

# 25강. 열전달과 전기 에너지 이용

1. 열의 이동 방법 2. 잠열과 기상 현상 3. 전기 에너지 이용 I 4. 전기 에너지 이용 II

## 1. 열의 이동 방법

### 열 도체와 열 부도체(단열체)

- 열 도체 : 열의 전도가 잘 일어나는 물질로 금, 은, 구리, 철 등과 같은 대부분의 금속이다. ( $k$  값이 크다.)
- 열 부도체 : 열의 전도가 잘 일어나지 않는 물질로 단열재라고도 한다. 산소, 물 등과 같은 대부분의 유체와 콘크리트 등이 있다. ( $k$  값이 작다.)

### 자연 대류와 강제 대류

- 자연 대류 : 유체의 밀도 차이로 자연스럽게 열에너지를 전달한다. 기상 현상, 모닥불 등이 있다.
- 강제 대류 : 유체를 강제적으로 이동시켜 열에너지를 전달한다. 에어컨, 자동차 엔진 냉각 장치 등이 있다.

### 흑체 복사와 슈테판-볼츠만 법칙

들어오는 모든 열복사선을 흡수하고 외부보다 온도가 높을 때에는 열에너지를 100% 방출하는 이상적인 물체를 흑체(black body)라 한다.

어떤 복사체의 표면을 흑체라고 할 때, 절대 온도에 따라 단위 면적에서 단위 시간 동안 방출되는 복사 에너지는 슈테판-볼츠만 법칙에 따른다.

$$E = \sigma T^4$$

$E$  : 흑체 표면의 단위 면적으로부터 단위 시간 동안 방출하는 복사열 또는 복사 에너지

$\sigma$  (시그마) : 슈테판-볼츠만 상수

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$T$  : 복사체 표면의 절대 온도

### 빈의 변위 법칙

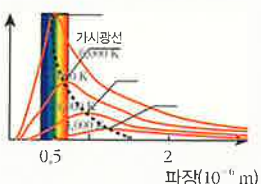
특정한 온도에서 물체가 최대로 복사하는 빛의 파장은 물체의 표면 온도에 반비례한다.

$$\lambda_{\text{max}} T = 2.9 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

$\lambda_{\text{max}}$  : 복사선의 파장

$T$  : 표면의 절대 온도

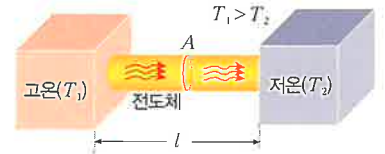
에너지



(1) 전도 : 열이 물체의 한 부분에서 다른 부분으로 물체를 따라 이동하는 현상이다.

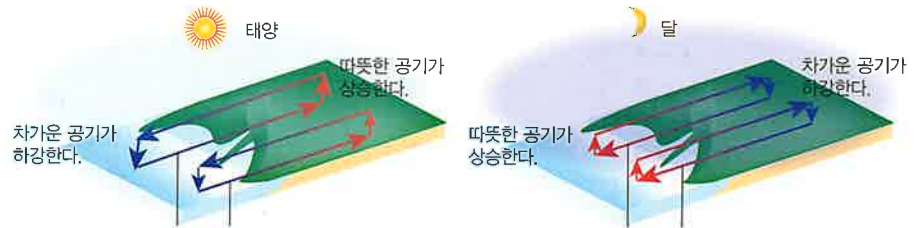
- 열에너지를 받은 분자들의 운동이 활발해져 인접한 분자들과 충돌하여 에너지를 전달한다.
- 전도되는 열량( $Q$ ) : 단면적이  $A$ 이고 길이가  $l$ 인 전도체의 양 끝의 온도가 각각  $T_1, T_2$  ( $T_1 > T_2$ )일 때  $t$ 초 동안 전도체를 통하여 이동하는 열량( $Q$ )는 단면적( $A$ )과 온도 변화량( $\Delta T = T_2 - T_1$ )에 비례하고 길이( $l$ )에 반비례 한다.

$$Q = kA \left( \frac{T_1 - T_2}{l} \right) \cdot t \quad (k: \text{열전도율})$$



(2) 대류 : 물질을 이루는 분자들이 밀도 차에 의해 집단적으로 순환하면서 이동하여 열을 전달하는 현상이다.

- 온도 변화에 따라 액체나 기체의 밀도가 변하여 가벼워지거나 무거워지면서 뜨고 가라앉으며 분자가 이동하면서 열 에너지가 전달된다.
- 자연 대류는 온도에 따라 부피가 변하는 유체가 중력이 작용하는 공간에 있을 때 일어난다.

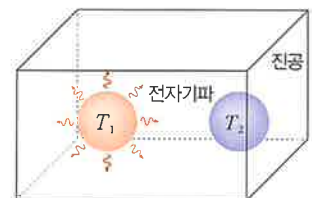


▲ 자연 대류 현상 - 해륙풍

(3) 복사 : 열에너지가 매질 없이 물체의 표면에서 전자기파 형태로 직접 이동하는 현상이다.

- 열복사 : 온도가 다른 두 물체를 진공 속에서 약간 떼어 놓으면 고온의 물체는 전자기파를 방출하여 온도가 내려가고, 상대적으로 저온의 물체는 전자기파를 흡수하여 온도가 올라간다. 이와 같은 현상을 열복사라고 한다.

고온( $T_1$ )의 물체가 전자기파를 방출하여 저온( $T_2$ )의 물체와 온도가 같아질 때까지 온도가 내려간다.



### 개념확인 1

열의 이동 방법 세 가지를 쓰시오.

### 확인+1

온도가 다른 두 물체를 진공 속에서 떼어 놓으면 고온의 물체에서 저온의 물체로 어떤 형태로 열이 이동하는가?

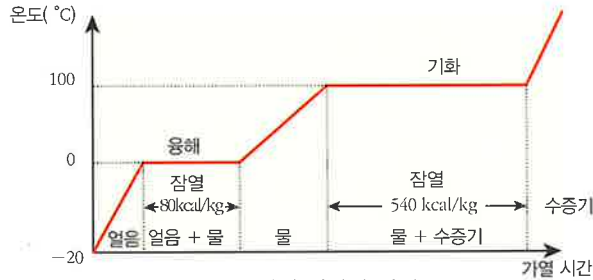
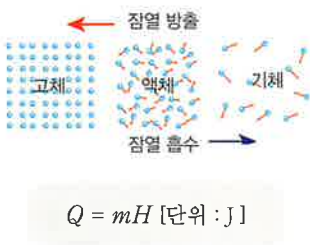
## 2. 잠열과 기상 현상

(1) **물질의 상태 변화** : 물체를 가열하여 물체의 온도를 높이면 물체 내의 분자 운동이 활발해지면서 물체의 상태가 고체 → 액체 → 기체 상태로 변한다. 반대로 열이 방출되어 온도가 낮아지면 기체 → 액체 → 고체 상태로 변한다.



(2) **잠열(숨은열)** : 물체 1 kg의 온도를 변화시키는 데 사용되지 않고 상태만을 변화시키는 데 필요한 열량이다.

· 상태 변화의 열량 : 상태 변화하는 동안 온도는 일정하게 유지되지만 열의 출입은 이루어진다. 어떤 물질의 잠열을  $H$ , 질량을  $m$ 이라고 할 때, 상태 변화에 관계하는 열량  $Q$ 는 다음과 같다.



(3) **물의 잠열과 기상 현상** : 태양 에너지를 잠열의 상태로 흡수 또는 방출하여 대기와 물이 순환하면서 기상 현상이 일어난다.

- 태양에서 복사된 열에너지가 해양과 지표에 흡수되어 물을 증발시켜 잠열을 흡수한 상태의 수증기를 만든다.
- 가열된 수증기는 대류에 의해 상승하여 에너지를 방출하면서 응결되어 구름으로 변한다. 구름은 비나 눈의 형태로 해양과 지표로 되돌아온다.
- 육지에 내린 비나 눈은 지하수, 호수, 강 등을 구성하면서 바다로 흘러 들어가 순환된다.



### ❖ 얼음의 용해열과 물의 기화열

- 얼음의 용해열 : 0°C의 얼음 1kg을 0°C의 물 1kg으로 변화시키는 데 필요한 열이다.  
얼음의 용해열 335 kJ/kg = 80 cal/g
- 물의 기화열 : 100°C의 물 1kg을 100°C의 수증기 1kg으로 변화시키는 데 필요한 열이다.  
물의 기화열 2,260 kJ/kg = 540 cal/g

### ❖ 물의 상태 변화에 따른 현상

- 승화열 : 눈이 오는 날은 날씨가 포근해진다. 이는 내리는 눈에 대기의 수증기가 승화하여 달라붙으면서 승화열을 발생시키기 때문이다.
- 응고열 : 이누이트인이 이글루(얼음집) 안에 물을 뿌리면 물이 얼면서 응고열을 방출하여 얼음집 안이 따뜻해진다.
- 기화열 : 사막에서 가죽 물통을 사용한다. 이는 가죽 표면의 작은 구멍으로 물이 스며나와 기화하면서 기화열을 빼앗아 물통 속의 물이 시원하게 유지되기 때문이다.

### ❖ 태풍의 에너지원

태양 복사 에너지에 의해 바닷물이 증발하여 수증기로 변할 때 잠열이 흡수된다. 잠열을 흡수한 상태의 수증기는 상승하고 응결하여 빗방울이 되는데 이때 잠열을 다시 방출한다. 이 잠열이 태풍의 에너지원이다.

#### 개념확인 2

기상 현상의 근본적인 에너지원은 무엇인가?

