

## MADDE:

Hacmi, kütlesi ve eylemsizliği olan ve uzayda yer kaplayan her şeye madde denir

### Maddelerin Ortak Özellikleri

Bütün maddelerde bulunan özelliğe ortak özellik denir. Bir maddenin yalnız kendine ait özelliğine ise, ayırt edici özellik denir.

### Maddelerin ortak özellikleri,

1. Eylemsizlik
2. Hacim
3. Kütle

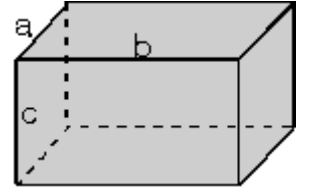
Bir maddenin sahip olduğu hareket ve şekil durumunu koruma meyline eylemsizlik denir. Arabadan inmek isteyen bir yolcu, araba henüz durmadan önce inerse, arabanın hareket yönünde gitmek zorunda kalır. Arabada iken hızı olan yolcu inince de bu hızını devam ettirmek isteyecektir. Bu durum bütün maddeler için geçerlidir. Duran madde durmak ister, hareket halindeki ise hareketini devam ettirmek ister.

## 2. Hacim

Hacim; maddenin boşlukta kalpağı yerdır. Katı,sıvı ve gazların hepsinin hacimleri vardır.Katıların hacimleri belirlidir, sıvılarınki de belirlidir. Fakat gazların hacimleri belirsizdir.Buldukların kabın şeklini alırlar.

**Geometrik Biçimli Cisimlerin Hacimleri**Geometrik şekilli, dikdörtgenler prizması, küp, silindir, küre ve koni şeklindeki katı cisimlerin hacimleri, boyutları ölçülerek hesaplanır.

Dikdörtgenler prizmasının hacmi farklı üç kenarının çarpımına eşittir.



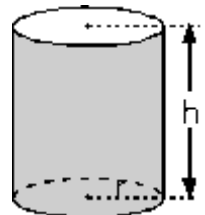
Hacim = En . boy . yükseklik

$V = a \cdot b \cdot c$  dir.

Üç kenarı da eşit ve a kadar olan küpün hacmi

$V = a^3$  dür.

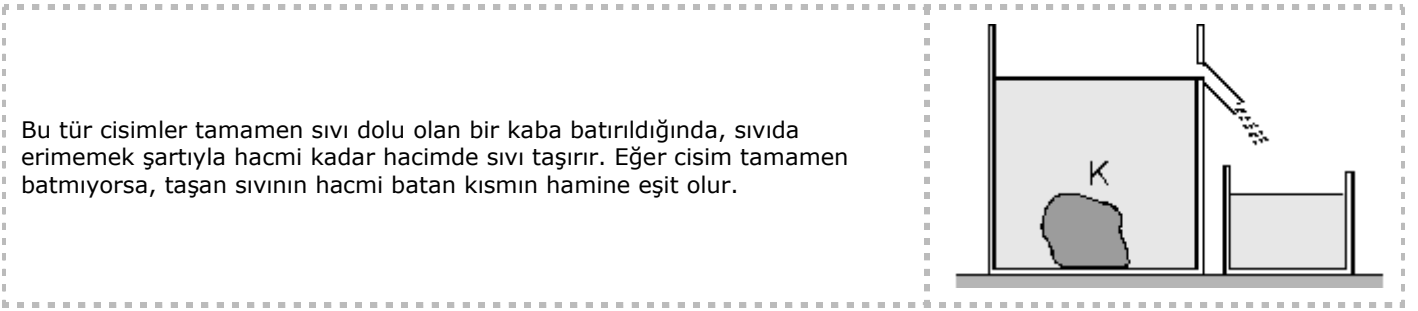
Taban yarıçapı r, yüksekliği h olan silindirin hacmi, taban alanı ile yüksekliğinin çarpımına eşittir. $V = \pi r^2 \cdot h$  dir.Yarıçapı r olan kürenin hacmi





## Düzgün Olmayan Cisimlerin Hacimleri

Düzgün geometrik yapıda olmayan katı cisimlerin hacimleri, dereceli kaplardaki sıvılardan yararlanılarak bulunur.



Bu tür cisimler tamamen sıvı dolu olan bir kaba batırıldığında, sıvıda erimemek şartıyla hacmi kadar hacimde sıvı taşırır. Eğer cisim tamamen batmıyorsa, taşan sıvının hacmi batan kısmın hamine eşit olur.

Tamamen dolu olmayan dereceli kaptaki sıvıya bir cisim atılırsa, cismin hacmine eşit hacimde sıvıyı yer değiştirir.

Eğer katı bir cisim sıvı içine atıldığında çözünüyorsa, cismin gerçek hacmini bulamayız. Çünkü, cismin katı haldeki hacmi ile sıvı haldeki hacmi eşit olmadığı gibi, katı içinde hava boşlukları olabilir ve eridiğinde hava çıkar ve hacim azalır.

Dereceli kapta bulunan kuru kumun üzerine su döküldüğünde, karışımın hacmi, su ve kumun ayrı ayrı hacimlerinin toplamından daha küçük olur. Bunun nedeni, kum tanecikleri arasında hava boşluğu olması ve suyun bu boşlukları doldurmasıdır. Buna göre, kumun gerçek hacmi, karışımın hacminden suyun hacmi çıkarılarak bulunur.

## Hacim Birimleri

Hacim  $V$  sembolü ile gösterilir. SI birim sisteminde hacim birimi  $m^3$  tür. Pratikte maddelerin hacmini ölçmek için  $m^3$  ün alt katları olan  $cm^3$  ve  $dm^3$  kullanılır. Bir cismin hacmi bulunurken, üç boyutu çarpıldığı için, hacim birimleri de uzunluk birimlerinin küpü olarak ifade edilir.

## Kütle

Kütle madde miktarı ile ilgili bir özelliktir.  $m$  sembolü ile gösterilir.

Ağırlık ve kütle kavramları birbirine karıştırılmamalıdır. Ağırlık gezegenin maddeye uyguladığı kütle çekim kuvvetidir. Kütleleri eşit olan cisimlerin farklı gezegenlerde ağırlıkları eşit olmayabilir. Kütle eşit kollu terazi ile ölçülür, ağırlık ise dinamometre denilen yaylı kantarla ölçülür.

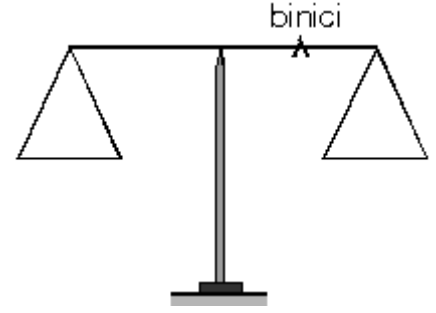
## Eşit Kollu Terazi

Kütle eşit kollu terazi ile ölçülür. Eşit kollu terazi moment prensibine göre çalışır. Eşit kollu terazinin kolları eşit uzunlukta ve kefelere özdeşdir.

Eşit kollu terazinin duyarlılığını artırmak için binici denilen bir alet kullanılır. Ölçülebilecek en küçük kütle, o terazinin duyarlılığını gösterir. Binicinin

kütlesi  $m$  gram ve terazinin bir kolu  $N$  tane eşit bölmeye ayrılmış ise, oranı, binicinin bir bölme hareketi durumundasağlayacağı katkının gram karşılığını verir. Ayrıca bu değer terazinin duyarlılığına eşittir.

$$\frac{m}{N}$$



Binici sağ koldaki kefeye doğru 1 bölme kaydırılırsa, sağ kefeye  $\frac{m}{N}$  kadar gram ilave edilmiş olur. Binici 5. bölmede

iken katkısı ise  $5 \cdot \frac{m}{N}$  kadar olur.

Binicinin ardışık bir bölme yer değiştirmesi 1 gram karşılık geliyor denilirse,  $\frac{m}{N} = 1$  olarak verilmiş demektir.

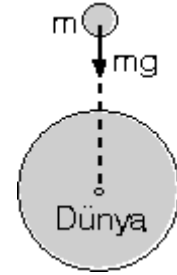
### Ağırlık

Yeryüzünden belli bir yükseklikten serbest bırakılan cisimler yer yüzeyine doğru düşerler. Bu durum cisimlere yere doğru bir kuvvet uygulandığını gösterir.

Bir cisme, bulunduğu noktada etki eden kütle çekim kuvvetine o cismin ağırlığı denir.

Ağırlık vektörel bir büyüklük olup, dinamometre denilen yaylı kantarla ölçülür. Ağırlık kuvvetinin yönü daima dünyanın merkezine doğrudur. Kütlesi  $m$  olan bir cismin ağırlığı,  $G = m \cdot g$

eşitliği ile hesaplanır. Buradaki  $g$ , yerçekim ivmesidir.



### Özkütle

Bir maddenin birim hacminin kütlesine o maddenin özkütlesi denir.

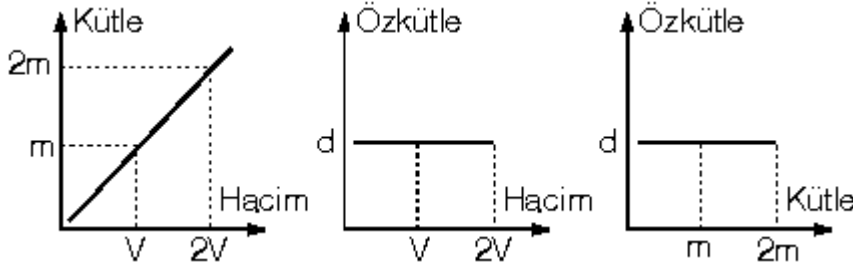
$$\text{Özkütle} = \frac{\text{Kütle}}{\text{Hacim}}$$

Kütle  $m$ , hacim  $V$ , özkütle  $d$  ile gösterilmek üzere

$$d = \frac{m}{V} \text{ olur.}$$

SI birim sisteminde özkütle birimi  $\text{kg}/\text{m}^3$  dür.  $\text{g}/\text{cm}^3$  de özkütle birimidir. Aynı şartlarda özkütle, maddeler için ayırt edici özelliktir.

Şekildeki grafiklere göre, katı ve sıvı maddelerin sıcaklığı sabit kalmak şartı ile kütle ile hacmi doğru orantılıdır. Kütle – hacim grafiğinde doğrunun eğimi özkütleyi verir.

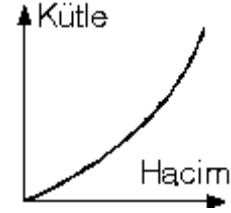


Özkütle, maddelerin hacmine ve kütlesine bağlı değildir. Hacim arttıkça kütle de artar, veya kütle arttıkça hacim de artar ve özkütle sabit kalır.

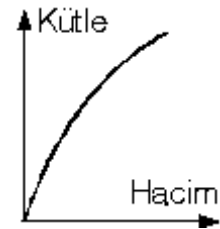
Maddelerin özkütleleri iki nedenden dolayı değişebilir.

1. Kütle sabit kalmak şartıyla, basıncın etkisiyle hacmi değişen maddelerin özkütlesi değişebilir. Basınçla madde sıkıştırılıp hacmi azaltılırsa özkütlesi artar.
2. Sıcaklık ve basınç sabit iken kütle ve hacim doğru orantılı olarak değişir. Kütle sabit iken sıcaklık etkisiyle hacim değişikliği olursa, özkütle değişir.  $d=m/V$  bağıntısına göre, bir cismin sıcaklığı artarsa, hacmi de artar. Kütle sabit kalmak şartı ile hacim artarsa özkütle azalır. Sıcaklık azalırsa hacim azalır ve özkütle artar.

Kütle ile hacim doğru orantılı değil de şekildeki gibi değişiyorsa, eğim dolayısıyla da özkütle artıyor demektir. Bu da kütle ile hacim artarken aynı zamanda sıcaklık azalıyor demektir.



Eğer kütle hacim grafiği şekildeki gibi değişiyorsa, kütle ve hacim artarken sıcaklık da artıyor, dolayısıyla özkütle azalıyor demektir.



Sıcaklık özkütleyi etkileyen bir faktör olduğu için ,maddenin aynı sıcaklıktaki özkütleleri karşılaştırılabilir farklı sıcaklıklarda özkütleleri eşit olan iki cismin , aynı sıcaklıktaki özkütleleri eşit olmaz

## Özgülük

Bir maddenin birim hacminin ağırlığına özağırlık denir.

$$\text{Özağırlık} = \frac{\text{Ağırlık}}{\text{Hacim}}$$

$$\rho = d \cdot g \text{ olur.}$$

### Karışımın Özkütlesi

Birbirine türdeş olarak karışabilen aynı sıcaklıktaki sıvıların karıştırılmasıyla, karışan sıvıların özkütlelerinden farklı özkütleli bir karışım elde edilir. Karışımın özkütlesi, birbirine karışan sıvıların özkütlelerine ve karışma oranlarına bağlıdır.

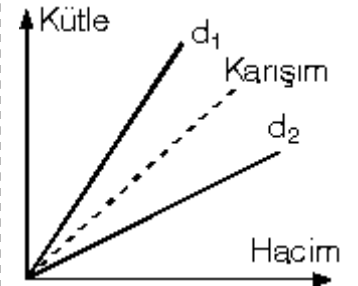
İki ya da daha fazla sıvının karıştırılmasıyla meydana gelen karışımın özkütlesi,

$$d_{\text{karışım}} = \frac{\text{Karışma katılan sıvıların toplam kütlesi}}{\text{Karışma katılan sıvıların toplam hacmi}}$$

$$d_K = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

eşitliği ile bulunur.

Karışımın özkütlesi, karışan sıvıların özkütleleri arasında bir değer alır. Örneğin  $d_1$  ve  $d_2$  özkütleli sıvıların karışımlarının özkütlesi  $d_K$  olsun. Eğer  $d_1 > d_2$  ise karışımın özkütlesi  $d_1 > d_K > d_2$  olacak şekilde arada bir değer almak zorundadır. Hangi sıvıdan hacimce fazla karışım olursa, karışımın özkütlesi o sıvının özkütlesine daha yakındır.



### Özel Durumlar

I. Özkütleleri  $d_1$  ve  $d_2$  olan sıvılardan eşit hacimde karışım yapılmış ise, karışımın özkütlesi,

$$d_K = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ dir.}$$

Karışımın özkütlesi büyük olan madde kütlece fazla demektir.

II. Karışımı meydana getiren maddelerden eşit kütlede karışım yapılmış ise, karışımın

özkütlesi,  $d_K = 2 \cdot \frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}$  bağıntısı ile bulunur.

Bu tip karışımlarda özkütlesi büyük olan maddeden hacimce az karıştırılmış demektir.

## KUVVETLER:

Duran cisimleri harekete başlatan, hareket halindeki cisimleri durduran cisimleri hızlandıran ve biçiminde de değişiklik yapabilen etkiye denir.

Kuvvet vektörel bir büyüklüktür. Dolayısıyla vektörlerin tüm özellikleri kuvvetler için geçerlidir.

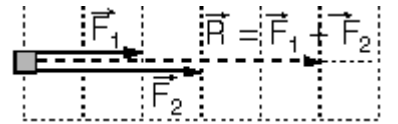
Kuvvet dinamometre ile ölçülür.SI birim sisteminde kuvvet birimi newton (N) dur.

**Dinamometre:**Kuvvet dinamometre denilen kantarla ölçülür.. Esnek yaydaki uzama miktarı, dinamometreye asılan cismin ağırlık kuvveti ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla yaydaki uzama, kuvvetin büyüklüğünün bir ölçüsü olarak alınabilir. Örneğin 10 N ağırlıklı cisim asıldığında yay 1 mm uzuyorsa, 50 N ağırlıklı cisim asıldığında yay 5 mm uzayacaktır.Ağırlık bir kuvvet olduğundan, kütlesi m olan bir cismin ağırlığı  $G = mg$  dir. Buradaki g yerçekimi ivmesi olup ölçümün yapıldığı yere göre değişebilmektedir.

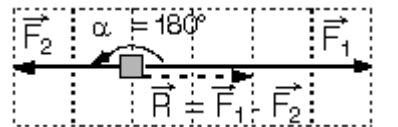
## Bileşke Kuvvet:

Bir cisme etki eden kuvvetlerin toplamı bileşke kuvvet verir. Bileşke kuvvet R sembolü ile gösterilir. Bileşkeyi oluşturan kuvvetlerin her birine bileşenler veya bileşen kuvvet denir.

**a) Aynı Doğrultudaki Kuvvetlerin Bileşkesi**Eğer aynı noktaya uygulanan kuvvetlerin yönleri (doğrultuları) aynı ise direk toplama işlemi yaparak bileşkeyi bulabiliriz.



**$R = F_1 + F_2$  dir.**Bu durumda kuvvetler arasındaki açı  $a = 0^\circ$  olduğundan bileşke kuvvetin şiddeti maksimum değerde olur.Eğer aynı noktaya uygulanan kuvvetlerin doğrultuları birbirine zıt ise ( $180^\circ$ ) direk çıkarma işlemi yapılarak bileşkeyi bulabilir.

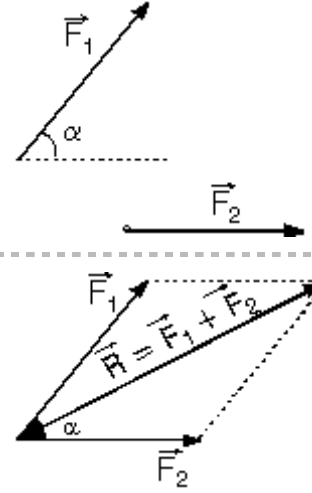


**$R = F_1 - F_2$  dir.**

Kuvvetler zıt yönlü iken aralarındaki açı  $a = 180^\circ$  olduğundan bileşke kuvvetin şiddeti minimum değerde olur.

İki kuvvetin bileşkesinin büyüklüğü, kuvvetlerin cebirsel toplamından büyük ,farkından küçük olamaz *Kuvvetler arasındaki açı büyüdükçe bileşke kuvvetin şiddeti azalır*

**b) Kesişen Kuvvetlerin Bileşkesi** Doğrultular bir noktada kesişen kuvvetlere kesişen kuvvetler denir. Kesişen iki kuvvetin bileşkesini paralel kenar kuralıyla bulmak oldukça kolaydır. Ayrıca uç uça eklemeye yöntemi ile de bulabilirsiniz..



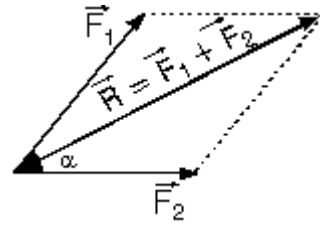
Kuvvetlerin şiddetleri  $F_1$  ve  $F_2$ , aralarındaki açı  $a$  ise, bileşke kuvvetin

şiddeti  $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$  bağıntısından bulunur.

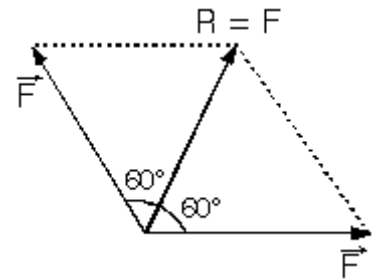
**NOT:** ÖSS sınavında gelen sorularda bu bağıntı kullanılarak soru gelmektedir. Ancak bu bağıntı çıkarılan özel durumlarla ilgili sorular gelmektedir

**1.** Verilen iki bileşke kuvveti birbirine eşit ve aralarındaki açı  $60^\circ$  ise bileşke kuvvet;  $a = 60^\circ$  ise, bileşke kuvvetin

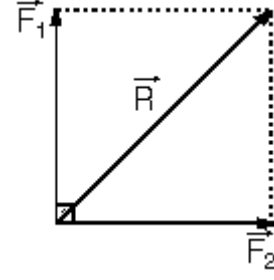
şiddeti  $R = F\sqrt{3}$  dür.



