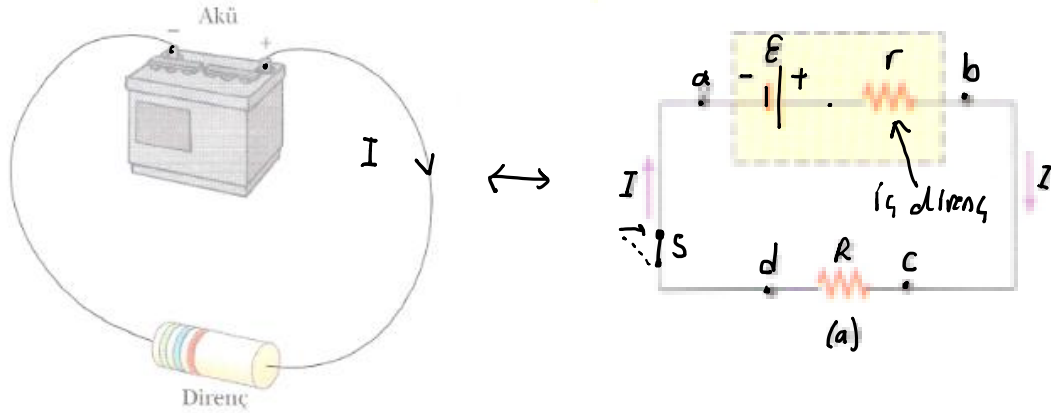


BÖLÜM 28 DOĞRU AKIM DEVRELERİ

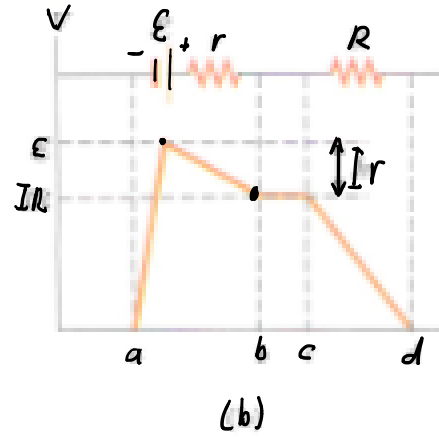
28.1 Elektromotor Kuvveti



Devreye akım sağlayan akü, pil gibi güç kaynaklarına emk kaynağı denir.

emk: Elektromotor kuvveti
Devreye yük pompalama sistemi.
 $\mathcal{E}$ ile gösterilir. Birimi SI volt'tur.

$\mathcal{E}$: Birim yük başına yapılan iş olarak tanımlanabilir.



I ↑ Kararlı akım (*) $\mathcal{E} = Ir + IR = I(R+r)$
 t →
 $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ elde ederiz.

İdeal güç kaynaklarında, iç direnç sıfır kabul edilir.

(*) ifadesi I ile çarpılırsa,

$$\underbrace{I\mathcal{E}}_{\text{Üretilen güç}} = \underbrace{I^2 R}_{\text{Dış devrede harcanan güç}} + \underbrace{I^2 r}_{\text{İç dirençte harcanan güç}}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{Nakışlıms} \\ p &= I \Delta V \\ &= I (IR) \\ &= I^2 R \end{aligned} \right\}$$

Örnek 28.1 Bataryanın Çıkış Voltajı

Bir batarya 12 V'luk emk ve $0,05 \Omega$ 'luk iç dirence sahiptir.

Bataryanın uçları 3Ω 'luk bir yük direncine bağlanıyor.

a) Devredeki akımı ve bataryanın çıkış voltajını bulunuz.

b) Yük direncinde ve bataryanın iç direncinde harcanan güç

bulunuz. Batarya tarafından sağlanan güç ne kadardır?
Çözümü:

$$a) I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{12}{3+0,05} = \frac{12}{3,05} = 3,93 \text{ A.}$$

