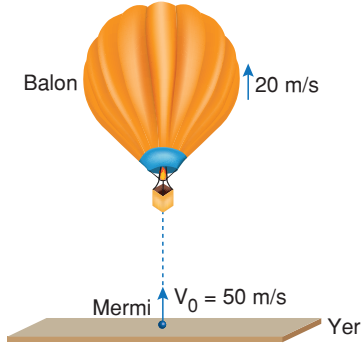


6.



Bir balon 20 m/s sabit hızla yükselirken, yerden bir mermi 50 m/s ilk hızla düşey yukarı atılıyor.

**Mermi balona çarptığı anda balonun yüksekliği en fazla kaç m/s olabilir?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ , mermiye havanın etkisi önemsizdir.)

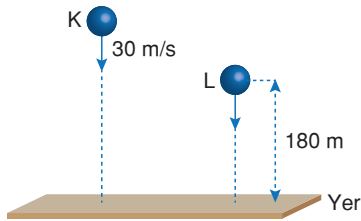
- A) 60    B) 75    C) 80    D) 105    E) 125

7. Bir mermi yerden  $v_0$  ilk hızı ile düşey yukarı atılınca H kadar yükselip dönüyor. Merminin ilk hızı 20 m/s artırılınca H+80 metre yükselip dönüyor.

**Havanın etkisi önemsiz ve  $g = 10 \text{ m/s}^2$  olduğuna göre  $v_0$  hızı kaç m/s dir?**

- A) 30    B) 40    C) 50    D) 60    E) 80

8.



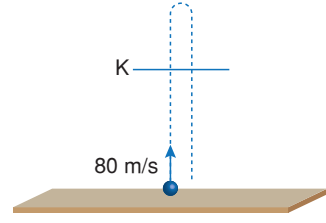
K cismi yerden H kadar yüksekteki bir noktadan 30 m/s ilk hızla düşey aşağı atıldığı anda L cismi yerden 180 m yüksekteki bir noktadan serbest düşmeye bırakılıyor.

**İki cisim aynı anda yere çarptığına göre K cisminin ilk yüksekliği kaç metredir?**

( $g = 10 \text{ m/s}$ ; havanın etkisi önemsizdir.)

- A) 60    B) 120    C) 180    D) 240    E) 360

9.

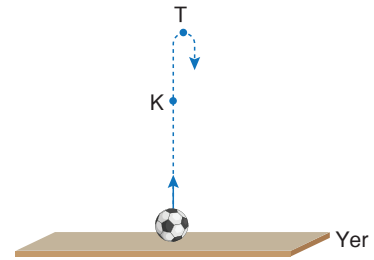


Yerden 80 m/s ilk hızla düşey atılan bir mermi K noktasından 6 saniye arayla iki kez geçiyor.

**$g = 10 \text{ m/s}^2$  ve havanın etkisi önemsiz olduğuna göre, K noktasının yerden yüksekliği kaç metredir?**

- A) 320    B) 275    C) 180    D) 125    E) 105

10.



Hava ortamında bir top düşey yukarı atılınca T noktasına kadar çıkıp dönüyor.

**Buna göre;**

- I. Topun çıkış süresi iniş süresinden kısadır.
- II. T noktasında topun ivmesi sıfırdır.
- III. K noktasından geçerken ilk hızı son hızından büyüktür.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

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

1. Merminin bırakıldığı andaki yere göre potansiyel enerjisi, yere çarpma anındaki kinetik enerjisine eşittir.

$$\frac{1}{2} mv^2 = mgh \Rightarrow \frac{1}{2} v^2 = 10 \cdot 125 \Rightarrow v = 50 \text{ m/s}$$

bulunur.

**YANIT C**

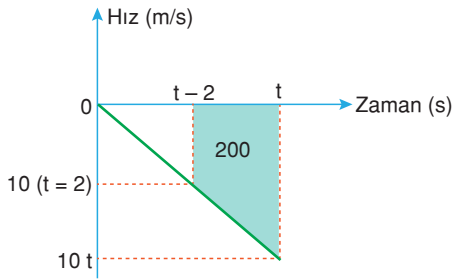
2. Merminin 4 saniye yükselmiş, 4 saniye de aşağı düşmüştür. Serbest düşen bir cismin t süredeki düşme miktarı:

$h = \frac{1}{2} gt^2$  formülü ile bulunur. O halde;

$$h = \frac{1}{2} 10 \cdot 16 \Rightarrow h = 80 \text{ m bulunur.}$$

**YANIT B**

3.



Bilyenin yere düşme süresi t ise hız zaman grafiği Şekildeki gibi olur. Son iki saniyede alınan 200 metrelik yol grafikteki taralı yamuğun alanıdır.

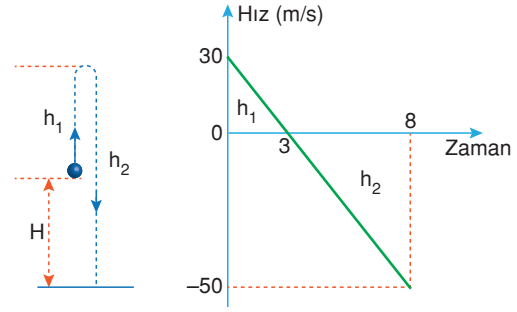
$$200 = \frac{10t + 10(t-2)}{2} \cdot 2 \Rightarrow t = 11 \text{ s olur.}$$

11 saniyede düşme miktarı:

$$H = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} 10 \cdot 121 = 605 \text{ m bulunur.}$$

**YANIT D**

4.



Merminin ilk hızı 30 m/s olduğundan 3s süre ile yükselerek  $h_1$  kadar yol alır.

$h_1 = \frac{30 \cdot 3}{2} = 45 \text{ m}$  dir. Yere çarpma hızı 50 m/s olduğundan düşme süresi 5 saniye olup uçuş süresi 8 saniye olur.

**I. yargı doğrudur.** İnişte aldığı  $h_2$  yolu:

$$h_2 = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} 10 \cdot 25 = 125 \text{ m}$$

İlk yüksekliği:  $H = h_2 - h_1 = 125 - 45 = 80 \text{ m}$  dir.

**II. yargı da doğrudur.** Hava direnci olmadığına göre, merminin ivmesi sabit ve  $g = 10 \text{ m/s}^2$  büyüklüktedir.

III. yargı yanlıştır.

**YANIT D**

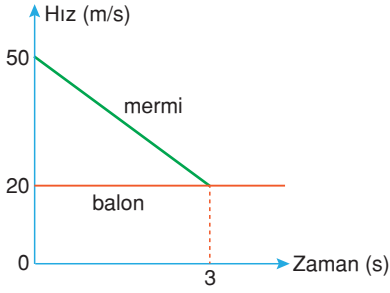
5. K ve L nin çarpışınca kadar aldıkları yollar toplamı H aralığına eşittir.

$$h_K = v_K \cdot t + \frac{1}{2} gt^2 \text{ ve } h_L = v_L \cdot t - \frac{1}{2} gt^2$$

$H = h_K + h_L = v_K \cdot t + v_L \cdot t$  olacağından t çarpışma süresi g yerçekimi ivmesine bağlı değildir.

**YANIT C**

6.



Mermi balona çarptığı anda balonun hızı 20 m/s olduğundan, merminin bu alandaki hızı en az 20 m/s olmalıdır. Merminin ilk hızı 50 m/s olduğundan balona yetişme süresi 3 saniyedir. Merminin 3 saniyede yükselme miktarı (yamuğun alanı):

$$h = \frac{50 + 20}{2} \cdot 3 = 105 \text{ m olur.}$$

YANIT D

7. Zamansız hız formülünü kullanalım:

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{20} \quad \text{ve} \quad H + 80 = \frac{(v_0^2 + 20)^2}{20}$$

$$\frac{v_0^2}{20} + 80 = \frac{(v_0^2 + 20)^2}{20} \Rightarrow \frac{(v_0^2 + 20)^2 - v_0^2}{20} = 80$$

$$\frac{v_0^2 + 40v_0 + 400 - v_0^2}{20} = 80 \Rightarrow v_0 = 30 \text{ m/s}$$

bulunur.

YANIT A

8. 180 metre yüksekten bırakılan L'nin düşme süresi:

$$h_L = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow 180 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \Rightarrow t = 6 \text{ s'dir.}$$

K cisim de 6 saniyede düştüğüne göre ilk yüksekliği:

$$h_K = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}gt^2 = 30 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 36 = 360 \text{ m}$$

bulunur.

YANIT E

9. K noktasından ilk kez geçen mermi 3 saniye yükselmiş 3 saniye de aşağı düşerek K'den ikinci kez geçmiştir.

Merminin ilk hızı 80 m/s olduğundan çıkış süresi:  
 $v = g \cdot t \Rightarrow 80 = 10 \cdot t \Rightarrow t = 8 \text{ s dir.}$ 

O halde yerden atıldıktan 5 s sonra K'ye varmıştır.

K noktasının yerden yüksekliği:

$$h_K = v_0 \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 = 80 \cdot 5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 25 = 275 \text{ m}$$

bulunur.

YANIT B

10. Hareket süresince topa hava direnci etkileyecektir. Top yükselirken hem ağırlık hem de hava direnci aşağı yönlü olduğundan, ivmesi g'den büyük olur ve kısa sürede yükselir. İniş sırasında ağırlıkla hava direnci zıt yönlü olacağından ivmesi g'den küçük olur ve düşme süresi daha uzundur.

I. **yargı doğrudur.** T noktasında hava direnci olmadığına göre (çünkü hız sıfırdır.) ivmesi g'ye eşittir.II. **yargı yanlıştır.** Hava direncinden dolayı, top enerji kaybeder. K'den ilk geçişteki hızı, ikinci geçişindeki hızından büyük olur.III. **yargı doğrudur.**

YANIT E

$$E=mc^2$$

# FİZİK

## YKS - AYT

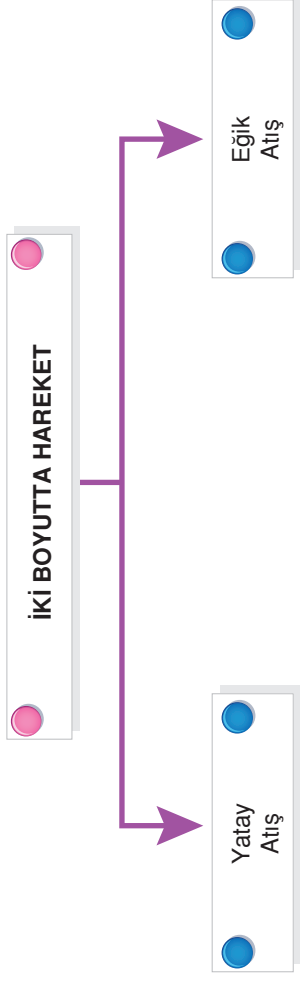


### **İKİ BOYUTTA İVMELİ HAREKET**

→ Yatay Atış

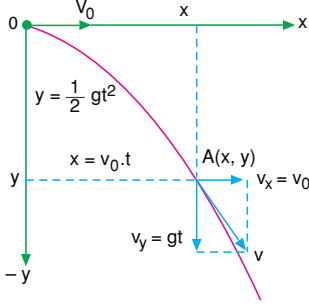
→ Eğik Atış

## AKILLI HARİTAM



**YATAY ATIŞ**

Yatay atış, yerden belirli bir yükseklikten, yatay doğrultuda  $v_0$  hızıyla atılan cismin hareketidir.



Cisim  $v_0$  hızıyla şekildeki gibi yatay atıldığında hem x eksenini doğrultusunda hem de y eksenini doğrultusunda hareket eder. Havanın etkisi önemsenmediğinden cisme, x eksenini doğrultusunda kuvvet etmez. Cisim, x eksenini doğrultusunda  $v_0$  hızıyla düzgün doğrusal hareket yapar. Cisme, y eksenini doğrultusunda yerçekimi etkidiğinden ve cismin  $v_0$  hızının düşey bileşeni sıfır olduğundan cisim y eksenini doğrultusunda serbest düşme hareketi yapar. Yatay atış, bileşik bir harekettir.

Cismin t sürede yatay doğrultuda aldığı x yolu,

$$x = v_0 \cdot t$$

Düşey doğrultuda aldığı y yolu ise,

$$y = \frac{1}{2} gt^2 \text{ dir.}$$

Cismin x eksenini doğrultusundaki hızı sabit olduğundan cisim atıldıktan t saniye sonra  $v_x$  yatay hızı,

$$v_x = v_0 \text{ dir.}$$

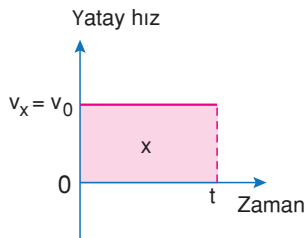
Cismin hızının y eksenini doğrultusundaki  $v_y$  hızının büyüklüğü her saniye içinde yerçekimi ivmesinin büyüklüğü kadar artar ve t saniye sonra

$$v_y = g \cdot t \text{ olur.}$$

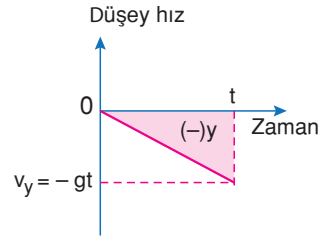
Cismin atıldıktan t saniye sonraki v hızı,  $v_x$  ve  $v_y$  hızlarının bileşkesi olup büyüklüğü,

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

**Cismin hızının  $v_x$  yatay bileşeni ile  $v_y$  düşey bileşeninin zamana göre değişim grafikleri,**



Şekil 1



Şekil 2

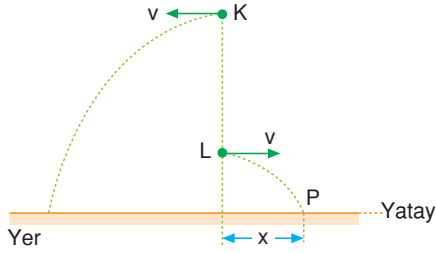
**Şekil 1 ve Şekil 2'deki gibi olur.**

Hız - zaman grafiklerinin zaman eksenini ile sınırladıkları alanlar cismin x ve y eksenlerini doğrultusunda aldıkları yolları verir.

**UYARI**

Yukarı yön (+), aşağı yön (-) kabul edilmiştir.

Örnek



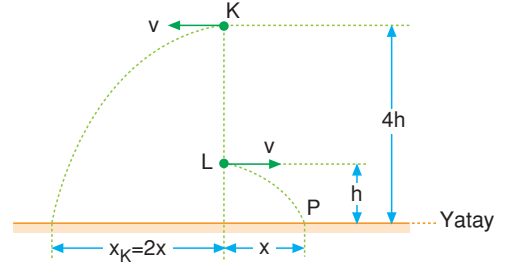
Yerden 4h ve h kadar yüksekte olan ve aynı düşeyde bulunan K ve L cisimleri v büyüklüğündeki hızlarla şekildeki gibi yatay olarak atılıyor. L cismi atıldığı noktanın düşeyinden x kadar uzaktaki P noktasına düşüyor.

**Buna göre K cismi P noktasından ne kadar uzağa düşer?**

(Sürtünmeler önemsenmiyor.)

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

Çözüm



Yatay atılan bir cisim, düşey doğrultuda serbest düşme hareketi yaparken yatay doğrultuda, atıldığı yatay hızla düzgün doğrusal hareket yapar.

L cisminin havada kalma süresi t olsun.