**2.** Eşit büyüklükteki kuvvetler arasındaki açı,  $a = 120^\circ$  ise bileşke kuvvetin şiddeti kuvvetlerden bir tanesinin şiddetine eşittir.



3. F1 ve F2 kuvvetleri arasındaki açı 90° ise, bileşke kuvvetin şiddeti pisagor bağıntısından bulunur.  $R^2 = F_1^2 + F_2^2$  Eğer kuvvetlerin şiddetleri eşit ise, bileşke kuvvetin büyüklüğü  $R = F\sqrt{2}$  olur.



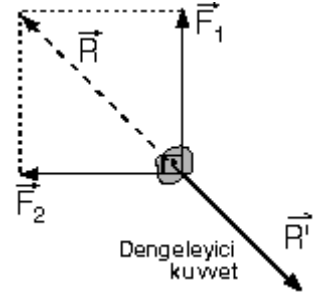
Duran cisimler, üzerine etkileyen kuvvetlerin bileşkesi yönünde harekete geçer.

### Kuvvetlerin Dengesi

Cismin bir noktasına aynı doğrultulu eşit şiddette ve zıt yönde iki kuvvet uygulandığında, bu kuvvetler birbirini dengeler. Yani bu kuvvetlerin bileşkesi sıfır olur.

Buna göre, bir cisme uygulanan bütün kuvvetlerin bileşkesi sıfır ise cisim dengededir. Cismin dengede olması demek ya durması, ya da sabit hızla gitmesi demektir.

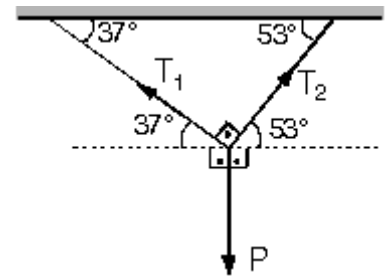
Şekildeki cisme  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetleri uygulandığında cismin dengede kalabilmesi için, bileşke kuvvetin uygulandığı noktaya bileşke kuvvete eşit şiddette ve zıt yönlü bir kuvvet uygulanmalıdır. Bu kuvvete dengeleyici kuvvet denir.



Bir cismin dengede kalabilmesi için uygulanan kuvvetlerin bileşkesi sıfır olmalıdır.  $\Sigma F = 0$  olmalıdır. Ayrıca kuvvetler x ve y eksenlerine bileşenler ayrılarak taşınırsa, x ve y eksenlerindeki kuvvetlerin bileşkesi ayrı ayrı sıfır olmalıdır.  $\Sigma F_x = 0$ ,  $\Sigma F_y = 0$  olmalıdır.

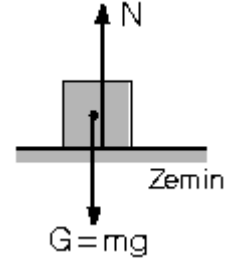
**Lami Teoremi** Kesişen üç kuvvet dengede ise, kuvvetlerin, karşısındaki açılarının sinüslerine oranı sabittir. Buna göre;

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

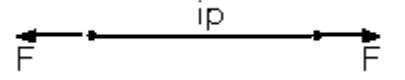


Bu bağıntıya göre, kesişen üç kuvvet dengede ise, küçük açının karşısındaki kuvvet büyük, büyük açının karşısındaki kuvvet ise küçüktür.

**Etki – Tepki Prensibi** Her etkiye karşı eşit ve zıt yönlü bir tepki uygulanır. Etki kuvvetinin büyüklüğü ile tepki kuvvetinin büyüklüğü eşit fakat zıt yönlüdür. Şekildeki cisim, zemine ağırlığı kadar bir etki uygularsa, zeminde cisme o büyüklükte bir tepki kuvveti uygular.



$F_{\text{etki}} = - F_{\text{teпки}}$   $G = - N$  dir. Şekildeki ip iki ucundan eşit büyüklükteki  $F$  kuvvetleri ile çekilirse, ipteki gerilme kuvveti yine  $F$  olur. Ayrıca ipin bütün noktalarındaki gerilme kuvveti aynı değerdedir.



## Maddelerin Esnekliği

Maddeler üzerine bir kuvvet uygulanırsa şekillerinde az veya çok bazı değişimler olur. Esnek bir yay iki ucundan çekilirse uzar, iki ucundan sıkıştırılırsa kısalır. Sünger gibi esnek cisimlerin şeklinde daha fazla değişme olur. Çelik çubuğun bir ucu sabitlenip diğer ucundan bir kuvvet uygulanırsa çubuk eğilir, kuvvet kaldırılırsa, eski halini alır. Cisimlerin şekillerini değiştiren kuvvet ortadan kaldırıldığında tekrar eski halini alan maddelere esnek maddeler denir.

Şekildeki metal telin bir ucu duvara sabitlenip diğer ucuna cisimler asıldığında veya kuvvet uygulandığında, telde uzama olur.



## Teldeki uzama miktarı,

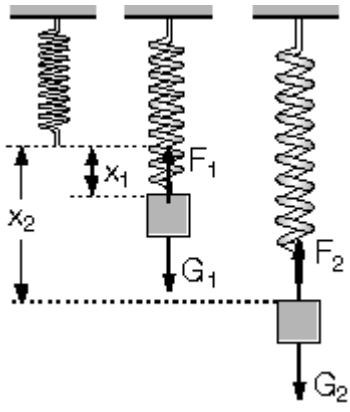
- Telin boyu ile doğru orantılıdır.
- Telin kesit alanı ile ters orantılıdır.
- Telin ucuna uygulanan kuvvet ile doğru orantılıdır.
- Uzama miktarı ayrıca telin cinsine de bağlıdır.

Örneğin, ilk boyu ve kesit alanı aynı olan çelik ve bakır tele aynı büyüklükte kuvvet uygulanırsa, bakır tel çelik tele göre daha fazla uzar.

Esnek bir yayın ucuna  $G$  ağırlıklı bir cisim asılırsa yay uzar. Daha ağır bir cisim asıldığında ise yay daha fazla uzar. Yani yaydaki uzama miktarı yayı geren kuvvet ile doğru orantılıdır.  $F = - k \cdot x$  olur. Burada  $x$  : yaydaki uzama veya sıkışma miktarı

$k$  : Yay sabiti olup yayın cinsine ve uzunluğuna bağlıdır.

Formülün önündeki (-) işareti  $F$  vektörü ile  $x$  vektörünün zıt yönlü olduğunu gösterir. Büyüklük hesabı yapıldığında (-) işareti dikkate alınmaz.



## ATIŞLAR

Günlük hayatımızda atış olayını sürekli görmekteyiz. Ağaçtan düşen bir yaprak bile atış konusu içine girer.

Havada serbest bırakılan cisim aşağı düşer. Bunun sebebinin yer çekimi olduğunu öğrenmiştik. Yer çekimini kuvvetine o cismin ağırlığı demiştik ve G harfi ile gösterilir.

$G = mg$  bağıntısı ile bulunur.

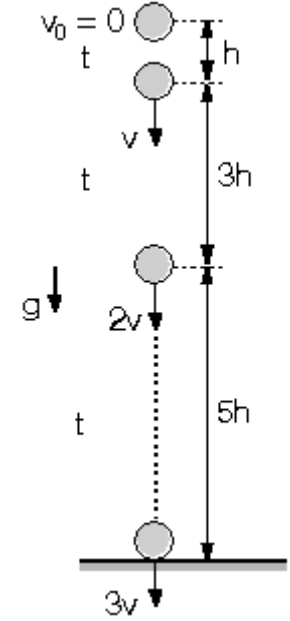
Burada g, yerçekimi ivmesidir. Yer çekim alanı da denilebilir. Yerçekim ivmesinin birimi, hareket ve dinamik konusunda öğrendiğimiz ivme birimidir. SI birim sisteminde  $m/s^2$  ya da  $N/kg$  dır.

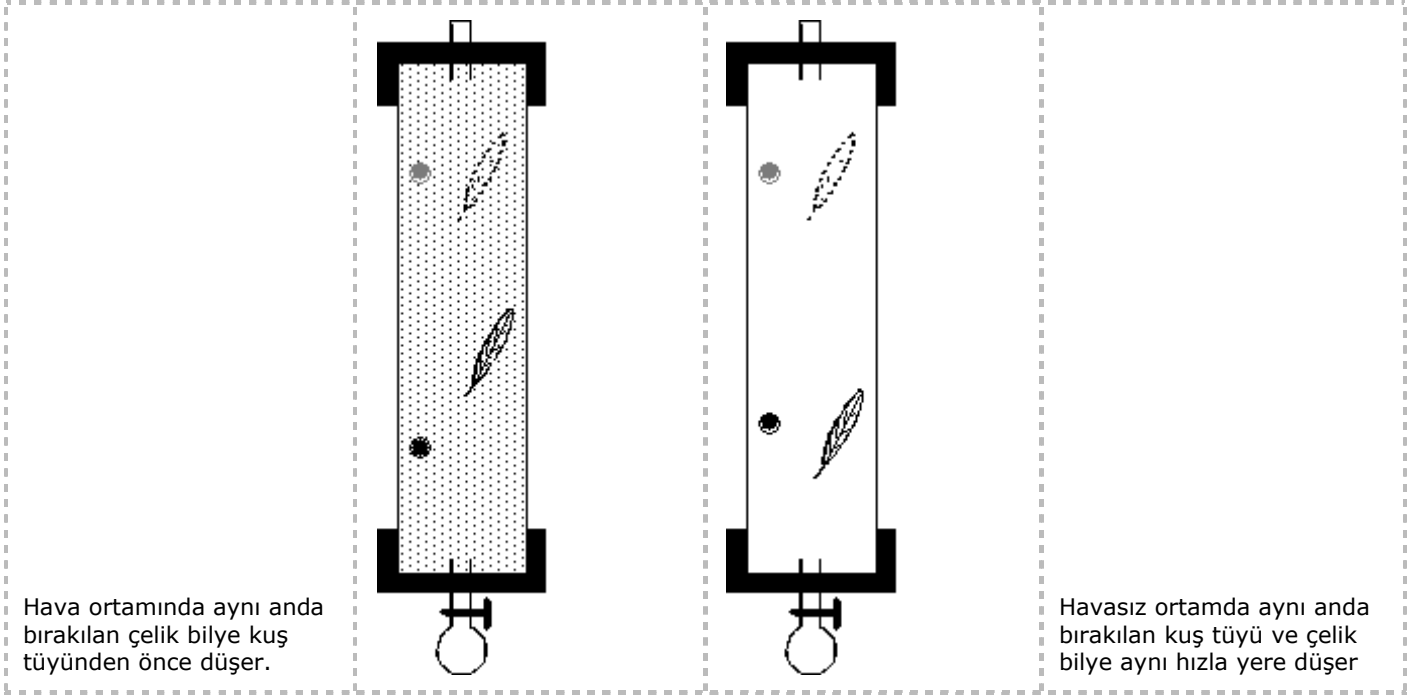
## Serbest Düşme

Havasız ortamda, belli bir yükseklikten ilk hızsız bırakılan bir cismin yaptığı harekettir. Düşey ve aşağı yönlüdür.

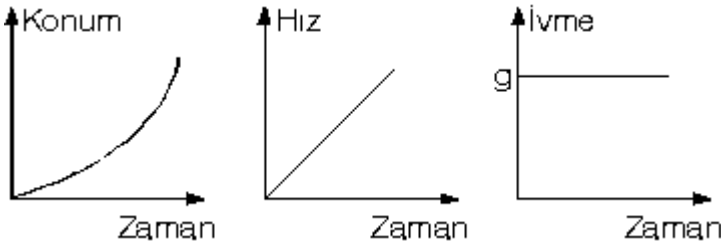
Serbest düşmeye bırakılan bir cisim sabit g yerçekim ivmesi ile aşağı doğru düzgün hızlanan hareket yapar. Her saniye hızı yerçekim ivmesi kadar artar. Yerçekim ivmesi,

$g = 9,8 @ 10 m/s^2$  dir.





Serbest düşme hareketi yapan cisme ait grafikler aşağıdaki gibi olur.



Serbest düşen bir cisim her saniye bir öncesine göre daha fazla yol alır. 1 saniye sonra aldığı yol  $h$  kadar ise, 2 saniye sonra  $3h$ , 3 saniye sonra  $5h$  ... dir.

Ayrıca her saniye yerçekim ivmesi kadar hızı artar.

1 saniye sonra hızı  $10 \text{ m/s}$ , 2 saniye sonra  $20 \text{ m/s}$ ,

3 saniye sonra hızı  $30 \text{ m/s}$  dir.

$$h = \frac{1}{2} gt^2$$

Buna göre alınan yol den bulunur.

Cismin hızı ise,  $v = g \cdot t$  den bulunur.

### Hava Direnci

Serbest düşme hareketini incelerken cisimlerin, boşluk gibi sürtünmesiz ideal ortamlarda hareket ettiğini kabul ettik. Oysa gerçek hayatta sıvı ve gaz gibi akışkanlar içinde hareket eden cisimlere bir direnç kuvveti uygulanır.

**Bu direnç kuvvetinin büyüklüğü,**

1. Cismin hareket doğrultusuna dik, en geniş kesit alanı (A) ile doğru orantılıdır.

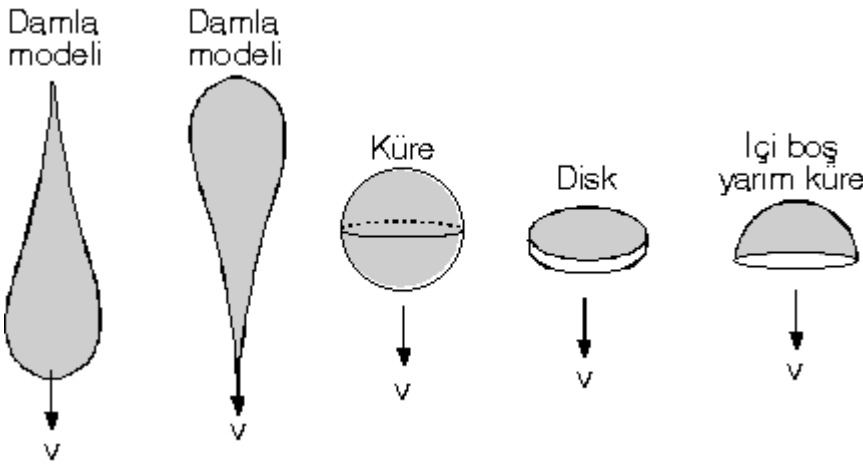
2. Hızın kendisi ya da karesiyle doğru orantılıdır.

3. Cismin biçimine ve havanın yoğunluğuna bağlıdır.

Paraşütle atlayan sporculara ve yeryüzünde hareket eden araçlara, hava tarafından uygulanan direnç kuvveti hızların karesiyle orantılıdır. Buna göre direnç kuvveti

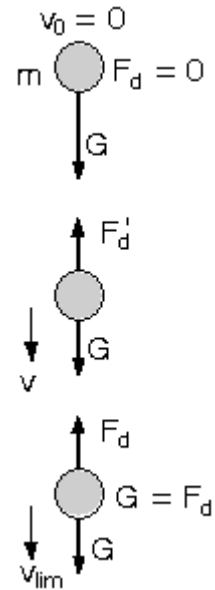
$$F_{\text{direnç}} = k.A.v^2 \text{ olur.}$$

Burada k, sabit bir katsayıdır.

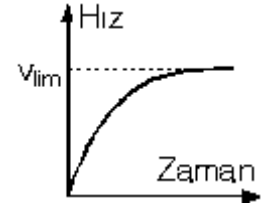


Hava ile sürtünen ne büyük kesit alanları ve hızları eşit olan cisimlerden, en baştaki damla modeline en az direnç kuvveti etki eder.

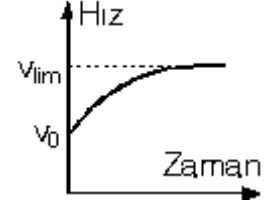
Şekilde hava ortamında m kütleli cisim ilk hızsız serbest bırakılıyor. İlk hız sıfır iken havanın direnç kuvveti de sıfırdır. Cisim hızlandıkça havanın direnç kuvveti de artar. Direnç kuvveti cismin ağırlığına eşit olunca, net kuvvet sıfır olur ve cisim sabit hızla düşmeye başlar. Bu sabit hıza limit hız denir.



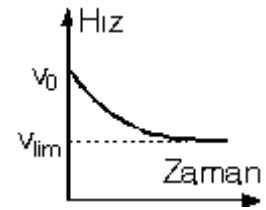
Cismin düştüğü yön pozitif seçilirse, havasız ortamda serbest bırakılan cismin hız-zaman grafiği şekilindeki gibi olur.



Cisim limit hızdan daha küçük bir hızla aşağı doğru atılırsa, hız-zaman grafiği şekilindeki gibi olur.

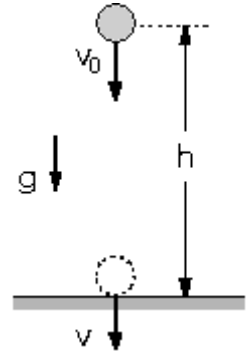
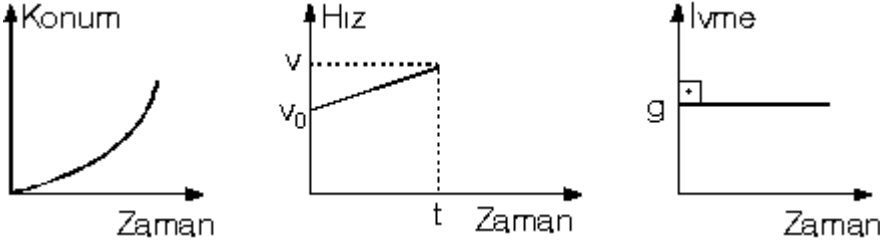


Cisim limit hızdan daha büyük bir hızla atılırsa, atıldığı anda cisme uygulanan direnç kuvveti cismin ağırlığından büyük olur. Dolayısıyla cisim önce yavaşlar limit hıza ulaşıncaya kadar sabit hızla yoluna devam eder.



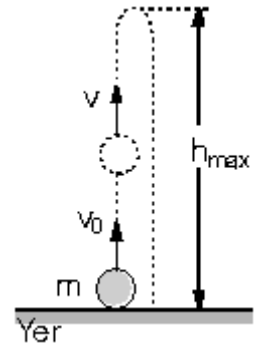
### Yukarıdan Aşağı Düşey Atış

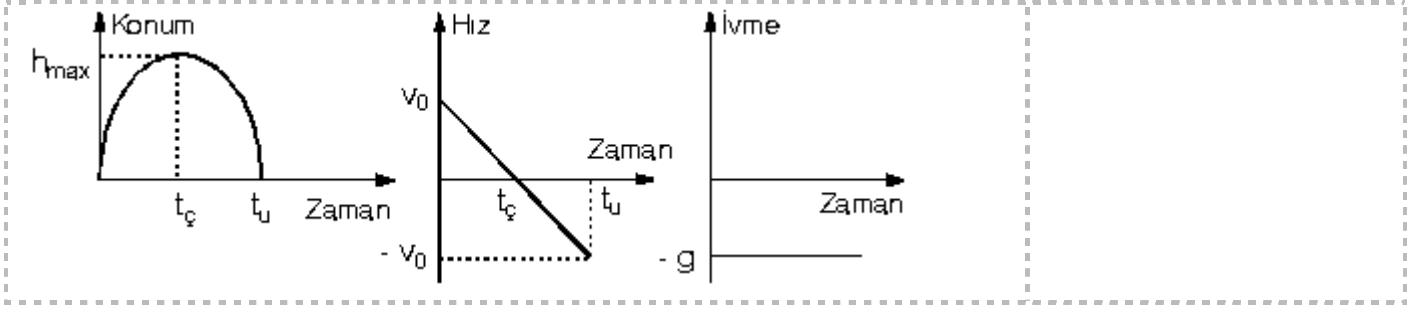
Havasız ortamda yerden  $h$  kadar yükseklikten  $v_0$  hızıyla aşağı doğru atılan bir cisim ağırlık kuvvetinin etkisiyle aşağı doğru  $g$  ivmesiyle hızlanan hareket yapar. Serbest düşme hareketinden farkı ilk hızının olmasıdır. Aynı yükseklikten serbest bırakılan cisim ile aşağı doğru  $v_0$  hızıyla atılan cisimlerden ilk hızı olan daha önce düşer ve daha büyük bir hızla yere çarpar. Cismin atıldığı yön pozitif kabul edilirse, konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri aşağıdaki gibi olur.



