

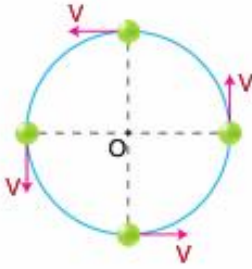


# 1. Bölüm

ÇEMBERSEL  
HAREKET, DÖNEREK  
ÖTELEME HAREKETİ

## DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

Düzgün çemberesel hareket, çemberesel yörüngede sabit süratle hareket eden bir cismin yapmış olduğu harekettir. Her ne kadar cismin hız büyüklüğü değişmiyor olsa da hız vektörünün yönü sürekli değiştiği için düzgün çemberesel hareket yapan bir cismin hareketi ivmeli harekettir.



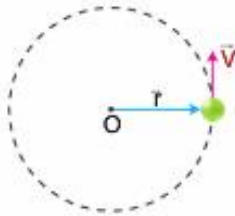
Bir cisme her an hareket doğrultusuna dik kuvvet uygulandığında, cisim düzgün çemberesel hareket yapar.

## Periyot ve Frekans

Düzgün çemberesel hareket yapan cismin bir tam tur dönmesi için gereken süreye **periyot** denir. T ile gösterilir. Birimi saniye'dir.

Düzgün çemberesel hareket yapan cismin birim zamandaki tur sayısına ise **frekans** denir. f ile gösterilir. Birimi s<sup>-1</sup> ya da Hertz'dir.

⇒ Periyot ile frekansın çarpımı daima 1'dir. T.f= 1'dir.

Konum vektörü (  $\vec{r}$  )

Çemberin merkezini cisme birleştiren ve merkezden cisme doğru olan yarıçap vektörüne **konum vektörü** denir.

## Çizgisel Sürat (v)

Düzgün çemberesel hareket yapan bir cismin, çember çevresinde birim zamanda aldığı yola **çizgisel sürat** denir.

⇒  $v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi \cdot r \cdot f$  formülü ile hesaplanır.

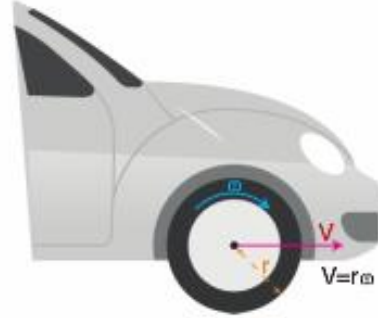
Açısal Sürat ( $\omega$ )

Yarıçap vektörünün birim zamanda taradığı radyan cinsinden açıya **açısal sürat** denir.  $\omega$  (omega) sembolü ile gösterilir. Birimi rad/saniye'dir.

⇒  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$  formülü ile hesaplanır.

⇒ Çizgisel sürat ile açısal sürat arasındaki ilişki;  $v = \omega \cdot r$ 'dir.

⇒ Periyotları, frekansları veya açısal süratleri eşit olan cisimlerin çizgisel hızları yarıçapla doğru orantılıdır.



Tekerleri kaymadan dönerek ilerleyen bir aracın tekerinin yüzeyindeki bir noktanın çizgisel ve açısal hız büyüklükleri arasındaki ilişki şekilde gösterilmiştir.



**Bilmek lazım:** Dünya kendi eksenini etrafında dönerken Dünya üzerindeki her noktanın açısal hızı aynıdır. Çizgisel hız büyüklüğü ise noktanın dönüş eksenine uzaklığı ile orantılıdır. Çizgisel hız ekvatorunda en büyüktür.

**ÖRNEK:**

Bir çamaşır makinesinin silindirik biçimli tamburu (kazanı) dakikada 900 devir yapmaktadır.

Buna göre tamburun;

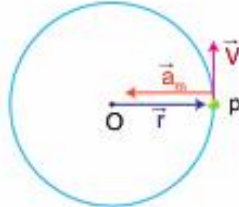
- Frekansını ve periyodunu bulunuz.
- Tamburun yarıçapı 20 cm olduğuna göre tambur üzerindeki bir noktanın açısal hızının ve çizgisel hızının büyüklüğünü bulunuz. ( $\pi=3$ )

**ÇÖZÜM:**

- 60 saniyede 900 devir  
1 saniyede  $f$  devir  $\Rightarrow$  Frekansı  $f=15 \text{ s}^{-1}$   
Periyodu ise  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{15}$  saniyedir.
- Çizgisel hız büyüklüğü;  
 $v = 2\pi \cdot r \cdot f = 2 \cdot 3 \cdot 0,20 \cdot 15 = 18 \text{ m/s'dir.}$   
Açısal hız büyüklüğü ise,  
 $v = \omega \cdot r \Rightarrow 18 = \omega \cdot 0,20 \Rightarrow \omega = 90 \text{ rad/s'dir.}$

**Merkezcil İvme**

Düzgün çembersel harekette, cismin çizgisel süratinin büyüklüğü değişmemesine rağmen yönü ve doğrultusu değişir. Bu yüzden düzgün çembersel harekette hız değişimi ve ivme vardır.



Birim zamandaki hız değişimine **merkezcil(anlık) ivme** denir.

- $\Rightarrow$  Merkezcil (anlık) ivmenin büyüklüğü;  
 $a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$  formülü ile hesaplanır.
- $\Rightarrow$  Merkezcil ivme vektörünün yönü, cisimden çemberin merkezine doğrudur.

**Merkezcil Kuvvet**

Bir cismin düzgün çembersel hareket yapmasını sağlayan, hız vektörüne dik doğrultuda ve her an yönü merkeze doğru olan net kuvvete **merkezcil kuvvet** denir.

- $\Rightarrow$  Merkezcil kuvvetin büyüklüğü;  
 $F_m = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \omega^2 \cdot r$  formülü ile hesaplanır.
- $\Rightarrow$  Merkezcil kuvvet vektörünün yönü, merkezcil ivme gibi cisimden çemberin merkezine doğrudur.

**Bilmek lazım:** Merkezcil kuvvet sistemde ivmeye neden olan, sistemde var olan ip gerilimi, kütle çekim kuvveti, sürtünme kuvveti vb kuvvetlerdir. Cismin üzerine etki eden kuvvetler gösterilirken merkezcil kuvveti bu kuvvetlerin yanında var olan başka bir kuvvet gibi göstermek ve düşünmek doğru değildir. Merkezcil kuvvet sistemde var olan kuvvetlerin bileşkesine verilen addır. Özel olarak çembersel harekette bileşke(net) kuvvete merkezcil kuvvet denilmektedir.

**ÖRNEK:**

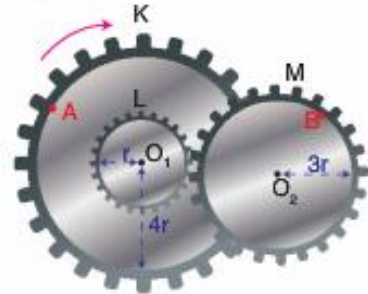
2 m yarıçaplı çembersel yörüngede 6 m/s sabit süratle dolanan 3 kg'lık bir cismin merkezcil ivmesini ve cisme etki eden net kuvveti hesaplayınız.

**ÇÖZÜM:**

Merkezcil ivme:  $a_m = \frac{v^2}{r} = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ m/s}^2$   
Net kuvvet merkezcil kuvvete eşittir.  
 $F_m = m \cdot a_m = 3 \cdot 18 = 54 \text{ N}$  bulunur.

**ÖRNEK:**

Yarıçapları şekildeki gibi verilen merkezlerinden geçen eksen etrafında serbestçe dönebilen K, L ve M dişlilerinden K ve L dişlileri eş merkezdidir.



K dişlisi ok yönünde dönerken K dişlisi üzerindeki A noktasının ve M dişlisi üzerindeki B noktasının merkezcil ivmeleri büyüklükleri oranı kaçtır?

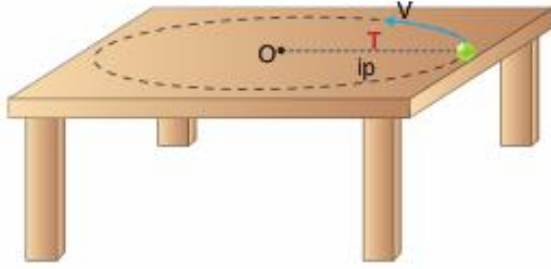
**ÇÖZÜM:**

Eş merkezcil K ve L dişlilerinin açısal süratleri eşittir. L ve M dişlilerinin açısal süratleri ise yarıçapları ile ters orantılıdır.

- $\Rightarrow$  Buradan  $\omega_K = \omega_L = 3\omega$  olsun  $\omega_M = \omega$  olur.
- $\Rightarrow$  A noktasının merkezcil ivmesi:  
 $a_A = (3\omega)^2 \cdot 4r = 36 \cdot \omega^2 r$
- $\Rightarrow$  B noktasının merkezcil ivmesi:  $a_B = \omega^2 \cdot 3r$   
 $\frac{a_A}{a_B} = \frac{36 \cdot \omega^2 r}{\omega^2 \cdot 3r} = 12$  bulunur.

## Düzgün Çembersel Hareketin Uygulamaları

### 1. Yatay düzlemde düzgün çembersel hareket

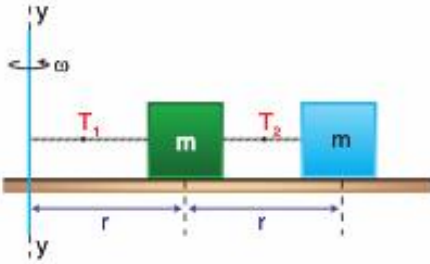


Sürtünmesi önemsiz bir masada, iple bağlı  $m$  kütleli cisim  $r$  yarıçaplı düzgün çembersel hareket yaptırıldığında; ipteki gerilme kuvveti  $T$ , merkezciil kuvvettir.

$$T = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 \cdot r \text{ 'dir.}$$

### ÖRNEK:

Sürtünmesi önemsiz yatay tabla üzerinden dönme eksenine  $r$  ve  $2r$  uzaklıktaki özdeş cisimler birbirlerine ve dönme eksenine kütleli önemsiz iplerle bağlanmıştır. Tabla düşey eksen etrafında sabit  $\omega$  açısal hızıyla döndürülünce iplerdeki gerilmeler  $T_1$  ve  $T_2$  olmaktadır.



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

### ÇÖZÜM:

Cisimlere etki eden kuvvetler şekilde gösterilmiştir.

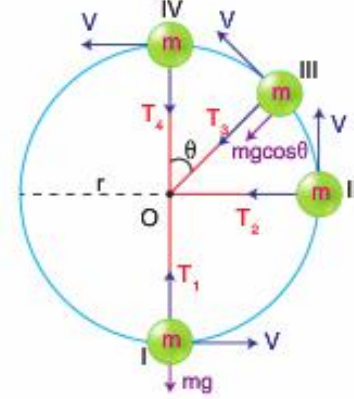


$$\left. \begin{array}{l} T_1 - T_2 = m\omega^2 r \\ T_2 = m\omega^2 \cdot 2r \end{array} \right\} \text{Buradan} \left. \begin{array}{l} T_1 = 3m\omega^2 r \\ T_2 = 2m\omega^2 \cdot r \end{array} \right\} \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{2}$$

bulunur.

### 2. Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket

$m$  kütleli cisim düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yaptırıldığında; şekildeki konumun her birinde ipteki gerilme kuvveti farklı bir değer alır.



I. konumdayken ip gerilmesi,

$$F_{\text{net}} = ma$$

$$T_1 - mg = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow T_1 = m \frac{v^2}{r} + mg \text{ 'dir.}$$

II. konumdayken ip gerilmesi,

$$F_{\text{net}} = ma$$

$$T_2 = m \frac{v^2}{r} \text{ 'dir.}$$

III. konumdayken ip gerilmesi,

$$F_{\text{net}} = ma$$

$$T_3 + mg \cos \theta = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow T_3 = m \frac{v^2}{r} - mg \cos \theta \text{ 'dir.}$$

IV. konumdayken ip gerilmesi,

$$F_{\text{net}} = ma$$

$$mg + T_4 = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow T_4 = m \frac{v^2}{r} - mg \text{ 'dir.}$$

Denklemler incelendiğinde  $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$  ilişkisi bulunur.

