



## FİZ112 FİZİK-II

*Ankara Üniversitesi  
Fen Fakültesi Fizik Bölümü  
10. Hafta*

---

AYSUHAN OZANSOY

---

## Bölüm 6: Akım ve Direnç

1. Elektrik Akımı
2. Akım Yoğunluğu
3. Direnç ve Ohm Kanunu
4. Özdirenç
5. Özdirenç ve Sıcaklık

# 1. Elektrik Akımı

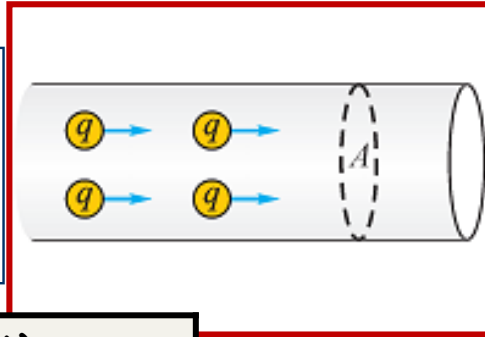


Bu ve sonraki 3 bölümde hareket halindeki yükleri inceleyeceğiz.

→ Birim zamanda, belli bir kesit alanından geçen yük miktarına **elektrik akımı** ya da kısaca **akım** denir.

$$I_{ort} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$I \equiv I_{ani}$$
$$I \equiv \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$



Şekil [2]' den alınmıştır.

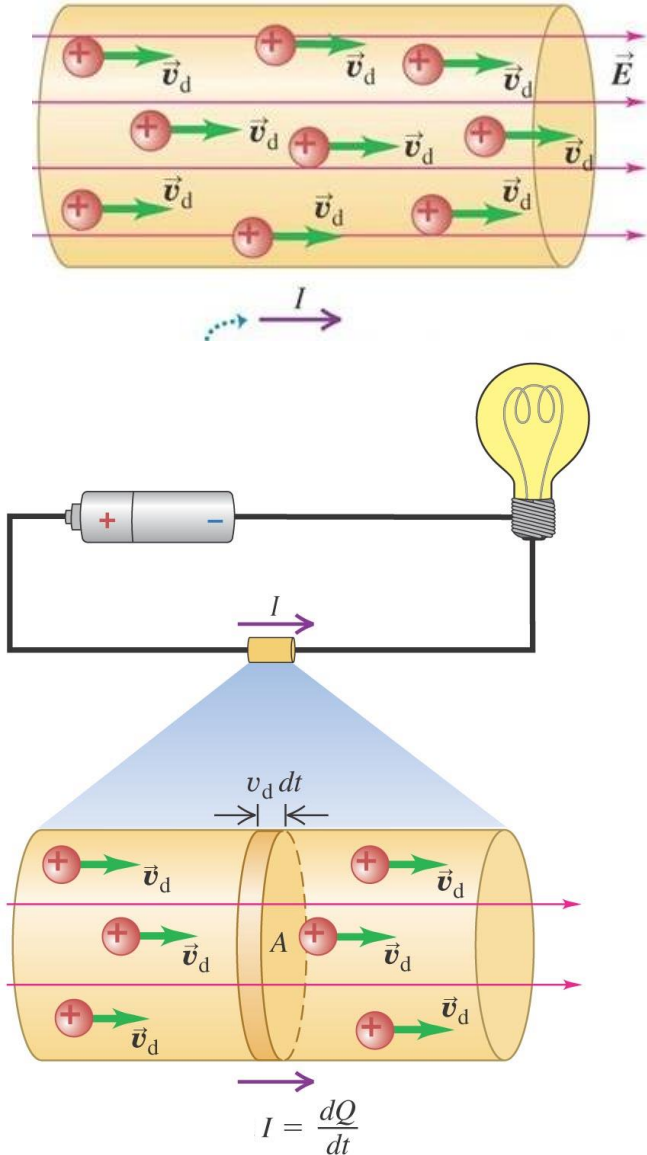
Akımın bulunduğu yer	Akım (A)
Bilgisayar devrelerinde	$10^{-12}$ - $10^{-6}$
TV tüpündeki elektron ışını	$10^{-3}$
İnsan için tehlikeli	$10^{-2}$ - $10^{-1}$
El feneri	0.5-1
Otomobil marş motoru	200
Yıldırım da tepe akımı	$10^4$

