

KONU ÇEMBERSEL HAREKET

Bir çember etrafında dönen cisimlerin hareketine çembersel hareket denir. Bu hareket esnasında cismin hızının büyüklüğü aynı ise buna düzgün çembersel hareket denir. Düzgün çembersel hareketi tanımlamak için belli başlı kavramlara ihtiyaç vardır. Bu kavramlar periyot, frekans, çizgisel hız, açısal hız, merkezci ivme ve merkezci kuvvettir.

Frekans (f):

Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin birim zamandaki (1 saniye) tur sayısına **frekans** denir. Frekans f sembolüyle gösterilir, skaler bir büyüklüktür. SI'da birimi Hertz'dir. (Hz). s^{-1} ile de ifade edilir. ($T \cdot f = 1$)

Periyot (T): Düzgün çembersel hareket yapan bir cismin yörünge üzerinde bir tam tur dönebilmesi için geçen süreye **periyot** denir. Periyot T sembolüyle gösterilir, skaler bir büyüklüktür. SI (Uluslararası Birim Sistemi)'da birimi saniyedir (s).

Çizgisel Hız: Cismin çember üzerinde birim zamandaki yer değiştirmesidir.

Açısal Hız: Cismin çember üzerinde açısal olarak birim zamandaki yer değiştirmesidir.

Çizgisel hız ile açısal hız birbirinden farklı kavramlardır. Örneğin Dünya üzerindeki her noktanın açısal hızı aynıdır fakat çizgisel hızı yarıçapla orantılı olarak değişir. Çizgisel hız ve açısal hız vektörel büyüklüklerdir. Çizgisel hız vektörü çemberin merkezine her noktada teğet olarak çizilir.

Merkezcil İvme:

Çizgisel hızın sürati sabittir fakat hız vektörü sürekli yön değiştirir. Hız vektörünün sürekli yön değiştirmesi ile oluşan kuvvet merkezci ivmeyi oluşturur. Merkezci ivmenin yönü her zaman merkeze yöneliktir.

Merkezcil Kuvvet:

Cismi çember yörüngesinde tutan kuvvettir. Merkezci kuvvet, hız vektörünün yönünü sürekli değiştirir fakat büyüklüğünün sabit olmasını sağlar. Merkezci kuvvet her zaman merkeze yöneliktir ve çizgisel hız vektörüne diktir. Kütle, hız ve yörünge yarıçapı merkezci kuvvetin büyüklüğü ile ilişkilidir. Kütle ve hız, merkezci kuvvet ile orantılı yarıçap ile ters orantılıdır.

ÖRNEK SORULAR

SORU 1:

Periyodu 3 s olan bir bisikletli yarıçapı 400 cm olan dairesel pistte düzgün çembersel hareket yapmaktadır.

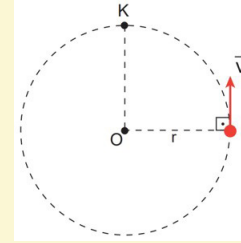
Buna göre, bisikletlinin merkezci ivmesi kaç m/s^2 dir? ($\pi = 3$)

- A) 12 B) 16 C) 20 D) 24 E) 48

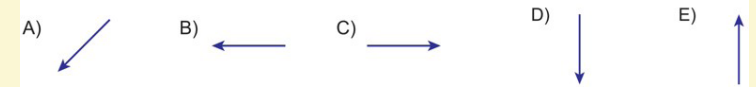
CEVAP: B

SORU 2:

O noktası etrafında düzgün çembersel hareket yapan aracın çizgisel hızı şekildeki gibidir.



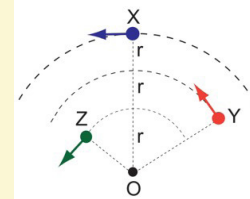
Buna göre K noktasından geçerken aracın merkezci ivme vektörünün yönü aşağıdakilerden hangisi gibi olur?



CEVAP: D

SORU 3:

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



Buna göre, araçların çizgisel hızlarının büyüklükleri arasındaki ilişki nasıldır?