$$\Delta V = \mathcal{E} - Ir = 12 - (3,93)(0,05) = 11,8 \text{ Volt.}$$

$$b) P_R = I^2 R = (3,93 \text{ A})^2 (3 \Omega) = 46,3 \text{ Watt.}$$

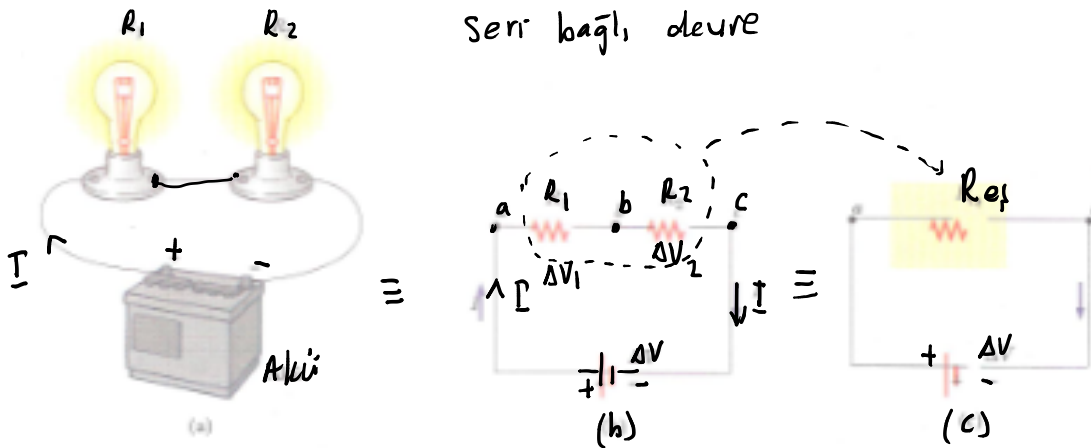
$$P_r = I^2 r = (3,93 \text{ A})^2 (0,05 \Omega) = 0,772 \text{ Watt.}$$

Bataryanın sağladığı güç

$$P_{\text{Bat}} = I \mathcal{E} = (3,93 \text{ A})(12 \text{ V}) = 47,1 \text{ Watt.}$$

$$P_{\text{Bat}} = P_R + P_r = 46,3 + 0,772 \approx 47,1 \text{ Watt.}$$

28.2 SERİ ve PARALEL BAĞLI DİRENÇLER



* Seri bağlı devrede, her devre elemanından geçen akım aynıdır.

* Dış devre gelimi, dirençlerin uçlarındaki gerilimler toplamına eşittir.

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2, \quad \Delta V_1 = I R_1, \quad \Delta V_2 = I R_2$$

$$\underline{\Delta V} = I R_1 + I R_2$$

$$(c) \rightarrow \Delta V = I R_{\text{eq}} \text{ yazılabilir.}$$

$$\cancel{I} R_{\text{eq}} = \cancel{I} R_1 + \cancel{I} R_2 \Rightarrow R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 \text{ olur.}$$

Seri bağlı dirençler için eşdeğer direnç, dirençler toplamıdır.

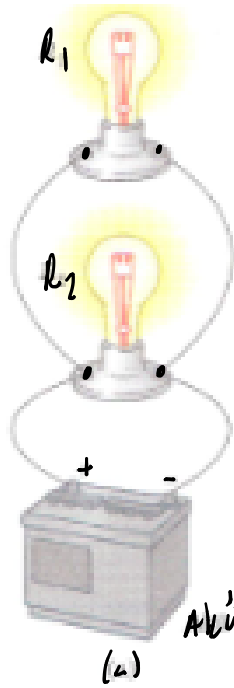
$$R_1 = 100 \Omega \quad R_2 = 50 \Omega \text{ ise } R_{\text{eq}} = 150 \Omega.$$

Hepsi seri bağı, üç veya daha fazla direnç varsa

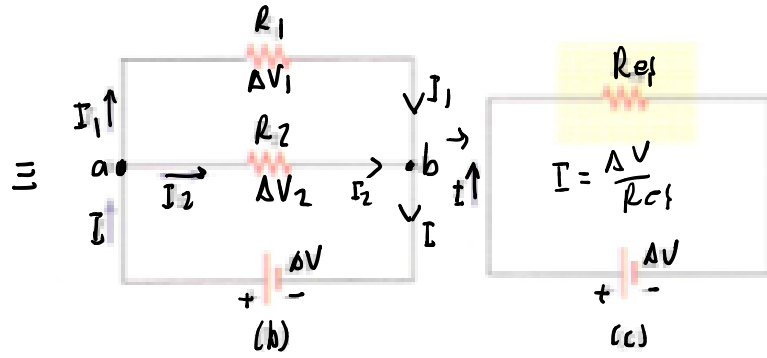
$$R_{es} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (n \text{ tane})$$

Tüm dirençler eşdeğer olursa $R_{es} = n R \checkmark$

$$R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n = R$$



Paralel Bağlama



* Paralel bağı, dirençlerin potansiyel farkları aynıdır.