Buna göre,

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{①}$$

$$x = v \cdot t \quad \text{② olur.}$$

K cisminin havada kalma süresi  $t_K$ , yere düşene kadar aldığı yatay yol  $x_K$  olsun. O halde,

$$4h = \frac{1}{2}gt_K^2 \quad \text{③}$$

$$x_K = v \cdot t_K \quad \text{④ yazılır.}$$

① ve ③ bağıntıları oranlanırsa  $t_K = 2t$ ,

② ve ④ bağıntıları oranlanırsa  $x_K = 2x$  bulunur.

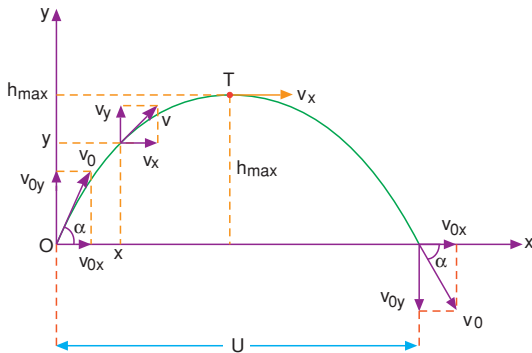
Buna göre K cisminin yere düştüğü noktanın P noktasına uzaklığı, şekilde gösterildiği gibi,

$$x_K + x = 2x + x = 3x \text{ olur.}$$

**YANIT C**

**EĞİK ATIŞ**

Eğik atış,  $v_0$  hızıyla yatayla  $\alpha$  açısı yapacak şekilde atılan cismin hareketidir.



Cisim orjin kabul edilen O noktasından  $v_0$  hızıyla eğik atıldığında yörüngesi şekildeki gibi olur. Cisim hem x eksenine, hem de y eksenine doğrultusunda hareket eder. Eğik atış bileşik bir harekettir.

$v_0$  hızı, şekildeki gibi x ve y eksenleri doğrultusunda  $v_{0x}$  ve  $v_{0y}$  bileşenlerine ayrılırsa;

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos\alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin\alpha \text{ olur.}$$

Havanın etkisi önemsenmediğinden x eksenini doğrultusunda cisme etkiyen kuvvet olmaz. Cisim, x eksenini doğrultusunda  $v_{0x}$  hızıyla düzgün doğrusal hareket yapar.

Cismin t saniyede x eksenini doğrultusunda aldığı yol;  $x = v_{0x} \cdot t$  dir.

Cisme, y eksenini doğrultusunda sadece yerçekimi kuvveti etkir. Bu kuvvet,  $v_{0y}$  hızına zıt yönde olduğundan cisim y eksenini doğrultusunda aşağıdan yukarıya düşey atış yapar. Cismin herhangi bir t anında, y eksenini doğrultusunda ki konumu;

$$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{bağıntısıyla bulunur.}$$

Cismin x eksenini doğrultusundaki hızı sabit olduğundan herhangi bir anda x doğrultusundaki  $v_x$  hızı,  $v_x = v_{0x}$  dir.

Cismin herhangi bir t anındaki hızının y eksenini doğrultusundaki  $v_y$  bileşeni,  $v_y = v_{0y} - g t$  dir.

Cismin t anındaki v hızı,  $v_x$  ve  $v_y$  hızlarının bileşkesi olup büyüklüğü;  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  bağıntısıyla bulunur.

Hız vektörü, daima yörüngeye teğettir.

Yukarı eğik atılan cisim, hızının y eksenini doğrultusundaki  $v_y$  bileşeni sıfır olana kadar çıkar. T tepe noktasındaki hızı,  $v_{0x}$ 'e eşittir. Cisim inerken yatay atış hareketi yapar.

Hızın  $v_y$  düşey bileşeni sıfır oluncaya kadar geçen süreye çıkış süresi ( $t_{\text{ç}}$ ) denir.

$$v_y = v_{0y} - g t \quad \text{den}$$

$$0 = v_{0y} - g t_{\text{ç}}$$

$$t_{\text{ç}} = \frac{v_{0y}}{g} \quad \text{bulunur.}$$

Cisim atıldığı yataya düşüyorsa iniş süresi, çıkış süresine eşit olur. Dolayısıyla cismin atıldığı andan atıldığı yataya düşene kadar geçen süre (uçuş süresi);

$$t_{\text{uç}} = t_{\text{ç}} + t_{\text{i}} = 2t_{\text{ç}} \quad t_{\text{uç}} = \frac{2v_{0y}}{g} \quad \text{dir.}$$

Cismin hızının  $v_y$  düşey bileşeni sıfır oluncaya kadar çıktığı yüksekliğe maksimum yükseklik denir.

$$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{bağıntısında}$$

t yerine çıkış süresinin  $t_{\text{ç}} = \frac{v_{0y}}{g}$  değeri yazılırsa  $y = h_{\text{max}}$  olur.

$$h_{\text{max}} = \frac{v_{0y}^2}{2g} \quad \text{bulunur.}$$

Cismin atıldığı nokta ile aynı yatayda düştüğü nokta arasındaki uzaklığa **atış uzaklığı** ya da **menzil** denir.

$x = v_{0x} \cdot t$  bağıntısında t yerine uçuş süresinin  $t_{\text{uç}} = \frac{2v_{0y}}{g}$  değeri yerine konursa yatay x yolu,

atış uzaklığına eşit olur ( $x = U$ ).

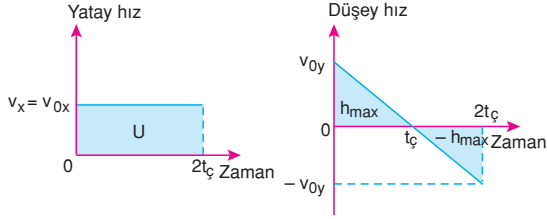
$$U = v_{0x} \cdot t_{\text{uç}} \quad \text{dan} \quad U = v_{0x} \cdot \frac{2v_{0y}}{g} \quad U = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad \text{bulunur.}$$

$$2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \sin 2\alpha \quad \text{olduğundan} \quad U = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad \text{olur.}$$



UYARILAR

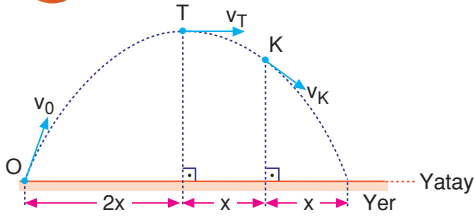
1.  $v_0$  hızıyla eğik atılan bir cismin atış uzaklığının maksimum olabilmesi için atış açısının  $45^\circ$  olması gerekir.
2. Aynı büyüklükte hızla atılan cisimlerin atış uzaklıklarının aynı olabilmesi için açılarının toplamı  $90^\circ$  olmalıdır.



Cisimlerin x ve y eksenleri doğrultularındaki hızlarının zamana göre değişim grafikleri, şekillerindeki gibi olur.

x eksenini doğrultusundaki hızın zamana göre değişim grafiğinin zaman eksenini sınırladığı alan cismin x eksenini doğrultusunda aldığı yolu verir. y eksenini doğrultusundaki hızın zamana göre değişim grafiğinin zaman eksenini sınırladığı alanların toplamı cismin y eksenini doğrultusundaki yer değiştirme miktarını verir.

Örnek



Yerden yukarı eğik atılan cismin yörüngesi şekildedir.

**Cismin T tepe noktasındaki ve K noktasındaki  $v_T$  ve  $v_K$  hızları ile g yerçekimi ivmesi bilindiğine göre cismin,**

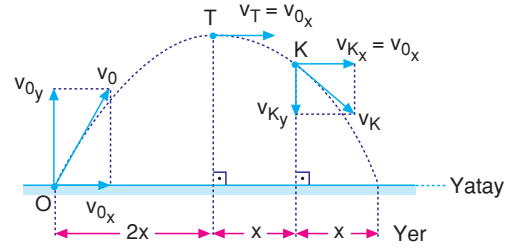
- I. Atıldığı andaki  $v_0$  hızı
- II. Havada kalma süresi
- III. Maksimum yüksekliği

**niceliklerinden hangileri bulunabilir?**

(Sürtünmeler önemsenmiyor.)

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

Çözüm



Yerden yukarı eğik atılan cismin O noktasındaki  $v_0$  hızı ile K noktasındaki  $v_K$  hızının yatay ve düşey bileşenleri şekildedir. Cisim, yatay doğrultuda  $v_{0x}$  hızıyla düzgün doğrusal hareket yaparken düşey doğrultuda  $v_{0y}$  ilk hızıyla yukarıya düşey atış yapar.

$$v_{0x} = v_T = v_{Kx} \text{ tir.}$$

Cismin T den K ye gelme süresi t olsun.

$$v_K^2 = v_{Kx}^2 + v_{Ky}^2 \quad \text{①}, \quad v_{Ky} = gt \quad \text{②} \text{ dir.}$$

$v_K$ ,  $v_{Kx}$  ve g bilindiğine göre ① ve ② bağıntılarından t bulunur.

Cismin menzili  $4x$  tir. Cisim  $x$  yolunu  $t$  sürede aldığına göre  $4x$  yolunu  $4t$  sürede alır. Buna göre cismin havada kalma süresi de bulunur.

$$t_{uçuş} = 2 \frac{v_{0y}}{g} = 4t \quad \text{③}, \quad v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0y}^2 \quad \text{④},$$

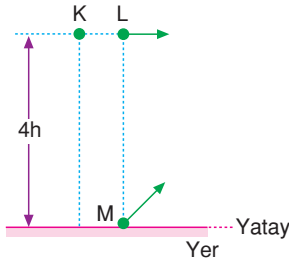
$$h_{max} = \frac{v_{0y}^2}{2g} \quad \text{⑤} \text{ dir.}$$

g ve t bilindiğinden ③ bağıntısından  $v_{0y}$ , ④ bağıntısından cismin atıldığı andaki  $v_0$  hızı, ⑤ bağıntısından da maksimum yükseklik  $h_{max}$  bulunur.

**YANIT E**

İKİ BOYUTTA İVMELİ HAREKET

Örnek



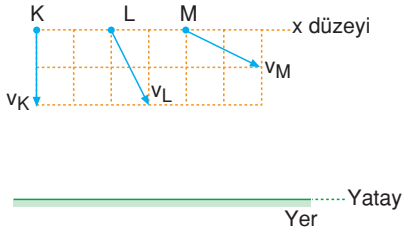
Yerden 4h kadar yüksekteki cisimlerden K serbest bırakıldığı anda L cismi yatay; yerdeki M cismi de şekildeki gibi eğik atılıyor.

**M cisminin maksimum yüksekliği h olduğuna göre cisimlerin havada kalma süreleri  $t_K$ ,  $t_L$ ,  $t_M$  arasında nasıl bir ilişki vardır?**

(Sürtünmeler önemsenmiyor.)

- A)  $t_M > t_L > t_K$                       B)  $t_K = t_L > t_M$   
 C)  $t_M > t_K = t_L$                       D)  $t_K > t_L > t_M$   
 E)  $t_K = t_L = t_M$

Örnek



x düzeyindeki K, L, M cisimleri,  $v_K$ ,  $v_L$  ve  $v_M$  hızlarıyla şekildeki gibi atılıyor.

**Buna göre,**

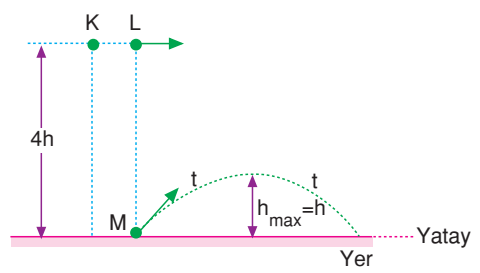
- I. K ile L nin havada kalma süreleri eşittir.
- II. L ile M nin yere çarpma hızlarının büyüklükleri aynıdır.
- III. M nin yere düşene kadar aldığı yatay yol, L ninkinden fazladır.

**yargılarından hangileri doğrudur?**

(Sürtünmeler önemsenmeyip bölmeler eşit aralıktır.)

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

Cözüm



M cisminin iniş süresi t olsun. M cismi, çıktığı

$h_{max} = h$  yüksekliğini serbest düşme hareketi yaparak aynı sürede indiğinden,

$$t_M = 2t \text{ olup } h = \frac{1}{2}gt^2 \text{ yazılabilir.}$$

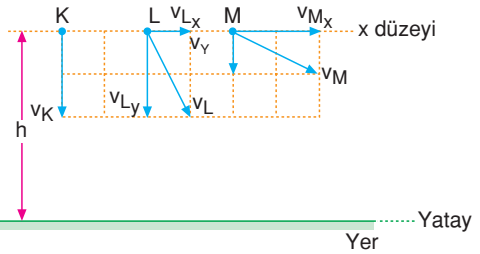
K ve L cisimleri 4h yüksekliğini serbest düşme hareketi ile aldıklarından  $t_K = t_L$  dir.

$$4h = \frac{1}{2}gt_K^2 \text{ bağıntısı ile } \textcircled{1} \text{ bağıntısı oranlanırsa } t_K = 2t \text{ bulunur.}$$

Buna göre  $t_K = t_L = t_M$  dir.

**YANIT E**

Cözüm



Aşağıya eğik atılan L ve M cisimlerinin  $v_L$  ve  $v_M$  hızlarının yatay ve düşey bileşenleri şekildeki gibidir. Bu cisimler düşey doğrultuda yukarıdan aşağıya düşey atış yaparken yatay doğrultuda hızlarının yatay bileşenleri ile düzgün doğrusal hareket yapar. Cisimler aynı h yüksekliğini, aşağıya düşey atış hareketi ile almakta olup düşey ilk hızları arasındaki ilişki  $v_K = v_{Ly} > v_{My}$  dir.

O halde havada kalma süreleri arasındaki ilişki,

$$t_K = t_L < t_M \text{ olur. I. yargı doğrudur.}$$

Cisimlerin yere çarpma hızlarının büyüklüğü,

$$v^2 = v_0^2 + 2gh \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

Cisimlerin ilk hızlarının büyüklükleri arasındaki ilişki,

$$v_L = v_M > v_K \text{ dir.}$$

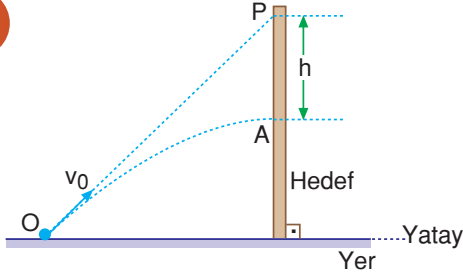
Cisimlerin yere çarpma hızlarının büyüklüğüne

$$v_K^i, v_L^i \text{ ve } v_M^i \text{ denilirse, } v_L^i = v_M^i > v_K^i \text{ olur.}$$

**II. yargı da doğrudur.** M nin ilk hızının yatay bileşeni ile havada kalma süresi, L ninkilerden büyük olduğundan M nin yere düşene kadar aldığı yatay yol, L ninkinden fazla olur. **III. yargı da doğrudur.**

**YANIT E**

## Örnek



Yerdeki O noktasından  $v_0$  hızıyla atılan bir cisim, hedefe  $t$  süre sonra ve P noktasından  $h$  kadar aşağıdaki A noktasında çarpıyor.

**Aynı deney, cismin hızı iki katına çıkarılıp yapılırsa cisim ne kadar süre sonra, P noktasından ne kadar uzakta hedefe çarpar?**

(Havanın etkisi önemsenmiyor.)

- A)  $\frac{1}{2} t, \frac{1}{2} h$                       B)  $\frac{1}{2} t, \frac{1}{4} h$   
 C)  $t, h$                                       D)  $2t, 2h$   
 E)  $2t, 4h$

## Çözüm

O'dan P'ye doğru  $v_0$  hızıyla atılan cisim, OP doğrultusunda düzgün doğrusal hareket yaparken düşey doğrultuda da serbest düşme hareketi yapar.