$T_1$  gerilme kuvveti maksimum;  $T_4$  gerilme kuvveti minimum değerdedir.

### ÖRNEK:

Bir ipin ucuna bağlı  $2 \text{ kg}$  kütleli cisim düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yaptırılıyor. Cisim yörüngenin en alt noktasından geçerken ipteki gerilme kuvveti  $50 \text{ N}$ 'dur.

Buna göre cisim yörüngenin en üst noktasından geçerken ipteki gerilme kuvveti kaç  $\text{N}$ 'dur? ( $g=10 \text{ N/kg}$ )

### ÇÖZÜM:

Cisim en alt noktada iken ipteki gerilme kuvveti;

$$T_{\text{alt}} = m \frac{v^2}{r} + mg \text{ 'dir.}$$

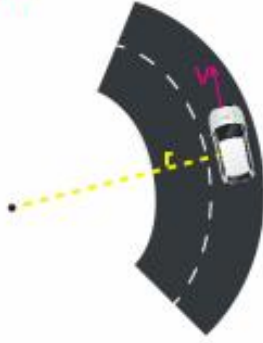
$$50 = m \frac{v^2}{r} + 2 \cdot 10 \text{ ve } m \frac{v^2}{r} = 30 \text{ N bulunur.}$$

Cisim en üst noktada iken ipteki gerilme kuvveti;

$$T_{\text{üst}} = m \frac{v^2}{r} - mg = 30 - 20 = 10 \text{ N bulunur.}$$



### Yatay Virajlı Yol



O merkezli, r yarıçaplı bir viraja v hızıyla giren araba savrulmadan yol alırken, arabaya etki edebilecek sürtünme kuvvetinin maksimum değeri merkezci kuvvetten büyük ya da en az merkezci kuvvete eşit olmalıdır.

$$f_{s\max} \geq f_m \quad kmg \geq \frac{mv^2}{r} \quad \text{buradan } k = \frac{v^2}{r} \text{ 'dir.}$$

**Bilmek lazım:** Yatay sürtülmeli bir virajlı kaymadan dönen bir araca etki eden sürtünme kuvveti, merkezci kuvvete eşittir. Sürtünme kuvveti alabileceği maksimum değere ulaşmış veya ulaşmamış olabilir.

### ÖRNEK:

Bir araç 50 m yarıçaplı virajı dönecektir.

Yol ile araç arasındaki sürtünme katsayısı 0,6 olduğuna göre, araç virajı sabit 30 m/s süratle dönmeye çalışırsa ne olur?

### ÇÖZÜM:

Sürtünme kuvvetinin maksimum değeri;

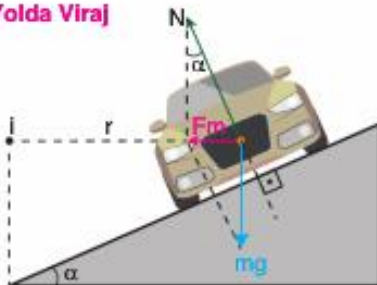
$$f_s = k \cdot m \cdot g = 0,6 \cdot m \cdot 10 = 6m \text{ 'dir.}$$

Araç dönerken gereken merkezci kuvvet:

$$f_m = m \frac{v^2}{r} = m \frac{20^2}{50} = m \cdot 8 = 8m$$

Sürtünme kuvveti gereken merkezci kuvveti karşılayamadığından araç güvenle dönemez, virajda dışarı savrulur.

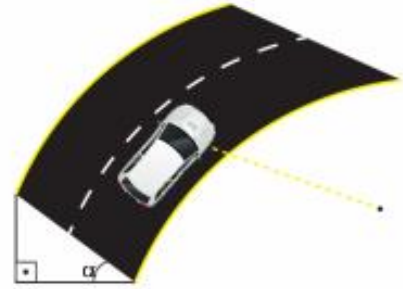
### Eğimli Yolda Viraj



Yatay virajlara araçlar hızla girmekte zorlanır. Bu nedenle virajlara eğim verilir. Sürtünmenin önemsiz olduğu şeklindeki virajda;

$$\left. \begin{array}{l} N \cdot \sin \alpha = m \frac{v^2}{r} \\ N \cdot \cos \alpha = mg \end{array} \right\} \tan \alpha = \frac{v^2}{gr}$$

buradan,  $\tan \alpha = \frac{m \frac{v^2}{r}}{mg} = \frac{v^2}{gr}$  olursa araç virajı emniyetle geçer.



### ÖRNEK:

m kütleli bir araba, eğim açısı  $\alpha$  olan r yarıçaplı eğrisel sürtünmesi önemsiz bir yolda sabit süratle dolmaktadır.

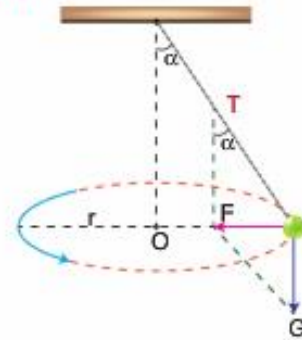
**Araabanın daha büyük bir süratle ve güvenle tur atabilmesi için; m,  $\alpha$ , r niceliklerinden hangilerinin tek başına artırılması yeterli olabilir?**

### ÇÖZÜM:

$$\tan \alpha = \frac{m \frac{v^2}{r}}{mg} = \frac{v^2}{gr}$$

bağıntısına göre sürat artınca  $\alpha$  açısı veya r yarıçapı artırılırsa araba yine güvenle dönebilir.

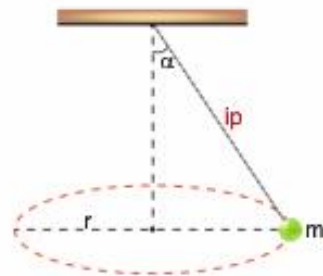
### Konik Sarkaç



Sabit  $\omega$  açısal hızıyla döndürülen sarkacın ipinin ucuna asılı m kütleli cisme etkiyen T ve G kuvvetlerinin bileşkesi (merkezci kuvvet) F şeklindeki gibidir.

### ÖRNEK:

Bir ipin ucuna bağlı m kütleli cisim r yarıçaplı yatay düzlemdeki dairesel yörüngede sabit  $\omega$  açısal süratıyla dönmektedir.

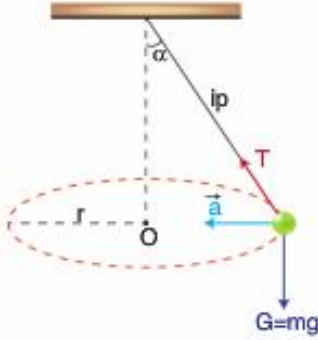




Buna göre cisim şekildeki konumda iken yere göre cisme etki eden kuvvetleri ve cismin ivmesini ( $a$ ) gösteriniz?

**ÇÖZÜM:**

Cisme etki eden kuvvetler cismin ağırlığı ve ip gerilmesidir.

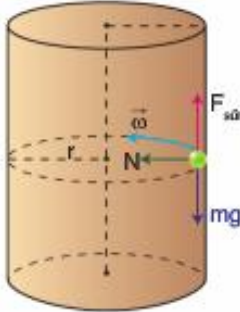


İp gerilmesi ( $T$ ) ve ağırlığın ( $\vec{G} = mg$ ) vektörel toplamı merkezci kuvveti oluşturur.

Cismin ivmesi ve merkezci kuvvet merkeze doğrudur.

**Silindir İçinde Dönen Cisim**

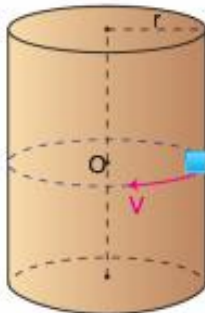
Bir silindir içinde  $\omega$  açısal hızıyla dönmekte olan  $m$  kütleli cisme etkiyen sürtünme kuvvetinin alabileceği en büyük değer ( $F_s = kN$  değeri), cismin ağırlığından büyük ya da en az cismin ağırlığına eşit büyüklükte olmalıdır.



$N = m\omega^2 r$  ve  $mg \leq f_s \Rightarrow mg \leq km\omega^2 r$  ve buradan  $g \leq k\omega^2 r$  olursa cisim düşmez.

**ÖRNEK:**

$m$  kütleli bir cisim,  $r$  yarıçaplı düşey silindirin iç yüzeyinde düşmeden sabit  $v$  süratıyla dönmektedir.



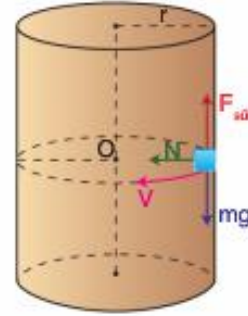
Buna göre cisimle silindir arasındaki sürtünme katsayısının en küçük değerini veren bağıntı nedir?

**ÇÖZÜM:**

Yatayda cisme merkeze doğru silindirin uyguladığı  $N$  normal kuvveti merkezci kuvvete eşittir.

$$N = m \frac{v^2}{r}$$

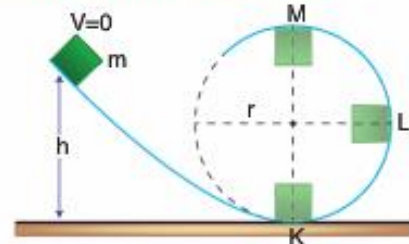
Düşeyde sürtünme kuvveti  $f_s = k.N = k.m \frac{v^2}{r}$  'dir.



Cisim kaymadan durabildiğine göre sürtünme kuvvetinin büyüklüğü, cismin ağırlığına eşittir.

$$k.m \frac{v^2}{r} = mg \Rightarrow k = \frac{gr}{v^2} \text{ olur.}$$

**Değişken Hızlı Çembersel Hareket**



$m$  kütleli cisim,  $h$  yüksekliğinden serbest bırakıldığında rayın K, L M noktalarından geçerken rayın cisme gösterdiği tepki kuvveti;

K noktasında iken;  $N_K = \frac{mv_K^2}{r} + mg$  'dir.

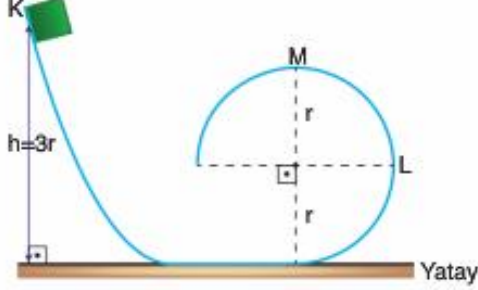
L noktasında iken;  $N_L = \frac{mv_L^2}{r}$  'dir.

M noktasında iken;  $N_M = \frac{mv_M^2}{r} - mg$  'dir.

Cismin K, L, M noktalarındaki  $v_K, v_L, v_M$  hızları enerji korunumundan bulunur.

**ÖRNEK:**

Düşey kesiti şekildedeki gibi olan sürtünmesiz yolun K noktasından serbest bırakılan m kütleli cisim rayın çembersel bölümünde L ve M noktalarından geçerken rayın tepki kuvvetlerinin büyüklükleri sırasıyla  $N_L$  ve  $N_M$  oluyor.



Buna göre  $\frac{N_L}{N_M}$  oranı kaçtır?

**ÇÖZÜM:**

Mekanik enerji korunacağından K ve L noktalarındaki enerjiler eşittir.

$$E_K = E_L$$

$$mg3r = mgr + \frac{1}{2}mv_L^2 \Rightarrow v_L^2 = 4gr$$

⇒ L noktasındaki tepki kuvveti;

$$N_L = \frac{mv_L^2}{r} = \frac{4m \cdot gr}{r} = 4mg \text{ bulunur.}$$

Mekanik enerji korunacağından K ve M noktalarındaki enerjiler eşittir.

$$E_K = E_M$$

$$mg3r = mg \cdot 2r + \frac{1}{2}mv_M^2 \Rightarrow v_M^2 = 2gr$$

⇒ M noktasındaki tepki kuvveti;

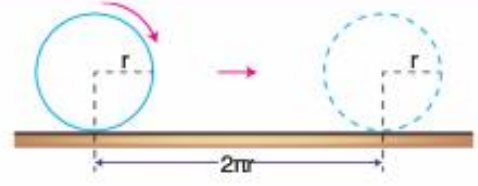
$$N_M = \frac{mv_M^2}{r} - mg = \frac{2m \cdot gr}{r} - mg = 2mg - mg = mg$$

bulunur

Tepki kuvvetleri oranı;  $\frac{N_L}{N_M} = \frac{4mg}{mg} = 4$  olur.

