

04

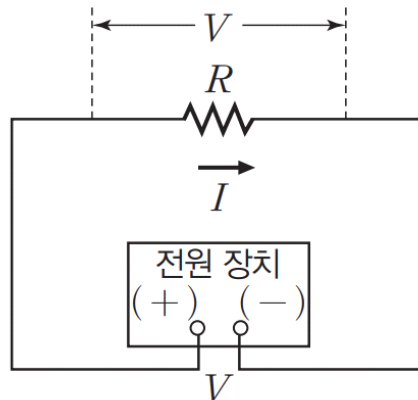
Theme.
저항의 연결

[개념편]

INTRO

일반적으로, 회로는 축전기나 코일 등 다양한 전기 소자를 포함하지만
여기서는 저항을 직렬, 병렬 연결하여 구성된 회로에 대하여 알아보시다.
개념 자체는 어렵지 않지만, 계산하는 과정이 복잡하거나
연결이 복잡하여 상황을 해석하는 데에 어려움을 겪는 경우가 많습니다.

21학년도 평가원 모의고사, 수능에서는 어렵게 나오지 않았지만,
충분히 어렵게 나올 수 있는 단원이므로 꼼꼼히 공부해둡시다.



저항값이 일정할 때, 저항 양단의 전위차가 커질수록 저항에 흐르는 전류의 세기는 증가합니다.

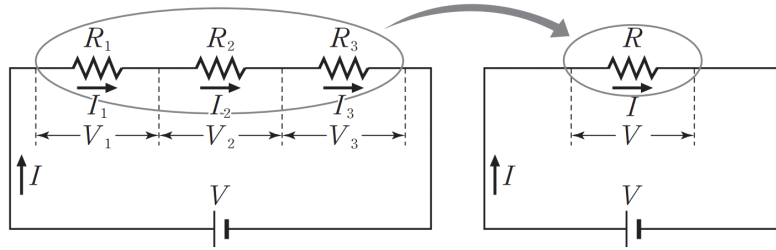
저항 양단에 전위차가 일정할 때, 저항값이 커질수록 저항에 흐르는 전류의 세기는 감소합니다.

저항에 흐르는 전류의 세기 I 는 저항 양단의 전위차 V 에 비례하고, 저항값 R 에 반비례합니다.

따라서 다음 식이 성립하고 이를 **옴의 법칙**이라고 합니다.

$$I = \frac{V}{R}$$

저항의 연결은 방식에 따라 직렬연결과 병렬연결로 구분할 수 있습니다



직렬 연결된 세 저항 R_1 , R_2 , R_3 와 같은 전류가 흐르게 하는 단일 저항¹⁾을 합성 저항 R 이라 합니다.

전류가 한 도선을 따라 흐르므로, R_1 , R_2 , R_3 에 흐르는 전류는 서로 같고,

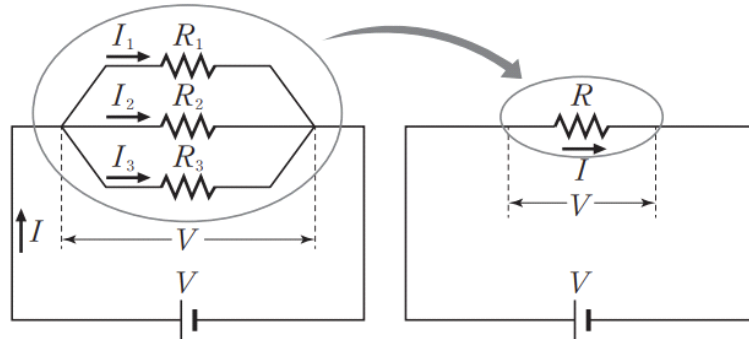
이는 합성 저항에 흐르는 전류와도 같습니다.

왼쪽 회로에서, $V = V_1 + V_2 + V_3$, $V_1 = I_1 R_1$, $V_2 = I_2 R_2$, $V_3 = I_3 R_3$

오른쪽 회로에서, $V = IR$

따라서 $R = R_1 + R_2 + R_3$ 입니다.

