

# ***FIZ102 FİZİK-II***

***Ankara Üniversitesi  
Fen Fakültesi Fizik Bölümü  
7. Hafta***

***Aysuhan OZANSOY***

## Bölüm 6: Akım, Direnç ve Devreler

1. Elektrik Akımı ve Akım Yoğunluğu
2. Direnç ve Ohm Kanunu
3. Öz direnç
4. Elektromotor Kuvvet ve Devreler
5. Elektrik Devrelerinde Güç ve Enerji

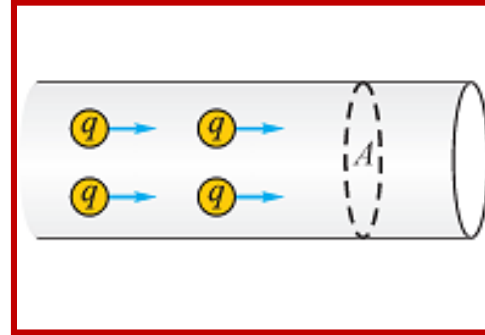
# 1. Elektrik Akımı ve Akım Yoğunluğu

## 1.1. 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.

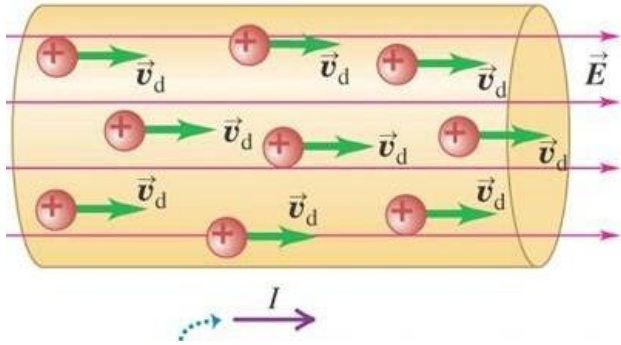


*Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.*

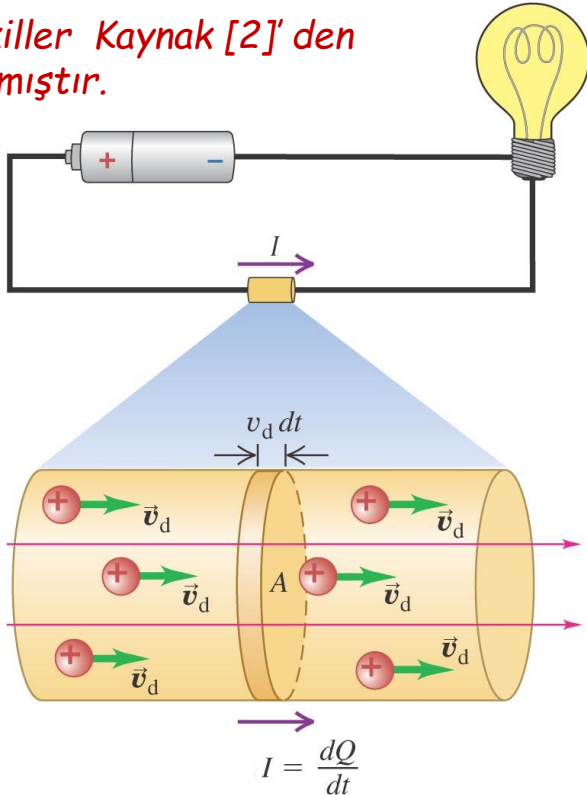
$$I_{ort} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

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

$$v_d = v_s \text{ sürüklenme hızı}$$



Şekiller Kaynak [2]'den alınmıştır.



**Akım:** [Coulomb/Saniye]≡[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.

## Bazı Akım Değerleri

<u>Akımın bulunduğu yer</u>	<u>Akım (A)</u>
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
Yıldırımın tepe akımı	$10^4$

## 1.2. 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.

## 1.3. 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.

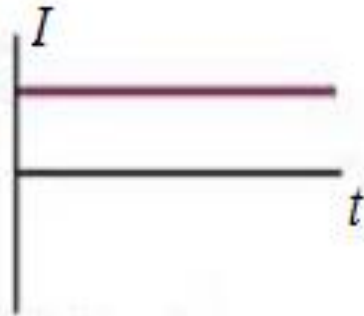


(+) yük için  $\mathbf{J}$  ve  $\mathbf{v}_s$  aynı yönlü

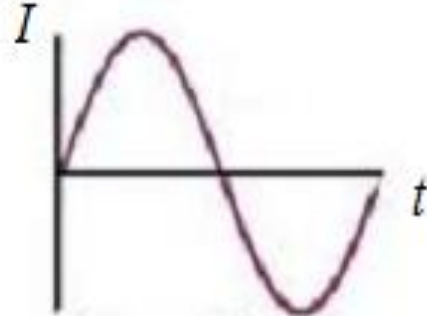
(-) yük için  $\mathbf{J}$  ve  $\mathbf{v}_s$  zıt yönlü

