

# **Ölçme Kontrol ve Otomasyon Sistemleri**

## **3**

---

Dr. Mehmet Ali DAYIOĞLU

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

# Elektrik Yüğü

- Bir elektronun yüğü ve bir protonun yüğü büyüklük bakımından eşittir ve işareti ters yöndedir. Elektriksel yük, elektronların fazla veya eksik olması nedeniyle var olan maddenin elektriksel bir özelliğidir.
- Statik elektrik, bir materyalde net pozitif veya negatif yükün varlığının göstergesidir.
- Bilindiğı gibi atomların normal şartlarda proton ve elektron sayıları eşittir.
- Bunun anlamı, bir etkiye maruz kalmamış maddeler yüksüz (nötr) haldedirler. Bir maddeyi oluşturan atomların bir kısmı ya da tamamında elektron sayıları ile proton sayıları arasında sayısal bir fark varsa, bu madde elektriksel olarak yüklü bir maddedir.
- Eğer madde atomları elektron kaybetmişlerse pozitif (+) yüklü, elektron kazanmışlarsa negatif (-) yüklü olacaktırdır.
- Pozitif (+) elektrik yüklü iyonlara katyon, negatif (-) elektrik yüklü iyonlara anyon denir.
- Bir cismin yüğü doğal olarak kendi atomlarının yük ortalamasına eşit olacaktır.

# Elektrik Yüğü

## Elektrik Yüğü ve Birimi

- Bir madde, atomlardan oluşur. Bir maddeyi oluşturan atomlar bir etki ile elektron kaybetmişlerse pozitif yükle yüklenmişler, pozitif iyon durumuna geçmişlerdir.
- Aynı şekilde bu atomlar elektron kazanmışlarsa, negatif iyon durumuna geçmişlerdir. Yüklü atomlardan oluşan bir madde de yüklü bir maddedir. Bu maddenin yük miktarı kendisini oluşturan atomların yüklerinin toplamına eşittir. Bu durumda elektrik yüğü, bir maddedeki atomların yüklerinin toplamı şeklinde tanımlanabilir.
- Atomların yüklerinin, atomların proton sayıları ile elektron sayıları arasındaki farktan kaynaklandığını biliyoruz.
- Elektrik yüğü, **Q** ile gösterilir.
- Elektrik yükünün birimi ise Coulomb 'dur.
- Cisimlerin atomları iyon durumuna geçtikleri zaman elektrik yüğü depolamış olurlar.
- Gümüş atomu yüksüz (nötr) olduğu için yalnızca **Ag** ile gösterilir.
- Eğer gümüş atomlarında fazladan birer elektron varsa, bu atomlar **Ag<sup>-</sup>** şeklinde gösterilir. Bunun anlamı, gümüş atomu nötr halde iken 47 proton ve 47 elektrona sahiptir.
- Nötr gümüşe elektrik akımı verildiği zaman – 1 değerlikli negatif iyon durumuna geçmiş olup 47 proton ve 48 elektrona sahip olur. Eğer gümüş atomu bir elektron kazanacağı yerde, kaybetmiş olsaydı o zaman **Ag<sup>+</sup>** şeklinde gösterilecekti.

# Elektrik Yüğü

- Örneğın, suya karıştırılan bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) tuzu, suda  $\text{Cu}^{+2}$  ve  $\text{SO}_4^{-2}$  şeklinde iyonlarına ayrışır, ancak iyonlaşma sonucu elde edilen parçacıklar nötr halde değildir.
- Bakır (Cu) iki elektron kaybetmiş ve pozitif iyon (katyon) haline geçmiştir.
- Sülfat ise ( $\text{SO}_4$ ) iki elektron kazanarak negatif iyon (anyon) olmuştur. Bu durumda sülfat iki elektron kaybettiği için  $\text{SO}_4^{-2}$  ve bakır iki elektron kazandığı için  $\text{Cu}^{+2}$  şeklinde gösterilecektir.
- 1 Kulon  $624 \times 10^{16}$  adet elektron ya da protonun yüküne eşittir.

Buna göre:

- 20 W'lık bir lambadan 1 saniyede yaklaşık 5676.1014 (567.600.000.000.000.000) elektronun geçtiğini biliyor muydunuz?

# Coulomb Yasası

- Bilindiği gibi iki cisimden birinin yükü diğerinden farklıysa yani biri pozitif yüklüyken, diğerisi negatif yüklüyse, bu iki cisim arasında çekme kuvveti vardır.
- İki cisimden ikisinin yükü de aynıysa yani ikisi de pozitif ya da ikisi de negatif yüklüyse iki cisim arasında bir itme söz konusu olur.
- Coulomb yasası, cisimlerin elektriksel yüklerinin birbirlerine etkisini tanımlar ve açıklar.

Buna göre:

- Elektrik yükleri arasında bir itme ya da çekme kuvveti vardır.
- Pozitif ve negatif olmak üzere iki cins elektrik yükü vardır. Aynı yükler arasında bir itme kuvveti, farklı cins yükler arasında ise bir çekim kuvveti mevcuttur.
- Yükler arasındaki kuvvet, yükleri birleştiren hat doğrultusundadır.
- İki yük arasındaki kuvvet, yükler arasındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır.
- İki yük arasındaki kuvvet, yüklerin çarpımlarıyla doğru orantılıdır.
- Yükler arasındaki kuvvet, yüklerin bulunduğu ortamdan etkilenir.