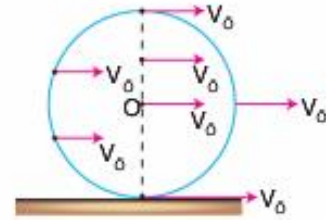
**Kaymadan Yuvarlanma Hareketi**

Kaymadan yuvarlanan cisimlerin öteleme hızı ( $v_o$ ) ve dönme çizgisel hızı ( $v_c$ ) olmak üzere iki hızı vardır. Bir noktanın yere göre hızı sorulduğunda bu iki hızın bileşkesi alınır.

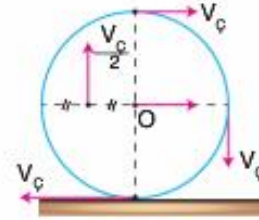


Düşey kesiti şekildedeki gibi verilen silindir dönerek ilerlerken, kütle merkezi de yol alır. Bir tam dönüş yaptığında silindirin kütle merkezi  $2\pi r$  kadar yol alır.

Buna göre, kütle merkezinin öteleme hızı; T bir tur için gereken süre (periyot) olmak üzere  $v = \frac{2\pi r}{T}$  'dir.

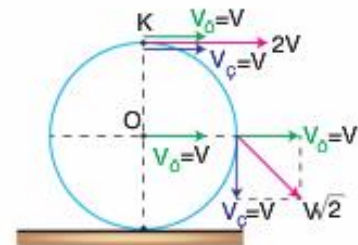


⇒ Kütle merkezinin öteleme hız vektörü daima hareket yönündedir. Tekerlek üzerindeki her noktanın öteleme hızının büyüklüğü  $V_o$  'dir.

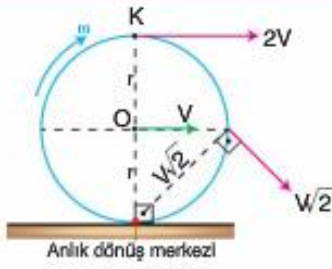


⇒ Dönme çizgisel hızın yönü sürekli değişir. Çizgisel hızın büyüklüğü tekerleğin kütle merkezinden uzaklaştıkça artar.

⇒ Kütle merkezinin öteleme hızının büyüklüğü tekerleğin en dış noktasındaki dönme çizgisel hızının büyüklüğüne eşittir. (Kaymadan dönme şartı)



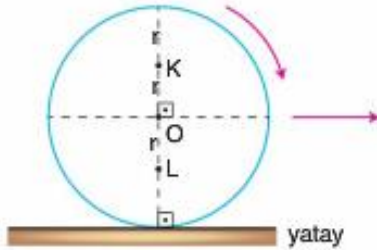
⇒ Bir noktanın yere göre hızı dönme ve öteleme hızlarının toplamıdır.



⇒ Bir başka yaklaşım ise anlık dönüş merkezine göre  $v = \omega \cdot r$  bağıntısının kullanmaktır. Şekildeki dönerek ilerleyen silindirin yere temas eden noktası silindirin anlık dönüş merkezidir. Silindir üzerindeki noktaların yere göre çizgisel hızlarının büyüklüğü anlık dönüş merkezine olan uzaklıkla orantılıdır. Şekildeki silindirin kütle merkezinin hızının büyüklüğü  $v$  ise; K noktasının hızının büyüklüğü  $2v$ , L'ninki  $v\sqrt{2}$ 'dir.

**ÖRNEK:**

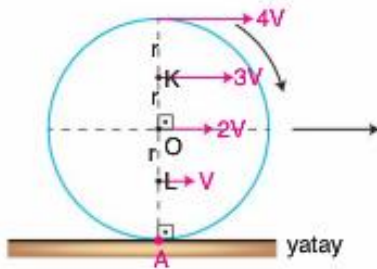
O merkezli,  $2r$  yarıçaplı tekerlek kaymadan dönerek ilerlemektedir. Tekerlek üzerindeki K ve L noktalarının şekildeki anda yere göre süratleri  $V_K$  ve  $V_L$ 'dir.



Buna göre  $\frac{V_K}{V_L}$  oranı kaçtır?

**ÇÖZÜM:**

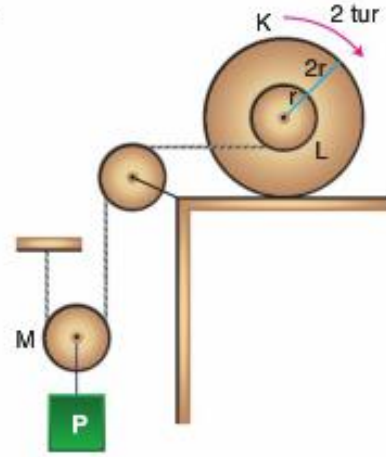
A noktası tekerin anlık dönüş merkezidir. Teker üzerindeki noktaların çizgisel süratleri A noktasına olan uzaklıkları ile orantılıdır. ( $v = \omega r$  bağıntısından dolayı)



Buna göre A noktasından  $r$  kadar uzaktaki L noktasının süratine  $v$  dersek, A noktasından  $3r$  uzaktaki K noktasının sürati  $3v$  olur. Buradan istenen oran 3 bulunur.

**ÖRNEK:**

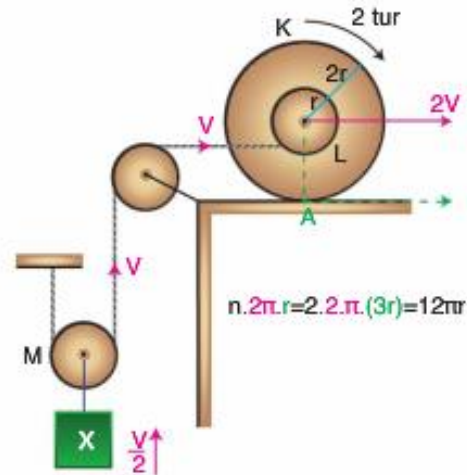
$r$ ,  $3r$  yarıçaplı eş merkezli merkezleri perçinli K, L kasnakları, M makarası ve P yüküyle şekildeki sistem oluşturulmuştur.



K kasnağı ok yönünde kaymadan 2 tur atarsa P yükünün hareketi için ne söylenebilir?

**ÇÖZÜM:**

A noktası anlık dönüş merkezidir. A noktasına  $2r$  uzaklıktaki kasnakların merkezinin çizgisel hızına  $2v$  dersek, A noktasına  $r$  kadar uzaktaki ipin çizgisel hızı  $v$  olur. M makarası hareketli makara olduğu için makaranın ve X yükünün hızı ise  $\frac{v}{2}$  olur.



Kasnaklar dönerken yolda kütle merkezi kadar yol alır.  $2v$  hızıyla  $12\pi r$  yol alıyorsa  $\frac{v}{2}$  hızıyla  $x = ?$  yol alır. Buradan  $x = 3\pi r$  kadar yol alır.



**ÖRNEK:**

Aşağıda hareket durumu verilen hareketlilere etki eden merkezci kuvvetler sırasıyla  $F_x$ ,  $F_y$  ve  $F_z$ 'dir.

- I. Yatay sürtünmesiz düzlemde bir ucu sabitlenmiş yeterince dayanıklı, esnemez bir ipin diğer ucuna bağlı X cismi düzgün çembersel hareket yapıyor.
- II. Y aracı, yatay sürtünmeli yolda r yarıçaplı virajı kaymadan güvenle dönüyor.
- III. Z uydusu, Dünya etrafındaki r yarıçaplı yörünge-  
de dolanıyor.

Başka bir değişiklik yapmadan X cisminin ve Z uydusunun süratlerinin artırdığı, Y aracının süratini azalttığı anda  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ 'nin değişimi için aşağıdakilerden hangisi doğrudur? (Hareketlilerin ilk ve son süratleri sabittir.)

	$F_x$	$F_y$	$F_z$
A)	Artar	Artar	Artar
B)	Azalı	Azalı	Azalı
C)	Artar	Azalı	Değişmez
D)	Artar	Azalı	Azalı
E)	Artar	Azalı	Artar

**ÇÖZÜM:**

- I. İpteki gerilme kuvveti, merkezci kuvvete eşittir. Sürat artarsa yarıçap sabit olup  $F_M = m \frac{v^2}{r}$  bağıntısına göre merkezci kuvvet **artar**. Bu aynı zamanda ip gerilimi de artar anlamına gelir.
- II. Yatay yolda viraj dönen araca etki eden sürtünme kuvveti merkezci kuvvete eşittir. Aracın sürati azaltıldığı anda yarıçap değişmemiştir.  $F_M = m \frac{v^2}{r}$  bağıntısına göre merkezci kuvvet **azalı**. Dolayısıyla merkezci kuvveti oluşturan sürtünme kuvveti de azalı.
- III. Uyduya etki eden kuvvet kütle çekim kuvvetidir. Bu kuvvet merkezci kuvvete eşittir. Uydunun sürati artırdığı anda yarıçap aynı olduğu için  $F = G \frac{mM}{r^2}$  bağıntısına göre kütle çekim kuvveti dolayısıyla merkezci kuvvet **değişmemiştir**. Hareketin daha sonrasında kütle çekim kuvveti gerekli merkezci kuvveti sağlayamadığı için yarıçap artar, hatta sürat çok artırılırsa Dünya'nın çekim alanından çıkabilir.

**CEVAP: C**

**ÖRNEK:**

Aşağıda bazı hareketlilerin görselleri verilmiştir.



1. Dönen topacın hareketi



2. Bisiklet süren çocuğun hareketi



3. Labutlara doğru ilerleyen bowling topunun hareketi

Buna göre görsellerdeki hareketlerin türü ile ilgili verilen tablolardan hangisi en uygundur?

	1. Görsel	2. Görsel	3. Görsel
A)	Öteleme	Dönme	Dönerek Öteleme
B)	Dönme	Öteleme	Dönerek Öteleme
C)	Dönme	Öteleme	Öteleme
D)	Dönme	Dönme	Dönme
E)	Dönerek Öteleme	Dönme	Dönerek Öteleme

**CEVAP: B**

**ÖRNEK:**

Otoyollar inşa edilirken, seyahat eden araçların virajları emniyetli bir şekilde dönebilmesi için;

- I. Yol ile araçların tekerlekleri arasındaki sürtünme kuvvetini azaltacak türden malzemelerin kullanılması
- II. Virajların içe doğru uygun açıyla eğimli olarak inşa edilmesi
- III. Virajların, yarıçapı mümkün olduğu kadar büyük olacak şekilde inşa edilmesi

**eylemlerinden hangileri yapılmalıdır?**

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

**ÇÖZÜM:**

- I. Araçların virajları dönmesini sağlayan kuvvet sürtünme kuvvetidir. Sürtünme azaltılırsa araçların virajı güvenle dönmesi mümkün olmayabilir. **(YANLIŞ)**
- II. Virajların içe doğru eğimli yapılması aracın çembersel yörüngede kalmasını sağlayan tepki kuvvetini oluşturur. **(DOĞRU)**
- III. Belli bir süratle viraja girilince viraj geniş (yarıçapı büyük) alınmaya çalışılır. Yarıçap küçük olursa merkezci kuvvet büyük olur ve sürtünme kuvveti bu merkezci kuvveti sağlayamayabilir. **(DOĞRU)**

**CEVAP: E**

**ÖRNEK:**

Düzensün çembersel hareket yapan bir cismin hareketi süresince,

- I. Çizgisel hızı değişmez.
- II. Açısal hızı değişmez.
- III. Merkezci ivmesinin büyüklüğü değişmez.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

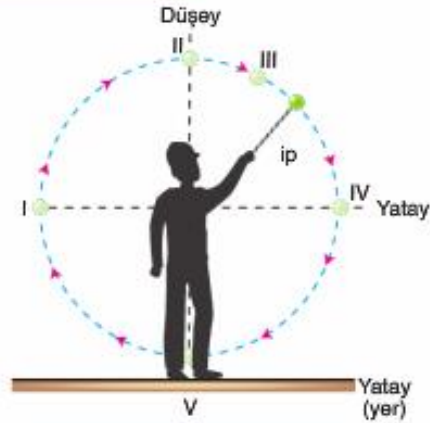
**ÇÖZÜM:**

- I. Düzensün çembersel harekette hız büyüklüğü sabittir ancak hız yönü sürekli değişir. **(YANLIŞ)**
- II. Açısal hız büyüklüğü;  $v = \omega r$  bağıntısına göre sabittir. Yönü sağ el kuralına göre çember düzlemine dik ve sabittir. **(DOĞRU)**
- III. Merkezci ivme; hız büyüklüğü ve yarıçapa bağlıdır ( $\frac{v^2}{r}$ ). Hız büyüklüğü ve yarıçap sabit olduğundan merkezci ivmenin büyüklüğü sabittir ama yönü daima merkeze doğrudur yani değişir. **(DOĞRU)**

**CEVAP: C**

**ÖRNEK:**

Saffet, bir ipin ucuna bağladığı taşı düşey düzlemde şekildeki gibi çembersel yörüngede döndürürken, bir anda ip koparak taştan ayrılıyor.