( ) 에너지

#### 확인+2

100°C의 물 2kg이 100°C의 수증기로 바뀌었다. 이 과정에서 열의 형태로 흡수된 에너지는 얼마인가? (단, 기화열  $H_{기화열} = 2,260$  kJ/kg이다.)

( )



## 4. 전기 에너지의 이용 II

### (1) 조명 기구

① 백열전구 : 텅스텐이 주성분인 필라멘트에 전류가 흐를 때 일정 온도에 도달하면 필라멘트의 저항에 의해 발생하는 열에너지가 빛에너지의 형태로 방출된다.

- 장점 : 저렴하다.
- 단점 : 전기 에너지의 대부분이 열로 손실되어 효율이 5 ~ 10% 정도이다.



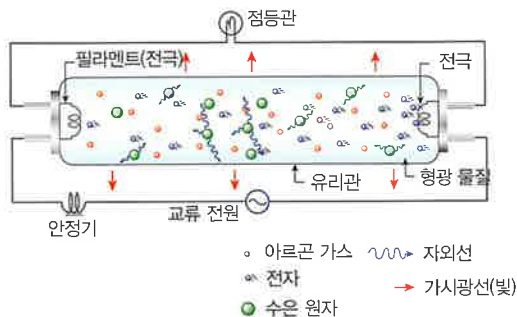
▲ 백열전구

② 형광등 : 양쪽 끝이 봉해진 가느다란 유리관 속에 아르곤, 네온, 크립톤 가스가 대기압의 0.3% 정도의 압력으로 들어 있다. 또 유리관 안에 수은 액체 두 방울 정도가 들어 있고, 이들 중 일부는 증발하여 수은 증기가 된다.

㉠ 고전압이 걸린 필라멘트에서 방출된 전자가 수은 원자와 충돌한다.

㉡ 수은 원자 내의 전자가 높은 에너지 준위로 올라갔다가 낮은 에너지 준위로 떨어지면서 자외선을 방출한다.

㉢ 자외선이 유리관 안쪽 표면의 형광 물질에 부딪쳐 빛(가시광선)을 낸다.



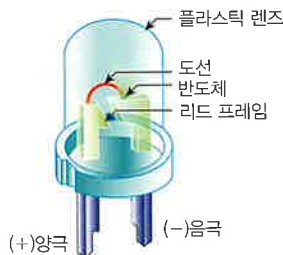
▲ 형광등

③ 발광 다이오드(LED) : 규소에 갈륨, 인, 비소 등을 첨가하여 만든 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만든 반도체 소자이다.

㉠ p-n 접합 다이오드에 순방향 전압을 걸어준다.

㉡ n형 반도체의 전도띠에 있던 전자가 접합면을 통과하여 p형 반도체로 이동한다.

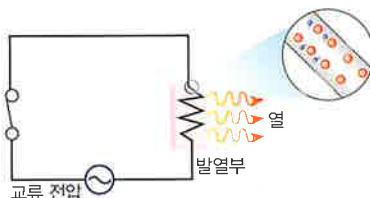
㉢ 전자가 전도띠에서 원자가띠로 전이하면서 양공과 결합하여 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지를 빛으로 방출한다.



▲ 발광 다이오드(LED)

(2) 전열기 : 전기 에너지를 열에너지로 바꾸는 장치

- 전류가 흐르는 도선에 저항체를 연결하면 저항체에서 전기 에너지가 열에너지로 전환된다.



개념확인 4

발광 다이오드(LED)는 반도체 내의 ( )와 ( )이 결합하여 에너지 준위의 차이에 해당하는 에너지를 빛으로 방출시킨다.

정답 및 해설 62쪽

확인+4

어떤 전기 기구는 정격 전압이 220 V이고 소비 전력이 4840 W이다. 이 전기 기구의 저항은 얼마인가?

백열전구 속의 혼합 가스

백열전구 속을 공기로 채우면 필라멘트가 타버리고 진공으로 만들면 필라멘트가 가늘어지기 때문에 백열전구 속을 아르곤과 질소의 혼합 가스로 채워 필라멘트가 가늘어지는 것을 막는다.

형광등의 안정기와 점등관

형광등의 전극에서 전기를 방전시키려면 높은 전압을 걸어주어야 하므로 점등관과 안정기를 통해 순간적으로 높은 전압을 발생시킨다.

전력

전력은 전류가 1초 동안 하는 일(전류의 일률) 또는 1초 동안에 공급된 전기 에너지이다. 저항(R)의 양 끝에 전압(V)을 걸어 전류(I)가 흐를 때 전류가 t초 동안 W의 일을 한다면 전력(P)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{VIt}{t} = VI$$

$$= I^2R = \frac{V^2}{R}$$

[단위 : (와트)W, J/s]

전력량

전력량은 t초 동안에 사용한 전기 에너지(W)의 총량이다.

$$W = Pt = VIt$$

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

[단위 : J]

전력량은 에너지이므로 J(줄) 단위가 사용되지만 실용적으로는 Wh(와트시)를 사용한다.

1 Wh는 1 W의 전력으로 1시간 동안 사용한 전력량이다.

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$$

전열기의 저항

전열기의 저항은 저항체 또는 발열체라고도 한다. 니크롬선(니켈-크롬 합금), 철-크롬-알루미늄 합금, 니켈-크롬-철 합금 등을 사용하고, 효율을 높이기 위해 나선형으로 감아 사용한다.

에너지 효율

에너지 효율(%)

$$= \frac{\text{유용한 형태로 전환된 에너지량}}{\text{공급된 총 에너지량}} \times 100$$



# 개념 다지기

## 01

열의 이동 방법 중 전도에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 액체나 기체에서도 전도가 일어난다.
- ㄴ. 난로 옆에 있을 때 따뜻해지는 현상은 전도에 의한 열전달이다.
- ㄷ. 전도는 접촉한 두 물체 사이에서 물체를 구성하는 입자의 진동에 의해 열이 전달되는 과정이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 02

열의 이동 방법 중 복사에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 모든 물질은 복사열을 방출한다.
- ㄴ. 낮은 온도의 물질은 복사열을 방출하지 못한다.
- ㄷ. 기체에서는 복사에 의한 열전달이 일어나지 않는다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

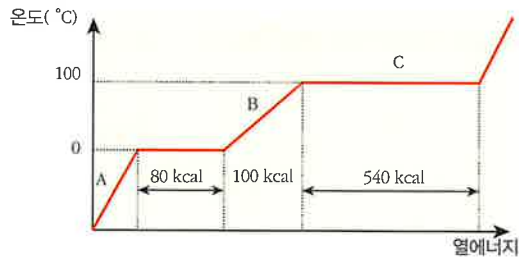
## 03

20 °C 의 물 0.5 kg 에 얼음을 넣어 얼음이 없는 0 °C 의 물을 만들려고 한다. 이때 물에 넣어야 하는 0 °C 의 얼음의 양은 얼마인가? (단, 얼음의 비열  $c_{\text{얼음}} = 2.1 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$ , 얼음의 융해열  $H = 3.33 \times 10^5 \text{ J/kg}$ , 물의 비열  $c_{\text{물}} = 4.2 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$  이다.)

- ① 0.120 kg      ② 0.126 kg      ③ 0.130 kg      ④ 0.136 kg      ⑤ 0.140 kg

## 04

그림은 얼음 1 kg 을 가열하는 동안에 공급한 열에너지에 대한 온도 변화를 나타낸 것이다.



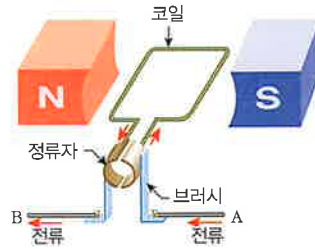
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. A 구간에서 공급되는 열은 모두 얼음의 온도를 올리는 데 사용된다.
- ㄴ. 비열은 A 구간이 B 구간보다 크다.
- ㄷ. C 구간에서 공급되는 열은 물질의 온도를 올리는 데 사용된다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 직류 전동기의 모습을 나타낸 것으로 전류는 A에서 B로 흐르고 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보기 > —
- ㄱ. 전동기의 코일의 회전 방향은 정류자 쪽에서 볼 때 시계 방향이다.
  - ㄴ. 코일에 흐르는 전류는 전자기 유도 때문에 발생한다.
  - ㄷ. 코일은 전자기력에 의한 돌림힘이 작용하여 회전한다.
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 정류자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보기 > —
- ㄱ. 전류의 세기를 일정하게 해 주는 장치이다.
  - ㄴ. 코일에 흐르는 전류의 세기를 증폭시켜 주는 증폭기이다.
  - ㄷ. 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어 전동기를 일정한 방향으로 회전시켜주는 장치이다.
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 백열전구에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보기 > —
- ㄱ. 전기 에너지는 대부분 열에너지로 변환된다.
  - ㄴ. 필라멘트는 전기 저항이 큰 금속을 사용한다.
  - ㄷ. 전구 속의 혼합 가스는 필라멘트가 가늘어지는 것을 막는다.
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 220 V-44 W 인 전구를 110 V 의 전원에 연결하여 사용할 경우 전류의 세기는 얼마인가?