- A) $v_Y > v_X = v_Z$ B) $v_Z > v_Y > v_X$ C) $v_X > v_Y > v_Z$
D) $v_Y > v_X > v_Z$ E) $v_X > v_Y = v_Z$

CEVAP: A

KONU ÇEMBERSEL HAREKET

Bir çember etrafında dönen cisimlerin hareketine çembersel hareket denir. Bu hareket esnasında cismin hızı sabit ise buna düzgün çembersel hareket denir. Düzgün çembersel hareketi tanımlamak için belli başlı kavramlara ihtiyaç vardır. Bu kavramlar periyot, frekans, çizgisel hız, açısal hız, merkezci ivme ve merkezci kuvvettir.

Periyot ve frekans: Cismin çember etrafındaki bir turunun zaman olarak ifadesidir. Cismin çember etrafındaki bir saniyede attığı tur sayısıdır. ($T \cdot f = 1$)

Çizgisel Hız: Cismin çember üzerinde birim zamanda aldığı yol çizgisel hızın büyüklüğünü verir.

Açısal Hız: Cismin çember üzerinde birim zamanda taradığı açının radyan cinsinden değeridir.

Çizgisel hız ile açısal hız birbirinden farklı kavramlardır. Örneğin Dünya üzerindeki her noktanın açısal hızı aynıdır fakat çizgisel hızı yarıçapla orantılı olarak değişir. Çizgisel hız ve açısal hız vektörel büyüklüklerdir. Çizgisel hız vektörü çemberin merkezine her noktada teğet olarak çizilir.

Merkezci İvme: Çizgisel hızın sürati sabittir fakat hız vektörü sürekli yön değiştirir. Hız vektörünün sürekli yön değiştirmesi ile oluşan kuvvet merkezci ivmeyi oluşturur. Merkezci ivmenin yönü her zaman merkeze yöneliktir.

Merkezci Kuvvet: Cismi çember yörüngesinde tutan kuvvettir. Merkezci kuvvet, hız vektörünün yönünü sürekli değiştirir fakat büyüklüğünün sabit olmasını sağlar. Merkezci kuvvet her zaman merkeze yöneliktir ve çizgisel hız vektörüne diktir. Kütle, hız ve yörünge yarıçapı merkezci kuvvetin büyüklüğü ile ilişkilidir. Kütle ve hız, merkezci kuvvet ile orantılı yarıçap ile ters orantılıdır.

Araçların yatay, düşey ve eğimli zeminlerde virajı emniyetli dönmeleri için belli şartlar vardır. Yatay zeminde oluşan sürtünme kuvveti merkezci kuvvettir. Merkezci kuvvet hız ile orantılı olarak arttığı için virajlarda yüksek hız araçların savrulmasına

neden olabilir.

Nesnenin kayarak belirli doğrultuda bir noktadan başka bir noktaya gelmesine öteleme hareketi denir. Nesnenin kendi merkezi etrafındaki çembersel hareketine dönme hareketi denir. Kaymadan yuvarlanan nesneler her iki hareketi aynı anda yapabilir. Örneğin yol alan bir araca ait tekerlek hem dönme hem öteleme hareketini aynı anda yapar.

Kütlesi olan bir nesnenin ivmelenmeye karşı gösterdiği dirence eylemsizlik momenti denir. Nesne çok sayıda parçacıktan oluşuyorsa her bir parçacığın eylemsizlik momenti toplanarak nesnenin eylemsizlik momenti bulunur ($m \cdot r^2$). Her geometrik şeklin eylemsizlik momenti farklıdır. Örneğin silindirin eylemsizlik momenti $1/2 \cdot m \cdot r^2$ şeklindedir.

Silindir gibi dönerek ilerleyen cisimlerin öteleme ve dönme olmak üzere iki çeşit kinetik enerjileri vardır. Öteleme kinetik enerjisi ($1/2 m \cdot v^2$) ve dönme kinetik enerjisi ($1/2 I \cdot \omega^2$) formüllerindeki değişkenlere bağlıdır.

Açısal Momentum: Çizgisel momentum vektörünün sabit bir uzaklıktaki noktaya göre dönmesi açısal momentumu oluşturur. Açısal momentum çizgisel momentum gibi fiziksel bir nicelik değildir ($L = m \cdot v \cdot r$). Atomik boyutta elektronların çizgisel momentumu olduğu gibi açısal momentumu da bulunmaktadır.

