6. Doğru Akım Devreleri

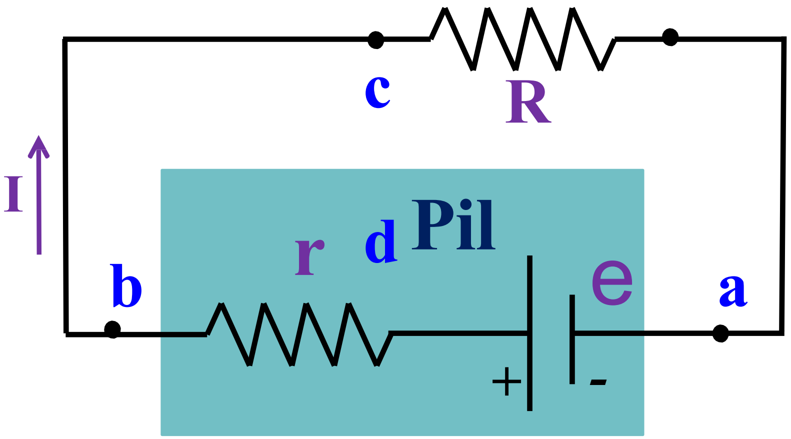
1. Elektromotor Kuvveti
2. Seri ve Paralel Bağlı Dirençler
3. Kirchhoff Kuralları
4. RC Devreleri

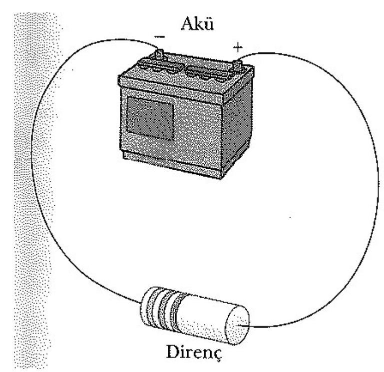
Bu bölümde çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanmış bataryalar, dirençler ve kondansatörlerden oluşmuş basit devreleri inceleyeceğiz. Bu devrelerin analizinde Kirschhoff kurallarını kullanacağız. Kirschhoff kuralları enerji ve yükün korunumuna bağlıdır.

6.1 Elektromotor Kuvveti

Önceki bölümde, **E**lektro**M**otor **K**uvvet (**EMK**) denilen bir enerji kaynağı kullanarak kapalı bir devrede sabit bir akımın kurulabileceğini gördük. **EMK** kaynağı devrede dolaşan yüklerin potansiyel enerjisini arttırabilecek olan aygıttır. Birimi volt' tur.

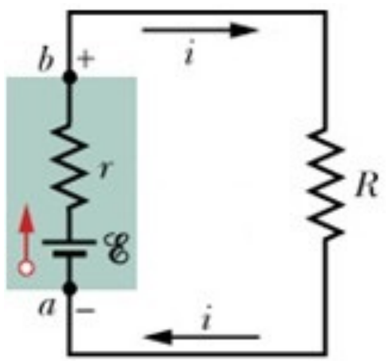
Şekildeki devreyi inceleyelim. Bağlantı kablolarının direncinin olmadığını kabul edelim. Bataryanın **+** ucu **–** ucundan daha yüksek potansiyeldedir. Bataryanın iç direncinden dolayı batayanın uçları arasındaki potansiyel farkı, bataryanın **EMK**'sına eşit değildir.





Noktalı çizgiler içerisindeki batarya, **Є** kaynağına seri bağlı olan **r** iç dirençi ile birlikte temsil edilir. **a** noktasından **b** noktasına **+** yükün hareket ettiğini düşünelim. Akünün **–** ucundan **+** ucuna geçildiğinde yükün potansiyeli, **Є** kadar artar, ama **r** dirençcinden dolayı potansiyeli **Ir** kadar azalır. Burada **I** devreden geçen akımdır. Yani bataryanın uçları arasındaki voltaj:

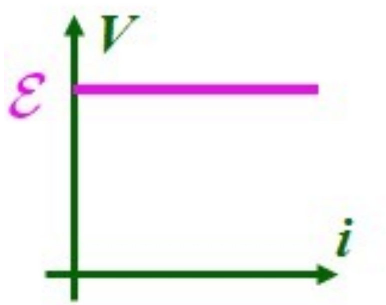
$$\Delta V = V_b - V_a = \varepsilon - Ir$$



(a)

Yandaki devrede (Şekil-a), R direnici bir emk kaynağının a ve b uçlarına bağlıdır.