저항이 3개 이상이라도 동일하게 합성 저항의 저항값이 개별 저항의 저항값의 합이 됩니다.



이번에는 전류가 분기되어 흐르므로, R_1 , R_2 , R_3 에 흐르는 전류가 서로 다르지만,

각 전류의 합이 합성 저항에 흐르는 전류와 일정해야 합니다.

따라서 $I = I_1 + I_2 + I_3$

각 저항 양단에 걸리는 전압은 서로 같습니다.

따라서 왼쪽 회로에서, $V = V_1 = V_2 = V_3$, $V_1 = I_1 R_1$, $V_2 = I_2 R_2$, $V_3 = I_3 R_3$

오른쪽 회로에서, $V = IR$

따라서 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ 입니다.

마찬가지로, 저항이 많더라도 합성 저항의 저항값의 역수가 개별 저항의 저항값의 역수의 합이 됩니다.

1) 저항 각각을 고려하여 회로를 해석할 때와 합성 저항 하나를 고려하여 회로를 해석할 때 결과가 같게 하는 것



도선에 전류가 흐르면, 전자들이 원자와 충돌하면서
전자들이 갖고 있던 운동 에너지가 열에너지로 전환되어 도선에서 열이 발생합니다.

저항값이 R 인 도선에 전류 I 가 시간 t 동안 흐를 때 전류가 한 일은

$$W = qV = VIt = I^2Rt \text{ (J)}$$

여기서 단위 시간 동안 소모되는 전기 에너지의 양 전력은

$$P = I^2R \text{ (J/s = W)}$$

또, 시간 t 동안 저항에서 소모된 전기 에너지 전력량은

$$W = Pt \text{ (J, Wh)}$$

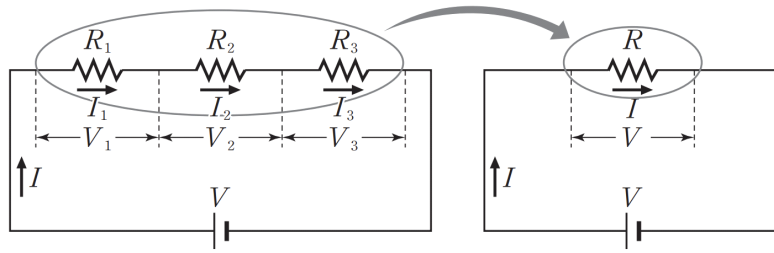
04

Theme.

저항의 연결

[수능편]

개념편에서 저항의 연결을 방식에 따라 직렬연결과 병렬연결로 구분했습니다.



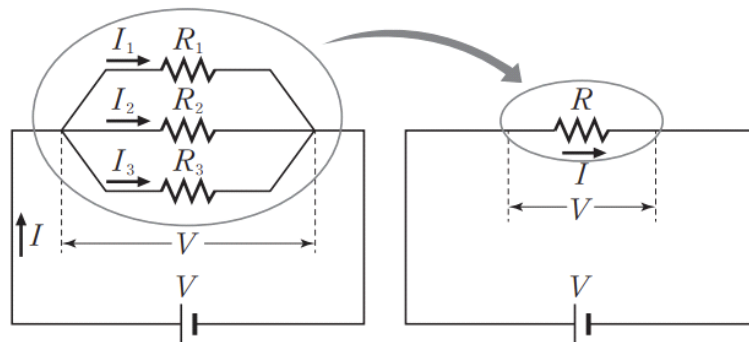
직렬 연결된 세 저항 R_1, R_2, R_3 에서의 소비 전력과 합성 저항의 소비 전력은 같습니다.

왼쪽 회로에서, $P_1 + P_2 + P_3 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3, I_1 = I_2 = I_3 = I$

오른쪽 회로에서, $P = I^2 R$

따라서 $P = P_1 + P_2 + P_3$ 가 성립합니다.

저항이 3개 이상이더라도 동일하게 합성 저항의 소비 전력이 개별 저항의 소비 전력의 합이 됩니다.