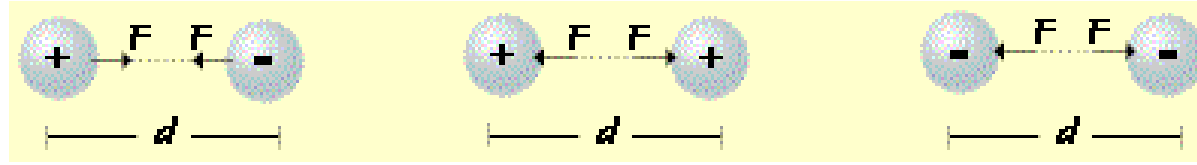
Coulomb yasası dikkate alındığında iki yük arasındaki kuvvet kısaca yüklerin cinsine ve miktarına, aralarındaki uzaklığa ve yüklerin bulunduğu ortama bağlıdır, denilebilir.

Q1 ve Q2 yüklerine sahip iki kaynak arasında oluşan elektrik alanının kuvveti iki şarjın çarpımıyla doğru orantılı, yüklerin arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılıdır.

# Coulomb Yasası

## *Coulomb Kuvveti*

$d$  uzaklığıyla ayrılmış iki noktasal yük;  $q_1$  ve  $q_2$ , birbirine eşit miktarda kuvvet uygular. Bu kuvvet itme ya da çekme olabilir. Aynı yükler birbirini iter, zıt yükler ise birbirini çeker.



Bu kuvvetin büyüklüğü:

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

k, Coulomb sabitidir

$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$  (Newton x Metre / Coulomb)

$q_1$  ve  $q_2$  elektrik yükleri,

$d$  uzaklık,

C ise ışık hızı değil yük birimidir.

**Bir elektronun yükü:**  $-1.6 \times 10^{-19} \text{ c}$  (Coulomb)

**Bir protonun yükü:**  $+1.6 \times 10^{-19} \text{ c}$  (Coulomb)

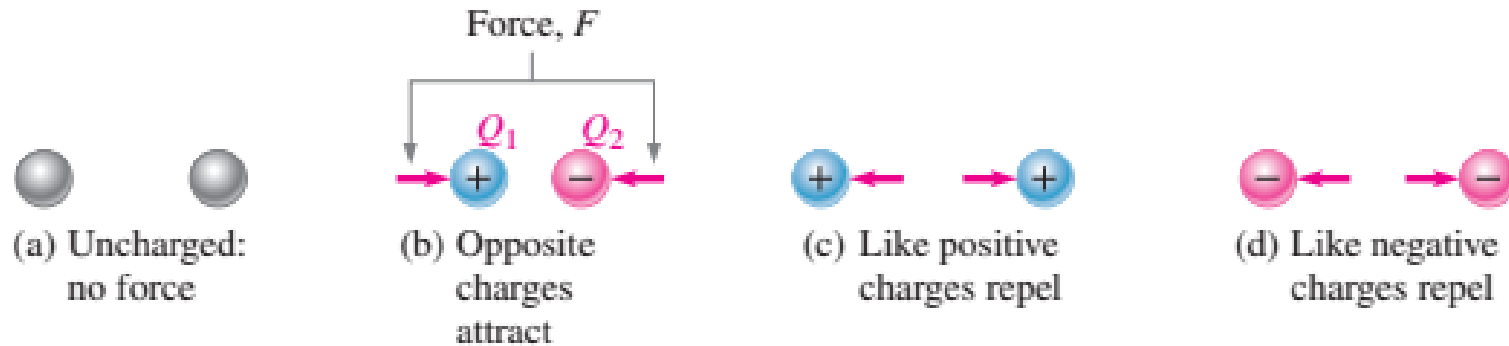
Bunların hepsi; iki protonun veya iki elektronun birbirlerini ittikleri, bir proton ile bir elektronun ise birbirlerini çektiği anlamına gelir.

# Elektrik Alanı

- Elektrik yüklerinin etkisini gösterdiği alanlar, **elektrik alanı** olarak adlandırılır.

Elektrik alanı içerisindeki yüklü cisimlere elektrik alanı tarafından bir kuvvet uygulanır, ancak bu kuvvet gözle görülemez, sadece etkileri görülebilir.

- Elektrik alanının bir değeri, yönü ve doğrultusu vardır. Bu nedenle elektrik alanı vektörel bir büyüklüktür.

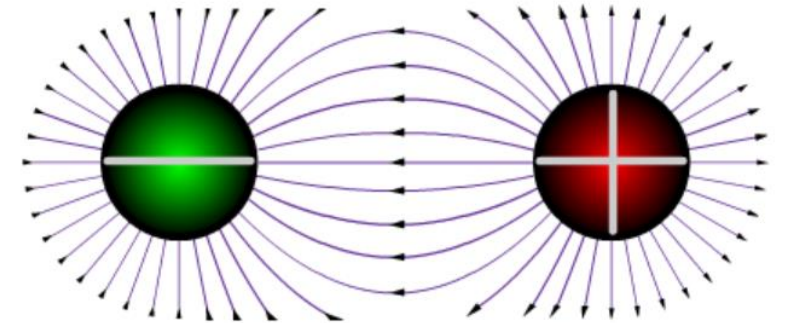
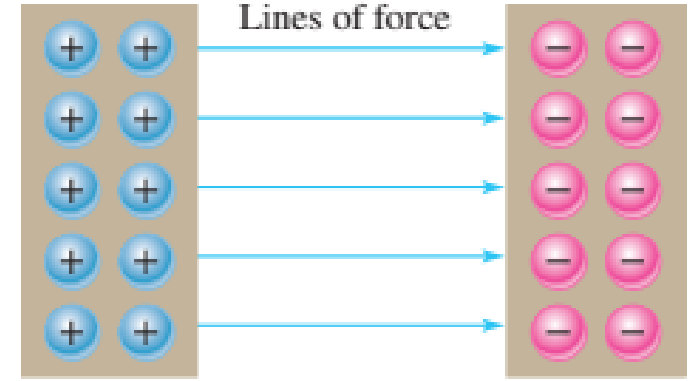