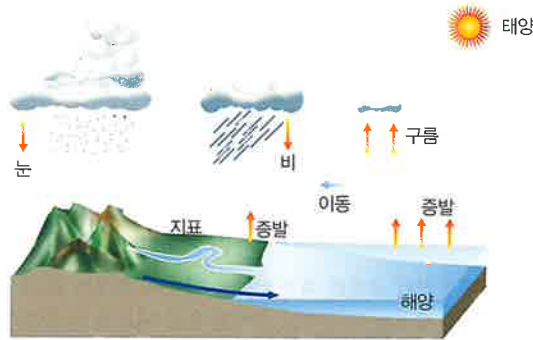
- ① 0.1 A      ② 0.2 A      ③ 0.3 A      ④ 0.4 A      ⑤ 0.5 A



# 유형 익히기 & 하브루타

## [유형25-1] 열의 이동 방법

그림은 태양 복사 에너지에 의한 물의 순환 과정을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

- ㄱ. 바닷물은 태양 복사 에너지를 흡수하여 수증기로 증발된다.
- ㄴ. 증발된 수증기는 상승하다가 주변에 열을 흡수하여 응결된다.
- ㄷ. 구름에 있는 물방울이 비가 되어 떨어지면서 물방울의 운동 에너지가 증가한다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림은 보온병의 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 이중벽 사이의 진공은 공기의 대류에 의한 열 전달을 막는다.
- ㄴ. 은도금을 하면 전도에 의한 열전달을 차단할 수 있다.
- ㄷ. 이중벽으로 하면 복사에 의한 열전달을 차단할 수 있다.

① ㄱ

② ㄴ

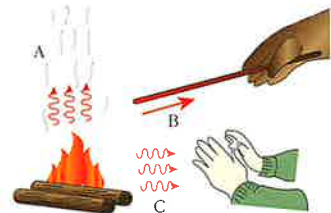
③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 열의 이동 방법에 대한 설명이다. A, B, C에 알맞는 열의 이동 방법을 바르게 짝지은 것은?

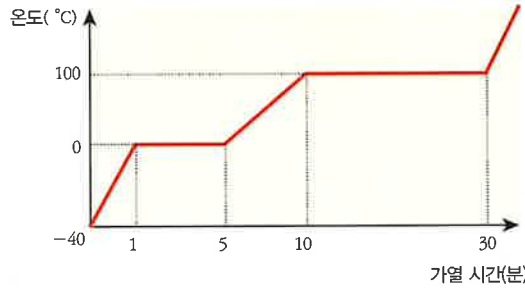
- A. 액체나 기체 같은 분자들이 제멋대로 다른 장소로 이동하면서 열을 전달한다.
- B. 물체의 한 부분에서 다른 부분으로 물체를 따라 열이 이동 한다.
- C. 물질을 거치지 않고 에너지가 전자기파의 형태로 직접 이동한다.



- |   |    |    |    |
|---|----|----|----|
|   | A  | B  | C  |
| ① | 대류 | 전도 | 복사 |
| ② | 대류 | 복사 | 전도 |
| ③ | 전도 | 대류 | 복사 |
| ④ | 전도 | 복사 | 대류 |
| ⑤ | 복사 | 대류 | 전도 |

[유형25-2] 잠열과 기상 현상

그림은 온도가  $-40^{\circ}\text{C}$  인 얼음에 일정한 열을 가하는 동안 온도를 가열 시간에 대해 나타낸 것이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 1 분당  $20\text{ kcal}$  의 열량을 일정하게 공급하며, 모든 열 손실은 무시한다.)



(1) 얼음과 물의 비열 비  $c_{\text{얼음}} : c_{\text{물}}$  는?

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

(2) 얼음의 용해열과 물의 기화열의 비  $H_{\text{용해열}} : H_{\text{기화열}}$  는?

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

**03** 다음은 한 지역에서 물의 순환으로 일어나는 에너지 순환 과정을 설명한 것이다. ㉠, ㉡에 들어갈 말을 바르게 짝지은 것은?

태양 복사 에너지는 바닷물이 수증기로 증발할 때 (㉠)으로 흡수되고, 수증기는 상승하여 (㉡)을 방출하여 구름을 생성한다. 구름의 퍼텐셜 에너지는 비가 되어 내리면서 운동 에너지로 전환된다. 태양 복사 에너지는 물의 순환 과정에서 여러 가지 에너지로 전환되는 것이다.



- |   |     |     |
|---|-----|-----|
|   | ㉠   | ㉡   |
| ① | 기화열 | 응고열 |
| ② | 기화열 | 액화열 |
| ③ | 액화열 | 응고열 |
| ④ | 액화열 | 기화열 |
| ⑤ | 응고열 | 액화열 |

**04** 표는 물의 비열, 얼음의 용해열, 물의 기화열을 나타낸 것이다.

물의 비열 ( $\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ )	얼음의 용해열 ( $\text{J/kg}$ )	물의 기화열 ( $\text{J/kg}$ )
$4.2 \times 10^3$	$3.35 \times 10^5$	$2.26 \times 10^6$

표에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ.  $0^{\circ}\text{C}$  얼음  $1\text{ kg}$  을 모두  $0^{\circ}\text{C}$  물로 만드는 데 필요한 열에너지의 양은  $4.2 \times 10^3\text{ J}$  이다.
- ㄴ.  $100^{\circ}\text{C}$  물  $1\text{ kg}$  을 모두  $100^{\circ}\text{C}$  수증기로 만드는 데 필요한 열에너지의 양은  $2.26 \times 10^6\text{ J}$  이다.
- ㄷ.  $0^{\circ}\text{C}$  얼음  $1\text{ kg}$  을 모두  $100^{\circ}\text{C}$  수증기로 만드는 데 필요한 열에너지의 양은  $30.15 \times 10^5\text{ J}$  이다.

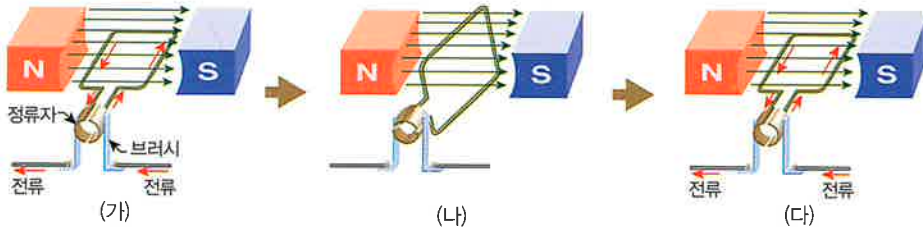
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



# 유형 익히기 & 하브루타

## [유형25-3] 전기 에너지의 이용 I

그림은 직류 전동기의 작동 원리를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

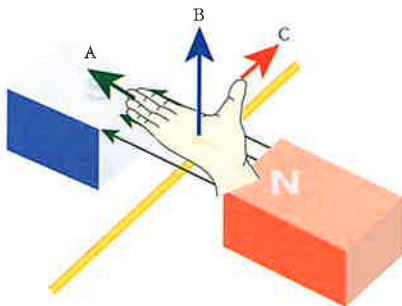


<보기>

- ㄱ. (가)에서 자석 사이에 있는 코일은 정류자 쪽에서 볼 때 반시계 방향으로 회전한다.
- ㄴ. (나)에서 정류자에 의해 코일에 흐르는 전류의 방향은 바뀌게 된다.
- ㄷ. (다)에서 자석 사이에 있는 코일은 반시계 방향으로 회전한다.

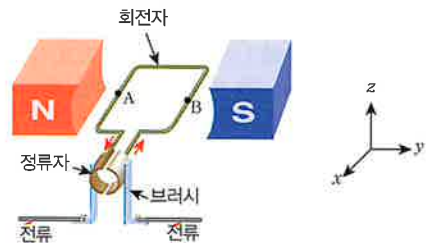
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 그림은 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 방향을 찾는 방법을 나타낸 것이다. A, B, C 가 가르키는 방향을 바르게 짝지은 것은?



- |   | A       | B       | C       |
|---|---------|---------|---------|
| ① | 힘의 방향   | 전류의 방향  | 자기장의 방향 |
| ② | 힘의 방향   | 자기장의 방향 | 전류의 방향  |
| ③ | 전류의 방향  | 힘의 방향   | 자기장의 방향 |
| ④ | 자기장의 방향 | 전류의 방향  | 힘의 방향   |
| ⑤ | 자기장의 방향 | 힘의 방향   | 전류의 방향  |

**06** 그림은 직류 전동기의 회전자에 전류가 흘러 회전하고 있는 한 순간을 나타낸 것이다. A, B는 회전자에서의 두 지점을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 회전자는 정류자 쪽에서 볼 때 시계 방향으로 회전한다.
- ㄴ. A 지점이 받는 자기력의 방향은  $-z$  방향이다.
- ㄷ. 자석의 극을 바꾸어 놓으면 B 지점이 받는 자기력의 방향은  $-z$  방향이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[유형25-4] 전기 에너지의 이용 II

다음은 백열전구와 백열전구에 표시되어 있는 전기용품 안전 관리법에 의한 표시의 일부분이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 제품명 : 백열전구
- 모델명 : #####
- 안전 인증 번호 : #####
- 정격 전압 : AC 220 V / 60 Hz
- 소비 전력 : 110 W
- 제조 년월 : #####
- 제조국 : #####

< 보기 >

- ㄱ. 이 전구를 220 V의 전원에 연결하면 전구에 흐르는 전류의 세기는 0.5 A이다.
- ㄴ. 이 전구를 220 V에서 1시간 동안 사용할 때의 소비 전력량은 110 Wh이다.
- ㄷ. 이 전구를 110 V의 전원에 연결하면 소비 전력은 220 W가 되어 전구의 필라멘트가 끊어진다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 형광등 내부 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 형광등 양쪽에 있는 전극의 필라멘트 사이에 높은 전압이 걸리면 필라멘트가 가열되면서 전자가 방출된다.
- ㄴ. 형광 물질은 자외선을 눈에 보이는 가시광선으로 바꾸어 준다.
- ㄷ. 수은 원자가 들뜬다가 안정한 상태로 될 때 나오는 빛을 이용하여 조명에 사용한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 LED 전구에 표시된 정격 전압과 소비 전력을 나타낸 것이다.