İpin koptuğu anda taşın hız ve ivme vektörleri birbirine dik olduğuna göre, şekildeki noktaların hangilerinde ip kopmuş olabilir?

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

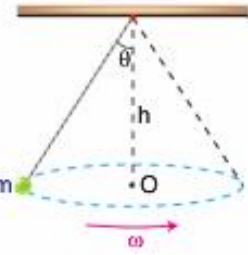
**ÇÖZÜM:**

Taşın ivmesi ip koptuktan sonraki süreçte her an yerçekimi ivmesidir ve düşey aşağı yöndedir. Hız vektörü ivme vektörüne dik olduğuna göre cismin hızı yatay olmalı. II ve V noktalarında hız vektörleri yatay doğrultudadır.

**CEVAP: E**

**ÖRNEK:**

m kütleli bir cisme tavana bağlı ip ile yatay düzlemde sabit  $\omega$  açısal hızıyla, tavadan düşey h kadar uzaktaki O merkezli çembersel hareket yaptırılıyor.



Buna göre cismin açısal hızının büyüklüğünü veren ifade aşağıdakilerden hangisidir? (g: çekim ivmesi)

- A)  $\frac{g}{h}$       B)  $\sqrt{\frac{g}{h}}$       C)  $\frac{g}{\sqrt{h}}$       D)  $\frac{g^2}{h}$       E)  $\sqrt{\frac{h}{g}}$

**ÇÖZÜM:**

Yatayda  $T \sin \theta = m \omega^2 r$

Düşeyde  $T \cos \theta = mg$

Eşitlikleri taraf tarafa

bölürsek;

$$\frac{T \sin \theta = m \omega^2 r}{T \cos \theta = mg} = \tan \theta = \frac{\omega^2 r}{g}$$

şekilde  $\tan \theta = \frac{r}{h}$  olduğundan  $\frac{r}{h} = \frac{\omega^2 r}{g} = \omega = \sqrt{\frac{g}{h}}$  bulunur.

**CEVAP: B**

1. Dakikada 1200 devir yapan çamaşır makinesi kazanının frekansı kaç  $s^{-1}$ 'dir?

- A) 6 B) 8 C) 12 D) 20 E) 24

2. Bir motosikletli 50 m'lik bir virajı 10 m/s sabit süratle dönüyor.

Buna göre motosikletlinin merkezci ivmesi kaç  $m/s^2$ 'dir?

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

3. Düzgün çembersel hareket yapan bir cisim yarıçapı 4 m olan çembersel yörüngede saniyede  $\frac{1}{3}$  tur atmaktadır.

Buna göre, cismin merkezci ivmesi kaç  $m/s^2$  dir? ( $\pi=3$  alınız.)

- A) 4 B) 6 C) 12 D) 16 E) 32

4. Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin;

- I. Açısal hızı  
II. Çizgisel hızı  
III. Açısal ve çizgisel hızı arasındaki açı niceliklerinden hangileri sabittir?

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

5. Düzgün çembersel hareket yapan cisimler için;

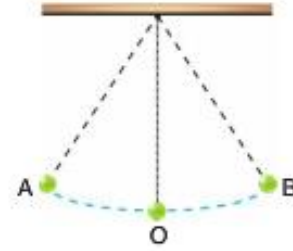
- I. Çizgisel hız ve açısal hız aynı yönlüdür.  
II. Merkezci ivme vektörü yarıçap vektörüne diktir.  
III. Merkezci ivme büyüklüğü sabittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

6. Esnek olmayan yeterince sağlam bir ipile sıkıca bağlanarak tavana asılan bilye şeklindeki gibi direnç kuvvetlerinin ihmal edildiği ortamda A ve B noktaları arasında salınım hareketi yapmaktadır.

Bilyenin A noktasından geçtikten sonra ilk kez yörüngenin en alt noktası olan O noktasından geçişi sırasında bilyeye etkleyen net kuvvetin  $F_{net}$  bilyenin merkezci ivmesinin  $a$  ve çizgisel hızının  $v$  olduğu biliniyor.



Buna göre  $F_{net}$ ,  $a$  ve  $v$ 'nin yönü aşağıdakilerden hangisinde doğru gösterilmiştir?

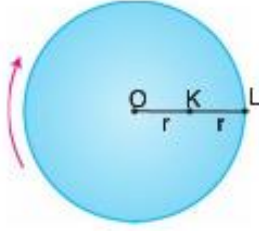
- A)  $F_{net}$  ↑  $a$  ↑  $v$  ←  
B)  $F_{net}$  ↓  $a$  →  $v$  →  
C)  $F_{net}$  ↑  $a$  ↑  $v$  →  
D)  $F_{net}$  ↓  $a$  →  $v$  ←  
E)  $F_{net}$  →  $a$  →  $v$  →

7. 1m uzunluğundaki ipin ucuna bağlanan 2kg kütleli cisim düşey düzlemde çembersel hareket yapmaktadır.

Cisim yörüngenin en alt konumunda iken hızının büyüklüğü 5 m/s olduğuna göre bu konumda ipteki gerilme kaç newton'dur? ( $g=10$  N/kg)

- A) 25 B) 40 C) 50 D) 60 E) 100

8. O merkezi etrafında ok yönünde sabit süratle dönen  $2r$  yarıçaplı diskin üzerindeki K ve L noktalarının çizgisel süratleri sırasıyla  $\hat{\theta}_K$  ve  $\hat{\theta}_L$ ; açısal süratleri sırasıyla  $\omega_K$  ve  $\omega_L$ 'dir.



Buna göre;

- I.  $\omega_K = \omega_L$ 'dir.
- II.  $\hat{\theta}_K = \hat{\theta}_L$ 'dir.
- III.  $\hat{\theta}_K < \hat{\theta}_L$ 'dir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

9.  $r$  yarıçaplı çembersel yörüngede sabit süratle dolanan bir cismin çizgisel sürati  $12 \text{ m/s}$ , açısal sürati  $4 \text{ rad/s}$  dir.

Buna göre cismin merkezciil ivmesinin büyüklüğü kaç  $\text{m/s}^2$ 'dir?

- A) 3      B) 12      C) 24      D) 36      E) 48

10. Bir ipe bağlı P ağırlıklı cisme düşey düzlemde çembersel hareket yaptırılıyor.

Cisim yörüngelin en alt noktasında iken yerdeki gözlemciye göre cisme etki eden kuvvetler aşağıdakilerden hangisinde doğru gösterilmiş olabilir?

(Kuvvet vektörlerinin uzunlukları, kuvvet büyüklüğü ile orantılı çizilmiştir. T: ipteki gerilme)

- A)      B)      C)      D)      E)

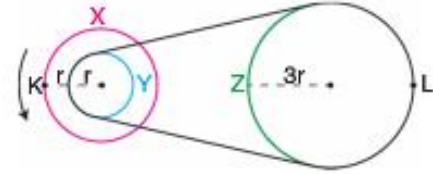
11. Yarıçapları farklı yörüngelerde eşit periyotlarla düzgün çembersel hareket yapan X ve Y cisimlerinin;

- I. Çizgisel hız büyüklükleri
- II. Açısal hız büyüklükleri
- III. Merkezciil ivmeleri

niceliklerinden hangileri kesinlikle farklıdır?

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

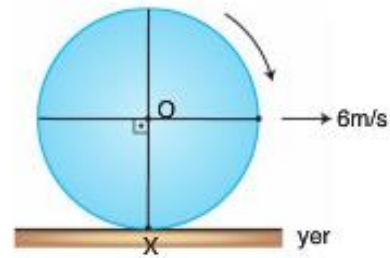
12. Şekildeki düzenekte yarıçapları sırasıyla  $2r$ ,  $r$  ve  $3r$  olan X, Y ve Z kasnaklarından X kasnağı ile Y kasnağı eş merkezlidir.



X kasnağı ok yönünde sabit süratle döndürülürken K ve L noktalarının çizgisel hızlarının büyüklükleri oranı kaç olur?

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

13. Şekildeki tekerlek  $6 \text{ m/s}$  hızla dönerek ilerliyor.



Buna göre X noktası şekildeki konumda iken yere göre hızının büyüklüğü kaç  $\text{m/s}$ 'dir?

- A) 0      B) 6      C)  $6\sqrt{2}$       D) 2      E)  $3\sqrt{2}$

14. Düzgün çembersel hareket yapmakta olan bir cismin periyodu  $T$ 'dir. Bu cismin  $\frac{T}{3}$  ve  $\frac{T}{4}$  sürelerdeki hız değişimi büyüklüğü sırasıyla  $v_1$  ve  $v_2$ 'dir.

Buna göre  $\frac{v_1}{v_2}$  oranı kaçtır?

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

15. Bir ucu etrafında sabit açısal hızla döndürülen bir çubuğun uç noktasındaki bir karıncanın ivmesinin büyüklüğünün, çubuğun orta noktasındaki başka bir karıncanın ivmesinin büyüklüğüne oranı kaçtır? (Karıncalar çubuğa göre durgundur.)

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

16. Bir cisim  $r$  yarıçaplı yörüngede düzgün çembersel hareket yapıyor.

Buna göre;

- I. cismin çizgisel hızı,  
II. cismin açısal hızı  
III. cismin merkezci ivmesi,

niceliklerinden hangilerinin yönü sabittir?

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

17. Traktörlerin ön tekerleri arka tekerlerinden daha küçüktür.



Buna göre sabit hızla giden bir traktör için;

- I. Ön tekerin çizgisel hızının büyüklüğü arka tekerine eşittir.  
II. Ön tekerin açısal hızının büyüklüğü arka tekerine eşittir.  
III. Ön ve arka tekerlerin lastiğinin dış kısmından kopan çamur parçalarının koptuğu andaki çizgisel hızları eşittir.

yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

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

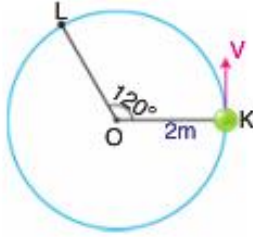
18. Aynı yolda arka arkaya ilerleyen X ve Y araçları birbirine fazlaca yaklaştıkları anda X aracının şoförü hafifçe frene basarak aracı yavaşlatmakta, Y aracının şoförü ise gaza basarak aracı hızlandırmaktadır.



Buna göre araçların tekerlerinin yukarıda anlatılan andaki dönüş yönü aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

	A aracı	Y aracı
A)	1	1
B)	1	2
C)	2	2
D)	2	1
E)	Durgun	Durgun

1. Bir cisim O merkezli, 2m yarıçaplı çembersel yörüngede V sabit süratle hareket etmektedir. Cisim K noktasından geçtikten 2 saniye sonra L noktasından ilk kez geçiyor.