Kendi eksenini etrafında dönen cisimlerin eylemsizlik momentleri açısal momentum oluşturur ($L = I \cdot \omega$).

Birim zamandaki açısal momentum değişimi torku meydana getirir. Açısal momentumun korunumuna günlük hayattan birçok örnek verilebilir. Dönen bir balerin kendini hızlandırmak için kollarını kavuşturması, havuza atlayan sporcunun havada dönerken kendini hızlandırmak için ayaklarını vücudunun üst kısmına doğru çekmesi gibi örnekler bunlardan bazılarıdır.

Burada hızlanmanın sebebi eylemsizlik momentinin küçülmesidir. Ayrıca topaç ve jiroskoplar da açısal momentum ilkelerinden yararlanarak dönme hareketi yapar.

SORULAR

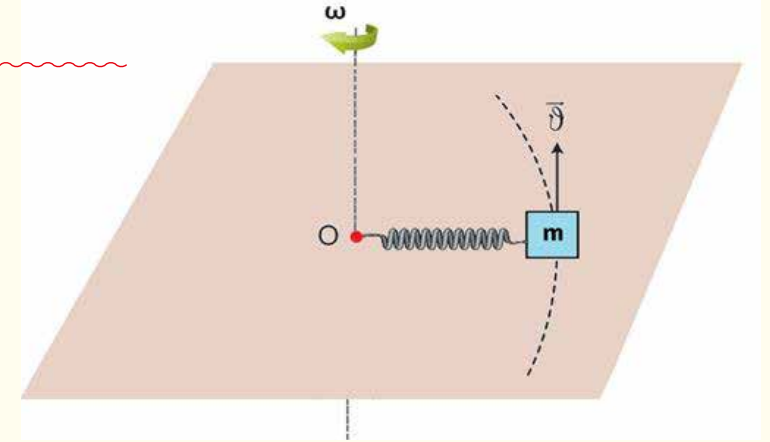
1. Sürtünmelerin ihmal edildiği yatay tabla üzerinde yay sabiti k olan r uzunluğundaki yayın ucuna m kütleli cisim bağlanmıştır.

Buna göre tabla ω açısal hızı ile dönerken yay x kadar uzadığına göre cismin açısal hızı;

- Yay sabiti (k)
- Yayın uzama miktarı (x)
- Cismin kütlesi (m)

niceliklerinden hangilerine bağlıdır?

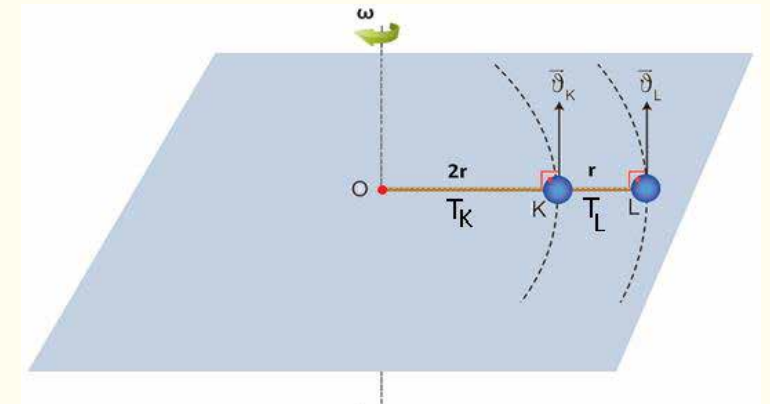
- A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III



2. Kütleleri m olan K ve L cisimleri yatay sürtünmeli platform üzerinde sabit ω açısal hızı ile dönmektedir.

İplerde oluşan gerilme kuvvetlerinin büyüklükleri oranı $\frac{T_K}{T_L} = \frac{3}{2}$ olduğuna göre cisimlerden biri ile zemin arasında oluşan sürtünme kuvvetinin değerini veren ifade aşağıdakilerden hangisidir?

