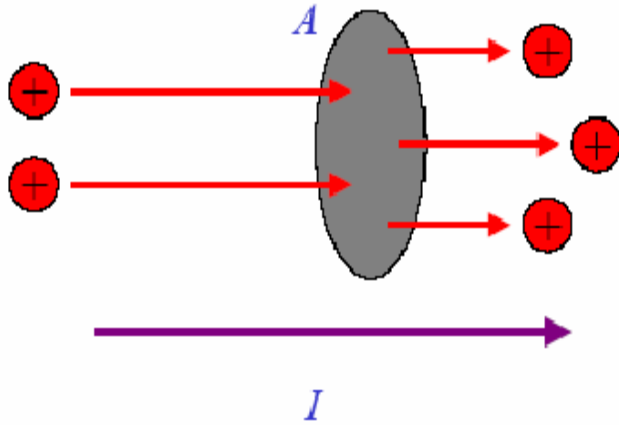


Akım ve Direnç

Akım

□ Akımın tanımı

Akım bir bölgeden bir diğerine her hangi bir yük hareketidir.



- Bir yük grubunun alan A'nın yüzeyine dik hareket ettiğini farzedelim.
- Akım bu alandan akan yük oranıdır:

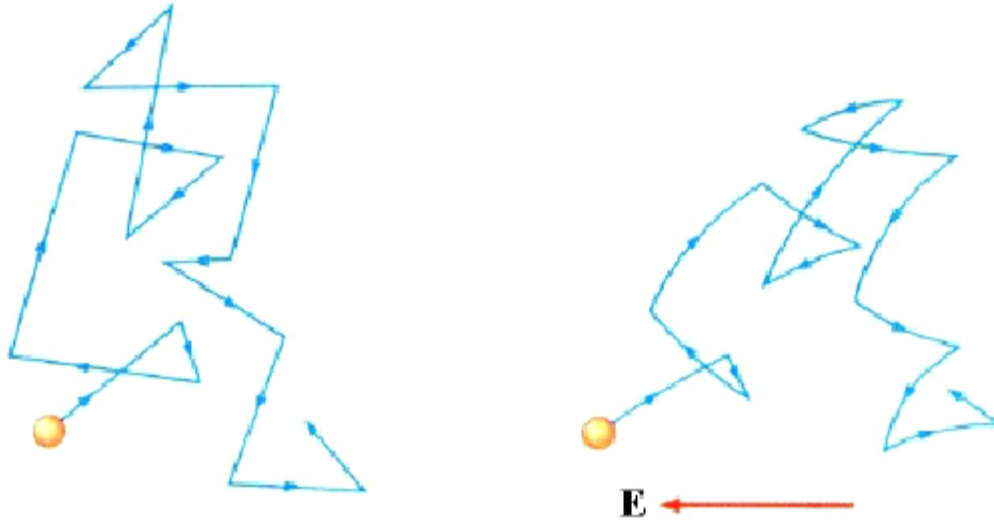
$$I = \frac{dQ}{dt} ; dQ = dt \text{ süresi boyunca akan akım miktarı}$$

Birimler: 1 A = 1 amper = 1 C/s

Akım

□ Akımın mikroskobik görünüşü

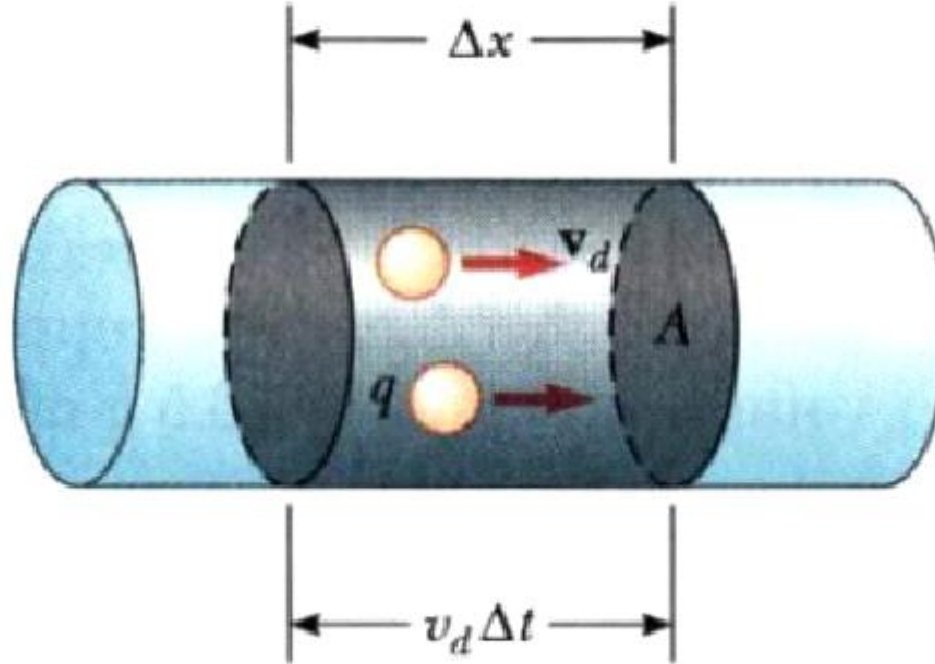
- Bir **iletken içerisinde yükler**(elektronlar) daima hareketlidir.
- Onlar 10^6 m/s lik hızlarla hareket ederler.
- Şayet bir elektrik **alan** uygulanmasa ,**net** elektron **hızı sıfırdır**.
- O halde **net yük akışı yoktur**.
- İletkene elektrik **alan uygulandığı** zaman, bu elektrik alan elektronların kendisine **zıt yönde sürüklenmesine** neden olur.