- 정격 전압 : AC 220 V
- 소비 전력 : 110 W

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

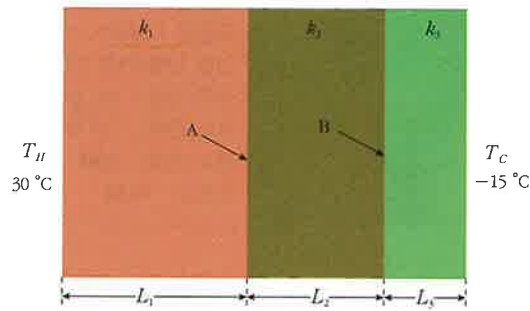
- ㄱ. 이 LED 전구를 110 V의 전원에 연결하면 소비하는 전력은 55 W이다.
- ㄴ. 이 LED 전구를 220 V의 전원에 연결하면 1초 동안 소비하는 전기 에너지는 220 J이다.
- ㄷ. 이 LED 전구를 220 V의 전원에 연결하여 1시간 동안 사용할 때의 소비 전력량은 110 Wh이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ  
④ ㄱ, ㄴ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



# 창의력 & 토론마당

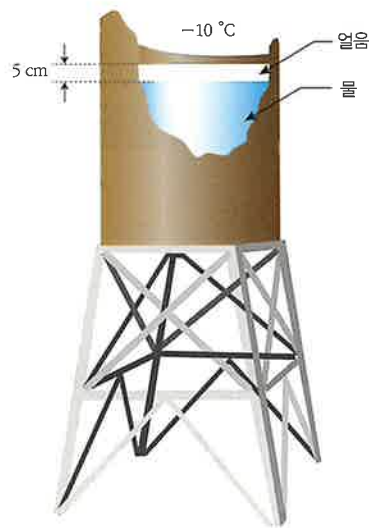
**01** 그림은 세 겹으로 이루어진 벽의 단면을 나타낸 것이다. 각 칸의 두께는  $L_1, L_2 (= 0.8L_1), L_3 (= 0.5L_1)$ 이고, 열전도도는  $k_1, k_2 (= 0.8k_1), k_3 (= 0.5k_1)$ 이다. 정상 상태에서  $T_H = 30^\circ\text{C}, T_C = -15^\circ\text{C}$  일 때, 다음 물음에 답하시오.



(1) 가운데 칸의 경계면 A와 B의 온도 차  $\Delta T$ 의 값은 얼마인가?

(2)  $k_2$ 의 값이  $1.2k_1$ 일 때 위의 경우에 비해 벽의 에너지 전달률은 늘어나는가? 줄어드는가? 아니면 같은가?

**02** 그림은 추운 날씨에 옥외의 물탱크 속 물의 표면에 두께 5 cm의 얼음이 만들어져 있는 모습을 나타낸 것이다. 얼음 위의 대기의 온도가  $-10^{\circ}\text{C}$  일 때 얼음판에서 얼음이 만들어지는 비율을  $\text{cm/h}$ (=단위 시간당 두께 변화량)단위로 구하시오. (단, 얼음의 열전도도  $k = 0.004 \text{ cal/s} \cdot \text{cm} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ,  $1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$ , 융해열  $H = 333 \times 10^3 \text{ J/kg}$ , 얼음의 밀도  $\rho = 0.92 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 이고, 복사 효과는 무시한다.)

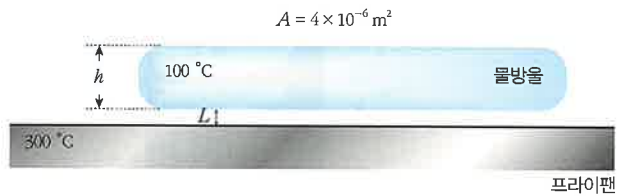




# 창의력 & 토론마당

## 03

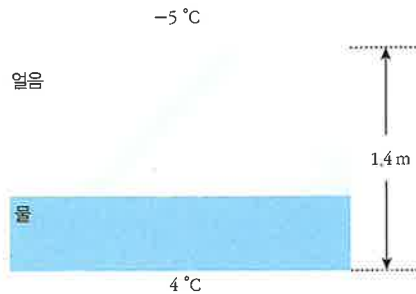
그림은 온도가  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  인 프라이팬 위에 물방울이 올려져 있는 모습을 나타낸 것이다. 물방울과 프라이팬의 금속 표면 사이에는 얇은 공기층이 형성되어 있어서 물방울이 프라이팬 위에서 평평한 형태를 유지할 수 있다. 다음 물음에 답하시오. (단, 물방울의 높이  $h = 1.5\text{ mm}$ , 면적  $A = 4 \times 10^{-6}\text{ m}^2$ , 물방울과 프라이팬 사이 거리(공기층 두께)  $L = 0.1\text{ mm}$ , 물방울의 온도  $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 물의 밀도  $\rho = 1 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ , 공기 층의 열전도도  $k = 0.026\text{ W/m}\cdot\text{K}$ , 증발열  $H = 2.256 \times 10^6\text{ J/kg}$  이고, 전도 외의 열의 전달 수단은 모두 무시한다.)



(1) 프라이팬으로부터 물방울의 바닥면으로 단위 시간동안 전달되는 에너지는 얼마인가?

(2) 물방울은 프라이팬 위에서 몇 초 동안에 모두 증발되는가? (단, 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.)

- 04** 그림은 얇은 연못에 얼음이 얼어 있는 모습을 나타낸 것이다. 얼음 바로 위의 공기 온도는  $-5^{\circ}\text{C}$  이고, 연못 바닥의 온도는  $4^{\circ}\text{C}$  이다. 얼음과 물을 합친 깊이가  $1.4\text{ m}$  라면, 얼음의 두께는 얼마인가? (단, 얼음의 열전도도  $k_{\text{얼음}} = 0.4\text{ cal/m}\cdot\text{s}\cdot^{\circ}\text{C}$ , 물의 열전도도  $k_{\text{물}} = 0.12\text{ cal/m}\cdot\text{s}\cdot^{\circ}\text{C}$  이고, 연못은 정상 상태이다.)



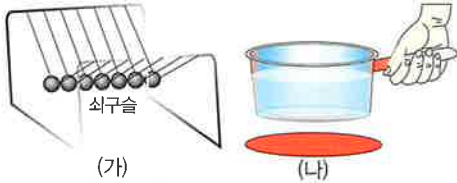
- 05** 원통형 음료수통 안에 물이 담겨 있다. 음료수통은 가죽으로 되어 있어 윗면과 옆면에서 물의 증발로 에너지를 잃고, 주변으로부터의 복사로 에너지를 얻어서 내부의 물은 항상 같은 온도를 유지한다. 물과 음료수통의 온도  $T_1 = 17^{\circ}\text{C}$ , 주변의 온도  $T_2 = 32^{\circ}\text{C}$  이고, 처음에 원통형 음료수통의 반지름  $r = 2\text{ cm}$ , 높이  $h = 10\text{ cm}$  이다. 음료수통 속 물의 질량 손실률( $dm/dt$ )은 얼마인가? (단, 증발열  $H = 2.256 \times 10^6\text{ J/kg}$ , 복사에 의한 에너지 전달률  $P = \sigma AT^4$  ( $A$  : 단면적,  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ),  $\pi = 3$  이고, 이외의 다른 에너지 교환은 무시한다.)



# 스스로 실력 높이기

A

**01** 그림 (가)는 충돌구 실험 장치로 한쪽 끝의 쇠구슬 하나를 들어 올렸다 놓으면 다른 쪽 구슬이 튕겨지게 된다. 그림 (나)는 물을 끓이고 있는 냄비를 손으로 들고 있는 모습을 나타낸 것이다.



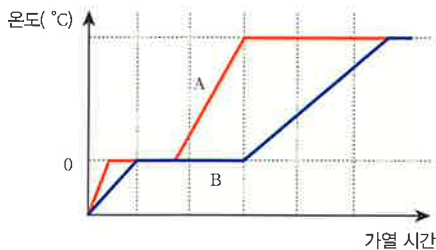
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. (가)에서 쇠구슬 간의 충돌로 운동 에너지가 전달된다.
- ㄴ. (나)에서 냄비가 가열되면 전도에 의해 물이 끓는다.
- ㄷ. (나)에서 물이 끓으면 물 위의 공기가 뜨거워져서 공기 분자가 직접 이동하는 대류가 일어난다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 그림은 질량이 각각  $m, 2m$  인 얼음 A, B 를 각각 밀폐된 용기에 담아 같은 전열 장치로 가열하였을 때의 온도를 시간에 대해 나타낸 것이다.



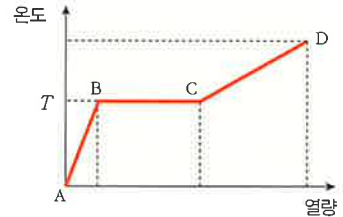
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 얼음일 때, 열용량은 A 가 B 보다 크다.
- ㄴ. 물이 된 후, 온도 변화는 A 가 B 보다 빠르다.
- ㄷ. 용해되는 동안 흡수한 열량은 A 와 B 가 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 그림은 일정한 질량의 고체 물질을 일정한 열로 가열했을 때 열량에 대한 온도 변화를 나타낸 것이다.



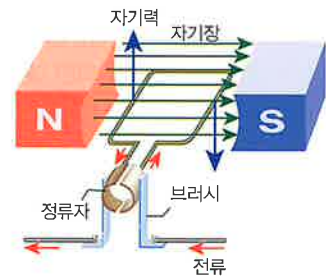
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 이 물질은 AB 구간에서는 고체 상태이다.
- ㄴ. 이 물질은 BC 구간에서는 액체 상태이다.
- ㄷ. 비열은 액체의 경우보다 고체일 때 더 작다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 그림은 전동기가 회전하는 원리를 나타낸 것이다.