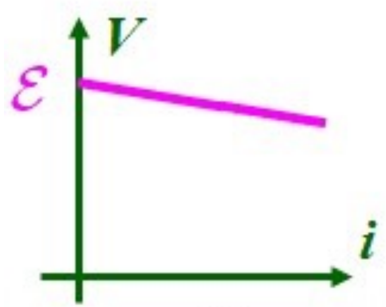
İdeal Batarya :



(b)

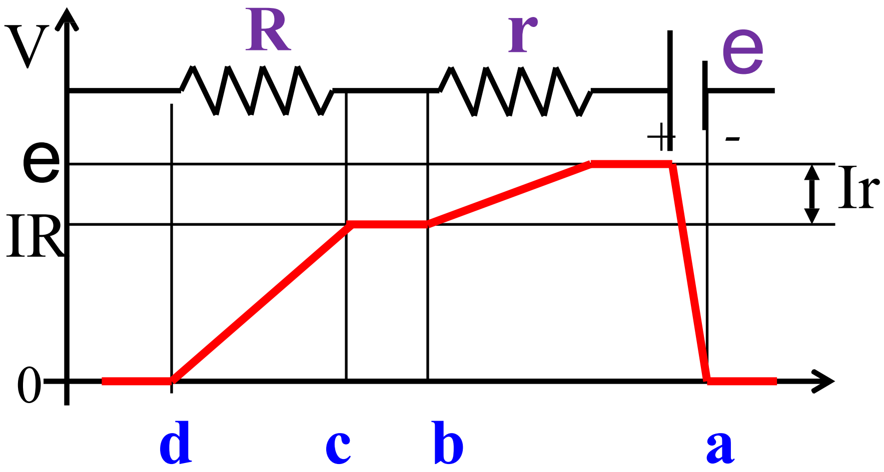
a ve b uçları arasındaki V gerilimi, üzerinden geçen i akımına bağlı değilse emk kaynağı idealdir ($V = \varepsilon$) denir (Şekil-b).

Gerçek Batarya :



(c)

a ve b uçları arasındaki V gerilimi, üzerinden geçen i akımıyla azalıyorsa emk kaynağı gerçektir ($V = \varepsilon - ir$) denir (Şekil-c). Bu ifadedeki r, emk kaynağının "iç direnci" dir.



Şekil (28.2b) devrede, saat yönünde dolaşıldığında, potansiyel değişimlerini temsil eden bir grafiktir. Şekil 28.2a'yı incelediğimizde görürüz ki; çıkış voltajı ΔV dış direnç R'nin uçları arasındaki potansiyel farkına eşit olmalıdır. Bu R dış dirence genellikle **yük direnci** denir. Bu yük direnci Şekil 28.1 de görüldüğü gibi basit dirençli bir devre elamanı veya bataryaya bağlı bazı elektrik cihazlarının direnci olabilir (tost makinesi, elektrik ısıtıcısı veya ampul gibi). Direnç batarya üzerindeki yükü temsil eder, çünkü, batarya cihaza enerji sağlamalıdır. Burada, yük direncinin uçları arasındaki potansiyel farkı, $\Delta V = IR$ dir. Bunu 28.1 eşitliğiyle birleştirirsek

$$\mathcal{E} = IR + Ir \tag{28.2}$$

olduğunu görürüz. Bu eşitlikten akımı çözersek,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \tag{28.3}$$

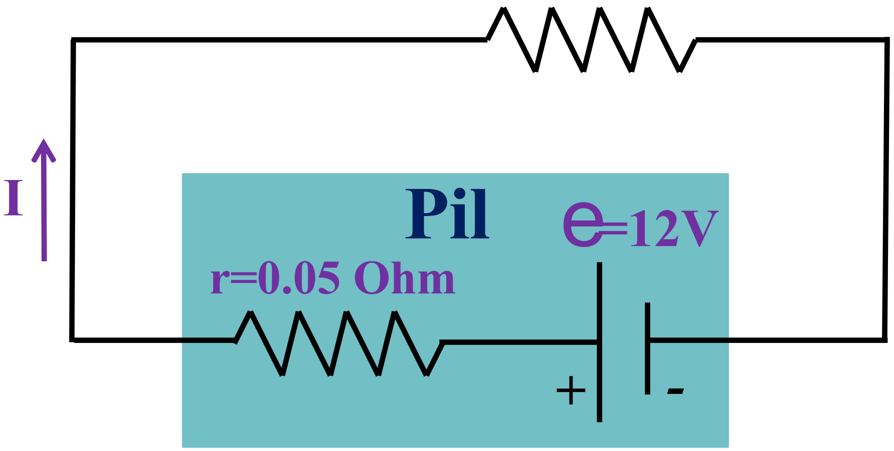
elde ederiz. Buradan görülüyor ki, bu basit devreden geçen akım, hem bataryaya bağlı dış dirence hem de bataryanın iç direncine bağlıdır. Yük direnci R, iç direnç r den çok büyükse, hesaplarda r yi bir çok gerçek devrede olduğu gibi ihmal edebiliriz. 28.2 Eşitliğini I akımı ile çarparsak aşağıdaki ifadeyi elde ederiz:

$$I\mathcal{E} = I^2R + I^2r \tag{28.4}$$

Bu eşitlik bize şunu söyler: güç $\mathcal{P} = I\Delta V$ olduğu için (Bak. Eş. 27.22) emk kaynağının toplam çıkış gücü, $I\mathcal{E}$; yük direncinde joule ısısı olarak harcanan I^2R gücü, *artı* iç dirençte harcanan I^2r gücüne dönüşmektedir. Yine, $r \ll R$ ise, batarya tarafından sağlanan gücün çoğu yük direncine aktarılmaktadır.

6.1 Elektromotor Kuvveti

Örnek: Bataryanın Çıkış Voltajı



$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{12.0\ \text{V}}{3.05\ \Omega} = \boxed{3.93\ \text{A}}$$

$$\Delta V = \mathcal{E} - Ir = 12.0\ \text{V} - (3.93\ \text{A})(0.05\ \Omega)$$
$$= \boxed{11.8\ \text{V}}$$

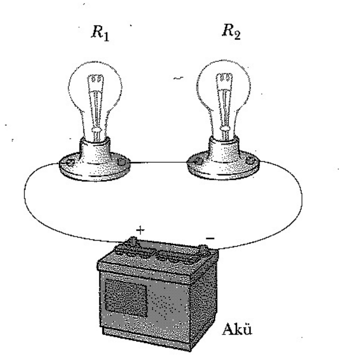
$$\Delta V = IR = (3.93\ \text{A})(3.00\ \Omega) = 11.8\ \text{V}$$

$$\mathcal{P}_R = I^2 R$$
$$= (3.93\ \text{A})^2\ (3.00\ \Omega)$$
$$= \boxed{46.3\ \text{W}}$$

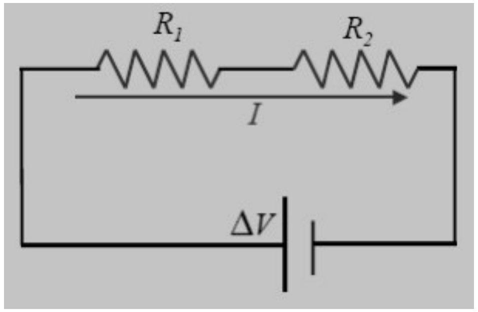
$$\mathcal{P}_r = I^2 r$$
$$= (3.93\ \text{A})^2\ (0.05\ \Omega)$$
$$= \boxed{0.772\ \text{W}}$$

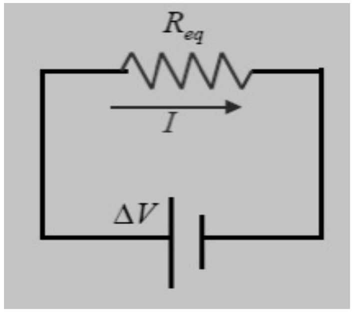
6.2 Seri ve Paralel Bağlı Dirençler

Dirençlerin seri bağlanmasında **R_1** dirençinden akan bir yük **R_2** dirençinden akan yüke eşit olması gerektiğinden her direnç içerisinden geçen akımın aynı olacaktır.



(a)





