

ÜNİTE 3



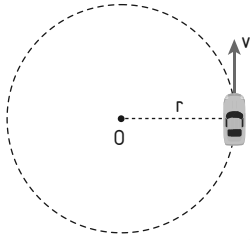
bölüm 1

PERİYODİK HAREKETLER

Düzgün Çembersel Hareket

DÜZGÜN ÇEMBERSSEL HAREKET

- ❖ Bir cismin O merkezli r yarıçaplı çembersel bir yörüngede şekil-deki gibi sabit süratle hareket etmesine **düzgün çembersel ha-reket** denir.



- Yapay ve doğal ve uyduların hareketinden bisikletlerimizin te-kerleklerinin hareketine kadar çevremizde çembersel hareke-tin birçok örneklerini görürüz.
- ❖ Ardışık ve düzenli olarak tekrar eden hareketlere periyodik hare-ket denir. Çembersel hareket de periyodik bir harekettir.

Tarihsel Süreç

- ❖ Dönme hareketi kavramı, Aristoteles'in (MÖ 384-322) gök cisimlerini gözlemlemesiyle başladı. 10. yüzyılda yaşamış İbn el-Heysem ve 12. yüzyılda yaşamış el-Tusi gibi İslam alimleri gezegen hareketi modellerini geliştirdi. 1609 yılın-da, Kepler gezegen yasalarını tanımladı.
- ❖ Newton, 17. yüzyılda hareket yasalarını açıklayarak klasik mekaniğin temelini oluşturdu. Euler (1707-1783) ise dön-me denklemlerini resmileştirdi. Lagrange (1736-1813) bu çalışmalarını genişletti ve Sanayi Devrimi sırasında uygula-malı mekanikte önem kazandı.
- ❖ 19. yüzyılda, dönme dinamikleri fiziğin ayrılmaz bir parça-sı haline geldi. Açısal momentum kavramı yaygınlaştı ve 1920'lerde Pauli ve Dirac'ın çalışmalarıyla kuantum meka-niği bu kavramı, spin ile birlikte yeniden tanımladı. Einste-in, 1915'te Genel Görelilik ile yer çekimini uzay-zaman eğ-riliği olarak yeniden tanımladı.

TEMEL KAVRAMLAR

PERİYOT

- ❖ Düzgün çembersel hareket yapan cismin bir tam turu tamamlama-sı için geçen süreye **periyot** denir.
- Kısaca ifade etmek için T harfi kullanılır. Skaler bir büyüklüktür.
- Birimi herhangi bir zaman birimi olabilir. SI sisteminde periyot birimi olarak saniye kullanılır.

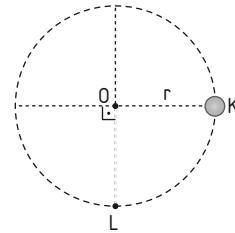
FREKANS

- ❖ Düzgün çembersel hareket yapan cismin birim zamandaki tur sa-yısına **frekans** denir.
- Kısaca ifade etmek için f harfi kullanılır. Skaler bir büyüklüktür.
- SI'daki birimi Hertz (Hz)'dir. $\text{Hertz} = \frac{1}{\text{saniye}}$ dir. Bir cismin fre-kansının 5 Hz olduğu ifade ediliyorsa, cismin 1 saniyede 5 tur yaptığı anlaşılır.
- ❖ Düzgün çembersel hareket yapan cismin frekans ve periyodu arasındaki ilişki;

$$T \cdot f = 1$$

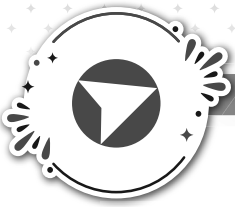
Örnek

O merkezli r yarıçaplı bir yörüngede, saat yönünde dönerek düzgün çembersel hareket yapan cisim, şekildeki K noktasından geçtikten 18 s sonra L noktasından üçüncü kez geçiyor.



Buna göre, bu cismin yaptığı düzgün çembersel hareketin fre-kansı kaç Hz'dir?

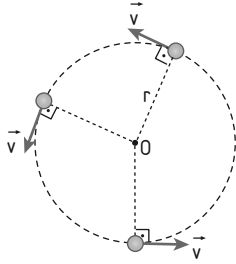
- A) $\frac{1}{6}$ B) $\frac{1}{8}$ C) $\frac{1}{9}$ D) $\frac{1}{12}$ E) $\frac{1}{15}$



Düzgün Çembersel Hareket

ÇİZGİSEL HIZ

- Düzgün çembersel hareket yapan cismin yörüngesi üzerinde birim zamanda aldığı yola **çizgisel hız** denir.
- $\vec{v}$ ile gösterilir ve birimi m/s'dir.
- Çizgisel hız vektörünün yönü daima yarıçapa dik ve yörüngeye teğettir.

