



Tanıtım

Tema: Kuvvet ve Hareket

Konu: Newton Hareket Yasaları

Alt Konu: Newton Hareket Yasaları ve Serbest Cisim Diyagramı

Temanın Amacı: Öğrencilerin, cisimlerin hareketi ile üzerlerine etki eden kuvvetler arasındaki ilişkiyi gözlem ve akıl yürütme yoluyla keşfetmeleri amaçlanmaktadır. Ayrıca, serbest cisim diyagramı oluşturarak Newton'un Hareket Yasalarını yorumlamaları ve bu yasaları farklı durumlarda genelleyeabilmeleri hedeflenmektedir.

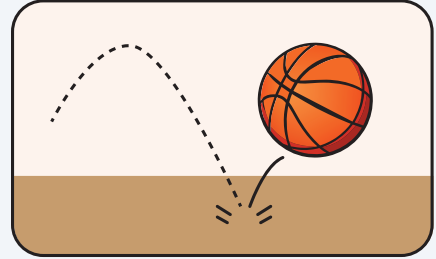
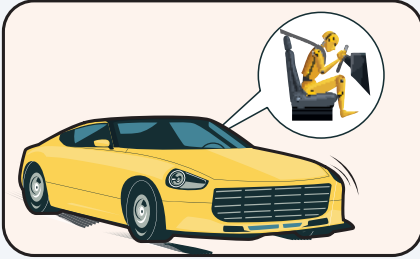
Anahtar Kavramlar: Eylemsizlik, etki-tepki kuvvetleri, serbest cisim diyagramı



Köprü Kurma

Günlük yaşamda hareket eden cisimlerin davranışlarını gözlemlediğimizde, üzerlerine uygulanan kuvvetlerle hareketleri arasında bir ilişki olduğunu fark ederiz. Bir futbol topuna vurulduğunda yön değiştirmesi, fren yapan bir aracın yavaşlaması ya da rüzgârın etkisiyle savrulan bir yaprak bu ilişkiye örnektir.

Bu tür durumlar, kuvvetin cismin hareketini nasıl değiştirdiğini ve farklı kuvvetlerin birleştiğinde nasıl bir etki oluşturduğunu anlamamıza yardımcı olur. Newton'un Hareket Yasaları bu gözlemleri sistematik hâle getirerek, cisimlerin hareketlerini açıklamak için temel ilkeleri sunar.



Bilmeden Olmaz

• **Hız ($\vec{v}$):** Birimin zamanda yer değiştirme miktarıdır. Vektörel bir büyüklüktür. Birimi: m/s'dir..

• $\vec{v} = \Delta \vec{x} / \Delta t$

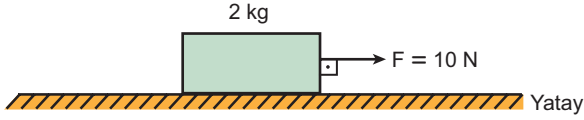
• **İvme ($\vec{a}$):** Birim zamanda hız değişimidir. Vektörel bir büyüklüktür. Birimi: m/s²

• $\vec{a} = \Delta \vec{v} / \Delta t$



Örnek 1

Sürtünmesiz yatay düzlemde bulunan ve kütlesi 2 kg olan cisme 10 N büyüklüğündeki yatay kuvvet şekildeki gibi uygulanıyor.



Buna göre cismin ivmesinin büyüklüğü kaç m/s^2 dir?

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

$$a = F / m = 10 / 2 = 5 \text{ m/s}^2$$

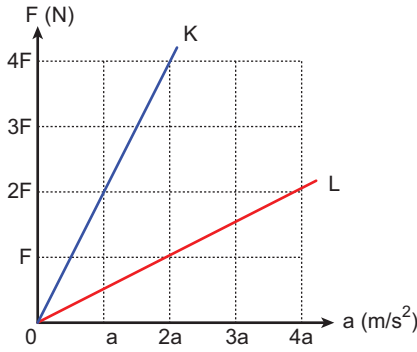
Cisim, 5 m/s^2 ivme ile kuvvet yönünde hareket eder.

Cevap: D



Örnek 2

Sürtünmesiz yatay düzlemde bulunan K ve L cisimlerine ait net kuvvet–ivme grafiği şekildeki gibi verilmiştir.



Buna göre K ve L cisimlerinin kütleleri oranı $\frac{m_K}{m_L}$ kaçtır?

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

Newton'ın ikinci yasasına göre doğrusal F – a grafiğinde eğim = m 'dir. Dolayısıyla her doğru için kütle, F / a oranına eşittir.

K doğrusu:

$$m_K = 4F / 2a = 2F / a$$

L doğrusu:

$$m_L = 2F / 4a = F / 2a$$

Oran:

$$m_K / m_L = (2F / a) / (F / 2a) = (2F / a) \cdot (2a / F) = 4$$

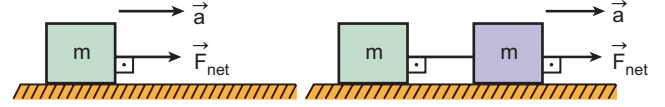
$m_K / m_L = 4$ olur.

Cevap: A

Cisme Hareketi Doğrultusunda Etki Eden Net Kuvvet

- Bir cisme hareketiyle aynı doğrultuda bir net kuvvet uygulandığında, cisim net kuvvet yönünde ivme kazanır.
- Bu durumda cismin hızı zamanla artar ya da azalır ve hareketi ivmeli hâle gelir.
- Eğer cisme uygulanan net kuvvet sabit kalırsa, cisim sabit ivme ile hareket eder.

- Net kuvvetin yönü, cismin hareket yönüyle aynıysa hız artar; net kuvvetin yönü, hareket yönüne zıtsa hız azalır yani cisim yavaşlar.



Newton'un İkinci Hareket Yasası'na göre:

$$\vec{F}_{\text{net}} = m \cdot \vec{a} \text{ bağıntısı geçerlidir.}$$

Sonuç olarak, cisme hareket doğrultusunda etki eden net kuvvet, cismin hızında ve dolayısıyla hareket enerjisinde değişim oluşturur.



Etkinlik - 3

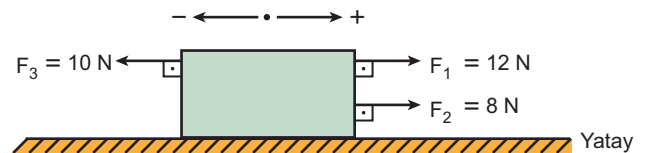
Aşağıdaki tabloda, cismin hareket yönü ve net kuvvet yönü verilmiştir. Her durumda cismin ivme yönünü ve hızının nasıl değiştiğini inceleyiniz.