Buna göre,

$$OP = v_0 \cdot t \quad \text{①}, \quad PA = h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{②} \text{ yazılabilir.}$$

① ve ② bağıntılarına göre cismin ilk hızı  $2v_0$  yapılırsa, hedefe çarpma süresi  $\frac{1}{2} t$ , hedefe çarptığı noktanın P ye uzaklığı  $\frac{1}{4} h$  olur.

**YANIT B**

## Etkinlik 3

Aşağıdaki yargılardan doğru olanın yanına D, yanlış olanın yanına Y yazınız.

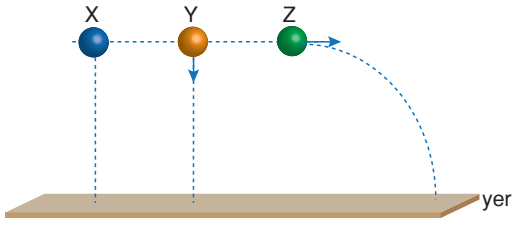
- 1) Havasız ortamda, yüksek bir yerden yatay atılan cismin hızının yatay bileşeni değişmez.
- 2) Aynı yükseklikten, iki cisimden biri serbest bırakılırken diğeri yatay atılırsa, yatay atılan yere daha geç düşer.
- 3) Eğik atılan bir merminin yörüngesinin tepe noktasında ivmesi sıfırdır.
- 4) Havanın olduğu bir ortamda, yüksek bir yerden yatay atılan topun ivmesi sürekli değişir.
- 5) Eğik atılan bir merminin yatayda alacağı yolun en büyük olması için, atış açısının  $45^\circ$  olması gerekir.

## Etkinlik 4

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun kelimeler ekleyerek doğru yargılar elde ediniz.

- 1) Havasız ortamda, aynı hızla, farklı açılarla eğik atılan iki merminin atış uzaklıklarının eşit olması için, atış açıları toplamının ..... olması gerekir.
- 2) Eğik atılan bir merminin ilk hızı 2 katına çıkarılırsa, atış uzaklığı ..... katına çıkar.
- 3) Havasız ortamda, yüksek bir yerden yatay atılan taşın kütlesi artırılırsa yere çarpma hızı .....
- 4) Yüksek bir yerden yatay atılan merminin yüksekliği 4 katına çıkarılırsa, yatayda aldığı yol ..... katına çıkar.
- 5) Yatayla  $53^\circ$  lik açı yapacak şekilde, 50 m/s ilk hızla eğik atılan merminin çıkış yüksekliği ..... metredir.

1.

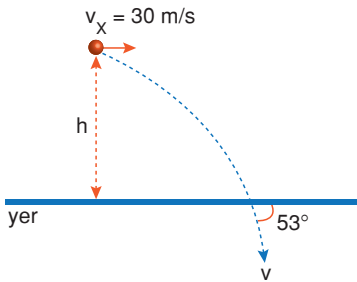


Yerden yükseklikleri eşit şekildeki cisimlerden X serbest bırakılırken Y düşey aşağı, Z ise yatay atılıyor.

**Cisimlerin yere ulaşma süreleri  $t_X$ ,  $t_Y$  ve  $t_Z$  arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?**

- A)  $t_Y < t_Z < t_X$                       B)  $t_Y < t_X < t_Z$   
 C)  $t_Y < t_X = t_Z$                       D)  $t_Y = t_Z < t_X$   
 E)  $t_X = t_Y < t_Z$

2.



Yerden h kadar yüksekteki bir noktadan,  $v_x = 30$  m/s ilk hızla yatay atılan bir taş, yerle  $53^\circ$  lik açı yapacak biçimde yere çarpıyor.

**Taşın atıldığı noktanın yüksekliği kaç metredir?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\tan 53^\circ = 4/3$ ; havanın etkisi önemsizdir.)

- A) 30      B) 40      C) 60      D) 80      E) 125

3. Yatay olarak v hızıyla uçan bir uçaktan bırakılan bir cisim, yere çarpana kadar X uzunlukta yatay yol alıyor.

**X uzunluğu;**

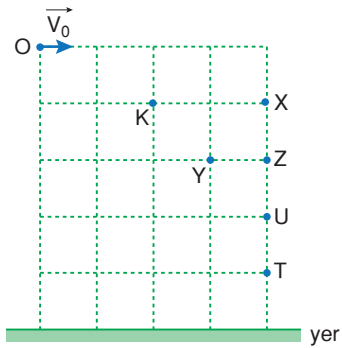
- I. Uçağın yerden yüksekliği  
 II. Cismin kütlesi  
 III. Uçağın hızı

**büyükliklerinden hangilerine bağlıdır?**

(Havanın etkisi önemsizdir.)

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

4.

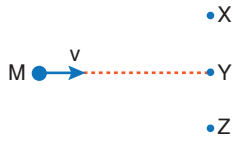


Hava direncinin önemsiz olduğu ortamda, O noktasından  $\vec{v}_0$  hızıyla yatay atılan bir mermi t süre sonra şekildeki K noktasına geliyor.

**Atıldıktan 2t süre sonra mermi hangi noktada olur?**

- A) X      B) Y      C) Z      D) U      E) T

5.



yer

Şekildeki M mermisi yatay olarak atıldığı anda X, Y ve Z noktalarındaki toplar serbest bırakılıyor.

**Havanın etkisi önemsiz olduğuna göre, mermi toplardan hangilerini vurabilir?**

- A) Yalnız X      B) Yalnız Y      C) Yalnız Z  
D) X ve Y      E) Y ve Z

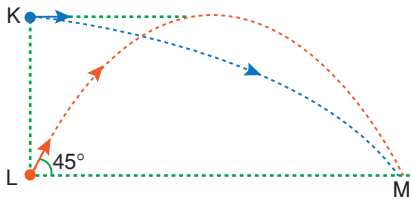
6. Yatayla  $37^\circ$  lik açı yapacak şekilde, yerden eğik atılan bir merminin en büyük yüksekliği 180 metre oluyor.

**Buna göre, merminin atış uzaklığı kaç metredir?**

(Hava direnci önemsiz,  $\tan 37^\circ = 3/4$ )

- A) 360      B) 480      C) 960  
D) 1600      E) 2400

7.



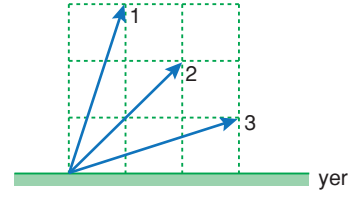
K mermisi yatay olarak  $\vec{v}_K$  hızıyla atılıyor. L mermisi ise yatayla  $45^\circ$  lik açı yapacak şekilde  $\vec{v}_L$  hızıyla eğik atılıyor. İki mermi de M noktasından geçiyor.

**Buna göre, mermilerin ilk süratlerinin  $\frac{v_K}{v_L}$  oranı kaçtır?**

(Havanın etkisi önemsizdir.)

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

8.



1,2 ve 3 numaralı mermiler yerden, şekildeki hızlarla eğik atılıyor.

**Mermilerin atış uzaklıkları  $X_1$ ,  $X_2$  ve  $X_3$  arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?**

- A)  $X_1 < X_2 < X_3$       B)  $X_1 = X_3 < X_2$   
C)  $X_3 < X_2 < X_1$       D)  $X_1 < X_3 < X_2$   
E)  $X_1 = X_2 = X_3$

9. Yerden atılan bir merminin ilk hızı 2 katına çıkarılırsa;

- I. Uçuş süresi 2 katına çıkar.  
II. Yerden en büyük yüksekliği 4 katına çıkar.  
III. Menzili 2 katına çıkar.

**yargılarından hangileri yanlıştır?**

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

10. Bir mermi 50 m/s ilk hızla, yerle  $53^\circ$  lik açı yapacak şekilde eğik atılıyor. Merminin yerden yüksekliği H olduğu anda, yatay ve düşey hız bileşenleri eşit oluyor.

**Bu anda mermi merminin yatay olarak aldığı yol en az kaç H kadardır?**

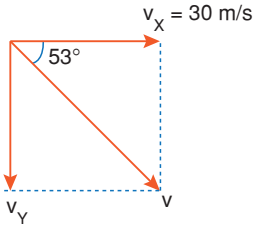
( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ;  $\sin 53^\circ = 0,8$ ;  $\cos 53^\circ = 0,6$ ; hava direnci önemsizdir.)

- A)  $\frac{3}{4}$       B)  $\frac{6}{7}$       C)  $\frac{4}{3}$       D)  $\frac{2}{3}$       E)  $\frac{1}{2}$

1. Düşey aşağı atılan Y cismi yere en kısa sürede ulaşır. Serbest bırakılan X ile yatay atılan Z'nin yere ulaşma süreleri eşit olur. Çünkü yatay hızı aşağı düşme süresini etkilemez:  $t_Y < t_X = t_Z$

YANIT C

2.



Yere  $53^\circ$  lik açı ile çarptığına göre bu andaki düşey hız bileşeni;

$$\tan 53^\circ = \frac{v_K}{v_L} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{v_Y}{30}$$

$v_Y = 40$  m/s olur.

Serbest düşen (veya yatay atılan) bir cismin düşey hızının 40 m/s olması için, 4 saniye geçmesi gerekir. 4 saniyedeki düşme miktarı:

$$h = \frac{1}{2} gt^2 \Rightarrow h = \frac{1}{2} 10 \cdot 16 = 80 \text{ m bulunur.}$$

YANIT D

3. Cismin yere ulaşma süresi:

$$h = \frac{1}{2} gt^2 \text{ formülüne göre, uçağın yüksekliğine}$$

bağlıdır. Cismin bu sürede yatayda alacağı yol ise:

$X = v \cdot t$  formülüne göre, uçağın hızı ve düşme süresine bağlıdır. Cismin kütlesi etkisizdir.

YANIT E

4. Mermi  $t$  sürede 2 bölme yatay yol aldığına göre,  $2t$  sürede 4 bölme yatay yol alır. Mermi yatay atıldığından, serbest düşüyor gibi  $t$  sürede  $h$  kadar aşağı inmiş ise  $h = \frac{1}{2} gt^2$  formülüne göre,  $2t$  sürede  $4h$  kadar aşağı iner. Böylece atıldıktan  $2t$  süre sonra T noktasında olacağı anlaşılır.

YANIT E

5. Yer cisimlere eşit davranır. Yani  $t$  sürede tüm cisimleri eşit miktarda aşağı düşürür. Mermi  $h$  kadar aşağı düşünce X, Y, Z cisimleri de  $h$  kadar aşağı düşer. Bu durumda mermi yalnız Y cismine, Y'nin ilk bırakıldığı noktadan biraz aşağıdaki bir yerde çarpar.

YANIT B

6. Atıldığı anda merminin düşey hız bileşeni:

$$v_Y = v_0 \cdot \sin 37^\circ = 0,6 v_0$$

Bu  $v_Y$  ilk hızı ile en çok 180 m yüksekliğine göre:

$$h_{\max} = \frac{v_Y^2}{2g} \Rightarrow 180 = \frac{v_Y^2}{20} \Rightarrow v_Y = 60 \text{ m/s olur.}$$

O halde,  $v_0 = 100 \text{ m/s}$  ve

$$v_X = v_0 \cdot \cos 37^\circ = 80 \text{ m/s dir.}$$

Merminin ilk düşey hızı 60 m/s olduğuna göre, 6 saniye yükselir, 6 saniye alçalır, uçuş süresi 12 saniye olur.

Atış uzaklığı,  $x_{\max} = v_X \cdot t_{\text{uçuş}} = 80 \cdot 12 = 960 \text{ m olur.}$

**YANIT C**

**Pratik Bilgi:**

Çıkış yüksekliği ile atış uzaklığı arasındaki ilişki:

$$h_{\max} = \frac{X_{\max}}{4} \cdot \tan \alpha$$

7. K mermisi  $t$  sürede M noktasına gelmişse, L mermisi  $2t$  sürede gelmiştir. K'nin  $t$  sürede aldığı yatay yol, L'nin  $2t$  sürede aldığı yatay yola eşittir.

L'nin yatay hız bileşeni:

$$v_L \cdot \cos 45^\circ = \frac{v_L}{\sqrt{2}} \cdot 2t \Rightarrow \frac{v_K}{v_L} = \sqrt{2} \text{ olur.}$$

**YANIT D**

8. Atış uzaklığı uçuş süresi ile yatay hız bileşeninin çarpımına eşittir. Uçuş süresi ise düşey hız bileşeni ile doğru orantılıdır. O halde menzil (atış uzaklığı) yatay ve düşey hız bileşenlerinin çarpımı ile doğru orantılıdır.

$x_1$  (1.3),  $x_2$  (2.2) ve  $x_3$  (3,1) ile orantılı olduğundan  $x_1 = x_3 < x_2$  olur.

**YANIT B**

$$9. t_{\text{uçuş}} = \frac{2 \cdot v_Y}{g} = \frac{2 \cdot v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$h_{\max} = \frac{v_Y^2}{2g} = \frac{2 \cdot v_0 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$x_{\max} = v_X \cdot t_{\text{uçuş}} = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha \cdot 2 \cdot v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \\ = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$$

olduğundan ilk hız ( $v_0$ ) 2 katına çıkartılırsa yalnız uçuş süresi 2 katına çıkar.

$h_{\max}$  ve  $x_{\max}$  4 katına çıkar. **III. yargı yanlıştır.**

**YANIT C**

10. İlk anda hız bileşenleri:

$$v_X = v_0 \cdot \cos \alpha = 50 \cdot 0,6 = 30 \text{ m/s}$$

$$v_Y = v_0 \cdot \sin \alpha = 50 \cdot 0,8 = 40 \text{ m/s dir.}$$

Düşey hız 1 saniye sonra 30 m/s olur. 1 saniyede yatay ve düşeyde alınan yollar.

$$X = 30 \cdot 1 = 30 \text{ m}$$

$$H = v_Y \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 = 40 \cdot 1 - \frac{1}{2} 10 \cdot 1 = 35 \text{ m}$$

$$\frac{X}{H} = \frac{30}{35} \Rightarrow X = \frac{6}{7} H \text{ olur.}$$

**YANIT B**

$$E=mc^2$$

# FİZİK

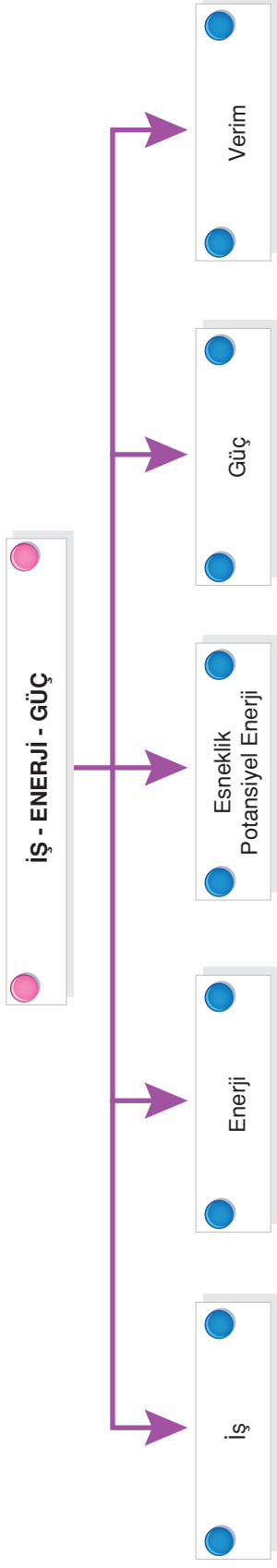
## ÜKS - AYT

### ***İŞ - ENERJİ - GÜÇ***

- *İş*
- *Enerji*
- *Esneklik Potansiyel Enerjisi*
- *Güç*
- *Verim*

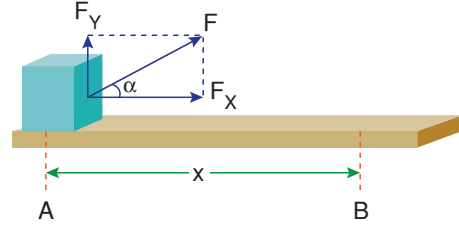
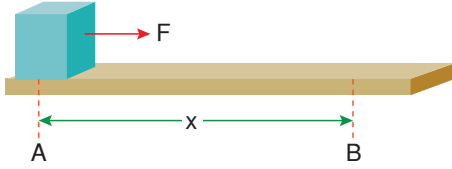


## AKILLI HARİTAM



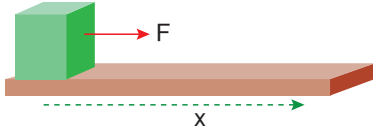
**İŞ**

Bir cisme etki eden kuvvet cisme kendi doğrultusunda yol aldırır, iş yapmış olur. Şekilde görüldüğü gibi,  $F$  kuvveti cismi A'dan B'ye kadar hareket ettirmişse yapılan iş,  $W=F \cdot x$  bağıntısı ile bulunur. Kuvvet birimi newton, yer değiştirme birimi metre olarak alınırsa, iş birimi joule olur.

