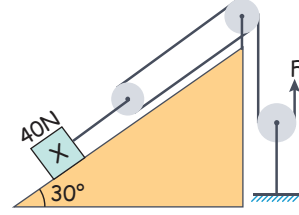
Şekil I ve Şekil II'deki sistemler  $\vec{F}_1$  ve  $\vec{F}_2$  kuvvetleri ile dengededir.

Buna göre  $\frac{|F_1|}{|F_2|}$  oranı nedir? (Makaralar özdeş

ve her bir makaranın ağırlığı 2N'dur.)

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

4.

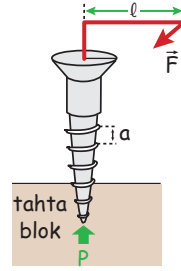


Şekildeki sürtünmesiz sistem dengededir.

F kuvveti ile ip 6m çekilirse X cismi kaç m yükselir? (Makara ağırlıkları önemsizdir.  $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ ,  $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ )

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

5.

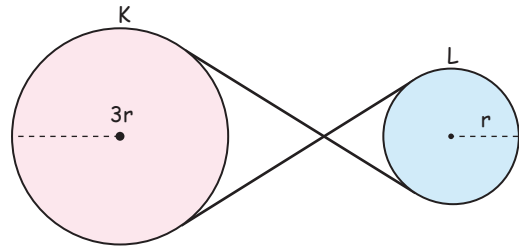


Kuvvet kolu uzunluğu  $l$  vida adımı  $a$  olan bir vida  $F = 45\text{N}$ 'luk kuvvet ile ancak döndürebiliyor.

Vidanın tahta blokta ilerlemesine karşı koyan direnç kuvvet  $P = 60\text{N}$  olduğuna göre  $\frac{l}{a}$  oranı kaçtır? ( $\pi = 3$ )

- A)  $\frac{2}{9}$  B)  $\frac{1}{9}$  C)  $\frac{1}{3}$  D)  $\frac{1}{2}$  E) 1

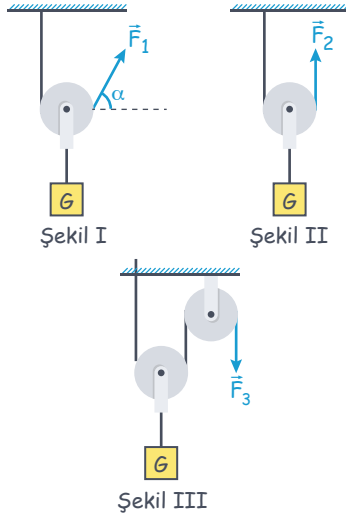
6.



Şekildeki K kasnağı 1 tur dönerse L kasnağı kaç tur döner?

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

7.

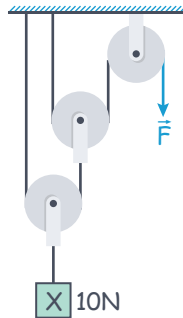


$G$  ağırlıklı cisimler ağırlıksız makaralar yardımı ile Şekil I, Şekil II ve Şekil III'teki gibi  $F_1$ ,  $F_2$  ve  $F_3$  kuvvetleri ile dengede tutulmaktadır.

Buna göre  $F_1$ ,  $F_2$  ve  $F_3$  arasındaki büyüklük ilişkisi nasıldır?

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

8.

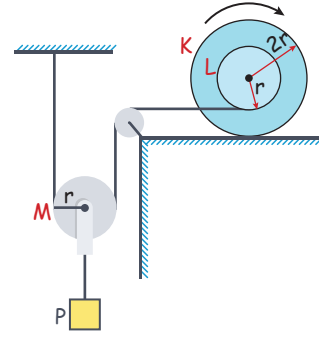


Şekildeki düzenekte makaralar özdeş ve her bir makaranın ağırlığı  $2N$ 'dir.

$10N$  ağırlığındaki  $X$  yükü  $F$  kuvveti ile dengede tutulduğuna göre,  $F$  kuvveti kaç  $N$ 'dir?

- A) 2      B) 3      C) 4      D) 5      E) 6

9.



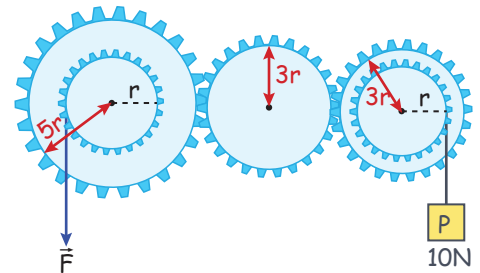
Şekildeki  $K$ ,  $L$  ve  $M$  kasnaklarının yarıçapları sırasıyla  $2r$ ,  $r$  ve  $r$ 'dir.

