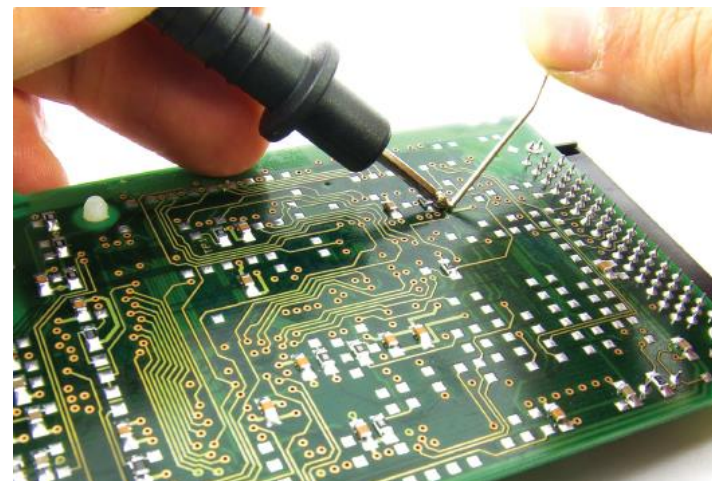


# »» 21. 전류와 직류 회로

- 21.1 전류
- 21.2 저항과 옴의 법칙
- 21.5 전기 회로에서 에너지와 전력
- 21.6 기전력원
- 21.7 저항기의 직렬 연결과 병렬 연결
- 21.8 키르히호프의 법칙
- 21.9  $RC$  회로





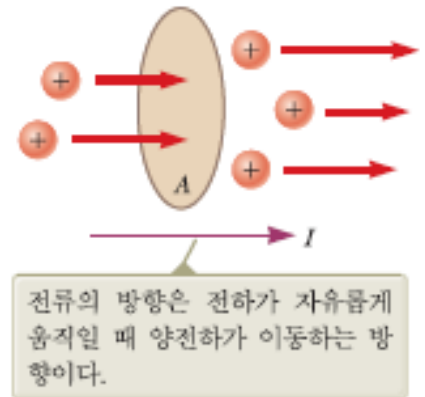
## 21.1 전류 Electric Current

전류(current): 주어진 단면을 통과하는 전하량의 흐름률

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

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

(단위: C/sec = A)

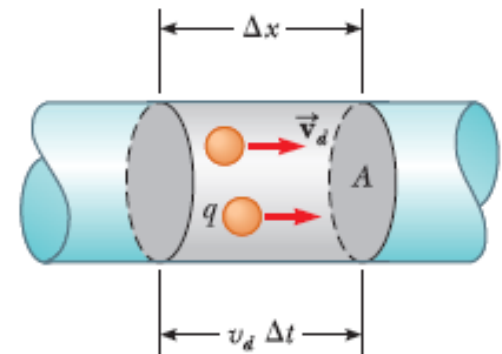


양전하의 이동 방향을 전류의 방향으로 정하는 것이 관례이다.

전류의 미시적인 모형 (Microscopic Model of Current)

$$\Delta Q = (nA\Delta x)q$$

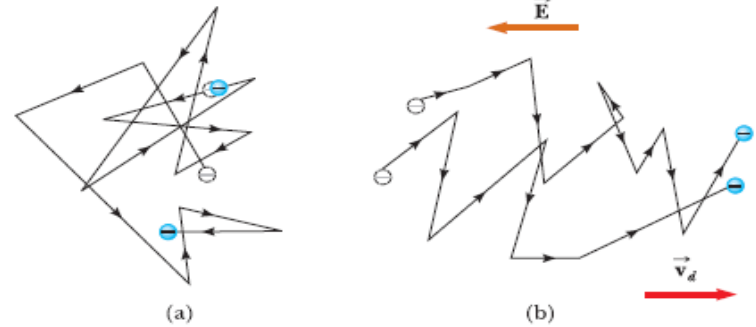
$n$ : 단위 부피당 이동 전하 운반자 수



전하 운반자가 평균 속도  $v_d$  (유동 속도(drift speed)으로도 부름)로 움직이는 경우

$$\Delta Q = (nAv_d \Delta t)q$$

$$I_{avg} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqv_d A$$



### 예제 27.1 구리 도선 내의 유동 속도

옥내 배선용으로 많이 사용하는 게이지 번호 12번 구리 도선의 단면적은  $3.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ 이다. 이 도선에 10.0A의 전류가 흐른다면 도선 내 전자의 유동 속력은 얼마이겠는가? 구리 원자 한 개당 전류에 기여하는 자유 전자가 한 개라고 가정한다. 구리의 밀도는  $8.92 \text{ g/cm}^3$ 이다.

**풀이** 구리 원자 하나당 자유 전자가 하나씩 있다고 가정하면

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{63.5 \text{ g}}{8.92 \text{ g/cm}^3} = 7.12 \text{ cm}^3$$

$$n = \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ 전자}}{7.12 \text{ cm}^3} \left( \frac{1.00 \times 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right)$$

$$= 8.46 \times 10^{28} \text{ 전자} / \text{m}^3$$

$$v_d = \frac{I_{avg}}{nqA} = \frac{I}{nqA}$$

$$= 2.23 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

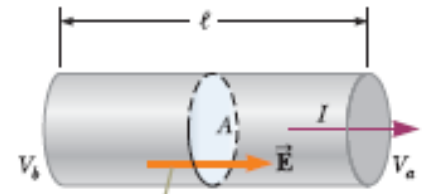
## 21.2 저항과 옴의 법칙

저항 (resistance) :  $R \equiv \frac{\Delta V}{I}$  (단위:  $\Omega$ )

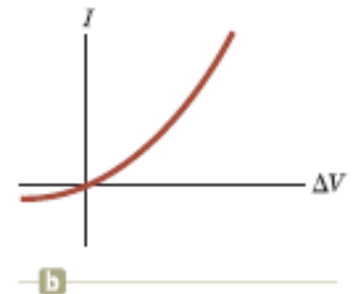
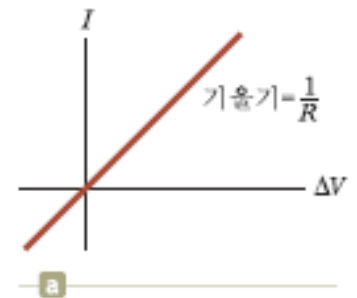
비저항 (resistivity) :  $\rho = \frac{1}{\sigma}$  (단위:  $\Omega \cdot \text{m}$ )

비저항이 균일한 막대의 저항 :  $R = \rho \frac{\ell}{A}$

비저항의 역  $\rightarrow$  전도도  $\sigma$   $R = \frac{\ell}{\sigma A}$



도체 양단의 전위차  $\Delta V = V_b - V_a$ 는 전기장  $\vec{E}$ 를 형성하고 이 전기장은 전위차에 비례하는 전류  $I$ 를 흐르게 한다.