Akım

□ Akımın mikroskopik görünüşü

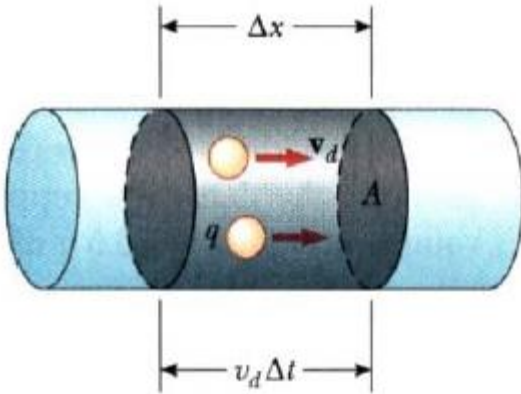
İletkendeki çarpışmalar elektronların sabit bir v_d ortalama sürüklenme hızına ulaşmalarını sağlar.



Akım

□ Akımın mikroskobik görünüşü

- Δt zamanında elektronların hareket ettikleri mesafe $\Delta x = v_d \Delta t$



- q yükünü taşıyan birim hacimde n tane parçacık vardır.
- Δt zamanda A alanını geçen parçacık miktarı:

$$\Delta Q = q(nA v_d \Delta t)$$

- I akımı ifadesi:

$$I \equiv \frac{dQ}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nq v_d A$$

- J akım yoğunluğu ifadesi:

$$J = \frac{I}{A} = nq v_d$$

Birim alandaki akım
birimleri: A/m^2

$$\vec{J} = nq \vec{v}_d$$

Akım yoğunluğu vektörü

Özdirenç

□ Ohm Kanunu

- İletken içerisindeki J akım yoğunluğu, E elektrik alanına ve maddenin özelliklerine bağlıdır.
- Bu bağıllık genelde komplekstir fakat bazı maddeler için, özellikle metaller için, J , E ile orantılıdır.

$$E = \rho J$$

Ohm kanunu

Özdirenç

□ Ohm kanunu

- İletken içerisindeki J akım yoğunluğu E elektrik alanına ve maddenin özelliklerine bağlıdır.
- Bu bağıllık genelde komplekstir fakat bazı maddeler için, özellikle metaller için, J , E ile orantılıdır.

$$E = \rho J$$

Ohm kanunu

V/A ohm

ρ : özdirenç, Birimi $(V/m)/(A/m^2) = V \cdot m/A = \Omega m$

iletkenlik $\sigma = 1/\rho$ özdirenç

$$J = \sigma E$$

Madde	ρ (Ωm)	Madde	ρ (Ωm)
Gümüş	1.47×10^{-8}	Grafit	3.5×10^{-5}
Bakır	1.72×10^{-8}	Silikon	2300
Altın	2.44×10^{-8}	Cam	$10^{10} - 10^{14}$
Çelik	20×10^{-8}	Teflon	$> 10^{13}$

Özdirenç

□ İletkenler, Yarıiletkenler ve Yalıtkanlar

- Metaller gibi iyi elektriksel iletkenler genellikle iyi ısısızsal iletkenlerdir de.
 - Bir metalde elektriksel iletimdeki yükleri taşıyan serbest elektronlar aynı zamanda ısı iletiminin başlıca mekanizmasını oluştururlar.
- Plastik maddeler gibi zayıf elektriksel iletkenler genelde zayıf termal iletkenlerdir de.
- Yarıiletkenler metallerle yalıtkanlar arasında ara bir değerde özdirence sahiptir.
 - Tamamen ohm kanununa uyan bir madde Omik yada lineer madde olarak adlandırılır.

Özdirenç

□ Özdirenç ve sıcaklık

- Bir metalik iletkenin özdirenci hemen hemen her zaman artan sıcaklıkla artar.

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

Özdirencin sıcaklık katsayısı

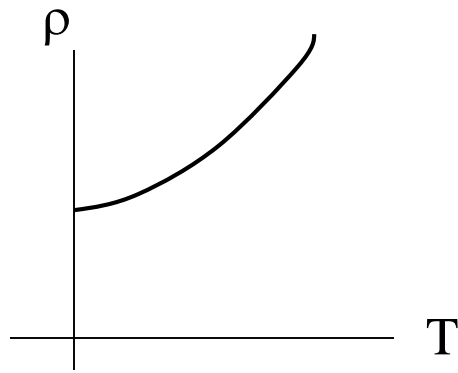
Referans sıcaklık. (sıkça 0 °C)

Madde	α (°C) ⁻¹	Madde	α (°C) ⁻¹
Alüminyum	0.0039	Demir	0.0050
Prinç	0.0020	Kurşun	0.0043
Grafit	-0.0005	Manganin	0.00000
Bakır	0.00393	Gümüş	0.0038

