



Bu ders, Pamukkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü tarafından diğer fakültelerde ortak okutulan Genel Fizik-I dersi için hazırlanmıştır.

Ana kaynak kitap olarak resimdeki ders kitabı takip edilecektir.



@PauFizik



<https://www.pau.edu.tr/fizik>

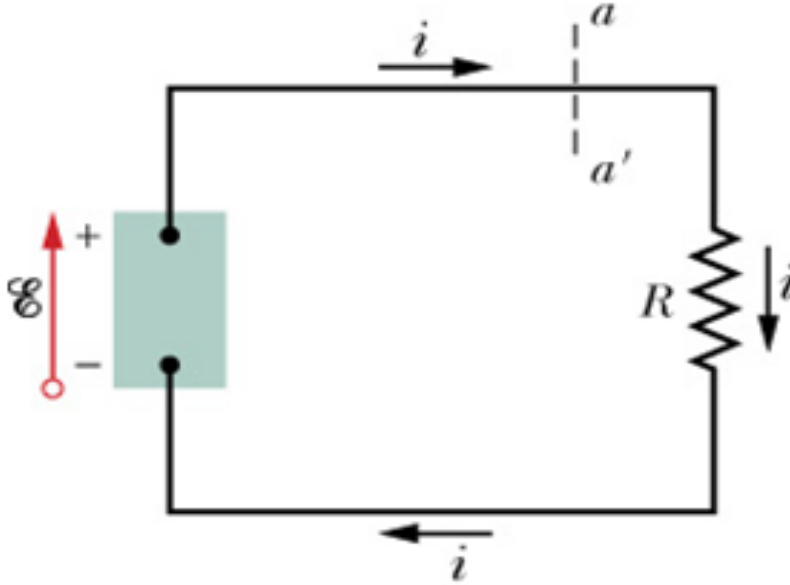
# **BÖLÜM-28**

## **DOĞRU AKIM DEVRELERİ**

Bu bölüm kapsamında şu konulara değinilecektir:

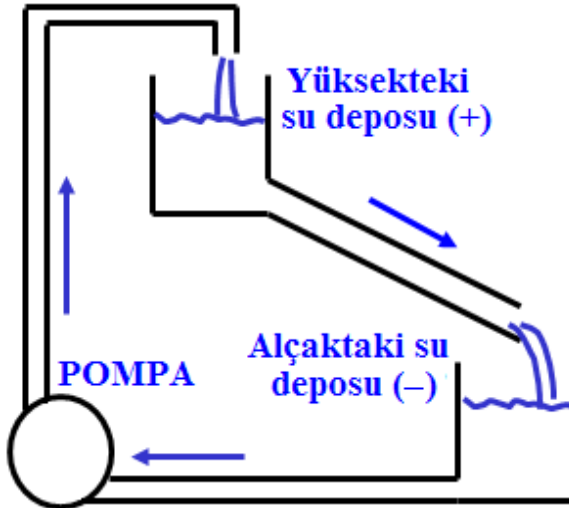
- ❖ **Elektromotor Kuvveti**
- ❖ **Seri ve Paralel Bağlı Dirençler**
- ❖ **Kirchhoff Kuralları**
- ❖ **RC Devreleri**
  - **Bir Kondansatörün Yüklenmesi**
  - **Yüklü Bir Kondansatörün Boşalması**

# ELEKTROMOTOR KUVVETİ

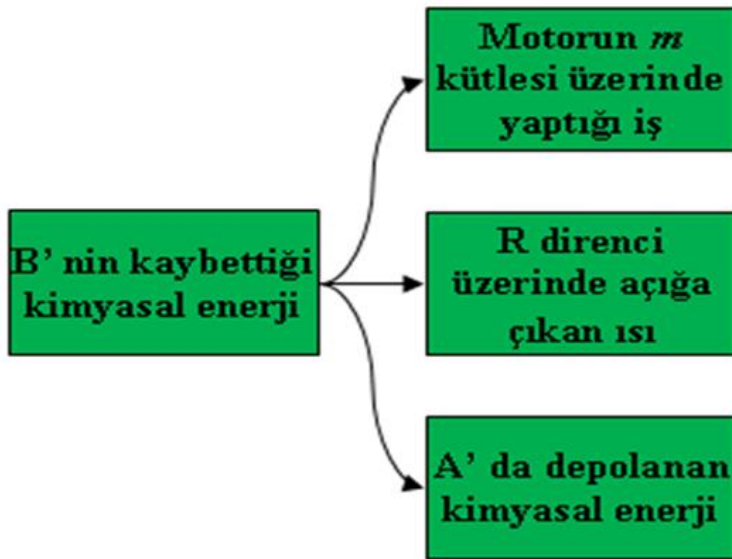
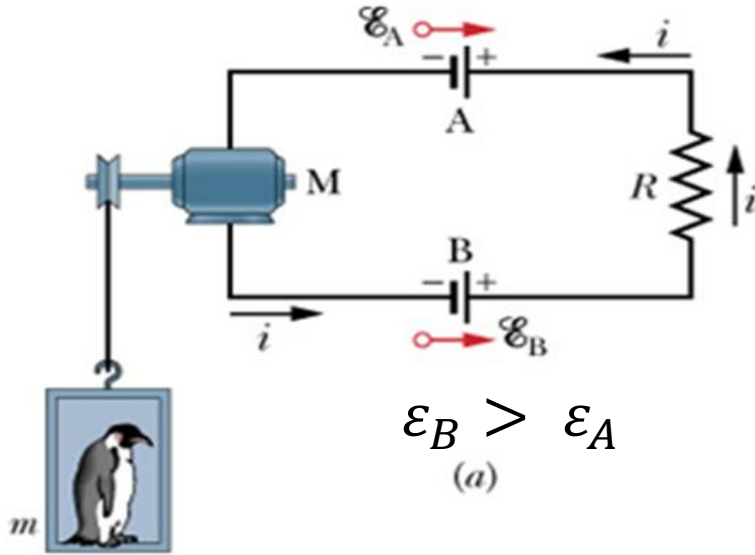


$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq}$$

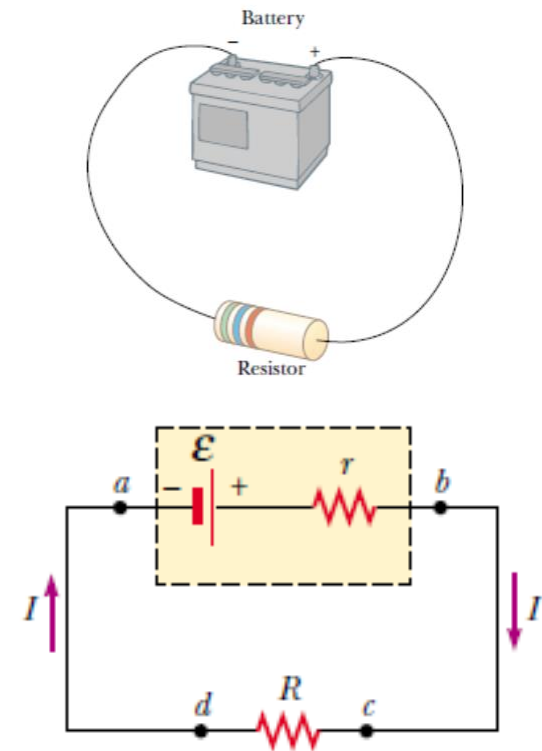
Birimi;  $\frac{J}{C}$  veya Volt'tur



Yandaki şekilde, sistemin mekanik bir eşdeğeri verilmiştir.



(b)



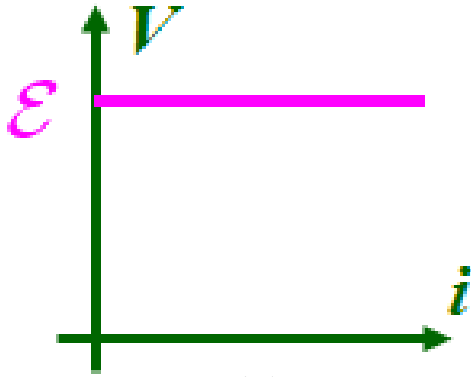
$$(\Delta V = \varepsilon - Ir)$$

$$IR = \varepsilon - Ir$$

$$\varepsilon = I(R + r)$$

Emk kaynağının toplam çıkış gücü,

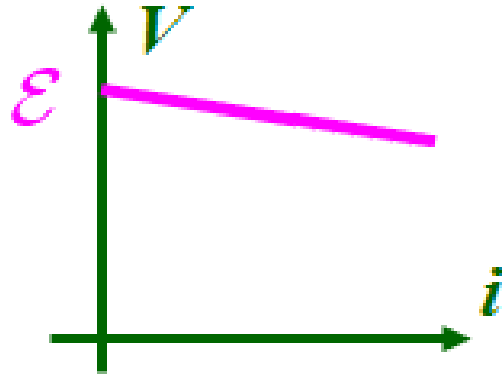
$$\mathcal{P} = I\varepsilon = I^2(R + r)$$



(a)

### İdeal Batarya:

Bataryanın uçları arasındaki  $\Delta V$  gerilimi, üzerinden geçen  $I$  akımına bağlı değilse emk kaynağı idealdir denir (Şekil-a).



