12 YAŞ +



Şekilli Fizik Sözlüğü

TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI







TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 334

Şekilli Fizik Sözlüğü
Illustrated Dictionary of Physics
Corinne Stockley - Chris Oxlade - Jane Wertheim
Resimleyen: Fiona Johnson
Çeviri: Sadi Turgut

© Usborne Publishing Ltd, 1988, 2000
© Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2002

Bu yapıtın bütün hakları saklıdır. Yazılar ve görsel malzemeler,
izin alınmadan tümüyle veya kısmen yayımlanamaz.

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları'nın seçimi ve değerlendirilmesi
TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Yayın Kurulu tarafından yapılmaktadır.

ISBN 978 - 975 - 403 - 542 - 1

1. Basım Kasım 2010 (10.000 adet)

Yayın Yönetmeni: Duran Akca
Yardımcı Yayın Yönetmeni: Dr. Oğuzhan Vıcıl
Yayıma Hazırlayan: Adem Uludağ
Sayfa Düzeni: İnci Yaldız
Basım İzleme: Yılmaz Özben

TÜBİTAK
Popüler Bilim Kitapları
Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 Ankara
Tel: (312) 427 06 25 Faks: (312) 427 66 77
e-posta: kitap@tubitak.gov.tr
www.kitap.tubitak.gov.tr

Korza Yayıncılık Basım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Büyük Sanayi 1. Cadde Arpacıoğlu-2 İşhanı No: 95/1 İskitler 06060 Ankara
Tel: (312) 342 22 08 Faks: (312) 341 14 27

Şekilli Fizik Sözlüğü

ÇEVİRİ
Sadi Turgut

TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

FİZİK

Fizik, maddenin doğası ile özelliklerini, enerji ile enerjinin büründüğü farklı biçimleri ve madde ile enerjinin etkileşmesini inceleyen bilim dalıdır. Bu kitapta, fiziğin konuları renklerle kodlanmış altı farklı bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerde işlenen konular aşağıda açıklanmıştır.

Mekanik ve genel fizik
Fiziğin temel kavramları, yani kuvvet, enerji ve maddenin özellikleri anlatılmıştır.

Elektrik ve manyetizma
Birbiriyle ilintili bu iki olgunun biçimleri, davranışı ve kullanım alanları anlatılmıştır.

Isı
Isı enerjisinin varlığı, aktarımının sonuçları ile ölçülmesi ve bunlara ek olarak gaz yasaları açıklanmıştır.

Atom ve çekirdek fiziği
Atom ve çekirdeklerin yapısı, bunların enerjisi, radyoaktivite, bölünme ve kaynaşma incelenmiştir.

Dalgalar
Dalga enerjisinin özellikleri ve etkileri anlatılmış, ses dalgalarıyla ışık ve elektromanyetik dalgalar ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Genel fizik bilgisi
Grafikler, tablolar ve deneysel sonuçların ele alınması gibi genel konular anlatılmıştır.

İÇİNDEKİLER

Mekanik ve genel fizik
2 Atomlar ve moleküller
4 Kuvvetler
6 Enerji
8 Hareket
10 Dinamik
12 Döndürme kuvvetleri
14 Periyodik hareket
16 Kütle çekimi
18 Makineler
20 Moleküler özellikler
22 Yoğunluk ve basınç

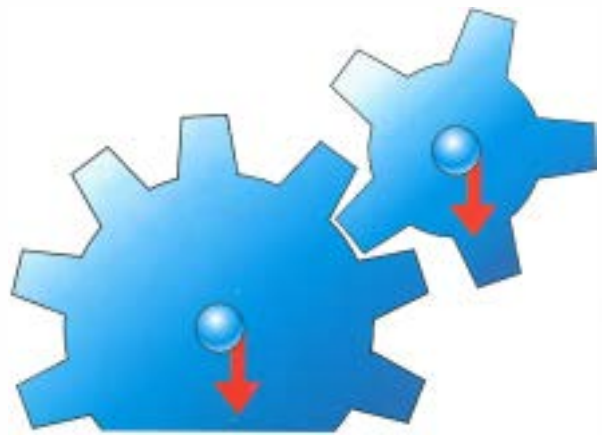
Isı
24 Sıcaklık
26 Isı aktarımı
28 Isı aktarımının sonuçları
30 Isınmayla genleşme
31 Gazların davranışları

Dalgalar
32 Dalgalar
34 Yansıma, kırılma ve kırınım
36 Dalgaların girişimi
38 Ses dalgaları
40 Sesin algılanması
42 Elektromanyetik dalgalar
44 Işık
45 Işığın yansıması
48 Işığın kırılması
52 Optik aletler

Elektrik ve manyetizma
54 Statik elektrik
56 Potansiyel ve sığa
58 Elektrik akımı
60 Akımın kontrolü
63 Yarı iletkenler
64 Elektroliz
66 Hücreler ve piller
68 Mıknatıslar
70 Manyetik alan
72 Elektromanyetizma
75 Elektriğin ölçülmesi
76 Elektromanyetik indüksiyon
78 Katot ışınları

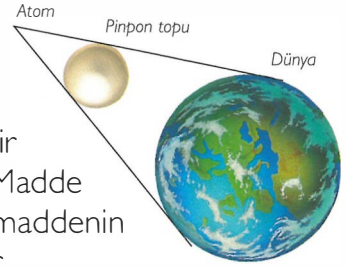
Atom ve çekirdek fiziği
80 Atomun yapısı
82 Atom enerjisi ve nükleer enerji
84 Radyoaktivite
86 Radyoaktiviteyi saptama ve ölçme
89 Radyoaktivitenin kullanım alanları
90 Çekirdek bölünmesi ve kaynaşması
92 Çekirdek tepkimelerinden elde edilen güç

Genel fizik bilgisi
94 Büyüklükler ve birimler
96 Denklemler, simgeler ve grafikler
98 Ölçme
100 Ölçmede kesinlik ve hatalar
102 Alanlar ve kuvvetler
106 Vektörler ve skalerler
107 Sayılar
108 Devre simgeleri
109 Transistörler ve kapılar
110 Maddelerin özellikleri
111 Bazı sabitler ve değerleri
112 Elementler
113 Sözlük
114 İndeks



ATOMLAR VE MOLEKÜLLER

Eski Yunanlılar, bütün maddelerin **atom** olarak adlandırdıkları küçük parçacıklardan oluştuğuna inanıyorlardı. Bu düşünce zamanla genişletildi ve maddelerin fiziksel doğasını ve davranışını daha ayrıntılı bir şekilde açıklayan **kinetik kuram** gibi kuramlar geliştirildi. Madde üç değişik **fiziksel hal**de bulunabilir. Bir maddenin hali, o maddenin doğasına, sıcaklığına ve üzerine uygulanan basınca bağlıdır. Sıcaklık ve basınçtaki değişimler maddenin bir halden diğerine geçmesine neden olur (bkz., **hal değişimleri**, sayfa 28).



Eğer atomlar pinpon topu büyüklüğünde olsaydı, aynı ölçekte, pinpon topları da Dünya'nın büyüklüğünde olurdu.

Atom

Maddenin bölünemez en küçük parçası. Atomların iç yapısı 80-81'inci sayfalarda açıklanmıştır. Atomlar çok küçüktür: Yarıçapları 10^{-10} m civarında, kütleleri de 10^{-25} kg kadardır. Atomlar, **elektron*** kaybederek ya da kazanarak **iyonları*** (elektrik yüklü parçacıklar) meydana getirirler (bkz., **iyonlaşma**, sayfa 86).

Bazı atomların birbirlerine göre büyüklüğü



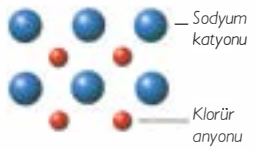
Molekül

Bir maddenin doğal olarak bulunan en küçük parçası. Moleküller herhangi bir sayıda **atom**dan oluşur: Bunlar tek atomdan oluşabileceği gibi (örneğin neon), **elektromanyetik kuvvetler*** tarafından bir arada tutulan binlerce **atom**dan da (örneğin protein) oluşabilir. Saf bir maddenin tüm molekülleri, aynı atomların aynı yapıda birleşmesiyle oluşur.

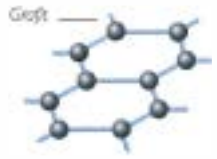


Bazı maddelerin **molekülleri** olmayabilir. Örneğin:

Anyonların** ve **katyonların bileşiği (iyonik bileşik).



***Atomik örgü**deki **atomların** hepsi birbirine bağlıdır.*

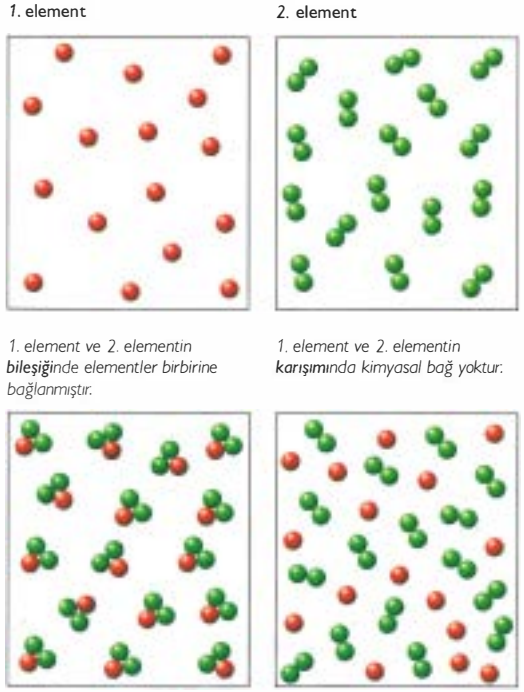


Element

Kimyasal bir reaksiyonla daha basit bileşenlerine ayrıştırılamayan maddeler. Bir elementin bütün **atom**larının **çekirdek**lerinde* aynı sayıda **proton*** bulunur (bkz., **atom numarası**, sayfa 80).

Bileşik

Molekülleri, iki ya da daha fazla sayıda elementin atomlarının (ya da **iyonlar**ının*) kimyasal bağla bağlanmasıyla oluşan, bu nedenle daha basit parçalara ayrıştırılabilen maddeler. Karışımlar kimyasal bağla oluşmadığı için bileşik değildir.



*1. element ve 2. elementin **bileşiğ**inde elementler birbirine bağlanmıştır.*

*1. element ve 2. elementin **karışım**ında kimyasal bağ yoktur.*

*Anyonlar, Katyonlar, 86 (İyonlaşma); Çekirdek, Protonlar, 80; Elektromanyetik kuvvet, 4; Elektronlar, 81; İyonlar, 86 (İyonlaşma).

Fiziksel haller

Katı hal

Maddenin belli bir hacim ve biçiminin olduğu ve bunları değiştirmeye çalışan kuvvetlere karşı direndiği **hal**.

Sıvı hal

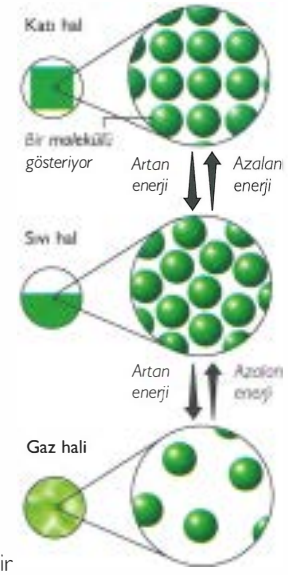
Maddenin akarak içinde bulunduğu kabın şeklini aldığı **hal**. Sıvı hal, **katı** hal ile **gaz** hali arasında bir durumdur.

Gaz hali

Maddenin genişleyerek içinde bulunduğu kabı doldurduğu **hal**. Bu haldeki maddelerin, katı ve sıvılara göre çok düşük yoğunlukları vardır.

Gaz ve Buhar

Bu iki kelime arasında teknik açıdan hiçbir fark olmamasına karşın, bazı durumlarda biri diğerine tercih edilebilmektedir: **Buhar** kelimesi daha çok normal koşullarda **katı** veya sıvı olan bir maddenin gaz hali için (*su buharı* gibi) veya yakınında bulunduğu katı veya sıvı haldeki bir maddeden buharlaşmış gazlar için (*naftalin buharı* gibi) kullanılır.



Moleküller** ortalama konumları etrafında titreşir. Enerji, **moleküler potansiyel enerji ile **titreşim hareketinin kinetik enerjisi*** biçiminde bulunur.*

Moleküllerin ortalama enerjisi, diğer moleküllerden kopup kurtulmaları için yeterli değildir.

*Enerji eklendiğinde düzgün örgü bozulur. Moleküller her yere gidebilir, bu nedenle hem **ötelenme** hem **dönme hareketinin kinetik enerjilerine*** sahiptirler.*

Moleküllerin sadece komşularından kurtulmaya yetecek kadar enerjileri vardır; ama bir molekülden kurtulunca başka bir moleküle bağlanırlar.

*Moleküller arasında büyük uzaklıklar vardır ve bunlar birbirlerinden bağımsız hareket eder. **Moleküllerarası kuvvetler*** ihmal edilebilir.*

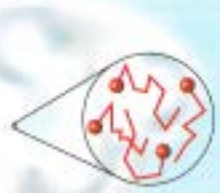
Moleküllerin ortalama enerjisi, diğer moleküllerden kurtulmak için gerekenden çok fazladır.

Kinetik kuram

Kinetik kuram, maddelerin değişik fiziksel hallerini **molekül**lerin hareketine dayanarak açıklar. Kısaca, **katı**larda moleküller birbirlerine çok yakındır ve en düşük enerjiye sahiptir. Bu nedenle az hareket ederler. **Sıvı**larda moleküller birbirlerinden biraz daha uzaklaşmıştır ve daha fazla enerjiye sahiptir. Son olarak **gaz**lardaki moleküller birbirlerinden çok daha fazla uzaktır ve en fazla enerjiye sahiptir (sayfanın sağ üst köşesine bakınız.).

Brown Hareketi

Su veya havadaki küçük taneciklerin rastgele hareketi. Brown hareketi kinetik kuramı destekler, çünkü rastgele hareket su veya hava **molekül**leriyle çarpışmadan kaynaklanır.



*Hava **molekül**leriyle çarpışan duman taneciklerinin Brown **hareketi***

Yayınım (Difüzyon)

İki farklı **gaz**, **buhar** veya **sıvı**nın zamanla birbirine karışması olayı. Yayınım kinetik kuramı destekler, çünkü karışmanın gerçekleşmesi için **molekül**lerin hareket ediyor olması gerekir. Gazlar sıvılardan daha hızlı karışır.

*İki **gaz**ın **molekül**leri zamanla yayınım gösterir.*



Hafif gaz, ağır olandan daha hızlı yayınıma uğrar.

Graham Yasası

Aynı sıcaklık ve basınç altında, bir **gaz**ın **yayınım hızı**nın, yoğunluğun kareköküyle ters orantılı olduğunu söyler:

$$\text{Yayınım hızı} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{gazın yoğunluğu}}}$$

*Dönme, Ötelenme hareketi ve Titreşim hareketinin kinetik enerjisi, 7 (Kinetik enerji); Moleküllerarası kuvvetler, 5; Moleküler potansiyel enerji, 6.

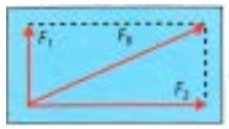
KUVVETLER



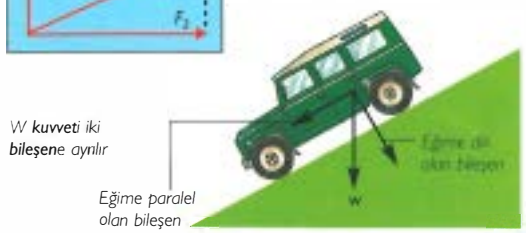
Bir **kuvvet** bir cismin biçimini değiştirir ve hareketini etkiler. Tek bir kuvvet cismin hızını değiştirir (yani onu **ivmelendirir***) ve mümkünse biçimini de değiştirir. Eşit ve zıt yönlü iki kuvvet cismin büyüklüğünü ve biçimini değiştirebilir. Kuvvet, büyüklüğü ve yönü olan, birimi **newton** olan bir **vektörel büyüklük**tür*. Başlıca kuvvet türleri **kütle çekimi**, **manyetik**, **elektrik** ve **çekirdek** kuvvetleridir. İlk üçünün bir karşılaştırması için 102-105. sayfalara bakınız.

Dünya'nın kütle çekimi kuvveti, tohumların yere düşmesine neden olur.

Kuvvetlerin diyagramla gösterilmesi



Kuvvetler ok işaretiyle gösterilir (okun uzunluğu kuvvetin büyüklüğünü gösterirken, okun ucu, yönünü gösterir).



*F_1 ve F_2 kuvvetlerinin etkisi, F_B (**bileşke kuvvet**) ile aynıdır. F_1 ve F_2 , F_B'nin **bileşenleri**dir.*

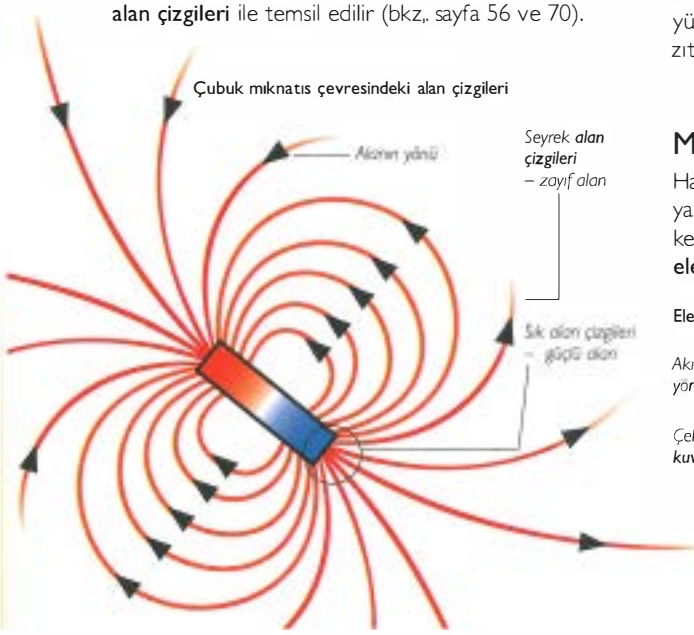
Newton (N)

SI birimlerinde* kuvvetin birimi. Bir newton, 1 kg'lık bir kütleyi, 1 m s^{-2} ivmelendirmek için gerekli olan kuvvettir.

Kuvvet alanı

Bir kuvvetin etkili olduğu bölge. Bir kuvvetin etkili olabildiği uzaklığa o kuvvetin **erim**i denir. Kuvvet alanları, şiddetlerini ve yönlerini gösterecek biçimde **alan çizgileri** ile temsil edilir (bkz,. sayfa 56 ve 70).

Çubuk mıknatıs çevresindeki alan çizgileri



Kütle çekimi kuvveti veya yerçekimi

Kütleli herhangi iki cisim arasındaki çekim kuvveti (ayrıca bakınız, sayfa 16 ve 17). Kütlelerden biri çok büyük olmadığı sürece bu kuvvet çok küçüktür:

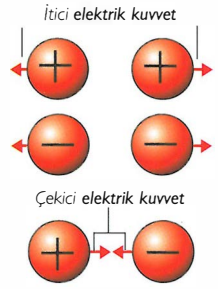


Elektromanyetik kuvvet

Birbiriyle yakından ilişkili olan **elektrik** ve **manyetik** kuvvetlerin ortak adıdır.

Elektrik veya elektrostatik kuvvet

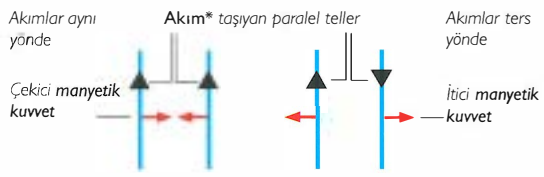
Elektrik yükü olan iki parçacık arasındaki kuvvet (ayrıca bakınız, sayfa 54). Benzer yükler için bu kuvvet itici, zıt yükler içinse çekicidir.



Manyetik kuvvet

Hareketli iki yük arasındaki kuvvet. Hareketli yükler, ya elektrik **akımlar**ıdır* (ayrıca bakınız, sayfa 58) veya kendi **elektron kabukları**nda* dolaşan **elektronlar**dır*.

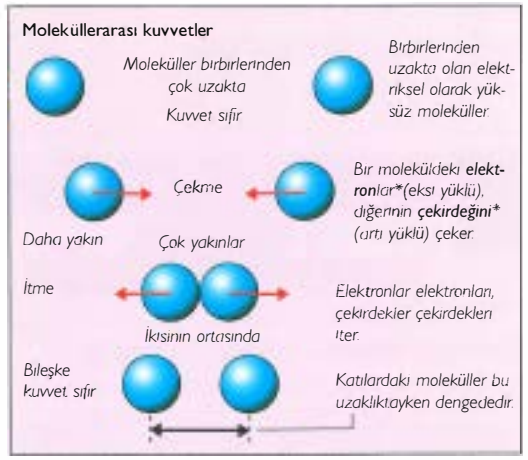
Elektrik tellerindeki manyetik kuvvetler



*Akım, 58; Elektronlar, Elektron kabukları, 81; İvme, 9; SI birimleri, 94; Vektörel büyüklük, 106.

Moleküllerarası kuvvetler

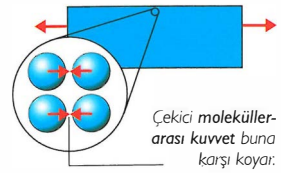
İki molekül arasındaki **elektromanyetik kuvvetler**. Kuvvetlerin şiddeti ve yönü, moleküller arasındaki uzaklığa göre değişir (aşağıdaki şemaya bakınız).



Gerilme

Bir cismin iki ucuna uygulandığında, uzunluğunu artıran eşit ve zıt yönlü kuvvetler. Çekici **moleküllerarası kuvvetler** bunlara karşı koyar.

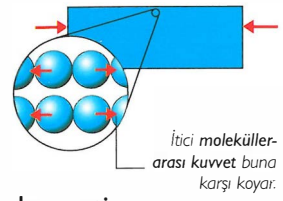
Gerilme kuvvetiyle birbirinden uzaklaşan moleküller.



Sıkışma

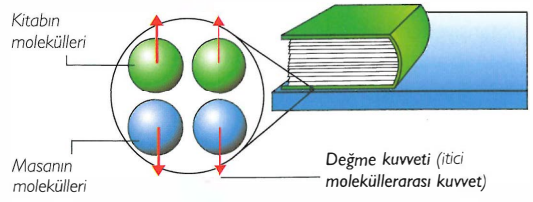
Bir cismin uzunluğunu azaltan eşit ve zıt yönlü kuvvetler. Bu kuvvetlere itici **moleküllerarası kuvvet** karşı koyar.

Sıkıştırma sonucunda birbirine doğru itilen moleküller.

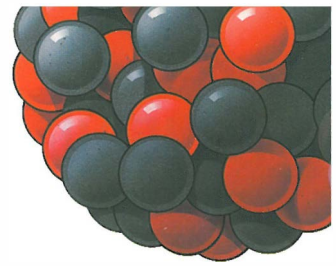


Değme veya temas kuvveti

Birbirine değen iki cisim arasındaki itici **moleküllerarası kuvvet.**



*Elektronlar, 81; Nötronlar, Protonlar, 80.



*Bir atom çekirdeğindeki parçacıklar, **çekirdek kuvveti** tarafından bir arada tutulur.*

Çekirdek kuvveti

Bir atom **çekirdeğ**inin* tüm parçacıkları (**protonlar*** ve **nötronlar***) arasındaki çekim kuvveti. Protonlar arasındaki itici **elektrik kuvvet**in çekirdeği dağıtmasını engeller.

Sürtünme kuvveti veya sürtünme

Değen iki yüzeyin birbiri üzerinde kayma hareketine karşı koyan kuvvet. Bu kuvvetin nedeni, yüzeylerin molekülleri arasındaki çekici **moleküllerarası kuvvet**tir. **Statik** ve **dinamik sürtünme kuvveti** olmak üzere iki türü vardır.

Statik sürtünme kuvveti

Birbirine değen iki cisimden birine uygulanan kuvvet nedeniyle ortaya çıkan ve cisimler hareket etmediği durumda etkiyen, yüzeyler arasındaki **sürtünme kuvveti**. Cisimlerden biri tam kayma noktasındayken bu kuvvet en yüksek değerine ulaşır: Bu kuvvete **sınır kuvveti** denir.

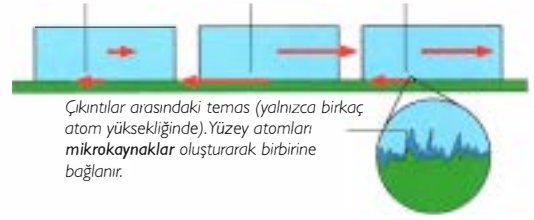
Dinamik sürtünme kuvveti veya kayma sürtünme kuvveti

Bir yüzeyin diğeri üzerinde sabit bir hızla kaydığı durumdaki **sürtünme kuvveti**nin değeri. **Sınır kuvvet**ten (en yüksek **statik sürtünme kuvveti**) daha küçüktür.

*Durgun cisim üzerindeki **statik sürtünme kuvveti** uygulanan kuvveti dengeler.*

*Cisim tam kaymak üzereyken **sınır sürtünme kuvveti** uygulanan kuvveti dengeler.*

*Cisim hareket ederken **dinamik sürtünme kuvveti** buna karşı koyar.*



Sürtünme katsayısı (μ)

İki yüzey arasındaki **sürtünme kuvveti**nin yüzeyler arasındaki itme kuvvetine (**normal, değme kuvveti**nin dik bileşeni) oranı. **Statik sürtünme katsayısı** ve **dinamik sürtünme katsayısı** olmak üzere iki türü vardır:

$$\text{Sürtünme katsayısı } \mu = \frac{\text{(sınır) sürtünme kuvveti } (F)}{\text{normal değme kuvveti } (R)}$$

ENERJİ

Bir kuvvet bir cismi hareket ettirdiği zaman **iş** yapılır. **Enerji**, iş yapma yeteneğidir. Bir cisme iş yapıldığında veya cisim iş yaptığında, cisim enerji kazanır ya da kaybeder. Enerji, çok farklı biçimlerde bulunabilir ve biçim değiştirebilir (enerjinin **dönüşümü**), ama yaratılamaz veya yok edilemez (**enerjinin korunumu yasası**). **SI (Uluslararası birim sistemi) birimleri**nde* enerji ve işin birimi **joule**'dür (J).

Güneş'ten gelen enerji bir enerji santralinde üretilen enerjinin bir milyon kere milyon kere milyon katı kadardır.



Potansiyel enerji (P.E.)

Bir **kuvvet alanı*** altındaki cismin, konumundan dolayı sahip olduğu enerji. Cismi bu konuma getirmek için bir iş yapılması gerektiğinden, bu işin potansiyel enerji olarak "depolandığı" düşünülür. Etkiyen kuvvete bağlı olarak üç tür potansiyel enerji vardır: **Kütle çekimi potansiyel enerjisi, elektromanyetik potansiyel enerji ve çekirdek kuvvetinin potansiyel enerjisi**.

Kütle çekimi potansiyel enerjisi

Bir cismin, üzerine **kütle çekimi kuvveti*** uygulayan bir başka kütleye göre konumundan dolayı sahip olduğu **potansiyel enerji**. Cisim bu kütleden uzaklaştırılacak şekilde hareket ettirilirse (örneğin, cisim yerden yukarı kaldırılırsa), cismin üzerine (ağırlığına karşı) iş yapılır ve böylece kütle çekimi potansiyel enerjisi artırılmış olur.



Çekirdek kuvvetinin potansiyel enerjisi

Bir atomun **çekirdeğ**inde* depolanan **potansiyel enerji**. Bu potansiyel enerjinin bir kısmı **radyoaktif bozunma*** sırasında açığa çıkar:

Elektromanyetik potansiyel enerji

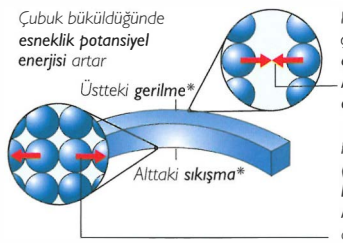
Bir **elektromanyetik kuvvete*** ait **kuvvet alanı**ndaki* bir cismin, konumundan dolayı sahip olduğu **potansiyel enerji**.

Moleküler potansiyel enerji

Moleküllerin birbirlerine göre konumlarından dolayı sahip olduğu **elektromanyetik potansiyel enerji**. **Moleküllerarası kuvvet**lere* karşı yönde iş yapılırsa bu enerji artar:

Esneklik potansiyel enerjisi veya yamulma enerjisi

Bir cismin sıkıştırılmasının veya gerilmesinin bir sonucu olarak depolanan **moleküler potansiyel enerji**nin bir türü. Bu, **moleküllerarası kuvvete*** karşı yapılan bir iştir.



*Çubuk büküldüğünde **esneklik potansiyel enerjisi** artar*

*Parçacıklar arasındaki çekim (bakınız, **moleküllerarası kuvvetler**, sayfa 5). **Moleküler potansiyel enerji** depolanır.*

*Parçacıklar arasındaki itme (bakınız, **moleküllerarası kuvvetler**, sayfa 5). **Moleküler potansiyel enerji** depolanır.*

Kimyasal enerji

Pillerdeki kimyasallar, yakıtlar ve besinler gibi maddelerde depolanmış enerji. Kimyasal tepkimeler sırasında atomların ve moleküllerin elektromanyetik potansiyel enerjisi değiştiğinde açığa çıkar (örneğin, bir yakıt yakıldığında çıkan ısı).

*Bitkiler, gün ışığından aldığı enerjiyi besine dönüştürür (enerjinin **kimyasal enerji** olarak depolanışının bir yolu).*

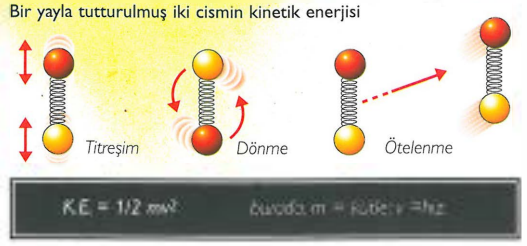


Çekirdek, 80; Elektromanyetik kuvvet, Kuvvet alanı, Kütle çekimi kuvveti, 4; Gerilme, 5; Kütle çekimi ivmesi, 16; Moleküllerarası kuvvetler, 5; Radyoaktif Bozunma, 85; SI birimleri, 94; Sıkışma, 5.

Kinetik enerji (K.E.)

Hareketten kaynaklanan enerji. **Ötelenme**, **dönme** ve **titreşim enerjisi** biçimlerini alabilir.

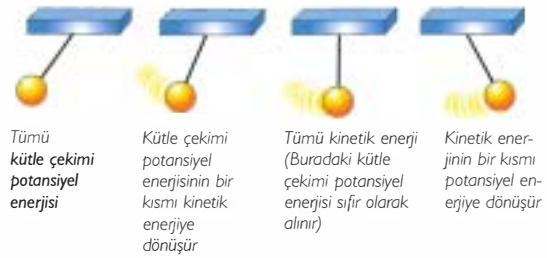
Bir yayla tutturulmuş iki cismin kinetik enerjisi



Mekanik enerji

Bir cismin **kinetik enerji**sinin ve **potansiyel enerji**sinin toplamı (çoğunlukla **kütle çekimi potansiyel enerjisi**).

*Bir sarkacın **mekanik enerjisi** sabittir (eğer sürtünme kuvveti ihmal edilirse).*



*Tümü **kütle çekimi potansiyel enerjisi***

Kütle çekimi potansiyel enerjisinin bir kısmı kinetik enerjiye dönüşür

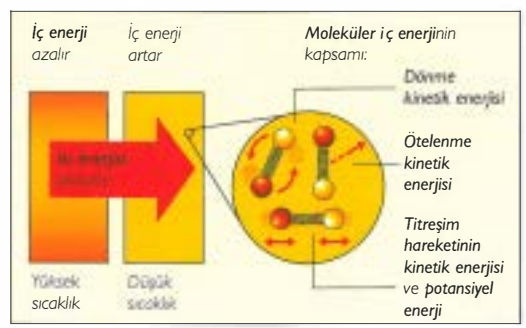
Tümü kinetik enerji (Buradaki kütle çekimi potansiyel enerjisi sıfır olarak alınır)

Kinetik enerjinin bir kısmı potansiyel enerjiye dönüşür

İç veya ısıl enerji

Bir cisimdeki moleküllerin **kinetik enerji**sinin ve **moleküler potansiyel enerji**sinin toplamı. Eğer bir cismin sıcaklığı artarsa, iç enerjisi de artar.

İç enerji ve sıcaklık



Isı enerjisi veya ısı

Bir yerden başka bir yere sıcaklık farkından dolayı akan enerji (bakınız, sayfa 26-31). **Isı enerjisi** soğuran bir cismin **iç enerji**si artar (yukarıdaki şemaya bakınız).

Elektromanyetik dalgalar, 42; Jeneratör, 76; SI birimleri, 94; Türbin, 113.

Dalga enerjisi

Dalga hareketinin enerjisi. Örneğin, bir su dalgasının enerjisi, moleküllerin **kütle çekimi potansiyel enerjisi** ve **kinetik enerji**sinden oluşur.

Elektrik ve manyetik enerji

Elektrik yükünden ve hareketli elektrik yükünden (akım) kaynaklanan enerji. İkisinin bileşimine **elektromanyetik enerji** denir.

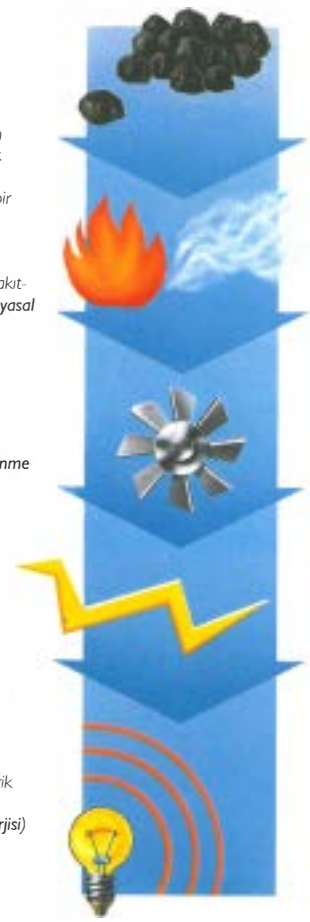
Işınım

Elektromanyetik dalgalar* veya parçacıkların akışı biçimindeki enerji. Ayrıca 27, 84 ve 85'inci sayfalara bakınız.

Güç

İş yapma veya enerji aktarma hızı.
SI birimlerine* göre gücün birimi, saniye başına 1 joule'e eşit olan **watt**'tır (W).

Bir güç santralindeki enerji dönüşümü



*Kömür, bir **fosil yakıt** türüdür. Uzun yıllar önce yetişmiş olan bitkilerin fosilleşmesiyle oluşur. Güneş'ten gelen enerjinin kimyasal olarak depolandığı bir yakıttır.*

*Güç istasyonlarında yakılan yakıtlar suyu kaynatır. Burada, **kimyasal enerji**, **iç enerji**ye dönüşür.*

*Buhar, **türbin**leri* döndürür. Buharın iç enerjisi, türbinin **dönme kinetik enerji**sine dönüşür.*

Jeneratör, kinetik enerjiyi, **elektrik enerji**sine dönüştürür*

*Isıtıcılar, lambalar ve ses düzenekleri gibi araçlar elektrik enerjisini sırasıyla, **ısı enerjisi**ne, ışığa (**dalga enerjisi**) ve sese (dalga enerjisi) dönüştürür.*

HAREKET

Hareket, bir cismin konumundaki ve yönelimindeki değişimdir. **Katı** (biçimi değiştirilemeyen) bir cismin, iki tür hareketi vardır: **Ötelenme hareketi** veya **ötelenme**, yani cismin **kütle merkezi**nin bir yerden diğer bir yere hareketi ve **dönme hareketi** veya **dönme**, yani cismin, kendi kütle merkezi etrafındaki hareketi. Noktaların hareketinin incelendiği alana **kinematik** denir.



*Yörüngedeki bir uydu, **dönme hareketi** (1) ve **ötelenme hareketi** (2) yapar.*

Doğrusal hareket

Bir çizgi boyunca yapılan **doğrusal hareket** veya **çizgisel hareket, ötelenme hareketi**nin (yukarıya bakınız) en basit biçimidir. Herhangi bir katı cismin doğrusal hareketi dendiğinde, **kütle merkezi**nin doğrusal hareketi anlaşılır.

Kütle merkezi

Cismin bütün kütlesinin toplandığı varsayılan nokta. Dünya üzerindeki herhangi bir cismin kütle merkezi, **ağırlık merkezi**yle (Dünya'nın kütle çekimi kuvvetinin cisme etki ettiği düşünülen nokta) aynı yerdedir:



*Düzgün bir diskin **kütle merkezi**, tam orta noktasıdır.*



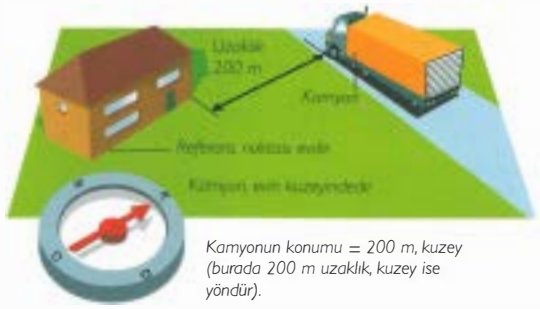
Kütle merkezi, her zaman asılma noktasının altındadır.



Kütle merkezi her zaman cismin üzerinde olmak zorunda değildir.

Konum

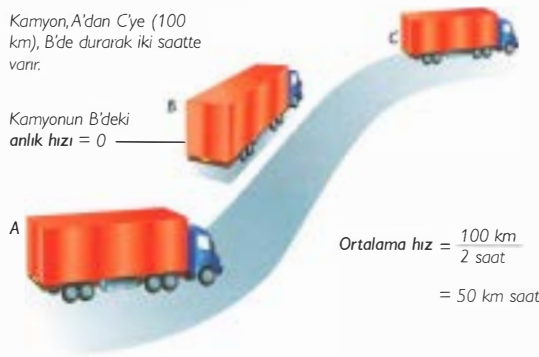
Bir cismin, sabit bir referans noktasına göre uzaklığı ve yönü. Bir **vektörel büyüklük**tür*. Cismin konumu, seçilen bir noktaya olan uzaklığına göre belirtilebilir. Cismin, daha önce bulunduğu bir noktaya göre konumu **yer değiştirme** olarak adlandırılır.



Kamyonun konumu = 200 m, kuzey (burada 200 m uzaklık, kuzey ise yöndür).

Hız veya sürat

Bir cismin aldığı yolun, geçen zamana oranıdır. Cismin hareketi boyunca hızı değişmiyorsa, **düzgün hızl**a hareket ediyor denir. **Ortalama hız**, cismin belirli bir zaman aralığında aldığı yolun, geçen zamana oranıdır. Belli bir andaki hıza ise, **anlık hız** denir.



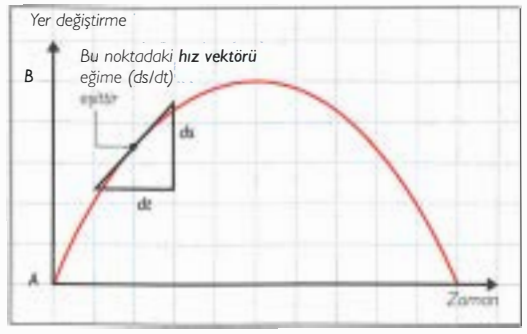
$$\text{Ortalama hız} = \frac{100\ km}{2\ saat}$$

$$= 50\ km\ saat^{-1}$$

Hız vektörü

Bir cismin **hızı** ve yönü (yani, birim zamandaki **yer değiştirmesi**). Bir **vektörel büyüklük**tür*. **Düzgün hız vektörü, ortalama hız vektörü** ve **anlık hız vektörü**, bir önceki maddede anlatılmış olanlara, yani **düzgün hız** vs., benzer şekilde tanımlanır:

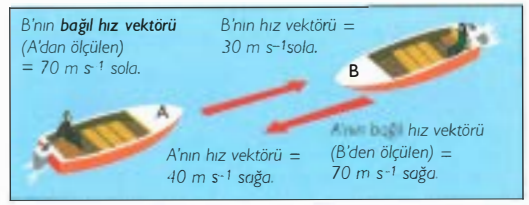
Düzgün bir doğru boyunca, A'dan B'ye gidip tekrar A'ya dönen bir cismin yer değiştirme-zaman grafiği (hız vektörünün hesaplanışını da gösteriyor):



*Vektörel büyüklük, 106.

Bağıl hız vektörü

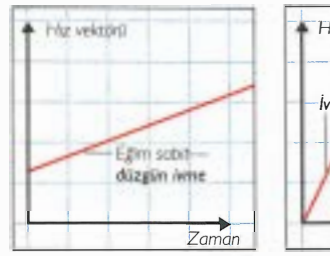
Bir cismin, hareket eden bir gözlemci tarafından saptanan hız vektörü. Cismin gözlemciye göre **hız vektörü** olarak da bilinir.



İvme

Cismin **hız vektörü**ndeki değişimin geçen zamana oranı. Bir **vektörel büyüklük**tür*. Bir cismin **hızı** değişirse (**doğrusal hareket**te olduğu gibi) veya hareket yönü değişirse (**dairesel hareket**te* olduğu gibi) bu cisim ivmeleniyordur: Harekete ters yöndeki ivme yavaşlama anlamına gelir ve bazen **negatif ivme** (ivmenin işareti "-") olarak adlandırılır. Bir cismin hız vektörü, eşit zaman aralıklarında aynı miktarda değişiyorsa, cisim **düzgün ivme**yle hareket ediyor denir.

İvmeyi gösteren, zamana karşı hız vektörü grafiği



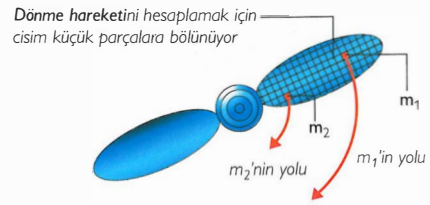
Eşit zaman aralıklarında alınan yol sürekli artıyor



Eşit zaman aralıklarında alınan yol artıyor, sabit kalıyor ve sonra da azalıyor.

Dönme hareketi

Bir cismin, kendi **kütle merkezi** etrafındaki hareketi. Dönme hareketinde cismin her parçası farklı bir yol izler. Bu nedenle, hesaplamalarda cisim bir bütün olarak değerlendirilemez. Cisim küçük parçalara bölünmeli ve her bir parçanın **dairesel hareketi*** ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Ancak bu işlemin sonucunda, cismin hareketi bir bütün olarak değerlendirilebilir.



*Dairesel hareket, 15; Vektörel büyüklük, 106.

Düzgün ivmelenme hareketinin denklemleri

Düzgün ivmeli doğrusal hareketi incelemede kullanılan denklemler. Bir **işaret seçimi** yapılmalıdır (aşağıya bakınız). Denklemlerde, uzaklık değil, **yer değiştirme** kullanılır; böylece, yön değişimleri de göz önünde bulundurulmuş olur:

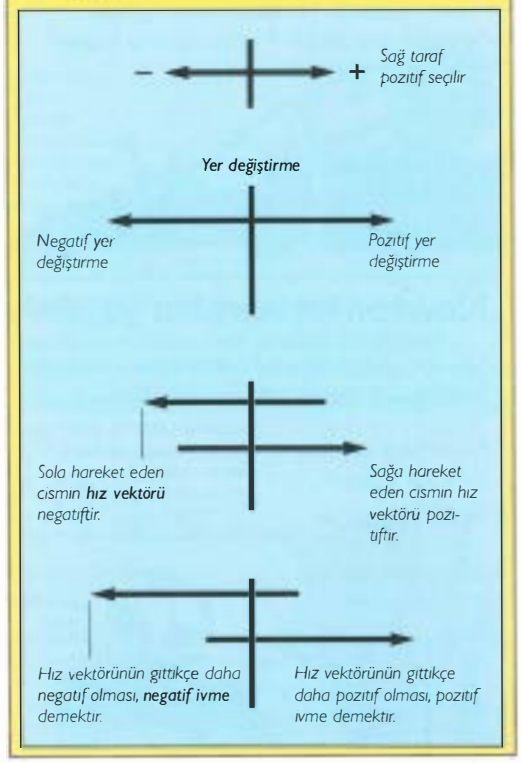
$$v = u + at$$
$$s = 1/2\ (u+v)t$$
$$s = ut + 1/2at^2$$
$$v^2 = u^2 + 2as$$

burada, t = zaman;
*u = ilk hız **vektörü** (t = 0'daki);*
*v = t zamanındaki son hız **vektörü**;*
*s = t **zamanı** sonundaki yer değiştirme;*
*a = **ivme** (sabit).*

İşaret seçimi

Farklı yönlerdeki hareketleri ayırt etmek için kullanılan bir yöntem. Bir yön pozitif, diğeri negatif seçilir. Hareket denklemlerini kullanırken (yukarıya bakınız) işaret seçimi yapılmalıdır:

İşaret seçimi



DİNAMİK

Bir cismin hareketiyle ona uygulanan kuvvetler arasındaki ilişkinin incelendiği alana **dinamik** denir. Bir cisme uygulanan tek bir kuvvet, hızının ve/veya yönünün değişmesine neden olur (yani, cismi **ivme**lendirir*). Eğer iki veya daha çok kuvvet cisme uygulanır ve bileşke kuvvet sıfır olursa cisim ivmelenmez, ama şeklini değiştirebilir.



Büyük geminin, küçük kayıktan daha büyük bir eylemsizliği (ve bu nedenle daha büyük bir kütlesi) vardır; gemiyi ivmelendirmek için daha büyük bir kuvvet gereklidir.*



Eşit ve zıt yönlü iki kuvvet. Bileşke kuvvet sıfır; ivme sıfırdır, ama ip gerilir.



Kuvvetler eşit değil. İp hâlâ geriliyor, ama ayrıca, bileşke kuvvet nedeniyle sola doğru ivmeleniyor.

Kütle

Bir cismin **eylemsizliğinin** bir ölçüsüdür. Bir cismi ivmelendirmek için gerekli olan kuvvetin büyüklüğü, onun kütlesine bağlıdır; kütle arttıkça gerekli kuvvet miktarı da artar.

Momentum

Bir cismin **kütle**siyle **hız vektörü**nün* çarpımı. Bir **vektörel büyüklük**tür* (ayrıca bakınız, **çizgisel momentumun korunumu yasası**).

Momentum = mv
burada m = kütle; v = hız.



Eylemsizlik

Bir cismin, **hız vektörü**nün* değişmesine direnme (yani, onu **ivme**lendirmeye* çalışan bir kuvvete karşı koyma) eğilimi. Kütle olarak ölçülür.

İtme

Bir cisme uygulanan kuvvetle bu kuvvetin uygulanma süresinin çarpımı. **Newton'un ikinci yasası**ndan, itmenin bir cismin **momentum**undaki değişime eşit olduğu çıkar. Küçük bir kuvvetin uzun bir süre uygulanmasıyla, büyük bir kuvvetin kısa bir süre uygulanması momentumda eşit miktarda bir değişime yol açabilir.

İtme = Ft
Burada F = kuvvet, t = zaman.

*Otomobilin önündeki "ezilme bölgesi" **çarpışma süresi**ni artırır, bu da kuvveti küçültür.*

Kuvvet, momentumdaki değişimin geçen zamana oranı olduğuna göre (bakınız, **Newton'un ikinci yasası**):

İtme = momentumdaki değişim



Newton'un hareket yasaları

Newton, 1670'lerin sonlarında, kuvvet ve hareketi birbirine bağlayan üç yasa formüle etti.

Newton'un birinci yasası

Bir cisim durgunsa veya hızı ve yönü sabitse, üzerine etki eden bileşke kuvvet sıfırdır.

Aşağıdaki cisme etki eden kuvvetler eşit büyüklüktedir. Bileşke kuvvet sıfır, dolayısıyla ivmelenme yok.



Newton'un ikinci yasası

Bir cismin **momentum**u değişirse, yani cisim **ivme**lenirse*, üzerine etki eden bir bileşke kuvvet olmalıdır. Genelde cismin **kütle**si sabittir; bu nedenle kuvvet, cismin ivmesi ile doğru orantılıdır: İvmenin yönü, kuvvetinkiyle aynıdır.

$$\text{Kuvvet} = \frac{\text{momentumdaki değişim}}{\text{zaman}}$$

Eğer kütle sabit kalırsa,

Kuvvet = kütle × ivme

* **Hız vektörü**, 8; **İvme**, 8; **Vektörel büyüklük**, 106.

Çarpışma

İki veya daha çok cismin birbirlerine, görece kısa bir zamanda ve görece büyük bir kuvvet uygulamasıyla ortaya çıkan olay. Günlük dildeki çarpışmadan farklı bir anlamı vardır; çünkü cisimlerin birbirlerine değmesi gerekmez.

Cisimlerin birbirlerine değmediği çarpışmalara bir örnek



Çizgisel momentumun korunumu yasası

İki veya daha çok cisim birbirlerine kuvvet uygularsa (çarpışırsa) bunların toplam **momentum**u, üzerlerine etki eden toplam dış kuvvet sıfır olduğu sürece sabit kalır. Eğer çarpışma süresi çok kısaysa ve sistem çarpışmadan hemen önce ve hemen sonra incelenirse sürtünme gibi kuvvetler ihmal edilebilir.

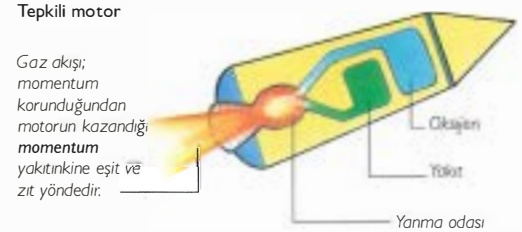


*Kütle artar; **hız vektörü*** momentumu korumak için azalır.

Tepkili motor (roket motoru)

İçindeki yakıtın yanması sonucu, arka tarafından çıkacak şekilde yüksek hızlı gaz akışı üreten bir motor. Gazın, **kütle**sinin küçük olmasına karşın, hızının çok yüksek oluşu, **momentum**unun büyük olduğunu gösterir. Roket, zıt yönde ve eşit büyüklükte bir momentum kazanır (bakınız, **çizgisel momentumun korunumu yasası**). Diğer motorların çalışması için hava gerekli olduğundan, uzayda tepkili motorlar kullanılır.

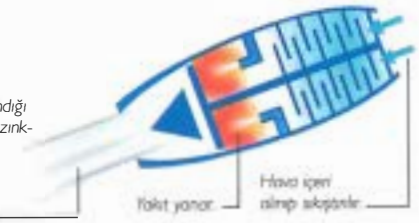
Tepkili motor



Jet motoru

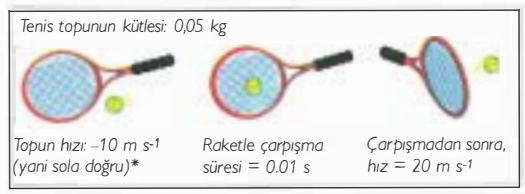
Bu motorda, ön taraftan alınıp sıkıştırılan hava, yakıtı tutuşturur ve böylece yüksek hızlı bir gaz çıkışı sağlanır. Çalışma ilkesi tepkili motorunkiyle aynıdır; sadece çıkan gaz farklı bir yolla üretilir. Çalışması için hava gerektiğinden uzayda kullanılamaz.

Jet motoru



Newton'un ikinci yasasına bir örnek

*Raketin çarptığı tenis topunun **momentum**u değişir.*



Bileşke kuvvet, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Çarpışma anındaki kuvvet} = \frac{\text{momentumdaki değişim}}{\text{zaman}} = \frac{(0{,}05 \times 20) - (0{,}05 \times -10)}{0{,}01} = 150\text{N}$$

Veya:

$$\text{Kuvvet} = \text{kütle} \times \text{ivme} = \frac{\text{kütle} \times \text{hızdaki değişim}}{\text{zaman}}$$

$$= \frac{0{,}05 \times 30}{0{,}01} = 150\text{N}$$

Newton'un üçüncü yasası

Kuvvetler her zaman, **etki** ve **tepki** denilen eşit ve zıt yönlü kuvvet çiftleri şeklinde bulunur. Böylece, eğer A cismi B'ye bir kuvvet uygularsa, B cismi de A'ya eşit ve zıt yönlü bir kuvvet uygular. Bu kuvvetler farklı cisimlere uygulandığı için birbirini yok etmez.

Newton'un üçüncü yasasına bir örnek

Sopa, topa bir kuvvet uygular ve onu zıt yönde ivmelendirir.

Top, sopaya eşit ve zıt yönlü bir kuvvet uygular (bu kuvvet sopanın ani yavaşlaması olarak hissedilir).



* **Hız vektörü**, 8; **Kutup**, 68.

* **Sağa doğru olan hareket pozitif olarak kabul edilir (bakınız işaret seçimi, sayfa 9).**

DÖNDÜRME KUVVETLERİ

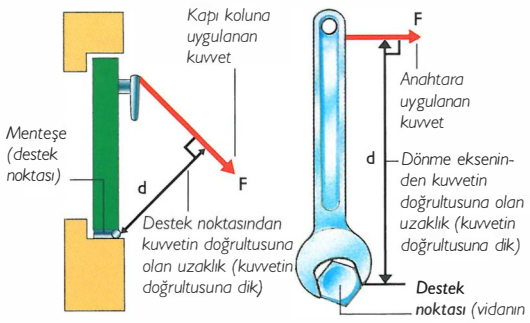
Tek bir kuvvet bir ivme* yaratır (bakınız, **dinamik**, sayfa 10). **Doğrusal hareket**te* bu bir **çizgisel (doğrusal) ivme**dir. **Dönme hareketi**nde* ise bu, dönme ekseni (**destek noktası**) etrafında uygulanan **moment**in veya döndürme kuvvetinin neden olduğu **açısal ivme**dir (dönmenin hızlanması veya yavaşlaması).



*Bir helikopterin kendi etrafında dönmesini önlemek için kuyruk pervanesinin kanatları helikoptere bir **moment** uygular.*

Moment veya **tork**

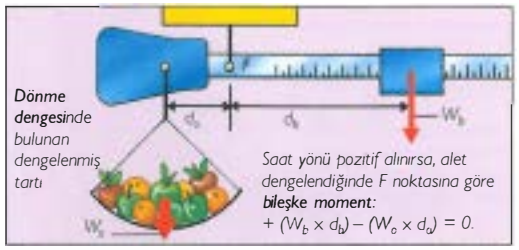
Bir kuvvetin bir cismi bir eksen (**destek noktası**) etrafında döndürme yeteneğinin bir ölçüsü. Moment, kuvvet ile kuvvetin etkime doğrultusuna dik uzaklığın çarpımıdır (aşağıdaki şekle bakınız). **SI birimleri**nde* momentin birimi **newton metre**dir (**Nm**).



Her iki durumda:

Moment = Fd

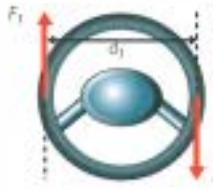
Momentleri hesaplarken, bunların hangi eksenlere göre alındığı belirtilmeli, saat yönündeki ve saatin tersi yönündeki momentleri birbirinden ayırmak için **işaret seçimi*** yapılmalıdır. **Bileşke moment**, bir arada etki eden tüm momentlerle aynı etkiye sahip olan tek bir momenttir.



Kuvvet çifti

Eşit ve zıt yönde olan ama aynı doğrultu boyunca etki etmeyen birbirine paralel iki kuvvet. **Kütle merkezi**nin* ivmesi sıfır olduğu için böyle bir çift sadece bir döndürme etkisi yaratır. Kuvvet çiftinin yarattığı **bileşke moment**, kuvvetlerin yarattığı momentlerin toplamıdır ve kuvvetlerin etki ettiği doğrultular arasındaki uzaklıkla kuvvetlerden birinin çarpımına eşittir.

Bir direksiyonu döndüren eşit ve zıt yönlü kuvvetler.



***Kuvvet çifti**nin momenti* = $F_1 \times d_1$

Bu durumda, bir kuvvet direksiyona elle uygulanır; diğeri direksiyon mili tarafından uygulanır.



***Kuvvet çifti**nin momenti* = $F_2 \times d_2$

Devrilme

Bir cismin **kütle merkezi**nden* geçen dikey çizgi destek tabanından geçmiyorsa, bu durumda ortaya çıkan olay. Eğer bu gerçekleşirse ağırlık ve **normal değme kuvveti**nin* oluşturduğu kuvvet çifti cismi daha fazla döndürerek devrilmeye yol açar:

Hafifçe eğik durumda kuvvet çifti kamyonu tekrar düzeltecektir.

Devrilmede, kuvvet çifti kamyonu daha fazla döndürecek şekilde etki eder.



***Kütle merkezi**nden* geçen dikey çizgi*

Tabanın dışından geçen dikey çizgi

*Yere yakın **kütle merkezi*** ve geniş taban, yarış arabasını oldukça kararlı bir hale getirir.*



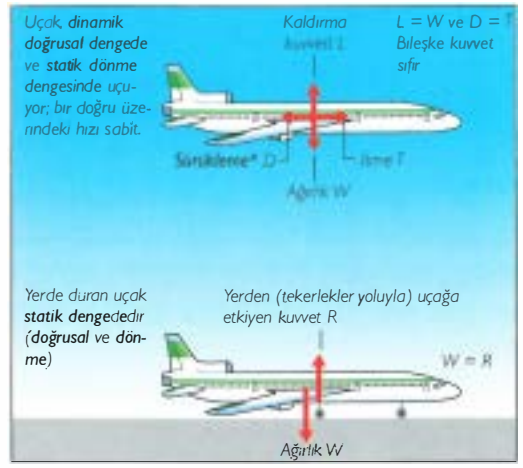
* **Açısal ivme**, 15; **Dönme hareketi, İşaret seçimi**, 9; **İvme**, 9; **Kütle merkezi, Doğrusal hareket**, 8; **Normal değme kuvveti**, 5 **(Sürtünme katsayısı); SI birimleri**, 94

Denge

Bir cisim ivmelenmiyorsa, **denge**de olduğu söylenir. Cisim, **doğrusal denge**de (yani, **kütle merkezi*** ivmelenmiyor) ve/veya **dönme dengesi**nde (yani, kütle merkezi etrafında ivmelenmiyor) olabilir. Ayrıca, her iki tür denge, **statik** (cisim hareketsiz) ya da **dinamik** (hareketli) olabilir.

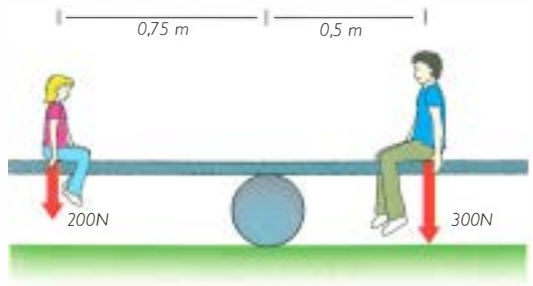
Doğrusal denge

Cismin **kütle merkezi**nin* ivmesinin sıfır olduğu durum. Yani, cismin hızı ve hareket yönü değişmez. Cisim doğrusal dengedeyken üzerine etki eden bileşke kuvvet sıfır olmalıdır.



Dönme dengesi

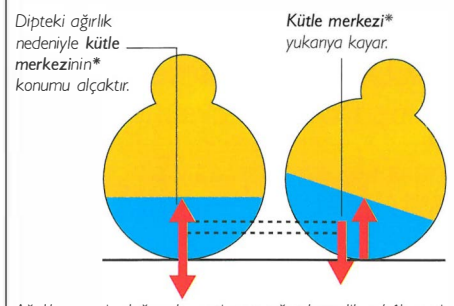
Cismin **açısal ivme**sinin* sıfır olduğu durum. Yani, cismin sabit bir **açısal hızı*** vardır. Cisim dönme dengesindeyse herhangi bir eksene göre **bileşke momenti** (bakınız, **moment**) sıfırdır. Bu kural, **momentler ilkesi** olarak bilinir.



*Sırık **statik dönme dengesi**ndedir, çünkü 200 x 0,75 = 300 x 0,5*

Kararlı denge

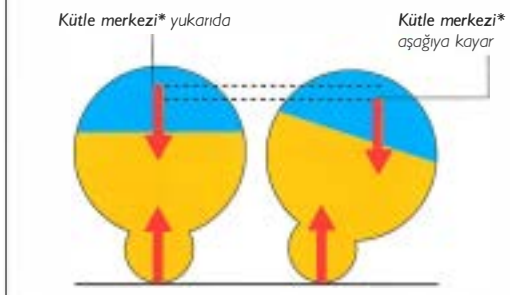
Denge konumundan çok az uzaklaştırılan bir cismin, tekrar bu konuma geri döndüğü denge türü. Cisim hareket ettiğinde **kütle merkezi*** yukarıya kayarsa bu durum ortaya çıkar:



*Ağırlık ve yerin değme kuvveti oyuncağı tekrar dikey hâle geçiren bir **kuvvet çifti** oluşturur.*

Kararsız denge

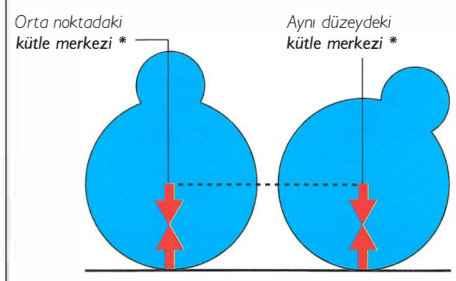
Denge konumundan çok az uzaklaştırılan bir cismin, bu konumdan daha da uzaklaşma eğiliminde olduğu denge türü. Cisim hareket ettiğinde **kütle merkezi*** aşağıya kayarsa bu durum ortaya çıkar:



*Ağırlık ve yerin değme kuvveti oyuncağın devrilmesine neden olan bir **kuvvet çifti** oluşturur.*

Nötr denge

Denge konumundan çok az uzaklaştırılan bir cismin, yeni konumunda kaldığı denge türü. Bu durum, cisim hareket ettiğinde **kütle merkezi*** sadece yatay yönde hareket ediyorsa ortaya çıkar:



Ağırlık ve değme kuvveti aynı doğru üstünde; kuvvet çifti olmadığı için oyuncak aynı konumda kalır.

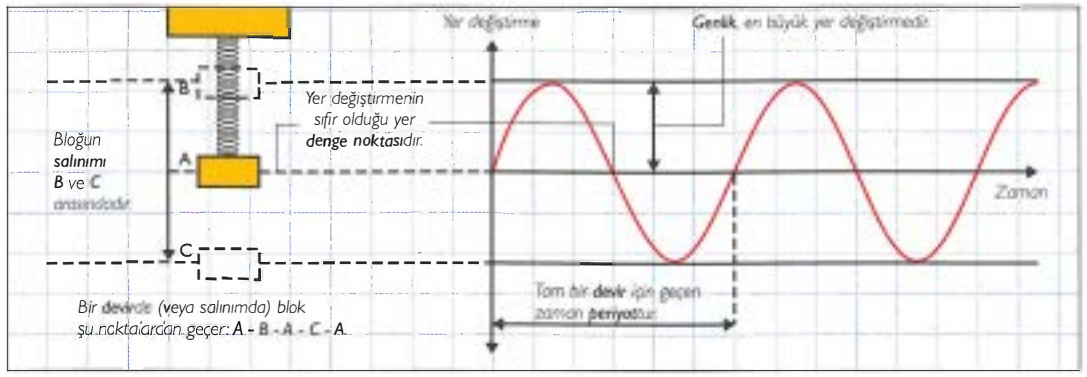
* **Açısal hız, Açısal ivme**, 15; **Sürükleme**, 17 **(Son hız); Kütle merkezi**, 8.

PERİYODİK HAREKET

Düzgün aralıklarla tekrar eden herhangi bir hareket **periyodik hareket**tir. Bir çember üzerindeki hareket (**dairesel hareket**), bir sarkacın salınımı ve moleküllerin titreşimi bu tür harekete örnek olarak verilebilir. **Dalga hareketi***, parçacıkların veya alanların periyodik hareketinden oluşur.



Sarkaç



Devir

Tekrarlayan hareketlerde, bir nokta ile, hareketin yinelemeye başladığı aynı nokta arasındaki hareket veya süre. Örneğin, dönen bir cismin bir tam dönüşü.

Salınım

İki uç nokta arasındaki periyodik hareket. Örneğin, bir yaya bağlı kütlenin yukarı ve aşağı hareketi. Salınım yapan bir sistemde **kinetik enerji*** ve **potansiyel enerji*** arasında sürekli bir dönüşüm vardır. Bir sistemin toplam enerjisi (kinetik ve potansiyel enerjinin toplamı), **sönümlenme** yoksa sabit kalır.

Periyot (T)

Hareketin bir **devrini** tamamlamak için geçen zaman. Örneğin, Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönüşünün periyodu 24 saattir.

Frekans (f)

Bir saniyedeki **devir** sayısı. **SI birimleri**nde* frekansın birimi **Hertz**'dir (Hz). Bir Hertz, saniye başına bir devire eşittir.

$$f = \frac{1}{T}$$ Burada: f = frekans, T = periyot.

Denge konumu

Bir cismin, etrafında salınım yaptığı ve salınım durduğunda yerleştiği konum. Örneğin, bir sarkacın düşey haldeki konumu. Salınım yapan bir parçacığın yer değiştirmesinin sıfır olduğu konum genellikle bu nokta olarak seçilir.

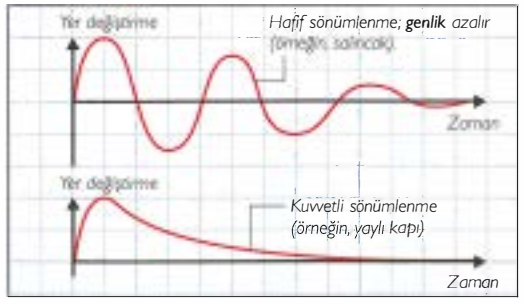
Genlik

Salınım yapan bir **parçacığın**, **denge konumu**ndan uzaklığının en büyük değeri.

Sönümlenme

Enerji kaybı yüzünden salınımların giderek yavaşlaması süreci. Örneğin, otomobillerdeki amortisörler, yoldaki bir tümseği geçtikten sonra otomobilde oluşan salınımların gittikçe yavaşlamasını sağlar.

Salınım yapan bir sistemdeki sönümlenme



* Dalga hareketi, 32; Kinetik enerji, 7; Potansiyel enerji, 6; SI birimleri, 94.

Doğal veya **serbest salınım**

Bir ilk hareket verildikten sonra, bir sistemin yaptığı **salınım**. Bu sistemin **periyoduna** ve **frekans**ına sırasıyla, **doğal periyot** ve **doğal frekans** denir (**sönümlenme** çok büyük olmadığı sürece bunlar aynı kalır).



Zorlanmış salınım

Düzgün aralıklarla tekrarlayan bir sürücü kuvvet (sisteme uygulanan bir kuvvet) sonucu sistemin **salınım**ı. Sistem, **doğal frekans**ı ne olursa olsun, sürücü kuvvetin **frekans**ında salınım yapar.



Rezonans

Sürücü kuvvetin (sisteme uygulanan kuvvet) **frekans**ı, sistemin **doğal frekans**ıyla aşağı yukarı aynı olduğunda, bu sistem tarafından gösterilen davranış. Rezonanstayken sistemin yaptığı salınımın **genliği** büyüktür.

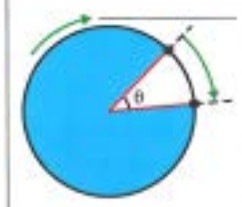


* İvme, 9; Hız vektörü, 8.

Dairesel hareket

Düzgün dairesel hareket

Cismin bir daire boyunca sabit hızlı hareketi. Hızın yönü (dolayısıyla **hız vektörü***) değiştiği için cisim, merkeze doğru **ivme**lenir* (**merkezcil ivme**). Bu nedenle merkeze doğru etki eden bir kuvvet bulunur. Dairesel hareket, **açısal hız**a* göre incelenebilir.



Çember üzerindeki hız sabittir.

Cisim t süresi boyunca θ açısı süpürür.

***Açısal hız**, saniye başına süpürülen açıya eşittir. Birimi, Saniye başına radyandır.*

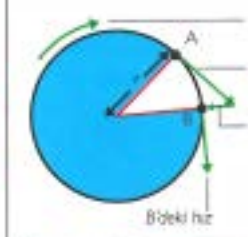
***Açısal hız** = θ/t (rad s^{-1} biriminde)*

Merkezcil ivme (a)

Dairesel hareket (yukarıya bakınız) yapan bir cismin, dairenin merkezine doğru yönelmiş **ivme**si*.

Merkezcil kuvvet

Cisme bir **merkezcil ivme** kazandıracak şekilde dairenin merkezine doğru etkiyen ve böylece onu daire üzerinde harekette tutan kuvvet.



Çember üzerindeki hız sabittir.

A'daki hız

***Merkezcil ivme**nin (ve **merkezcil kuvvet**in yönü)*

***Açısal hız**daki değişim bir **açısal ivme**ye neden olur (örneğin, eğer daire üzerindeki hareketin hızı değişirse).*

B'deki hız

$$a = \frac{v^2}{r}$$ Burada: a = merkezcil ivme; v = daire çevresindeki hız; r = yarıçap.

Dairesel hareket yapan bir referans sisteminde (şekildeki vagon gibi) bulunan bir gözlemciye göre, bu sistemdeki bütün cisimlere etkiyormuş gibi görünen kuvvete **merkezkaç kuvveti** denir. İvmesiz referans sistemlerinde bu kuvvet yoktur ve kuvvet hesaplarında göz önüne alınmaz.

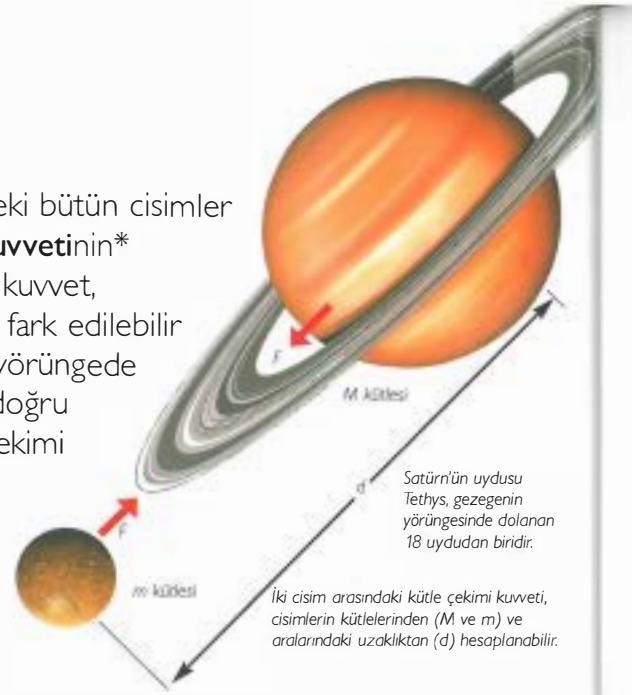


*Adamı daire üzerinde hareket ettirmek için koltuğun uyguladığı **merkezcil kuvvet**.*

*Trendekilere göre adama etkiyen **merkezkaç kuvveti**.*

KÜTLE ÇEKİMİ

Kütle çekimi (yerçekimi) olgusu, evrendeki bütün cisimler arasında etkili olan çekici **kütle çekimi kuvveti**nin* sonucudur (ayrıca bakınız, sayfa 102). Bu kuvvet, gezegenler gibi büyük kütleli cisimler için fark edilebilir büyüklüktedir. Aynı kuvvet, bu cisimlerin yörüngede kalmasından sorumludur. Bir cismi aşağı doğru çeken, gezegenle cisim arasındaki kütle çekimi kuvvetine cismin **ağırlığı** denir.



Satürn'ün uydusu Tethys, gezegenin yörüngesinde dolanan 18 uydudan biridir.