# Elektrik Alanı

## Elektrik Kuvvet Çizgileri

Elektrik alanının yüklü cisimlere uyguladığı kuvvet, kuvvet çizgileri ile temsil edilir. Elektrik kuvvet çizgilerinin özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Pozitif yükte kuvvet çizgileri yükten dışarıya doğru, negatif yükte ise içeriye doğrudur.
- Kuvvet çizgileri birbirlerini kesmezler.
- Kuvvet çizgileri girdikleri ve çıktıkları yüzeylere diktirler.



**Zıt yüklerde manyetik kuvvet çizgilerinin durumu**



# Elektrik Alanı

- **Elektrik Alanı ve Alan Şiddeti**

Elektrik alan şiddeti, elektrik alanının büyüklüğünü ifade eder.

- Elektrik alanı içerisindeki bir noktanın alan şiddetinin değeri, o noktada bulunduğu varsayılan birim pozitif yüke etkiyen kuvvet miktarı olarak bilinir.

$$E = \frac{F}{Q}$$

**E** : Elektrik alan şiddeti V/m

**F** : Yükler arasındaki kuvvet (N)

**Q** : Elektrik yükü (Coulomb)

# Elektrik Potansiyeli (Elektriksel Gerilim)

Yüklü bir cisim bir elektrik potansiyeline sahiptir. Elektrik potansiyeli olan bir cisim, potansiyelinin miktarına bağlı olarak çevresine bir elektrik alanı uygular.

Elektrik potansiyeli, bir elektrik alanının etkisindeki bir noktanın sahip olduğu elektrik yükü miktarına denir.

V harfi ile gösterilir ve birimi Volt (V) tur.

Elektrik gerilimi iki yükün ya da iki ayrı noktadaki yüklerin potansiyellerinin farkı şeklinde tanımlanır.

Gerilim (Voltaj) elektriksel yükün sahip olduğu enerji seviyesini gösterir.

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

V: gerilim (volt)

W enerji (Joule)

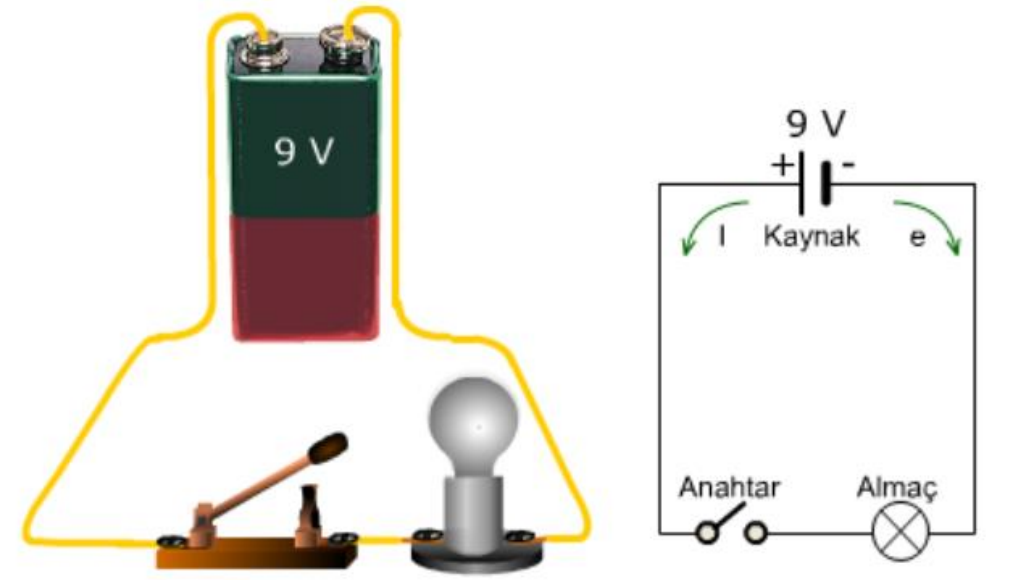
Q: Elektriksel yük (Coulomb)

Basit bir benzetme olarak, voltajın, suyun kapalı bir su sisteminde bir boru boyunca akmasına neden olan bir pompa tarafından oluşturulan basınç farkına karşılık geldiğini düşünebilirsiniz.

**Bir noktadan başka bir noktaya 1 Coulomb luk elektriksel yükünü taşımak için 1 Joule lük bir enerji kullandığımız zaman iki nokta arasındaki potansiyel farkı 1 volttur.**

# Elektrik Akımı

- Bir iletkenle birleştirilen ve aralarındaki potansiyel farktan kaynaklanan iki nokta arasındaki elektron akışına elektrik akımı denir. Elektrik akımına kısaca elektron akımıdır.
- **Elektrik akımı elektriksel yükün akış hızına eşittir.**
- Bir elektrik devresinde elektrik akımı kaynağın pozitif (+) ucundan negatif (-) ucuna doğrudur.
- Elektron akımı ise kaynağın negatif (-) ucundan pozitif (+) ucuna doğrudur



$$I = \frac{Q}{t}$$

I : Akım şiddeti (Amper, A)

Q: Elektronların yükü (Coulomb, C)

t: zaman (saniye, s)

Basit bir benzetme olarak, akımı bir su sistemindeki bir borudan akan suya karşılık geldiğinde düşünebilirsiniz; basınç bir pompa ile uygulanır. Pompa basınç kaynağıdır.

