

9.Sınıf Fizik Hareket ve Kuvvet Konu Anlatımı

Cisimlerin Hareketleri

Cisimler belli bir konumdan başka bir konuma zamanla yer değiştirirken hız ve ivmeleri değişebilir. Hareket, cisimlerin belli bir başlangıç noktasına göre zamanla yer değiştirmesi hâlidir. Hareket hâlinde olan cisimlerin yer değiştirme miktarının, hızının ve ivmesinin hesaplanması az da olsa o cisim hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar.

Hareket konusunun iyi anlaşılabilmesi için, hareketliye ait; yörünge, konum, yer değiştirme, hız, ortalama hız, ivme ve ortalama ivme kavramlarının bilinmesi gerekir. Ayrıca hareketliye ait; konum - zaman, hız - zaman ve ivme - zaman grafiklerinin de çizilerek yorumlanabilmesi gerekmektedir.

Bir Boyutta Hareket

Öteleme hareketi: Maddeyi oluşturan moleküllerin dönmeden ilerleme sağlamasına öteleme hareketi denir.

Dönme Hareketi: Bir nokta etrafında dolanmakta olan cismin hareketine dönme hareketi denir.

Titreşim Hareketi: İki nokta arasında belirli zaman aralıklarında gidip - gelme hareketine titreşim hareketi denir.

Konum ve Referans Noktası

Bir cismin hareketi bir noktaya göre tanımlanır. Bu noktaya **referans noktası** denir. Cismin veya hareketlinin bu referans noktalarından yönlü uzaklığına **konum** denir. Vektörel bir büyüklüktür.

Konumun işareti cismin başlangıç noktasına göre yerini belirtir. Örneğin konumun işaretinin (+) olması, cismin başlangıç noktasının ilerisinde olduğunu, (-) olması, cismin başlangıç noktasının gerisinde, 0 (sıfır) olması ise başlangıç noktasında olduğunu gösterir.

Yörünge

- Hareket eden cismin hareketi sırasında izlediği yolun şekline **yörünge** denir.
- Belli bir gösterim sembolü yoktur.
- Hareket çeşitleri, cisimlerin yörüngelerine göre adlandırılır. Doğrusal, dairesel, harmonik hareket gibi.

Alınan Yol ve Yer Değiştirme

- ☞ Bir cismin ilk konumu ile son konumu arasındaki vektörel uzaklıktır.
- ☞ $\Delta \vec{x}$ ile gösterilir. Vektörel bir niceliktir. Birimi SI birim sisteminde metredir.
- ☞ $\Delta \vec{x} = \vec{x}_{\text{son}} - \vec{x}_{\text{ilk}}$ bağıntısı ile hesaplanır.
- ☞ Yer değiştirmenin işareti cismin hareket yönünün işaretini verir. Örneğin, cismin yer değiştirmesinin işaretinin (+) olması, cismin seçilen (+) yönde yer değiştirdiğini, (-) olması, seçilen (-) yönde yer değiştirdiğini, 0 (sıfır) olması ise toplam yer değiştirmenin sıfır olduğunu gösterir. Hareket etmediği anlamına gelmez.
- ☞ Aynı düzlemde fakat farklı doğrultularda hareket eden cisimlerin yer değiştirmesi, yer değiştirme formülüne göre hesaplanır. Örneğin çember üzerindeki K noktasından L noktasına gelen cismin yer değiştirme miktarı $2r$, L den M ye gelen cismin yer değiştirme miktarı $r\sqrt{2}$ dir.
- ☞ Cismin son konumu bulunurken, $\vec{x}_{\text{son}} = \vec{x}_{\text{ilk}} - \Delta \vec{x}$ bağıntısı kullanılır.

Sürat

Sürat, birim zamanda alınan yoldur. Hareketlinin hareketi boyunca aldığı yolun toplam zamana bölümüdür. Skaler hızda denir.

Sürat = $\frac{\text{Alınan yol}}{\text{Geçen zaman}}$ bağıntısı ile hesaplanır.

SI birim sisteminde yol birimi metre(m); zaman birimi saniye(s) olduğundan süratin birimi metre/saniyedir. Otomobil ve uçaklarda sürat birimi olarak km/h kullanılır. Sürat, skaler bir büyüklüktür. Yönü ve doğrultusu yoktur. Motorlu taşıtlardaki göstergelerden aracın anlık sürati görülebilir. Araçların süratleri takometre ile ölçülür.

Hız ve Ortalama Hız

Hız

Bir hareketlinin birim zamandaki yer değiştirmesine denir. "V" ile gösterilen birim m/s ya da km/sa 'tir. Vektördür.

- ☞ Cismın birim zamandaki yer değıştirme miktarına **hız** denir. Yer değıştirme miktarının geçen zamana oranı cismın hızını verir.
- ☞ \vec{v} ile gösterilir. Vektörel bir niceliktir. Birimi m/s dir.
- ☞ $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ bağıntısı ile hesaplanır.
- ☞ Sabit hızla hareket eden cismın yer değıştirme miktarı, $\Delta \vec{x} = \vec{v} \cdot \Delta t$ bağıntısı ile hesaplanır.
- ☞ Hızın işareti cismın hareket yönünü gösterir. Örneğın hızın işaretinin (+) olması, cismın seçilen (+) yönde hareket ettiğini, (-) olması, cismın seçilen (-) yönde hareket ettiğini, 0 (sıfır) olması ise durgun halde olduğunu gösterir.
- ☞ Düz bir yolda hareket eden bir cismın hızının 20 m/s olması, 1 s de 20 m yol alması (ya da yer değıştirmesi) demektir.
- ☞ Hızın km/h olduğu durumlarda hız değeri 3,6 ya bölünerek hızın m/s cinsinden büyüklüğü bulunur.

Ortalama Hız

Bir hareketlinin toplam yer değıştirmesinin toplam zamana oranına **ortalama hız** denir.

↘ Cismın toplam yer değiştirme miktarının bu yer değiştirme miktarını alması için geçen zamana oranı **ortalama hızı** verir.

↘ \vec{v}_{ort} ile gösterilir. Vektörel bir niceliktir. Birimi SI birim sisteminde m/s dir.

↘ $\vec{v}_{ort} = \frac{\sum \Delta \vec{x}}{\sum \Delta t}$ bağıntısı ile hesaplanır.