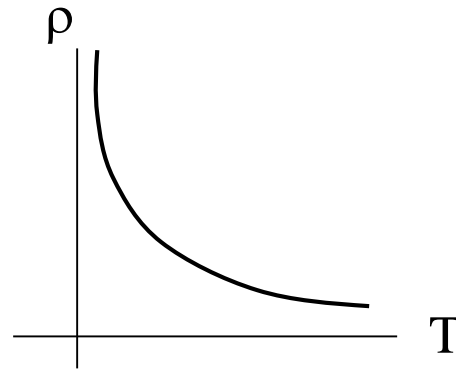
Özdirenç

❑ Özdirencin sıcaklıkla değişimi

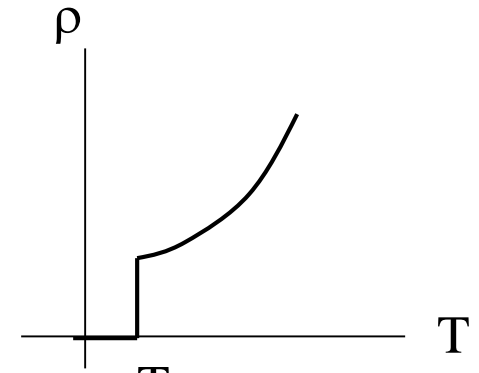
- Grafitin özdirenci sıcaklıkla azalır, bu nedenle daha yüksek sıcaklıklarda çoğu elektron atomlardan bağımsız hale gelir ve daha fazla mobiliteye sahip olur.
- Grafitin bu davranışı yarıiletkenler için de doğrudur.
- Çeşitli metalik alaşımlar ve oksitler içeren, bazı maddeler Süperiletkenlik olarak adlandırılan özelliğe sahiptirler. Süperiletkenlik başlangıçta azalan sıcaklıkla düzgün bir şekilde özdirencin azaldığı ve daha sonra belirli bir T_c kritik sıcaklığında direncin aniden sıfıra düştüğü bir olaydır.



Metal



Yarıiletken

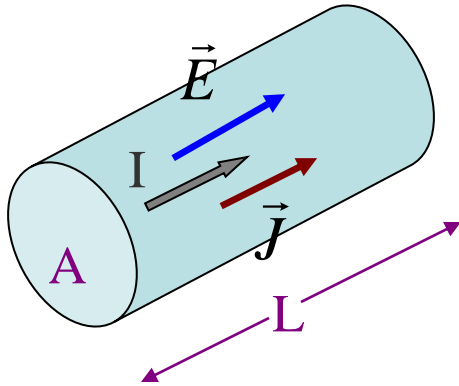


T_c
Süperiletken

Direnç

□ Direnç

- ρ öz direncine sahip bir iletken için, bir noktadaki J akım yoğunluğu olan bir noktadaki elektrik alan E : $\vec{E} = \rho \vec{J}$
- Ohm kanununa uyulduğu zaman, ρ sabittir elektrik alan büyüklüğünden bağımsızdır.
- Düzgün A kesit alanlı ve L uzunluklu bir teli düşünelim, ve iletkenin uçlarında yüksek potansiyel ve düşük potansiyel arasındaki potansiyel fark V olsun bu yüzden V pozitiftir.



$$I = JA, \quad V = EL$$

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



$$E = \frac{V}{L} = \rho \frac{I}{A} \rightarrow V = \underbrace{\rho L}_{R} \frac{I}{A}$$

Direnç
1 V/A=1 Ω

- Potansiyel farktan dolayı akım akışı olduğu için, bir elektriksel potansiyel kaybedilir; bu enerji, çarpışma sırasında iletken maddenin iyonlarına transfer edilir.

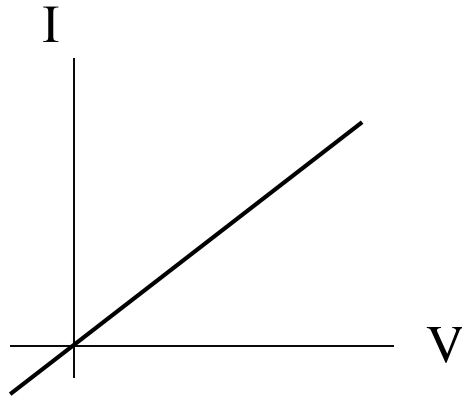
Direnç

□ Direnç

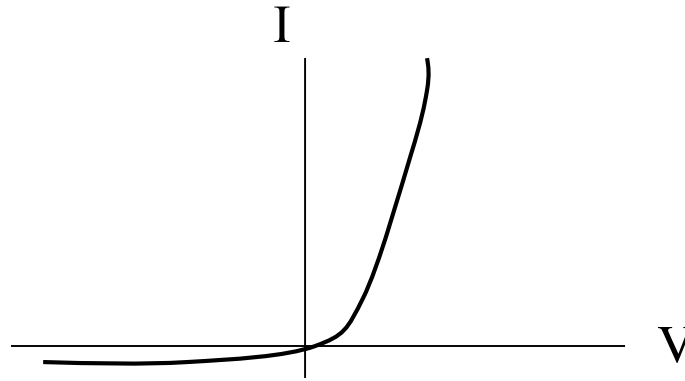
- Bir maddenin özdirenci sıcaklıkla değiştiği için, bir spesifik iletkenin direncinde sıcaklıkla değişir. Çok büyük olmayan sıcaklık aralıkları için, bu değişiklik yaklaşık olarak lineer ilişkiye dönüşür :

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

- Direncin spesifik değerlerine sahip olarak yapılan bir devre cihazı direnç olarak adlandırılır.