Buna göre;

- I. Cismin periyodu 6 sn'dir.
- II. Cismin açısal hızın büyüklüğü 2 m/s 'dir.
- III. Cismin açısal hızının büyüklüğü 1 m/s 'dir.

yargılarından hangileri doğrudur? ( $\pi=3$  alınız.)

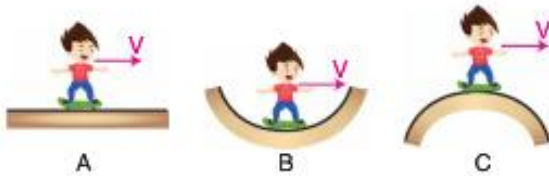
- A) Yalnız I      B) Yalnız II      C) I ve II  
D) II ve III      E) I, II ve III

2. r yarıçaplı çembersel yörüngede sabit süratle dolanan bir cismin çizgisel sürati v m/s, açısal sürati  $\omega$  rad/s'dir.

Buna göre, bu cismin merkezci ivmesinin büyüklüğü v ve  $\omega$  cinsinden nedir?

- A)  $\frac{v}{\omega}$       B)  $v \cdot \omega$       C)  $\frac{v^2}{\omega}$       D)  $\frac{\omega^2}{v}$       E)  $v^2 \cdot \omega$

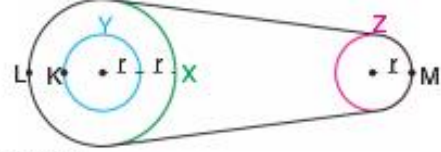
3. Aynı büyüklükte hızlarla şekilde gösterilen yolların A, B, C noktalarından geçen eşit kütleli kaykaycılara yerin tepkisi sırasıyla  $N_A$ ,  $N_B$ ,  $N_C$  'dir.



Buna göre  $N_A$ ,  $N_B$ ,  $N_C$  arasındaki ilişki nedir?

- A)  $N_A = N_B = N_C$       B)  $N_B < N_A < N_C$   
C)  $N_C < N_A < N_B$       D)  $N_A < N_B = N_C$   
E)  $N_C = N_B < N_A$

4. Yarıçapları verilen eş merkezli X, Y kasnakları ve Z kasnağı ile kurulmuş şekildeki düzende Z kasnağının döndürülmesi ile kasnaklar sabit açısal hızlarla dönmektedir.



Buna göre;

- I. K noktasının çizgisel hızının büyüklüğü M noktasının çizgisel hızının büyüklüğünün yarısıdır.
- II. K noktasının açısal hız büyüklüğü M noktasının açısal hız büyüklüğünün yarısıdır.
- III. L ve M noktalarının açısal hızları eşittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

F  
A  
Y

5. O noktası etrafında serbestçe dönebilen eşit bölmeli kütlesi önemsiz çubuk üzerine yapıştırılan 3m ve 4m kütleli K ve L cisimleri yatay konumda tutulmaktadır.



Buna göre çubuk serbest bırakıldıktan sonra düşey konumdan geçerken K ve L cisimlerin kinetik enerjileri  $\frac{E_K}{E_L}$  oranı kaçtır?

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

6. Yarıçapı 4 m olan çembersel yörüngede sabit süratle dönen dönme dolabın açısal süratı 3 rad/s olduğuna göre;

- I. Dönme dolabın periyodu 2 saniyedir.  
 II. Dönme dolabın çizgisel hızının büyüklüğü 12 m/s'dir.  
 III. Dönme dolabın merkezci ivmesi 36 m/s<sup>2</sup>'dir.

Yargılarından hangileri doğrudur? ( $\pi=3$  alınız.)

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

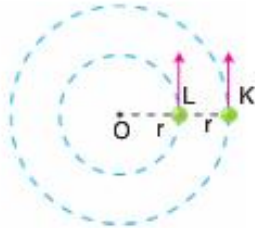
8. 0,5 m yarıçaplı içi boş silindir, merkezinden geçen düşey eksen etrafında sabit  $\omega$  açısal süratıyla döndürülürken iç yüzeyindeki m kütleli cisim silindire göre kaymadan durabilmektedir.



Cisimle silindir arasındaki sürtünme katsayısı 0,2 olduğuna göre  $\omega$  en az kaç rad/s dir? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 12      B) 10      C) 8      D) 5      E) 1

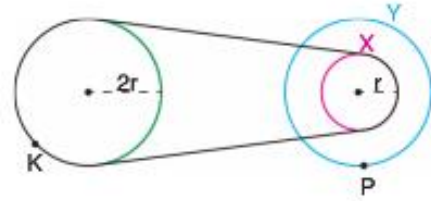
7. Periyotları sırasıyla 3s ve 6s olan K, L cisimleri  $t=0$  anında şekildeki konumlardan gösterilen yönlerde geçiyor.



K ve L cisimlerinin sabit süratlerle izledikleri çembersel yörünge yarıçapları sırasıyla r ve 2r olduğuna göre  $t=2020 \text{ s}$  anında cisimlerin yarıçap vektörleri arasındaki açı kaç derecedir?

- A) 0°      B) 30°      C) 120°      D) 135°      E) 180°

9. Şekildeki düzende X ve Y eksenleri çakışacak biçimde perçinlenmiştir.



Düzenek çalışırken K noktasının  $a_K$  ve P noktasının  $a_P$  merkezci ivmelerin büyüklükleri oranı  $\frac{a_K}{a_P}$  nedir?

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

10. Bir otomobil sürtünmelerin önemsenmediği 30 metre yarıçaplı, 37° eğimli bir virajı dönecektir.

Otomobilin virajı savrulmadan dönebilmesi için çizgisel sürat kaç m/s olmalıdır?

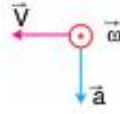
- A) 3      B) 5      C) 10      D) 15      E) 20

11. Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin periyodu  $T$  saniyedir. Belli bir anda cismin;

$\vec{\omega}$  : Açısal hız

$\vec{V}$  : Çizgisel hız

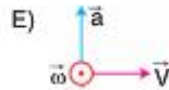
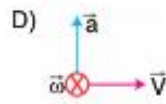
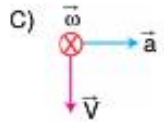
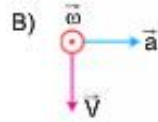
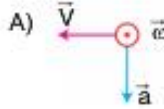
$\vec{a}$  : Merkezci ivme



vektörleri şekildedeki gibidir.

Buna göre şekildedeki andan  $\frac{T}{2}$  saniye sonra cismin açısal hız, çizgisel hız, merkezci ivme vektörleri aşağıdakilerden hangisi gibi olur?

(⊙ sayfa düzleminde dışa doğru, ⊗ sayfa düzleminde içeri doğru)



12. Yatay sürtünmesiz düzlemde  $r$  yarıçaplı yörüngede düzgün çembersel hareket yapan bir cismin aynı yörüngede kalacak şekilde periyodu azaltılıyor.

Buna göre cisme ait

- I. Açısal hız
- II. Kinetik enerji
- III. Merkezci ivme

niceliklerinden hangileri artar?

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

13. Düzgün bir manyetik alana dik olarak giren bir elektron düzgün çembersel hareket yapar.

Buna göre ;

- I. Elektronuna etki eden manyetik kuvvet elektronun çembersel hareket yapmasını sağlayan merkezci kuvveti oluşturur.
- II. Elektronun ilk hızı elektronun çizdiği çembersel yörüngesinin yarıçapını etkiler.
- III. Aynı manyetik alana elektron yerine, aynı momentuma sahip bir proton girseydi çembersel yörüngesinin yarıçapı daha küçük olurdu.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

14. Sabit süratle çembersel bir virağı dönen araca dönüş boyunca etki eden;

- I. sürtünme kuvvetinin büyüklüğü
- II. sürtünme kuvvetinin yönü,
- III. merkezci kuvvet,

niceliklerinden hangileri sabittir?

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

15. Ecem ve Buse bir tahterevallide sallanacaklardır. Ecem ve Buse tahterevalliyi birbirini dengeleyecek şekilde yerleşiyorlar ve sallanmaya başlıyorlar.

Ecem'in kütlesi Buse'ninkinden büyük olduğuna göre salınma esnasında Ecem'in;

- I. çizgisel sürati,
- II. açısal sürati,
- III. kinetik enerjisi,

niceliklerinden hangileri Buse'ninkinden daha küçüktür?

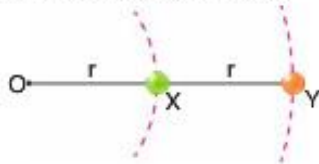
- A) Yalnız I      B) Yalnız II      C) Yalnız III  
D) I ve III      E) I, II ve III



1. Düzgün çembersel hareket yapan bir hareketlinin sabit kalan ve değişen birer nicelliği aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

Sabit kalan nicelik	Değişen nicelik
A) İvme	Net kuvvet
B) Hız	İvme
C) Net kuvvet	Hız
D) Hız	Net kuvvet
E) Sürat	İvme

2. Uzunluğu  $2r$  olan bir ipin ortasına X cismi ucuna Y cismi bağlanıp cisimlere yatay sürtünmesiz düzlemda düzgün çembersel hareket yaptırılıyor.

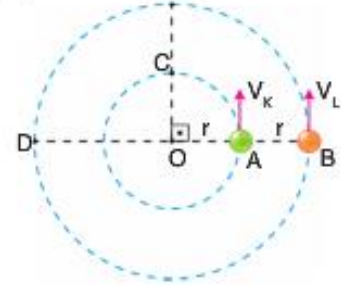


Cisimlerin kinetik enerjileri eşit olduğuna göre

kütleleri oranı  $\frac{m_X}{m_Y}$  kaçtır?

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

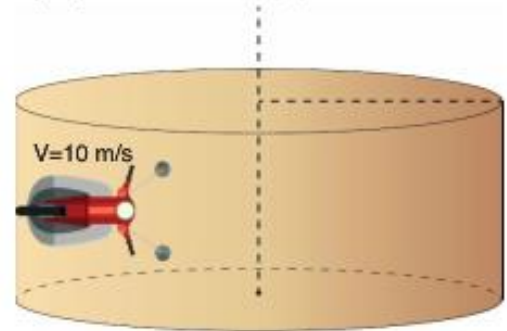
3. K ve L cisimleri şekildeki gibi O merkezli farklı yörüngelerde sabit büyüklükteki çizgisel hızları ile çembersel hareket yapmaktadır.



K cisminin A'dan C'ye gelme süresi L cisminin B'den D'ye gelme süresine eşit olduğuna göre cisimlerin çizgisel hızları büyüklükleri oranı  $\frac{V_K}{V_L}$  ve açısal hızları büyüklükleri oranı  $\frac{\omega_K}{\omega_L}$  kaçtır?

Çizgisel hızları oranı	Açısal hızları oranı
A) 1/4	1/2
B) 1/4	1/4
C) 1/2	1/4
D) 1/2	1/2
E) 1	1

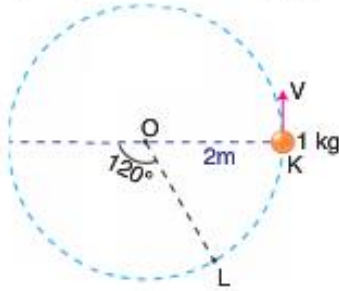
4. Bir motosikletin göstere yaptığı silindirin yarıçapı 5m olup 10 m/s'lik çizgisel hızla silindir içinde kaymadan düzgün çembersel hareket yapabilmektedir.



Buna göre, tekerlek ile yüzey arasındaki sürtünme katsayısının minimum değeri kaçtır? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) 0,1 B) 0,2 C) 0,5 D) 0,6 E) 0,8

5. Bir ucu O noktasına bağlanan 2m uzunluğundaki ipin ucuna bağlı 1 kg kütleli cisim yatay sürtünmesiz düzlemde düzgün çembersel hareket yapıyor.



İpteki gerilme kuvveti 2N olduğuna göre cisim şekildedeki K noktasını geçtikten kaç s sonra ilk kez L noktasından geçer? ( $\pi=3$  alınız.)