↘ Eğer cismın hızı düzgün olarak değişiyorsa ortalama hız,

$$v_{ort} = \frac{v_{ilk} + v_{son}}{2} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

↘ Konum - zaman grafiğinden de ortalama hız bulunabilir. Grafikte iki konum arasındaki doğrunun eğimi ortalama hızı verir ve,

$$\vec{v}_{ort} = \text{Eğim} = \tan\theta = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

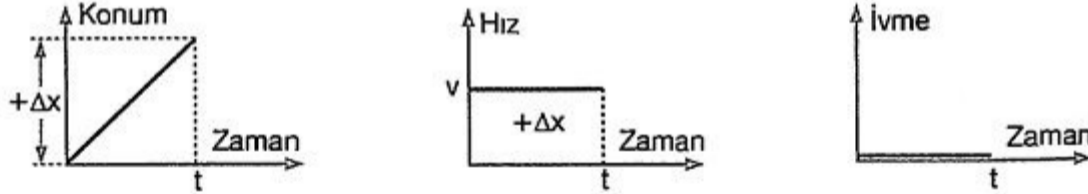
↘ Hareketlinin herhangi bir andaki hızına ani hız ya da **anlık hız** denir. Bu hız, konum - zaman grafiğinde eğriye herhangi bir anda çizilen teğetin eğimine eşittir. Verilen konum - zaman grafiğine göre cismın t anındaki

$$\text{hızı, } \vec{v}_{ani} = \text{Eğim} = \tan\theta = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_2 - 0}{t_2 - t_1} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

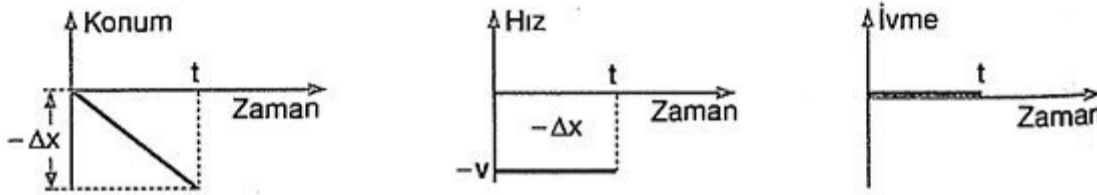
Bir araç sabit hızla hareket ediyorsa bu harekete düzgün doğrusal hareket, değişken hızla hareket ediyorsa düzgün hızlanan ya da düzgün yavaşlayan hareket denir.

Düzgün Doğrusal Hareket

Bir doğru boyunca hareket eden cismın hızı zamanla değişmiyorsa veya cisim eşit zaman aralıklarında eşit yollar alıyorsa bu tip harekete **düzgün doğrusal hareket** denir. Bu tür doğrusal harekette hız değişimi olmadığı için ivme sıfırdır, $v = \text{sabit}$, $a = 0$ dır.



(+) yönde düzgün doğrusal hareket grafikleri



(-) yönde düzgün doğrusal hareket grafikleri

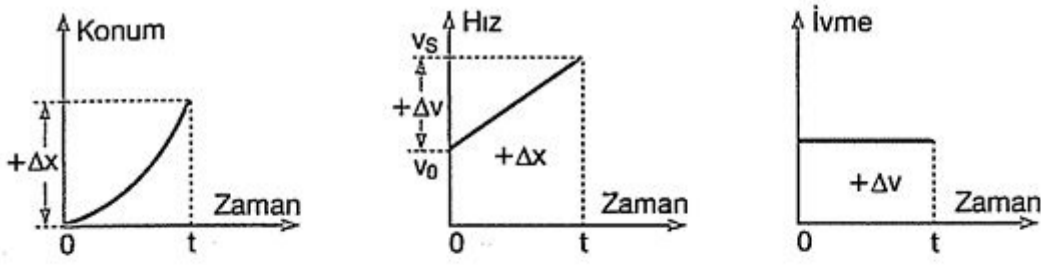
Düzgün Değişen Doğrusal Hareket

Bir doğru boyunca hareket eden cismın hızı, zamanla düzgün olarak değişiyorsa bu harekete **düzgün değişen doğrusal hareket** denir. Hız düzgün değiştiğinden ivme sabittir.

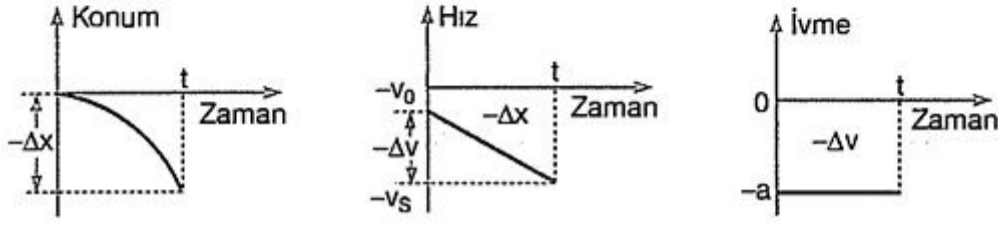
Bu hareket iki grupta incelenir.

a) Düzgün Hızlanan Doğrusal Hareket

Bir cismın hızı zamanla düzgün olarak artıyorsa, bu harekete düzgün hızlanan hareket denir.



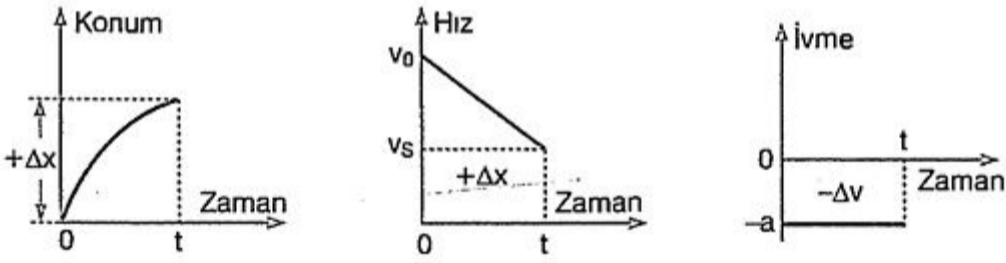
(+) yönde ilk hızlı düzgün hızlanan hareket grafikleri



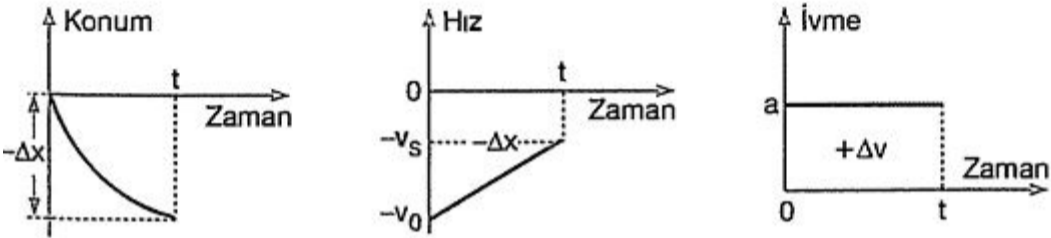
(-) yönde ilk hızlı düzgün hızlanan hareket grafikleri

b) Düzgün Yavaşlayan Doğrusal Hareket

Doğrusal bir yol boyunca hareket eden cismin hızı zamana bağlı olarak düzgün azalıyorsa bu tip harekete düzgün yavaşlayan doğrusal hareket denir.