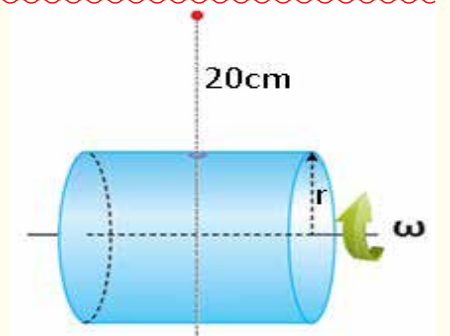
- A) $m \cdot \omega \cdot r$ B) $m \cdot \omega \cdot r / 2$ C) $m \cdot \omega^2 \cdot r / 2$
D) $m \cdot \omega^2 \cdot r$ E) $3 \cdot m \cdot \omega^2 \cdot r / 2$



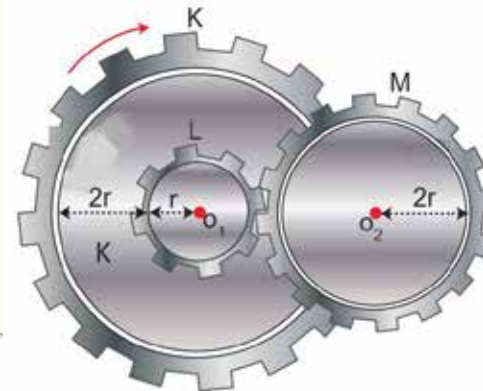
3. Çapı 25 cm olan silindir yatay eksen etrafında ω açısal hızı ile dönmektedir. Silindirin 20 cm üzerinde duran bir cisim serbest bırakıldığında silindirin üstünde bulunan delikten girerek yoluna devam ediyor ve aynı delikten geçerek düşey düzlemde yoluna devam ediyor.

Buna göre silindirin açısal hızı en az kaç rad/s' dir? ($g = 10 \text{ m/s}^2$; $\pi = 3$)

- A) 1 B) 2 C) 10 D) 20 E) 30



4. Eylemsizlik momentleri sırasıyla $9I$, I ve $4I$ olan K, L ve M dişlilerinden K dişlisinin açısal momentumu $\vec{L}$ ' dir.



Buna göre M dişlisinin açısal momentumu aşağıdakilerden hangisine eşittir?

- A) $-\vec{L} / 2$ B) $\vec{L} / 2$
C) $-2\vec{L} / 9$ D) $2\vec{L} / 9$
E) $9\vec{L} / 2$

KONU MERKEZCİL KUVVET

Merkezcil Kuvvet:

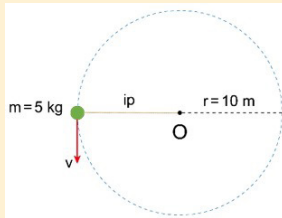
Cismi çember yörüngesinde tutan kuvvettir. Merkezcil kuvvet, hız vektörünün yönünü sürekli değiştirir fakat büyüklüğünün sabit olmasını sağlar. Merkezcil kuvvet her zaman merkeze yöneliktir ve çizgisel hız vektörüne diktir. Kütle, hız ve yörünge yarıçapı merkezcil kuvvetin büyüklüğü ile ilişkilidir. Kütle ve hız, merkezcil kuvvet ile orantılı yarıçap ile ters orantılıdır. Cisimler düzgün çembersel hareket yaparken yatay veya düşey düzlemde bulunabilirler. Her iki durumda da merkezcil kuvvetin yönü merkeze yönelik olur. Cismin ağırlığının ise yer çekiminin etkisiyle her zaman yere doğru olması bu kuvvetleri bir arada göstermeyi kolaylaştırır.

Araçların yatay, düşey ve eğimli zeminlerde virajı emniyetli dönmeleri için belli şartlar vardır. Yatay zeminde oluşan sürtünme kuvveti merkezcil kuvvettir. Merkezcil kuvvet hız ile orantılı olarak arttığı için virajlarda yüksek hız araçların savrulmasına neden olabilir.

ÖRNEK SORULAR

SORU 1:

Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yapan 5 kg kütleli cisim şekildedeki yörüngede 1 dakikada 30 tam dönüş yapıyor.



İpte oluşan gerilme kuvvetinin en büyük değeri T_1 , en küçük değeri

T_2 olduğuna göre değerler oranı $\frac{T_1}{T_2}$ kaçtır? ($\pi = 3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

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

CEVAP: D

ÖRNEK SORULAR

SORU 2:

Kütlesi 1 ton olan bir otomobil, yarıçapı 45 m olan bir viraja 60 km/h süratle giriyor.

