

소비 전력과 전기 안전

학습 목표 저항의 연결에 따라 소비 전력이 달라짐을 알고, 다양한 전기 기구에 적용되는 사례를 찾을 수 있다.

멀티탭에 여러 개의 전기 기구를 연결해 사용하다가 하나를 꺼도 나머지 기구들은 정상적으로 작동한다. 그 까닭은 무엇일까?



전류, 전압, 저항의 관계

전류는 전하의 흐름으로, 전류의 세기는 그림 II-7과 같이 단위 시간에 도선의 단면을 통과하는 전하량으로 정의한다. 시간 t 동안 도선의 단면을 통과하는 전하량을 Q 라고 하면 전류의 세기 I 는 다음과 같다.

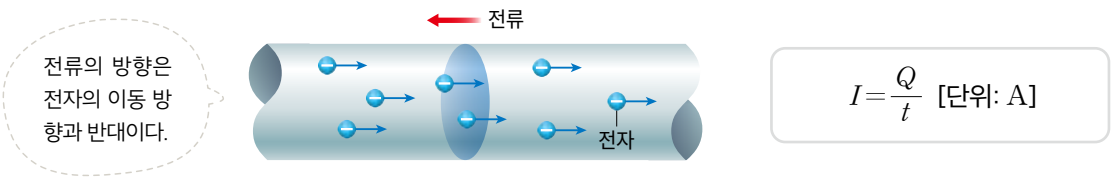


그림 II-7 전하의 이동과 전류의 세기

1 A는 1 초 동안 1 C의 전하가 통과할 때 전류의 세기이다. 그림 II-8과 같이 전류가 흐를 때 도선 내부에서 자유 전자는 원자들과 충돌하고, 이러한 충돌은 자유 전자의 이동을 방해한다. 이처럼 전류의 흐름을 방해하는 정도를 **전기 저항**이라고 하며 단위는 옴을 사용한다. 그림 II-9처럼 저항이 일정할 때 전압이 클수록 전류의 세기는 커진다. 도선에 걸리는 전압을 V , 도선에 흐르는 전류를 I , 전기 저항을 R 라고 하면 $I = \frac{V}{R}$ 이다. 이를 **옴의 법칙**이라고 한다.

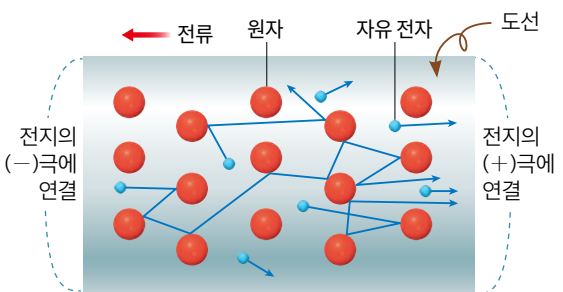


그림 II-8 전지를 연결한 도선 내부

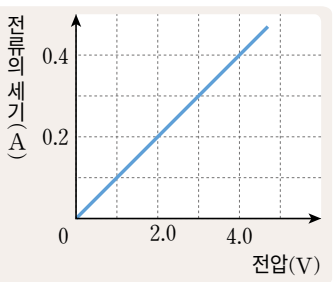


그림 II-9 전압에 따른 전류의 세기

소비 전력

그림 II-10과 같이 전압이 V 인 전지에 저항 R 를 연결하여 전류 I 가 흐르면 시간 t 동안 저항을 통과한 전하량은 $Q = It$ 이다. 시간 t 동안 전지가 한 일은 $W = QV = VIt$ 이다. $V = IR$ 의 관계를 이용하면 다음과 같다.

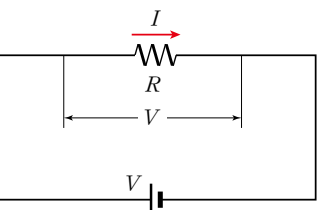


그림 II-10 전류가 하는 일

$$W = VIt = I^2 R t = \frac{V^2}{R} t$$

단위 시간 동안 전지가 한 일과 저항에서 소모한 에너지는 같다. 전기 기구에서 단위 시간 동안 소비하는 전기 에너지를 **소비 전력**이라고 한다. 저항 양단의 전위차가 V 이고 저항에 흐르는 전류가 I 일 때 소비 전력 P 는 다음과 같다.

$$P = \frac{W}{t} = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \text{ [단위: W(와트)]}$$

1 V의 전위차에서 1 A의 전류가 흐를 때 전력은 1 W이며 1 W는 1 J/s와 같다. 전기 기구에는 그림 II-11과 같이 소비 전력이 표기되어 있다. 소비 전력이 800 W인 전기난로는 1 초에 800 J의 에너지를 소비한다.