(+) yönde düzgün yavaşlayan hareket grafikleri



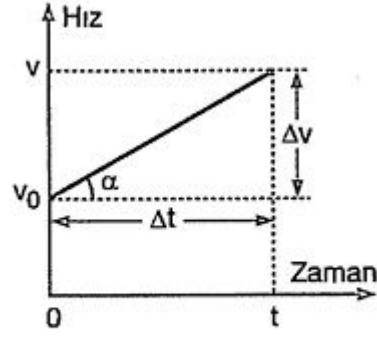
(-) yönde düzgün yavaşlayan hareket grafikleri

Doğrusal Hareket Denklemleri

İlk hızı v_0 olan bir cisim düzgün hızlanan hareket yaparak t süre sonra hızı v oluyor.

Şekildeki grafiğe göre, doğrunun eğimi ivmeyi verir.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$a = \frac{v - v_0}{t}$$



$$v = v_0 + a \cdot t \quad \text{..... (1) bağıntısı bulunur.}$$

Hız grafiği ile zaman eksenini arasında kalan yamuğun alanı yer değiştirme miktarını verir.

$$x = \frac{(v + v_0) \cdot t}{2} \quad \text{..... (2)}$$

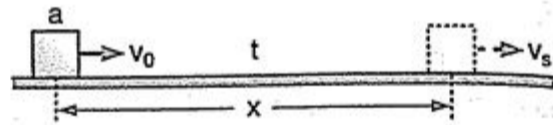
1. eşitlikteki v değeri 2. eşitlikte yerine yazılırsa,

$$x = \frac{(v_0 + a \cdot t + v_0) \cdot t}{2}$$

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$$

bağıntısı bulunur. Bu denklemler daha genel yazılabilir.

İlk hızı v_0 olan bir hareketli a sabit ivmesi ile t saniye hareket ederek son hızı v_s olsun. Bu arada x kadar yol alsın.



Bu durumda hareket denklemleri:

1. Yol denklemi: $x = v_0 \cdot t \pm \frac{1}{2} a t^2$

2. Hız denklemi: $v_s = v_0 \pm a t$

3. 2. denklemdeki t değeri 1. denklemde yerine konularak gerekli işlemler yapıldığında zamansız hız denklemi elde edilir.

$$\text{Zamansız hız denklemi: } v_s^2 = v_0^2 \pm 2ax$$

Denklemlerdeki (+) ve (-) işaretleri ivmenin işareti olup, hareketlinin hızı düzgün artıyorsa (+), düzgün azalıyorsa (-) alınacaktır.

Cisim sabit hızla hareket ediyorsa ivme sıfırdır. Bu durumda denklemlerdeki "a"lı kısımlar sıfır olur.

Cismin ilk hızı sıfır ise denklemlerdeki v_0 lı kısım sıfır olur. Aksi belirtilmedikçe ilk hızın yönü (+) seçilmelidir.

İvme

Hareketlinin birim zamandaki hız değişimine **ivme** denir.

\vec{a} ile gösterilir. Vektörel bir nicelikdir. Birimi SI birim sisteminde m/s^2 dir.

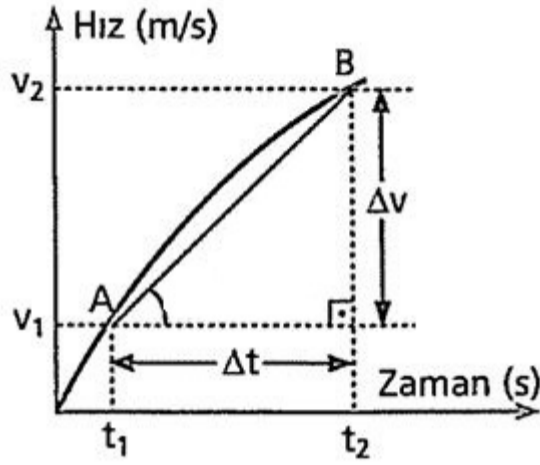
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

Hızda bir değişme var ise ivme vardır. Hızda bir değişme yoksa ivme de yoktur yani sıfırdır. İvme sabit ise hız düzgün değişiyordur.

İvme her saniye hızı ilave edilen ya da hızdan çıkarılan bir değeri gösterir. Bir cismin ivmesi $+5 m/s^2$ ise, cismin hızı her saniye 5 er, 5 er artıyor ya da 5 er, 5 er azalıyor demektir.

İvmenin işareti cismin hızının belli bir yöne göre arttığını ya da azaldığını gösterir. Örneğin ivmenin işareti (+) ise cisim ya ileri hızlanan hareket yapıyordur ya da geriye doğru yavaşlayan hareket yapıyordur. İvmenin işareti (-) ise cisim ya geriye doğru hızlanan hareket yapıyordur ya da ileri doğru yavaşlayan hareket yapıyordur. Eğer ivme sıfır ise, o zaman cisim ya duruyordur ya da sabit hızla hareket ediyordur.

Ortalama İvme



Hız - zaman grafiğinin eğimi ivmeyi verdiği biliniyor. Bu cisim şekildeki gibi değişken ivmeli hareket yapabilir. Cismin t_1 ve aralığındaki ortalama ivmesi, A ve B noktalarını birleştiren doğrunun eğimine eşittir.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

Konum-Zaman Grafiğinin Analizi

1. Grafikteki eğriye çizilen teğetlerin eğimleri, teğetlerin çizildiği anlardaki anlık hızlarla aynı özelliklere sahiptir. Anlık hız pozitif, negatif ya da sıfır olabilir.

- Eğim pozitif ise hız da pozitiftir. Bu durumda cisim pozitif yönde hareket etmektedir.
- Eğim negatif ise hız da negatif olduğundan cisim negatif yönde hareket etmektedir.
- Eğim sıfır ise hız da sıfır olduğundan bu anda cisim durmaktadır.

2. Grafikteki eğriye herhangi bir zaman aralığında art arda çizilen teğetlerin,

- Eğimlerinin artması yani teğetlerin dikleşmeleri, o zaman aralığında hızın arttığını,
- Eğimlerinin azalması o zaman aralığında hızın azaldığını,
- Eğimlerinin değişmemesi hızın da değişmediğini yani cismin sabit hızla yol aldığını gösterir.

3. Grafikteki eğri,

- Zaman ekseninin yukarısında olduğunda cismin konumu pozitif yönde,
- Zaman ekseninin aşağısında olduğunda cismin konumu negatif yönde,
- Zaman ekseninden uzaklaşıyorsa cisim başlangıç noktasından uzaklaşıyor,
- Zaman eksenine yaklaşıyorsa cisim başlangıç noktasına yaklaşıyor demektir.

Hız - Zaman Grafiğinin Analizi

1. Sabit ivmeli harekette hız düzgün olarak arttığı ya da azaldığı için cismin hız - zaman grafiği, eğimi sıfırdan farklı olan bir doğrudur. Zaman eksenini hızın sıfır olduğu noktadadır. Grafikteki doğrular,

- Zaman ekseninin yukarısında ise hız pozitif,
- Zaman ekseninin aşağısında ise hız negatif,
- Zaman ekseninden uzaklaşıyorsa hız artıyor,
- Zaman eksenine yaklaşıyorsa hız azalıyor demektir.