Durum	Cismin Hareket Yönü	Net Kuvvetin Yönü	İvme Yönü (+, -, Yok)	Hızın Durumu (Artar / Azalır / Sabit)
1	Sağa (+)	Sağa (+)	Sağa (+)	Artar
2	Sağa (+)	Sola (-)	Sola (-)	Azalır
3	Sağa (+)	0 (Yok)	Yok	Sabit kalır
4	Sola (-)	Sola (-)	Sola (-)	Artar
5	Sola (-)	Sağa (+)	Sağa (+)	Azalır



Örnek 3

Yatay ve sürtünmesiz zeminde bulunan, kütlesi $m = 5 \text{ kg}$ olan bir cisme aynı doğrultuda F_1 , F_2 ve F_3 büyüklüğündeki üç kuvvet şekildeki gibi uygulanmaktadır.



Kuvvetlerin büyüklükleri sırasıyla $F_1 = 12 \text{ N}$, $F_2 = 8 \text{ N}$ ve $F_3 = 10 \text{ N}$ olduğuna göre, cismin ivmesinin büyüklüğü ve yönü nedir?

F_1 ve F_2 aynı yönlü, F_3 zıt yönlü olduğundan:

$$F_{\text{net}} = (F_1 + F_2) - F_3$$

$$F_{\text{net}} = (12 + 8) - 10 = 10 \text{ N}$$

Net kuvvetin yönü pozitif yön (yani F_1 ve F_2 yönü) olur.

$$F_{\text{net}} = m \cdot a \rightarrow a = F_{\text{net}} / m = 10 / 5 = 2 \text{ m/s}^2$$

Cismin ivmesinin büyüklüğü 2 m/s^2 , yönü ise + yönündedir.



Çıkış Soru 3

Hava sürtünmesinin ihmal edildiği bir ortamda bir kamyon yatay ve doğrusal bir yolda doğu yönünde sabit hızla yol almaktadır. Bir sandık, bu kamyonun yatay düzlem olan kasasının üzerindedir ve kamyonu göre durgun hâldedir.

Bu durumda yere göre durgun bir gözlemciye göre,

- I. Kamyon, sandığa yatay doğrultuda doğu yönünde bir kuvvet uygulamaktadır.
- II. Sandık, kamyonu düşey doğrultuda aşağıya doğru bir kuvvet uygulamaktadır.
- III. Sandığın üzerine etkiyen net kuvvet sıfırdır.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

(2022 AYT)

Kamyon sabit hızla hareket ettiğine göre ivmesi sıfırdır ve dolayısıyla net kuvvet de sıfırdır. Sandık kamyon kasasında dengede durmaktadır.

I. Yanlış. Çünkü sandık kamyonu göre durgundur ve sabit hızla hareket eden sistemde net kuvvet sıfırdır.

II. Doğru. Sandığın ağırlığı nedeniyle kamyonu aşağı yönde bir kuvvet uygular.

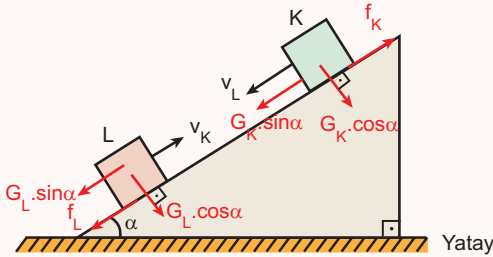
III. Doğru. Çünkü sandık sabit hızla hareket ediyor, ivmesi yoktur.

Cevap: D



Not

Sürtünmeli eğik düzlemde hareket eden cisimlerin ivmeleri;



$$F_K = m_K \cdot a_K \Rightarrow G_K \cdot \sin \alpha - f_K = m_K \cdot a_K$$

$$m_K \cdot g \cdot \sin \alpha - k \cdot m_K \cdot g \cdot \cos \alpha = m_K \cdot a_K$$

$$a_K = g \cdot \sin \alpha - k \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$F_L = m_L \cdot a_L \Rightarrow G_L \cdot \sin \alpha + f_L = m_L \cdot a_L$$

$$m_L \cdot g \cdot \sin \alpha + k \cdot m_L \cdot g \cdot \cos \alpha = m_L \cdot a_L$$

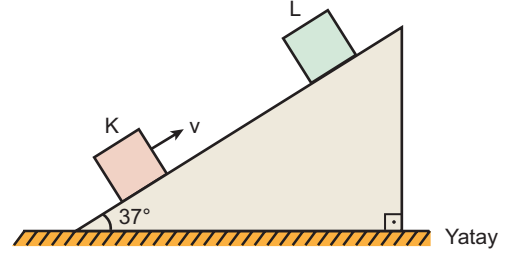
$$a_L = g \cdot \sin \alpha + k \cdot g \cdot \cos \alpha$$

Cisimlerin ivmeleri kütlelerinden bağımsızdır.



Örnek 7

Sürtünmeli eğik düzlem üzerindeki K cismi v sürati ile eğik düzleme paralel fırlatılırken, L cismi şekildeki gibi serbest bırakılmıştır. Bu durumda K ve L cisimlerinin ivme büyüklükleri sırası ile a_K ve a_L olmaktadır.



Cisimlerle zemin arasındaki kinetik sürtünme katsayısı 0,2 olduğuna göre $\frac{a_K}{a_L}$ oranı kaçtır?

($g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$)

- A) $\frac{19}{11}$ B) $\frac{19}{9}$ C) 3 D) $\frac{7}{2}$ E) 4

$$a_K = g \cdot (\sin \theta + k \cdot \cos \theta) = 10 \cdot (0,6 + 0,2 \cdot 0,8) = 7,6 \text{ m/s}^2$$

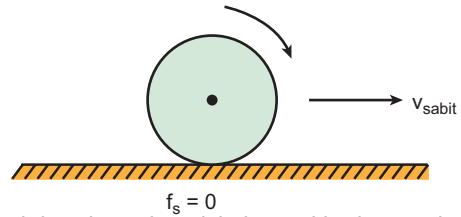
$$a_L = g \cdot (\sin \theta - k \cdot \cos \theta) = 10 \cdot (0,6 - 0,2 \cdot 0,8) = 4,4 \text{ m/s}^2$$

$$a_K / a_L = 7,6 / 4,4 = 76 / 44 = 19 / 11 \text{ olur.}$$

Cevap: A

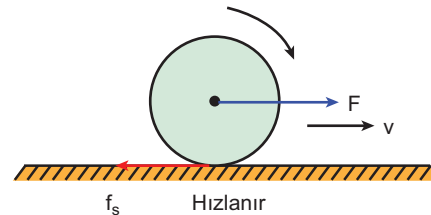
Sürtünmeli yüzeylerde dönerek öteleme hareketi yapan cisimlere etki eden sürtünme kuvvetinin yönü