İki cisim arasındaki kütle çekimi kuvveti, cisimlerin kütlelerinden (M ve m) ve aralarındaki uzaklıktan (d) hesaplanabilir.

Newton'un kütle çekimi yasası

Kütleli herhangi iki cisim arasında, cisimlerin kütlelerine ve aralarındaki uzaklığa bağlı olan çekici bir kütle çekimi kuvveti olduğunu ifade eder. **Kütle çekimi sabiti**nin **(G)** değeri $6{,}7 \times 10^{-11}$ $Nm^2\ kg^{-2}$'dir. Bu değerin bu kadar küçük olması, kütlelerden biri çok büyük olmadığı sürece kütle çekimi kuvvetinin ihmal edilebileceği anlamına gelir.

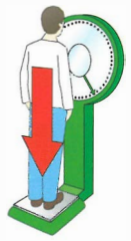
$$F = G\frac{Mm}{d^2} \qquad \text{burada, } G = \text{kütle çekimi sabiti}$$

Ağırlık

Kütlesi büyük bir cismin (örneğin bir gezegen) diğer bir cisim üzerine uyguladığı çekim kuvveti. Cismin ağırlığı sabit değildir; gezegenin kütlesine ve cismin gezegene olan uzaklığına bağlıdır. Bu nedenle, bir cismin kütlesi konumundan bağımsız, ağırlığı ise konumuna bağımlıdır.

Kütlesi 100 kg olan bir adamın ağırlığı konumuna göre değişir:

Tartı aslında üzerine uygulanan kuvveti ölçer, fakat bunu kütleye çevirir. Yeryüzü'nde 100 kg'lık bir kütlenin ağırlığı 980 N'dur.

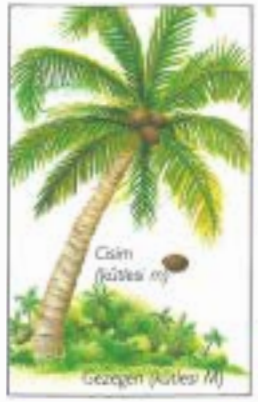


Ay (Dünya'dan küçük) yüzeyinde 100 kg'lık bir kütlenin ağırlığı 160 N'dur.



Kütle çekimi (yerçekimi) ivmesi (g)

Kütle çekimi kuvvetinin yarattığı ivme*. Belli bir yerde, değeri her kütle için aynıdır. Dünya yüzeyinde değeri yaklaşık 9,8 m s^{-2}'dir ve **Newton'un kütle çekimi yasası**na göre, yüzeyden yukarıya çıktıkça azalır. Bazı uygulamalarda 9,8 m s^{-2} değeri, bir ivme birimi olarak kullanılır (**g-kuvveti**).



Newton'un kütle çekimi yasasından ve Newton'un ikinci yasasından:*

$$\text{Kütleye etki eden kuvvet } (= mg) = G\frac{Mm}{d^2}$$

*Böylece, **kütle çekimi ivmesi (g)**:*

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

*Ani dönüşler sırasında pilotlar, bilinç kaybına bile neden olabilecek büyük bir **g-kuvveti** hissederler (örneğin 5g; normalin beş katı).*



*İvme, 9; Kütle çekimi kuvveti, 4; Newton'un ikinci yasası, 10.

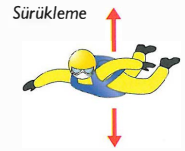
Son hız

Bir gazın veya sıvının içinde düşmekte olan bir cismin ulaşabileceği en büyük sabit hız. Hız artarken havadan veya sıvıdan kaynaklanan direnç de (**sürükleme**) artar. Bir süre sonra sürükleme, cismin ağırlığına eşitlenir ve hız artık artmaz.

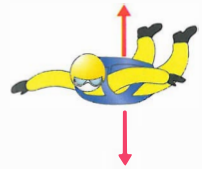


*Paraşütçünün atladıktan hemen sonraki **hızı*** = 0, böylece, **sürükleme** = 0 ve **ivme*** = g.*

Hız ve sürükleme artar, ivme g'den daha küçük.



*Aşağı doğru olan kuvvet = **ağırlık**.*



*Son hız**dayken sürükleme ve ağırlık aynı büyüklüktedir, ivme = 0.*



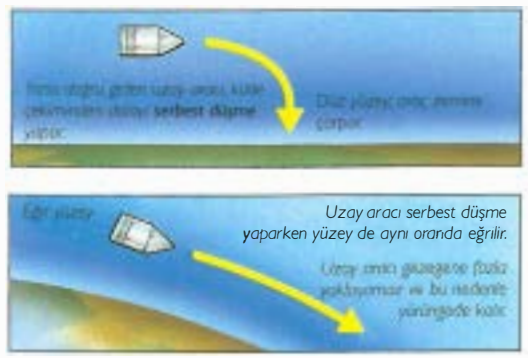
Paraşüt açılır. Sürükleme daha büyük, son hız daha küçük olur.

Kurtulma hızı veya kaçış hızı

İleriye doğru itici bir güç olmaksızın, bir cismin, bir gezegenin kütle çekiminden kurtulması için sahip olması gereken en küçük hız. Dünya için bu hız 40.000 km saat^{-1}'tir.

Serbest düşme

Cismin, yalnızca kütle çekiminin etkisindeyken yaptığı sınırlandırılmamış hareket (yani, hava direnci gibi harekete karşı koyan kuvvetlerin bulunmadığı hareket).



*Hız, 8; İvme, 9; Periyot, 14.

Ağırlıksızlık

Cismin çevresine hiçbir kuvvet uygulamadığı durum.

Gerçek ağırlıksızlık

Cismin, kütle çekiminin olmadığı bir yerde bulunmasından dolayı **ağırlıksızlığı**.

Görünür ağırlıksızlık

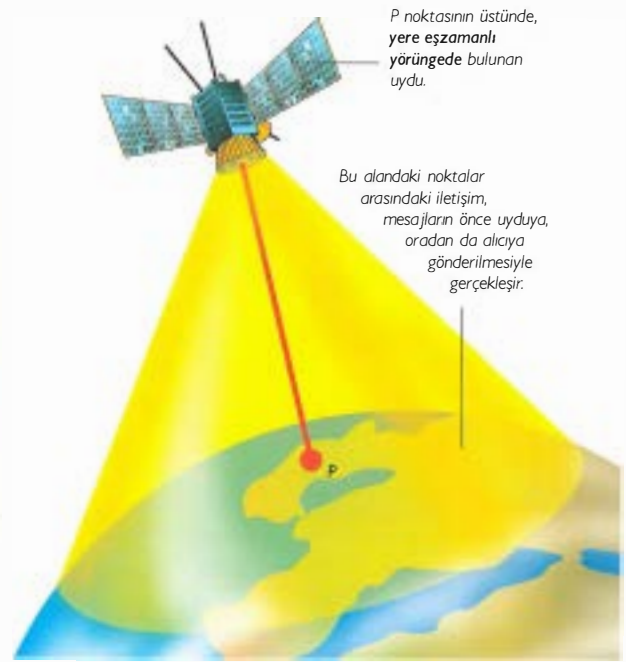
Bir cismin üzerine sanki hiç kütle çekimi kuvveti etkimiyormuş gibi görünmesi durumu. İki cisim birbirinden bağımsız olarak aynı **ivme**ye* sahip olduğunda ortaya çıkar.



*Uzay aracındaki astronot, araçla aynı şekilde serbest düşme yapar ve bu nedenle aracın içinde **görünür ağırlıksızlığa** sahiptir.*

Yere eşzamanlı yörünge

Dünya çevresinde dönen bir uydunun, yere göre daima aynı konumda kalacak şekilde Dünya ile aynı yönde dönerken izlediği yörünge. Böyle bir uydunun **periyodu** 24 saattir.

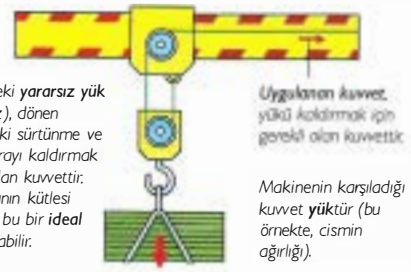


MAKİNELER



Bir **makine**, yük denilen bir kuvveti karşılamak için kullanılan bir alettir. Bu kuvvet bir noktada makineye uygulanır ve makine **uygulanan kuvvet** denilen diğer bir kuvvetin farklı bir noktada uygulanmasıyla çalışır. Örneğin, bir **makara**nın halatına uygulanan küçük bir kuvvet, makaranın kaldırmakta olduğu cismin ağırlığını karşılar.

Makara sistemi (makinelere bir örnek)



(Ayrıca bakınız, sayfa 19)

*Bu makinedeki **yararsız yük** (sağa bakınız), dönen makaralardaki sürtünme ve alttaki makarayı kaldırmak için gerekli olan kuvvettir. Eğer makaranın kütlesi çok küçükse, bu bir **ideal makine** sayılabilir.*

Yararsız yük

Makinenin hareketli parçalarını kaldırmak ve bunlar arasındaki **sürtünme kuvvetleri**ni* yenmek için gerekli olan kuvvet.

İdeal makine

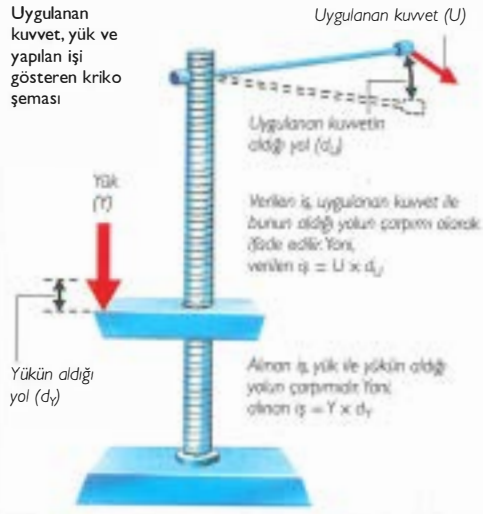
Yararsız yükü sıfır olan kuramsal bir makine. Yükü, yararsız yüküne göre ihmal edilebilen makineler ideal makine sayılabilir.

Mekanik yarar (M.Y.)

Yükün (Y), uygulanan kuvvete (U) oranıdır. Mekanik yararın birden büyük olması, yükün (karşılanan kuvvet) uygulanan kuvvetten daha büyük olduğu anlamına gelir. **İdeal makine**nin mekanik yararı, yük artsa da aynı kalır. Buna karşın, gerçek bir makinenin mekanik yararı artan yükle hafifçe artar çünkü yük artarken **yararsız yük** daha az önemli olur.

$$M.Y. = \frac{Y}{U}$$

Uygulanan kuvvet, yük ve yapılan işi gösteren kriko şeması



Yol veya Hız oranı (H.O.)

Uygulanan kuvvetin aldığı yolun, yükün aldığı yola oranıdır. Birimsiz bir büyüklüktür. Hız oranının birden büyük olması, uygulanan kuvvetin yükten daha fazla yol aldığı anlamına gelir.

$$H.O. = \frac{d_U}{d_Y}$$

Verim

Yüke yapılan işin (kuvvet x yol; bakınız, sayfa 6), yani alınan işin, uygulanan kuvvet tarafından yapılan işe (verilen iş) oranı. Yüzde olarak ifade edilir. Tüm gerçek makinelerin verimi, **yararsız yük** nedeniyle % 100'den daha azdır. **İdeal makineler**in verimi % 100'dür.

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{alınan iş}}{\text{verilen iş}} \times 100$$

$$= \frac{Y \times d_Y}{U \times d_U} \times 100$$

$$= M.Y. \times \frac{1}{H.O.} \times 100$$

$$\text{Verimlilik} = \frac{M.Y.}{H.O.} \times 100$$

İdeal makine (% 100 verimli): M.Y. = H.O.

* Sürtünme kuvveti, 5.

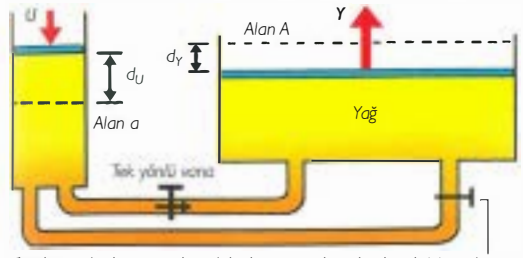
Makinelere örnekler

Hidrolik cendere

Bir boruyla birbirine bağlı ve içi akışkanla dolu, biri büyük diğeri küçük iki silindir. Büyük kuvvetler sağlamak için kullanılır.

Hidrolik cendere

*Hareket eden suyun hacmi = a x d_U = A x d_Y böylece **H.O.** (d_U / d_Y) = A / a*



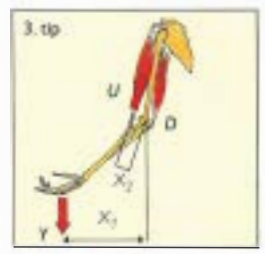
Cendere çalışırken vana kapalıdır; basıncı serbest bırakmak için açılır.

Kaldıraç

Destek noktası (D) denen bir eksene göre hareket eden herhangi bir katı cisim. Yük ve uygulanan kuvvet, bunun her iki yanına olduğu gibi, sadece bir yanına da uygulanabilir. Aşağıda görüldüğü gibi üç değişik kaldıraç tipi vardır.

Destek noktası, yük ile uygulanan kuvvet arasında.

Yük, uygulanan kuvvet ile destek noktasının arasında.



Uygulanan kuvvet, destek noktası ile yük arasında.

Denge* koşulu:
$Y \times x_1 = U \times x_2$

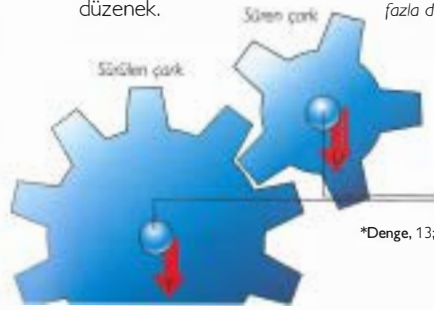
Böylece $M.Y. = \frac{Y}{U} = \frac{x_2}{x_1}$

$H.O. = \frac{x_2}{x_1}$

***Hız oranı, momentler**den* yola çıkarak ve M.Y.=H.O. olduğunu varsayarak hesaplanır (bakınız **verim**).*

Dişli çark

Dişlilerden oluşan ve dönen millerin hareketini birbirine iletmek için kullanılan bir düzenek.



Sürülen dişlinin üstündeki diş sayısının, süreninkinin iki katı olması, süren dişlinin diğerinden iki kat daha fazla döndüğünü gösterir.

*Böylece, **H.O.** = sürülen çarktaki diş sayısının süren çarktaki diş sayısına oranı.*

Millerin çapları eşit

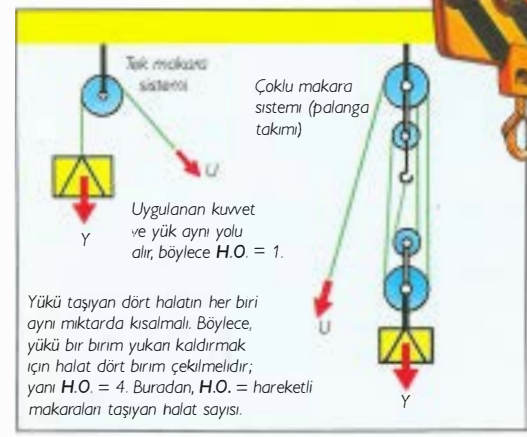
***Denge**, 13; **Moment**, 22.

Makara sistemi

Bir makara (veya makaralar düzeneği) ve hareketi ileten bir halat, kayış veya zincirden oluşan bir düzenek.



Makara sistemleri



Eğik düzlem

Yatayla bir açı yapan düzlem yüzey. Bir cismi eğik düzlem üzerinde yukarı doğru taşımak, doğrudan kaldırmaktan daha kolaydır:

Eğik düzlem

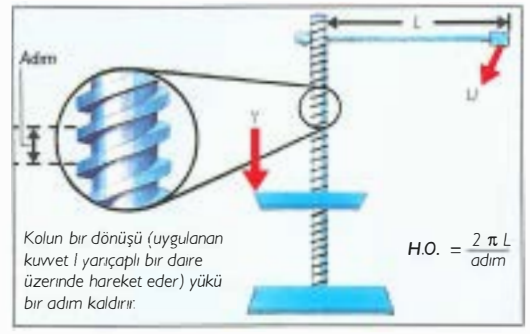
$H.O. = \frac{l}{h}$



Kriko

Yükü kaldırmak için bir vidanın kullanıldığı düzenek (örneğin araba krikosu). **Adım**, vidanın dişleri arasındaki uzaklıktır.

Kriko



MOLEKÜLER ÖZELLİKLER

Maddenin, moleküllerinin davranışlarına, özellikle de aralarındaki kuvvetlerin (**moleküllerarası kuvvetler***) etkisi altındaki davranışlarına göre açıklanabilen birtakım özellikleri vardır. Bu bölümde anlatılan özellikler, **esneklik**, **yüzey gerilimi** ve **viskozite**dir (iç sürtünme). Ayrıca, 2-3. ve 22-23. sayfalara bakınız.

Esneklik

Bir maddenin, üzerine uygulanan kuvvetler (yani **gerilme*** veya **sıkışma***) ortadan kalktıktan sonra tekrar eski şekline ve büyüklüğüne dönebilme yeteneği. Bu özelliği olan maddelere **esnek** denir; olmayanlara ise **plastik.**



*Soğuk balmumu **plastik**tir (damga, balmumu üzerinde kalıcı bir iz bırakır).*

Esneklik, **moleküllerarası kuvvetler**in* bir sonucudur; bir cisim gerilir veya sıkıştırılırsa cismin molekülleri de birbirinden uzaklaşır veya birbirine yaklaşır. Bu, bir çekim kuvvetiyle (birinci durumda) veya itme kuvvetiyle (ikinci durumda) sonuçlanır. Böylece moleküller, kendilerine etki eden kuvvetler ortadan kalktıktan sonra ortalama konumlarına geri döner. Söz konusu durum, kuvvetlerin büyüklüğü belli bir düzeyin altındaysa daima gerçekleşir (bu düzey her madde için farklıdır). Ancak kuvvet bu düzeyi aşarsa tüm esnek maddeler plastik hale gelir (bakınız, **esneklik sınırı** ve **kopma noktası**).



*Balonlar **esnek**tir; gerildikten sonra eski şekillerine dönerler.*

Hook yasası

Bu yasa, cisme bir kuvvet uygulandığında **zorlama**nın **yamulma** ile doğru orantılı olduğunu ifade eder. Kuvvetin büyüklüğü belli bir değere ulaştığında **orantılılık sınırı**na varılır (21. sayfadaki grafiğe bakınız); bu noktadan sonra Hook yasası geçerliliğini kaybeder.

Gerilmiş bir teldeki yamulma ve zorlama



***Yamulma** (zorlanma), birim uzunluk başına uzunluktaki değişmeye denir.*

$$\text{Yamulma} = \frac{e}{\ell}$$ burada e = uzunluktaki değişme, ℓ = asıl uzunluk

***Zorlama**, birim alan başına uygulanan kuvvete denir.*

$$\text{Zorlama} = \frac{F}{A}$$ burada F = uygulanan kuvvet, A = yüzey alanı

*Kantar, kuvveti ölçerken **Hook yasası**na göre çalışır. Yay, uygulanan kuvvetle doğru orantılı olarak uzar.*



*Kantarın ölçeği, yayın uzunluğu uygulanan kuvveti **newton** olarak verecek şekilde **kalibre edilir***.*

***Gerilen** veya **sıkıştırılan** bir cisim için, **zorlama**nın **yamulma**ya oranı (yukarıya bakınız), belli bir madde için (**Young modülü**; bakınız, sayfa 110), **orantılılık sınırı**na varılıncaya kadar aynı kalır.*

Esneklik sınırı

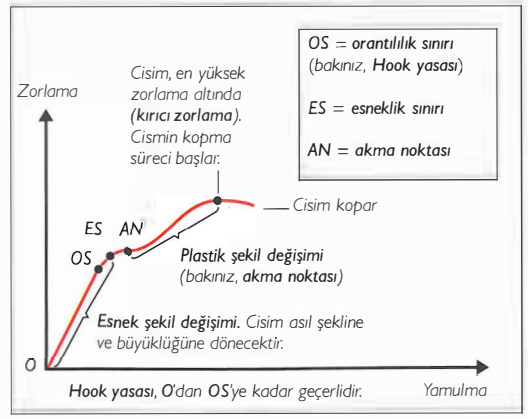
Orantılılık sınırından hemen sonra gelen, daha ötesinde cismin **esnek**lik özelliğini kaybettiği nokta (bakınız, **Hook yasası**). Bu nokta geçilirse, uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldığında cisim asıl şekline ve büyüklüğüne dönemez. Cisim önceki haline benzer bir şekle ve büyüklüğe döner, ama kalıcı bir yamulmaya uğramıştır (üzerine kuvvetler uygulanırsa bu yeni şekline dönmeye çabalayacaktır, yani bir anlamda esnekliği devam etmektedir).

* **Gerilme,** 5; **Kalibre etme,** 113; **Newton,** 4; **Sıkışma, Moleküllerarası kuvvetler,** 5.

Akma noktası

Esneklik sınırından hemen sonraki nokta. Bu noktada zorlayıcı kuvvet, cisimde büyük bir şekil değişimine neden olur. **Sünek*** bir maddede iç yapı değişir; molekül tabakaları arasındaki bağlar kırılır ve bu tabakalar birbirlerinin üzerinde kaymaya başlar. Bu değişime **plastik şekil değişimi** denir (cisim plastik hale gelir). Uygulanan kuvvet daha da artırılırsa bu şekil değişimi sürer ve belli bir aşamada cisim kopar. Buna karşın **kırılgan** maddelerde kopma **akma noktası**nda gerçekleşir. Bir maddenin **akma zorlaması**, **akma noktası**ndaki **zorlama**nın değeridir (aşağıdaki grafiğe bakınız).

Sünek* bir cismin zorlama/yamulma grafiği



Viskozite veya ağdalık

Bir akışkanın akmasındaki zorluk. Birbiri üzerinde kayan farklı molekül tabakaları arasındaki **sürtünme kuvveti**nin* büyüklüğüne bağlı olarak değişir. **Akışkanlık**, viskozitenin tersidir.

Diş macunu: az akışkan, yüksek viskozite. Yavaşça akar.



Su: çok akışkan, düşük viskozite. Hızla akar.

*Eğri kırmızı çizgiler, **hız profilleri**dir. Tüpün içindeki moleküllerin hızını gösterirler.*

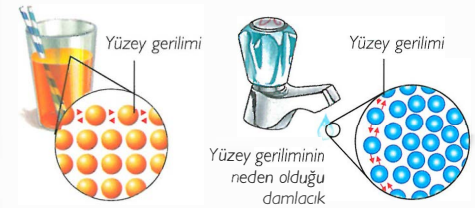
*Akışkanın dış tabakalarının hareketi, akışkanla içinde bulunduğu kabın dış yüzeyleri arasındaki **sürtünme kuvveti*** nedeniyle yavaşlar. İçlere doğru, sürtünme giderek etkisini kaybeder. Sudaki etki kaybolması, diş macunundakinden daha fazladır.*

***Menisk,** 113; **Moleküllerarası kuvvetler, Sürtünme kuvveti,** 5; **Sünek,** 113.*

Yüzey gerilimi

Bir sıvının **moleküllerarası kuvvetler**den kaynaklanan ve sıvı yüzeyinin büzülerek olası en küçük alanı kaplamasına neden olan özelliği.

Yüzey gerilimine iki örnek



Yüzeydeki moleküller, diğer moleküller tarafından sıvının içine doğru çekilirler (bakınız, **moleküllerarası kuvvetler*** sayfa 5). Bu etki, sıvının toplam yüzey alanının küçülmesine neden olur. Ayrıca, sanki yüzeydeki moleküller birbirlerini çekiyormuş gibi yüzeye esneklik veren sabit bir gerilme ortaya çıkar.

Gerridae (Suda koşan) ailesinden böcek



Yapışma (adhezyon)

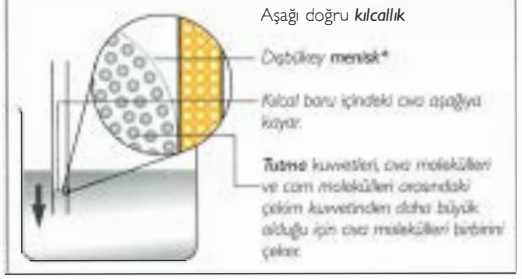
Farklı maddelerin molekülleri arasındaki çekici **moleküllerarası kuvvet***.

***Kılcal olay** veya **kılcallık,** yapışma veya tutmanın bir sonucudur.*



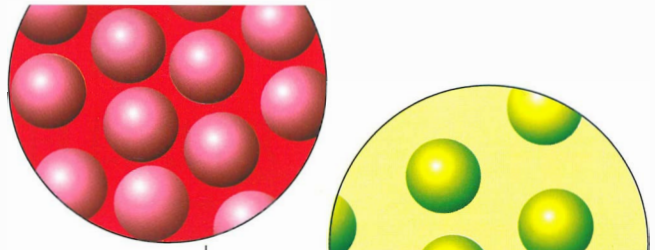
Tutma (kohezyon)

Aynı maddenin molekülleri arasındaki **moleküllerarası kuvvet***.



YOĞUNLUK VE BASINÇ

Bir cismin **yoğunluğu** (ρ), hacmine ve moleküllerinin kütlesine bağlıdır (sağdaki formüle bakınız). Örneğin, bir maddenin yoğunluğu diğerinden daha büyükse, o zaman, bu maddelerin eşit hacimlerindeki kütle miktarı farklıdır (birincinin kütlesi, diğerinden daha büyüktür).
Aynı şekilde, eşit kütleli cisimlerin hacimleri farklıdır.



A cismi. Ağır moleküller bir irlerine oldukça yakındır. ***Yoğunluk*** *daha yüksek.*

B cismi. Hafif moleküller birbirlerinden oldukça uzaktadırlar. Yoğunluk daha az.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

buradaki ρ = yoğunluk; m = kütle, v = hacim.

Buradan, $m = \rho \times v$

Eğer v hacmi A ve B cisimleri için aynıysa A'nın kütlesi daha büyüktür.

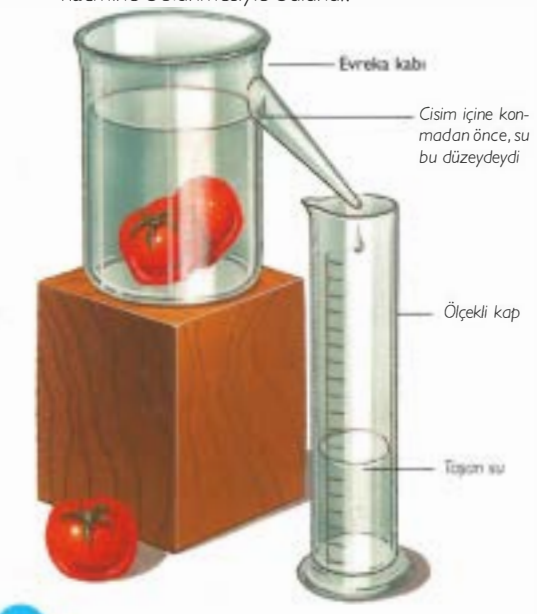
SI birimleri*nde* yoğunluğun birimi kg m⁻³'tür.*

Bağıl yoğunluk

Bir maddenin yoğunluğunun suyun yoğunluğuna (1000 kg m^{-3}) oranı. Bir maddenin suya göre ne kadar az ya da fazla yoğunlukta olduğunu ifade eder; bu nedenle, birimsiz bir büyüklüktür. Örneğin, 1,5 gibi (suyun yoğunluğunun bir buçuk katı yoğunlukta). Maddenin kütlesinin, aynı hacimdeki suyun kütlesine oranına eşittir:

Evreka kabı

Şekli düzgün olmayan katı bir cismin hacmini ölçmeye yarayan bir kap; cismin hacmi bulunduktan sonra yoğunluğu hesaplanır. Taşan suyun hacmi, cisminkine eşittir. Cismin yoğunluğu kütlesinin hacmine bölünmesiyle bulunur.



Yoğunluk kabı

Tamamen doldurulduğunda, hacmi kesin olarak bilinen sıvı (sabit sıcaklıkta) içeren kap. Sıvıların yoğunluğunu ölçmek için kullanılır (sıvının ve kabın kütlesi birlikte ölçülür; kabın kütlesi toplam kütleden çıkarılır; buradan bulunan sıvının kütlesi hacmine bölünür).



Tıpadaki ince boru (kılcal boru): Şişe sıvıyla doldurulur, tıpa takılır; fazla sıvı kılcal boruda yükselerek dışarı akar; böylece her seferinde kaptaki sıvının aynı hacimde olması sağlanır.

Hidrometre veya aerometre

İçine daldırıldığı sıvının yoğunluğunu, bu sıvıya ne kadar battığından yararlanarak ölçmeye yarayan bir alet. Sıvı çok yoğunsa bunun çok az bir miktarı yer değiştireceği için hidrometre sıvının yüzeyine yakın bir yerde kalacaktır.

Hidrometre



* **Kalibre etmek,** 113; **SI birimleri,** 94.

Basınç

Basınç, bir maddenin (katı, sıvı veya gaz) birim alanına, bir katı, sıvı veya gaz tarafından dik olarak uygulanan kuvvettir:

Bir kaptaki suyun basıncı

Belli bir alana uygulanan kuvvet ne kadar büyürse basınç da o kadar artar.

Bu su kabının üst kısmında, aşağıya doğru baskı yapan çok az miktarda su molekülü var; bu nedenle, daha küçük bir ağırlık, dolayısıyla da daha küçük bir basınç oluşur. Daha aşağıdaysa daha fazla su molekülü, böylece de daha fazla ağırlık (kuvvet), bunun sonucunda da daha fazla basınç vardır.



Belli bir kuvvetin uygulandığı alan ne kadar büyükse basınç da o kadar azdır. Örneğin, ren geyiklerinin geniş ayakları, kara uygulanan basıncı azaltacak şekilde ağırlığı yayarak kar ayakkabısı işlevi görür.

Kuvvetin uygulandığı alan ne kadar küçükse basınç da o kadar artar. Keskin bıçak kör bıçaktan daha iyi keser, çünkü birincisinde kuvvet daha küçük bir alana uygulanır.



SI birimleri*nde* basıncın birimi pascal'dır (Pa).*

$$\text{Basınç} = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{alan}}$$

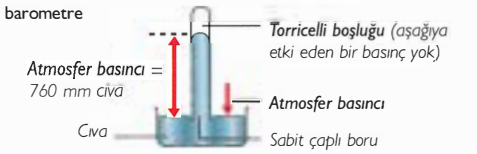
Barometre

Atmosfer basıncını (Yeryüzü'nün üzerindeki hava moleküllerinin ağırlığından kaynaklanan basınç) ölçmek için kullanılan bir alet. Birkaç türü vardır:



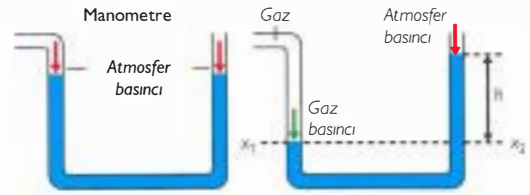
Basıncı *okuyarak kabaca hava durumunu veren bir* ***ev barometresi****.*

Basit barometre



Manometre

İçinde bir sıvı bulunan U şeklindeki bir boru. Akışkanların basınçları arasındaki farkı ölçmek için kullanılır.



x_1 ve x_2'deki (aynı düzeydeki) basınçlar eşit olmalıdır. Bu nedenle, gazın basıncı = x_2'deki basınç = atmosfer basıncı + h yüksekliğindeki sıvının basıncı.

Akışkanlardaki cisimler

Bir akışkan, içindeki bir cisme **kaldırma kuvveti** denen yukarı doğru bir kuvvet uygular. **Arşimet ilkesi**ne göre bu kuvvet, cismin taşırdığı akışkanın ağırlığına eşittir. Buna ek olarak, **yüzme ilkesi**, bir cisim yüzüyorsa, yer değiştirdiği akışkanın ağırlığının (kaldırma kuvveti) cismin ağırlığına eşit olduğunu ifade eder. Bir akışkandaki (hava/su) bir cisim için batma, yükselme veya yüzme durumlarından hangisinin geçerli olduğu tamamen yoğunluğa bağlıdır (aşağıya bakınız).

Denizaltılar, ***Arşimet ilkesi****ni ve* ***yüzme ilkesi****ni kullanır. Sarnıçlarındaki hava/su karışımının değiştirilmesiyle denizaltının yoğunluğu değiştirilir.*

Arşimet ilkesi

$$\text{Kaldırma kuvveti} = \text{taşırılan akışkanın ağırlığı}$$

Yüzme ilkesi

Yüzen cisimler için $U = W$ (burada U = kaldırma kuvveti, W = cismin ağırlığı)

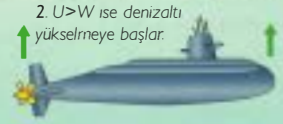
Ağırlık = kütle (m) x kütle çekimi ivmesi (g)
Kütle = yoğunluk (ρ) x hacim (v)
Buradan, ağırlık (cismin veya yer değiştiren sıvının) = ρvg

Denizaltının üzerine iki kuvvet etki eder: Kendi ağırlığı (W) ve ***kaldırma kuvveti*** *(U).*

1. U = W ise denizaltı belli bir derinlikte kalır.



2. U>W ise denizaltı yükselmeye başlar.



U ve W'nin her ikisi = ρvg (yukarıya bakınız). v ve g her ikisi için de aynıdır ve suyun yoğunluğu sabittir. Böylece denizaltının 1, 2 ve 3'üncü konumlarındaki davranışı, denizaltının yoğunluğu değiştirilerek elde edilebilir. 1'incide denizaltının yoğunluğu suyunkiyle aynı, 2'incide suyunkinden daha az, 3'üncüde daha büyüktür.

Denizaltı yüzeye çıkar ve yüzer. Denizaltının yoğunluğu hâlâ suyunkinden daha az. Ama U = W, çünkü bu durumda yer değiştiren suyun hacmi daha azdır.



3. U<W ise denizaltı dalmaya başlar.



* **SI birimleri,** 94.

SICAKLIK

Bir cismin **sıcaklığı** o cismin ne kadar sıcak olduğunun bir ölçüsüdür. Sıcaklık, değişik sıcaklık ölçeklerinden birini gösterecek şekilde **kalibre edilen*** termometreler kullanılarak ölçülür. Uluslararası düzeyde kabul edilmiş ölçekler **mutlak sıcaklık ölçeği** ve **Celsius ölçeği**dir.



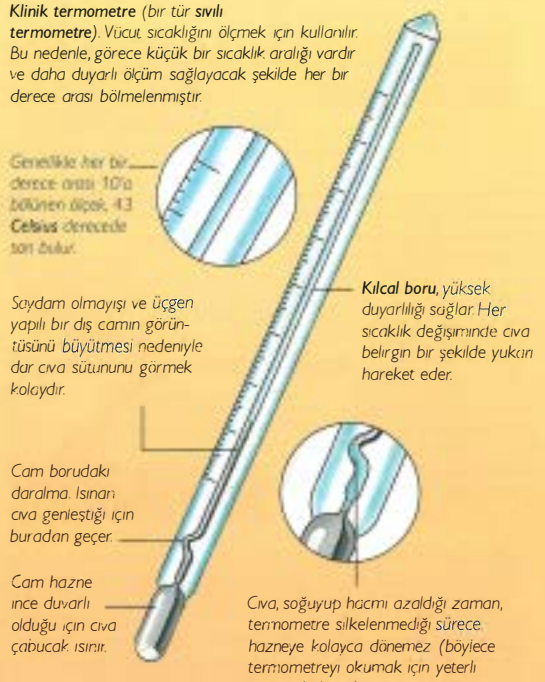
Venüs yüzeyindeki sıcaklık yaklaşık 480°C veya 753 K'dir. Bunun nedeni, kalın bulutların Güneşten gelen ışınımı tutması ve ısının kaçmasına engel olmasıdır.

Termometre

Sıcaklığı ölçmeye yarayan bir alet. Çok farklı türleri vardır ama hepsi bir **termometrik özelliği** (sıcaklıkla değişen bir özellik) ölçme ilkesine dayanır. Örneğin, **sıvılı termometre**ler bir sıvının hacmini ölçer (alet, her hacim için o hacme karşılık gelen sıcaklığı gösterecek şekilde **kalibre*** edilir).

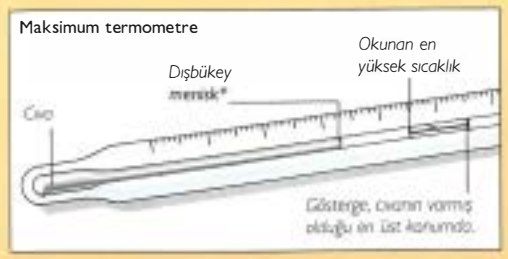
Sıvılı termometre

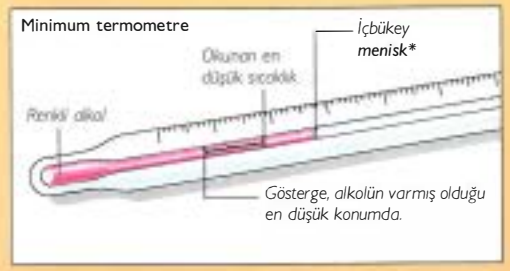
İnce bir cam borunun (**kılcal boru**) içindeki sıvının genleşmesini kullanarak sıcaklığı ölçen bir tür **termometre**. Genellikle renklendirilmiş alkol veya cıva olan sıvı, cam bir haznede tutulur. Bu maddeler sıcaklık değişimine karşı çok duyarlıdır; cıva daha yüksek sıcaklıkları ölçmek için kullanılırken, alkol daha düşük sıcaklıklarda kullanılır.



Maksimum ve minimum termometreleri

Belirli bir zaman diliminde varılan maksimum veya minimum sıcaklığı kaydeden özel **sıvılı termometre**ler. Sıvı **menisk*** aracılığıyla aşağı çekilip yukarı itilebilen metal ve cam **gösterge** (aşağıdaki resme bakınız) içerir. Gösterge, termometre ile ölçüm yapılan süre içinde eriştiği en yüksek (maksimum) veya en düşük (minimum) konumlarına yerleşir. Ölçümden sonra, göstergeyi tekrar eski konumuna döndürmek için bir mıknatıs kullanılır.





Diğer termometre türleri



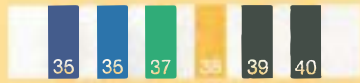
*Uçakların kanatlarının altında, hava sıcaklığını ölçmeye yarayan **termistör**ler* vardır.*

Dirençli termometre

Sıcaklıktaki değişim sonucu, bir telin **direncinde*** oluşan değişimden yararlanarak sıcaklığı belirleyen alet. Benzer ilkeyle çalışan bazı aletler, örneğin uçak kanatlarının altında kullanılanlar, **termistör**lerdeki* direnç değişimini ölçer.

Sıvı kristal termometre

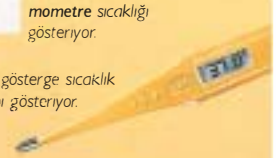
Isıtıldığında renk değiştiren sıvı kristaller içeren bir termometre.



*Cildin üzerindeki bir **sıvı kristal termometre** sıcaklığı gösteriyor.*

Sayısal termometre

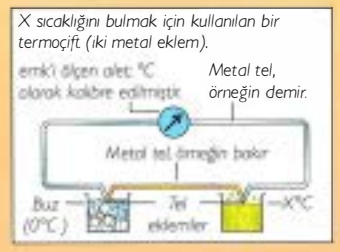
Isıya duyarlı bir elektronik düzeneği olan termometre.



Sayısal gösterge sıcaklık değerini gösteriyor.

Termoçift

Sıcaklık farkını, metal eklemlerde yaratılan **elektromotor kuvveti*** (emk) kullanarak ölçen bir alet.

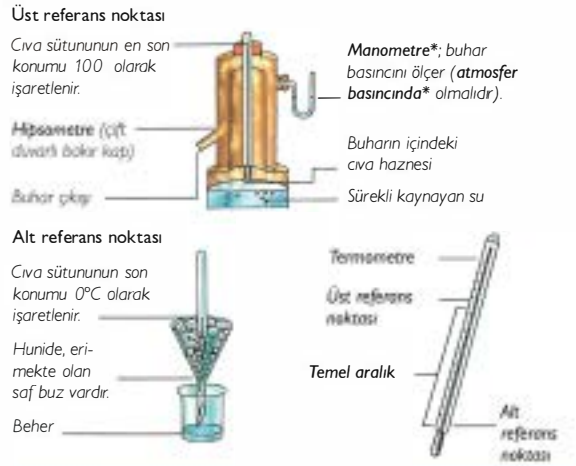


Sıcaklık ölçekleri

Referans noktası

Belirli fark edilebilir değişimlerin belli koşullar altında daima ortaya çıktığı ve önceden belirlenmiş bir değere sahip sıcaklık; bütün diğer sıcaklıklar bu noktadaki değere göre ölçülür. **Donma noktası** (saf buzun erimeye başladığı sıcaklık) ve **kaynama noktası** (**atmosfer basıncı**nda* kaynayan suyun üzerindeki buharın sıcaklığı) referans noktalarına örnektir. Bir termometreyi **kalibre etmek*** için iki referans noktası kullanılır: **Alt referans noktası** ve **üst referans noktası**. Bu iki noktanın arasına **temel aralık** denir.

Referans noktalarını kullanarak bir termometrenin Celsius ölçeğini kalibre etme*

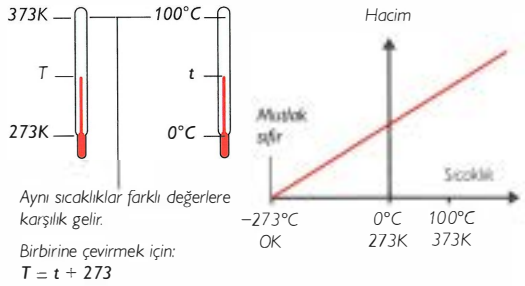


Mutlak veya termodinamik sıcaklık ölçeği

Kelvin (**K**) birimini kullanan standart sıcaklık ölçeği. Kuramsal olarak elde edilebilecek en düşük sıcaklık derecesine sıfır değeri verilir. Bu değere **mutlak sıfır** denir. Bundan daha düşük bir sıcaklık elde edilemez. Çünkü bu sıcaklıklar var olmayan bir negatif hacmi (sağdaki grafiğe bakınız) gerekli kılar.

Celsius ölçeği (°C)

Mutlak sıcaklık ölçeğine özdeş bir ölçeği bulunan ama suyun **donma noktası**na sıfır değerini ve **kaynama noktası**na yüz değerini veren standart sıcaklık ölçeği (bakınız **referans noktası**). Birime **santigrat** da denir.



Fahrenheit ölçeği (°F)

Suyun **donma noktası**na 32 ve **kaynama noktası**na 212 değerini veren eski bir ölçek (bakınız, **referans noktası**). Bu ölçeğin bilimsel çalışmalarda kullanılması nadirdir.

*Atmosfer basıncı, 23 (Barometre); Kalibre etme, 113; Manometre, 23.

*Direnç, 60; Elektromotor kuvvet (emk), 58; İdeal gaz, 31; Kalibre etme, 113; Menisk, 113; Termistör, 63.

ISI AKTARIMI

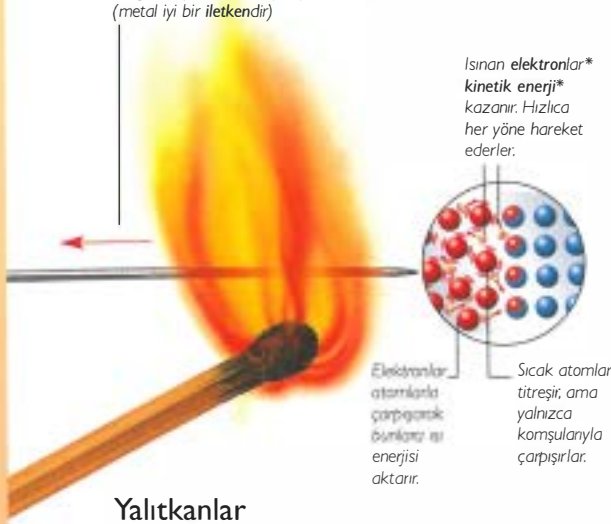
Eğer iki yer arasında sıcaklık farkı varsa, **ısı enerjisi** (bakınız, sayfa 8) daha sıcak olandan daha soğuk olana **iletim**, **taşınım** veya **ışınım** yoluyla aktarılır. Daha soğuk atomların **iç enerjisi*** artıp sıcaklığı yükselirken, daha sıcak olanların enerjisi azalıp sıcaklığı düşer. Aktarım, her iki bölgenin sıcaklığı aynı oluncaya kadar sürer; bu son duruma **ısıl denge** denir.



İletim veya ısı iletimi

Isı enerjisinin katılarda (daha küçük bir oranda da sıvılarda ve gazlarda) aktarılma yolu. İyi **iletken**lerde çoğunlukla serbest **elektron**ların* (madde içinde dolaşan elektronlar) hareketiyle, kısmen de atomların titreşimi ile gerçekleşen enerji aktarımı hızlıdır. Aşağıdaki **yalıtkanlar** (kötü iletkenler) kısmına bakınız.

*Isı, iğne boyunca iletim yoluyla aktarılır (metal iyi bir **iletken**dir)*



Yalıtkanlar

İletim sürecinin çok yavaş işlediği, odunlar; çoğu sıvılar ve gazlar gibi maddeler (bunlar kötü iletkendir). Yalıtkanların serbest **elektron**ları* olmadığı için ısı enerjisinin aktarımı yalnızca atomların titreşimi ve komşu atomlarla çarpışmaları yoluyla gerçekleşir.

İletkenlik veya ısı iletkenliği

*Planörler, sıcak havanın yarattığı **taşınım akımları** yardımıyla yükselir (sayfanın aşağısına bakınız)*

Bir maddenin ne kadar iyi bir ısı **iletken**i olduğunun bir ölçüsüdür (ayrıca bakınız sayfa 110). Bir cisim boyunca, birim alan başına ısı enerjisi aktarımı hızı, maddenin iletkenliğine ve **sıcaklık eğimi**ne (madde boyunca birim uzunluk başına sıcaklık değişimi) bağlıdır. İletkenlik ne kadar yüksek ve eğim ne kadar dikse, gerçekleşen enerji aktarım hızı da o kadar büyüktür.





*Daha dik **sıcaklık eğimi**, aynı uzaklıkta daha büyük bir sıcaklık farkı ve sonuçta daha hızlı **iletim** demektir.*

$$\text{Sıcaklık eğimi} = \frac{T_2 - T_1}{x}$$

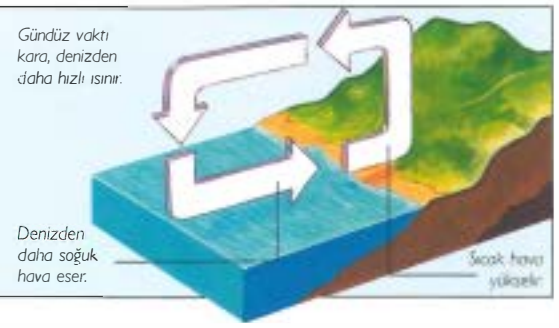
burada, T_1 ve T_2 = 1 ve 2 noktalarındaki sıcaklıklar, x = uzaklık

$$\text{Birim alan başına ısı enerjisi aktarımı hızı} = k\,\frac{T_2 - T_1}{x}$$

burada, k = metalin iletkenliği

Taşınım veya konveksiyon

Sıvılarda ve gazlarda ısı enerjisi aktarımının bir yolu. Bir sıvı veya gaz ısıtılırsa genleşir, daha az yoğun hale gelir ve yükselir. O zaman, daha soğuk ve daha yoğun olan gaz veya sıvı alçalarak onun yerini alır. Böylece **taşınım akımı** oluşur. Gündüz vakti oluşan kıyı esintilerinin (meltem) taşınım akımlarından nasıl kaynaklandığı sağdaki resimde gösteriliyor. Gece vakti süreç tersine döner.

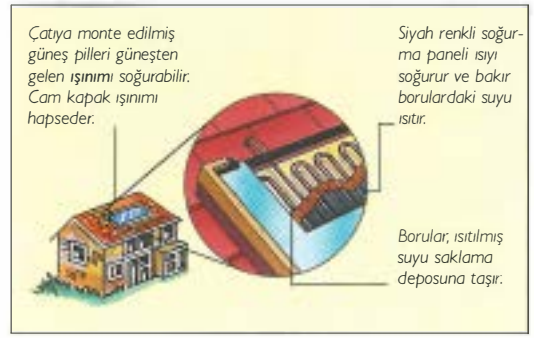


*Elektronlar, 81; İç enerji, Kinetik enerji, 7.

Işınım

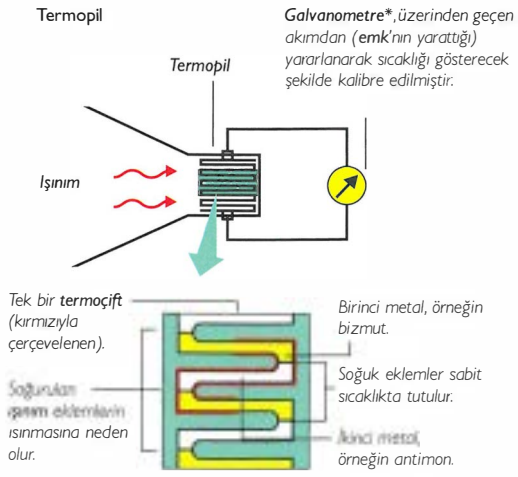
Isı enerjisi aktarımı sürecine katılan herhangi bir **ortam*** olmaksızın ısının daha sıcak olan bir yerden daha soğuk olan bir yere aktarılmasının bir yolu.
Isı aktarımı, **iletim** veya **taşınım** olmaksızın boşlukta bile gerçekleşebilir. Işınım terimi, sıklıkla, **ışımayla taşınan ısı enerjis**i anlamında kullanılır. Işınım, **elektromanyetik dalgalar*** biçimindedir; çoğunlukla da **kızılötesi ışınım*** biçimini alır. Bu dalgalar bir cismin üzerine düştüğü zaman enerjilerinin bir kısmı soğurulur ve cismin **iç enerji**si* artar. Ayrıca, sağdaki **Leslie küpü**ne bakınız.

Sıcak su elde etmek için ışınımın kullanılması



Termopil

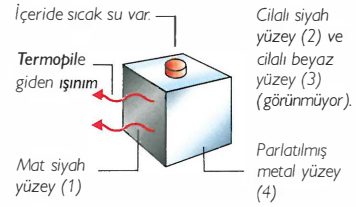
Işınım düzeyini ölçmek için kullanılan bir alet.
Uç uca eklenmiş iki ya da daha fazla (normalde 50'nin üstünde) **termoçift**ten* oluşur. Işınım, bir taraftaki metal eklemlerin üzerine düşer ve sıcak eklemlerle soğuk eklemler arsındaki sıcaklık farkı, termopilin uçları arasında bir **elektromotor kuvveti*** (emk) yaratır: emk'nın büyüklüğü ne kadar ışınım soğurulduğunu gösterir.



Leslie küpü

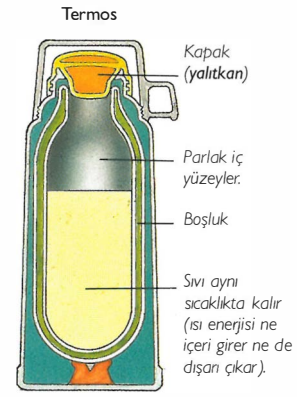
Dış yüzeyleri farklı olan ince duvarlı boş küp (iyi **iletken**). Yüzeylerin, ısı enerjisini soğurma ve **ışıma** özelliklerine göre farklılıklar taşıdığını göstermek için kullanılır. Yüzeylerin bu özellikleri, ideal bir yüzey olan **siyah cisim**le karşılaştırılır. Siyah cisim, üzerine düşen bütün ışınımı soğurur; üstelik en iyi ışıma yapan cisimdir.

***Leslie küpü**, **ışınım** güçlerini karşılaştırmak için kullanılır. Numaralar, en iyi yüzeyden (1) en kötü yüzeye (4) doğru sıralanmıştır.*



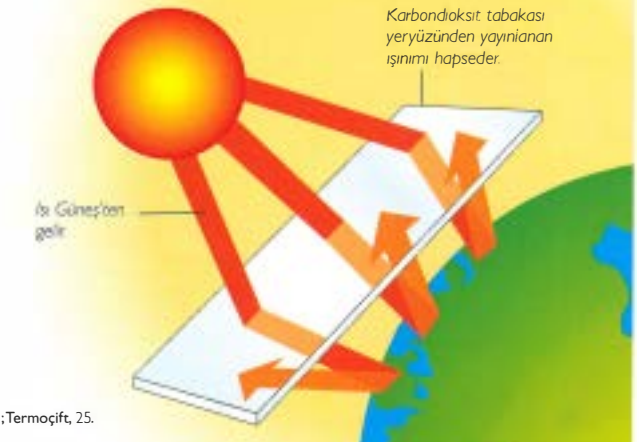
Termos

İçindekileri sabit sıcaklıkta tutan bir şişe. Çift duvarlı bir cam kaptan oluşur. Duvarlar arasındaki **boşluk***, **iletim** veya **taşınım** yoluyla ısı enerjisi aktarımını engeller. Parlak yüzeyler ise ışınımdan kaynaklanan aktarımı en aza indirger.



Sera etkisi

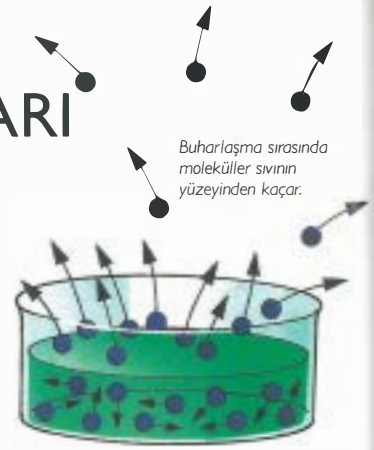
Işınım, sera gibi kapalı bir ortama hapsedildiğinde ortaya çıkan ısınma etkisi. İçerdeki cisimler, Güneş'ten gelen ışınımı soğurur ve camdan geçemeyen düşük enerjili ışınım olarak yeniden yayınlar. Atmosferdeki karbondioksit benzer bir engel oluşturur. Düzeyi gittikçe artmakta olan karbondioksit nedeniyle Dünya gittikçe ısınmaktadır.



* **Boşluk**, 113; **Elektromanyetik dalgalar**, 42; **Elektromotor kuvvet (emk)**, 58; **Galvanometre**, 75; **İç enerji**, 7; **Kalibre etme**, 113; **Kızılötesi ışınım**, 43; **Ortam**, 113; **Termoçift**, 25.

ISI AKTARIMININ SONUÇLARI

Bir cisim, **ısı enerjisi** (bakınız, sayfa 26-27) soğurur veya kaybederse, cismin **iç enerji**si* artar veya azalır. Bu, sıcaklıktaki bir artışla veya azalışla (miktarı cismin **ısı sığası**na bağlıdır) ya da bir **hal değişimiy**le sonuçlanır.



Hal değişimleri

Hal değişimi, bir fiziksel halden (sıvı, katı veya gaz) bir diğerine olan değişimdir (**fiziksel haller** üzerine daha fazla bilgi için 3. sayfaya bakınız). Hal değişimi gerçekleşirken sıcaklık değişmez. Bunun yerine, alınan veya dışarıya verilen tüm enerji, moleküler bağları oluşturmak veya kırmak için kullanılır. Buna, **gizil ısı** [L] denir (29. sayfadaki grafiğe bakınız). Bir cismin **özgül gizil ısı**sı (l), cismin 1kg'ı hal değiştirdiğinde alınan veya verilen enerjidir.

Buharlaşma

Bir sıvının, yüzeyinden moleküllerin kaçması yoluyla buhar haline geçişi. Bu durum tüm sıcaklıklarda gerçekleşir ve gerçekleşme hızı, aşağıdakilerin herhangi biriyle artar: Sıcaklıktaki artış, yüzey alanındaki artış veya basınçtaki azalma. Ayrıca, sıvının yüzeyindeki buhar, hava akışı ile hemen uzaklaştırılırsa buharlaşma hızı artar. Buharlaşma için gereken **gizil ısı** (yukarıya bakınız), soğuyan ve sonuçta çevresini soğutan sıvıdan alınır.

Buharlaştırma

Kaynama noktası (sıvının kaynadığı sıcaklık) denilen sıcaklıkta sıvı halden gaz hale geçiş. Bu terim daha genel olarak gaz veya buhar durumuna geçişle sonuçlanan herhangi bir değişim için, yani **buharlaşma**yı ve **süblimleşme**yi içeren bir değişim için de kullanılır.

Yoğunlaşma

Gaz veya buhar halinden sıvı hale geçiş.

Erime

Erime noktası denilen bir sıcaklıkta, katı halden sıvı hale geçiş.

Donma

Donma noktasında (katıların **erime noktasıyla** aynı) sıvı halden katı hale geçiş.

Süblimleşme

Bir maddenin katı halden doğrudan gaz hale veya tersine, sıvı hali atlayarak geçmesi. Karbondioksit ve iyot **süblimleşen** maddelere örnek olarak verilebilir.

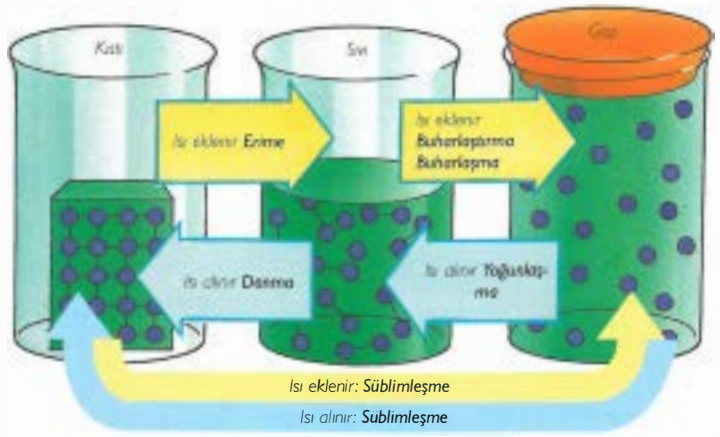
Hal değişimleri
Sıcaklık sabit kalır (29. sayfadaki grafiğe bakınız).

Isınmadan kaynaklanan değişimler

*Alınan enerji sıcaklığı yükseltmek için kullanılabilecekken bunun yerine (**gizil ısı** olarak) bağları kırmak için kullanılır.*

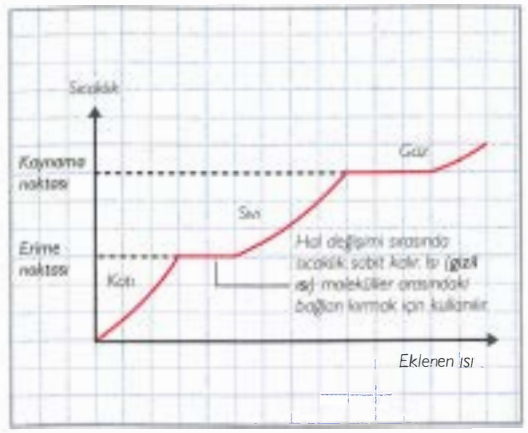
Soğumadan kaynaklanan değişimler

*Verilen ısı enerjisi, sıcaklığı düşürmek yerine, (**gizil ısı** olarak) moleküller arasındaki bağların oluşturulması için kullanılır.*

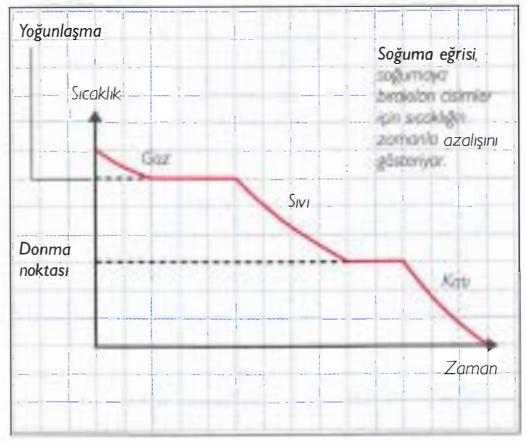


* **İç enerji**, 7.

Sıcaklığın eklenen ısıyla değişimini gösteren grafik



Soğumakta olan cismin sıcaklık düşüşünü gösteren grafik



Buharlaştırmanın özgül gizil ısısı

1 kg'lık bir cismin, **kaynama noktası**nda sıvı halden gaz hale geçerken aldığı ısı enerjisi. Bu ısı, işlem tersine çevrildiğinde dışarıya verilen ısıyla aynıdır.

Erimenin özgül gizil ısısı

1 kg'lık bir cismin, erime noktasında katı halden sıvı hale geçerken aldığı ısı enerjisi. Bu ısı, işlem tersine çevrildiğinde dışarıya verilen ısıyla aynıdır. Ayrıca 110. sayfaya bakınız.

$Q = m\ell$ burada Q = cismin aldığı veya kaybettiği ısı enerjisi, m = kütle, ℓ = **özgül gizil ısı**

***Özgül gizil ısı SI birimleri**ne göre kilogram başına joule ($J\ kg^{-1}$) olarak ifade edilir.*

***SI birimleri**, 94.

Isı sığası (C)

Bir cismin sıcaklığı 1K değiştirildiğinde, cisim tarafından alınan veya verilen ısı enerjisi. Cismin bir özelliğidir ve değeri kütlesine ve yapıldığı maddeye (ayrıca sıcaklık ve basınca) bağlıdır. Dolayısıyla değeri her cisim için faklıdır.

$Q = C(t_2 - t_1)$ *burada, Q = alınan veya verilen ısı enerjisi; C = ısı sığası; t_1 ve t_2 = sırasıyla, başlangıç ve son sıcaklıklar.*

***Isı sığası**nın birimi **SI birimleri**ne göre kelvin başına joule'dür ($J\ K^{-1}$).*

Özgül ısı sığası

1 kg'lık bir cismin sıcaklığını 1K değiştirmek için verilen veya alınan ısı enerjisi. Sadece malzemenin bir özelliğidir; her malzeme için belli bir değeri vardır. Fakat bu değer, sıcaklık ve basınçla değişir. Ayrıca 110. sayfaya bakınız.

$Q = mc(t_2 - t_1)$ burada, m = kütle, c = özgül ısı sığası, Q, t_1 ve t_2 yukarıdaki gibidir.

***Özgül ısı sığası**nın birimi **SI birimleri**ne* göre kelvin başına kilogram başına joule'dür ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$).*

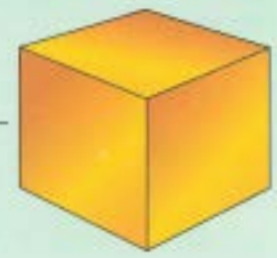


*Kütlesi 2 kg olan birinç küp (**özgul ısı sığası** 380 $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$) belirli bir sürede ısıtılmıştır. Sıcaklığı 303 K(t_1)'den 307K(t_2)'ye yükselir.*

Q(kazanılan ısı) = 2 × 380 × (307-303)J

Böylece, Q = 3,040J

Böylece, aynı miktardaki enerji 16 kg'lık bir pirinç küp tarafından alınsaydı cismin sıcaklığı 0,5 K yükselirdi.



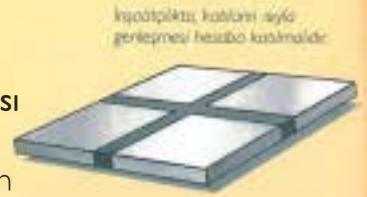


Aynı miktardaki enerji, 2 kg'lık bakır küpe verilseydi sıcaklığı 3,8 K yükselirdi.

*Böylece, bakırın **ozgul ısı sığası** = 400 $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$.*

ISINMAYLA GENLEŞME

Birçok cisim ısıtıldığı zaman genişler; cismin molekülleri daha hızlı hareket eder ve birbirlerinden uzaklaşır. Genleşmenin büyüklüğü (**genleşebilirlik**) **moleküllerarası kuvvetler**e* bağlıdır. Aynı miktarda ısı verildiğinde (sabit basınçta) en az genleşenler katılardır (moleküllerin birbirlerine çok yakın olması nedeniyle aralarındaki kuvvetler güçlü olduğu için). Sıvılar daha fazla genleşir. En çok genleşenlerse gazlardır.



Kaldırım taşları arasına kauçuklu bir karışım konur.

Çift metal şerit

Katıların ısıtıldığında genleştiğini gösteren bir alet. Aynı uzunlukta iki metal şeridin üst üste perçinlenmesiyle yapılır. Isıtıldıklarında veya soğutulduklarında her iki metal farklı oranlarda genleşir veya kısalır, bu nedenle de şerit bükülür. Bu tip şeritler **termostat**larda kullanılır.

Termostat (sıcaklık düzenleyici)



Çizgisel genleşme (uzama) katsayısı (α)

Bir katının sıcaklığı 1K artırıldığında asıl boyuna oranla ne kadar uzadığının bir ölçüsü.

Yüzeysel veya alansal genleşme katsayısı (β)

Bir katının sıcaklığı 1K artırıldığında asıl alanına oranla ne kadar genleştiğinin bir ölçüsü.

Katılar ve sıvılar için:

$$\text{Genleşme katsayısı (çizgisel, yüzeysel veya hacimce)} = \frac{\text{(uzunluktaki, alandaki veya hacimdeki değişim}}{\text{asıl (uzunluk, alan veya hacim)} \times \text{sıcaklık artışı}}$$

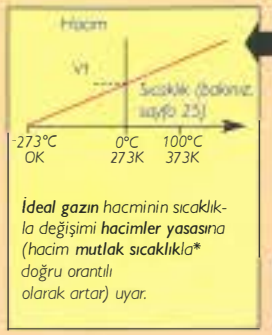
*Sıvılar için tek ölçümün **hacimce genleşme** olduğuna dikkat ediniz. **Gerçek** veya **görünüşte** olsun, hacimdeki genleşme için yine yukarıdaki formül geçerlidir.*

Gazlar için:

$$\text{Hacimce genleşme katsayısı} = \frac{\text{sabit basınçta hacimdeki değişim}}{\text{0°C'deki hacim (273 K)} \times \text{sıcaklık artışı}}$$

Kübik veya hacimce genleşme katsayısı (γ)

Bir maddenin sıcaklığı 1K artırıldığında, asıl hacmine oranla ne kadar genleştiğinin bir ölçüsü. **İdeal gazlar** gibi davrandıkları varsayıldığında sabit basınçtaki tüm gazlar için bu oran aynıdır. Gazlar çok büyük miktarlarda genleştiği için uygun bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla, asıl hacim 0°C'de ölçülür (katılarda ve sıvılarda genleşme çok küçük olduğu için benzer bir tanım yapılmamıştır).



Sıfır hacimden, 0°C'deki hacme (V1) kadar 273 sıcaklık derecesi vardır.

Grafik doğru orantılı olarak yükselir, bu nedenle her bir derece için (kelvin olarak artış) gazın hacmi V1'in 1/273'ü kadar artar.

*Böylece, bir **ideal gaz** için:*

$$\text{Hacimce genleşme katsayısı} = \frac{1}{273}\,K^{-1}$$

Gerçek veya mutlak hacimce genleşme katsayısı

Bir sıvının sıcaklığı 1K artırıldığında hacmindeki orantısal artışın doğru değeri.

Görünüşte hacimce genleşme katsayısı

Bir sıvının sıcaklığı 1K artırıldığında hacminin görünüşte ne oranda genişlediğinin bir ölçüsü. Gerçekte, sıvıya verilen ısı, sıvının içinde bulunduğu kabın hacmini de küçük bir miktar artırır; böylece kalibre edilmiş ölçümler artık geçerli değildir.

Anormal genleşme

Belli bir sıcaklık aralığında (örneğin, su için 0°C ve 4°C arasında), bazı malzemelerin hacminin artan sıcaklıkla genişlemek yerine küçülmesi olgusu.

*Moleküllerarası kuvvetler, 5; Mutlak sıcaklık ölçeği, 25.

Gazların davranışı

Bütün gazlar benzer davranış gösterirler. Bu davranışı betimleyen birkaç değişik **gaz yasası** vardır (aşağıya ve sağa bakınız). Bir **ideal gaz**, kuramsal bir gazdır ve tanımı gereği bütün sıcaklıklarda ve basınçlarda **Boyle yasası**na tamamen uyar; fakat bunun yanında iki diğer yasaya daha uyar. Gerçek gazlar, normal sıcaklıklarda ve basınçlarda yaklaşık olarak ideal bir davranış sergiler (sıcaklık arttıkça ve basınç düştükçe yaklaşım daha iyi işler), bu nedenle bu yasalar genel olarak uygulanabilir.

Boyle yasası

Sabit kütleli bir gazın sabit sıcaklık altındaki hacmi, basıncıyla ters orantılıdır. Örneğin, gazın üzerine uygulanan basınç artarsa, hacim orantılı olarak azalır; moleküller birbirlerine daha çok yaklaşır. Hacim azaldığında, gazın uyguladığı basıncın arttığına dikkat ediniz (moleküller kabın duvarlarına daha sık çarpar).

Boyle yasası

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ veya } PV = \text{sabit}$$

Anahtar

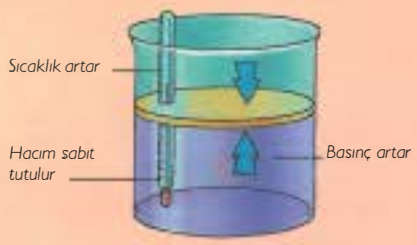
- P = basınç
- V = hacim
- T = **mutlak ölçek**teki sıcaklık
- R = **gaz sabiti***

Basınç yasası

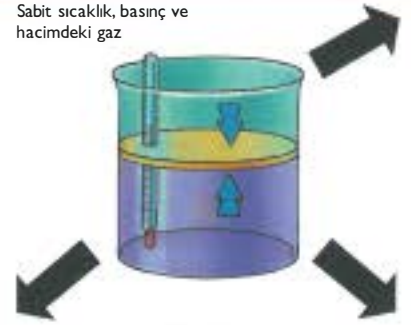
Sabit hacimli, sabit kütleli bir gazın basıncı, **mutlak sıcaklık ölçeğ**indeki* sıcaklıkla doğru orantılıdır. Örneğin, sıcaklık artırılıp hacim sabit tutulursa gazın basıncı doğru orantılı olarak artar; moleküller daha hızlı hareket eder ve kabın duvarlarına daha sık çarpar. Gazın hacmini sabit tutmak için üzerine uygulanan basıncı artırmak gerektiğine dikkat ediniz.

Basınç yasası

$$P \propto T \text{ veya } \frac{P}{T} = \text{sabit}$$



Sabit sıcaklık, basınç ve hacimdeki gaz



İdeal gaz denklemi, genel gaz denklemi** veya **hal denklemi**, sıcaklık, basınç ve hacmi birbirine bağlar. Bir **mol gaz için:*

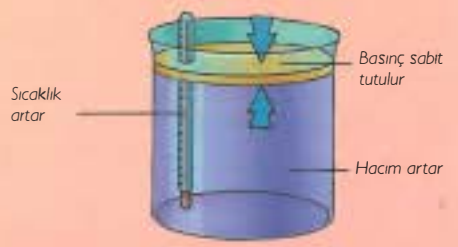
$$\frac{PV}{T} = R \text{ veya } PV = RT$$

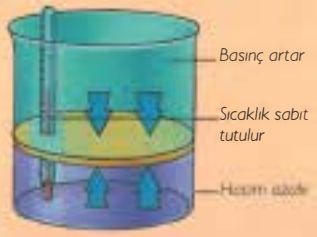
Hacimler yasası

Sabit kütleli bir gazın sabit basınç altındaki hacmi, **mutlak sıcaklık ölçeğ**indeki* sıcaklıkla doğru orantılıdır. Örneğin, sıcaklık artırılır ve basınç sabit tutulursa, hacim doğru orantılı olarak artar (kabın da genişleyebilir olduğunu kabul ediyoruz); moleküller daha hızlı hareket eder ve birbirlerinden daha uzağa giderler. Gazın uyguladığı basıncın sabit kaldığına dikkat ediniz (moleküller kabın duvarlarına aynı sıklıkta çarpar; daha fazla yol kateder fakat daha büyük enerjiye sahiptirler).