$$\Delta V = I(R_1 + R_2)$$

$$\Delta V = IR_{eş}$$

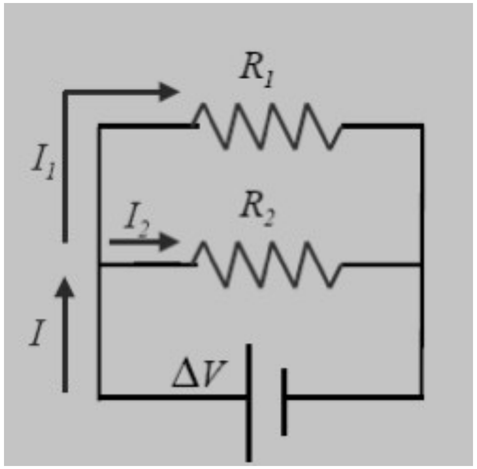
$$IR_{eş} = I(R_1 + R_2)$$

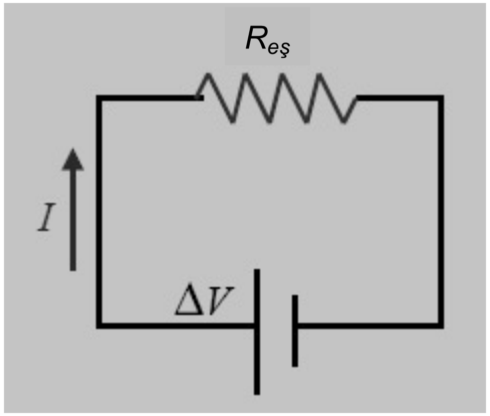
$$R_{eş} = R_1 + R_2$$

$$R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3 \ldots$$

6.2 Seri ve Paralel Bağlı Dirençler

Dirençlerin paralel bağlanmasında her bir dirençin üzerindeki potansiyel farkı aynı olacaktır.





$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$$

$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \Delta V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{\Delta V}{R_{eş}}$$

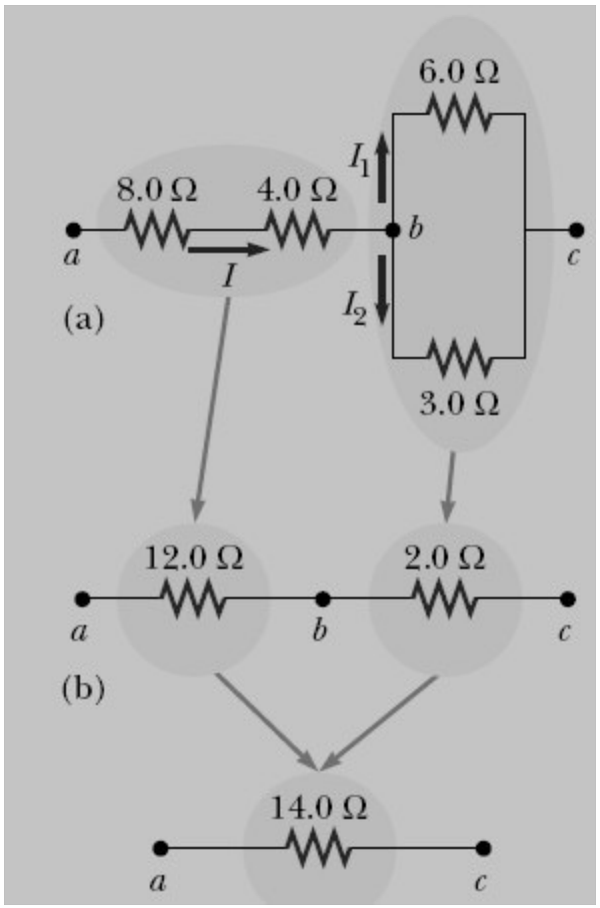
$$\frac{\Delta V}{R_{eş}} = \Delta V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

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

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

6.2 Seri ve Paralel Bağlı Dirençler

Örnek: Eşdeğer Direncin Hesaplanması



$$I = \frac{\Delta V_{ac}}{R_{\mathrm{eq}}} = \frac{42\ \mathrm{V}}{14.0\ \Omega} = 3.0\ \mathrm{A}$$

$$\Delta V_{bc}$$

$$(6.0\ \Omega) I_1 = (3.0\ \Omega) I_2$$

$$I_2 = 2 I_1$$

$$I_1 + I_2 = 3.0\ \mathrm{A}$$

$$I_1 = 1.0\ \mathrm{A}$$

$$I_2 = 2.0\ \mathrm{A}$$

$$\Delta V_{bc} = (6.0\ \Omega) I_1 = (3.0\ \Omega) I_2 = 6.0\ \mathrm{V}$$

$$\Delta V_{ab} = (12.0\ \Omega) I = 36\ \mathrm{V}$$

$$\Delta V_{ac} = \Delta V_{ab} + \Delta V_{bc} = 42\ \mathrm{V},$$

ÖRNEK 28.4 Paralel Bağlı Üç Direnç

Üç direnç, Şekil 28.7'deki gibi paralel bağlanıyor. a ve b noktaları arasına 18 V'luk bir potansiyel farkı uygulanıyor. (a) Her bir dirençteki akımı bulunuz.

Çözüm Dirençler paralel bağlıdırlar ve böylece her bir direncin uçları arasındaki potansiyel farkı 18 V olmalıdır. $\Delta V = IR$ eşitliğini her bir dirence uygularsak,

$$I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{18\text{ V}}{3{,}0\ \Omega} = \boxed{6{,}0\text{ A}}$$

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

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

(b) Her bir dirençte harcanan gücü ve üç direnç tarafından harcanan toplam gücü hesaplayınız.