## 예제21.2 니크롬선의 저항

게이지 번호 22번 니크롬선의 반지름은 0.32 mm이다.

(A) 이 선의 단위 길이당 저항을 계산하라.

풀이

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho}{A} = \frac{\rho}{\pi r^2} = \frac{1.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}}{\pi (0.32 \times 10^{-3} \text{ m})^2} = 3.1 \Omega / \text{m}$$

(B) 길이가 1.0 m인 니크롬선에 10 V의 전위차가 걸리면, 도선에 흐르는 전류는 얼마인가?

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{\Delta V}{(R/l)l} = \frac{10 \text{ V}}{(3.1 \Omega / \text{m})(1.0 \text{ m})} = 3.2 \text{ A}$$

# 온도에 따른 비저항의 변화

비저항에 대한 식에서 전하 밀도와 평균 자유 시간이 온도에 의존한다.

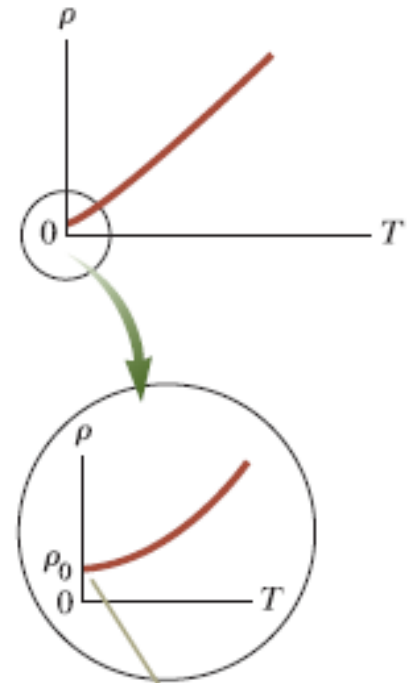
$$\rho = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\Delta \rho}{\Delta T}$$

비저항의 온도 계수

온도에 따른 저항 변화는

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



$T$ 가 절대 영도에 가까워지면 비저항은 어떤 유한한 값  $\rho_0$ 에 접근한다.

표 21.1 | 여러 가지 물질의 비저항과 비저항의 온도 계수

물 질	비저항 <sup>a</sup> ( $\Omega \cdot m$ )	온도 계수 <sup>b</sup> $\alpha [ (^{\circ}C)^{-1} ]$
은	$1.59 \times 10^{-8}$	$3.8 \times 10^{-3}$
구 리	$1.7 \times 10^{-8}$	$3.9 \times 10^{-3}$
금	$2.44 \times 10^{-8}$	$3.4 \times 10^{-3}$
알루미늄	$2.82 \times 10^{-8}$	$3.9 \times 10^{-3}$
텅스텐	$5.6 \times 10^{-8}$	$4.5 \times 10^{-3}$
철	$10 \times 10^{-8}$	$5.0 \times 10^{-3}$
백 금	$11 \times 10^{-8}$	$3.92 \times 10^{-3}$
납	$22 \times 10^{-8}$	$3.9 \times 10^{-3}$
니크롬 <sup>c</sup>	$1.00 \times 10^{-6}$	$0.4 \times 10^{-3}$
탄 소	$3.5 \times 10^{-5}$	$-0.5 \times 10^{-3}$
저마늄	0.46	$-48 \times 10^{-3}$
실리콘 <sup>d</sup>	$2.3 \times 10^3$	$-75 \times 10^{-3}$
유 리	$10^{10} \sim 10^{14}$	
단단한 고무	$\sim 10^{13}$	
유 황	$10^{15}$	
석영(용융)	$75 \times 10^{16}$	



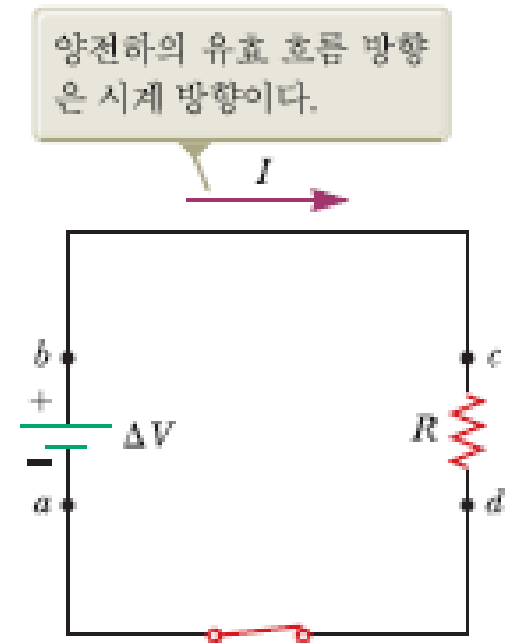
## 21.5 전기 회로에서 에너지와 전력

보통의 전기 회로에서 에너지는 전지와 같은 에너지원에서 전구나 라디오 수신기같은 어떤 장치로 전달된다.