(b)

### Gerçek Batarya:

Bataryanın uçları arasındaki  $\Delta V$  gerilimi, üzerinden geçen  $I$  akımıyla azalıyorsa ( $\Delta V = \varepsilon - Ir$ ) emk kaynağı gerçektir denir (Şekil-b).

**Örnek 28-1:** Bir batarya,  $12\text{ V}$ 'luk emk ve  $0,05\ \Omega$ 'luk bir iç dirence sahiptir. Bataryanın uçları  $3\ \Omega$ 'luk bir yük direncine bağlanıyor.

- a) Devredeki akımı ve bataryanın çıkış voltajını bulunuz.
- b) Yük direncinde ve bataryanın iç direncinde harcanan gücü hesaplayınız. Batarya tarafından sağlanan güç ne kadardır?

**Çözüm 28-1:**

$$\text{a)} \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad \text{ise} \quad I = \frac{12}{(3 + 0,05)} = 3,93\text{ A}$$

$$\Delta V = \varepsilon - Ir = 12 - (3,93 \times 0,05) = 11,8\text{ V}$$

$$\text{b)} \quad \mathcal{P}_R = I^2 R = (3,93)^2 (3) = 46,3\text{ Watt}$$

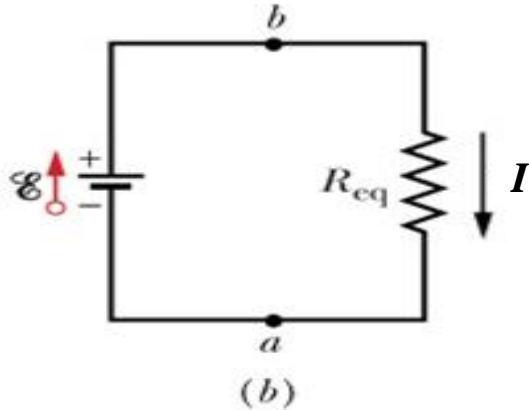
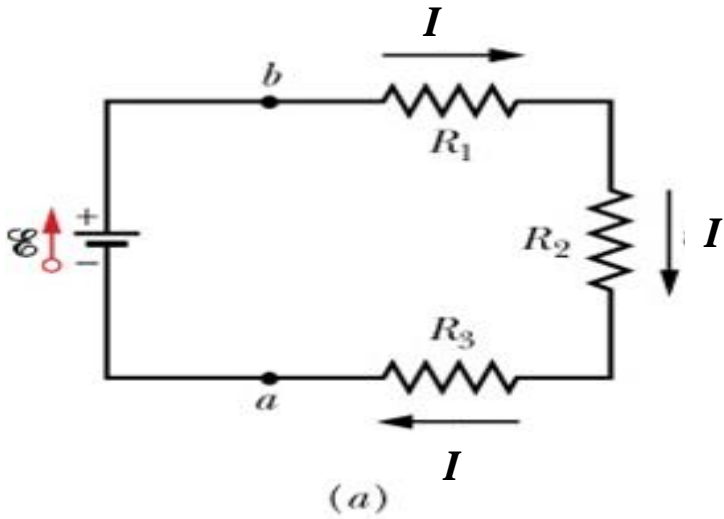
$$\mathcal{P}_r = I^2 r = (3,93)^2 (0,05) = 0,772\text{ Watt}$$

Bataraya tarafından toplam harcanan güç ise

$$\mathcal{P} = \mathcal{P}_R + \mathcal{P}_r = 46,3 + 0,772 = 47,1\text{ Watt}$$

## Seri Bağlı Dirençler

$V$  gerilimi, Şekil-*b*'deki  $R_{eş}$  direncinin uçları arasına uygulanırsa aynı  $i$  akımını sağlar.



$$V_1 + V_2 + V_3 = \varepsilon$$

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 = IR_{eş}$$

$$R_1 + R_2 + R_3 = R_{eş}$$

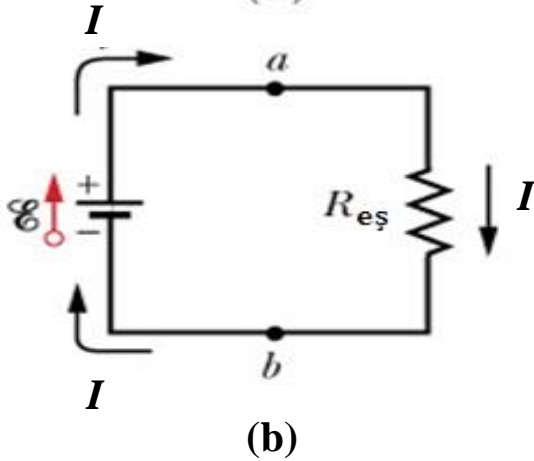
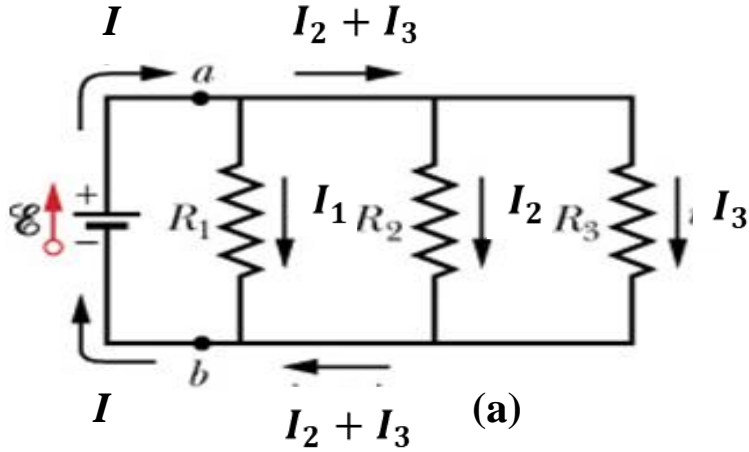
olur. Dolayısıyla, birbirine seri bağlı  $n$  tane dirençten oluşan devrenin eşdeğer direnci:

$$R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

bulunur.

## Paralel Bağlı Dirençler

Şekil-a'da, paralel bağlı üç dirençten oluşan bir devre verilmiştir.



$$I_1 + I_2 + I_3 = I \text{ (Kirchoff'un kavşak kuralı)}$$

$$\frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = \frac{V}{R_{eş}}$$
$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_{eş}}$$

olur. Dolayısıyla, birbirine paralel bağlı  $n$  tane dirençten oluşan devrenin eşdeğer direnci:

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

bulunur.



**Örnek 28-3:** Dört adet direnç şekilde gösterildiği gibi bağlanmışlarsa,

- a) a ve c noktaları arasındaki eşdeğer direnci bulunuz
- b) a ve c arasına 42 V'luk bir potansiyel farkı uygulanırsa her bir dirençteki akım ne olur?

**Çözüm 28-3:** a)  $R_{eş} = 8 + 4 + \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 14 \Omega$

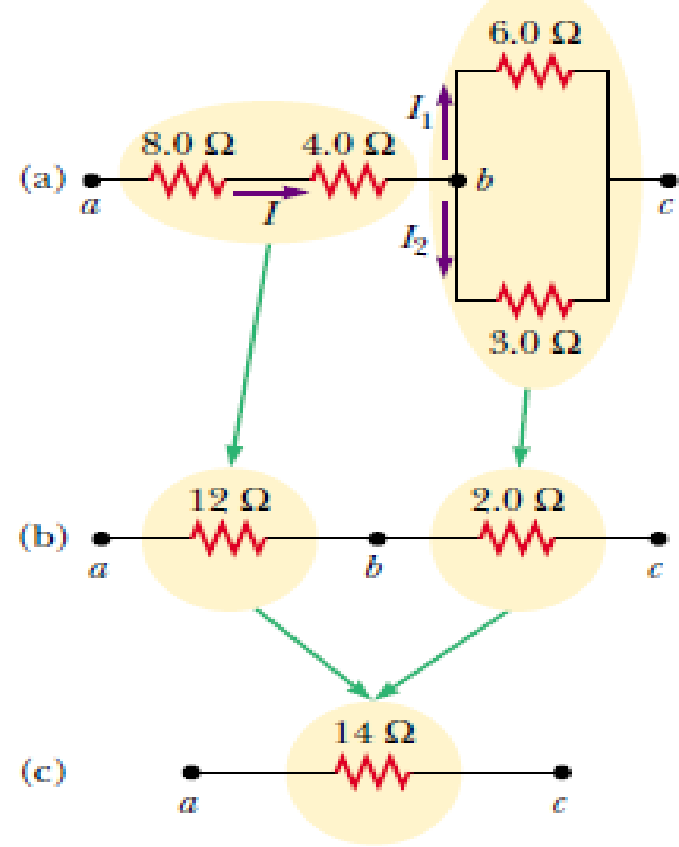
b)  $I = \frac{42}{14} = 3A$  ise

8  $\Omega$  ve 4  $\Omega$ 'luk dirençlerin üzerinden aynı  $I$  akımı geçiyorsa ve üzerlerindeki toplam gerilim de;