Çözüm $\mathcal{P} = (\Delta V)^2/R$'yi her bir direnç için uygularsak,

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

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

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

olur. Buradan görülüyor ki, en küçük direnç en çok akımı taşıdığından, en büyük gücü harcamaktadır. Üç niceliğin toplamı 200 W olur.

(c) Devrenin eşdeğer direncini hesaplayınız.

Çözüm $R_{eş}$ direncini bulmak için 28.8 Eşitliğini kullanabiliriz:

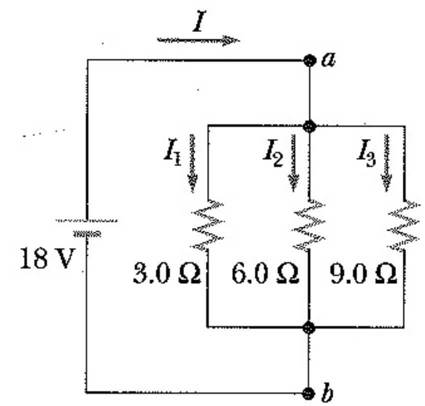
$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{3{,}0\ \Omega} + \frac{1}{6{,}0\ \Omega} = \frac{1}{9{,}0\ \Omega}$$

$$= \frac{6}{18\ \Omega} + \frac{3}{18\ \Omega} + \frac{2}{18\ \Omega} = \frac{11}{18\ \Omega}$$

$$R_{eş} = \frac{18\ \Omega}{11} = \boxed{1{,}6\ \Omega}$$

Alıştırma Batarya tarafından üretilen gücü bulmak için $R_{eş}$ i kullanınız.

Cevap 200W



Şekil 28.7 Paralel bağlı üç direnç. Her bir direncin uçları arasımdaki potansiyel farkı 18 V'tur.

6.3 Kirchhoff Kuralları

Bir devreyi her zaman tek kapalı bir devreye indirgeyemezsiniz. Bu durumda bu karmaşık devrelerin analizi için Kirchhoff Kuralları olarak bilinen iki basit kuralın kullanılması gerekir.

1. Herhangi bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, bu düğüm noktasından çıkan akımların toplamına eşit olmalıdır.

$$\sum I_{gelen} = \sum I_{giden}$$

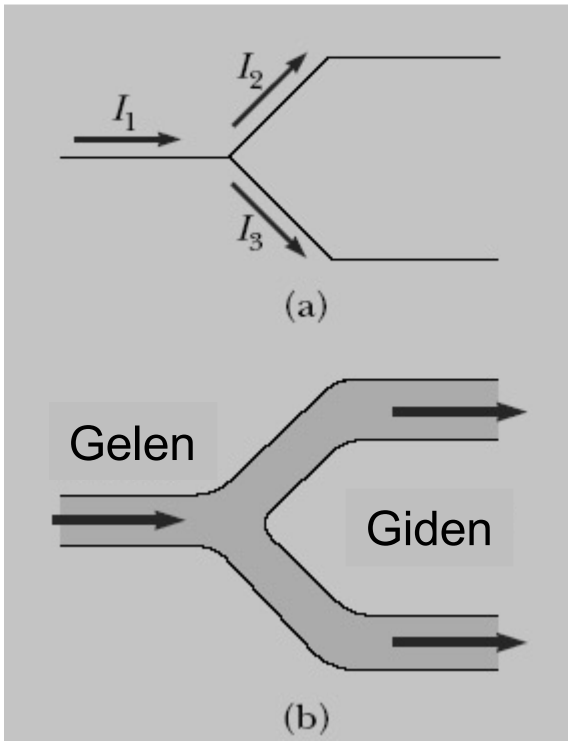
2. Herhangi kapalı devre boyunca bütün devre elemanlarının uçları arasındaki potansiyel farklarının cebirsel toplamı sıfır olmalıdır.

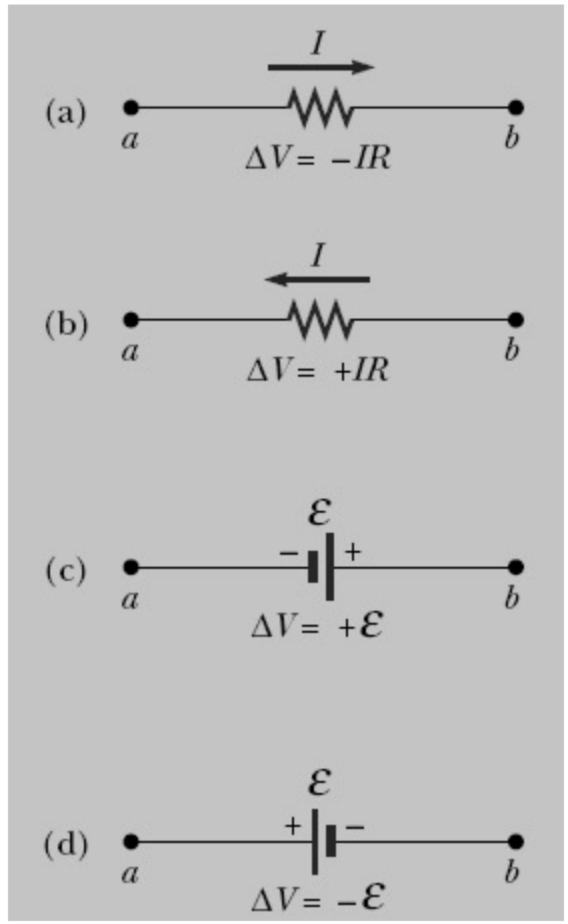
$$\sum_{\text{Kapalı Devre}} \Delta V = 0$$