2. Hız - zaman grafiğinde herhangi bir zaman aralığında doğrunun eğimi o zaman aralığındaki ivmeyle aynı özelliklere sahiptir. Doğrunun eğimi,

- Pozitif ise ivme de pozitif,
- Negatif ise ivme de negatif,
- Sıfır ise ivme de sıfırdır.

3. Grafikteki doğrularla zaman eksenini arasında kalan alan, yer değiştirmeyi verir. Bu alan,

- Zaman ekseninin yukarısında ise pozitif yöndeki yer değiştirmeyi,
- Zaman ekseninin aşağısında ise negatif yöndeki yer değiştirmeyi verir. Alanların cebirsel toplamı, toplam yer değiştirmeye eşittir.

Toplam yer değiştirmenin sıfır olması, cismin hareket etmemesi anlamına gelmez. Cismin başladığı noktaya geri dönmesi anlamına gelir.

İvme - Zaman Grafiğinin Analizi

1. Sabit ivmeli harekette ivme - zaman grafiği her zaman eğimi sıfır olan doğrulardan oluşur. Grafikteki doğrular,

- Zaman ekseninin yukarısında ise ivme pozitif,
- Zaman ekseninin aşağısında ise ivme negatiftir.

2. İvme-zaman grafiğinde grafik parçaları ile zaman eksenini arasında kalan alan hızdaki değişmeyi verir. Bu alan,

- Zaman ekseninin yukarısında ise pozitif yöndeki hız değişimini,
- Zaman ekseninin aşağısında ise negatif yöndeki hız değişimini verir.

Alanların cebirsel toplamı ise toplam hız değişimini verir.

3. Belli bir sürenin sonunda hızın son değeri bulunurken hızın ilk değerinin dikkate alınması unutulmamalıdır.

4. Zaman ekseninin üzerindeki alan her zaman hızdaki artışı, zaman ekseninin altındaki alan da her zaman hızdaki azalmayı göstermez. Hareketlinin, başlangıçta bir hızı varsa bu ilk hız yönü pozitif kabul edilmesi şartı ile alanların cebirsel toplamı sıfır oluncaya kadar zaman ekseninin üstündeki alan hız artışını altında kalan alan da hız azalışını gösterir. Sıfır olduktan sonra alanların cebirsel toplamı zaman ekseninin altında kalan alan; ilk hızla bu alanın cebirsel toplamı sıfır oluncaya kadar hızdaki azalmayı, sıfır olduktan sonra ise, negatif yöndeki hız artışını gösterir.

Kuvvet

Kuvvetler, cisimlerin hareket durumlarını ve şekillerini değiştirebilen etkidir.

- Cisimlerde şekil, hız ve yön değiştiren etkiye kuvvet denir.
- Kuvvetin iki türlü etkisi vardır. Bunlar, etki ettiği cismin şeklini değiştirmesi ve esnek cisimlerin uzayıp sıkışması gibi olayları içine alan statik etki ile duran cisimlerin hareket ettirerek, hareket halindeki cisimlerinde hızında değişiklikler yapması gibi olayları içine alan dinamik etkidir.
- Kuvvetin kaynağı enerjidir. Enerji olmadan kuvvetten bahsetmek anlamsızdır.
- Kuvvet F ile gösterilir. Birimi Newton'dur.
- Kuvvet vektörel bir büyüklüktür. Yani, yönü, şiddeti ve doğrultusu vardır.
- Kuvvet dinamometre ile ölçülür.

- Dinamometre, yaylı el kantarıdır. Yayıdaki uzama miktarı, kuvvetin büyüklüğünün bir ölçüsü olarak alınır.

Bileşke Kuvvet

- İki ya da daha fazla kuvvetin yaptığı etkiyi tek başına yapabilen kuvvete bileşke kuvvet denir.
- Bileşke kuvvet R ile gösterilir.
- Bileşke kuvvet, kuvvetlerin vektörel olarak toplanmasından bulunur.
- Örneğin, aynı düzlemdeki F1, F2 ve F3 kuvvetleri bir cisme uygulanmış ise cisim $R = F1 + F2 + F3$ kuvveti ile çekilmiş gibi olur.
- Kuvvet vektörel olduğu için, vektörlerle ilgili bütün özellikler kuvvetler için de geçerlidir. Dolayısıyla vektörlerde bileşke vektör nasıl bulunuyorsa, bileşke kuvvette aynı yöntemlerle bulunur.

a. Aynı Doğrultudaki Kuvvetlerin Bileşkesi

- Aynı noktaya aynı yönde uygulanan kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü kuvvetlerin cebirsel toplamına eşittir.
- Bileşke kuvvetin yönü, kuvvetlerden birisinin yönündedir.
- Kuvvetler aynı yönlü ise bileşke kuvvetin şiddeti maksimumdur. Bir başka ifade ile kuvvetler arası açı sıfır ise bileşke kuvvet en büyük değerinde olur.
- Aynı noktaya zıt yönde uygulanan kuvvetlerin bileşkesinin büyüklüğü, kuvvetlerin büyüklüklerinin mutlak değerce farkına eşittir.
- Bileşke kuvvetin yönü büyük kuvvet yönündedir.
- Kuvvetler zıt yönlü ise bileşke kuvvetin şiddeti minimumdur. Bir başka ifade ile kuvvetler arasındaki açı 180° ise bileşke kuvvet en küçük değerinde olur.
- İki kuvvetin bileşkesinin büyüklüğü, kuvvetlerin cebirsel toplamından büyük, farkından ise küçük olamaz. Kuvvet büyüklüklerine F1, F2; bileşke kuvvetin büyüklüğüne R denilirse, $F1 < F2$ olmak şartı ile bileşke kuvvetin büyüklüğü, $F2 - F1 < R \leq F1 + F2$ şeklinde verilen aralıkta olabilir.

b. Kesişen Kuvvetlerin Bileşkesi

- Aynı düzlemde bulunan doğrultuları farklı kuvvetlerin bileşkeleri uç uca ekleme yöntemi ya da paralel kenar yöntemi ile bulunabilir.
- Kesişen kuvvetlerin bileşkesi, kuvvetler ile kuvvetler arası açıya bağlı olarak değişir.
- Buna göre, kuvvetler arasındaki açı arttıkça bileşke kuvvetin büyüklüğü azalır. Kuvvetler arası açı azaldıkça bileşke kuvvetin büyüklüğü artar.
- Çakışan ve büyüklükleri eşit olan kuvvetlerin bileşkesi kuvvetler arası açının 60° , 90° ve 120° olmasına göre, şu şekillerde bulunur. Eşit ve F büyüklüğündeki kuvvetler arasında 60° lik açı var ise bileşke kuvvetin şiddeti,

$$R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 60^\circ$$

$$R^2 = 2F^2 + 2F^2 \cdot 1/2$$

$$R^2 = 3F^2 \Rightarrow R = F\sqrt{3} \text{ olur.}$$

Eşit ve F büyüklüğündeki kuvvetler arasındaki açı 90° ise bileşke kuvvetin büyüklüğü Pisagor bağıntısından bulunur. Buna göre,