$$V_{12} = 3 \times (8 + 4) = 36 V \text{ ise}$$

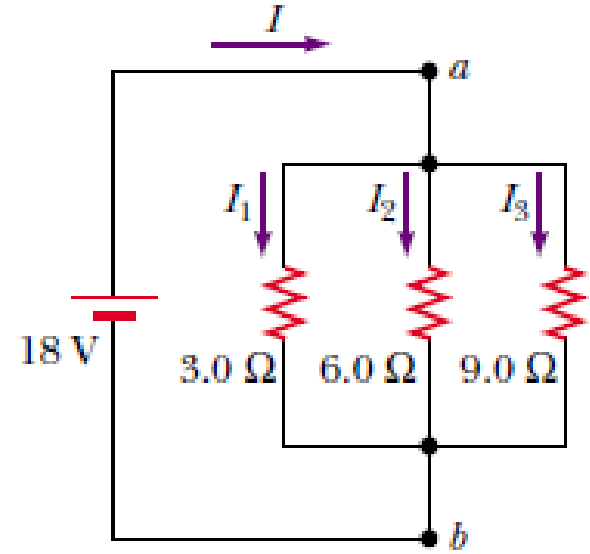
$$V_3 = V_4 = 42 - 36 = 6 V \text{ olur ve böylece,}$$

$$I_1 = \frac{6}{6} = 1 A \text{ ve } I_2 = \frac{6}{3} = 2 A \text{ olur.}$$



**Örnek 28-4:** Üç adet direnç şekilde gösterildiği gibi paralel bağlanıyorlar.  $a$  ve  $b$  noktaları arasında  $18\text{ V}$ 'luk bir potansiyel farkı uygulanırsa,

- a) Her bir direnç üzerinden geçen akımı bulunuz.
- b) Her bir dirençte harcanan gücü ve üç direnç tarafından harcanan toplam gücü hesaplayınız.
- c) Devrenin eşdeğer direncini hesaplayınız.
- d) Batarya tarafından üretilen gücü bulmak için  $R_{eş}$  i kullanınız.



**Çözüm 28-4:** a)  $I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{18\text{ V}}{3,0\ \Omega} = 6,0\text{ A}$

$$I_2 = \frac{\Delta V}{R_2} = \frac{18\text{ V}}{6,0\ \Omega} = 3,0\text{ A}$$

$$I_3 = \frac{\Delta V}{R_3} = \frac{18\text{ V}}{9,0\ \Omega} = 2,0\text{ A}$$

olur.

**b)**  $\mathcal{P} = (\Delta V)^2/R$  ise

$$\mathcal{P}_1 = \frac{(\Delta V)^2}{R_1} = \frac{(18\text{ V})^2}{3,0\ \Omega} = 110\text{ W}$$

$$\mathcal{P}_2 = \frac{(\Delta V)^2}{R_2} = \frac{(18\text{ V})^2}{6,0\ \Omega} = 54\text{ W}$$

$$\mathcal{P}_3 = \frac{(\Delta V)^2}{R_3} = \frac{(18\text{ V})^2}{9,0\ \Omega} = 36\text{ W}$$

**c)**  $\frac{1}{R_{e\mathfrak{s}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$  ise  $\frac{1}{R_{e\mathfrak{s}}} = \frac{1}{3,0\ \Omega} + \frac{1}{6,0\ \Omega} + \frac{1}{9,0\ \Omega}$

$$\frac{1}{R_{e\mathfrak{s}}} = \frac{6}{18\ \Omega} + \frac{3}{18\ \Omega} + \frac{2}{18\ \Omega} = \frac{11}{18\ \Omega}$$

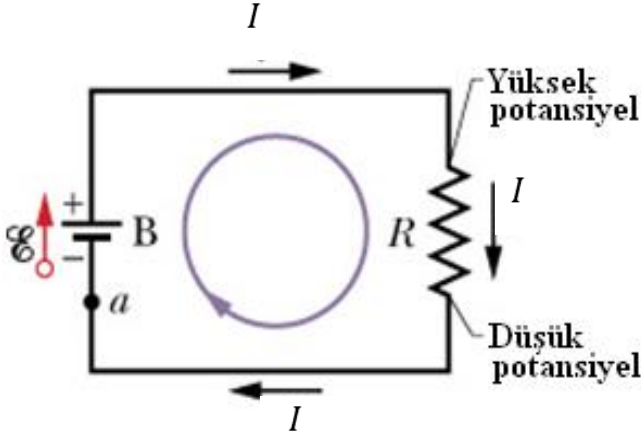
$$R_{e\mathfrak{s}} = \frac{18\ \Omega}{11} = 1,6\ \Omega$$

**d)**  $\mathcal{P} = \frac{(\Delta V)^2}{R_{e\mathfrak{s}}} = \frac{(18\text{ V})^2}{1,6\ \Omega}$

$$\mathcal{P} \cong 200\text{ W}$$

# KIRCHHOFF KURALLARI

## Tek Halkalı Bir Devre



Şekilde tek halkalı bir devre verilmiştir.

Enerjinin korunumu gereği bu enerji direnç üzerinde ısı enerjisi olarak açığa çıkar:

$$\mathcal{E} - RI = 0$$

Bu son eşitlik, **Kirchhoff' un çevrim kuralı** olarak bilinir. Daha açık bir ifadeyle; **“Bir elektrik devresindeki herhangi bir çevrim boyunca tüm elemanlar üzerindeki potansiyel değişimlerinin toplamı sıfırdır”** şeklinde tarif edilebilir.

# Direnç Kuralı



Bir direnç üzerinden geçen akımla **ters yönde** hareket ediyorsak, direnç üzerindeki potansiyel değişimi:

$$\Delta V = +IR$$

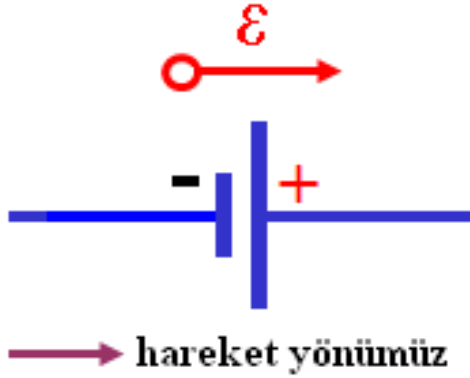


Bir direnç üzerinden geçen akımla **aynı yönde** hareket ediyorsak, direnç üzerindeki potansiyel değişimi:

$$\Delta V = -IR$$

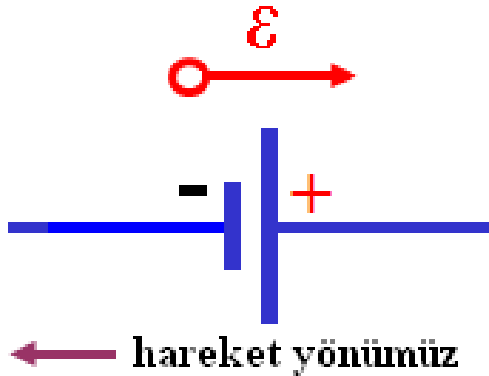
olur.

# EMK Kuralı



İdeal bir kaynak üzerinde, **emk'** **nın yönünde** hareket ediyorsak, kaynak üzerindeki potansiyel değişimi:

$$\Delta V = +\varepsilon$$

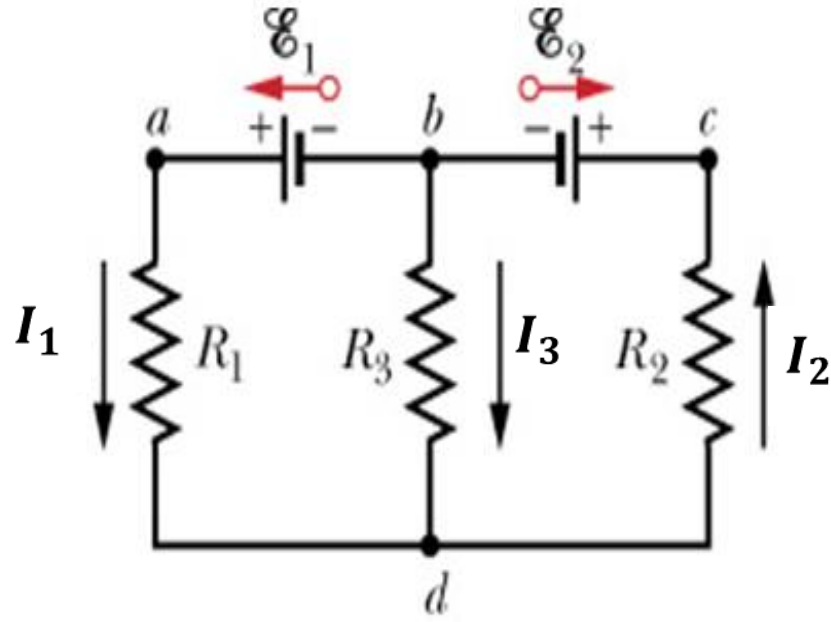


İdeal bir kaynak üzerinde, **emk'** **nın tersi yönünde** hareket ediyorsak, kaynak üzerindeki potansiyel değişimi:

$$\Delta V = -\varepsilon$$

alınır.