Hacimler yasası

$$V \propto T \text{ veya } \frac{V}{T} = \text{sabit}$$





*Gaz sabiti, 112; Mol, 94; Mutlak sıcaklık ölçeği, 25.

DALGALAR

Tüm **dalgalar**, içinde hareket ettikleri **ortamı*** kalıcı olarak değiştirmeksizin enerji taşırlar. Enerji, bir kaynaktan çevredeki noktalara taşındığı için bu dalgalara **ilerleyen** veya **yayılan dalgalar** denir (ayrıca bakınız, **duran dalgalar**, sayfa 41). İki ana dalga türü vardır: Ses dalgaları gibi **mekanik dalga**lar ve **elektromanyetik dalga**lar (bakınız, sayfa 42). Her durumda, **dalga hareketi**, **salınımlar**—iki uç arasındaki düzgün değişmeler—biçiminde düzgün ve tekrarlayıcıdır (yani **periyodik hareket**, bakınız, sayfa 14). Mekanik dalgalarda salınım hareketi yapanlar (titreşenler), ortamın parçacıklarıdır (moleküller); elektromanyetik dalgalardaysa elektrik ve manyetik alanlardır.

*İp boyunca yayılan **mekanik dalga (enine dalga).***



Enine dalgalar

Salınım hareketinin yönü enerjinin (dalganın) ilerleme yönüne dik olan dalgalar: Örneğin, su dalgaları (parçacıkların salınımı) ve tüm **elektromanyetik dalgalar*** (alanların salınımı; girişe bakınız).

Tepeler

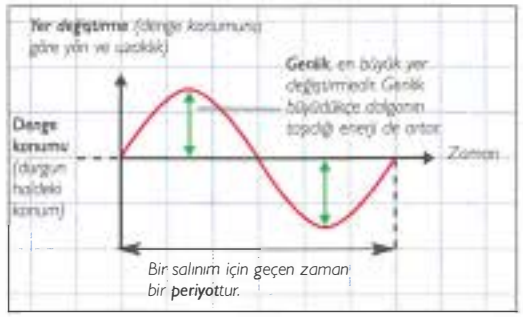
Bir dalganın etkisiyle **ortam**ın* en yüksek pozitif yer değiştirmeye sahip olduğu noktalar: Su dalgaları gibi bazı dalgalar yayılırken tepeleri görülebilir:

Çukurlar

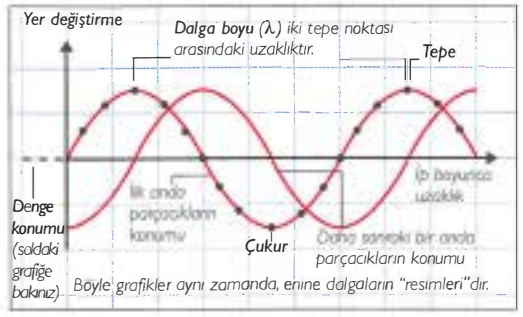
Bir dalganın etkisiyle **ortam**ın* negatif yönde en büyük yer değiştirmeye sahip olduğu noktalar: Su dalgaları gibi bazı dalgalar yayılırken çukurları görülebilir.



Salınım yapan tek parçacığın yer değiştirme/zaman grafiği



Zamanın "dondurulduğu" iki farklı anda, bir ip parçasının yer değiştirme/uzaklık grafiği



Dalga yüzü

İlerleyen dalga boyunca, salınım hareketinde aynı konuma sahip noktaları birleştirecek şekilde alınan bir kesit veya çizilen bir çizgi. Dalga yüzleri, genelde, dalganın ilerleme yönüne diktir ve herhangi bir biçimde olabilir. Örneğin, **dairesel** veya **doğrusal dalga yüzleri.**



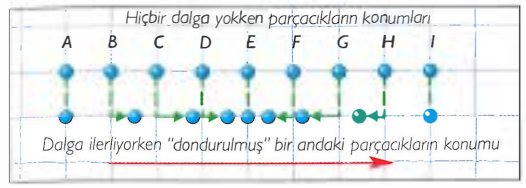
*Elektromanyetik dalgalar, 42; Ortam, 113.

Boyuna dalgalar

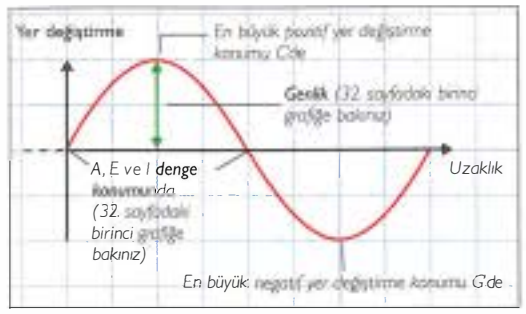
Salınım hareketinin yönüyle dalga hareketinin yönünün aynı olduğu dalgalar; örneğin ses dalgaları. Bunların tümü **mekanik dalgalar**dır (girişe bakınız); yani salınım yapanlar parçacıklardır.



***Boyuna dalgalar**da parçacıklar, dalganın ilerleme doğrultusunda salınım yapar.*



"Dondurulmuş" bir anda yukarıdaki parçacıkların grafiği
Bu durumda grafik, dalganın bir "resmi" değildir (sayfa 32'teki ikinci grafiğe bakınız).



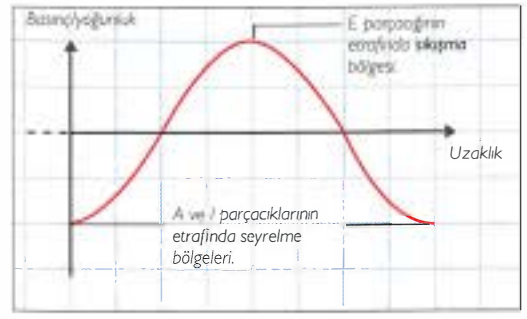
Sıkışma bölgesi

Bir **boyuna dalga** boyunca basıncın ve moleküllerin yoğunluğunun, dalganın olmadığı durumdakinden daha büyük olduğu bölge.

Seyrelme bölgesi

Bir **boyuna dalga** boyunca basıncın ve moleküllerin yoğunluğunun, dalganın olmadığı durumdakinden daha düşük olduğu bölge.

Bir boyuna dalga için uzaklığa karşı basınç veya yoğunluğun grafiği, sıkışmaları ve seyrelmeleri gösterir



* Ortam, 113; Sönümlenme, 14.

Dalga hızı

Bir dalganın birim zamanda aldığı yol. Dalganın yayıldığı **ortam**a* bağlıdır.

$$\text{Dalga hızı} = \frac{\text{Dalganın aldığı yol}}{\text{zaman}}$$

$$= \frac{\text{bir noktadan geçen dalgaların sayısı} \times \textbf{dalga boyu}}{\text{zaman}}$$

$$= \textbf{frekans} \times \textbf{dalga boyu}$$

Sonuç olarak:

$$v = f\lambda$$

Burada v = dalga hızı, f = frekans, λ = dalga boyu

Frekans (f)

Dalgalar bir noktadan geçerken bir saniyede oluşan salınım sayısı (ayrıca bakınız, sayfa 14). Saniye başına geçen **dalga boyları**nın (32. sayfadaki grafiğe bakınız) sayısına eşittir.

Zayıflama

Bir maddeyi geçerken enerji kaybeden bir dalganın **genliğinin** (32. sayfadaki birinci grafiğe bakınız) gitgide azalması. Kaynaktan uzaktaki salınımların genlikleri, kaynağa yakın olanlarınkinden daha küçüktür: Bu olay, bir **sönümlenme*** olarak düşünülebilir.

Zayıflayan dalgayı gösteren grafik



Dalga şiddeti

Bir dalganın taşıdığı enerjinin bir ölçüsü. Bir saniye içinde, birim alandan geçen enerji miktarı olarak hesaplanır. Dalganın frekansına, genliğine ve dalga hızına bağlıdır.

YANSIMA, KIRILMA VE KIRINIM

Bir engel veya **ortam**daki* bir değişim, bir dalganın **yansıma**sına, **kırılma**sına veya **kırınım**a uğramasına neden olur. Bu olgular, dalganın ilerleme yönünde meydana gelen farklı nitelikteki değişimlerdir ve sıklıkla, **dalga yüzü**nün* şeklinin de değişimiyle sonuçlanırlar. Işık dalgalarının yansıma ve kırılması için 45-51. sayfalara bakınız.



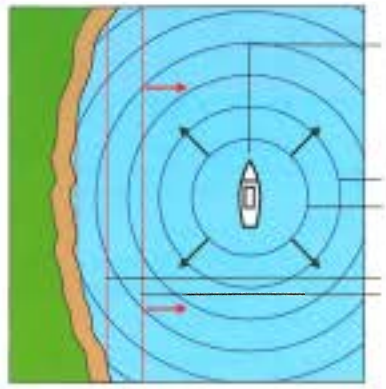
Dalga leğeni

Su dalgalarının özelliklerini göstermek için kullanılan bir kap (sağa bakınız).

Yansıma

Bir dalganın, iki farklı **ortam**ın* sınırından sekmesi nedeniyle yön değiştirmesi. Yansımaya uğrayan bir dalgaya **yansıyan dalga** denir. Yansıyan dalganın dalga yüzünün şekli, **gelen dalga yüzü**nün ve üzerine düştüğü sınırın şekillerine bağlıdır. Işık dalgalarının yansıması üzerine daha fazla bilgi için 45-47. sayfalara bakınız.

İçbükey bir sınıra çarpan dairesel dalga yüzleri, bu örnekte düzlem dalga yüzleri üretiyor.

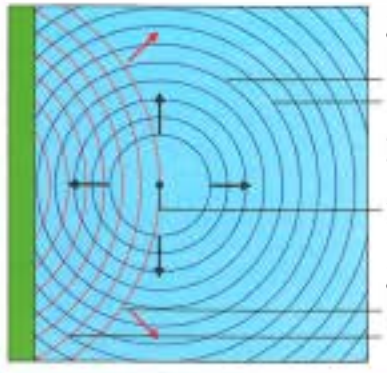


Gelen dalga

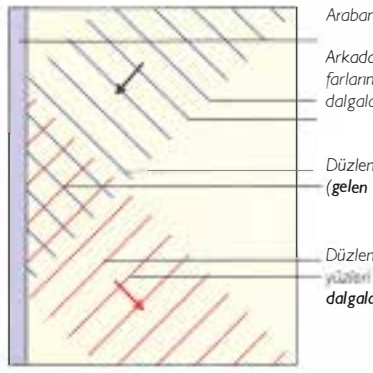
İki **ortam*** arasındaki sınıra doğru ilerleyen dalga. Bu dalganın dalga yüzüne, **gelen dalga yüzü** denir.

Yansıyan dalga şekillerine örnekler

Doğrusal sınıra çarpan dairesel dalga yüzleri, dairesel dalga yüzleri üretir.



Doğrusal bir sınıra çarpan düzlem dalga yüzleri, yine düzlem dalga yüzleri üretir.



* **Dalga yüzleri**, 32; **Ortam**, 113.

Kırılma

Farklı hızla yayılmasına neden olan yeni bir **ortam**a* girdiğinde, bir dalganın yönünde meydana gelen değişim. Kırılmaya uğrayan dalgaya, kırılan dalga denir. **Kırılan dalga**nın **dalga boyu***, dalganın hızındaki değişime bağlı olarak artar ya da azalır, fakat **frekans**ında* bir değişim olmaz. Işık dalgalarının kırılması üzerine daha fazla bilgi için 48-51. sayfalara bakınız.

Bir dalga leğenindeki dalgaların yeni bir ortama girdiklerinde kırılmalarına örnekler





Diğer örnekler



Daha yoğun bir ortama giren dalgalar yavaşlar.



Daha az yoğun bir ortama giren dalgalar hızlanır.



Daha soğuk bir ortama giren ses dalgaları yavaşlar (daha soğuk demek, daha yoğun demektir).



Daha sıcak bir ortama giren dalgalar hızlanır (daha sıcak demek, daha az yoğun demektir).

Kırılma indisi (n)

Belirli bir **ortam**ın* diğerine göre kırma gücünü gösteren bir sayı. Birinci ortamdaki **gelen dalga**nın hızının, ikinci ortamda **kırılan dalga**nın hızına bölünmesiyle bulunur (ortamlar, n'nin altında rakamlarla gösterilir; formüle bakınız). Bir ortamın **mutlak kırılma indisi**, ışığın boşluktaki hızının (ya da genel olarak, havadaki hızının), bu ortamdaki hızına oranıdır:**



Bu, 2. ortamın, 1.'ye göre kırılma indisi anlamına gelir.*

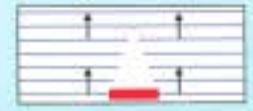
Kırınım

Bir dalga, bir açıklıktan geçtiğinde veya bir engelle karşılaştığında ortaya çıkan bükülme etkisi. Dalganın bükülmesinin miktarı, engelin veya açıklığın **dalga boyu**na* göre ne kadar büyük olduğuna bağlıdır. Engel veya açıklık dalga boyuna göre küçüldükçe dalga da daha çok bükülecektir.

Engele çarpan dalgaların (ses dalgaları) kırınımı



Dalga boyuna göre küçük bir engel olunca (sesin dalga boyu 2 m civarında) çok sayıda kırınım olur; böylece "gölge" oluşmaz.*

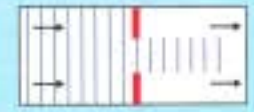


Engelin büyüklüğü dalga boyu civarında olunca, bazıları kırınıma uğrar; böylece küçük bir "gölge", yani hiçbir dalganın geçmediği bir bölge oluşur.



Dalga boyuna göre büyük bir engel olunca, hemen hiç kırınım olmaz; böylece büyük bir "gölge" oluşur.

Bir açıklıktan (yarıktan) geçen su dalgalarının kırınımı



*Açıklık **dalga boyuna*** göre geniş olunca kırınım çok az olur.*



Açıklık dalga boyu civarında olunca kırınım daha fazla olur.



Açıklık dalga boyuna göre dar olunca, kırınım büyük olur.

* **Dalga boyu**, 32; **Frekans**, 33; **Ortam**, 113.

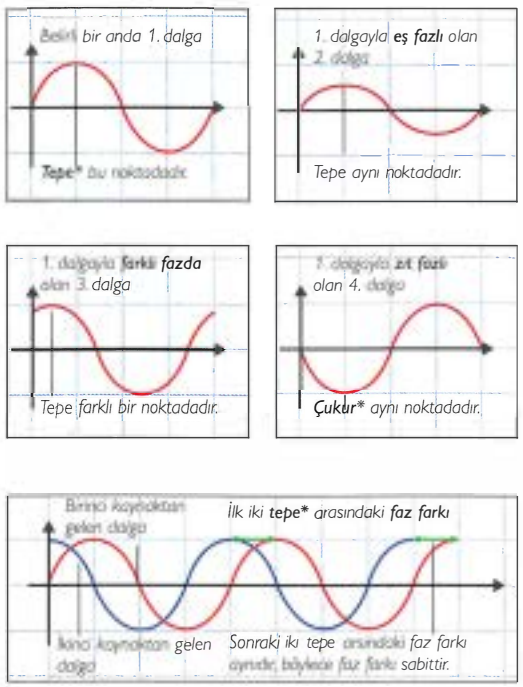
** Kırılma indisi ve ışık üzerine daha ayrıntılı bilgi için 48 sayfaya bakınız

DALGALARIN GİRİŞİMİ

Aynı veya farklı yönlerde ilerleyen iki ya da daha fazla dalganın karşılaştığı noktalarda, dalga genliğinde değişimler meydana gelir (bakınız, **üst üste gelme ilkesi**). Bu olaya **girişim** denir. Girişim elde edebilmek için (örneğin, bir **dalga leğeni**nde*) **uyumlu (koherent) dalgalar** üreten kaynaklar kullanmak gerekir. Uyumlu dalgalar, dalga boyu ve frekansı aynı olan **eş fazlı** ya da aralarında sabit **faz farkı** olan dalgalardır (bakınız, **faz**). Bu, girişimin düzgün, ayırt edilebilir bir **girişim deseni** üretmesini sağlar (37. sayfadaki resme bakınız). Uyumlu olmayan dalgalar kullanıldığında, sürekli değişen karmaşık dalgalar üretilir.

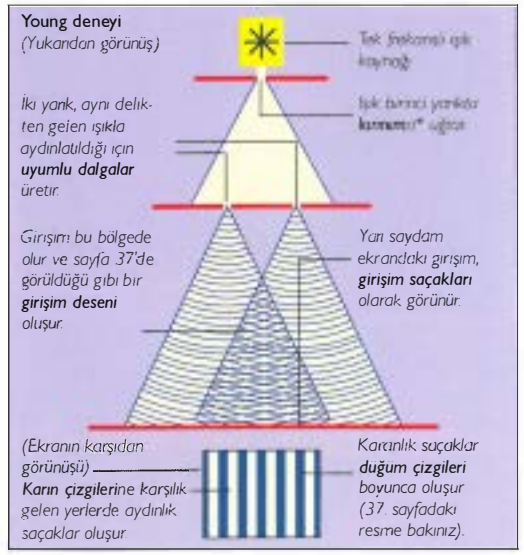
Faz

İki dalga aynı frekanstaysa ve salınımları boyunca karşılıklı noktaları aynı yerdeyse (örneğin her ikisi de **tepe*** noktasındaysa), bu dalgalar **eş fazlı**dır. Eğer böyle değillerse **farklı fazda**dırlar. Yer değiştirmeleri tam olarak zıt konumlardaysa (örneğin bir tepe ve bir **çukur***), bu durumda **zıt fazlı**dırlar: İki dalga arasındaki **faz farkı**, bir dalga üzerindeki seçilen bir noktanın, diğer dalgada buna karşılık gelen noktanın ne kadar önünde veya ne kadar arkasında olduğunu gösteren ve açı olarak ifade edilen bir niceliktir. Zıt fazlı dalgalar için faz farkı 180°, eş fazlılar için faz farkı 0°'dir.



Young deneyi

Uyumlu ışık kaynakları sağlamak için kullanılan iki delikten oluşan bir düzenek. Uyumlu ışık dalgaları üretmek, diğer uyumlu dalgaları (girişimi incelemek için) üretmek kadar kolay olmadığı için bu düzeneğe gerek duyulur; çünkü ışık dalgaları çoğunlukla rastgele yayınlanırlar. Deliklerde **kırınım**a* uğrayan dalgaların girişimi, ekranda, **girişim saçakları** denen aydınlık ve karanlık çizgiler yaratır.



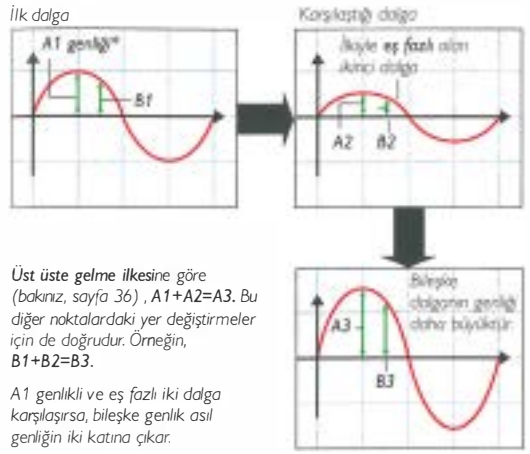
Üst üste gelme ilkesi

İki ya da daha fazla sayıda dalga, bir noktada üst üste geldiğinde (yani iki veya daha fazla sayıda dalga bir araya geldiğinde), bileşke yer değişiminin, ayrı ayrı dalgaların yer değişimlerinin (pozitif veya negatif) toplamına eşit olduğunu ifade eder.

* Çukurlar, 32; Dalga leğeni, 34; Kırınım, 35; Tepeler, 32.

Yapıcı girişim

Eş fazlı (bakınız, **faz**) iki dalganın **üst üste gelme**sinden kaynaklanan yer değiştirmenin genliğindeki artış.

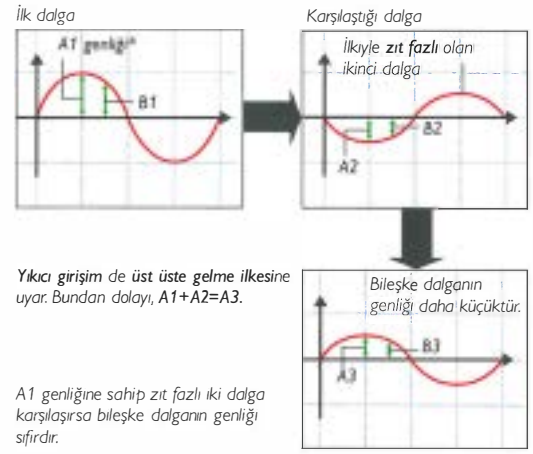


*Üst üste gelme ilkesi*ne göre *(bakınız, sayfa 36)*, ***A1+A2=A3.*** *Bu diğer noktalardaki yer değiştirmeler için de doğrudur. Örneğin,* ***B1+B2=B3.***

A1 genlikli ve eş fazlı iki dalga karşılaşırsa, bileşke genlik asıl genliğin iki katına çıkar.

Yıkıcı girişim

Farklı fazdaki iki dalganın **üst üste gelme**sinden kaynaklanan yer değiştirmenin genliğindeki azalma.



Yıkıcı girişim *de* ***üst üste gelme ilkesi***ne *uyar. Bundan dolayı,* ***A1+A2=A3.***

A1 genliğine sahip zıt fazlı iki dalga karşılaşırsa bileşke dalganın genliği sıfırdır.

Düğümler veya düğüm çizgileri

Yıkıcı girişimin aralıksız olarak ortaya çıktığı noktalar: Bunlar en düşük yer değiştirmeye sahip olan, yani **tepeler**in* **çukurlar**la*, **sıkışmalar**ın* da **seyrelmeler**le* karşılaştığı noktalardır. Bir **düğüm çizgisi**, tümüyle düğüm noktalarından oluşur. Girişimi oluşturan dalga türlerine bağlı olarak düğüm çizgileri, örneğin durgun suya, alçak bir sese veya karanlığa karşılık gelir (ayrıca bakınız; **Young deneyi**, sayfa 36).

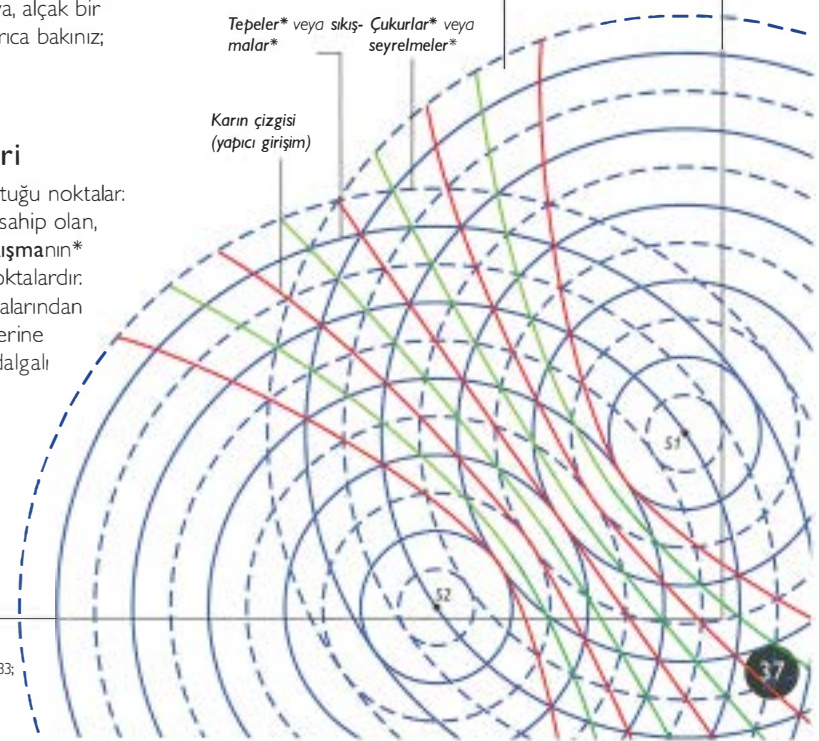
Karınlar veya karın çizgileri

Yapıcı girişimin aralıksız olarak oluştuğu noktalar: Bunlar; en yüksek yer değiştirmeye sahip olan, yani iki **tepe**nin*, iki **çukur**un, iki **sıkışma**nın* veya **iki seyrelme**nin* karşılaştığı noktalardır. Bir **karın çizgisi** tümüyle karın noktalarından oluşur. Girişimi oluşturan dalga türlerine bağlı olarak karın çizgileri, örneğin dalgalı suya, yüksek bir sese veya aydınlığa karşılık gelir (ayrıca bakınız, **Young deneyi**).

"Dondurulmuş" bir andaki girişim deseni *(düğüm ve karın noktalarının hepsi gösterilmiyor).*

Uyumlu dalgalar *üreten iki kaynak (S1 ve S2); bu durumda* **eş fazlı**dır.

Düğüm çizgisi (yıkıcı girişim). *Dalgaların genliği aynıysa, tüm noktalar boyunca ortaya çıkan yer değiştirmenin genliği sıfırdır.*



* Çukurlar, 32; Genlik, 32; Seyrelmeler, 33; Sıkışmalar, 33; Tepeler, 32.

SES DALGALARI



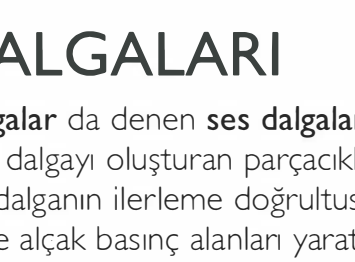
Akustik dalgalar da denen **ses dalgaları, boyuna dalgalar**dır*; dalgayı oluşturan parçacıkların salınım hareketi ile dalganın ilerleme doğrultusunun yönü aynıdır ve bu da yüksek ve alçak basınç alanları yaratır (**sıkışmalar*** ve **seyrelmeler***). Ses dalgaları katı, sıvı ve gazların içinde yayılabilir ve geniş bir **frekans*** aralığına sahiptir. Frekansları 20 ile 20.000 **Hertz*** arasında (**sonik aralık**) olanlar insan kulağı tarafından algılanabilir ve genellikle ses denildiğinde kastedilen bu aralıktakilerdir (sesin algılanması üzerine daha fazla bilgi için 40-41. sayfalara bakınız). Bu aralıktan daha yüksek ve daha alçak frekansları olan diğer sesler sırasıyla **ses ötesi** (veya **ses üstü**, ultrason) ve **ses altı** (infrason) olarak bilinir. Ses dalgalarının incelendiği alana **akustik** denir.

Ses ötesi (ultrason)

Ses ötesi dalgalardan oluşan ses; insan kulağının algıladığı **frekans**ların* üstünde, yani 20.000 **Hertz**'in* üstünde olan dalgalar. Bu dalgaların birçok kullanım alanı vardır.

__Ses ötesi dalgalar__ yardımıyla insan bedeni incelenebilir (bunda, ses dalgalarının __yank__ısından yararlanılır; bakınız, sayfa 39).

Kemiklerin, yağların ve kasların tümü ses ötesi dalgaları farklı şekillerde yansıtır. Örneğin, anne karnındaki bir bebekten yansıyan (__yankılanan__) ses ötesi dalgalar, ekran üzerinde bir görüntü oluşturacak şekilde elektriksel işaretlere dönüştürülür.



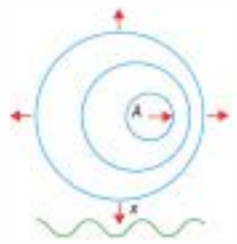
Anne karnındaki 20 haftalık bir bebeğin görüntüsü

Ses altı (infrason)

Frekansları* insan kulağının algılayabileceğinden düşük (20 **Hertz**'in* altında) olan dalgalardan oluşan ses. İnsanlarda rahatsızlık duygusu yarattığı için ses altının çok az uygulama alanı vardır.

Ses patlaması

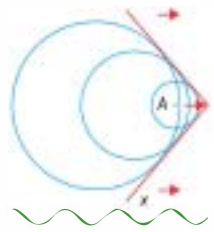
Sesten hızlı hareket eden bir uçağın ürettiği **şok dalgası**. Güçlü bir patlama sesi olarak duyulur.



Uçak (A) ilerlerken havada __boyuna dalgalar__, yani yüksek ve alçak basınç alanları yaratır (__sıkışmalar__* ve __seyrelmeler__*).*

__Dalga yüzleri__ uçaktan "kaçabilir".*

X'teki dinleyici bu dalgaları ses olarak duyacaktır (ayrıca motorun sesini de duyacaktır).



__Sesten hızlı__ uçak (A) yeni dalga yüzleri yaratırken daha önce yaratıklarını da geçer; bu nedenle bunlar üst üste biner.

Uçağın önüne itilen bu dalgalar büyük bir basınç yaratır (__şok dalgası__) ve bu dalga yüzlerinin "kaçması" olanaksızdır. Bunlar, gemilerin yay dalgasına benzer (gemi su dalgalarından daha hızlı ilerlerse bu dalgayı yaratır).

X'teki dinleyici bu dalgayı ani ve güçlü bir __ses patlaması__ olarak duyacaktır.

Ses dalgalarının davranışı

Ses hızı

Ses dalgalarının hareket hızı. Ses dalgasının yayıldığı **ortam**ın* türüne ve sıcaklığına bağlıdır. Ses dalgalarının 0°C'de, kuru havada yayılma hızı 331 m s^{-1}'dir; fakat bu, hava sıcaklığının artışına veya azalışına bağlı olarak artar veya azalır.

Ses altı hız

Aynı **ortam**da* ve aynı koşullar altında **ses hızı**nın altındaki bir hız.

Ses üstü hız ya da süpersonik hız

Aynı **ortam**da* ve aynı koşullar altında **ses hızı**nın üstündeki bir hız.



Sesten hızlı (süpersonik) giden bir yolcu uçağı

* **Boyuna dalgalar**, 33; **Dalga yüzü**, 32; **Hertz**, 14 **(frekans)**; **Ortam**, 113; **Seyrelmeler**, 33; **Sıkışmalar**, 33.



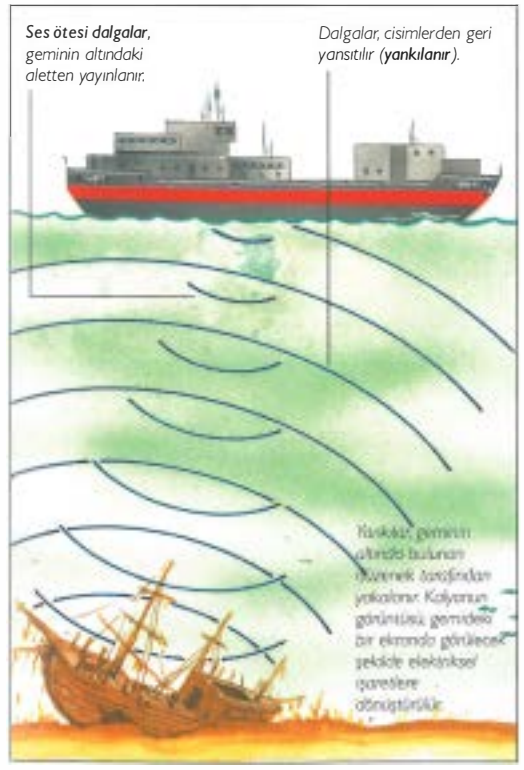
Yarasanın yaydığı __ses ötesi dalgalar__, cisimlerden yansıyarak geri döner; böylece cisimlerin yeri ve büyüklüğü hakkında bilgi verir (__yankıyla yer saptama__).



Yankı

Bir yüzeyden yansımış olan ve asıl sesten sonra duyulan ses dalgası. Yankılar, özellikle de **ses ötesi dalgalar**ın yankıları, cisimlerin yerini saptamak ve tam konumlarını belirlemek için kullanılır (yankının kaynağa geri dönme süresini ölçerek). Bu tekniğin, aralarındaki ayrımlar belirsiz olmasına karşın, her biri farklı durumlar için kullanılan çok sayıda adı vardır. Ses **ötesi dalgalarla görüntüleme** (**ultrasonografi**) bunlardan biridir. Diğerleri, **elektrikli iskandil** (echo-sounding) ve **sonar**dır; her ikisi de denizcilikle ilgilidir (elektrikli iskandil, geminin altındaki suyun derinliğini ölçmek, sonar ise su altındaki cisimlerin yerini saptamak için kullanılır). **Yankıyla yer saptama** ise genelde, hayvanların, avlarını bulmak veya karanlıkta karşılarına çıkan engellerden kaçınmak için yankılardan yararlanma anlamında kullanılır.

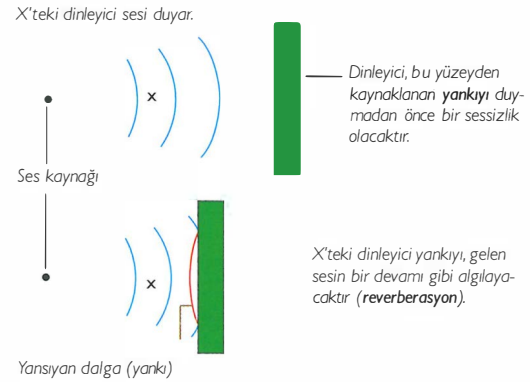
Sonar



* **Dalga yüzü**, 32; **Frekans**, 33.

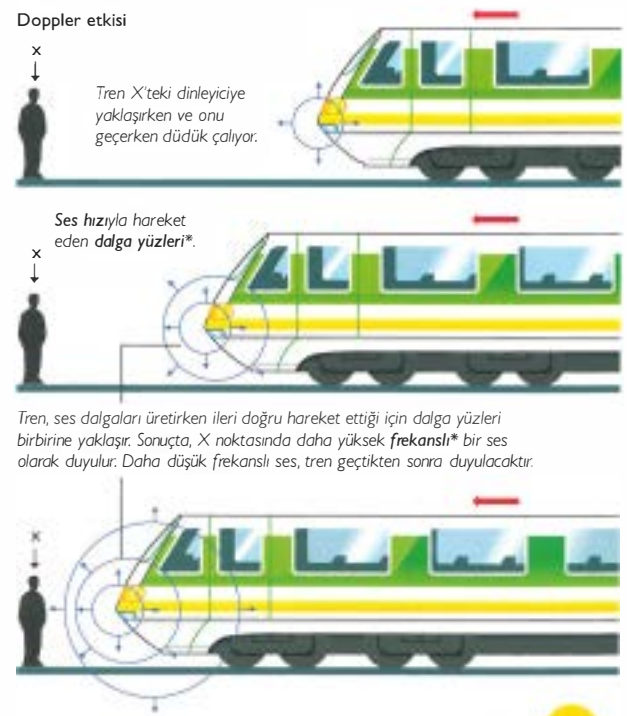
Yankı tekrarlanmaları (reverberasyon)

Bir sesin, asıl ortaya çıkış süresinden daha uzun bir süre boyunca devam ediyor gibi görünmesi. Bu etki, yankının oldukça kısa bir süre içinde ses kaynağına geri döndüğü durumlarda ortaya çıkar. Bu durumda asıl ve yansıyan dalgalar birbirinden ayırt edilemez. Eğer dalga çok sayıda yüzeyden yansırsa, o zaman bu ses etkisi daha da artar.



Doppler etkisi

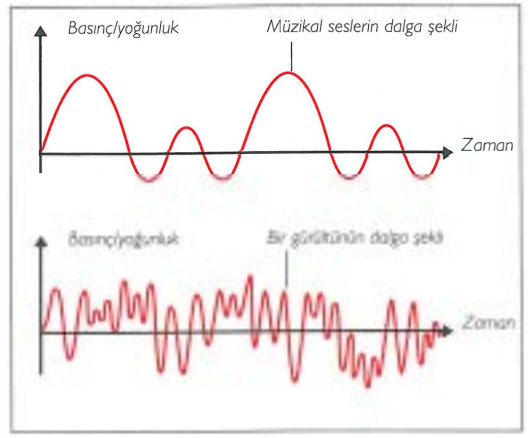
Bir ses kaynağı ya da dinleyici bir diğerine göre hareketli olduğu zaman sesin farklı **frekans**ta* duyulması olayı. Eğer bunlar arasındaki uzaklık azalıyorsa, kaynaktan çıkan sesin frekansından daha yüksek frekansta bir ses duyulur. Eğer uzaklık artıyorsa, daha düşük frekansta bir ses duyulur.



Tren, ses dalgaları üretirken ileri doğru hareket ettiği için dalga yüzleri birbirine yaklaşır. Sonuçta, X noktasında daha yüksek __frekanslı__ bir ses olarak duyulur. Daha düşük frekanslı ses, tren geçtikten sonra duyulacaktır.*

SESİN ALGILANMASI

Duyulan sesler güzel ya da kötü olabilir. Bir **ses dalgası**nın (bakınız, sayfa 38-39) dalga şekli düzgün olarak kendini yineliyorsa, bu ses güzel olarak değerlendirilir. Dalga şekli kendini yinelemiyor ve düzensizse, bu sesin bir **gürültü** olduğu düşünülür. Her sesin özel bir **yüksekliği** ve **perde**si vardır ve birçoğu, özellikle de müzikal sesler **kararlı dalgalar** tarafından üretilir.



Yükseklik

Ses dalgaları kulağa geldiği zaman ortaya çıkan ses duyumunun büyüklüğü. Bu, özneldir ve kulağın duyarlılığına bağlıdır; fakat dalgaların **dalga şiddeti**yle* doğrudan ilişkilidir. Dalga şiddeti çoğunlukla **desibel** (**dB**) birimiyle ölçülür; fakat daha kesin bir şekilde **fon** birimiyle de ölçülür (bu son ölçüm şeklinde, kulağın tüm **frekans**lardaki* seslere eşit şekilde duyarlı olmadığı göz önünde bulundurulur).

*Havalanan bir uçağın ses şiddeti 110 **dB**'dir.*



Perde

Bir ses dalgasının algılanan **frekans**ı*, yani ses olarak işitilen frekansı. Yüksek perdeli bir sesin frekansı yüksek, alçak perdeli bir sesin frekansı düşüktür.

*Kuş ötüşü yüksek **perde**den bir sestir. **Frekans**ı* yüksektir.*



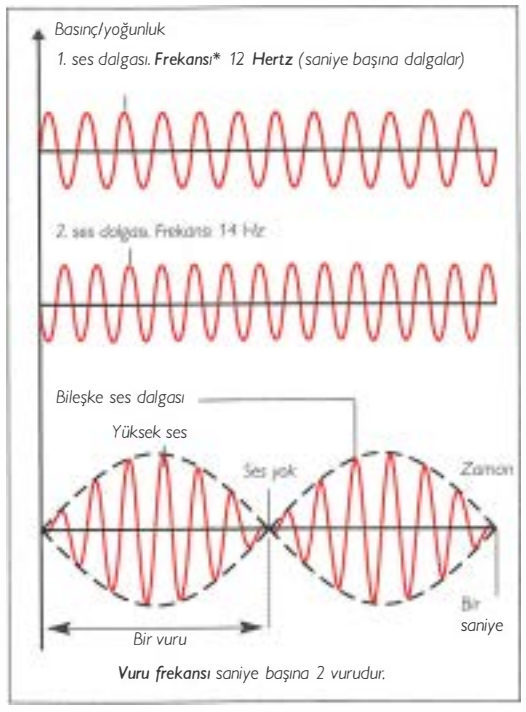


*Bir kamyonun motoru alçak **perd**eden bir uğultu çıkarır. Bu düşük **frekanslı*** bir sestir.*

Vurular

Frekans* farkları çok az olan iki ses bir araya geldiği zaman, duyulan sesin **yüksekliğinde** zamana bağlı olarak ortaya çıkan düzenli değişim. Bu, iki dalga arasındaki **girişim**in* bir sonucudur. **Vuru frekansı**, iki ses arasındaki frekans farkına eşittir (aşağıdaki şekle bakınız). Bu iki sesin frekansı ne kadar birbirine yakınsa, vuruları da o kadar yavaş olacaktır:

Vuru frekansı



***Vuru frekansı** saniye başına 2 vurudur.*

*Dalga şiddeti, 33; Frekans, 33; Girişim, 36.

Duran veya kararlı dalga

Hareket etmiyormuş gibi görünen dalga. Bunlar çoğunlukla, iki sabit nokta (genellikle çekilen bir ipin veya telin uçları) arasında karşıt yönlerde devamlı hareket eden, aynı hız ve **frekans**ta* iki dalgadan oluşur. Dalgaların yineleyen geçişleri **giri-şim**e* neden olur; iki dalga **eş fazlı** ise bileşke genlik büyüktür; **farklı fazda** iseler bileşke genlik küçük veya sıfırdır. Belirli noktalarda (**düğümler**) bileşke genlik her zaman sıfırdır. Bir tel veya ipteki kararlı dalgaların frekansı ve genliği, bu dalgaların havada yarattığı ses dalgalarının frekansı ve genliğini belirler. Tel veya ipin uzunluğu ve gerginliği, oluşan ses dalgalarının frekansını, yani perdesini belirler.

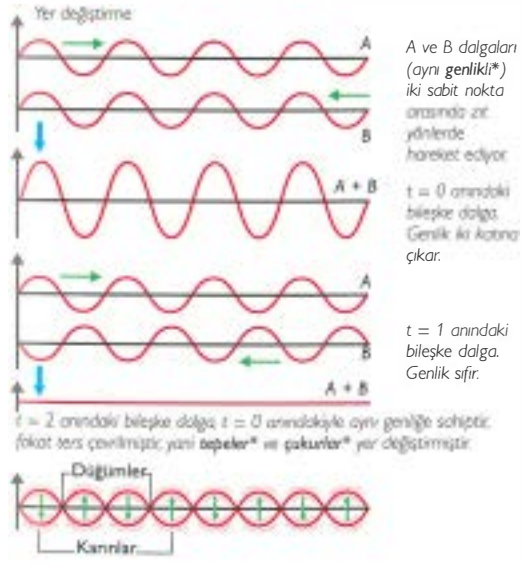
Sonometre
***Kararlı dalgaları** göstermek için kullanılan bir düzenek. Tel çekildiği zaman titreşir ve ses kutusu, titreşimin yarattığı sesi yükseltir.*



*Hareketli köprü. Telin uzunluğunu ve böylece notaların **perde**sini değiştirecek şekilde ayarlanabilen köprü.*

Ağırlıklar. Telin gerginliği, dolayısıyla da notaların perdesi ağırlıklar yardımıyla değiştirilebilir.

Kararlı dalgaların oluşumu



*A ve B dalgaları (aynı **genlik***) iki sabit nokta arasında zıt yönlerde hareket ediyor.*

t = 0 anındaki bileşke dalga. Genlik iki katına çıkar.

t = 1 anındaki bileşke dalga. Genlik sıfır.

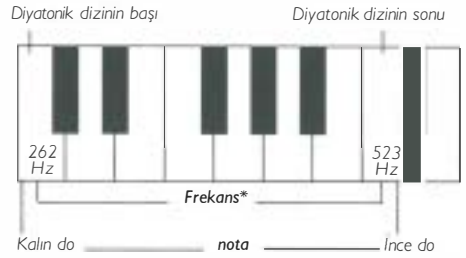
*t = 2 anındaki bileşke dalga, t = 0 anındakiyle aynı genliğe sahiptir, fakat ters çevrilmiştir; yani **tepeler*** ve **çukurlar*** yer değiştirmiştir.*

Bileşke dalga, t = 0 ve t = 2'deki konumlar arasında sürekli olarak hızlı bir şekilde hareket ediyor. Oluşan dalga duruyormuş gibi görünür.

Müzikal sesler

Her tür müzik genellikle bir çeşit **müzik dizisi**ne dayanır. Bu, belli **aralık**larla (müzikal aralık bir zaman aralığı değil, bir **frekans*** aralığıdır), düşük **perde**den yüksek perdeye doğru düzenlenmiş bir dizi **nota**dır (belli perdelerde sesler). Notalar, güzel sesler elde edilebilecek şekilde sıralanmıştır. Neyin güzel sayıldığı ise dinleyicinin kültürüne bağlıdır.

*Batı **müzik dizisi, diyatonik dizi**ye dayanır. Bu dizi kalın do'dan ince do'ya 8 **nota**dan oluşur (piyanodaki beyaz tuşlar).*

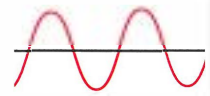


*Siyah tuşlara karşılık gelen notaların **frekans**ları*, **diyatonik dizi**deki notaların arasında yer alır. İkisi birlikte **kromatik dizi**yi oluşturur.*

Titreşim Kipleri

Aynı nota, farklı çalgılarla çalındığında aynıymış gibi algılanabilse de, kullanılan çalgıya özgü aynı bir ses kalitesine (**ses rengi**ne) sahiptir: Bunun nedeni, kullanılan çalgı ne olursa olsun, her nota için en güçlü titreşim (bunun **frekans**ı* **temel frekans**tır) aynı olmasına karşın, diğer frekanslardaki titreşimlerin de (**üst tonlar**) aynı zamanda üretilmesidir. Bir çalgıya özgü titreşimlerin tümü onun titreşim kipleridir.

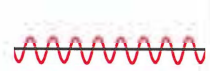
*Bir çalgı üzerindeki notaların en düşük **titreşim kipi** (**temel frekans**). Eğer **üst ton**ların frekansları temel frekansın basit katlarıysa bunlara **harmonik**ler de denir:*



1. üst ton (2. harmonik, yani frekansı temel frekansın iki katıdır. Temel frekans, 1. harmoniktir).

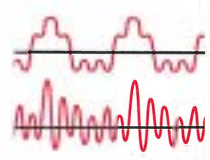


2. üst ton. Bu 4. harmoniktir. Bu durum için 3. harmonik yoktur.



Birleşik titreşim kipleri (yani üçü bir arada). Notanın bu çalgıya özgü dalga biçimi.

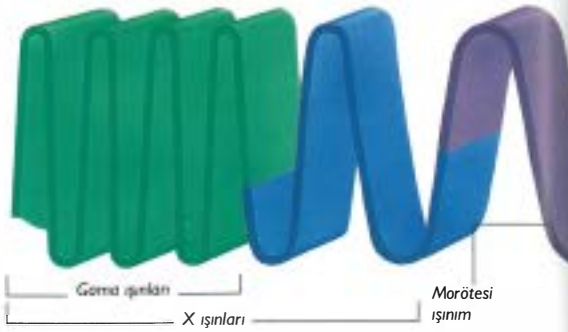
Aynı nota farklı bir çalgıdan elde edildiğinde böyle olabilir.



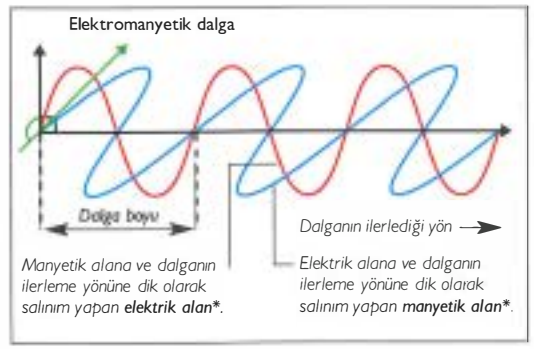
*Çukurlar, 32; Eş fazlı, 36 (Faz); Farklı fazlı, 36 (Faz); Frekans, 34; Genlik, Tepeler, 32; Girişim, 36.

ELEKTROMANYETİK DALGALAR

Elektromanyetik dalgalar, salınım yapan **elektrik** ve **manyetik alan**lardan* oluşan **enine dalgalar**dır*. Bu dalgaların geniş bir frekans aralığı vardır. Boşluğu da içeren bir çok **ortam**da* yayılabilirler ve soğurulduklarında sıcaklık yükselmesine neden olurlar (bakınız, **kızılötesi ışınım**). **Radyo dalgaları** ve bazı **X ışınları**, serbest **elektron**lar* hızlandırıldığında veya yavaşlatıldığında, yayınlanır (örneğin çarpışmalar sonucunda). Diğerlerinin tümü, moleküller enerji düzeylerini değiştirirken ortaya çıkar. Bunlar sürekli bir yapıda değil, **foton**lar denen atımlar halindedir (bakınız, **kuantum kuramı**, sayfa 82). Farklı türdeki dalgaların frekansları ve dalga boyları (**elektromanyetik tayf**) için 111. sayfadaki tabloya bakınız.



*Elektromanyetik tayf (elektromanyetik dalgaların frekans dağılımı) yukarıda görülüyor. Bu, **dalga bantları**ndan, yani içindeki dalgaların hepsinin aynı karakteristik özelliklere sahip olduğu özel **frekans*** ve **dalga boyu*** aralıklarından oluşur.*



Gama ışınları (γ ışınları)

Radyoaktif* maddelerden yayınlanan elektromanyetik dalgalar (ayrıca bakınız, sayfa 84). Bunlar, **X ışınları**yla aynı **dalga band**ındadır ve aynı özelliklere sahiptir, fakat X ışınlarından daha farklı yollarla üretilirler ve bandın (enerji açısından) en üstünde yer alırlar.

X veya Röntgen ışınları

İçinden geçtikleri gazları **iyonlaştıran***, **fosforışıma**ya neden olan ve fotoğraf filmlerinde kimyasal değişiklikler yaratan elektromanyetik dalgalar. **X ışını tüpleri**nde* üretilir ve birçok uygulama alanı vardır.



*X ışınları aracılığıyla vücudun iç kısımları görüntülenebilir (**Röntgen filmleri**). X ışınları dokulardan geçebilir, fakat daha yoğun olan kemikler tarafından soğurulur. Bu nedenle kemikler bu ışınlara karşı saydam değildir.*

Fotoğraf filmi üzerinde kemiklerin net bir görüntüsünü elde etmek için bu elden X ışınları geçirilmiştir.

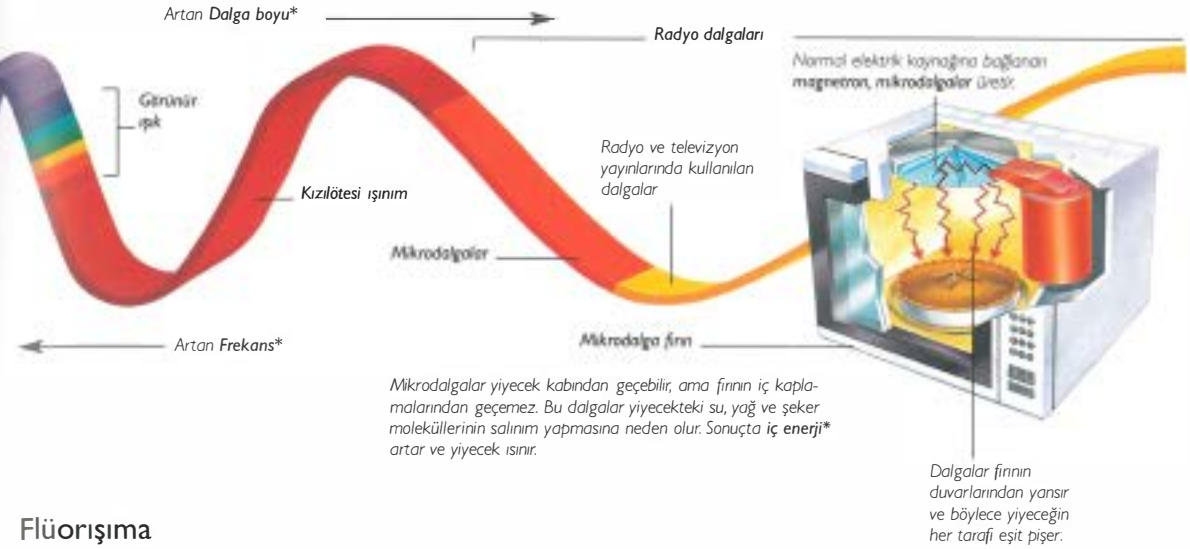
Morötesi ışınım (UV ışınımı)

Belli bir frekans aralığındaki elektromanyetik dalgalar. Örneğin, bir elektrik akımı iki **elektrot*** arasındaki **iyonlaşmış*** bir gazdan geçirildiğinde, bu ışıma ortaya çıkar. Bu dalgalar Güneş'ten de yayınlanır, ama bunların çok az bir kısmı yeryüzüne ulaşır. Bu küçük miktar, bitkilerdeki fotosentezin temel öğesi olduğundan, yeryüzündeki yaşam için can alıcı bir önem taşır; ama daha büyük miktardaki morötesi ışınım tehlikelidir. Morötesi ışınım **flüorışıma**ya neden olur (örneğin **floresan tüplerde***). Ayrıca, cildin esmerleşmesi gibi birçok kimyasal tepkimeye de neden olur.

Fosforışıma

Bazı maddelerin (**fosfor**lar) üzerine **gama ışınları** veya X ışınları gibi kısa **dalga boylu*** elektromanyetik ışınlar düştüğünde gözlemlenen bir olay. Fosforlar gelen dalgaları soğurur ve görünür ışık, yani daha uzun dalga boylu dalgalar yayınlar. Bu ışıma, gama ve X ışınlarının kesilmesinden sonra da devam eder. Eğer ışımalar; hemen sonra hızlı atımlar halinde ortaya çıkıyorsa, bunlara **parıldamalar** denir (ayrıca bakınız, **parıldamalı sayaç**, sayfa 88).

* **Elektrik alan**, 56; **Elektrot**, 64; **Elektronlar**, 81; **Enine dalgalar**, **Dalga boyu**, 32; **Floresan tüp**, 78 (**Deşarj tüpü**); **Frekans**, 33; **İyonlaşma**, 86; **Manyetik alan**, 70; **Ortam**, 113; **Radyoaktivite**, 84; **X ışını tüpü**, 78.



Flüorışıma

Bazı maddelerin üzerine **morötesi ışınım** düştüğünde gözlemlenen bir olay. Bu maddeler morötesi ışınımı soğurur ve **görünür ışık**, yani daha uzun **dalga boylu*** ışık dalgaları yayınlar. Bu ışıma, morötesi ışınım kesildikten hemen sonra durur.

Görünür ışık

Gözün algılayabildiği elektromanyetik dalgalar. Bunlar, Güneş, **deşarj tüpleri*** ve kızarana kadar ısıtılan her hangi bir madde (ısınma nedeniyle ışık yayınlanmasına **akkorlaşma** denir) tarafından üretilir. Görünür ışık, fotoğraf filmlerindeki gibi kimyasal değişimlere neden olur. **Dalga band**ındaki farklı **dalga boyları*** farklı renkler olarak görünür (bakınız, sayfa 52).

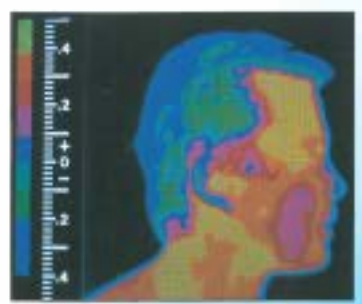
Kızılötesi ışınım (IR ışınım)

Genellikle sıcak cisimler tarafından üretilen ve bu nedenle de çoğunlukla sıcaklık yükselmesine neden olan elektromanyetik dalgalar (bakınız, giriş ve 27. sayfadaki **ışınım**). Bu dalgalar kızılötesi ışınıma duyarlı (ışık yerine daha çok sıcaklığa duyarlı) özel filmler üzerinde **ısıl görüntü**ler (termal görüntü) oluşturmak için kullanılabilir.

*Bir adamın kafasının **ısıl görüntü**sü.*

Her farklı renk, 0,1 °C'lik sıcaklık farkına karşılık gelir (resmin solundaki ölçeğe bakınız).

Resimdeki mavi bölgeler daha soğuk, sarı bölgelerse daha sıcaktır.



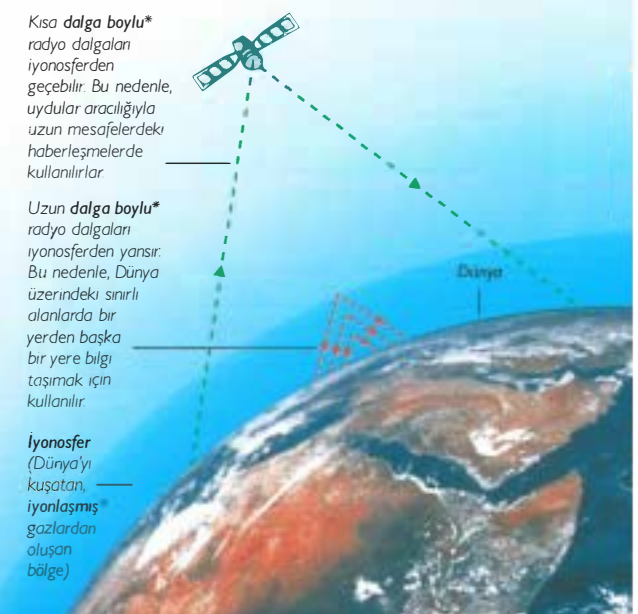
Mikrodalgalar

Bir cismin konumunu, bu cismin üzerinden yansıyan dalganın kaynağa geri dönüş süresinden yararlanarak saptayan **radar**larda kullanılan, çok kısa **radyo dalgaları** (ayrıca bakınız, **sonar**, sayfa 39 (**Yankı**)). **Mikrodalga fırın**lar, yiyecekleri kısa sürede pişirmek için mikrodalgaları kullanır.

Radyo dalgaları

Radyo vericilerindeki serbest **elektron**lar bir **elektrik alan*** tarafından salınım yapmaya zorlandığında (ve bu nedenle ivmelendiklerinde) üretilen elektromanyetik dalgalar. Salınımların frekansının alanın zorlamasıyla oluşması, bu dalgaların rastgele değil, düzenli bir hareket sonucu olarak ortaya çıktığı anlamına gelir.

Uzak mesafelerle iletişim için radyo dalgalarının kullanılması



* **Dalga boyu**, 32; **Deşarj tüpü**, 78; **Elektrik alan**, 56; **Elektronlar**, 81; **Frekans**, 33; **İç enerji**, 7; **İyonlaşma**, 86.

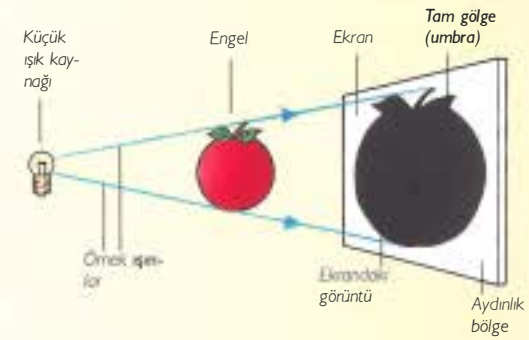
IŞIK

Işık, belli bir **frekans*** veya **dalga boyu*** aralığındaki **elektromanyetik dalgalar**dan* oluşur (bakınız, sayfa 42-43), fakat genellikle, şematik olarak **ışın**larla gösterilir. Böyle bir ışın aslında ışık dalgalarının aldığı yolu, yani enerjinin taşındığı yönü gösteren bir doğrudur (oktur).

Gölge

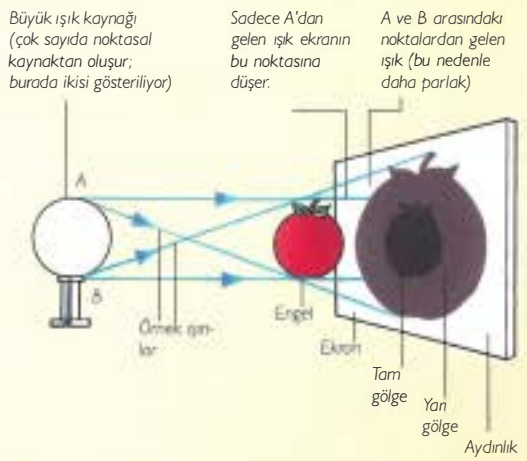
Işık ışınlarının yolları üzerindeki bir engel nedeniyle ulaşamadıkları alan. Bir noktadan gelen ışınlar bir engel tarafından durdurulursa, oluşan gölgeye **tam gölge** (**umbra**) denir.

Bir tam gölgenin oluşumu



Eğer ışık büyük bir kaynaktan gelirse, tam gölgenin etrafında **yarı gölge** (**penumbra**) denen bir alan oluşur.

Bir yarı gölgenin oluşumu





Tutulma

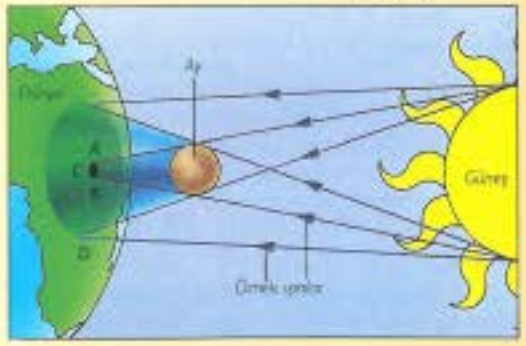
Bir kaynaktan gelen ışığın kısmen ya da bütünüyle engellenmesi. Bu olay, kaynak ve gözlemci arasına giren bir cismin **gölge**sinin düşmesiyle oluşur. **Güneş tutulması**, Ay, Dünya ile Güneş'in arasından geçtiği zaman Dünya'dan görülür. **Ay tutulması** ise Dünya, Güneş ile Ay arasına girdiği zaman görülür.





Bir halkalı güneş tutulmasında Ay, Güneş'ten gelen ışığı engelliyor.

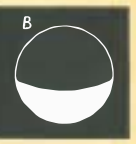
Güneş tutulması



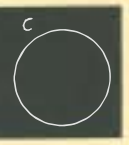
A, B, C ve D konumlarından görülen tutulma.

Daire içindeki pek çok yerden, örneğin A ve B noktalarından görülen **parçalı tutulma** Güneşin hilal biçimli bölgesi hâlâ görülebiliyor.





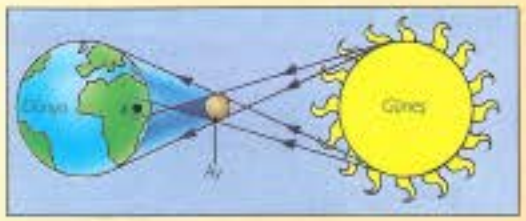
C noktasından görülen **tam tutulma** Güneş tümüyle kapatılmış



Dairenin dışındaki hiçbir yerden **tutulma** görülmez



Halkalı tutulma



X noktasından görülen tutulma

Halkalı güneş tutulması, siyah bir bolgenin etrafında parlak bir halkadan oluşan ozel bir tutulmadır. Ay, Dunya ve Güneş özel bir konumdayken ortaya çıkar.



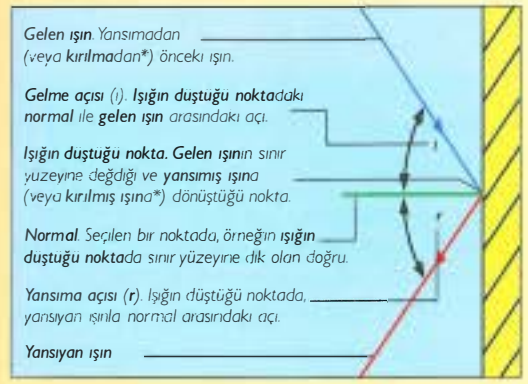
* **Dalga boyu**, 32; **Elektromanyetik dalgalar**, 42; **Frekans**, 33.

IŞIĞIN YANSIMASI

Yansıma, bir sınır yüzeyinden seken dalganın yönünün değişmesidir (bakınız, sayfa 34). Işığın yansımasını göstermek için genellikle aynalar kullanılır (ayrıca aşağıya ve 46-47. sayfalara bakınız). Bir cisim ve aynadaki görüntüsü şematik olarak çizildiğinde ışık ışınlarının cisimden çıktığı varsayılır. Gerçekteyse ışınlar, bir kaynaktan, örneğin Güneş'ten gelir ve cisim tarafından yansıtılır.

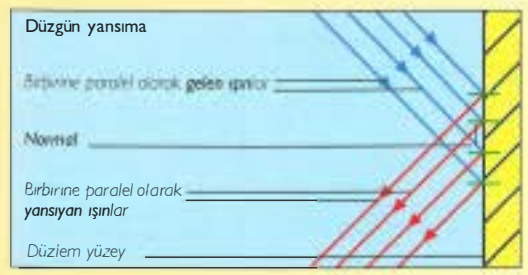
Işık için yansıma yasaları

1. **Yansıyan ışın, gelen ışın** ve **ışığın düştüğü nokta**da yüzeye dik olan doğru (**normal**) aynı düzlemde yer alır.
2. **Gelme açısı** (**i**) = **yansıma açısı** (**r**).



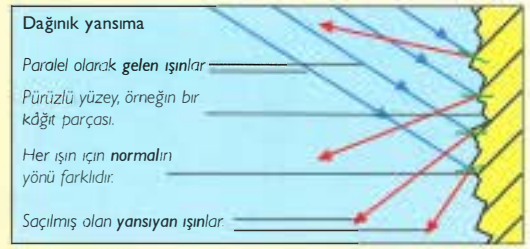
Düzgün yansıma

Birbirine paralel olarak **gelen ışın**lar (yukarıya bakınız) düzlem bir yüzeyden yansıdığında, **yansıyan ışın**lar da birbirine paraleldir. Bu durum, yüzeyler çok düzgünse ortaya çıkar (ayna örneğinde olduğu gibi).



Dağınık yansıma

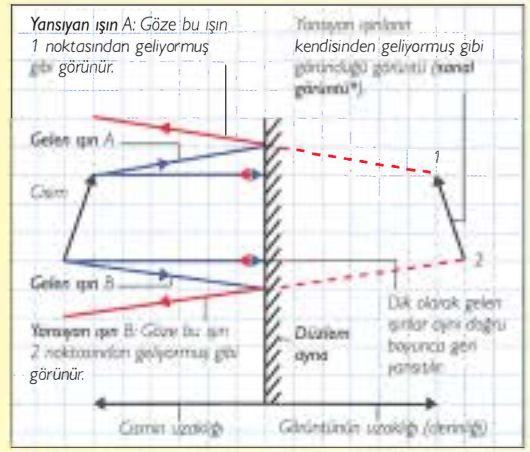
Birbirine paralel olarak **gelen ışın**lar (sola bakınız) pürüzlü bir yüzeyden yansıdığında, **yansıyan ışın**ların farklı yönlere giderek saçılması. Bu durum, yüzeylerin çoğu ışığın **dalga boyu**yla* karşılaştırılabilir büyüklükte pürüzler barındırdığı için ortaya çıkan en yaygın yansıma türüdür (bakınız, sayfa 111).



Düzlem ayna

Düz yüzeyli bir ayna (ayrıca bakınız, **eğrisel ayna**lar, sayfa 46-47). Bu aynalarda oluşan görüntü cisimle aynı büyüklüktedir, cismin aynaya uzaklığıyla görüntünün derinliği aynıdır ve görüntüde sol ve sağ yer değiştirmiştir.

Işığın düzlem aynadan yansıması



Paralaks

Bir cismin, iki bakış noktası arasındaki farktan kaynaklı olarak yer değiştirmiş gibi görünmesi. Örneğin, bir cisme önce sol gözle sonra da sağ gözle bakılınca, cisim hareket etmiş gibi görünür. Birinci bakış noktası sol göz, ikinciyse sağ gözdür. (Ayrıca bakınız, **paralaks hatası**, sayfa 110).

* **Dalga boyu**, 32; **Mercekler**, 50; **Kırılmış ışın, kırılma**, 48; **Sanal görüntü**, 47 **(Görüntü)**.

Işığın yansıması (devamı)

Işık ışınları, düzlem yüzeylerden olduğu gibi eğrisel yüzeylerden yansırken de **yansıma yasaları**na (bakınız, sayfa 45) uyar. Bir eğrisel aynadan yansıma sonucu oluşan görüntüler kolayca gözlemlenebilir. İki tür eğrisel ayna vardır: **İçbükey ayna**lar ve **dışbükey ayna**lar. Işığın yansımasını gösteren bütün şemalarda cismin ışık kaynağı olduğu varsayılır (bakınız, **ışığın yansıması**, sayfa 45) ve bazı özel noktalarla (aşağıya bakınız) bu noktalardan geçen ışınların iyi bilinen özellikleri, yansıyan ışınların izlediği yolları bulmak için kullanılır.

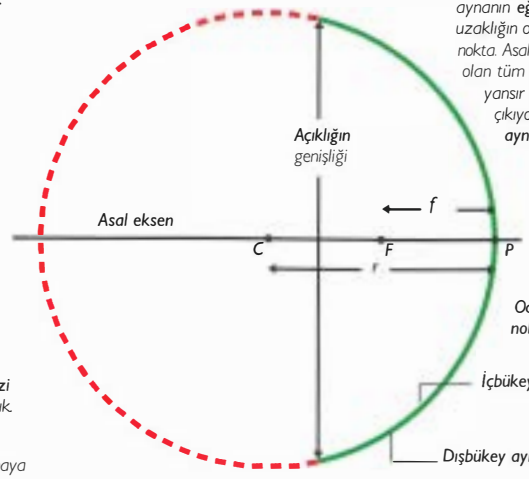
Yansıyan ışınların izlediği yolları bulmak için kullanılan noktalar *(Ayrıca bakınız, sayfa 50).*

Tepe noktası (P). *Eğrisel aynanın orta noktası.*

Eğrilik merkezi (C). *Eğrisel bir aynanın kesildiği kürenin merkezi. Bu noktadan geçen (**içbükey ayna**) veya bu noktaya doğru yol alan (**dışbükey ayna**) herhangi bir ışık ışını, tekrar geldiği doğrultuda yansıtılır.*

***Eğrilik yarıçapı (r). Eğrilik merkezi** ve **tepe noktası** arasındaki uzaklık.*

Açıklık. *Işığın içinden geçerek aynaya düştüğü alan.*



Asal odak veya odak noktası (F). *Eğrisel bir aynanın **eğrilik merkezi** ve **tepe noktası** arasındaki uzaklığın ortasında, **asal eksen**de yer alan özel bir nokta. Asal eksene paralel gelen ve eksene yakın olan tüm ışınlar, asal odağa yakınsayacak şekilde yansır (**içbükey aynalar**) veya asal odaktan çıkıyormuş gibi ıraksayarak yansır (**dışbükey aynalar**).*

***Asal eksen. Eğrilik merkezi** ve **tepe noktası**ndan geçen düz çizgi.*

***Odak uzaklığı (f). Asal odak** ve **tepe noktası** arasındaki uzaklık.*

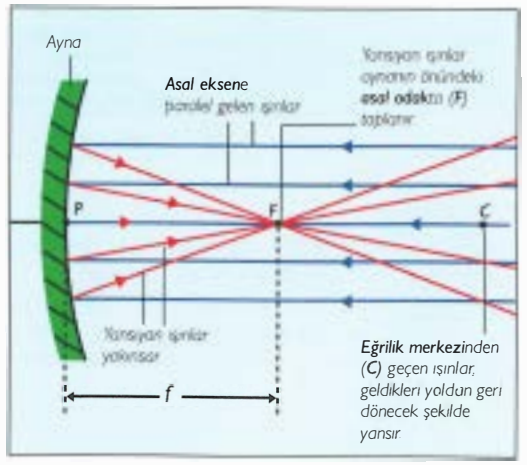
***İçbükey ayna** bu taraftan yansıtır.*

***Dışbükey ayna** bu taraftan yansıtır.*

İçbükey, çukur veya yakınsak ayna

Yansıtıcı yüzeyi içe doğru eğik olan bir ayna (bir kürenin iç kısmı). Işınlar, **asal eksen**e paralel olarak gelip böyle bir aynaya düştüklerinde, aynanın önündeki **asal odağa** yakınsayacak şekilde yansıtılırlar. Oluşan **görüntü**nün büyüklüğü, yeri ve türü, cismin aynadan uzaklığına bağlıdır.