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

* Paralel bağı, dirençlerden geçen akımların toplamı, Ana kol akımına eşittir.

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = \frac{\Delta V_1}{R_1} + \frac{\Delta V_2}{R_2} \quad , \quad I = \frac{\Delta V}{R_{es}}$$

$$\frac{\Delta V}{R_{es}} = \frac{\Delta V_1}{R_1} + \frac{\Delta V_2}{R_2} \Rightarrow \cancel{\frac{\Delta V}{R_{es}}} = \cancel{\frac{\Delta V}{R_1}} + \cancel{\frac{\Delta V}{R_2}}$$

$$\frac{1}{R_{es}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{"Eşdeğer dirençin terisi, dirençlerin terilerinin toplamına eşittir."}$$

$$\frac{1}{R_{es}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \Rightarrow R_{es} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Üç veya daha fazla direnç için

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (n \text{ tane})$$

Dirençlerin hepsi eşdeğer ise $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \underbrace{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R}}_{n \text{ tane}} = \frac{n}{R} \Rightarrow \boxed{R_{eq} = \frac{R}{n}}$$

Örnek 28.3 Eşdeğer Direncin Bulunması

Şekil 28.6 (a)'daki gibi birbirine bağlanan dört direnci gözönüne alın.

a) a-c uçları arasındaki eşdeğer direnci bulun.

b) a-c arasına 42 Voltluk bir potansiyel farkı uygulanırsa her bir dirensten geçen akımı bulunuz.

a) Gözüm şeklide ki gibidir.

b) (c)'den devre akımı

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{42V}{14\Omega} = 3 \text{ Amper.}$$

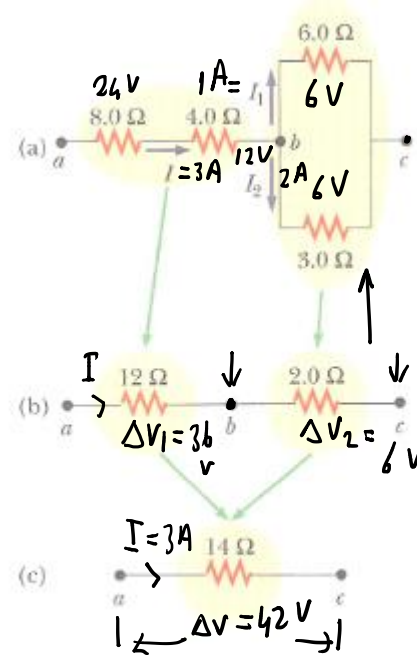
8 Ω ve 4 Ω luk dirençler seri bağlıdır. Her birinden geçen akım $I = 3$ Amperdir.

a-b arasındaki gerilim düşmeli $\Delta V_1 = I \cdot (8\Omega)$
 $= 3 \times 8 = 24 \text{ V.}$

b-c arasındaki potansiyel
 $42V - 24V = 18 \text{ Volttur.}$

Paralel bağlı dirençlerin uçları arasında 6 Voltluk potansiyel farkı vardır.

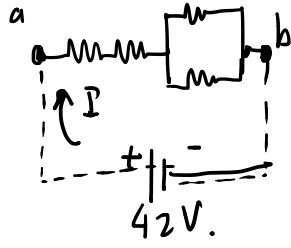
$$I_1 = \frac{6V}{6\Omega} = 1A, \quad I_2 = \frac{6V}{3\Omega} = 2A$$



Şekil 28.6

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \\ &= \frac{3}{6} \\ R_{eq} &= \frac{6}{3} = 2\Omega \end{aligned}$$

Harcanan toplam güç $P = I \Delta V = (3 \text{ A})(42 \text{ V}) = 126 \text{ W}.$
 $P = I^2 R_{eq} = (3 \text{ A})^2 (14 \Omega) = 9 \times 14$
 $= 126 \text{ W}.$



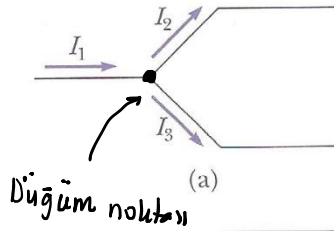
28.3 KIRCHHOFF KURALLARI

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

$$\sum I_{\text{gelen}} = \sum I_{\text{geçen}}$$

- Herhangi bir kapalı devre boyunca bütün devre elemanlarının uçları arasındaki potansiyel farkların cebirsel toplamı sıfırdır.