## Çok Halkalı Devreler

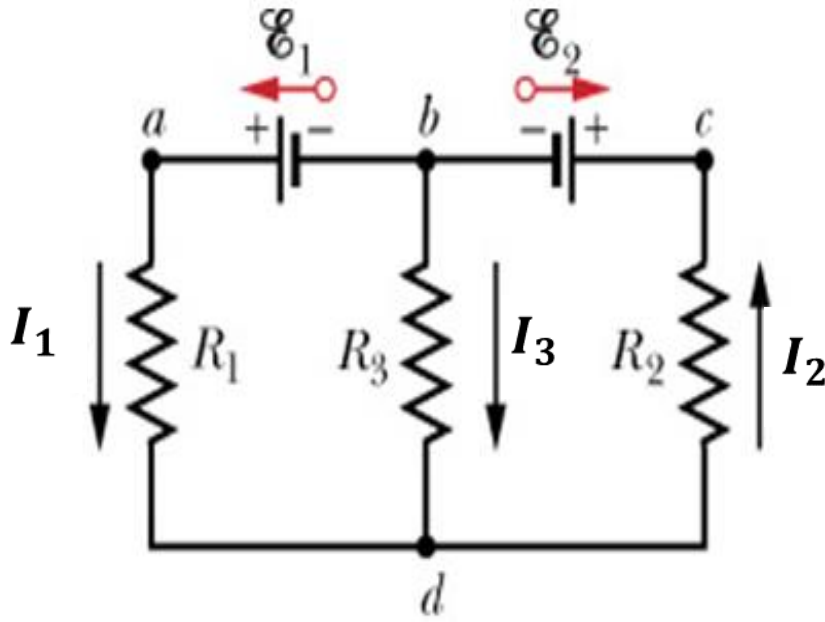


Şekilde iki halkalı bir devre verilmiştir. Bu devre, *bad*, *bdc* ve *bd* olmak üzere üç kolludur.

*b* ve *d* noktaları birer kavşaktır. Yükün korunumu gereği, *d* noktasına gelen  $I_1$  ve  $I_3$  akımlarının toplamı  $I_2$  akımına eşittir.

$$(I_1 + I_3 = I_2)$$

Bu, Kirchhoff' un kavşak kuralı olarak bilinir ve daha açık bir ifadeyle; “**Bir kavşağa gelen akımların toplamı, o kavşağı terkeden akımların toplamına eşittir**” şeklinde tarif edilir.



Devredeki  $I_1$  ,  $I_2$  ve  $I_3$  akımlarını belirlemek için üç denkleme ihtiyacımız vardır. Bunlardan birincisi,  $d$  noktasına uygulanan kavşak kuralından bulunur:

$$I_1 + I_3 = I_2 \quad (\text{Eş-1})$$

Diğer iki tanesi de,  $bad$  ve  $bdc$  halkaları için saat ibrelerinin tersi yönünde hareket edilerek Kirchhoff' un çevrim kuralının uygulanmasıyla bulunur:

$$bad \text{ için; } \varepsilon_1 - I_1 R_1 + I_3 R_3 = 0 \quad (\text{Eş-2})$$

$$bdc \text{ için; } -I_3 R_3 - I_2 R_2 - \varepsilon_2 = 0 \quad (\text{Eş-3})$$

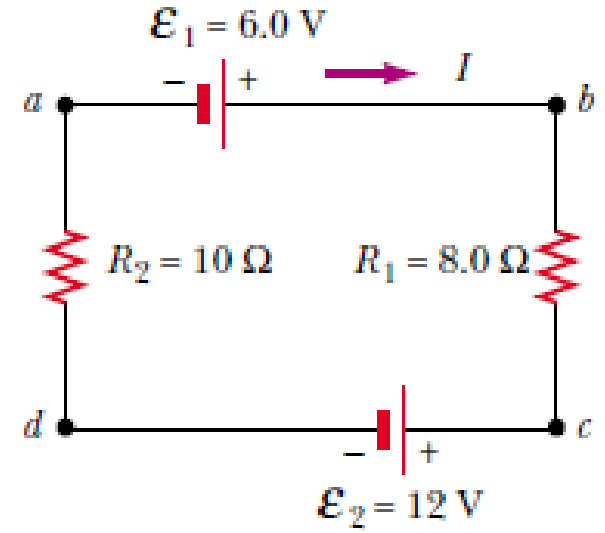
$$adcb \text{ için; } \varepsilon_1 - I_1 R_1 - I_2 R_2 - \varepsilon_2 = 0 \quad (\text{Eş-4})$$

Eş-2 ile Eş-3'ün toplamından başka bir şey değildir.



**Örnek 28-7:** Yanda verilen tek halkalı (ilmekli) devrede bataryanın iç direncini ihmal ederek,

- a) Devreden geçen akımı bulunuz.
- b) Her bir dirençte kaybolan güç nedir? 12 V'luk bir bataryanın verdiği güç ne kadardır



**Çözüm 28-7:**

a) 
$$\sum V = 0$$

$$\varepsilon_1 - IR_1 - \varepsilon_2 - IR_2 = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2} = \frac{6,0 \text{ V} - 12 \text{ V}}{8,0 \Omega + 10 \Omega} = -0,33 \text{ A}$$

b)  $\mathcal{P}_1 = I^2 R_1 = (0,33 \text{ A})^2 (8,0 \Omega) = 0,87 \text{ W}$

$$\mathcal{P}_2 = I^2 R_2 = (0,33 \text{ A})^2 (10 \Omega) = 1,1 \text{ W}$$

$$\mathcal{P} = \mathcal{P}_1 + \mathcal{P}_2 = 0,87 \text{ W} + 1,1 \text{ W} = 2,0 \text{ W}$$

12 V'luk bataryanın verdiği güç ise  $I\varepsilon_2 = 4 \text{ W}$  olur.

**Örnek 28-8:** Yanda verilen devrenin kollarından geçen  $I_1$ ,  $I_2$  ve  $I_3$  akımlarını, Kirchhoff' un çevrim ve kavşak kurallarını kullanarak bulunuz.

**Çözüm 28-8:** Kirchhoff' un çevrim ve kavşak kurallarından,

*abcda ilmeği için;*  $10 - 6I_1 - 2I_3 = 0 \Rightarrow 5 = 3I_1 + I_3$  (Eş - 1)

*befcb ilmeği için;*  $-14 - 10 + 6I_1 - 4I_2 = 0 \Rightarrow$

$$12 = 3I_1 - 2I_2 \quad (\text{Eş} - 2)$$

*c kavşağı için de;*  $I_1 + I_2 = I_3$  (Eş - 3)

*Eş - 1 den Eş - 2 çıkarılırsa;*  $7 = -2I_2 - I_3$  (Eş - 4)

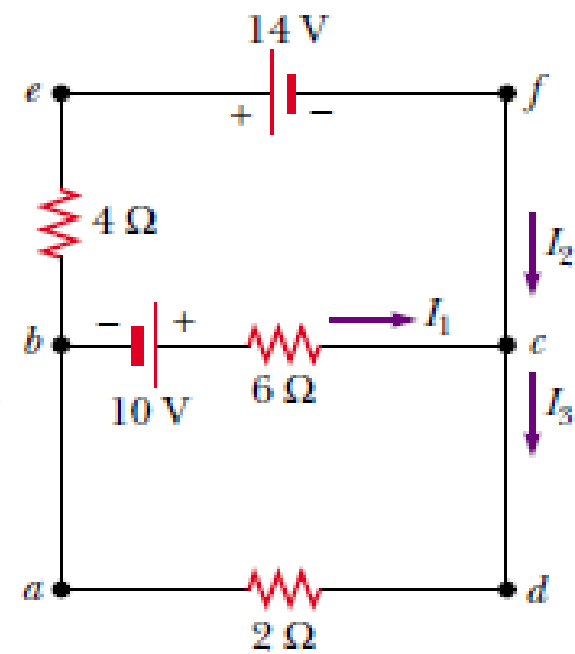
*Eş - 3 ün her iki tarafını 2 ile çarparsak;*  $2I_1 + 2I_2 = 2I_3$

*Bu ifadeyi de Eş - 4 ile birleştirirsek*  $2I_1 = 7 + 3I_3$  (Eş - 5)

*Eş - 5 ile Eş - 1 birbirinden çıkarılırsa;*  $22 = 11I_1 \Rightarrow I_1 = 2 \text{ A}$

$$I_2 = -3 \text{ A}$$

$$I_3 = -1 \text{ A}$$



bulunur.  $I_2$  ve  $I_3$  akımlarının başlangıç yönleri yanlış,  $I_1$  akımının başlangıç yönü ise doğru seçilmiştir.