$$R^2 = F^2 + F^2$$

$$R^2 = 2F^2 \Rightarrow R = F \cdot \sqrt{2} \text{ olur.}$$

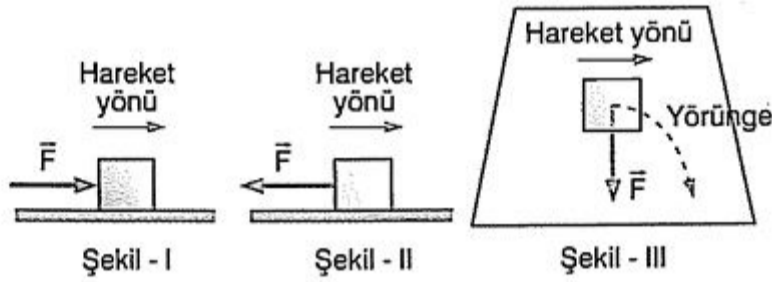
Eşit ve F büyüklüğündeki kuvvetler arasındaki açı 120° ise bileşke kuvvetin büyüklüğü,

$$R^2 = F^2 + F^2 + 2 \cdot F \cdot F \cdot \cos 120^\circ$$

$$R^2 = 2F^2 + 2F^2 \left(-\frac{1}{2}\right)$$

$$R^2 = 2F^2 - F^2 \Rightarrow R = F \text{ olur.}$$

- Kesik kuvvetler üç ya da daha fazla ise, uygun işlemler yapılarak (kuvvetlerin ikişer ikişer bileşmeleri alınarak) tek bir kuvvet buluncaya kadar işleme devam edilir.
- Durgun cisimler, üzerine etkiyen kuvvetlerin bileşkesi yönünde harekete geçer. Dolayısıyla cisimlerin hareket yönlerini bulabilmek için cisimlere etkiyen bileşke kuvveti bulmak gerekir.
- Hareket halindeki cisimler, bileşke kuvvetin yönüne göre ya hızlanır ya da yavaşlayıp bir an durur ve ters yönde hızlanır.



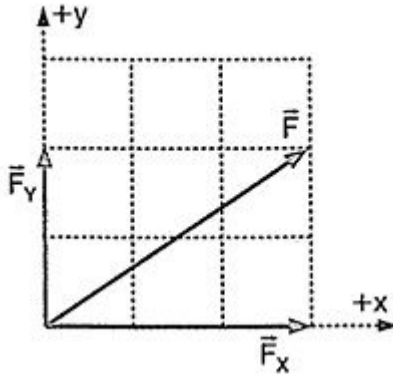
Cisme etkiyen bileşke kuvvet Şekil - 1 deki gibi cismin hareket yönünde ise, cisim sürekli hızlanır, cismin hareket yönü değişmez. Cisme etkiyen bileşke kuvvet Şekil - II deki gibi cismin hareketine zıt yönde ise cisim önce yavaşlar bir an durur ve sonra ters yönde hızlanmaya başlar.

Cisme uygulanan kuvvet cismin hareket yönüne ya da hız vektörüne Şekil - III teki gibi uygulanmış ise kuvvet, cismin hız vektörünü kendi doğrultusuna getirmeye zorlar. Cisim bu nedenle eğrisel bir yörünge çizerek hızlanır.

Kuvvetlerin Dik Bileşenlerine Ayrılması

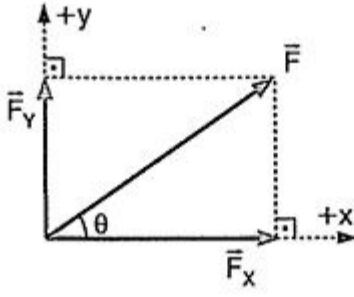
- İstenilen durumlara göre kuvvetlerin her eksene göre bileşeni alınabilir.
- Kuvvetlerin dik bileşenlerine ayrılması, o kuvveti oluşturan xy koordinat eksenindeki kuvvetlerin ayrı ayrı bulunması demektir.
- Kuvvetlerin dik bileşenleri alınırken, kuvvetin başlangıç noktası xy koordinat ekseninin başlangıcı alınır. Kuvvetten hem x , hem de y eksenine dik inilerek, başlangıç noktasından inilen ya da gidilen dikmelere vektörler çizilir.

Kuvvetin x eksenindeki bileşenine yatay bileşen, y eksenindeki bileşenine ise düşey bileşen denir.



Şekilde F kuvvetinin x ve y eksenlerine göre bileşenleri (F_x ve F_y) verilmiştir. Tersini düşürülürse F_x kuvveti ile F_y kuvvetinin vektörel toplamı F kuvvetini verir. Dolayısıyla tüm bileşen bulmada bileşenlerin vektörel toplamı, vektörün kendisini vermek zorundadır.

- Kuvvetlerin bileşenlerinin büyüklüğü birim karelerde verilmiş ise, yatay ve düşey bileşenler birim kareler cinsinden bulunur. Buna göre, şekilde verilen F kuvvetinin yatay bileşeni F_x , 3 birim büyüklüğünde, düşey bileşeni F_y ise 2 birim büyüklüğündedir.
- Kuvvetler, ölçekli bölmelerde verilmemiş ise kuvvetin herhangi bir eksenle yaptığı açının sinüs, cosinüs ya da tanjantı alınarak istenilen değerler elde edilir.



Şekilde verilen \vec{F} kuvvetinin yatay ve düşey bileşenlerinin büyüklüğü,

$$F_x = F \cdot \cos\theta$$

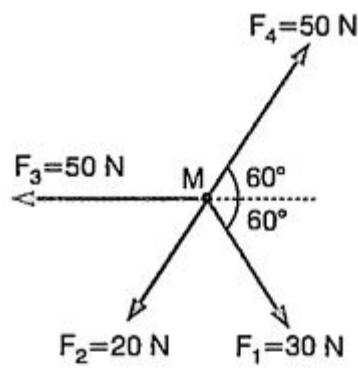
$$F_y = F \cdot \sin\theta$$

bağıntıları ile hesaplanır.

ÖRNEK :

M noktasal cismi, aynı düzlemdeki dört kuvvetin etkisi altındadır.

Kuvvetlerin büyüklükleri verildiğine göre, bileşke kuvvetin büyüklüğü kaç N dur?



- A) 70 B) 50 C) 30 D) 20 E) 10

ÇÖZÜM :

Bu tip sorularda varsa önce zıt yönlü kuvvetlerin bileşkesi bulunur.