그림 II-11 전기난로의 소비 전력

스스로 확인

- ()은/는 전기 기구에서 단위 시간당 소비하는 전기 에너지이다.
- 저항값이 100 옴인 저항에 2 A의 전류가 흐를 때 소비 전력은 몇 W인가?

연계 중학교 과학
옴의 법칙과 소비 전력에 대해 배웠다.



- 준비물
- ☒ 시멘트 저항(10Ω, 20Ω)

☒ 전압계

☒ 전류계

☒ 전지(1.5 V)

☒ 스위치

☒ 집게 달린 전선

☒ 전지 끼우개

- 역할 나누기
- 3 명~5 명을 한 모둠으로 하고,
역할을 나눠 보자.
- 실험 수행:

• 결과 기록:

탐구 길잡이

전류계는 회로에 직렬로 연결
하고, 전압계는 측정하려는 저항
에 병렬로 연결한다.

안전

다 쓴 전지는 지정된 장소에 버
린다.

저항의 직렬연결과 병렬연결에서 전류와 전압 측정하여 비교하기

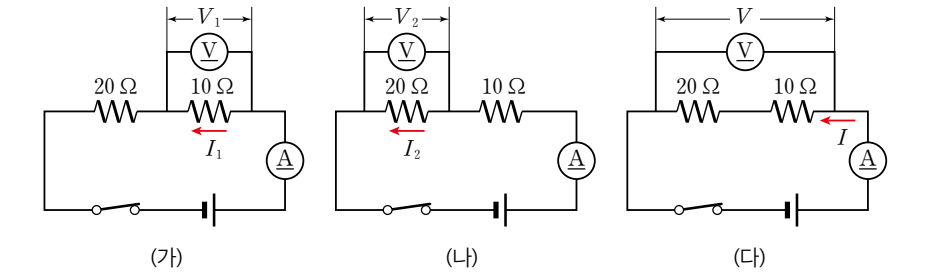
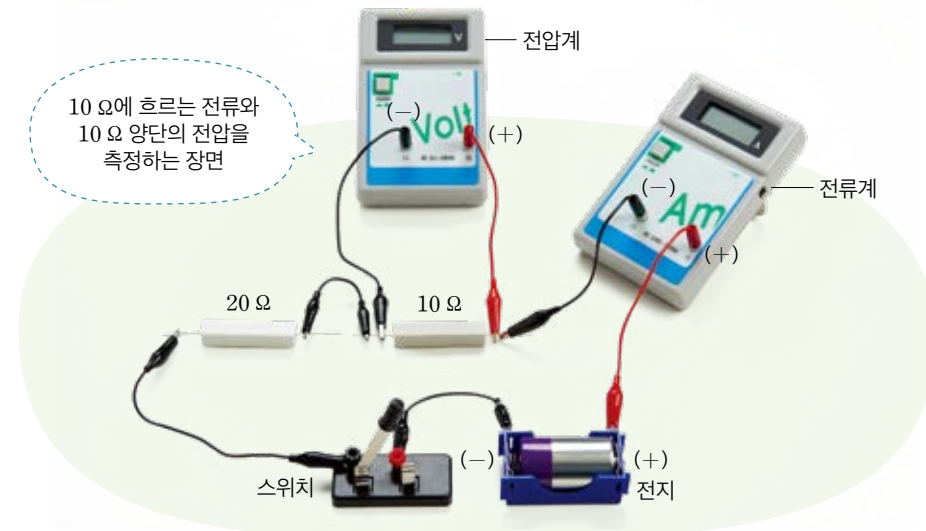
목표

저항의 직렬연결과 병렬연결에서 각 저항 양단의 전압과 각 저항에 흐르는 전류의 세기를 측정하여 비교할 수 있다.

과정 및 결과

실험 1 저항의 직렬연결

- 저항값이 10 Ω, 20 Ω인 저항을 1.5 V 전지에 직렬로 연결한 회로를 구성한다.