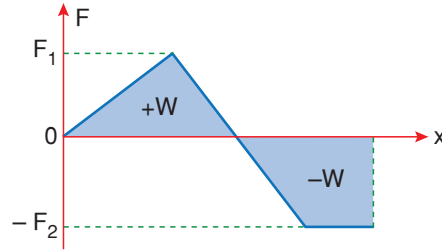


Şekilde görüldüğü gibi  $F$  kuvveti yola paralel değilse, işi hesaplamak için, kuvvetin yola paralel  $F_x$  bileşeni alınır.

$W = F_x \cdot x \cdot \cos \alpha$  bağıntısı ile iş bulunur. Yola dik kuvvet ( $F_y$ ) iş yapmaz.

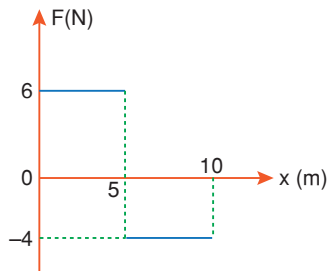


Şekil I



Şekil II

Şekil I'deki gibi yola paralel bir kuvvetin büyüklüğü ve yönü yol boyunca Şekil II deki gibi değişiyorsa işi hesaplamak için grafikteki alandan yararlanılır. Grafikteki  $+W$  işinden  $-W$  işi çıkarılarak, net iş bulunur. (+ iş cismi hızlandırır, - iş yavaşlatır.)

**Örnek**

Bir cisme etki eden yola paralel kuvvetin büyüklüğü ve yönü grafikteki gibi değişiyor.

**Buna göre, 10 metrelik yol boyunca yapılan net iş kaç joule dür?**

- A) 5      B) 10      C) 15      D) 20      E) 30

**Çözüm**

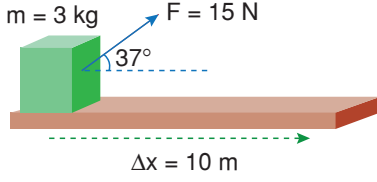
Pozitif iş  $W_1 = 6 \cdot 5 = 30$  joule

Negatif iş  $W_2 = -4 \cdot 5 = -20$  joule

Net iş  $W = 30 - 20 = 10$  joule

**YANIT B**

## Örnek



Şekildeki kuvvet etkisinde 3 kg'lık cisim 10 m yer değiştiriyor.

**Yapılan iş kaç jouledür?** ( $\cos 37^\circ = 0,8$ )

- A) 200    B) 160    C) 120    D) 100    E) 80

## Çözüm

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$$

$$W = 15 \cdot 10 \cdot 0,8 = 120 \text{ J}$$

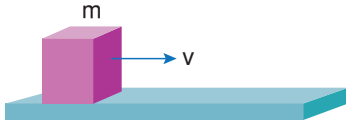
**YANIT C**

## ENERJİ

Bir cismin iş yapabilmesi için enerjisi olmalıdır. Bir cisimdeki iş yapabilme yeteneğine enerji denir. Enerji birimi de joule dır. Bitkilerin enerji kaynağı güneş ışığı, hayvanları besleyenler, makinelerinki ise yakıtlardır. Mekanik, elektrik, ısı, ışık, kimyasal, nükleer... gibi enerji çeşitleri vardır. Biz bu bölümde mekanik enerji üzerinde duracağız.

Mekanik enerji, bir cismin kinetik ve potansiyel enerjileri toplamıdır.

## KİNETİK ENERJİ



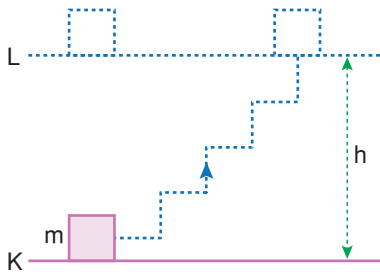
Hareket halindeki bir cisimdeki, hızından dolayı sahip olduğu enerjiye **kinetik enerji** ya da **hareket enerjisi** denir.

$$KE = E_K = \frac{1}{2} m v^2$$

joule    kg     $\left(\frac{m}{s}\right)^2$

## POTANSİYEL ENERJİ

Depo edilebilen, bir cismin konumundan dolayı sahip olduğu enerjiye **potansiyel enerji (durum enerjisi)** denir.



Şekildeki cisim K düzeyinden L düzeyine hangi yolu izleyerek çıkarsa çıksın, yer çekimi potansiyel enerjisi,

$$\Delta E_P = m \cdot g \cdot h \text{ kadar artar.}$$

Cismin K düzeyindeki ilk potansiyel enerjisini sıfır olarak kabul edersek, son potansiyel enerjisi

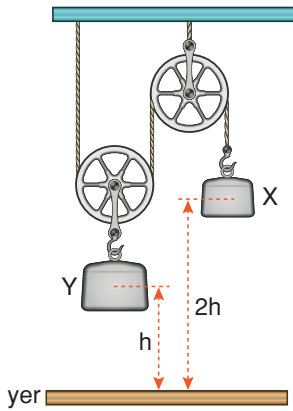
$$PE = E_P = m \cdot g \cdot h$$

joule    kg     $\frac{N}{kg}$     m

Bir cismin potansiyel enerjisi daima bir düzeye göre söylenir. Örneğin masa üzerindeki bir defterin masaya göre potansiyel enerjisi çok az, döşemeye göre daha fazla, masadan yukarıdaki bir yere göre negatiftir. Yüksek bir yerdeki cisimde potansiyel enerji vardır. Cisim bu konumda durduğu sürece potansiyel enerjisini korur. Bu cisimde hem kinetik hem de potansiyel enerji olabilir.

Yer çekimi potansiyel enerjisinden başka yaylardaki (ya da lastikteki) esneklik potansiyel enerji enerjisi, elektriksel potansiyel enerji, magnetik potansiyel enerji gibi potansiyel enerji çeşitleri vardır.

## Örnek



Şekildeki sürtünmesiz düzende makara kütlesi önemlidir.

Buna göre, dengede duran cisimlerin yere göre potansiyel enerjilerinin  $\frac{E_X}{E_Y}$  oranı kaçtır?

## Çözüm

Cisimlerin kütleleri arasındaki ilişki  $m_Y = 2 \cdot m_X$

Potansiyel enerjileri:

$$E_X = m_X \cdot g \cdot 2h$$

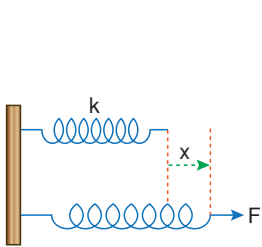
$$E_Y = m_Y \cdot g \cdot h = 2m_X \cdot g \cdot h = 2 \cdot m_X \cdot g \cdot h$$

$$\frac{E_X}{E_Y} = 1$$

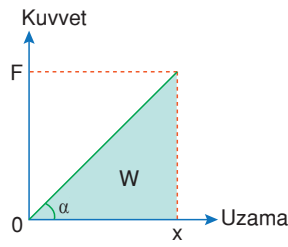
YANIT A

- A) 1      B)  $\frac{3}{2}$       C) 2      D) 4      E) 8

## YAY POTANSİYEL ENERJİSİ



Şekil I



Şekil II

Şekil I'deki gibi bir yay F büyüklükte kuvvetle çekilerek boyu x kadar uzatılmış olsun. Yayın boyundaki uzama ile kuvvet doğru orantılıdır. Uzama ile kuvvet arasındaki bağıntı  $F = k \cdot x$  tir. Bu ilişki Şekil II'deki grafikte gösterilmiştir. Grafiğin eğimi yay sabitine eşittir. ( $\tan \alpha = k$ )

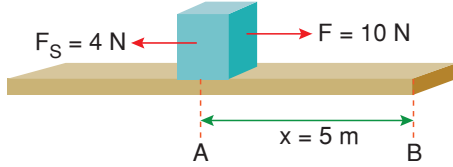
Grafikteki üçgenin alanı yayı uzatırken yapılan iş olup yayda depo edilen esneklik potansiyel enerjisine eşittir.

$$W = E_p = \frac{F \cdot x}{2} \Rightarrow E_p = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

joule
 $\frac{N}{m}$ 
 $(m)^2$

**Sürtünmeye Karşı Yapılan İş**

Bir cisim bir yüzey üzerinde kayarken, cisme kayma yönünün tersi yönde sürtünme kuvveti etki eder. Sürtünme kuvvetinin  $F_S = k \cdot N$  bağıntısı ile bulunacağını daha önce anlatmıştık. Burada  $k$ , sürtünme katsayısı,  $N$  cisme etki eden yüzeyin tepkisidir (basınç oluşturan kuvvettir.)



Şekildeki gibi bir cismi  $F = 10$  N büyüklükte kuvvet çekerken cisme ters yönde  $F_S = 4$  N büyüklükte bir sürtünme kuvveti etki ettiği varsayalım.

Cisim 5 m yer değişirse, sürtünme kuvvetinin yaptığı iş,

$$W_{\text{sür}} = F_S \cdot x \text{ bağıntısı ile}$$

$$W_{\text{sür}} = 4 \cdot 5 = 20 \text{ joule olarak bulunur.}$$

Bu sırada bizim yaptığımız iş ( $W = F \cdot x$ ) 50 joule dür. Bu işin 20 joulelik bölümü sürtünme dolayısı ile ısıya dönüşür, kalan 30 joulelik bölümüne net iş denir. Net iş cismin kinetik enerjisindeki artma miktarıdır.

Sürtünmeye karşı yapılan iş, ısıya dönüşen enerji, sürtünme kuvvetinin yaptığı iş, olarak da söylenebilir.

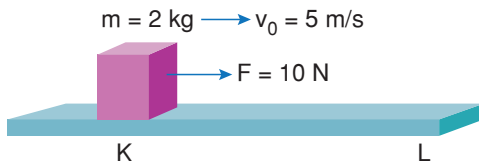
**ENERJİ - İŞ İLİŞKİSİ**

Bir cisme uygulanan kuvvet, cismi hareket ettirirken iş yapar. İş yapılırken enerji harcanır. İş yapılırken harcanan enerji, üç yere gidebilir. Bunlar sürtünmeye harcanan enerji, kinetik enerji artışı, potansiyel enerji artışıdır. Bunu bir bağıntı olarak şöyle yazabiliriz.

$$F \cdot x = F_S \cdot x + \Delta E_p + \Delta E_k$$

**UYARILAR**

1. Bir cismin yukarı doğru yükseliyorsa, (yer çekimi potansiyel enerjisi artıyorsa) yerçekimine karşı iş yapıyor denir.
2. Küçük boyutlu bir cismin potansiyel enerjisi bulunurken kütle merkezinin yerden yüksekliği göz önüne alınır.
3. Yatay yolda sabit hızla bir yük taşıyan bir insan, bir iş yapmış olmaz. Ancak yükü yerde sürüklüyorsa, sürtünmeye karşı iş yapar.

**Örnek**

Şekildeki gibi sürtünmesiz yatay düzlemde 5 m/s hızla ilerleyen 2 kg kütleli cisme K noktasından L'ye kadar 10 N'luk yatay bir kuvvet uygulanıyor.

**Cisim L'den 10 m/s hızla geçtiğine göre, KL uzunluğu kaç metredir?**

- A) 2,5    B) 4    C) 5    D) 7,5    E) 10

**Çözüm**

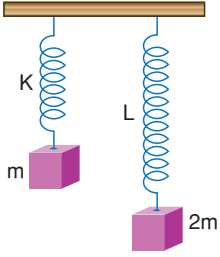
K deki kinetik enerji ile KL arasında kuvvetin yaptığı işin toplamı, L deki kinetik enerjiye eşittir.

$$\frac{1}{2} m \cdot v_0^2 + Fx = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 25 + 10 \cdot x = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 100$$

$$x = 7,5 \text{ m}$$

**YANIT D**

## Örnek



Özdeş, K, L yayları ucuna asılı m, 2m kütleli cisimler dengede duruyor.

Buna göre, yaylardaki esneklik potansiyel enerjilerinin  $\frac{E_K}{E_L}$  oranı kaçtır?

- A)  $\frac{1}{2}$     B)  $\frac{1}{4}$     C)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$     D)  $\frac{1}{8}$     E) 2

## Çözüm

Cisimlerin ağırlığı yayları uzatmıştır. Her yayın uzama miktarını bulalım.

$$\left. \begin{array}{l} K \text{ için: } m \cdot g = k \cdot x_1 \\ L \text{ için: } 2m \cdot g = k \cdot x_2 \end{array} \right\} x_2 = 2 \cdot x_1$$

Yayların enerjileri;

$$E_K = \frac{1}{2} k \cdot x_1^2 \quad \text{ve} \quad E_L = \frac{1}{2} k \cdot x_2^2 = \frac{1}{2} k \cdot 4 x_1^2$$

$$\frac{E_K}{E_L} = \frac{1}{4}$$

**YANIT B**

## MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU

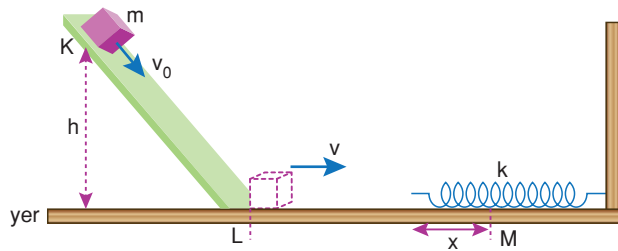
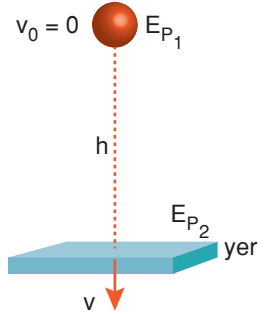
Sürtünmesiz bir ortamda, bir cisme dışarıdan kuvvet etki etmiyorsa, cisim ağırlık; yay kuvveti gibi korunumlu (geri çağırıcı) kuvvetler etkisinde ise mekanik enerjisi korunacaktır. Cismin potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisinin toplamı her durumda sabittir.

$$E_{K_1} + E_{P_1} = E_{K_2} + E_{P_2}$$

Bir cismin yüksek bir yerden serbest bırakılmış olsun. Bu noktada cismin kinetik enerjisi sıfır, potansiyel enerjisi ise  $m \cdot g \cdot h$  tir. cisim aşağı doğru inerken potansiyel enerjisi azalır, kinetik enerjisi artar.