• Yatay düzlemde dönerek sabit hızla ilerleyen tekerlek



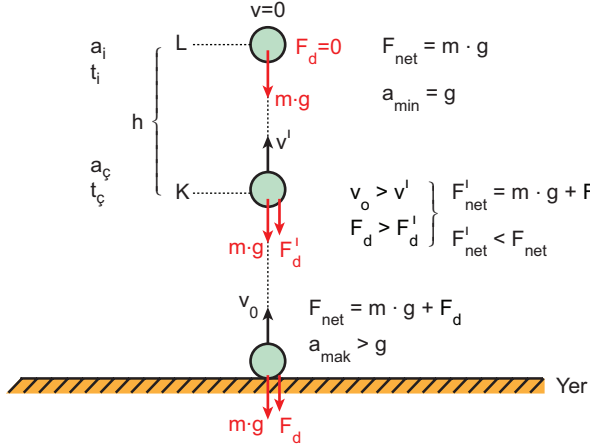
Sabit hızlı hareket eden cisimlere etki eden net kuvvet sıfırdır. Hız doğrultusunda net bir kuvvet olmadığı için tekerleğe sürtünme kuvveti etki etmez.

• Merkez noktasına uygulanan kuvvetin etkisinde yatay düzlemde dönerek hareket eden tekerlek



Tekerleğe etki eden statik sürtünme kuvveti harekete zıt yönde etki ederek tekerleğin dönmesini sağlar.

Aşağıdan Yukarıya Atılan Cisme Etki Eden Hava Direnç Kuvveti



- Cisim atıldığı anda en büyük hıza sahiptir ve cisme etki eden hava direnç kuvveti F_d maksimum değerdedir. Cisim yukarı çıktıkça yavaşlar ve hava direnç kuvveti F_d^I azalır, çıkabileceği maksimum yükseklikte sıfır olur. Yukarı çıktıkça cisme etki eden net kuvvet ve ivme azalır. Maksimum yükseklikte cismin ivmesi g yer çekimi ivmesine eşit olur.
- Cisim KL aralığını çıkarken çıkış ivmesi a_c ile inerken iniş ivmesi a_i arasındaki ilişki $a_c > a_i$ olur. Çıkış süresi t_c ile t_i arasındaki ilişki $t_c < t_i$ olur.



Örnek 11

Yatay düzlemde yukarıya doğru atılan bir cisme etki eden hava direnç kuvveti, cismin hızına bağlı olarak değişmektedir.

Buna göre

- Cisim yukarı çıkarken hava direnci ve yer çekimi kuvveti aynı yönlüdür.
- Cisim aşağı inerken hızlandığı durumda net kuvvetin yönü aşağı doğrudur.
- Cisim yere yaklaşıırken hava direnç kuvvetinin büyüklüğü artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

I. yargı: Cisim yukarı çıkarken hava direnci hıza zıt yönde, yani aşağı yönlüdür. Aşağı yönlü olan yer çekimi kuvvetiyle aynı yönde olduğundan bu ifade doğrudur.

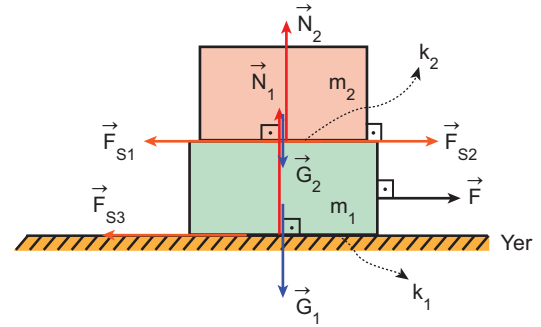
II. yargı: Cisim aşağı inerken hem ağırlık hem de net kuvvet aşağı yönlüdür, çünkü hava direnci yukarı yönlüdür. Bu ifade doğrudur.

III. yargı: Cisim yere yaklaştıkça hızı artar; hız arttığı için hava direnci kuvveti de artar. Bu ifade doğrudur.

Cevap: E

Eylemsizlik Uygulamaları

Üst Üste Hareket Eden Cisimler



Sürtünme katsayısı k_1 olan yatay bir zeminde, aralarında sürtünme katsayısı k_2 bulunan m_1 ve m_2 kütleli cisimler birlikte hareket etmektedir. m_1 cisminin yatay yönde $\vec{F}$ kuvveti uygulanmaktadır. Bu durumda, cisimler arasında ve zemine temas eden yüzeylerde sürtünme kuvvetleri oluşur. m_1 ile m_2 arasındaki sürtünme kuvveti bir etki-tepki çifti oluşturur. m_1 cisminin etki eden sürtünme kuvveti (F_{s1}) ile m_2 cisminin etki eden sürtünme kuvveti (F_{s2}) eşit büyüklükte, zıt yönlüdür. Bu kuvvetlerden F_{s2} , m_2 cisminin hareket yönünde etki ederken, F_{s1} , m_1 cisminin zıt yönde etki eder. Bu durumda m_2 kütleli cisme, m_1 kütleli cisimle aynı ivmeyi kazandıran hareket yönündeki F_{s2} 'dir.

Zeminin cisimlere uyguladığı tepki kuvveti $N_1 = G_1 + G_2$ kadardır.

Zeminle m_1 cismi arasındaki sürtünme kuvvetinin büyüklüğü:

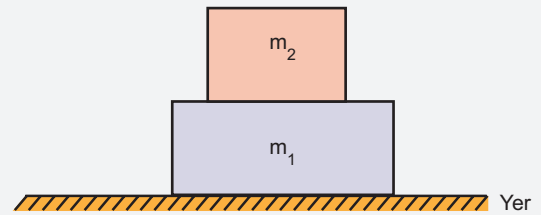
$$F_{s3} = k_1 \cdot N_1 = k_1 \cdot (m_1 + m_2) \cdot g \text{ şeklindedir.}$$

Cisimler arasındaki sürtünme kuvveti ise:

$$F_{s1} = F_{s2} = k_2 \cdot m_2 \cdot g \text{ olarak bulunur.}$$



Etkinlik - 5



m_1 ve m_2 kütleli cisimler yatay zemin üzerinde şekildaki gibi üst üste konulmuştur. Cisimler arası ve m_1 kütleli cisimle zemin arası sürtünmelidir.