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d}{dt}(Q\Delta V) = \frac{dQ}{dt}\Delta V = I\Delta V$$

$$P = I\Delta V$$

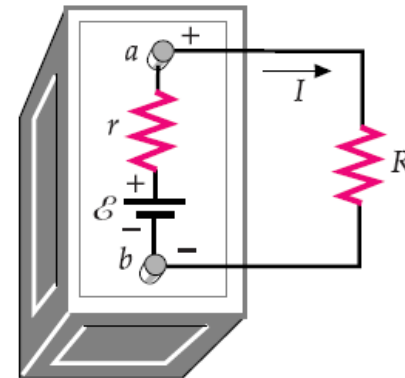
$$P = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R} \quad (\text{단위: W})$$





## 21.6 기전력원

- » 회로에 흐르는 전류의 방향과 크기가 일정한 전류를 직류(direct current)라고 한다.
- » **EMF(기전력) 소스**: 회로에서 전기에너지를 공급하는 장치.
- » **EMF(기전력)**: 단위 전하를 낮은 퍼텐셜에서 높은 퍼텐셜로 이동시키기 위해 필요한 일 [V]



## 예제21.5 전지의 단자 전압

기전력이 12.0V이고 내부 저항이 0.05인 전지가 있다. 이 전지의 양 단자 사이에는 3.00Ω의 부하 저항이 연결되어 있다.

(A) 회로에 흐르는 전류와 전지의 단자 전압을 구하라.

풀이

(A)

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{12.0V}{(3.00\Omega + 0.05\Omega)} = 3.93A$$

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

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

(B) 부하 저항에서 소모되는 전력과 전지의 내부 저항에서 소모되는 전력 및 전지가 공급하는 전력을 구하라.

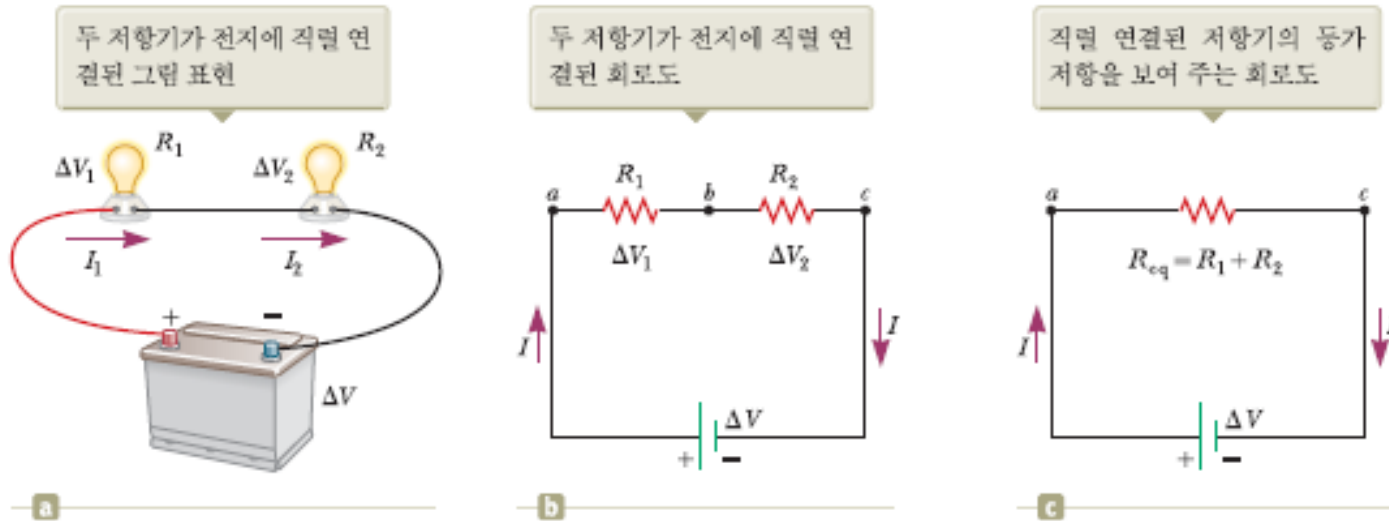
$$(B) \quad \mathcal{P}_R = I^2 R = (3.93A)^2 (3.00\Omega) = 46.3W$$

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

$$\mathcal{P} = \mathcal{P}_R + \mathcal{P}_r = 46.3W + 0.772W = 47.1W$$

# 21.7저항기의 직렬 연결과 병렬 연결

## ◎ 직렬 연결(series combination)



$$I = I_1 = I_2$$

$$\Delta V = I_1 R_1 + I_2 R_2 = I R_{eq}$$

$$\Delta V = I R_{eq} = I_1 R_1 + I_2 R_2 \rightarrow R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

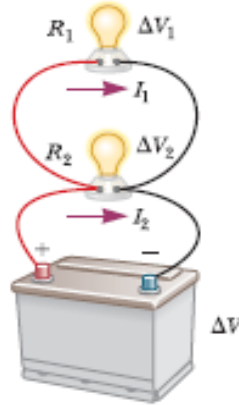
## ◎ 병렬 연결(parallel combination)

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

$$I = I_1 + I_2$$

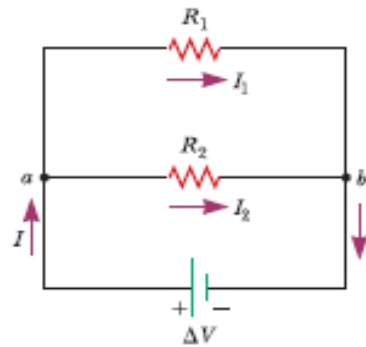
$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$$

두 저항기가 전지에 병렬  
연결된 그림 표현



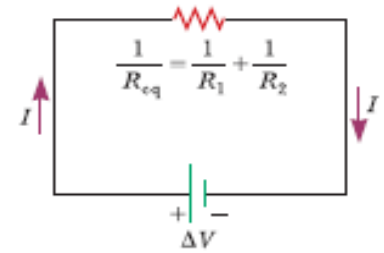
a

두 저항기가 전지에 병렬  
연결된 회로도



b

병렬 연결된 저항기의 동가  
저항을 보여 주는 회로도



c

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{\Delta V_1}{R_1} + \frac{\Delta V_2}{R_2} \rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

## 예제21.6 등가 저항 구하기

네 개의 저항기가 그림과 같이 연결되어 있다.

(A)  $a$ 와  $c$  사이의 등가 저항을 구하라.