İkinci kural enerjinin korunumuna ilişkindir. Bu kural uygulanırken aşağıdaki işaret anlaşmalarına dikkat edilmelidir:

- Yükler, direncin yüksek potansiyelli ucundan düşük potansiyelli ucuna doğru hareket ettiği için bir direnç akım yönünde geçiliyorsa direncin ucları arasındaki ΔV potansiyel değişimi $-IR$' dir.
- Direnç akımla ters yönde giçiliyorsa, direncin ucları arasındaki ΔV potansiyel değişimi $+IR$' dir.
- Bir emk kaynağı, emk yönünde (- uçtan + uca doğru) geçiliyorsa, potansiyel değişimi $+\epsilon$' dır.
- Bir emk kaynağı (iç direnci sıfır farz ediliyor), emk' nın ters yönünde (+ uctan - uca doğru) geçiliyorsa potansiyeldeki değişim $-\epsilon$' dur. Bu durumda bataryanın emk' sı içinden geçerken elektriksel potansiyeli azaltır.

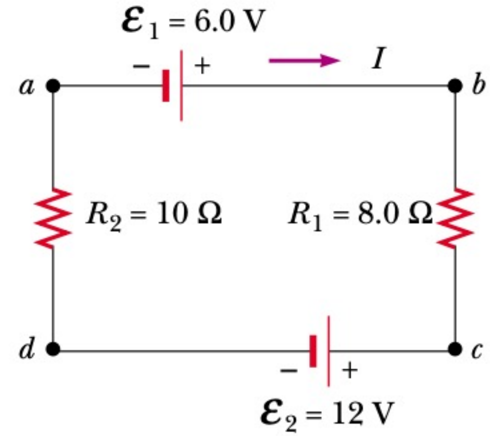
6.3 Kirchhoff Kuralları





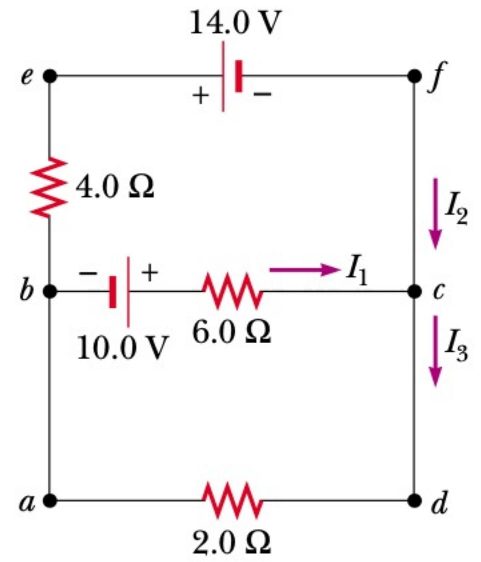
ÖRNEK 28.7 Tek İlmekli Bir Devre

Tek-ilmekli bir devre, Şekil 28.13'de gösterildiği gibi iki tane direnç ve iki tane emk kaynağı içermektedir. Bataryanın iç-direncini ihmal ediniz. (a) Devredeki akımı bulunuz.



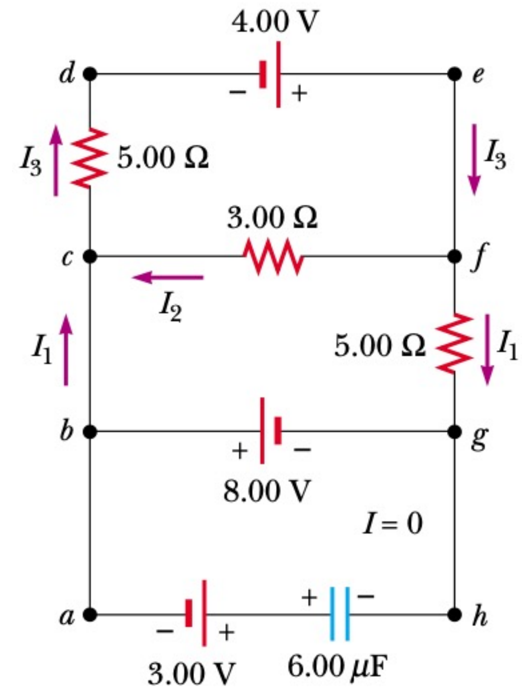
ÖRNEK 28.8 Kirchhoff Kurallarının Uygulanması

Şekil 28.14 te gösterilen devredeki I_1, I_2 ve I_3 akımlarını bulunuz.