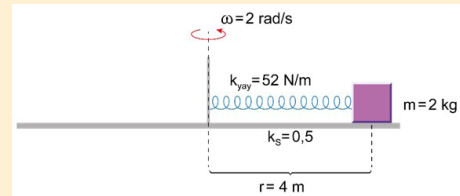
Otomobilin tekerlekleriyle yol arasındaki sürtünme katsayısı $k = 0,5$ olduğuna göre aracın virajı güvenle dönebilmesi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- A) Araç 60 km/h süratıyla virajı güvenle dönebilir.
B) Araç süratini 80 km/h'e çıkardığında bile virajı güvenle dönebilir.
C) Araç virajı güvenle dönebilmek için süratini 40 km/h'e düşürmelidir.
D) Araç virajı güvenle dönebilmek için süratini 25 km/h'e düşürmelidir.
E) Araç virajı güvenle dönebilmek için süratini 15 km/h'e düşürmelidir.

CEVAP: E

SORU 3:

Kütlesi 2 kg olan bir cisim sürtünme katsayısı $k_s = 0,5$ olan yüzeyde, sabiti $k_{yay} = 52 \text{ N/m}$ olan yaya bağlanarak cisme $\omega = 2 \text{ rad/s}$ açısal hız büyüklüğüyle düzgün çembersel hareket yaptırılıyor.



Yayın ilk uzunluğu 4 m olduğuna göre cisim dengeye geldiğinde yay kaç cm uzar? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- A) 10 B) 20 C) 30 D) 40 E) 50

CEVAP: E



FİZİK Sınıf-12

KONU MERKEZCİL KUVVET

Merkezcil Kuvvet: Cismi çember yörüngesinde tutan kuvvettir. Merkezcil kuvvet, hız vektörünün yönünü sürekli değiştirir fakat büyüklüğünün sabit olmasını sağlar. Merkezcil kuvvet her zaman merkeze yöneliktir ve çizgisel hız vektörüne diktir. Kütle, hız ve yörünge yarıçapı merkezcil kuvvetin büyüklüğü ile ilişkilidir. Kütle ve hız, merkezcil kuvvet ile orantılı yarıçap ile ters orantılıdır. Cisimler düzgün çembersel hareket yaparken yatay veya düşey düzlemde bulunabilirler.

Her iki durumda da merkezcil kuvvetin yönü merkeze yönelik olur. Cismin ağırlığının ise yer çekiminin etkisiyle her zaman yere doğru olması bu kuvvetleri bir arada göstermeyi kolaylaştırır. Araçların yatay, düşey ve eğimli zeminlerde virajı emniyetli dönmeleri için belli şartlar vardır. Yatay zeminde oluşan sürtünme kuvveti merkezcil kuvvettir. Merkezcil kuvvet hız ile orantılı olarak arttığı için virajlarda yüksek hız araçların savrulmasına neden olabilir.

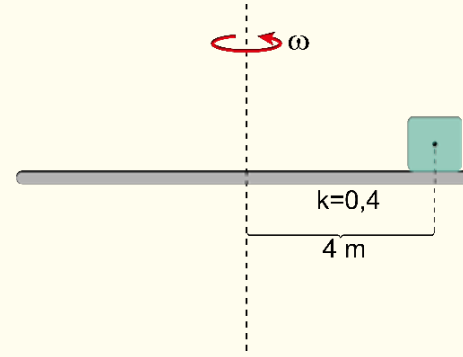
Örnek Sorular:

1. Sürtünmesiz doğrusal yolda sabit $\vec{v}$ hızıyla hareket eden cisme bir O noktasından itibaren $\vec{v}$ hızına dik doğrultuda bir $\vec{F}$ kuvveti uygulanırsa cismin yaptığı hareket ile ilgili aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

- A) Doğrusal yolda düzgün hızlanan hareket yapar.
- B) Doğrusal yolda düzgün yavaşlayan hareket yapar.
- C) Doğrusal yolda sabit hızlı hareket yapar.
- D) $\vec{F}$ kuvvetinin etkisiyle parabolik yörünge izler.
- E) Düzgün çembersel hareket yapar.