Aşağıda verilen ifadeleri inceleyiniz. Her bir ifadenin Doğru veya Yanlış olduğunu belirleyiniz ve "Kısa Açıklama" kısmına gerekçenizi yazınız.

Çembersel Hareket

Çembersel Hareket ile İlgili Değişkenler

- Birçok cisim dönme hareketi yapar ancak her dönme hareketi düzgün çembersel hareket değildir. **Düzgün çembersel hareketin olabilmesi için cismin sabit süratle ve sabit yarıçaplı bir çember üzerinde hareket etmesi gerekir;** çünkü hızın yönü sürekli değiştiği için yalnızca sürat sabittir. Eğer cismin sürati değişiyorsa ya da izlediği yol tam bir çember değilse, hareket çembersel olabilir fakat düzgün çembersel hareket değildir.



Etkinlik - 1

Aşağıdaki günlük yaşam örneklerini inceleyerek her birinin düzgün çembersel hareket olup olmadığını belirleyiniz. Düzgün çembersel hareket için süratin sabit ve yörünge'nin çember olması gerektiğini unutmayınız. Uygun seçeneği işaretleyip altına kısa bir gerekçe yazınız.

1. Çamaşır makinesinin sıkma sırasında tamburunun dönmesi.



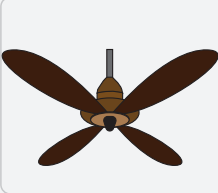
- ☒ Evet, düzgün çembersel hareket tir.

- ☐ Hayır, düzgün çembersel hareket değildir.

Kısa gerekçe:

Tambur sabit devirle döner, sürat ve yarıçap sabittir.

2. Tavan pervanesinin düşük kademedan yüksek kademeye geçerken hızlanarak dönmesi.



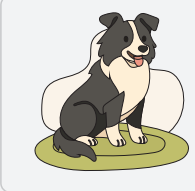
- ☐ Evet, düzgün çembersel hareket tir.

- ☒ Hayır, düzgün çembersel hareket değildir.

Kısa gerekçe:

Sürat zamanla değişir, düzgün çembersel değildir.

3. Sahilde kum üzerinde daire çizerek koşan bir köpeğin kimi yerde hızlanıp kimi yerde yavaşlaması.



- ☐ Evet, düzgün çembersel hareket tir.

- ☒ Hayır, düzgün çembersel hareket değildir.

Kısa gerekçe:

Daireye yakın bir yol izlese bile sürat sabit değildir.

4. Bir DJ'in plağı sabit devirde döndürmesi.



- ☒ Evet, düzgün çembersel hareket tir.

- ☐ Hayır, düzgün çembersel hareket değildir.

Kısa gerekçe:

Sabit açısal süratle dönen plak, düzgün çembersel harekete örnektir.

5. Bir dronun bir bina etrafında dönerken bazen hızlanıp bazen yavaşlaması.



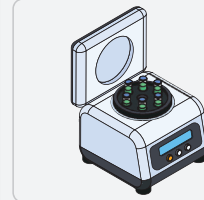
- ☐ Evet, düzgün çembersel hareket tir.

- ☒ Hayır, düzgün çembersel hareket değildir.

Kısa gerekçe:

Sürat değiştiği için hareket düzgün değildir.

6. Bilim laboratuvarındaki sabit süratli santrifüjün tüpleri döndürmesi.



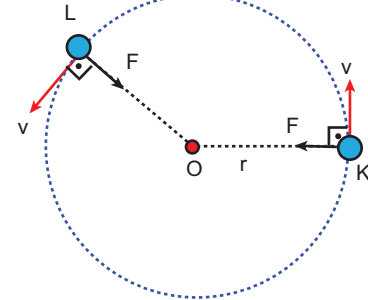
- ☒ Evet, düzgün çembersel hareket tir.

- ☐ Hayır, düzgün çembersel hareket değildir.

Kısa gerekçe:

Sabit devirli santrifüjde tüpler sabit süratle çembersel yörüngede döner.

Düzgün Çembersel Hareketle İlgili Kavramlar



- Bir cismin düzgün çembersel hareket yapabilmesi için, hareket boyunca cisme merkeze doğru yönelmiş sabit büyüklükte bir kuvvet etki etmelidir. Cisim sabit yarıçaplı bir çember üzerinde dolarken, her noktada bu kuvvetin yönü merkeze doğrudur.
- Düzgün çembersel hareket, eşit zaman aralıklarında aynı noktadan geçildiği için periyodik bir harekettir.

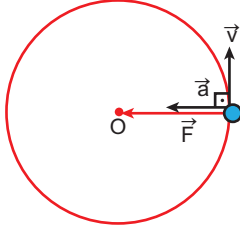
Periyot

- Periyot, bir hareketin kendini tekrar etmesi için geçen süreye denir. Yani bir hareketin bir tam döngüsünü tamamlama süresi periyottur.
- Periyot T sembolüyle gösterilir, skaler bir büyüklüktür. SI (Uluslararası Birim Sistemi)'da birimi saniyedir (s).

Frekans

- Frekans, periyodik bir hareketin bir saniyede (birim zamanda) kaç kez tekrarlandığını gösteren büyüklüktür.
- Frekans f sembolüyle gösterilir, skaler bir büyüklüktür. SI'da birimi Hertz'dir (Hz). s^{-1} ile de ifade edilir.
- Frekans ile periyot arasında $f = 1 / T$ ilişkisi bulunur; periyot azaldıkça frekans artar, periyot arttıkça frekans azalır.