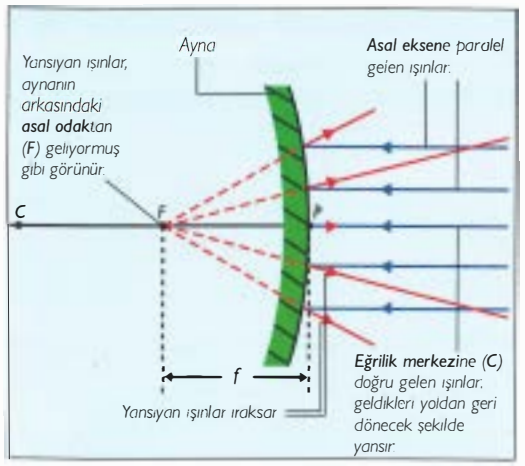
İçbükey ayna



Dışbükey, tümsek veya ıraksak ayna

Yansıtıcı yüzeyi dışa doğru eğik olan ayna (bir kürenin dış kısmı). Işınlar, **asal eksen**e paralel gelip böyle bir aynaya düştüklerinde, aynanın arkasındaki (içindeki) **asal odak**tan çıkıyormuş gibi ıraksayarak yansır. Oluşan **görüntü** daima düz, küçük ve **sanal görüntü**dür (bakınız **görüntü**).

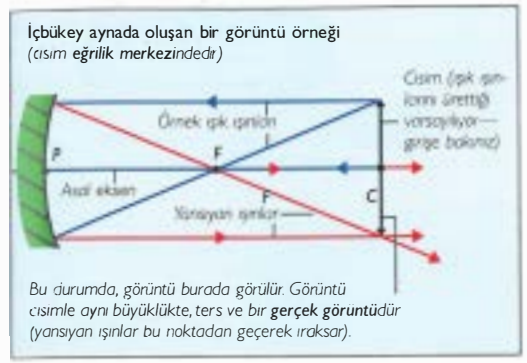
Dışbükey ayna



Görüntü

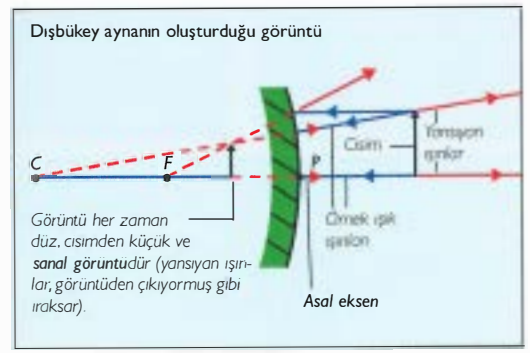
Bir cismin aynadan görünüşü. Nasıl bir cisim, üzerinden ışık ışınları geldiği için görülüyorsa (bakınız, **ışığın yansıması**, sayfa 45), görüntü de yansıyan ışınlar buradan geldiği için (**gerçek görüntü**) veya buradan kaynaklanıyormuş gibi ıraksadığı için (**sanal görüntü**) görülür.

İçbükey aynada oluşan bir görüntü örneği *(cisim **eğrilik merkezi**ndedir)*



*Bu durumda, görüntü burada görülür. Görüntü cisimle aynı büyüklükte, ters ve bir **gerçek görüntü**dür (yansıyan ışınlar bu noktadan geçerek ıraksar).*

Dışbükey aynanın oluşturduğu görüntü



Ayna veya mercek formülü

Bir cismin, eğrisel bir aynanın veya **merceğin*** tepe noktasından uzaklığıyla **görüntü**sünün, yine aynı noktadan uzaklığı ve aynanın veya merceğin **odak uzaklığı** arasındaki ilişkiyi verir. Bir görüntü, aynanın veya merceğin her iki yanında da oluşabilir, böylece görüntünün konumunu belirtmek için bir **işaret seçimi*** yapılır.

Ayna formülü: $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ burada: f = **odak uzaklığı**; v = **görüntü**nün uzaklığı (tepe noktasından); u = cismin uzaklığı (tepe noktasından)

Aynalar ve mercekler için işaret seçimi, "gerçek olan pozitif" olacak şekildedir.

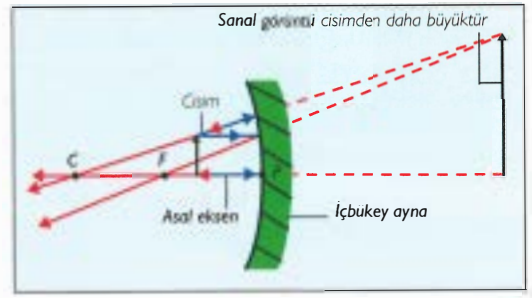
1. *Tüm uzaklıklar, aynadan (tepe noktası) veya mercekten uzaklık olarak ölçülür.*
2. *Cisimlerin ve **gerçek görüntü**lerin uzaklıkları pozitiftir.*
3. *Sanal görüntü**lerin** uzaklıkları negatiftir.*
4. *Yakınsak ayna ve merceklerin* odak uzaklıkları pozitiftir. Iraksak ayna ve merceklerin odak uzaklıkları negatiftir.*

Çizgisel büyütme

Bir aynanın veya **merceğin*** oluşturduğu görüntünün boyunun cismin boyuna oranıdır.

$$\text{Çizgisel büyütme} = \frac{\text{görüntünün boyu}}{\text{cismin boyu}}$$

Çizgisel büyütmenin bir örneği



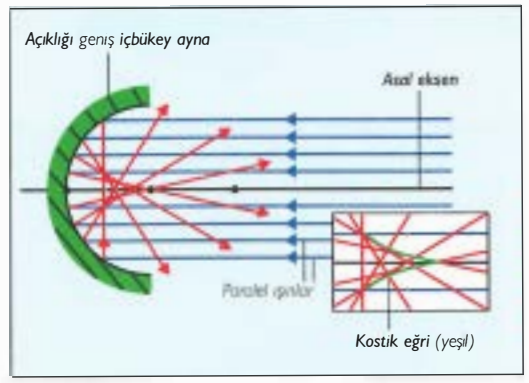
Işığın tersinirliği ilkesi

Yansıma, **kırılma*** veya **kırınım*** nedeniyle belli bir yolu izleyen ışık ışınının, aynı koşullarda karşı yönden gelen bir ışık ışınıyla aynı yolu izleyeceğini ifade eder. **Asal eksen**e paralel gelen ışınlar, örneğin bir **içbükey ayna**da, asal odaktan geçecek şekilde yansıtılır. **Asal odağa** bir noktasal kaynak konursa ışınlar bu eksene paralel olacak şekilde yansıtılır.

Küresel sapınç (aberasyon)

Asal eksene paralel gelen (ve bu eksenden farklı uzaklıklardaki) ışınlar, eğrisel bir aynaya çarpıp, eksen civarında farklı noktalarda kesişecek şekilde yansıdığında görülen bir etki. Bu durumda kesişen ışınlar bir **kostik eğri** oluşturur. **Açıklık** ne kadar büyükse, sapınç da o kadar büyüktür. Bu etki, geniş açıklıklı **mercek**lerde* de gözlemlenir.

Küresel sapınç



* İşaret seçimi, 9; Kırılma, 35; Kırınım, 35; Mercek, 50.

IŞIĞIN KIRILMASI

Kırılma, bir **ortam**dan* diğerine geçen bir dalganın hızındaki değişmenin bir sonucu olarak yönünün değişmesidir (ayrıca, bakınız sayfa 35). Işık ışınları (bakınız, sayfa 44) yeni bir ortama girdiklerinde **kırılma yasaları**na göre kırılır. Işınların kırıldıktan sonraki yönü, girdikleri yeni ortamın yoğunluğunun daha çok ya da daha az olmasına ve dolayısıyla hızlanmasına ya da yavaşlamasına bağlıdır (aşağıdaki şemaya bakınız).



Kırılma nedeniyle kamışın içecekteki kısmı bükülmüş görünür.

İki ortam* arasındaki sınır yüzeyinde kırılma



Gelen ışın. *Kırılmadan (veya **yansıma**dan*) önceki ışık ışını.*

Kırılma açısı (r). Kırılan ışın *ve **ışığın düştüğü nokta**daki **normal** arasındaki açı.*

*İkinci ortamın kırılma indisi daha yüksekse ışın yavaşlar ve **normale** yaklaşacak şekilde kırılır. Eğer kırılma indisi daha düşükse ışın hızlanır ve normalden uzaklaşacak şekilde kırılır.*

Gelme açısı (i). Gelen ışın *ve **ışığın düştüğü nokta**daki **normal** arasındaki açı.*

Işığın düştüğü nokta. Gelen ışın*ın yüzeyle karşılaştığı ve **kırılan ışın**a (veya **yansıyan ışın**a*)* dönüştüğü nokta.*

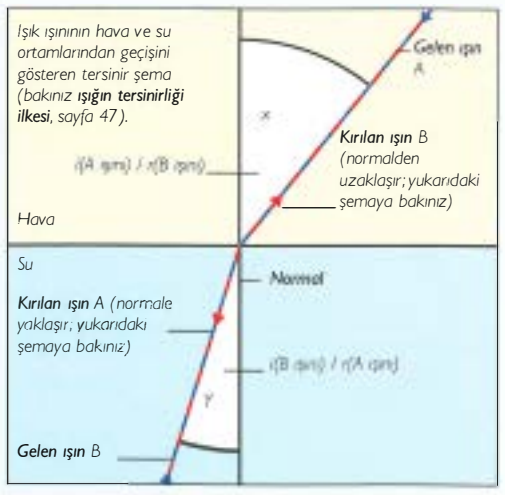
Normal. *Seçilen bir noktada, örneğin **ışığın düştüğü nokta**da, sınır yüzeyiyle dik açı yapan çizgi.*

Kırılan ışın.

Işığın kırılma yasaları

1. **Kırılan ışın, gelen ışın** ve **ışığın düştüğü nokta**daki **normal** aynı düzlem içinde bulunur.

2. (**Snell yasası**). Belirli iki **ortam*** için, **gelme açısı**nın **sinüs**ünün* **kırılma açısı**nın sinüsüne oranı sabittir.



Bu sabit, **kırılma indisi**dir (**n**; bakınız, sayfa 35). Işıktan söz edildiğinde bu, **optik yoğunluk** olarak da bilinir ve diğer durumlardaki kırılma indislerinde olduğu gibi ışığın bir ortamdaki hızı, diğer ortamdaki hızına bölünerek bulunur: Ayrıca **görünür derinlik** resmine bakınız.

*Her iki yön için, ikinci ortamın birinciye göre **kırılma indisi*** $_1n_2$ şeklinde gösterilir.*

***Snell yasası**na göre,*

$$_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Ortamlar harflerle de gösterilebilir: $_aN_b$ suyun havaya göre kırılma indisi, $_bN_a$ ise havanın suya göre kırılma indisidir.

$$_aN_b = \frac{\sin i\ (\text{için } A)}{\sin r\ (\text{için } A)} = \frac{\sin x}{\sin y}$$

$$_bN_a = \frac{\sin i\ (\text{için } B)}{\sin r\ (\text{için } B)} = \frac{\sin y}{\sin x}$$

Böylece $_aN_b = \frac{1}{_bN_a}$

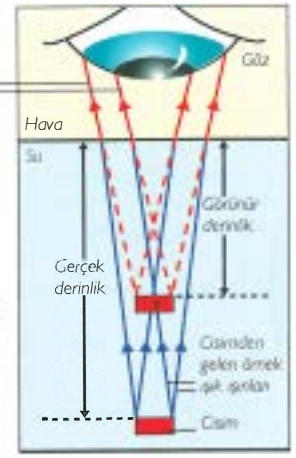
*Kırılma indisinde herhangi bir harf ya da rakam yoksa bu **mutlak kırılma indisi**dir*.*

* **Mutlak kırılma indisi**, 35 (**Kırılma indisi**); **Ortam**, 113; **Yansıyan ışın, Yansıma**, 45; **Sinüs**, 113.

Görünür derinlik

Bir **ortamdaki*** cismin, diğer bir ortamdan bakıldığında göründüğü konumu. Beyin, ışık ışınlarını düz bir çizgi boyunca yol alıyormuş gibi algılar; gerçekteyse, kırılmanın bir sonucu olarak bu ışınlar yönlerini değiştirir. Bundan dolayı cisim, aslında göründüğü yerde değildir.

Görünür derinlik



Işınlar sudan çıkarken kırılır

Beyin, ışınları düz bir yol izliyormuş gibi algılar (kırmızı kesikli çizgi), bu nedenle cisim X noktasındaymış gibi görünür.

*Gerçek derinlik ve görünür derinlik, **kırılma indisi**** *hesaplamak için de kullanılabilir.*

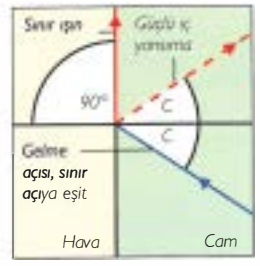
$$\text{görünür derinlik} = \frac{\text{gerçek derinlik}}{{}_aN_b}$$

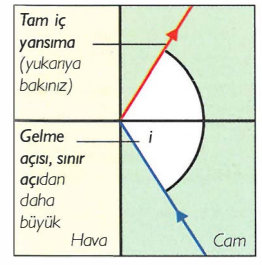
$$\left({}_aN_b = \frac{1}{{}_bN_a}\right)$$

Sınır (kritik) açı (c)

Yoğunluğu daha az olan bir **ortama*** düşen ışık ışınının, **normal**le 90° açı yapacak şekilde kırılmaya uğradığı özel bir **gelme açısı**. Bu, kırılan ışınların (**sınır ışını**), sınır yüzeyi boyunca yol aldığı ve ikinci ortama geçmediği anlamına gelir.







Sınır açı, kırılma indisini* *hesaplamak için de kullanılabilir:*

$$_cn_h = \sin c$$

$$\left({}_hn_c = \frac{1}{{}_cn_h}\right)$$

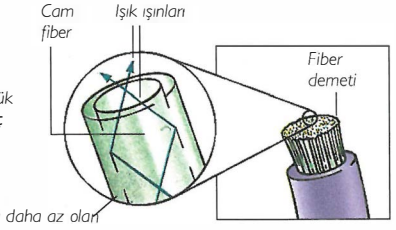
(Not: 90°'nin sinüsü 1'dir.)

*Gökkuşağı, yağmur yağdıktan sonra havada asılı kalan yağmur damlalarından ışığın **kırılma**sıyla oluşur. Her bir damla, ışığı, **görünür ışık tayfı**nın** *renklerine **ayrıştıracak** şekilde bir **prizma** gibi davranır:*

Tam iç yansıma

Işık, yoğunluğu daha yüksek bir **ortam**dan* gelerek, yoğunluğu daha az olan bir ortamın sınır yüzeyine çarptığında, kırılmayla beraber, yüksek yoğunluklu ortama doğru bir geri yansıma da gerçekleşir. **Gelme açısı, sınır açı**dan büyük olduğunda **tam iç yansıma** oluşur, yani ışığın tümü geldiği ortama yansır.

***Optik fiber**ler ışığı **tam iç yansıma** yoluyla taşır. Büyük fiber demetlerinin birçok kullanım alanı vardır. Örneğin, iletişimde ve tıpta (bedenin iç kısımlarını görüntülemeye yarayan **endoskop**larda) kullanılırlar.*



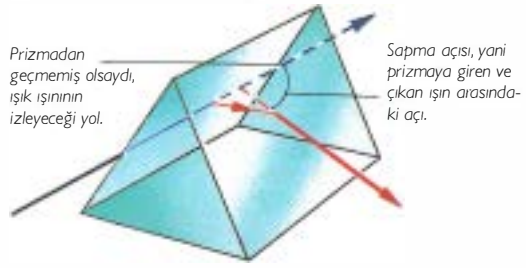
***Gelme açısı, sınır açı**dan daha büyük olduğu için **tam iç yansıma** oluşur.*

Camın, yoğunluğu daha az olan dış tabakası

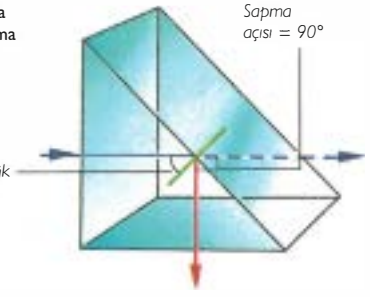
Prizma

Birbiriyle açı yapan iki kınıcı yüzeyi olan saydam bir katı madde. Prizmalar beyaz ışığın renklerine **ayrılım**ında* (**dispersiyon**) ve kırılma ve **tam iç yansıma** yoluyla ışık ışınının yolunu değiştirmekte kullanılır.

Bir ışık ışınının prizmada kırılması



Tam iç yansımaya neden olan prizma



* **Ayrılım**, 52 (**Renk**); **Görünür ışık tayfı**, 52; **Kırılma indisi**, 35; **Ortam**, 113.



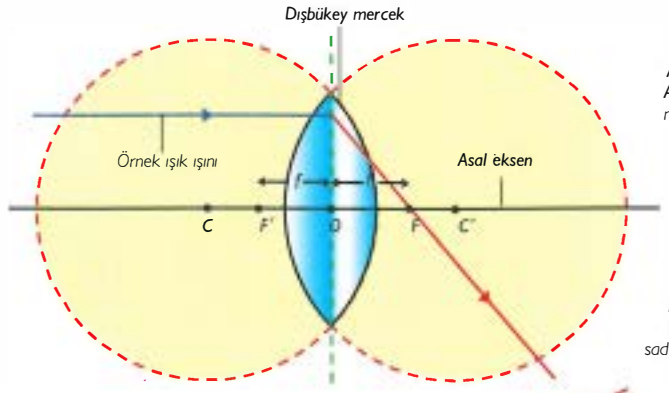
*Büyüteç, cisimleri olduğundan büyük göstermek için kullanılan bir **yakınsak mercek**tir.*

Işığın kırılması (devamı)

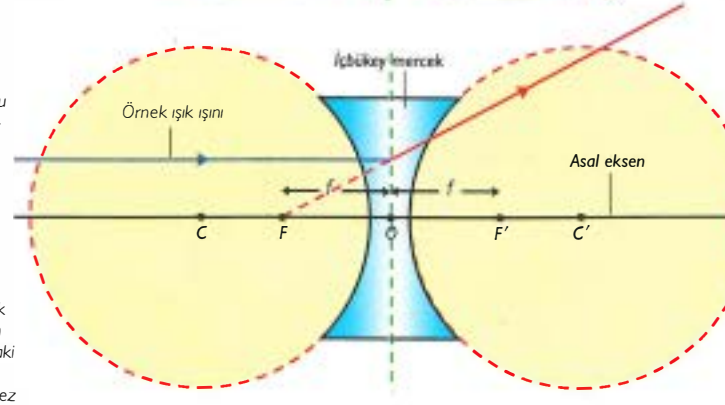
Işık ışınları, düzlem yüzeylerden olduğu gibi, **mercekler** gibi eğri yüzeylerden de **kırılma yasaları**na (bakınız, sayfa 48) uyacak şekilde kırılır. Bu durumda, düzlem yüzeylerden farklı olarak bir görüntü elde edilir. **İçbükey** ve **dışbükey** olmak üzere iki tür mercek vardır. Bu mercekler, içinde bulundukları **ortam**a* göre **kırılma indis**lerine bağlı olarak **ıraksak** veya **yakınsak mercek** işlevini görebilir. Kırılma sonucu görüntü oluşumunu gösteren tüm şemalarda, cismin ışık kaynağı olduğu varsayılır (bakınız **ışığın yansıması**, sayfa 45) ve bazı özel noktalar (aşağıya bakınız) ve bu noktalardan geçen ışınların iyi bilinen özellikleri, kırılan ışınların izlediği yolları bulmak için kullanılır. Cisimlerin ve görüntülerin yerleri, **ayna (mercek) formülü*** kullanılarak bulunabilir.

Kırılan ışınların yollarını göstermek için kullanılan noktalar (ayrıca sayfa 46'ya bakınız)

*Burada gösterilen mercekl-erin tümü ince mercektir (yani merceğin kalınlığı, **odak uzaklığı**na göre çok küçüktür). Işık ışın-ları, merceğe girerken ve çıkarken iki kez kırılırlar; buna karşın, merceğin **optik merkez**inden geçen dik düzlemde sadece bir kez kırılmış gibi çizilirler.*



***Asal odak** veya **odak noktası**. **Asal eksen** üzerindeki özel bir nokta. Asal eksene paralel gelen tüm ışınlar asal odaktan geçecek şekilde (**yakınsak mercek**) veya odaktan çıkan doğrultular boyunca uzaklaşacak şekilde (**ıraksak mercek**) kırılır. Işık, merceğe her iki yönden girebildiği için iki asal odak vardır. **F** harfi, ışınların geçtiği (yakınsadığı) veya uzaklaştığı (ıraksadığı) asal odağı gösterir (diğeri **F'** ile gösterilir)*



***Optik merkez** (O). Merceğin merkezi. Bu noktadan geçen ışınların yönü değişmez.*

***Eğrilik merkezi.** Merceğin kesildiği kürenin merkezi. Merceğin iki tane eğrisel yüzeyi olduğu için iki tane de eğrilik merkezi vardır. Gelen ışının düştüğü taraftaki eğrilik merkezi **C** ile gösterilir (diğer merkez **C'** ile gösterilir).*

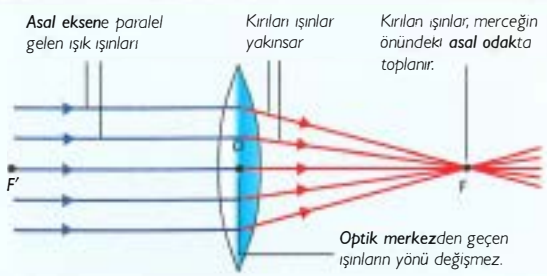
***Asal eksen. Eğrilik merkez**inden ve **optik merkez**den geçen doğru.*

***Odak uzaklığı** (f). **Asal odak**lardan herhangi biri ile **optik merkez** arasındaki uzaklık.*

***Açıklık**. Işığın içinden geçerek merceğe düştüğü alan.*

Yakınsak mercek

Üzerine paralel olarak gelen ışınların, diğer taraftaki **asal odağa** yakınsamasını sağlayan bir mercek. **İçbükey** ve **dışbükey mercek**lerin her ikisi de merceklerin içinde bulundukları **ortam**a* göre, **kırılma indisi**ne* bağlı olarak yakınsak işlevi görebilir. Hava ortamında bulunan camdan bir dışbükey mercek, sağdaki şemada görüldüğü gibi, yakınsak bir mercek gibi davranır.



*Camdan daha yoğun bir **ortam**da* yer alan bir cam dışbükey mercek, **ıraksak mercek** işlevi görür.*

* **Ayna formülü**, 47; **Kırılma indisi**, 35; **Ortam**, 113.

Güç (P)

Bir merceğin, ışık ışınlarını yakınsatma veya ıraksatma yeteneğinin bir ölçüsü. **Odak uzaklığı** metre olarak ölçüldüğünde, merceğin gücü **diyoptri** olarak ifade edilir. Odak uzaklığı ne kadar kısaysa merceğin gücü o kadar yüksektir.

$$P = \frac{1}{f}$$ Burada P = merceğin gücü, f = odak uzaklığı



Dürbünlerde, cisimlerin görüntüsünü büyütmek için mercekler kullanılır.

Dışbükey mercek

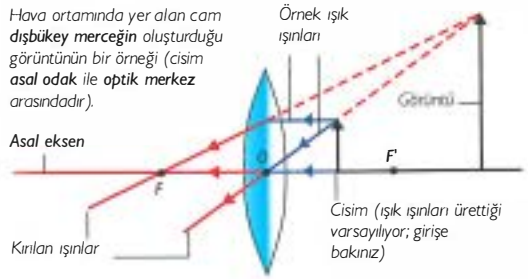
En azından bir yüzü tümsek olan bir mercek. Bir yüzü çukur, diğer yüzü tümsek bir merceğin ortası kenarlarından kalınsa, bu mercek dışbükeydir (bir **dışbükey menisk**tir). Hava ortamında yer alan bir cam **dışbükey mercek**, **yakınsak mercek** gibi davranır. Merceğin oluşturduğu görüntünün büyüklüğü, konumu ve türü (**gerçek*** veya **sanal***), merceğin cisimden uzaklığına bağlıdır.

Dışbükey mercek türleri



Dışbükey mercek

*Hava ortamında yer alan cam **dışbükey merceğin** oluşturduğu görüntünün bir örneği (cisim **asal odak** ile **optik merkez** arasındadır).*



*Bu örnekte, cismin arkasında oluşan görüntü düz, cisimden büyük ve bir **sanal görüntü**dür*.*

İçbükey mercek

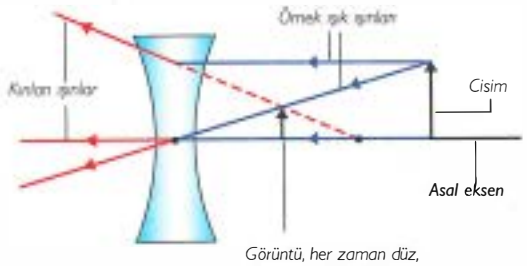
En azından bir yüzü çukur olan bir mercek. Bir yüzü çukur ve bir yüzü tümsek bir merceğin ortası kenarlarından daha inceyse bu bir içbükey mercektir (bir **içbükey menisk**tir). Hava ortamında yer alan bir cam içbükey mercek, bir **ıraksak mercek** işlevi görür. Cismin merceğe göre konumu değişebilir, ama görüntünün türü her zaman aynıdır.

İçbükey mercek türleri



İçbükey mercek

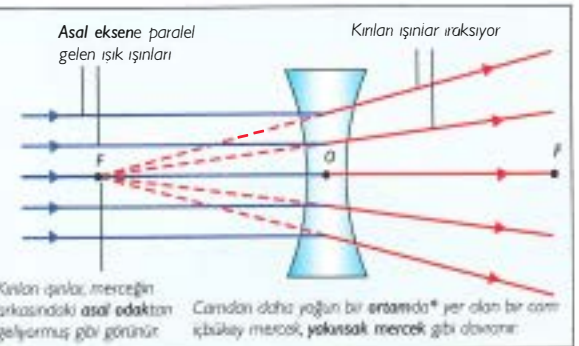
*Hava ortamında yer alan cam **içbükey merceğin** oluşturduğu görüntü*



*Görüntü, her zaman düz, cisimden daha küçük ve bir **sanal görüntü**dür*.*

Iraksak mercek

Üzerine düşen paralel ışınların, kırıldıktan sonra, ışığın geldiği taraftaki **asal odak**tan geliyormuş gibi ıraksamasına neden olan bir mercek. **İçbükey** ve **dışbükey mercek**lerin her ikisi de içinde bulundukları **ortam**ın* merceklere göre **kırılma indisi**ne* bağlı olarak ıraksak mercek işlevi görebilir. Hava ortamında yer alan bir cam içbükey mercek, sağdaki şemada görüldüğü gibi, bir ıraksak mercek işlevi görür.



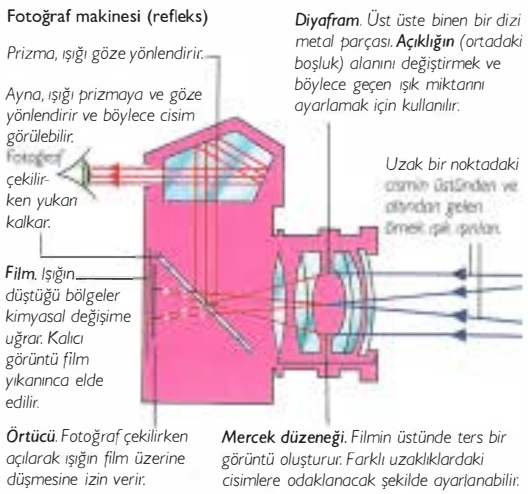
* **Gerçek görüntü**, 47 (**Görüntü**); **Kırılma indisi**, 35; **Ortam**, 113; **Sanal görüntü**, 47 (**Görüntü**).

OPTİK ALETLER

Bir **optik alet**, istenen türde bir görüntü elde etmek için bir veya daha fazla **merceği** ya da **eğrisel ayna**ları* kullanarak ışığı etkileyen bir düzenekten oluşur. Yaygın olarak kullanılan optik aletlerin bazıları aşağıda gösterilmiştir.

Fotoğraf makinesi

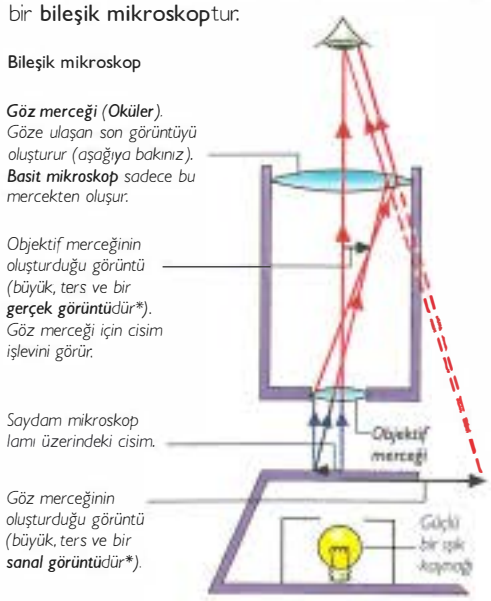
Bir cismin görüntüsünü oluşturup bunu bir film üzerine kaydetmekte kullanılan bir optik alet. Görüntü ters çevrilmiş bir **gerçek görüntü**dür*.



Işığın merceklerde kırılmasında (sayfa 50), ışınlar sadece tek bir yön değişimine uğruyormuş gibi gösterilmişti. Burada da, mercek düzeneğinin optik merkezinden geçen çizgi boyunca tek bir yön değişimi gösteriliyor.

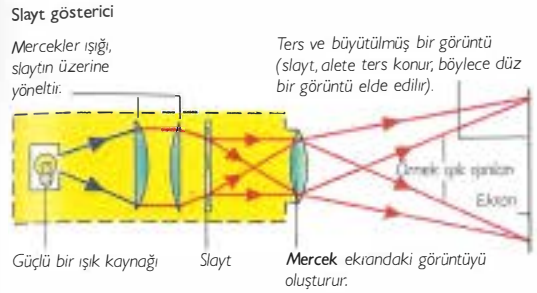
Mikroskop

Çok küçük cisimlerin görüntüsünü büyütmeye yarayan bir alet. Eğer tek merceği varsa bu bir **basit mikroskop** veya **büyüteç**tir. Çok sayıda merceği varsa bir **bileşik mikroskop**tur.



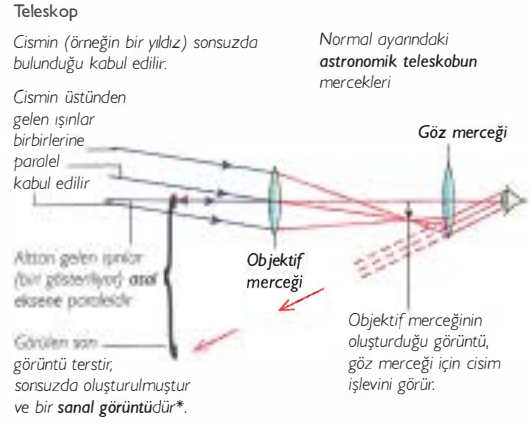
Slayt gösterici

Slaytların büyütülmüş görüntüsünü elde etmek için kullanılan bir optik alet.



Teleskop

Çok uzaktaki (bu nedenle çok küçük görünen) cisimleri daha büyük göstermeye yarayan bir alet.



Görülme açısı

Bir cismin veya görüntüsünün üstünden ve altından gelen ışınların, gözün bulunduğu noktada yaptıkları açı. Bu açı ne kadar büyükse, cisim veya görüntü de o kadar büyük görünür. Büyütmeyi sağlayan optik aletler, örneğin mikroskoplar, bunu gerçekleştirmek için oluşturdukları görüntünün görülme açısını, cismin çıplak gözle görülen açısından daha büyük yaparlar. Bu tip bir aletin **açısal büyütme**si veya **büyütme gücü** (aşağıya bakınız) bu yeteneğinin bir ölçüsüdür.

$$\text{Açısal büyütme} = \frac{\text{görüntünün görülme açısı}}{\text{cismin görülme açısı}}$$

Renkser sapınç veya renkserlik

Merceklerden elde edilen görüntülerin etrafında bazen görülen renk halesi (**görünür ışık tayfı**; önceki sayfanın alt kısmına bakınız). Işığın **ayrılım**ından kaynaklanır (bakınız, **renk**). Bundan kaçınmak için kaliteli optik aletler bir veya daha fazla renksemez mercek kullanır. Renksemez mercekler, birinin neden olduğu ayrılımı diğerinin giderdiği iki mercekten oluşur.

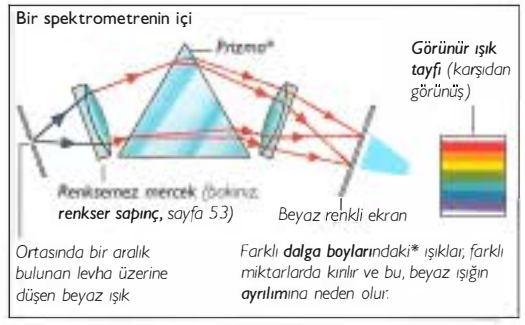


*Bileşik mikroskop*lardaki **renksemez mercek**ler, **renkser sapıncı** en aza indirir.

Renk

Farklı **dalga boyları**ndaki* **görünür ışığın** (bakınız, sayfa 43) tümü göze aynı anda düştüğünde beyaz bir ışık olarak algılanır. Ancak, beyaz ışık **ayrılıma** uğrayabilir; böylece **görünür ışık tayfı**nı (yani, onun farklı dalga boylarını) **kırılma*** yoluyla oluşturacak şekilde ayrışır (kırılma indisi dalga boyuna bağlı olduğu için). Bu, istenmeden ortaya çıkabileceği gibi (bakınız, **renkser sapınç**, sayfa 53), belli bir amaç için **spektrometre** gibi araçlarla da üretilebilir.





Görünür ışık tayfı

Beyaz ışığı oluşturan renklerin ayrılımdan sonraki görüntüsü. Her bir renk bandı, küçük bir **dalga boyu*** aralığına karşılık gelir; bakınız **görünür ışık**, sayfa 43.

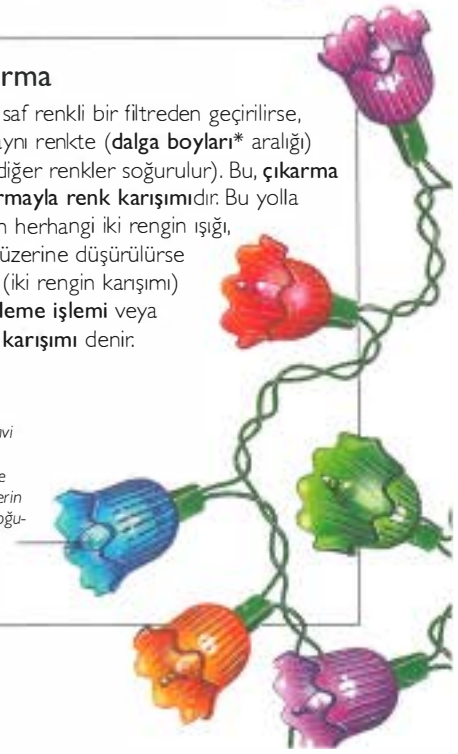
Ana renkler

Kırmızı, mavi ve yeşil ışık: diğer renkli ışıkların karışımıyla elde edilemeyen renkler. Aynı oranda karıştırıldıklarında beyaz ışık elde edilir. Doğru oranda karıştırıldıklarında, görünür ışık tayfındaki tüm renkler elde edilebilir. Bunların saf ana renkler olduğuna dikkat ediniz; sanatta, boyalar saf olmadığı için ana renkler denince başka renkler (kırmızı, mavi ve sarı) kastedilir.



Renk karıştırma

Beyaz renkli ışık, saf renkli bir filtreden geçirilirse, sadece filtreyle aynı renkte (**dalga boyları*** aralığı) olan ışık geçer (diğer renkler soğurulur). Bu, **çıkarma işlemi** veya **çıkarmayla renk karışımı**dır. Bu yolla filtreden geçirilen herhangi iki rengin ışığı, beyaz bir yüzey üzerine düşürülürse üçüncü bir renk (iki rengin karışımı) görülür. Buna **ekleme işlemi** veya **eklemeyle renk karışımı** denir.

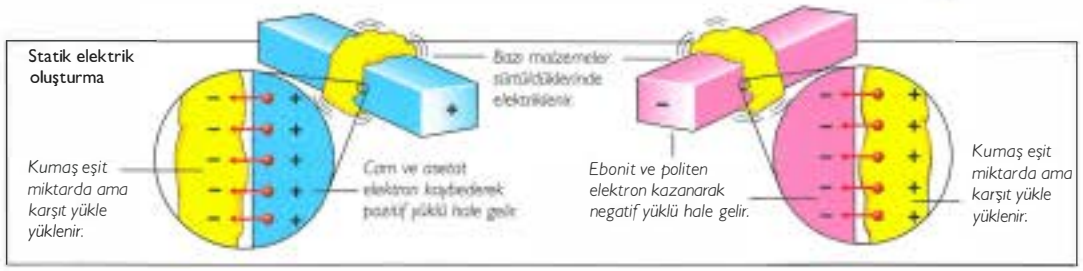


Buradan çıkan ışık mavi görünür, çünkü sadece mavi rengin geçmesine izin verilir (diğer renklerin tümünü mavi yüzey soğurur).

* **Dalga boyu**, 32; **Eğrisel aynalar**, 46; **Gerçek görüntü**, 47 (Görüntü); **Kırılma**, 48; **Mercekler, Asal eksen**, 50; **Prizma**, 49; **Sanal görüntü**, 47 (Görüntü).

STATİK ELEKTRİK

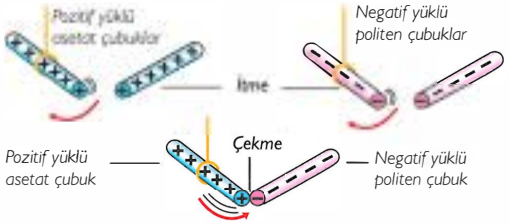
Elektrik kuvvete* neden olan yükler (**elektron**lar* veya **iyon**lar*) ve bunların hareketi çeşitli elektriksel olaylara yol açar. Bir cismin üzerinde normalden fazla elektron bulunduğunda cisim negatif yüklü, normalden az elektron bulunduğunda da pozitif yüklüdür. Elektrik **akımı** (bakınız, sayfa 58) yükün madde içindeki hareketidir. (Metallerde hareket edenler elektronlardır.) Buna karşın, **statik elektrik**, yüklü cisimlerin üzerlerinde "tuttuğu" elektriğe denir.



Elektrostatiğin ilk yasası

Benzer yükler birbirini iter, zıt yükler birbirini çeker. Yüklü bir parçacık **indüksiyon** nedeniyle yüksüz bir iletkeni her zaman çeker.

Çekme ve itme



İletken

Çok sayıda yükün (örneğin elektronlar), içerisinde kolaylıkla hareket edebildiği madde (ayrıca bakınız, **iletkenlik**, sayfa 61). Bu nedenle bunlar elektriği **iletebilir** (bir elektrik **akımı** taşıyabilir, girişe bakınız). Metaller (örneğin bakır; alüminyum, altın) iyi iletkendir; çünkü bunların serbestçe hareket edebilen çok sayıda elektronu vardır.

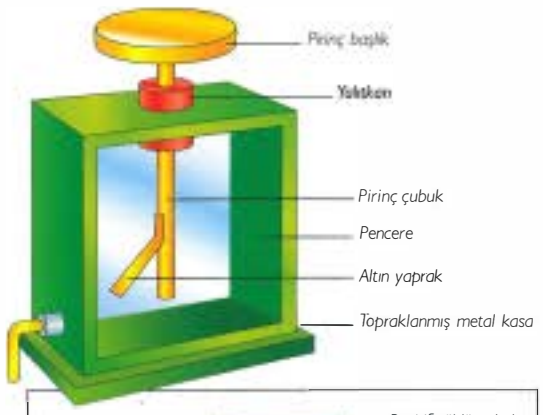
Yalıtkan

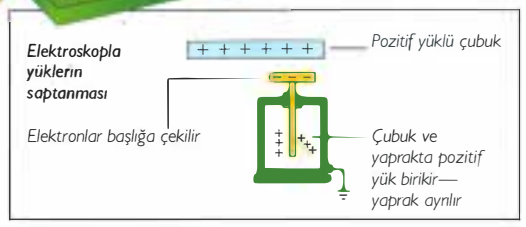
Serbestçe hareket edebilen hiçbir yükü (örneğin elektronlar) bulunmayan veya çok az bulunan (yani **iletken** olmayan) madde. Bazı yalıtkanlar sürtüldükle - rinde elektriklenir. Bunun nedeni, yüzeydeki atomların bazı elektronlarının bir maddeden diğerine atlamasıdır. Buna karşın bu yük yüzeyde kalır.

Elektroskop

Küçük miktarlardaki elektrik yükünü saptamak için kullanılan aygıt. **Altın yapraklı elektroskop** en çok kullanılan türüdür. Yaprak ve çubuk elektriklendik- lerinde birbirlerini iterler ve yaprak, çubuktan ayrılır. Yük ne kadar çoksa ayrılma da o kadar fazla olur. Bazı elektroskoplarda duyarlılığı artırmak için başlık ile kasa arasında bir **sığaç*** bulunur.

Altın yapraklı elektroskop



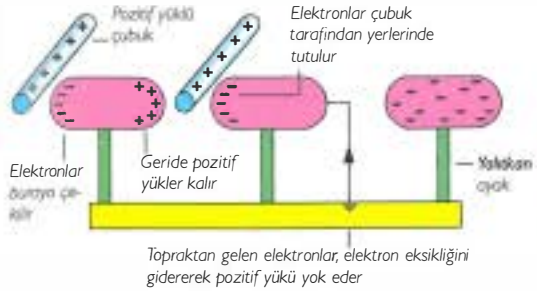


* **Elektrik kuvveti**, 4; **Elektronlar**, 81; **İyonlar**, 86 (İyonlaşma); **Sığaç**, 57.

Etki ile **elektriklenme** veya **elektrostatik indüksiyon**

Bir **iletken**i, başka bir yüklü cisim yardımıyla, ikisini birbirine değdirmeden yükleme işlemi. İlk aşamada çekme ve itme kuvvetlerinin etkisiyle iletkenin değişik kısımlarında yükler oluşur. Yük türlerinden biri uzak- laştırıldığında, cisim kalıcı bir şekilde yüklenmiş olur.

Bir iletkenin etki ile elektriklendirilmesi



Taşıma diski

Yalıtkan bir çubuğun ucuna bağlı bir metal disk. Cisimler arasında yük taşımak için kullanılır.

Yüzeysel yük yoğunluğu

Yükün yüzeyde toplandığı cisimlerde, birim yüzey alanı başına düşen yük miktarı. Metallerin yüzey eğriliğinin daha fazla olduğu yerlerinde yük yoğunluğu daha fazladır, bu nedenle yükler sivri uçlara daha fazla toplanır (bakınız, **nokta etkisi**). Sadece küresel metallerin yük yoğunluğu her yerde aynıdır.

Yüzeysel yük yoğunluğunun dağılımı



İletkenlerde yük yüzeyde toplanır.

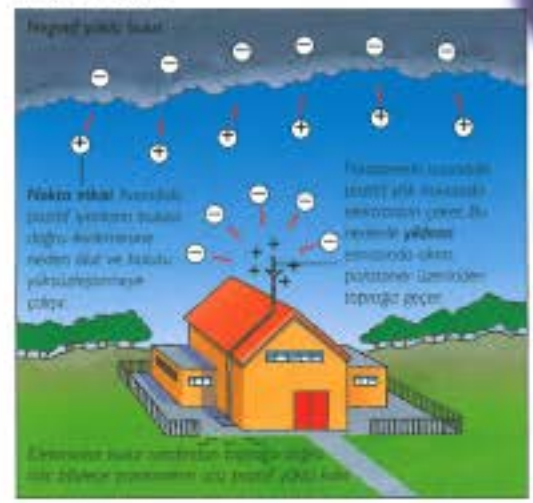
Nokta etkisi

Pozitif yüklü bir cismin sivri ucu çevresinde oluşan olaylar. Havadaki pozitif iyonlar, sivri uçtaki büyük yük tarafından itilir (bakınız, **yüzeysel yük yoğunluğu**). Bunlar havadaki diğer moleküllerle çarpışarak, elektronlar ve yeni pozitif iyonlar oluşturur. Sonuçta, uç çevresindeki hava moleküllerinin oluşturduğu bir **elektriksel rüzgar** ortaya çıkar.

Yıldırım

Bulutlarda bulunan ve değişik parçacıkların (örneğin, su damlacıkları) sürtünme nedeniyle kazandığı yüklerin ani boşalması. **Paratoner**, **nokta etkisi**nin yardımıyla bulutlardaki yükün binalar üzerinden geçmeden toprağa iletilmesine yardımcı olur. Yıldırım olayı, **deşarj tüpleri**nde* olanlara çok benzer.

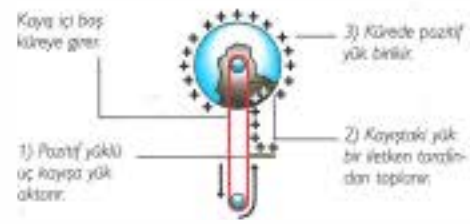
Paratonerin çalışması



Van de Graaff jeneratörü

Sivri uçlu, pozitif yüklü bir cisimden (**nokta etkisi** ne- deniyle) hareketli bir kayışa aktarılan yükün, başka bir iletken tarafından alınıp küresel bir iletken üzerinde toplanmasını sağlayan makine.

Van de Graaff jeneratörü



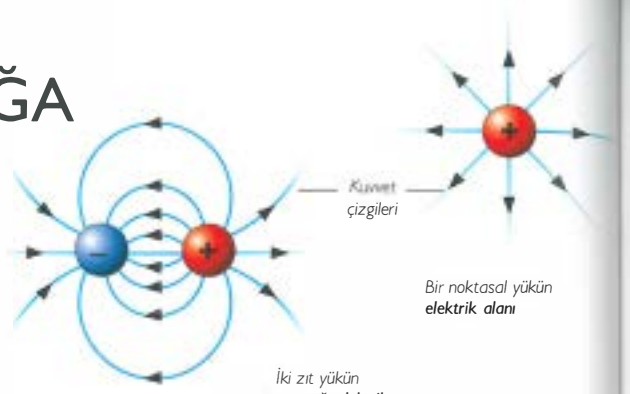
Elektrofor

Negatif yüklü bir **yalıtkan** ile yalıtkan saplı pirinç plakadan oluşan takım. Önceden elde edilmiş bir negatif yükten, çok miktarda pozitif yük üretmek için kullanılır.

* **Deşarj tüpü**, 78; **Mekanik enerji**, 7.

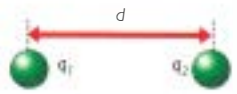
POTANSİYEL VE SIĞA

Bir yük veya yük dağılımı, uzayda bir **elektrik alan*** yaratır, yani yüklü parçacıklara **elektrik kuvveti*** etkimesine yol açan bir **kuvvet alanı*** oluşturur. Bir noktadaki elektrik alanın büyüklüğü birim yük başına etkiyen kuvvet olarak, yönü de pozitif yüklere etkiyen kuvvetin yönü olarak tanımlanır (ayrıca bakınız, sayfa 102-105). Elektrik alan içindeki yüklü cisimler, yükleri ve konumlarına bağlı bir **potansiyel enerji**ye* sahiptir. Buna karşın, **potansiyel** sadece alanın bir özelliğidir (aşağıya bakınız).



$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

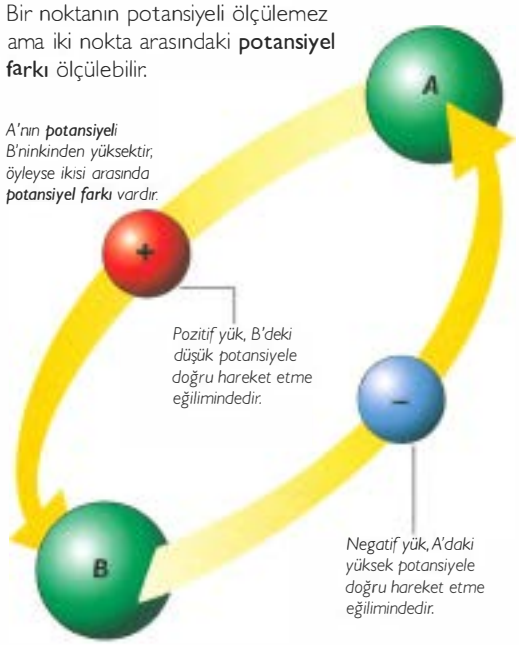
Burada F = elektrik kuvveti*
q_1, q_2 = yük değerleri
d = yükler arası uzaklık



*Elektrik kuvveti**

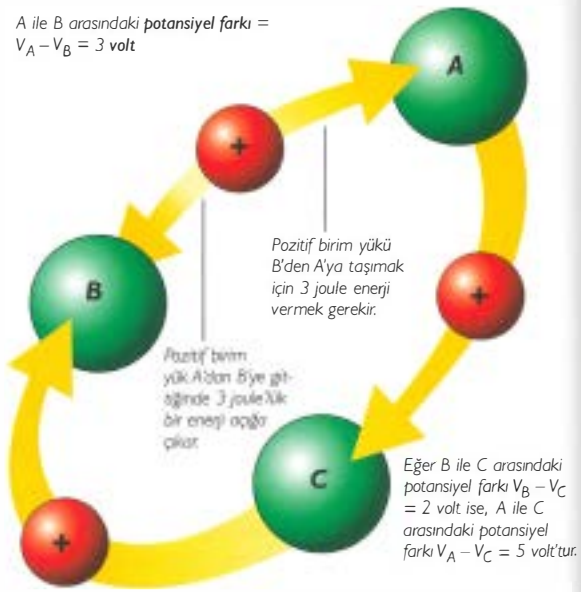
Potansiyel

Elektrik alan içindeki bir nokta için, bu noktaya getirilecek bir parçacığın birim yükü başına sahip olacağı **potansiyel enerji***; yani pozitif birim yükü bu noktaya getirmek için yapılması gereken iş. Bir yükün potansiyel enerjisi, yük miktarına ve bulunduğu noktanın potansiyeline bağlıdır. Pozitif yükler, potansiyelin azaldığı yönde hareket etme eğilimdedir; negatif yükler de arttığı yönde. Bir noktanın potansiyeli ölçülemez ama iki nokta arasındaki **potansiyel farkı** ölçülebilir.



Potansiyel farkı veya gerilim

İki noktanın **potansiyel**leri arasındaki fark; ayrıca, pozitif birim yük bu noktaların birinden diğerine gittiğinde, yükün enerjisindeki değişim. Potansiyel farkının birimi **volt**'tur (bu nedenle potansiyel farkı için bazen **voltaj** ifadesi kullanılır). Bir **coulomb**'luk* yükün hareketi sonucu potansiyeli bir volt değişirse, enerjisi bir joule artar. Birçok uygulamada bir referans noktası seçilerek (genellikle toprağa bağlanmış bir iletken) bu noktanın potansiyeli sıfır alınır.



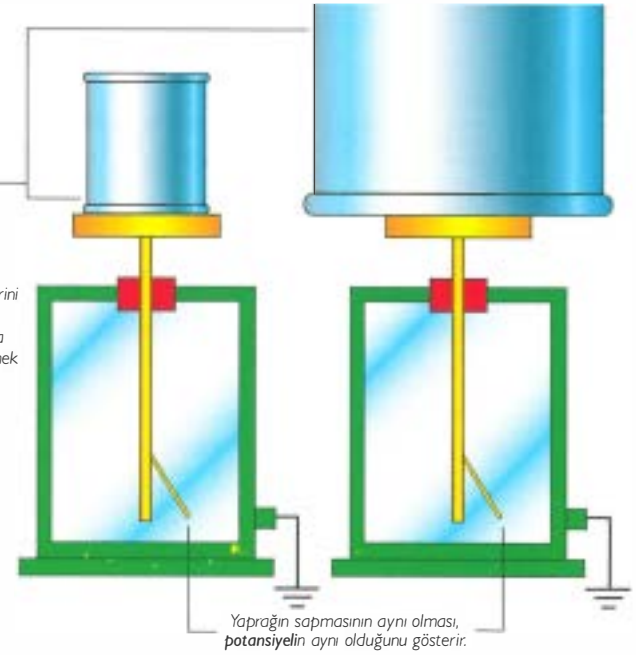
Eşpotansiyel yüzey

Aynı **potansiyel**e sahip noktalardan oluşan yüzey.

* Coulomb, 58; Elektrik kuvveti, Kuvvet alanı, 4; Potansiyel enerji, 6.

Sığa

Bir **iletken*** yük eklendiğinde **potansiyel**i de değişir. **Sığa**, bir cismin yükündeki değişimin, potansiyelindeki değişime oranı olarak tanımlanır. Aynı potansiyel değişimini elde etmek için sığası daha yüksek olan cisme daha fazla yük aktarmak gerekir:



$$C = \frac{Q}{V}$$

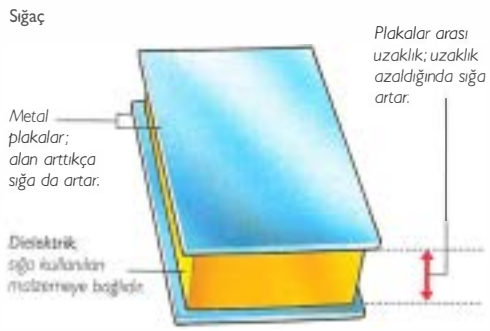
Burada C = sığa, Q = yük, V = potansiyel

Farad

Sığanın birimi. Bir **coulomb**'luk* yükle yüklendiğinde **potansiyel**i bir **volt** artan bir cismin sığası bir **farad**'dır.

Sığaç

Dielektrik olarak adlandırılan yalıtkan bir malzemeyle ayrılmış, birbirine paralel iki metal plakadan oluşan ve yük depolamak için kullanılan aygıt. Bir sığacın sığası kullanılan dielektriğe bağlıdır; bu nedenle ihtiyaç duyulan fiziksel büyüklük ve sığaya bağlı olarak uygun bir dielektrik malzeme seçilir.



Dielektrik sabiti

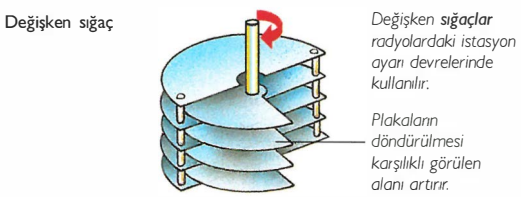
Bir **dielektrik** malzeme herhangi bir **sığacı**n plakaları arasına yerleştirildiğinde elde edilen sığa değerinin, plakalar arasında vakum olduğunda elde edilene oranı. Yani, dielektrik sabiti, vakum yerine dielektrik kullanıldığında sığanın kaç kat artacağını gösterir. (Dielektrik sabiti ölçümlerinde vakum yerine hava kullanılması, ölçülen değeri fazla etkilemez.)

Elektrolitik sığaç

Küçük hacimde yüksek sığa değerleri elde etmek için **dielektrik** olarak özel macunların kullanıldığı **sığaç**. Kullanılan dielektriğin özelliğinden dolayı, bu sığaçların elektrik kaynağına doğru şekilde bağlanması gerekir:

Değişken sığaç

Birbiri içine geçebilen iki farklı plaka takımından oluşan, sığası ayarlanabilen **sığaç**. Çoğunlukla **dielektrik** yerine hava kullanılır. İki plaka takımının birbirini gördüğü alanın değiştirilmesiyle sığa değiştirilebilir.

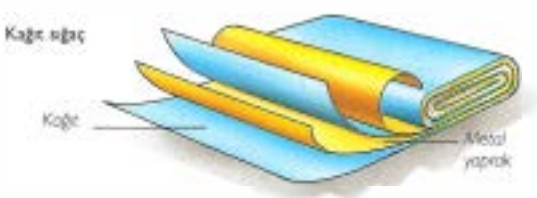


Leyden kavanozu

İç ve dış yüzeyine folyo sarılmış cam kavanozdan oluşan **sığaç**. İlk icat edilen sığaçlardan biridir.

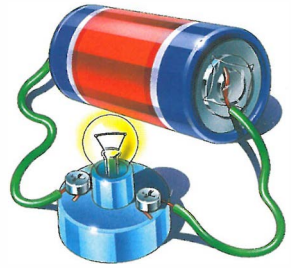
Kağıt sığaç

Dielektrik görevi gören mumlu kağıtla ayrılmış iki uzun metal yapraktan yapılan sığaç. Polyester sığaçlar da benzer şekilde hazırlanır.



* Coulomb, 58; İletken, 54.

ELEKTRİK AKIMI

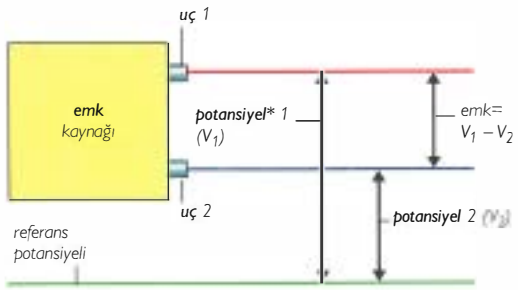


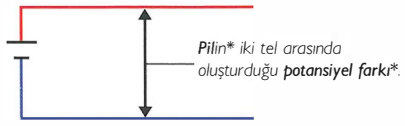
Pil (akım kaynağı), teller ve lamba bir devre oluşturur.

Birim zamanda taşınan elektrik yüküne elektrik **akım**ı (I) denir. Metalik iletkenlerde yük akışını elektronlar (negatif yüklü parçacıklar, bakınız sayfa 81) gerçekleştirir. Bu akışın nedeni, bir **elektrik alan*** altında iki noktanın **potansiyel**inin* farklı olmasıdır. Bu nedenle, elektrik akımının gerçekleşmesi için bir **potansiyel farkı*** gereklidir. **Potansiyel farkı** yaratan bir kaynakla, akımın taşındığı devre öğelerinden oluşan kapalı çevrime **devre** denir.

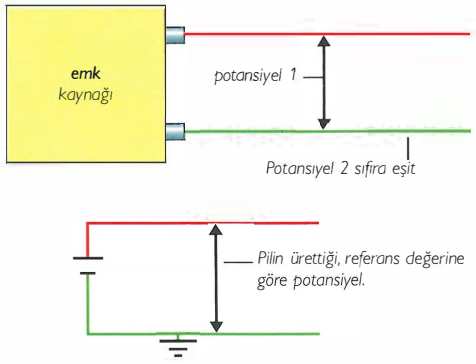
Elektromotor kuvvet (emk)

Bir **hücre***, **pil*** veya **jeneratör**ün* oluşturduğu ve bir devrede akıma neden olan **potansiyel farkı***. Bir emk kaynağının, aralarında sabit bir potansiyel farkı olan iki **uc**u vardır. Devrenin bir öğesinin oluşturduğu ve asıl emk'ya karşıt yönde etkiyen emk'ya **ters emk** denir.



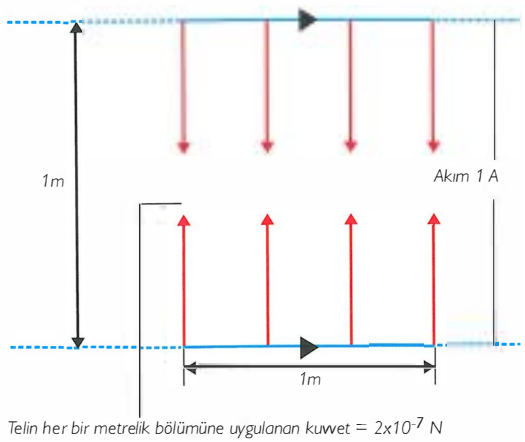


*Bir **uc**un potansiyeli referans potansiyel olarak seçildiğinde*



Amper (A)

Akımın **SI**'daki* birimi (ayrıca bakınız, sayfa 94). Birbirinden bir metre uzaklıktaki sonsuz uzunlukta iki tel üzerinde aktığında, tellerin birine metre başına $2x10^{-7}$ newton kuvvet uygulanmasına neden olan akım bir amper olarak tanımlanır. Akım, bir **akım terazi**sisiyle hassas olarak ölçülebilir. Bu düzenekte, akım taşıyan iki bobin teli arasındaki kuvvet ölçülerek yukarıdaki tanım uygulanır. **Ampermetre**ler* akım terazisiyle **kalibre*** edilirler.



Telin her bir metrelik bölümüne uygulanan kuvvet = $2x10^{-7}$ N

Coulomb

Elektrik yükünün **SI**'daki birimi. Bir **amper**lik akım taşıyan bir iletkenin bir noktasından bir saniyede geçen toplam yük miktarı olarak tanımlanır.

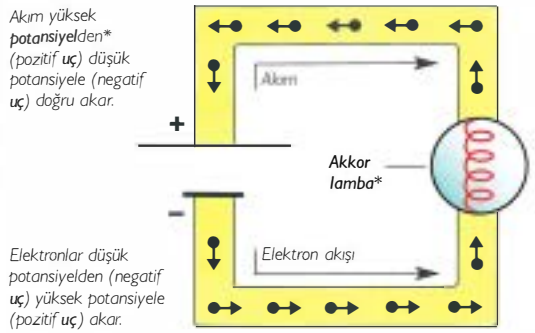
$$Q = I \times t$$

burada: Q = bir noktadan geçen toplam yük (**coulomb**)
I = akım, t = zaman

*Ampermetre, 75; Elektrik alan, 56; Hücre, 66; Jeneratör, 76; Kalibre etmek, 113; Pil, 66; Potansiyel, Potansiyel farkı, 56; SI birimleri, 94.

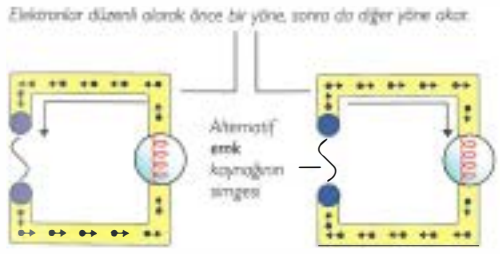
Doğru akım (DC)

Sadece tek bir yönde akan akım. En başlarda akımın yüksek **potansiyel**deki* bir noktadan düşük potansiyeldeki bir noktaya gerçekleşen bir akışa karşılık geldiği düşünülüyordu. Daha sonra elektronların aslında ters yönde aktığı bulundu ama akımın yönü tanımı aynen korundu.

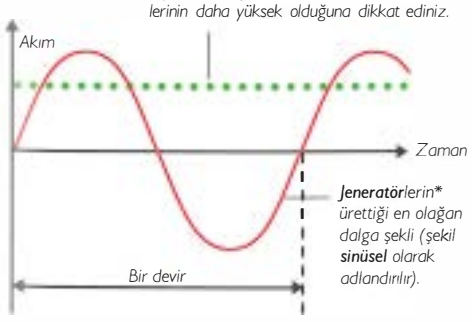


Alternatif Akım (AC)

Akım yönü düzenli aralıklarla değişen akım. Alternatif (yönü değişen) **emk** tarafından oluşturulur. Zamana karşı akım grafiği çizildiğinde, akımın dalga formu görülebilir. Alternatif akım ve emk değerleri çoğunlukla **kare ortalamalarının kare köku**yle ifade edilir (aşağıdaki şekle bakınız).

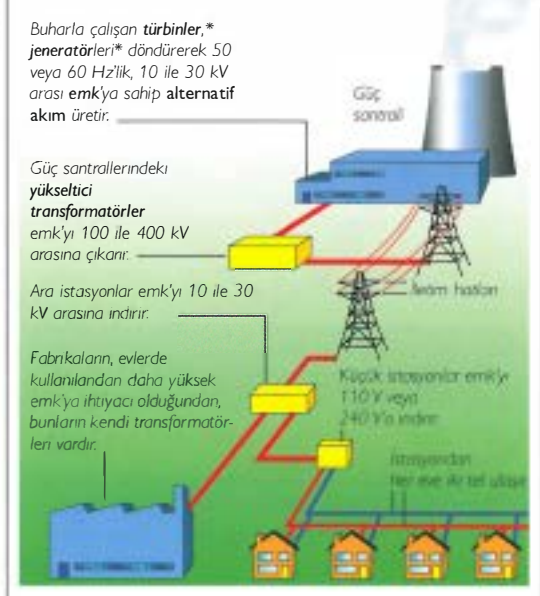


Zamana karşı akım grafiği

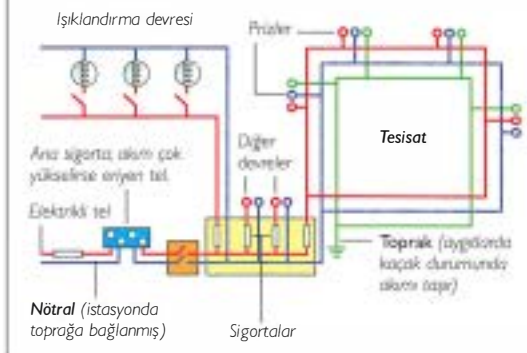


Elektrik Dağıtımı

Evlerde ve endüstride kullanılan elektrik, güç santrallerindeki büyük **jeneratör**ler tarafından üretilir. Üretilen akım 50 veya 60 Hz frekansında bir **alternatif akım**dır. Alternatif akımın (doğru akımdan farklı olarak) daha yüksek veya daha düşük **potansiyel farkları*** üretecek şekilde dönüştürülmesi kolaydır (bakınız, **transformatör**, sayfa 77). Bu, iletim hatlarında yüksek gerilimin, dolayısıyla düşük akımların elde edilmesine olanak sağlar. Bu yolla iletim hatlarındaki güç kayıpları önemli ölçüde azaltılabilir.



Elektrik, evlere **alternatif ak**ım taşıyan iki tel ile iletilir. Bazen tellerden biri toprağa bağlanır, böylece diğer telin **potansiyeli*** düzenli olarak toprağınkinin üzerine çıkar ve altına iner. Bazı ülkelerde güvenlik önlemi olarak, toprağa bağlanmış üçüncü bir hat da bulunur.



*Akkor lamba, 62; Jeneratör, 76; Potansiyel, Potansiyel farkı, 56; Türbin, 113; Yükseltici transformatör, 77.

AKIMIN KONTROLÜ

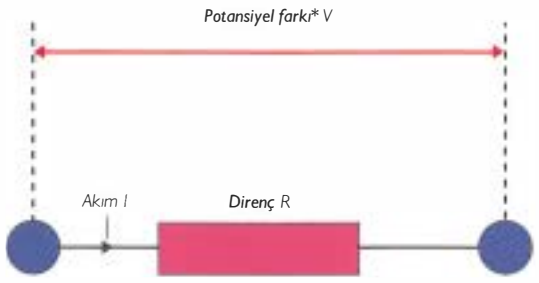
Bir devreden geçen akımın şiddeti, devre elemanlarının özelliklerine ve **elektromotor kuvvet**e* (emk) bağlıdır. Devre elemanlarının **direnci** ile yarattıkları elektrik ve manyetik alanlar akımı belirleyen faktörlerdir.

Ohm Yasası

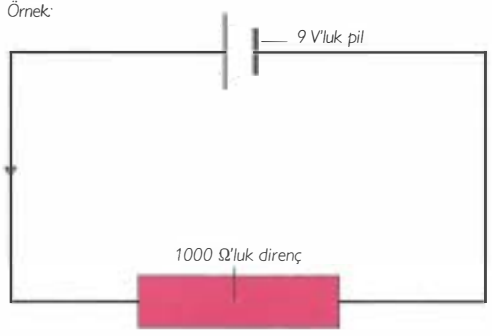
Sıcaklığı sabit bir cisimden geçen akım, cismin uçları arasındaki **potansiyel farkı*** ile doğru orantılıdır. Potansiyel farkının akıma oranı **direnci** verir. Yasa uygulanırken cismin sıcaklığının sabit kalmasına dikkat edilmelidir; aksi halde akım cismi ısıttığından direnç de değişecektir (ayrıca bakınız, **akkor lamba**, sayfa 62). Ohm yasası bazı malzemeler için geçerli değildir (örneğin **yarı iletkenler**den* yapılan devre öğeleri).

Ohm Yasası

$$\frac{V}{I} = R = \text{sabit}$$



Örnek:



Dirençten geçen akım I = V / R = 9/1000 = 0,009 A = 9 mA

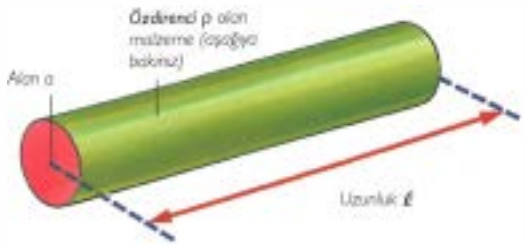
Direnç (R)

Bir cismin akıma karşı durma özelliğinin ölçüsü. (Türkçe'de aynı zamanda akıma direnç gösteren devre öğeleri için de kullanılır—Çev. notu). Bu değer cismin yapıldığı malzemenin **özdirencine**, şekline ve büyüklüğüne bağlıdır. Direncin birimi **Ohm**'dur (**Ω**). Cisimdeki akımı taşıyan elektronlar atomlara çarparak onlara enerji aktarır ve böylece cismin ısınmasına neden olur. Bu enerji **emk*** kaynağı tarafından sağlanır.

*Direnç nedeniyle elektrik enerjisinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Birim zamanda dönüşen enerji (yani **güç***) şu şekilde hesaplanır.*

$$\text{Güç} = IV = I^2 R$$

burada, I = akım
V = direnç üzerindeki **potansiyel farkı***
R = direnç



Direnç alanla ters, uzunlukla doğru orantılıdır.

$$R = \frac{p\ell}{a}$$

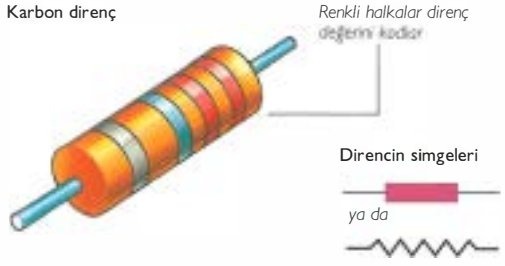
Özdirenç (ρ)

Bir malzemenin akıma karşı durma özelliğinin ölçüsü. İyi **iletkenler**in* özdirenci düşük, **yalıtkan**larınkiyse yüksektir: Sıcaklığa bağlıdır. **Tersi*** (1/ρ) **öziletkenlik** olarak adlandırılır. Ayrıca bakınız, sayfa 110.

Direnç veya rezistans

Belli bir direnç değerine sahip devre elemanı. Bunların dirençleri bir Ohm'dan az olabildiği gibi, milyonlarca Ohm da olabilir. **Özdirenci** bilinen sıkıştırılmış karbondan üretilen **karbon dirençler** en sık rastlanan türüdür.

Karbon direnç



* Elektromotor kuvvet (emk), 58; Güç, 7; İletken, 54; Pil, 66; Potansiyel farkı, 56; Sayının tersi, 113; Yalıtkan, 54; Yarı iletkenler, 63.

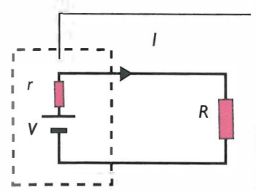
Öziletkenlik

Bir malzemenin akımı geçirme yeteneğinin ölçüsü (ayrıca bakınız, **iletken** ve **yalıtkan**, sayfa 54). **Özdirencin** tersidir.

İç direnç (r)

Bir **hücre*** ya da **pil**in* kendi ürettiği akıma gösterdiği **direnç**. Hücrelerdeki bağlantılardan ve bazı kimyasal etkenlerden (örneğin **kutuplanma***) kaynaklanan bir dirençtir. Bu nedenle, devredeki akım beklenenden daha az olabilir.