\vec{F}_4 ile \vec{F}_2 kuvvetlerinin bileşkesi,

$$R' = F_4 - F_2$$

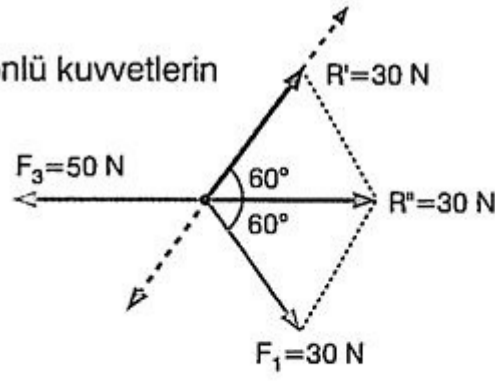
$$R' = 50 - 20 = 30 \text{ N dur.}$$

\vec{R}' ile \vec{F}_1 kuvvetleri eşit ve arala-

rındaki açı 120° olduğundan bileşkeleri $R'' = 30 \text{ N}$ olur. Son ola-

rakta \vec{F}_3 ile \vec{R}'' zıt yönlü olduğundan, $R_T = F_3 - R''$

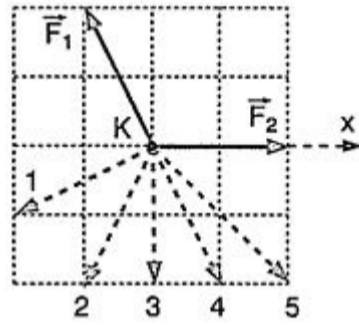
$$R_T = 50 - 30 = 20 \text{ N olur.}$$



Cevap D

ÖRNEK 2 :

Sürtünmesi önemsiz yatay düzlemde durmakta olan, noktasal K cismine \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 kuvvetleri etki ediyor. Kuvvetlerden \vec{F}_1 ve \vec{F}_2 şekildeki gibidir.



Cismin x doğrultusunda hareket edebilmesi için uygulanan en küçük \vec{F}_3 kuvveti kesikli oklarla verilenlerden hangisidir?

(Bölmeler eşit aralıktır.)

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

ÇÖZÜM 2 :

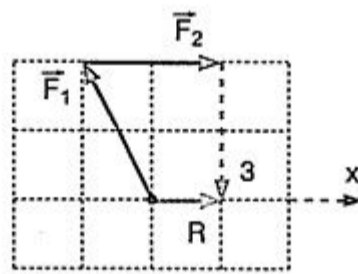
Uç uca ekleme metoduna göre, üç kuvvet toplandığında bileşke kuvvet x doğrultusunda olursa, cisim de x doğrultusunda hareket eder.

\vec{F}_1 ve \vec{F}_2 ile birlikte 1 nolu kuvvet uygulanırsa cisim x doğrultusunda hareket etmez.

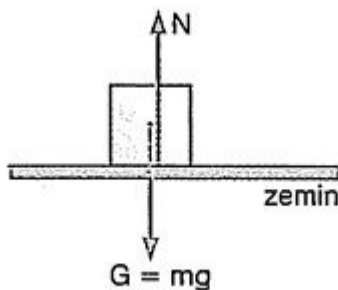
3, 4, 5 nolu kuvvetler uygulanırsa +x yönünde hareket eder. 2 nolu kuvvet uygulanırsa bileşke kuvvet sıfır olur ve ilk hız da olmadığı için hareket etmez.

Fakat x doğrultusunda hareket etmesi için gerekli en küçük değer sorulduğu için \vec{F}_3 kuvveti 3 nolu kuvvet olmalıdır.

Cevap C

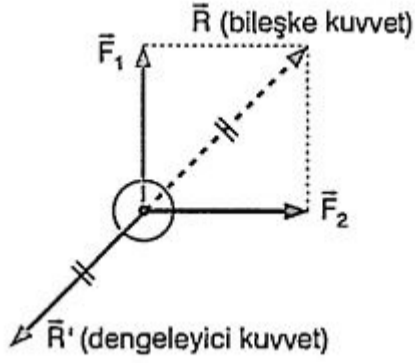


Denge ve Denge Şartları



Şekildeki gibi zemin üzerinde duran bir cisim, zemine ağırlığı kadar bir etki yapar. Cismin dengede kalabilmesi için, zeminin de cismin ağırlığına eşit ve zıt yönlü bir kuvvet uygulaması gerekir. Buna aynı zamanda **etki tepki prensibi** denir.

Bir cismin dengede kalabilmesi için cisim üzerine uygulanan kuvvetlerden dengelenmemiş kuvvet kalmaması gerekir.



Şekilde F1 ve F2 kuvvetlerin etkisinde kalan cismin dengelenebilmesi için, bileşke kuvvete eşit büyüklükte, bileşkenin uygulama noktasına uygulanan ve zıt yönlü olan kuvvete **dengeleyici kuvvet** denir.

Bir cismin dengede olması için, durması, sabit hızla doğrusal hareket ya da sabit hızla dönme hareketi yapması gerekir.

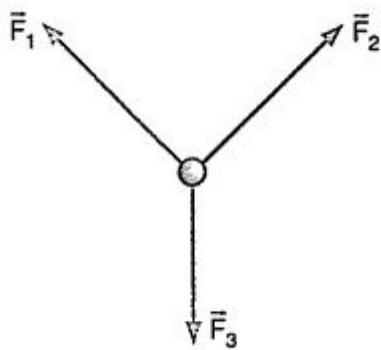
- Cisimlerin hızında ve şeklinde değişiklik olmadan, bulunduğu halini korumasına denge denir.
- Duran bir cisim dengede olduğu gibi, ötelenen bir cisimde dengededir. Bu nedenle denge statik ve dinamik denge olmak üzere ikiye ayrılır.
- Cisimlerin hareketsiz kalmasına statik denge, sürekli aynı yönde sabit (değişmez) hızla ilerlemesine de dinamik denge denir.

Dengenin 1. şartı :

Cismin öteleme hareketi yapmaması için cisme uygulanan bütün kuvvetlerin bileşkesi sıfır olmalıdır. Ayrıca x eksenini doğrultusundaki kuvvetlerin bileşkesi ve y eksenini doğrultusundaki kuvvetlerin bileşkesi ayrı ayrı sıfır olmalıdır.

Kesişen Kuvvetlerin Dengesi

Doğrultuları birbirini kesen kuvvetlere kesişen kuvvetler denir. Şekildeki cisim kesişen üç kuvvetin etkisinde dengede ise, herhangi iki kuvvetin bileşkesi üçüncü kuvvete eşit büyüklükte ve zıt yöndedir.

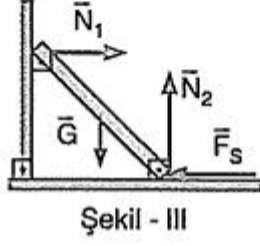
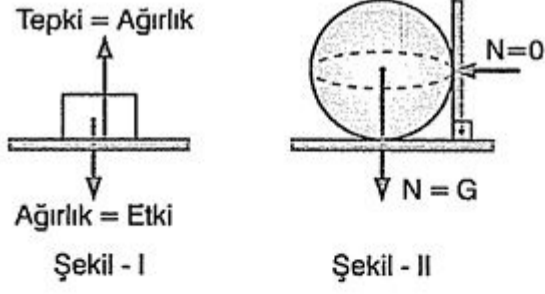


Şekildeki üç kuvvetin bileşkesi sıfır ise,

$$F_1 + F_2 = -F_3$$

$$F_1 + F_3 = -F_2$$

$$F_2 + F_3 = -F_1 \text{ dir.}$$

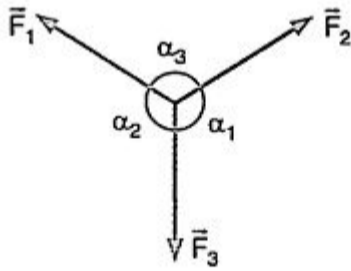


Şekil - I de cisim kendi ağırlığı kadar bulunduğu yüzeye etki yapar, yüzeyde cisme, cismin ağırlığına eşit büyüklükte ve zıt yönde tepki gösterir. Kuvvetler birbirini dengelediği sürece cisim sahip olduğu durumunu değiştirmez.