Merkezcil İvme ve Merkezcil Kuvvet



- Düzgün çembersel harekette cismin sürati sabit olsa bile hızının yönü sürekli değiştiği için cisim her an merkeze doğru bir ivmeye sahiptir. Bu merkeze doğru yönelmiş ivmeye **merkezcil ivme** denir ve büyüklüğü:

$$a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r \text{ bağıntısıyla hesaplanır.}$$

- Cismi çembersel yörüngede tutan ve her zaman merkeze doğru olan kuvvet ise **merkezcil kuvvettir**; büyüklüğü:

$$F = m \cdot a = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Açısal İvme ($\vec{a}$)

- Açısal ivme, dönen bir cismin açısal hızının zamanla nasıl değiştiğini gösterir ve birimi rad/s^2 'dir. Cisim hızlanıyorsa açısal ivme pozitif, yavaşlıyorsa negatif olur ve

$$\vec{a} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \text{ bağıntısıyla hesaplanır.}$$

- Açısal ivmenin yönü sağ el kuralıyla belirlenir; dört parmak dönme yönünün gösterirken başparmak açısal ivmenin yönünü gösterir.
- Açısal ivme ile çizgisel ivme arasındaki büyüklük ilişkisinin matematiksel modeli,

$$a = \alpha \cdot r \text{ ile ifade edilir.}$$



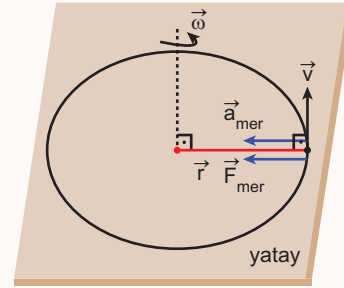
Etkinlik - 4

Aşağıdaki ifadeleri okuyarak "D (Doğru)" veya "Y (Yanlış)" olarak işaretleyiniz.

- Düzgün çembersel harekette sürat sabit olsa bile hızın yönü değiştiği için cisim merkeze doğru ivmeye sahiptir. (D)
- Merkezcil ivmenin büyüklüğü $a = v^2 / r$ bağıntısıyla ifade edilir ve yönü her zaman yörüngeye teğettir. (Y)
- Merkezcil kuvvetin büyüklüğü $F = m \cdot v^2 / r$ veya $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$ bağıntılarıyla hesaplanabilir. (D)
- Açısal ivme, açısal hızın zamana göre değişimidir ve birimi rad/s^2 'dir. (Y)
- Açısal ivme ile çizgisel ivme arasındaki büyüklük ilişkisi $a = \alpha \cdot r$ bağıntısıyla ifade edilir. (D)



Not



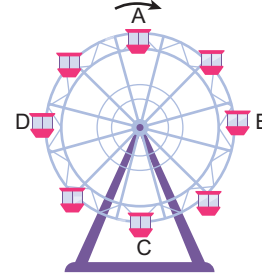
Düzgün çembersel harekette:

- Açısal hızın yönü ve büyüklüğü değişmez.
- Açısal hız; konum vektörü, çizgisel hız, merkezcil ivme ve merkezcil kuvvet vektörlerine daima diktir.
- Konum vektörü ($\vec{r}$), merkezcil ivme ($\vec{a}_{\text{mer}}$), merkezcil kuvvet ($\vec{F}_{\text{mer}}$) aynı doğrultuda olup konum vektörü, merkezcil ivme ve merkezcil kuvvet vektörü ile zıt yönlüdür.
- Konum ($\vec{r}$), merkezcil ivme ($\vec{a}_{\text{mer}}$), merkezcil kuvvet ($\vec{F}_{\text{mer}}$) vektörleri çizgisel hız ($\vec{v}$) vektörüne daima diktir.



Çıkış Soru 3

Aleyna, sabit açısal hızla hareket eden şekildeki dönme dolabın kabinlerinden birinin içinde oturmaktadır.



Aleyna'nın bulunduğu kabin; A, B, C ve D noktalarından geçerken Aleyna'ya etki eden merkezcil kuvvetlerin büyüklükleri sırasıyla F_A , F_B , F_C ve F_D olmaktadır.

Aleyna'nın kütle merkezinin, dönme eksenine olan uzaklığının daima sabit kaldığı bilindiğine göre F_A , F_B , F_C ve F_D arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?

- A) $F_A = F_B = F_C = F_D$ B) $F_A > F_C > F_B = F_D$
 C) $F_A = F_C > F_B = F_D$ D) $F_A > F_B > F_C > F_D$
 E) $F_C > F_A > F_B = F_D$ (2020 AYT)

*Dönme dolap sabit açısal hızla dönüyor ve Aleyna'nın kütle merkezinin dönme eksenine uzaklığı her noktada aynı.
 Merkezcil kuvvet: $F = m \cdot \omega^2 \cdot r$
 Olduğu için A, B, C ve D noktalarında merkezcil kuvvetin büyüklüğü aynıdır.
 Cevap: A*



Yazılı Sınav - 1

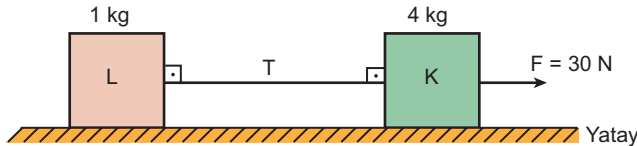
1. Newton'ın Birinci Hareket Yasası, diğer adıyla Eylemsizlik Prensibi, cisimlerin hareket durumlarını açıklayan temel bir yasadır.

Buna göre,

- a) Bu yasayı kendi cümlelerinle açıklayınız.
b) Günlük hayattan dört farklı örnek vererek eylemsizlik ilkesini gösteriniz.

a) Bir cisme etki eden net kuvvet sıfırsa, cisim hareket durumunu korur. Durgun cisim durmaya devam eder, hareketli cisim aynı hız ve doğrultuda hareketini sürdürür. Cisimlerin hareket durumlarını koruma eğilimine eylemsizlik denir. Eylemsizlik, cismin kütlesiyle doğru orantılıdır.	yolcuların öne doğru savrulması.
b) 1. Araç aniden fren yaptığında	2. Masa örtüsü hızlıca çekildiğinde üzerindeki tabakaların yerinde kalması.
	3. Hareket eden bisikletin pedalı bırakılınca bir süre daha gitmesi.
	4. Otobüs aniden hareket ettiğinde yolcunun geriye yaslanıp gibi olması.

2. Aşağıdaki şekilde, yatay ve sürtünmesiz bir düzlem üzerinde bulunan K ve L cisimleri esnek olmayan ve ağırlığı ihmal edilen bir iple birbirine bağlanmıştır. L cisminin kütlesi 1 kg, K cisminin kütlesi 4 kg'dır. K cismine yatay doğrultuda $F = 30$ N büyüklüğünde bir kuvvet uygulanmaktadır.



Buna göre

- a) Cisimlerin ivme büyüklüğünün kaç m/s^2 olduğunu bulunuz.
b) Cisimler arasındaki ipin gerilme kuvvetinin (T) büyüklüğünün kaç N olduğunu bulunuz.