**Örnek :** Yanda verilen devrenin kollarından geçen  $I_1$ ,  $I_2$  ve  $I_3$  akımlarını, Kirchhoff' un çevrim ve kavşak kurallarını kullanarak bulunuz.

**Çözüm:** Kirchhoff' un çevrim ve kavşak kurallarından,

$$abcf \text{ ilmeği için; } 12 - I_1 - 3I_1 + 5I_2 + I_2 - 4 = 0$$

$$4 = 2I_1 - 3I_2 \quad (Eş - 1)$$

$$fcde \text{ ilmeği için; } 4 - I_2 - 5I_2 - 8I_3 = 0 \Rightarrow 2 = 3I_2 + 4I_3 \quad (Eş - 2)$$

$$c \text{ kavşağı için de; } I_1 + I_2 = I_3 \quad (Eş - 3)$$

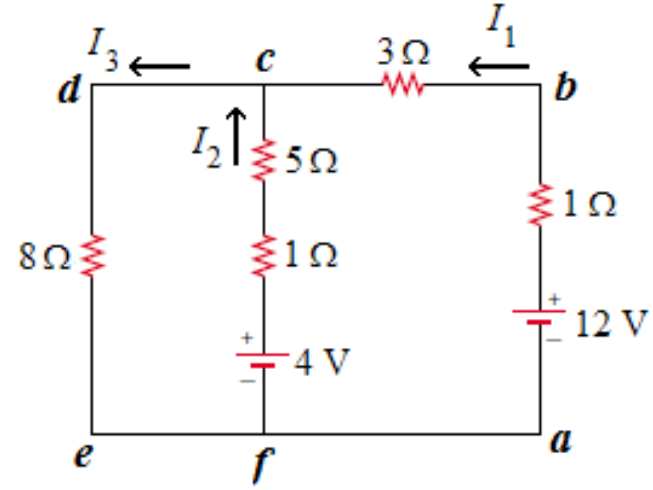
Eş-1 ve Eş-2'den  $I_1$  ve  $I_3$  çekilip Eş-3'te yerine konulursa,

$$I_2 = -\frac{6}{13} A$$

$$I_1 = \frac{17}{13} A$$

$$I_3 = \frac{11}{13} A$$

bulunur.  $I_1$  ve  $I_3$  akımlarının başlangıç yönleri doğru,  $I_2$  akımının başlangıç yönü ise ters seçilmiştir.



**Örnek 28-9:** Şekilde verilen çok ilmekli devrenin;

- Kollarından geçen  $I_1$ ,  $I_2$  ve  $I_3$  akımlarını, kararlı durumda değerlerini bulunuz.
- Kondansatör üzerindeki yük nedir?

**Çözüm 28-9:** İlk olarak kondansatörün bir açık devreyi temsil ettiğine ve böylece kararlı durum şartları altında  $g$  ve  $b$  arasında  $ghab$  yolu boyunca akımın olmadığına dikkat edelim.

- Kirchhoff' un çevrim ve kavşak kurallarından,

$c$  kavşağı için;  $I_1 + I_2 = I_3$  (Eş - 1)

$defcd$  ilmeği için;  $4 - 3I_2 - 5I_3 = 0$  (Eş - 2)

$cfghbc$  ilmeği için;  $3I_2 - 5I_1 + 8 = 0$  (Eş - 3)

Eş - 3 ün içerisine Eş - 1 konulursa;  $I_1 = I_3 - I_2 \Rightarrow 8I_2 - 5I_3 + 8 = 0$  (Eş - 4)

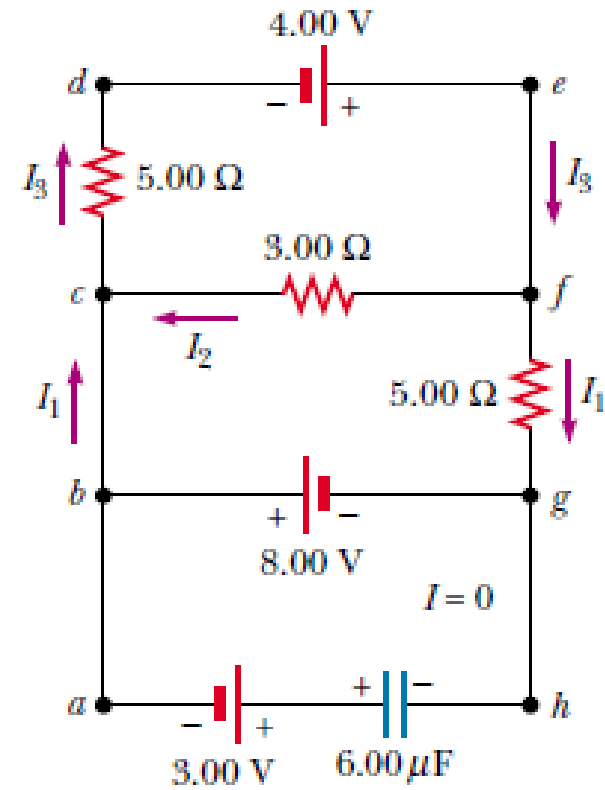
Eş - 4 ile Eş - 2 birbirinden çıkarılırsa;  $I_2 = -\frac{4}{11} = -0,364 A$

Böylece  $I_1 = 1,38 A$  ve  $I_3 = 1,02 A$  bulunur.

$I_1$  ve  $I_3$  akımlarının başlangıç yönleri doğru,  $I_2$  akımının başlangıç yönü ise ters seçilmiştir.

- $-8 + \Delta V_c - 3 = 0 \Rightarrow \Delta V_c = 11 V$  ve buradan,  $Q = C\Delta V$  ise

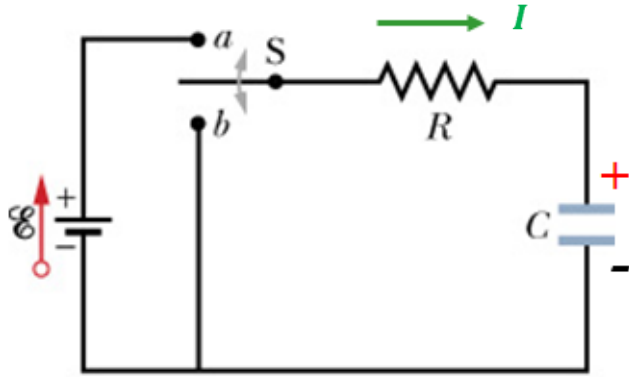
$$Q = 6 \times 10^{-6} \times 11 = 66 \times 10^{-6} C$$



## RC Devreleri

Bir kondansatör ve bir direncin seri bağlanması ile oluşan devreye **RC devresi** adı verilir.

### Bir Kondansatörün Yüklenmesi (Dolması)



Yanda verilen devreyi ele alalım.  $t = 0$  anında kapasitörün boş olduğunu ve  $S$  anahtarının  $a$  noktasına temas ettirildiğini kabul edelim. Böylece batarya, kapasitörü  $R$  direnci üzerinden yüklemeye başlar. ( $I = dq/dt$ )

$$\varepsilon - IR - \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow \varepsilon - \frac{dq}{dt}R - \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow \frac{dq}{dt}R + \frac{q}{C} = \varepsilon$$

Bu eşitlik, homojen olmayan birinci dereceden lineer bir diferansiyel denklemdir.