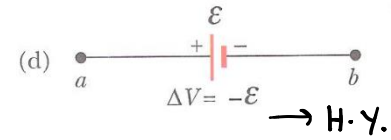
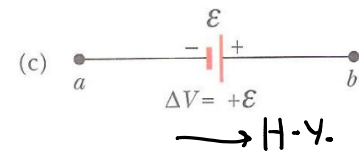
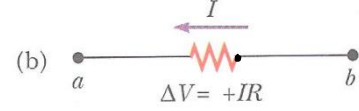
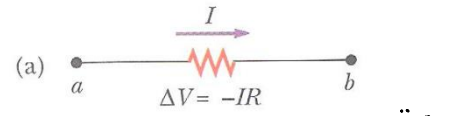
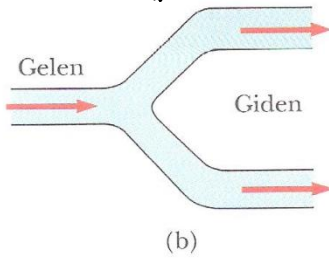
$$\sum_{\text{Kapalı ilmek}} \Delta V = 0$$



$$I_1 = I_2 + I_3$$

Veya

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$



ÖRNEK 28.7 Tek İlmekli Bir Devre

- Tek ilmekli devrede akımı bulunuz.

$$I = ?$$

- Herbir dirençten kaybolan güç ne kadardır. 12 V voltluk bataryanın verdiği güç ne kadardır?

- abcda boyunca dolaalım.

$$\mathcal{E}_1 - 8I - \mathcal{E}_2 - 10I = 0 \quad (1)$$

$$6 - 8I - 12 - 10I = 0 \Rightarrow -6 = 18I \Rightarrow I = -\frac{6}{18} = -\frac{1}{3} \text{ A.}$$

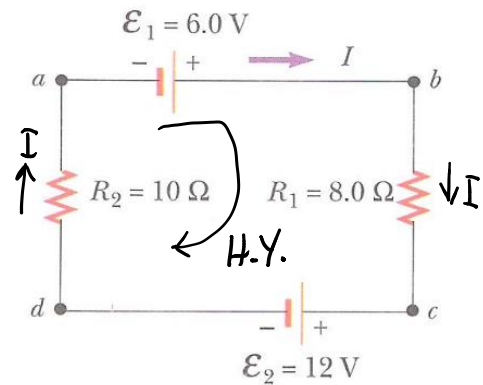
$$b) \left[P_{R_1} = I^2 R_1 = \left(-\frac{1}{3}\right)^2 8 = \frac{8}{9} \text{ watt.} \right.$$

$$\left[P_{R_2} = I^2 R_2 = \frac{10}{9} \text{ watt.} \right.$$

$$P_{R_1} + P_{R_2} = \frac{18}{9} = 2 \text{ W.}$$

$$P_{\mathcal{E}_2} = I \mathcal{E}_2 = \frac{1}{3} \cdot 12 = 4 \text{ Watt.}$$

$$P_{\mathcal{E}_1} = \left(-\frac{1}{3}\right) 6 = -2 \text{ W. } (\mathcal{E}_1 \text{ zıt emk})$$



ÖRNEK 28.8**Kirchhoff Kurallarının Uygulanması**

Şekilde gösterilen devrede I_1 , I_2 ve I_3 akımlarını bulunuz.