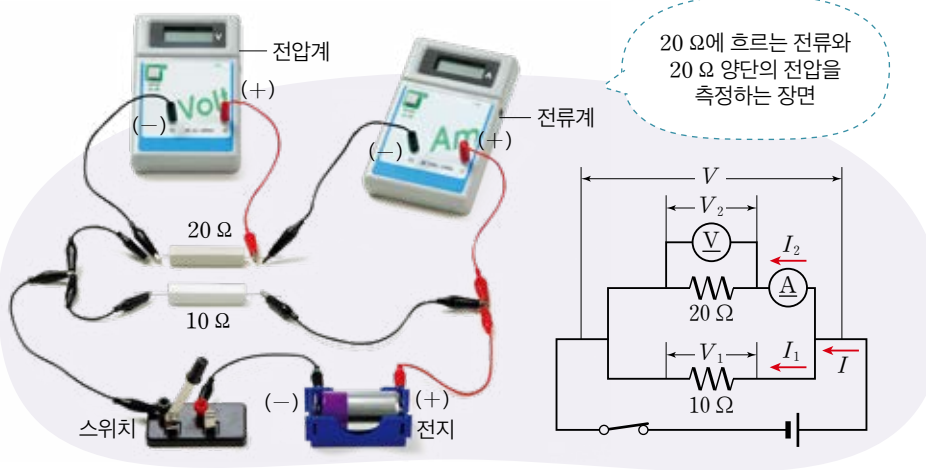


- (가), (나)와 같이 10 Ω, 20 Ω 저항 양단의 전압과 각 저항에 흐르는 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.
- (다)와 같이 회로 전체의 전압과 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.

구분	저항	전압(V)	전류(A)
(가)	10 Ω	$V_1=$	$I_1=$
(나)	20 Ω	$V_2=$	$I_2=$
(다)	전체	$V=$	$I=$

실험 2 저항의 병렬연결

- 저항값이 10 Ω, 20 Ω인 저항을 병렬로 연결한 회로를 구성한다.



- 10 Ω, 20 Ω 저항 양단의 전압과 각 저항에 흐르는 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.
- 회로 전체의 전압과 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.

구분	전압(V)	전류(A)
10 Ω 저항	$V_1=$	$I_1=$
20 Ω 저항	$V_2=$	$I_2=$
회로 전체	$V=$	$I=$

정리

- 저항을 직렬연결할 때와 병렬연결할 때, 각 저항 양단의 전압과 회로 전체의 전압은 어떤 관계인가?



- 저항을 직렬연결할 때와 병렬연결할 때, 각 저항에 흐르는 전류와 회로 전체에 흐르는 전류는 어떤 관계인가?



스스로 평가

- | 지식·이해 | 저항의 직렬연결과 병렬연결의 차이점을 설명할 수 있는가?

☆☆☆
- | 과정·기능 | 저항을 직렬연결한 회로를 구성하고 전류, 전압을 측정할 수 있는가?

☆☆☆
- | 과정·기능 | 저항을 병렬연결한 회로를 구성하고 전류, 전압을 측정할 수 있는가?

☆☆☆
- | 가치·태도 | 자신이 맡은 역할을 잘 수행하고, 실험 폐기물을 안전하게 처리했는가?

☆☆☆

탐구 후기



저항의 직렬연결과 병렬연결의 특징에 대해 배웠다.

저항의 연결과 소비 전력

회로에 여러 개의 저항을 연결할 때 저항의 연결 방식에 따라 전류, 전압, 소비 전력이 달라질 수 있다.

그림 II-12는 두 저항 R_1 , R_2 를 직렬로 연결한 회로를 나타낸 것으로, 전류는 하나의 회로를 따라 흐른다.

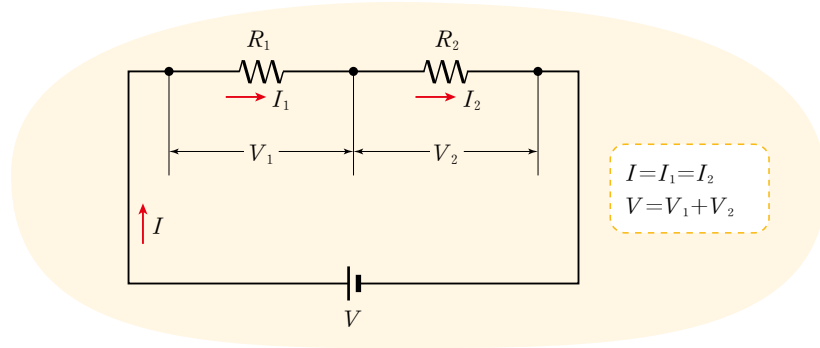


그림 II-12 저항의 직렬연결 회로

두 저항을 직렬로 연결한 회로에서 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 I 로 같다. 회로 전체에 걸리는 전압 V 는 각 저항 양단의 전압 V_1 , V_2 의 합과 같다.