Bazı Akım Değerleri

$$v_d = v_s \text{ sürüklenme hızı}$$

**Akım:** [Coulomb/Saniye]  $\equiv$  [A]

**A:** Amper



➤ Elektrik akımının yönü; pozitif yüklerin akış yönüdür. Akımın yönünü belirlemedeki bu seçime **konvensiyonel akım** denir.

➤ Akımın yönüyle ilgili bu seçim tamamen keyfidir.

➤ Akımın yönünden bahsetmiş olsak da elektrik akımı skaler bir niceliktir.

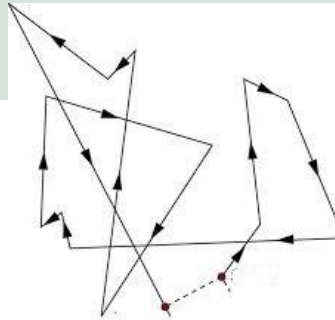
➔ İletken içinde elektronlar sürekli hareket halindedir. Buna rağmen, bir kesitten geçen net yük sıfır olur. Ancak, bir potansiyel farka bağlanırsa yük akışı olur.

## Madde İçinde Akımlar

Yükün madde içindeki hareketini maddenin özellikleri belirler → (iletken, yalıtkan, yarıiletken, süperiletken.)

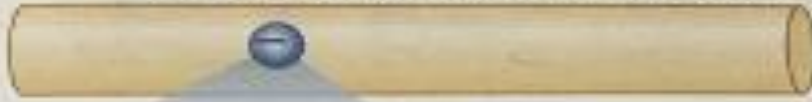
### ➤ Yüklerin madde içinde nasıl taşındığına bakalım:

**a) Elektrostatik Durumda:** İletken içinde her yerde elektrik alan sıfırdır ( $E=0$ ) ve akım yoktur. Bu, tüm yüklerin durgun olduğu anlamına gelmez. Bir iletkende serbest elektronlar rastgele hareket ederler. Elektronların hareketi rastgele olduğundan belli bir yönde net yük akışı olmaz. Elektronların rastgele hareketlerinin sürati  $v_r \sim 10^6$  m/s



**b) İletkenin iki ucu bir güç kaynağına bağlanırsa:** İletken üzerindeki tüm noktaların potansiyeli aynı değildir. Bir potansiyel fark yaratılmış olur, bu durumda iletkende bir elektrik alan oluşturulur ( $E \neq 0$ ). Bu alan elektronların rastgele hareketini değiştirir. Alan, elektronlar üzerine bir kuvvet uygular. Elektronlar kuvvetle zıt yönlü bir sürüklenme kazanırlar. Bu sürüklenme hızı  $v_d \sim 10^{-4}$  m/s mertebesindedir.

İç  $\vec{E}$  elektrik alanı olmayan bir iletken



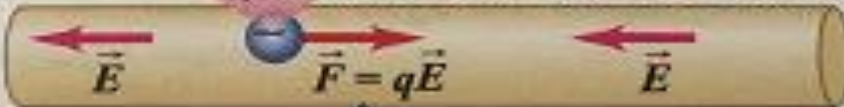
Elektronun  $\vec{E}$  elektrik alanı olmadığı durumda rastgele izlediği yol.



**Elektronun**  
 $E$  ile yolu.  
Hareket genelde  
rastgeledir ancak...

...alan  $\vec{E}$  tel üzerinde net bir  
yer değiştirmeye neden olur.

İç  $\vec{E}$  elektrik alanı olan bir iletken



Elektron negatif  $q$  yüküne sahiptir, bu nedenle elektron üzerinde alan  $\vec{E}$  alanından kaynaklanan kuvvet,  $\vec{E}$ 'nin yönüne zıttır.