**Gerilim akıma neden olur.**

# Elektrik Akımı

- Bir kaynağın uçları bir alıcı üzerinden iletkenler vasıtasıyla birleştirildiğinde devreden elektrik akımının geçtiğini biliyorsunuz.
- Bu akımın taşıyıcılarının iletkenlerin atomlarındaki (son yörüngede) **serbest elektronlar** olduğunu da biliyorsunuz.
- Hatırlayacağınız gibi son yörüngesinde 3 ve daha az elektron bulunduran atomlardan oluşan metal maddelere iletken madde demiştik. Ayrıca son yörünge elektron sayısı (en fazla üç olmak kaydıyla) az olan atomlardan oluşan maddeler, çok olanlara göre daha iyi iletkeni.

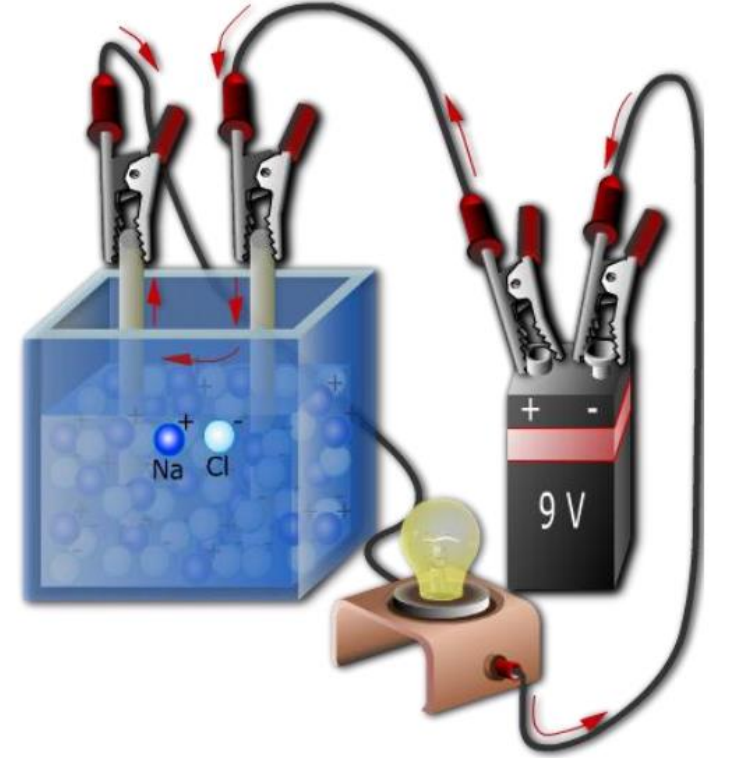
# Elektrik Akımı

## Elektrik Akımının Sıvılardan Geçişi

Sıvılar aslında yalıtkan olmalarına karşın bileşik halinde olan ve atomları iyonlarına ayrılabilen bazı sıvılar, suya karıştırıldıklarında iletken olabilirler. Örneğin, saf su yalıtkan olmasına karşın suya asit, baz ya da tuz karıştırıldığında suda çözünürler (reaksiyona girerler) ve reaksiyon sonucu ortaya çıkan iyonlar sulu çözeltiyi (elektrolitik sıvı) iletken hale getirirler. Suda çözüldürdüklerinde en iyi iletkenlik asitlerle elde edilir, ardından sırası ile bazlar ve tuzlar gelir.

Şekilde görülen elektroliz devresinde suyun iletkenliğini sağlamak için sodyum klorür ( $\text{NaCl}$ ) kullanılmıştır. Devredeki kaptaki sodyum ( $\text{Na}^+$ ) ve klor ( $\text{Cl}^-$ ) iyonları bulunmaktadır, çünkü sodyum klorür suda çözünerek Sodyum ( $\text{Na}^+$ ) ve klor ( $\text{Cl}^-$ ) iyonlarına ayrılmıştır. Devredeki kaynak ve lamba çözeltiye daldırılmış elektrotlar üzerinden kablolarla birleştirilmiş, çözelti (elektrolit) üzerinden kapalı bir devre oluşturulmuştur.

Anlatımımızı bir (tek) elektron üzerinden yaparsak anlaşılabilirlik açısından faydalı olabilir. Kapalı devre oluşturulduğu anda kaynağın (pilin) negatif (-) ucundan çıkan bir elektron kabloya, kablodan da negatif uca bağlı elektroda (katot) geçer. Bu anda katodun yük dengesi değiştiği ve negatif yüklendiği için sodyum ( $\text{Na}^+$ ) iyonlarından birini kendine çeker ve ona bir elektron verir. (Sodyum nötr hale gelir.) Aynı anda kaynağın pozitif ucu kablodan bir elektron koparır (alır) ve kablo da pozitif elektrottan (anot) bir elektron çeker. Yük dengesi bozulan ve pozitif yüklenen anot, Klor ( $\text{Cl}^-$ ) iyonlarından birini kendine çeker ve ondan bir elektron koparır. (Klor da nötr hale gelir.) Elbetteki bir anda (kaynak tarafından) katoda milyonlarca elektron verilmekte ve anottan milyonlarca elektron çekilmektedir. Buna bağlı olarak milyonlarca Sodyum iyonu ( $\text{Na}^+$ ) katoda doğru hareket ederek katotla bileşik oluşturmakta (birleşmekte) ve milyonlarca Klor iyonu ( $\text{Cl}^-$ ) anoda doğru hareket etmekte ve anotla birleşmektedir. Bunlar olurken aynı sayıda elektron lambanın üzerinden geçmekte ve lambanın ışık yaymasını sağlamaktadır.