Şekil - II de türdeş küre yatay zemin ve düşey duvarın köşesinde dengede iken, ağırlık kuvveti zemine dik ve aşağı doğrudur. Dolayısıyla yalnız yatay zeminde etki oluşur. Düşey duvarda oluşmaz.

Şekil - III te düzgün bir çubuk sürtünmesi önemsiz düşey duvar ve sürtünmeli yatay zeminde dengede iken, çubuğun düşey duvara dayalı ucu, duvarı sol tarafa itmek ister ve çubuk ile duvar arasında etkileşme kuvveti oluşur.

Lami Teoremi

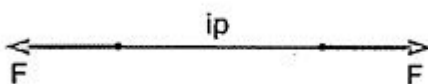


Kesişen üç kuvvet dengede ise kuvvetlerin, karşılarındaki açılarının sinüslerine oranı sabittir.

Buna göre,

$$\frac{F_1}{\sin \alpha_1} = \frac{F_2}{\sin \alpha_2} = \frac{F_3}{\sin \alpha_3} = \text{sabit}$$

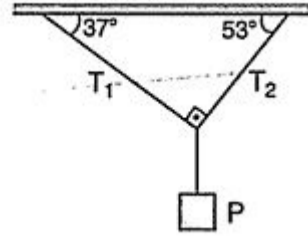
Bu bağıntıya göre, kesişen üç kuvvet dengede ise, küçük açının karşısındaki kuvvet büyük, büyük açının karşısındaki kuvvet ise küçüktür.



Şekildeki ip iki ucundan eşit büyüklükteki F kuvvetleri ile çekilirse, ipteki gerilme kuvveti yine F olur. Ayrıca ipin bütün noktalarındaki gerilme kuvveti aynı değerdedir.

ÖRNEK :

P ağırlıklı cisim iplerle şekildeki gibi asılıyor ve iplerdeki gerilme kuvvetleri T_1 ve T_2 oluyor.

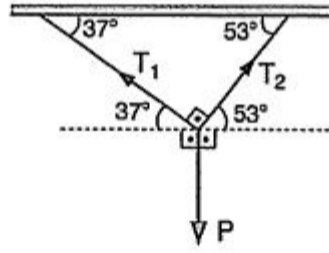


Buna göre, T_1 , T_2 ve P nin büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

- A) $P > T_1 > T_2$ B) $P > T_2 > T_1$
C) $T_2 > P > T_1$ D) $P > T_1 = T_2$
E) $P = T_1 = T_2$

CEVAP :

Lami teoremine göre, kesişen üç kuvvet dengede ise, küçük açının karşısındaki kuvvet büyük, büyük açının karşısındaki kuvvet ise küçüktür. İç ters açılarının eşitliğinden P nin karşısındaki açı 90° , T_1 in karşısındaki açı 143° , T_2 nin karşısındaki açı ise 127° olur. Buna göre, kuvvetlerin büyüklükleri arasındaki ilişki $P > T_2 > T_1$ olur.

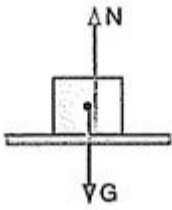


Cevap B

Etki - Tepki Prensibi

Her etkiye eşit ve zıt yönde bir tepki vardır. Veya iki cismin birbirlerine karşılıklı etkileri eşit fakat zıt yönlüdür.

Burada dikkat edilmesi gereken nokta, etki edilen cisim ile tepki gören cismin ayrı cisimler olduğudur. Bundan dolayı etki ve tepki kuvveti birbirini dengelemez. Örneğin durmakta olan topa vuran ayak, topa bir etki uygular. Topa ayağa eşit ve zıt yönde kuvvet uygular ve bu iki kuvvet birbirini dengelemez. Eğer dengeleseydi top hareket etmezdi.



Şekildeki yüzey üzerinde dengede duran m kütleli cismi göz önüne alalım.

Cisim yüzeye ağırlık kuvveti kadar (mg) etki uygular. Yüzey ise cisme ağırlık kuvveti (mg) kadar tepki uygular, (etki masaya, tepki cisme) cisim dengede olduğuna göre, cismin ağırlığı ile tepki kuvveti birbirine büyüklükçe eşittir.

Bir cisme uygulanmak istenen etki, cismin gösterebileceği maksimum tepkinin büyüklüğü ile sınırlıdır. Mesela bir araba küçük bir kuşa çarptığında yapacağı etki. Kuşun göstereceği tepki kadardır. Daha büyük olamaz.

Eylemsizlik Kuvveti

İvmeli hareket yapan araçların üzerindeki cisimlerin eylemsizliğini (son durumunu) korumak için oluşturdukları zahiri kuvvete eylemsizlik kuvveti denir. Eylemsizlik kuvveti aracın ivmesi ile doğru orantılıdır, v hızı ile giden araç yavaşlamaya başladığında araçtaki yolcular hareketlerine aynı hızla devam etmek isterler. Bundan dolayı ileriye doğru fırlamış gibi olurlar. Çünkü hızlarını korumak isterler. Yani sahip olduğu hızla hareketini devam ettirmek ister.

Cisme etki eden eylemsizlik kuvveti;

- Araç hızlanırken aracın hareketine zıt yöndedir.
- Araç yavaşlarken aracın hareketi yönündedir.
- Araç sabit hızlı iken sıfırdır.

Belediye otobüslerinde sık sık gördüğümüz otobüs hızlanırken yolcuların geriye doğru, otobüs yavaşlarken de ileri doğru hareket yapmak zorunda kalmaları eylemsizliklerini (o andaki hızlarını) korumak için gösterdikleri davranışlardır. Sabit hızla giden araç içindeki bir yolcu hiçbir yere tutunmadan gidebilir. Çünkü hız sabit ise eylemsizlik kuvveti yoktur.

Eylemsizlik kuvvetinin büyüklüğü aracın ivmesi ile, cismin kütlesinin çarpımına eşittir.

Sürtünme Kuvveti

Yeryüzünde sürtünmesiz bir ortam bulmak çok zordur. Bir an için sürtünme kuvvetinin yokluğunu düşünelim. Neler olur? Bazılarını söyleyecek olursak; yürüyemeyiz, hareket halinde olan cisimler duramaz, uçaklar inip kalkamaz, yağmur damlaları üzerimize makineli tüfekten çıkan mermiler gibi yağar...