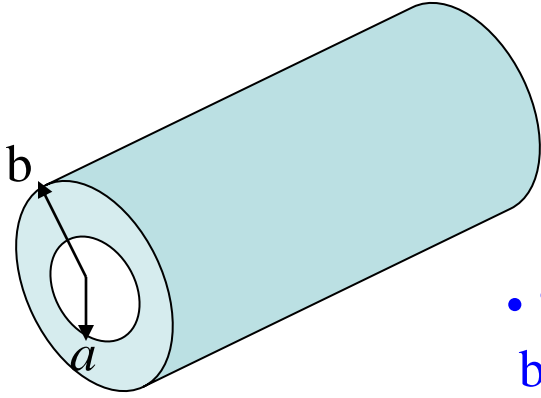
Ohm kanunlarına uyan direnç



Yarıiletken diyot

Direnç

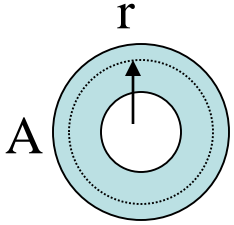
❑ Örnek : Direncin hesaplanması



• İç ve dış yarıçapı a ve b olan, L uzunluğuna sahip, ρ öz dirençli maddeden yapılmış içi boş bir silindir düşünelim. İç ve dış yüzeyi arasında bir potansiyel fark oluşturulduğunda akım silindir boyunca radyal olarak akar.

• Şimdi r yarıçaplı, L uzunluklu, dr kalınlıklı silindirik bir kabuk hayal edelim.

$A = 2\pi rL$: Silindir alanı akımın aktığı bir dolaşım halkası ile temsil edilir.



$$dR = \frac{\rho dr}{2\pi rL} : \text{Bu kabuğun direncidir.}$$

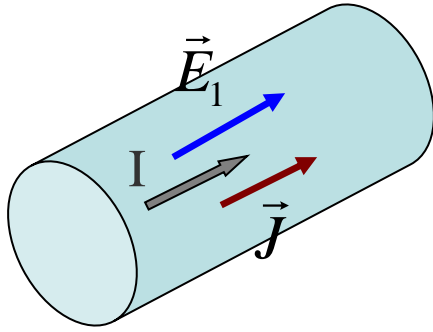


$$R = \int dR = \frac{\rho}{2\pi L} \int_a^b \frac{dr}{r} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{b}{a}$$

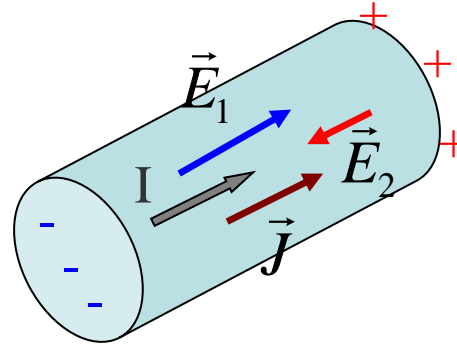
Elektromotor kuvveti (emk) ve devre

□ Tam devre ve sabit akım

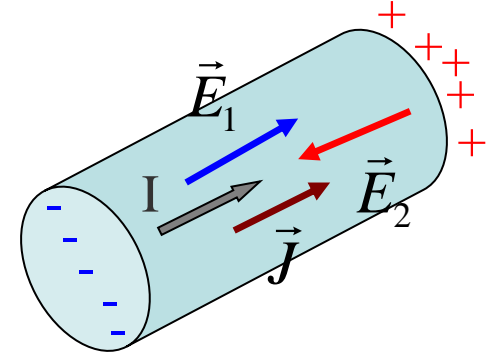
- Bir iletkenin sabit bir akıma sahip olması için, kapalı bir ilmek yada tam devre formunda olan bir yol parçası olmalıdır.



İletken içerisinde üretilen \vec{E}_1 elektrik alanı akıma sebep olur.



Akım, uçlarda zıt \vec{E}_2 elektrik alanını üreten ve akımı azaltan yüklerin oluşmasına neden olur.

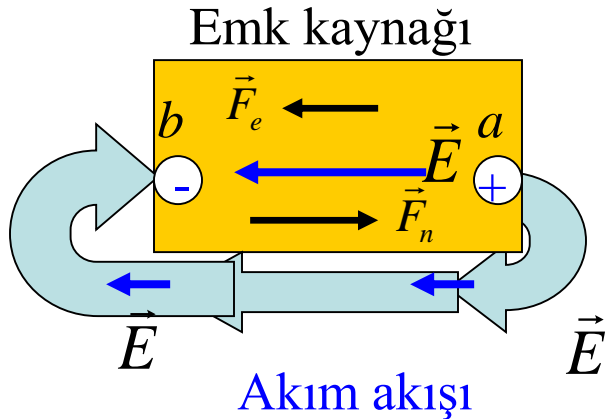


Kısa bir süre sonra \vec{E}_2 , \vec{E}_1 ile aynı büyüklüğe sahip olur:
Toplam alan $\vec{E}_{total} = 0$ olur ve akım tamamen durur.

Elektromotor kuvveti (Emk) ve Devre

□ Devam eden sabit bir akım ve elektromotor kuvveti

- Bir q yükü tam bir devreyi dolaşırken ve başladığı noktaya geri dönerken, potansiyel enerji başlangıçtaki ile aynı kalmak zorundadır.
- Fakat yük iletkenin direncinden dolayı bir kısım potansiyel enerjisini kaybeder.
- Devrede potansiyel enerjiyi arttıran bir şey ihtiyacı vardır.
- Potansiyel enerjiyi arttıran bu şey **elektromotor kuvveti** olarak adlandırılır. (emk). Birimi : $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
- Emk (☞) düşükten , yüksek potansiyele akım akışı sağlar. Emk üreten cihaz emk kaynağı olarak adlandırılır.



-Şayet q pozitif yükü kaynak içinde b den a ya hareket ederse, elektrostatik olmayan F_n kuvveti yük üzerinde $W_n = q \cdot \text{☞}$ pozitif işini yapar.