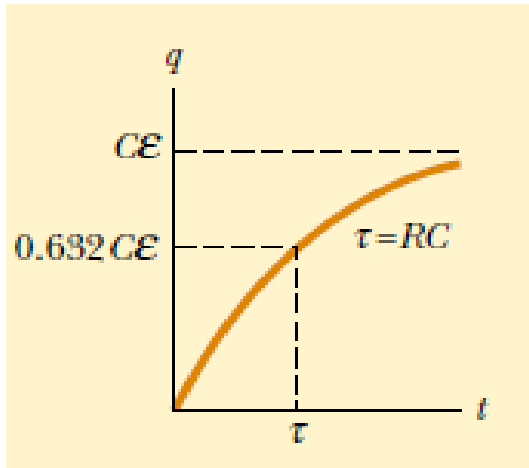
$$\frac{dq}{dt}R = \varepsilon - \frac{q}{C} = \frac{\varepsilon C - q}{C} \Rightarrow \frac{dq}{\varepsilon C - q} = \frac{dt}{RC}$$

$$\Rightarrow \int_0^q \frac{dq}{\varepsilon C - q} = \int_0^t \frac{dt}{RC}$$

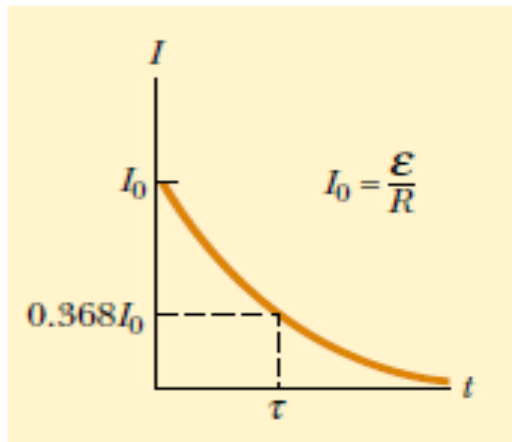
$$\ln \left( \frac{\varepsilon C - q}{\varepsilon C} \right) = -\frac{t}{RC} \Rightarrow \mathbf{q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$$

Kondansatördeki maksimum yük  $Q = \varepsilon C$

$$\mathbf{q(t) = Q(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$$



(a)



(b)

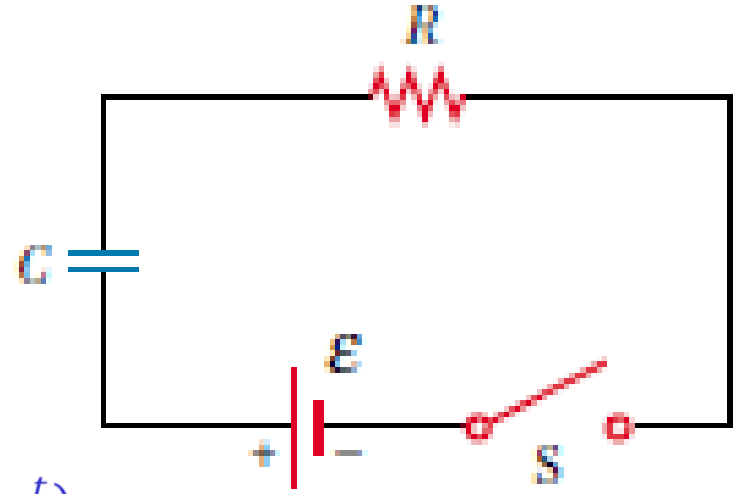
Burada  $\tau = RC$ 'dir ve devrenin “**zaman sabiti**” olarak tanımlanır.

Kapasitör üzerinde biriken yükün zamana bağlı değişimi Şekil-a'da verilmiştir. Devreden geçen akım ise,

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow I(t) = \frac{\epsilon}{R} \left( e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = RC = \frac{\epsilon q}{i \epsilon} = \frac{q}{q/t} = t$$

**Örnek 28-11:** Sığası  $C$  olan yüksüz bir kapasitör, emk'sı  $\varepsilon$  olan bir batarya ile, şekildeki gibi,  $R$  direnci üzerinden yükleniyor.  $C = 5\mu F$ ,  $R = (8 \times 10^5)\Omega$  ve  $\varepsilon = 12V$  olduğuna göre, devrenin zaman sabitini, kapasitördeki maksimum yükü ve devredeki maksimum akımı bulunuz. Anahtar kapatıldıktan  $\tau$  kadar sonra, kapasitördeki yük ve devredeki akım ne olur?



**Çözüm 28-11:**  $q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  ve  $I(t) = \frac{\varepsilon}{R}(e^{-\frac{t}{\tau}})$  ise

$$\tau = RC = (8 \times 10^5)(5 \times 10^{-6}) = 4 s$$

$$q_{max} = \varepsilon C = (12)(5 \times 10^{-6}) = 60\mu C$$

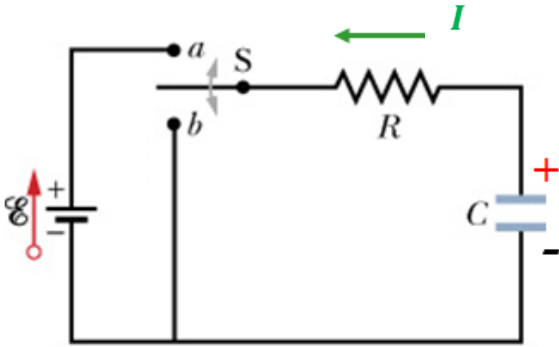
$$I_{max} = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{12}{8 \times 10^5} = 1.5 \times 10^{-5} A = 15\mu A$$

$$q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = \varepsilon C(1 - e^{-1}) = 37,9 \mu C$$

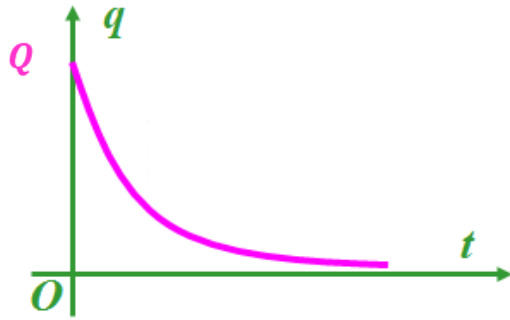
$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R}(e^{-\frac{t}{\tau}}) = \frac{\varepsilon}{R}(e^{-1}) = 5,52 \mu A$$



## Yüklü Bir Kondansatörün Boşalması



Yanda verilen devreyi ele alalım.  $t = 0$  anında kapasitördeki yükün  $Q$  olduğunu varsayalım ve  $S$  anahtarının  $b$  noktasına temas ettirildiğini kabul edelim. Böylece bataryadan ayrılan kapasitör,  $R$  direnci üzerinden boşalmaya başlar.



$$IR - \frac{q}{C} = 0 \rightarrow \frac{dq}{dt} R + \frac{q}{C} = 0$$

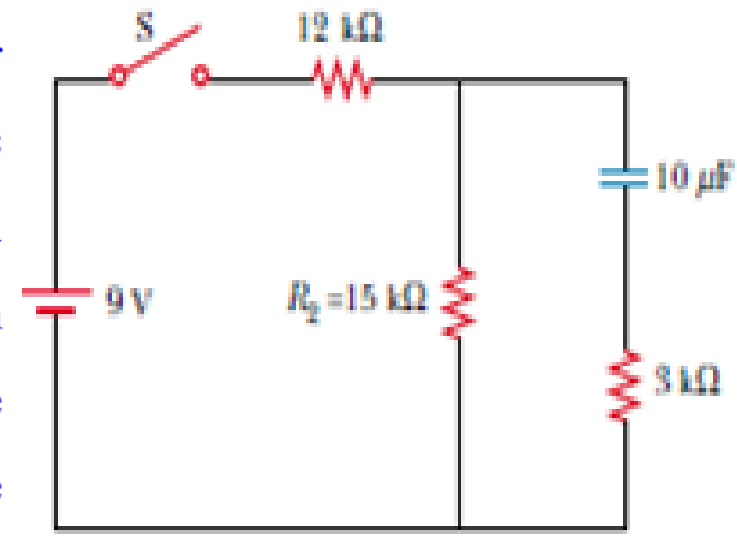
$\left( I = -\frac{dq}{dt} \text{ olarak alınmıştır !!} \right)$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC} \Rightarrow \frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC} \Rightarrow \int_Q^q \frac{dq}{q} = -\int_0^t \frac{dt}{RC}$$

$$\ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC} \Rightarrow \mathbf{q(t) = Qe^{-\frac{t}{\tau}}}$$

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow I(t) = -\frac{Q}{RC} \left( e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \Rightarrow I(t) = -I_0 \left( e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

**Örnek :** Yanda verilen devredeki  $S$  anahtarı, kapasitör tamamen doluncaya kadar kapalı tutulsun. Her direnç üzerindeki kararlı akımı ve kapasitör üzerindeki yükü bulunuz.  $t = 0$  anında anahtar açılırsa,  $R_2$  direnci üzerinden geçen akımı zamanın fonksiyonu olarak bulunuz ve kapasitör üzerindeki yükün maksimum değerinin  $1/5$ ' ine düşmesi için geçen süreyi hesaplayınız.



**Çözüm :** Devre kararlı duruma ulaştıktan sonra, kapasitörün bulunduğu koldan akım geçmez. Böylece,  $12\text{ k}\Omega$  ve  $R_2$  dirençlerinin üzerinden aynı akım geçer.