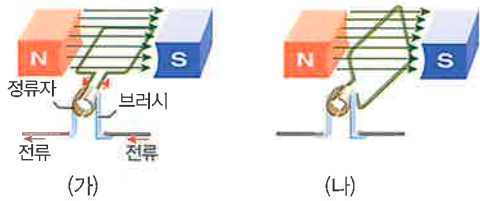
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. 교류를 사용한 전동기이다.
- ㄴ. 자석과 코일 사이에 작용하는 자기력에 의한 돌림힘 때문에 코일이 회전한다.
- ㄷ. 코일이 90°회전할 때마다 정류자에 의해 코일에 흐르는 전류의 방향이 바뀐다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 그림은 직류 전동기의 작동 원리를 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 직류 전동기는 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환한다.
  - ㄴ. (가)에서 자석 사이에 있는 코일은 정류자 쪽에서 볼 때 반시계 방향으로 회전한다.
  - ㄷ. (나)에서 정류자에 의해 코일에 흐르는 자기장의 방향이 바뀐다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 그림은 가정에서 흔히 사용되는 형광등을 나타낸 것이다. 형광등이 밝게 켜지는 이유는 형광등 내부의 어떤 물질 때문인가?



- ① 아르곤 가스          ② 수은 가스            ③ 전자
- ④ 필라멘트            ⑤ 형광 물질

**07** 그림 (가) ~ (다)는 전기 에너지를 다른 형태의 에너지로 전환하여 사용하는 전기 제품들이다.



(가) 전기 난로      (나) 전기 냉장고      (다) 전기 주전자

(가) ~ (다)에서 전류의 열작용에 의한 에너지의 전환을 이용한 예인 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ① (가)                    ② (나)                    ③ (가), (나)
- ④ (가), (다)            ⑤ (가), (나), (다)

**08** 그림은 심야의 남은 전기 에너지를 이용하여 온수를 만들어 쓰는 장치이다. 야간에는 전열기로 축열 물질을 가열하여 열에너지를 저장하고, 주간에는 저장된 열에너지로 물을 데워 사용한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 축열 탱크는 열전도율이 좋은 금속관을 사용한다.
  - ㄴ. 축열 물질은 열을 오랫동안 저장하기 위해 비열이 큰 물질을 사용한다.
  - ㄷ. 주간에는 축열 물질에서 찬물로 열에너지가 이동한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



# 스스로 실력 높이기

**09** 표는 어느 가정집에서 사용하는 전기 기구의 소비 전력과 1일 사용 시간을 조사한 것이다. 정격 전압이 모두 같을 때 전류가 가장 많이 흐르는 전기 기구와 이 집에서 30일 동안 사용하는 전력량을 바르게 짝지은 것은?

전기 기구	소비 전력(w)	1일 사용 시간(h)
A	50	8
B	100	4
C	200	2
D	800	0.5

- |   | 전기 기구 | 전력량    |
|---|-------|--------|
| ① | A     | 28 kWh |
| ② | A     | 38 kWh |
| ③ | A     | 48 kWh |
| ④ | D     | 38 kWh |
| ⑤ | D     | 48 kWh |

**10** 표는 여러 가지 조명 기구를 220 V 의 전원에 연결 하였을 때의 정격 소비 전력과 밝기에 대한 자료이다.

전등	정격 소비 전력(w)	밝기(루멘)
형광등	40	3,200
백열등	100	2,300
수은등	100	5,600

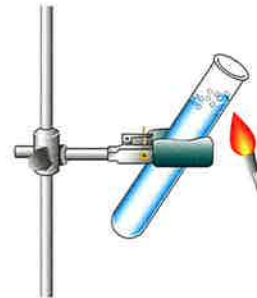
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 루멘은 밝기의 단위로 그 값이 클수록 더 밝다.)

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 동일한 시간 동안 켜 두면, 수은등이 소모한 전력량은 백열등과 같다.
  - ㄴ. 백열등을 1시간 동안 켜 두면 사용된 전력량은 0.1 kWh이다.
  - ㄷ. 같은 밝기를 얻는 데 백열등이 수은등보다 더 많은 전력을 소비한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## B

**11** 그림은 시험관에 물을 넣고 시험관 위쪽을 가열하면 위에 있는 물은 끓지만, 시험관 아래에 있는 물은 끓지 않는 모습을 나타낸 것이다.

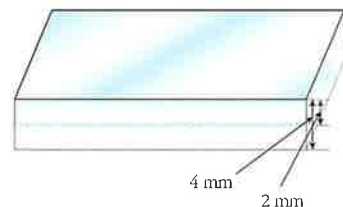


위 현상과 동일한 원리로 나타나거나 위 원리를 이용하는 경우를 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 물은 표면에서부터 언다.
  - ㄴ. 에어컨 찬바람이 위쪽에서 나오도록 한다.
  - ㄷ. 산 위에서 밥을 할 때는 설이기 쉽다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**12** 유리창의 두께를 2 mm 에서 4 mm 로 바꾸었다. 열 전도로 유출되는 열량은 몇 배가 되는가?

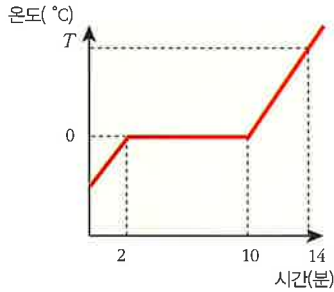


- ① 0.5                      ② 1.0                      ③ 1.5  
④ 2.0                      ⑤ 2.5

**13** 60 ℃ 의 물 9 kg 에 -10 ℃ 의 얼음 1 kg 을 넣어 녹이면 물의 온도는 몇 ℃ 가 되는가? (단, 얼음의 비열  $c_{\text{얼음}} = 0.5 \text{ kcal/kg} \cdot \text{℃}$ , 물의 비열  $c_{\text{물}} = 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{℃}$ , 얼음의 융해열  $H = 80 \text{ kcal/kg}$  이고, 용기의 열량은 무시한다.)

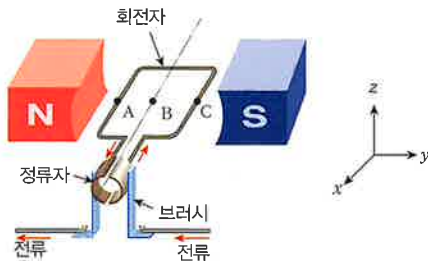
(                      )℃

**14** 그림은 얼음에 일정한 열을 가하여 시간에 따른 온도 변화를 나타낸 것이다. 열을 가하기 시작하여 14분이 되었을 때 물의 온도는 얼마인가? (단, 물의 비열  $c_{\text{물}} = 1 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ , 얼음의 융해열  $H = 80 \text{ kcal/kg}$  이다.)



( )  $^\circ\text{C}$

**15** 그림은 직류 전동기의 회전자에 전류가 흘러 회전하는 순간을 나타낸 것이다. 점 A, B, C는 같은 평면 상에 있다.



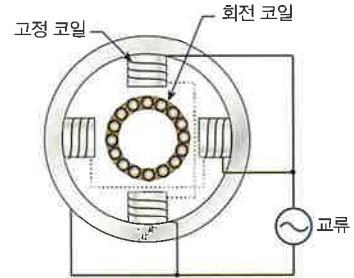
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. B 점의 전류에 의한 자기장 방향은 z 방향이다.
- ㄴ. A 점과 C 점의 자기력의 방향은 서로 같다.
- ㄷ. 정류자는 회전자가 한쪽 방향으로만 회전하도록 한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**16** 그림은 교류 전동기를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 정류자가 없다.
- ㄴ. 직류 전동기에 비해 수명이 길다.
- ㄷ. 회전 코일에 흐르는 교류 전류에 의해 고정 코일에 유도 전류가 흐른다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**17** 110 V의 전원에 사용하던 전기 기구를 220 V의 전원에 사용하려고 한다.



· 정격 전압 : AC 110 V  
 · 소비 전력 : 4400 W

이 전기 기구를 220 V의 전원에 계속 사용하기 위한 방법으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 전기 기구의 정격 소비 전력은 4400 W 이다.)