풀이 (A)  $a$ 와  $b$  사이의 등가 저항  $R_{eq} = 8.0\Omega + 4.0\Omega = 12.0\Omega$

$b$ 와  $c$  사이의 등가 저항  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{6.0\Omega} + \frac{1}{3.0\Omega} = \frac{3}{6.0\Omega}$

$$R_{eq} = \frac{6.0\Omega}{3} = 2.0\Omega$$

$a$ 와  $c$  사이의 등가 저항  $R_{eq} = 12.0\Omega + 2.0\Omega = 14.0\Omega$

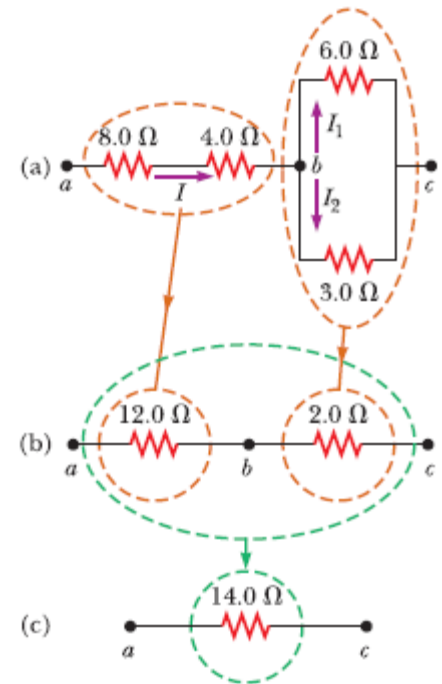
(B) 만일  $a$ 와  $c$  사이의 전위차를 42V로 유지한다면 각 저항에 흐르는 전류는 얼마인가?

$$8.0\Omega \text{과 } 4.0\Omega \text{의 저항기에 흐르는 전류 } I = \frac{\Delta V_{ac}}{R_{eq}} = \frac{42V}{14.0\Omega} = 3.0A$$

병렬로 연결된 저항기에 흐르는 전류  $\Delta V_1 = \Delta V_2 \rightarrow (6.0\Omega)I_1 = (3.0\Omega)I_2 \rightarrow I_2 = 2I_1$

$$I_1 + I_2 = 3.0A \rightarrow I_1 + 2I_1 = 3.0A \rightarrow I_1 = 1.0A$$

$$I_2 = 2I_1 = 2(1.0A) = 2.0A$$



## 예제21.7 병렬 연결된 세 저항기

그림과 세 개의 저항기가 병렬로 연결되어 있다. 점  $a$ 와  $b$  사이의 전압은  $18.0\text{V}$ 로 유지한다.  
(A) 회로의 등가 저항을 구하라.

풀이

$$(A) \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{3.00\Omega} + \frac{1}{6.00\Omega} + \frac{1}{9.00\Omega} = \frac{11.0}{18.0\Omega}$$

$$R_{eq} = \frac{18.0\Omega}{11.0} = 1.64\Omega$$

(B) 각 저항기에 흐르는 전류는 얼마인가?

$$I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} = \frac{18.0\text{V}}{3.00\Omega} = 6.00\text{A} \quad I_2 = \frac{\Delta V}{R_2} = \frac{18.0\text{V}}{6.00\Omega} = 3.00\text{A}$$

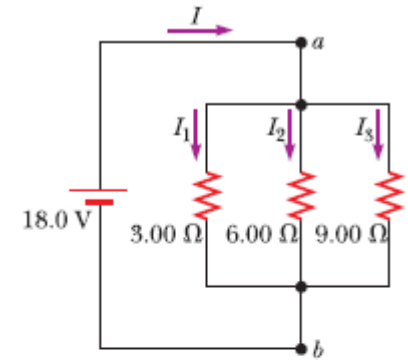
$$I_3 = \frac{\Delta V}{R_3} = \frac{18.0\text{V}}{9.00\Omega} = 2.00\text{A}$$

(C) 각 저항기에 공급되는 전력을 구하고 저항기의 병렬 연결 전체에 공급되는 전력을 구하라.

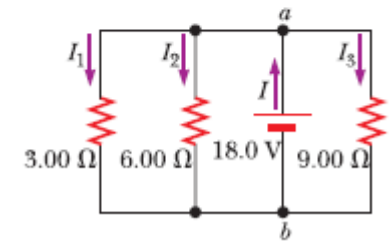
$$3.00\Omega: \mathcal{P}_1 = I_1^2 R_1 = (6.00\text{A})^2 (3.00\Omega) = 108\text{W}$$

$$6.00\Omega: \mathcal{P}_2 = I_2^2 R_2 = (3.00\text{A})^2 (6.00\Omega) = 54.0\text{W}$$

$$9.00\Omega: \mathcal{P}_3 = I_3^2 R_3 = (2.00\text{A})^2 (9.00\Omega) = 36.0\text{W}$$



(a)

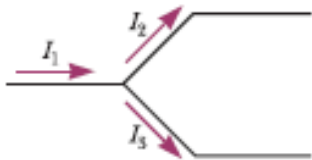


(b)

## 21.8 키르히호프의 법칙

키르히호프의 법칙(Kirchhoff's Rules): 복잡한 회로를 분석하는 방법

분기점으로부터 오른쪽 두 갈래로 흘러나가는 전하량은 분기점의 왼쪽에서 흘러들어오는 전하량과 같다.