CEVAP: E

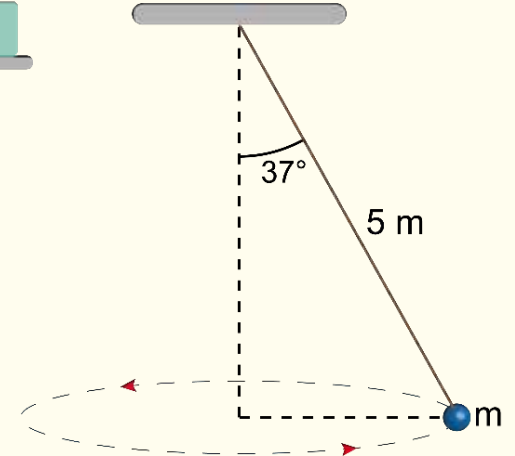
2. Bir cisim şekildeki tablada dönme ekseninden 4 m uzaklıkta bulunuyor.



Cisimle yüzey arasındaki sürtünme katsayısı $k=0,4$ olduğuna göre cismin kaymadan dönebilmesi için tablanın ω açısal hızı en fazla kaç rad/s olmalıdır? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

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

3. 5 m uzunluğundaki ipin ucundaki m kütleli cisim tavana bağlı olarak düşeyle 37° açı yapacak biçimde düzgün çembersel hareket yapıyor.



Buna göre cismin ω açısal hızının büyüklüğü kaç rad/s'dir? ($g=10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ=0,6$)

- A) $\frac{\sqrt{10}}{\sqrt{3}}$ B) $\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{3}}$ C) $\frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}}$ D) $\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{5}}$ E) $\frac{\sqrt{5}}{2}$

CEVAP: C

KONU AÇISAL MOMENTUM

Çizgisel momentum vektörünün sabit bir uzaklıktaki noktaya göre dönmesi açısal momentumu oluşturur. Açısal momentum çizgisel momentum gibi fiziksel bir niceliktir ($L=m.v.r$). Atomik boyutta elektronların çizgisel momentumu olduğu gibi açısal momentumu da bulunmaktadır.

Kendi eksenini etrafında dönen cisimlerin eylemsizlik momentleri açısal momentum oluşturur ($L=I.\omega$).

Birim zamandaki açısal momentum değişimi torku meydana getirir. Açısal momentumun korunumuna günlük hayattan birçok örnek verilebilir. Dönen bir balerinin kendini hızlandırmak için kollarını kavuşturması, havuza atlayan sporcunun havada dönerken kendini hızlandırmak için ayaklarını vücudunun üst kısmına doğru çekmesi gibi örnekler bunlardan bazılarıdır.

Burada hızlanmanın sebebi eylemsizlik momentinin küçülmesidir. Ayrıca topaç ve jiroskoplar da açısal momentum ilkelerinden yararlanarak dönme hareketi yapar.

ÖRNEK SORULAR

1. Kolları açık dönme hareketi yapan bir buz pateni sporcusu bir süre sonra kollarını kendine doğru çekiyor.



Buna göre;

- I. Sporcunun dönme frekansı artar.
 - II. Eylemsizlik momenti azalır.
 - III. Açısal momentum artar.
- yargılarından hangileri doğrudur?

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

CEVAP: C

2. Aşağıda verilen, I. Dünya'nın, Güneş etrafında dönmesi

II. Trampolenden havuza atlayan yüzücünün havada kendisini toplaması

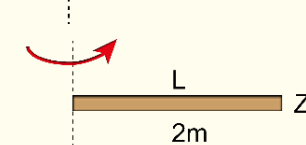
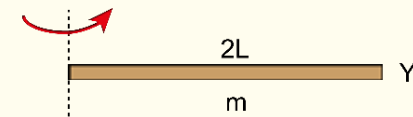
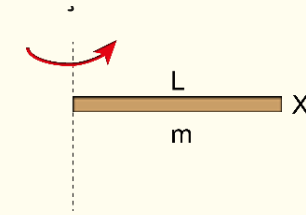
III. Topacın dönme hareketi

durumlarından hangilerinde sürtünmeler önemsizdir?