< 보기 >

- ㄱ. 110 V - 40 A 출력의 가정용 변압기를 사용한다.
- ㄴ. 전기 기구 내부에 있는 것과 같은 저항을 하나 더 병렬로 연결한다.
- ㄷ. 전기 기구 내부에 있는 것과 같은 저항을 하나 더 직렬로 연결한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



# 스스로 실력 높이기

**18** 표는 여러 전기 기구의 정격 전압과 소비 전력을 나타낸 것이다.

전기 기구	정격 전압	소비 전력
청소기	AC 220V, 60 Hz	1500 W
텔레비전	220 V, 60 Hz	200 W
전자레인지	AC 220V, 60 Hz	1000 W

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

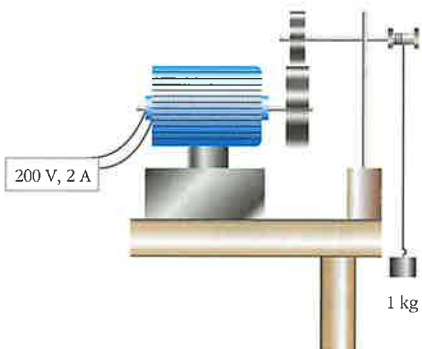
< 보기 >

- ㄱ. 청소기 전원으로는 교류 60 Hz 를 사용해야 한다.
- ㄴ. 텔레비전을 110 V 의 전원에 연결하면 제 기능을 하지 못한다.
- ㄷ. 전자레인지를 220 V 의 전원에 연결하여 1시간 동안 사용했을 때 사용 전력량은 1 kWh 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

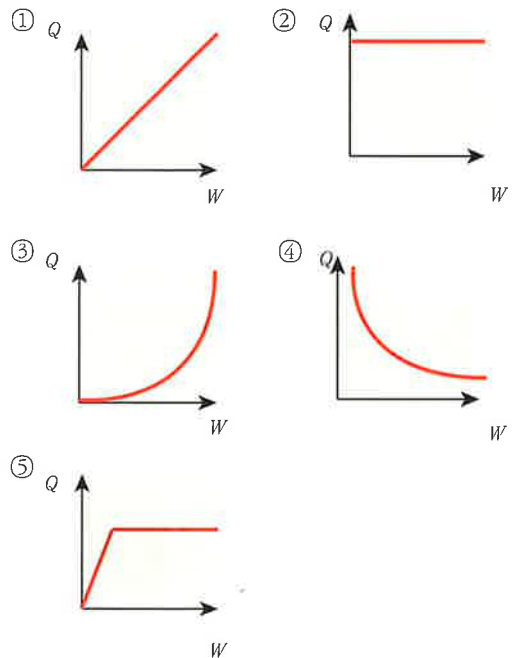
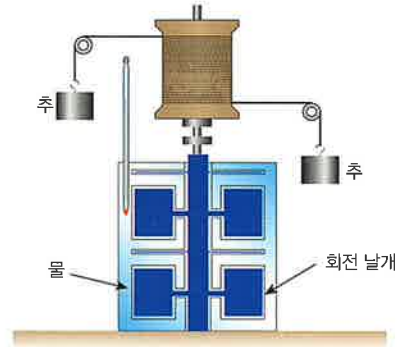
C

**19** 그림과 같은 전동기에 200 V, 2 A 의 전원을 연결하여 1 kg 의 물체를 등속으로 높이 4 m 끌어 올리는데 2 초 걸렸다. 이때, 전동기의 효율은 얼마인가? (단, 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$  이다.)

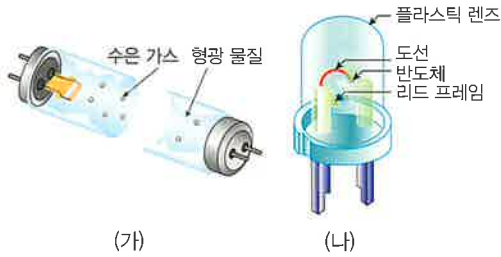


(                      ) %

**20** 그림은 줄의 실험 장치를 나타낸 것이다. 추가 낙하하면서 회전 날개를 돌리는 일( $W$ )과 이때 발생하는 열량( $Q$ ) 사이의 관계를 나타낸 그래프로 적절한 것은?



**21** 그림 (가)는 형광등의 구조를 나타낸 것이고, 그림 (나)는 발광 다이오드(LED)의 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

— < 보기 —

- ㄱ. 수명은 (가)가 (나)보다 길다.
- ㄴ. 소비 전력은 (가)가 (나)보다 작다.
- ㄷ. (나)는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 제작한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**22** 그림은 직류 전원 장치를 나타낸 것이고, 표는 직류 전원 장치에 표기된 라벨 내용을 나타낸 것이다.



제품	직류 전원 장치
입력	220 V, 60 Hz
출력	12 V, 2 A

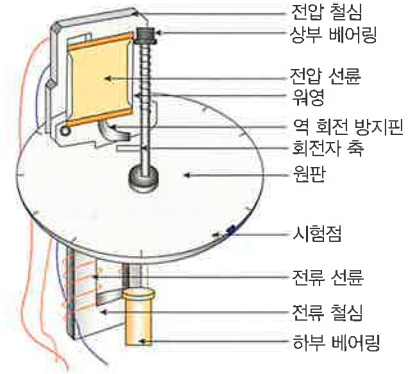
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

— < 보기 —

- ㄱ. 위의 그림은 교류를 직류로 바꾸는 장치이다.
- ㄴ. 출력되는 전력은 440 W이다.
- ㄷ. 전기 에너지를 빛 에너지로 전환한다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**23** 그림 (가)는 전력량계의 구조를 나타낸 것이고, 그림 (나)는 어떤 전기 기구 사용에 따른 전력량계의 수치 변화를 나타낸 것이다.



(가)



6월 7일 오후 1시



6월 7일 오후 4시

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

— < 보기 —

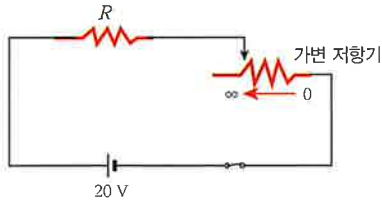
- ㄱ. 그림 (가)는 자기장 속에서 전류가 받는 힘을 이용한 장치이다.
- ㄴ. 그림 (나)에서 전기 기구의 소비 전력은 15 kWh이다.
- ㄷ. 그림 (나)에서 사용한 전기 에너지는  $5.4 \times 10^7$  J이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



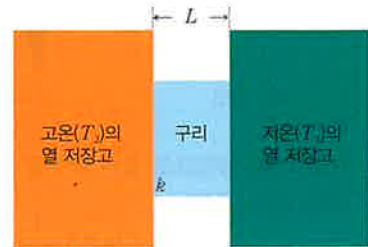
# 스스로 실력 높이기

**24** 그림과 같은 회로에 20 V의 전원과 저항이  $R = 10 \Omega$ 인 니크롬선과 가변 저항기를 연결하고 가변 저항기의 저항을  $0 \sim \infty$ 까지 변화시켰다. 이때 가변 저항기의 최대 소비 전력은 얼마인가?



( ) W

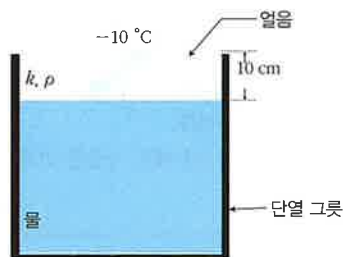
**26** 그림은 고온( $T_2 = 110^\circ\text{C}$ )의 열 저장고와 저온( $T_1 = 10^\circ\text{C}$ )의 열 저장고 사이에 원기둥이 들어 있는 모습을 나타낸 것이다. 원기둥의 길이  $L = 25\text{ cm}$ , 단면적  $A = 90\text{ cm}^2$ 이고, 원기둥은 구리로 만들어져 있다. 원기둥을 통한 단위 시간당 전달되는 에너지는 얼마인가? (단, 원기둥의 열전도도  $k = 400\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 이다.)



- ①  $1.44 \times 10^3\text{ J/s}$
- ②  $2.44 \times 10^3\text{ J/s}$
- ③  $3.44 \times 10^3\text{ J/s}$
- ④  $4.44 \times 10^3\text{ J/s}$
- ⑤  $5.44 \times 10^3\text{ J/s}$

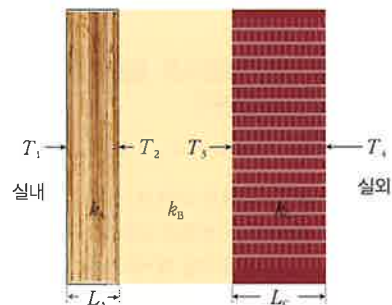
## 심화

**25** 물을 담은 그릇을 추운 겨울날 밖에 놓았더니 두께가 10 cm인 얼음이 생겼다. 얼음 위의 공기 온도는  $-10^\circ\text{C}$ 일 때, 얼음의 밑면에서 시간당 어는 얼음의 두께는 얼마인가? (단, 얼음의 열전도율  $k = 1.68\text{ J/m}\cdot\text{s}\cdot\text{K}$ , 얼음의 밀도  $\rho = 920\text{ kg/m}^3$ , 얼음의 융해열  $H = 3.36 \times 10^5\text{ J/kg}$ 이고, 그릇은 단열 물질로 되어 있다.)



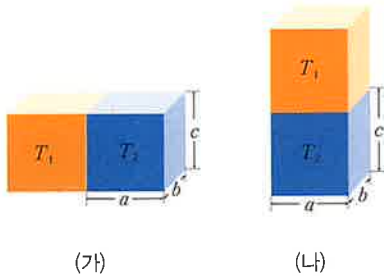
- ①  $1.96 \times 10^{-3}\text{ m/h}$
- ②  $2.96 \times 10^{-3}\text{ m/h}$
- ③  $3.96 \times 10^{-3}\text{ m/h}$
- ④  $4.96 \times 10^{-3}\text{ m/h}$
- ⑤  $5.96 \times 10^{-3}\text{ m/h}$

**27** 그림과 같이 벽은 맨 안쪽이 두께  $L_A$ 인 전나무 판이고 바깥쪽은 두께  $L_C (= 2L_A)$ 인 벽돌로 이루어져 있다. 두 벽 사이에는 판이 들어가 있다. 전나무와 벽돌의 열전도도는 각각  $k_A, k_C (= 5k_A)$ 이고, 벽의 면적( $A$ )은 알지 못한다. 벽을 통한 열전도도가 정상상태에 도달했을 때  $T_1 = 30^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 20^\circ\text{C}$ ,  $T_4 = -10^\circ\text{C}$ 이다.  $T_3$ 는 얼마인가?