Bilinmeyen sayısı : 3 , Yazılması gereken denklemlerin sayısı : 3

→ c kavşağında $I_1 + I_2 = I_3$ (1)

→ abcd a ilmeği $10 - 6I_1 - 2I_3 = 0$
 $3I_1 + I_3 = 5$ (2)

→ befc b ilmeği $-4I_2 - 14 + 6I_1 - 10 = 0$
 $6I_1 - 4I_2 = 24 \Rightarrow 3I_1 - 2I_2 = 12$ (3)

(2) → $I_3 = 5 - 3I_1$, (3) → $-2I_2 = 12 - 3I_1$

Bunları (1)'de yerine yerelim. $I_2 = -6 + \frac{3}{2}I_1$

$I_1 + I_2 = I_3$

$I_1 + -6 + \frac{3}{2}I_1 = 5 - 3I_1 \Rightarrow I_1 + \frac{3}{2}I_1 + 3I_1 = 5 + 6 = 11$

$2I_1 + 3I_1 + 6I_1 = 22$

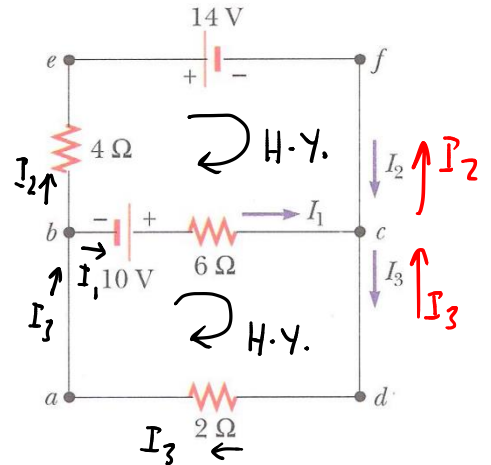
$11I_1 = 22 \Rightarrow I_1 = 2A$

$I_1 = 2A$ 'i (3)'te yerine

$3I_1 - 2I_2 = 12 \Rightarrow 3 \cdot 2 - 2I_2 = 12, 6 - 2I_2 = 12$

$-2I_2 = 6 \Rightarrow I_2 = -3A$

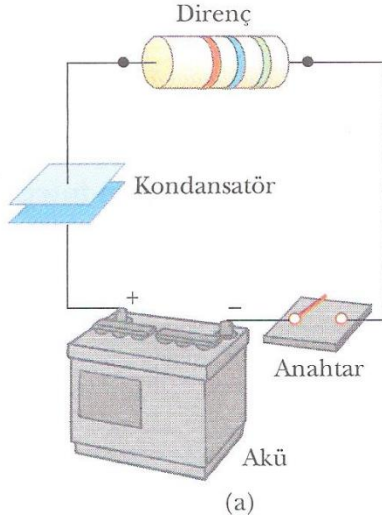
Bu ikisini $I_1 + I_2 = I_3 \Rightarrow I_3 = 2A - 3A = -1A$

**28.4 RC DEVRELERİ**

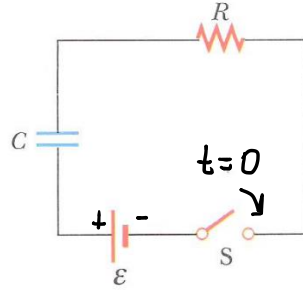
Bir doğru akım devresinde hem bir direnç (R), hem de bir kondansatör varsa, buna RC devresi denir.

Bu alt bölümde direnç kondansatöre seri bağlıdır.

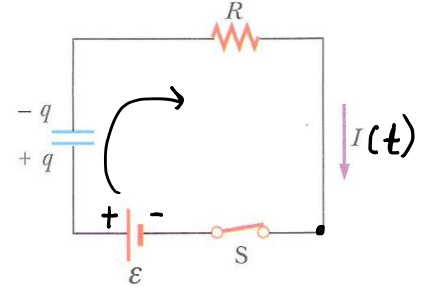
Bir Kondansatörün Yüklenmesi



(a)



(b) $t < 0$



(c) $t > 0$

$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - IR = 0 \quad (1), \quad I = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

→ $t=0$ anı, kondansatör an itibarıyla boştur.