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

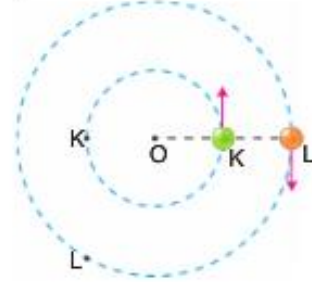
6.  $r$  yarıçaplı yörüngede  $V$  çizgisel hızı ile düzgün çembersel hareket yapmakta olan  $m$  kütleli cismin hızının büyüklüğü değiştirilmeden kütlesi artırılırsa cismin;

- I. Periyodu  
II. Merkezci ivmesi  
III. Merkezci kuvveti

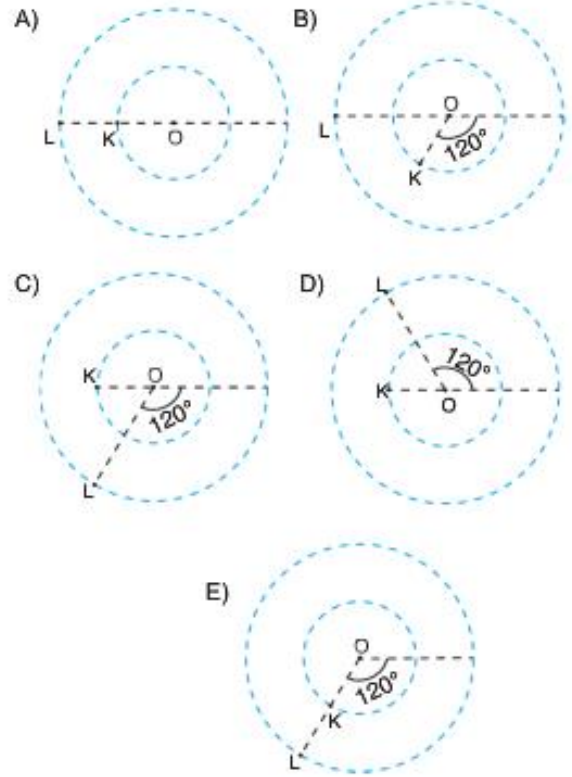
niceliklerinden hangileri artar?

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

7. Aynı düzlemde O noktası etrafında sırası ile 4s ve 3s periyotlarla düzgün çembersel hareket yapan K ve L cisimleri ok yönlerinde dönmektedir.



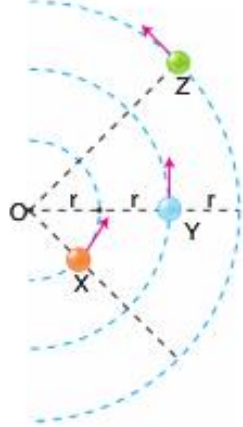
Buna göre cisimlerin şekildedeki konumdan geçtikten 26s sonraki konumları aşağıdakilerden hangisi gibi olabilir?



8. Tekerleklerle yol arasında sürtünme kat sayısı 0,2 olan bir araba 400 m yarıçaplı yatay bir viraja 15 m/s hızla girerse ne olur? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- A) Dışa savrulur.  
B) İçte devrilir.  
C) Güvenli biçimde virajı alır.  
D) Viraja girdiği noktadaki teğet doğrultusunda gider.  
E) Viraj yayının orta noktasındaki teğet doğrultusundan geçer.

9. O merkezli dairesel pist etrafında düzgün çembersel hareket yapan X, Y ve Z araçlarının frekansları sırasıyla  $3f$ ,  $2f$  ve  $f$ 'dir.



Buna göre araçların çizgisel hızları büyüklükleri  $V_X$ ,  $V_Y$ ,  $V_Z$  arasındaki ilişki nedir?

- A)  $V_X < V_Y < V_Z$       B)  $V_Z < V_Y < V_X$   
 C)  $V_X < V_Z < V_Y$       D)  $V_X = V_Z < V_Y$   
 E)  $V_Y < V_X = V_Z$

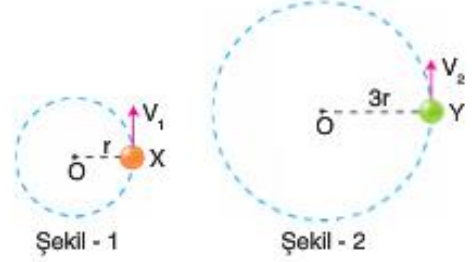
10. Düzgün çalışan mekanik bir saat ile ilgili;

- I. Akrep ve yelkovanın açısal hızları her an aynı yönlüdür.  
 II. Akrep ve yelkovanın çizgisel hızları her an aynı yönlüdür.  
 III. Akrebin periyodu yelkovanın periyodundan büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

11.  $m$  kütleli X ve Y cisimleri  $r$  ve  $3r$  yarıçaplı çembersel yörüngelerde  $3T$  ve  $T$  periyotlarla dönmektedir.



Şekil - 1

Şekil - 2

Buna göre cisimlere etki eden merkezli kuvvetlerin büyüklükleri oranı  $\frac{F_X}{F_Y}$  kaçtır?

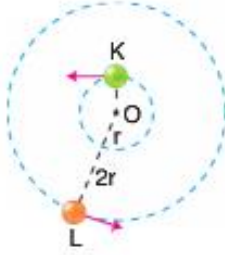
- A)  $\frac{1}{81}$       B)  $\frac{1}{27}$       C)  $\frac{1}{9}$       D)  $\frac{1}{3}$       E) 1

12. Uzaktan kontrollü bir oyuncak araç, kumandasındaki arıza nedeniyle direksiyonu sağ yapmışken kilitleniyor. Araba 5 metrelik bir çembersel yörüngede 6 saniyede bir turunu tamamlayarak hareketine devam ediyor.

Arabanın kütlesi 200 gram olduğuna göre hareketi süresince arabaya etki eden net kuvvet kaç newtondur? ( $\pi=3$  alınız.)

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

1. Kütleleri sırasıyla  $2m$  ve  $m$  olan K, L cisimleri O merkezli dairesel pist etrafında düzgün çembersel hareket yaparken çizgisel momentumları eşit büyüklüktedir.



Buna göre, K ve L cisimlerine etki eden merkezci kuvvetlerin büyüklükleri oranı  $\frac{F_K}{F_L}$  kaçtır?

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

2. Aşağıda verilen çembersel yörüngedeki hareketlilerden;

- Bir gezegen etrafında çembersel yörüngede dolağan bir uyduya yörüngenin tüm noktalarında,
- Düşey sürtünmesiz raya yeterince yüksekte serbest bırakılan bir arabanın rayın çembersel bölümünde,
- Yatay sürtünmeli çembersel bir virajı sabit süratle dönen arabaya viraj boyunca,

etki eden merkezci kuvvetlerden hangilerinin büyüklüğü sabittir?

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

3. Küçük K, L cisimleri kütlesi önemsenmeyen eşit bölümlü ve esnek olmayan ince bir çubuğun uçlarına şekildedeki gibi bağlanmıştır. Bu düzenek O noktasından geçen düşey eksen çevresinde yatay düzlemde serbestçe dönüyor.



K'nin kütlesi  $3m$ , L'ninki  $m$  olduğuna göre herhangi bir anda;

- K ve L'nin açısal hızları birbirine eşittir.
- K ve L'nin çizgisel hızları birbirine eşittir.
- K ve L'ye etki eden merkezci kuvvetlerin büyüklükleri birbirine eşittir.

yargılarından hangileri doğrudur?

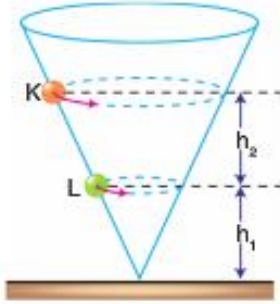
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II  
D) I ve III E) II ve III

4. K ve L cisimleri sırasıyla  $r$  ve  $2r$  yarıçaplı yörüngelerde düzgün çembersel hareket yaparken kinetik enerjileri eşittir.

Buna göre, K ve L cisimlerine etki eden merkezci kuvvetlerin büyüklükleri oranı  $\frac{F_K}{F_L}$  kaçtır?

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

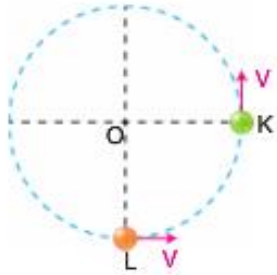
5. K ve L cisimleri şekildeki koni içerisinde sırasıyla  $V$ ,  $2V$  büyüklüğündeki hızlarla yatay düzlemde düzgün çembersel hareket yapıyorlar.



Cisimlerle koni arasındaki sürtünme önemsiz olduğuna göre  $\frac{h_1}{h_2}$  oranı kaçtır?

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

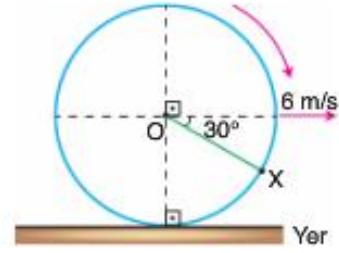
6. Bir cisim 8 m yarıçaplı çembersel yörüngede düzgün çembersel hareket yapmaktadır. Cisim K noktasından geçtikten 14 saniye sonra ikinci kez L noktasından geçiyor.



Cismin kütlesi 2 kg olduğuna göre cisme etki eden merkezci kuvvet kaç N olur? ( $\pi = 3$  alınız.)

- A) 7 B) 8 C) 9 D) 10 E) 14

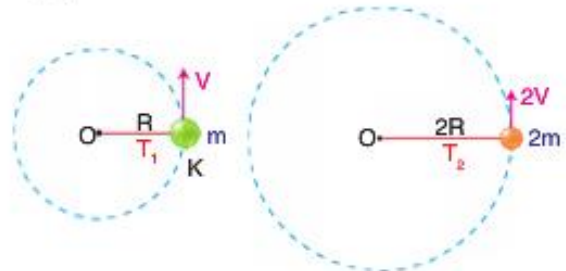
7. Şekildeki tekerlek 6 m/s büyüklüğündeki hızla kaymadan dönerek ilerlemektedir.



Buna göre şekilde gösterilen anda X noktasının yere göre hız büyüklüğü kaç m/s dir?

- A) 0 B) 6 C)  $6\sqrt{2}$   
D) 2 E)  $3\sqrt{2}$

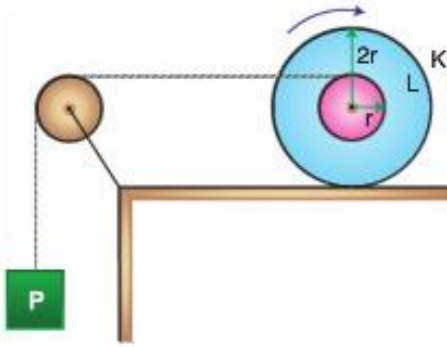
8. Kütleleri sırasıyla  $m$ ,  $2m$  olan K, L cisimleri R,  $2R$  boyundaki iplerin ucuna bağlanıp yatay düzlemde şekildeki gibi  $V$ ,  $2V$  hızlarla düzgün çembersel hareket yapmaktadır.



Buna göre iplerde oluşan gerilme kuvvetleri oranı  $\frac{T_1}{T_2}$  kaçtır?

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

9. Şekildeki düzende  $2r$  yarıçaplı K kasnağı ile  $r$  yarıçaplı L kasnağı birbirine perçinlenmiştir.



Buna göre, perçinli K, L kasnakları ok yönünde kaymadan dönerek yatayda  $h$  yolunu aldığı anda P cisim düşeyde kaç  $h$  yol alır?