### Aşağıdan Yukarıya Düşey Atış

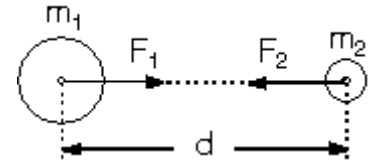
Havasız ortamda yerden yukarı doğru  $v_0$  hızıyla atılan bir cisim  $g$  yerçekimi ivmesi ile düzgün yavaşlar ve bir süre sonra anlık olarak durur. Daha sonrada çıktığı en üst tepe noktasından serbest düşme hareketi yapar. Çıkış ile iniş hareketi birbirinin tersidir. Bundan dolayı çıkış süresi iniş süresine eşittir. Çıkarken herhangi bir noktadaki hızının büyüklüğü, dönüşte aynı noktadaki hızının büyüklüğüne eşittir. Cisim yere  $v_0$  büyüklüğünde hızla çarpar. Yukarı yön pozitif kabul edilirse, cisme ait grafikler aşağıdaki gibidir.





## KÜTLE ÇEKİM KANUNU

Yerden belli bir yükseklikten bırakılan cismin yer yüzeyine doğru düşmesi, kütle çekim kuvvetinden dolayıdır.



Kütle merkezleri arasındaki uzaklık  $d$  olan  $m_1$  ve  $m_2$  kütleli cisimlerin birbirlerine uyguladıkları çekim kuvveti eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür. Kütle çekim kuvveti

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \text{ bağıntısı ile bulunur.}$$

Buradaki  $G$  genel çekim sabiti olup,

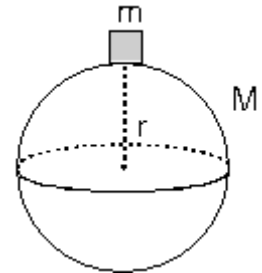
$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \text{ dir.}$$

$G$  küçük olduğu için kütle çekiminin büyük olmasının nedeni, Dünya ve gezegenler gibi kütlesi çok büyük olan kütleler olmasıdır.

Yukarıdaki bağıntıya göre, birbirine kuvvet uygulayan kütlelerin birinin küçük değerinin çok büyük olması halinde de birbirlerine eşit ve zıt yönlüdür. Örneğin sinek ile Dünya birbirlerini eşit büyüklükte kuvvetle çekerler. ( $F_1 = -F_2$ )

## Yer Çekimi İvmesi

$M$  kütleli Dünya yüzeyinde bulunan  $m$  kütleli cismin ağırlığı, iki kütle arasındaki çekim kuvvetine eşittir.



$$G = F_ç$$

$$mg = G \frac{Mm}{r^2}$$

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

olur.

Bu bağıntıya göre Dünyadan uzaklaştıkça çekim ivmesi uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır.

Dünyanın merkezine doğru çekim ivmesi uzaklıkla doğru orantılı olarak azalır ve tam merkezde sıfır olur.

Dünya yüzeyinde ise çekim ivmesi enleme göre değişir. Ekvatordan kutuplara doğru gidildikçe yerçekimi ivmesi artar ve kutuplarda maksimum değerini alır. Bu artışın iki nedeni vardır.

1. Dünya kutuplardan basıktır. Kutupların merkeze olan uzaklığı, ekvatorun merkeze olan uzaklığından

küçüktür.  $g = G \frac{M}{r^2}$  bağıntısına göre, Dünya yüzeyinde r küçük

olunca g çekim ivmesi büyük olur.

2. Dünya dönerken ekvatordaki bir noktanın çizgisel hızı, kutuplardakine göre daha büyüktür. Dolayısıyla merkezkaç kuvveti ekvatorda daha büyük olduğu için çekim ivmesinin ya da cismin ağırlığının kutuplardakine göre daha az olmasına neden olur.

Buna göre, ekvatorda çekim ivmesi 9,78 N/kg ise, kutuplardaki çekim ivmesi 9,81 N/kg dır.

Ağırlık vektörel bir büyüklük kütle ise skaler bir büyüklüktür. Ağırlık uzayın ve Dünyanın değişik yerlerinde değişir, kütle ise hiç bir yerde değişmez. Ağırlık ile kütle madde miktarına bağlıdır. Dolayısıyla ayırt edici bir özellik değildir. Ağırlık dinamometre denilen yaylı kantarla ölçülür, kütle ise eşit kollu terazi ile ölçülür.

Ağırlık birimi newton'dur. Kütle birimi ise kg'dır.

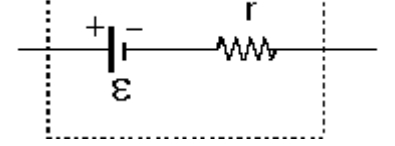
## ELEKTROMOTOR KUVVETİ

Bu Konumuzda Elektromotor Kuvveti göreceğiz ya da kısa adıyla(Emk).

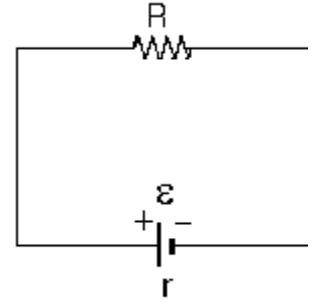
Daha önce pil, akü ve üreteçlerin içinde kullanılmaya hazır bir enerji olduğunu belirtmiştik. İçerisinde mekanik, kimyasal veya başka çeşit enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklere elektromotor kaynakları (emk) denir.

Örneğin pil ve akümülatörler kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. Üretecin, bir q yükünü devrede dolaştırmak için harcadığı enerji, o üretecin elektromotor kuvveti (emk) olarak tanımlanır.  $\epsilon$  ile gösterilir.

Her üretecin bir iç direnci vardır. Bu iç direnç ihmal edilmemiş ise devreye seri bağlı direnç gibi hesaba dahil edilir.



Örneğin iç direnci  $r$  olan bir üretece  $R$  direnci bağlanırsa dirençten geçen akım şiddeti ohm kanunundan bulunur.  $e = i(R + r)$   $e = i \cdot R + i \cdot r$  olur.



Burada  $i \cdot R$  direncin uçları arasındaki potansiyel farkı,  $i \cdot r$  ise iç direncin uçları arasındaki potansiyel farkıdır. Ayrıca üretecin uçları arasındaki  $V$  potansiyel farkı

$V = i \cdot R$  dir. Eğer üretecin iç direnci ihmal edilmiş ise, üretecin elektromotor kuvveti ( $e$ ), üretecin uçları arasındaki potansiyel farkına eşittir.

( $e = V$ ). İç direnç ihmal edilmemiş ise  $e > V$  dir.

Üreteçler bir devrede akım sağlayan kaynaklardır. Bir iletken üretece bağlanmaz ise, iki ucu arasında potansiyel farkı oluşmaz ve üzerinden akım geçmez

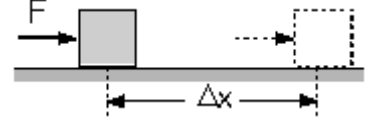
## İŞ-GÜÇ-ENERJİ

Bu konumuzda iş-güç-enerjiyi göreceğiz. İyi Çalışmalar.

### İŞ

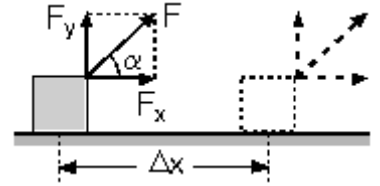
İş kelimesi, günlük hayatta çok kullanılan bir kelimedir. Yatay ve sürtünmesiz yüzey üzerinde durmakta olan bir cismin F büyüklüğünde bir kuvvet şeklideki gibi uygulanır.

Yola paralel bir F kuvveti cisme yol aldirabiliyorsa iş yapıyor demektir.Yapılan iş, kuvvet ile yolun çarpımına eşittir. İş W sembolü ile gösterilirse,



$$W = F \cdot D \times \text{ olur.}$$

Burada F ile  $D_x$  yolunun paralel olması gerekir. Eğer F kuvveti yola paralel değilse işi yapan kuvvet F kuvvetinin yola paralel olan  $F_x$  bileşenidir.



$$W = F_x \cdot D_x \text{ dir. } F_x = F \cdot \cos \alpha \text{ dır.}$$

Hareket doğrultusuna dik olan kuvvetler iş yapmazlar.

Duran ya da hareket eden bir cisme uygulanan F kuvveti cismin başlangıç şartlarına bağlı olarak değişik hareketlere neden olabilir.

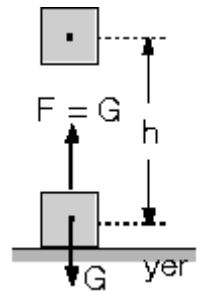
Örneğin duran bir cisme sabit bir kuvvet uygulanarak iş yapılırsa, cisim düzgün hızlanan hareket yapar.

Herhangi bir kuvvet yönünde yapılan iş pozitif ise, ters yönde uygulanan kuvvetin yaptığı iş negatiftir.

$W = F \cdot D_x$  bağıntısına göre, iş yapılabilmesi için kuvvet cisme yol aldırılmalı ve kuvvet ile yol paralel olmalıdır.

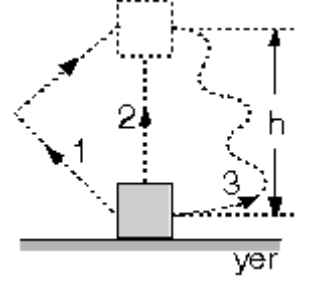
Bir cisim yerden yukarı doğru cismin ağırlığına eşit bir kuvvetle hareket ettirilirse, yerçekimine karşı iş yapılır. Yapılan iş kuvvet ile kuvvete paralel h yolunun çarpımına eşittir.  $W = F \cdot h$

$$W = mg \cdot h \text{ dir.}$$



Eğer cisim h yüksekliğinden serbest bırakılıp aşağı doğru düşerse, yerçekimi iş yapmıştır.

Bir cismi h yüksekliğine çıkarmak için yapılan iş, cismi çıkarırken izlenen yolun şekline ve uzunluğuna bağlı değildir. Yani yapılan bu iş yoldan bağımsızdır. SI (MKS) birim sisteminde iş birimi Joule dir. İş bağıntısından görüleceği gibi Joule = N . m dir.



## GÜÇ

Birim zamanda yapılan işe güç denir.

$$\text{Güç} = \frac{\text{İş}}{\text{Zaman}} \Rightarrow P = \frac{W}{t} \text{ dir.}$$

SI (MKS) birim sisteminde güç birimi

$$\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{saniye}} \text{ dir.}$$

1 kw = 1000 watt tır.

## ENERJİ

Cismin iş yapabilme kapasitesidir. Skaler bir büyüklüktür. İş birimleri aynı zamanda enerji birimlerine eşittir.

Enerji skaler bir büyüklüktür. Yani enerjinin yönü, bileşeni ve uygulama noktası gibi vektörel özellikleri yoktur.

Bir sisteme uygulanan kuvvet iş yapıyorsa yapılan iş enerjideki değişime eşittir.

$$W_{\text{dış}} = \Delta E_{\text{sistem}} = E_2 - E_1 \text{ dir.}$$

Buna göre, sistemin enerjisinde bir değişme var ise iş yapılmıştır, değişme yok ise iş yapılmamış demektir. Bir sisteme uygulanan kuvvetler bu sistemin enerjisini artırıyorsa, pozitif iş yapar. Bu kuvvetler sistemin enerjisini azaltıyorsa, negatif iş yapar.

Enerji çeşitleri oldukça fazladır. Mekanik enerji, ısı enerjisi, Güneş enerjisi, nükleer enerji, rüzgar enerjisi, bazı enerji çeşitleridir. İş birimleri ile enerji birimleri aynıdır.

## Kinetik Enerji

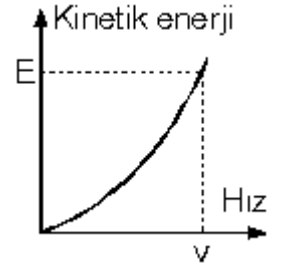
Hareket halindeki cisimlerin sahip olduğu enerjiye kinetik enerji denir.

Kütlesi m, hızı v olan bir cismin kinetik enerjisi,

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

şeklinde tanımlanır. Kinetik enerji kütle ile hızın karesinin çarpımı ile doğru orantılıdır. Birimi Joule dir.

Kinetik enerji-hız grafiği şekildeki gibidir. Düz bir yolda cisme F kuvveti uygulandığında, yapılan iş cismin kinetik enerji değişimine eşit olur.



## Potansiyel Enerji

Potansiyel enerjiyi, yer çekim potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi olmak üzere iki çeşidi incelenecektir.

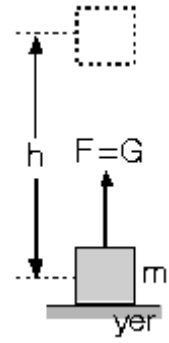
### Yerçekim Potansiyel Enerjisi

Bu enerji yerçekimi kuvvetinden kaynaklanır. m kütleli bir cismi yer seviyesinde h kadar yükseğe sabit hızla çıkarmak için yapılması gereken iş,

$$W = F \cdot h = mg \cdot h$$

dir.

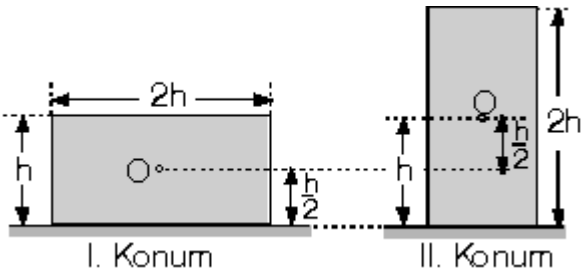
Yapılan işin enerji değişimine eşit olduğunu biliyoruz.



Cisim sabit hızla çıkarıldığı için kinetik enerji değişmemiştir. O halde yapılan iş, cismin potansiyel enerji değişimine eşittir. Buna göre, yerden h kadar yükseklikte cismin yere göre potansiyel enerjisi,

$$E_p = mg \cdot h$$

bağıntısı ile bulunur. Burada h yüksekliği, cismin potansiyel enerjisi nereye göre soruluyorsa, oraya olan yüksekliktir. Küçük cisimlerin potansiyel enerjisi yazılırken ağırlık merkezinin yeri dikkate alınmaz. Fakat büyük cisimlerde ağırlık merkezinin yeri değiştirildiğinde cismin potansiyel enerjisi değişir.



Türdeş ve m kütleli cismi I. durumdan II. duruma getirmek için iş yapılır. Yapılan iş cismin potansiyel enerjisindeki değişime eşittir.

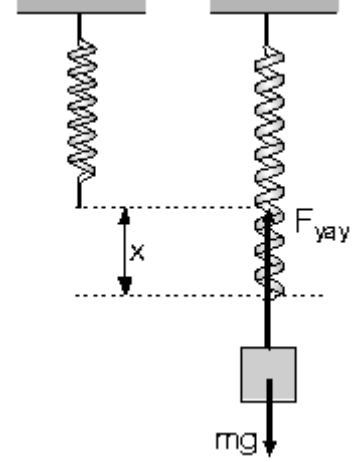
Potansiyel enerji değişimi cismin kütle merkezinin değişiminden bulunur. Cisim I. konumdan II. konuma getirildiğinde, kütle merkezi h/2 kadar yükselir. Buna göre, potansiyel enerji değişimi ve yapılan iş

$$W = \Delta E_p = mg \frac{h}{2} \text{ olur.}$$

- Net kuvvetin yaptığı iş cismin kinetik enerjisindeki değişme miktarına eşittir.
- yer çekimi kuvvetine karşı yapılan iş, cismin potansiyel enerji değişimine eşittir.

## Esneklik Potansiyel Enerji

Esnek cisimleri denge konumundan ayırmak için iş yapılır ve yapılan iş kadar enerji aktarılır. Denge konumundaki bir yay  $x$  kadar sıkıştırılır ya da gerilirse, yayda enerji depolanır. Daha önce öğrenildiği gibi, yay  $x$  kadar sıkıştırılır ya da gerilirse yayın geri çağırıcı kuvveti  $F = -k \cdot x$  olur.  $k$  : Yay sabiti olup yayın cinsine ve uzunluğuna bağlıdır.  $x$  kadar sıkıştırılan ya da gerilen yayda depolanan esneklik potansiyel enerji,

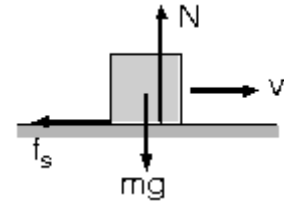


$$E = \frac{1}{2} kx^2$$

bağıntısı ile bulunur. Yaydaki uzama ya da sıkışma arttıkça depolanan enerjide artar.

## Sürtünmeden Dolayı Isıya Dönüşen Enerji

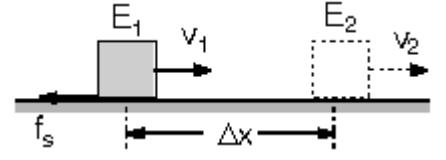
Sürtüneli bir ortamda hareket eden cisimlere sürtünme kuvveti uygulandığını öğrenmiştik. Tekrar hatırlayalım. Sürtünme kuvveti yüzeyin cisme gösterdiği tepki kuvveti ile doğru orantılıdır. Ayrıca yüzeyin cinsine yani sürtünme katsayısına bağlıdır. Hareket halindeki bir cisme uygulanan sürtünme kuvveti  $f_s = k \cdot N$  bağıntısından bulunur



Sürtünme kuvveti hareketi engelleyici özelliği olduğu için cisimlerin mekanik enerjilerini azaltıcı etki yapar. Azalan mekanik enerji kadar enerji, ısı enerjisine dönüşür.

Isı enerjisine dönüşen enerji iki yoldan bulunur.

1. İki nokta arasında hareket eden cismin, sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerjisi, her iki noktadaki mekanik enerjiler arasındaki farktan bulunur. Cismin ilk enerjisi  $E_1$ , son enerjisi  $E_2$  ise, sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerji,  
 $E_{ısı} = E_1 - E_2$  den bulunur.



2. İlk ve son durumdaki mekanik enerjiler bilinmiyor, fakat sürtünme kuvveti ile yer değiştirme biliniyorsa, ısıya dönüşen enerji sürtünme kuvvetinin yaptığı işe eşit olur.

Sürtünme kuvvetinin yaptığı iş,

$$E_{ısı} = W = f_s \cdot D\mathbf{x} \text{ dir.}$$

Buna göre, sürtünmeden dolayı ısıya dönüşen enerji, sürtünme kuvveti ve yer değiştirme miktarı ile doğru orantılıdır.

## ENERJİNİN KORUNUMU

Bir sistemdeki enerji; kinetik ve potansiyel gibi çok farklı türler halinde bulunabilir. Bu enerji türleri kendi aralarında dönüşüme uğrayabilir. Örneğin elektrik enerjisi ütüde ısıya, ampülde ışığa, çamaşır makinesinde hareket enerjisine dönüşür.

Enerji kaybolmadan bir türden başka bir tür enerjiye dönüşür. Toplam enerji daima sabittir. Toplam enerji sabit ise, bir tür enerji azalırken başka bir tür enerji aynı oranda artar.