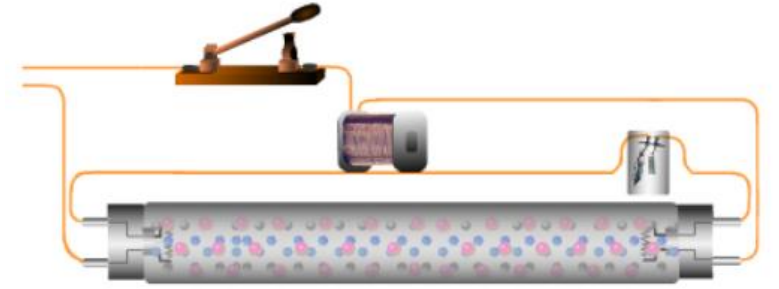
**Elektroliz devresi**

# Elektrik Akımı

## Elektrik akımının gazlardan geçişi

Gazlar da sıvılar gibi normalde yalıtıcıdır. Ancak bir tüp içerisindeyken düşük basınç altında ve yüksek gerilimin etkisindeki bazı gazlar, atomlarının iyonlaşması sonucu iletken hale geçebilirler. Bu konuda en bilinen örneklerden biri floresan lambaların tüplerinde kullanılan argon gazıdır.

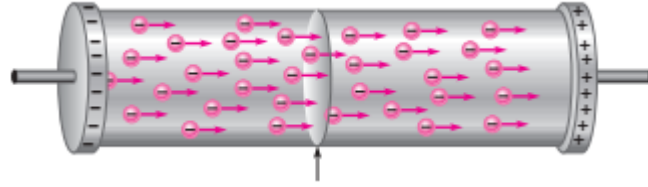
Şekilde temsili bir floresan lamba devresi görülmektedir. Havası alınmış lamba tüpünün içerisinde argon ve civa (buhar halinde) bulunur. Bilindiği gibi argon (Ag) gazı atomlarının son yörüngelerinde 8 elektron bulunmaktadır ve bu özelliğinden dolayı iletkenlik bakımından yalıtkan sınıfına girmektedir, ancak devrede flamanlar yardımıyla ısıtılan gaz atomları, balast vasıtasıyla yüksek gerilime maruz kaldıklarında iyonlaşırlar ve flamanlardan gönderilen ya da alınan serbest elektronların taşıyıcısı durumuna geçerler. Bu durumda tüp içerisinde akımın geçtiğini, gaz haline geçen civa atomlarının uyardığı fosfor atomlarının yaydıkları ışıktan anlamaktayız.



**Floresan lamba devresi**

# Elektrik Akımı

- Elektrik akımı ampermetre denen ölçüm cihazları ile ölçülür.
- Ampermetreler devreye seri olarak bağlanırlar.
- 1 Amper, 1 saniyede bir iletkeninden geçen 1 Coulomb'luk elektrik yükü miktarına denir.
- Başka bir deyişle, bir devreden 1 saniyede  $6.25 \cdot 10^{18}$  adet elektron geçiyorsa o devrenin akımı 1 Amper'dir.