İşlemlerinizi açıkça gösteriniz.

a) Sisteme dışarıdan uygulanan yatay net kuvvet sadece $F = 30$ N'dur. $F_{net} = m_{toplam} \cdot a$ $30 = 5 \cdot a$ ise $a = 30 / 5 = 6 \text{ m/s}^2$	$F_{net} = m_L \cdot a$ ise $T = m_L \cdot a$ $T = 1 \cdot 6 = 6 \text{ N olur.}$
b) Yöntem 1 - L cismini inceleyelim (1 kg'lık cisim) L cismine yatayda sadece ip gerilmesi T etki eder ve cisim sağa doğru 6 m/s^2 ivme ile hareket eder.	Yöntem 2 - K cismini inceleyerek K cismine sağa doğru $F = 30$ N, sola doğru ise ip gerilmesi T etki eder. İvme yine 6 m/s^2 : $F_{net} = m_K \cdot a$ ise $F - T = m_K \cdot a$ $30 - T = 4 \cdot 6$ $30 - T = 24$ $T = 30 - 24 = 6 \text{ N olur.}$

3. Aşağıdaki şekilde yatay ve sürtünmesiz bir düzlem üzerinde bulunan K ve L cisimleri birbirine temas hâlinde. K cisminin kütlesi 8 kg, L cisminin kütlesi 2 kg'dır. K cismine $F = 40$ N büyüklüğünde yatay bir kuvvet uygulanmaktadır. Cisimler arasındaki yüzeyler kaymamakta, her iki cisim birlikte aynı ivme ile hareket etmektedir.



- a) Cisimlerin ivme büyüklüğünün kaç m/s^2 olduğunu bulunuz.
b) Cisimler arasındaki etki-tepki kuvvetinin büyüklüğünün kaç N olduğunu bulunuz.

İşlemlerinizi açıkça gösteriniz.

a) Sistemin yatay doğrultudaki net kuvveti yalnızca F kuvvetidir. Sürtünme olmadığı için: $F_{net} = m_{toplam} \cdot a$ $40 = 10 \cdot a$ ise $a = 40 / 10 =$	4 m/s^2 dir. b) L cismini inceleyelim (2 kg'lık cisim) $F_{net} = m_L \cdot a$ $N = m_L \cdot a$ ise $N = 2 \cdot 4 = 8$ N dur.
---	--

4. Aşağıda iki farklı fiziksel olay verilmiştir. Her bir olay için etki kuvvetini ve tepki kuvvetini açık ve doğru biçimde yazınız.

1. Olay:

Bir öğrenci, elindeki lastik topu yere doğru bırakıyor. Top yere çarptığında hızla geri yukarı doğru sıçrıyor.

Bu olayda etki kuvveti:

Topun yere çarptığı anda topun yere uyguladığı kuvvet etki kuvvetidir.

Bu olayda tepki kuvveti:

Yer, topa eşit büyüklükte ve zıt yönde yukarı doğru bir kuvvet uygular. Bu kuvvet tepki kuvvetidir.

2. Olay:

Bir kişi yürürken ayağıyla zemine geriye doğru kuvvet uygular ve kişi ileri doğru hareket eder.

Bu olayda etki kuvveti:

Kişinin ayağının, zemine geriye doğru uyguladığı kuvvet etki kuvvetidir.

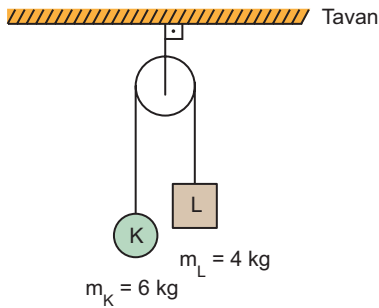
Bu olayda tepki kuvveti:

Zemin, ayağa eşit büyüklükte ve ileri doğru bir kuvvet uygular. Bu kuvvet tepki kuvvetidir.

5. Aşağıdaki olayları inceleyiniz. Her bir olay için: Etki-tepki kuvvet çifti olup olmadığını Evet / Hayır kutusuna işaretleyiniz. Kısaca nedeni yazınız.

No	Olay	Evet	Hayır	Kısa Neden
1	Masa üzerindeki kitaba masanın uyguladığı kuvvet ile Dünya'nın kitaba uyguladığı kuvvet		✓	Kuvvetler aynı cisme etki eder; etki-tepki olamaz.
2	İnsanın duvara uyguladığı kuvvet ile duvarın insana uyguladığı kuvvet	✓		Kuvvetler farklı cisimler arasında ve karşılıklı etki-tepki kuvvetidir.
3	Zeminin topa uyguladığı kuvvet ile topun ağırlığı		✓	Kuvvetler top üzerinde; aynı cisme etki ettiği için etki-tepki değildir.
4	Kutu itilirken zeminin kutuya uyguladığı sürtünme kuvveti ile kutunun zemine uyguladığı itme kuvveti.	✓		Kuvvetler iki farklı cisim arasındadır; büyüklükleri eşit, yönleri zıttır.
5	Mıknatısın bilyeye uyguladığı kuvvet ile bilyenin mıknatısa uyguladığı kuvvet	✓		Farklı cisimler birbirine zıt kuvvet uygular; etki-tepki çiftidir.

6. Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde ağırlığı ihmal edilen ve esnek olmayan ipe şekildeki gibi birbirine bağlı K ve L cisimlerinin kütleleri sırası ile 6 kg ve 4 kg'dır.



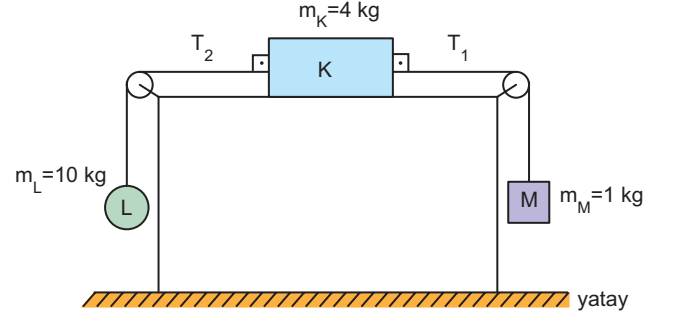
Buna göre

- a) Cisimlerin ivme büyüklüklerinin kaç m/s^2 olduğunu bulunuz.
b) İpte oluşan gerilme kuvvetinin büyüklüğünün kaç N olduğunu bulunuz.