1. Sürtünmelerin ihmal edildiği sistemlerde kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı sabittir. Sürtünme olmadığı için ısıya dönüşen enerji olmaz. Mekanik enerji toplam enerjiye eşittir.

$$E_{top} = E_k + E_p = \text{sabit}$$

Kinetik enerjideki artış, potansiyel enerjideki azalışa ya da, kinetik enerjideki azalış, potansiyel enerjideki artışa eşittir.

2. Sürtünmenin olduğu sistemlerde mekanik enerji ( $E_k + E_p$ ) sabit değildir. Zamanla mekanik enerji azalır. Azalma miktarı kadar enerji, sürtünmeden dolayı ısı enerjisine dönüşür. Toplam enerji ise sabittir.

$$E_{top} = E_k + E_p + E_{ısı} = \text{sabit}$$

## VEKTÖRLER

Fizik ölçmeye dayalı bir sistem olduğu için sayılar ifadeler kullanmak gerekir. İşte bu noktada da bazı ifadeler sayılarla ifade edilebilmesine rağmen bazı ifadeleri aysılarla ifade etmek yeterli olmuyor. Sayılarla birlikte yönü de belirtmemiz gerekir. Bu yüzden fizikte büyüklükler iki türdür *skaler* ve *vektörel* büyüklük.

### 1. Skaler Büyüklükler:

Sayıca değeri ve birimi ile belirtilebilen büyüklüktür. Ör: Ağırlık, sıcaklık, kütle, enerji, iş, elektrik yükü, zaman, hacim ... gibi fiziksel büyüklüklerde yön ve doğrultu söz konusu değildir.

### 2. Vektörel Büyüklükler:

Sayıca değeri ve biriminin yanına yön ve doğrultuda belirten büyüklüklerdir. Ör: Hız, kuvvet, ivme, yer değiştirme gibi fiziksel büyüklükler yönlü büyüklüklerdir.

45 km/saat giden bir araba dediğimizde yeterli bir bilgi vermiş olmayız, bunun yanında ne yöne doğru gittiğini de belirtmeliyiz. Örneğin; Güneye doğru 45km/saat hızla giden araç demek gerekir.

### Vektörlerin Gösterimi

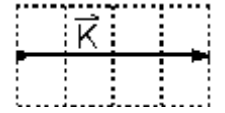


Vektörel büyüklükler şekilde görüldüğü gibi yönlendirilmiş doğru parçası ile gösterilir.

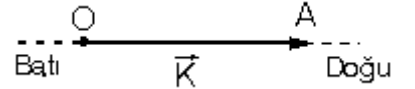
Bu vektörün dört elemanı vardır.

**1. Uygulama Noktası :** Vektörel büyüklüğün başlangıç noktası denir. Yukarıdaki vektörün uygulama noktası O noktasıdır.

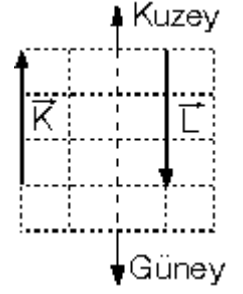
**2. Büyüklüğü :** Vektörün sayısal değeridir. Örneğin K vektörünün büyüklüğünün değeri 4 birimdir.



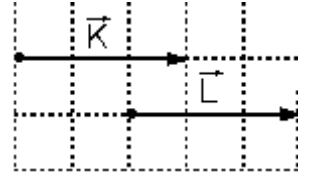
**3. Yönü :** Vektörel büyüklüğün yönü, doğru parçasının ucuna konulan okun yönündedir. Şekildeki K vektörünün yönü O dan A ya yöneliktir. Veya doğu yönündedir.



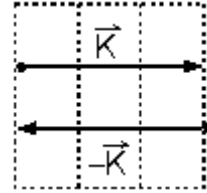
**4. Doğrultusu :** Vektörel büyüklüğün hangi doğrultuda olduğunu gösterir. Şekilde K ile L vektörlerinin yönleri zıt fakat her ikisi de kuzey-güney doğrultusundadır. Buna göre, birbirlerine paralel olan vektörler çakışık olmasalarda doğrultuları aynı olur.



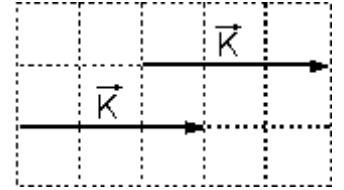
**İki Vektörün Eşitliği:** İki vektörün eşit olması için yönün ve büyüklüğünün eşit olması gerekir. Yan tarafta görüldüğü üzere K ile L vektörleri birbirine eşittir. ( $K=L$ )



**Bir Vektörün Negatifi:** Bir vektörün negatifi o vektörün doğrultusunun tam tersi olmasıdır. Büyüklüğü değişmez yan tarafta görüldüğü üzere K vektörünün tersi  $-K$  dir.



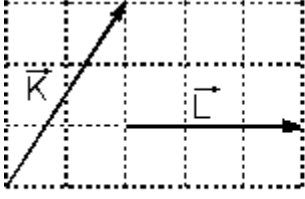
**Vektörlerin Taşınması:** Bir vektörün büyüklüğünü ve yönünü değiştirmeden bir yerden başka bir yere taşıyabilir. Eğer vektörün doğrultusu yada büyüklüğü değişirse o vektör artık başka vektör olur.



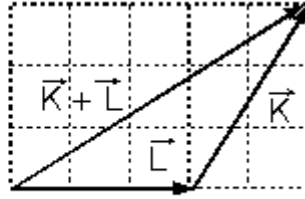
### Vektörlerin Toplanması:

Vektörleri toplamak için uygulayabileceğimiz bir çok metot mevcuttur. Bu metotlar uç uca ekleme (çokgen) metodu ve paralelkenar metodudur.

**Uç Uca Ekleme (çokgen) Metodu :** Uç uca ekleme metoduna göre, vektörlerin doğrultusu, yönü ve büyüklüğü değiştirilmeden, birinin bitiş noktasına diğerinin başlangıç noktası gelecek şekilde uç uca eklenir. Daha sonra ilk vektörün başlangıç noktasından son vektörün bitiş noktasına çizilen vektör toplam vektörü verir.



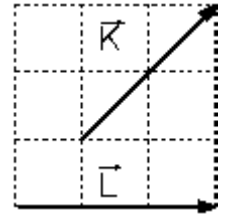
Şekil - I



Şekil - II

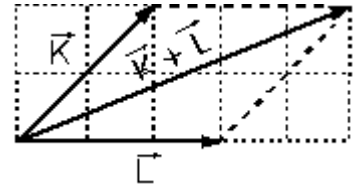
Şekil - I deki K ve L vektörlerinin toplamı yukarıda açıklandığı gibi yapılırsa, Şekil - II deki gibi K + L toplam vektörü bulunur. Vektörler uç uca eklendiğinde, ilk vektörün başlangıç noktası ile son vektörün bitiş noktası çakışıyorsa, toplam vektör sıfırdır.

**Paralel Kenar Metodu :** Her iki vektörün başlangıçları bir araya getirilerek birleştirilir sonra paralel kenar tamamlanır. Köşegenler birleştirilerek bileşke vektör elde edilir.

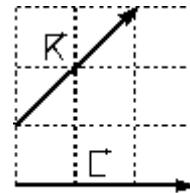


Yan resimde K ve L vektörlerinin paralel kenar metodu ile K+L vektörünün nasıl bulunabileceği gösterilmektedir.

**Vektörlerde Çıkarma :** Vektörlerde çıkarma işlemi toplama işlemine benzetilerek yapılır. Şekil - I de verilen aynı düzlemdeki K ve L vektörlerinden K - L vektörünü yani iki vektörün farkını bulmak için,  $K + (-L)$  bağıntısına göre,



L vektörünü ters çevirip Şekil - II deki gibi toplamak gerekir. Eğer L - K vektörü sorulursa, L vektörü aynen alınır, K vektörü ters çevirilip toplanır.



Şekil - I

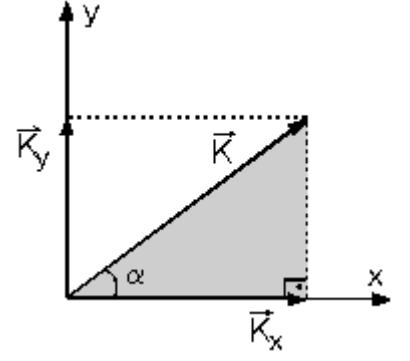
### **Vektörlerin Bileşenlerine Ayrılması:**

Bir vektörü dik bileşenlerine ayırmak, o vektörün başlangıç noktası, x, y koordinat ekseninin başlangıcına alınır. Şekilde K vektörünün ucundan x eksenine dik inilir ve başlangıç noktasını bu noktaya birleştiren vektör K nin  $K_x$  bileşenidir. Benzer, şekilde y eksenine dik inilerek  $K_y$  bileşeni bulunur.

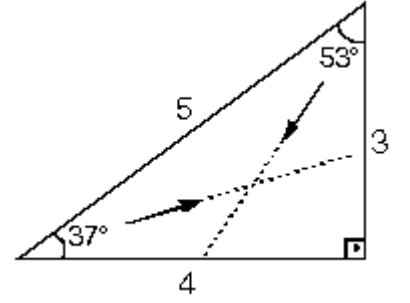
$K_x$  ve  $K_y$  bileşenlerin şiddetini bulmak için iki durum vardır. Eğer vektör şekilde olduğu gibi ölçeklendirilmiş bölmelerle verilmiş ise, bölmeler sayılarak bileşenlerin şiddeti bulunur. Şekildeki K vektörünün bileşenlerinin büyüklüğü,  $K_x = 4$  birim,

$K_y = 3$  birimdir.

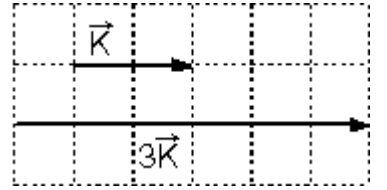
Eğer vektör, ölçekli bölmelerle verilmemiş fakat  $K$  vektörünün şiddeti ve  $\alpha$  açısı verilmiş ise, taralı üçgendeki sinüs ve cosinüs değerlerinden faydalanılarak bileşenlerin şiddeti bulunur. Taralı üçgenden,  $K_x = K \cdot \cos \alpha$  dır.  $K_y = K \cdot \sin \alpha$  dır.



Fizikte en çok kullanılan üçgenlerden birisi de 37, 90, 53 üçgenidir. 37° lik açının karşısındaki kenar uzunluğu 3 birim ise, 53° lik açının karşısındaki kenar uzunluğu 4 birimdir. Bu durumda hipotenüs uzunluğu ise 5 birimdir. Biz buna aynı zamanda 3, 4, 5 üçgeni diyoruz. Bu değerler, 3, 4, 5 in üst katları ve alt katları olabilir.



**Bir vektörün skalerle çarpımı ve bölümü** Bir vektörün skaler bir sayı ile çarpımı yine bir vektördür. Bu vektörün sadece şiddetini, büyüklüğünü değiştirir. Yönünde (doğrultusunda) herhangi bir değişme olmaz. Bir vektörü bölmek çarpmak gibidir. Sadece şiddeti değişir. Yönü ve doğrultusu değişmez.



## Hareket

Bir cismin sabit kabul edilen bir noktaya göre konumunun değişmesine hareket denir.

## Yörünge

Bir cismin hareketi sırasında izlediği yolun şekline yörünge denir. İzlenen yolun şekli doğrusal ise bu harekete doğrusal hareket denir. Daire ise, dairesel hareket denir.

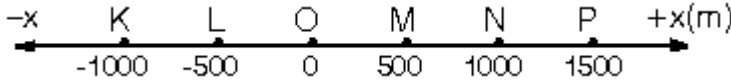
## Konum

Hareketli bir cismin sabit bir yere göre bulunduğu yere denir.. Bir araç nasıl hareket ederse etsin en son durduğu noktadaki konumu, o noktanın seçilen başlangıç noktasına olan vektörel uzaklığıdır. Bir araç dönüp dolaşp ilk bulunduğu noktaya gelirse, konumu sıfır olur.

## Yer Değiştirme

Bir cismin iki konumu arasındaki vektörel uzaklıktır. Başka bir ifadeyle son konum ( $x_2$ ) ile ilk konum

( $x_1$ ) arasındaki vektörel farktır ve son konumdan ilk konumun vektörel olarak çıkarılmasıyla bulunur. Bu işlem,  $Dx = x_2 - x_1$  şeklinde gösterilir.



Şekildeki doğrusal yolun O noktası başlangıç noktası olarak seçilirse, P noktasında duran bir aracın konumu + 1500 metredir. K de duranın konumu ise - 1000 metredir.

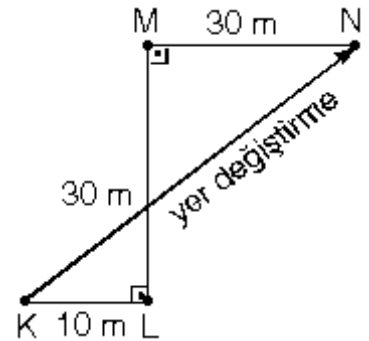
N noktasından L noktasına gelen bir araç,

$$Dx = x_2 - x_1$$

$$Dx = - 500 - (+ 1000) = - 1500 \text{ m}$$

(-) yönde 1500 metre yer değiştirmiştir.

Eğer ilk konum başlangıç noktası olursa, konum ile yer değiştirme eşit olur. Yatay bir yolda K noktasından harekete geçen araç L, M, N yolunu izleyerek N de duruyor. Bu araç KN noktaları arasında, toplam 70 m yol almasına rağmen 50 m yer değiştirmiştir. Şekil incelenirse KN arasındaki vektörel uzaklık pisagor bağıntısından 50 m olur.

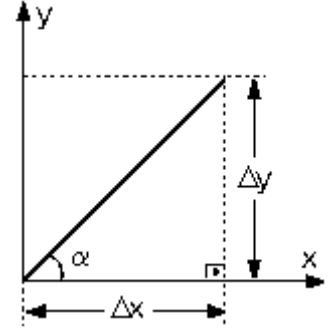


## Eğim

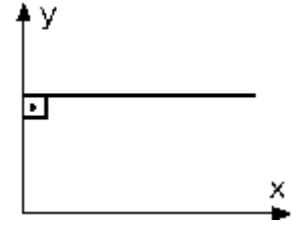
Hareket konusunun iyi anlaşılması için eğim kavramının iyi bilinmesi gerekir. Bir doğrunun yatayla yaptığı açının tanjantı o doğrunun eğimine

$$\text{Eğim} = \tan \alpha = \frac{\text{Karşı dik kenar}}{\text{Komşu dik kenar}}$$

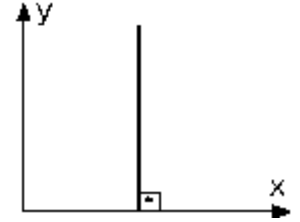
eşittir.



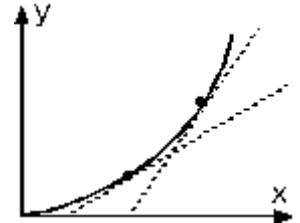
Ayrıca eğim dikliğin bir ölçüsüdür. Diklik artıyorsa eğim artıyor, diklik azalıyorsa eğim azalıyor, diklik sabit ise, eğim de sabittir.



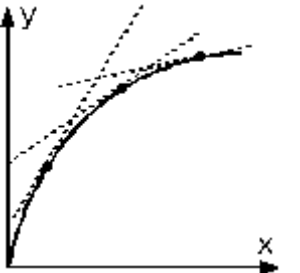
Şekildeki gibi yatay doğruların eğimi sıfırdır. Düşey doğruların eğimi tanımsızdır. Çünkü tana değerine göre bir sayının sıfıra oranı tanımsızdır.



Bir parabolün eğiminden bahsedilemez. Ancak parabole teğetler çizilerek teğetin eğimine bakılır. Şekildeki parabolün eğimi artıyordur.



Şekildeki parabolün eğimi ise azalıyor. Çünkü parabole çizilen teğetlerin eğimleri azalmaktadır.



Birim çemberdeki sinüs ve cosinüs değerlerin işaretinden faydalanılarak eğimin işareti bulunabilir. Düşey eksene göre sağa yatık doğruların eğimi pozitif (+), sola yatık doğruların eğimi ise negatif (-) dir.

## Hız

Bir cismin birim zamandaki yer değiştirme miktarına hız denir. Hız  $v$  sembolü ile gösterilir ve vektörel bir büyüklüktür. Hız,

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

şeklinde tanımlanır.

Hız birimi SI (MKS) birim sisteminde m/s dir. km/saat de hız birimi olarak kullanılabilir.

Hız vektörel büyüklük olduğundan, hızın işareti hareketin yönünü gösterir. Hız (+) işaretli ise araç (+) seçilen yönde, (-) işaretli ise, (-) seçilen yönde gidiyordur.

### Ortalama Hız

Herhangi bir cisim değrusal bir yörüngede t zaman aralığında değişik hızlarla hareket ederse x kadar yer değiştirdiğinde hareketlinin ortalama hızı,

$$v_{\text{ort}} = \frac{\sum \Delta x}{\sum \Delta t}$$

şeklinde tanımlanır.

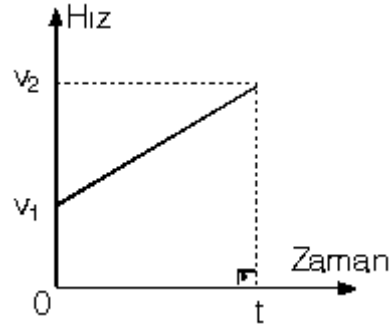
Şekildeki konum-zaman grafiğinde, aracın  $t_1$  anındaki konumu  $x_1$ ,  $t_2$  anındaki konumu  $x_2$  ise,  $t_1$  ile  $t_2$  süreleri arasındaki ortalama hızı şekildeki doğrunun eğiminden bulunur.

Şekildeki hız-zaman grafiğinde t süresi içindeki ortalama

$$v_{\text{ort}} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

hız

hızların aritmetik ortalamasından bulunur. Bu durum yalnızca hızın düzgün değiştirdiği durumlarda geçerlidir.



### Ani Hız

Bir doğru üzerinde değişik hızlarla hareket eden, bir cismin herhangi bir andaki hızı anlık hızı yani ani hızı verir.

Konum-zaman grafiğindeki herhangi bir anda yörüngeye çizilen teğetin eğimine eşittir.

### İvme

Hızın birim zamandaki değişme miktarına ivme denir. Hız-zaman grafiğine herhangi bir anda çizilen teğetin eğimi ani ivmeyi verir. Belli bir zaman aralığında grafik üzerinde iki noktayı birleştiren doğru parçasının eğimi de o aralıktaki ortalama eğimi verir. a sembolü ile gösterilir ve vektörel bir büyüklüktür. Cismin  $t_1$  anındaki hızı  $v_1$ ,  $t_2$  anındaki hızı  $v_2$  ise, ivme;

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

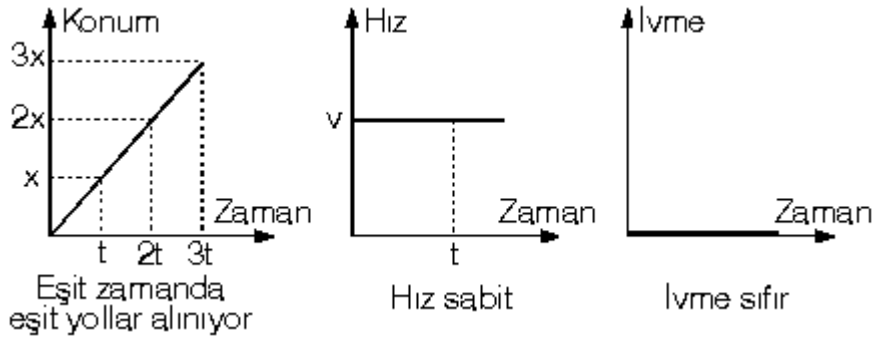
şeklinde ifade edilir. Birimi m/s<sup>2</sup> dir.