Yere çarparken potansiyel enerjisi sıfır, kinetik enerjisi ilk potansiyel enerjisine eşit olmuştur.

$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2$  eşitliğini yazarak cismin ilk yüksekliğini biliyorsak, yere çarpma hızını buluruz.



Şekildeki gibi bir eğik düzlemdeki m kütleli cisim h yükseklik  $v_0$  ilk hızı ile aşağı doğru harekete geçmiş olsun.

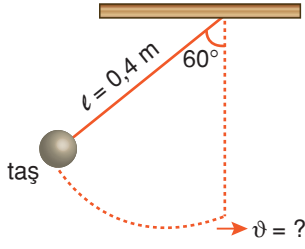
Cismin K noktasındaki kinetik ve potansiyel enerjileri toplamı L'ye vardığında kinetik enerjisine eşit olur.

$$m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Cisim esneklik katsayısı (yay sabiti) k olan yayı x kadar sıkıştırıp M noktasından geri dönmüş olsun. M'ye vardığında cismin kinetik enerjisi yayın esneklik potansiyel enerjisine dönmüş olur.

$$m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

Örnek



0,4 m boyundaki bir ipin ucuna bağlı taş, şekildeki konumdan serbest bırakılıyor.

**Taşın en büyük hızı kaç m/s olur?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$  ;  $\cos 60^\circ = 0,5$ )

- A)  $\frac{1}{2}$     B) 1    C) 2    D) 3    E) 8

Çözüm

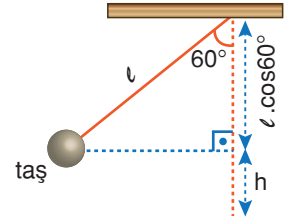
Taşın yüksekliği en fazla  $h$  kadar azalır.

$$h = l - l \cdot \cos 60^\circ = 0,2 \text{ m}$$

Bu sırada taşın hızı en büyük olur:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow 10 \cdot 0,2 = \frac{1}{2} v^2$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

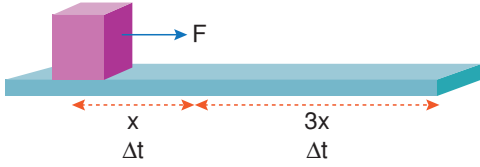


YANIT C

güç

Birim zamanda yapılan iş ya da harcanan enerjiye **güç** denir. Birimi watt (W) tır.

Günlük hayatta kilowatt (1000W), buhar beygiri (beygir gücü) gibi birimleri de kullanılır.



Bir cisim bir kuvvetin etkisinde hızlanıyorsa, hızı gittikçe arttığından her 1 saniyede gittikçe daha çok yol alır. Birim zamanda yapılan iş artar. Dolayısıyla güç büyür.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

→ joule  
→ saniye  
watt

VERİM

İş yapılırken tüketilen enerjinin bir bölümü sürtünme dolayısı ile ısıya dönüşür. Bu nedenle kuvvetin yaptığı işin karşılığı kadar cisim enerji kazanamaz. Cismin kazandığı enerji, (ya da alınan iş) ile, sisteme verilen enerji (ya da iş) arasındaki orana **verim** denir.

$$\text{Verim} = \frac{\text{Alınan enerji (iş, güç)}}{\text{Verilen enerji (iş, güç)}}$$

Örnek

Bir makine 100 joulelık enerji harcayarak 2 kg kütleli cismi sabit hızla 4 metre yükseğe çıkarıyor.

**Makinenin verimi % kaçtır?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 10    B) 20    C) 40    D) 50    E) 80

Çözüm

Makinenin yaptığı iş, cismin kazandığı potansiyel enerjiye eşittir:

$$W = m \cdot g \cdot h = 2 \cdot 10 \cdot 4 = 80 \text{ joule}$$

Makineye verilen enerji = 100 joule

$$\text{Verim} = \frac{80}{100} \Rightarrow \%80$$

YANIT E

## Etkinlik 5

Aşağıdaki yargılardan doğru olanın yanına D, yanlış olanın yanına Y yazınız.

- 1) İş temel fiziksel bir büyüklüktür.
- 2) Enerji birimi watt tır.
- 3) Yerden düşey yukarı atılan bir taşın kinetik enerjisi azalırken potansiyel enerjisi artar.
- 4) x kadar uzatılan yaydaki esneklik potansiyel enerjisi E ise, 3x kadar uzatıldığında esneklik potansiyel enerjisi 9E olur.
- 5) joule / saniye güç birimi olup watt ile aynıdır.

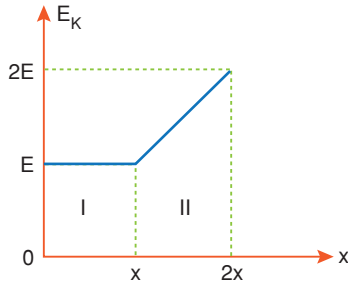
## Etkinlik 6

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun kelimeler ekleyerek doğru yargılar elde ediniz.

- 1) Bir makineden alınan enerjinin makineye verilen enerjiye oranına ..... denir.
- 2) Kuvvet ile yer değiştirme çarpılırsa yapılan ..... verir.
- 3) Bir cisimin ..... ile ..... karesi çarpılıp ikiye bölünürse, kinetik enerjisi bulunur.
- 4) Bir cismin kinetik ve potansiyel enerjileri toplamına ..... enerji adı verilir.
- 5) İş veya enerjinin SI'deki birimi ..... dır.



1.

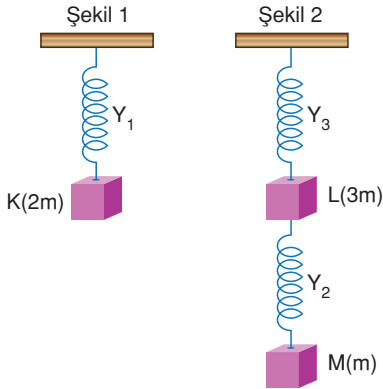


Bir cismin kinetik enerjisi konumuna bağlı olarak grafikteki gibi değişiyor.

**Buna göre, I. ve II. aralıklarda cisme etki eden net kuvvetler için ne söylenebilir?**

	I. de	II. de
A)	Sabit	Artan
B)	Sabit	Sabit
C)	Azalan	Sabit
D)	Artan	Artan
E)	Sıfır	Sabit

2.



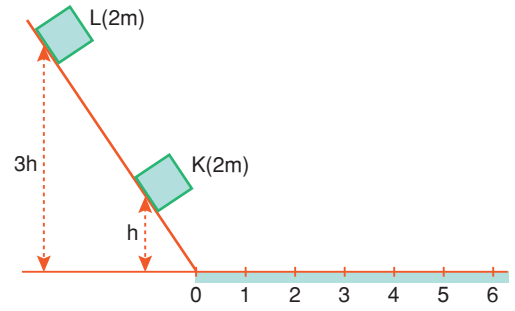
Şekil 1'deki 2m kütleli K cismi, kütlesi önemsiz esnek  $Y_1$  yayının ucunda dengede dururken, bu yayın potansiyel enerjisi E oluyor.

**Dengede duran L ve M cisimlerinin kütleleri sırasıyla 3m ve m olduğuna göre, Şekil 2'deki  $Y_3$  yayının potansiyel enerjisi kaç E dir?**

(Yaylar özdeştir.)

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

3.

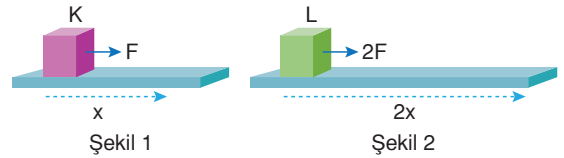


Düşey kesiti şekildeki gibi olan rayın eğik bölümü sürtünmesiz, yatay bölümünde sürtünme katsayısı sabittir. h yükseklikteki bir noktadan serbest bırakılan 2m kütleli K cismi 1 notasından duruyor.

**Buna göre, m kütleli L cismi 3h yükseklikten serbest bırakılırsa, nerede dururdu?**

- A) 1 ile 2 arasında      B) 3 te  
C) 4 te      D) 5 te  
E) 6 da

4.

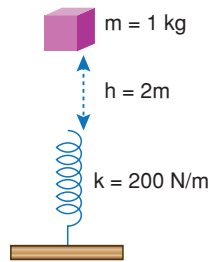


Sürtünmesiz yatay düzlemde duran K, L cisimleri sırasıyla F, 2F büyüklükte yatay kuvvetlerin etkisinde x, 2x kadar yol alınca v hızını kazanıyor.

**Buna göre, cisimlerin kütlelerinin  $\frac{m_K}{m_L}$  oranı kaçtır?**

- A)  $\frac{1}{2}$       B)  $\frac{1}{4}$       C)  $\frac{1}{8}$       D)  $\frac{1}{12}$       E)  $\frac{1}{16}$

5.



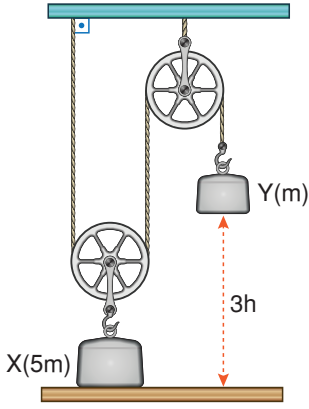
1 kg kütleli bir cisim şekildeki konumdan serbest bırakılıyor.

**Cisim yayı en çok kaç metre sıkıdırdıktan sonra geri döner?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

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

6.

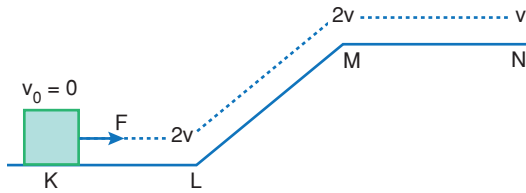


Şekildeki düzenekte sürtünmeler ve makara kütlesi önemsiz olup X, Y cisimlerinin kütleleri sırasıyla 5m ve m dir.

**Bu cisimleri aynı düzeye getirmek için Y cismini aşağı çekilirken, yapılacak en küçük iş kaç mgh olur?**

- A)  $\frac{1}{2}$     B) 1    C) 2    D) 3    E) 6

7.



Düşey kesiti şekildeki gibi olan rayın K noktasında durmakta olan cisme, sürekli yola paralel kalan, sabit büyüklükteki F kuvveti uygulanıyor. Cisim, L, M, N noktalarından sırasıyla  $2v$ ,  $2v$ ,  $v$  büyüklükte hızlarla geçiyor.

**Buna göre, rayın hangi bölümleri kesinlikle sürtünmelidir?**

- A) Yalnız KL    B) Yalnız LM    C) Yalnız MN  
D) KL ve MN    E) LM ve MN

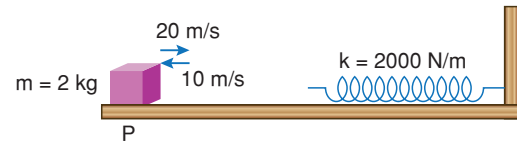
8. Bir 500 watt güç harcayarak 20 kg kütleli bir cisimi sabit hızla 1 dakikada 30 metre yükseltiyor.

**Buna göre, makinenin verimi % kaçtır?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 80    B) 60    C) 40    D) 20    E) 10

9.

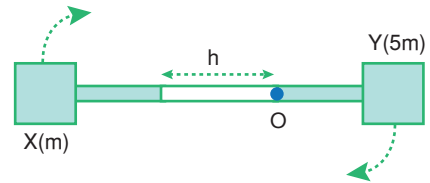


Düzgün sürtülmeli yatay düzlemde, P noktasına 20 m/s hızla gelen 2 kg kütleli bir cisim yaya çarptıktan sonra P noktasına 10 m/s hızla dönüyor.

**Yay sabiti  $k = 2000 \text{ N/m}$  olduğuna göre, yay kaç metre sıkışmıştır?**

- A) 0,1    B) 0,2    C) 0,3    D) 0,4    E) 0,5

10.



O noktasından geçen sürtünmesiz eksen çevresinde dönebilen eşit bölmeli yatay çubuğun kütlesi önemsizdir.

**Cisimler şekildeki konumdan serbest bırakınca, ok yönünde  $90^\circ$  döndüğünde m kütleli cisminin kinetik enerjisi kaç mgh olur?**

(g: yerçekimi ivmesi)

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

1. Net kuvvetin yaptığı iş, cismin kinetik enerjisindeki değişime eşittir.

$$W = \Delta E_K = F \cdot \Delta x \rightarrow F = \frac{\Delta E_K}{\Delta x}$$

Bu nedenle grafiğin eğimi net kuvveti verir. I. bölgede eğim (kuvvet) sıfır, II. bölgede sabittir.

YANIT E

2.  $Y_1$  yayını  $2mg$ ,  $Y_3$  yayını  $4mg$  kuvveti uzattığına göre,  $Y_1$  yayı,  $x$  kadar uzamışsa,  $Y_3$  yayı  $2x$  kadar uzar. Bir yayın potansiyel enerjisi:

$$E_P = \frac{1}{2} k \cdot x^2 \text{ bağıntısı ile bulunur.}$$

Buna göre,  $Y_3$  yayının potansiyel enerjisi  $4E$  olur.

YANIT C

3. Eğik düzlemden bırakılan cismin potansiyel enerjisi önce kinetik enerjiye dönüşür. Bu kinetik enerji de yatay düzlemde sürtünme dolayısıyla ısıya dönüşür.

$$\text{Yatayda alınan yol : } m \cdot g \cdot h = k \cdot m \cdot g \cdot x \Rightarrow x = \frac{h}{k}$$

O halde cismin sürtünmeli yatay bölümünde duruncaya kadar alacağı yol, ilk yüksekliği ile doğru orantılıdır.  $m$  kütlesi (ve  $g$ ) etkisizdir.  $K$  cisimi 1'de duruyorsa,  $L$  cisimi 3 te durur.

YANIT B

4. Kuvvetin yaptığı iş, cisimlerin kazandığı kinetik enerjiye dönüşür.

$$K \text{ için: } \frac{1}{2} m_K \cdot v^2 = F \cdot x$$

$$L \text{ için: } \frac{1}{2} m_L \cdot v^2 = 2F \cdot 2x$$

$$\frac{m_K}{m_L} = \frac{1}{4}$$

YANIT B

5. Cismin yayı  $x$  kadar sıkıştırıp dönsün. Cismin düşme miktarı  $(h + x)$  dir. Cismin potansiyel enerjisindeki azalma, yayın kazandığı esneklik potansiyel enerjisine eşit olur.

$$\frac{1}{2} k \cdot x^2 = m \cdot g \cdot (h+x) \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot x^2 = 1 \cdot 10 \cdot (2+x)$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

YANIT D

6.  $X$  cisimi  $h$  kadar yükselirken  $Y$  cisimi  $2h$  kadar aşağı iner ve cisimler yanyana gelir.

$$X\text{'in kazanacağı potansiyel enerji: } \Delta E_{px} = 5mgh$$

$$Y\text{'in kaybedeceği potansiyel enerji: } \Delta E_{py} = 2mgh$$

$$\text{Yapılan iş: } W = \Delta E_{px} - \Delta E_{py} = 3 \text{ mgh}$$

YANIT D

7. Cisim  $K$  den  $L$ 'ye gelirken hızlandığına göre bu bölümde sürtünme olup olmadığını bilemeyiz.  $LM$  aralığında cismin hızı artmıyor, potansiyel enerjisi artıyor. O halde bu bölümde de sürtünme olup olmadığı için bir şey söylenemez.  $MN$  aralığında cisim yavaşladığına göre bu bölümde sürtünme vardır.