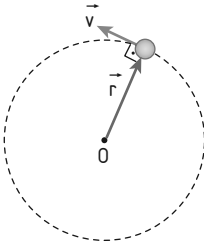


- Çembersel harekette çizgisel hızın büyüklüğü;

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} = 2\pi \cdot r \cdot f$$

YARIÇAP VEKTÖRÜ

- Cismin herhangi bir anda çembersel yörüngesinin merkezi O noktasına göre yerini belirten vektöre **yarıçap vektörü** ya da **konum vektörü** denir.



Örnek

Bir cisim $r = 20$ cm yarıçaplı yörüngede düzgün çembersel hareket yapmaktadır.

Cismin frekansı 5 hertz olduğuna göre, çizgisel hızının büyüklüğü kaç m/s'dir? ($\pi = 3$ alınız.)

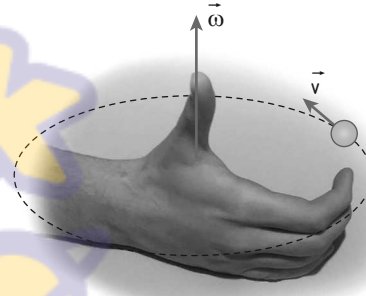
- A) 3 B) 6 C) 9 D) 12 E) 15

AÇISAL HIZ

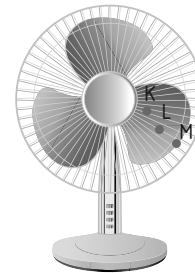
- Düzgün çembersel hareket yapan cismin yarıçap vektörünün birim zamanda taradığı açıya **açısız hız** denir. $\vec{\omega}$ ile gösterilir ve vektörel bir büyüklüktür.
- Cismin açısız hızı;

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

- Açı radyan cinsinden alındığında SI birimi $\frac{\text{radyan}}{\text{saniye}}$ dir.
- Açısız hız vektörünün yönü çembersel yörünge düzlemine diktir ve sağ el kuralı ile bulunur.
- Sağ el kuralına göre, dört parmak dönme yönünde kıvrıldığında sağ elin baş parmağı açısız hız vektörünün yönünü gösterir.



- Bir eksen etrafında dönen katı bir cismin üzerindeki noktaların açısız hızları eşittir. Buna göre, şekildedeki vantilatör pervanesi üzerindeki K, L ve M noktalarının açısız hızları birbirine eşittir.



- K, L ve M noktalarının çizgisel hızları arasında $v_K < v_L < v_M$ ilişkisi vardır.

NOT

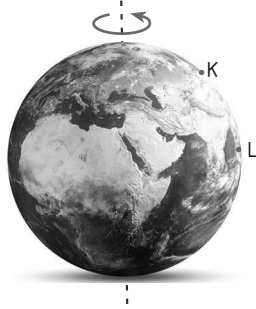
Çizgisel hız ve açısız hız arasındaki bağıntı;

$$v = \omega \cdot r$$



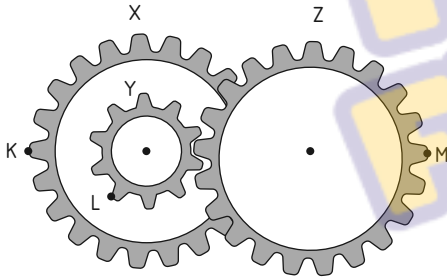
NOT

Kutiplara yakın K noktası ile ekvatora yakın L noktasının Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönmesinden kaynaklanan açısal hızları eşittir. Ancak dönme eksenine daha uzak olan L noktasının çizgisel hızı K'ninkinden daha büyüktür.



Örnek

Şekildeki dişlilerden X ile Z kendi aralarında özdeş ve X dişlisi ile Y dişlisi merkezleri çıkışacak biçimde birbirine perçinlidir.



Dişliler sabit açısal hızlarla döndürülürken K, L ve M noktalarının çizgisel hızlarının büyüklükleri sırasıyla v_K , v_L ve v_M olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $v_K = v_L = v_M$ B) $v_K < v_L < v_M$ C) $v_L = v_M < v_K$
D) $v_K < v_L = v_M$ E) $v_L < v_K = v_M$

Örnek

Bir otomobil sabit süratle ilerlerken özdeş dört tekerleği sabit 120 rad/s'lik açısal hız büyüklüğü ile dönmektedir.

Tekerleklerin yarıçapı 30 cm olduğuna göre, arabanın sürati kaç m/s'dir?