( )  $^\circ\text{C}$

**28** 가로( $a$ ), 세로( $b$ ), 높이( $c$ )가 각각 20 cm, 10 cm, 15 cm 인 육면체 모양의 같은 재질의 두 금속을  $bc$  면적을 용접한 모습이 그림 (가)이고,  $ab$  면적을 용접한 모습이 그림(나)이다. 이때 두 경우에  $T_1 = 0^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 100^\circ\text{C}$  이다. 그림 (가)에서 2 분 동안  $T_2$  에서  $T_1$  으로 10 J 의 에너지가 전달되었다면 그림 (나)에서 10 J 의 에너지를 전달하는 데 걸리는 시간은 얼마인가?

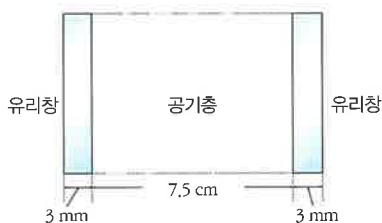


(가)

(나)

( )분

**29** 실외와 실내의 온도가 각각  $-20^\circ\text{F}$ ,  $72^\circ\text{F}$  이고, 두께가 각각 3 mm 인 두 유리창 사이에는 7.5 cm 의 공기층이 있다. 유리창을 통한 에너지 손실률은 얼마인가? (단, 유리창의 열전도도  $k_A = 1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , 공기의 열전도도  $k_B = 0.026 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  이고, 에너지 손실은 오직 열전도만을 통해서 일어난다.)



( ) $\text{W/m}^2$

**30** 태양에서 일정 거리 떨어진 곳에서 우주복 없이 우주 유영을 잠깐 동안 한다면 몸에서 에너지를 내보내기만 하고 주위로부터 열을 흡수하지 못하므로 추위를 느끼게 될 것이다. 이때 2 초 동안 얼마만큼의 에너지를 잃는가? (단, 사람의 평균 표면적  $A = 2 \text{ m}^2$ , 우주에서 사람의 온도  $T = 300 \text{ K}$ , 비례 상수  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ 이다.)

( )J

**31**  $100^\circ\text{C}$  의 수증기와  $0^\circ\text{C}$  얼음 150 g 을 단열 용기에 섞어서  $50^\circ\text{C}$  의 물을 만들 때 필요한 수증기의 질량은 얼마인가? (단, 액화열  $H_{\text{액화열}} = 540 \text{ cal/g}$ , 융해열  $H_{\text{융해열}} = 80 \text{ cal/g}$ , 물의 비열  $c_{\text{물}} = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$  이다.)

( )g

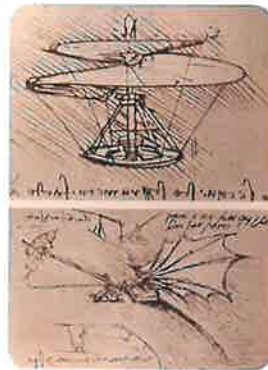
**32**  $78^\circ\text{C}$  의 기체 상태였던 에탄올 0.5 kg 이  $-114^\circ\text{C}$  의 고체로 될 때 방출되는 에너지는 얼마인가? (단, 에탄올의 끓는점은  $78^\circ\text{C}$ , 어는점은  $-114^\circ\text{C}$  이고, 증발열  $H_{\text{증발열}} = 880 \text{ kJ/kg}$ , 융해열  $H_{\text{융해열}} = 110 \text{ kJ/kg}$ , 에탄올의 비열  $c = 2.5 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  이다.)

( )kJ

# 자연에서 배운다! - 생체 모방 건축

## 자연을 모방하며 발전해온 과학 기술

오랫동안 새가 나는 모습을 연구하여 '오니뿍터'라는 최초의 하늘을 나는 기계를 만든 레오나르도 다빈치, 도깨비 풀을 이용하여 흔히 짝짝이라고 부르는 벨크로를 발명한 조르주 드 메스트랄. 이처럼 인류는 자연을 모방해 일상생활에 필요한 도구들을 만들어 왔다. 우리가 알고 싶은 거의 모든 것은 자연으로부터 배워왔으며, 현대에는 나노 기술 등의 과학 기술의 발달에 힘입어 자연을 모방하려는 생체 모방 분야는 갈수록 주목받고 있다.



(좌) 레오나르도 다빈치의 '오니뿍터' 스케치 (우) 벨크로  
| 인류는 자연을 관찰하면서 과학 기술을 발달시켜왔다.

생체 모방(biomimetics)이란 생명을 뜻하는 bios와 모방을 의미하는 mimesis라는 두 단어를 합성한 것으로, 오랫동안 자연에 적응해 오며 살아온 생물체의 우수한 특성들을 재료, 기계 설계, 의학 분야 등에 활용하는 것이다. 풍뎅이를 보고 만든 무인 비행기, 딱정벌레의 물주머니를 응용한 인공 오아시스, 연잎을 응용한 젖지 않는 메모리 소자, 거미줄을 응용한 방탄조끼 등 매우 다양한 분야에 생체 모방이 적용되고 있다.

## 인간의 몸을 닮은 파리 에펠탑



(좌) 에펠탑 (우) 대퇴골 | 에펠탑의 모델이 된 인간의 대퇴골

에펠탑은 인간의 뼈 중 가장 단단한 구조인 대퇴골을 모방하여 철골을 연결하였다. 대퇴골은 중심이 비어 있고, 관절 주변이 촘촘히 이어져 있어 위아래에서 받는 힘을 적절하게 분산시켜 몸의 균형과 안정을 유지할 수 있게 해준다. 에펠탑은 트러스라 불리는 X자 형태의 구조물을 바탕으로 하고 있다. 에펠탑의 트러스는 더 작은 트러스들로 이루어져 있고, 그 작은 트러스는 다시 더 작은 트러스로 구성되어 있어서 철로만 만들었을 때보다 빈 공간이 더 많은 구조로 되어 있어 힘을 분산시켜 주고 있는 것이다.



(좌) 이스트 게이트 쇼핑센터 (우) 흰개미가 만든 개미탑  
| 세계 최초의 자연 냉방 건물의 모델이 된 개미탑

**아프리카 흰개미가 만든 '개미탑'이 모델이 된 자연 냉방 건물 - 『이스트 게이트 쇼핑센터』**

아프리카 짐바브웨에 있는 『이스트 게이트 쇼핑센터』는 세계 최초의 자연 냉방 건물이다. 일교차가 30℃가 넘는 아프리카의 한여름에도 에어컨 없이 실내 온도를 24℃ 안팎으로 유지할 수 있었던 것은 아프리카 흰개미가 만든 '개미탑'의 원리를 이용한 것이다.

아프리카에서 흰개미들은 타액과 배설물을 섞어서 사람 키의 몇 배가 넘는 높

이의 개미탑을 만든다. 이때 탑을 높게 지어 가능한 한 더운 공기는 위로 올라가게 하고, 시원한 공기는 아래에 머물도록 하였으며, 탑의 꼭대기에는 구멍을 내어 더운 공기를 밖으로 내보낼 수 있게 하였다. 이를 이용하여 건물을 지으면 에너지의 30%를 절약할 수 있다.

**자연이 주는 다양한 아이디어**

이외에도 효율적이고 튼튼한 구조인 육각형 벌집 구조를 이용하여 공간 활용의 팁을 얻었으며, 이러한 공간 활용 기술은 건축뿐만 아니라 휴대전화 기지국을 짓거나 충격 완화 장치에도 이용되고 있다.

이처럼 많은 건축가가 '자연을 흉내를 내는 것이야말로 인간이 지내기에 최적의 공간'이라는 생각으로 친환경, 생체 모방 건축을 시도하고 있다.



육각형 벌집 구조 | 공간을 효율적으로 빈틈없이 채울 수 있는 육각형

**Q1** 학습한 내용을 토대로 에펠탑의 구조적 안정성에 대하여 설명하시오.

**Q2** 이스트 게이트 쇼핑센터가 한여름에도 에어컨 없이 실내 온도는 낮게 유지할 수 있는 원리에 대하여 서술하시오.

# Project 4 - 탐구

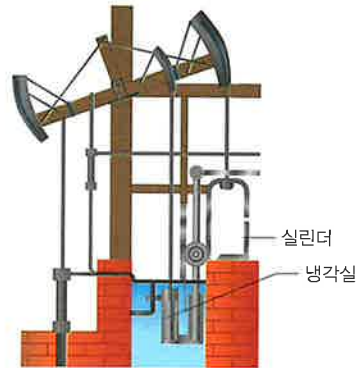
## [ 탐 구 ] 자료 해석

증기 기관은 사람의 힘을 들이지 않고, 물체를 움직이고자 한 인류의 오랜 꿈을 이뤄주었다. 증기 기관의 기본 원리인 증기 압력을 이용하여 물체를 움직일 수 있다는 생각은 기원전 250년 전부터 존재하였지만, 증기 기관을 처음으로 실용화한 사람은 18세기의 뉴커먼이었다. 뉴커먼의 증기 기관을 토대로 산업 혁명의 동력으로 작용한 제임스 와트의 증기 기관이 개발될 수 있었다.

뉴커먼의 증기 기관과 와트의 증기 기관의 원리는 다음과 같다.



▲ 뉴커먼의 증기 기관



▲ 와트의 증기 기관

- ① 보일러에서 물을 가열하여 발생된 증기가 실린더에 직접 유입된다.
- ② 실린더에 증기가 가득 차면, 보일러와 실린더 사이의 증기 밸브가 닫힌다.
- ③ 실린더의 피스톤이 위로 올라간 상태에서 냉각수가 뿌려지면, 공기가 응축되어 물이 되고, 실린더 내부가 부분적으로 진공 상태가 된다.
- ④ 대기압과의 차이로 인해 실린더 위쪽의 피스톤이 아래로 내려간다.
- ⑤ 피스톤이 실린더 바닥까지 내려가면, 다른 마개를 열어 고인 물을 배출하고, 마개를 잠근다.
- ⑥ ①~⑤의 과정이 반복된다.