YANIT C

8. Makinenin yaptığı iş:

$$W = m \cdot g \cdot h = 20 \cdot 10 \cdot 30 = 6000 \text{ joule}$$

Makineden alınan güç:

$$P_A = \frac{W}{t} = \frac{6000}{60} = 100 \text{ watt}$$

Makineye verilen güç:  $P_V = 500 \text{ watt}$

$$\text{Verim} = \frac{P_A}{P_V} = \frac{100}{500} = 0,2 \Rightarrow \% 20$$

YANIT D

9. Cismin  $P$ 'deki ilk ve son kinetik enerjileri:

$$E_{K1} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 400 = 400J; \quad E_{K2} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 100 = 100J$$

Sürtünmeye harcanan enerji  $300$  joule olduğuna göre, cisim yalnız yaya yaklaşırken  $150J$  kaybetmiştir. Yayın kazandığı potansiyel enerji

$$E_P = 400 - 150 = 250J$$

$$\frac{1}{2} k \cdot x^2 = 250 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot x^2 = 250$$

$$x = 0,5 \text{ metre}$$

YANIT E

10. Çubuk  $90^\circ$  döndüğünde,  $5 \text{ mg}$  ağırlıktaki  $Y$  cisimi  $h$  kadar aşağı indiğinden potansiyel enerjisi  $5 \cdot mgh$  kadar azalır.  $mg$  ağırlıktaki  $X$  cisimi ise  $2h$  yükselceğinden potansiyel enerjisi  $2mgh$  kadar artar. İki cismin potansiyel enerjilerindeki değişme:

$$\Delta E_P = 5 \text{ mgh} - 2 \text{ mgh} = 3 \text{ mgh dir.}$$

Bu potansiyel enerjideki azalma, cisimlerin kinetik enerjilerine dönüşür.  $X$  cisimi  $2h$ ,  $Y$  cisimi  $h$  kadar düşey yer değiştirdiği için hızları  $v_X = 2v_Y$  olur.

$v_Y = v$  olsun

$$\frac{1}{2} m v_X^2 + \frac{1}{2} 2m v_Y^2 = 3 \text{ mgh}$$

$$\frac{1}{2} 4v^2 + \frac{1}{2} 2m v^2 = 3 \text{ mgh}$$

Görüldüğü gibi  $E_X = 2E_Y$  olur.

O halde,  $E_{KX} = 2 \text{ mgh}$ ,  $E_{KY} = \text{mgh}$  olur.

YANIT C

$$E=mc^2$$

# FİZİK

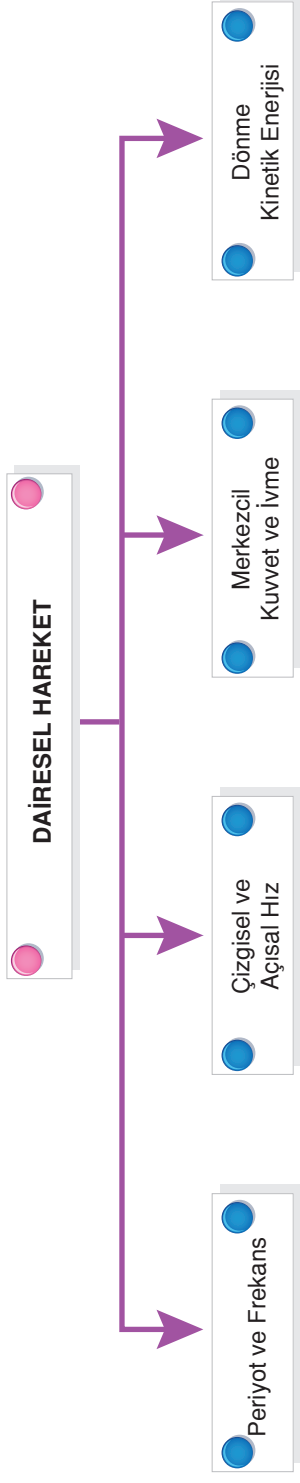
## YKS - AYT



### **DAİRESEL HAREKET**

- **Periyot ve Frekans**
- **Çizgisel ve Açısal Hız**
- **Merkezcil Kuvvet ve İvme**
- **Dönme Kinetik Enerjisi**

## AKILLI HARİTAM



**DAİRESEL HAREKET**

Hareket halindeki bir cisme hareketi süresince hız vektörüne dik olarak bir kuvvet etkirse cismin yörüngesi çember şeklinde olur. Cismin çember şeklindeki yörüngede yaptığı harekete dairesel hareket denir. Çember şeklindeki rayda ilerlemekte olan cismin hareketi, viraj alan arabanın hareketi, dişli çarkların hareketi dairesel harekete örnek olarak verilebilir.

**Düzgün Dairesel Hareket:**

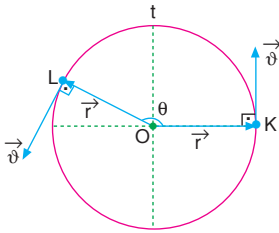
Cisim eşit zaman aralıklarında eşit büyüklükte yol alıyorsa, yaptığı harekete düzgün **daireysel hareket** denir.

**Periyot ve Frekans:**

Dairesel hareket yapan cismin yörüngesini bir kez dönmesi için geçen süreye periyot denir. T ile gösterilir. Birimi saniyedir. Dairesel hareket yapan cismin 1 saniyedeki tur sayısına **frekans** denir. f ile gösterilir. Birimi 1/s ya da hertz (Hz)'dir. Dairesel hareket yapan cismin periyodu ile frekansı arasındaki ilişki  $f.T = 1$ 'dir.

**Konum Vektörü:**

Dairesel hareket yapan cisim yörünge merkezine birleştiren yarıçap vektörüne **konum vektörü** ( $\vec{r}$ ) denir. Konum vektörünün yönü yörünge merkezinden cisme doğrudur.

**Açısal Hız ve Çizgisel Hız:**

Dairesel hareket yapan cismin konum vektörünün birim zamanda taradığı açıya **açısal hız** denir.  $\omega$  ile gösterilir. Birimi radyan/saniye dir. Şekildeki r yarıçaplı dairesel yörüngede dolanmakta olan cismin, K noktasından L noktasına gelme süresi t, yarıçap vektörünün bu sürede taradığı açı  $\theta$  ise açısal hızı  $\omega = \frac{\theta}{t}$

Cismin, konum vektörü bir periyotta  $2\pi$  radyanlık açı taradığına göre açısal hız için

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \text{① yazılır.}$$

Düzgün dairesel hareket yapan cismin birim zamanda aldığı yola **çizgisel hız** denir.  $v$  ile gösterilir. Birimi m/s olup çizgisel hız vektörü her zaman cismin yörüngesine teğet yani konum vektörüne diktir. Cisim şekildeki K noktasından

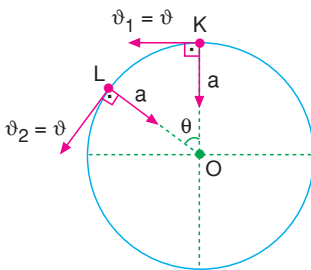
L noktasına gelirken t sürede  $\widehat{KL}$  yayı kadar yol almış olup çizgisel hızı  $v = \frac{\widehat{KL}}{t}$  olur.

Cisim bir periyotta  $2\pi r$  kadar yol aldığına göre çizgisel hızı için  $v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f \quad \text{② yazılır.}$

① ve ② bağıntılarından çizgisel hız ile açısal hız arasındaki ilişki  $v = \omega.r$  bulunur.

**NOT**

Açısal hız ( $\omega$ ) vektörel büyüklüktür.

**Merkezcil İvme:**

Düzgün dairesel hareket yapan cismin hızının büyüklüğü değişmezken şekle dikkat edilirse hareket yönü değiştiğinden hız vektörü değişir. Bu nedenle cismin ivmesi vardır. Cisme etkileyen kuvvet daima yörünge merkezine doğru olduğundan cismin ivme vektörü de yörünge merkezine doğru olup cismin ivmesine **merkezcil ivme** denir. Birimi  $m/s^2$  dir.

Şekildeki yörüngeyi izleyen cismin K noktasından L noktasına gelme süresine t, bu süredeki hız değişimine  $\Delta v$  denirse cismin ortalama ivmesi  $a_{ort}$ ;

$$\vec{a}_{ort} = \frac{\Delta \vec{v}}{t} \quad \text{den} \quad \vec{a}_{ort} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t} \quad \text{bulunur.}$$

Cismin merkezcil ivmesinin büyüklüğü a ise  $a = v.\omega$  olup  $v = \omega.r$  bağıntısından  $a = \omega^2.r$  ya da  $a = \frac{v^2}{r}$  bulunur.

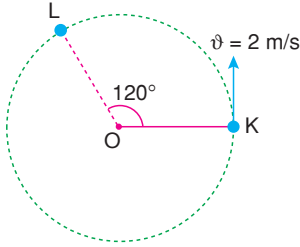
Örnek

Bir cisim,  $r$  yarıçaplı yörüngede  $\omega$  açısal hızıyla düzgün olarak döndürülürken periyodu  $T$ , çizgisel hızının büyüklüğü  $\vartheta$ , merkezci ivmesinin büyüklüğü  $a$  oluyor.

**Bu cismin açısal hızının büyüklüğü artırılırsa,  $T$ ,  $\vartheta$ ,  $a$  niceliklerinden hangileri artar?**

- A) Yalnız  $T$       B) Yalnız  $\vartheta$       C) Yalnız  $a$   
D)  $\vartheta$  ve  $a$       E)  $T$ ,  $\vartheta$  ve  $a$

Örnek

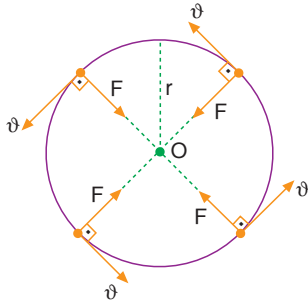


Bir ipin ucuna bağlanan cisim, sürtünmesiz yatay düzlemde  $2\text{ m/s}$  büyüklüğündeki çizgisel hızla şekildeki gibi döndürülüyor.

**Cismin dönme periyodu  $6\text{ s}$  olduğuna göre K'den L ye gelene kadar ortalama ivmesinin büyüklüğü kaç  $\text{m/s}^2$  dir?**

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

MERKEZCİL KUVVET



Bir cismin düzgün dairesel hareket yapabilmesi için cisme hareketi süresince şekildeki gibi hız vektörüne dik ve yörünge merkezine doğru bir kuvvet etkimesi gerekir. Bu kuvvete **merkezci kuvvet** denir.  $F$  ile gösterilir. Birimi **newton** dur.  $O$  merkezli,  $r$  yarıçaplı yörüngede  $\vartheta$  çizgisel hızı ile dolanmakta olan  $m$  kütleli cisim için dinamiğin temel prensibi yazılırsa merkezci kuvvetinin büyüklüğü  $F$ ;

$$F = m \cdot a \text{ dan}$$

$$F = m \frac{\vartheta^2}{r} = m \omega^2 r \text{ bulunur.}$$

Dairesel hareket yapan cisim, merkezci ivmeye zıt yönde  $m \cdot a$  büyüklüğünde bir tepki gösterir. Eylemsizlik kuvveti olan bu tepkiye **merkezkaç kuvveti** denir.

Çözüm

Düzgün dairesel hareket yapan bir cismin açısal hızı;

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ①}$$

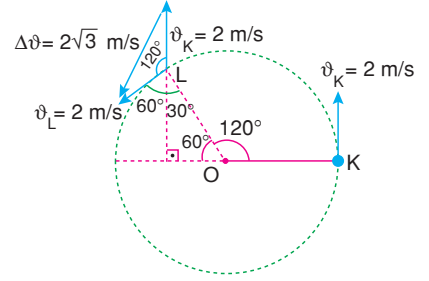
çizgisel hızının büyüklüğü;  $\vartheta = \omega r$  ②

merkezci ivmesinin büyüklüğü;  $a = \omega^2 r$  ③ dir.

Cismin  $\omega$  açısal hızı artırılırsa ① bağıntısına göre  $T$  azalır; ② bağıntısına göre  $\vartheta$  artar; ③ bağıntısına göre  $a$  artar.

**YANIT D**

Çözüm



Cismin K den L ye gelene kadar ortalama ivmesi,

$$\vec{a}_{\text{ort}} = \frac{\Delta \vec{\vartheta}}{\Delta t} = \frac{\vec{\vartheta}_L - \vec{\vartheta}_K}{\Delta t} \text{ dir.}$$

$\Delta \vec{\vartheta}$  cismin L noktasındaki hızı ile K noktasındaki hızının farkı olup büyüklüğü şekilde gösterildiği gibi  $2\sqrt{3} \text{ m/s}$  dir. Cismin periyodu yani bir tam dönme süresi  $6\text{ s}$  olduğuna göre K'den L'ye gelme süresi  $2\text{ s}$  dir.

Buna göre cismin K'den L'ye gelene kadar ortalama ivmesinin büyüklüğü;

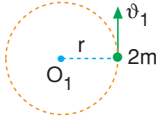
$$\vec{a}_{\text{ort}} = \frac{\Delta \vec{\vartheta}}{\Delta t} = \frac{2\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \text{ m/s}^2 \text{ bulunur.}$$

**YANIT C**

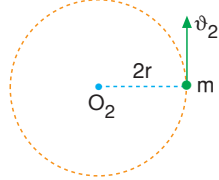
## UYARI

Merkezcil kuvvet yeni bir kuvvet türü olmayıp, cismin dönmesini sağlayan herhangi bir kuvvettir.

## Örnek



Şekil 1



Şekil 2

2m ve m kütleli cisimler Şekil 1 ve Şekil 2'deki gibi r ve 2r yarıçaplı yörüngelerde T ve 2T periyotlu düzgün dairesel hareket yapıyor.

**Cisimlere etkiyen merkezcil kuvvetlerin büyüklükleri sırasıyla  $F_1$  ve  $F_2$  olduğuna göre  $\frac{F_1}{F_2}$  oranı nedir?**

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

## Çözüm

r yarıçaplı yörüngede,  $\vartheta$  çizgisel hızıyla hareket eden m kütleli cisme etkiyen merkezcil kuvvet

$$F = m \frac{\vartheta^2}{r} \text{ ① dir.}$$

Cismin periyodu T ise,  $\vartheta = \frac{2\pi r}{T}$  ② yazılır.

② bağıntısındaki çizgisel hızın değeri, ① bağıntısında

yerine yazılırsa  $F = \frac{m4\pi^2 r}{T^2}$  ③ bulunur.