- A) 12 B) 25 C) 36 D) 48 E) 60

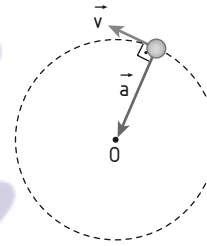
MERKEZCİL İVME

➤ Düzgün çembersel hareket yapan cismin hareketi ivmeli bir harekettir. Bunun nedeni, hızın büyüklüğü sabit olmasına karşın hız vektörünün yönünün sürekli değişmesidir.

- Düzgün çembersel harekette hız vektörünün yönünün değişmesi nedeni ile ortaya çıkan ivmeye **merkezcil ivme** denir.
- Merkezcil ivme a ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür ve birimi m/s^2 dir.
- Çizgisel hızın v , açısal hızın ω , yörünge yarıçapının r olduğu düzgün çembersel harekette merkezcil ivmenin büyüklüğünü veren ifade aşağıdaki gibidir.

$$a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r$$

- Merkezcil ivme vektörü daima çembersel yörüngenin merkezine doğrudur.



ÖSYM Benzeri

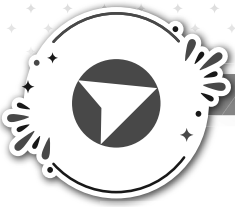
Bir basketbol topu merkezinden geçen düşey eksen etrafında düzgün çembersel hareket yapmaktadır.

Buna göre, topun dış yüzeyine yapışmış küçük bir sakızın hareket süresince,

- I. Çizgisel hızı değişmez.
- II. Açısal hızı değişmez.
- III. Merkezcil ivmesinin büyüklüğü değişir.
- IV. Yarıçap vektörünün büyüklüğü değişmez.

yargılarından hangileri doğrudur?

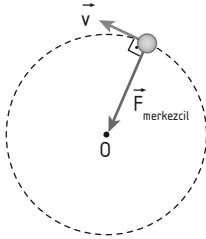
- A) I ve II B) II ve III C) II ve IV
D) I, III ve IV E) II, III ve IV



Düzgün Çembersel Hareket

MERKEZCİL KUVVET

- ❖ Bir cismin düzgün çembersel hareket yapmasını sağlayan net kuvvete **merkezcil kuvvet** denir.
- Merkezcil kuvvetin yönü daima çembersel yörüngenin merkezine doğrudur.



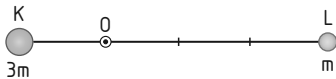
- Merkezcil kuvvetin büyüklüğü;

$$F_{\text{merkezcil}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

- Cisimlerin çembersel hareket yapmasını sağlayan merkezcil kuvvet bazen ipteki gerilme kuvveti, bazen sürtünme kuvveti bazen de kütle çekim kuvveti olabilir.

ÖSYM Benzeri

K ve L cisimleri, kütlesi önemsenmeyen eşit bölmeli ince bir çubuğun uçlarına şekildeki gibi sabitlenmiştir. Düzenek O noktasından geçen eksen çevresinde serbestçe dönüyor.



K'nin kütlesi 3m, L'ninki de m olduğuna göre, herhangi bir anda K ve L'ye ait,

- açısız hız,
- çizgisel hız büyüklüğü,
- etki eden merkezcil kuvvet büyüklüğü

niceliklerinden hangileri eşittir?

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

Örnek

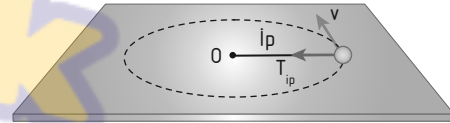
Sürtünmesi önemsiz yatay düzlemdeki r yarıçaplı yörüngede düzgün çembersel hareket yapan cisme etki eden merkezcil kuvvetin büyüklüğü F'dir.

Buna göre, cismin yörünge yarıçapı yarıya düşürülerek, frekansı iki katına çıkarılırsa cisme etki eden merkezcil kuvvetin büyüklüğü kaç F olur?

- A) 1 B) 2 C) 4 D) 8 E) 16

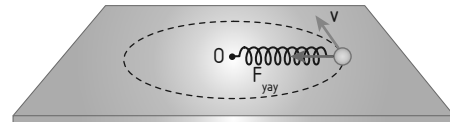
YATAY DÜZLEMDE DÜZGÜN ÇEMBERSSEL HAREKET

- ❖ Sürtünmesi önemsiz yatay düzlemde bir ipin ucuna bağlanmış cisim düzgün çembersel hareket yapıyorsa, hareketi yaptıran merkezcil kuvvet ipteki gerilme kuvvetidir. Hareket düzlemine dik olması nedeni ile cismin ağırlık kuvvetinin harekete etkisi yoktur.