***İç direnç** devrenin toplam **direncine** katkı yapar.*



***Hücre**nin* iç direnci, direnç simgesiyle gösterilir.*

Ohm yasasından:

$$V = I\,(R + r)$$

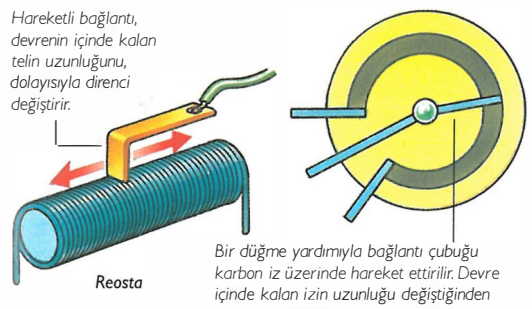
Değişken direnç

Direnç değeri mekanik yollarla değiştirilebilen aygıt. İki ana türü vardır: Daha çok yüksek akımlar için kullanılan, bir çubuk etrafına sarılmış, özdirenci belli bir tel ve hareketli bir temastan oluşan türler (reosta) ve bir temasın karbon iz üzerinde hareket ettiği türler. Bir başka bağlantının eklenmesiyle böyle bir aygıt **potansiyel bölücü** olarak kullanılabilir. Bu durumda **potansiyometre** olarak adlandırılır.

Değişken direnç türleri

Potansiyometre

Hareketli bağlantı, devrenin içinde kalan telin uzunluğunu, dolayısıyla direnci değiştirir.



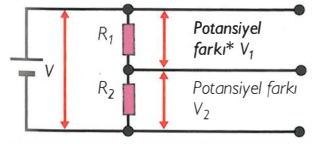
Reosta

Bir düğme yardımıyla bağlantı çubuğu karbon iz üzerinde hareket ettirilir. Devre içinde kalan izin uzunluğu değiştiğinden direnç de değişir.

Potansiyel bölücü veya voltaj bölücü

Bir **potansiyel farkı**ndan* daha küçük bir başka potansiyel farkı elde etmek için kullanılan aygıt.

Potansiyel bölücünün devre şeması

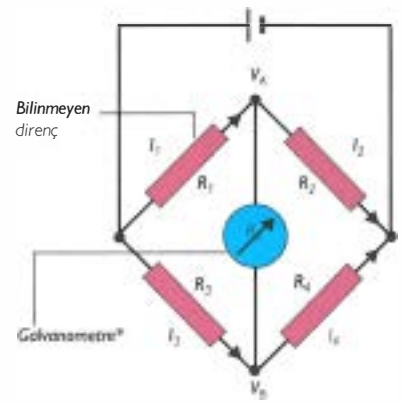


*Bu noktanın **potansiyeli*** R_1 veya R_2 dirençlerini değiştirerek ayarlanabilir.*

Wheatstone köprüsü

Bilinmeyen bir direnci ölçmek için kullanılan devre (aşağıdaki şekle bakınız). **Galvanometre*** akımı sıfır gösterdiğinde, bilinmeyen direncin değeri, diğer üçünün değerleri cinsinden hesaplanabilir. **Telli köprü**, Wheatstone köprüsündeki iki direncin bir metre uzunluğunda yüksek dirençli bir telle değiştirilmesiyle elde edilir. Galvanometreden gelen bağlantı kablosunun tel üzerindeki konumu R_3/R_4 oranını verir (aşağıdaki devreye bakınız)

Wheatstone köprüsü



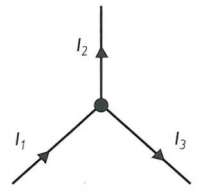
R_2, R_3 veya R_4 dirençleri, galvanometre sıfır akım gösterinceye kadar değiştirilir.

Bu durumda $V_A = V_B$, $I_1 = I_2$ ve $I_3 = I_4$ olur ve buradan $R_1/R_2 = R_3/R_4$ denkleminin sağlandığı gösterilebilir.

R_1 değeri buradan hesaplanabilir.

Kirchhoff yasaları

Belli bir anda devredeki akımların sağlaması gereken koşulları veren iki yasa. Birinci yasa, bir birleşme noktasına doğru gelen toplam akımın, o noktadan ayrılan toplam akıma eşit olduğunu ifade eder: İkinci yasa da, devre üzerinde herhangi bir kapalı yol boyunca hesaplanan **potansiyel farkları*** toplamının (bir direnç için, **direnç** ve akımın çarpımı) o yol boyunca uygulanan toplam **elektromotor kuvvet**e* (emk) eşit olduğunu ifade eder.

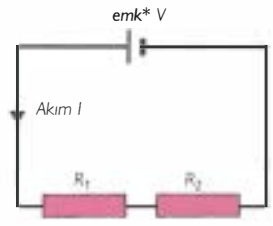


Kirchoff'un ikinci yasası

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Kirchoff'un birinci yasası

$$V = I_1 R_1 + I_2 R_2$$



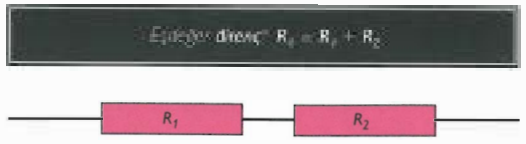
* Batarya, Hücre, 64; Elektromotor kuvvet (emk), 56; Galvanometre, 73; Kutuplanma, 64; Potansiyel, Potansiyel farkı, 54.

Akımın kontrolü (devamı)

Seri bağlama

Devre öğelerinin, her birinden aynı akım geçecek şekilde uç uca bağlanması.

*Seri **dirençler***



*Seri **sığaçlar***



Paralel bağlama

Devre öğelerinin, gelen akımı bölerek her birini sadece bir öğe üzerinden geçirtecek şekilde bağlanması.

*Paralel **dirençler***



*Paralel **sığaçlar***



Akkor lamba veya filaman lamba

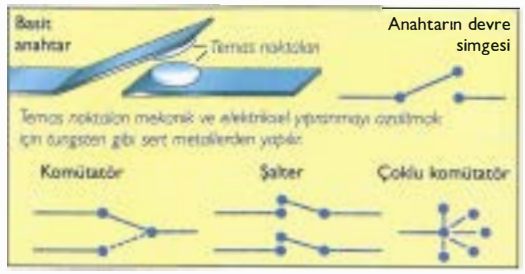
Düşük basınçlı argon veya azot gazı içeren cam bir ampul ve kıvrılarak sarmal hale getirilmiş tungsten telinden (**filaman**) oluşan lamba. Filaman, üzerinden akım geçtiğinde hızla ısınarak ışık yaymaya başlar. Tungsten yüksek erime sıcaklığı nedeniyle tercih edilir. Ampulün içindeki gaz, tungstenin buharlaşma hızını düşürme işlevi görür.



Ampulün altında elektriksel bağlantı için iletkenler bulunur.

Anahtar

Bir devreyi tamamlamak veya kesmek için kullanılan çoğunlukla mekanik (fakat ayrıca bakınız, **transistör**) araç. Küçük bir akımın daha büyük bir akımı kesmesini veya açmasını sağlayan aygıta **röle*** denir.



Empedans

Alternatif akım* taşıyan bir devrede, devreye uygulanan **potansiyel farkı**nın* geçen akıma oranı. Empedans, devrenin iki özelliğine, **direnci**yle* **reaktans**ına bağlıdır. Böyle bir devrede **emk*** ve akım farklı fazlarda olabilir.

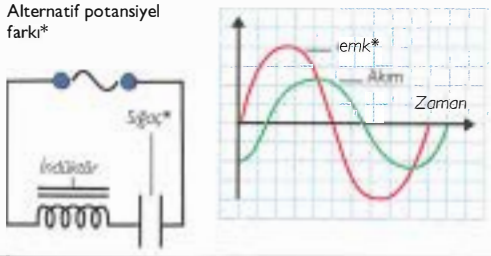
Reaktans

Alternatif akıma* gösterilen **empedans**ın "aktif" kısmı. Devredeki **sığaç**lar* ve **indüktör**lerin* **elektromotor kuvvet**e* katkısı nedeniyle oluşur.

İndüktif Reaktans

Bir devrenin **empedans**ının, zamanla değişen akımdan dolayı **emk**'ya* yapılan katkıdan kaynaklanan kısmı (ayrıca bakınız, **elektromanyetik indüksiyon**, sayfa 76). Bu olay **indüktör** denilen devre elemanında gerçekleşir.

Alternatif potansiyel farkı*



* **Alternatif akım**, 59; **Direnç**, 60; **Elektromotor kuvvet (emk)**, 58; **Sığa, Sığaç**, 57; **Potansiyel farkı**, 56; **Röle**, 73.

YARI İLETKENLER

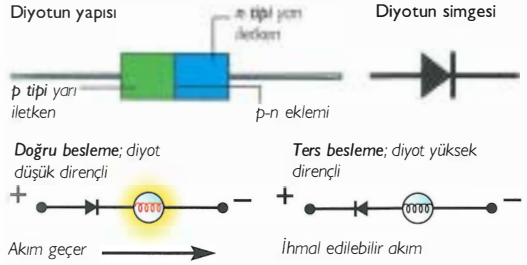
Yarı **iletkenler**, **özdirenç**lerinin büyüklüğü açısından **iletken**lerle **yalıtkan**lar arasında kalan (bakınız, sayfa 54) ve artan sıcaklık veya yabancı atom miktarıyla (bakınız, **katkılama**) özdirençleri azalan malzemelerdir. Elektronik devrelerde yaygın olarak kullanılırlar (ayrıca bakınız, sayfa 109).

Katkılama

Bir yarı iletkene az miktarda yabancı atom eklenmesi işlemi. Kullanılan yabancı atoma bağlı olarak, yarı iletken **p tipi** veya **n tipi** olarak adlandırılır. **Diyot** ve **transistör**ler değişik tipteki yarı iletkenlerin birleştirilmesiyle elde edilir.

Diyot

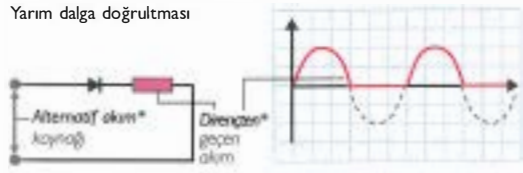
P tipi bir yarı iletkenin, **n tipi** bir yarı iletkenle birleştirilmesiyle (eklem) yapılan devre elemanı. Diyot, belli bir yönde akan akım için çok küçük direnç gösterir (bu duruma **doğru besleme** denir); diğer yöndeki akımlara da çok büyük direnç gösterir (**ters besleme**).



Yarım dalga doğrultması

Alternatif akım* kaynağından sağlanan akımın belli bir yönde geçişinin bir **diyot** yardımıyla engellenmesi. Akım sadece tek bir yönde akabilir.

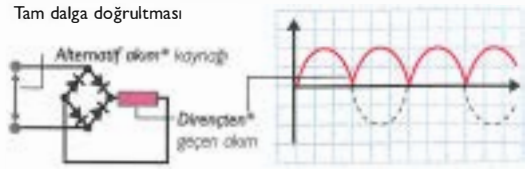
Yarım dalga doğrultması



Tam dalga Doğrultması

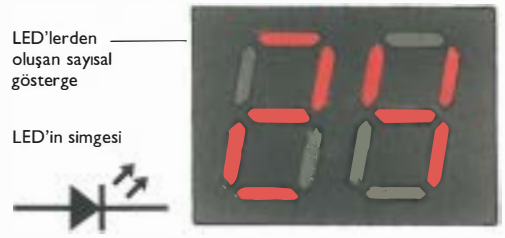
Alternatif akımın* **doğru akım**a* çevrilmesi. Doğru akıma gereksinim duyan devreleri şehir cereyanıyla çalıştırmak için kullanılır.

Tam dalga doğrultması



Işık yayan diyot (LED)

Olağandan daha yüksek **dirence*** sahip ve ısı yerine ışık üreten **diyot**.

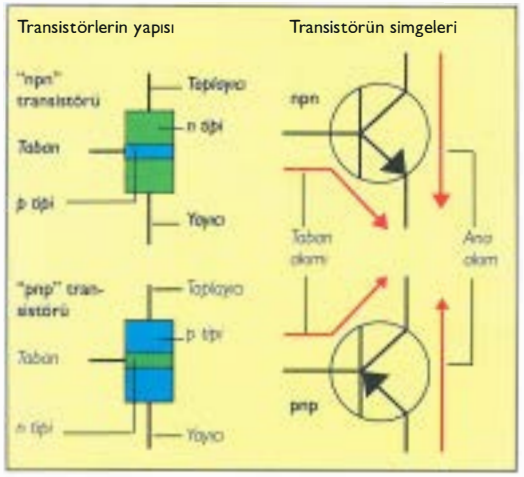


Termistör

Direnci* sıcaklıkla değişen yarı iletken devre elemanı. Sıcaklığı ölçmek için kullanılır.

Transistör

Yarı iletkenlerin her iki tipinin değişik şekillerde birleştirilmesiyle oluşturulan devre elemanı. Transistörlerin dışarıdan bağlantı yapılan üç değişik bölgesi vardır: **Taban** (**baz**), **toplayıcı** (**kollektör**) ve **yayıcı** (**emitör**) (aşağıdaki şekillere bakınız). Tabana küçük bir akım vererek, toplayıcı ve yayıcı arasındaki direnç büyük oranda değiştirilebilir. Dolayısıyla, küçük taban akımı, çok daha yüksek olan toplayıcı-yayıcı akımını düzenlemek için kullanılabilir.



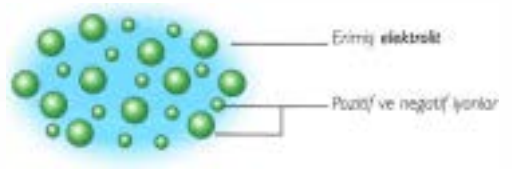
* **Alternatif akım**, 59; **Direnç, özdirenç**, 60; **Doğru akım**, 59.

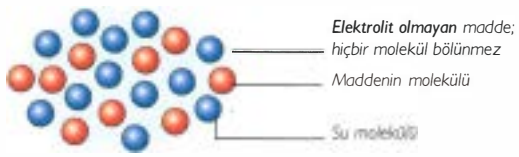
ELEKTROLİZ

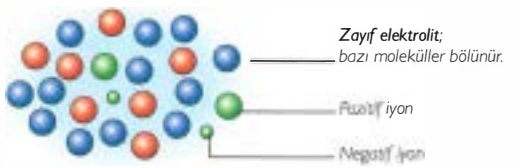
İyon* (**elektron*** kazanarak veya kaybederek yüklü hale gelmiş atomlar) içeren bir sıvıdan elektrik akımı geçirilmesi ve sonuç olarak sıvının bileşenlerine ayrılması işlemine **elektroliz** denir. Akım sıvıdaki iyonların hareketiyle taşınır ve akımın sıvıya girdiği veya sıvıyı terk ettiği yerlerde kimyasal maddeler birikir. Elektrolizin birçok endüstriyel uygulama alanı vardır.

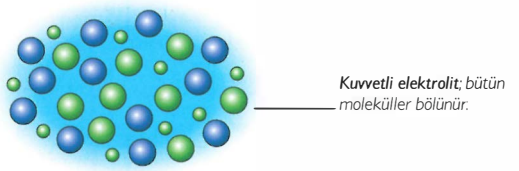
Elektrolit

Eritildiğine veya suda çözündüğünde elektriği ileten bileşik. İyonlardan oluşan veya çözündüğünde iyonlarına ayrılan (**iyonlaşan***) bütün bileşikler elektrolit olabilir. Elektrolitteki iyonların konsantrasyonu elektrik iletkenliğini belirler.



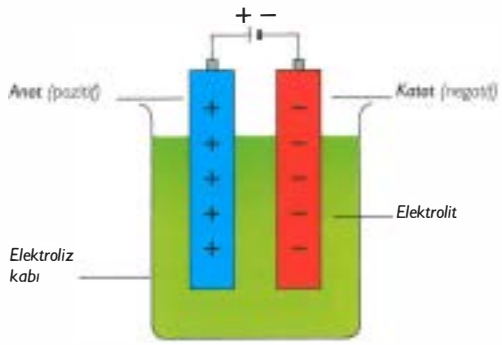






Elektrot

Elektroliz işleminde **elektrolit**e akım vermek için bu sıvıya daldırılan metal veya karbon cisim. İki elektrot gereklidir: **Anot** (pozitif elektrot) ve **katot** (negatif elektrot). Elektroliz sırasında kimyasal değişikliğe uğrayanlara **aktif elektrot**, değişmeyenlere de **inert elektrot** denir.



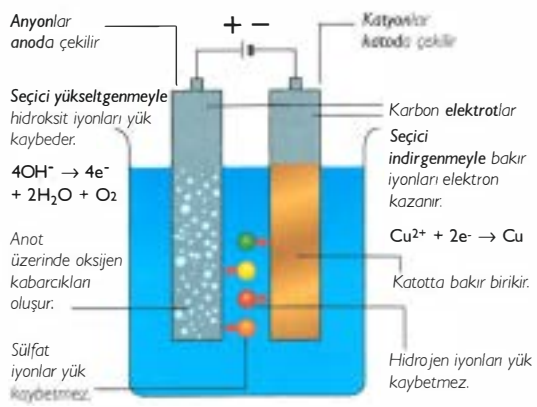
Elektroliz kabı

Elektrolizin gerçekleştiği kap. **Elektrolit** ve **elektrot**ları içerir.

Elektrolizin iyon kuramı

Elektroliz sırasında **elektrolit** ve **elektrot**larda neler olduğunu açıklayan kuram. Bu kurama göre **katyon**lar (pozitif iyonlar) **katod**a ve **anyon**lar (negatif iyonlar) **anod**a doğru çekilir. Elektrotlarda bir elektron kazanarak (indirgenme) veya kaybederek (yükseltgenme) yüksüz atomlara dönüşürler. Eğer iki veya daha fazla türden anyon (veya katyon) varsa, bunlardan sadece biri yükünü kaybeder. Bu olaya **seçici yükseltgenme (veya indirgenme)** adı verilir.

Bakır sülfat çözeltisinin elektrolizi

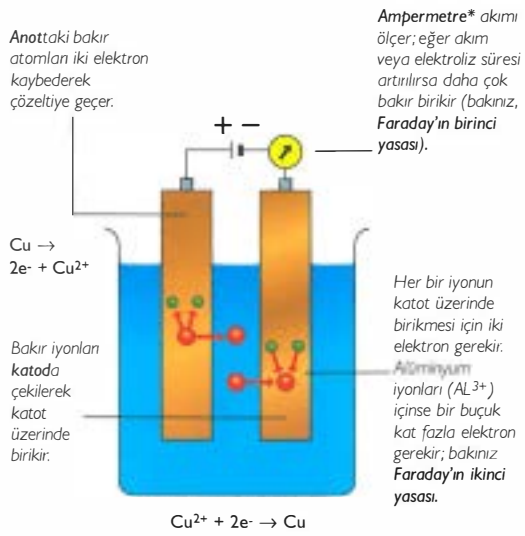


* Elektronlar, 81; İyonlar, 86 (İyonlaşma).

Faraday'ın elektroliz yasaları

Elektrolitten geçen toplam yük ile **elektrot**larda biriken maddenin kütleleri arasındaki ilişki hakkında iki yasa. **Birinci yasa**, biriken kütlenin elektrolitten geçen toplam yükle doğru orantılı olduğunu ifade eder (bir saniye süresince akan bir amperlik akımla biriken madde miktarına **elektrokimyasal eşdeğer** adı verilir). **Faraday'ın ikinci yasası**, biriken kütlenin, iyonların yükünün büyüklüğüyle ters orantılı olduğunu ifade eder:

Bakır sülfat çözeltisinin bakır elektrotlarla elektrolizi (bakır voltametresi)



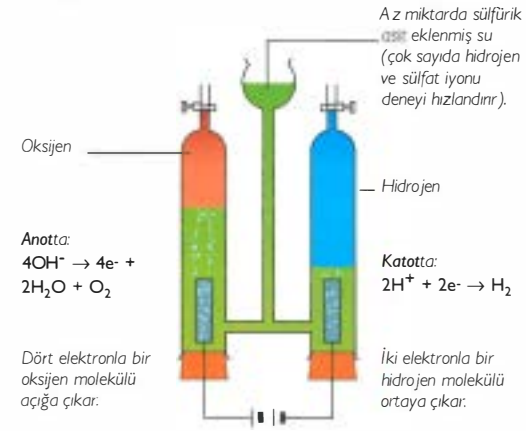
Voltametre

Elektroliz sırasında **elektrot**larda biriken madde miktarıyla, hücreden geçen akım arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılan **elektroliz kabı**. Örneğin, **bakır voltametresi**nde (bakınız, solda aşağıda) bakır sülfat çözeltisi ve bakır elektrotlar kullanılır.

Hoffmann voltametresi

Elektroliz sırasında meydana gelen gazları toplamak ve hacimlerini (dolayısıyla kütlelerini) ölçmek için kullanılan bir tür **voltametre**. Örneğin, asitli suyun elektrolizinde hacimce ikiye bir oranında hidrojen ve oksijen üretilir (bu da suyun kimyasal yapısına (H_2O) işaret eder).

Hoffmann voltametresi



Elektrolizin kullanım alanları

Kaplama

Metal bir cismin elektroliz yardımıyla başka bir metalden ince bir tabakayla kaplanması. Cisim **katot** olarak kullanılır. Kaplayıcı maddenin iyonları **elektrolit**te bulunur.



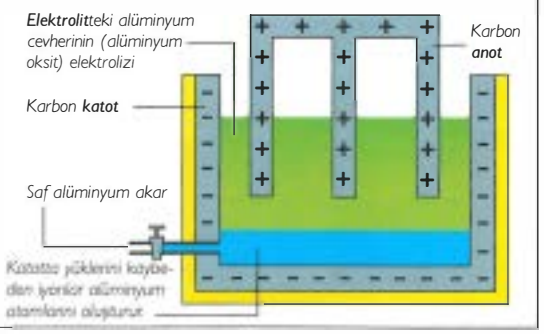
Çelik, ucuz olmasına karşın kolay yıpranır. Bu nedenle, çelik konserve kutuları yıpranmayı önlemek için çok ince bir kalay (yıpranmaya dayanıklı bir metal) tabakasıyla kaplanır.

Elektrolizle saflaştırma

Elektroliz yardımıyla metallerin saflaştırılması. Saf olmayan katışık metal **anot**tadır. Metal iyonları buradan **katod**a geçerek saf metal olarak birikir. Katışık metaldeki yabancı atomlar kabın dibine çöker:

Metal üretimi

Eritilmiş cevherlerden elektrolizle saf metallerin üretilmesi. Kolayca tepkimeye giren metaller (örneğin sodyum ve alüminyum) bu yöntemle elde edilir.



* Ampermetre, 75.

HÜCRELER VE PİLLER

İtalyan bilim insanı Volta, belli sıvılara (**elektrolit**ler*) yerleştirilen iki farklı metal arasında bir **potansiyel farkı*** oluştuğunu, böylece kimyasal enerjiden **doğru akım*** elde edilebileceğini gösterdi. Bunun gerçekleştiği düzenek **hücre**, **elektrokimyasal hücre** veya **Volta hücresi** olarak adlandırılır. Hücrelerdeki kimyasal değişimlerden kaynaklanan, büyüklüğü kullanılan metallere bağlı olan potansiyel farkına **elektromotor kuvvet*** (emk) denir. Bir **batarya**, iki veya daha fazla hücrenin birleştirilmesiyle oluşturulur. (Bir **pil** bir veya daha fazla hücreden oluşabilir – Çev. notu).



Kurbağa bacağıyla yapılan bir deneyi gösteren gravür

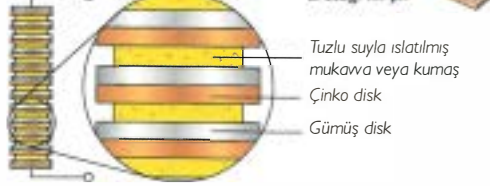
Bu deneyler, 6G kurbağanın vücudundaki sıvıların **elektrolit*** gibi davrandığını ve iki metal arasında elektrik iletimi sağladığını göstermişti.

Volta pili

Tuzlu suyla ıslatılmış mukavva veya kumaş ile gümüş ve çinko disklerinin birbiri ardına eklenmesiyle üretilmiş, tarihteki ilk pil. Bu düzenek çok sayıda **basit hücre**nin birleştirilmesiyle oluşur.


Volta'nın ürettiği ilk pil

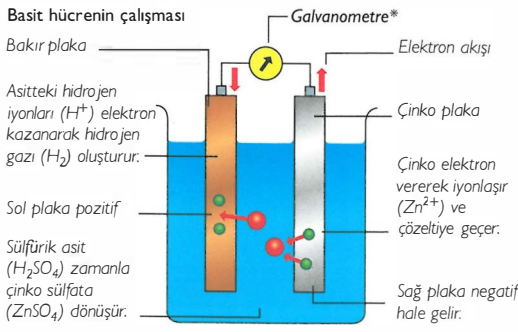
Volta piline yakından bakış



Basit hücre

Farklı metallerden iki plaka ve elektrolit olarak tuz veya asit çözeltisinden oluşan hücre (çoğunlukla bakır ve çinko plakalarıyla seyreltilmiş sülfürik asit). **Kutuplanma** ve **yerel etki** olaylarının etkisi nedeniyle basit hücre sadece kısa bir süre için **elektromotor kuvvet*** üretebilir.

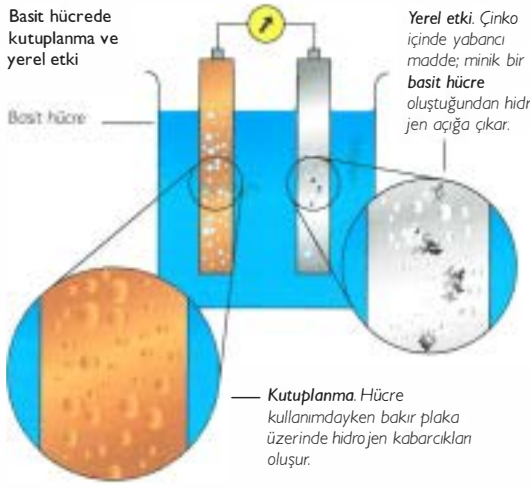
Basit hücrenin çalışması



Kutuplanma

Basit hücrenin bakır plakasında hidrojen gazı toplanması. Hem kabarcıklar yalıtımı artırdığı için hem de bir **ters emk*** geliştiğinden üretilen **elektromotor kuvvet*** düşer: Hidrojenle reaksiyona girerek su oluşturan, **kutuplanma giderici** bir etkenle bu olay önlenebilir.

Basit hücrede kutuplanma ve yerel etki



***Yerel etki**. Çinko içinde yabancı madde; minik bir **basit hücre** oluştuğundan hidrojen açığa çıkar.*

***Kutuplanma**. Hücre kullanımdayken bakır plaka üzerinde hidrojen kabarcıkları oluşur.*

Yerel etki

Basit hücrenin çinko plakasında hidrojen oluşması. Çinko içinde az miktarda bulunan başka metaller nedeniyle, buralarda minik hücreler oluşarak, **kutuplanma** etkisi nedeniyle hidrojen gazı açığa çıkar. Hidrojen gazı aynı zamanda çinkonun asitte çözünmesiyle de üretilir (bu olay hücre çalışmıyor olsa bile gerçekleşir). Yerel etki plakanın bir **amalgam**la* kaplanmasıyla önlenebilir.

* **Amalgam**, 113; **Doğru akım**, 59; **Elektrolit**, 64; **Galvanometre**, 75; **Potansiyel farkı**, 58; **Ters emk**, 58 (**Elektromotor kuvvet**).

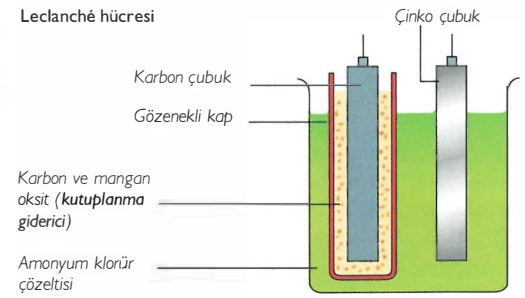
Kapasite

Bir hücrenin ne kadar süre boyunca ne kadar akım üreteceğini gösteren ölçü. **Amper-saat** birimiyle ifade edilir. Örneğin kapasitesi 10 amper-saat olan bir hücre, 10 saat boyunca bir amperlik akım sağlar.

Leclanché hücresi

Kutuplanmanın mangan dioksitle (**kutuplanma giderici** bir etken) önlendiği hücre. Bu bileşik, hidrojeni oluşma hızından daha yavaş bir şekilde uzaklaştırır; fakat hücrenin kullanılmadığı zamanlarda da fazla hidrojeni uzaklaştırmaya devam eder. Bu hücre, 1,5 voltluk bir **elektromotor kuvvet*** sağlar.

Leclanché hücresi



Standart hücre

Sabit ve kesin değeri bilinen **elektromotor kuvvet*** üreten bir hücre. Laboratuvarlardaki deneysel çalışmalarda kullanılır.

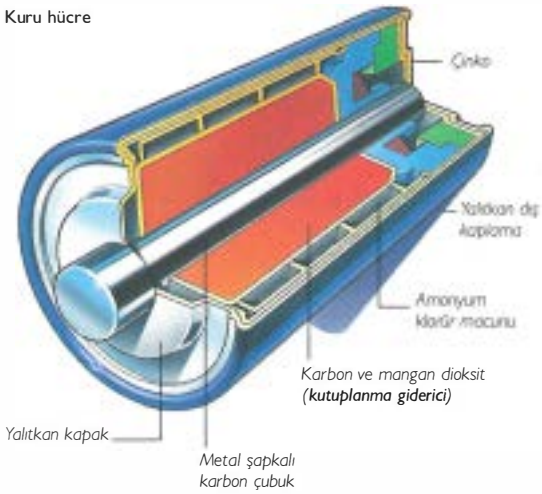
Şarj edilemeyen hücre

İçindeki kimyasallar kullanıldıkça azaldığından ve yerine yenisi konamadığından ömrü sınırlı hücreler:

Kuru hücre

Leclanché hücresindeki amonyum klorür çözeltisinin, bu bileşiği içeren bir macunla değiştirilmesiyle elde edilen hücre. Bu hücre, 1,5 voltluk bir **elektromotor kuvvet*** sağlar. **Yerel etki** nedeniyle bir kuru hücre zamanla gücünü kaybeder; buna karşın birkaç ayla ifade edilen bir ömrü vardır.

Kuru hücre



1,5 voltluk bir pil (örneğin el fenerinde kullanılanlar) tek bir kuru hücreden oluşur.

*9 voltluk bir pil (örneğin, eski radyolarda kullanılanlar) **seri bağlı*** altı tane **kuru hücre**den oluşur.*



Şarj edilebilen hücre

Akümülatör veya **depolama hücresi** olarak da bilinir. Bir başka elektrik kaynağına bağlanarak yeniden yüklenebilen hücre. **Kurşun-asit akümülatörü** ve **nikel-kadmiyum alkali hücresi** en çok kullanılan çeşitleridir.

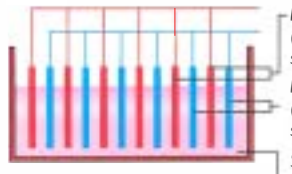
Alkali hücresi

Elektrolit* olarak potasyum hidroksit çözeltisi kullanılan hücre. Plakalar çoğunlukla nikel ve kadmiyum olarak seçilir (bu durumda buna **nikel-kadmiyum hücresi** denir). Alkali hücreler herhangi bir bozulma olmadan aylarca boşaltılmış durumda bekletilebilir.

Kurşun-asit akümülatörü

Seyreltilmiş sülfürik asidin **elektrolit*** olarak kullanıldığı ve plakaları kurşun ve kurşun bileşiklerinden oluşan hücre. Bu hücre çok düşük **iç direnç*** sahip olduğundan çok yüksek akımlar verebilir. Çoğunlukla araçlarda ışıklandırma ve motorun çalıştırılması için kullanılır.

Kurşun-asit akümülatöründen batarya



Akımı artırmak için plaklar yüksek alana sahiptir.

***Elektromotor kuvvet** yaklaşık 2V*

* **Elektromotor kuvvet (emk)**, 58; **Elektrolit**, 64; **İç direnç**, 61; **Seri bağlama**, 62.

MIKNATISLAR

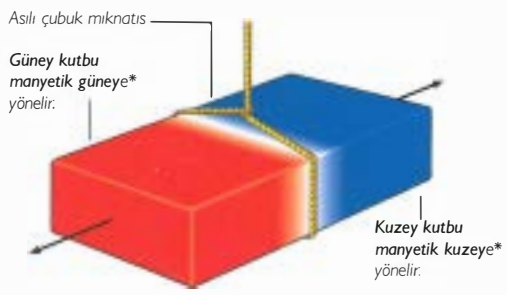
Bütün **mıknatıslar** çevrelerinde bir **manyetik alan*** yaratır. Bu alanlar aracılığıyla iki mıknatıs birbirine bir **manyetik kuvvet*** uygular. **Mıknatıslanabilen** malzemelerin **manyetik** oldukları söylenir (bakınız, aşağıda **ferromanyet**). Bunlar bir manyetik alana yerleştirildiklerinde mıknatıslanır. Yüklerin hareketi de (çoğunlukla **elektron**lar*) bir manyetik alan yaratır (bakınız, **elektromanyetizma**, sayfa 72-74).

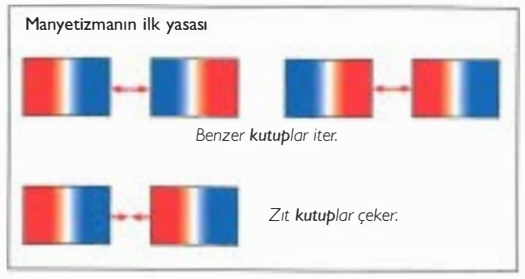
*Bu ataçlar geçici olarak **mıknatıslanmıştır**.*



Kutup

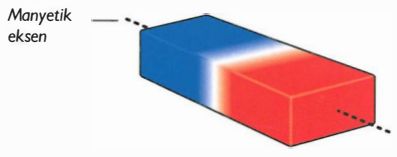
Bir mıknatısta, **manyetik kuvvet**in*, kendisinden kaynaklanıyormuş gibi göründüğü nokta. İki tür kutup vardır: **Kuzey** veya **kuzeyi gösteren kutup** ve **güney** veya **güneyi gösteren kutup**. Bu kutuplar, Dünya'nın **manyetik** alanının etkisi altında mıknatısın yöneldiği doğrultuya bakarak belirlenebilir. Bütün mıknatıslarda, her iki tür kutuptan eşit sayıda vardır. **Manyetizmanın ilk yasası**, zıt kutupların birbirini çektiğini, benzer kutuplarınsa birbirini ittiğini ifade eder:





Manyetik eksen

Bir çubuk mıknatısın kutuplarından geçen hayali çizgi. Yaratılan manyetik alan bu eksen etrafında simetriktir.



Ferromanyet

Güçlü manyetik özelliklere sahip (yani kolaylıkla mıknatıslanabilen) malzemeler. Demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımları ferromanyettir. **Sert** veya **yumuşak** olarak iki sınıfa ayrılırlar: Bu metallerin tozlarının yüksek basınç ve sıcaklık altında birleştirilmesiyle (**sinterleme**) elde edilen malzemeler, kullanılan metallerin oranlarının değiştirilmesiyle çok sert veya çok yumuşak yapılabilir.

Sert

Bir kere mıknatıslandıktan sonra, bu özelliğini kolay kaybetmeyen **ferromanyet**ler; örneğin çelik. Bunlardan yapılan mıknatıslara **kalıcı mıknatıs** denir.



*Sert **ferromanyet**ler, pusula iğnesi gibi, **kalıcı mıknatıs**ların yapımında kullanılır.*

Yumuşak

Mıknatıslandıktan sonra, bu özelliğini hemen kaybeden **ferromanyet**ler; örneğin demir. Bu malzemelerden yapılan mıknatıslara **geçici mıknatıs** denir. Bunlar mıknatıslıklarını büyük oranda kaybetmelerine karşın hâlâ küçük bir miktar mıknatıslık taşıyabilir (**artık mıknatıslık**).



*Yumuşak **ferromanyet**ler, **elektromıknatıs**ların* **çekirdek**leri** olarak kullanılır.*

Duyarlılık

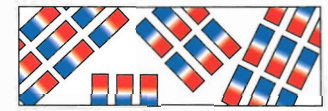
Bir malzemenin mıknatıslanabilme yeteneğinin bir ölçüsü. **Ferromanyet**lerin duyarlılık değerleri yüksektir:

* Çekirdek, Elektromıknatıs, 72; Elektronlar, 81; Manyetik alan, 70; Manyetik kuvvet, 4; Manyetik kuzey, Manyetik güney, 71.

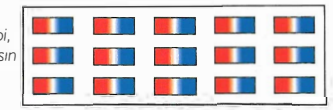
Mıknatıslığın bölge kuramı

Ferromanyetlerin birbirleriyle etkileşen **dipol** (çift kutup) veya **moleküler mıknatıslar**dan oluştuğunu ifade eden kuram. Aynı doğrultuda yönelmiş çok sayıda moleküler mıknatıs madde içinde geniş **bölge**ler oluşturur: Ferromanyet mıknatıslandığında, doğrultuları önceden farklı olan bölgeler aynı doğruda yönelerek **düzenli** hale gelirler.

*Mıknatıslanmamış durumda **bölge**ler farklı yönlerde, düzensiz durumdadır. Bölgeler birbirlerinin etkisini yok ettiğinden, toplamda mıknatıslık gözlenmez.*

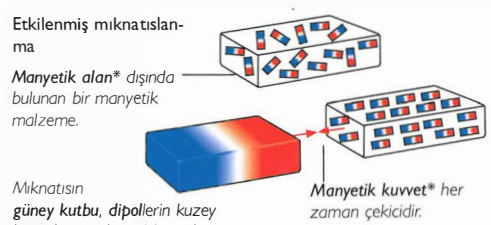


*Mıknatıslanmış durumda **bölge**ler düzenli hale geçer. Eğer, buradaki gibi, tamamen düzenlenmişlerse, mıknatısın **doymuş** olduğu söylenir (daha fazla mıknatıslanamaz).*



Mıknatıslanma

Bir cisim mıknatıslandığında, bütün **dipol**ler aynı doğrultuya yönelir (bakınız, **bölge kuramı**). Böyle bir olay sadece bir **manyetik alan*** altında gerçekleşebilir ve **etkilenmiş mıknatıslanma*** olarak adlandırılır.



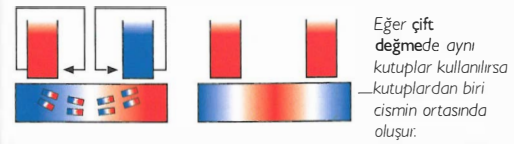
Tek değme ile mıknatıslandırma

Kalıcı bir mıknatısın (bakınız, **sert**) aynı **kutbunu** defalarca bir cisme sürterek bu cismi mıknatıslandırma işlemi. Mıknatısın **manyetik alanı*** cisimde, **etkilemiş mıknatıslanma** oluşturur.



Çift/bölünmüş değme ile mıknatıslandırma

İki **kalıcı mıknatıs**ın (bakınız, **sert**) farklı **kutup**larını merkezden dışarıya doğru bir cisme defalarca sürterek bu cismi mıknatıslandırma işlemi. Mıknatısların **manyetik alanı*** cisimde **etkilemiş mıknatıslanma** oluşturur.



Mıknatıslığı kaybettirme

Bir cismin manyetik özelliklerinin giderilmesi. Olası bir yöntem cismi sürekli değişen bir manyetik alana koymaktır, örneğin alternatif akım taşıyan bir bobinin içi. Bunun dışında cismi çekiçle döverek veya belli bir sıcaklığın üzerine çıkıncaya kadar ısıtarak (demir için 770 °C), **dipol**lerin farklı yönlerde yönelmesi sağlanabilir.

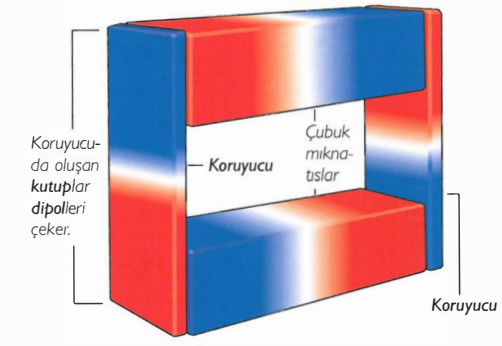
Mıknatıslığın kendiliğinden kaybolması

Dipollerin, mıknatısın yarattığı manyetik alandan etkilenerek dönmesi nedeniyle cismin mıknatıslığını zamanla yitirmesi. Bu süreç, **koruyucu** olarak adlandırılan yumuşak demir parçaları kullanılarak yavaşlatılabilir.

Bir çubuk mıknatısın kendiliğinden mıknatıslığını yitirmesi



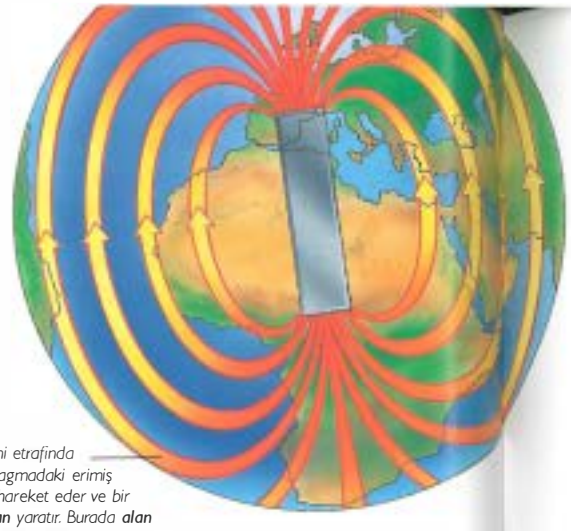
Mıknatıslığın kendiliğinden kaybolmasının yavaşlatılması



* Alternatif akım, 59; Manyetik alan, 70; Manyetik kuvvet, 4.

MANYETİK ALAN

Bir **mıknatıs**ın (bakınız, sayfa 68) çevresinde yarattığı, cisimlere **manyetik kuvvet*** etkimesine neden olan **kuvvet alanı**na* **manyetik alan** denir. Manyetik alanın şiddeti ve yönü **manyetik alan çizgileri**yle gösterilir.

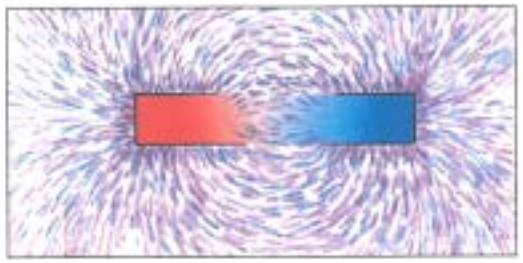


*Dünya, ekseni etrafında dönerken, magmadaki erimiş metaller de hareket eder ve bir **manyetik alan** yaratır. Burada **alan çizgileri** manyetik alanın yönünü gösteriyor. Manyetik alanın en güçlü olduğu kutuplar civarında alan çizgileri de birbirlerine yakındır.*

Manyetik alan çizgileri veya akı çizgileri

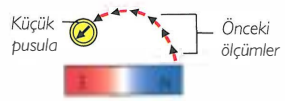
Bir mıknatısın çevresindeki manyetik alanın yönünü gösteren çizgiler. Bunlar aynı zamanda manyetik alanın büyüklüğünü de gösterir (bakınız, aşağıda **manyetik akı yoğunluğu**). Alanın yönü, bir **kuzey kutbu**na* etkiyen kuvvetin yönü olarak alınır. Manyetik alan çizgileri, bir mıknatısın çevresine demir tozları serperek görünür hale getirilebilir veya küçük bir pusulanın yönünü değişik noktalarda kaydederek belirlenebilir.

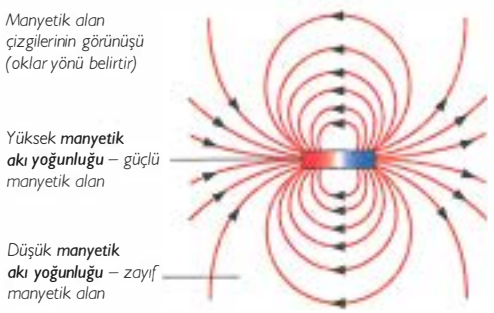
Bir mıknatısın çevresine demir tozları serpilmesi sonucu ortaya çıkan çizgiler



*Etkilenmiş mıknatıslanma** nedeniyle demir tozları alan boyunca dizilirler.*

Bir çubuk mıknatısın çevresindeki manyetik alan çizgilerinin çizilmesi



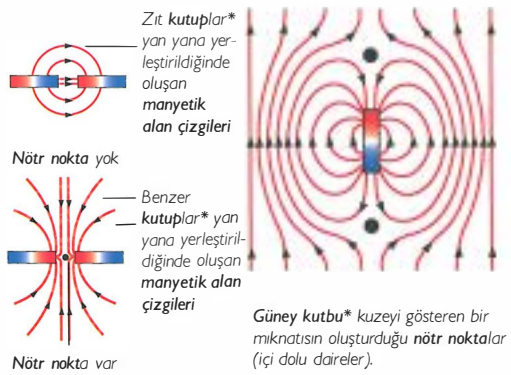


Manyetik akı yoğunluğu

Manyetik alanın büyüklüğünün ölçüsü. **Manyetik alan çizgileri**nin birbirlerine yakınlığı bunun göstergesidir. Manyetik akı yoğunluğunun en yüksek olduğu yerler genellikle **kutup**lar civarıdır.

Nötr nokta

Manyetik alanın sıfır olduğu nokta. İki veya daha fazla manyetik alan birbirlerinin etkisini yok edecek şekilde üst üste geldiğinde ortaya çıkar. **Güney kutbu*** kuzeyi gösterecek şekilde **manyetik boylam** boyunca yerleştirilen bir çubuk mıknatıs için, **manyetik eksen*** doğrultusu üzerinde iki nötr nokta bulunur.



*Güney kutbu** kuzeyi gösteren bir mıknatısın oluşturduğu **nötr nokta**lar (içi dolu daireler).*

Diyamanyetik cisim

Güçlü bir manyetik alana yerleştirildiklerinde belli bir tür tepki gösteren cisimler. Bunlar, **manyetik alan çizgileri**nin arasını açma eğilimi gösterir ve uzun kenarları çizgilere dik olacak şekilde yönelir.

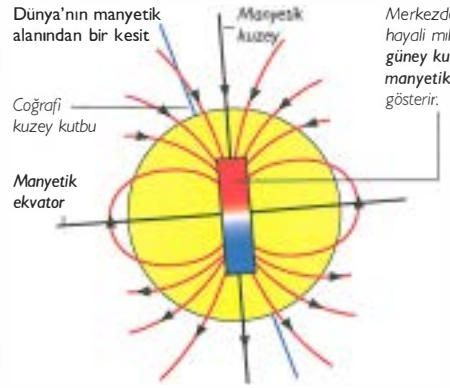
Paramanyetik cisimler

Güçlü bir manyetik alana yerleştirildiklerinde belli bir tür tepki gösteren cisimler. Bunlar, **manyetik alan çizgileri**ni yoğunlaştırma eğilimi gösterir ve uzun kenarları çizgilere paralel olacak şekilde yönelir. Bu etki, **dipol**lerin* alan boyunca yönelme eğiliminden kaynaklanır.

* Dipol, 69 (Mıknatıslığın bölge kuramı); Elektronlar, 81; Etkilenmiş mıknatıslanma, 69; Manyetik eksen, kutup, 68; Manyetik kuvvet, Kuvvet alanı, 4.

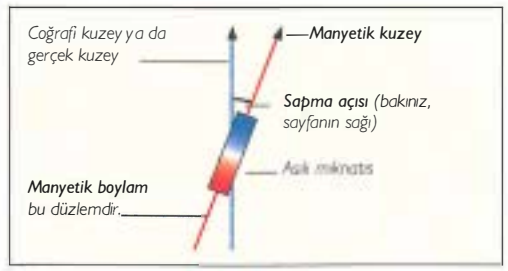
Dünya'nın manyetik alanı

Dünya'nın, sanki merkezinde bulunan devasa bir mıknatıstan kaynaklanıyormuş izlenimini veren bir manyetik alanı vardır. Bu hayali mıknatısın ekseni, kabaca, coğrafi kuzey ve güney kutupları doğrultusundadır, ama iki eksen arasındaki açı sürekli değişmektedir. Bir pusula mıknatısının kuzey kutbu **manyetik kuzey** olarak adlandırılan bir noktaya doğru yönelir, güney kutbu da **manyetik güneye**.



Manyetik boylam

Dünya'nın manyetik alanı içinde serbestçe asılı duran (yani **kuzey kutbu*** **manyetik kuzey**i gösteren) bir mıknatısın **manyetik eksen**ini* içeren düşey düzlem.



Sapma açısı

Gerçek kuzey ile bir mıknatısın gösterdiği **manyetik kuzey** doğrultuları arasındaki açı. Manyetik kuzeyin yeri zamanla değiştiğinden, bu açı da zamanla küçük değişimler gösterir:



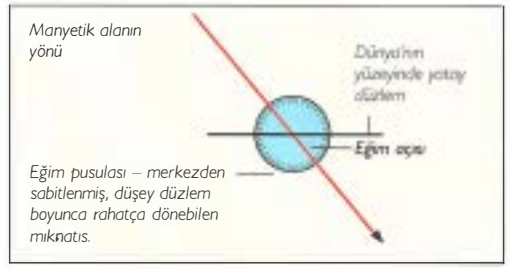
Bu göçmen deniz kırlangıcı yolunu bulmak için Dünya'nın manyetik alanını kullanıyor olabilir.

Eş sapma (izogonal) çizgileri

Haritalarda kullanılan, aynı **sapma açısı**na sahip noktaları birleştiren çizgiler. Dünya'nın manyetik alanındaki değişimden dolayı bunlar da zaman zaman yeniden çizilir.

Eğim açısı

Dünya'nın manyetik alanının yatay düzlemle yaptığı açı. **Eğim pusulası** (bakınız aşağıdaki şekil) kullanılarak ölçülür.

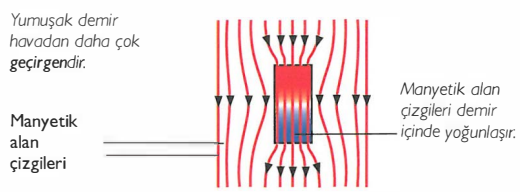


Eş eğim (izoklinal) çizgileri

Haritalarda kullanılan, aynı **eğim açısı**na sahip noktaları birleştiren çizgi.

Geçirgenlik (permeabilite)

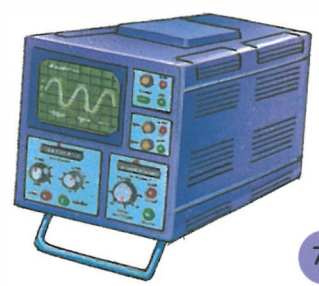
Bir maddenin, manyetik alanı "geçirme" yeteneğinin bir ölçüsü. Yumuşak demir havadan çok daha fazla geçirgendir. Bu nedenle manyetik alan çizgileri demirden geçme eğilimi gösterir:



Manyetik kalkan

Manyetik alanın belli bir yere erişmesini engellemek için alanı "içine çekerek" uzaklaştıran, yumuşak manyetik malzemelerden yapılan düzenek. Osiloskop gibi hassas aygıtlarda kullanılır.

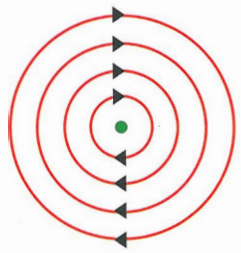
*Yüksek **geçirgenliğe** sahip bir alaşım olan **mumetal**, istenmeyen manyetik alanların osiloskoptaki ışınları saptırmasını engelleyen **kalkan** görevi görür.*



* Manyetik eksen, kutup, 68.

ELEKTROMANYETİZMA

Bir telden geçen elektrik akımı telin çevresinde bir **manyetik alan** (bakınız, sayfa 70 ve 71) oluşturur. Alan çizgilerinin şekli telin şekline ve akıma bağlıdır. Bu çizgiler, **kalıcı mıknatıs**larda* kullanılan yöntemlerle belirlenebilir. **Elektromanyetizma** denen bu etki çok güçlü mıknatısların yapımında ve elektrik akımını harekete dönüştürmede kullanılır.



*Sayfanın içine doğru akım taşıyan, düzgün bir telin (yeşille gösteriliyor) çevresindeki **manyetik alan** çizgileri.*

Maxwell'in vida kuralı

Akım taşıyan bir telin çevresindeki manyetik alanın yönünün, akım yönünde vidalanan bir vidanın dönüş yönünde olduğunu ifade eder.



Sağ el kuralı

Başparmak akım yönünü gösterecek şekilde sağ elimizle teli kavradığımızda, diğer dört parmağın manyetik alanın yönünü gösterdiğini ifade eder.



Bobin

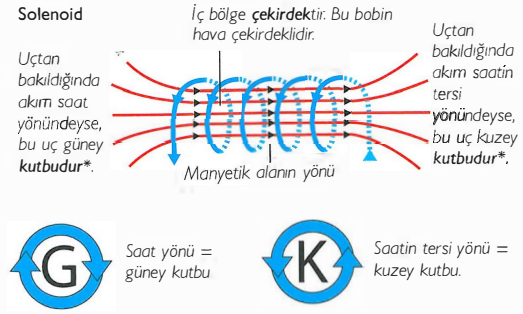
Akım taşıyabilen bir telin, belli bir şekle sahip bir malzeme (makara, karkas) çevresinde defalarca sarılmasıyla elde edilen aygıt. Örneğin, **düzlem bobin** ve **solenoid**.

Düzlem bobin

Uzunluğu çapından küçük olan bobin.

Solenoid

Uzunluğu çapından büyük olan bobin. Bir solenoidin yarattığı manyetik alan, çubuk mıknatısınkine çok benzer. **Kutup**ların* yeri akımın yönüne bağlıdır.

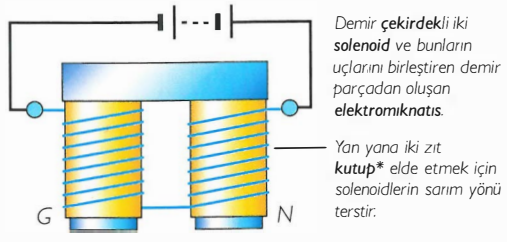


Çekirdek

Oluşturulan manyetik alanın büyüklüğünü artırmak için bir **bobin**in içine yerleştirilen malzeme. Yumuşak **ferromanyet**ler* (çoğunlukla yumuşak demir) çok güçlü manyetik alan oluşturdukları için **elektromıknatıs**larda tercih edilir.

Elektromıknatıs

Çekirdeği güçlü bir yumuşak **ferromanyet**ten* oluşan **solenoid**. Böylece sadece akımın açılıp kapanmasıyla, istendiği zaman çalışan bir mıknatıs elde edilir. Uygulamalarda kullanılan elektromıknatıslarda, güçlü manyetik alanlar elde etmek için çoğunlukla iki zıt **kutup*** birbirlerine yakın yerleştirilir.



*Demir **çekirdek**li iki **solenoid** ve bunların uçlarını birleştiren demir parçadan oluşan **elektromıknatıs**.*

*Yan yana iki zıt **kutup*** elde etmek için solenoidlerin sarım yönü terstir.*

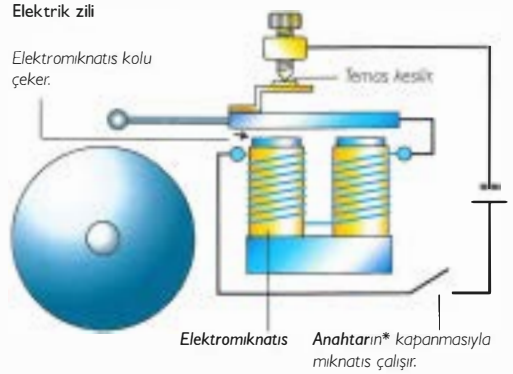
* Ferromanyet, 68; Kalıcı mıknatıs, 68 (Sert); Kutup, 68.

Elektromıknatısların uygulama alanları

Akım uygulandığında demir gibi metalleri çektikleri ve böylece **elektrik enerjisi**ni* **mekanik enerji**ye* çevirebildikleri için **elektromıknatıs**ların çok sayıda uygulama alanı vardır. Aşağıdaki iki örnekte, mekanik enerji daha sonra ses enerjisine dönüşüyor.

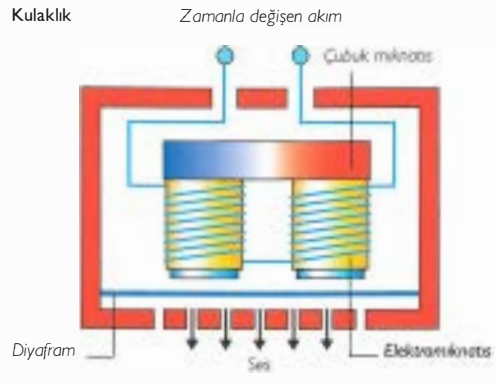
Elektrik zili

Doğru akımdan* ses enerjisi elde eden aygıt. Bir metal kol **elektromıknatıs** tarafından çekilir, ona doğru hareket eder ve elektromıknatısa akım taşıyan devreyi keser. Böylece kol geriye döner ve bütün süreç yeniden tekrarlanır. Sonuçta kolda oluşan titreşim vızıltılı bir ses çıkarır (buzzer). **Elektrik zili**nde, kola bağlı küçük bir tokmak bir çana defalarca çarpar.



Kulaklık

Elektriksel sinyalleri ses dalgalarına dönüştüren aygıt. Bir **kalıcı mıknatıs*** metalik diyaframı çeker. Fakat, **elektromıknatıs**ın bobininden geçen akımın (gelen sinyal) zamanla değişiyor olması nedeniyle çekme kuvvetinin büyüklüğü de değişir. Böylece diyafram, gelen sinyale uygun ses dalgaları üretir.



Mıknatıslı vinç

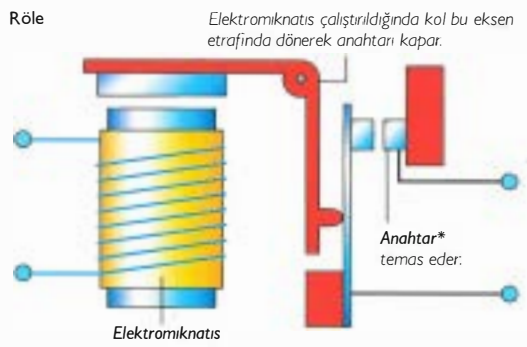
Çelik fabrikalarında ağır yükleri taşımak için kullanılan büyük **elektromıknatıs**lar. Elektromıknatıs çalıştırıldığında çeliği çeker ve başka bir yere taşıyabilir. Akım kesildiğinde yük de serbest bırakılır.



*Hurda metali taşımak için **mıknatıslı vinç** kullanılır.*

Röle

Elektromıknatıslardan yararlanarak bir **anahtar*** açıp kapayan aygıt. Elektromıknatısın **bobin**inden geçen görece düşük bir akım, elektriksel olarak bağlı olmayan başka bir devredeki akımı açabilir veya kesebilir.

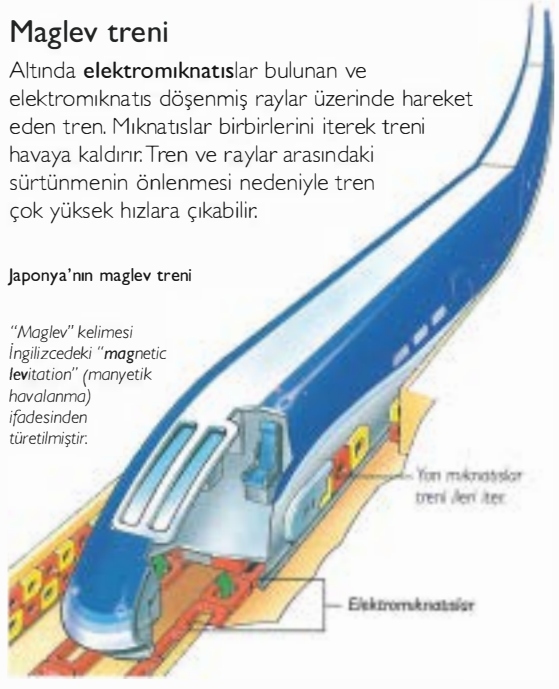


Maglev treni

Altında **elektromıknatıs**lar bulunan ve elektromıknatıs döşenmiş raylar üzerinde hareket eden tren. Mıknatıslar birbirlerini iterek treni havaya kaldırır. Tren ve raylar arasındaki sürtünmenin önlenmesi nedeniyle tren çok yüksek hızlara çıkabilir.

Japonya'nın maglev treni

*"Maglev" kelimesi İngilizcedeki "**mag**netic **lev**itation" (manyetik havalanma) ifadesinden türetilmiştir.*



* Anahtar, 62; Doğru akım, 59; Elektrik enerjisi, 7; Ferromanyet, 68; Kalıcı mıknatıs, 68 (Sert); Kutup, 68; Mekanik enerji, 7.

Elektromıknatısların devamı – motor etkisi

Manyetik alan içindeki akım taşıyan bir tele bir kuvvet etkir. **Motor etkisi** denen bu olay **elektrik enerjisi**nin* **mekanik enerji**ye* dönüştürüldüğü **elektrik motorları**nda kullanılır. Uygulanan kuvvet akıma bağlı olduğundan, aynı etki akımı ölçmek için de kullanılabilir (bakınız, sayfa 75).

Fleming'in sol el kuralı veya **motor kuralı**

Manyetik alan içinde akım taşıyan bir tele etkiyen kuvvetin yönü sol el kullanılarak şekildeki gibi belirlenebilir.

Fleming'in sol el kuralı



Elektrik motoru

Elektrik enerjisini* **mekanik enerji**ye* dönüştürmek için **motor etkisi**ni kullanan aygıt. En basit motor, bir manyetik alan içinde serbestçe dönebilen, dikdörtgen şeklindeki **düzlem bobin**den* oluşur (aşağıdaki şekle bakınız). Motorlar, kendilerini çalıştırmak için dışarıdan uygulanan emk'ya karşı yönde bir **ters emk*** oluşturur. Bunun nedeni, çalışan bir motorun aynı zamanda bir **jeneratör*** işlevi görmesidir (yani bobinin alan içindeki hareketi akımı ters yönde akmaya zorlar).

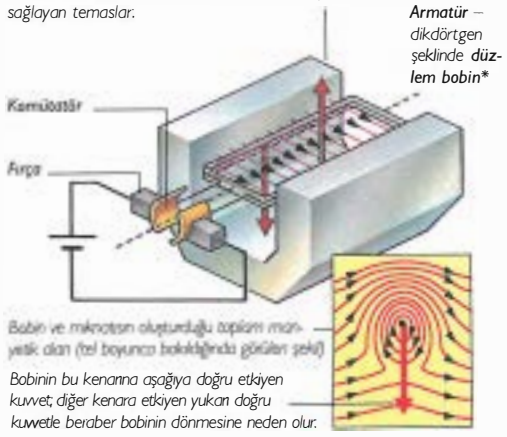
Basit elektrik motoru

Komütatör *Akımın* ***bobine**** *her zaman doğru yönde girmesini, böylece motorun sürekli aynı yönde dönmesini sağlayan, iki veya daha fazla parçaya bölünmüş halka.*

Fırça*. Çoğunlukla karbondan yapılan, akımın sürekli dönen* ***komütatör****e aktarılmasını sağlayan temaslar.*

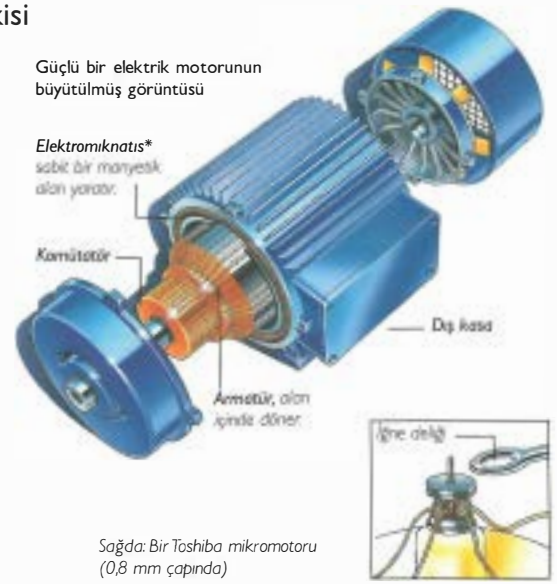
At nalı mıknatısının kutupları manyetik alanı yaratır.

Armatür *– dikdörtgen şeklinde* ***düzlem bobin****.*



Bobinin bu kenarına aşağıya doğru etkiyen kuvvet, diğer kenara etkiyen yukarı doğru kuvvetle beraber bobinin dönmesine neden olur.

Güçlü bir elektrik motorunun büyütülmüş görüntüsü



Sağda: Bir Toshiba mikromotoru (0,8 mm çapında)

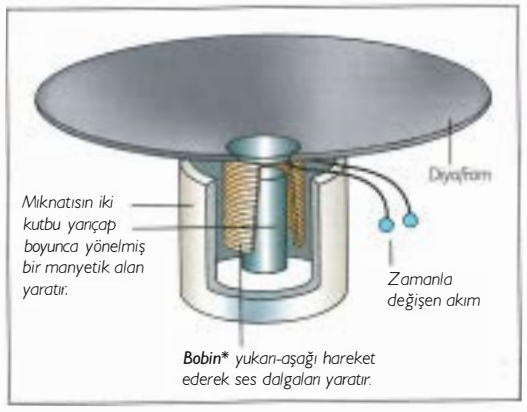
Alan sargısı

Kalıcı mıknatısların oluşturabileceğinden çok daha güçlü manyetik alanlar üretmek için bir **elektrik motoru**nun çevresine döşenen **bobin**ler*. Bunlar motorun gücünü de artırır.

Hoparlör

Motor etkisini kullanarak elektriksel sinyalleri **ses dalgaları**na dönüştüren aygıt. Silindir şeklindeki mıknatısların yarattığı merkez eksenden dışarıya doğru yönelmiş bir manyetik alan ve bu alan içine yerleştirilen bir bobinden oluşur. Akım değiştikçe, kağıt koniye tutturulmuş bobin ileri-geri yönünde harekete zorlanır (şekle bakınız). Son olarak kağıt koni havayı titreştirerek ses dalgaları yaratır. Doğal olarak oluşan dalgalar akımın frekansı ve büyüklüğüne bağlıdır.

Hoparlör



* **Bobin**, 72; **Elektrik enerjisi**, 7; **Elektromıknatıs, düzlem bobin**, 72; **Jeneratör**, 76; **Mekanik enerji**, 7; **Ses dalgaları**, 38; **Ters emk**, 59 **(Elektromotor kuvvet)**.

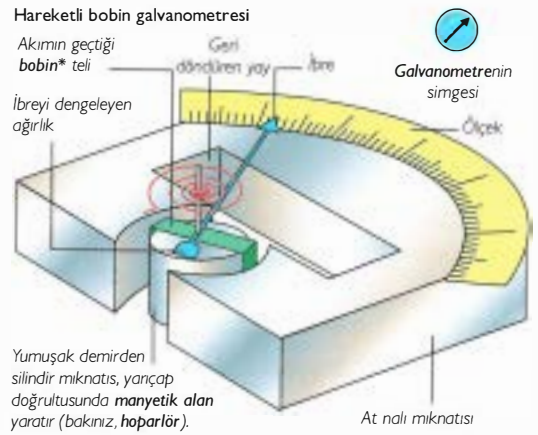
ELEKTRİĞİN ÖLÇÜLMESİ

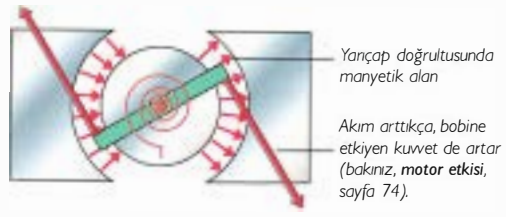
Asılı bir mıknatısı bir tele yaklaştırıp mıknatısın sapmasını gözlemleyerek telden akım geçip geçmediği anlaşılabilir. Bu düşünceden yola çıkarak, sapma açısının bir ölçek üzerinde okunmasıyla geçen akım miktarının belirlendiği bir ölçüm aleti yapılabilir. Akım ölçen böyle bir aygıtı çok az değiştirerek, **potansiyel farkları*** ölçen bir başka alet de elde edilebilir.

Galvanometre

Bir **doğru akım**ın neden olduğu manyetik etkiyi saptayan herhangi bir araç. Bir telin yakınına getirildiğinde, telde akım olup olmadığını gösteren bir pusula en basit örnektir. **Hareketli bobin galvanometresi**nde **motor etkisi** sonucu oluşan sapma miktarı bir ölçek üzerinde gösterilir.

Hareketli bobin galvanometresi



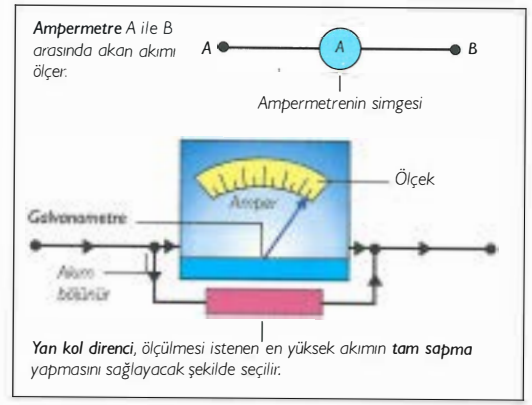


Hareketli demir galvanometresi

Ölçülmesi istenen akımın demirden iki parçada mıknatıslığa neden olmasını ve bunların birbirlerini itmesini veya çekmesini sağlayan alet. Sonuçta oluşan sapmayı tespit ederek akım ölçülebilir.

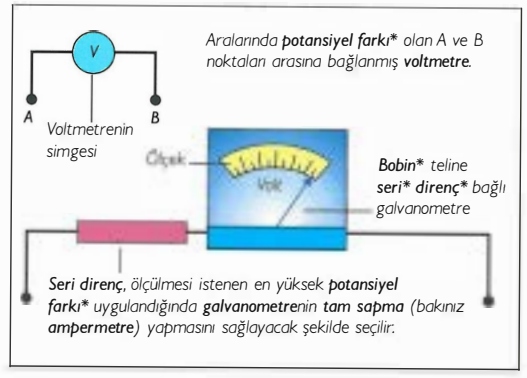
Ampermetre veya **akımölçer**

Akım ölçen araç. Belli bir akım değerinde **tam sapma** olması, yani ibrenin en yüksek değeri göstermesi için tasarlanmış, **hareketli bobin galvanometresi**nin bir türü. Daha yüksek akımları ölçebilmek için bir **yan kol** direnci (şönt, paralel bağlı bir direnç) eklenir (bakınız aşağıdaki şekil). Bu durumda tam sapma için daha yüksek bir akım gerekir.



Voltmetre

İki nokta arasındaki **potansiyel farkı**nı* ölçen aygıt. Bir galvanometreye **seri bağlı*** büyük bir **direnç**ten* oluşur. Belli bir potansiyel farkı **tam sapma** sağlayan bir akıma neden olur (bakınız, **ampermetre**). Daha yüksek potansiyel farklarını ölçmek için bir başka seri direnç eklenmelidir (aşağıdaki şekle bakınız).



Multimetre

Akım ve **potansiyel farklarını*** ölçmek için **yan kol** (bakınız, **ampermetre**) ve **seri direnç**lerle (bakınız, **voltmetre**) donatılmış bir **galvanometre**den oluşan çok amaçlı ölçüm aleti.

* **Bobin**, 72; **Direnç**, 60; **Doğru akım**, 59; **Potansiyel farkı**, 56; **Seri bağlama**, 62.