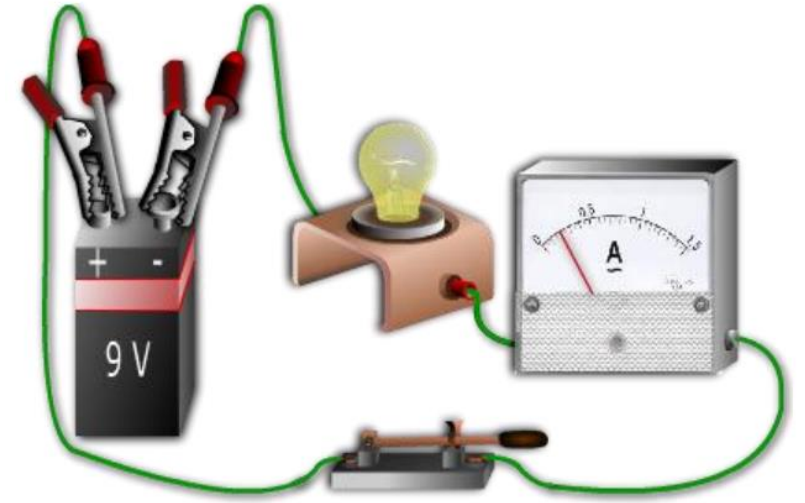
**Bir devreden geçen elektrik akımı:**

$$I = \frac{Q}{t}$$

**I** : Elektrik akım şiddeti – Amper (A)

**Q**: Elektrik yükü miktarı – Coulomb (C)

**t** : Elektrik yüklerinin geçtiği zaman – saniye (s)



**Ampermetrenin devreye bağlanması**

# Elektrik Akımı

## Doğru akım (DC)

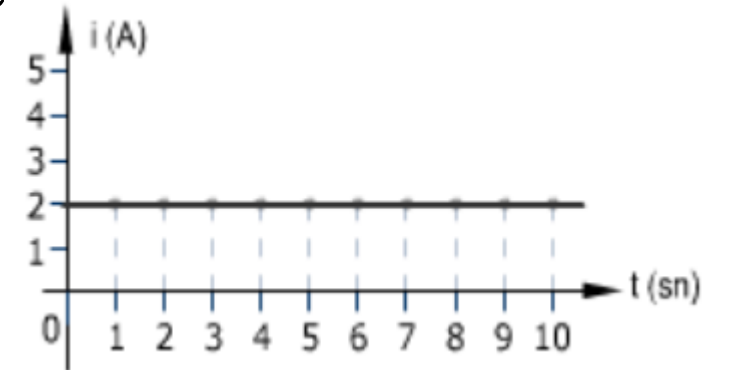
Zamanla yönü ve şiddeti değişmeyen akıma doğru akım denir.

İngilizce “Direct Current” kelimelerinin kısaltılması “DC” ile gösterilir

## Düzgün Doğru Akım

Zamana göre yönü de şiddeti de değişmeyen akıma düzgün doğru akım denir.

Düzgün doğru akım dinamolar, piller, akü ve bataryalardan elde edilir.



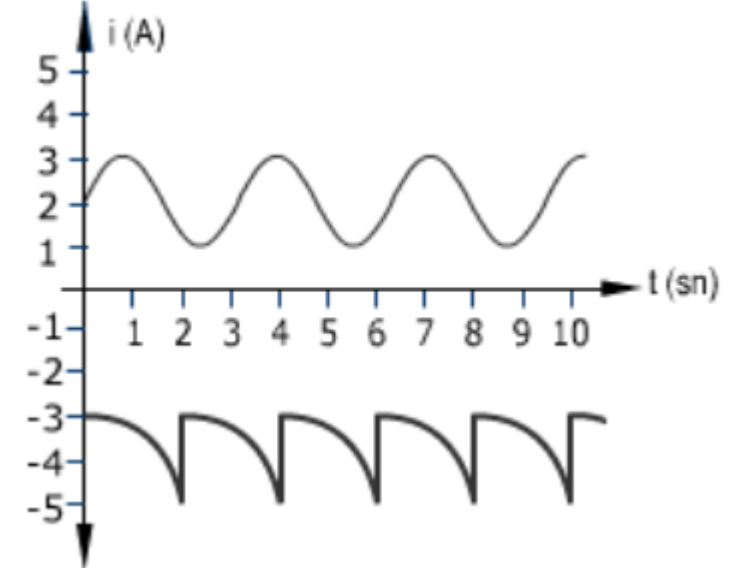


# Elektrik Akımı

## Değişken Doğru Akım

Zaman göre yönü değişmeyen ancak değeri değişen akımlara değişken doğru akım denir.

Şekilde iki farklı değişken doğru akım eğrisi görülmektedir. Şekilde birinci eğri pozitif değere sahipken ikinci eğri negatif değere sahiptir. Periyodik değişken doğru akım, sinyal (pals-puls) jeneratörü denen cihazlarla elde edilir.



# Elektrik Akımı

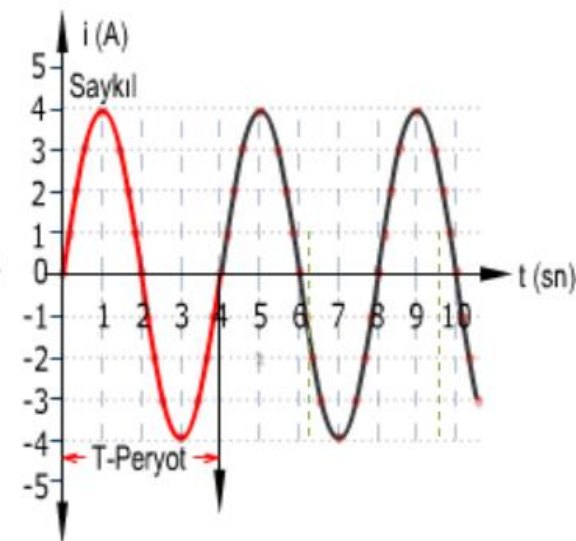
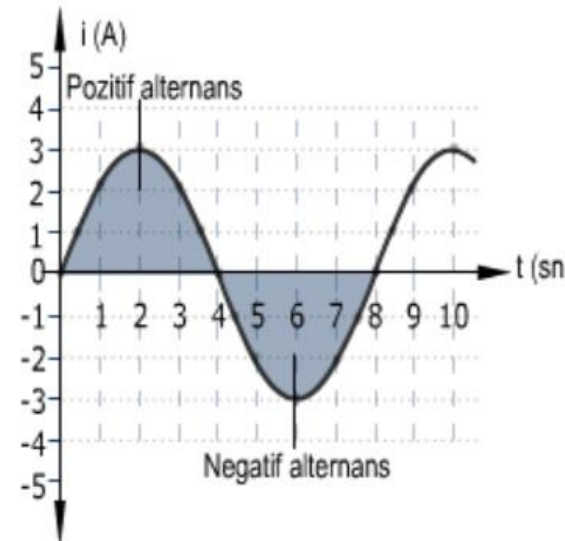
## Alternatif akım (AC)

Zamana bağılı olarak hem yönü hem de şiddeti değişen akımlara alternatif akım denir.

Alternatif akım denince akla ilk olarak şebekeden çekilen akım gelir. Şebeke akımının dalga formu sinüs eğrisi şeklindedir.