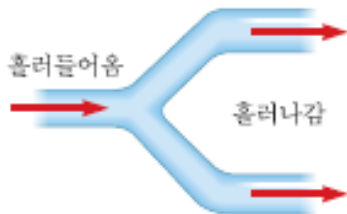


a

1. 분기점 법칙(Junction rule): 모든 분기점에서 전류의 합은 영이다(전하 보존).

$$\sum_{\text{junction}} I = 0$$

분기점으로부터 오른쪽 두 갈래로 흘러나가는 물의 유출량은 분기점의 왼쪽에서 흘러들어오는 물의 유입량과 같다.



b

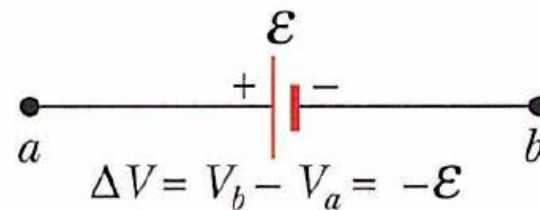
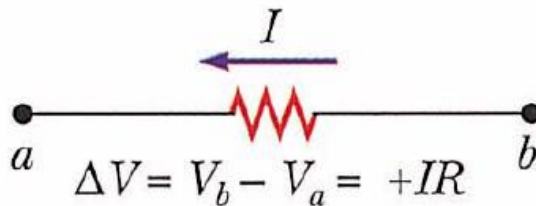
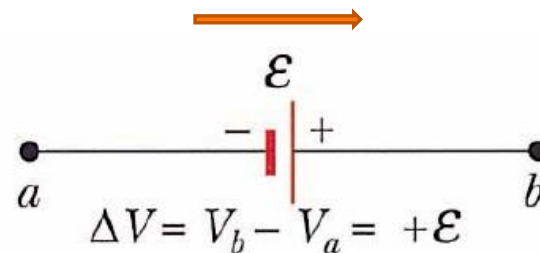
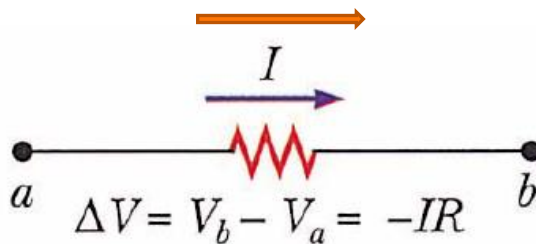
2. 고리 법칙(Loop rule): 모든 닫힌 회로에서 각 소자를 지나갈 때 전위차의 합은 영이다(에너지 보존).

$$\sum_{\text{closed loop}} \Delta V = 0$$

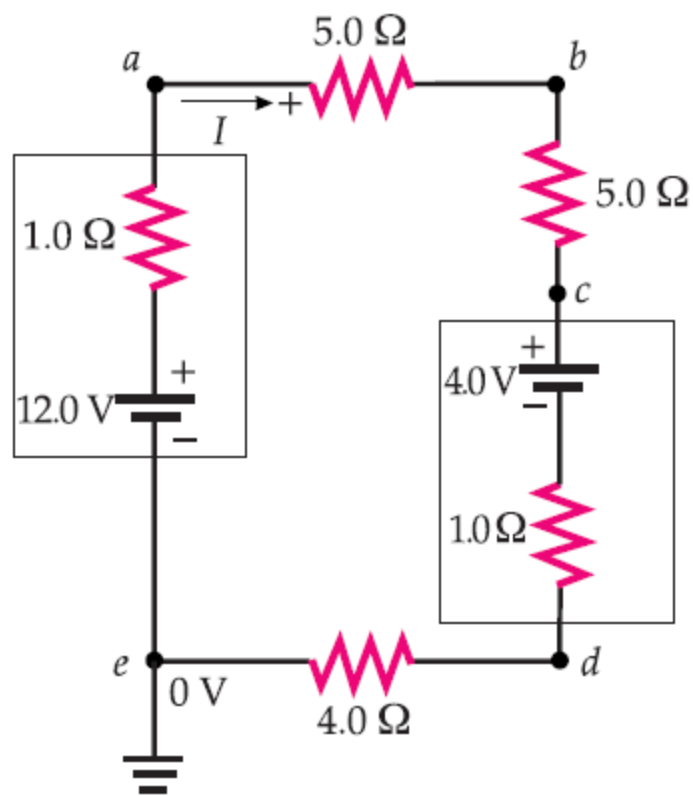
$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0$$

# 전위 변화에 대한 부호 규칙

- 1) 저항: 전류의 방향으로 음의 부호(전압 강하)
- 2) 전지: (-) (+) 방향으로 양의부호
- 3) 전류의 부호는 최종계산에서 결정







### 전위 변화

$$\begin{aligned}
 a \rightarrow b & -IR_1 \\
 b \rightarrow c & -IR_2 \\
 c \rightarrow d & -\mathcal{E}_2 - Ir_2 \\
 d \rightarrow e & -IR_3 \\
 e \rightarrow a & +\mathcal{E}_1 - Ir_1
 \end{aligned}$$

$$(V_b - V_a) + (V_c - V_b) + (V_d - V_c) + (V_e - V_d) + (V_a - V_e) = 0$$

$$(-IR_1) + (-IR_2) + (-\mathcal{E}_2 - Ir_2) + (-IR_3) + (\mathcal{E}_1 - Ir_1) = 0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2}$$

## 예제 25-16) 키르히호프 법칙의 적용

» (a) 회로의 각부분의 전류를 구하여라. (b)  $4\ \Omega$ 의 저항에서 3초 동안 소실되는 에너지를 구하여라.

a)

$$14\text{ A} - 6.0I_1 - 10I_2 = 0$$

$$25\text{ A} - 20I_1 + 10I_2 = 0$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$39\text{ A} - 26I_1 = 0$$

$$I_1 = \frac{39\text{ A}}{26} = \boxed{1.5\text{ A}}$$

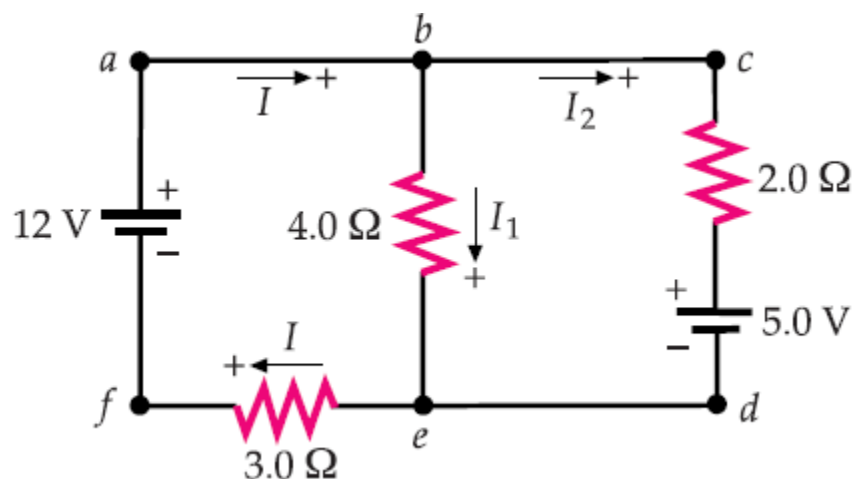
$$I_2 = \frac{2.5\text{ A}}{5.0} = \boxed{0.50\text{ A}}$$