$$V = V_1 + V_2 = I(R_1 + R_2)$$

각 저항의 소비 전력 P_1 , P_2 는 각각 $P_1 = I^2 R_1$, $P_2 = I^2 R_2$ 이므로 회로 전체의 소비 전력 P 는 다음과 같다.

$$P = P_1 + P_2 = I^2 R_1 + I^2 R_2 = I^2 (R_1 + R_2)$$

$$= \frac{V^2}{R_1 + R_2}$$

저항을 직렬로 추가하면 합성 저항이 증가하므로 회로에 흐르는 전류가 감소하고 회로 전체의 소비 전력이 작아진다.

그림 II-13은 두 저항 R_1 , R_2 를 병렬로 연결한 회로를 나타낸 것으로, 전류는 두 갈래로 나뉘는 회로를 따라 흐른다.

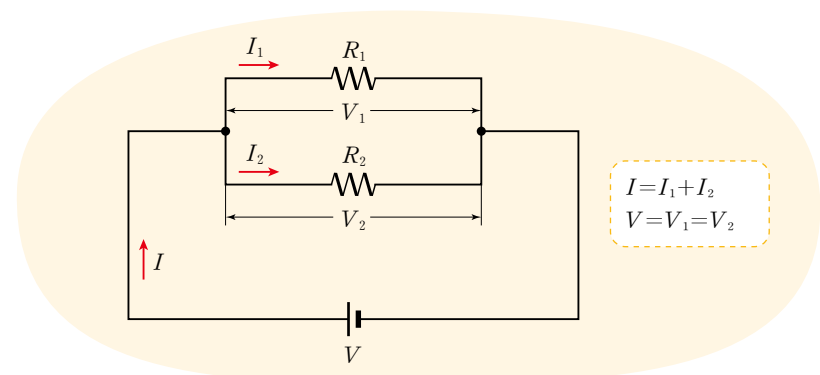


그림 II-13 저항의 병렬연결 회로

직렬연결에서의 합성 저항

저항 R_1 , R_2 를 직렬로 연결한 회로에서 합성 저항 R 는 다음과 같다.

$$R = R_1 + R_2$$

두 저항을 병렬로 연결한 회로에서 각 저항 양단의 전압은 전체 전압 V 와 같고, 회로 전체에 흐르는 전류 I 는 각 저항에 흐르는 전류 I_1 , I_2 의 합과 같다.

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

각 저항의 소비 전력 P_1 , P_2 는 각각 $P_1 = \frac{V^2}{R_1}$, $P_2 = \frac{V^2}{R_2}$ 이므로 회로 전체의 소비

전력 P 는 다음과 같다.

$$P = P_1 + P_2 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V^2$$

저항의 병렬연결에서 각 저항에 걸리는 전압이 일정하므로, 저항이 추가되면 그 저항에 흐르는 전류만큼 회로 전체에 흐르는 전류가 증가하고 전체 소비 전력이 커진다.

여러 개의 전기 기구를 병렬로 연결하는 경우 각 전기 기구에 흐르는 전류와 소비 전력은 다른 전기 기구의 작동 여부와 상관없이 일정하게 유지된다. 따라서 가정 내 배선은 그림 II-14와 같이 각 콘센트에 연결하는 여러 전기 기구를 독립적으로 사용할 수 있도록 병렬로 연결되어 있다.