병렬 연결에서, 각 저항 양단에 걸리는 전압은 서로 같으므로 $V = V_1 = V_2 = V_3$

따라서 왼쪽 회로에서, $P_1 + P_2 + P_3 = \frac{V_1^2}{R_1} + \frac{V_2^2}{R_2} + \frac{V_3^2}{R_3}$

오른쪽 회로에서, $P = \frac{V^2}{R}$

따라서 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ 입니다.

다수 저항의 병렬연결에서도 합성 저항의 소비 전력의 역수가 개별 저항의 소비 전력의 역수의 합이 됩니다.

04

Theme.

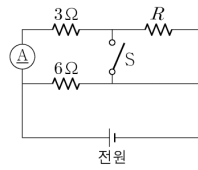
저항의 연결

[문제편]

01

21학년도 9월 14번

14. 그림은 전압이 일정한 전원에 저항값이 각각 3Ω , 6Ω , R 인 3개의 저항, 스위치 S, 전류계를 연결한 회로를 나타낸 것이다. S를 닫기 전과 후의 전류계에 흐르는 전류의 세기는 각각 $6A$, $10A$ 이다.

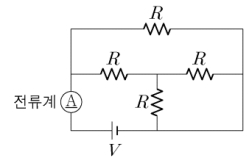
 R 는?

- ① 1Ω ② 2Ω ③ 3Ω ④ 4Ω ⑤ 5Ω

02

21학년도 수능 16번

16. 그림과 같이 저항값이 R 인 저항 4개와 전압이 V 인 전원을 연결하여 회로를 구성하였다. 전류계에 측정되는 전류의 세기는 I 이다.

 I 는?

- ① $\frac{V}{R}$ ② $\frac{4V}{3R}$ ③ $\frac{5V}{3R}$ ④ $\frac{2V}{R}$ ⑤ $\frac{7V}{3R}$



01

Solution

21학년도 9월 14번

해설의 편의를 위해,
병렬연결과 직렬연결은 각각 \parallel , $+$ 로
전류계와 전압계는 각각 \underline{A} , \underline{V} 로 나타내도록 하겠습니다.

S를 열었을 때, 회로는 $(\underline{A} + 3 + R) \parallel 6$

S를 닫았을 때, 회로는 $(\underline{A} + 3) \parallel 6$

전류계에 흐르는 전류는 닫기 전과 후가 각각 6A, 10A이고
전원의 전압이 일정하므로

$$6(3 + R) = 10(3), R = 2\Omega$$

따라서 답은 2번입니다.

02

Solution

21학년도 수능 16번

$$\underline{A} + (R \parallel (R + (R \parallel R)))$$

따라서 $R \parallel (R + (R \parallel R))$ 를 하나씩 풀어보면

$$R \parallel (R + (R \parallel R)) \equiv R \parallel (R + \frac{1}{2}R)$$

$$\equiv R \parallel \frac{3}{2}R$$

$$\equiv \frac{3}{5}R$$

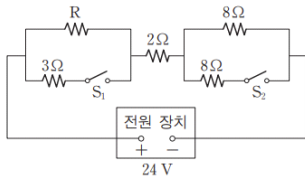
$$\underline{A} \text{에 흐르는 전류의 세기 } I = \frac{5V}{3R}$$

따라서 답은 3번입니다.

03

12학년도 6월 20번

20. 그림과 같이 저항 5개, 스위치 2개, 전압이 24V로 일정한 전원 장치를 이용하여 회로를 구성하였다. 스위치 S_1, S_2 가 모두 열려 있을 때와 모두 닫혀 있을 때, 저항 R에서 소비되는 전력은 P로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

— < 보 기 —

ㄱ. S_1, S_2 가 모두 열려 있을 때, R의 양단에 걸리는 전압은 3V이다.

ㄴ. P는 8W이다.