ÖRNEK 28.9 Çok İlmekli Devre

(a) Şekil 28.15'deki çok-ilmekli devrenin I_1, I_2 ve I_3 akımlarını kararlı durumda değerlerini bulunuz.



6.4 RC Devreleri

Şuana kadar akımın kararlı olduğu devreleri inceledir. Şimdi, akımın zamanla değişebildiği, kondansatörlü devreleri inceleyeceğiz. Bir kondansatör ile direncin seri bağlandığı devrelere **RC devresi** denir.

Bir kondansatörün Yüklenmesi:

$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - IR = 0$$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$Q = C\mathcal{E}$$

$$I = dq/dt$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{q}{RC}$$

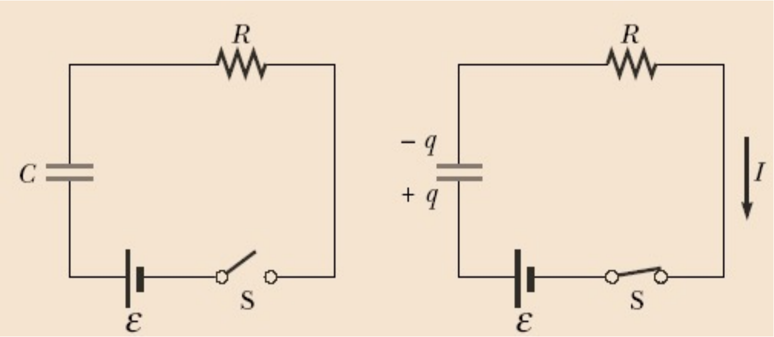
$$\frac{dq}{dt} = \frac{C\mathcal{E}}{RC} - \frac{q}{RC} = -\frac{q - C\mathcal{E}}{RC}$$

$$\frac{dq}{q - C\mathcal{E}} = -\frac{1}{RC}\,dt$$

$$q = 0 \text{ at } t = 0$$

$$\int_0^q \frac{dq}{(q - C\mathcal{E})} = -\frac{1}{RC}\int_0^t dt$$

$$\ln\left(\frac{q - C\mathcal{E}}{-C\mathcal{E}}\right) = -\frac{t}{RC}$$



$$q(t) = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC}) = Q(1 - e^{-t/RC})$$

$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}e^{-t/RC}$$

6.4 RC Devreleri

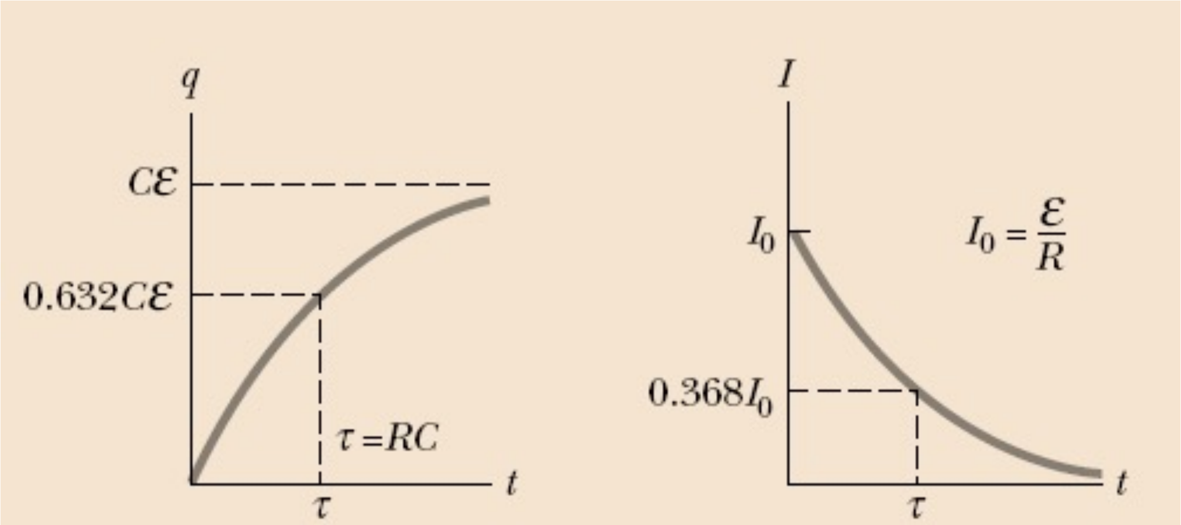
Bir kondansatörün Yüklenmesi:

$$q(t) = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC}) = Q(1 - e^{-t/RC})$$