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

CEVAP: C

3. Boyları sırasıyla L, 2L ve L olan m, m ve 2m kütleli türdeş ve aynı kalınlıktaki X, Y, Z çubukları uçlarındaki eksen etrafında döndürülmek isteniyor.



Buna göre cisimlerin dönmeye karşı dirençleri arasındaki ilişki nedir?

- A) $X > Y > Z$
- B) $Y > X > Z$
- C) $Z > X = Y$
- D) $Z > X > Y$
- E) $Y > Z > X$

CEVAP: E

KONU KONU ÖZETİ:

Nesnenin kayarak belirli doğrultuda bir noktadan başka bir noktaya gelmesine öteleme hareketi denir. Nesnenin kendi merkezi etrafındaki çembersel hareketine dönme hareketi denir. Kaymadan yuvarlanan nesneler her iki hareketi aynı anda yapabilir. Örneğin yol alan bir araca ait tekerlek hem dönme hem öteleme hareketini aynı anda yapar.

Kütlesi olan bir nesnenin ivmelenmeye karşı gösterdiği dirence eylemsizlik momenti denir. Nesne çok sayıda parçacıktan oluşuyorsa her bir parçacığın eylemsizlik momenti toplanarak nesnenin eylemsizlik momenti bulunur ($m \cdot r^2$). Her geometrik şeklin eylemsizlik momenti farklıdır. Örneğin silindirin eylemsizlik momenti $1/2 \cdot m \cdot r^2$ şeklindedir.

Silindir gibi dönerek ilerleyen cisimlerin öteleme ve dönme olmak üzere iki çeşit kinetik enerjileri vardır. Öteleme kinetik enerjisi ($1/2 m \cdot v^2$) ve dönme kinetik enerjisi ($1/2 I \cdot \omega^2$) formüllerindeki değişkenlere bağlıdır.

Örnek Sorular:

1. Yatay düzlemde kaymadan dönerek ilerleyen şekildeki tekerlek üzerindeki X, O ve Y noktalarının öteleme hızları sırayla $\vec{V}_X, \vec{V}_O, \vec{V}_Y$ 'dir.



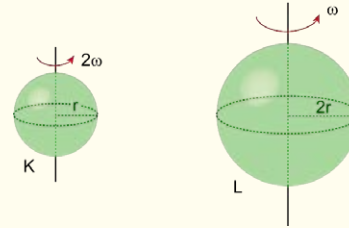
Buna göre $\vec{V}_X, \vec{V}_O, \vec{V}_Y$

öteleme hızlarının büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

- A) $v_X > v_Y > v_O$
- B) $v_Y > v_X > v_O$
- C) $v_X = v_Y > v_O$
- D) $v_O > v_X > v_Y$
- E) $v_X = v_Y = v_O$

CEVAP: E

2. Aynı türdeş maddeden yapılmış içleri dolu K ve L küreleri merkezlerinden geçen eksen etrafında 2ω ve ω büyüklüğündeki açısal hızlarla dönüyorlar.

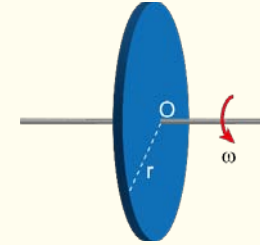


Yarıçapları r ve 2r olan kürelerin dönme kinetik enerjileri E_K ve E_L olduğuna göre $\frac{E_K}{E_L}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{2}$
- B) $\frac{1}{4}$
- C) $\frac{1}{8}$
- D) $\frac{1}{16}$
- E) $\frac{1}{32}$

CEVAP: C

3. Kütlesi m olan r yarıçaplı bir disk, merkezi O noktasından geçen bir eksen etrafında açısal ω hızıyla şekildeki gibi dönüyor.



Buna göre diskin dönme kinetik enerjisiyle ilgili,

- I. Dönme periyodu artırılırsa artar.
- II. Aynı boyutlarda

daha büyük özkütleli maddeden yapılırsa artar.

III. Kütlesi değişmeden yarıçapı azaltılırsa azalır.

- yargılarından hangileri doğrudur?
- A) Yalnız I
 - B) Yalnız II
 - C) I ve II
 - D) II ve III
 - E) I, II ve III

CEVAP: D