ELEKTROMANYETİK İNDÜKSİYON

Michael Faraday, nasıl manyetik alanda bulunan bir akımdan hareket elde edilebiliyorsa (bakınız, **motor etkisi**, sayfa 74), bu olayın tersinin de doğru olduğunu, yani manyetik alan içinde hareket eden bir **iletken**de bir **elektromotor kuvvet*** oluştuğunu keşfetti. **Elektromanyetik indüksiyon** olarak adlandırılan bu etki, aynı zamanda, değişen bir manyetik alanda bulunan iletkenlerde de gerçekleşir.



*Faraday, disk **dinamo**su olarak bilinen aygıtı yaparak, manyetik alan içinde dönen **iletken*** bir diskte bir **elektromotor kuvvet*** elde etmişti.*

Faraday'ın indüksiyon yasası

Bir **iletken**de* indüksiyon sonucu elde edilen elektromotor kuvvetin, manyetik alanın değişim hızıyla doğru orantılı olduğunu ifade eder.

Lenz yasası

İndüksiyon sonucu elde edilen **elektromotor kuvvet**in*, buna neden olan etkiye karşı koyacak yönde geliştiğini ifade eder. Örneğin, bir **elektrik motoru**nda* **jeneratör** etkisi nedeniyle oluşan **emk**, motoru çalıştıran emk'ya ters yöndedir.

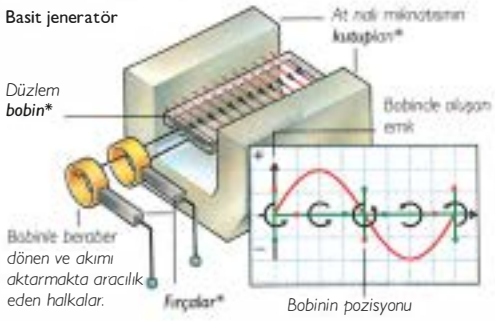
Fleming'in sağ el kuralı veya **dinamo kuralı**

Hareket eden bir telde indüksiyon sonucunda oluşması gereken akımın yönü, sağ el yardımıyla aşağıda gösterilen yöntemle belirlenebilir.

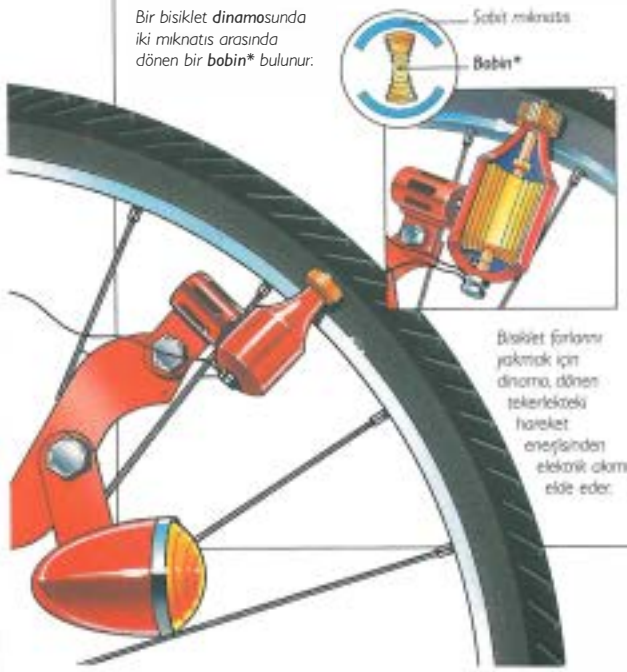


Jeneratör veya **dinamo**

Mekanik enerjiden* elektrik akımı elde eden aygıt. En basit jeneratörde (bakınız, sağdaki şekil), manyetik alan içinde dönen bir bobinde alternatif elektromotor kuvvet elde edilir. **Doğru akım*** jeneratörlerinde, akımın sürekli aynı yönde akmasını sağlamak için, **elektrik motorları**ndaki gibi bir **komütatör*** bulunur.



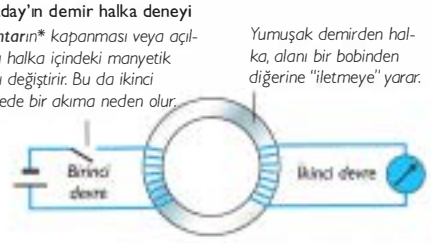
*Bir bisiklet **dinamo**sunda iki mıknatıs arasında dönen bir **bobin*** bulunur.*



Karşılıklı indüksiyon

Bir **bobin**deki* akımın zamanla değişmesi sonucunda başka bir bobinde elektromotor kuvvet oluşması. Değişen akım, değişen bir manyetik alan meydana getirir, bu da alan içinde bulunan herhangi bir bobinde indüksiyon akımına neden olur. İlk defa, **Faraday'ın demir halka deneyi**nde gösterilmiştir.

Faraday'ın demir halka deneyi



* **Anahtar**, 62; **Bobin**, 72; **Doğru akım**, 59; **Elektrik motoru**, 74; **Elektromotor kuvvet (emk)**, 58; **Fırçalar**, 74; **İletken**, 54; **Mekanik enerji**, 7; **Komütatör**, 74; **Kutup**, 68.

Özindüksiyon

Bir **bobin**deki* akımın zamanla değişmesi sonucunda aynı bobinde bir elektromotor kuvvet oluşması. Örneğin, bir bobine verilen akımın kesilmesiyle manyetik alanda meydana gelen ani değişim, bobinde bir elektromotor kuvvet oluşturur. Kimi zaman bu emk, bobindeki akımı sağlayan önceki emk'yı bile aşabilir.

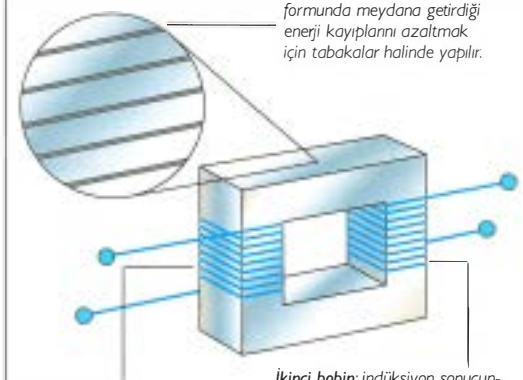
Eddy akımları

Manyetik alanın değişmesi nedeniyle, bu alanda bulunan bir metalde (herhangi bir devreye bağlı olmasa bile) ortaya çıkan akımlar. Eddy akımları, metali ısıtarak istenmeyen enerji kayıplarına yol açabilir; (örneğin, bir **transformatör**ün demir çekirdeğinde). Bunu engellemek için demir çekirdek tabakalı şekilde (yalıtkan bir tabakayla ayrılmış ince saclar) yapılır (aşağıda **transformatör**lere bakınız).

Transformatörler

Bir **transformatör**, yumuşak **ferromanyet*** olan demir **çekirdek*** ve bunun çevresine sarılmış iki farklı **bobin**den* oluşur. Bobinlerden birine uygulanan alternatif emk'nın, diğer bobinde farklı bir emk değerine dönüştürülmesi için kullanılır (örneğin elektriğin iletilmesinde, bakınız, sayfa 59). İyi tasarlanmış bir transformatörde, iki devre arasındaki enerji kaybı çok azdır.

Basit transformatör



Birinci bobin (primer)

Transformatörlerde, **ikinci bobin**de başka bir emk üretmek için asıl alternatif emk'nın uygulandığı **bobin***.

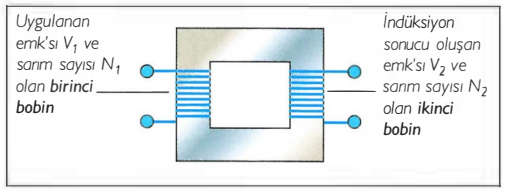
İkinci bobin (sekonder)

Transformatörlerde, **birinci bobin**deki emk'dan kaynaklanan indüksiyon sonucu meydana gelen alternatif emk'nın oluştuğu **bobin***. Bazı transformatörlerin birden fazla sayıda ikinci bobini olabilir.

Sarım oranı

Transformatörlerde, **ikinci bobin**deki sarım sayısının **birinci bobin**dekine oranı. Sarım oranı aynı zamanda ikinci ve birinci bobinlerin üzerindeki emk'ların oranına da eşittir.

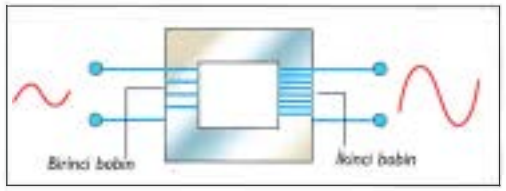
$$\text{Sarım oranı} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$



Yükseltici transformatör

İkinci bobindeki emk değerinin, **birinci bobin**dekinden yüksek olduğu **transformatör** türü. **Sarım oranı** birden büyüktür.

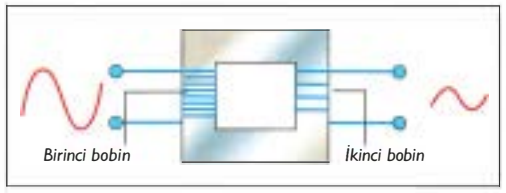
Yükseltici transformatör



Alçaltıcı transformatör

İkinci bobindeki emk değerinin, **birinci bobin**dekinden düşük olduğu **transformatör** türü. **Sarım oranı** birden küçüktür.

Alçaltıcı transformatör



* **Bobin**, **Çekirdek**, 72; **Ferromanyet**, 68.

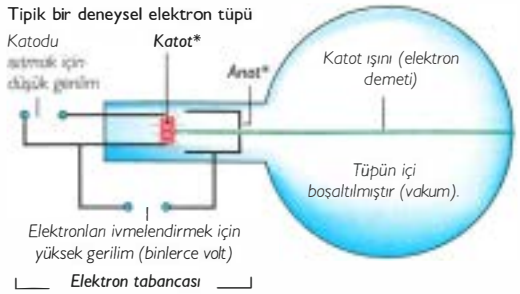
KATOT IŞINLARI

Düşük basınçlı gaz veya vakum (boşluk) içinde hareket eden **elektron** (negatif yüklü parçacıklar, bakınız, sayfa 83) demetine **katot ışını** denir. Elektronlar bir metal **katot**ta* serbest bırakılıp, **anod**a doğru çekildiklerinde ortaya çıkar. Katot ışınlarının, Röntgen ışınlarının üretiminden televizyona kadar çok değişik uygulama alanları vardır. Bunların hepsinde, ışının kolayca yol alması için düşük basınçlı gaz veya vakum içeren **elektron tüpleri**, özel şekil verilmiş cam tüpler kullanılır. Bu ışınlar çoğunlukla, tüpün bir parçası olan bir **elektron tabancası** tarafından üretilir.

Elektron tabancası

Sürekli bir elektron demeti (katot ışını) oluşturmak için kullanılan aygıt. Elektronları boşluğa salan ısıtılmış bir **katot**tan* (bu olay **termoiyonik emisyon** olarak adlandırılır) ve bunları kendine çeken bir **anot**tan* oluşur.

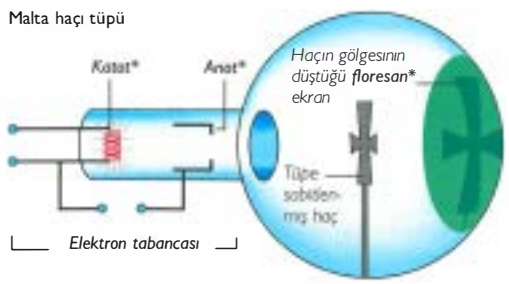
Tipik bir deneysel elektron tüpü

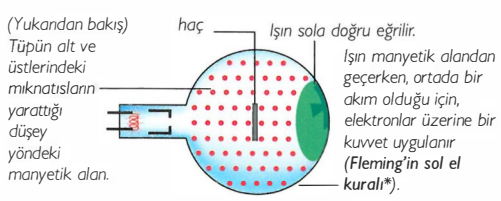


Malta haçı tüpü

Katot ışınının önüne haç şeklinde bir engel konulmuş elektron tüpü. Bu durumda, engelin aynı şekle sahip gölgesi arkadaki **floresan*** ekran üzerinde belirir. Bu da elektronların doğrusal yollar izlediğini gösterir:

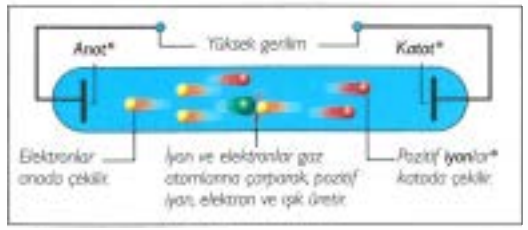
Malta haçı tüpü





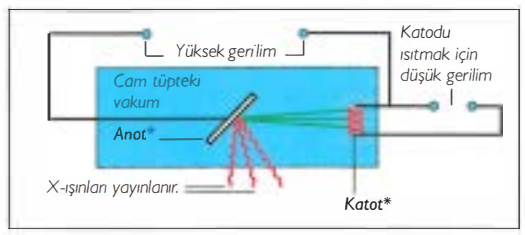
Deşarj tüpü

İçindeki **iyon*** ve elektronların, **elektrot**ların* çekici etkisi altında yüksek hızlarla hareket ettiği, gaz içeren cam tüp. İyon ve elektronlar hareketleri esnasında gaz atomlarına çarparak daha fazla sayıda elektron ve iyon oluşturur, aynı zamanda bir miktar ışık açığa çıkar. Çıkan ışığın rengi kullanılan gaza bağlıdır. Örneğin, reklamcılıkta çok kullanılan neon portakal rengi, cadde ışıklandırmasında kullanılan cıva buharı mavi-yeşil ışık üretir. Deşarj tüpleri, diğer ışıklandırma sistemlerinden beş kata kadar daha az enerji harcar: **Floresan tüpler**, **morötesi ışıma*** yayan cıva buharı doldurulmuş deşarj tüpleridir. Morötesi ışık, camın iç yüzeyine kaplanmış özel bir toz katmanına çarptığında **görünür ışık*** açığa çıkartır (bakınız, **flüorışıma**, sayfa 43).



X ışını tüpü

Bir **X ışını*** (röntgen ışını) demeti elde etmek için kullanılan elektron tüpü. Katot ışını tungstenden yapılmış bir hedefe çarptığında elektronların hızları aniden düşer. Bu da X ışınlarının ortaya çıkmasına neden olur.

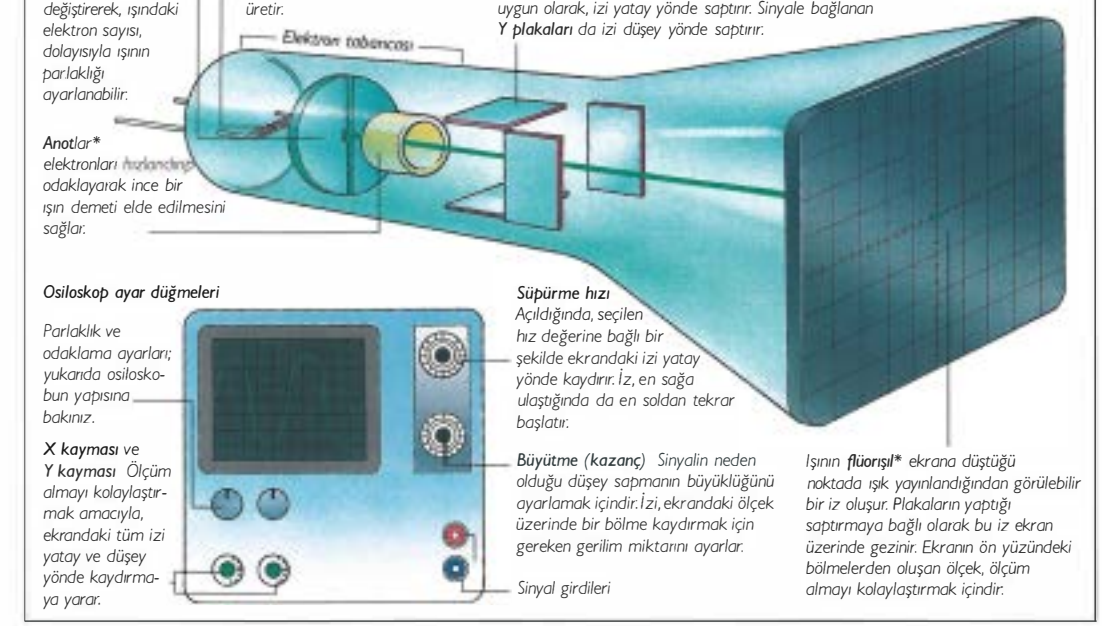


*Anot, Katot, 64 (Elektrot); Fleming'in sol el kuralı, 74; Flüorışıma, 43; Görünür ışık, 43; İyonlar, 86 (İyonlaşma); Morötesi ışıma, 42; X-ışınları, 42.

Katot ışını osiloskobu

Katot ışını osiloskobu, devrelerdeki akım ve **potansiyel farkları**nı* incelemek için kullanılan bir araçtır. **Elektron tabancası**ndan çıkan bir katot ışını **flüorışıl*** ekran üzerinde parlak bir nokta oluşturur. Birçok uygulamada, ekrandaki iz sabit hızla hareket edecek şekilde ışın yatay yönde saptırılır ve bu sürekli tekrarlanır. Osiloskoba bir sinyal girdi olarak verildiğinde, ışın düşey yönde gelen sinyalin büyüklüğüyle doğru orantılı olarak saptırılır. Böylece ekrandaki iz, sinyalin zamana bağlı değişimini gösterir:

Osiloskobun yapısı



Televizyon

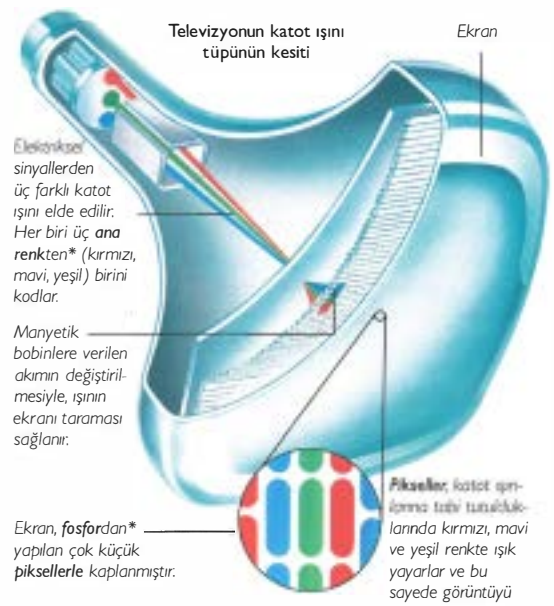
Televizyondaki görüntüleri oluşturmak için kullanılan **elektron tüpü**nde, gelen sinyale göre yoğunluğu değişen katot ışını ekranı sürekli tarar. Işının yoğunluğuna bağlı olarak, ekranın değişik noktalarında değişik parlaklıkta ışık üretilerek görüntü meydana getirilir (sağdaki şekle bakınız).



Pikseller (sağdaki şekle bakınız)

Çok büyük, yüksek çözünürlüklü televizyonlarda, normal televizyonlardakinden çok daha fazla sayıda piksel bulunur (sağa bakınız), bu nedenle görüntü daha nettir.

Televizyonun katot ışını tüpünün kesiti



*Anot, Katot, 64 (Elektrot); Flüorışıma, 43; Fosforlar, 42 (Fosforışıl); Potansiyel farkı, 56; Ana renkler, 53.

ATOMUN YAPISI

Yunanlı filozofların, tüm maddelerin bölünemeyen "yapıtaşları"ndan oluştuğunu ilk olarak öne sürdükleri zamanlardan bu yana atomların fiziksel yapısı (ayrıca, bakınız sayfa 2) hakkında pek çok şey öğrenildi. Şimdiyse, atomların bölünemez olmadığı, fakat çok sayıda farklı küçük parçacıktan (**atomaltı parçacıklar**) ve epeyce de boş yerden oluşan karmaşık bir iç yapıya sahip olduğu biliniyor.

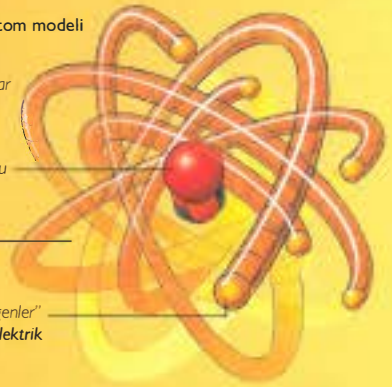


*Bir atomun **yörüngemsi** modeli (bakınız, sayfa 81)*

Rutherford-Bohr atom modeli

Atomun yapısını açıklamak için Ernest Rutherford ve Niels Bohr tarafından 1911'de ortaya atılan ve "güneş sistemine" benzeyen atom modeli. Günümüzde bu modelin doğru olmadığı bilinmektedir (elektronların düzgün "yörüngeleri" yoktur; bakınız, **elektron kabukları**).

Rutherford-Bohr atom modeli



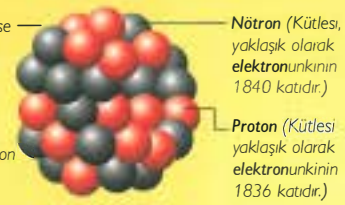
*Pozitif yüklü "güneş" (O dönemde nötronlar henüz keşfedilmemiş olduğundan, ağır **çekirdeğin** sadece protonlardan oluştuğu düşünülüyordu.)*

Boşluk

*Negatif yüklü "gezegenler" (**elektronlar**) çekici **elektrik kuvveti*** tarafından yörüngede tutulur.*

Çekirdek veya atom çekirdeği

Bir atomun merkezi, birbirine çok yakın **nükleon**lardan (**protonlar** ve **nötronlar**) oluşur.



***Çekirdek** (Neredeyse atomun kütlesinin tümü burada toplanmıştır; fakat çok küçüktür; yarıçapı yaklaşık olarak atomunkinin on binde birı kadardır.)*

***Nötron** (Kütlesi, yaklaşık olarak **elektron**unkinin 1840 katıdır.)*

***Proton** (Kütlesi yaklaşık olarak **elektron**unkinin 1836 katıdır.)*

Protonlar

Çekirdekte bulunan pozitif yüklü parçacıklar. Protonların sayısı (**atom numarası**), elementi belirler. Proton ve **elektron**ların sayısı eşit olduğu için atomlar elektriksel olarak yüksüzdür.

Nötronlar

Çekirdekte bulunan, elektrik yükü olmayan parçacıklar. Aynı elementin atomlarındaki nötron sayısı farklı olabilir (bakınız, **izotop**).

Elektronlar

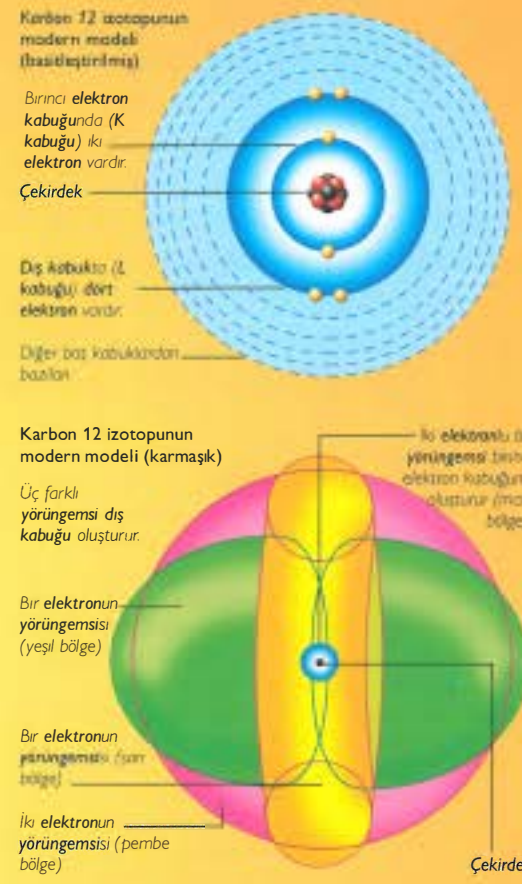
Negatif yüklü ve çok küçük kütleli parçacıklar. **Çekirdek** etrafındaki **elektron kabukları**nda hareket ederler. Ayrıca bakınız, **proton**lar.

Elektron kabukları

Çekirdek etrafında yer alan, hareketli elektronların bulunduğu bölgeler. Bir atomda sonsuz sayıda kabuk bulunur ama yedi tanesi en önemlileridir (içten dışa doğru **K, L, M, N, O, P** ve **Q kabukları**). Her biri en fazla belli sayıda elektron taşıyabilir (içten itibaren ilk dördünde sırasıyla en fazla 2, 8, 18 ve 32 elektron bulunabilir).

Bu kabuklar çekirdekten ne kadar uzaktaysa, bunlarda bulunan elektronların enerjileri de o kadar yüksektir (her kabuğun belli bir **enerji düzeyi** vardır). **En dış kabuk**, içinde elektron bulunan en son kabuktur. Eğer bu doluysa veya bir **oktet**se (8 elektronu varsa), atom çok kararlıdır (bakınız, sayfa 83).

Elektronların kabuklardaki yeri tam olarak saptanamaz. Fakat her kabuk **yörüngemsi**lerden (**orbital**) oluşur ve her yörümgemsiye karşılık gelen **bir olasılık yoğunluğu** vardır. Bu yoğunluklar, herhangi bir zamanda bir veya ıkı elektronun bulunması olası bir bölgeyi gösterir (ayrıca 80. sayfadaki şekle bakınız).



Kütle numarası (A)

Çekirdekteki **proton**ların ve **nötron**ların toplam sayısı. **Bağıl atom kütlesi**ne en yakın olan tam sayıdır ve **izotop**ları belirlemede önemlidir.

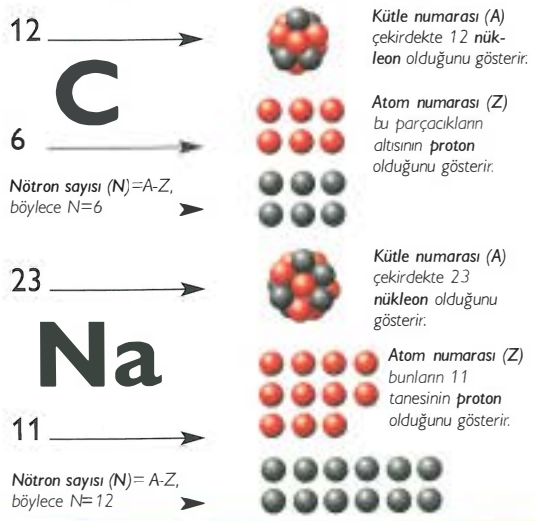
Atom numarası (Z)

Çekirdekteki **proton**ların sayısı (bundan dolayı, ayrıca çevresindeki **elektron**ların sayısı). Atom numarası aynı olan tüm atomlar; aynı elementin atomlarıdır (ayrıca bakınız, **izotop**).

Nötron sayısı (N)

Çekirdekteki **nötron**ların sayısı. Kütle numarasından atom numarasını çıkararak bulunur. Ayrıca 85. sayfadaki grafiğe bakınız.

Kütle ve atom numarası bir elementin simgesiyle birlikte yazılır.



***Kütle numarası (A)** çekirdekte 12 **nükleon** olduğunu gösterir.*

***Atom numarası (Z)** bu parçacıkların altısının **proton** olduğunu gösterir.*

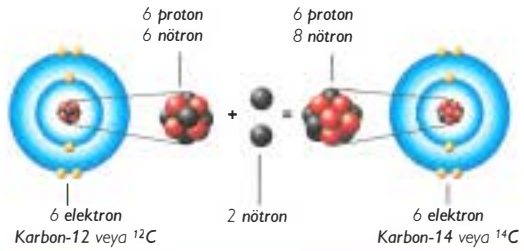
***Kütle numarası (A)** çekirdekte 23 **nükleon** olduğunu gösterir.*

***Atom numarası (Z)** bunların 11 tanesinin **proton** olduğunu gösterir.*

İzotoplar

Aynı elementin, atom numarası aynı fakat **nötron sayısı** ve bunun sonucunda **kütle numarası** farklı olan değişik türleri. Doğal olarak bulunan tek izotopu olsa bile (yani element bir **monoizotop** olsa bile) her elementin izotopları vardır; diğerleri yapay olarak elde edilebilir (bakınız, **radyoizotop**, sayfa 84).

*İzotoplar belirtilirken **kütle numaraları** isimlerle veya simgelerle kullanılır:*



Bağıl atom kütlesi

Atom kütlesi veya **atom ağırlığı** olarak da bilinir. Bir atomun, **atomik kütle birimi** (**u**) ile ifade edilen kütlesi. Atomik kütle birimi, karbon-12 atomunun (**izotop**) kütlesinin 1/12'sine eşittir. Böylece, karbon-12 atomunun bağıl atom kütlesi 12u'dur, fakat diğer atomların hiçbirinin kütlesi tamsayı değildir. Örneğin, alüminyumun bağıl atom kütlesi 26,9815u'dur.

Eğer elementin diğer izotopları doğal bir örnekte bulunuyorlarsa, bağıl atom kütlesi belirlenirken bunlar da hesaba katılır. Örneğin doğal klor, her klor-37 atomuna karşılık üç klor-35 atomuna sahiptir. Dolayısıyla, klorun bağıl atom kütlesi (35,453u), bu iki farklı izotopun kütlelerinin ağırlıklı ortalamasına eşittir.

*Elektrik kuvveti, 6.

ATOM ENERJİSİ VE NÜKLEER ENERJİ

Çok küçük parçacıklardan çok büyük cisimlere kadar her şeyin değişik enerji yüzeyleri ve bunlara karşılık gelen **potansiyel enerji*** ("depolanmış" enerji) değerleri vardır. Bütün cisimler, en kararlı durum olan ve **temel durum** denen en düşük enerji düzeyine erişecek şekilde hareket etme eğilimindedir. Bu eğilim, çoğu durumda çeşitli yapı değişimlerine yol açabilir, yani yeni bileşenler eklenebilir veya kaybedilebilir ve her durumda, "fazla" enerjinin serbest bırakılmasıyla sonuçlanır; Parçacıkların atom olduğu durumda büyük miktarda, çekirdek olduğu durumdaysa muazzam miktarda bir enerji serbest bırakılır. Bir atomun veya çekirdeğin **bağlanma enerjisi** ne kadar büyükse kararlılığı da o kadar fazladır, yani herhangi bir değişime uğrama olasılığı azdır.

Bağlanma enerjisi (B.E.)

Bir atomun veya çekirdeğin bileşenlerine (bakınız, sayfa 80-81) ayrılması için verilmesi gereken enerji. Bir atomun veya çekirdeğin **potansiyel enerjisi***, kendisini oluşturan parçacıkların ayrı ayrı sahip oldukları potansiyel enerjilerin toplamından daha azdır: Çünkü parçacıklar bir araya geldiklerinde, daha düşük bir enerji durumu (ortak bir durum) bulmuş (bakınız, giriş ve **çekirdek kuvveti**) ve böylece enerji kaybetmiştir. Bağlanma enerjisi, potansiyel enerjideki bu farkın bir ölçüsüdür—aynı zamanda, parçacıkların "eski hale geri dönmesi" için gereken enerjidir—bu nedenle, bağlanma enerjisi ne kadar büyükse, bir atomun veya çekirdeğin potansiyel enerjisi o kadar düşüktür ve kararlılığı da o derece yüksektir. Bağlanma enerjisi, atomdan atoma ve çekirdekten çekirdeğe değişir.

Çekirdek kuvveti

Bir çekirdeğin bileşenlerini (**nükleonlar***) bir arada tutan ve **proton**lar* arasındaki itici **elektrik kuvveti**nin üstesinden gelen güçlü kuvvet. Yalnızca komşu nükleonlar arasında etkili olduğu için bu kuvvetin etkisi çekirdeğin büyüklüğüne göre değişir (yan sayfadaki grafiğe bakınız). Çekirdek kuvvetinin çekici etkisi ne kadar büyükse, çekirdeğin **bağlanma enerjisi** de o kadar büyüktür (yani bu çekirdeği oluşturan parçacıklar bir araya geldiğinde, daha büyük bir enerji yitirilmiştir).

Kuantum kuramı

Enerjinin sürekli bir yapıda değil, **kuantum** denen çok küçük ve aynı atımlar biçimini aldığını ifade eder. Kuram ilk ortaya atıldığında, sadece cisimlerden yayınlanan enerjinin (**elektromanyetik dalga*** enerjisi) böyle olduğu düşünülüyordu, ama sonraları diğer tüm enerji türlerinin de (bakınız, sayfa 6-7) aynı özelliği gösterdiği anlaşıldı. Elektromanyetik kuantuma **foton** denir: Kuram ayrıca, bir fotonun taşıdığı enerji miktarının, yayınlanan elektromanyetik ışınımın frekansıyla (bakınız, sayfa 42-43) doğru orantılı olduğunu ifade eder.

*Bir **kuantumun** (**foton**) taşıdığı enerji:*

$$E = hf$$

*Burada, E = joule olarak enerji; h = **Planck sabiti** ($6{,}63 \times 10^{-34}$ J s^{1}); f = Hertz olarak **frekans***

***Elektron volt** (**eV**). 1 volt'luk bir **potansiyel farkı**nı* geçen bir elektronun kazandığı enerji olarak tanımlanan enerji birimi.*

$$1eV = 1{,}6 \times 10^{-19}\text{ J}$$

***Mega elektron volt** (**MeV**). 1 milyon eV'a eşit olan nükleer enerji birimi.*

$$1MeV = 1{,}6 \times 10^{-13}\text{ J}$$

Kütle eksiği

Bir atomun veya çekirdeğin kütlesi, kendisini oluşturan parçacıkların ayrı ayrı kütlelerinin toplamından daha azdır. Bu fark kütle eksiğidir ve parçacıklar bir araya geldiğinde, kaybedilen **potansiyel enerji**nin* kütlesine karşılık gelir (**bağlanma enerjisi**, yukarıya ve sağdaki formüle bakınız).

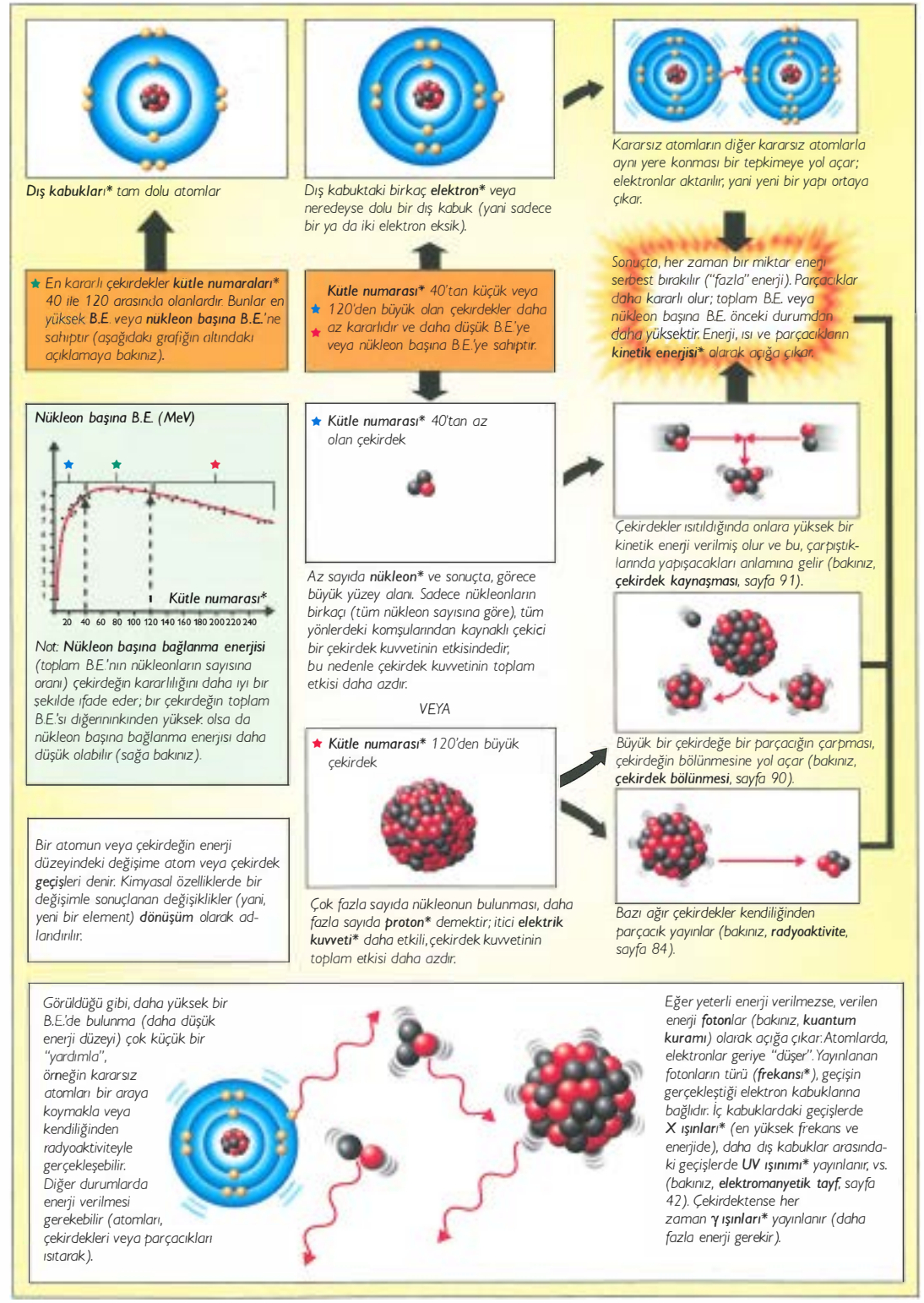
*Einstein, enerjinin bir kütlesi olduğunu gösterdi. Bu nedenle, potansiyel enerji kaybı olduğu zaman bu bir kütle kaybıyla sonuçlanır (yani, o enerjiye karşılık gelen kütle). **Einstein'ın kütle-enerji formülü:***

$$E = mc^2$$

burada, E= joule olarak enerji; m=kilogram olarak kütle; c = 3×10^{8} m s^{1} (ışığın hızı).

*Elektrik kuvveti, 4; **Elektromanyetik dalgalar**, 44; **Frekans**, 33; **Nükleonlar**, 80 (**Çekirdek**); **Potansiyel farkı**, 56; **Potansiyel enerji**, 6; **Protonlar**, 80.

Çekirdek kararlılığı



*Dış kabuk, 81 (**Elektron kabukları**); **Elektrik kuvveti**, 4; **Elektronlar**, 81; **Frekans**, 33; **Gama (g) ışınları**, 42, 84; **Kinetik enerji**, 7; **Kütle numarası**, 80; **Morötesi (UV) ışınım**, **X ışınları**, 42; **Nükleonlar**, 80 (**Çekirdek**); **Protonlar**, 80.

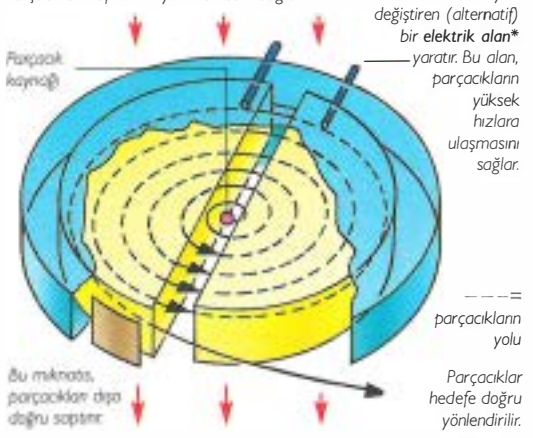
RADYOAKTİVİTE

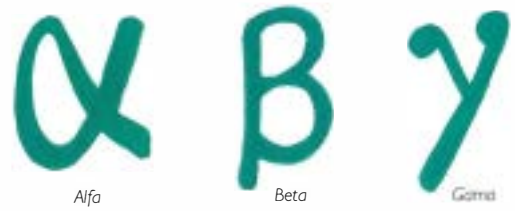
Radyoaktivite bazı kararsız **çekirdek**lerin (bakınız, sayfa 80 ve 82) kendiliklerinden bölünerek farklı elementlerin çekirdeklerine dönüşmesi ve bu sırada **ışınım** (**radyasyon**) yayınlanması olayına verilen addır. Bu dönüşüm sürecine **radyoaktif bozunma** denir. Radyoaktif elementlerden yayınlanan üç tür ışınım vardır: **Alfa parçacıkları** akışı (**alfa ışınları** denir), **beta parçacıkları** akışı (**beta ışınları**) ve **gama ışınları**. Işınımın saptanması ve kullanılması hakkında daha fazla bilgi için bakınız, sayfa 87-89.

Radyoizotop veya radyoaktif izotop

Herhangi bir radyoaktif madde (bütün maddeler izotoplardan oluşur; bakınız sayfa 81). Doğal olarak bulunan çok sayıda radyoizotop vardır; bunların çoğu çok uzun bir **yarı ömre** sahip olduğu için (örneğin uranyum-238) hâlâ doğada bulunabilmektedir. Ancak bunlardan biri olan karbon-14, sürekli olarak kozmik ışınlar (bakınız, **artalan ışınımı**, sayfa 86) tarafından üretilir. Diğer radyoizotoplar **çekirdek bölünmesi*** (fisyon) yoluyla üretilirken bazıları da araştırma laboratuvarlarında, çekirdeklerin hızlı parçacıklarla (örneğin, **proton**lar* ve **nötron**lar*) bombardımanı sonucunda üretilmektedir. Bu bombardıman parçacıkları, **siklotron** gibi **parçacık hızlandırıcıları**nda hızlandırılmaktadır (aşağıdaki şekle bakınız).

Vakum odasının bir kesiti (siklotronun merkezi)

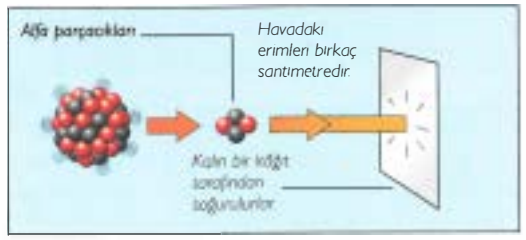




Üç tür ışınım* Yunan harfleriyle gösterilir.

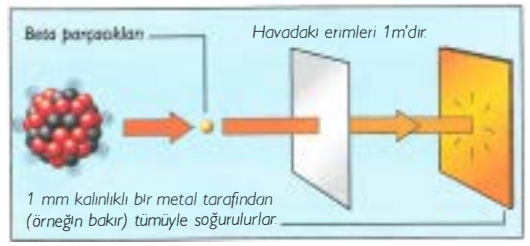
Alfa (α) parçacıkları

Bazı radyoaktif çekirdeklerden yayınlanan pozitif yüklü parçacıklar (bakınız, **alfa bozunması**). Görece ağırdırlar (iki **proton*** ve iki **nötron**dan* oluşurlar), görece yavaştırlar ve düşük bir girme güçleri vardır.



Beta (β) parçacıkları

Bazı radyoaktif çekirdeklerden yayınlanan ve hızları ışık hızına yakın olan parçacıklar: İki türü vardır: **Elektron**lar* ve kütlesi elektronunkine eşit ama yükü pozitif olan **pozitron**lar* (bakınız, **beta bozunması**, sayfa 85).



Gama (γ) ışınları

Gözle görünmeyen **elektromanyetik dalgalar** (ayrıca bakınız, sayfa 42). Girme gücü çok yüksek olan bu parçacıklar, her zaman olmasa da çoğu zaman, radyoaktif bir çekirdekten bir **alfa** veya **beta parçacığından** sonra yayınlanır.



* Çekirdek bölünmesi, 90; Elektrik alan, 56; Elektronlar, 81; Işınım, 7; Manyetik alan, 70; Nötronlar, 80; Protonlar, 80.

Radyoaktif bozunma

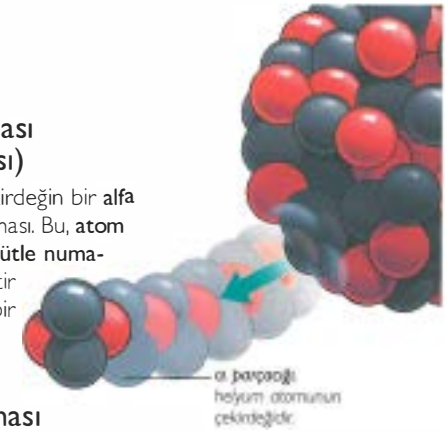
Bir radyoaktif çekirdeğin, **alfa** veya **beta** parçacıkları yayınlamasıyla sonuçlanan kendiliğinden bölünmesi. Bu süreçi, sıklıkla **gama ışınları**nın yayınlanması izler. Bir çekirdek böyle bir parçacık yayınlarsa, yani bir çekirdek **parçalanması** olursa, enerji açığa çıkar (bakınız, sayfa 82) ve farklı bir çekirdek (atom) oluşur. Bu çekirdek de radyoaktifse, bozunma süreci kararlı (radyoaktif olmayan) bir atoma ulaşılıncaya kadar sürer: Böyle parçalanma serilerine bozunma serileri, **bozunma zinciri, radyoaktif seriler** veya **dönüşüm serileri** denir.

Yarı ömür ($T_{1/2}$)

Radyoaktif bir örnekteki atomların ortalama olarak yarısının **radyoaktif bozunma**ya uğraması ve dolayısıyla yayınlanan ışınımın yarıya inmesi için geçen zaman. Bozunma hakkında önceden kestirebileceğimiz tek bilgi budur: Tek bir atomun bozunmasının ne zaman olacağını kestirmek mümkün değildir, çünkü atomlar diğerlerinden bağımsız olarak ve rastgele bozunur. Yarı ömür değerleri çok geniş bir dağılım gösterir. Örneğin stronsiyum-90'ın yarı ömrü 28 yılken, uranyum-238'inki 4,5 x 10^9 yıldır.

Alfa bozunması (α bozunması)

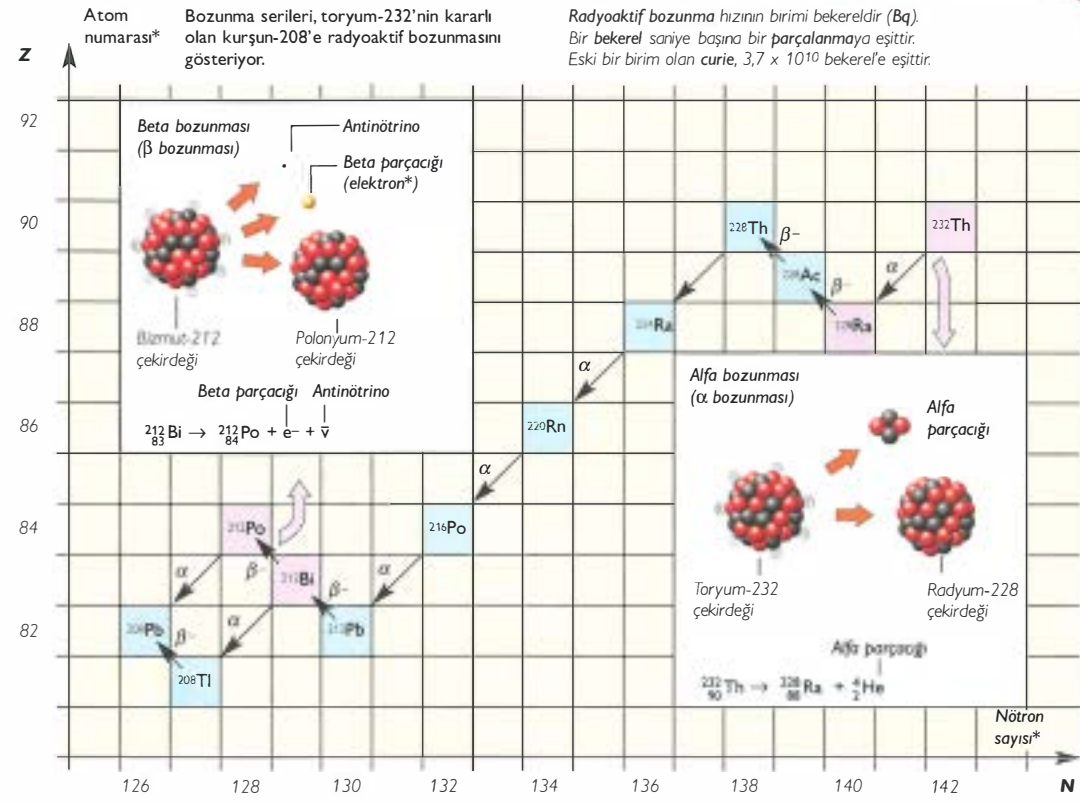
Bir radyoaktif çekirdeğin bir **alfa parçacığı** yayınlaması. Bu, **atom numarası**nı* iki, **kütle numarası**nı* dört eksiltir ve böylece yeni bir çekirdek oluşur.



Beta bozunması (β bozunması)

Radyoaktif bir çekirdek tarafından iki tür beta parçacığından birinin yayınlanması. Bir **nötron*** bir **proton**a* bozunduğunda, elektron (β^- veya e^-) yayınlanır (**antinötrino** denen diğer bir parçacıkla birlikte). Buna karşın, bir proton nötrona bozunursa, bir pozitron (β^+ veya e^+) ve bir **nötrino** yayınlanır. Böylece, **beta bozunması, atom numarasını*** bir eksiltir veya artırır (**kütle numarası*** aynı kalır).





Radyoaktif bozunma hızının birimi bekereldir (*Bq*). Bir *bekerel* saniye başına bir *parçalanma*ya eşittir. Eski bir birim olan *curie*, 3,7 x 10^{10} bekerel'e eşittir.

*Atom numarası, 80; Elektronlar, 81; Kütle numarası, Nötron numarası, Protonlar, 81

RADYOAKTİVİTEYİ SAPTAMA VE ÖLÇME

Radyoaktif maddelerden (**radyoizotoplar***) yayınlanan ışınımı saptamak ve ölçmek için kullanılan birtakım aletler vardır. Bazıları, çoğunlukla laboratuvarlarda kullanılır (yapay radyoizotopları incelemek için); diğerleri daha geniş bir kullanım alanına sahiptir (örneğin, güvenlik amacıyla kullanılan izleme cihazları). Bunlar **artalan ışınımı**nı izlemek için de kullanılabilir. Bu aletlerin çoğu, ışınımın neden olduğu **iyonlaşma**yı* izleyerek ışınımı saptar ve ölçer (**Geiger sayacı** ve **atım elektroskobu** için karşı sayfaya, **sis** ve **kabarcık odası** için sayfa 88'e bakınız).



*Radyoaktif malzemelerde (**radyoizotoplar***) *özel bir uyarı etiketi bulunur.*

Artalan ışınımı

Dünya üzerinde, doğal ve doğal olmayan kaynaklardan gelen ve görece düşük miktarda bulunan ışınım. Önemli bir doğal kaynak, bitkilerde ve hayvanlarda bulunan karbon-14'tür. Bu, uzaydan atmosfere giren **kozmik ışınlar**ın (**kozmik ışınım**) bombardımanı nedeniyle, kararlı azot-14'ten sürekli olarak üretilir. Kozmik ışınlar, oldukça yüksek enerjili parçacıklardan oluşur. Tıp ve endüstri uygulamalarıyla silah testleri başlıca doğal olmayan ışınım kaynaklarını oluşturur. **Artalan sayısı**, artalan ışınımının bir ölçüsüdür.



Bitkiler, hayvanlar ve kayalar doğal bir ışınım kaynağı olan karbon-14 içerir.

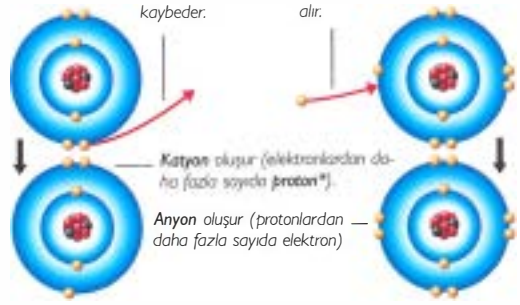


***Artalan sayısını** ölçmek için kullanılan bir Geiger sayacı.*

İyonlaşma

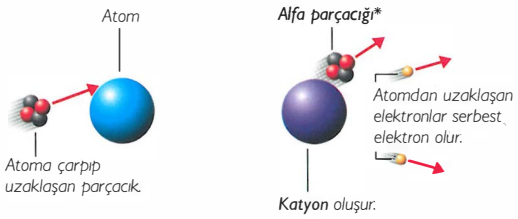
Elektrik yüklü parçacıklar olan **iyon**ların yaratılması. İyonlaşma, yüksüz atomlar **elektron*** aldıklarında veya verdiklerinde ortaya çıkar ve böylece sırasıyla **anyonlar** (negatif iyonlar) ve **katyon**lar (pozitif iyonlar) üretilir.

İyonlaşma



Işınım durumunda, **alfa** ve **beta parçacıkları*** içinden geçtikleri maddenin atomlarını iyonlaştırır; genellikle de katyon üretir. Bunun nedeni, bu parçacıkların çok yüksek enerjiye sahip olmaları ve çarpışma yoluyla elektronları bağlı oldukları atomlardan uzaklaştırmalarıdır. **Gama ışınları*** da atomları iyonlaştırabilir.

Işınım yoluyla iyonlaşma



*Alfa parçacıkları, Beta parçacıkları, 84; Elektronlar, 81; Gama ışınları, 84; Protonlar, 80; Radyoizotop, 84.

Dozimetre veya rozet film

Radyoaktif maddelerle çalışanların taktığı bir alet. Bu alette (radyoaktif ışınımın kararttığı) bir fotoğraf filmi bulunur. Film düzenli olarak banyo edilir. Filmdeki kararmanın miktarı, dozimetreyi takanın maruz kaldığı radyoaktif ışınımın **doz**unu gösterir.





İşçiler, kendilerini radyoaktif serpintiden koruyacak bir maske takarlar ve koruyucu bir elbise giyerler.

Geiger sayacı

Bir **Geiger-Müller tüpü**, bir **sayıcı** ve/veya **hızölçer** (ratemeter) ve genellikle de bir hoparlörden oluşan bir düzenek. Tüp, iki **elektrodu*** olan içi gaz dolu bir silindirdir; duvarları **katot*** işlevi görür ve ortasında **anodu*** oluşturan bir tel bulunur. Bu düzenek, ışınımın varlığını, elektrotlardan geçen akım atımlarını tespit edip kaydederek gösterir. Atımlar, ışınımın, içinden geçtiği gazı (genelde düşük basınçlı gaza az miktarda brom eklenir) **iyonlaştırmas**ından kaynaklanır. Sayıcı, atımları sayan elektronik bir düzenektir. Hızölçer ise sayma hızını (bir saniyedeki atım sayısını) ölçer.

Geiger sayacı

1. Işınım ince pencereden içeri girer.

*2. Her parçacık veya ışın birkaç gaz atomunu **iyonlaştırır**.*

*3. İyonlar katoda, **elektron**lar* anoda gider.*

*4. Yüklü parçacıklar yolları üzerindeki diğer atomlara çarparak bir iyon ve elektron **çığı** yaratır.*

5. Elektronlar anottan alınarak, iyonları tekrar atomlara dönüştürmek için katoda gönderilir.

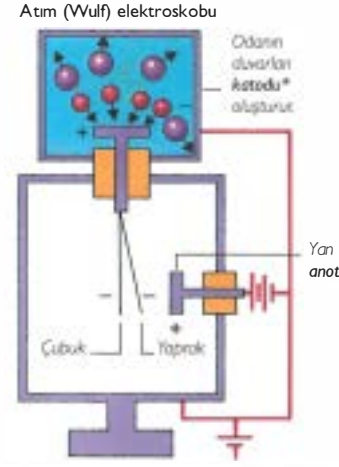
6. Her orijinal parçacık veya ışın için devreden bir akım atımı (çığ nedeniyle yükseltilmiş) geçer.



Atım (Wulf) Elektroskoblar

Altın yapraklı elektroskobun bir türü. Başlığın içinde bulunduğu hava odasının duvarları **katot*** işlevi görür ve yaprağın yakınına bir **anot*** yerleştirilmiştir. Anot, başlıktaki elektronları aşağıya çekerek başlığı pozitif yüklü hale getirir (her ikisi de negatif yüklü olduğu için yaprak çubuktan uzaklaşır; fakat radyoaktif kaynak bulunmadığı sürece anoda temas etmez). Işınımdan kaynaklanan **iyonlaşma**nın her ortaya çıkışında yaprak anoda değerek geri döner.

Atım (Wulf) elektroskobu



*1. Radyoaktif kaynaktan gelen ışınım odadaki havayı **iyonlaştırır**.*

*2. Bir iyon ve **elektron*** çığı oluşur (bakınız, **Geiger sayacı**).*

3. İyonlar katoda giderken, elektronlar başlıktan geçer ve yapraktan aşağı inerek anot tarafından çekilir.

*4. Yaprak anoda değdiği zaman, devreden bir akım atımı geçer (bakınız, **Geiger sayacı**).*

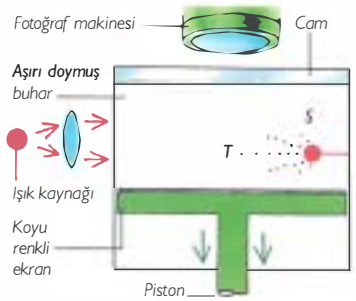
5. Yaprak yüksüz duruma gelir ve bir yayın da yardımıyla çubuğa geri döner. Süreç yeniden başlar.

* **Altın yapraklı elektroskop**, 54 **(Elektroskop)**;**Anot, Katot,** 64 **(Elektrot)**; **Direnç**, 60; **Elektronlar**, 81; **Radyoaktif bozunma**, 85.

Sis odası

Alfa ve **beta parçacıkları**nın* geçtiği yolların izini gösteren bir alet. Bu izler, odadaki buharın (alkol veya su buharı) soğutma yoluyla (iki farklı yoldan biriyle; aşağıya bakınız) **aşırı doymuş** buhara dönüştürüldüğü durumda ortaya çıkar. Aşırı doymuş buhar; yoğunlaşması gereken sıcaklığın altında bir sıcaklığa sahip olmasına karşın, ortamda damlacık oluşturmaya yarayan hiçbir toz ya da diğer parçacığın bulunmaması nedeniyle yoğunlaşamayan buhardır.

Wilson sis odası
Buhar, hacmin ani bir artışıyla (pistonun aşağı çekilmesiyle) soğutulur.

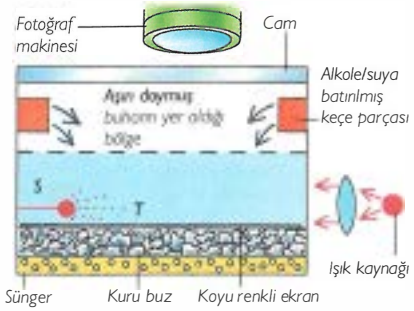


*1. Kaynaktan (S) çıkan ışınım buharı **iyonlaştırır***.*

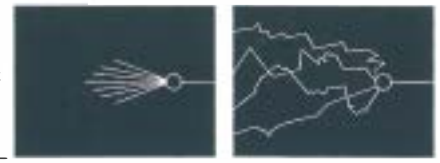
2. Oluşan iyonlar toz parçacıklarının işlevini görür; yani buhar bunların üzerine yoğunlaşır.

3. Buharın yoğunlaştığı yerlerde sıvı damlacıklarının izi (T) kalır (fotoğraflarının çekilmesine yetecek bir süre boyunca görülebilir).

Yayınım (difüzyon) sis odası
*Buhar; aşağıda yer alan kuru buz (katı karbondioksit) tarafından soğutulur. Buhar aşağı doğru **yayınım**a* uğrar.*



*Sis odası*ndaki izler (sağda) düzensiz aralıklarla ortaya çıkar. Bu da **radyoaktif bozunma**nın* rastgele bir yapıda olduğunu gösterir.



*Ağır **α parçacıkları**nın* yarattığı izler kısa, düz ve kalındır.*

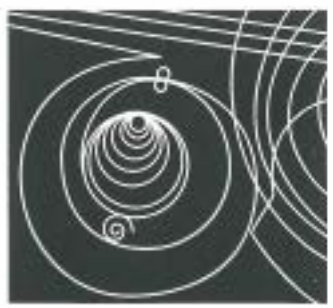
*Hafif **β parçacıkları**nın* yarattığı izler uzun, kırık ve incedir.*

*Gama ışınları** doğrudan kendi izlerini yaratamaz, fakat atomlardan **elektron*** kopmasına neden olur. Bu hızlı elektronlar **β** parçacıklarınınkine benzer izler yaratır (sola bakınız).*

Kabarcık odası

Sis odası gibi, parçacıkların izlerini gösteren bir alet. Odada **aşırı ısınmış** bir sıvı (genellikle hidrojen veya helyum)—kaynama noktasının üzerinde bir sıcaklığa sahip olmasına karşın, basınç altında olduğu için kaynamayan sıvı—bulunur. Basıncın aniden düşürülmesinin ardından odaya giren ışınım sıvı atomlarını **iyonlaştırır***. Bu olayın ortaya çıktığı yerlerde, açığa çıkan enerji nedeniyle sıvı kaynar ve kabarcıklar belirir.

Kabarcık odası
İzler, parçacıkların geçtiği yolları gösterir.

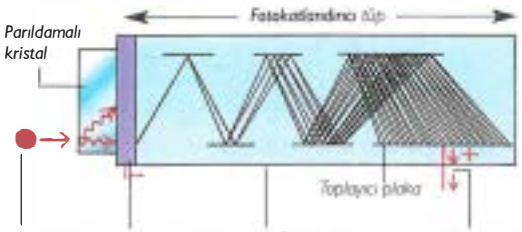


Kabarcık izleri genelde eğriseldir. Çünkü, parçacıkların yollarını saptırmak için bir manyetik alan uygulanmıştır (bu, parçacıkların kimliğinin saptanmasını kolaylaştırır).

Parıldamalı sayaç (Sintilasyon sayacı)

Gama ışınlarını* saptayan bir alet. Bir **parıldamalı kristal** ve bir **fotokatlandırıcı** tüpten oluşur. Kristal bir **fosfor**dan* (örneğin, sodyum iyodür) yapılmıştır. Üzerlerine ışınım düştüğünde fosforlar ışık flaşları (**parıldamalar**) yayınlar.

Parıldamalı sayaç



1. Radyoaktif kaynaktan gelen ışınım, kristalin ışık yayınlamasına neden olur.

*2. Negatif yüklü ışığa duyarlı malzeme. Üzerlerine ışık flaşları çarpınca **elektron*** yayınlar.*

*3. Tüpün ana parçası (**elektron katlandırıcı**). Elektrik alan tarafından tüpün sonuna kadar hızlandırılan elektronlar, metal plakalara çarpar ve daha fazla sayıda elektronu serbest bırakır.*

*4. Böylece, her **gama ışını*** için güçlü bir akım atımı üretilir. Bu, **sayaç** ve/veya **hızölçer** üzerinde gösterilir (bakınız, **Geiger sayacı**, sayfa 87).*

* **Alfa parçacıkları, Beta parçacıkları**, 84; **Elektronlar**, 81; **Fosforlar**, 42 **(Fosforışıma)**; **Gama ışınları**, 84; **İyonlaşma**, 86; **Radyoaktif bozunma**, 85; **Yayınım**, 3.

RADYOAKTİVİTENİN KULLANIM ALANLARI

Radyoizotoplardan* (radyoaktif maddeler) yayınlanan ışınımın, başta tıp, endüstri ve arkeolojik araştırmalar olmak üzere geniş kullanım alanları vardır.



Endüstride, tehlikeli radyoaktif maddeler kullanılırken robotlardan yararlanılır.

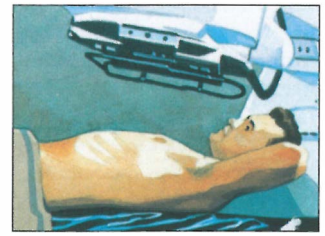
Radyoloji

Radyoaktivitenin ve **X ışınları**nın* özellikle tıpta kullanımı yönünden incelendiği çalışma alanı.

Radyoterapi

Hastalıkları tedavi etmek için **radyoizotop**lardan* yayınlanan ışınımın kullanılması. Tüm canlı hücreler ışınıma duyarlıdır. Bu nedenle, dikkatlice kontrol edilen ışınım dozlarını kullanarak kötü huylu (kanserli) hücreleri yok etmek mümkündür.

*Bu hastaya, vücut dışında bir kaynakta üretilen ışınım kullanılarak **radyoterapi** (teleterapi) uygulanıyor. Bazı kanser türleri, vücuda yerleştirilen **radyoaktif implant**larla tedavi edilebilir.*



Radyoaktif izleme

Bir cismin içinden geçen bir maddenin yolunu izleme ve yoğunluğunu saptama yöntemi. Bu, söz konusu maddeye bir **radyoizotop*** ekleyerek ve bu izotopun yaydığı ışınımı izleyerek yapılır. Kullanılan radyoizotopa **izleyici** denir; içine konduğu maddenin de **işaretlenmiş** olduğu söylenir. Tıbbi tanı konurken, radyoizotopun bir organda yüksek düzeyde oluşu, kötü huylu (kanser) hücrelerin varlığını gösterebilir. Kullanılan radyoizotoplar genellikle çok kısa bir **yarı ömre*** sahiptir ve zararsız maddelere bozunur.

Işınlama

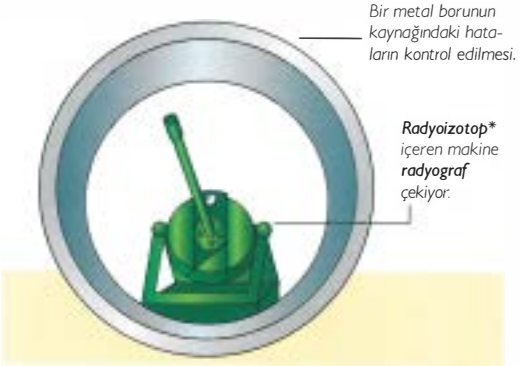
Meyve ve et gibi besinlerin **gama ışınları**na* maruz bırakılması. Bu işlem, meyve ve sebzelerin olgunlaşmasını geciktirir ve etteki bakterileri yok eder. Böylece besinler, uzun süre taze kalır.



***Işınlanmış** bu çilek iki hafta sonra bile hâlâ diri ve taze.*

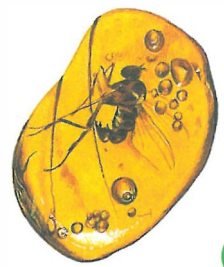
Gama (γ) radyografisi

Gama ışınlarını* kullanarak bir **radyograf**ın (bir tür fotoğraf) üretilmesi (ayrıca bakınız, **röntgen filmleri**, sayfa 42). Bunun, endüstride kalite kontrolünü de içeren birçok kullanım alanı vardır.



Radyokarbonla yaş tayini

Uzun yıllar önce yaşamış bir canlının ölümünden itibaren geçen zamanı hesaplamak için kullanılan bir yöntem. Tüm canlı varlıklar, çok küçük miktarda karbon-14 (atmosferden alınan bir **radyoizotop***) içerirler ve öldükten sonra da ışınım yayınlamaya devam ederler. Bu ışınım zamanla azalır (karbon-14'ün **yarı ömrü*** 5700 yıldır), böylece kalıntıların yaşı, ışınımın şiddetinden hesaplanabilir.



***Radyokarbonla yaş tayini**, bu böceğin kehribarda 5000 yıl önce hapsedildiğini gösteriyor.*

* **Gama ışınları**, 84; **Radyoizotop**, 84; **X ışınları**, 42; **Yarı ömür**, 85.

ÇEKİRDEK BÖLÜNMESİ VE KAYNAŞMASI

Bir atomun merkezindeki çekirdekte (bkz., sayfa 80) çok büyük miktarda enerji saklanır (bkz., sayfa 82-83). **Çekirdek bölünmesi** (**fisyon**) ve **çekirdek kaynaşması** (**füzyon**) denen iki yolla bu enerji açığa çıkar. Bunların her ikisi de **çekirdek tepkimesi**dir (çekirdekte bir değişime yol açan tepkimeler).

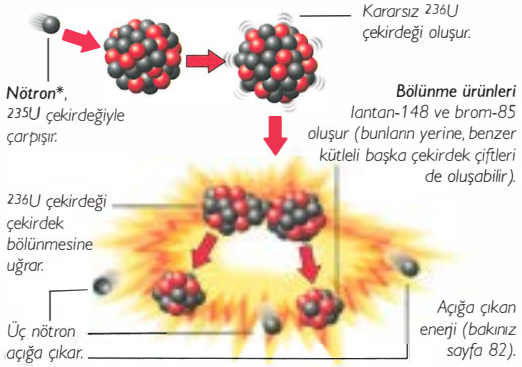


*Bir **fisyon bombası**nın patlaması sonucunda oluşan mantar şeklindeki bulut.*

Çekirdek bölünmesi (nükleer fisyon)

Ağır ve kararsız bir çekirdeğin, iki veya üç **nötron**la* (**bölünme nötronları**) birlikte büyük miktarda bir enerjiyi serbest bırakarak büyüklükleri kabaca aynı olan iki (veya daha fazla) hafif çekirdeğe bölünmesi (ayrıca bakınız, sayfa 82). Daha hafif bu iki çekirdeğe **bölünme ürünleri** denir ve bunların çoğu **radyoaktif**tir*. Çekirdek bölünmesi, yüksek enerji üretmek için **bölünme reaktörleri**nde* gerçekleştirilebilir (bakınız, **dışarıdan etkiyle çekirdek bölünmesi**). Doğada pek sık oluşmaz (**kendiliğinden çekirdek bölünmesi**).

Uranyum-235'in nötron soğurarak bölünmesi



*Yukarıdaki tepkime için **çekirdek denklemi** (bakınız, **kütle** ve **atom numarası**, sayfa 80):*

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{148}_{57}La + ^{85}_{35}Br + 3^{1}_{0}n + \text{enerji}$$

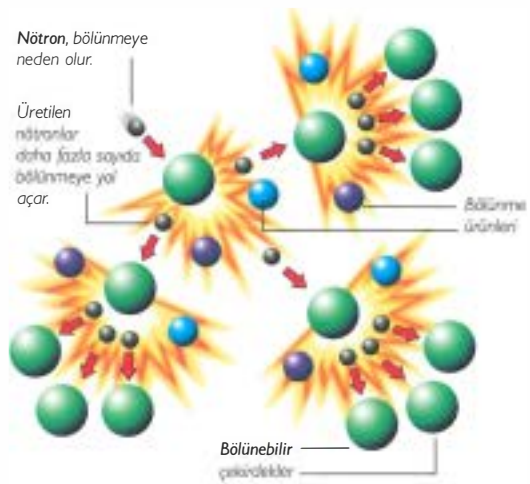
Kendiliğinden çekirdek bölünmesi

Herhangi bir dış etkenin yardımı olmaksızın kendiliğinden oluşan **çekirdek bölünmesi**. Bu durum, uranyum-238 **izotop**u* gibi ağır çekirdeklerde gerçekleşebilir, ama ortaya çıkma olasılığı, yine kendiliğinden oluşan **alfa bozunması*** gibi daha basit süreçlere göre daha düşüktür:

Dışarıdan etkiyle çekirdek bölünmesi

Bir çekirdeğin yapay yollarla kararsız hale getirilerek, yani bir parçacıkla (genellikle bir **nötron***) çarpıştırıp bunun soğurulmasını sağlayarak bölünmesi. Bu yöntem bütün çekirdeklere uygulanamaz. Yöntemin uygulanabildiği, uranyum-235 ve plütonyum-239 gibi **izotop**lar*, **bölünebilir** olarak adlandırılır. Eğer bir maddede çok sayıda bölünebilir çekirdek bulunuyorsa (ayrıca bakınız, **termik** ve **hızlı reaktör**, sayfa 93), böyle bir bölünmeyle açığa çıkan nötronlar daha fazla sayıda bölünmeye (ve nötrona), bu da tekrar yeni bölünmelere yol açacaktır: Buna **zincirleme tepkime** denir. **Fisyon reaktörleri**nde* kontrollü zincirleme tepkimeye izin verilirken, bir **fisyon bombası**nda tepkime kontrolsüzdür ve patlama gücü çok yüksektir.