- ① 보일러에서 물을 가열하여 발생된 증기가 피스톤 헤드 밸브를 통해 실린더에 유입된다.
- ② 실린더에 증기가 가득 차면, 피스톤 헤드 밸브가 닫히면서 동시에 냉각실의 밸브가 열려 실린더 내부에 있던 고온의 증기가 냉각실로 이동한다.
- ③ 냉각수가 분사되면 증기가 순간적으로 응축되어 물이 되고, 실린더 내부가 부분적으로 진공 상태가 된다.
- ④ 대기압과의 차이로 인해 실린더 위쪽의 피스톤이 아래로 내려간다.
- ⑤ 다시 피스톤 헤드의 밸브가 열리고, 냉각실의 밸브는 닫히면서 ①~④의 과정이 반복된다.

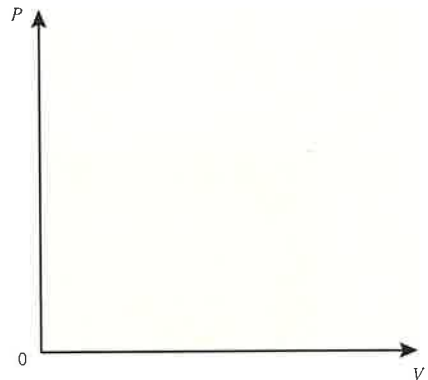
와트는 자신이 고안한 증기 기관이 뉴커먼의 증기 기관보다 열 효율성 측면에서 훨씬 우수하다는 것을 소형 모델을 제작하여 증명하였다. 와트의 증기 기관의 발명으로 인간은 이전보다 훨씬 효율적인 에너지를 가질 수 있게 되었다.

1. 글래스고 대학교에는 뉴커먼 기관을 정확한 비례로 축소시켜 놓은 교육용 뉴커먼 기관의 모형이 있었다. 그 구조는 실물 그대로였지만 실제로 작동하지 않아 제임스 와트가 수리하는 일을 맡게 되었고, 엔진 모형을 수리하던 와트는 뉴커먼의 증기 기관이 엔진의 효율성 측면에서 문제가 있다는 것을 발견하면서 새로운 모형의 증기 기관을 고안해 냈다.

① 교육용 뉴커먼 기관이 작동하지 않았던 이유는 무엇일까?

② 뉴커먼의 증기 기관과 비교할 때, 와트의 증기 기관의 장점은 무엇이 있을까?

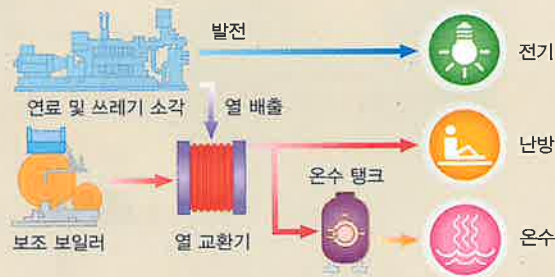
2. 뉴커먼의 증기 기관이 한 번의 과정을 거치는 동안 실린더 내부의 압력( $P$ ) - 부피( $V$ ) 그래프를 완성하시오.



**읽기 자료**

우리나라 주요 발전소는 대부분 화력 발전소와 원자력 발전소이다. 이 두 발전소의 가장 큰 단점은 환경오염 물질이 배출된다는 점, 그리고 전기를 생산할 때 발생하는 열의 손실이 크다는 것이다. 보통 화력 발전소나 원자력 발전소에서 발전을 위해 들어간 에너지 중에서 전기로 바뀌는 비율은 35% 정도밖에 안 된다. 전기를 생산할 때 발생한 나머지 열은 모두 쓰지 못하는 폐열이 되어서 밖으로 버려지는 것이다.

이처럼 전기를 먼저 생산하고 남은 폐열을 지역 냉·난방, 공업용 스팀 등으로 이용하는 것을 열병합 발전이라고 한다. 열병합 발전은 에너지 이용 효율이 80% 이상으로 높아지기 때문에 경제적인 발전 방식이다.



▲ 열병합 발전

이와 같이 쓰레기 소각장에서 쓰레기를 태울 때 나오는 폐열로 온수를 만들어 공급하는 방법 등 자원을 효율적으로 이용하기 위한 하나의 방법으로 폐열 이용 시스템에 대한 연구가 활발해지고 있다.

## 미래형 주택, 제로 에너지 하우스



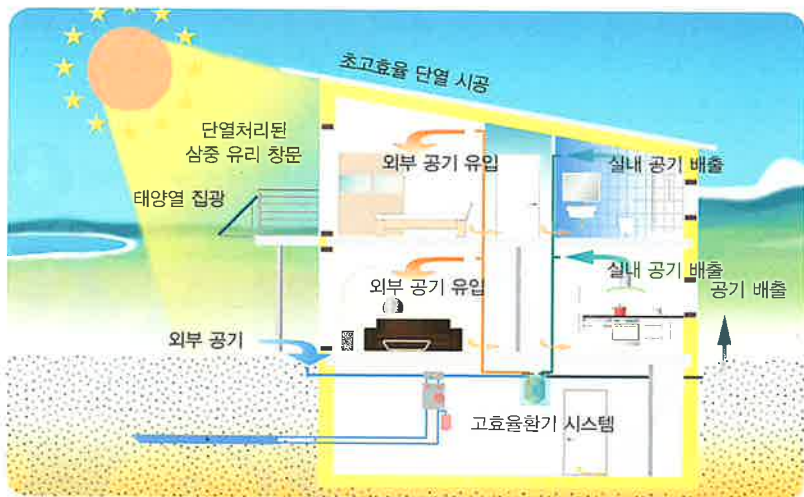
▲ 더워지고 있는 지구

### 한정된 자원인 화석 연료, 그로 인한 지구 온난화

에너지 수입 의존도가 97%에 이르는 우리나라는 석유 소비 세계 7위, 석유 수입 세계 3위, 석탄 및 천연가스 수입 세계 2위, 전력 소비 세계 12위의 세계 10대 에너지 소비국이다. 우리나라뿐만 아니라 현재 세계 에너지 소비의 80% 이상을 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석 연료에 의존하고 있다. 하지만 그 양은 한정되어 있고, 화석 연료의 과도한 사용으로 인한 지구 온난화 현상 때문에 화석 연료를 대체하기 위하여 각 나라에서는 각고의 노력을 기울이고 있다. 그 중 각 나라에서 많은

관심을 보이는 분야가 바로 건물 내부 에너지 분야이다. 전체 에너지 사용의 40%를 차지하는 건축 분야에서의 에너지 소비를 줄이는 것은 매우 중요한 온실가스 감축 요소이다. 우리나라도 난방에 의한 에너지 소비가 전체 에너지 소비의 67.7%에 이르기 때문에 새로운 미래형 주거 형태인 '제로 에너지 하우스'가 각광받고 있는 것이다.

### 미래형 주거 형태, '제로 에너지 하우스'



'제로 에너지 하우스' ▶  
모식도

'제로 에너지 하우스'란 화석 연료에 의존하지 않고 필요한 에너지를 조달하는 집을 말하며, 태양 열 흡수 장치 등과 같은 재생 에너지를 적극적으로 활용하는 주택인 액티브(Active) 하우스와 단열재와 3중 유리창 등을 설치하는 등 집 내부 열의 유출을 억제하여 에너지 사용량을 최소화하는 에너지 절감형 주택인 패시브(Passive) 하우스를 합친 형태이다.

**패시브 하우스에서 가장 중요한 것은 '단열'**

건축물 내에서는 사람의 인체열이나 기계의 발열과 같이 열을 발생시키는 요소가 많으므로 이러한 열들을 이용하여 난방을 할 수 없겠느냐는 아이디어에서 출발한 것이 바로 패시브 하우스이다. 또한, 주택에서 난방으로 인한 에너지 소비가 가장 크기 때문에 패시브 하우스에서 가장 중요한 것이 열을 차단하는 단열이다. 여름에는 뜨거운 열기가 집 내부로 들어오는 것을 막고, 겨울에는 따뜻한 온기가 외부로 나가는 것을 적절하게 막아 주어야 한다. 하지만 보온병과 같이 기밀성(기체를 통하지 않는 성질)을 높이면, 실내 공기가 악화되기 때문에 효율적인 환기 장치도 필수이다.

패시브 하우스 방식의 건축은 가정집뿐만 아니라 주택, 아파트, 상가 등에도 모두 적용이 가능하다. 현재 유럽 전역에 건축된 패시브 하우스는 10만여 채에 이르며, 독일에서는 모든 신축 건물과 리모델링 건축물에도 패시브 하우스 공법의 적용을 의무화하고 있다.



▲ 독일의 패시브 하우스

'제로 에너지 하우스'의 목적은 외적인 아름다움보다는 쾌적하고 효율적으로 사는 것이다. 앞으로 미래를 위한 다양한 제로 에너지 하우스의 발전이 기대된다.

**Q1** 'ㄷ'자나 'ㄴ'자 형태의 패시브 하우스는 보기 어려운 반면에, 대부분의 패시브 하우스는 직사각형의 형태를 띠고 있다. 그 이유에 대하여 자신의 생각을 서술하시오.

**Q2** 창문이 있는 내 방을 설계하고자 한다. 이때 열의 이동을 막기 위해 고려해야 할 요소들은 무엇이 있을까? 열의 전달 방법을 이용하여 설명하시오.