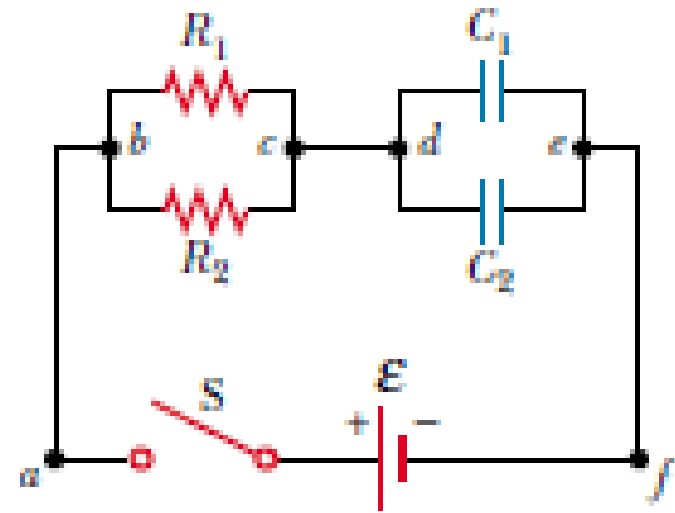
$$I = \frac{9}{((12 + 15) \times 10^3)} = 0.33\text{ mA}$$

$$V_C = IR_2 = \frac{q_{max}}{C} \Rightarrow q_{max} = (0.33 \times 10^{-3})(15 \times 10^3)(10 \times 10^{-6}) \Rightarrow q_{max} = 50\mu\text{C}$$

$t = 0$  anında anahtar açılırsa, kapasitör birbirine seri bağlı  $12\text{ k}\Omega$  ve  $3\text{ k}\Omega$ 'luk dirençler üzerinden boşalacaktır.  $q(t) = q_{max}e^{-\frac{t}{R_{eş}C}} = \frac{\varepsilon}{R}(e^{-\frac{t}{\tau}})$  ve  $I(t) = -\frac{q_{max}}{R_{eş}C}(e^{-\frac{t}{\tau}})$  ise

$$\frac{q_{max}}{5} = q_{max}e^{-\frac{t}{R_{eş}C}} \Rightarrow t = R_{eş}C \ln 5 = (18 \times 10^3)(10 \times 10^{-6})(\ln 5) \Rightarrow \mathbf{t = 0,29\text{ ms}}$$

**Örnek :** Yandaki devre, sığaları  $C_1 = 2\mu F$  ve  $C_2 = 3\mu F$  olan iki kapasitör, dirençleri  $R_1 = 2k\Omega$  ve  $R_2 = 3k\Omega$  olan iki direnç ve emk'sı  $\varepsilon = 120 V$  olan bir bataryadan oluşmuştur. Kapasitörler başlangıçta boştur ve  $t=0$  anında  $S$  anahtarı kapatılıyor. Kararlı denge durumunda, kapasitörler üzerindeki  $q_1$  ve  $q_2$  yüklerini bulunuz.



**Çözüm :**  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri paralel olduğundan;

$$R_{eş} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(2 \times 10^3)(3 \times 10^3)}{(2 \times 10^3) + (3 \times 10^3)} = 1.2 k\Omega$$

$C_1$  ve  $C_2$  kapasitörleri paralel olduğundan;  $C_{eş} = C_1 + C_2 = 5 \mu F$

Artık devremiz, sığası  $5 \mu F$  ve direnci  $1,2 k\Omega$  olan basit bir  $RC$  devresi haline gelmiştir. Kapasitör üzerindeki maksimum yük;

$$q_{max} = \varepsilon C_{eş} = (120)(5 \times 10^{-6}) = 600 \mu C$$

$$\left. \begin{aligned} q_{max} &= q_1 + q_2 \\ V_{C_1} &= V_{C_2} \rightarrow \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} q_1 &= \left( \frac{C_1}{C_1 + C_2} \right) q_{max} = 240 \mu C \\ q_2 &= \left( \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) q_{max} = 360 \mu C \end{aligned}$$

**Örnek 28-13:**  $5\ \mu F$ 'lık bir kondansatör,  $800\ V$ 'luk bir potansiyel farkı ile yüklenmekte ve sonra  $25\ k\Omega$ 'luk bir direnç üzerinden boşalmaktadır. Kondansatör tamamen boşaldığı zaman, dirençte harcanan toplam enerji ne kadardır?

**Çözüm 28-13:** Kondansatör direnç üzerinden boşalırken, direnç üzerinde enerjinin harcanma hızı  $I^2 R$  olur. Burada  $I$ ;

$$I(t) = -\frac{q}{RC} \left( e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Güç, enerjinin değişim hızı olarak tanımlandığı için

$$Enerji = \int_0^{\infty} I^2 R dt = \int_0^{\infty} \left( I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \right)^2 R dt$$

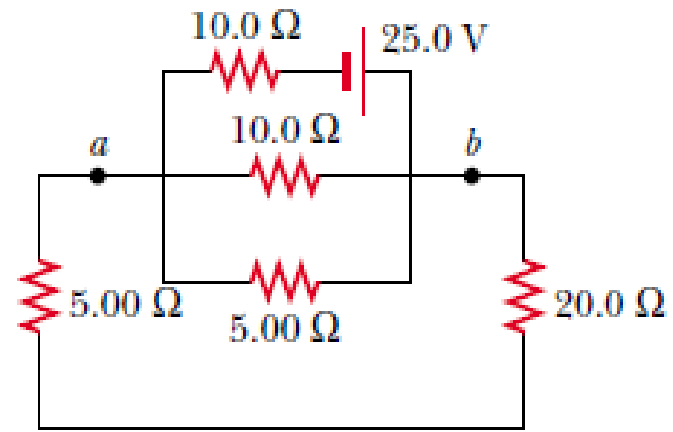
$$Enerji = \frac{1}{2} C \varepsilon^2$$

# **Bölüm Sonu Problemleri**

# Problemler

**Problem 28-9:** Şekildeki verilen devrede,

- a)  $20\ \Omega$ 'luk dirençteki akımı,
- b) a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkını bulunuz



**Çözüm 28-9:**

$$\frac{1}{R'_{eş}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{(20 + 5)} \Rightarrow R'_{eş} = 2,94\ \Omega$$

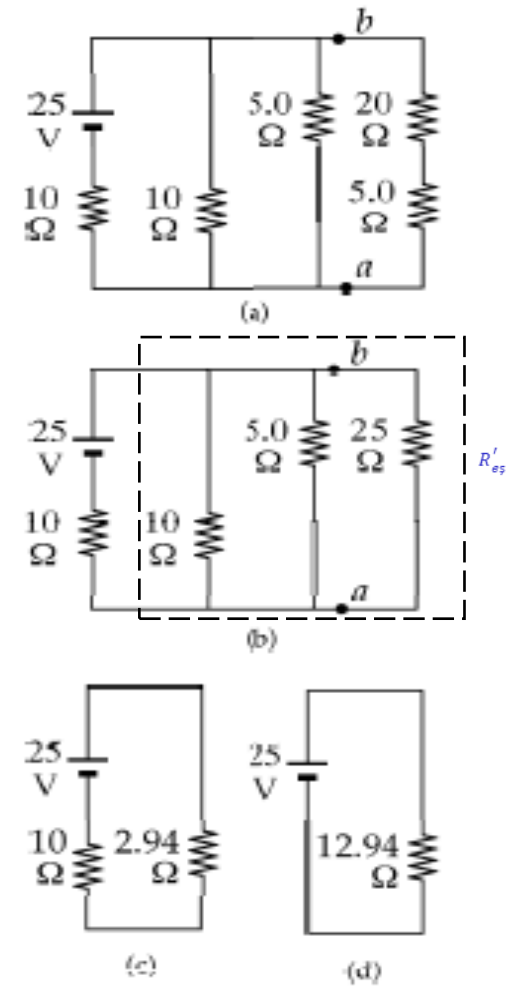
$$R_{eş} = 10 + 2,94 = 12,94\ \Omega$$

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eş}} = \frac{25}{12,94} = 1,93\ A$$

$$\Delta V = IR'_{eş} = (1,93)(2,94) = 5,68\ V$$

a)  $I = \frac{\Delta V_{ab}}{R_{ab}} = \frac{5,68}{25} = 0,227\ A$

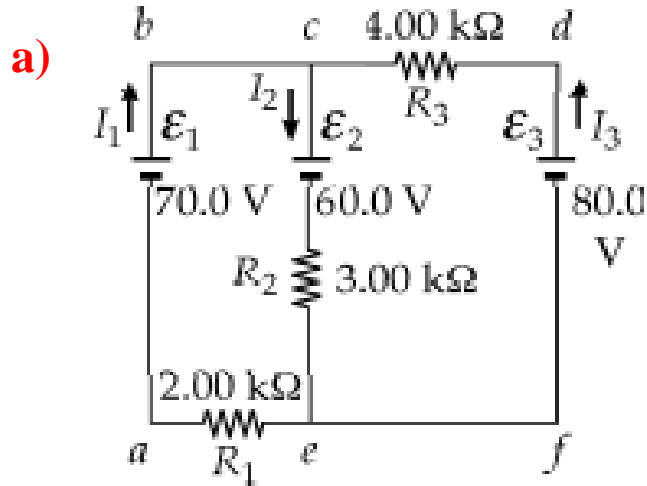
b) Bu nedenle  $\Delta V_{ab} = 5,68\ V$  olur.



**Problem 28-22:** Kirchhoff kurallarını kullanarak,

- a) Şekilde gösterilen devrede her bir dirençteki akımı bulunuz.
- b)  $c$  ve  $f$  noktaları potansiyel farkını bulunuz. Bu noktaların hangisi daha yüksek potansiyelindedir?