İşlemlerinizi açıkça gösteriniz. ($g = 10 m/s^2$)

a) Ağır olan K cismi aşağı, L cismi yukarı hareket eder. $a = (G_K - G_L) / (m_K + m_L) \cdot g$ $a = (60 - 40) / (6 + 4)$ $a = 20/10$	$a = 2 m/s^2$ dir. b) K cisimi için: $m_K \cdot g - T = m_K \cdot a$ $60 - T = 6 \cdot 2$ $60 - T = 12 \Rightarrow T = 48 N$ olur.
---	--

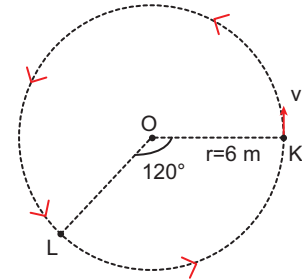
7. Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde kütleleri sırası ile 4 kg, 10 kg ve 1 kg olan K, L ve M cisimleri, ağırlığı ihmal edilen ve esnek olmayan iplerle şekildeki gibi birbirine bağlı iken serbest bırakıldığında iplerdeki gerilme kuvvetinin büyüklükleri T_1 ve T_2 olmaktadır.



Buna göre T_1 ve T_2 'nin kaç N olduğunu bulunuz. İşlemlerinizi açıkça gösteriniz. ($g = 10 m/s^2$)

$F_{net} = m_{toplam} \cdot a$ $100 - 10 = (10 + 4 + 1) \cdot a$ $a = 6 m/s^2$ dir.	$T_1 - 10 = 1 \cdot 6$ $T_1 = 16 N$ dir. L için: $F_L = m_L \cdot a$ $100 - T_2 = 10 \cdot 6$ $T_2 = 40 N$ dir.
---	--

8. Noktasal bir cisim 6 metre yarıçaplı çembersel yörüngede düzgün çembersel hareket yapmaktadır. Cisim K noktasından L noktasına oklar yönünde hareket ederek 6 saniyede ulaşmaktadır.



Buna göre

- a) Cismin çizgisel hız büyüklüğün kaç m/s olduğunu bulunuz.
b) Cismin açısal hız büyüklüğün kaç rad/s olduğunu bulunuz.

İşlemlerinizi açıkça gösteriniz. ($\pi = 3$)

240° açığı 6 saniyede 360° açığı T $T = 9 s$ 'dir. a) $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot 3 \cdot 6}{9} \Rightarrow v = 4 m/s$ 'dir b) $v = \omega \cdot r \Rightarrow 4 = \omega \cdot 6 \Rightarrow \omega = \frac{2}{3} rad/s$ 'dir



Örnek 5

Bir otomobil ve kütlesi otomobilden daha büyük olan bir kamyon, aynı sürtünmeli yatay yolda bulunan r yarıçaplı bir virajı, yolun sağlayabildiği maksimum sürtünme kuvvetini aşmadan tam sınırdan olacak şekilde, ancak güvenli dönebilmektedir.

Bu durumla ilgili

- Kamyonun güvenli dönebilmesi için gerekli merkezci kuvvet, otomobile göre daha büyüktür.
- Yolun kamyonu uygulayabildiği maksimum sürtünme kuvveti, daha büyük ağırlığı nedeniyle otomobile göre daha fazladır.
- Her iki araç da güvenli dönebildiğine göre, kamyonun güvenli dönebileceği maksimum sürat otomobilinkinden daha büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

I. ifade: Gerekli merkezci kuvvet: $F_{mer} = m \cdot v^2 / r$

Kamyonun kütlesi daha büyük olduğundan, güvenli dönebildiği herhangi bir hızda gereken merkezci kuvvet otomobile göre daha büyüktür. (Doğru)

II. ifade: Maksimum sürtünme kuvveti: $F_{smax} = k \cdot m \cdot g$

Kamyonun kütlesi daha büyük ve yolun sağlayabileceği maksimum sürtünme kuvveti de daha büyüktür. (Doğru)

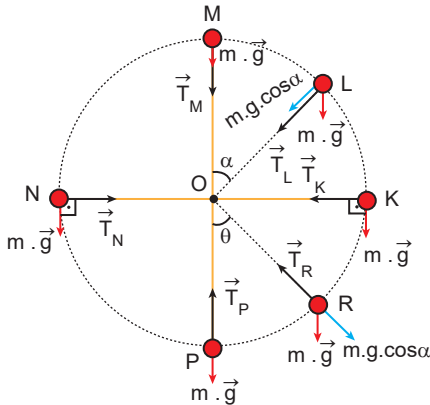
III. ifade: Güvenli dönme koşulu:

$$m \cdot v^2 / r \leq k \cdot m \cdot g \rightarrow v_{max} = \sqrt{k \cdot g \cdot r}$$

Bu bağlntıda kütle yoktur; dolayısıyla otomobil ve kamyon aynı viraj için aynı maksimum sürate sahiptir. (Yanlış)

Cevap: C

Düşey Düzlemde Düzgün Çembersel Hareket



- Düşey düzlemde esnek olmayan bir ipe bağlı m kütleli cismin çembersel hareketinde, cisme hem ip gerilmesi ($\vec{T}$) hem de ağırlık kuvveti ($m \cdot \vec{g}$) etki eder. Cisim çembersel yörünge üzerinde farklı noktalardan geçerken ağırlık kuvvetinin yönü sabit kalır ancak ip gerilmesinin büyüklüğü ve yönü değişir; çünkü merkezci kuvvet ihtiyacı yörünge her noktasında farklıdır.

En üst noktada (M) ip gerilmesi

$$F_{mer} = T_M + m \cdot g$$

$$T_M = F_{mer} - m \cdot g$$

en küçük değerini alırken ağırlık kuvveti merkeze doğru yöneldiği için merkezci kuvvete katkı yapar.

En alt noktada (P) ip gerilmesi

$$F_{mer} = T_P - m \cdot g$$

$$T_P = F_{mer} + m \cdot g$$

Ağırlık kuvveti merkezden uzaklaştırıcı olduğundan, ip gerilmesi merkezci kuvvet ihtiyacını tek başına karşılamak zorunda kalır ve en büyük değerine ulaşır.

Cisim ara noktalardan (K, L, N, R gibi) geçerken ip gerilmesi ile ağırlık kuvvetinin birleşimi merkezci kuvveti sağlar; bu nedenle gerilme kuvveti vektörü dairenin merkezine doğru yönelmiş olup büyüklüğü konuma göre değişir.