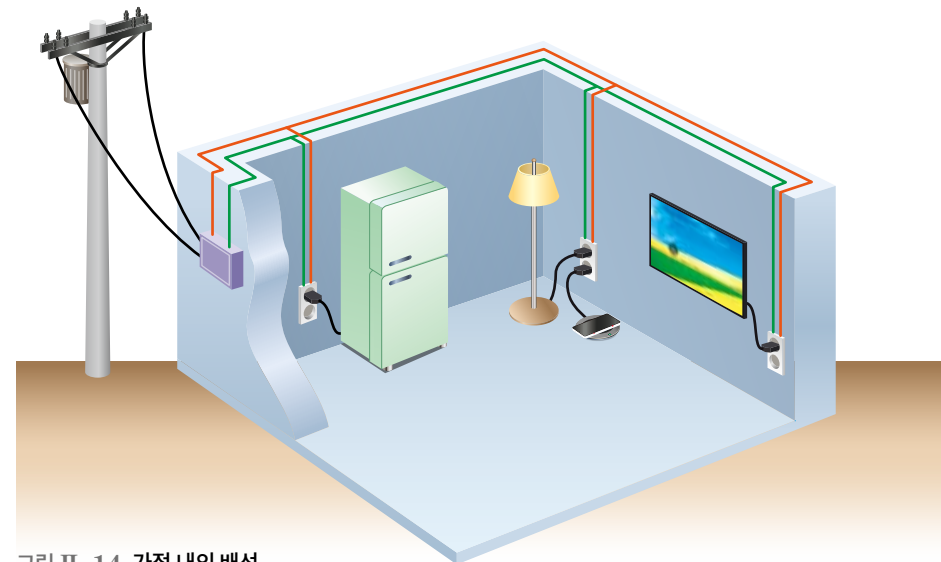


그림 II-14 가정 내의 배선

스스로 확인

- 동일한 저항 2 개를 전지에 연결할 때 회로에 흐르는 전류는 직렬연결일 때가 병렬연결일 때보다 크다. (○, ×)
- 동일한 저항 2 개를 전지에 연결할 때 회로 전체의 소비 전력은 직렬연결일 때가 병렬연결일 때보다 크다. (○, ×)

병렬연결에서의 합성 저항

저항 R_1 , R_2 를 병렬로 연결한 회로에서 합성 저항 R 는 다음 관계식을 만족한다.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

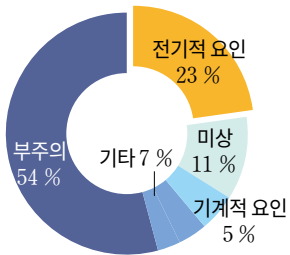
생활 글자 일부가 고장 난 네온사인



네온사인에서 특정 부분만 불이 들어오지 않는 것은 글자들이 병렬로 연결되어 특정 부분이 고장 나도 다른 부분에 영향을 주지 않기 때문이다.

전기 안전

그림 II-15와 같이 주택 화재 원인 중에서 전기적 요인이 큰 비중을 차지한다. 가정에서 전기를 안전하게 사용하기 위해서는 어떻게 해야 할까? 다음 활동을 하면서 가정에서 많이 쓰는 멀티탭을 안전하게 사용하는 방법에 대해 알아보자.



(출처: 소방청 누리집, 2023.)

그림 II-15 주택 화재 원인

해 보기

우리 집 멀티탭 안전 수칙 만들기

- 준비물
- 멀티탭
- 스마트 기기

탐구 능력 | 의사 결정 능력

1. 멀티탭에 적힌 허용 전류를 찾아보고 정격 전압과 허용 전류를 이용하여 허용 소비 전력(W)을 구해 표에 기록한다.

보통 멀티탭은 허용 소비 전력의 70 %~80 % 이하로 사용하도록 권장하고 있다.



* 정격 전압
전기 기구가 정상적으로 작동하는 데 필요한 전압이다.

정격 전압(V)	허용 전류(A)	허용 소비 전력(W)

2. 주요 전기 기구의 정격 소비 전력을 검색하거나 표기된 것을 찾아 표에 기록한다.

모니터(W)	냉장고(W)	전자레인지(W)	드라이어(W)	세탁기(W)

3. 멀티탭의 허용 소비 전력의 70 % 내에서 사용할 수 있는 전기 기구의 조합을 찾는다.

4. 멀티탭을 안전하게 사용할 수 있도록 ‘우리 집 멀티탭 안전 수칙’을 만든다.

- 3에서 다른 전기 기구와 함께 사용할 때 특히 주의해야 하는 전기 기구는 무엇인지 이야기해 보자.



멀티탭에 연결한 전기 기구들은 병렬로 연결된다. 그림 II-16과 같이 220 V의 전압이 걸렸을 때 4 A의 전류가 흐르는 전기 토스터, 6 A가 흐르는 전기난로, 1 A가 흐르는 전기스탠드가 연결되어 있는 상황을 생각해 보자. 전기 토스터만 켜면 4 A의 전류가 흐른다. 전기난로도 켜면 전체 전류는 10 A로 늘어나고, 전기스탠드까지 켜면 전체 전류는 11 A가 된다. 멀티탭에 전기 기구를 더 많이 연결해 사용할수록 전선에 더 큰 전류가 흐른다.