-Bu yer değişimi F_e elektrostatik kuvvetine zıttır, bu nedenle yüklerle birlikte potansiyel enerji $qV_{\infty\Omega}$ den dolayı artar.

- İdeal bir emk kaynağı için $F_e = F_n$ aynı büyüklükte fakat zıt yöndedir.

- $W_n = q \cdot \text{☞} = qV_{ab}$, so $V_{ab} = \text{☞} = IR$ ideal kaynak için.

Elektromotor kuvveti (emk) ve devre

□ İç direnç

- Devredeki gerçek kaynak ideal olarak davranmaz; devrede gerçek bir kaynağa karşı potansiyel fark emk ye eşit değildir.

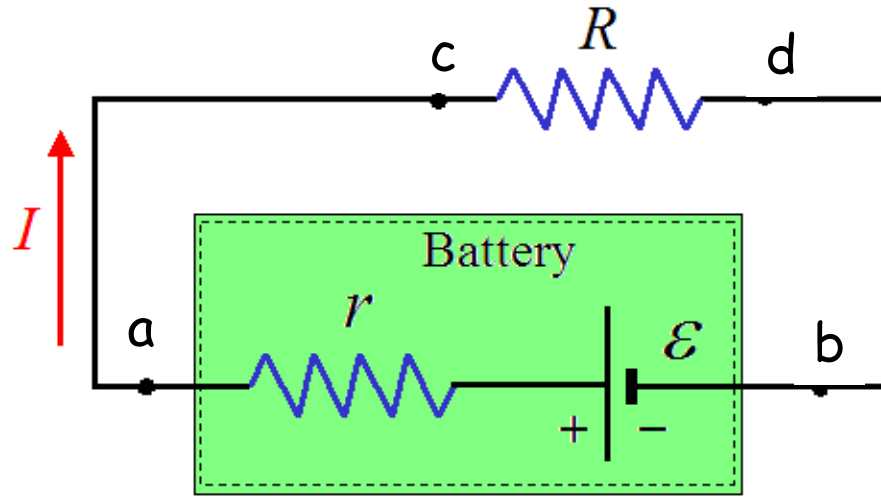
$$V_{ab} = \text{emk} - Ir \quad (\text{Terminal voltaj, } r \text{ iç dirençli kaynak})$$

- Bu yüzden sadece $I=0$ iken $V_{ab} = \text{emk}$ doğrudur. Bununla birlikte,

$$\text{emk} - Ir = IR \quad \text{yada} \quad I = \frac{\text{emk}}{R + r}$$

Elektromotor kuvveti (emk) ve devre

□ Gerçek batarya

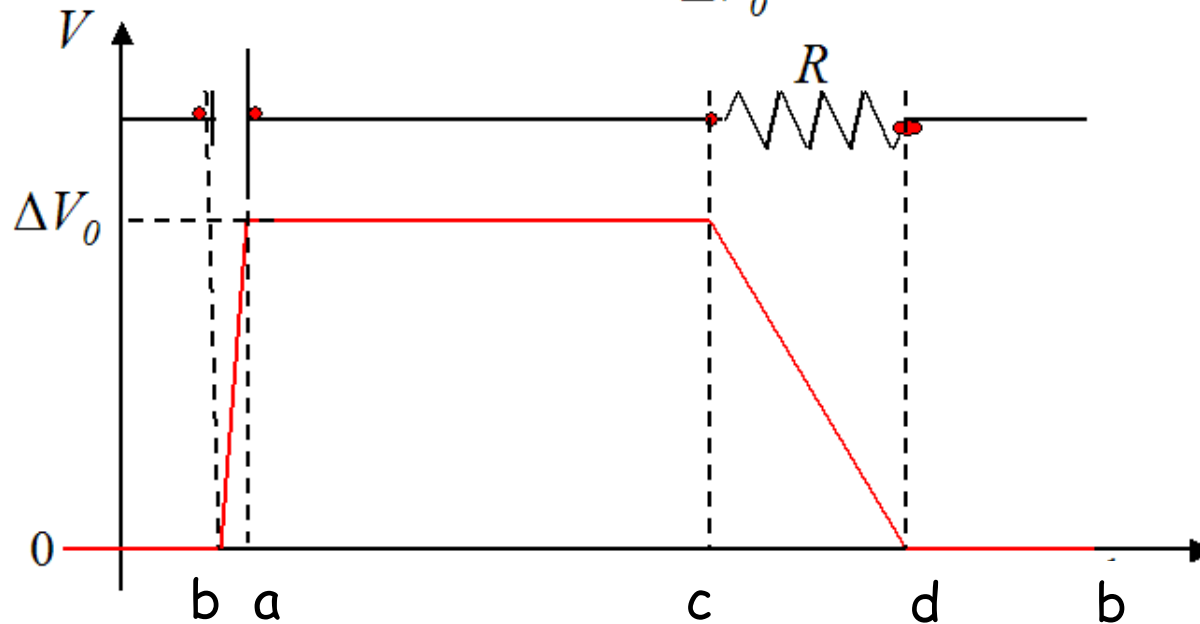
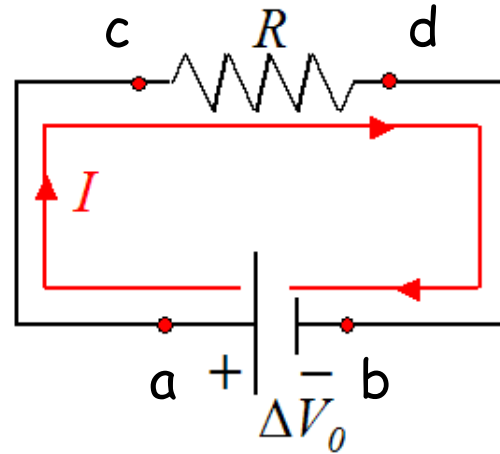


- Gerçek batarya r iç direncine sahiptir .
- **Terminal voltajı**, $\Delta V_{\text{verim}} = (V_a - V_b) = \mathcal{E} - I r$.