$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - I_0 R = 0 \Rightarrow I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R} \checkmark$$

→ Uzun süre sonra ($t \rightarrow \infty$): Kondansatör dolmuştur. (Q)
 $I = 0 \checkmark$ kondansatörün uçları arasındaki potansiyel fark $\mathcal{E}$ 'ye eşitse dolma tamamlanır.

$$\mathcal{E} - \frac{Q}{C} - IR = 0 \quad Q = \mathcal{E} C \quad (\text{maksimum yük})$$

$$I = \frac{dq}{dt} \rightarrow (1)'de \text{ yazarak } \frac{dq}{dt} = \frac{\mathcal{E} - q/C}{R}$$

$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - \frac{dq}{dt} R = 0 \quad \text{Her terimi } R \text{ ile bölelim}$$

$$\frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{q}{RC} - \frac{dq}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dq}{dt} = \frac{(\mathcal{E}C - q)}{RC}$$

$$\frac{dq}{\mathcal{E}C - q} = \frac{dt}{RC} \Rightarrow \int_{q=0}^q \frac{dq}{\mathcal{E}C - q} = \int_{t=0}^t \frac{dt}{RC}$$

$$\ln(\mathcal{E}C - q) \Big|_0^q = -\frac{t}{RC}$$

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

$$\ln\left(\frac{q - c\xi}{-c\xi}\right) = -\frac{t}{RC} \quad \text{Her iki tarafın exp alınıyor}$$

$$\frac{q - c\xi}{-c\xi} = e^{-t/RC} \Rightarrow q - c\xi = -c\xi e^{-t/RC}$$

$$q(t) = c\xi - c\xi e^{-t/RC} \Rightarrow q(t) = c\xi (1 - e^{-t/RC}) \quad \checkmark$$

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

$$I = \frac{dq}{dt} = Q \left(0 - \left(-\frac{1}{RC}\right) e^{-t/RC}\right) = \frac{Q}{RC} e^{-t/RC} \Rightarrow I = I_0 e^{-t/RC}$$

$$I_0 = \frac{\xi}{R}, \quad Q = \xi C$$

$\tau = RC$ zaman boyutundadır.

$$[RC] = \left[\frac{\Delta V}{I} \times \frac{Q}{\Delta V} \right] = \left[\frac{Q}{I \Delta t} \right] = [\Delta t] \rightarrow \text{saniye.}$$

$$\tau = RC$$

zaman sabiti denir.

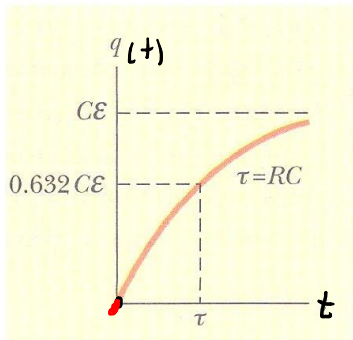
$$\rightarrow q(t) = c\xi (1 - e^{-t/\tau}) \quad \checkmark$$

$$\rightarrow I(t) = I_0 e^{-t/\tau} \quad \checkmark$$

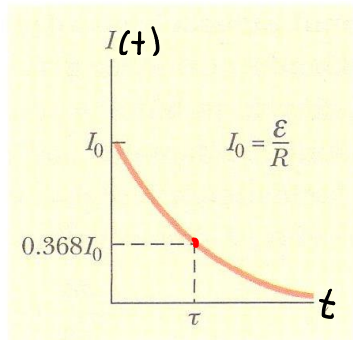
$$t \rightarrow \infty \quad e^{-t/\tau} = \frac{1}{e^{t/\tau}} \rightarrow 0$$

$$1 - e^0 = 0$$

$$e^0 = 1$$



(a)



(b)

$$t = \tau \quad \text{yaşılıyor} \quad q(\tau) = c\xi (1 - e^{-1})$$

$$e \approx 2,7182$$

$$\frac{1}{e} \approx 0,368$$

$$1 - \frac{1}{e} = 1 - 0,368 \approx 0,632 \quad \checkmark$$

$$= \left(1 - \frac{1}{e}\right) c\xi$$

$$= 0,632 c\xi$$

$$\rightarrow \text{örneğin } R = 1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega, \quad C = 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$\tau = 1 \text{ s.}$$

$$t = \tau \rightarrow I(t) = I_0 e^{-t/\tau} = e^{-1} I_0 = 0,368 I_0$$

Dolu Bir Kondansatörün Bir Direnç Üzerinden Boşalması

$$\cancel{\mathcal{E}} - \frac{q}{C} - IR = 0 \quad \text{idi}$$

Şimdi $\mathcal{E}$ devreden çıkarılmıştır.