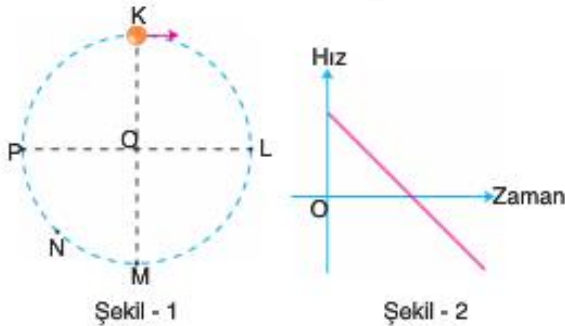
- A)  $\frac{1}{3}$  B)  $\frac{3}{2}$  C) 1 D) 2 E) 4

11. Çembersel bir pistte yarıçapları sırasıyla  $r$  ve  $2r$  olan kulvarlardaki X ve Y araçlarının hızlarının büyüklüğü araçları pistte tutacak maksimum değerinde ve sabittir. X ve Y araçları ile yol arasındaki sürtünme katsayıları sırasıyla  $k$  ve  $2k$ ; araçların periyotları ise  $T_1$  ve  $T_2$ 'dir.

Buna göre bu araçların periyotları oranı  $\frac{T_1}{T_2}$  kaçtır?

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

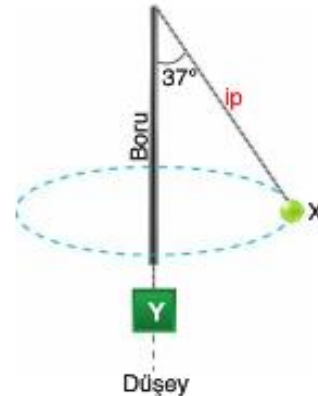
10. Bir ipin ucuna bağlanmış cisme Şekil-1'deki gibi düşey düzlemde çembersel hareket yaptırılıyor.



Buna göre cisim hangi noktadan geçerken ip koparsa cismin bu andan itibaren yaptığı hareketin hız-zaman grafiği şekildeki gibi olur?

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

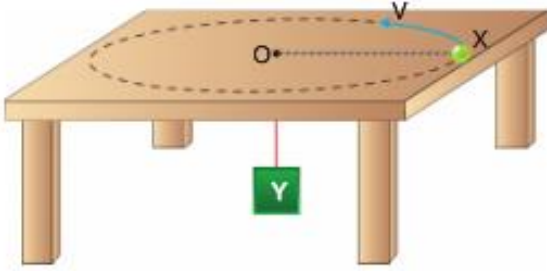
12. Sürtünmesi önemsiz bir borudan geçirilmiş ipin uçlarına bağlanmış X ve Y cisimlerinden X cismine şekildeki gibi düzgün çembersel hareket yaptırılırken, Y dengede kalıyor.



Y cisminin ağırlığı  $15N$  olduğuna göre X cismine etki eden net kuvvet kaç  $N$  olur?

- A) 6 B) 9 C) 12 D) 15 E) 18

1. Sürtünmesiz yatay masada açılan bir delikten geçirilen ipin uçlarına X ve Y cisimleri bağlanmıştır. X cismine düzgün çembersel hareket yaptırınca Y cisminin konumu değişmiyor.



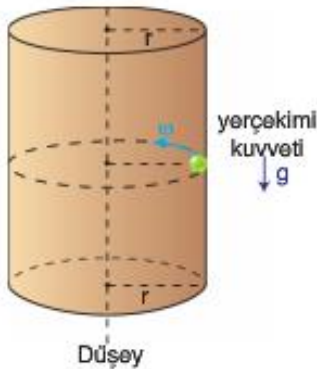
Buna göre;

- I. İpteki gerilme Y cisminin ağırlığına eşit büyüklüktedir.
- II. X cismine etki eden net kuvvet ipteki gerilme eşittir.
- III. Y cismine etki eden net kuvvet X cismine etki eden merkezci kuvvete eşit büyüklüktedir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

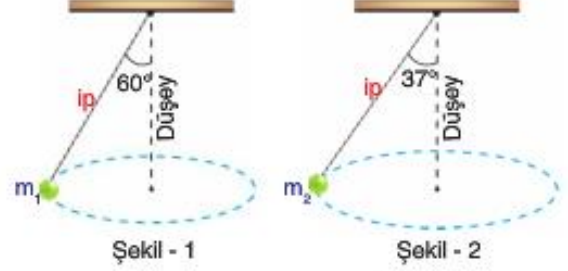
2.  $m$  kütleli bir cisim,  $r$  yarıçaplı düşey silindirin iç yüzeyinde silindire göre kaymadan sabit  $\omega$  açısal hızı ile şekilde gösterildiği gibi düşey eksen etrafında dönmektedir.



Buna göre cisimle yüzey arasındaki sürtünme katsayısını veren ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A)  $\frac{gr}{\omega}$       B)  $\frac{gr}{2}$       C)  $\frac{\omega^2 r}{g}$   
D)  $\frac{\omega^2}{gr}$       E)  $\frac{g}{\omega^2 r}$

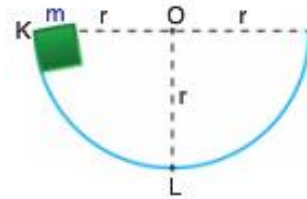
3.  $m_1$  ve  $m_2$  kütlelerine, boyları  $L_1$  ve  $L_2$  olan iplere bağlı iken eşit periyotlarla yatay düzlemde düzgün çembersel hareket yaptırıldığında iplerin düşeyle yaptığı açılar sırasıyla  $30^\circ$  ve  $37^\circ$  oluyor.



Buna göre iplerin boyları oranı  $\frac{L_1}{L_2}$  kaçtır?  
( $\cos 60^\circ = 0,5$ ;  $\cos 37^\circ = 0,8$ )

- A)  $\frac{5}{8}$       B)  $\frac{3}{4}$       C) 1      D)  $\frac{4}{3}$       E)  $\frac{6}{5}$

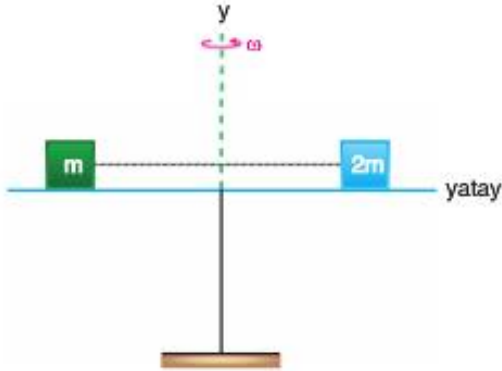
4. Şekildeki O merkezli,  $r$  yarıçaplı sürtünmesiz çembersel rayın K noktasındaki boyutları küçük  $m$  kütleli cisim serbest bırakılıyor.



Buna göre cisim L noktasından geçerken rayın cisme uyguladığı tepki kuvveti ağırlığın kaç katıdır?

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

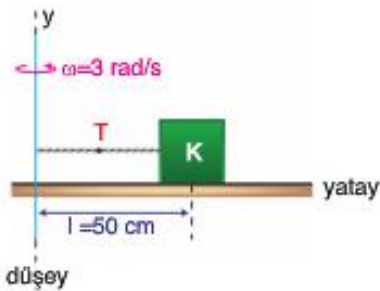
5. Şekildeki sürtünmesiz yatay tabla üzerinde birbirine bağlı  $m$ ,  $2m$  kütleli cisimler, tabla  $Y$  eksenini etrafında  $\omega$  açısal hızı ile dönerken tablaya göre durgun haldedir.



İpin uzunluğu  $L$  olduğuna göre  $m$  kütleli cismin dönme eksenine uzaklığı kaç  $L$ 'dir?

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

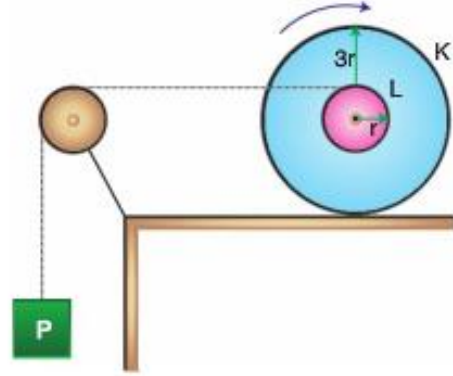
6. Kütleli  $2 \text{ kg}$  olan boyutları küçük bir  $K$  cisim  $50 \text{ cm}$  boyundaki ip ile dikey çubuğa bağlanmıştır. Cisim yatay sürtünmesiz tabla ile birlikte  $\omega = 3 \text{ rad/s}$  açısal hızla döndürülüyor.



Buna göre ipte oluşan gerilme  $T$ , kaç  $N$  olur?

- A) 1 B) 3 C) 6 D) 9 E) 18

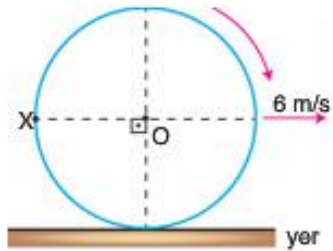
7. Şekildeki düzenekte  $3r$  yarıçaplı  $K$  kasnağı ile  $r$  yarıçaplı  $L$  kasnağı birbirine perçinlenmiştir.



Buna göre, perçinli  $K$ ,  $L$  kasnakları ok yönünde kaymadan dönerek yatayda  $h$  yolunu aldığı anda  $P$  cisim düşeyde  $h$  yol alır?

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

8. Şekildeki tekerlek  $6 \text{ m/s}$  hızla dönerek ilerliyor.

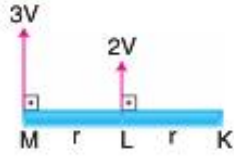


Buna göre  $X$  noktası şekildeki konumdan geçen yere göre hızının büyüklüğü kaç  $\text{m/s}$ 'dir?

- A) 6 B)  $6\sqrt{2}$  C) 12 D)  $8\sqrt{2}$  E) 20



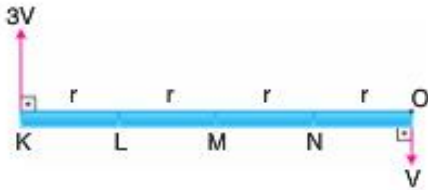
9. Yatay sürtünmesiz bir masada dönme hareketi yapan  $2r$  uzunluğundaki bir çubuğun M ve L noktalarının anlık hız vektörleri, şekildeki gibi çubuğa dik ve büyüklükleri sırasıyla  $2V$  ve  $3V$ 'dir.



Buna göre çubuğun şekildeki anda dönme merkezinin, K noktasına uzaklığı kaç  $r$ 'dir?

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

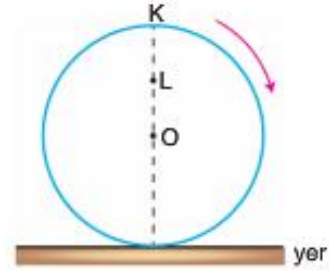
10. Yatay sürtünmesiz bir masada dönme hareketi yapan  $4r$  uzunluğundaki bir çubuğun K ve O noktalarının anlık hız vektörleri, şekildeki gibi çubuğa dik ve büyüklükleri sırasıyla  $3V$  ve  $V$ 'dir.



Buna göre çubuğun şekildeki anda dönme merkezinin, O noktasına uzaklığı kaç  $r$ 'dir?

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

11.  $t$  saniyede bir tam turunu tamamlayıp, kaymadan dönerek öteleme hareketi yapan O merkezli teker üzerindeki L noktasının yere göre anlık hızının büyüklüğü şekildeki konumdayken  $V_1$  şekildeki konumdan  $\frac{t}{4}$  saniye sonra  $V_2$ ,  $\frac{3t}{4}$  saniye sonra  $V_3$ 'tür.



Buna göre  $V_1, V_2, V_3$  arasındaki ilişki nedir?

- A)  $V_1 = V_2 = V_3$  B)  $V_1 > V_2 > V_3$   
C)  $V_1 > V_2 = V_3$  D)  $V_3 > V_2 > V_1$   
E)  $V_2 > V_1 = V_3$

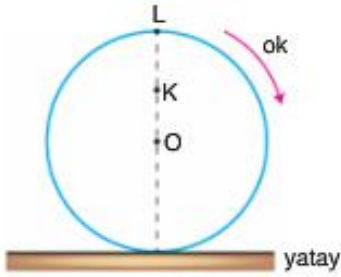
12. Yatay bir otoyolda eşit aralıklı bitişik şeritlerde sabit ve eşit süratlerle dönen K, L, M araçlarının kütleleri eşittir. Araçlara etki eden merkezci kuvvetlerin büyüklükleri sırasıyla  $F_K, F_L$  ve  $F_M$ 'dir.