**Çözüm 28-22:**



$$70 - 60 - I_2(3 \times 10^3) - I_1(2 \times 10^3) = 0$$

$$80 - I_3(4 \times 10^3) - 60 - I_2(3 \times 10^3) = 0$$

$$I_2 = I_3 + I_1$$

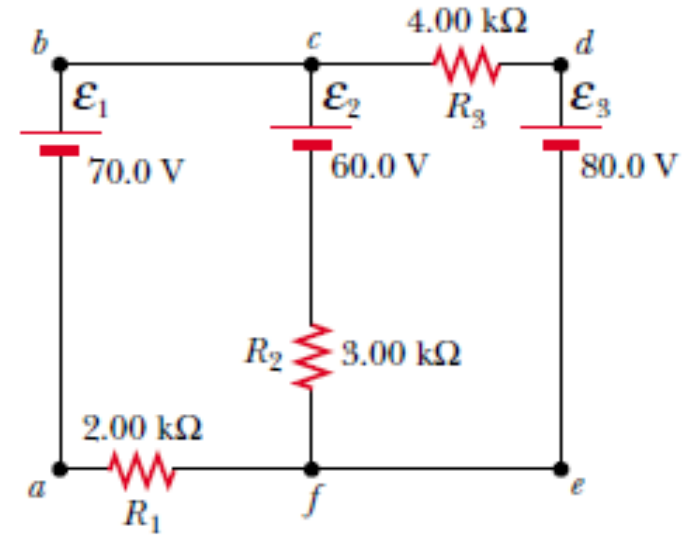
$$I_1 = 0,385 \text{ mA}$$

$$I_2 = 3,08 \text{ mA}$$

$$I_3 = 2,69 \text{ mA}$$

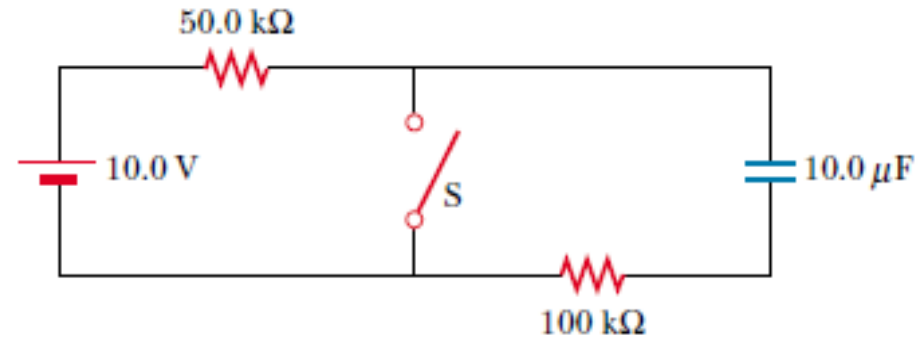
b)  $\Delta V_{cf} = -60 - (3,08 \times 10^{-3})(3 \times 10^3) = -69,2 \text{ V}$

$c$  noktasının potansiyeli  $d$  noktasının potansiyeline göre daha yüksek potansiyelindedir.



**Problem 28-32:** Şekilde görülen devrede,  $S$  anahtarı uzun zamandır açıktır. Anahtar ani olarak kapatılıyor,

- a) Anahtar kapanmadan önce,
- b) Anahtar kapatıldıktan sonra, zaman sabitini bulunuz.
- c)  $t = 0$  da anahtar kapalıysa, zamanın fonksiyonu olarak devredeki akımı hesaplayınız.



**Çözüm 28-32:**

a)  $\tau = RC = (150 \times 10^3)(10 \times 10^{-6}) = 1,5 \text{ s}$

b)  $\tau = (1 \times 10^5)(10 \times 10^{-6}) = 1 \text{ s}$

c) Bataryanın taşıdığı akım;  $I = \frac{10}{50 \times 10^3} = 200 \mu A$

100  $k\Omega$ 'luk dirençteki akım;

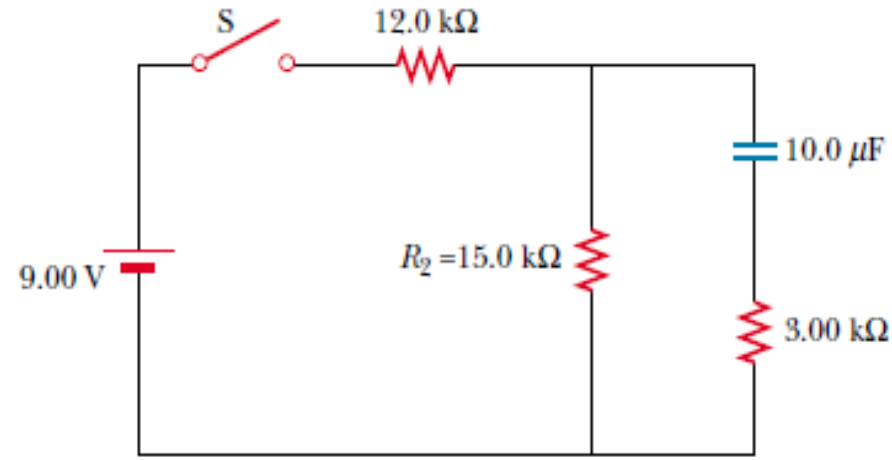
$$I(t) = I_0 e^{-t/RC} = \left( \frac{10}{100 \times 10^3} \right) (e^{-t/1})$$

$$I = (200 + 100 e^{-t})(\mu A)$$



**Problem 28-67:** Şekildeki devrede, anahtarın kondansatör tamamen yükleneneği kadar yeterince uzun bir süre kapatıldığı varsayılıyor.

- Her bir dirençten geçen kararlı durum akımını,
- Kondansatördeki yükü bulunuz.
- Şimdi anahtar  $t = 0$  anında açılıyor.  $R_2$ 'den geçen  $I_{R_2}$  akımı için zamanın fonksiyonu olarak bir denklem yazınız.
- Kondansatör üzerindeki yük başlangıç değerinin  $1/5$ 'ine düşmesi için geçecek zaman bulunuz.



**Çözüm 28-67:**

- Kararlı durumdan sonra, kondansatör üzerinden akım akmaz.

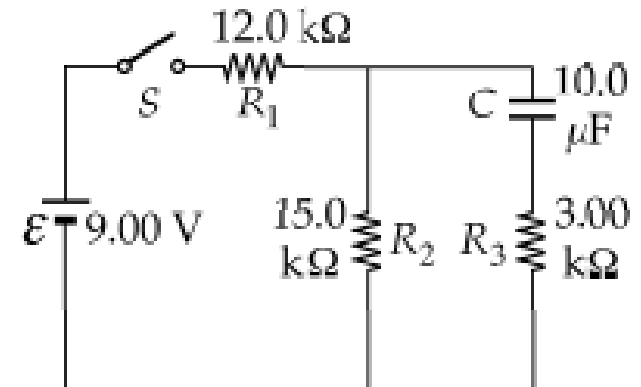
Böylece  $R_3$  için;  $I_{R_3} = 0$  (kararlı durum)

$$I_{R_1+R_2} = \frac{9}{(27 \times 10^3)} = 333 \mu A \quad (\text{kararlı durum})$$

$$\text{b)} \quad q = C(\Delta V_{R_2}) = CI_{R_1+R_2}R_2$$

$$q = (10 \times 10^{-6})(333 \times 10^{-6})(15 \times 10^3)$$

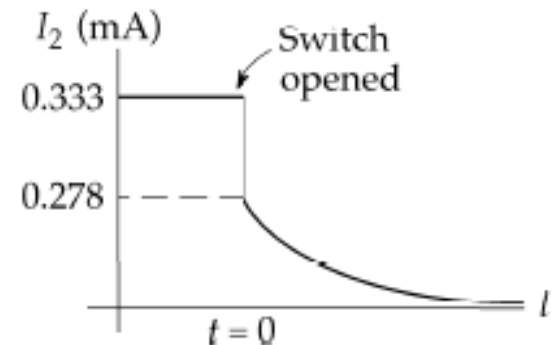
$$q = 50 \mu\text{C}$$



$$\text{c)} \quad \tau = (R_2 + R_3)C = (18 \times 10^3)(10 \times 10^{-6}) = 0,18 \text{ s}$$

$$I_i = \frac{\Delta V_C}{(R_2 + R_3)} = \frac{I_2 R_2}{(R_2 + R_3)} = 278 \mu\text{A}$$

$$I_{R_2} = I_i e^{-t/((R_2+R_3)C)}$$



$$\text{d)} \quad q = q_i e^{-t/((R_2+R_3)C)}$$

$$\frac{q_i}{5} = q_i e^{-t/(0,18)}$$

$$5 = e^{t/0,18}$$

$$\ln 5 = \frac{t}{0,18} \Rightarrow t = 290 \text{ ms}$$