K noktasındaki ip gerilmesi

$$F_{mer} = T_K$$

L noktasındaki ip gerilmesi

$$F_{mer} = T_L + m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$T_L = F_{mer} - m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

N noktasındaki ip gerilmesi

$$F_{mer} = T_N$$

R noktasındaki ip gerilmesi

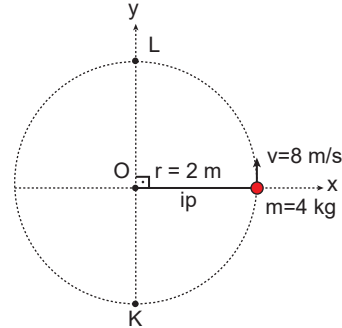
$$F_{mer} = T_R - m \cdot g \cdot \cos \theta$$

$$T_L = F_{mer} + m \cdot g \cdot \cos \theta$$



Örnek 6

Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemde esnek olmayan ve ağırlığı ihmal edilen 2 m uzunluktaki ipin ucuna 4 kg kütleli cisim bağlanarak 8 m/s süratle düşey düzlemde şekildeki gibi düzgün çembersel hareket yaptırılmaktadır.



Cismin K ve L noktalarından geçtiği andaki ipteki gerilme kuvvetinin büyüklüğü sırası ile T_K ve T_L olduğuna göre T_K ve T_L kaç N'dir? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

	$T_K(\text{N})$	$T_L(\text{N})$
A)	168	88
B)	128	88
C)	128	128
D)	168	128
E)	142	102

Merkezci kuvvet: $F_{mer} = m \cdot v^2 / r$

$$4 \cdot (8)^2 / 2 = 4 \cdot 64 / 2 = 128 \text{ N}$$

K noktasında (alt nokta); $T_K - m \cdot g = F_{mer}$

$$T_K - 40 = 128 \text{ N} \rightarrow T_K = 168 \text{ N'dir.}$$

L noktasında (üst nokta); $T_L + m \cdot g = F_{mer}$

$$T_L + 40 = 128 \rightarrow T_L = 88 \text{ N'dir.}$$

Cevap: A

KUVVET VE HAREKET ÜNİTE ÖZETİ

Sürtünme Kuvveti

- Temas eden yüzeyler arasında oluşur ve harekete karşı koyar.
- Büyüklüğü sürtünme katsayısına (k) ve normal kuvvete (N) bağlıdır.
- Matematiksel model: $f = k \cdot N$

Statik Sürtünme

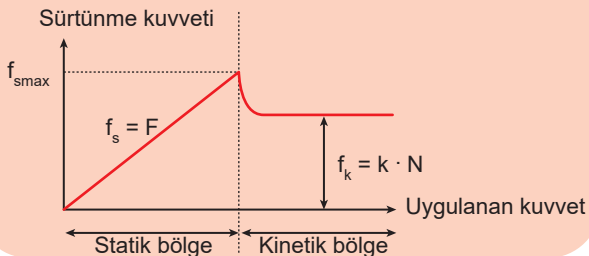
- Cisim harekete başlamadan önce etkilidir.
- 0 ile $k \cdot N$ arasında değer alabilir.
- Her zaman kayma eğilimine zıt yöndedir.
- Maksimum değeri aşıldığında cisim hareket eder.

Kinetik Sürtünme Kuvveti

- Yüzeyler birbirine göre hareket ederken ortaya çıkar.
- Hareket yönüne zıt yöndedir.
- Cismi yavaşlatır.
- Statik sürtünmenin maksimum değerinden küçüktür.
- Matematiksel model: $f_k = k_k \cdot N$
- Büyüklüğü, kinetik sürtünme katsayısına ve normal kuvvete bağlıdır.

Genel Özellikler

- Sürtünme kuvveti, cismin hareket yönüne değil, kayma eğilimine karşıdır.
- Zemin sürtünme uygulayabilmesi için cisme bir zorlayıcı kuvvet uygulanmalıdır.
- Kaymadan dönme hareketinde temas noktasında statik sürtünme etkilidir.



Limit Hız

- Hava direnci hareket yönüne zıt etki eder.
- Hava direnci hız arttıkça artar: $F_d = k \cdot A \cdot v^2$
- Başlangıçta net kuvvet sıfır değildir, cisim ivmelenir.
- Hız arttıkça hava direnci artar ve net kuvvet azalır.
- Hava direnci ağırlığa eşit olduğunda net kuvvet sıfır olur.
- Bu durumda cisim sabit hızla düşer: buna limit hız denir.
- Limit hız; kütle arttıkça artar, kesit alanı ve ortam yoğunluğu arttıkça azalır.

Düzgün Çembersel Hareket Bileşenleri

- Cisim sabit süratle çember üzerinde hareket eder ancak yön değiştiği için ivmelidir.
- Hareket boyunca cisme merkeze doğru yönelmiş merkezci kuvvet etki eder.
- Merkezci kuvvet her zaman merkeze doğrudur.
- Çembersel hareket periyodik harekettir.
- Periyot (T): Bir tam turun süresidir (birimi saniye).
- Frekans (f): Birim zamandaki tur sayısıdır (birimi Hz).
- İlişki: $f = 1 / T$
- Sürat sabittir, yön değiştiği için ivme vardır.
- Merkezci ivme ve kuvvet merkeze doğrudur.
- $v = 2\pi \cdot r / T = 2\pi \cdot r \cdot f$
- $\omega = 2\pi / T = 2\pi \cdot f$
- $v = \omega \cdot r$
- $a_{mer} = v^2 / r = \omega^2 \cdot r$
- $F_{mer} = m \cdot v^2 / r$
- Açısal ivme: $\vec{a} = \Delta \vec{\omega} / \Delta t$
- $a = \alpha \cdot r$
- $\vec{r}$, $\vec{a}_{mer}$ ve $\vec{F}_{mer}$ aynı doğrultudadır ve $\vec{v}$ 'ye diktir.

Yatay Virajda Çembersel Hareket

- Virajda merkezci kuvveti sürtünme kuvveti sağlar.
- $F_{sürtünme} = F_{merkezci}$
- $k \cdot m \cdot g \geq m \cdot v^2 / r$
- $v \leq \sqrt{k \cdot g \cdot r}$
- Maksimum hız k , g ve r 'ye bağlıdır; kütleden bağımsızdır.

Eğimli Virajda Çembersel Hareket

- Sürtünmesiz eğimli virajda merkezci kuvveti normal kuvvetin yatay bileşeni sağlar.
- Düşey denge: $N \cdot \cos \alpha = m \cdot g$
- Yatay (merkezci): $N \cdot \sin \alpha = m \cdot v^2 / r$
- $\tan \alpha = v^2 / (r \cdot g)$
- Uygun hızda araç sürtünmeye ihtiyaç duymadan güvenle döner.