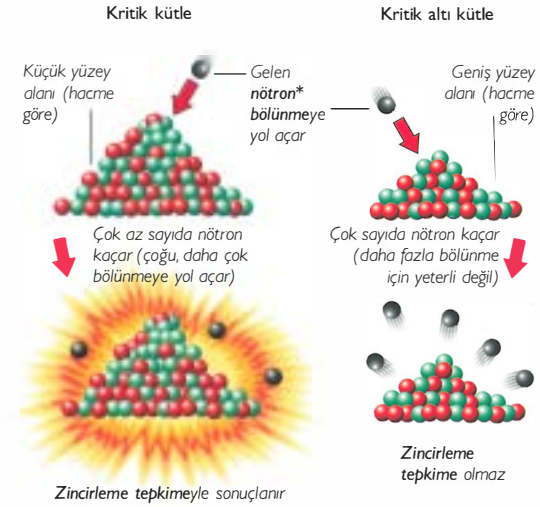
Dışarıdan etkiyle bölünme bir zincirleme tepkimeye yol açar



* **Alfa bozunması**, 85; **Fisyon reaktörü**, 92; **İzotoplar**, 81; **Nötronlar**, 80; **Radyoaktivite**, 84.

Kritik kütle

Bir **bölünebilir** madde içinde bir **zincirleme tepkime**yi sürdürebilmek için gerekli olan en küçük kütle (bakınız, **dışarıdan etkiyle çekirdek bölünmesi**). Daha küçük, **kritik altı kütle**ler için, yüzey alanının hacme oranı çok büyüktür ve ilk bölünmelerde üretilen çok sayıda **nötron*** maddeden dışarıya kaçar: Nükleer yakıtlar, kritik altı kütlede olacak şekilde saklanır.



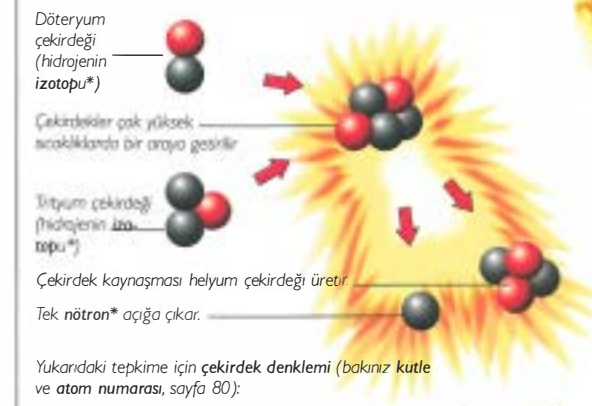
Fisyon bombası veya atom bombası (A bombası)

Kritik altı kütlede bulunan iki maddeyi (yukarıya bakınız) bir tetikleyici patlama aracılığıyla bir araya getirip, kritik kütlenin üstüne çıkaran bir bomba. Sonuçta oluşan **zincirleme tepkime** (bakınız **dışarıdan etkiyle çekirdek bölünmesi**) muazzam miktarda bir enerji açığa çıkarır:

Çekirdek kaynaşması (füzyon)

İki hafif çekirdeğin, daha ağır ve kararlı bir çekirdek oluşturmak üzere çarpışıp kaynaşması ve bununla birlikte büyük miktarda bir enerjinin açığa çıkması (ayrıca bakınız sayfa 82). **Çekirdek bölünmesi**nden farklı olarak, geride bir **radyoaktif*** ürün kalmaz. Çekirdek kaynaşması için milyonlarca santigrat derecede sıcaklık gereklidir. Çünkü, çarpışan çekirdeklerin kaynaşması için yeterince **kinetik enerji**lerinin* olması gerekir. (Bu yüksek sıcaklıklar nedeniyle, kaynaşma tepkimelerine **termonükleer tepkimeler** de denir.) Bu nedenle, doğal kaynaşma tepkimeleri sadece Güneş'te (ve yıldızlarda) oluşur, ama **füzyon reaktörleri**nde* kontrollü çekirdek kaynaşmasını gerçekleştirmek amacıyla araştırmalar devam etmektedir.

Çekirdek kaynaşmasına bir örnek
*(**D-T tepkimesi**—ayrıca bakınız **füzyon reaktörü**, sayfa 92).*



*Yukarıdaki tepkime için **çekirdek denklemi** (bakınız **kütle** ve **atom numarası**, sayfa 80):*

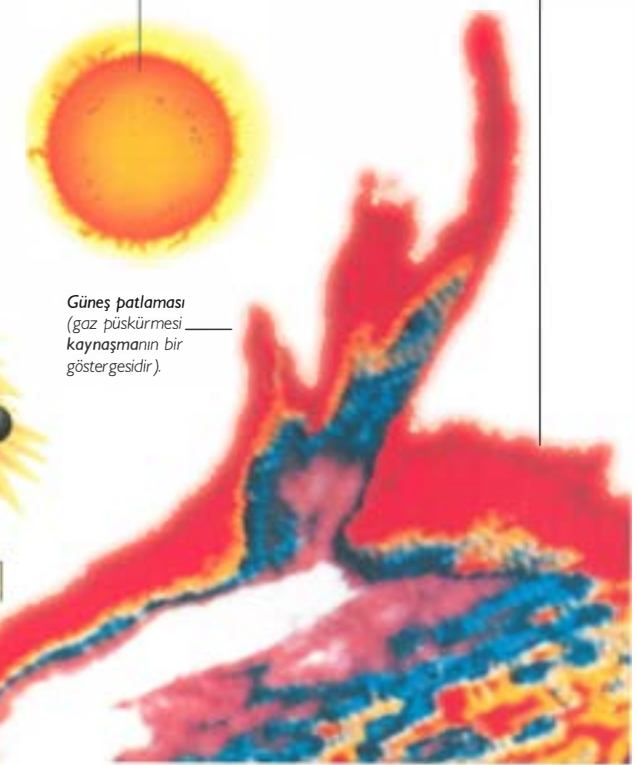
$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \text{enerji}$$

Füzyon bombası veya hidrojen bombası (H bombası)

Bir döteryum ve trityum (hidrojenin **izotop**ları*) karışımında, kontrolsüz çekirdek kaynaşması oluşturan bir bomba. Tetikleyici bir **fisyon bombası** gerekli olan yüksek sıcaklığı sağlar (füzyon bombasına, **fisyon-füzyon bombası** da denir). Açığa çıkan enerji, aynı büyüklükteki bir fisyon bombasında açığa çıkan enerjiden 30 kat daha büyüktür:

*Güneş'teki hidrojen **çekirdek kaynaşması**na uğrar.*

***UYARI:** Güneş'e çıplak gözle bakmayınız, kör olabilirsiniz.*



* **Füzyon reaktörü**, 92; **İzotoplar**, 81; **Kinetik enerji**, 7; **Nötronlar**, 80; **Radyoaktivite**, 84.

ÇEKİRDEK TEPKİMELERİNDEN ELDE EDİLEN GÜÇ

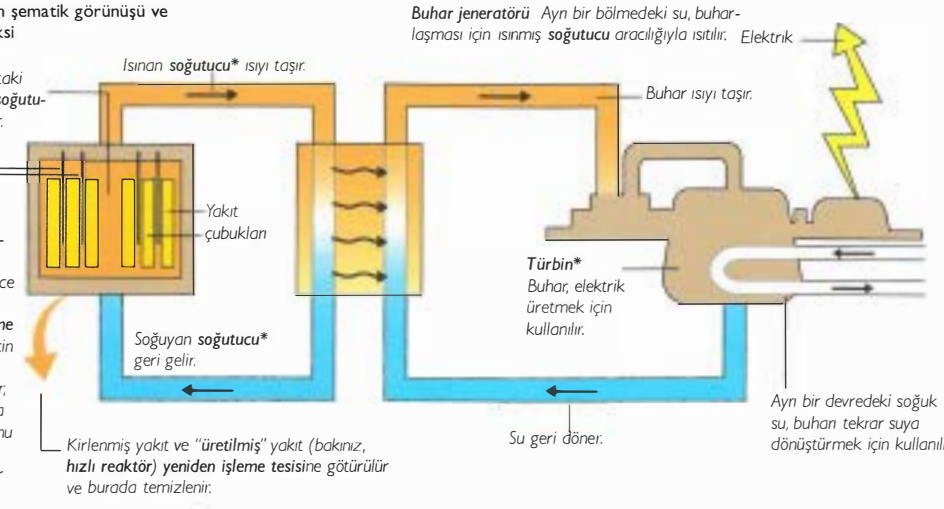
Bir **nükleer reaktör**, çekirdek tepkimeleri aracılığıyla çok büyük miktarlarda ısı üretilen bir yapıdır. İki tür reaktör vardır: **Fisyon reaktörleri** ve **füzyon reaktörleri**. Ancak, ikincisi şu an hâlâ araştırma aşamasındadır. Günümüzdeki **nükleer güç santralleri**, bir fisyon reaktörü etrafında kurulur ve her biri, kullanılan yakıtın birim kütlesi başına, diğer bütün güç santrallerinde elde edilenden daha büyük miktarda enerji (elektrik) üretir.

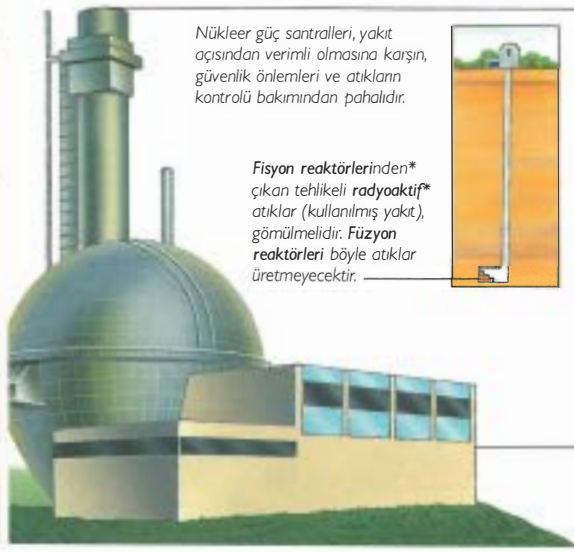
Fisyon reaktörü

Isının **çekirdek bölünmesi*** yoluyla üretildiği bir **nükleer reaktör**. Nükleer güç santrallerinde kullanılmakta olan iki türü vardır: **Termik reaktörler** ve **hızlı reaktörler** ya da **hızlı üretken reaktörler** (karşı sayfaya bakınız). Bunların her ikisinde de yakıt olarak uranyum kullanılır.

Uzun silindirik çubuklar şeklindeki uranyum yakıtı reaktörün kalbinde tutulur. **Zincirleme tepkime*** hızı ve dolayısıyla enerji üretim hızı **kontrol çubukları** aracılığıyla dikkatle kontrol edilir. Aşağıdaki şekil, bir fisyon reaktöründen nasıl güç elde edildiğini göstermektedir

Fisyon reaktörlerinin şematik görünüşü ve güç santrali kompleksi





Nükleer güç santralleri, yakıt açısından verimli olmasına karşın, güvenlik önlemleri ve atıkların kontrolü bakımından pahalıdır.

Fisyon reaktörlerinden** çıkan tehlikeli **radyoaktif atıklar (kullanılmış yakıt), gömülmelidir. **Füzyon reaktörleri** böyle atıklar üretmeyecektir.*

Füzyon reaktörü

Araştırma aşamasında olup henüz yeteri kadar geliştirilememiş, **çekirdek kaynaşması*** yoluyla ısı üretecek bir **nükleer reaktör** türü. Büyük olasılıkla hidrojenin **izotopları*** olan döteryum ve trityumun kaynaşmasıyla—**D-T tepkimesi** (sayfa 91'teki resme bakınız) olarak bilinir—çalışacaktır. Füzyon reaktörlerinin gerçekleşmesinden önce halledilmesi gereken birkaç büyük sorun vardır: Fakat bu reaktörün, yakıt kütlesi birimi başına **fisyon reaktörü**nün ürettiği enerjinin dört katı kadar enerji üretmesi bekleniyor. Üstelik, uranyum az bulunan, pahalı ve tehlikeli bir madde olmasına karşın, hidrojen oldukça boldur.

*Çekirdek bölünmesi, 90; Çekirdek kaynaşması, 91; İzotoplar, 81; Nötronlar, 80; Radyoaktivite, 84; Soğutucu, 113; Türbin, 113; Zincirleme tepkime, 90 (Dışarıdan etkiyle çekirdek bölünmesi).

Fisyon reaktör türleri

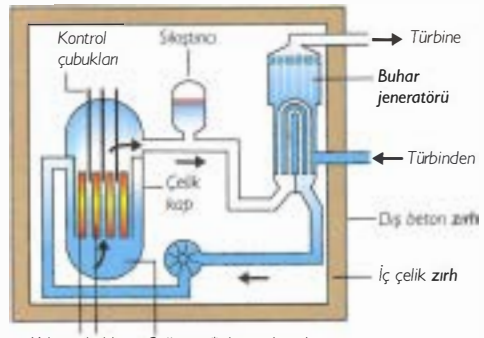
Termik reaktör

Yakıt çubukları etrafında bir **moderatör** bulunan bir **fisyon reaktörü**. Moderatör, grafit veya su gibi hafif çekirdekli bir maddedir. Uranyum yakıtındaki bölünmeler nedeniyle üretilen hızlı **nötron**ları* yavaşlatmak için kullanılır. Nötronlar hafif çekirdeklere (nötronları soğurmayan) çarparak 2,200 m s^{-1} civarında hızlara düşerler: Nötronların yavaşlatılması, bunların yeni çekirdek bölünmelerine yol açma olasılığını artırır (ve **zincirleme tepkime*** sürer).

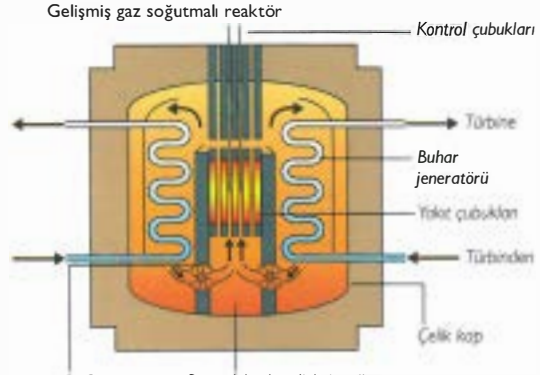
Hızlı nötronların, en bol bulunan çekirdekler—uranyum-238 **izotopu*** (bakınız **hızlı reaktör**)—tarafından "yakalanma" şansı yüksektir, buna karşın yavaş nötronlar uranyum-235 çekirdeklerini buluncaya kadar yol alır. Uranyum-235, herhangi bir hızdaki nötronların çarpmasıyla bölünebilir, fakat yakıt yüzdesinin daha küçük bir kısmını oluştururlar (yakıtın, ^{235}U atomlarıyla zenginleştirilmiş olmasına rağmen).

Termik reaktör türleri

Basınçlı su reaktörü



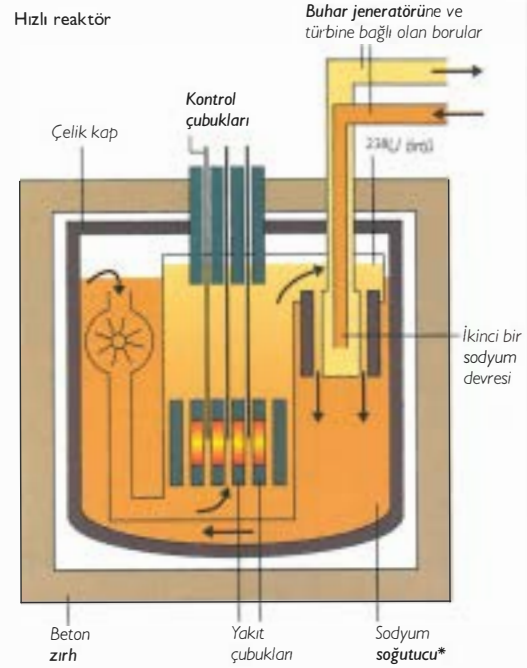
Gelişmiş gaz soğutmalı reaktör



Hızlı reaktör veya hızlı üretken reaktör

Bölünmeye neden olan **nötron**ların* hızlı nötronlar (yaklaşık 2 x 10^7 m s^{-1}) olarak kalmalarına izin verilen bir **fisyon reaktörü**. Kullanılan yakıt, fazladan uranyum-235 (bakınız, **termik reaktör**) ve plütonyum-239 çekirdekleri ile zenginleştirilmiştir. Bunların her ikisi de kolaylıkla bölünür. Buna karşın, uranyum-238'in nötronları "yakalama" olasılığı daha fazladır. Bunun sonunda ^{239}U'a dönüşür ve arkasından bir **radyoaktif bozunma**ya* uğrar. Bu bozunmanın son ürünü ise ^{239}Pu'dur. Böylece, asıl yakıt etrafında uygun bir yere yerleştirilen ^{238}U'un nötron soğurması sağlanırsa, ^{239}U'un ^{239}Pu'a bozunması sürecinin sonunda yeni yakıt üretilir. Bu nedenle hızlı reaktörlere "üretken" reaktörler de denir. Hızlı reaktörlerin kalbi daha küçüktür ve termik reaktörlerden daha yüksek sıcaklıklarda çalışır. Üstelik, yakıtın daha büyük bir kısmı kullanıldığı için daha verimlidirler.

Hızlı reaktör



*İzotoplar, 81; Nötronlar, 80; Radyoaktif bozunma, 85; Soğutucu, 113; Zincirleme tepkime, 90 (Kontrollü çekirdek bölünmesi).

BÜYÜKLÜKLER VE BİRİMLER

Fiziksel büyüklükler, fiziksel bilimlerde kullanılan **kütle***, **kuvvet***, **akım*** gibi büyüklüklerdir. Bunlar birtakım yollarla ölçülür ve hepsinin ayrı bir birimi vardır. Bu birimler, uluslararası uzlaşmalar sonucu seçilmiştir ve **uluslararası birimler** veya **SI birimleri** olarak adlandırılır. SI, Fransızca'daki Système International d'Unités (Uluslararası Birim Sistemi) sözcüklerinin kısaltmasıdır. Tüm büyüklükler, **temel büyüklükler** ve **türetilmiş büyüklükler** olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

Temel büyüklükler

Diğer büyüklüklerin hepsinin (bakınız, **türetilmiş büyüklükler**) tanımlanması için bir temel oluşturan büyüklükler kümesi (aşağıdaki tabloya bakınız). Her temel büyüklük için bir **SI birimi** tanımlanmıştır ve bütün diğer SI birimleri bunlara göre tanımlanır.

Temel büyüklük	Simgesi	Temel SI birimi	Kısaltması
Kütle	*m*	*kilogram*	*kg*
Zaman	*t*	*saniye*	*s*
Uzunluk	*L*	*metre*	*m*
Akım	*I*	*amper*	*A*
Sıcaklık	*T*	*kelvin*	*K*
Madde miktarı	–	*mol*	*mol*
Aydınlatma şiddeti	–	*kandela*	*cd*

Ön ekler

Kimi zaman, verilen bir SI birimi, ölçüm için çok büyük veya çok küçük olabilir. Örneğin, bir kâğıt parçasının kalınlığını ifade etmek için metre çok büyük olur. Bu nedenle, SI birimlerinin standart kesirleri veya katları kullanılır ve simgesi verilen birimin önüne eklenir (aşağıdaki tabloya bakınız). Örneğin, milimetre (mm) bir metrenin binde birine eşittir.

Kullanılan kesirler veya katlar

Kesir veya çarpan	Ön ek	Simgesi
10^{-9}	*nano-*	*n*
10^{-6}	*mikro-*	*μ*
10^{-3}	*mili-*	*m*
10^{-2}	*santi-*	*c*
10^{-1}	*desi-*	*d*
10^{1}	*deka-*	*dc*
10^{2}	*hekto-*	*h*
10^{3}	*kilo-*	*k*
10^{6}	*mega-*	*M*
10^{9}	*giga-*	*G*

Temel SI birimleri

Kilogram (kg)

Kütlenin SI'daki birimi. Paris yakınlarındaki Sevr'de korunan metal bir silindirin kütlesine eşittir.

Saniye (s)

Zamanın SI'daki birimi. Sezyum-133 atomundan yayınlanan belli bir tür ışınımın **periyodunun*** 9.192.631.770 katına eşit olan süredir.

Metre (m)

Uzunluğun SI'daki birimi. Işığın, bir saniyenin 1/299.792.458'ı kadar bir sürede boşlukta aldığı yola eşittir.

Amper (A)

Elektrik akımının SI'daki birimi (ayrıca bakınız, sayfa 58). Aralarında 1 metre uzaklık bulunan ve boşlukta yer alan, birbirine paralel, sonsuz uzunluklu iki telden geçtiğinde, bu teller arasında metre başına 2×10^{-7} N'luk bir kuvvet uygulanmasına neden olan akımın büyüklüğüne eşittir.

Kelvin (K)

Sıcaklığın SI'daki birimi. Suyun **üçlü noktasının** (buz, su ve buhar fazlarının bir arada bulunduğu nokta) **mutlak sıcaklık ölçeğindeki*** sıcaklığının 1/273,16'sına eşittir.

Mol (mol)

Bir maddenin büyüklüğünün SI'daki birimi (bir maddedeki parçacıkların sayısı olduğu için bunun, kütleden farklı olduğuna dikkat ediniz). $6{,}023 \times 10^{23}$ (**Avogadro sayısı**) tane parçacık (örneğin, atomlar veya moleküller) içeren madde miktarı.

Kandela (cd)

Aydınlatma şiddetinin SI'daki birimi. Belirli bir yönde 540×10^{12} Hz frekansında tek renkli ışıma yayan ve bu yönde birim katı açı (steradyan) başına 1/683 watt ışıma yoğunluğuna sahip olan bir kaynağın neden olduğu aydınlanma şiddeti.

* **Akım**, 58; **Mutlak sıcaklık ölçeği**, 25; **Kuvvet**, 4; **Kütle**, 10; **Periyot**, 14.

Türetilmiş büyüklükler

Temel büyüklüklerden farklı olan ve bu büyüklükler veya diğer türetilmiş büyüklükler cinsinden ifade edilen büyüklüklerdir. Türetilmiş büyüklüklerin, **temel SI birimleri** veya diğer türetilmiş birimler cinsinden tanımlanan **türetilmiş SI birimleri** vardır. Bunlar, büyüklüğü tanımlayan denklemden çıkarılır ve kimi zaman bunlara özel adlar verilir.

Türetilmiş büyüklük	Simge	Tanımlayıcı denklem	Türetilmiş SI birimi	Birimin adı	Kısaltması
Hız	*v*	*v = konumdaki değişiklik/zaman*	$m\ s^{-1}$	–	–
İvme	*a*	*a = hızdaki değişiklik/zaman*	$m\ s^{-2}$	–	–
Kuvvet	*F*	*F = kütle x ivme*	$kg\ m\ s^{-2}$	*newton*	*N*
İş	*W*	*W = kuvvet x yol*	$N\ m$	*joule*	*J*
Enerji	*E*	*İş yapma yeteneği*	*J*	–	–
Güç	*P*	*P = yapılan iş/zaman*	$J\ s^{-1}$	*watt*	*W*
Alan	*A*	*Şekle bağlıdır (bkz., sayfa 99)*	m^2	–	–
Hacim	*V*	*Şekle bağlıdır (bkz., sayfa 99)*	m^3	–	–
Yoğunluk	ρ	*ρ = kütle/hacim*	$kg\ m^{-3}$	–	–
Basınç	*P*	*P = kuvvet/alan*	$N\ m^{-2}$	*pascal*	*Pa*
Periyot	*T*	*Bir devir için geçen zaman*	*s*	–	–
Frekans	*f*	*Saniye başına devir sayısı*	s^{-1}	*hertz*	*Hz*
İtme	–	*İtme = kuvvet x zaman*	$N\ s$	–	–
Momentum	–	*Momentum = kütle x hız*	$kg\ m\ s^{-1}$	–	–
Elektrik yükü	*Q*	*Q = akım x zaman*	$A\ s$	*coulomb*	*C*
Potansiyel farkı	*V*	*V = aktarılan enerji/yük*	$J\ C^{-1}$	*volt*	*V*
Sığa	*C*	*C = yük/potansiyel farkı*	$C\ V^{-1}$	*farad*	*F*
Direnç	*R*	*R = potansiyel farkı/akım*	$V\ A^{-1}$	*ohm*	Ω

DENKLEMLER, SİMGELER VE GRAFİKLER

Tüm **fiziksel büyüklükler** (bakınız, sayfa 94-95) ve bunların birimleri **sembol**lerle gösterilebilir. Çoğu kez, bu büyüklükler bir şekilde başka büyüklüklere bağlıdır. Bu nedenle, aralarındaki ilişki bir **denklem**le ifade edilir ve bir **grafik** üzerinde gösterilebilir.

Denklemler

Bir **denklem** iki ya da daha çok sayıda fiziksel büyüklük arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu ilişki **sembol**lerle gösterildiği gibi sözcüklerle de ifade edilebilir. Çok sayıda büyüklük söz konusuysa ifade etme kolaylığı yüzünden birincisi kullanılır. Ancak, sembollerin anlamı da belirtilmelidir.

Sözcüklerle ifade edilen denklem

$$\text{Yoğunluk} = \frac{\text{kütle}}{\text{hacim}}$$

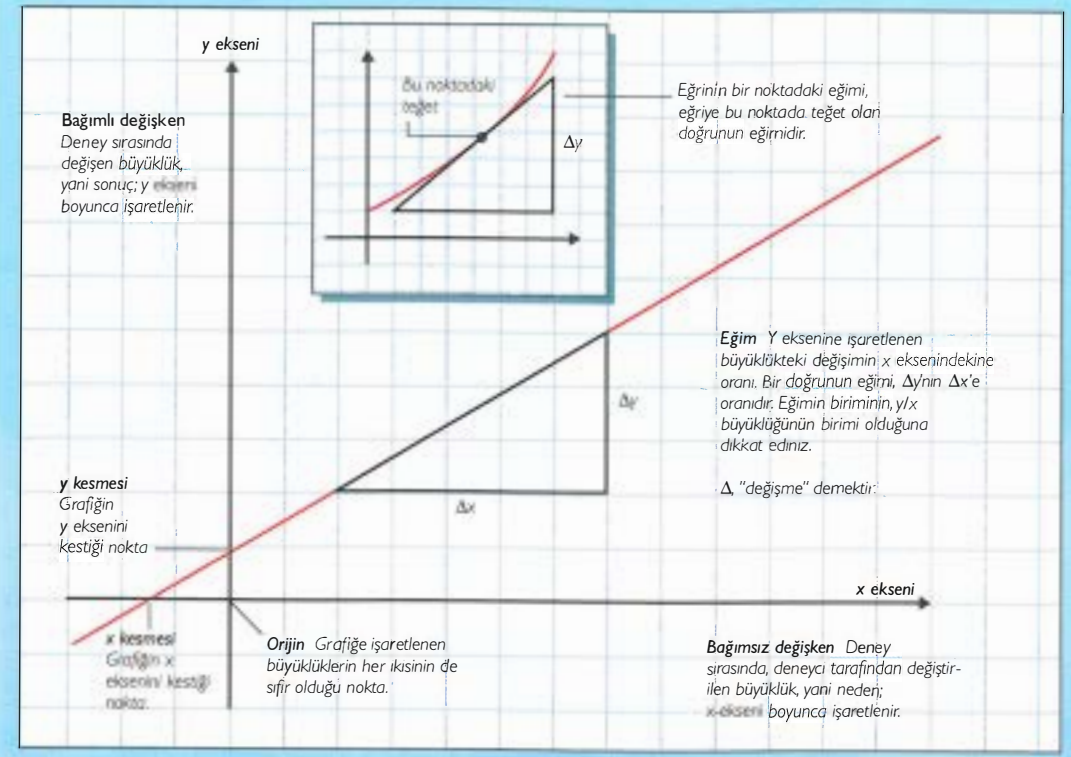
Simge denklemi

$$Q = m \times c \times (t_2 - t_1) \text{ veya } Q = mc(t_2 - t_1)$$

Burada, Q = kazanılan veya kaybedilen enerji; m = kütle; c = özgül ısı sığası; t_1 ve t_2 = sıcaklıklar.

Grafikler

Bir **grafik**, iki büyüklük arasındaki ilişkinin görsel bir ifadesidir. Bir büyüklüğün diğerine nasıl bağlı olduğunu sergiler. Grafiğin üzerindeki noktalar, bir deney sırasında elde edilen veya eğer biliniyorsa, bir denklemden elde edilen büyüklüklerin değerleri kullanılarak işaretlenir. İşaretlenen iki büyüklüğe **değişken** denir.



Simgeler

Simgeler fiziksel büyüklükleri temsil etmek için kullanılır. Bir fiziksel büyüklüğün değeri, sayısal bir değer ve biriminden oluşur. Bu nedenle her simge, hem sayısal bir değeri hem de birimi gösterir.

Simgeler, sayısal değeri ve birimi gösterir. Örneğin, m = 2,1 kg veya s = 400 J kg^{-1} K^{-1}.

"Dirençten geçen akım = I" (yani, birim içerildiği için I amper demek gerekmez).

Bir simgenin, kendi birimine bölümünün sadece bir sayıya eşit olduğuna dikkat ediniz. Örneğin, m = 2,1 kg demek, m/kg = 2,1 olduğu anlamına gelir.

Bu gösterim, tablolarda ve grafiğin eksenleri adlandırılırken kullanılır.

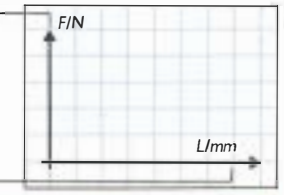
Bu sütundaki her sayı, metre olarak ölçülen uzunluktur.

Bu sütundaki her sayı, saniye kare olarak ölçülen, zamanın karesidir.

L/m	t^2/s^2
0,9	3,6
1,0	4,0
1,1	4,4
1,2	4,8

Bu ölçekteki her sayı, newton olarak ölçülen kuvvettir.

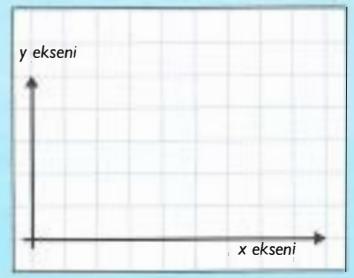
Bu ölçekteki her sayı, milimetre olarak ölçülen uzunluktur.



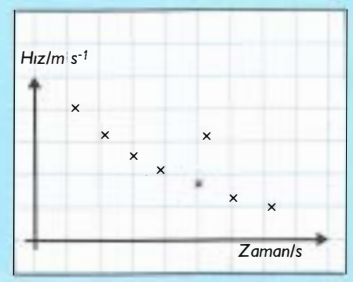
Grafik çizme

1 Deney sırasında değiştirilen büyüklük x ekseni boyunca işaretlenmeli, bu değiştirmenin sonucunda değişen büyüklük de y ekseni boyunca işaretlenmelidir

2. Eksenlerin ölçekleri, bir sayıyı kolayca bulacak şekilde seçilmelidir.

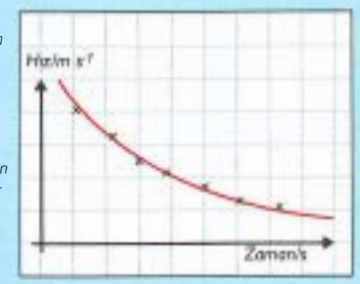


3. Eksenler, büyüklüğe karşılık gelen simgeyle (veya büyüklüğün adıyla) ve birimiyle adlandırılmalıdır. Örneğin, uzunluk/mm.



4. Grafikteki noktalar, kurşunkalemle ya x işaretiyle ya da noktayla işaretlenmelidir.

5. Noktalardan en iyi şekilde geçen bir doğru veya bir eğri çizilmelidir (bunun nedeni, fiziksel büyüklüklerin genelde, belli bir şekilde birbirine bağlı olmasıdır). Noktaları birleştirirken bunların çok dışında kalanları da birleştirmenin düzgün bir eğri vermeyeceğine dikkat ediniz. Bu noktalar, deneysel hatalardan kaynaklanır.



Grafiklerden edinilen bilgi

Orijinden geçen bir doğrunun grafiği, eksenlerde yer alan büyüklüklerin birbiriyle doğru orantılı olduğunu gösterir (yani biri iki katına çıkarılırsa diğeri de iki kat artar).



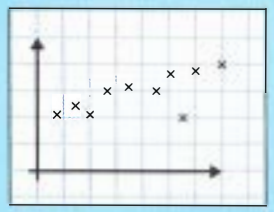
Bir grafiğin doğrusal kısmı, bu bölgede, iki büyüklük arasındaki ilişkinin çizgisel olduğunu gösterir (yani, büyüklüklerden biri belli bir miktar değiştiğinde, diğeri de her zaman aynı miktarda değişir).



Noktaların düzgün bir eğri etrafında dağılma miktarı, deneyin yöntemindeki, düzeneğinde ı ve ölçme işlemindeki yanlışlıklar nedeniyle verilerdeki hataların bir göstergesidir (bu her deneyde olur).



Eğrının çok uzağında kalan noktalar; muhtemelen, deney yapılırken verilerin bu kısmının hatalı alındığını gösterir. Ancak, bu noktalar ihmal edilmemeli; kontrol edilmeli ve mümkünse tekrar ölçülmelidir.



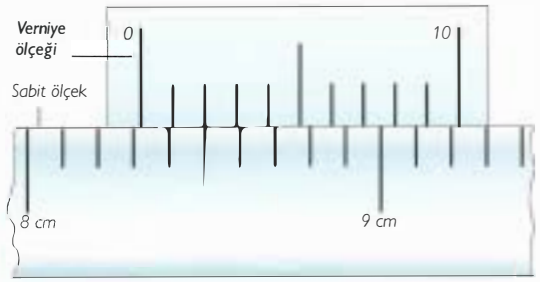
ÖLÇME

Uzunluk ölçümü

Bir uzunluğu ölçmek için kullanılan yöntem, uzunluğun büyüklüğüne bağlıdır. 50 mm veya daha büyük bir uzunluğu ölçmek için metre kullanılır. Metrenin en küçük bölmesi 1 mm'dir ve dolayısıyla, uzunluklar 0,5 mm duyarlıkla ölçülebilir. 50 mm'den daha kısa uzunluklar için bu hata (0,5 mm) kabul edilemez olacaktır (bakınız, **okuma hatası**, sayfa 101). Bu nedenle, bir **verniye ölçeği** kullanılır. Çok küçük uzunluklar için (0,01 mm'ye kadar) bir **mikrometre** kullanılır (karşı sayfaya bakınız).

Verniye ölçeği

Sabit bir ölçek üzerinde bulunan hareketli küçük bir ölçek. Verniye ölçeğinin sıfır çizgisinin sabit ölçek üzerindeki konumu tam olarak bulunabilir. Verniye ölçeği, **sürgülü kompas** gibi ölçüm araçlarında kullanılır.



Verniye ölçeği üzerinde sıfır çizgisini okuma yöntemi:

1. Sıfır çizgisinin yerini yaklaşık olarak okuyun; bu örnek için, 8,3 cm.

2. Verniye ölçeği ile sabit ölçeğin çizgilerinin tam olarak çakıştığı yeri, verniye ölçeğinden okuyun; bu örnekte, 2'dir.

3. Bu sayıyı bir önceki ölçüme ekleyin. Tam okuma sonucu, bu durumda 8,32 cm'dir.

Sürgülü kompas

10-100 mm aralığındaki uzunlukları ölçmek için kullanılan ve bir **verniye ölçeği** bulunan bir ölçüm aleti.

Ölçme yöntemi

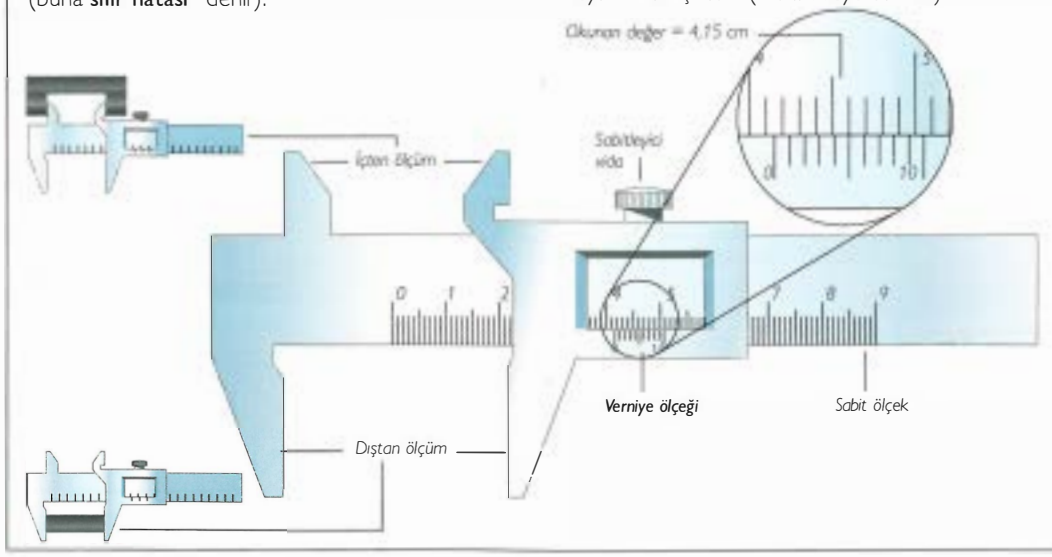
1. Kompasın kollarını kapatın ve **verniye ölçeği**nin sıfırıyla sabit ölçeğin sıfırının çakışmasını sağlayın. Eğer çakışmıyorsa okuduğunuz değeri not edin (buna **sıfır hatası*** denir).

2. Dıştan ölçümler için kompasın altındaki kolları ölçülecek cismin üzerine doğru kapatın. İçten ölçümler için, üstteki kolları cismin içinde açın.

3. Değeri okumadan önce üstteki vidayı bükerek sabitleyin.

4. Okuduğunuz ölçüm sonucunu kaydedin.

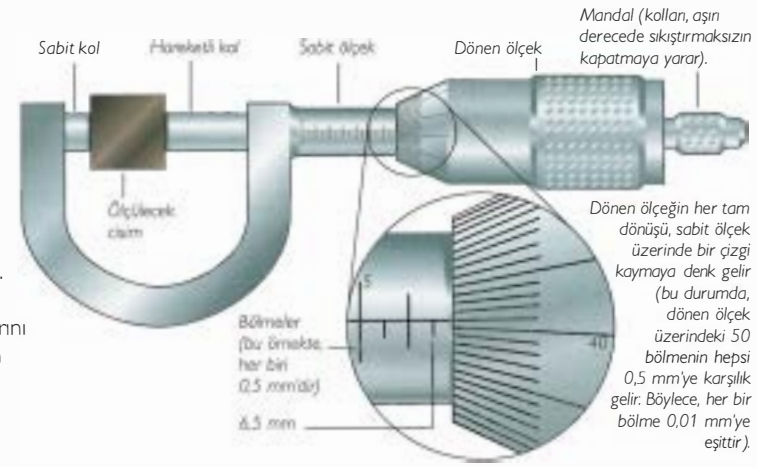
5. Doğru bir ölçüm için sıfır hatasını sonuca ekleyin veya ondan çıkarın (1. maddeye bakınız).



* **Sıfır hatası**, 102.

Mikrometre

30 mm'ye kadar olan uzunlukları duyarlı şekilde ölçmek için kullanılan bir alet.



Ölçüm yöntemi:

1. Dönen ölçek üzerindeki her bir çizginin kaç milimetreye karşılık geldiğini bulunuz (bakınız, mikrometre resminin altındaki açıklama).

2. Mandalı döndürerek aletin kollarını tam olarak kapatın. Dönen ölçeğin sıfırıyla sabit ölçeğinki çakışmalıdır. Çakışmazsa okuduğunuz değeri **sıfır hatası*** olarak kaydedin.

3. Mandalı kullanarak kolları, ölçülecek cismi sıkıştıracak şekilde kapatınız.

4. Sabit ölçek üzerinde görünen en büyük çizginin değerini kaydedin (bu örnek için 6,5 mm'dir).

5. Sabit ölçeğin yatay ekseninin, dönen ölçeğin hangi çizgisini tam olarak kestiğini kaydedin (bu örnek için 0,41 mm'dir).

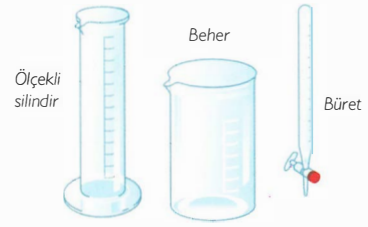
6. Her iki okuma sonucunu birbirine ekleyin ve doğru bir okuma için sonuca sıfır hatasını (2. maddeye bakınız) ekleyin veya sonuçtan çıkarın (sıfır hatası olmayan bu örnek için okunan değer 6,91 mm'dir).

Alan ve hacim ölçümleri

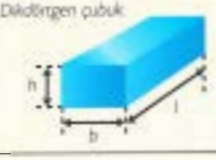
Bir sıvının hacmi, içinde bulunduğu kapta kapladığı yerden bulunabilir. Kabın iç hacmine kabın **kapasitesi** denir. **SI**'da hacmin birimi **litre**dir (l) ve 10^{-3} metreküpe eşittir: Dolayısıyla, 1mililitre (ml)=1 cm^3. Bir sıvının hacmi, ölçekli bir kap kullanılarak ölçülür.

Katı ve düzgün şekilli bir cismin yüzey alanı ve hacmi, cismin kenar uzunlukları ölçülerek hesaplanır (aşağıya bakınız).

Düzensiz şekilli katılar için bakınız, **evreka kabı**, sayfa 22.



Hacim ölçmek için kullanılan ölçekli kaplardan bazıları

Düzgün şekilli katı	*Dikdörtgen çubuk* 	*Küre* 	*Silindir* 
***Sürgülü kompas veya mikrometre** kullanarak yapılan ölçümler*	*h = yükseklik* *b = genişlik* *l = uzunluk*	*r = yarıçap*	*r = yarıçap* *l = uzunluk*
Katı cisimlerin hacimlerini hesaplamaya yarayan bağıntılar	$V = lbh$	$V = \frac{4\pi}{3} r^3$	$V = \pi r^2 l$
Yüzey alanlarını hesaplamaya yarayan bağıntılar	$A = 2bl + 2hl + 2hb$ Üst ve alt — Yanlar — Ön ve arka	$A = 4\pi r^2$	$A = 2\pi rl + 2\pi r^2$ Yan eğri yüzey — Ön ve arka tabanlar

* **SI birimleri**, 96; **Sıfır hatası**, 102.

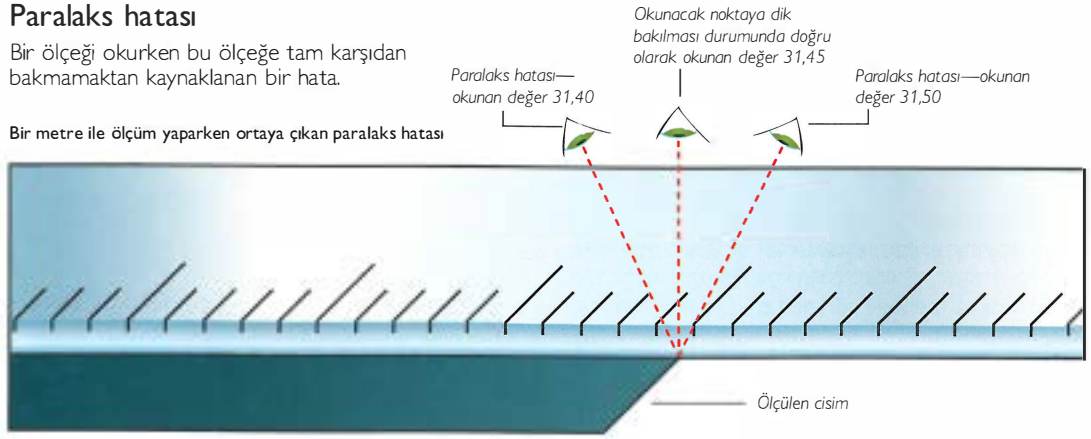
ÖLÇMEDE KESİNLİK VE HATALAR

Tüm deneysel ölçümler, dikkatsizlikten kaynaklananların (bir ölçeği yanlış okumak gibi) dışında da bazı hatalar barındırır. Ortaya çıkan en yaygın hatalar **paralaks hatası, sıfır hatası** ve **okuma hatası**dır. Bu nedenle, bir ölçümün sonucu ifade edildiğinde, okumanın kesinlik derecesinin bir tahminini veren birtakım **anlamlı rakamlar** da belirtilmelidir.

Paralaks hatası

Bir ölçeği okurken bu ölçeğe tam karşıdan bakmamaktan kaynaklanan bir hata.

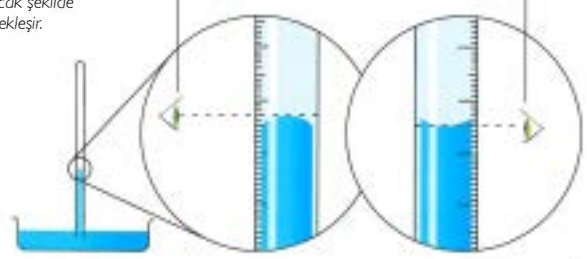
Bir metre ile ölçüm yaparken ortaya çıkan paralaks hatası





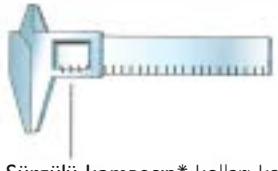
İbreli bazı ölçeklerde, ibrenin arkasında bir ayna vardır. Bu durumda doğru okuma, ibreyle ibrenin aynadaki görüntüsü çakışacak şekilde bakıldığında gerçekleşir.

*Sıvı düzeylerini okurken paralaks hatasından kaçınmak için göz, **meniskin*** *tepesi veya dibiyle aynı hizada olmalıdır.*

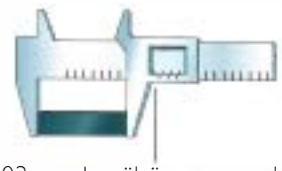


Sıfır hatası

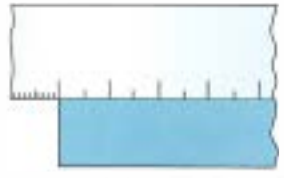
Bir ölçüm aletinde bulunması gereken sıfır noktası olmadığında ortaya çıkan hata. Böyle bir durumla karşılaşıldığında ya alet sıfırı okuyacak şekilde ayarlanmış olmalı ya da "hatalı sıfır noktası" belirlendikten sonra, bu değer ölçüm sonucuna eklenmeli veya bu sonuçtan çıkarılmalıdır.



Sürgülü kompasın* kolları kapalıyken ölçeğin göstereceği değer sıfır olması gerekirken bu örnekte 0,2 mm'dir. Bu bir sıfır hatasıdır.



0,2 mm, her ölçüm sonucundan çıkarılmalıdır (bu örnekte okunan değer 53,9'dur; buna karşın gerçek uzunluk, 53,9-0,2=53,7 mm'dir).

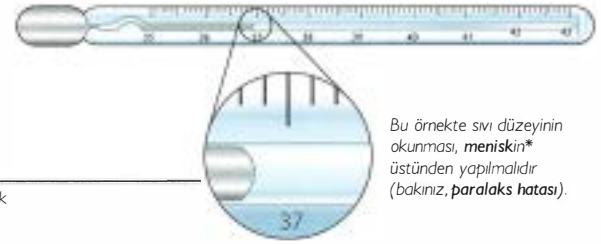


Ucu kırık bir cetveldeki sıfır hatası. Bu sorun, 10 mm çizgisinden itibaren ölçüm yapılarak ve okunan her değerden 10 mm çıkarılarak çözülebilir.

* **Menisk**, 115.

Okuma hatası

Ölçülecek değer, ölçeğin bölmeleri ile tam çakışmayıp iki bölme arasında kaldığında bu değeri tahmini olarak okumaktan kaynaklanan bir hata.



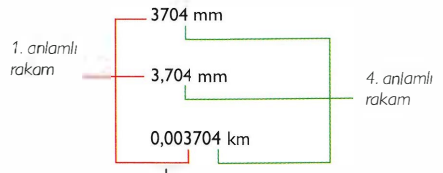
*Bu örnekte sıvı düzeyinin okunması, **meniskin*** *üstünden yapılmalıdır (bakınız, **paralaks hatası**).*

Termometreden okunan değer, 36,8°C ile 36,9°C arasındadır. Dördüncü rakam için en iyi tahmini değer, 36,85°C sonucunu verecek olan, ölçeğin en küçük bölmesinin yarısıdır (bu örnekte 0,5°C).

Anlamlı rakamlar

Bir sayıdaki anlamlı rakamların sayısı, bu sayının sağındaki sıfırların bir kısmıyla solundaki sıfırları göz ardı ettiğimizde (sağdakiler için aşağıya bakınız), ondalık virgülün yerine bakmaksızın bulunan rakam sayısıdır. Anlamlı rakamlar, bir ölçümün kesinlik derecesinin bir göstergesidir.

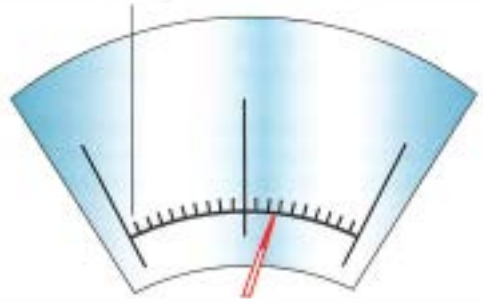
*3704 mm'lik bir ölçüm değerinde dört tane **anlamlı rakam** bulunur. Bu sayı şöyle de yazılabilir:*



Sayının solundaki sıfırların anlamlı rakam olmadığına, fakat okunan değerin büyüklüğünü gösterdiğine dikkat ediniz.

Bir ölçüm değerinde bulunan anlamlı rakam sayısı, o ölçümün kesinlik derecesinin bir göstergesidir.

Bir ampermetrenin ölçeğinin en küçük bölmesi 0,1A'dir.



En iyi tahmin bir bölmenin yarısıdır; böylece okunan değer 1,25A olarak verilir. Üç tane anlamlı rakamın olması, bu okumanın 0,05A'e kadar kesin olduğunu gösterir.

Daha fazla rakamı olan bir okuma (örneğin 1,2518A), bu ölçekte okunması mümkün olmayan daha kesin bir okuma anlamına gelir.

Yuvarlama

Bir sayıda bulunan rakam sayısını azaltma işlemi. En son anlamlı rakam düşürülür ve sayının yeni son rakamı, düşürülen rakama göre değiştirilir.

7,3925	(5 tane anlamlı rakam var)
= 7,392	(4 anlamlı rakama yuvarlandı)
= 7,39	(3 anlamlı rakama yuvarlandı)
= 7,4	(2 anlamlı rakama yuvarlandı)
= 7	(1 anlamlı rakama yuvarlandı)

0,08873	(4 tane anlamlı rakam var)
= 0,0887	(3 anlamlı rakama yuvarlandı)
= 0,089	(2 anlamlı rakama yuvarlandı)
= 0,09	(1 anlamlı rakama yuvarlandı)

29,000	(5 tane anlamlı rakam var)
= 29,0	(3 anlamlı rakama yuvarlandı)
= 29	(2 anlamlı rakama yuvarlandı)
= 30	(1 anlamlı rakama yuvarlandı)

Burada 0 bir anlamlı rakam değildir, ancak hesaba katılmak zorundadır (aşağıya bakınız).

283.000 gibi büyük sayılarda, rakamların kaç tanesinin anlamlı olduğunu söylemek olanaksızdır (ilk üçü anlamlı olmalıdır), çünkü sayının büyüklüğünü göstermesi bakımından sıfırların bulunması zorunludur. Bu belirsizlik, **üslü gösterim** (bakınız, sayfa 107) kullanılarak giderilebilir.

ALANLAR VE KUVVETLER

Bu tablo, fizikte çoğunlukla karşılaşılan (**çekirdek kuvveti** dışındaki) kuvvetlerin bir karşılaştırmasıdır. Fiziğin incelediği kuvvetlerin çoğu (örneğin, iki cisim arasındaki **değme kuvveti**), **manyetik** ve **elektrik kuvvetleri**n bir bileşimi olan **elektromanyetik kuvvet**in örnekleridir. Bu kuvvet ve diğerleri hakkında daha fazla bilgi için sayfa 4-5'ye bakınız.

Kuvvetin türü

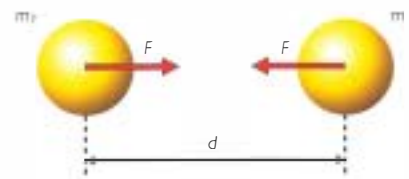
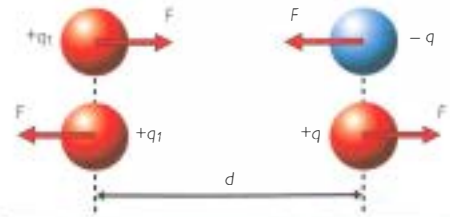
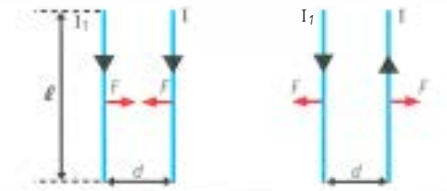
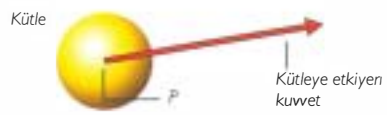
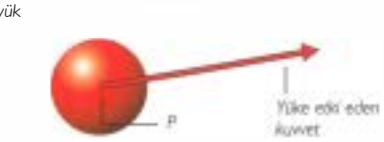
Bir kuvvetin, sadece iki kütle, iki yük ya da iki akım arasında olabileceğine ve her ikisine etkiyen kuvvetin aynı büyüklükte olacağına dikkat ediniz (ayrıca bakınız, **Newton'un üçüncü yasası**, sayfa 11). Ayrıca, kuvvetlerin aynı tür büyüklükler arasında etkidiğine dikkat ediniz. Örneğin, iki kütle arasında bir kuvvet vardır ama bir kütle ve bir akım arasında yoktur.

Kuvvetin kuvvet alanına göre tanımlanması

Bir kuvvet alanı bir kütle, yük veya akım etrafında bulunan ve bunların (kütle çekimi, elektrik veya manyetik) etkilerinin saptanabildiği bir bölgedir; ayrıca bakınız, sayfa 4.

Alanın yönü

Bu, kuvvet alanına yerleştirilen bir kütle, yük veya akım üzerine etkiyen ilgili kuvveti gözlemleyerek bulunur.

Kütle çekimi kuvveti (ayrıca bakınız, sayfa 4 ve 16)	**Elektrik kuvveti** (ayrıca bakınız, sayfa 4 ve 56)	**Manyetik kuvvet** (ayrıca bakınız, sayfa 4 ve 68)
Kütleli iki cisim arasında etkili olan kuvvet.	Bu kuvvet iki yük arasında etkir. Yükler ters işaretliyse, yani biri pozitifken diğeri negatifse çekici, yükler benzer işaretliyse itici bir kuvvettir.	İçinden akım geçen iki cisim arasındaki kuvvettir. Akımlar aynı yöndeyse kuvvet çekici, farklı yöndeyse iticidir.
		
$F = G\frac{m_1 m}{d^2}$	$F = K_E\frac{q_1 q}{d^2}$	$F = K_B\frac{I_1 I \ell}{d}$
$G = 6{,}7 \times 10^{-11}\ Nm^2\ kg^{-2}$	Havada $K_E = 9 \times 10^9 Nm^2\ C^{-2}$	Havada $K_B = 2 \times 10^{-7}\ N\ A^{-2}$
G **kütle çekimi sabiti**dir*. Değerinin çok küçük olması, kütle çekimi kuvvetinin sadece cisimlerden biri çok büyükse (örneğin, bir gezegen) belirgin olduğu anlamına gelir.	Bu değerin çok büyük olması, zıt işaretli yükleri birbirinden ayırmanın çok zor olduğu anlamına gelir.	Bu küçük değer; manyetik kuvvetin elektrik kuvvete göre çok küçük olduğunu gösterir.
Alandaki bir nokta 	*Alandaki bir nokta* 	*Alandaki bir nokta* 
m_1 kütlesi, bulunduğu yerin etrafında bir **kütle çekimi alanı** yaratır (bakınız, **alan şiddeti**, sayfa 104). İkinci bir kütle, m_1 kütlesinin kütle çekimi alanında herhangi bir noktaya (örneğin P noktası) yerleştirildiğinde bir kütle çekimi kuvveti hisseder. Bu nedenle bir kütle, bir kütle çekimi alanı yaratır ve bir kütle çekimi alanından etkilenir.	q_1 yükü, etrafındaki uzayda bir **elektrik alan*** yaratır (bakınız, **alan şiddeti**, sayfa 104). İkinci bir yük, q_1'in elektrik alanındaki herhangi bir noktaya (örneğin P noktası) yerleştirildiğinde, bir elektrik kuvveti hissedecektir. Bu nedenle bir yük, bir **elektrik alan*** yaratır ve bir elektrik alanından da etkilenir.	I_1 akımı, etrafındaki uzayda bir **manyetik alan*** yaratır (bakınız, **alan şiddeti**, sayfa 104). İkinci bir akım, I_1'in manyetik alanındaki herhangi bir P noktasına yerleştirildiğinde bir manyetik kuvvetin etkisinde kalır. Bu nedenle bir akım, bir manyetik alan yaratır ve bir manyetik alandan da etkilenir.
Kütle 	*Pozitif yük* 	
Bir P noktasındaki kütle çekimi alanının yönü, bu noktaya yerleştirilen bir kütleye etki eden kuvvetin yönüdür.	Bir P noktasındaki elektrik alanın yönü, bu noktaya yerleştirilen pozitif bir yüke etki eden kuvvetin yönüdür.	Bir P noktasındaki manyetik alanın yönü, **Fleming'in sol el kuralı*** kullanılarak bulunur.

* **Kütle çekimi sabiti**, 16 (**Newton'un kutle çekimi yasası**).

* **Elektrik alan**, 56; **Fleming'in sol el kuralı**, 74; **Manyetik alan**, 68.

Alanlar ve kuvvetler (devamı)

Alan şiddeti

Bir kuvvet alanına yerleştirilen bir cisme (kütle, yük ya da akım) bu alanın etkisi ölçülerek bulunur.

Alan çizgileri gösterimi

Alan çizgileri (**akı çizgileri** veya **kuvvet çizgileri**), alanın şiddetini ve yönünü göstermek için kullanılır (sayfanın altındaki şekillere bakınız). Alan çizgileri asla birbirini kesmez. Çünkü, eğer kesselerdi, kesişim noktasındaki alan farklı yönlere sahip olurdu.

Potansiyel enerji

(ayrıca bakınız, sayfa 6)

Alan şiddetine ve alanın uygulandığı nesneye (bu nesnenin bir **kütle çekimi alanı**ndaki kütlesine veya bir **elektrik alan**daki* yüküne) bağlıdır. Alanın bir noktasındaki **potansiyel***, birim kütle veya yük başına potansiyel enerjidir ve sadece alana bağlıdır. Genellikle, potansiyeldeki farkın veya iki nokta arasındaki **potansiyel farkı**nın* üzerinde durulur. Potansiyel, bir referans noktası seçilerek bulunur. Bir noktadaki potansiyel, bu durumda, bu nokta ile referans noktası arasındaki potansiyel farkı olarak tanımlanır.

Kütle çekimi kuvveti

Bir m_1 kütlesinin bir P noktasında yarattığı kütle çekimi alanının, alan şiddeti g'yi ölçmek için, bu noktaya bir m deneme kütlesi konur ve buna etki eden F kütle çekimi kuvveti ölçülür. O zaman:

$$g = \frac{\text{kütle çekimi kuvveti } (F)}{\text{kütle } (m)} \quad \text{veya} \quad F = mg$$

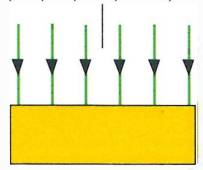
Kütle çekimi kuvveti için, yukarıda yazılan denklemden de yararlanarak m_1 kütlesinin d uzaklığındaki alan şiddeti şu şekilde ifade edilir:

$$g = G\frac{m_1}{d^2}$$

Kütle çekimi alanı çizgileri daima bir kütlede son bulur.



Düzgün kütle çekimi alanı (örneğin bir gezegenin yüzeyine yakın yerlerde)

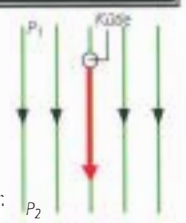


İki nokta arasındaki kütle çekimi potansiyeli farkı, bir birim kütleyi bir noktadan diğerine götürmek için alan kuvvetlerine karşı yapılması gereken işe eşittir.

$$\text{Kütle çekimi potansiyeli farkı} = \frac{\text{yapılan iş}}{\text{kütle}}$$

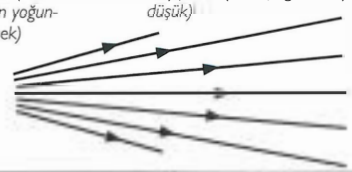
Kütle çekimi potansiyeli, alan çizgileri boyunca, alan yönünde (ok işaretinin yönünde) ilerledikçe azalır.

P_2 noktasındaki kütle çekimi potansiyeli, P_1'dekinden daha azdır.

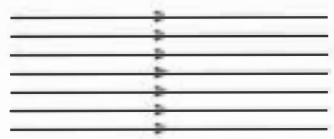


Güçlü alan (alan çizgilerinin yoğunluğu yüksek)

Zayıf alan (alan çizgilerinin yoğunluğu düşük)



Düzgün alanın şiddeti ve yönü sabittir.



Elektrik kuvvet

Verilen bir q_1 yükünün bir P noktasında yarattığı alanın şiddeti E'yi ölçmek için P'ye bir pozitif deneme yükü konur ve bu yüke etki eden elektrik kuvvet, F, ölçülür. O zaman:

$$E = \frac{\text{elektrik kuvvet } (F)}{\text{yük } (q)} \quad \text{veya} \quad F = qE$$

Elektrik kuvvet için yukarıdaki denklemle karşılaştırarak q_1 yükünden d uzaklığındaki elektrik alan şiddeti şu şekilde ifade edilir:

$$E = K_E\frac{q_1}{d^2}$$

Elektrik alan çizgileri, pozitif yükte başlar ve buna eşit bir negatif yükte son bulur.

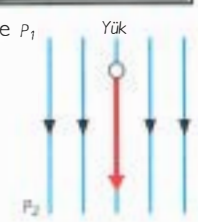


Bir elektrik alan içindeki iki nokta arasındaki elektrik potansiyeli farkı, bu iki nokta arasında yer değiştiren bir pozitif birim yükün, alan kuvvetlerine karşı yaptığı iştir.

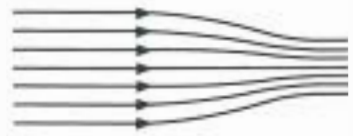
$$\text{Elektrik potansiyeli farkı} = \frac{\text{yapılan iş}}{\text{yük}}$$

Elektrik potansiyel, alan yönünde azalır (ok işaretinin yönünde).

P_2 noktasındaki elektrik potansiyeli, P_1'dekinden daha azdır.



Düzgün olmayan alan



Manyetik kuvvet

Verilen bir I_1 akımının bir P noktasında yarattığı manyetik alanın şiddeti B'yi ölçmek için, içinden I akımı taşıyan ℓ uzunluğundaki bir iletken P noktasına yerleştirilir ve F manyetik kuvveti ölçülür. O zaman:

$$B = \frac{\text{manyetik kuvvet } (F)}{\text{akım } (I) \times \text{uzunluk } (\ell)} \quad \text{veya} \quad F = BI\ell$$

Manyetik kuvvet için, yukarıdaki denklemle karşılaştırarak bir I_1 akımından d uzaklığındaki alan şiddeti şu şekilde ifade edilir:

$$B = K_B\frac{I_1}{d}$$

Manyetik alan çizgilerinin* bir başlangıç noktası veya sonu yoktur; her çizgi çoğunlukla bir kapalı halka oluşturur. Bunun nedeni, tek bir kuzey veya tek bir güney kutbun var olmamasıdır. Manyetik alan ile elektrik ve kütle çekimi alanları arasındaki en büyük fark budur.

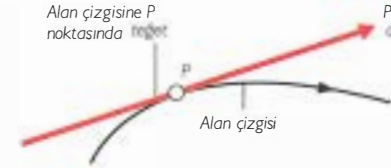
Akım taşıyan bir tel etrafındaki dairesel manyetik alan çizgileri.



Alan çizgileri halka şeklinde olduğu için manyetik potansiyeli tanımlamak, kütle çekimi veya elektrik alan potansiyelini tanımlamaktan çok daha zordur. Bir noktanın, yukarıdaki şekilde görülen bir halka üzerinde hareket ettirildiğinde yine başlangıç noktasına döneceğine dikkat ediniz. Yani, sürekli alan doğrultusunda gidilmesine karşın, eş potansiyelde bir noktaya ulaşılabiliyor. Bu manyetik potansiyel enerjinin, çok daha karmaşık olduğunu göstermektedir.

Alan çizgisine P noktasında teğet

P noktasındaki alanın yönü



* **Elektrik alan**, **Potansiyel**, **Potansiyel farkı**, 56.

* **Manyetik alan çizgileri**, 70.

VEKTÖRLER VE SKALERLER

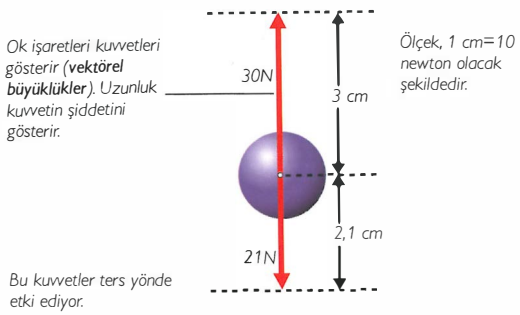
Fizikteki tüm büyüklükler, şiddetlerinin yanı sıra bir yönleri olup olmamasına bağlı olarak **skaler** veya **vektörel büyüklük** olarak nitelendirilir.

Skaler büyüklük

Sadece şiddeti olan herhangi bir büyüklük. Örneğin kütle, zaman, enerji, yoğunluk.

Vektörel büyüklük

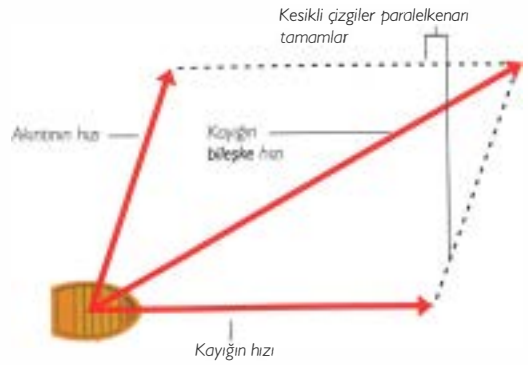
Hem yönü hem de şiddeti olan herhangi bir büyüklük. Örneğin kuvvet, yer değiştirme, hız ve ivme. Vektörel büyüklüğün değeri belirtilirken, şiddetinin yanında yönü de verilmelidir. Böyle bir büyüklük genellikle grafiksel olarak oklu çizgilerle gösterilir. Doğrunun uzunluğu bu niceliğin şiddetini (seçilen bir ölçekte) gösterirken, ok işaretinin yönü de büyüklüğün yönünü gösterir.



Paralelkenar kuralı

İki **vektörel büyüklüğü** toplamak için kullanılan bir kural. İki vektör, daha sonra tamamlanacak bir paralelkenarın iki kenarını oluşturacak şekilde çizilir. Vektörlerin başlangıç noktasından çizilen köşegen, iki vektörün toplamını (**bileşke**) verir.

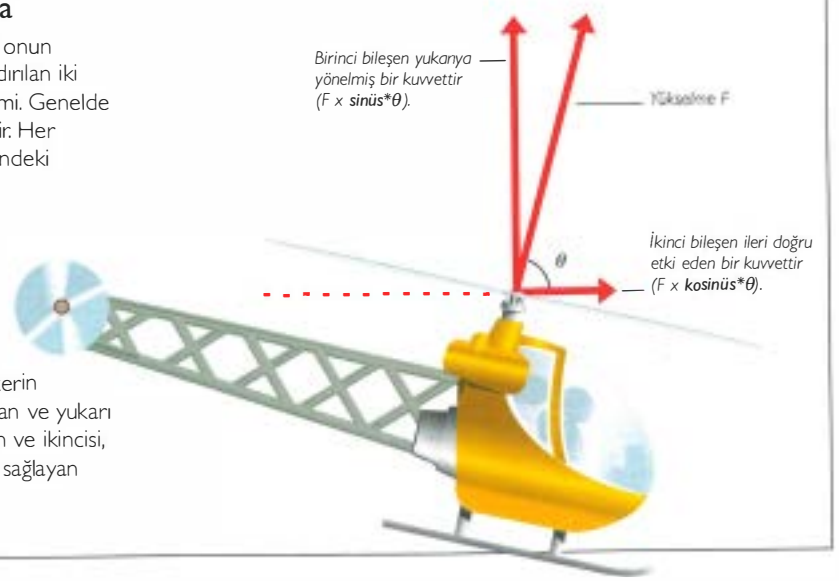
Paralelkenar kuralı, denizcilikte de kullanılır. Akıntının yönü ve hızı, kayığın yönüne ve hızına eklenecek ikinci bir vektörel büyüklük olarak hesaba katılmalıdır.



Bileşenlere ayırma

Bir **vektörel büyüklüğü** onun **bileşen**leri olarak adlandırılan iki ayrı vektöre ayırma işlemi. Genelde iki bileşen birbirine diktir. Her bileşen, vektörün bu yöndeki toplam etkisini gösterir.

Bir helikopterin pervanesinden kaynaklanan kaldırma kuvveti (**vektörel büyüklük**), iki **bileşene ayrılır**. Birincisi, helikopterin havada kalmasını sağlayan ve yukarı doğru etki eden bileşen ve ikincisi, ileri doğru yol almasını sağlayan yatay bileşen.



* Kosinüs, Sinüs, 113.

SAYILAR

Çok büyük ve çok küçük sayıları (örneğin, 10.000.000 veya 0,000001) yazmak zaman alır ve okumak zordur. Bu nedenle **üslü gösterim** kullanılır. Bu gösterimde ondalık noktaların konumu, on sayısının kuvvetleri kullanılarak gösterilir.

1.000.000	$=10^6$	veya "on üzeri altı"	Negatif bir üssün, "bir bölü" olarak yazılabileceğine, yani 10^{-3}'ün $1/10^3 = 1/1000$ şeklinde de yazılabileceğine dikkat edin. Bu kural, birimler için de geçerlidir, örneğin kg m^{-3} ile kg/m^3 aynı birimdir.
100.000	$=10^5$	veya "on üzeri beş"	
10.000	$=10^4$	veya "on üzeri dört"	
1000	$=10^3$	veya "on üzeri üç"	
100	$=10^2$	veya "on üzeri iki"	
10	$=10^1$	veya "on üzeri bir"	
1	$=10^0$	herhangi bir sayı "üzeri sıfır" 1'e eşittir	
0,1	$=10^{-1}$	veya "on üzeri eksi bir"	
0,01	$=10^{-2}$	veya "on üzeri eksi iki"	
0,001	$=10^{-3}$	veya "on üzeri eksi üç"	
0,0001	$=10^{-4}$	veya "on üzeri eksi dört"	Üslü sayılar çarpılırken üsler eklenir. Örneğin, $10^5 \times 10^{-3} (=100.000 \times 1/1000) = 10^{5-3} = 10^2 = 100$.
0,00001	$=10^{-5}$	veya "on üzeri eksi beş"	
0,000001	$=10^{-6}$	veya "on üzeri eksi altı"	

Bilimsel gösterim

Sayıları, ondalık noktasından önce bir basamağı olan bir sayıyla, **üslü gösterim** kullanarak yazılmış 10'un bir kuvvetinin çarpımı şeklinde ifade etme (ayrıca bakınız, **anlamlı rakamlar**, sayfa 101).