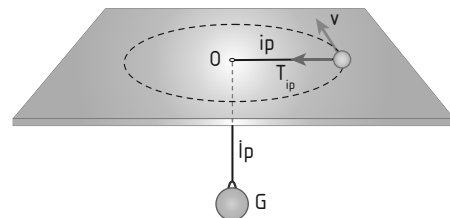
$$F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

- ❖ Cisim ip yerine bir yaya bağlanmış olarak çembersel hareket yaparsa yayda x kadar uzama meydana gelir ve merkezcil kuvvet yaydaki gerilme kuvvetine eşit olur.



$$F_{\text{merkezcil}} = F_{\text{yay}} = kx = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

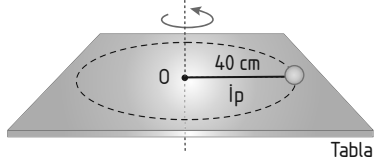
- ❖ Yatay düzlemde düzgün çembersel hareket yapan cisme bağlanan ipin diğer ucu yörünge merkezi olan O noktasına açılmış sürtünmesiz delikten geçirilerek ucuna bir ağırlık bağlanmıştır. Bu durumda cismin düzgün çembersel hareket yapması sürdürüldüğünde, merkezcil kuvvet ipin ucuna asılan ağırlığa eşittir.



$$F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} = G = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

**Örnek**

Yatay tabla O noktasından geçen ve tablaya dik eksen etrafında döndürüldüğünde, O noktasına bağlı 40 cm uzunluğundaki ipin ucuna bağlı 5 kg kütleli cisim kaymadan tabla ile birlikte hareket ediyor. İp en fazla 8 N'lik gerilmeye dayanabilmektedir.

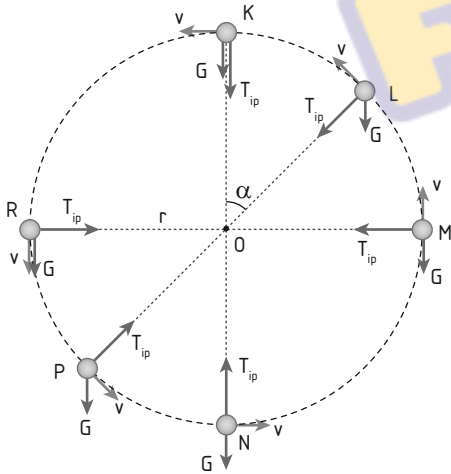


Sürtünmeler önemsiz olduğuna göre, tabla aşağıda verilen açısal hız değerlerinden hangisi ile döndürülmeye başladığında ip kopar?

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

DÜŞEY DÜZLEMDE DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

- Bir cisim bir ipin ucuna bağlanarak düşey düzlemdeki yörüngesi üzerindeki K, L, M, N, P, R noktalarından geçen bir cisme etki eden kuvvetlerin yönleri ve merkezci kuvvetler aşağıdaki gibi yazılabilir.



- K noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = G + T_{\text{ip}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- L noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = G \cos \alpha + T_{\text{ip}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- M ve R noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- N noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} - G = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- P noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} - G \cos \alpha = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$

NOT

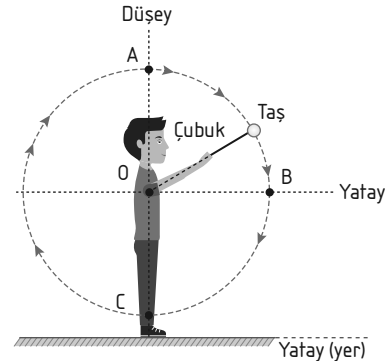
- İpteki gerilme kuvveti K noktasında en küçük, N'de en büyüktür.
- İp K ya da N'de koparsa cisim yatay atış, M'de koparsa yukarı doğru düşey atış, R'de koparsa aşağıya düşey atış hareketi yapar.



Dönme dolap sepetlerindeki kişilerin hareketi düşey düzlemde düzgün çembersel harekete örnek olarak verilebilir.

Örnek

Tarık, ince ve esnek olmayan bir çubuğun ucuna bağladığı taşı düşey düzlemde şekildeki gibi çembersel yörüngede döndürülmektedir. Bu sırada taşın üzerinde bir karınca taşa tutunarak taşla beraber hareket etmektedir. Taş; A, B ve C noktalarından geçerken karıncaya etki eden merkezci kuvvetlerin büyüklükleri sırasıyla F_A , F_B ve F_C olmaktadır.



Buna göre F_A , F_B ve F_C arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) $F_A = F_B = F_C$ B) $F_A < F_B < F_C$ C) $F_B = F_C < F_A$
D) $F_A < F_B = F_C$ E) $F_B < F_A = F_C$