→Elektronun, elektrik alanının varlığında kazandığı ivmeden dolayı, yörüngesi hafif bir kavis kazanmıştır. Sürüklenme hızından dolayı, net bir yer değiştirme vardır.

sürüklenme hızı  $v_s \equiv v_d$

## 2. Akım Yoğunluğu

→ Yükün genel hareketi, bu hareketin ayrıntıları dikkate alınarak incelenir. Bu nedenle akım yoğunluğu tanımlanır.

**Akım yoğunluğu;** birim kesit alanına düşen akım demektir.

$$dq = qnAv_s dt, \quad I = \frac{dq}{dt}$$

$$\vec{J} = \frac{I}{A} = nq\vec{v}_s$$

Akım  
yoğunluğu

Birim hacimdeki  
parçacık sayısı

I	J
Skaler	Vektörel
Uzunlamasına bir nesnenin içindeki yük akışı?	Bir noktadaki yük akışı nasıl?
Bir devre için değeri sabit	Bir devrede J' nin değeri her yerde aynı olmayabilir.

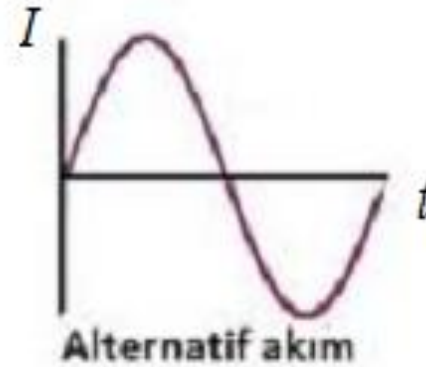


(+) yük için  $\mathbf{J}$  ve  $\mathbf{v}_s$  aynı yönlü

(-) yük için  $\mathbf{J}$  ve  $\mathbf{v}_s$  zıt yönlü

## Dođru Akım (D.C.) ve Alternatif Akım (A.C)

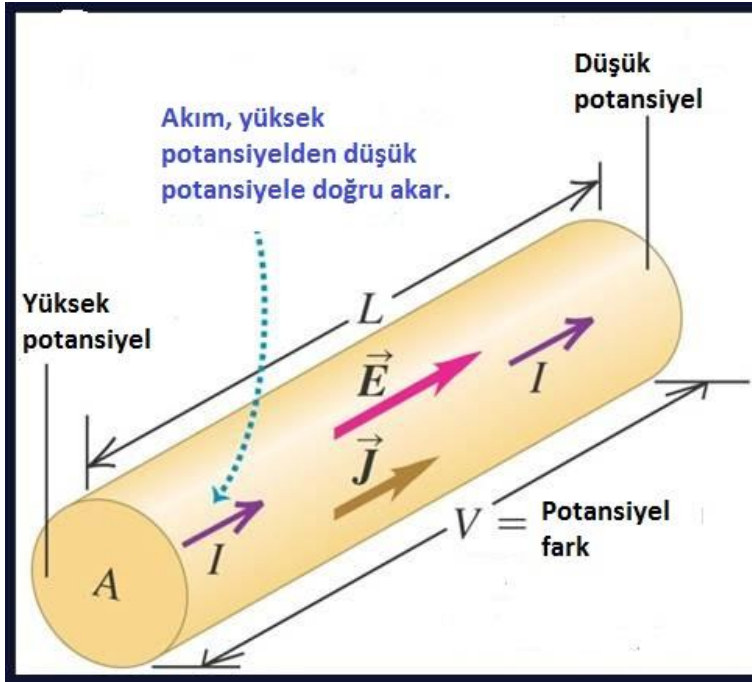
Büyüküğü ve yönü zamanla değişmeyen akıma doğru akım, büyüküğü ve yönü zamanla değişen akıma alternatif akım denir.





### 3. Direnç ve Ohm Kanunu

→ Yükün madde içinde ne kadar kolaylıkla hareket ettiğini, o maddenin **elektriksel direnci** belirler.