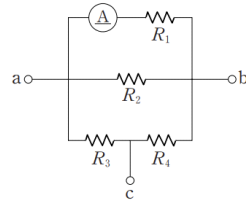
ㄷ. S_1, S_2 가 모두 닫혀 있을 때, 저항값이 8Ω인 저항 하나의 소비 전력은 P보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

12학년도 수능 20번

20. 그림과 같이 저항값이 R_1, R_2, R_3, R_4 인 4개의 저항과 전류계가 연결되어 있다. 표는 세 단자 a, b, c 중 두 개의 단자 사이에 전압이 18V로 일정한 전원 장치를 연결하여 회로를 구성하였을 때 전류계에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 것이다.



전원 장치 연결 단자	전류의 세기
a, b	6A
a, c	2A
b, c	3A

$R_3 : R_4$ 는? [3점]

- ① 1 : 1 ② 1 : 2 ③ 1 : 3 ④ 3 : 1 ⑤ 3 : 2

03

Solution

12학년도 6월 20번

S_1, S_2 가 모두 열려 있을 때, 회로는 $R+2+8$

S_1, S_2 가 모두 닫혀 있을 때, 회로는 $(R \parallel 3)+2+(8 \parallel 8)$

두 경우에서 R 의 소비 전력이 P 로 같으므로,

R 의 저항값을 R 이라 하고

양단에 걸리는 전압을 V , 흐르는 전류의 세기를 I 라 합니다.

이 때, $V=IR, P=\frac{V^2}{R}=I^2R$ 이 성립합니다.

$R+2+8$ 에서,

$$V+(2+8)I=24 \quad \text{ⓐ}$$

$(R \parallel 3)+2+(8 \parallel 8) \equiv (R \parallel 3)+6$ 에서,

R 에 병렬 연결된 3Ω 저항에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{R}{3}I$ 이므로

합성 저항 6Ω 에 흐르는 전류의 세기는 $(1+\frac{R}{3})I$ 이다.

$$V+6(1+\frac{R}{3})I=24 \quad \text{ⓑ}$$

ⓐ, ⓑ에 $V=IR$ 을 대입하고 연립하면,

$$10+R=6+3R, R=2\Omega$$

$$\therefore R+2+8 \text{에서 } R \text{ 양단에 걸리는 전압은 } \frac{2}{12} \cdot 24 = 4V$$

$$\therefore P = \frac{4^2}{2} = 8W$$

ㄷ. $(R \parallel 3)+2+(8 \parallel 8)$ 에서 저항값이 8Ω 인 저항에 흐르는

전류의 세기는 $\frac{5}{3} \cdot 2$, 소비 전력은 $(\frac{10^2}{3}) \cdot 8 > 8 (W)$

따라서 답은 5번입니다.

04

Solution

12학년도 수능 20번

a, b에 전원 장치를 연결했을 때,

회로는 $(\underline{A}+R_1) \parallel R_2 \parallel (R_3+R_4)$

전류계에 흐르는 전류의 세기가 $6A$ 이므로

$$6R_1 = 18V, R_1 = 3\Omega$$

a, c에 전원 장치를 연결했을 때,

회로는 $((\underline{A}+R_1) \parallel R_2) + R_4 \parallel R_3$

전류계에 흐르는 전류의 세기가 $2A$ 이므로

저항값이 $R_2(\Omega)$ 인 저항에 흐르는 전류는 $\frac{6}{R_2}A$

따라서 저항값이 R_3 인 저항에 흐르는 전류는

$$(2 + \frac{6}{R_2})A \text{ 이고}$$

$$18 = 6 + (2 + \frac{6}{R_2})R_4, \Delta \times R_4 = 12 \quad (\Delta = 2 + \frac{6}{R_2})$$

b, c에 전원 장치를 연결했을 때,

회로는 $(R_3 + ((\underline{A}+R_1) \parallel R_2)) \parallel R_4$

전류계에 흐르는 전류의 세기가 $3A$ 이므로

저항값이 $R_2(\Omega)$ 인 저항에 흐르는 전류는 $\frac{9}{R_2}A$

따라서 저항값이 R_3 인 저항에 흐르는 전류는

$$(3 + \frac{9}{R_2})A \text{ 이고}$$

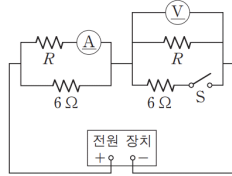
$$18 = 9 + (3 + \frac{9}{R_2})R_3, \frac{3}{2} \Delta \times R_3 = 9$$

따라서 답은 2번입니다.