$t=0$ anında (başlangıçta) kondansatörün uçları arasındaki potansiyel

Q/C kadardır. I_0 'dır.

$t \rightarrow \infty$ (yük tamamen boşalır) $q \rightarrow 0$
 $I \rightarrow 0$

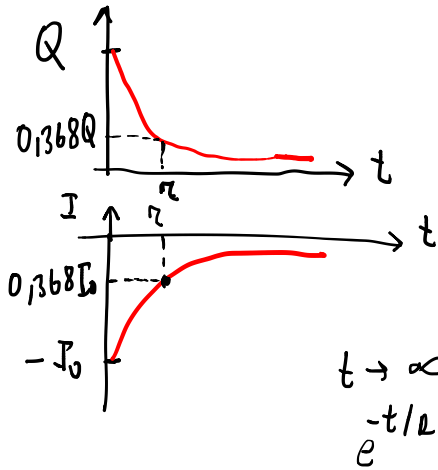
$$-\frac{q}{C} - \frac{dq}{dt} R = 0 \quad \text{Her terimi}$$

$$-\frac{q}{RC} - \frac{dq}{dt} = 0 \quad R'ye \text{ böler}$$

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

$$\ln(q) \Big|_Q^q = -\frac{t}{RC} \Rightarrow \ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC} \quad \text{Her iki tarafı}$$

exp alınırsa Q



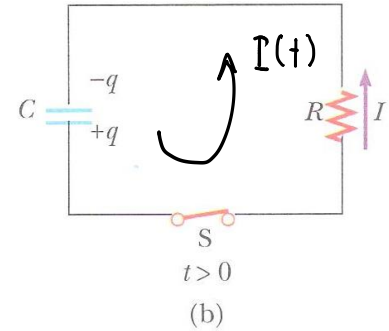
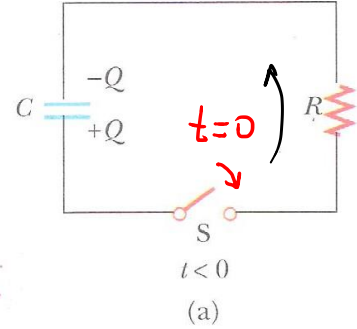
$$\frac{q}{Q} = e^{-t/RC}, \quad RC = \tau$$

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

$$I = \frac{dq}{dt} = Q \left(-\frac{1}{RC}\right) e^{-t/RC}$$

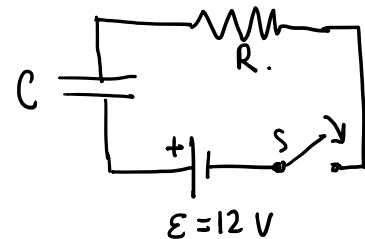
$$= -\frac{Q}{RC} e^{-t/RC} = -I_0 e^{-t/RC}$$

Kondansatör boşalırken
olusan akım, dolarkenki
akıma zıt yönündedir



Örnek 28.11 RC devresinde Bir Kondansatörün Yüklenmesi

Yüksek bir kondansatör bir direnç ile
şekildeki gibi seri olarak bağlanıyor.



$\mathcal{E} = 12,0 \text{ V}$, $C = 5,00 \mu\text{F}$ ve $R = 8 \times 10^5 \Omega$ ise

a) Devrenin zaman sabitini

b) Kondansatör üzerindeki maksimum yükü

c) Devreden geçen maksimum akımı bulunuz.

a) $\tau = RC = (8 \times 10^5 \Omega) (5,0 \times 10^{-6} \text{ F}) = 4,0 \text{ s} \checkmark$

b) $Q = \mathcal{E}C = (12,0 \text{ V}) (5 \mu\text{F}) = 60 \mu\text{C} = 6 \times 10^{-5} \text{ C} \checkmark$

c) $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{12,0 \text{ V}}{8 \times 10^5 \Omega} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ A} = 15 \times 10^{-6} \text{ A} = 15 \mu\text{A} \checkmark$

Ek soru: d) Kondansatörün yükü $q = \frac{Q}{2}$ ye ulaşması için geçen zamanı bulunuz.