➤ Düzgün kesit alanına sahip bir iletkende, **J** her kesit alanında sabittir.

➤ İletkenin uçları arasında bir potansiyel fark uygulanırsa, iletken içinde bir **E** ve bir **J** oluşur. Potansiyel fark sabitse akım da sabit olacaktır.

➤ Bir çok maddede akım yoğunluğunun elektrik alana oranı sabittir. Buna **OHM KANUNU** denir. Orantı katsayısına da **iletkenlik katsayısı** denir.

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Mikroskopik Ohm Yasası

İletkenlik katsayısı

## 4. Özdirenç

$$\rho \equiv \frac{1}{\sigma}$$

Özdirenç( $\rho$ ): [ $\Omega \cdot m$ ]

→ Özdirenç, maddenin cinsine ve sıcaklığa bağlı bir niceliktir.

→ Mükemmel bir iletkenin özdirenci sıfır, mükemmel bir yalıtkanın özdirenci sonsuzdur.

→ Yarıiletkenlerin özdirençleri iletkenler ve yalıtkanlar arasındadır. Bu maddelerin iletkenlikleri, sıcaklıklarındaki ve saflıklarındaki en küçük bir bozulmadan etkilendiklerinden dolayı oldukça önemlidirler.

Malzeme	Özdirenç ( $\Omega \cdot m$ )	Sıcaklık Katsayısı $\alpha [ (^{\circ}C)^{-1} ]$
Gümüş	$1,59 \times 10^{-8}$	$3,8 \times 10^{-3}$
Bakır	$1,7 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Altın	$2,44 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-3}$
Alüminyum	$2,82 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Tungsten	$5,6 \times 10^{-8}$	$4,5 \times 10^{-3}$
Demir	$10 \times 10^{-8}$	$5,0 \times 10^{-3}$
Platin	$11 \times 10^{-8}$	$3,92 \times 10^{-3}$
Kurşun	$22 \times 10^{-8}$	$3,9 \times 10^{-3}$
Nikrom <sup>b</sup>	$1,50 \times 10^{-6}$	$0,4 \times 10^{-3}$
Karbon	$3,5 \times 10^{-5}$	$-0,5 \times 10^{-3}$
Germanyum	0,46	$-48 \times 10^{-3}$
Silisyum	640	$-75 \times 10^{-3}$
Cam	$10^{10} - 10^{14}$	
Sert plastik	$\sim 10^{13}$	
Kükürt	$10^{15}$	
Kuarts (erimiş)	$75 \times 10^{16}$	

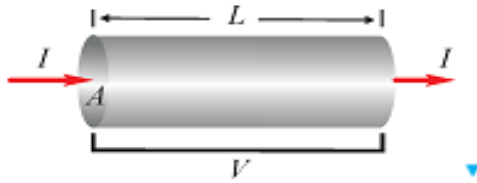
- a) Tüm değerler  $20^{\circ}C$ ' de dir.
- b) Nikel-krom alaşımı. Isıtma elemanlarında yaygın olarak kullanılır.

Tablo, Kaynak[3]' ten alınmıştır.

Kesiti  $A$  ve uzunluğu  $L$  olan iletkene uygulanan potansiyel farkı  $V$  olsun.

İletken içindeki düzgün elektrik alan:  $E = \frac{V}{L}$

Akım yoğunluğu için de  $\mathcal{J} = I/A$  tanımını kullanırsa:



$$\frac{V}{L} = \rho \frac{I}{A} \quad \rightarrow \quad V = \underbrace{\left( \rho \frac{L}{A} \right)}_R I$$

Buradan Ohm yasasının makroskopik ifadesi elde edilir:

$$V = RI \quad (\text{makroskopik Ohm yasası})$$

Bu yasadaki  $R$  katsayısı **direnç** adını alır:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (\text{direnç})$$

$$R = \frac{L}{\sigma A} = \rho \frac{L}{A}$$

→ Direnç birimi Ohm ( $\Omega$ )' dur.