Şekildeki eğriler, şebeke akımının örnekleridir ve sinüs eğrisi ya da sinüsoidal eğri olarak adlandırılmaktadırlar.

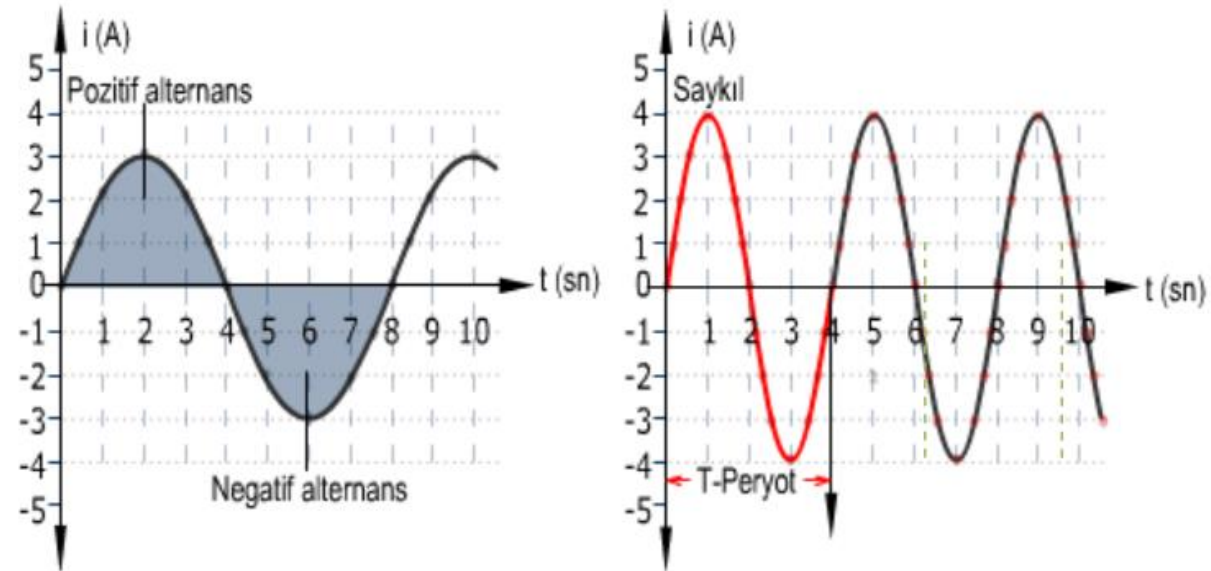
Kısa gösterimi AC (**A**lternative **C**urrent) şeklindedir.



# Elektrik Akımı

## Alternatif akım (AC)

- **Alternans:** Bir eğrinin y ekseninde sıfırdan geçip tekrar sıfıra döndüğünde elde edilen eğri parçası.
- **Saykıl:** Bir pozitif ve bir negatif alternanstan oluşan eğri parçası.
- **Periyot :** Bir pozitif ve bir negatif alternans için geçen zamana periyot denir. Periyotun birimi saniye (s)dir.
- **Frekans:** Bir saniyede tekrarlanan saykıl sayısı. Frekans'ın birimi Hertz (Hz) dir.
- $\text{Frekans} = 1 / \text{Periyot}$



# Elektrik Akımı

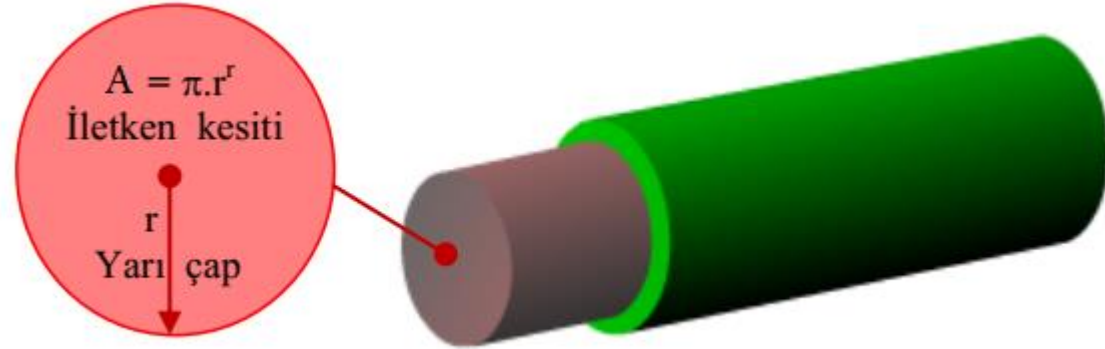
## Akım yoğunluğu

Akımı suya benzetirsek, iletken telleri de su borularına benzetebiliriz. Bir su borusunun yapıldığı maddeye göre taşıyabileceği bir su miktarı vardır. Örneğin kalın bir metal borunun taşıdığı suyu ince bir metal boru taşıyamayıp patlayabilir. İşte iletkenlerin de yapıldıkları maddeye ve kesitlerine göre taşıyabilecekleri azami akım değerleri söz konusudur.

Akım yoğunluğu, bir iletkenin 1 mm<sup>2</sup> lik kesitinden geçen akım miktarına denir.