05

13학년도 6월 20번

20. 그림과 같은 전원 장치의 전압이 일정한 회로에서 전류계에 흐르는 전류의 세기는 스위치 S가 열려 있을 때와 닫혀 있을 때 각각 I , $2I$ 이다. S가 열려 있을 때 전압계로 측정된 전압은 $9V$ 이다.



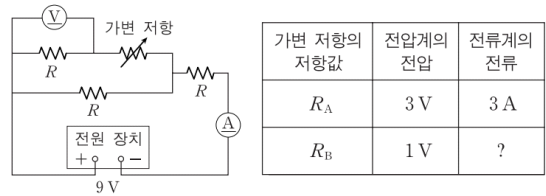
I 는? [3점]

- ① 1A ② $\frac{1}{2}$ A ③ $\frac{1}{3}$ A ④ $\frac{1}{4}$ A ⑤ $\frac{1}{5}$ A

06

13학년도 수능 20번

20. 그림은 전압이 $9V$ 로 일정한 전원 장치에 저항값이 R 인 저항 3개와 가변 저항을 연결한 회로를 나타낸 것이다. 표는 가변 저항의 저항값을 바꾸었을 때 전압계에 걸리는 전압과 전류계에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 것이다.



가변 저항의 저항값	전압계의 전압	전류계의 전류
R_A	3V	3A
R_B	1V	?

두 저항값의 차 $R_B - R_A$ 는? [3점]

- ① 2Ω ② 3Ω ③ 4Ω ④ 5Ω ⑤ 6Ω

05

Solution

13학년도 6월 20번

스위치가 열려 있을 때, 회로는

$$((R + \underline{A}) \parallel 6) + (\underline{V} \parallel R)$$

\underline{A} 에 흐르는 전류는 I ,

\underline{V} 로 측정된 전압은 $9V$

$$V = IR + 9V \dots \textcircled{7}$$

스위치가 닫혀 있을 때, 회로는

$$((R_1 + \underline{A}) \parallel 6) + (\underline{V} \parallel R \parallel 6)$$

$$\cong (R \parallel 6) + (R \parallel 6)$$

즉, 양쪽이 대칭이므로

병렬연결된 저항 양단에 걸리는 전압은 각각 $\frac{1}{2}V$ 이고

\underline{A} 에 흐르는 전류는 $2I$ 이므로

$$\frac{1}{2}V = 2IR \dots \textcircled{8}$$

$\textcircled{7}$, $\textcircled{8}$ 에서 $IR = 3V$

스위치가 열려 있을 때,

직렬연결된 $(R + \underline{A}) \parallel 6$, $\underline{V} \parallel R$ 에 흐르는 전류는 같으므로

오른쪽 R 에 흐르는 전류는 $\frac{9V}{R}$ (혹은, $R\Omega$ 에 대하여 $\frac{9}{R}A$),

$$I + \frac{IR}{6} = \frac{9V}{R}, R = \frac{3V}{I}$$

$$\therefore I = \frac{1}{4}A$$

따라서 답은 4번입니다.

06

Solution

13학년도 수능 20번

가변 저항의 저항값이 R_A 일 때,

회로는 $((R \parallel \underline{V}) + R_A) \parallel R + R + \underline{A}$

전압계와 전류계에 각각 $3V$, $3A$ 의 전압과 전류가 측정되므로

$$\frac{\left(3V + \frac{3V}{R} \cdot R_A\right)}{R} + \frac{3V}{R} = 3A$$

$$\left(3V + \frac{3V}{R} \cdot R_A\right) + 3A \cdot R = 9V$$

따라서, $R = 2\Omega$ 이고 $R_A = 0$

가변 저항의 저항값이 R_B 일 때,

회로는 $((R \parallel \underline{V}) + R_B) \parallel R + R + \underline{A}$

전압계에 $1V$ 전압이 측정되므로

가변 저항에 흐르는 전류는 $\frac{1}{2}A$ 이고

$$\left(\frac{\left(1 + \frac{1}{2}R_B\right)}{2} + \frac{1}{2}\right)2 + \left(1 + \frac{1}{2}R_B\right) = 9$$

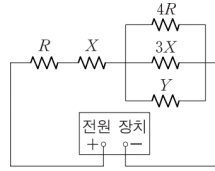
정리하면, $R_B = 6\Omega$

따라서 답은 5번입니다.