- $$I = \frac{\Delta V_{\text{out}}}{R} = \frac{\mathcal{E} - I r}{R} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

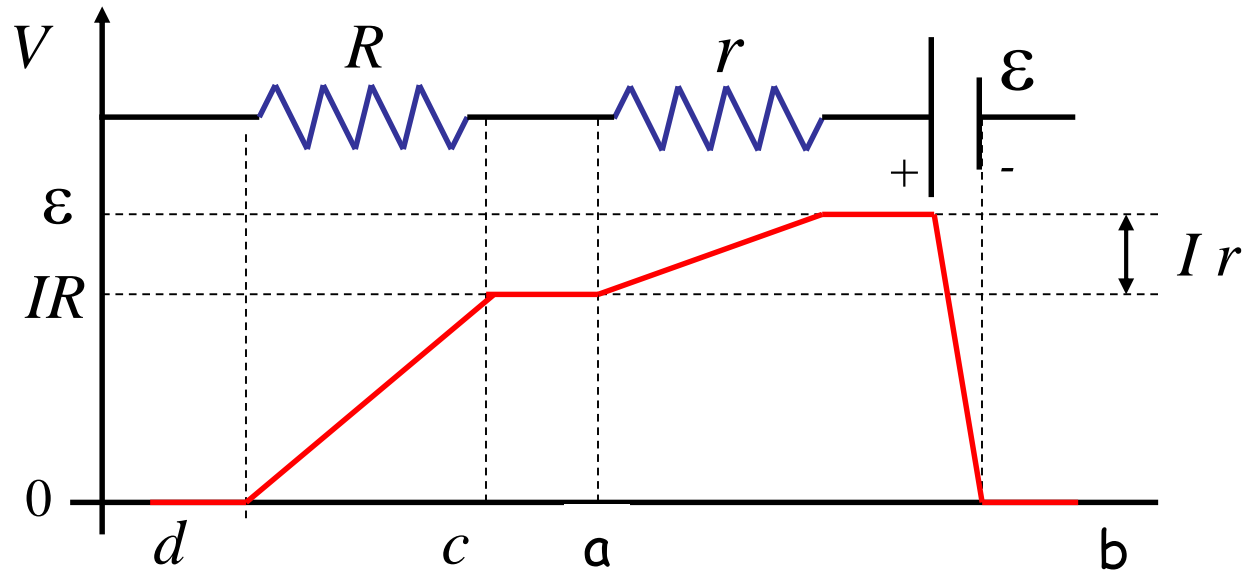
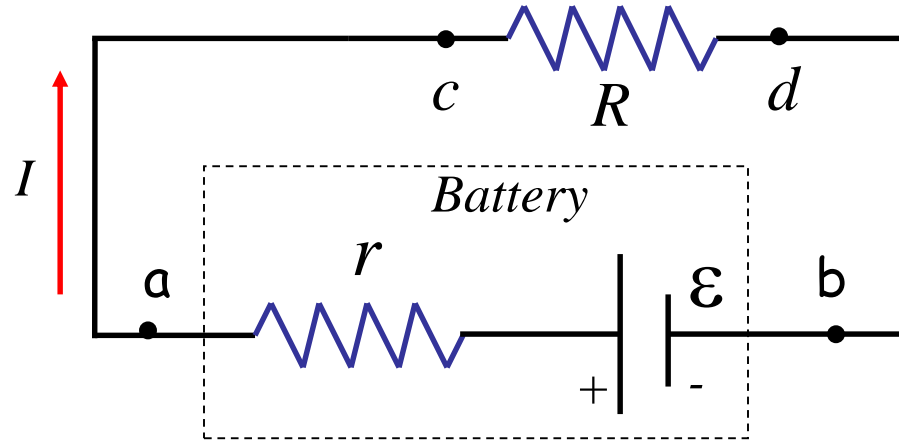
Elektromotor kuvveti (emk) ve devre

- İdeal direnç devresindeki potansiyel



Elektromotor kuvveti (emk) ve devre

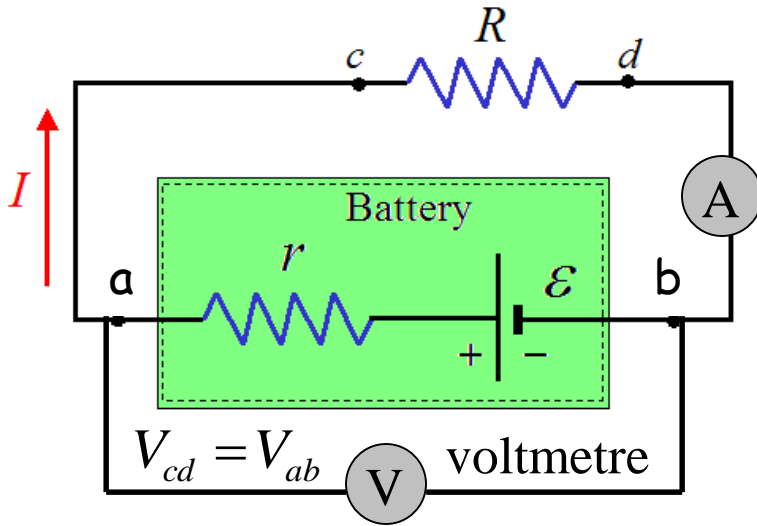
- Gerçek şartlardaki direnç devresinin potansiyeli