## 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.



Dođru akım



Alternatif akım



## 2. Direnç ve Ohm Kanunu

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

- Düzgün kesit alanına sahip bir iletkende,  $\mathbf{J}$  her kesit alanında sabittir.
- İletkenin uçları arasına bir potansiyel fark uygulanırsa, iletken içinde bir  $\mathbf{E}$  ve bir  $\mathbf{J}$  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 Kanunu

İletkenlik katsayısı

Direnç ve öz direnç arasındaki ilişki

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

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

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

$$\mathbf{V=IR}$$

**(Ohm Kanunu)**

### 3. 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)	$75 \times 10^{16}$	

*Tablo, Kaynak [3]' ten alınmıştır.*

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

*Tablo, Kaynak[3]' ten alınmıştır.*

## 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:

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

**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.

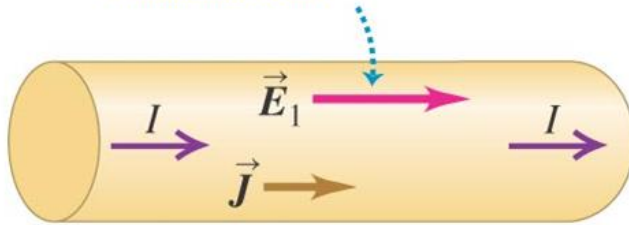
## 4. Elektromotor Kuvvet (EMK) ve Devreler

→ Bir elektrik devresi, en basit anlamıyla elektrik akımın aktığı yoldur. Bir güç kaynağı, iletken teller ve bir devre elemanı ile (ampul, direnç vs) basit bir devre yapılabilir. Elektrik devrelerinde enerji bir noktadan başka bir noktaya aktarılır.

→ Bir iletkenin düzgün bir akıma sahip olabilmesi için kapalı bir devre olması gerekir. Çünkü, kapalı bir devrenin parçası olmayan bir iletkende  $E$  uygulandığında sadece çok kısa bir süre akım akar.

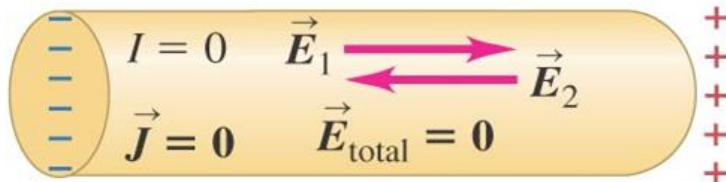
*Şekiller Kaynak [2]'den alınmıştır.*

(a) İzole bir iletkenin içerisinde üretilen elektrik alan bir akımandan olur.



Yüklerin uçlarda toplanmasından dolayı, zıt yönde bir elektrik alan oluşur; dolayısıyla akım düşer.

(c) Kısa bir süre sonra bu iki alanın büyüklüğü eşit olur, net elektrik alan sıfırdır. Akım da sıfıra düşer.



→ Elektrik devrelerinde akımı sabit tutabilmek için elektromotor kuvvet kaynağına ihtiyaç vardır.

→ Yükler, direnci olan bir malzeme içerisinde geçerken potansiyel enerjide her zaman bir azalma olur. **Bu nedenle devrenin bir parçasında potansiyel enerjinin sürekli yükselmesi gerekir.**

→ **EMK kaynağı**, devrede yüklerin hareketini sağlayan, yüklerin potansiyel enerjilerini artıracak olan pil, batarya, jeneratör benzeri aygıtlardır. EMK kaynağını bir yük pompası olarak düşünebiliriz.

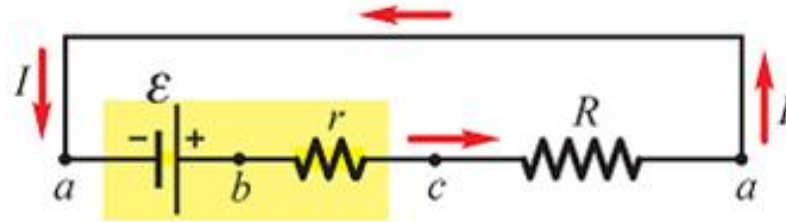
→ **EMK bir kuvvet değil, bir potansiyel farktır.**  $\mathcal{E}$  ile gösterilir.