Hız değişimi yoksa, yani cismin hızı zamanla değişmiyorsa ivme sıfırdır. İvmenin olması için mutlaka hızın değişmesi gerekir. Ayrıca ivme sabit ise hız her saniye ivme kadar artıyor ya da azalıyor. İvme sıfır ise, araç ya duruyordur, ya da sabit hızla gidiyordur.

## Doğrusal Hareket Çeşitleri

### 1. Düzgün Doğrusal Hareket

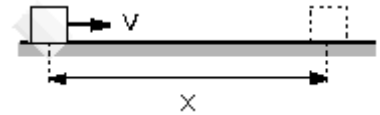
Bir doğru üzerinde eşit aralıklarında eşit yol olarak giden cismin hareketidir. Cismin birim zamanda yaptığı yer değiştirmeye hız denir ve "v" harfi ile gösterilir. Cismin hızı sabittir, hız sabitse hareket düzgündür ve ivme sıfırdır.



Yukarıdaki grafikler, pozitif yönde hareket eden araca ait grafiklerdir. v sabit hızı ile düzgün doğrusal hareket yapan cismin aldığı yol

$$X = v \cdot t$$

bağıntısı ile bulunur.

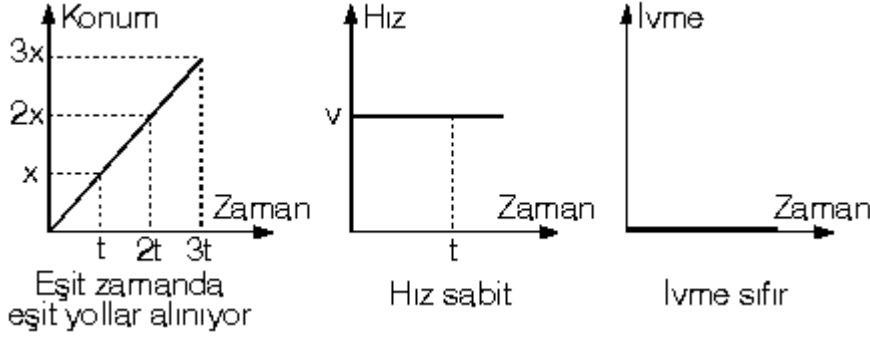


### 2. Düzgün Değişen Doğrusal Hareket

Doğrusal bir yolda hareket eden aracın hızı düzgün değişiyorsa bu harekete düzgün değişen doğrusal hareket denir. Bu harekette ivme sabit olduğundan sabit ivmeli harekette denilir. İvmenin sabit olması, aracın hızının her saniye ivme kadar artması ya da azalması demektir.

#### a. Düzgün Hızlanan Doğrusal Hareket

Düzenli olarak artan hareket düzgün doğrusal harekettir.

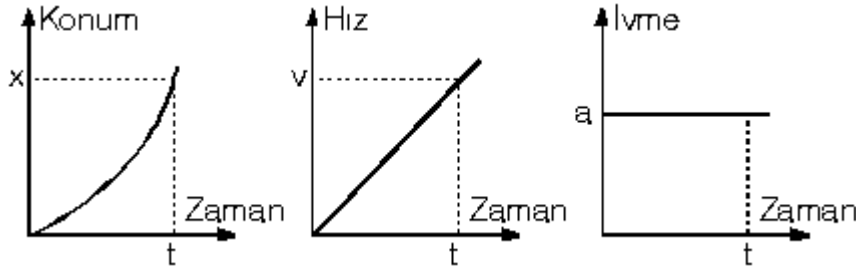


## 2. Düzgün Değişen Doğrusal Hareket

Doğrusal bir yolda hareket eden aracın hızı düzgün değişiyorsa bu harekete düzgün değişen doğrusal hareket denir. Bu harekette ivme sabit olduğundan sabit ivmeli harekette denilir. İvmenin sabit olması, aracın hızının her saniye ivme kadar artması ya da azalması demektir.

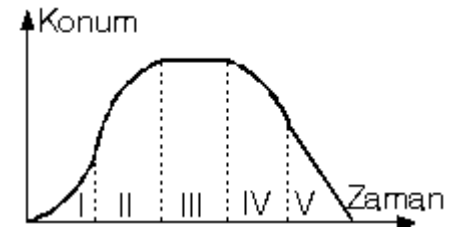
### a. Düzgün Hızlanan Doğrusal Hareket

Bu hareket tipinde aracın hızı her saniye ivme kadar artıyordur. Pozitif yönde düzgün hızlanan araca ait grafikler aşağıdaki gibidir.



### Konum – Zaman Grafiği

- Konum–zaman grafiğinde eğim hızı verir. Eğimin değişimi nasılsa, hızın değişimi de o şekilde olur. Ayrıca eğimin işareti hızın işaretini belirtir.



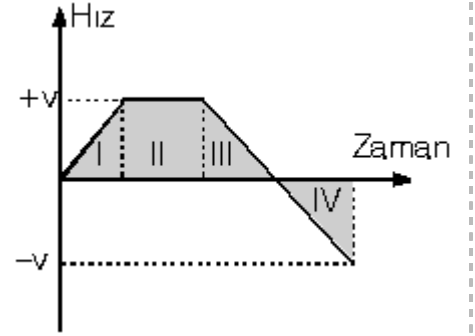
- Eğimin ve hızın işareti hareketin yönünü belirtir. Hızın işareti pozitif (+) ise, araç (+) yönde, negatif ise araç (-) yönde hareket ediyordur.

Şekildeki konum–zaman grafiğinde,

- I. aralıkta teğetin eğimi arttığı için hızda artıyordur. Eğimin işareti (+) olduğundan (+) yönde hızlanan hareket yapıyordur.
- II. aralıkta eğimin işareti (+), büyüklüğü ise azaldığından, (+) yönde yavaşlayan hareket yapıyordur.
- III. aralıkta eğim sıfır olduğundan hız da sıfırdır. Yani araç duruyordur.
- IV. aralıkta eğim (-) yönde arttığı için hareket (-) yönde hızlanandır.
- V. aralıkta eğim sabit ve işareti (-) olduğundan araç (-) yönde sabit hızlı hareket yapıyordur.

## Hız – Zaman Grafiği

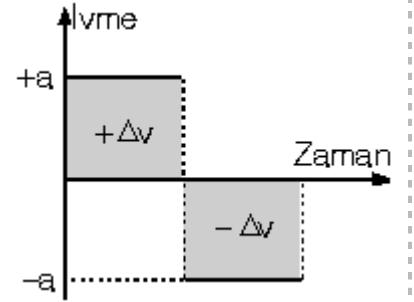
- Hız-zaman grafiğinin eğimi ivmeyi verir. Eğimin değişimi ve işareti ivmenin değişimini ve işaretini verir. I. aralıktta eğim sabit ve işareti (+) olduğundan, ivme sabit ve işareti (+) dır. Benzer yorumu diğer aralıklar için de söyleyebiliriz.
- Grafik parçaları ile zaman ekseninde kalan alan yer değişirmeyi verir.



- Zaman ekseninde kalan (+) alan pozitif yöndeki yer değişirmeyi, altında kalan (-) alan ise, negatif yöndeki yer değişirmeyi verir. Toplam yer değişirme alanların cebirsel toplamından bulunur.
- Hızın işaret değiştirdiği yerde araç yön değiştiriyordur.

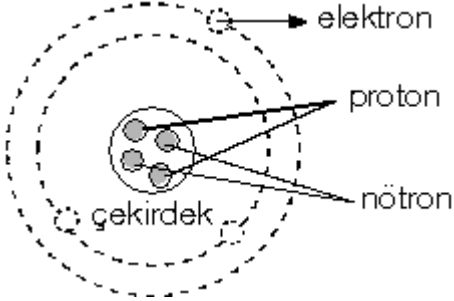
## İvme – Zaman Grafiği

İvme-zaman grafiklerinin altında kalan alan hız değişimini verir. Toplam hız değişimi alanların cebirsel toplamından bulunur. Cismin ilk hızı  $v_0$ , toplam hız değişimi  $Dv$  ise, son hız  $v_s = v_0 + Dv$  eşitliğinden bulunur.



## Elektrostatik

Bu konumuzda elektrostatik konusunu işleyeceğiz. Atomda proton ve nötrondan oluşan bir çekirdek ve çekirdeğin çevresinde yörüngelerde hareket eden elektronlar bulunur.



Elektrik yüklerinin kaynağı atomun yapısında bulunan elektron ve proton denilen parçacıklardır. Protonun yükü pozitif (+), elektronun yükü ise negatif (-) dir. Bir elektronun yüküne elementer yük denilmiştir ve birim yük olarak seçilmiştir.

Yüksüz (nötr) bir atomdaki elektronların (-) yük toplamı, protonların (+) yük toplamına eşittir.

### Nötr (Yüksüz) Cisim

Bir cismin üzerindeki pozitif (+) yük sayısı, negatif yük sayısına eşit ise, böyle cisme nötr ya da yüksüz cisim denir. Yüksüz denildiği zaman cismin içinde hiç yük yok anlamına gelmez. Yalnızca (+) ve (-) yük miktarının eşit olduğu anlamına gelir.

### Pozitif Yüklü Cisim

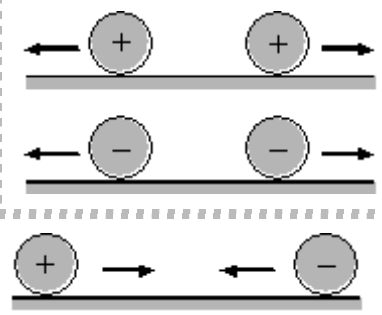
Üzerinde (+) yük fazlalığı olan cisimlere pozitif yüklü cisim denir. Cisimleri pozitif yüklü hale getirmek için cisimden elektron alarak (+) yük fazlalığı oluşturmak gerekir.

### Negatif Yüklü Cisim

Üzerinde (-) yük fazlalığı olan cisimlere negatif yüklü cisim denir. Herhangi bir yolla cisme (-) yük verilirse, (-) yük fazlalığı oluşur.

Yapılan deneylere göre, aynı işaretli cisimlerin birbirlerini ittiği görülmüştür. Yani aynı cins yüklü cisimler birbirlerine zıt yönlerde kuvvet uygularlar ve birbirlerini iterler.

Zıt cins yüklü cisimler birbirlerini çekerler. Bu durumda da cisimler birbirlerine zıt yönde kuvvet uygularlar. Fakat bu kuvvetler çekme yönündedirler.



Yüksüz cisimler ise birbirlerine kuvvet uygulayamadıkları için, ne iter, ne de çekerler.

Cisimlerin yükleri  $q_1$  ve  $q_2$  aralarındaki uzaklık  $d$  ise, birbirlerine uyguladıkları itme ya da çekme kuvveti,

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

bağıntısından bulunur. Bu kuvvet yüklerin çarpımı ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.

## İletken Cisimler

Üzerinde serbestçe dolaşabilen yükler olan cisimlere iletken cisim denir. Genel olarak metaller iyi iletkenlerdir. İnsan vücudu da iletkenidir. İçinde iyon bulunduran çözeltiler de elektriği iletirler. İletken içinde hareket eden yük (-) yüküdür. Yani elektronlardır. (+) yükler protonun yükü olduğu için hareket etmezler. Çözeltilerde (+) ve (-) iyonlar hareket eder.

## Yalıtkan Cisimler

Üzerinde serbestçe dolaşabilir yükler olmayan cisimlere yalıtkan cisim denir. Plastik, cam, mika ve saf su bazı yalıtkan olan maddelere örneklerdir.

## ELEKTRİKLENME ÇEŞİTLERİ

### 1. Sürtünme ile Elektriklenme

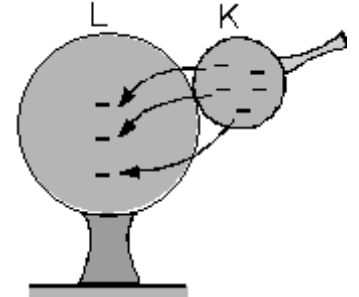
Saçımızı tararken, yün kazağımızı çıkarırken çıtırtılar duyulur. Otomobilden inerken kapı kolu ile el arasında elektrik akışı olur. Bu ve benzeri örneklerdeki olayların nedeni elektriklenmedir.

Sürtünme ile elektriklenmede birbirine sürtünen cisimlerden biri diğerine elektron verir ve kendisi pozitif (+) yükle yüklenir. Elektron alan cisim üzerinde (-) yük fazlalığı oluşacağı için negatif (-) yükle yüklenir. Alınan yük verilen yüke eşit olduğu için yük miktarı eşittir.

Cam çubuk ipek kumaşa sürtülürse, camdan ipeğe elektron geçişi olur. Cam çubuk (+), ipek kumaş ise (-) yükle yüklenir.

Plastik çubuk yünlü kumaşa sürtülürse, çubuk yünlü kumaştan elektron alır ve (-) yükle yüklenir. Yünlü kumaş elektron verdiği için (+) yükle yüklenir. Alınan ve verilen yük miktarları eşittir.

**2. Dokunma ile Elektriklenme** Yüklü bir cisim nötr bir cisme dokundurulduğunda mevcut yükünü paylaşırlar ve nötr cisimde yüklenir. Bu tür yüklenmeye dokunma ile elektriklenme denir. Şekilde (-) yüklü K küresi nötr L küresine dokundurulduğunda, K den L ye elektron geçişi olur ve sonra dengeye gelirler.

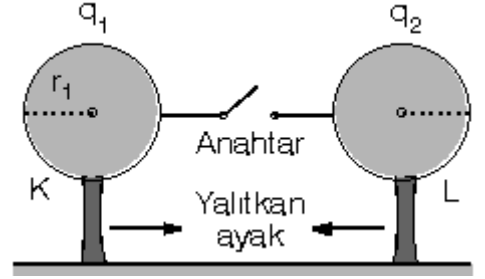


Eğer K cismi (+) yüklü olsa idi, nötr L küresinden (-) yükler K küresine geçer ve her ikisi de (+) yüklü olurdu.

Yüklü cisimler birbirine dokundurulduktan sonra son yükleri, kürelerin kapasitelerine bağlıdır. Kürelerin kapasiteleri yarıçapla orantılı olduğundan toplam yükü yarıçapları oranında paylaşırlar.

Eğer küreler özdeş ise, yani yarıçapları eşit ise, toplam yükü eşit olarak paylaşırlar.

Şekilde yarıçapları  $r_1$  ve  $r_2$ , yükleri  $q_1$  ve  $q_2$  olan küreler iletken telle birleştirilip anahtar kapatılırsa yük alış verişini yaparlar ve son yükleri  $q'_1$  ve  $q'_2$  olur.



Bu son yükleri bulmak için toplam yük; toplam yarıçapa bölünerek yarıçap başına düşen yük ile, her bir kürenin yarıçapı ile çarpılarak son yükleri bulunur.

Kürelerin dokunma sonrası yük miktarları,

$$q'_1 = \left( \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} \right) \cdot r_1$$

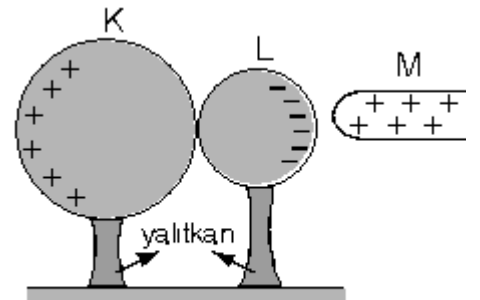
$$q'_2 = \left( \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} \right) \cdot r_2 \quad \text{bağıntılarından bulunur.}$$

Yüklü iki cisim birbirine dokundurduğunda yüklerinin işareti ile ilgili üçü durum vardır. 1. Her ikisi de (+) yükle yüklenebilir. 2. Her ikisi de (-) yükle yüklenebilirler.

3. Her ikisi de nötr olabilir.

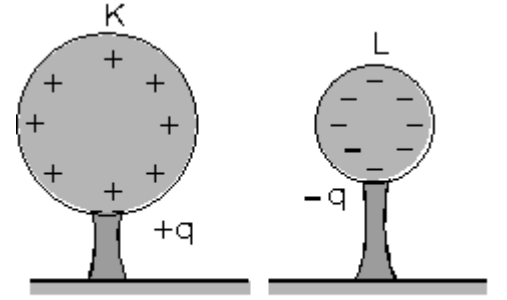
Birisinin yükünün (+) değerinin ki ise (-) olma ihtimali yoktur.

**3. Etki ile Elektriklenme** Yüksüz K ve L cisimleri birbirine temas halinde iken (+) yüklü bir M çubuğu yaklaştırılıyor. M çubuğundaki (+) yükler K küresinden L küresine (-) yükleri çeker. K küresinin çubuğa uzak olan kısmı (+) yükle yüklenir.



Şekil - I

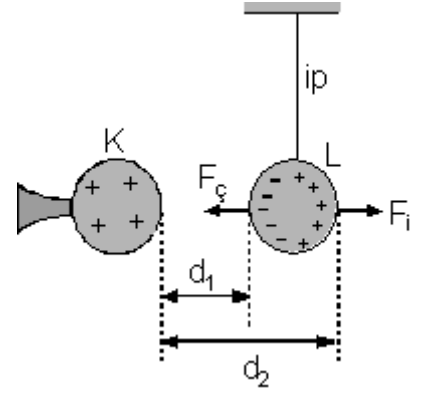
Daha sonra küreler yalıtkan ayaklarından tutulup ayrılır ve M çubuğu uzaklaştırılırsa, K küresi (+), L küresi de (-) yükle yüklenmiş olur.



Şekil - II

M çubuğu dokundurulmadan K ve L küreleri yüklenmiş olur. Böyle yüklemeye etki ile elektriklenme denir. Etki ile elektriklenmede K ve L nin yarıçapları ne olursa olsun yük miktarları eşittir. Ayrıca çekilen ya da itilen yükler mümkün olan en uzaktan çekilir ya da mümkün olan en uzağa itilir.

Şekildeki gibi (+) yüklü K cismi, nötr L cismine yaklaştırıldığında onu etki ile elektrikler. L nin K tarafında (-) yükler, diğer tarafında ise (+) yükler toplanır. K cismi L deki (-) yükleri çeker, (+) yükleri ise iter.

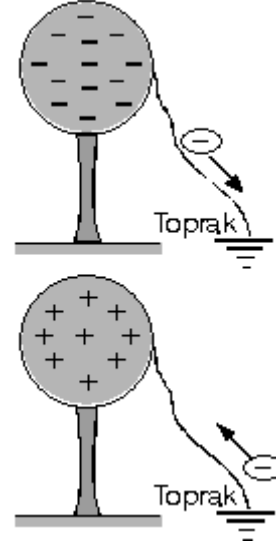


Fakat  $d_1 < d_2$  olduğu için,  $F_{\text{ç}} > F_{\text{i}}$  olur ve cisim K ye doğru çekilir. K tarafından çekilen nötr L cismi K ye dokunursa, L de (+) yükle yüklenir ve bu durumda da L küresi düşey konumun diğer tarafına doğru itilir.

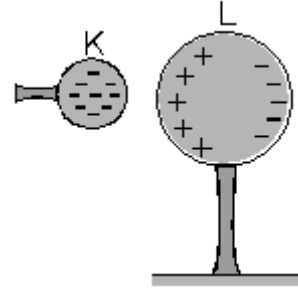
### Topraklama

Dünya çok büyük bir küre olduğu için kapasitesi çok büyüktür. Dolayısıyla toprakla temas halinde olan cisimler nötr haledir.

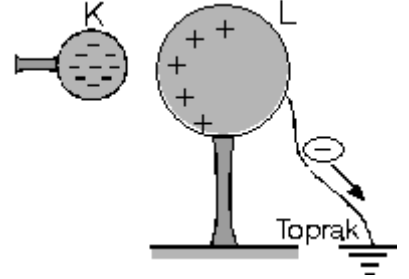
(-) yüklü cisim iletken bir telletoprağa bağlanırsa cisimdeki fazla olan (-) yükler toprağa akar ve cisim nötr olur. (+) yüklü cisim iletken bir telle toprağa bağlanırsa, cisimdeki (+) yükler hareket edemeyeceği için, topraktan cisme (-) gelir ve cisim nötr olur. Nötr bir cisim etki ve topraklama yoluyla elektrikleenebilir.