Elektromotor kuvveti (emk) ve devre

□ Örnek

$$r = 2 \Omega, \varepsilon = 12 \text{ V}, R = 4 \Omega$$



$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12 \text{ V}}{4 \Omega + 2 \Omega} = 2 \text{ A.}$$

$$V_{ab} = V_{cd}.$$

$$V_{cd} = IR = (2 \text{ A})(4 \Omega) = 8 \text{ V.}$$

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir = 12 \text{ V} - (2 \text{ A})(2 \Omega) = 8 \text{ V.}$$

ampermetre

Bataryadaki enerji değişim oranı $\varepsilon I = (12 \text{ V})(2 \text{ A}) = 24 \text{ W.}$

Bataryadaki enerji yitim oranı $Ir^2 = (2 \text{ A})^2(2 \Omega) = 8 \text{ W.}$

Elektriksel güç verimi $\varepsilon I - I^2 r = 16 \text{ W.}$

Elektriksel güç verimi şu şekilde de verilir $V_{bc} I = (8 \text{ V})(2 \text{ A}) = 16 \text{ W.}$

Ayrıca şu şekilde de verilir $IR^2 = (2 \text{ A})^2(4 \Omega) = 16 \text{ W.}$

Elektrik devresindeki enerji ve güç

□ Elektrik Gücü

Elektriksel devre elemanları **elektriksel enerjiyi**

- 1) **Isı enerjisine**(dirençteki gibi) yada
- 2) **Işığa** (ışık yayan diyottaki gibi) yada
- 3) **İşe** (bir elektrik motordaki gibi) dönüştürür. Bu, **kaynak sağlanan elektriksel gücü** bilmek için yararlıdır.

Şekildeki basit devreyi düşünelim .

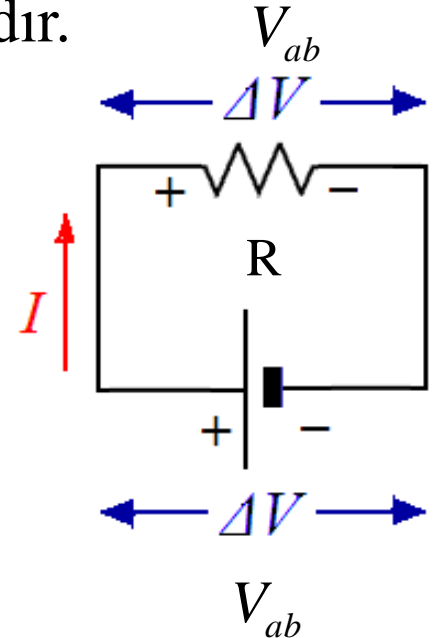
$$dU_e = dQ\Delta V = dQV_{ab}$$

dQ dirence karşı hareket eder ve potansiyel **ΔV** den **V** ye düşer bu yüzden **dU_e** elektrik potansiyel enerjisi kaybedilir.

Elektriksel güç= **U_e** den **sağlanan oran**.

$$\text{Elektrik gücü } P = \frac{dQ}{dt} V_{ab} = I V_{ab} = I^2 R = \frac{V_{ab}^2}{R}$$

Birimi : (1 J/C)(1 C/s) = 1 J/s = 1 W (watts)



Elektrik devresindeki enerji ve güç

□ Bir kaynağın güç verimi

- r iç dirençli bir emk kaynağının bir dış devreye ideal bir iletkenle bağlandığını düşünelim.
- Dış devreye verilen enerji oranı aşağıdaki gibi verilir:

$$P = V_{ab} I$$

- Bir emk ϵ ve bir r iç direnci ile tanımlanan bir kaynak için:

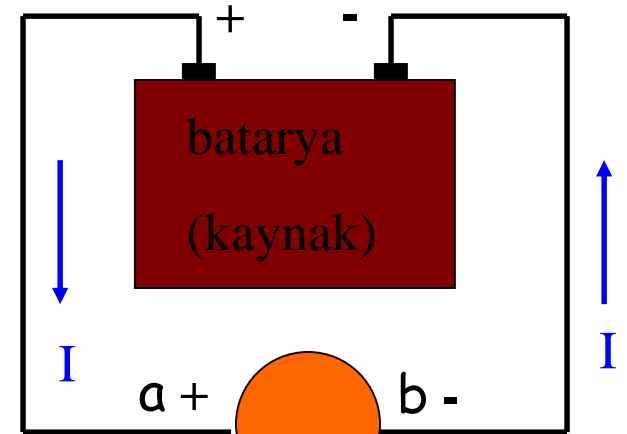
$$V_{ab} = \epsilon - Ir$$

Kaynağın
net elektriksel
güç verimi

$$\rightarrow P = V_{ab} I = \epsilon I - I^2 r$$

Kaynakta elektriksel
olmayan enerjinin
elektriksel enerjiye
dönüşüm oranı

Kaynağın iç
dirençinde yitirilen
elektriksel enerji
oranı

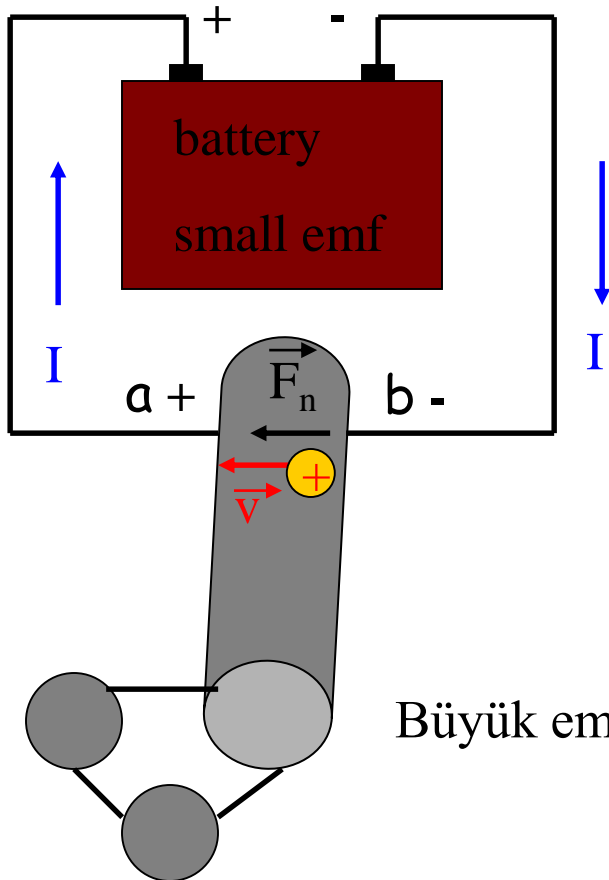


Projektör
(Dış devre)

Elektrik devresindeki enerji ve güç

□ Bir kaynağın güç girişi

r iç dirençli bir emk kaynağının bir dış devreye ideal bir iletkenle bağlandığını düşünelim.



Bataryaya toplam elektriksel güç girişi

$$V_{ab} = \varepsilon + Ir \rightarrow P = V_{ab}I = \varepsilon I + I^2 r$$

Bataryada elektriksel enerjinin elektriksel olmayan enerjiye dönüşüm oranı

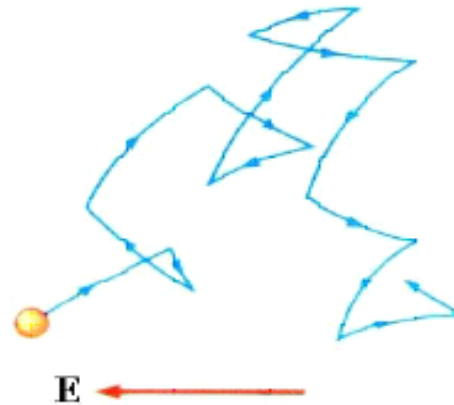
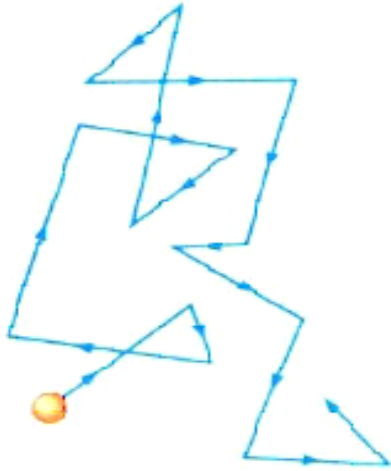
Bataryada iç dirençteki enerji yitim oranı

Büyük emk dönüştürücü

Elektrik iletimi

□ Drude modeli

- Bir iletkendeki yükler (**elektronlar**) *daima* hareketlidir.
- Hızları 10^6 m/s kadardır.
- Uygulanan net bir elektrik alan yoksa net elektron *hızı sıfırdır*.
- Böylece **net yük akışı yoktur**.
- İletkene elektrik **alan uygulandığı** zaman, bu, elektronların alana zıt yönde **sürüklenmesine** neden olur.



$$\vec{F} = -e\vec{E}$$

Elektrik iletimi

□ Drude modeli

$$\vec{F} = -e\vec{E} = m_e \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m_e} \quad \text{ivme}$$

$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \vec{a}t$ Olduğunu hatırlayalım, böylece $\vec{v}_f = \vec{v}_i + \frac{-e\vec{E}}{m_e}t$ olur.

- İletken içerisindeki **elektron** atomlarla (yada örgü iyonlarıyla) **çarpışır**.
- **Drude** her bir **çarpışmadan sonra** elektronların **rasgele bir şekilde** yönlendirilmiş **hıza** sahip olduğunu varsaydı.
- Çarpışmalar arasındaki ilave hız **$(-eE/m_e)t$** dir.
- Çarpışmalar arasındaki **ortalama zaman** τ alalım, böylece ortalama hız

$$\vec{v}_f = \vec{v}_i + \frac{-e\vec{E}}{m_e}\tau = \frac{-e\vec{E}}{m_e}\tau = \vec{v}_d$$

v_d Elektronun **sürüklenme hızı** olarak bilinir.

Elektrik iletimi

□ Drude modeli

$$\vec{v}_d = \frac{-e\vec{E}}{m_e}\tau$$

Son derste bir iletkendeki akım yoğunluğunu elde ettik: $\mathbf{J} = -nev_d$.
Böylece biz burada

$$\mathbf{J} = -nev_d = \frac{ne^2\mathbf{E}}{m_e}\tau \quad \text{elde ederiz.}$$

Ohm kanunundan $\mathbf{J} = \sigma\mathbf{E}$ dir ve aşağıdaki ifadeyi buluruz:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m_e} \quad \text{and} \quad \rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m_e}{ne^2\tau}$$

İletkenin iletkenliliği ve öz direnci