→ Devrelerde  $\begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array}$  sembolü ile gösterilir.

→ EMK kaynakları, başka enerji türlerini kullanarak elektriksel potansiyel fark oluştururlar.

- **Pil, batarya, akü** : kimyasal enerjiyi
- **Jeneratör** : Mekanik enerjiyi
- **Güneş pili** : ışık enerjisini kullanır.

Bu kesim, Kaynak [1]' den alınmıştır.



**Basit bir devre:** İç direnci  $r$  olan bir  $\mathcal{E}$  emk kaynağına bağlı  $R$  direnci. ▽

Bataryanın (-) ucunun potansiyeli  $V_a$  olsun.

$$V_b - V_a = +\mathcal{E} \quad \text{b ucu daha yüksek potansiyelde}$$

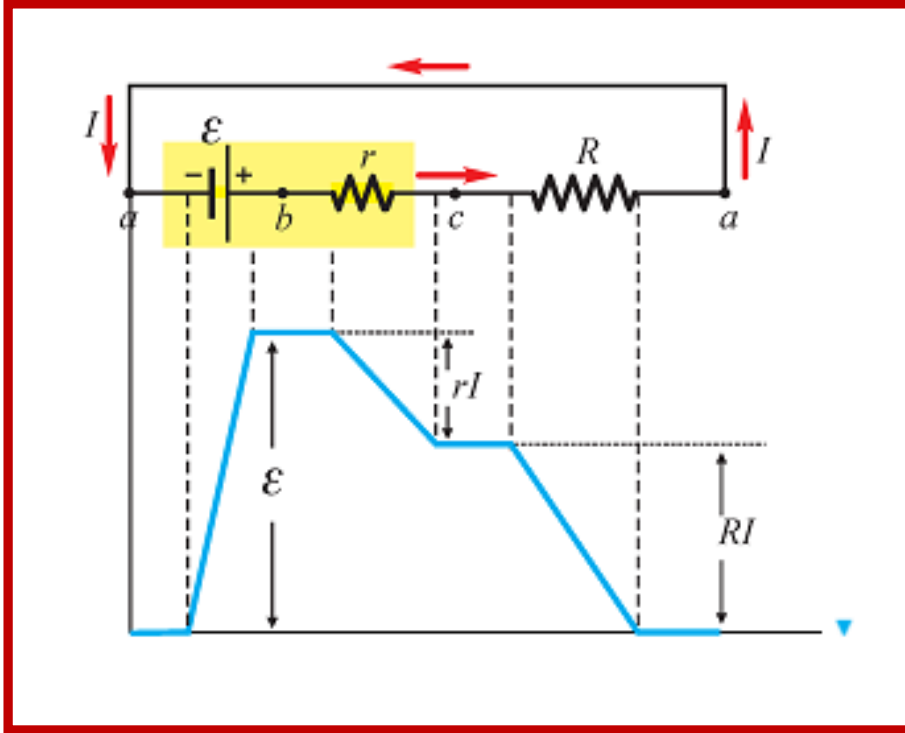
$$V_c - V_b = -Ir \quad \text{c ucu b ucundan daha düşük potansiyelde}$$

$$V_a - V_c = -IR \quad \text{a ucu c ucundan daha düşük potansiyelde. Direnç üzerinden akım yönünden geçerken potansiyel  $-IR$  kadar azalır.}$$

$$\mathcal{E} - rI - RI = 0 \quad \rightarrow \quad \mathcal{E} = (R + r)I$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

## Potansiyelin konuma göre deęişim grafięi



Şekil Kaynak [1]' den alınmıştır.

### Terminal Voltaj (Uç Voltajı)

$$V_{uç} = \epsilon - Ir$$

$r$  iç direnci üzerinde potansiyel düşüşü olduğundan uç voltaj  $\epsilon$  ' dan daha düşük olur.

## 5. Elektrik Devrelerinde Güç ve Enerji

$$P = V I$$

$$P = I^2 R = V^2 / R \quad \text{Dirençte harcanan (ısıya dönüşen) güç}$$

$$P = \epsilon I - I^2 r \quad \text{(Kaynaktan güç çıkışı)}$$

$$P = \epsilon I + I^2 r \quad \text{(Kaynağa güç girişi)}$$

## Kaynaklar

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