$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} e^{-t/RC}$$

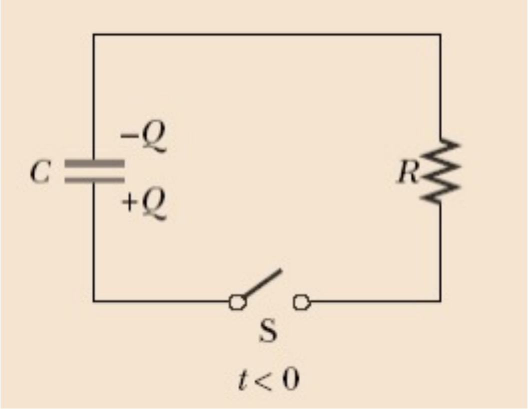
$$I_0 = \mathcal{E}/R \text{ at } t = 0$$

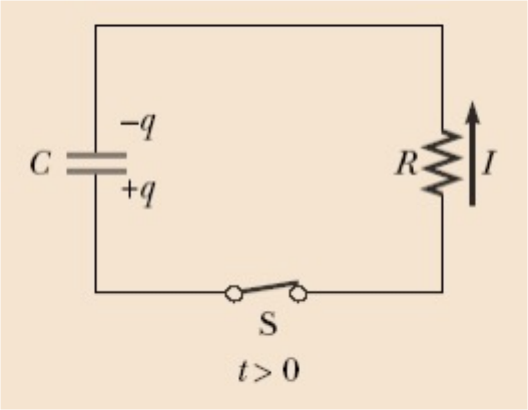
time constant $\tau = RC,$ $\quad [\tau] = [RC] = \left[\frac{\Delta V}{I} \times \frac{Q}{\Delta V}\right] = \left[\frac{Q}{Q/\Delta t}\right] = [\Delta t] = \mathrm{T}$



6.4 RC Devreleri

Bir kondansatörün Boşalması:





$$-\frac{q}{C} - IR = 0 \qquad I = dq/dt$$

$$-R\,\frac{dq}{dt} = \frac{q}{C}$$

$$\frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC}\,dt \quad q = Q \text{ at } t = 0$$

$$\int_Q^q \frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC}\int_0^t dt$$

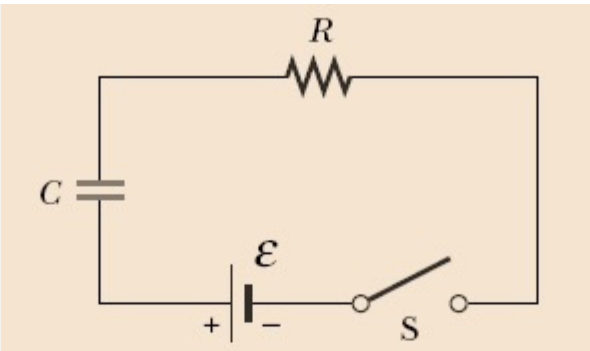
$$\ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC}$$

$$q(t) = Qe^{-t/RC}$$

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left(Qe^{-t/RC}\right) = -\frac{Q}{RC}\,e^{-t/RC}$$

6.4 RC Devreleri

Örnek: RC Devresindeki Bir Kondansatörün Yüklenmesi



$\mathcal{E} = 12.0\ \text{V}, \quad R = 8.00 \times 10^5\ \Omega,$

$C = 5.00\ \mu\text{F}$

$$\tau = RC = (8.00 \times 10^5\ \Omega)(5.00 \times 10^{-6}\ \text{F}) = 4.00\ \text{s}$$

$$Q = C\mathcal{E} = (5.00\ \mu\text{F})(12.0\ \text{V}) = 60.0\ \mu\text{C}$$

$$I_0 = \mathcal{E}/R = (12.0\ \text{V})/(8.00 \times 10^5\ \Omega) = 15.0\ \mu\text{A}$$

$$q(t) = \boxed{(60.0\ \mu\text{C})(1 - e^{-t/4.00\ \text{s}})}$$

$$I(t) = \boxed{(15.0\ \mu\text{A})e^{-t/4.00\ \text{s}}}$$