Bilimsel gösterim kullanılarak yazılan sayılara örnekler

56.342	$5{,}6342 \times 10^4$
4000	4×10^3 (0'ların anlamlı rakam olmadığını varsayarak)
569	$5{,}69 \times 10^2$
23,3	$2{,}33 \times 10^1$
0,98	$9{,}8 \times 10^{-1}$
0,00211	$2{,}11 \times 10^{-3}$

Büyüklük mertebesi

Bir büyüklüğün gerçek değerinden en fazla on kat farklı olan bir değerin, gerçek değerle "aynı büyüklük mertebesinde" olduğu söylenir. Bir hesaplama sonucunda elde edilen bir sayıyı yorumlayabilmek için bazı fiziksel büyüklüklerin büyüklük mertebesini bilmek önemlidir. Örneğin, bir insanın kütlesi yaklaşık olarak 60 kg'dır. Bu nedenle, hesaplamayla bulunabilecek 50 kg veya 70 kg sonuçları oldukça makuldür, fakat 6 kg veya 600 kg sonuçlarının yanlış olduğu açıktır.

Tipik büyüklük mertebeleri

Öğe	Kütle/kg
Dünya	6×10^{24}
Otomobil	5×10^3
İnsan	5×10^1
Bir paket kesme şeker	1
Portakal	2×10^{-1}
Golf topu	5×10^{-2}
Masa tenisi topu	2×10^{-3}
Proton	2×10^{-27}
Elektron	10^{-30}

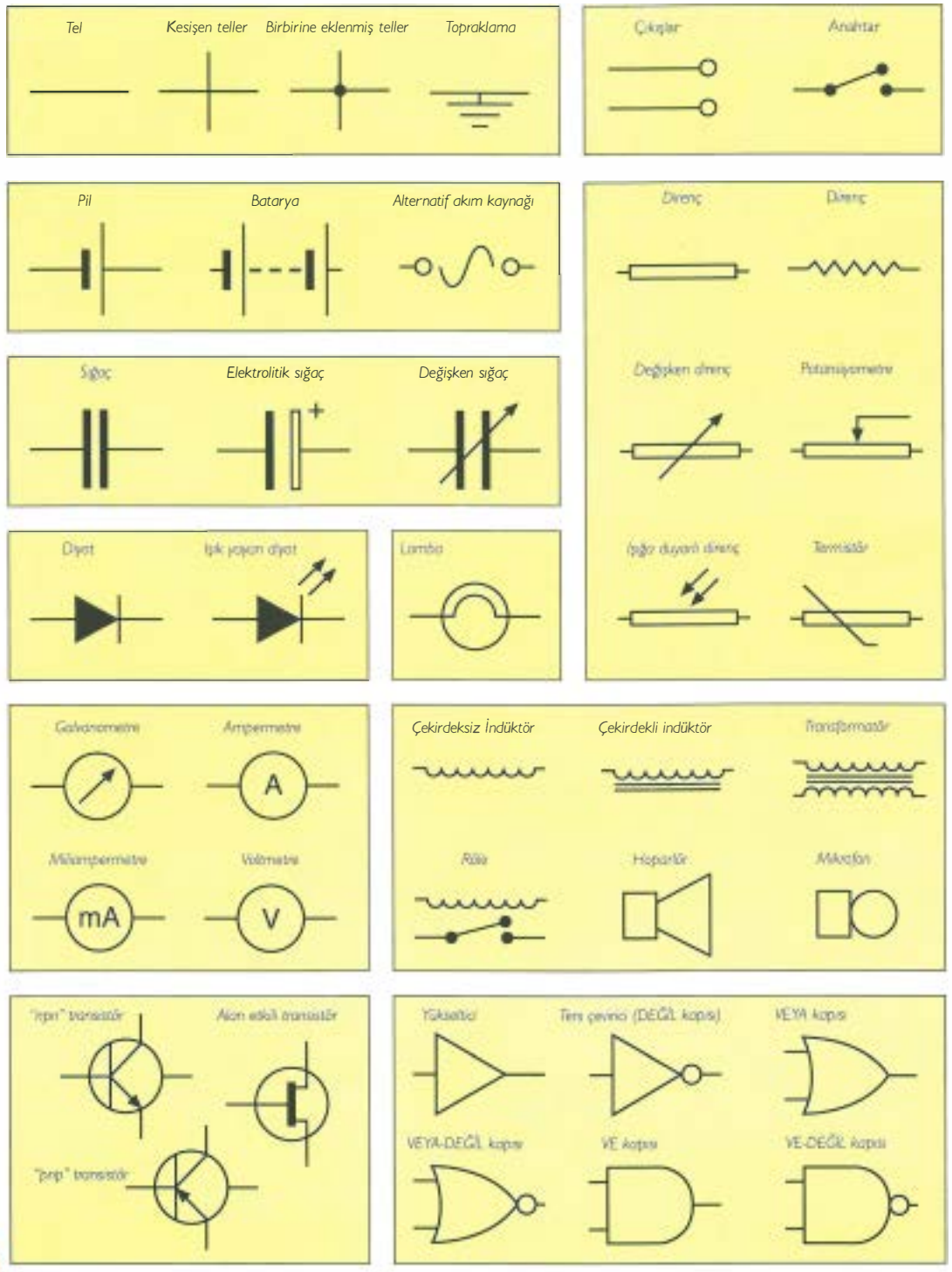
Öğe	Uzunluk/m
Samanyolu gökadasının yarıçapı	10^{19}
Dünya'nın yörüngesinin yarıçapı	10^{11}
Dünya'nın yarıçapı	5×10^6
Everest Dağı'nın yüksekliği	10^4
İnsanın boyu	2
Kâğıdın kalınlığı	10^{-4}
Işığın dalga boyu	5×10^{-7}
Atomun yarıçapı	10^{-10}
Atom çekirdeğinin yarıçapı	10^{-14}

Öğe	Zaman/s
Dünya'nın yaşı	2×10^{17}
İnsanın ortaya çıkışından bugüne geçen zaman	10^{13}
İnsanın yaşam süresi	2×10^9
Bir yıl	3×10^7
Bir gün	9×10^4
İki kalp vuruşu arasında geçen zaman	1
Fotoğraf makinesinde örtücünün hızı	10^{-2}
Polonyum-214'ün yarı ömrü	$1{,}5 \times 10^{-4}$
Işığın 1 m yol alması için geçen zaman	3×10^{-9}

Öğe	Enerji/J
Güneş'ten bir saniyede yayınlanan enerji	10^{26}
San Fransisco Depremi'nde (1906) açığa çıkan enerji	3×10^{17}
1 g uranyumun çekirdek bölünmesine uğraması sonucunda açığa çıkan enerji	10^{11}
Yıldırım düşmesi sırasında açığa çıkan enerji	10^9
Bir kW'lık ateşin bir saatlik sürede verdiği enerji	4×10^6
Golf topunun kinetik enerjisi	20

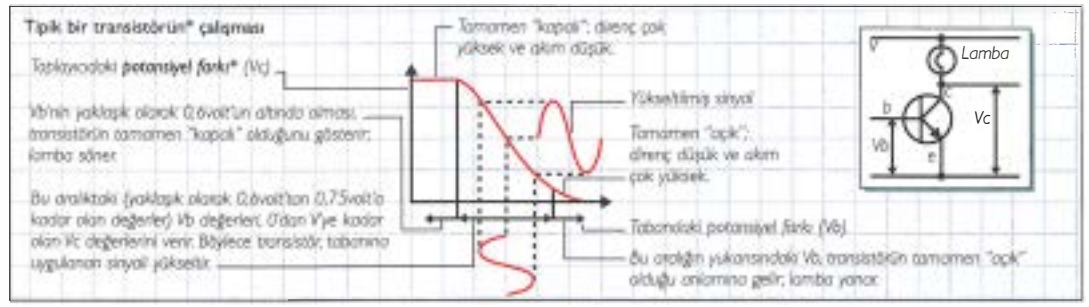
DEVRE SİMGELERİ

Bu tablo, elektrik devrelerinde kullanılan çeşitli devre öğelerinin simgelerini gösteriyor (ayrıca bakınız, sayfa 58-63).



TRANSİSTÖRLER VE KAPILAR

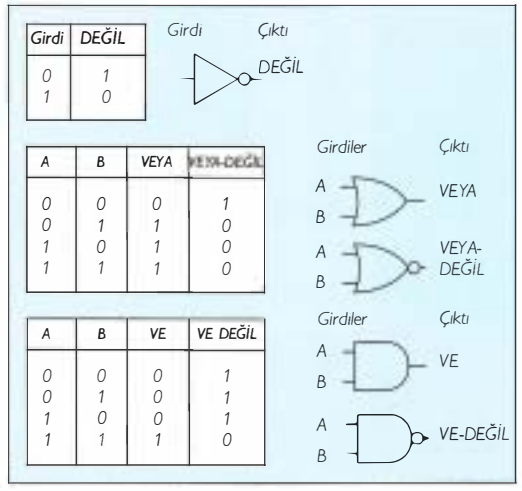
Transistörler*, zayıf elektriksel sinyalleri (mikrofonlardan gelenler gibi) yükseltmek veya elektronik anahtar işlevi görmek için kullanılabilir. Bu gibi nedenlerle, bilgisayarlardaki gibi karmaşık devrelerde yaygın olarak kullanılan transistörler, büyük ve yavaş radyo lambalarının ve **röle**lerin* yerini almıştır.



Mantık kapıları

Transistörün açık ve kapalı durumları sırasıyla 1 ve 0 rakamlarını göstermek için kullanılır. Bu gösterimin kullanıldığı devrelere bu nedenle **sayısal** denir (diğer devreler **analog** olarak adlandırılır). Transistörlerin diğer devre öğeleriyle bileşimleri, mantıksal işlemler gerçekleştiren devreler yapmak için kullanılır.

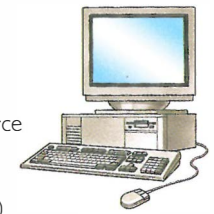
Temel mantıksal işlemlerin doğruluk tabloları



Bu kapıların ve diğer transistör devrelerinin bileşimleri, toplama işlemi gibi matematiksel işlemleri gerçekleştiren karmaşık devreler yapmakta kullanılır. Bunlara **entegre devreler** denir. Bunlar, tek bir silisyum parçasının (yonga) üzerine yapılmış olsalar da böyle devre öğelerinin ve bağlantıların binlercesini içerebilir.

Bilgisayarlar

Entegre devreler demek, mikroyonga (mikroçip) denen tek bir küçük parça üzerine binlerce mantık kapısının yerleştirilebilmesi demektir. Bir bilgisayarın merkezi işlem birimi (CPU, aşağıya bakınız) tek bir yonga üzerine yerleştirilebilir.

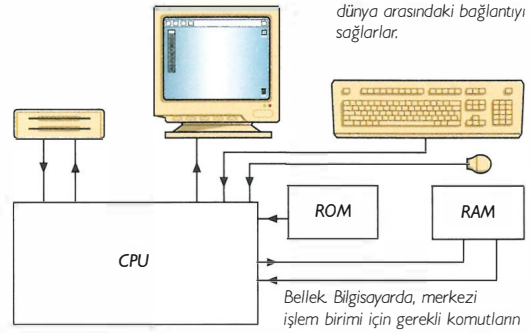


Bir CPU'su, monitörü, klavyesi ve faresi olan bir kişisel bilgisayar

Tipik bilgisayar sistemi

*Disk ve CD sürücüler, **girdi** ve **çıktı** aygıtlarının örnekleridir. Sabit diskler çoğu zaman bilgisayarın **belleğinden** daha fazla bilgi saklayabilir ve bilgisayar kapatıldığında (**rastgele erişimli bellek**teki bilgiler kaybolur) bile bu bilgileri saklar.*

*Bilgisayara bir veri aktarmak veya ondan veri almak işlevini gördükleri için klavye, fare ve monitör gibi aygıtlar da birer **girdi** ve **çıktı** aygıtlarıdır. Bunlar, bilgisayar ile dışındaki dünya arasındaki bağlantıyı sağlarlar.*



Merkezi işlem birimi (CPU). *Bilgisayarın merkezi. **Bellek**ten ve **girdi** aygıtlarından bilgi alır, bunları çeşitli işlemlerden geçirir (bunu saniyede milyonlarca defa yapabilir) ve sonucu belleğe veya **çıktı** aygıtlarına gönderir.*

*Bellek. Bilgisayarda, merkezi işlem birimi için gerekli komutların (veya programların) ve verilerin tutulduğu bölüm. İki türü vardır: Verilerin saklandığı (yazıldığı) ve çağrıldığı (okunduğu) **rastgele erişimli bellek** (RAM) ve sadece "önceden kaydedilmiş" verilerin okunabildiği **salt okunur bellek (ROM).***

* **Potansiyel farkı**, 58; **Röle**, 75; **Transistör**, 65.

MADDELERİN ÖZELLİKLERİ

Madde	Yoğunluk† /10^3 kg m^{-3}	Young modülü / 10^{10} N m^{-2}	Özgül ısı sığası† / J kg^{-1} K^{-1}	Erimenin özgül gizil ısısı / 10^4J kg^{-1}	Çizgisel genleşme / $10^{-6}K^{-1}$	Isı iletkenliği / W m^{-1} K^{-1}	Özdirenç† / 10^{-8}ρ m
Altın	*19,3*	*8,0*	*128*	*6,7*	*14*	*300*	*2,20*
Alüminyum	*2,70*	*7,0*	*908*	*40,0*	*25*	*242*	*2,67*
Antimon	*6,62*	*7,8*	*210*	*16,5*	*11*	*19*	*44*
Arsenik	*5,73*	–	*335*	–	*6,0*	–	*33,3*
Bakır	*8,89*	*11,0*	*385*	*20,0*	*16*	*383*	*1,72*
Bizmut	*9,78*	*3,2*	*112*	*5,5*	*14*	*9*	*117*
Cıva	*13,6*	–	*139*	*1,2*	*12*	*9*	*95,9*
Çelik (yumuşak)	*7,80*	*22,0*	*450*	–	*12*	*46*	*15 (yak.)*
Çinko	*7,10*	*8,0*	*387*	*10,5*	*11*	*111*	*5,92*
Demir (dökme)	*7,60*	*11,0*	*460*	*21,0*	*12*	*71*	*10,3*
Demir (dövme)	*7,85*	*21,0*	*460*	*21,0*	*12*	*71*	*10,3*
Galyum	*5,93*	–	*377*	–	*19*	*34*	*17,4*
Germanyum	*5,40*	–	*324*	–	*5,7*	*59*	*4,6 x 10^7*
Gümüş	*10,5*	*7,7*	*234*	*10,5*	*19*	*414*	*1,63*
İridyum	*22,4*	–	*135*	–	*6,5*	*59*	*5,2*
Kadmiyum	*8,65*	*5,0*	*230*	*5,5*	*30*	*96*	–
Kalay	*7,3*	*5,3*	*225*	*5,8*	*23*	*63*	*11,4*
Kobalt	*8,70*	–	*435*	*24,0*	*12*	*93*	*6,4*
Konstantan	*8,90*	–	*420*	–	*16*	*23*	*49*
Kurşun	*11,3*	*1,6*	*127*	*2,5*	*29*	*36*	*20,6*
Magnezyum	*1,74*	*4,1*	*1,030*	*30,0*	*26*	*154*	*4,24*
Molibden	*10,1*	–	*301*	–	*5,0*	*142*	*5,7*
Nikel	*8,80*	*21,0*	*456*	*29,0*	*13*	*59*	*6,94*
Palladyum	*12,2*	–	*247*	*15,0*	*12*	*74*	*10,7*
Pirinç	*8,6 (yaklaşık)*	*9,0*	*389*	–	*19*	*109*	*8 (yak.)*
Platin	*21,5*	*17,0*	*135*	*11,5*	*9,0*	*71*	*10,5*
Selenyum	*4,79*	–	*324*	*35,0*	*26*	*0,24*	*10^{12} (yak.)*
Silisyum (amorf)	*2,35*	*11,3*	*706*	–	*2,5*	*175*	*10^{10} (yak.)*
Su	*1,00*	–	*4,200*	*33,4*	*33,4*	*0,2*	–
Tantal	*16,6*	*19,0*	*151*	–	*6,5*	*56*	*13,4*
Tellür	*6,2*	–	*201*	–	*17*	*50*	*1,6 x 10^5*
Tungsten	*19,3*	*39,0*	*142*	–	*4,3*	*185*	*5,5*

† Yoğunluk, özgül ısı sığası ve özdirenç sıcaklıkla değişir. Buradaki değerler; oda sıcaklığında, yani 18-22°C arasında bulunan değerlerdir.

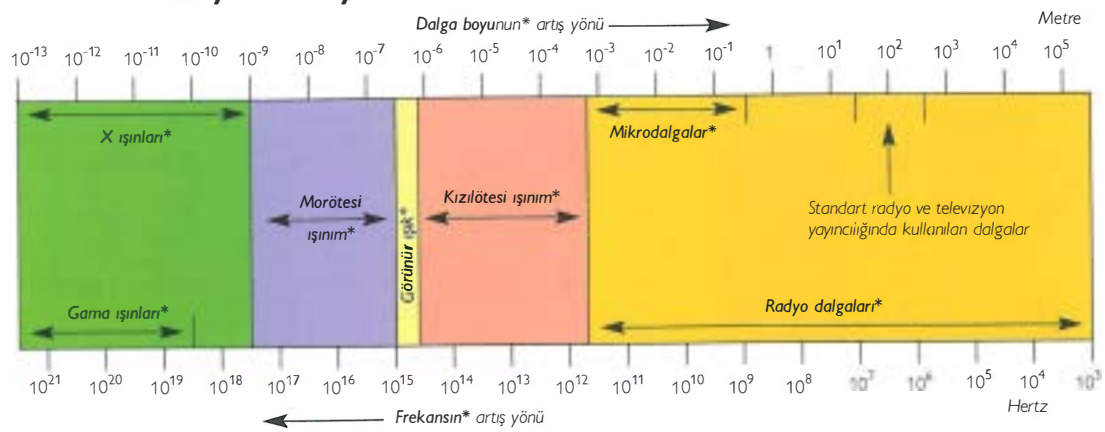
Bazı sabitler

Büyüklük	Simgesi	Değeri
Işığın boşluktaki hızı	c	2,998 x 10^8m s^{-1}
Elektronun yükü	e	1,602 x 10^{-19} C
Elektronun kütlesi	m_e	9,109 x 10^{-31} kg
Protonun kütlesi	m_p	1,673 x 10^{-27} kg
Nötronun kütlesi	m_n	1,675 x 10^{-27} kg
Avogadro sayısı	N_A	6,023 x 10^{23} mol^{-1}
Faraday sabiti	F	9,65 x 10^4 C mol^{-1}
Kütle çekimi sabiti	G	6,670 x 10^{-11} N m^2 kg^{-2}
Gaz sabiti	R	8,314 J mol^{-1} K^{-1}

Bazı büyüklüklerin değerleri

Büyüklük	Değeri
Bir Dünya gününün uzunluğu	8,64 x 10^4 s
Buharlaşma noktası	373K
Cıvanın yoğunluğu	13,6 x 10^3 kg m^{-3}
Donma noktası (standart sıcaklık)	273K
Kütle çekimi (yerçekimi) ivmesi (kütle çekimi alanının şiddeti)	9,81m s^{-1}
Standart atmosfer basıncı	1,01 x 10^5 Pa
Suyun yoğunluğu	1,00 x 10^3 kg m^{-3}

Elektromanyetik tayf*



* Dalga boyu, 32; Elektromanyetik tayf, 42; Frekans, 32; Gama ışınları, 42; Görünür ışık, 42; Kızıl ötesi ışınım, 43; Mikrodalgalar, Radyo dalgaları, 43; Mor ötesi ışınım, 42; X ışınları, 42.

ELEMENTLER

Element	Simge	Atom numarası	Yaklaşık bağıl atom kütlesi
Aktinyum	Ac	89	227
Altın	Au	79	197
Alüminyum	Al	13	27
Amerikyum	Am	95	243
Antimon	Sb	51	122
Argon	Ar	18	40
Arsenik	As	33	75
Astatin	At	85	210
Azot	N	7	14
Bakır	Cu	29	64
Baryum	Ba	56	137
Berilyum	Be	4	9
Bizmut	Bi	83	209
Bor	B	5	11
Brom	Br	35	80
Cıva	Hg	80	201
Çinko	Zn	30	65
Demir	Fe	26	56
Disprosyum	Dy	66	162
Erbiyum	Er	68	167
Europiyum	Eu	63	152
Flüor	F	9	19
Fosfor	P	15	31
Fransiyum	Fr	87	223
Gadolinyum	Gd	64	157
Galyum	Ga	31	70
Germanyum	Ge	32	73
Gümüş	Ag	47	108
Hafniyum	Hf	72	178,5
Helyum	He	2	4
Hidrojen	H	1	1
Holmiyum	Ho	67	165
İndiyum	In	49	115
İridyum	Ir	77	192
İtriyum	Y	39	89
İterbiyum	Yb	70	173
İyot	I	53	127
Kadmiyum	Cd	48	112
Kalay	Sn	50	119
Kalsiyum	Ca	20	40
Karbon	C	6	12
Klor	Cl	17	35,5
Kobalt	Co	27	59
Kripton	Kr	36	84
Krom	Cr	24	52
Ksenon	Xe	54	131
Kükürt	S	16	32
Kurşun	Pb	82	207

Element	Simge	Atom numarası	Yaklaşık bağıl atom kütlesi
Lantan	La	57	139
Lityum	Li	3	7
Lütesyum	Lu	71	175
Magnezyum	Mg	12	24
Manganez	Mn	25	55
Molibden	Mo	42	96
Neodim	Nd	60	144
Neon	Ne	10	20
Neptünyum	Np	93	237
Nikel	Ni	28	59
Niyobyum	Nb	41	93
Oksijen	O	8	16
Osmiyum	Os	76	190
Palladyum	Pd	46	106
Platin	Pt	78	195
Plütonyum	Pu	94	242
Polonyum	Po	84	210
Potasyum	K	19	39
Praseodim	Pr	59	141
Protaktinyum	Pa	91	231
Prometyum	Pm	61	147
Radon	Rn	86	222
Radyum	Ra	88	226
Renyum	Re	75	186
Rodyum	Rh	45	103
Rutenyum	Ru	44	101
Rubidyum	Rb	37	85
Samaryum	Sm	62	150
Selenyum	Se	34	79
Seryum	Ce	58	140
Sezyum	Cs	55	133
Silisyum	Si	14	28
Skandiyum	Sc	21	45
Sodyum	Na	11	23
Stronsiyum	Sr	38	88
Talyum	Tl	81	204
Tantal	Ta	73	181
Teknetyum	Tc	43	98
Tellür	Te	52	128
Terbiyum	Tb	65	159
Titanyum	Ti	22	48
Toryum	Th	90	232
Tulyum	Tm	69	169
Tungsten	W	74	184
Uranyum	U	92	238
Vanadyum	V	23	51
Zirkonyum	Zr	40	91

* Atom numarası, 80; Bağıl atom kütlesi, 81.

SÖZLÜK

Alaşım
İki veya daha çok sayıda metalin ya da bir metalle metal olmayan maddelerin karışımı. Metaldirler ve bileşenlerinin özelliklerinden bağımsız olarak, kendilerine özgü nitelikleri vardır. Örneğin pirinç, bakır ve çinkonun bir alaşımı, çelik ise demir ve karbonun alaşımıdır (farklı karışımlar, çeliğe farklı özellikler verir).

Amalgam
*Cıvanın diğer metallerle bir **alaşım**ı. Genellikle yumuşaktır; sıvı halde bile olabilir.*

Boşluk (vakum)
*İçinde madde bulunmayan uzay. Bir kaptaki havanın bir kısmı boşaltılarak bu kabın içinde **kısmi boşluk** yaratılabilir. Böylece, kabın içindeki hava basıncı dışındaki atmosfer basıncından düşük duruma getirilir.*

Bölmeler (çizgiler)
*Bir cetvel, **mikrometre*** veya **verniye ölçeği**ndekiler* gibi, ölçüm için kullanılan işaretler.*

Değişken
*Herhangi bir değeri alabilen bir sayısal büyüklük. Örneğin, $E=mc^2$ denkleminde (ayrıca bakınız, sayfa 84) E ve m her değeri alabildiği için değişkendir (ancak E'nin değeri m'nin değerine bağlıdır). c büyüklüğü ise (ışığın **boşluk**taki hızı) bir **sabit**tir.*

Değişme oranı
*Bir büyüklüğün diğerine göre değişme miktarıdır. Örneğin, **ivme***, **hız**ın** zamanla değişme oranıdır. İkinci büyüklüğün daima zaman olması gerekmez. Eğer bir X'e karşı Y grafiği çizilirse, bir noktada Y'nin X'e göre değişme oranı bu noktadaki eğime eşittir.*

Doğru orantılılık
İki büyüklük arasındaki ilişki türlerinden biri. Örneğin, birbiriyle doğru orantılı olan iki büyüklükten biri iki katına çıkarsa, diğeri de iki katına çıkar.

Dövülebilir
*Değişik şekillere sokulabilen bir malzeme. Çoğunlukla, çekiçle döverek ince tabakalar haline getirilebilen malzemeler için kullanılır (bir çok metal ve metal **alaşım**ları gibi). Değişik malzemelerin değişik **dövülebilirlik** dereceleri vardır.*

Fotosel veya **fotoelektrik pil**
Işığı ölçmek ve saptamak için kullanılan bir alet.

Hacim
*Bir cismin uzayda kapladığı yerin bir ölçüsü. Hacim hesabı için sayfa 101'e bakınız. Hacmin **SI**'daki* birimi metreküptür (m^3).*

Kalibre etme
Bir ölçüm aletinin doğru okumayı sağlayacak şekilde "ayarlanması". Bir alet, genellikle üretim aşamasında, değeri bilinen standart bir büyüklüğü doğru okuyacak şekilde ayarlanır. Örneğin, bir terazi, standart 1kg'lık bir kütleyi tam olarak 1 kg ölçecek şekilde ayarlanır.

Kalorimetre
*Kimyasal bir tepkime sırasındaki veya ısı aktarımı içeren bir olaydaki ısının ölçümü. Örneğin, kütlesi bilinen bir madde elektriksel olarak ısıtıldığında bu maddenin sıcaklık artışının ölçülmesi, **özgül ısı sığası**nı* bulmak için kullanılır; veya belli bir kütledeki suyun sıcaklığındaki artış, yakılan bir yakıtın ürettiği enerjiyi hesaplamak için kullanılabilir.*

Katsayı
*Bir büyüklüğü, belli bir başka büyüklük cinsinden ifade ederken, bu ifadede bir çarpan olarak beliren, değeri fiziksel koşullara bağlı sabit sayı. Örneğin, iki maddeyi birbirine bastıran kuvvetle o maddelere özgü **sürtünme katsayısı**nın* çarpımı **sürtünme kuvveti**ni* verir.*

Kosinüs (bir açının kosinüsü)
Dik açılı bir üçgende, komşu kenarın uzunluğunun hipotenüse (en uzun kenar) oranı. Değeri açıya bağlıdır.

Menisk
*Bir sıvının (örneğin cıva veya su) içbükey veya dışbükey yüzeyi. Moleküllerin birbirlerini ve içinde bulundukları kabın moleküllerini çekmesinin bir sonucudur (ayrıca bakınız, **yapışma** ve **tutma**, sayfa 23; **paralaks hatası**, sayfa 102).*

Ortalama
Çeşitli sayılardaki büyüklüklerin toplamının, toplam büyüklük sayısına oranı. Örneğin üç farklı büyüklük varsa, bunlar önce toplanır sonra üçe bölünür, bu da bu üç büyüklüğün ortalamasını verir.

Ortam
Herhangi bir fiziksel etkinin aktarıldığı bir madde. Örneğin, cam, ışığın içinde yol aldığı bir ortamdır.

Sabit
*Değeri değişmeyen sayısal bir büyüklük. Örneğin, $E=mc^2$ denkleminde (ayrıca bakınız, sayfa 84) c büyüklüğü (ışığın boşluktaki hızı) sabittir. E ile m, değişik değerler alabileceği için **değişken**dir.*

Sinüs (bir açının sinüsü)
Dik açılı bir üçgende karşı kenarın uzunluğunun hipotenüsün (en uzun kenar) uzunluğuna oranı. Değeri açıya bağlıdır.

Sistem
Birbirini etkileyen ve bir bütünü oluşturan bağlantılı parçalar kümesi.

Soğutucu
*Sanayide ve evde (örneğin buzdolabında) soğutma amacıyla kullanılan sıvı. Soğutucu, genellikle, ısıyı bir kaynaktan alıp diğerine aktarır. **Nükleer santraller**de* soğutucu, ısıyı çekirdek tepkimelerinden alarak buhar üretmek için kullanılan buhar jeneratörüne aktarır. Bu da **türbinleri** döndürerek elektrik üretilmesini sağlar.*

Sünek
*Gererek uzatılabilen bir maddeyi tanımlar. Genelde, çekilerek ince bir tel haline getirilebilen bakır gibi metalleri tanımlamak için kullanılır. Farklı metallerin farklı **süneklik** dereceleri vardır. Ayrıca bakınız, **akma noktası, sayfa 23**.*

Tanjant (bir açının tanjantı)
Dik açılı bir üçgende karşı kenarın uzunluğunun komşu kenarın uzunluğuna oranı. Değeri açıya bağlıdır.

Tayf
*Dalga boylarının ve frekansın bir dağılımı. Örneğin, **görünür ışık tayf**ındaki* dalga boyları 4×10^{-7}m'den $7,5 \times 10^{-7}$m'ye uzanır.*

Ters (bir sayının tersi)
1 sayısı, verilen sayıya bölündüğünde o sayının tersi bulunur. Örneğin, x'in tersi 1/x'tir; 10'un tersi 1/10 = 0,1'dir.

Ters orantılılık
*İki büyüklük arasındaki ilişki türlerinden biri. Örneğin, ters orantılı olan büyüklüklerden biri iki katına çıkarsa, diğeri yarıya düşer. Ayrıca bakınız, **doğru orantılılık**.*

Türbin
*Dönen kanatları olan ve bu kanatları bir kuvvet (örneğin hızla çıkan buhar) tarafından döndürülen bir alet. Bir **jeneratör**de* hareketli kanatların enerjisi elektrik enerjisine çevrilir.*

* Görünür ışık tayfı, 52; Hız, 8; İvme, 9; Jeneratör, 76; Mikrometre, 99; Nükleer güç santrali, 92; Özgül ısı sığası, 29; Sürtünme katsayısı, Sürtünme kuvveti, 5; SI birimleri, 94; Verniye ölçeği, 98.

Dizin

Dizinde iki tür sayfa numarası verilmiştir. Koyu yazılan numaralar, ilgili terimin temel tanımının yer aldığı sayfayı ya da ilgili konunun kapsamlı olarak işlendiği yerleri göstermektedir. İnce yazılan sayfa numaralarıysa, terimin metin içinde bahsedildiği bazı yerleri belirtmektedir.

A

Aberasyon (bkz., sapınç)
AC (bkz., alternatif akım)
Açıklık 46, 47, 50, 52
Açısal büyütme 53
Açısal hız 13, 15
Açısal ivme 12, 13, 15.
Adhezyon (bkz., yapışma)
Adım (vida) 19
Aerometre **22**
Ağdalık **21**
Ağırlık **16**, 17
Ağırlık merkezi 8
Ağırlıksızlık **17**
Akı Çizgileri **70**, 104
Akım 4, 54, **58-59**, 62, 94
Akım terazisi 58
Akımın kontrolü **60-62**
Akımölçer **75**
Akışkanlardaki cisimler **23**
Akışkanlık 21
Akkor lamba 59, 60, **62**
Akkorlaşma 43
Akma noktası **21**, 113
Akma zorlaması 21
Aktif elektrot 64
Aktinyum (Ac) 112
Akustik dalgalar 38
Akü **67**
Akümülatör **67**
Alan çizgileri 4, 104
Alan etkili transistör (simge) 108
Alan sargısı **74**
Alan şiddeti 102, 103, **104-105**, 105
Alan ve hacim ölçümleri **99**
Alanlar ve Kuvvetler **102-105**
Alansal genleşme katsayısı **30**
Alaşım **113**
Alçaltıcı transformatör **77**
Alfa bozunması 84, **85**, 90
Alfa parçacıkları **84**, 85, 86, 88
Alkali hücresi **67**
Alternatif akım **59**, 62, 63, 108
Altın (Au) 110, 112
Altın yapraklı elektroskop 54, 87
Alüminyum (Al) 110, 112
Amalgam 66, **113**
Amerikyum (Am) 112
Amper (birim) **58**, **94**
Ampermetre 58, **75**, 108
Amper-saat (birim) 67
Ana renkler **53**
Anahtar **62**, 73, 76, 108, 109
Analog 109
Anlamlı rakamlar 100, **101**, 107
Anlık hız 8
Anormal genleşme **30**
Anot 64, 65, 78, 79, 87
Antimon (Sb) 110, 112
Antinötrino 85
Anyon 2, 64, 86
Aralık (ses) 41
Argon (Ar) 112
Armatür 74
Arsenik (As) 110, 112
Arşimet ilkesi 23
Artalan ışınımı 84, **86**
Artalan sayısı 86
Artık mıknatıslık 68
Asal eksen 46, 47, 50, 51, 53
Asal odak 46, 47, 50, 51
Astatin (At) 112
Aşırı doyma 88
Aşırı ısınma 88
Atım elektroskobu 86, **87**
Atmosfer basıncı 23, 24, 111
Atom **2**
Atom ağırlığı 81
Atom bombası (bkz., fisyon bombası)
Atom çekirdeği (bkz., çekirdek)
Atom enerjisi **82-83**
Atom kütlesi 81
Atom numarası 2, **80**, 85, 90, 112
Atomaltı parçacıklar 80
Atomik kütle birimi 81
Atomik örgü 2
Atomlar ve Moleküller **2-3**
Atomun yapısı **80-81**
Avogadro sayısı 94, 111
Ay tutulması 44
Ayna formülü **47**, 50
Ayrılım 49, 52, 53
Azot (N) 112

B

Bağıl atom kütlesi 80, **81**, 112
Bağıl hız vektörü **9**
Bağıl yoğunluk **22**
Bağımlı(-sız) değişken 96
Bağlanma enerjisi **82**, 83
Bakır (Cu) 110, 112
Bakır voltametresi 65
Barometre **23**
Baryum (Ba) 112
Basınç (atmosfer) **23**, 24, 111
Basınç 23
Basınç yasası **31**
Basınçlı su reaktörü 93
Basit barometre 23
Basit hücre **66**
Basit mikroskop 52
Batarya 66, 108
Baz (taban, transistör) 63, 109
Bazı sabitler **111**
Bekerel (birim) 85
Bellek 109
Berilyum (Be) 112
Beta bozunması 84, **85**
Beta parçacıkları **84**, 85, 86, 88
Bileşen (vektör) 4
Bileşenlere ayırma **106**
Bileşik **2**
Bileşik mikroskop 52, 53
Bileşke 4, 6, 106
Bileşke moment 12, 13
Bilgisayarlar **109**
Bilimsel gösterim (sayı) **107**
Birimler **94-95**
Birinci bobin **77**
Bizmut (Bi) 110, 112
Bobin **72**, 73, 74, 75, 76, 77
Bor (B) 112
Boşluk 27, 78, **113**
Boyle yasası **31**
Boyuna dalga **33**, 38
Bozunma zinciri 85
Bölge kuramı **69**
Bölmeler (ölçüm aleti) **113**
Bölünebilir izotoplar 90, 91
Bölünme nötronları 90
Bölünme reaktörleri 90
Bölünme ürünleri 90
Bölünmüş değme ile mıknatıslanma **69**
Brom (Br) 112
Brown hareketi **3**
Buhar **3**
Buhar jeneratörü 92, 93, 113
Buharlaşma **28**
Buharlaşma noktası 111
Buharlaştırma **28**
Buharlaştırmanın özgül gizil ısısı **29**
Büyüklük mertebesi **107**
Büyüklükler **94-95**
Büyüteç 52
Büyütme gücü 53

C

Celsius ölçeği 24, **25**
Civa (Hg) 110, 112
Coulomb (birim) 56, 57, **58**, 95
CPU (merkezi işlem birimi) 109
CRT (katot ışını tüpü) **79**
Curie (birim) 85
Çarpışma **11**
Çarpışma süresi 10
Çekirdek (atom) 2, 5, 6, **80**, 81, 84
Çekirdek (elektromıknatıs) 68, **72**, 77
Çekirdek bölünmesi 83, 84, **90-91**, 92
Çekirdek denklemi 90, 91
Çekirdek enerjisi **82-83**
Çekirdek geçişleri 83
Çekirdek kararlılığı **83**
Çekirdek kaynaşması 83, **90-91**, 92
Çekirdek kuvveti 4, **5**, **82**, 102
Çekirdek kuvvetinin potansiyel enerjisi **6**
Çekirdek tepkimelerinden elde edilen güç **92-93**
Çekirdek tepkimesi 90
Çekirdekli(-siz) indüktör (simge) 108
Çelik (yumuşak) 110
Çığ 87
Çıkarma (renk) 53
Çıktı 109
Çift değme ile mıknatıslanma **69**
Çift kutup (dipol) 69
Çift metal şerit **30**
Çinko (Zn) 110, 112
Çizgiler (ölçüm aleti) **113**
Çizgisel büyütme **47**
Çizgisel genleşme katsayısı **30**
Çizgisel hareket (bkz., Doğrusal hareket)
Çizgisel ivme 12
Çizgisel momentumun korunumu yasası 10, **11**
Çukur (dalga) **32**, 36, 37
Çukur ayna **46**

D

Dağınık yansıma **45**
Dairesel dalga yüzleri 32
Dairesel hareket 9, 14, **15**
Dalga bandı 42, 43
Dalga boyu 32, 33, 35, 42, 43, 44, 45, 52, 53, 111
Dalga enerjisi **7**
Dalga hareketi 14, 32
Dalga hızı **33**
Dalga leğeni **34**, 36
Dalga şiddeti **33**, 40
Dalga yüzü **32**, 34, 39
Dalgalar **32-37**
DC (bkz., doğru akım)
Değişken 96, **113**
Değişken direnç **61**, 108
Değişken sığaç **57**, 108
Değişme oranı **113**
Değme kuvveti **5**, 102
Demir (Fe) 110, 112
Demir halka deneyi 76
Denge **13**
Denge konumu **14**, 32, 33
Denklemler **96**
Depolama hücresi **67**
Desibel 40
Destek noktası 12, 19
Deşarj tüpleri 43, 55, **78**
Devir **14**, 59
Devre 58
Devre simgeleri **108**
Devrilme **12**
Dış kabuk 81, 83
Dışarıdan etkiyle çekirdek bölünmesi **90**, 91
Dışbükey 46, 50, 51
Dışbükey ayna **46**
Dışbükey menisk **51**
Dışbükey mercek 51
Dielektrik 57
Dielektrik sabiti **57**
Difüzyon (yayınım) **3**, 88
Difüzyon sis odası 88
Dijital (sayısal) 109
Dinamik **10-11**, 12
Dinamik denge 13
Dinamik sürtünme kuvveti **5**
Dinamo **76**
Dinamo kuralı **76**
Dipol 69, 70
Direnç 25, **60**, 61, 62, 63, 75, 87, 108
Dirençli termometre **25**
Dispersiyon (bkz., ayrılım)
Disprosyum (Dy) 112
Dişli çark **19**
Diyafram 52, 74
Diyamanyetik cisim **70**
Diyatonik dizi 41
Diyoptri 51
Diyot **63**, 108
Doğal frekans 15
Doğal periyot 15
Doğal salınım **15**
Doğru akım **59**, 63, 66, 73, 75, 76
Doğru besleme 63
Doğru orantı 97, **113**
Doğrusal dalga yüzleri 32
Doğrusal denge **13**
Doğrusal hareket **8**, 9, 12
Doğrusal ivme 12
Donma **28**
Donma noktası 24, 25, 28, 29,

111
Doppler etkisi **39**
Doz 87
Dozimetre **87**
Dökme demir 110
Döndürme kuvvetleri **12-13**
Dönme 7, 8, **9**, 12
Dönme dengesi 12, **13**
Dönme hareketinin kinetik enerjisi 3
Dönüşüm (çekirdek) 83, 84, 85
Dönüşüm (enerji) 6
Dönüşüm serileri 85
Döteryum-trityum tepkimesi 91, 92
Dövme demir 110
Dövülebilir **113**
D-T tepkimesi 91, 92
Duran (kararlı) dalgalar 32, 40, **41**
Duyarlılık **68**
Düğüm 36, **37**, 41
Dünya'nın manyetik alanı **71**
Düzgün dairesel hareket **15**
Düzgün hız 8
Düzgün ivmelenme hareketinin denklemleri **9**
Düzgün yansıma **45**
Düzlem ayna **45**
Düzlem bobin **72**, 74, 76

E

Eddy akımları **77**
Eğik düzlem **19**
Eğim 96
Eğim açısı (manyetik) **71**
Eğim pusulası **71**
Eğrilik merkezi 46, 47, 50
Eğrilik yarıçapı 46
Eğrisel ayna 45, 52
Ekleme (renk) 53
Elektriğin ölçülmesi **75**
Elektrik alan 42, 43, 56, 58, 84, 103, 104, 105
Elektrik alan çizgileri 105
Elektrik dağıtımı **59**
Elektrik enerjisi 7, 73, 74
Elektrik kuvvet **4**, 54, 56, 80, 82, 83, 102, 103, 105
Elektrik motoru **74**, 76
Elektrik ve manyetik enerji **7**
Elektrik zili **73**
Elektrikli iskandil 39
Elektriksel rüzgar **55**
Elektrofor **55**
Elektrokimyasal eşdeğer 65
Elektrokimyasal hücre 66
Elektrolit **64**, 65, 66, 67
Elektrolitik sığaç **57**, 108
Elektroliz **64-65**
Elektroliz kabı 64, 65
Elektrolizin iyon kuramı **64**
Elektrolizin kullanım alanları **65**
Elektromanyetik dalgalar 27, 32, **42-43**, 44, 82, 84
Elektromanyetik enerji 7
Elektromanyetik indüksiyon 62, **76-77**
Elektromanyetik kuvvetler 2, **4**, 5, 6, 102
Elektromanyetik potansiyel enerji **6**
Elektromanyetik tayf 42, 83, **111**
Elektromanyetizma 68, **72-74**
Elektromıknatıs **72**, 73, 74
Elektromotor kuvvet (emk) 25, 27, **58**, 59, 60, 61, 62, 66, 67, 76, 77
Elektron 2, 4, 5, 26, 42, 43, 54, 64, 68, 78, 80, **81**, 83, 84, 86, 87, 88, 111
Elektron kabukları 4, 80, **81**
Elektron katlandırıcı 88
Elektron tabancası **78**, 79
Elektron volt (eV, birim) 82
Elektroskop (altın yapraklı) 54, **87**
Elektroskop (atım) 86, 87
Elektroskop **54**
Elektrostatiğin ilk yasası **54**
Elektrostatik indüksiyon **55**
Elektrostatik kuvvet **4**
Elektrot 42, **64**, 65, 78, 87
Element **2**
Elementler **112**
Emitör (yayıcı, transistör) 63, 109
emk (bkz. elektromotor kuvvet)
Empedans **62**
Endeskop 49
Enerji **6-7**
Enerji düzeyi 81
Enerjinin korunumu yasası 6
Enine dalga **32**, 42
Entegre devreler 109
Erbiyum (Er) 112
Erim 4
Erime **28**
Erime noktası 28, **29**, 111
Erimenin özgül gizil ısısı **29**
Esnek 20
Esneklik **20**
Esneklik potansiyel enerjisi **6**
Esneklik sınırı **20**, 21
Eş eğim çizgileri (manyetik) **71**
Eş fazlı 36, 37, 41
Eş sapma çizgileri (manyetik) **71**
Eşpotansiyel yüzey **56**
Etki ile elektriklenme **55**
Etki ve tepki 11
Etkilenmiş mıknatıslanma 69, 70
Europiyum (Eu) 112
eV (birim) 82
Evreka kabı **22**, 99
Eylemsizlik **10**

F

Fahrenheit ölçeği **25**
Farad (birim) **57**, 95
Faraday'ın demir halka deneyi 76
Faraday'ın elektroliz yasaları **65**
Faraday'ın indüksiyon yasası **76**
Faz **36**, 37
Faz farkı 36
Ferromanyet **68**, 69, 72, 77
Fırça 74, 76
Fiber 49
Filaman lamba (bkz., akkor lamba).
Film 52
Fisyon (bkz., çekirdek bölünmesi)
Fisyon bombası 90, **91**
Fisyon reaktörü 90, **92**, 93
Fisyon-füzyon bombası 91
Fiziksel büyüklük 94, 96
Fiziksel haller 2, **3**, 28
Fleming'in sağ el kuralı **76**
Fleming'in sol el kuralı **74**, 78, 103
Floresan 78
Floresan tüp 42, 78
Flüor (F) 112
Flüorışıma 42, **43**, 78, 79
Fon 40
Fosfor (P, element) 112
Fosfor **42**, 79
Fosforışıma 42
Fosil yakıt 7
Fotoçoklayıcı tüp 88
Fotoelektrik pil **113**
Fotoğraf makinesi **52**
Fotokatlandırıcı tüp 88
Foton 42, 82, 83
Fotosel **113**
Fransiyum (Fr) 112
Frekans **14**, 15, **33**, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 82, 83, 111
Füzyon. (bkz., çekirdek kaynaşması)
Füzyon bombası **91**
Füzyon reaktörü 91, **92**

G

Gadolinyum (Gd) 112
Galvanometre 27, 61, 66, **75**, 108
Galyum (Ga) 110, 112
Gama ışınları **42**, 83, **84**, 85, 86, 88, 89, 111
Gama radyografisi **89**
Gaz **3**
Gaz hali **3**
Gaz sabiti 31, 111
Gaz soğutmalı reaktör 93
Gaz yasası **31**
Gazların davranışı 31
Geçici mıknatıs 68
Geçirgenlik **71**
Geiger sayacı 86, **87**
Geiger-Müller tüpü **87**
Gelen dalga **34**
Gelen ışın 45, 48
Gelme açısı 45, 48, 49
Genel gaz denklemi 31
Genleşebilirlik 30
Genlik **14**, 15, 32, 33, 37, 41
Gerçek ağırlıksızlık **17**
Gerçek görüntü 47, 51, 52
Gerçek hacimce genleşme katsayısı **30**
Gerilim (bkz., potansiyel farkı)
Gerilme kuvveti **5**, 6, 20
Germanyum (Ge) 110, 112
Girdi 109
Girişim **36-37**, 40, 41
Girişim deseni 36
Gizil ısı 28, 29
g-kuvveti 16
Gölge **44**
Görülme açısı **53**
Görüntü 46, **47**
Görünür ağırlıksızlık **17**
Görünür derinlik 48, **49**
Görünür ışık **43**, 52, 78, 111
Görünür ışık tayfı **52**, 53, 113
Görünüşte hacimce genleşme katsayısı **30**
Gösterge 25
Göz merceği 52, 53
Grafikler **96-97**
Graham yasası **3**
Güç **7**, **51**, 60
Gümüş (Ag) 110, 112
Güneş patlaması 91
Güneş tutulması 44
Güney (manyetik kutup) 68, 70, 71, 72
Gürültü 40

H

Hacim **113**
Hacimce genleşme katsayısı **30**
Hacimler yasası 30, **31**
Hafniyum (Hf) 112
Hal 3
Hal değişimleri 2, **28**
Hal denklemi 31
Halkalı tutulma 44
Hareket **8-9**
Hareket yasaları **10**
Hareketli demir galvanometresi **75**
Harmonikler (üst tonlar) 41
Helyum (He) 112
Hertz (birim) 14, 38, 95
Hız **8**
Hız 9, 17, 113
Hız oranı **18**, 19
Hız profilleri 21
Hız vektörü **8**, 9, 10, 11, 15
Hızlı reaktör 90, 92, **93**
Hızlı üretken reaktör (bkz., hızlı reaktör)
Hidrojen (H) 112
Hidrojen bombası **91**
Hidrolik cendere **19**
Hidrometre **22**
Hipsometre 24
Hoffmann voltametresi **65**
Holmiyum (Ho) 112
Hook yasası **20**
Hoparlör **74**, 75, 108
Hücre 58, 61, **66-67**

I

IR ışınımı (bkz., kızılötesi ışınım)
Iraksak ayna **46**, 47
Iraksak mercek 50, **51**
Isı **7**, 26, 28
Isı aktarımı **26-29**
Isı iletimi **26**, 27
Isı iletkenliği **26**
Isı sığası 28, **29**
Isıl denge 26
Isıl enerji **7**
Isıl görüntü 43
Isınmayla genleşme **30-31**
Işığa duyarlı direnç 108
Işığın kırılma yasaları **48**, 50
Işığın kırılması **48-51**
Işığın tersinirliği ilkesi **47**
Işığın yansıma yasaları **45**, 46
Işığın yansıması **45-47**, 47
Işık **44**
Işık yayan diyot (LED) **63**, 108.
Işın 44
Işınım **7**, 26, **27**, 43, 84
Işınlama **89**

İ

İç direnç **61**, 67
İç enerji **7**, 26, 27, 28
İçbükey 46, 50, 51
İçbükey ayna **46**
İçbükey menisk 51
İçbükey mercek **51**
İdeal gaz 25, 30
İdeal gaz denklemi 31
İdeal makine **18**
İkinci bobin **77**
İkincil renkler 53
İlerleyen dalgalar 32
İletken (elektrik) **54**, 55, 57, 60, 61, 63, 76
İletken (ısı) 26, 27
İletkenlik 54
İndirgenme 64
İndiyum (In) 112
İndüksiyon (elektrik) 54, **55**
İndüktif Reaktans **62**
İndüktör 62, 108
İnert elektrot 64
İnfrason **38**
İridyum (Ir) 110, 112
İskandil 39
İş 6
İşaret seçimi **9**, 12, 47
İşaretleme (radyoaktif) 89
İterbiyum (Yb) 112
İtme **10**
İtriyum (Y) 112
İvme 4, **9**, 10, 15, 17, 113
İyon 2, 54, 64, 65, 78, 86
İyonlaşma 2, 42, 43, 64, **86**, 87, 88

İyonosfer 43
İyot (I) 112
İzleyici (radyoaktif) 89
İzogonal çizgiler (manyetik) 71
İzoklinal çizgiler (manyetik) 71
İzotop 80, **81**, 90, 91, 92, 93

J

Jeneratör 7, 58, 59, 74, **76**, 92, 93, 113
Jet motoru **11**
Joule (birim) 6, 95

K

Kabarcık odası 86, **88**
Kaçış hızı **17**
Kadmiyum (Cd) 110, 112
Kağıt sığaç **57**
Kalay (Sn) 110, 112
Kaldıraç **19**
Kaldırma kuvveti 23
Kalıcı mıknatıs 68, 69, 72, 73
Kalibre etmek 22, 24, 58, **113**
Kalkan (manyetik) **71**
Kalorimetre **113**
Kalsiyum (Ca) 112
Kandela (cd) **94**
Kapasite (hücre) **67**
Kapasitör (bkz., sığaç)
Kapılar (mantık) **109**
Kaplama **65**
Kararlı (duran) dalgalar 32, 40, **41**
Kararlı denge **13**
Kararsız denge **13**
Karbon (C) 112
Karbon direnç 60
Karbonla yaş tayini **89**
Kare ortalamalarının karekökü 59
Karekök ortalama (bkz., kare ortalamalarının karekökü)
Karın 36, **37**, 41
Karışım 2
Karşılıklı indüksiyon **76**
Katı 8
Katı hal **3**
Katkılama **63**
Katot 64, 65, 78, 79, 87
Katot ışını osiloskobu **79**
Katot ışını tüpü **79**
Katot ışınları **78-79**
Katsayı **113**
Katyon 2, 64, 86
Kaynama noktası 24, 25, 28, 29, 111
Kelvin (birim) 25, **94**
Kendiliğinden çekirdek bölünmesi **90**
Kesme 96
Kılcallık 21, 24
Kırıcı zorlama 21
Kırılan dalga 35
Kırılan ışın 48
Kırılgan 21
Kırılma (ışık) **48-51**
Kırılma 34, **35**, 47, 48, 52
Kırılma açısı 48
Kırılma indisi **35**, 48, 49, 50, 51
Kırılma yasaları (ışık) **48**, 50
Kırınım 34, **35**, 36, 47
Kızılötesi ışınım 27, 42, **43**, 111
Kilogram (kg) **94**
Kimyasal enerji **6**, 7
Kinematik 8
Kinetik enerji **7**, 14, 83, 91
Kinetik kuram 2, **3**
Kirchhoff yasaları **61**
Klinik termometre 24
Klor (Cl) 112
Kobalt (Co) 110, 112
Kohezyon (bkz., tutma)
Kollektör (toplayıcı, transistör) 63, 109
Komütatör 74, 76
Kondansatör (bkz., sığaç)
Konstantan 110
Kontrol çubukları 92, 93
Kontrol ızgarası 79
Konum **8**
Konveksiyon (bkz., taşınım)
Kopma noktası 20
Koruyucu (mıknatıslık) 69
Kosinüs **113**
Kostik eğri 47
Kozmik ışınım 86
Kriko **19**
Kripton (Kr) 112
Kritik açı **49**
Kritik kütle **91**
Krom (Cr) 112
Kromatik dizi 41
Ksenon (Xe) 112
Kuantum (paketçik) 82
Kuantum kuramı 42, **82**, 83
Kulaklık **73**
Kurşun (Pb) 110, 112
Kurtulma hızı **17**
Kuru hücre **67**
Kuşun-asit akümülatörü **67**
Kutup (manyetik) 11
Kutup (mıknatıs) **68**, 69, 70, 71, 72, 76
Kutuplanma 61, **66**, 67
Kuvvet 94
Kuvvet alanı **4**, 6, 56, 70
Kuvvet çifti **12**, 13
Kuvvet çizgileri 104
Kuvvetler **4-5**
Kuvvetler ve Alanlar **102-105**
Kuzey (manyetik kutup) 68, 70, 71, 72
Kübik genleşme katsayısı **30**
Kükürt (S) 112
Küresel sapınç **47**
Kütle **10**, 11, 94, 102
Kütle çekimi **16-17**
Kütle çekimi alanı 102, 104, 111
Kütle çekimi ivmesi **16**, 111.
Kütle çekimi kuvveti **4**, 6, 16, 102, 104
Kütle çekimi potansiyel enerjisi **6**, 7
Kütle çekimi sabiti 16, 102, 111
Kütle eksiği **82**
Kütle merkezi **8**, 9, 12, 13
Kütle numarası **80**, 81, 83, 85, 90

L

Lantan (La) 112
Leclanché hücresi **67**
LED **63**, 108
Lenz yasası **76**
Leslie küpü **27**
Leyden kavanozu **57**
Litre (l) 99
Lityum (Li) 112
Lütesyum (Lu) 112

M

Maddelerin Özellikleri **110**
Maglev treni **73**
Magnetron 43
Magnezyum (Mg) 110, 112
Makara 18, 19
Makara sistemi **19**
Makineler **18-19**
Maksimum ve minimum termometreleri **25**
Malta haçı tüpü **78**
Manganez (Mn) 112
Manometre **23**, 24
Mantık kapıları 108, **109**
Manyetik akı yoğunluğu **70**
Manyetik alan 42, 68, 69, **70-71**, 72, 75, 84, 103, 105
Manyetik alan çizgileri **70**, 71, 105
Manyetik boylam 70, **71**
Manyetik eksen **68**, 70
Manyetik ekvator 71
Manyetik güney 68, 71
Manyetik kalkan **71**
Manyetik kuvvet **4**, 68, 70, 102, 103, 105
Manyetik kuzey 68, 71
Manyetizmanın ilk yasası 68
Maxwell'in vida kuralı **72**
Mega elektron volt (MeV, birim) 82
Mekanik dalgalar 32, 33
Mekanik enerji **7**, 73, 74, 76
Mekanik yarar **18**
Menisk 21, 25, 100, 101, **113**
Mercek 47, 50, 52, 53
Mercek düzeneği 52
Mercek formülü **47**, 50
Merkezcil ivme **15**
Merkezcil kuvvet **15**
Merkezi işlem birimi (CPU) 109
Merkezkaç kuvveti 15
Metal üretimi **65**
Metre (m) **94**
MeV (birim) 82
Mıknatıs 70
Mıknatıslanma **69**
Mıknatıslar **68-69**
Mıknatıslı vinç 73
Mıknatıslığı kaybettirme **69**
Mıknatıslığın bölge kuramı **69**
Mıknatıslığın kendiliğinden kaybolması **69**
Mikrodalga **43**, 111
Mikrometre **99**, 113
Mikroskop **52**
Moderatör 93
Mol (birim) 31, **94**
Molekül **2**, 3
Moleküler mıknatıslar 69
Moleküler özellikler **20-21**
Moleküler potansiyel enerji 3, **6**, 7
Moleküllerarası kuvvetler 3, **5**, 6, 20, 21, 30
Molibden (Mo) 110, 112
Moment **12**, 12, 13
Momentler ilkesi 13
Momentum **10**, 11
Monoizotop 81
Morötesi ışınım **42**, 43, 78, 83, 111
Motor etkisi 74, 75, 76
Motor kuralı **74**
Multimetre **75**
Mumetal 71
Mutlak hacimce genleşme katsayısı **30**
Mutlak kırılma indisi 35, 48
Mutlak sıcaklık ölçeği 24, **25**, 30, 31, 94
Mutlak sıfır 25
Müzik dizisi 41
Müzikal sesler **41**

N

n tipi yarı iletken 63
Negatif ivme 9
Neodim (Nd) 112
Neon (Ne) 112
Neptünyum (Np) 112
Newton (birim) **4**, 12, 20, 95
Newton'un birinci yasası **10**
Newton'un hareket yasaları **10**
Newton'un ikinci yasası **10**, 11, 16
Newton'un kütle çekimi yasası **16**
Newton'un üçüncü yasası **11**, 102
Nikel (Ni) 110, 112
Nikel-kadmiyum alkali hücresi 67
Niyobyum (Nb) 112
Nokta etkisi **55**
Normal 45, 48, 49
Normal kuvvet 5, 12
Nota 41
Nötr denge **13**
Nötr nokta **70**
Nötral tel 59
Nötrino 85
Nötron 5, **80**, 81, 84, 85, 90, 91, 92, 93, 111
Nötron sayısı **80**, 81
npn transistörü 63, 108
Nükleer enerji **82-83**
Nükleer fisyon (bkz., çekirdek bölünmesi)
Nükleer füzyon (bkz., çekirdek kaynaşması)
Nükleer güç santralleri 92, 113
Nükleer reaktör 92
Nükleon 80, 82, 83
Nükleon başına bağlanma enerjisi 83

O

Objektif merceği 52, 53
Odak noktası 46, 50
Odak uzaklığı 46, 47, 50, 51
Ohm (birim) 60, 95
Ohm yasası **60**
Oksijen (O) 112
Oktet 81
Okuma hatası 98, 100, **101**
Oküler 52, 53
Olasılık yoğunluğu 81
Optik Aletler **52-53**
Optik fiber 49
Optik merkez 50, 51
Optik yoğunluk 48
Orantılılık sınırı 20, 21
Orbital 81
Orijin 96, 97
Ortalama **113**
Ortalama hız 8
Ortam 27, 32, 33, 34, 35, 38, 42, 48, 49, 50, 51, **113**
Osiloskop **79**
Osmiyum (Os) 112

Ö

Ölçme **98-101**
Ölçüm hataları **100-101**
Ön ekler **94**
Örtücü 52
Ötelenme 3, 7, 8
Özdirenç **60**, 61, 63
Özgül gizil ısı 28, 29
Özgül ısı sığası **29**, 113
Öziletkenlik 60, **61**
Özindüksiyon **77**

P

p tipi yarı iletken 63
Palladyum (Pa) 110
Palladyum (Pd) 112
Paralaks **45**
Paralaks hatası **100**, 101, 113
Paralel bağlama **62**
Paralelkenar kuralı **106**
Paramanyetik cisim **70**
Paratoner 55
Parçacık hızlandırıcı 84
Parçalı tutulma 44
Parıldama 42
Parıldamalı sayaç 42, **88**
Pascal (birim) 23, 95

Penumbra 44
Perde (ses) **40**, 41
Periyod 94
Periyodik hareket **14-15**, 32
Periyot **14**, 15, 17, 32
Permeabilite **71**
Piksel 79
Pil 58, 60, 61, **66-67**, 108
Pirinç 110
Planck sabiti 82
Plastik 20, 21
Platin (Pt) 110, 112
Plütonyum (Pu) 112
pnp transistörü 63, 108
Polonyum (Po) 112
Potansiyel **56**, 57, 58, 59, 61, 104
Potansiyel bölücü **61**
Potansiyel enerji **6**, 7, 14, 56, 82, 104
Potansiyel farkı **56**, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 75, 79, 104
Potansiyometre 61, 108
Potasyum (K) 112
Pozitron 84.
Praseodim (Pr) 112
Primer bobin **77**
Prizma **49**, 52
Prometyum (Pm) 112
Protaktinyum (Pa) 112
Proton 2, 5, **80**, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 111

R

Radar 43
Radon (Rn) 112
Radyasyon (bkz., ışınım)
Radyo dalgaları 42, **43**, 111
Radyoaktif bozunma 6, 42, **85**, 87, 88, 93
Radyoaktif implant 89
Radyoaktif izleme **89**
Radyoaktif izotop **84**
Radyoaktif seriler 85
Radyoaktif ürün 91, 92
Radyoaktivite 83, 84-85
Radyoaktivitenin kullanım alanları **89**
Radyoaktiviteyi saptama ve ölçme **86-88**
Radyograf 89
Radyoizotop 81, **84**, 86, 89
Radyokarbonla yaş tayini **89**
Radyoloji **89**
Radyoterapi 89
Radyum (Ra) 112
RAM (rasgele erişimli bellek) 109
Reaktans **62**
Referans noktası **24**, 25
Renk **52**, 53
Renk karıştırma **53**
Renksemez mercek 52, 53
Renkser sapınç 52, **53**
Renyum (Re) 112
Reosta 61
Reverberasyon **39**
Rezistans (bkz., direnç)
Rezonans **15**
rms (bkz., kare ortalamalarının karekökü)
Rodyum (Rh) 112
Roket motoru **11**
ROM (salt okunur bellek) 109
Rozet film **87**
Röle 62, 73, 108, 109
Röntgen filmleri 42, 89
Röntgen ışınları (bkz., X ışınları)
Rubidyum (Rb) 112
Rutenyum (Ru) 112
Rutherford-Bohr atom modeli **80**

S

Sabit (dielektrik) **57**
Sabit (gaz) 31, 111
Sabit (kütle çekimi) 16, 102, 111
Sabit (Planck) 82
Sabit **111**, **113**
Saçak (girişim) 36
Saflaştırma **65**
Sağ el kuralı **72**
Salınım **14**, 15, 32
Salt okunur bellek (ROM) 109
Samaryum (Sm) 112
Sanal görüntü 45, 46, 47, 51, 52, 53
Saniye (s) **94**
Santigrat 25
Sapınç **47**, 52, 53
Sapma açısı (manyetik) **71**
Saptırma sistemi 79
Sarım oranı **77**
Sayılar **107**
Sayısal 109
Sayısal termometre **25**
Seçici indirgenme 64
Seçici yükseltgenme 64
Sekonder bobin **77**
Selenyum (Se) 110, 112
Sera etkisi **27**
Serbest düşme **17**
Serbest salınım **15**
Seri bağlama **62**, 67, 75
Sert (ferromanyet) **68**, 69
Seryum (Ce) 112
Ses altı **38**
Ses altı hız **38**
Ses dalgaları **38-39**, 40, 74
Ses hızı **38**, 39
Ses Ötesi **38**, 39
Ses patlaması **38**
Ses rengi 41
Ses üstü hız **38**
Sesin algılanması **40-41**
Seyrelme bölgesi (dalga) **33**, 37, 38
Sezyum (Cs) 112
SI birimleri 4, 6, 7, 12, 14, 22, 23, 29, 58, **94**, 95, 113
Sıcaklık **24-25**
Sıcaklık eğimi 26
Sıcaklık ölçekleri **24**
Sıfır hatası 98, 99, **100**
Sığa **57**, 62
Sığaç 54, **57**, 62, 108.
Sıkışma bölgesi (dalga) **33**, 37, 38
Sıkışma kuvveti **5**, 6, 20
Sınır açı **49**
Sınır ışını 49
Sınır sürtünme kuvveti 5
Sıvı hal **3**
Sıvı kristal termometre **25**
Sıvılı termometre **24**, 25
Siklotron 84
Silisyum (Si) 110, 112
Simgeler **97**
Sinterleme 68
Sintilasyon sayacı **88**
Sinüs 48, **113**
Sinüsel 59
Sis odası 86, **88**
Sistem **113**
Siyah cisim 27
Skaler büyüklük **106**
Skandiyum (Sc) 112
Slayt gösterici **53**
Snell yasası **48**
Sodyum (Na) 112
Soğuma eğrisi 29
Soğutucu 92, 93, **113**
Solenoid **72**
Son hız **17**
Sonar 39, 43
Sonik aralık 38
Sonometre 41
Sönümlenme **14**, 15, 33
Spektrometre 52
Standart hücre **67**
Statik denge 13
Statik elektrik **54-55**
Statik sürtünme kuvveti **5**
Stronsiyum (Sr) 112
Su 110
Süblimleşme **28**
Sünek 21, **113**
Süpersonik hız **38**
Süpürme hızı 79
Sürat **8**
Sürgülü kompas **98**, 100
Sürtünme katsayısı **5**, 113
Sürtünme kuvveti **5**, 18, 21, 113
Sürükleme 13, 17

Ş

Şarj edilebilen hücre **67**
Şok dalgası 38
Şönt direnç 75

T

Taban (transistör) **63**, 109
Talyum (Tl) 112
Tam dalga doğrultması 63
Tam gölge 44
Tam iç yansıma **49**
Tam sapma 75
Tam tutulma 44
Tamamlayıcı renkler 53
Tanjant **113**
Tantal (Ta) 110, 112
Taşıma diski **55**
Taşınım **26**, 27
Taşınım akımı 26
Tayf **113**
Teğet 96
Tek değme ile mıknatıslanma **69**
Teknetyum (Tc) 112
Teleskop **53**
Televizyon **79**
Telli köprü 61
Tellür (Te) 110, 112
Temas kuvveti **5**, 102
Temel aralık 24
Temel büyüklükler **94**, 95
Temel durum 82
Temel frekans 41
Tepe (dalga) **32**, 36, 37
Tepe noktası 46
Tepkili motor **11**
Terbiyum (Tb) 112
Termal (Isıl) denge 26
Termal (Isıl) enerji **7**
Termal (Isıl) görüntü 43
Termik reaktör 90, 92, **93**
Terminal 59
Termistör 25, **63**, 108
Termoçift **25**, 27
Termodinamik sıcaklık ölçeği **25**
Termoiyonik emisyon 78
Termometre **24**
Termometrik özellik 24
Termonükleer tepkime 91
Termopil **27**
Termos **27**
Termostat 30
Ters **113**
Ters besleme 63
Ters emk 58, 66, 74
Ters orantı **113**
Titanyum (Ti) 112
Titreşim hareketinin kinetik enerjisi 3, 7
Titreşim kipleri (ses) **41**
Toplayıcı (transistör) 63, 109
Toprak (tel) 59, 108
Toricelli boşluğu 23
Tork **12**
Toryum (Th) 112
Transformatör 59, **77**, 108
Transistör 62, **63**, 108, **109**
Tulyum (Tm) 112
Tungsten (W) 110, 112
Tutma **21**, 113
Tutulma **44**
Tümsek ayna **46**
Türbin 7, 59, 92, **113**
Türetilmiş büyüklükler 94, **95**

U

Uç (terminal) 59
Ultrason **38**
Ultrasonografi 39
Uluslararası birimler (bkz., SI birimleri)
Umbra 44
Uranyum (U) 112
UV ışınım (bkz., morötesi ışınım)
Uygulanan kuvvet 18
Uyumlu dalga 36
Uzunluk ölçümü **98**

Ü

Üçlü nokta 94
Üslü gösterim (sayı) 101, **107**
Üst tonlar 41
Üst üste gelme ilkesi **36**, 37

V

Vakum (bkz., boşluk)
van de Graaf jeneratörü **55**
Vanadyum (V) 112
Vektörel büyüklük 4, 8, 9, 10, **106**
Verim **18**
Verniye ölçeği **98**, 113
Viskozite 20, **21**
Volt (birim) 56, 57, 95
Volta hücresi 66
Volta pili **66**
Voltaj 56
Voltaj bölücü **61**
Voltametre **65**
Voltmetre **75**, 108
Vuru (ses) **40**

W

Watt (birim) 7, 95
Wheatstone köprüsü **61**
Wilson sis odası 88
Wulf (atım) elektroskobu **87**

X

X ışını tüpü 42, **78**
X ışınları **42**, 78, 83, 89, 111
x kesmesi 96

Y

y kesmesi 96
Yakınsak ayna **46**, 47
Yakınsak mercek **50**, 51
Yalıtkanlar (elektrik) **54**, 55, 60, 61, 63
Yalıtkanlar (ısı) **26**, 27
Yamulma 20
Yamulma enerjisi **6**
Yan kol direnci 75
Yankı **39**, 43
Yankı tekrarlanmaları **39**
Yankıyla yer saptama 39
Yansıma **34**, 45
Yansıma açısı 45
Yansıma yasaları (ışık) **45**, 46

Yansıyan dalga 34
Yansıyan ışın 45
Yapıcı girişim **37**
Yapışma **21**, 113
Yararsız yük **18**
Yarı gölge 44
Yarı iletken 60, **63**
Yarı ömür 84, **85**, 89
Yarım dalga doğrultması **63**
Yasa (basınç) **31**
Yasa (Boyle) **31**
Yasa (çizgisel momentumun korunumu) 10, **11**
Yasa (elektrostatiğin ilk) **54**
Yasa (enerjinin korunumu) 6
Yasa (Faraday'ın elektroliz) **65**
Yasa (Faraday'ın indüksiyon) **76**
Yasa (gaz) 31
Yasa (Graham) **3**
Yasa (hacimler) 30, **31**
Yasa (Hook) 20
Yasa (ışığın kırılma) **48**, 50
Yasa (ışığın yansıma) **45**, 46
Yasa (Kirchhoff) **61**
Yasa (Lenz) **76**
Yasa (manyetizmanın ilk) 68
Yasa (Newton'un hareket) **10-11**
Yasa (Newton'un kütle çekimi) **16**
Yasa (Ohm) **60**
Yasa (Snell) **48**
Yaş tayini (radyokarbon) **89**
Yayıcı (transistör) 63, 109
Yayılan dalgalar 32
Yayınım (difüzyon) **3**, 88
Yayınım hızı 3
Yayınım sis odası 88.
Yer değiştirme 8, 9, 32
Yerçekimi **4**
Yerçekimi ivmesi **16**
Yere eşzamanlı yörünge **17**
Yerel etki **66**, 67
Yıkıcı girişim **37**
Yıldırım **55**
Yoğunlaşma 28, 29
Yoğunluk 22, 23
Yoğunluk kabı **22**
Yoğunluk ve basınç **22-23**
Yol oranı (bkz., hız oranı)
Young deneyi **36**, 37
Young modülü 20
Yörüngemsi 81
Yumuşak (ferromanyet) **68**
Yuvarlama **101**
Yük 18
Yükseklik (ses) **40**
Yükseltgenme 64
Yükseltici 87, 108
Yükseltici transformatör 59, **77**
Yüzey gerilimi 20, **21**
Yüzeysel genleşme katsayısı **30**
Yüzeysel yük yoğunluğu **55**
Yüzme ilkesi 23

Z

Zayıflama **33**
Zıt fazlı 36
Zincirleme tepkime 90, 91, 92, 93
Zirkonyum (Zr) 112
Zorlama 20, 21
Zorlanma (bkz., yamulma)
Zorlanmış salınım **15**