$\frac{F_L}{F_K} = \frac{4}{3}$  olduğuna göre  $\frac{F_M}{F_K}$  oranı kaçtır?

- A) 2 B)  $\frac{6}{5}$  C)  $\frac{5}{4}$  D)  $\frac{4}{3}$  E)  $\frac{5}{3}$

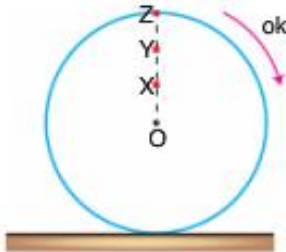
1. O merkezli bir teker kaymadan ok yönünde dönerek öteleme hareketi yapmaktadır. Bu tekerlek üzerindeki K noktasının yere göre anlık hız büyüklüğünün  $V$ 'dir.



Buna göre L noktası ilk kez yere temas ettiği anda K noktasının yere göre anlık hızının büyüklüğü kaç  $v$ 'dir? ( $|OK|=|KL|$ )

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

2. O noktasından geçen yatay sürtünmesiz mifle takılı demirden yapılmış bir diske özdeş X, Y, Z mıknatısları şekildeki gibi manyetik etki ile tutturulmuştur. Disk durgun iken artan açısal hızla döndürülmeye başlanıyor.



Diskin açısal hızı arttıkça X, Y, Z mıknatıslarının durumu için aşağıdakilerden hangisi doğrudur? (Mıknatısların birbirine uyguladığı manyetik kuvvet önemsizdir)

- A) Önce X, sonra Y, sonra Z mıknatısı diskten savrulur kopar.  
B) Önce Z, sonra Y, sonra X mıknatısı diskten savrulur kopar.  
C) X, Y, Z mıknatısları aynı anda diskten savrulur kopar.  
D) Önce Y, sonra X, sonra Z mıknatısı diskten savrulur kopar.  
E) Disk ne kadar hızlandırılrsa da mıknatıslar disk ile beraber dönmeye devam eder.

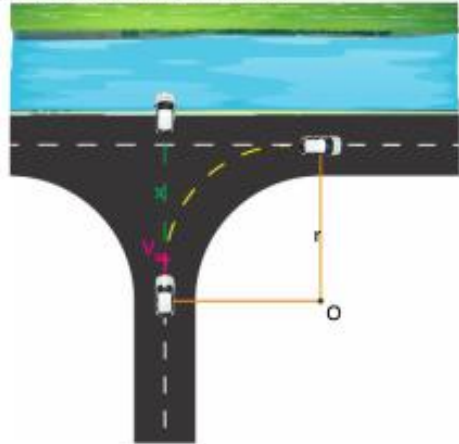
3. İnsan yürüyüşünü, zemine bastığı nokta etrafında vücuda çembersel hareket yaptırarak ilerlemek olarak modelleyebiliriz. Bu basitçe modellemede bir insanın kütle merkezini kalçası olarak alırsak bacak boyuna göre insanın yürürken ulaşabileceği en büyük hız değeri bulunabilir. Bu değerden daha büyük hızla yürürsek koşma hareketi yapmış oluruz ki bu durumda ayakların zaman zaman yerle temasının kesildiğini gözlemleriz.



Buna göre bacak boyu  $L$  metre olan bir kişinin en büyük yürüme hızının aşağıdakilerden hangisi olur? ( $g$ : yerçekimi ivmesi)

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

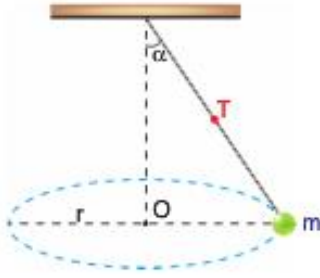
4. Bir viraja  $v_0$  hızıyla gelen sürücü ilerde nehri görünce önünde iki seçenek olduğunu düşünür. Ya frene basıp duracak, ya da  $v_0$  büyüklüğündeki hızla virajı alacak. Sürücü frene basarsa sabit ivme ile nehre kadar olan  $X$  mesafesini alıp durabiliyor.



Buna göre  $X$  mesafesi viraj yarıçapının en az kaç katı olmalı ki sürücü  $v_0$  büyüklüğündeki hız ile virajı güvenle dönebilsin?

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

5.  $m$  kütleli cisim  $L$  uzunluğundaki ipin ucuna asılarak çembersel yörüngede sabit süratle döndürülüyor.

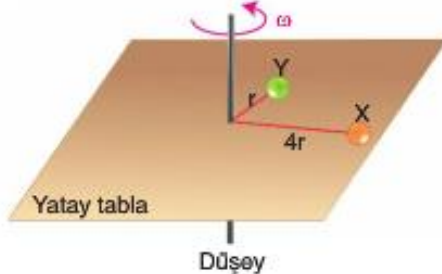


Cismin dönüşü esnasında ip düşeyle  $\alpha$  açısı yaptığını göre, cismin  $\omega$  açısal hız büyüklüğünü veren ifade aşağıdakilerden hangisidir?

- A)  $\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \alpha}}$       B)  $\omega = \sqrt{g \cdot L \cdot \tan \alpha}$   
 C)  $\omega = \sqrt{\frac{g}{L} \cos \alpha}$       D)  $\omega = \sqrt{\frac{g \cdot \tan \alpha}{L}}$   
 E)  $\omega = \sqrt{\frac{g}{L} \sin \alpha}$

6. Düşey eksendeki mile yatay olarak sabitlenmiş tabla üzerinde özdeş X ve Y madeni paraları  $r$  ve  $4r$  uzaklıkta durmaktadır.

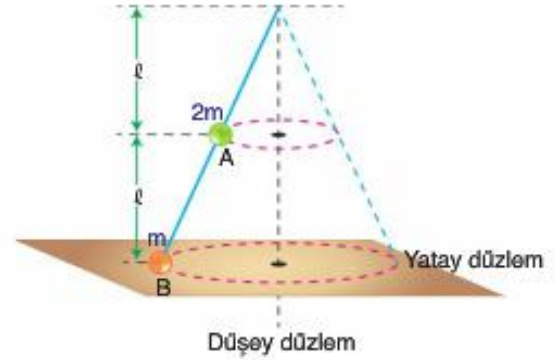
Tabla durgunken açısal hızı düzgünce artırılmaya başlandıktan  $t$  saniye sonra X madeni parası tabla üzerinde kaymaya başlıyor.



Buna göre Y madeni parası başlangıçtan kaç saniye sonra kaymaya başlar? (Kayma hareketi sadece tabloya göre merkezden dışarı doğru gerçekleşmektedir.)

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

7. Esnemez bir çubuğun ortasına ve ucuna bağlanmış kütleleri  $2m$  ve  $m$  olan A ve B cisimlerine düşey eksen etrafında düzgün çembersel hareket yaptırılıyor.



Buna göre;

- I. Cisimlerin açısal hızları eşittir.  
 II. B cisminin çizgisel hızı A cisminin çizgisel hızının 2 katı büyüklüktedir.  
 III. Cisimlere etki eden merkezci kuvvetler eşit büyüklüktedir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

8. Düşey bir çubuğa yatay olarak sabitlenmiş eşit bölümlenmiş tablanın iki ucundaki özdeş yaylara bağlı  $m$  kütleli X, Y cisimleri tabla sabitken şekildedeki gibi dengededirler.

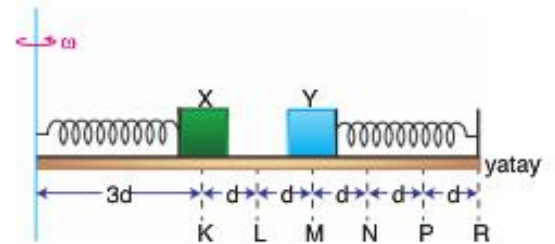
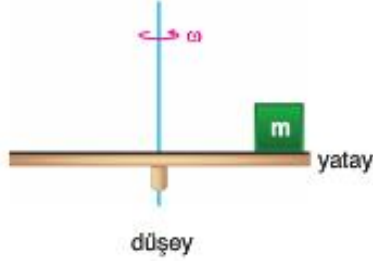


Tabla yavaş yavaş hızlandırılarak düşey çubuk etrafında döndürülüp sabit açısal hıza ulaştığında X cismi L noktasında olduğuna göre, Y cismi hangi noktada bulunur? (Sürtünmeler önemsizdir.)

- A) M-N arasında      B) N noktasında  
 C) N- P arasında      D) P noktasında  
 E) P-R arasında

9. Düşey eksene sabitlenmiş yatay tabla üzerindeki cisim etki eden sürtünme kuvvetinin büyüklüğü tabla durgun iken  $f_1$ , tabla sabit  $\omega$  açısal hızıyla eksen etrafında döndürülürken  $f_2$ , tabla eksen etrafında  $\omega$  açısal hızına sahipken hızlandırılarak döndürülürken  $f_3$ 'tür.

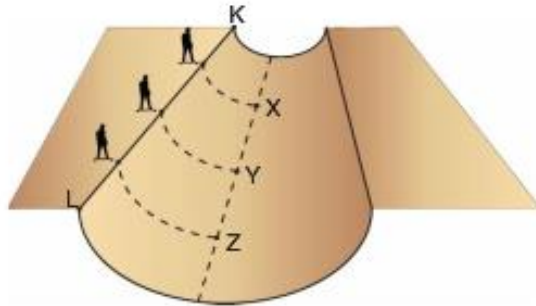


Buna göre  $f_1, f_2, f_3$  arasındaki ilişki nedir?

(Cisim her üç durumda da tablaya göre durgundur.)

- A)  $f_1 = f_2 = f_3$       B)  $f_1 < f_2 = f_3$   
 C)  $f_1 < f_2 < f_3$       D)  $f_2 = f_3 < f_1$   
 E)  $f_3 < f_2 < f_1$

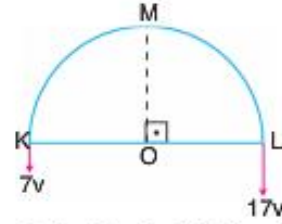
10. Şekilde görülen kaykay pisti K bölümünden L bölümüne doğru yarıçapı artan çembersel bölümlerden oluşmaktadır. Boy ve kütleleri eşit 3 kaykaycı KL hizasından harekete geçerek pistin alt düzeyindeki X, Y, Z noktalarından geçiyorlar.



Buna göre X, Y, Z noktalarında pistin kaykaycılara uyguladığı tepki kuvvetleri arasındaki ilişki nedir?

- A)  $N_X < N_Y < N_Z$       B)  $N_Z < N_X < N_Y$   
 C)  $N_X = N_Y = N_Z$       D)  $N_Y < N_X = N_Z$   
 E)  $N_X = N_Z < N_Y$

11. Yatay bir masadaki O merkezli yarım daire levha üzerindeki K ve L noktalarının hızlarının büyüklükleri şekildeki gibi çapa dik ve sırasıyla  $7v$  ve  $17v$ 'dir.



Buna göre levha üzerindeki M noktasının hız büyüklüğü kaç  $v$ 'dir?

- A) 5      B) 7      C) 12      D) 13      E) 19

12. Dünyanın dönüşünden dolayı fırlatılmadan önce fırlatma rampasında duran bir roket kinetik enerjisi sahiptir. Roketlerin uzaya fırlatılışında bu kinetik enerjiyi kullanmak isteyen bilim insanları fırlatma üslerini ekvatora yakın bölgelerde seçerler.

Buna göre  $45^\circ$  enleminden fırlatılacak bir roketin Dünya'nın dönüşünden kaynaklı kinetik enerjisi ekvatorundan fırlatılacak bir roketinkinin kaç katıdır? ( $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ )

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

13. Çembersel yörüngede dolanan bir hareketli için ,
- İvme vektörü daima merkeze doğru ise hız büyüklüğü sabittir.
  - Yörünge üzerinde cisim hızlanırken ivmesi merkeze doğru değildir.
  - Hız büyüklüğü sabit ise merkezci ivme yönü merkeze doğrudur.

yargılarından hangileri doğrudur?

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