Akım yoğunluğu (A/ mm<sup>2</sup>)= İletkenden geçen akım (A) / İletkenin kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

$$J = I/A$$



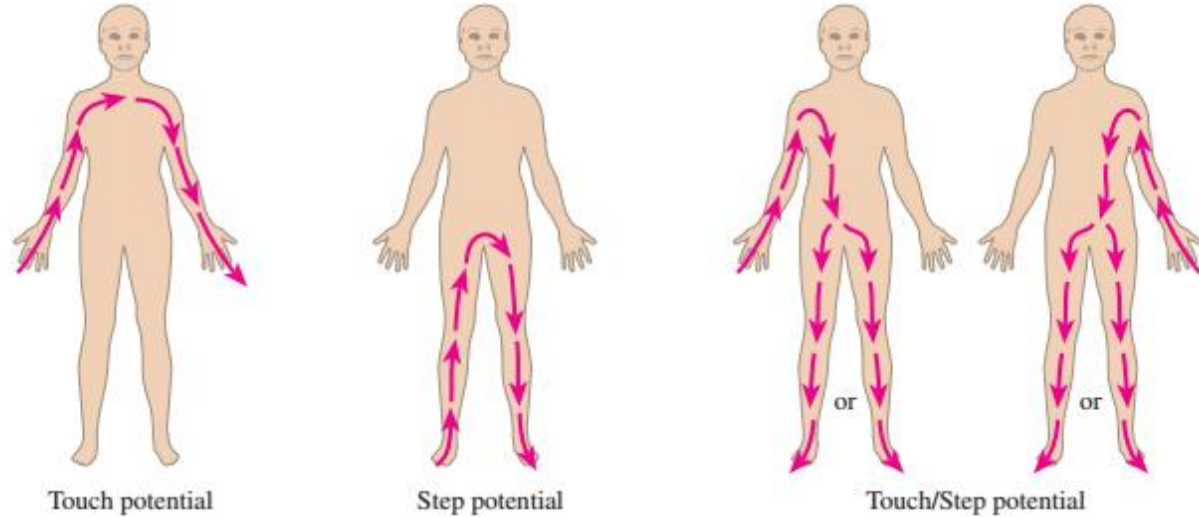
# Elektrik Akımı

## Elektrik Akımının Etkileri

- Isı etkisi
- Işık etkisi
- Manyetik etkisi
- Kimyasal etkisi
- Fizyolojik etkisi

# Elektrik güvenliği

- Vücutunuzdaki akım elektrik çarpmasına neden olur. Vücutunuzdaki bir nokta voltajla temasa girdiğinde ve başka bir nokta farklı bir voltajla veya metal bir şasi gibi toprakla temas ettiğinde, vücutunuzdan bir noktadan diğetine akım olacaktır.
- Akımın yolu voltajın oluştuğu noktalara bağlıdır. Ortaya çıkan elektrik çarpmasının şiddeti voltaj miktarına ve akımın vücutunuza girmesi yoluna bağlıdır.
- Vücuttaki mevcut yol, hangi dokuların ve organların etkileneceğini belirler. Genellikle üç şekilde orluşur. Akım eller, ayaklar, sağ el - ayaklar, sol el - ayaklar üzerinden akabilir.



# Elektrik Őoku

## Akımın İnsan Vucudundaki Etkileri

- Akım miktarı voltaja ve dirence bağlıdır. İnsan vucudu, vucut kütlesi, deri rutubeti ve vucudun gerilim potansiyeli ile temas noktaları gibi birçok faktöre bağlı dirence sahiptir. Çizelgede miliamper cinsinden çeşitli akım değerlerine olan etkileri göstermektedir.



# Elektrik Őoku

## Akımın İnsan Vücutundaki Etkileri

| Akım (mA) | Fiziksel etki  |
|-----------|--|
| 0.4       | Hafifçe karıncalanma   |
| 1.1       | Algı eŐiĐi   |
| 1.8       | Çok, ağrı yok, kas kontrolü kaybı yok                                      |
| 9         | AĞrılı Çok, kas kontrolünde herhangi bir kaybı yoktur                      |
| 16        | AĞrılı Çok, bırakma eŐiĐi  |
| 23        | Őiddetli ağrılı Çok, kas kasılmaları, nefes darlığı                        |
| 75        | Ventriküler fibrilasyon, eŐik  |
| 235       | Ventriküler fibrilasyon, genellikle 5 saniye veya daha uzun süreli ölümcül |
| 4000      | Kalp felci (ventriküler fibrilasyon yok)                                   |
| 5000      | 5,000 doku yanığı  |



# Kaynaklar (References)

1. M. Nacar, 2015. Elektrik – Elektronik Ölçmeleri ve İş Güvenliği, Ankara Ofset Matbaacılık
2. J. P. Holman, 2012. Experimental methods for engineers —8th ed., McGraw-Hill series in mechanical engineering
3. S. Monk , P. Scherz, 2016. Practical Electronics for Inventors,Yayınevi : McGraw-Hill Education
4. D. J. Curtis, 2014. Process Control Instrumentation Technology, Pearson, Eighth Edition
5. M. A. Dayıoğlu, 2017. 6. Ünite: Seralarda Bilişim ve Otomasyon Teknolojisi, Sayfa: 102 – 134, Kitap Adı: Örtüaltı Üretim Sistemleri, 3. BaskıAnadolu Üniversitesi Yayın No: 2275
6. M. W. Birimicombe, M.A. D. Phil, 2000. Introduction electronic systems, Nelson
7. H. Pastacı, 2017. Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri, 11. Baskı, Nobel Yayıncılık, Ankara
8. W. C. Dunn, 2005. Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control, McGraw-Hill
9. J. Fraden, 2010. Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications, Fourth Edition, Springer