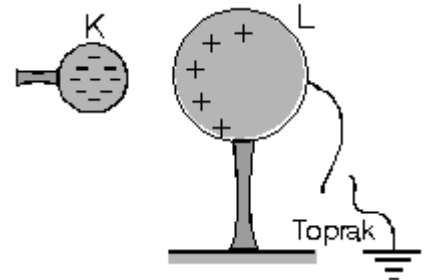
(-) yüklü K cismi nötr L cisminde yaklaştırılırsa, L cisminin bir tarafı (+) diğer tarafı (-) yüklenir.



L cismi iletken bir telle toprağa bağlanırsa (-) yükler mümkün olan en uzağa yani toprağa kadar itilir.

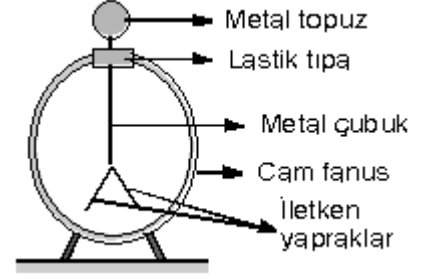


Daha sonra M cismi uzaklaştırılmadan toprak bağlantısı kesilirse, L deki (+) yükler kalır ve K cismi de uzaklaştırıldıktan sonra L cismi (+) yüklenir.



## ELEKTROSKOP

Bir cismin yüklü olup olmadığını, yüklü ise yükünün işaretini anlamaya yarayan alete elektroskop denir. Elektroskopun basitçe yapısı şekildeki gibidir. Metal bir topuz, metal bir tel, iletken çok hafif iki yaprak ve cam fanustan oluşmaktadır.

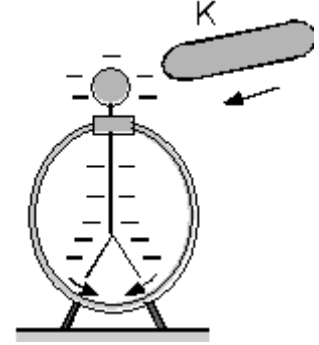


Elektroskop yüksüz iken, yapraklar kapalı ve yapraklar arasındaki açı sıfır derecedir. Elektroskop yüklendiğinde, her iki yaprakta aynı cins ve eşit yüklerle yüklenir ve birbirlerini iterek yapraklar açılır. Yapraklar arasındaki açı yük miktarı ile orantılıdır. Yük miktarı artarsa, açı artar, yük miktarı azalır, yapraklar arasındaki açı da azalır.

Buna göre, elektroskopun yüklü olup olmadığını, yaprakların açık olup olmadığından anlayabiliriz.

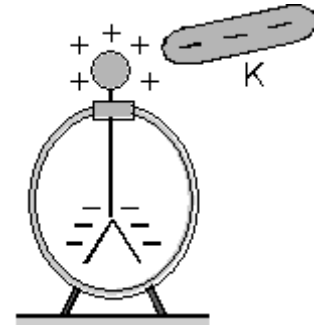
Nötr bir elektroskoba bir cisim dokundurulduğunda, yapraklar açılıyorsa dokundurulan cisim mutlaka yüklü demektir. Dokunmayla elektriklenme sonucu elektroskopta yüklenir ve yaprakları açılır. Fakat bu durumda yükün işareti anlaşılabilir.

Yükün işaretini anlayabilmek için, yükünün işareti bilinen bir elektroskoba yüklü cismi yaklaştırmamız gerekir. Şekildeki (-) yüklü elektroskoba K cismi yaklaştırıldığında yapraklar biraz açılıyor.



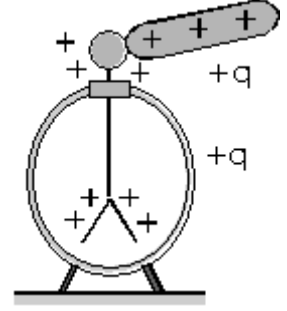
Yaprakların biraz açılmasının nedeni, yapraklardaki yük miktarının artmasıdır. Yani topuzdan yapraklara (-) yükler itilmiştir. Topuzdan yapraklara (-) yüklerin itilebilmesi için K cisminin yükünün işareti (-) olmalıdır.

Eğer K cismi yaklaştırıldığında elektroskopun yaprakları biraz kapanıyorsa, yapraklardaki yük miktarı azalıyor yani topuz yapraklardan yük çekiliyordur. Buna göre, K cisminin yükünün işareti (+) dir.

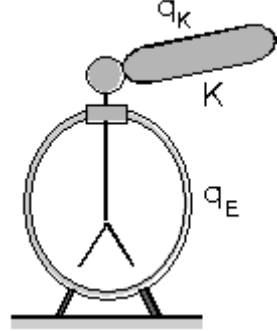


Yüklü bir cisim, yüklü bir elektroskoba yaklaştırıldığında yapraklar biraz açılıyorsa, cisim ile elektroskop aynı cins yüklerle yüklü, yapraklar biraz kapanıyorsa, cisim elektroskopta zıt yüküdür. Cisim yaklaştırılırken yapraklar biraz açılıyorsa, uzaklaştırılırken yapraklar biraz kapanıyordur. Yani yaklaşma uzaklaşma birinin tersi olur.

Nötr bir elektroskoba (-) yüklü bir K cismi yaklaştırıldığında elektroskop etki ile elektriklenir. Yapraklar (-) yükle yüklenirken, topuz ise (+) yükle yüklenir, (+) yüklü cisim yaklaştırılrsa idi, yapraklar (+), topuz ise (-) yükle yüklenirdi.



Yüklü bir cismi yüklü bir elektroskoba dokundurduğumuzda, yaprakların hareketinin nasıl olacağını anlamak için yük miktarlarını ve yükün işaretini bilmek gerekir.



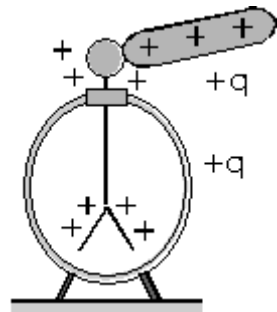
1°)  $q_E = -3q$ ,  $q_K = +q$  ise, birbirlerine dokundurduğunda, toplam yük  $q_T = -3q + q = -2q$  olur ve bu yükü aralarında paylaşırlar. Dolayısıyla elektroskopun yük miktarı azalır ve yapraklar biraz kapanır.

2°)  $q_E = +q$ ,  $q_K = -q$  olsa idi elektroskopun yük miktarı sıfır olur ve yapraklar tamamen kapanırdı.

3°)  $q_E = -q$ ,  $q_K = +4q$  ise, toplam yük

$q_T = +4q - q = +3q$  olur. Elektroskopun ilk yükü (-) işaretli iken dokundurduktan sonra (+) işaretli olur. Bu durumda elektroskopun yaprakları önce kapanır, sonra tekrar açılır.

Elektroskop ve dokundurulan cismin yükünün işareti aynı ise, elektroskopun yapraklarının hareketini bilebilmek için kapasitelerinin de bilinmesi gerekir.



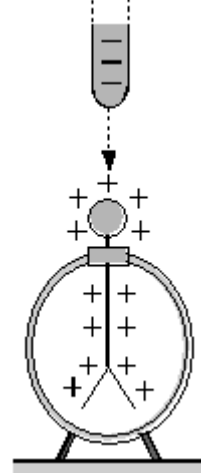
Şekilde +q yüklü çubuk ve elektroskop birbirine dokundurduğunda üç ihtimal vardır.

1°) Kapasiteleri eşit ise, yük geçişi olmaz ve elektroskopun yaprakları arasındaki açı değişmez.

2°) Elektroskopun kapasitesi büyük ise, toplam yükün (+2q) yarısından fazlasını alır ve yapraklar biraz açılır.

3°) Çubuğun kapasitesi büyük ise, çubuk toplam yükün (+2q) yarısından fazlasını alır ve elektroskopun yaprakları biraz kapanır.

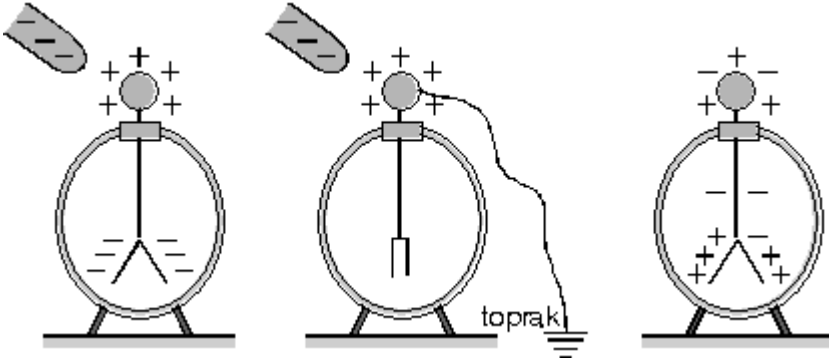
Şekilde (-) yüklü bir cisim, (+) yüklü elektroskoba sürekli yaklaştırılıyor. Bu durumda elektroskobun topuzundaki (-) yüklerin (elektroskobun topuzu (+) yüklü olsa da (-) yüklerde vardır.) bir kısmı yapraklara itilir ve yapraklardaki (+) yük miktarı azalır. Dolayısıyla yapraklar biraz kapanır. Yaklaştırmaya devam edildiğinde ve yapraklardaki (+) yüke eşit miktar (-) yük itildiğinde, yapraklar tamamen kapanır.



Yine yaklaştırmaya devam edilir ve yapraklardaki (+) yükten daha fazla (-) yük itilirse, yapraklar (-) yükle yüklenir ve tekrar açılır.

Yüksüz (nötr) bir elektroskoba (-) yüklü bir cisim yaklaştırıldığında etki ile elektriklenir ve yapraklar (-), topuz (+) yükle yüklenir.

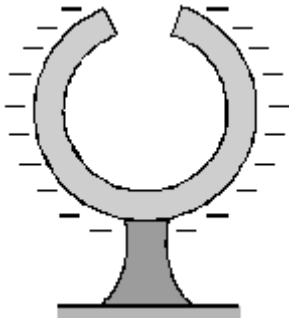
Bu durumda iken, elektroskobun topuzu topraklanırsa, yapraklardaki (-) yükler toprağa akar ve yapraklar tamamen kapanır. Çünkü iletilen yükler mümkün olan en uzağa yani toprağa itilir.



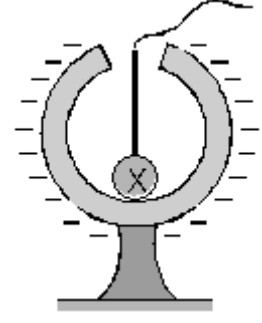
Daha sonra toprak bağlantısı kesilir ve cisim uzaklaştırılırsa, elektroskop (+) yükle yüklenmiş olur.

### Özel Durumlar

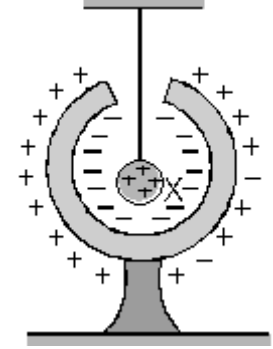
1. İçi boş iletken bir küre yüklendiğinde, yükler kürenin dış yüzeyinde toplanır. Çünkü yükler birbirini karşılıklı olarak mümkün olan en uzağa yani dış yüzeye doğru iterler. İç yüzey nötrdür.



2. Yine nötr bir kürenin iç yü-zeyine (-) yüklü X cismi dokundurduğumuzda, X küresi yükünün tamamını büyük küreye aktarır ve kendisi nötr hale gelir. Eğer (-) yüklü X küresi, büyük kürenin dışına dokundurulsaydı, toplam yükü aralarında yarıçapları oranında paylaşırlar idi.



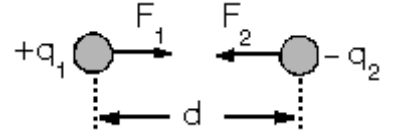
3. (+) yüklü X küresi nötrkürenin içine değmeyecek şekilde salındırıldığında, etki ile elektriklenme olur. Kürenin iç yüzeyine (-) yükler çekilir. Dış yüzeyinde ise (+) yük fazlalığı oluşur.



4. Yüklü iletken cisimlerin sivri uçlarında daha fazla yük toplanır.

## COULOMB KUVVETİ

Aralarında d kadar uzaklık bulunan yüklü iki cisim birbirlerini, yüklerin çarpımı ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olacak şekilde birbirlerine kuvvet uygularlar.



Yükler aynı işaretli ise birbirlerini iterler, zıt işaretli ise birbirlerini çekerler. Bu itme ve çekme kuvveti yüklerin değerleri ne olursa olsun, eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür.

$$F_1 = -F_2$$

Yüklü cisimlerin birbirine uyguladıkları kuvvete Coulomb kuvveti denir. Coulomb kuvveti,

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada,

F : Coulomb kuvveti

d : Yüklü cisimlerin kütle merkezleri arasındaki uzaklık

k : Coulomb sabiti. Bu sabit, ortamın cinsine ve kullanılan birim sistemine bağlı olarak değişen bir sabittir.

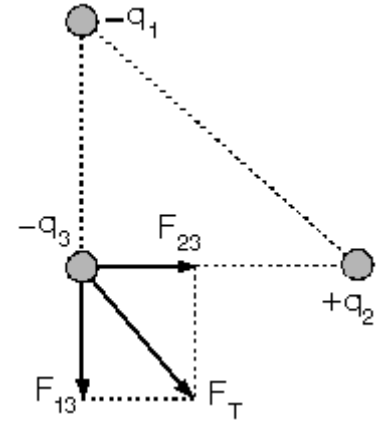
Boşluk ya da hava ortamında,

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{c}^2} \text{ dir.}$$

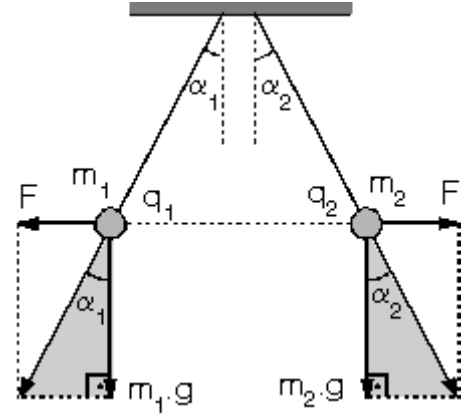
İkiden fazla yüklü cismin başka yüklü bir cisme uyguladığı toplam kuvvet bulunurken aşağıdaki aşamalar takip edilir.

1. Yüklerin işaretine göre herbir yüklü cismin uyguladığı kuvvet vektörleri gösterilir.
2. Coulomb bağıntısına göre, yüklerin büyüklüğüne ve aradaki uzaklığa bakılarak kuvvetlerin şiddetleri bulunur.
3. Kuvvet vektörleri arasındaki açılar bulunur.
4. Son olarakta bulunan bu kuvvet vektörlerinin vektörel toplamı yapılır.

Şekilde,  $-q_1$  ve  $+q_2$  yüklü cisimlerin  $-q_3$  yüklü cisme uyguladığı kuvvetler ve toplam kuvvet gösterilmiştir.



Şekilde ipek iplikle asılı  $q_1$  ve  $q_2$  yüklü cisimler birbirlerini iterek dengeye geliyorlar. Cisimlerin yüklerinin büyüklükleri ne olursa olsun birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerin büyüklükleri eşittir.



Taralı üçgenlerden tana değerleri yazılırsa,

Buna göre, açılar arasındaki ilişki kütleler arasındaki ilişkiye bağlıdır.

$$\tan \alpha_1 = \frac{F}{m_1 g}, \quad \tan \alpha_2 = \frac{F}{m_2 g} \text{ olur.}$$

- a.  $m_1 = m_2$  ise  $\alpha_1 = \alpha_2$  dir.
- b.  $m_1 > m_2$  ise  $\alpha_1 < \alpha_2$  dir.
- c.  $m_1 < m_2$  ise  $\alpha_1 > \alpha_2$  dir.

## KONDANSATÖRLER

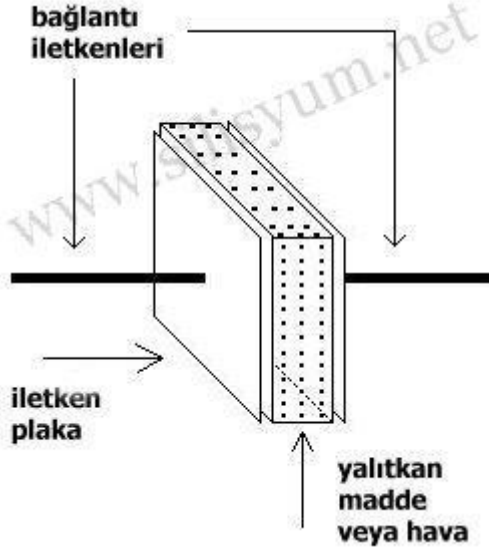
Ön bilgiler:

Kondansatör, DC akımı geçirmeyip, AC akımı geçiren devre elemanıdır.

Kondansatörün Yapısı:

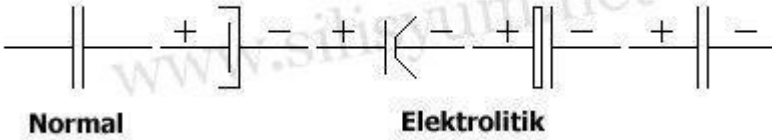
Kondansatör şekil 1.6 'da görüldüğü gibi, iki iletken plaka arasına yalıtkan bir maddenin yerleştirilmesi veya hiç bir yalıtkan kullanılmaksızın hava aralığı bırakılması ile oluşturulur. Kondansatörler yalıtkan maddenin cinsine göre adlandırılır. Kondansatörün sembolü:

Değişik yapıli kondansatörlere göre, kondansatör sembollerinde bazı küçük değişiklikler vardır.



Şekil 1.16 - Kondansatör Yapısı

Şekil olarak



Normal

Elektrolitik

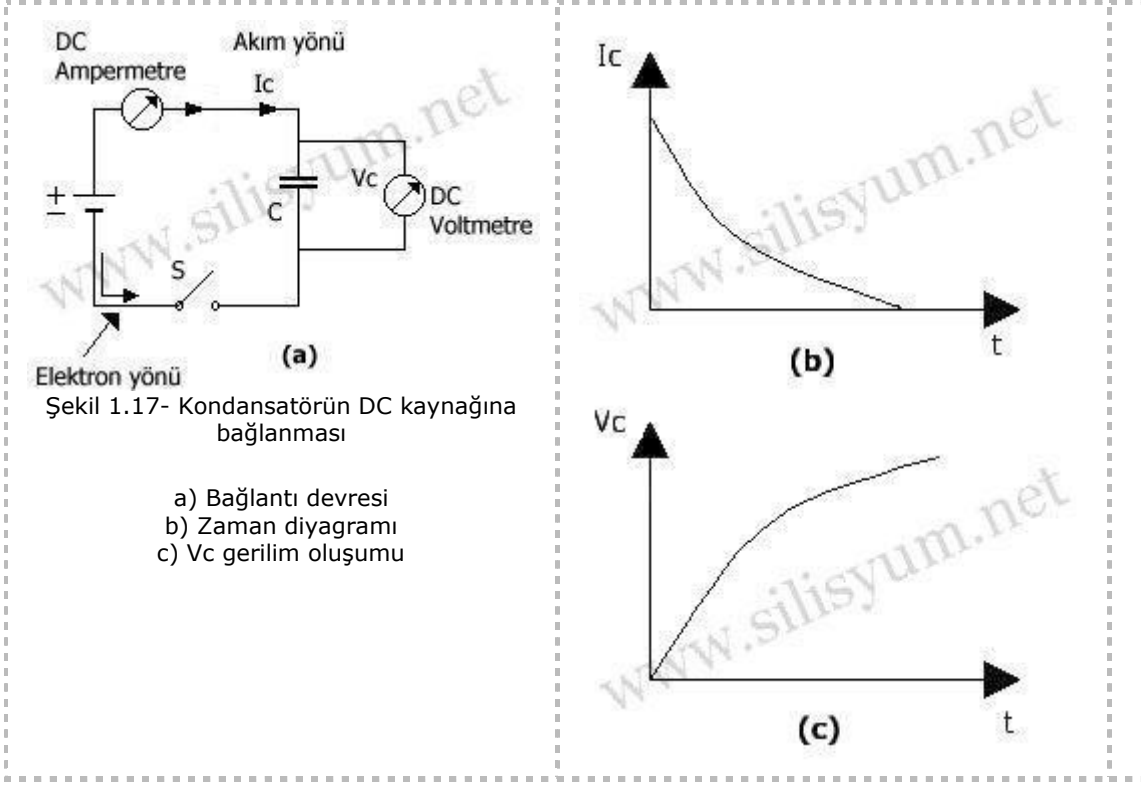
Harf Olarak " C "

Kondansatörün Çalışma Prensibi: Kondansatörün bir DC kaynağına bağlanması ve şarj edilmesi:

Şekil 1.17(a) 'da görüldüğü gibi kondansatör bir DC kaynağına bağlanırsa, devreden Şekil 1.17(b) 'de görüldüğü gibi, geçici olarak ve gittikçe azalan IC gibi bir akım akar. IC akımının değişimini gösteren eğriye kondansatör zaman diyagramı denir.