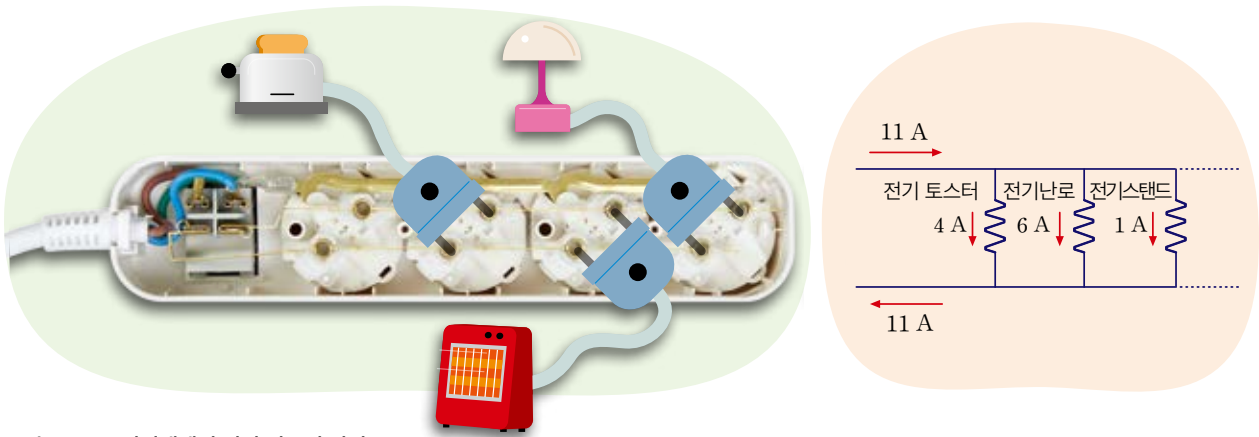


그림 II-16 멀티탭에서 전기 기구의 연결

전선에는 안전하게 흐를 수 있는 전류의 양, 즉 허용 전류가 규격으로 정해져 있다. 허용 전류보다 많은 전류가 흐르는 것을 과부하라고 하는데, 이 경우 전선의 피복을 녹일 정도로 과열되어 화재가 발생할 수 있다. 회로에서 과부하로 인한 화재를 방지하는 안전장치로 그림 II-17과 같은 퓨즈와 회로 차단기가 있다. 회로에 허용 전류 이상의 전류가 흐르면 퓨즈 유리관 안의 전선이 녹으면서 끊어져 회로에 흐르는 전류를 차단한다. 회로 차단기는 전류의 양이 갑자기 증가하면 스위치가 열려서 회로에 흐르는 전류를 차단하는 안전장치이다.

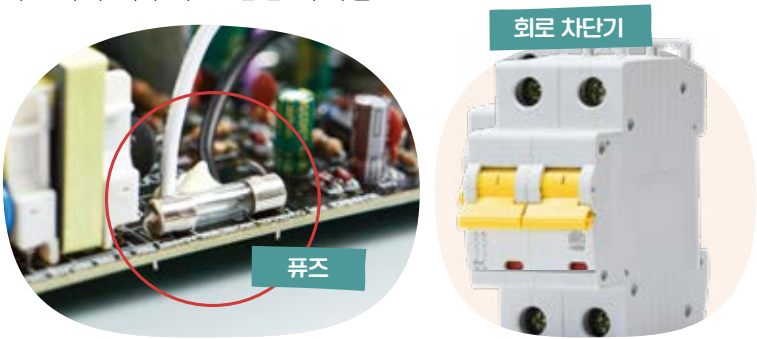


그림 II-17 컴퓨터 전원 장치 내부의 퓨즈와 회로 차단기

스스로 확인

- 멀티탭에서 전기 기구들은 (직렬, 병렬)로 연결되므로 소비 전력이 큰 전기 기구를 동시에 사용하면 허용 전류 이상의 전류가 흘러 화재가 발생할 수 있다.
- ()은/는 회로에 허용된 전류보다 많은 전류가 흐를 때 녹아서 끊어지도록 만든 안전장치이다.

스스로 정리

공유 이 단원에서 배운 내용을 바탕으로 한, 전기 안전 실천 의지를 담은 한 문장을 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.