$$I = I_1 + I_2 = 1.5\text{ A} + 0.50\text{ A} = \boxed{2.0\text{ A}}$$

b) 、

$$P = I_1^2 R = (1.5\text{ A})^2 (4.0\ \Omega) = 9.0\text{ W}$$

$$W = P \Delta t = (9.0\text{ W})(3.0\text{ s}) = \boxed{27\text{ J}}$$



## 예제) 세 개 부분의 회로

- » (a) 그림 25-34에 나타난 회로의 각 부분에서 흐르는 전류를 구하라. (b) 점 c에서의 전위를  $V = 0$ 으로 두고 a에서 f까지 모든 점에서의 전위를 구하라.

$$I = I_1 + I_2$$

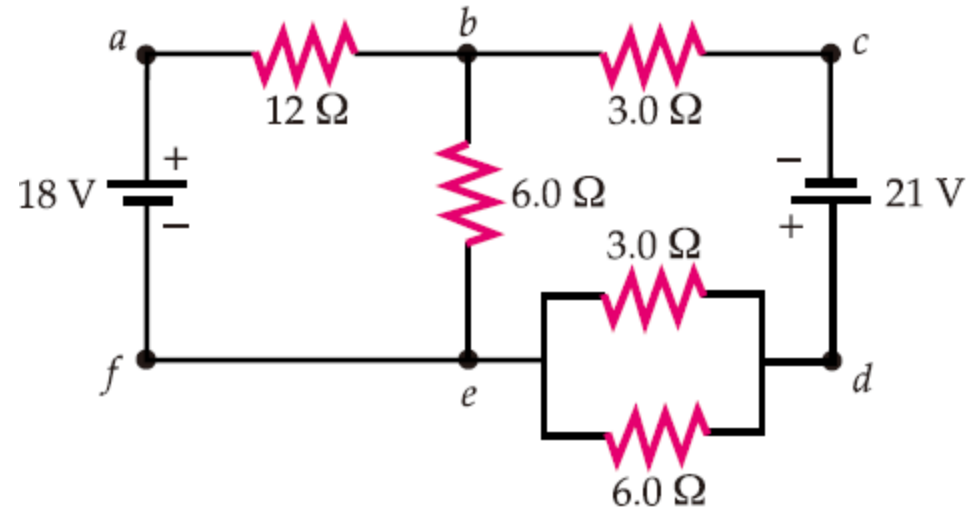
$$18 \text{ V} - (12 \Omega)I - (6.0 \Omega)I_1 = 0$$

$$3.0 \text{ A} - 2.0I - 1.0I_1 = 0$$

$$-(3.0 \Omega)I_2 + 21 \text{ V} - (2.0 \Omega)I_2 + (6.0 \Omega)I_1 = 0$$

$$21 \text{ A} + 6.0I_1 - 5.0I_2 = 0$$

$$I_1 = \boxed{-1.0 \text{ A}} \quad I_2 = \boxed{3.0 \text{ A}} \quad I = \boxed{2.0 \text{ A}}$$



## 예제 21.8 여러 고리를 포함하는 회로

그림과 같은 회로에서 전류를 구하라.

풀이 분기점 c에서  $(1) \quad I_1 + I_2 - I_3 = 0$

고리 법칙을 적용하면

$$abcda : (2) \quad 10.0V - (6.0\Omega)I_1 - (2.0\Omega)I_3 = 0$$

$$befcb : -(4.0\Omega)I_2 - 14.0V + (6.0\Omega)I_1 - 10.0V = 0$$

$$(3) \quad -24.0V + (6.0\Omega)I_1 - (4.0\Omega)I_2 = 0$$

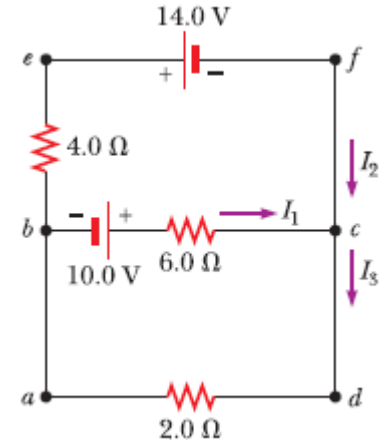
세 식을 연립하여 풀면

$$I_1 = 2.0A$$

$$I_2 = -3.0A$$

$$I_3 = -1.0A$$

$I_2$ 와  $I_3$  모두 음(-)의 부호를 갖고 있으므로 전류의 실제 방향은 처음에 설정한 방향과 반대이다.



# 21.9 RC 회로 RC Circuits

## 축전기의 충전 Charging a Capacitor

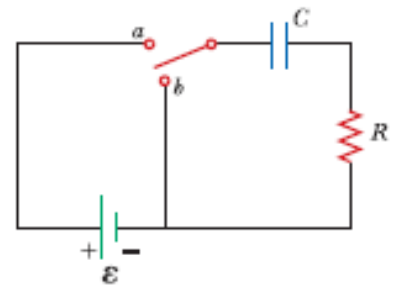
처음에 축전기가 충전되지 않은 상태라고 가정하자.

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

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

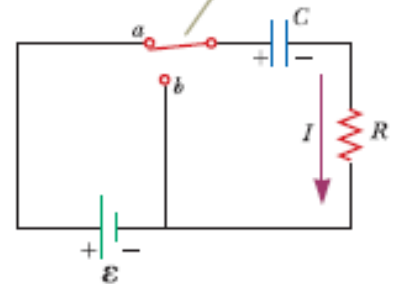
$$\frac{dq}{dt} = \frac{C\mathcal{E}}{RC} - \frac{q}{RC} = -\frac{q - C\mathcal{E}}{RC}$$

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



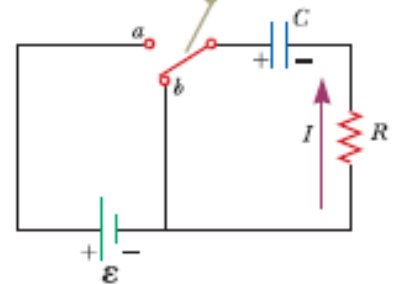
a

스위치를 a 위치로 할 경우  
축전기는 충전이 시작된다.



b

스위치를 b 위치로 할 경우  
축전기는 방전이 일어난다.