Akımın kesilmesinden sonra kondansatörün plakaları arasında, kaynağın  $V_k$  gerilimine eşit bir VC gerilimi oluşur. Bu olaya, kondansatörün şarj edilmesi, kondansatöre de şarjlı kondansatör denir.

"Şarj" kelimesinin Türkçe karşılığı "yükleme" yada "doldurma" dır.



#### Kondansatör Devresinden Akım Nasıl Akmalıdır?

Şekil 1.17(a)'daki devrede, S anahtarı kapatıldığında aynı anda kondansatör plakasındaki elektronlar, kaynağın pozitif kutbu tarafından çekilir, kaynağın negatif kutbundan çıkan elektronlar, kondansatöre doğru akmaya başlar. Bu akma işlemi, kondansatörün plakası daha fazla elektron veremez hale gelinceye kadar devam eder.

Bu elektron hareketinden dolayı devreden bir IC akımı geçer. IC akımının yönü elektron hareketinin tersi yönündedir. Devreden geçen IC akımı, bir DC ampermetresi ile gözlemlenebilir. S anahtarı kapanınca ampermetre ibresi önce büyük bir sapma gösterir. Sonra da, ibre yavaş yavaş sifira gelir. Bu durum devreden herhangi bir akım geçmediğini gösterir. IC akımına şarj akımı denir.

Devre akımının kesilmesinden sonra yukarıda da belirtildiği gibi kondansatör plakaları arasında  $V_C = V_k$  oluşur.  $V_C$  gerilimine şarj gerilimi denir.

$V_C$  geriliminin kontrolü bir DC voltmetre ile de yapılabilir. Voltmetrenin "+" ucu, kondansatörün, kaynağın pozitif kutbuna bağlı olan plakasına, "-" ucu da diğer plakaya dokundurulursa  $V_C$  değerinin kaç volt olduğu okunabilir. Eğer voltmetrenin uçları yukarıda anlatılanın tersi yönde bağlanırsa voltmetrenin ibresi ters yönde sapar.

#### Kondansatörde Yük, Enerji ve Kapasite;

Şarj işlemi sonunda kondansatör, Q elektrik yüküyle yüklenmiş olur ve bir EC enerjisi kazanır.

Kondansatörün yüklenebilme özelliğine kapasite (sığa) denir. C ile gösterilir.

Q, EC, C ve uygulanan V gerilimi arasında şu bağlantı vardır.

$$Q = C \cdot V \quad EC = CV^2/2$$

1. Q: Coulomb (kulomb)
2. V: Volt
3. C: Farad (F)
4. EC: Joule (Jul)

Yukarıdaki bağlantıdan da anlaşıldığı gibi, C kapasitesi ve uygulanan V gerilimi ne kadar büyük ise Q elektrik yükü ve buna bağlı olarak devreden akan IC akımı da o kadar büyük olur.

Kondansatörün kapasite formülü:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot (A/d)$$

$\epsilon_0$ : (Epsilon 0): Boşluğun dielektrik katsayısı ( $\epsilon_0=8.854.10^{-12}$ )

$\epsilon_r$ : (Epsilon r): Plakalar arasında kullanılan yalıtkan maddenin İZAFİ dielektrik (yalıtkanlık) sabiti.(Tablo 1.6)

1. A: Plaka alanı
2. d: Plakalar arası uzaklık

A ve d değerleri METRİK sistemde (MKS) ifade edilirse, yani, "A" alanı (m<sup>2</sup>) ve "d" uzaklığı, metre (m) cinsinden yazılırsa, C' nin değeri FARAD olarak çıkar.

Örneğin:

Kare şeklindeki plakasının her bir kenarı 3 cm ve plakalar arası 2 mm olan, hava aralıklı kondansatörün kapasitesini hesaplayalım.

A ve d değerleri MKS' de şöyle yazılacaktır:

$$A=0,03*0,03=0,0009m^2 = 9.10^{-4} m^2$$

$$d=2mm=2.10^{-3}m \quad \epsilon_0 = 8,854.10^{-12}$$

Hava için  $\epsilon_r=1$  olup, değerler yerlerine konulursa:

$$C=8,854.10^{-12} \cdot 1 \cdot 4,5.10^{-1}=39,843.10^{-13} F=3,9PF \text{ (Piko Farad)} \text{ olur.}$$

NOT:

İZAFİ kelimesi, yalıtkan maddenin yalıtkanlık özelliğinin boşluğunkinden olan farkını göstermesi nedeniyle kullanılmaktadır. İzafinin, öz türkçesi, "göreceli" dir.

Tablo 1.6. Bazı yalıtkan maddelerin  $\epsilon_r$  sabitleri

CİNSİ	İzafi Yalıtkanlık Katsayısı ( $\epsilon_r$ )	CİNSİ	İzafi Yalıtkanlık Katsayısı ( $\epsilon_r$ )
Hava	1	Mika	5-7
Lastik	2-3	Porselen	6-7
Kağıt	2-3	Bakalit	4-6
Seramik	3-7		
Cam	4-7		

AC Devrede Kondansatör:

Yukarıda DC devrede açıklanan akım olayı, AC devrede iki yönlü olarak tekrarlanır. Dolayısıyla da, AC devredeki kondansatör, akım akışına karşı bir engel teşkil etmemektedir. Ancak bir direnç gösterir.

Kondansatörün gösterdiği dirence kapasitif reaktans denir.

Kapasitif reaktans, XC ile gösterilir. Birimi Ohm( $\Omega$ ) dur.

$$XC = (1/\omega C) = (1/2\pi fC) \text{ 'Ohm olarak hesaplanır.}$$

1. XC = Kapasitif reaktans ( $\Omega$ )
2.  $\omega$  = Açısal hız (Omega)
3. f = Frekans (Hz)
4. C = Kapasite (Farad)

## [www.derscalisiyorum.com](http://www.derscalisiyorum.com)

Yukarıdaki bağlantıdan da anlaşıldığı gibi, kondansatörün XC kapasitif reaktansı; C kapasitesi ve f frekansı ile ters orantılıdır. Yani kondansatörün kapasitesi ve çalışma frekansı arttıkça kapasitif reaktansı, diğer bir deyimle direnci azalır

## MODERN FİZİĞE GİRİŞ

Daha önceki konularımızda kütlesi çok büyük, hızı ise ışık hızına göre çok küçük olan cisimler için geçerli olan fizik yasalarını öğrendik.

Bu ünitemizde ışık hızına yakın hızlarda hareket eder cisimlere ve ışık hızıyla ilgili olayları açıklamakta kullanılan fizik yasalarını göreceğiz. Böylece modern fiziğe giriş yaparak özel görelilik teorisini ve sonuçlarını anlamaya çalışacağız.

19. Yüzyılın sonlarına gelindiğinde fizikte bilinen;

- \* Newton Hareket Yasaları
- \*Evrensel Kütle çekim Yasaları
- \*Maxwell Denklemleri
- \*Termodinamik Yasaları

Kinetik Teori gibi yasa ve teoriler hemen hemen tüm olayları açıklamakta oldukça başarılıydı.

Fakat 20. Yüzyılın başlarına gelindiğinde;

- \* Siyah cismin ışıması
- \* Işığın yapısı
- \* Atomun yapısı

\* Elektromanyetik ışıma gibi olaylar klasik fizik yasaları ile açıklanamıyordu. Bu olayları açıklamak için yapılan çalışmalar, modern fizik ile görelilik (rölativite) teorisini ortaya çıkardı Modern fizik ve görelilik teorisi kendilerinden önceki olayları açıkladıkları gibi fizikte yeni olayların doğmasına da zemin hazırladı.

1900 yılında **Max Planck'in** ısıtılan bir cismin nasıl ışık yaydığını açıklayabilmek için ışıma yapan atomların ve moleküllerin belirli enerji seviyelerine sahip olduğunu ve enerjinin belirli değerler aldığını ileri sürdü. O güne kadar enerjinin her değeri aldığı yani sürekli olduğu düşünülüyordu. Yapılan deneyler Planck'ın sonuçları ile tam bir uyum içindeydi.

Bu fizikte yeni bir çağın başlamasına öncülük etmiştir. Günümüzde kuantum, katı hal (yoğun madde) atom ve çekirdek fiziği gibi alt isimlerle anılan modern fiziğin temeli Max Planck'ın siyah cisim ışıması ile atılmıştır.

**Albert Einstein**, Planck'ın öne sürdüğü gibi ışığın da belirli büyüklükte enerji paketçikleri halinde var olduğunu varsayarak Klasik Fiziğin açıklayamadığı fotoelektrik olayını açıkladı.

**Rutherford**, 1910 yılında yaptığı bir deneyle atomların kendi boyutlarına göre çok küçük pozitif yüklü çekirdeklerden oluştuğunu buldu. Bu buluşla atomun çekirdeğinde (+) yük ve yörüngesinde dönen (-) yüklerin olduğunu anlamıştır.

Ancak her şeyin temelini oluşturan atomlar, Klasik Fizik yasalarına göre kararsız ol-malıydı. Daha sonra **Pauli'nin Dışarlama İlkesi** ve hemen ardından gelen **Heisenberg Belirsizlik ilkesi**, fizikte tüm olayların Klasik Fizik yasaları ile açıklanamayacağı sonucunu çıkardı.

## ‘‘Heisenberg’e G6re;

Fiziksel olayları anlatmak için kullandığımız dil, klasik fizikte başarılı olsa da atomun içinde veya civarında cereyan eden olayları tarif etmek için yetersiz kalmaktadır.’’

Modern fiziğin doğuğu, ısıtılan bir cisim yaydığı ışmanın açıklanması için yapılan çalışmalarla başlamıştır.

## Siyah Cismin Işıması:

Siyah cisim, üzerine düşürülen her renkteki (Frekanstaki) ışığın tümünü yutan (absorblayan) cisme denir.

Siyah cismin ışması ile

- Enerjinin kesikli (kuantumlu) olduğu
- Işığın tanecikli yapıda olduğu ispatlanmış oldu

## IŞIĞIN YAPISI

Işık, foton denilen küçük parçacıklardan oluşmuştur. Elektromanyetik bir dalga- dır. Elektrik ve manyetik bir alanı vardır.

İkilem bir yapıya sahip olan ışık;

- Girişim
- Kırınım
- Polarizasyon olaylarında dalga özelliği gösterir.

- Fotoelektrik
- x- ışınları
- Compton olayı
- Siyah cismin ışması olaylarında ise tanecik özelliği gösterir.

Işık boşlukta  $3 \cdot 10^8$  m/s hızla yayılır. Ortamın kırıcılık indisini arttıkça ışığın hızı azalır. Işık ortam değiştirdikçe Frekansı değişmez. Dalga boyu ve hız ortamın kırılma indisine bağlı olarak değişir. Işığın en küçük yapı taşı **foton**dur. Işık fotonlardan oluşur. Foton, Elektromanyetik dalga enerjisi paketi olarak tanımlanır.

## ATOMUN YAPISI

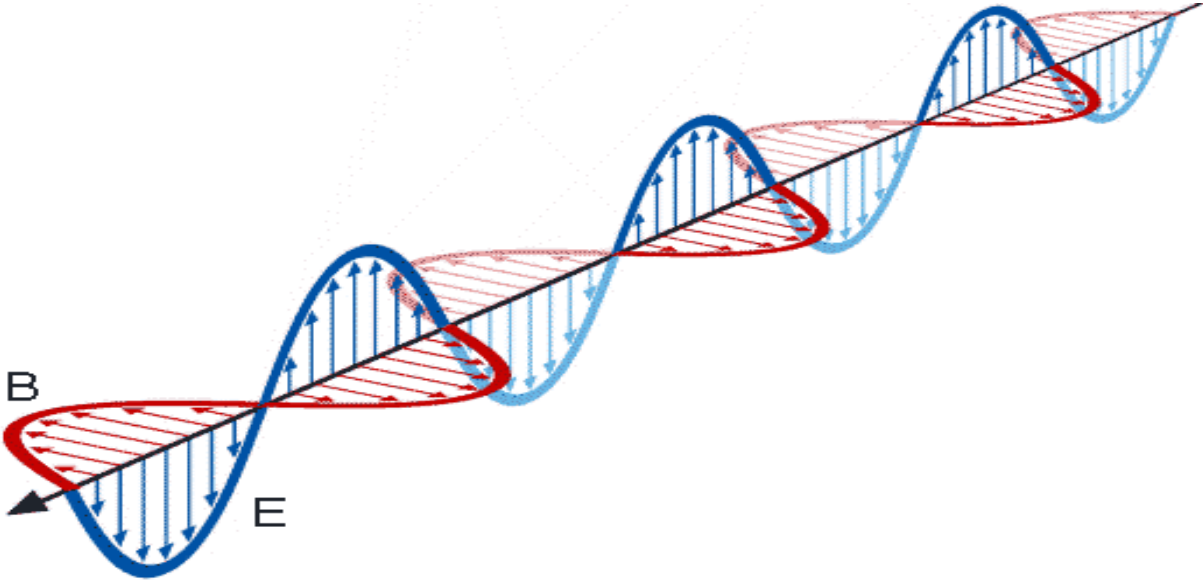
Işığın en küçük yapı taşı foton, maddenin en küçük yapı taşı da **atom** olarak bilinir. Bir atomun çekirdeğinde proton ve nötron, yörüngelerinde ise dönen elektronlar bulunur. Çekirdek nükleon olarak da adlandırılır.

Atomun apı yaklaşık  $10^{-10}$ m dir. Çekirdeğin etrafında belirli uzaklıklarda yörüngeler bulunur

Yörüngelerdeki elektron sayısı= $2n^2$  eğitliği ile bulunur.( $n=1,2,3,4,\dots$  gibi tamsayı değer alır.) Maddeleri farklı kılan atomların çekirdeğinde bulunan proton sayısıdır.

## ELEKTROMANYETİK IŞIMA

Elektromanyetik ışıma; yayılma eksenine ve birbirine dik açılarda olan, aynı fazda yayılan sinüs sakınımları, şeklindeki elektrik ve manyetik alanların varlığı ile tanımlanan bir enerji şeklidir.



Görünür ışık, x-ışınları ve kozmik ışınlar elektromanyetik ışıma örneklerdir. Elektromanyetik ışıma, dalga ve tanecik özelliği gösterir. Bu ışıma atomlarda çeşitli şekillerde ortaya çıkar.

### **Elektromanyetik dalgaların özellikleri;**

- 1-) Yüklerin ivme hareketleriyle oluştururlar
- 2-) Yüksüzdürler. Bundan dolayı elektrik ve manyetik içerisinde kuvvet etki etmeyeceğinden sapmaya uğramazlar
- 3-) Enerji taşırlar.
- 4-) Elektromanyetik dalgaları soğuran cisimler ısınır.
- 5-) Enine dalgalıdır ve hareket doğrultuları titreşim doğrultularına diktir
- 6-)  $E/B=c$  sabit olduğundan aynı fazda ve birbirlerine dik olarak boşlukta  $c$  ışık hızıyla yayılırlar.
- 7-) Hızları ortamdan etkilenir. Yoğun ortama girdiklerinde hızları azalır.
- 8-) Yansıma, kırılma, kırınım ve girişim yapabilme özelliğine sahiptirler.
- 9-) Yüzeyle basınç uygulayabilirler.
- 10-) Hem dalga hem de tanecik özelliği gösterirler. Küçük frekanslar da dalga, yüksek frekanslarda ise tanecik özelliği ön plana çıkar.
- 11-) Bir doğru boyunca yayılırlar.

## FİZİK YASALARI FARKLI MI?

**Fizik** evrenin yapısını, evreni oluşturan en küçük temel parçacıklardan başlayarak en büyük galaksilere kadar tüm maddelerin özelliklerini, değişimlerini, birbiriyle etkileşimlerini inceleyen; doğadaki olayların işleyişlerine hükmeden, en genel yasaları bulan, ve bu yasaları in-sanlar için kullanan bilim dalıdır.

Fizikteki bu yasaların bir kısmı **makro alemde** (evren, galaksiler, yıldızlar, gezegenler, Dünya) diğer bir kısmı da **mikro alemde** (molekül, atom, çekirdek) geçerlidir.

Fizik, 20.yüzyılın başlarına kadar daha çok kütlesi çekirdeğe göre büyük (elektron, proton)

Hızı ışık hızına göre küçük olan makro alemde ki olayları açıklamıştır. Fiziğin bu dalı "**Klasik Fizik**" olarak adlandırılmaktadır.

Günümüzde, mikro alemde ki kütlesi küçük olan (atom ve atom altı parçacıklar) ve ışık hızına yakın hızlarda hareket eden cisimlerin hareketleriyle etkileşmelerini açıklayan fiziğin dalı "**Modern Fizik**" olarak adlandırılmaktadır.

Klasik Fizik ve Modern Fizik aşağıdaki gibi alt dallara ayrılmaktadır;

### FİZİK

#### Klasik Fizik

Mekanik  
Elektrik  
Manyetizma  
Optik  
Termodinamik

#### Modern Fizik

Kuantum Fiziği  
Atom ve Çekirdek Fiziği  
Katı Hal Fiziği  
Yoğun Madde Fiziği  
Nükleer Fizik

\*Klasik Fizik ve Modern Fizik yasaları kendi sınırları içine doğrudur ve birbirlerinin yerine kullanılamazlar.

- **Görelilik Teorisi**; Çok hızlı (ışık hızına yakın) hareket eden cisimlerin hareketlerini açıklar.
- **Kuantum Fiziği**; Parçacıkların çok küçük bile olsa dalga özelliğinin baskın olduğunu göstererek çekirdek ve atomların davranış ve yapısını açıklar.

### Klasik ve Modern Fiziğin Karşılaştırılması

#### Klasik Teoride;

- 1-) Bir cismin konumunu, ivmesini ve enerjisi hıza bağlı olarak ifade edilir.
- 2-) Büyüklükleri bütün olarak ele alınır.
- 3-) Büyüklükler istenilen an, istenilen duyarlılıkta ölçülebilir.
- 4-) Bircimsin bugünkü durumundan yola çıkarak geleceğe ilişkin bir yorum yapılabilir.(Ay ve Güneş tutulması hesabı)

5-) İncelenen her sistem ya da olay bir birinden bağımsız olarak düşünülür. Bu sistemi oluşturan ve birbiriyle iletişim olanağı bulunmayan varlıklar bütünüyle ayrı olarak ele alınır.