07

13학년도 수능 18번

18. 그림과 같은 전원 장치의 전압이 일정한 회로에서 저항값이 R 인 저항과 저항값이 $4R$ 인 저항의 소비 전력은 P_0 으로 같고, 저항값이 X 인 저항의 소비 전력은 $2P_0$ 이다.

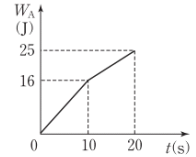
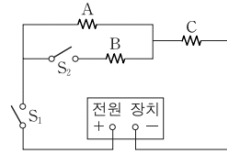


- ① P_0 ② $\frac{P_0}{2}$ ③ $\frac{P_0}{3}$ ④ $\frac{P_0}{4}$ ⑤ $\frac{P_0}{5}$

08

11학년도 수능 20번

20. 그림 (가)는 저항 A, B, C를 스위치 S_1 , S_2 와 전압이 일정한 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. A와 B의 저항값은 같다. S_1 을 닫고 10초 후 S_2 를 닫았다. 그림 (나)는 S_1 을 닫은 후부터 A에서 소모된 전기 에너지 W_A 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다.



(가)

(나)

S_1 을 닫은 후부터 C에서 소모된 전기 에너지 W_C 를 시간 t 에 따라 나타낸 그래프로 가장 적절한 것은? [3점]

- ① ② ③
- ④ ⑤

07

Solution

13학년도 수능 18번

저항값이 R 인 저항과 저항값이 $4R$ 인 저항의 소비 전력이 같으므로, 각 저항에 걸리는 전압을 각각 $V, 2V$ 로 둡시다.

$$\text{이때, } P_0 = \frac{V^2}{R}$$

저항값이 X 인 저항의 소비 전력이 $2P_0$ 이므로

$$\frac{2V^2}{R} = \left(\frac{2V}{R}\right)^2 X, \quad X = \frac{R}{2}$$

이제, 직렬연결로부터

$$\frac{2V}{4R} + \frac{2V}{3X} + \frac{2V}{Y} = \frac{2V}{R}$$

따라서 Y 의 소비 전력은

$$\frac{2V}{4R} + \frac{2V}{3X} + \frac{2V}{Y} = \frac{2V}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{2V}{3X} + \frac{2V}{Y} = \frac{3V}{2R}$$

$$\Rightarrow \frac{4V^2}{3X} + \frac{4V^2}{Y} = \frac{3V^2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{4V^2}{Y} = \frac{3V^2}{R} - \frac{4V^2}{3X} = \frac{V^2}{3R} = \frac{P_0}{3}$$

따라서 답은 3번입니다.

08

Solution

11학년도 수능 20번

$t = 10\text{s}$ 전과 후, A의 소비 전력을 $16P_0, 9P_0$ 라 두고 걸리는 전압을 $4V, 3V$ 로 둡시다.

A와 B의 저항값이 같으므로 R , C의 저항값을 R' 라 두면

$$(P_0 = \frac{V^2}{R})$$

전원의 전압을 V_0 라 하면 V_0 는 일정하므로

$$V_0 = 4V + \frac{4V}{R}R' = 3V + 2 \cdot \frac{3V}{R}R'$$

$$R = 2R', \quad V_0 = 6V$$

$t = 10\text{s}$ 전과 후, C 양단에 걸리는 전압은 $2V, 3V$ 이므로 소비 전력 P_C 는 $8P_0, 18P_0$ 가 됩니다.

따라서 답은 5번입니다.