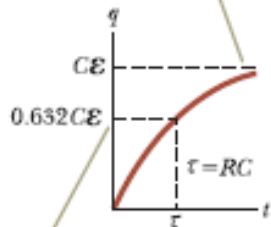


c

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

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

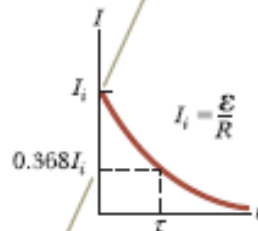
전하는  $q$ 가 무한대로 감에 따라 최대값  $C\mathcal{E}$ 에 수렴한다.



시간 상수  $\tau$ 의 시간이 지난 후 전하는 최대값  $C\mathcal{E}$ 의 63.2%이다.

a

전류는  $t=0$ 에서 최대값  $I_i = \mathcal{E}/R$ 를 가지며,  $t$ 가 무한대로 감에 따라 지수적으로 감소해서 영이 된다.



시간 상수  $\tau$ 의 시간이 지난 후 전류는 처음 값의 36.8%로 감소한다.

b

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

where  $Q = C\mathcal{E}$  (최대전하)

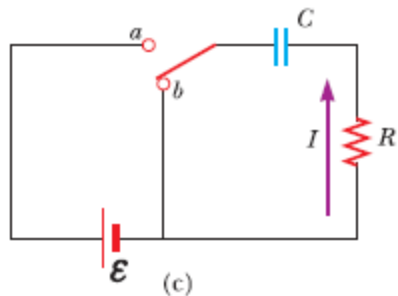
$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} e^{-t/RC} = I_i e^{-t/RC}$$

where  $I_i = \frac{\mathcal{E}}{R}$  ( $t=0$ 에서의 전류)

시간 상수(time constant): 전류가 처음 값의  $1/e$ 로 감소하는 데 걸리는 시간

$$\tau = RC$$

# 축전기의 방전



처음에 축전기가 전하  $Q$ 로 완전히 충전된 상태에서 스위치를 b로 닫는다고 가정하자.

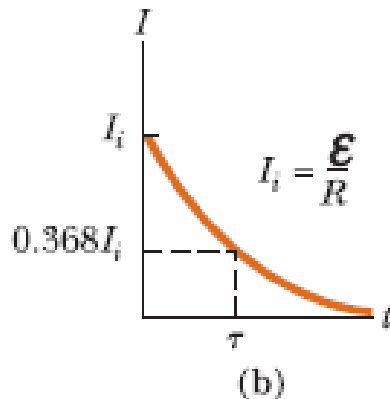
$$-\frac{q}{C} - IR = 0$$

$$-R \frac{dq}{dt} = \frac{q}{C} \quad \Rightarrow \quad \frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} dt$$

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

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

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



$$I(t) = -\frac{Q}{RC} e^{-t/RC} = I_i e^{-t/RC}$$

## 예제 21.9 RC 회로에서 축전기의 충전

충전되지 않은 축전기와 저항기가 그림과 같이 전지에 연결되어 있다. 여기서  $\mathcal{E} = 12.0 \text{ V}$ ,  $C = 5.00 \text{ nF}$ ,  $R = 8.00 \times 10^5 \Omega$  이다. 스위치를  $a$  위치로 놓는다. 회로의 시간 상수, 축전기에 저장되는 최대 전하, 회로에 흐르는 최대 전류를 구하고 축전기의 전하 및 회로의 전류를 시간의 함수로 구하라.

풀이

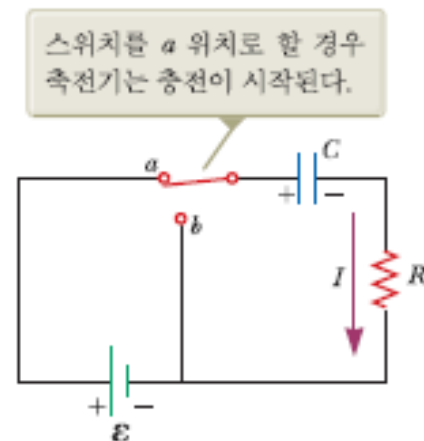
$$\tau = RC = (8.00 \times 10^5 \Omega)(5.00 \times 10^{-8} \text{ F}) = 4.00 \text{ s}$$

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

$$I_i = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{12.0 \text{ V}}{8.00 \times 10^5 \Omega} = 15.0 \mu\text{A}$$

$$q(t) = 60.0(1 - e^{-t/4.00})$$

$$I(t) = 15.0e^{-t/4.00}$$





## 예제21.10 RC 회로에서 축전기의 방전

전기용량이  $C$ 인 축전기가 저항  $R$ 을 통해서 방전한다고 생각해 보자.

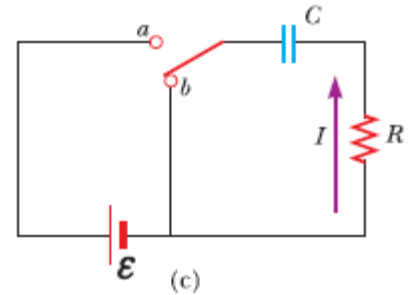
(A) 축전기의 전하가 처음 전하량의 4분의 1이 되는 데 걸리는 시간은 시간 상수의 몇 배가 되는가?