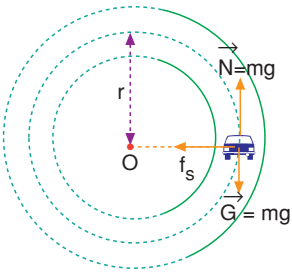
③ bağıntısı her iki cisim için yazılıp oranlanırsa;

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{2m4\pi^2 r}{T^2} \cdot \frac{(2T)^2}{m4\pi^2 2r}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = 4 \text{ bulunur.}$$

YANIT E

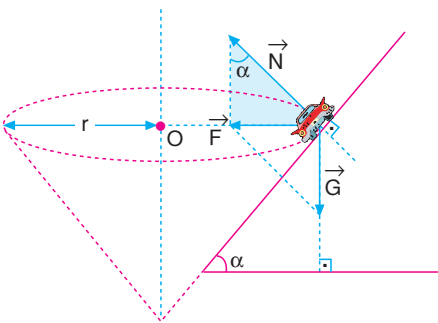
## YATAY VİRAJ



Şekildeki O merkezli r yarıçaplı yatay virajı  $\vartheta$  büyüklüğündeki hızla dönen m kütleli arabaya etki eden kuvvetler  $\vec{G}$  yerçekimi kuvveti,  $\vec{N}$  yol tepkisi ve  $\vec{f}_s$  sürtünme kuvvetidir. Araba dairesel yörüngede hareket ettiğinden merkezcil kuvvet sürtünme kuvvetidir. Arabanın virajı güvenle alabilmesi için merkezcil kuvvet F ile sürtünme kuvveti  $f_s$  arasındaki ilişki  $F \leq f_s$  olmalıdır. O halde lastikleri ile yol arasındaki sürtünme katsayısı k olan arabanın bu virajı güvenle alabileceği hız

$$m \frac{\vartheta^2}{r} \leq kmg \text{ den } \vartheta \leq \sqrt{kr} \text{ olup arabanın kütlesine bağlı değildir.}$$

## EĞİMLİ VİRAJ



Şekilde verilen eğim açısı  $\alpha$  olan O merkezli, r yarıçaplı eğimli virajı dönen m kütleli arabaya etki eden kuvvetler  $\vec{G}$  yerçekimi kuvveti ve  $\vec{N}$  yol tepkisidir. Araba dairesel yörüngede hareket ettiğinden yerçekimi kuvveti ve yol tepkisinin bileşkesi şekildeki gibi olup,  $\vec{F}$  ye yani merkezcil kuvvete eşittir.

$$\vec{F} = \vec{N} + \vec{G}$$

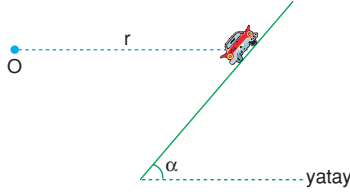
Şekildeki taralı üçgende  $\alpha$  açısının tanjantı yazılırsa

$$\text{tg} \alpha = \frac{F}{G} = \frac{r}{mg} = \frac{\vartheta^2}{g \cdot r} \text{ den}$$

arabaların bu virajı güvenle alabilecekleri hız  $\vartheta = \sqrt{g \cdot r \cdot \text{tg} \alpha}$  olup arabaların kütlesine bağlı değildir.



Örnek



Ağırlığı  $\vec{G}$  olan araba, eğim açısı  $\alpha$ , yarıçapı  $r$  olan virajı  $g$  hızıyla güvenle alıyor. Arabaya etkiyen merkezciil kuvvet  $\vec{F}$ , yolun arabaya gösterdiği tepki kuvveti  $\vec{N}$ , arabanın kinetik enerjisi ise  $E_k$  dir.

$\alpha < 45^\circ$  olduğuna göre,

I.  $\vec{N} + \vec{G} = \vec{F}$

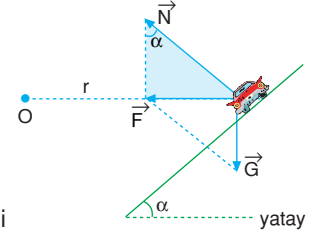
II.  $E_k = \frac{Fr}{2}$

III.  $F = N = G$

eşitliklerinden hangileri doğrudur?  
(Sürtünmeler önemsiz)

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

Cözüm



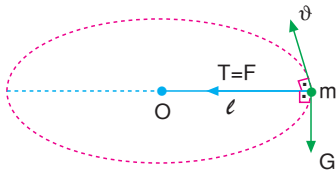
Cisme etkiyen yerçekimi kuvveti  $\vec{G}$  ile yol tepkisi  $\vec{N}$  şeklindeki gibi olup bu iki kuvvetin bileşkesi merkezciil kuvvettir. Buna göre  $\vec{N} + \vec{G} = \vec{F}$  dir. I. eşitlik doğrudur. Cisme etkiyen merkezciil kuvvetin büyüklüğü  $F = \frac{m g^2}{r}$  ①, cismin kinetik enerjisi  $E_k = \frac{1}{2} m g^2$  ② dir.

① ve ② bağıntılarından  $E_k = \frac{F \cdot r}{2}$  bulunur. II. eşitlik doğrudur.  $\alpha < 45^\circ$  verildiğine göre şekildeki taralı üçgende, en büyük kuvvet  $90^\circ$  nin karşısındaki  $N$ , en küçük kuvvet ise  $\alpha$  nın karşısındaki  $F$  dir. Buna göre  $N > G > F$  dir. III. eşitlik yanlıştır.

**YANIT B**

İP GERİLMELERİ

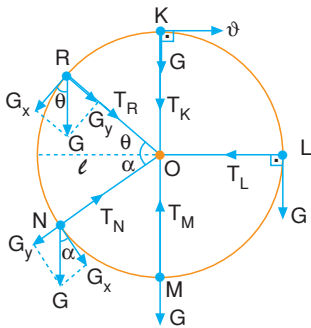
1. Cisim ipe bağlanıp yatay düzlemde dairesel yörüngede döndürülüyorsa:



$l$  uzunluğundaki ipin bir ucuna bağlı  $m$  kütleli cisim, ip diğer ucundan tutularak  $O$  merkezli  $l$  yarıçaplı yatay dairesel yörüngede  $g$  büyüklüğündeki çizgisel hızla şekildeki gibi döndürülüyor olsun. Cismin  $\vec{G}$  ağırlığı ip doğrultusuna dik olup merkezciil kuvvet  $F$ , ipteki gerilme kuvveti  $T$  ye eşittir.

Buna göre,  $T = F = \frac{m g^2}{l}$  yazılır.

2. Cisim ipe bağlanıp düşey düzlemde dairesel yörüngede döndürülüyorsa:



$l$  uzunluğundaki ipin bir ucuna bağlı  $m$  kütleli cisim ip diğer ucundan tutularak  $O$  merkezli  $l$  yarıçaplı düşey dairesel yörüngede şekildeki gibi döndürülüyor. Cisme hareketi sırasında etkiyen kuvvetler cismin  $G$  ağırlığı ve  $T$  ip gerilmeleri olup cisim  $K, L, M, N, R$  konumlarından geçerken şekildeki gibidir.

Cisme ip doğrultusunda etkiyen kuvvetlerin bileşkesi, merkezciil kuvvete ( $F$ ) eşit olacağından cisim  $K, L, M, N, R$  noktalarından geçerken ip gerilmeleri;

$F = T_K + G$  den  $T_K = F - G$

$F = T_L$  den  $T_L = F$

$F = T_M - G$  den  $T_M = F + G$

$F = T_N - G_y$  den  $T_N = F + G \sin \alpha$

$F = T_R + G_y$  den  $T_R = F - G \sin \theta$  bulunur.

Dikkat edilirse cisim, yörünge en üst noktası  $K$ 'den geçerken ip gerilmesi minimum, en alt noktası  $M$ 'den geçerken ip gerilmesi maksimumdur.

## Örnek

Kütlesi 2 kg olan bir cisim sürtünmesiz yatay düzlemde  $\ell$  uzunluğundaki bir ipin ucuna bağlanarak düzgün olarak döndürüldüğünde ipteki gerilme kuvveti 40N oluyor.

**Aynı cisim  $2\ell$  uzunluğundaki bir ipin ucuna bağlanıp aynı büyüklükteki çizgisel hızla, düşey yörüngede düzgün olarak döndürülürse oluşacak en büyük gerilme kuvvetinin büyüklüğü kaç N olur?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 5      B) 15      C) 20      D) 40      E) 60

## Çözüm

Cisim yatay düzlemde düzgün olarak döndürüldüğünde ipteki gerilme kuvveti merkezci kuvvettir. Bu durumda ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğüne  $T_1$  denirse,

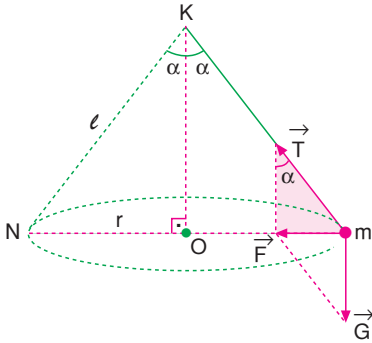
$$T_1 = \frac{m9^2}{\ell} = 40 \text{ N yazılır.}$$

Aynı cisim aynı hızla düşey yörüngede döndürülürse cisim en alt konumdan geçerken ipteki gerilme kuvveti en büyük olur. Bu durumdaki gerilme kuvvetine  $T_2$  denilirse

$$T_2 = mg + \frac{m9^2}{2\ell} = 2 \cdot 10 + \frac{40}{2} = 40 \text{ N bulunur.}$$

**YANIT D**

## KONİK SARKAÇ



$m$  kütleli cisim,  $\ell$  uzunluklu ipin ucuna bağlanıp ipin K ucundan tutularak düşeyle  $\alpha$  açısı yapacak biçimde  $r$  yarıçaplı yatay yörüngede şekildeki gibi düzgün olarak döndürülüyor. Cisme etki eden kuvvetler ipteki gerilme kuvveti  $\vec{T}$  ve cismin ağırlığı  $\vec{G}$  şekilde gösterilmiştir. Cisme etki eden merkezci kuvvet  $\vec{F}$  bu kuvvetlerin bileşkesi olup

$$\vec{F} = \vec{T} + \vec{G} \text{ dir.}$$

Taralı üçgenden  $\alpha$  açısının tanjantı yazılırsa;  $\text{tg}\alpha = \frac{F}{G} = \frac{r}{mg} = \frac{9^2}{g \cdot r}$  den

$9 = \sqrt{g \cdot r \cdot \text{tg}\alpha}$  bulunur. Yörünge yarıçapı  $r$  ise OKN üçgeninde  $\alpha$  açısının sinüsünden

$$\sin\alpha = \frac{r}{\ell} \text{ den} \quad r = \ell \sin\alpha \text{ bulunur.}$$

## Örnek

Bir ipin ucuna bağlanan 2kg kütleli bir cisim, şekildeki gibi 0,4m yarıçaplı yatay daireSEL yörüngede düzgün olarak döndürülmektedir. Bu durumda ipin düşeyle yaptığı açı  $45^\circ$  dir.

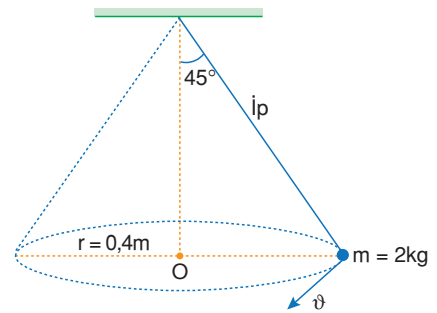
**Buna göre;**

- I. Cismin çizgisel hızının büyüklüğü 2m/s dir.
- II. Cismin açısal hızı 5rad/s dir.
- III. İpteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü  $20\sqrt{2}$  N dir.

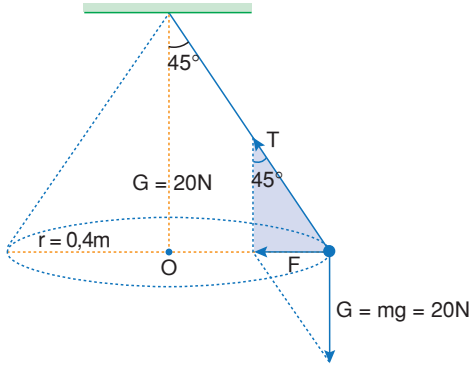
**yargılarından hangileri doğrudur?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ )

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



**Cözüm**



Cismin G ağırlığı ile ipteki gerilme kuvveti T şekildeki gibi olup bu iki kuvvetin bileşkesi merkezciil kuvvettir. Taralı üçgende 45° nin tanjantı ve cosinüsü yazılırsa;

$$\text{tg } 45^\circ = \frac{F}{G} = \frac{m \frac{v^2}{r}}{mg} = \frac{v^2}{rg} \quad \text{①} \quad \cos 45^\circ = \frac{G}{T} \quad \text{②} \text{ bulunur.}$$

① bağıntısından cismin çizgisel hızının büyüklüğü;

$$v^2 = \text{tg}45^\circ \cdot r \cdot g = \frac{\sin 45^\circ}{\cos 45^\circ} \cdot r \cdot g \text{ den} \quad v^2 = 1 \cdot 0,4 \cdot 10$$

$v = 2\text{m/s}$  bulunur. I. yargı doğrudur.

Cismin açısal hızı  $\omega$  ise;  $v = \omega r$  bağıntısından  $2 = \omega \cdot 0,4$

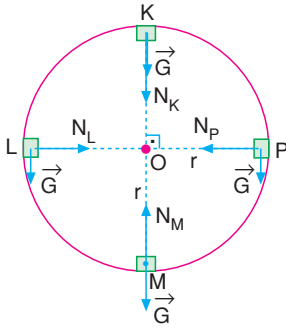
$\omega = 5\text{rad/s}$  bulunur. II. yargı da doğrudur.

② bağıntısından ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü;  $\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{20}{T}$  den

$T = 20\sqrt{2}$  N bulunur. III. yargı da doğrudur.

**YANIT E**

**DÜZLEM TEPKİLERİ**



$r$  yarıçaplı sürtünmesiz düşey dairesel rayda dönen cisme etki eden kuvvetler cismin ağırlığı  $\vec{G}$  ve rayın tepkisi  $\vec{N}$  dir.  $v_K, v_L, v_M, v_P$  büyüklüğündeki hızlarla rayın K, L, M, P noktalarından geçen  $m$  kütleli cisme etkiyen kuvvetler şekilde gösterilmiştir. Cisme yarıçap doğrultusunda etkiyen kuvvetlerin bileşkesi merkezciil kuvvete eşittir.

Buna göre K, L, M, P noktalarından geçerken cisme etkiyen merkezciil kuvvetlerin büyüklüğü  $F_K, F_L, F_M, F_P$ ;

$$F_K = N_K + mg \text{ den } N_K = m \frac{v_K^2}{r} - mg$$

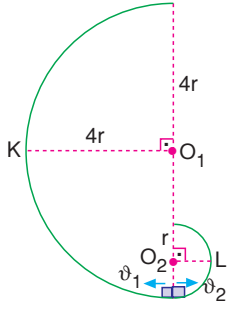
$$F_L = N_L \text{ den } N_L = m \frac{v_L^2}{r}$$

$$F_M = N_M - mg \text{ den } N_M = m \frac{v_M^2}{r} + mg$$

$$F_P = N_P \text{ den } N_P = m \frac{v_P^2}{r} \text{ dir.}$$

$v_L = v_P$  olduğundan  $N_L = N_P$  dir. Cisim, yörüngesinin en alt noktası olan M noktasından geçerken rayın tepkisi en büyük, en üst noktası olan K noktasından geçerken rayın tepkisi en küçüktür.

Örnek



m kütleli cisimler  $4r$  ve  $r$  yarıçaplı,  $O_1$  ve  $O_2$  merkezli sürtünmesiz düşey dairesel rayların en alt noktasından  $\vartheta_1$  ve  $\vartheta_2$  büyüklüğündeki hızlarla şekildeki gibi harekete geçiriliyor.