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

$$\frac{Q}{2} = Q (1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow 1 - e^{-t/\tau} = \frac{1}{2}$$

$$e^{-t/\tau} = \frac{1}{2}$$

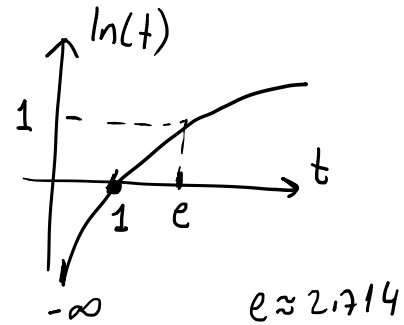
$$e^{-t/\tau} = \frac{1}{2} \quad (\text{Her terimin ln alınır})$$

$$-\frac{t}{\tau} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow t = -\tau \ln\left(\frac{1}{2}\right) \checkmark$$

$$t = -4 \left(\ln\left(\frac{1}{2}\right) \right)$$

$$t = +4 \ln(2) = 4 \times 0,693$$

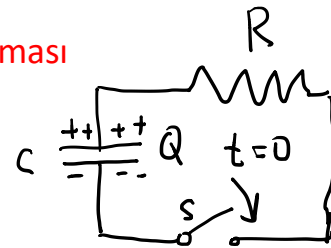
$$t = 2,77 \text{ s.}$$



Örnek 28.2 Bir RC devresinde Kondansatörün Boşalması

a) Kaç zaman sabiti sonra

kondansatör üzerindeki yük azalması başlangıç değerinin dörtte birine ($\frac{1}{4}$)'e eşit olur.



b) Kondansatörde depo edilen enerji, başlangıçtaki değer $\frac{1}{4}$ 'üne kaç τ sonra ulaşır.

$$a) \quad q(t) = Q e^{-t/\tau}, \quad \tau = RC$$

$$\frac{Q}{4} = Q e^{-t/\tau} \Rightarrow e^{-t/\tau} = \frac{1}{4} \Rightarrow -\frac{t}{\tau} = \ln\left(\frac{1}{4}\right) = \ln(1) - \ln(4)$$

$$t = \ln(4) \tau \quad \ln(4) = 1,386 \dots$$

$$t = 1,397$$

b) Başlangıçtaki enerji $U_0 = \frac{Q^2}{2C}$, dir.

Herhangi bir andaki enerji $U = \frac{q^2(t)}{2C}$, $q(t) = Q e^{-t/\tau}$

$$u(t) = \frac{Q^2}{2C} e^{-2t/\tau}$$

$$u = u_0 e^{-2t/\tau}$$

$$\frac{1}{4} u_0 = u_0 e^{-2t/\tau} \Rightarrow$$

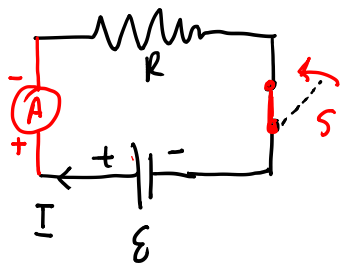
$$\ln\left(\frac{1}{4}\right) = -\frac{2t}{\tau} \Rightarrow t = \frac{1}{2} \ln(4) \tau$$

$$t = 0,693 \tau$$

ELEKTRİK ÖLÇEN AYGITLAR

1. Ampèremetre : 

Ampmetre devreye seri bağlanır.

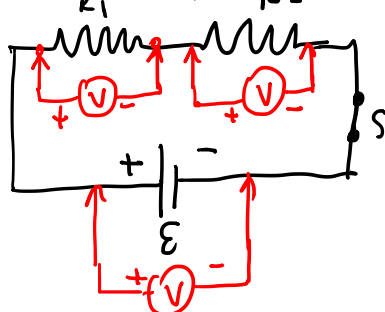


Akımın doğrudan amper-
metreden geçişi sağlanmıştır.
Ampermetrenin iç direnci vardır.

İdeal bir ampermetrede iç direnç çok küçük (≈ 0) olmalıdır.

2. Voltmeter : 

Devireye paralel bağlanır.



voltmetrenin bir iç direnci vardır.

İdeal bir voltmetrenin iç direnci ∞ olmalıdır.