풀이

$$(A) \quad \frac{Q}{4} = Qe^{-t/RC} \rightarrow \frac{1}{4} = e^{-t/RC}$$

양변에 로그를 취하고  $t$ 에 대해 풀면

$$-1\ln 4 = -\frac{t}{RC} \rightarrow t = RC \ln 4 = 1.39RC = 1.39\tau$$



(B) 축전기의 방전이 진행됨에 따라서 축전기에 저장된 에너지는 줄어든다. 축전기에 저장된 에너지가 처음 에너지의 4분의 1이 되는 데 걸리는 시간은 시간 상수의 몇 배가 되는가?

$$(1) \quad U(t) = \frac{q^2}{2C} = \frac{Q^2}{2C} e^{-2t/RC}$$

$$-1\ln 4 = -\frac{2t}{RC}$$

$$\frac{1}{4} \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q^2}{2C} e^{-2t/RC}$$

$$t = \frac{1}{2} RC \ln 4 = 0.693RC = 0.693\tau$$

$$\frac{1}{4} = e^{-2t/RC}$$

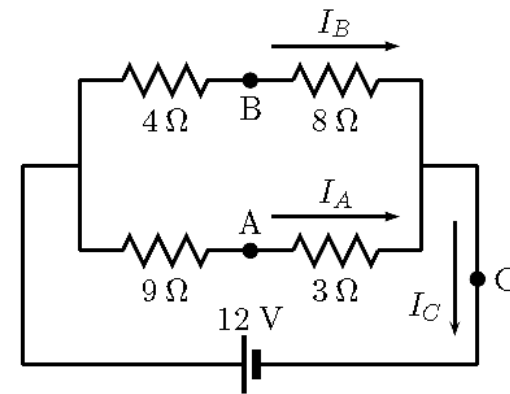


# 단원 마무리 과제

**다음 문제는 풀어서 제출 (다음 시간까지 제출)**

- » 2006년 2학기 기말기출시험 문제: 1번
- » 2007년 2학기 기말기출시험 문제: 5번
- » 2010년 2학기 기말기출시험 문제: 2번
- » 2012년 2학기 기말기출시험 문제 : 3번

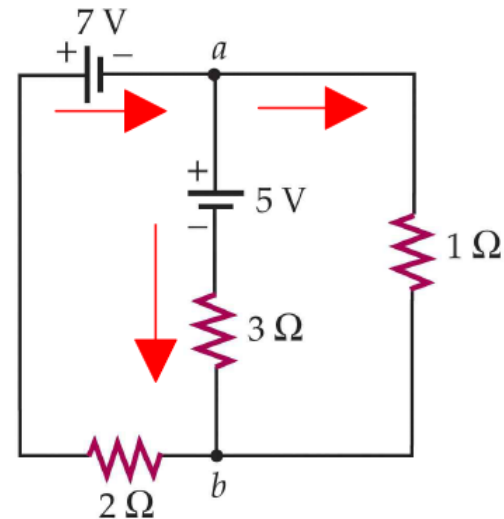
1. 그림과 같은 회로에 대해 다음 질문에 답하라.  
[20점, 난이도 중]



- (가) A, B, C 세 점에서의 전류를 구하라. 유도과정을 적고 답을 괄호 안에 쓰라.

- (나) A점과 B점 사이의 전위차가 얼마이며 어느 지점이 전위가 높은지 구하고 유도과정과 답을 적으라.

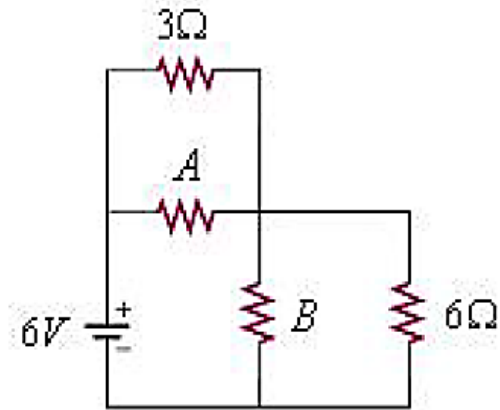
5. 다음 회로에서 전지의 내부 저항은 무시한다.  
(20점, 난이도: 상 )



(가) 키르히호프 법칙을 이용하여 각 저항에 흐르는 전류를 구하시오.(10점)

(나) a와 b 사이의 전위차를 구하시오.(10점)

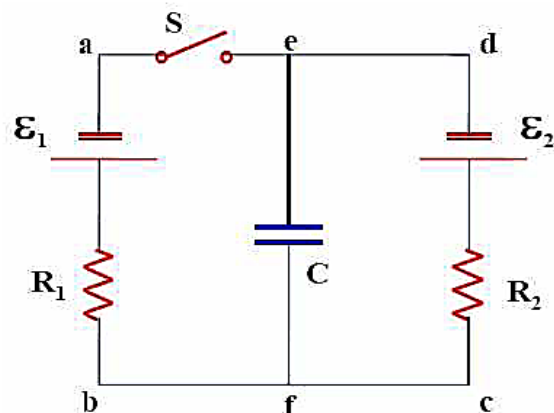
2. 그림과 같은 회로에 대하여 다음 질문에 답하라.  
[10점, 난이도 하]



(가)  $A$ 와  $B$  저항에 걸리는 전압의 합은 얼마인가?(5점)

(나)  $A=2\Omega$  이고  $B=4\Omega$ 일 때  $6\Omega$  저항에서 소모되는 전력은 얼마인가?(5점)

3. 다음 그림을 보고 아래 물음에 답하시오.  
[20점, 난이도 상]



$\varepsilon_1 = 10\text{ V}$ ,  $\varepsilon_2 = 42\text{ V}$ ,  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 12\Omega$ ,  $C = 2\mu\text{F}$ 이다.

(가) 스위치 S를 닫고, 오랜 시간이 지나 충전이 완료된 후 e-f를 지나는 전류의 크기와 방향을 구하시오.(5점)

(나) 이때 폐회로 adcba에 흐르는 전류의 크기와 방향을 구하시오.(5점)

(다) 이제 회로에서 두 전지를 제거하고 a점과 저항  $R_1$ 을 바로 연결하고, d점과 저항  $R_2$ 를 바로 연결하여 축전기가 방전을 시작하였다. 이 회로의 등가저항은 얼마인가?(5점)

(라) 또한 축전기의 전하량이 처음의 절반으로 줄어드는데

걸리는 시간을 구하여라. 단  $Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ 이며 자연로그는 그대로 두어라. (5점)