Kısacası hayat yaşanmaz hale gelirdi. Sürtünme çok olsaydı yürümek için çok çok enerji harcardık.

Hayatımızı bu derece etkileyen sürtünme kuvvetini tanımaya, etkisini anlamaya çalışalım.

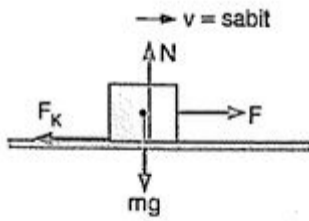
Yatay bir masa üzerinde ilk hızla atılan bir cisim zamanla düzgün yavaşlayıp durur. Yani ivmeli hareket yapar. Dinamiğin temel prensibine göre bu cisme hareket yönüne ters yönde bir kuvvet etkimiş olmalıdır. Bu kuvvet sürtünme kuvvetidir. Biraz düşünersek her an sürtünme kuvveti ile karşı karşıya olduğumuzu anlarız.

Sürtünme kuvveti, hareket halindeki cisimlerin hareketini veya duran cisimlerin harekete geçmesini önlemeye çalışan bir kuvvettir. Sürtünme kuvveti, statik sürtünme kuvveti ve kinetik sürtünme kuvveti olmak üzere iki çeşittir.

1. Statik Sürtünme Kuvveti

Yatay düzlem üzerinde duran bir cismi harekete geçirebilmek için uygulanan en küçük F kuvvetine eşit büyüklükte ve zıt yönlü olan F_s kuvvetine, statik sürtünme kuvveti denir.

2. Kinetik Sürtünme Kuvveti

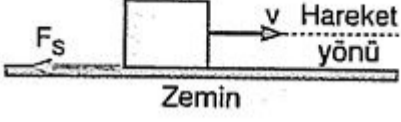


Şekildeki gibi cisme uygulanan F kuvvetinin etkisinde cisim sabit hızla gidiyorsa, cisme uygulanan net kuvvet sıfır demektir. Yani cisim ivmesiz hareket yapıyordur. Yatay düzlemdeki cismin sabit hızla hareket yapabilmesi için uygulanan en küçük kuvvete eşit ve zıt yönlü olan F_k kuvvetine kinetik sürtünme kuvveti denir.

Statik sürtünme kuvveti çok az da olsa kinetik sürtünme kuvvetinden büyüktür. Fakat müfredat dikkate alınarak bu ayırım yapılmayacak ve eşit kabul edilecek. Sürtünme kuvveti F_s ile gösterilecektir. Sürtünme kuvveti cismin hareket doğrultusuna dik olan yani cisimleri yüzeye dik bastıran N tepki kuvveti ile doğru orantılıdır.

Sürtünme Kuvvetinin Özellikleri

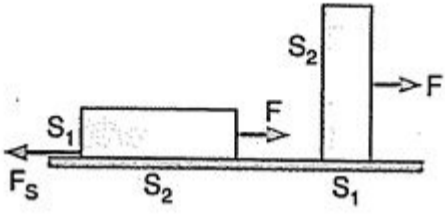
1. Cisme etkiyen sürtünme kuvveti, daima cismin hareketine zıt yöndedir.
2. Cismin sürtünen yüzeyinin alanına bağlı değildir. Şekilde aynı cismin farklı yüzeyleri üzerinde iken sürtünme kuvveti eşittir.



3. Sürtünme kuvveti pasif bir kuvvet olup, hareket ettirici özelliği yoktur.

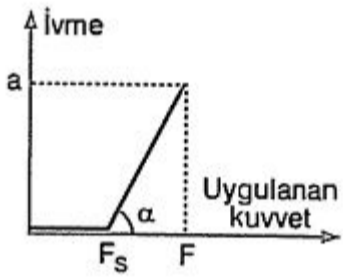
Hareketi engelleyici özelliği vardır.

4. Sürtünmeli yatay yüzey üzerindeki bir cismin ivme - uygulanan kuvvet grafiği şekildeki gibidir.

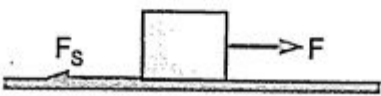
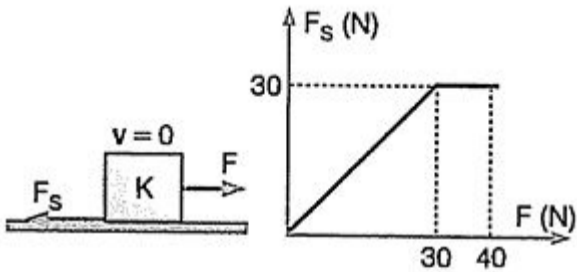


Doğrunun eğimi cismin kütlesinin tersini verir.

5. Şekildeki K cismine etki eden maksimum sürtünme kuvveti 30 N olsun.



Cisme 10 N luk kuvvet uygulanırsa sürtünme kuvveti 10 N, 15 N kuvvet uygulanırsa sürtünme kuvveti 15 N, 30 N luk kuvvet uygulanırsa sürtünme kuvveti de 30 N olur. 30 N dan sonra cisim harekete geçer. Bundan sonra dış kuvvet kaç newton olursa olsun sürtünme kuvveti daima 30 N olur. (Statik ve kinetik sürtünme kuvvetlerinin eşit olduğu kabul ediliyor.)



Sürtünmeli yüzeyde bir cisme F kuvveti uygulanırsa aşağıdaki durumlardan biriyle karşılaşırız.

- a. $F_s > F$ ise; Cisim duruyorsa harekete geçemez. Hareket halinde ise düzgün yavaşlar ve durur.
- b. $F_s = F$ ise; Cisim duruyorsa harekete geçemez. İlk hızı varsa düzgün doğrusal (sabit hızlı) hareket yapar.
- c. $F_s < F$ ise; Durmakta olan cisim F_{net} kuvveti yönünde düzgün hızlanan hareket yapar.

Sürtünme Kuvvetinin Olumsuz Yönleri

Sürtünme kuvveti cisimleri aşındırır, araba, uçak, gemi ve trenin hızını yavaşlatır, metaller arasında oluşan sürtünme sonucu sert metal yumuşak metali aşındırır, enerji kaybına neden olur. Arabaların motor gücünün yaklaşık % 20 si sürtünme kuvvetini yenmeye harcanır.

Sürtünme Kuvvetinin Olumlu Yönleri

Sürtünme kuvveti yürümeyi kolaylaştırır, hareketi zorlaştırır. Sürtünme kuvveti nedeniyle yerine koyduğumuz koltuk ve masa gibi eşyalar yerinde kalır. Sporcular ayaklarına giydikleri çıkıntılı ayakkabılar ile daha rahat yere basarlar. Sürtünme kuvveti olmasaydı dağ yamaçlarındaki kaya ve topraklar kolaylıkla kayardı, kalemle yazamaz veya yazdıklarımızı silemezdik, arabalar frene basılınca duramazdı.