**George Simon Ohm** (1789-1854),  
Alman fizikçi ve matematikçi

## 5. Özdirenç ve Sıcaklık

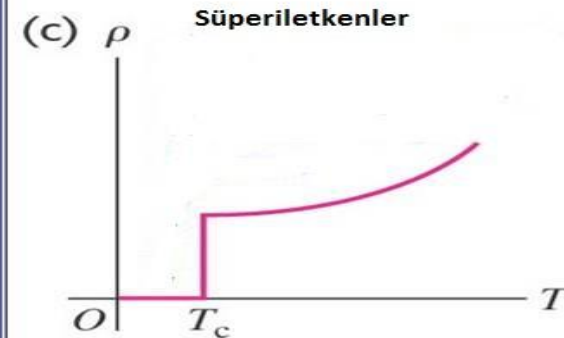
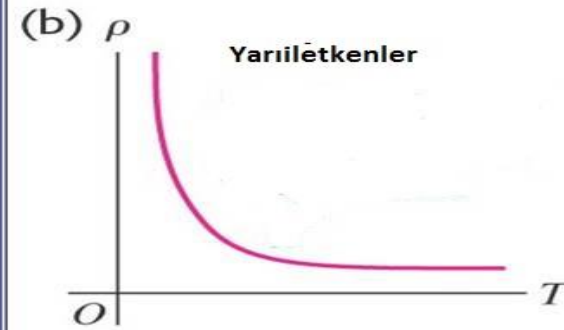
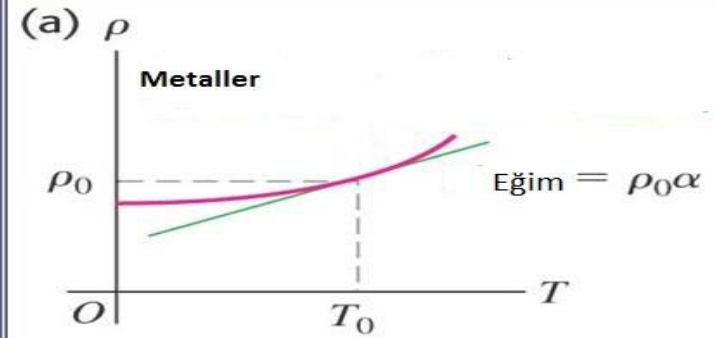
$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$T_0$ 'daki  
özdirenç

Özdirençin  
sıcaklık  
katsayısı

$R$  direncinin sıcaklığa bağımlı da aynı yapıda olur:

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley.

**Metallerde:** Sıcaklık arttıkça özdirenç artar. Sıcaklık arttıkça serbest elektronlar örgü iyonları ile daha çok çarpışır ve örgü iyonları daha çok titreşir. Böylece özdirenç artar.

**Yarıiletkenlerde:** Sıcaklık arttıkça yarıiletkenin daha çok elektronu serbest duruma geçer, yük taşıyıcıların yoğunluğu artar. Bu nedenle özdirenç azalır.

**Süperiletkenlerde:** Belli bir kritik sıcaklığın ( $T_c$ ) altında özdirenç sıfır olur.  $T_c$  'nin değeri kimyasal bileşime, moleküler yapıya ve basınca bağlıdır. Süperiletkenlerin önemli bir özelliği bunlara bir kez akım uyguladıktan sonra voltaja gerek kalmadan akımın devam edebilmesidir.

## Kaynaklar

---

1. Aksi belirtilmedikçe tüm şekiller ; "Üniversite Fiziği Cilt-I ", H.D. Young ve R.A. Freedman, 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara
2. <http://www.seckin.com.tr/kitap/413951887> ("Üniversiteler için Fizik", B. Karaođlu, Seçkin Yayıncılık, 2012).
3. *Fen ve Mühendislik için Fizik Cilt-II*, R.A. Serway ve R.J. Beichner, (Çeviri Editörü: Prof. Dr. Kemal Çolakođlu), 5. Baskıdan çeviri, Palme Yayıncılık 2002, Ankara