6-) Klasik olarak incelenen olay, gözlemci ve kullanılan deney aleti ile değişiklik göstermez.

### **Modern Teoride;**

1-) Olayların incelenmesinde dalga denklemi kullanılır. Bu denklemlerden konum, momentum ve diğer nicelikler elde edilir.

2-) Büyüklükler kesikli (parçalı) yapıda ele alınır.

3-) Büyüklükler istenilen an, istenilen duyarlılıkta ölçülemez.

4-) Parçacıklar söz konusu olduğunda her büyüklük olasılıkla belirlenir ve gerçeğe ilgili tahminler olasılığa dayanılarak yapılabilir. Örneğin; ışığın yapı taşı olan fotonların uzayda bir yerde bulunması ancak olasılıkla belirlenir.

5-) Birbirleriyle hiç iletişim olanağı bulunmayan iki varlık arasında etkileşim görülebilir.

6-) Gözlemci, gözlenen ve gözlem aleti birbiriyle bir bütünlük oluşturur. Bunlar bir birinden ayrı düşünülemez.

\* Görüldüğü gibi Klasik Fizik ile Modern Fizik birçok noktada farklılık gösterir. Farklılıkların nedeni olaylara bakış açılarının farklı olmasıdır. Genel olan Modern Teoridir. Klasik Teori, Modern Teorinin özel bir durumudur.

### **Modern Fiziğin Sınırları**

Bilim ve teknolojinin ulaştığı son noktada Modern Fiziğin ortaya atıldığı prensiplerin yeri ve etkisi tartışılmaz bir gerçektir. Özellikle Katı Hal Fiziği, Ortam ve Molekül Fiziği, Nükleer Fizik ve Çekirdek Fiziğinin yer aldığı Modern Fiziğin temelleri üzerinde gelişmiş lazer, bilgi-sayar telekomünikasyon, MR görüntüleme, süper iletkenlik v.b. teknolojiler bugünkü seviye-

sine ulaşmıştır.

1954 yılında 12 Avrupa ülkesinin bir araya gelerek kurdukları, **Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN)**, fizikte çözüm bekleyen birçok probleme çözüm bulmaya çalışmaktadır.

5 Aralık 2008 yılında İsviçre’de bulunan CERN laboratuvarların da, Büyük Hardron çalışması (LHC) deneyi yapılmaya başlanmıştır. Bu deney, İnsanoğlunun bugüne kadar gerçekleştirdiği en önemli deneylerden biridir. 10 yıl olan daha fazla sürmesi beklenen bu deney ile Modern

Fiziğin günümüze kadar cevaplayamadığı pek çok konuyu açıklığa kavuşturacaktır.

### **Bu deneyin sonucunda;**

- Cisimlerin kütesini açıklayacak olan ve teorik olarak bilinen, bugüne kadar deneysel olarak gözlenemeyen “Higgs” parçacığının bulunması.
- Çekirdekçiklerin kendiliğinden parçacık salması.
- Evrenin başlangıcını oluşturan Bing-Bang (Büyük Patlama) teorisinin gerçekliliği.

- Evrenin oluşum sıraları.
- Maddenin oluşumu.
- Büyük Hadron çarpışması (LCH) ile oluşan parçacıkların evrenin işleyişindeki rolü gibi pek çok sorunun cevaplanması hedeflenmektedir.

Günümüzde Modern Fiziğin sınırlarını çizmek oldukça zordur. Gelecekte bugün açıklayamadığımız olayları açıklayan yeni bir teori ortaya atıldığında bu sınırları belirlemek daha mümkün olacaktır.

## EYLEMSİZ REFERANS SİSTEMİ

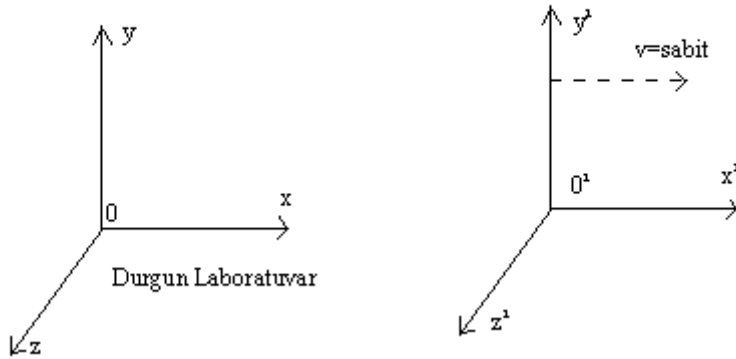
Fizikte bazı olaylar tanımlanırken bir nokta seçilir. Olayın özellikleri bu noktaya göre tanımlanır.

Örneğin; bir cismin  $t$  anındaki konumu,  $t_0=0$  anındaki konumuna göre tanımlanır. Seçilen

$t_0=0$  anındaki noktaya referans noktası denir.

Deney yaparken veya bir problemi çözerken seçtiğimiz bir laboratuvarda olaylara bakar ve ölçüm yaparız. Bu laboratuvar dünyanın kendisi olabileceği gibi bir şehir, Bu şehirdeki bir üniversite yada üniversite içinde bir oda olabilir.

Seçilen laboratuvarın sabit olması gerekmez. Hareket eden bir otomobilde olabilir. Yani bir cismin boyunu, duran ve ya hareket eden bir otomobilin içinden ölçebiliriz. Bu durumda referans sistemi ikiye ayrılır.



### Eylemsiz Referans Sistemleri

**1-) Eylemsiz Referans Sistemi:** Birbirine göre duran ya da sabit hızla hareket eden göz-lem çerçevelerine Eylemsiz referans sistemi adı verilir. Burada eylemsizden kasıt seçilen referans sisteminin ivmeli hareket yapmasıdır.

**2-)Eylemli Referans Sistemi:** Birbirine göre ivmeli hareket eden gözlem çerçevelerine Eylemli referans sistemi adı verilir.

Klasik mekanik, eylemsiz gözlem çerçevelerinde geçerlidir. Lisedeki fizik derslerinde eylemsiz (ivmesi sıfır) referans sistemi kullanacaktır.

Duran veya sabit hızla hareket eden gözlem çerçevesine (laboratuara) eylemsiz referans sistemi denir.

Eylemsiz referans sistemine göre, sabit hızla hareket eden ve ya duran gözlem çerçevesinde eylemsiz referans sistemidir.

Dünya ,eylemsiz referans sistemi olarak alınabilir.

### ESİR HİPOTEZİ.

Klasik fiziğin açıkladığı birçok olayın yanı sıra açıklatamadığı olaylarda vardır. Bunlardan biride madde ile boşluk arasında aklen olması savunulan bir özün bulunmasıydı. Evrende boşluk bulunamayacağını, boşluk diye tabir edilen kısımların ‘‘esir’’ denilen, maddenin somut olmayan 4. haliyle dolu olduğunu öne süren hipotezdir. İlk kez Descartes tarafından ortaya atılmıştır.

Esir adı verilen maddenin varlığını ve ışık hızındaki küçük değişimleri tespit etmek için ilk olarak 1881 yılında Albert Abraham Michelson tarafından deney yapıldı.

Michelson - Morley deneyi fizik tarihinin en önemli ve ünlü deneylerinden biridir.

**Micerson Morley deneyinin özü şudur:**

Dünya esir içinde hareket ettiğinden esir maddede dalgalanmalar olacaktır. Dolayısıyla ışığın hızı bu ortamlarda farklı zamanlarda, farklı yerlerde farklı ölçülecektir. .

Deney günün değişik saatlerinde, yılın farklı mevsimlerinde ve dünyanın farklı noktalarında yapıldı. Işık hızında en ufak bir sapma gözlenmedi. Buda bize esirin olmadığını ve ılık hızın sabit olduğunu gösterir. ,

**Michelson- Morley deneyinin sonuçları :**

Bu deney ile esir hipotezi çürütülmüştür..

Işığın yayılması için hiç bir ortama ihtiyaç duyulmadığı, ışık hızının kaynağın ve gözlemcinin hızından bağımsız olduğunu ispatlanmıştır..

### GÖRELİLİK İLKESİ.

Albert Einstein, Fizik yasalarının sabit hızlı sistemlerde değişmeyeceğini , ışığın hızının toplam yük gibi ölçüm yapan her gözlemci için aynı olduğunu söyledi. Buna karşın uzay, zaman, kütle ve enerji gibi kavramların yeniden yorumlanması gerektiğini ve bu niceliklerin göreliliği olduğunu ifade etti ..

Einstein, Michelson-Molley deneyinin tartışılmaz sonuçlarında dikkate alarak 1905 yılında özel rölativite teorisini ortaya attı.

**Özel görelilik teorisi iki postüla ( varsayım) üzerine kurulmuştur.**

- 1- Fizik yasaları birbirine göre sabit hızla hareket eden eylemsiz gözlem çerçevelerinde aynı şekilde geçerlidir.
- 2- Işığın hızı, ışık kaynağından ve gözlemcinin hareketinden bağımsız olup sabit bir değerdedir. (  $C=3.108 \text{ m/s}$  boşlukta)

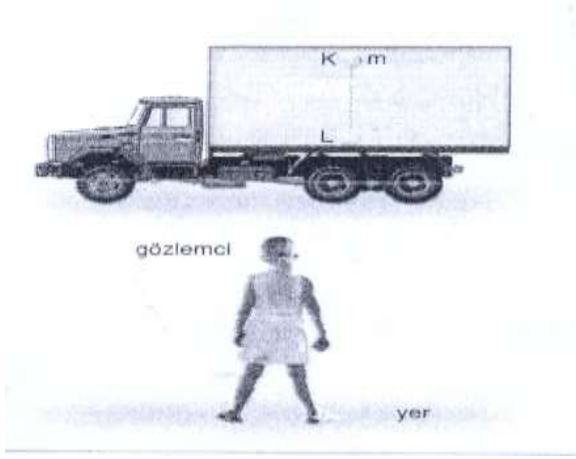
- **Birinci postüla**

Mekanik, elektrik, optik, termodinamik ve manyetizma ile ilgili birbirine göre sabit hızla hareket eden bütün referans sistemlerinde Fizik yasalarının aynı olduğunu bildirir.

Örneğin şekildeki araba duruyorken m kütleli cisim arabanın tavanından serbest

bırakıldığında yerdeki gözlemciye göre t saniye sonra L noktasına düşer

Araba sabit hızla hareket ederken m kütleli cisim K noktasından serbest bırakıldığında yine t saniye sonra L noktasına düşer. arabanın sabit hızla hareket etmesi m kütleli cismin yere düşme süresini (t) ve düştüğü noktayı (L) değiştirmez



- **İkinci postüla**

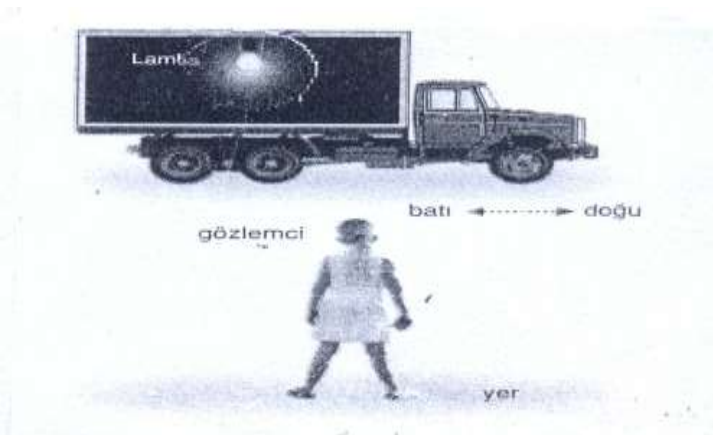
Işık hızının gözlemcinin ve kaynağın hızından bağımsız olduğu gösterir. (ışık hızı sabittir. Gözlemcinin ve kaynağın hareketi ışık hızını etkilemez.)

Örneğin şekildeki arabanın içindeki lambadan çıkan ışığın hızı, yerdeki gözlemciye göre;

\*araba ve gözlemci duruyorken c dir.

\*araba v hızı ile batıya giderken c dir

\*araba doğuya  $V_a$  hızıyla, gözlemci batıya  $V_g$  hızıyla giderken yine c dir



Yani ışığın hızı, kaynağın ve gözlemcinin hızına bağlı değildir. Bütün eylemsiz referans sistemlerinde ışığın boşlukta yayılma hızı 300.000 km/sn değerine sahiptir. Bu durumda ışık hızı ölçüldüğünde bağlı hızın önemli olmadığı sonucuna varılır. Bağlı hız için bulunan kurallar ışık hızı için geçerli değildir.

Einstein in görelilik kuramını kabul ettiğimizde uzay ve zaman konusunda alışıla gelen fikirleri değiştirmemiz gerekir.

Örneğin: klasik fizikte hep kullandığımız zaman kavramı, bunların başında gelir. Klasik fizikte zaman mutlaktır. Görelilikte bir olayda geçen zamanı, arabanın içinden araba duruyorken ölçtüğümüzde farklı, araba hareket ederken ölçtüğümüzde farklı buluruz.

Klasik fizikte bir cismin boyutları cismin boyutları cismin hareketine bağlı olarak değişmez. Görelilikte durum tamamen farklıdır. Cisim rölativistik hızla hareket ederse hareket doğrultusundaki uzunluk değişir.

Görelî mekanikte mutlak uzunluk veya mutlak zaman kavramları yoktur. Bu değerler ölçüm yapılan referans sistemine göre değişir. Görelî mekanikte klasik mekanikten farklı olarak zaman genişlemesi ve uzunluk kısalması vardır.

### KÜTLENİN HIZA GÖRE DEĞİŞİMİ.

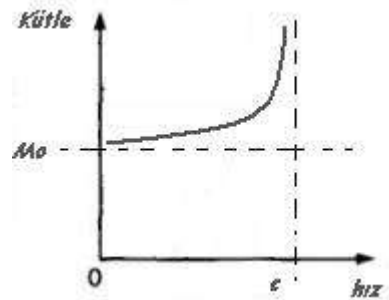
Işık hızına yakın parçacıklarla yapılan deneylerde klasik fizikte kullanılan bağıntıların yetersiz kaldığı ve olay sonuçlarının bağıntılardan beklenen sonuçlarla uyuşmadığı görülmüştür. Bu doğrultuda yapılan inceleme ve araştırmaların sonuçları, özel görelilik kuramının doğmasına neden oldu.

Özel görelilik teorisine göre ; izafi hız limitine ulaşmış ( c/100 civarında) bir parçacığın kütle değeri hızına bağlı olarak artar



Durgun kütlesi  $m_0$  olan bir parçacık, ışık hızına yakın bir  $V$  hızına kadar hızlanırsa sahip olacağı kütle değeri

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



$m_0$  → parçacığın durgun kütlesi

kütlenin hızla göre değişim grafiği

$V$  → parçacığın hızı

C → ışığın boşluktaki hızı

m → parçacığın V hızıyla giderken sahip olduğu izafi kütlesi

Parçacığın hızı büyüyerek ışık hızına yaklaştıkça parçacığın kütlesi de artan hız değerine bağlı olarak artar. Bağlantı, maddenin ışık hızıyla gidemeyeceğini gösterir. İzafi kütle bağlantısında V=C ise cisim fotona dönüşmüş olur.

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} \text{ olur}$$

V=C ise

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

bu bağlantıya göre cismin kütlesi sonsuz olur.

Cisim kütlesi sonsuz olamayacağı için ışık hızı erişilemez evrensel bir sabittir.

İzafiyet teorisine göre kütlesi olan bütün parçacıklar durgunken bile bir enerjiye sahiptir. Buna durgun kütle enerjisi denir. Buna göre durgun kütle enerjisi.  $E_0 = M_0 \cdot c^2$  olur.

Işık hızı ile karşılaştırılabilen hızlarla hareket eden cisimlerin kinetik enerjisi, hareketli kütle enerjisi ile ( $m \cdot c^2$ ), durgun kütle enerjisi ( $m_0 \cdot c^2$ ) arasındaki farka cismin rölativistlik kinetik enerjisini verir.

$$E_K = (m - m_0) c^2 = \Delta m c^2$$

Cismin hızı, klasik hız mertebesinde ise  $M = M_0$  olacağından dolayı izafi kinetik enerji bağlantısı yerine klasik kinetik enerji bağlantısı  $E_k = \frac{1}{2} m v^2$  kullanılır..

İzafi toplam enerji ( $E = m c^2$ ) ise ;

$E_k = M \cdot c^2 - M_0 \cdot c^2$  rölativistlik kinetik enerji

$M c^2 = M_0 \cdot c^2 + E_k$

$E = M \cdot c^2$

olur.

Bu bağlantıda

$$M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

yazılırsa

$$E = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{bağıntısı bulunur.}$$

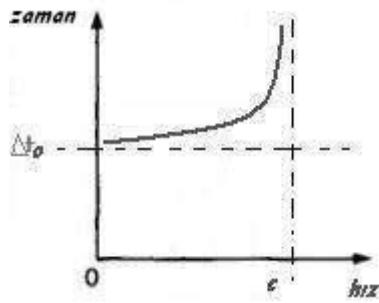
Klasik fizikte olduğu gibi izafi parçacıklar içinde kütle ile enerji korunur. İzafi parçacığın momentumu buna göre  $P = m \cdot v$  den

$$P = \frac{m_0 \cdot v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

## ZAMANIN GENİŞLEMESİ

Bir saat çalışırken eşit zaman aralıklarında ‘tik’ ‘tak’ diye sesler çıkarır. Tik, tak sesleri arasında geçen zaman süresine o saatin periyodu denir.

Elimize iki saat alalım. Bunların periyotları eşit olsun. Bu zaman aralığına saniye diyelim, saatlerden birini bir roketle uzaya gönderirsek roketin ışık hızına yaklaşan hızlardan dolayı içinde zaman genişleyecektir. Roket içindeki saatte yavaş çalışacağından, periyodu saniyeden uzun olur. Bu periyota  $\Delta t$  dersek, roketin hızını  $V$  ile ışık hızını da  $C$  ile gösterirsek zaman genişlemesini ifade eden formül.



$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{olur}$$

$\Delta t - V$  bağlı değişim grafiği

Bir uzay aracının içine bir astronot bindirilerek uzaya gönderilmiş. Dünyadan kalbinin atış sayısı tespit edilmiş. Dünyada iken atış sayısı dakikada 75 olduğu halde uzay gemisinde iken 30 a düştüğü anlaşılmış. Buna göre 75, 30 un 2,5 mislidir. Demek ki uzay aracının dünyaya göre belirli bir hızından dolayı içinde zaman 2,5 kat yavaşlamıştır. Yani genişlemiştir. Bunun neticesinde de astronotun bütün organlarının çalışması da o nispetle yavaşlamıştır. Yani

yaşlanması aynı nispetle yavaşlar. Şayet aynı anda doğmuş iki bebekten birini, dünyaya geldikten hemen sonra uzay gemisine bindirseydik ve çocuk uzayda senelerce kalsaydı.örneğin, Dünyadaki kardeşi 75 yaşına gelince o henüz 30 yaşında olacaktı.

### UZUNLUK İZAFİDİR.

Uzunluğu ve çapı birbirine eşit olan iki demir çubuk bulalım. Bunlardan birini ışık hızına yakın bir hızla hareket ettirelim. Işık hızına yakın bir hızla hareket eden çubuğun boyu kısılacaktır.

Bunu şu şekilde formüllendiririz

Çubuğun uzunluğu  $L_0$ , hızlandıktan sonraki uzunluğu da  $L$  ile gösterelim. Buna göre,  $L = L' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  bağıntısı bulunur. (Lorentz formülü)

Bu bağıntıda  $V$  çubuğun hızı,  $C$  de ışık hızıdır

$$C=3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$$

Uzunluk kısılması yalnız hareket doğrultusunda ortaya çıkar.