$K$  kasnağı ok yönünde 3 tur atarsa  $P$  yükü kaç  $\pi r$  yükselir?

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

ÇİTA YAYINLARI

10.



Şekildeki ağırlığı  $10N$  olan  $P$  yükü  $F$  kuvveti ile dengeleniyor.

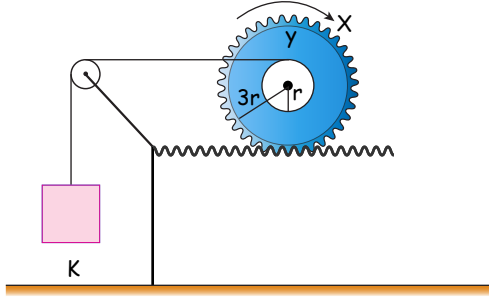
Buna göre  $F$  kuvveti kaç  $N$  olur?

- A) 30      B)  $\frac{50}{3}$       C)  $\frac{25}{2}$       D)  $\frac{15}{2}$       E)  $\frac{25}{4}$





5.

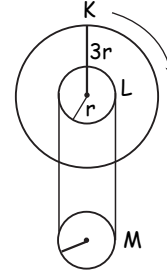


Şekildeki sürtünmesiz düzende x dişlisi ile y silindirin merkezi çakışık ve yarıçapları sırasıyla  $r$ ,  $3r$  dir.

X dişlisi ok yönünde  $\frac{5}{2}$  tur döndürülürse K yükü kaç  $\pi r$  yükselir?

- A) 4    B) 6    C) 8    D) 10    E) 20

7.



Şekildeki sürtünmesiz düzende serbest bırakılıyor K, L ve M makaralarının yarıçapları sırasıyla  $3r$ ,  $r$ ,  $r$ 'dir.

K makarası ok yönünde 2 tur attığında M makarası kaç tur atar?

- A) 8    B) 6    C) 5    D) 4    E) 2

6. Vida adımı  $a$  olan bir vida 4 tur döndürüldüğünde  $h$  kadar ilerliyor. Vida adımı  $4a$  olan bir vida 2 tur döndürüldüğünde kaç  $h$  ilerler?

- A)  $\frac{4}{3}$     B)  $\frac{5}{3}$     C) 2    D)  $\frac{3}{2}$     E)  $\frac{7}{2}$



29.  $\frac{|F_1|}{|F_2|} = 2$

30.  $T = 40 \text{ N}$

46.  $\frac{6}{7}$

47.  $n = 5 \text{ tur}$

31. En büyük =  $\vec{F}_3$   
En küçük =  $\vec{F}_2$

32. K ve L ipi

48.  $n_L = 5$   
 $n_M = 5$   
 $n_N = \frac{5}{2}$

49. 2 yönünde 6 tur

33.  $T = 6$

34. 1 cm

50.  $\frac{5h}{2}$

51. a) 1 yönünde  $\frac{1}{2}$  tur  
b)  $7\pi r$

35.  $\frac{1}{3}$

36.  $2r$

37. Şekil II

38.  $a = 5, 6, 7, 8$ 'den herhangi birisi ve  $1, 2, 3, 4$ 'ten herhangi birisi olur.  
 $b = 6, 4$  veya  $3, 7$  veya  $2, 8$  olur.

ÇİTA YAYINLARI

39.  $G_X > G_Y > G_Z$

40.  $F - G$

41. 4 cm

42. 1 m

43.  $F = 4N$

44.  $F = 3P$

45.  $h = 1,5$

# CEVAP ANAHTARI

TEST 1	1	2	3	4	5	6	7	8
	D	E	B	E	A	C	A	C
	9							
	B							

TEST 7	1	2	3	4	5	6	7	8
	C	B	D	B	C	A	E	B

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

TEST 8	1	2	3	4	5	6	7	8
	B	B	E	D	B	D	E	C
	9	10						
	E	D						

TEST 3	1	2	3	4	5	6	7	8
	B	B	C	E	B	A	D	C
	9							
	C							

TEST 9	1	2	3	4	5	6	7	8
	D	E	D	D	B	B	E	B
	9	10						

TEST 4	1	2	3	4	5	6	7	8
	E	C	E	C	B	E	A	B
	9	10	11	12				
	D	A	B	D				

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

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

TEST 11	1	2	3	4	5	6	7	8
	C	A	B	E	E	C	D	
	9							

TEST 6	1	2	3	4	5	6	7	8
	E	C	A	B	D	A	C	D
	9	10	11	12				
	E	A	B	A				