**Cisimler rayların K ve L noktalarından geçerken rayların gösterdiği tepki kuvvetlerinin büyüklükleri eşit olduğuna göre  $\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}$  oranı nedir?**

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

Çözüm

Cisimler K ve L noktalarından geçerken rayların gösterdikleri eşit büyüklükteki tepki kuvvetleri  $N_K$  ve  $N_L$  şekilde gösterilmiş olup bu kuvvetler cisimlere etkiyen merkezci kuvvetlerdir.

Cisimlerin K ve L noktalarındaki hızlarının büyüklüğüne  $\vartheta_K$  ve  $\vartheta_L$  denirse  $N_K = N_L$  den

$$m \frac{\vartheta_K^2}{4r} = m \frac{\vartheta_L^2}{r} \Rightarrow \vartheta_K = 2\vartheta_L \text{ bulunur.}$$

$$\vartheta_L = \vartheta \text{ ise } \vartheta_K = 2\vartheta \text{ dir.}$$

K ve L cisimleri için enerji korunumu yazılırsa

$$\frac{1}{2} m\vartheta_1^2 = mg4r + \frac{1}{2} m(2\vartheta)^2$$

$$\vartheta_1^2 = 8gr + 4\vartheta^2 \quad \text{①}$$

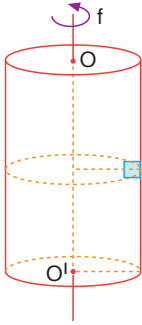
$$\frac{1}{2} m\vartheta_2^2 = mgr + \frac{1}{2} m\vartheta^2$$

$$m\vartheta_2^2 = 2gr + \vartheta^2 \quad \text{② bulunur.}$$

$$\text{① ve ② bağıntıları oranlanırsa } \frac{\vartheta_1^2}{\vartheta_2^2} = 4 \Rightarrow \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = 2 \text{ bulunur.}$$

**YANIT B**

Örnek



Bir cisim,  $OO'$  eksenini etrafında,  $f$  frekansı ile dönen  $0,5$  m yarıçaplı silindirin iç yüzüne şekildeki gibi bırakıldığında kaymadan dengede kalıyor.

**Cisimle silindirin iç yüzü arasındaki sürtünme katsayısı  $0,2$  olduğuna göre  $f$  frekansının en küçük değeri kaç  $s^{-1}$  dir?**

- A) 2      B)  $\frac{5}{3}$       C)  $\frac{3}{2}$       D)  $\frac{4}{3}$       E) 1

Çözüm

$f$  frekansı ve  $\omega = 2\pi f$  açısal hızıyla dönen silindirin iç yüzünde kaymadan dengede kalan cismin  $G$  ağırlığı, cisimle yüzey arasındaki  $f_s$  sürtünme kuvveti ve yüzeyin cisme gösterdiği  $N$  tepki kuvveti şekildeki gibi olup  $N$  kuvveti merkezci kuvvettir. Cisim kaymadığına göre;

$f_s \geq G \Rightarrow kF_{mer} \geq G \Rightarrow k\eta\omega^2 r \geq \eta\eta g \Rightarrow k\omega^2 r \geq g$  ① olur. Soruda verilen sayısal değerler ① bağıntısında yerine yazılırsa açısal hız;

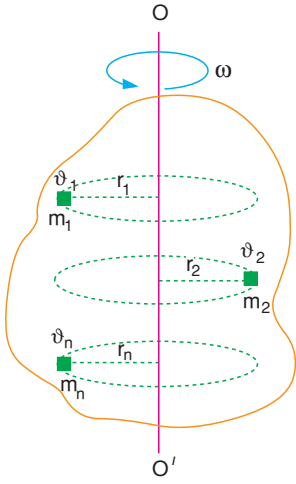
$$0,2 \cdot \omega^2 \cdot 0,5 \geq 10 \Rightarrow \omega \geq 10 \text{ rad/s bulunur.}$$

Silindirin frekansının en küçük değeri;

$$2\pi f \geq 10 \Rightarrow 2 \cdot 3 \cdot f \geq 10 \Rightarrow f \geq \frac{5}{3} s^{-1} \text{ bulunur.}$$

**YANIT B**

**DÖNEN CİSİMLERİN KİNETİK ENERJİSİ**



OO' eksenini etrafında  $\omega$  açısal hızıyla dönen m kütleli cismin n parçaya ayrıldığı varsayalım. Cismin parçalarının kütleleri  $m_1, m_2, \dots, m_n$  ile bu parçaların dönme eksenine uzaklığı  $r_1, r_2, \dots, r_n$ , çizgisel hızlarının büyüklüğü  $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n$  olsun. Dönen cismin kinetik enerjisi bu parçaların kinetik enerjileri toplamına eşittir.

$$Buna göre; E_k = \frac{1}{2} m_1 \vartheta_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \vartheta_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n \vartheta_n^2 \text{ ① dir.}$$

$\vartheta_1 = \omega r_1, \vartheta_2 = \omega r_2, \dots, \vartheta_n = \omega r_n$  değerleri ① bağıntısında yerine yazılırsa

$$E_k = \frac{1}{2} \omega^2 (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2) \text{ bulunur.}$$

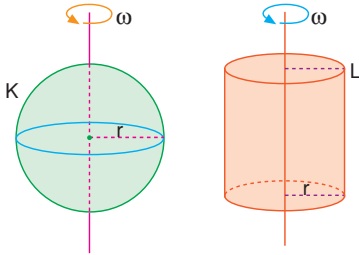
$\Sigma mr^2$  ye cismin dönme eksenine göre **eylemsizlik momenti** denir ve I ile gösterilir. O halde  $\omega$  açısal hızıyla dönen bir cismin dönme kinetik enerjisi

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2 \text{ dir.}$$

**UYARILAR**

1. Cisim, sadece öteleme hareketi yapıyorsa kinetik enerjisi  $E_k = \frac{1}{2} m \vartheta^2$  bağıntısıyla bulunur.
2. Cisim, sadece dönüyorsa kinetik enerjisi  $E_k = \frac{1}{2} m \omega^2$  bağıntısıyla bulunur.
3. Cisim, hem öteleme hem de dönme hareketi yapıyorsa kinetik enerjisi  $E_k = \frac{1}{2} m \vartheta^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$  bağıntısıyla bulunur.

**Örnek**



Yarıçapı r, kütlesi  $m_K$  olan K küresi merkezinden geçen eksen etrafında; taban yarıçapı r, kütlesi  $m_L$  olan L silindiri alt ve üst tabanlarının merkezlerinden geçen eksen etrafında  $\omega$  açısal hızlarıyla dönmekte olup dönme kinetik enerjileri 2E ve E dir.

Buna göre  $\frac{m_K}{m_L}$  oranı nedir?

$$(I_{\text{küre}} = \frac{2}{5} mr^2, I_{\text{silindir}} = \frac{1}{2} mr^2)$$

- A)  $\frac{5}{4}$     B)  $\frac{5}{2}$     C) 4    D)  $\frac{9}{2}$     E) 5

**Çözüm**

Dönen cisimlerin kinetik enerjileri

$E_{K_{\text{dönme}}} = \frac{1}{2} I \omega^2$  bağıntısıyla bulunur. Buradaki I, eylemsizlik momenti;  $\omega$  ise açısal hızdır.

Dönme kinetik enerjisi K ve L cisimleri için yazılırsa;

$$E_K = \frac{1}{2} I_K \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m_K r^2 \omega^2 = 2E \text{ ①}$$

$$E_L = \frac{1}{2} I_L \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} m_L r^2 \omega^2 = E \text{ ② olur.}$$

① ve ② bağıntıları orantılanırsa,  $\frac{m_K}{m_L} = \frac{5}{2}$  bulunur.

**YANIT B**

## Etkinlik 7

Aşağıdaki yargılardan doğru olanın yanına D, yanlış olanın yanına Y yazınız.

- 1)  Bir cismin bir çember üzerinde bir kez dönmesi için gerekli zamana frekans denir.
- 2)  Açısal hız vektörel büyüklüktür.
- 3)  Bir cismin çembersel yörüngede dolanması için, sürekli çember merkezine yönelmiş, merkezci kuvvet adı verilen kuvvet etkisinde olması gerekir.
- 4)  Frekans birimi  $s^{-1}$  olup hertz olarak da yazılır.
- 5)  Dönmekte olan bir cismin dönme kinetik enerjisini bulmak için eylemsizlik momenti ile açısal hızına gerek vardır.
- 6)  Dünya çevresinde dolanan bir uyduya etki eden kütle çekim kuvveti, uyduya etkiyen merkezci kuvvettir.

## Etkinlik 8

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun kelimeler ekleyerek doğru yargılar elde ediniz.

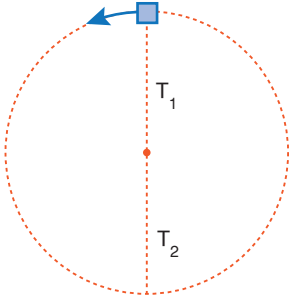
- 1) Periyodun tersine ..... denir.
- 2)  $\frac{v^2}{r}$  merkezci .....ye eşittir.
- 3) Yatay bir viraji dönen araca etki eden ..... kuvveti merkezci kuvvete eşittir.
- 4) Bir ipi ucunda, düşey düzlemde çembersel hareket yapan cisim yörüngesinin en üst noktasından geçerken ipteki gerilme ..... büyüklüktedir.
- 5)  $m \cdot (\dots)$  r merkezci kuvvete eşittir.
- 6) Dönme kinetik enerjisi  $\frac{1}{2} (\dots) \omega^2$  dir.

1. Bir araba 200 m yarıçaplı yatay bir virajda kaymadan 40 m/s hızla dolanıyor.

$g = 10 \text{ m/s}^2$  olduğuna göre, yolla lastikler arasındaki sürtünme katsayısı en az kaçtır?

- A) 0,2 B) 0,4 C) 0,5 D) 0,6 E) 0,8

2.

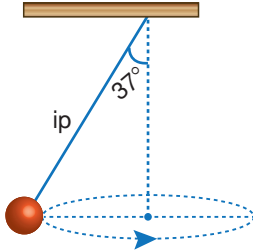


Bir taş bir ipin ucunda düşey düzlemde düzgün dairesel hareket yapıyor. İpteki gerilme kuvveti, cisim yörüngesinin en üst noktasındayken 6N, en alt noktasındayken 16 N büyüklüktedir.

Buna göre, cisme etki eden merkezciil kuvvet kaç newton büyüklüktedir?

- A) 5 B) 9 C) 11 D) 16 E) 22

3.



Şekildeki ipe bağlı cisim yatay düzlemde düzgün dairesel hareket yaparken ipteki gerilme kuvveti 10 N oluyor.

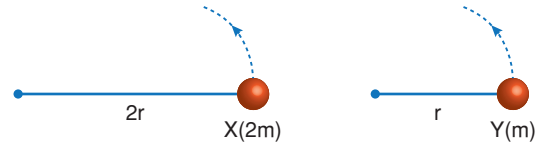
$\tan 37^\circ = 3/4$  olduğuna göre bu bilgilerle;

- I. Cimin ağırlığı  
II. Cisme etki eden merkezciil kuvvet  
III. Cismin açısal hızı

büyükliklerinden hangileri bulunabilir?

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

4.



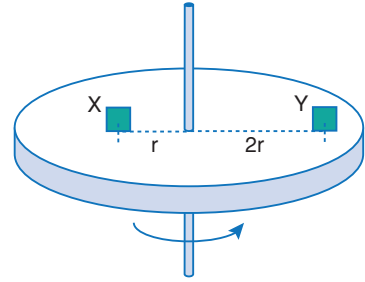
$2r$  ve  $r$  uzunlukta iplerin ucuna bağlı X, Y ve cisimlerinin kütleleri  $2m$  ve  $m$  dir.

Bu cisimler ip ucunda düzgün dairesel hareket yaparken kinetik enerjileri eşit oluyor.

Buna göre, cisimlere etki eden merkezciil kuvvetlerin  $\frac{F_x}{F_y}$  oranı kaçtır?

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

5.



Şekildeki gibi düşey ekseninde çevresinde dönen dairesel plak üzerine, ekseninden  $r$  ve  $2r$  uzaklıktaki noktalara X ve Y cisimleri konulmuştur.

Cisimler plakla birlikte döndüğüne göre,

- I. X cisimine etki eden merkezciil kuvvet Y cisimine etki edenden küçüktür.  
II. X ve Y cisimlerinin kinetik enerjileri eşittir.  
III. X cismi ile plak arasındaki sürtünme katsayısı Y cisimininkine göre daha küçüktür.

yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

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

6. Kütlesi 0,4 kg olan bir bilye 0,8 metre yarıçaplı çembersel yörünge düzgün dairesel hareket yaparken bilyeye etki eden merkezci kuvvet 50 newton büyüklükte oluyor.

**Buna göre, bilyenin çizgisel hızı kaç m/s büyüklüktedir?**

- A) 2      B) 5      C) 8      D) 10      E) 20

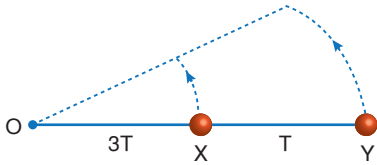
7. Eğimi  $\tan \alpha = 0,25$  olan sürtünmesiz bir virajın yarıçapı 160 metredir.

**Bir cismin çizgisel hızı kaç m/s olursa bu virajda kaymadan dolabilir?**

( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 10      B) 20      C) 25      D) 40      E) 50

8.



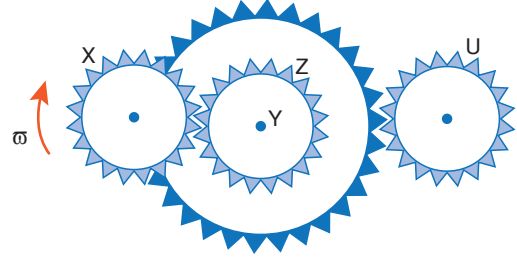
Bir ipin ortasına X, bir ucuna Y topları bağlandıktan sonra, ip boş ucu çevresinde sürtünmesiz yatay düzlemde döndürülüyor. İp parçalarındaki gerilme kuvvetleri  $3T$  ve  $T$  büyüklükte oluyor.

**Buna göre, cisimlerin kütlelerinin  $\frac{m_X}{m_Y}$  oranı**

**kaçtır?**

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

9.

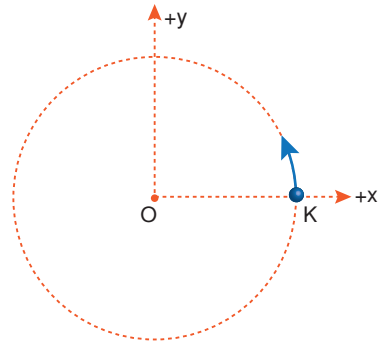


Şekildeki Y dişlisi ile Z dişlisi eksenleri çakışacak şekilde perçinlenmiştir. X, Y, U dişlilerinin yarıçapları  $r$ , Z dişlisinininki  $2r$  dir.

**X dişlisi ok yönünde  $\omega$  açısal hızı ile dönerken U dişlisinin dönme yönü ve açısal hızı ne olur?**

- A) Zıt yönde,  $\omega/2$       B) Zıt yönde,  $2\omega$   
C) Aynı yönde,  $\omega/2$       D) Aynı yönde,  $\omega$   
E) Aynı yönde,  $2\omega$

10.



Noktasal K cismi şekildeki çembersel yörüngede düzgün dairesel hareket yapıyor.

**Buna göre, şekildeki konumdan geçerken;**

- I. Merkezci kuvvet  $-x$  yönündedir.  
II. Merkezci ivme  $-x$  yönündedir.  
III. Açısal hız vektörü  $+y$  yönündedir.

**yargılarından hangileri yanlıştır?**

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