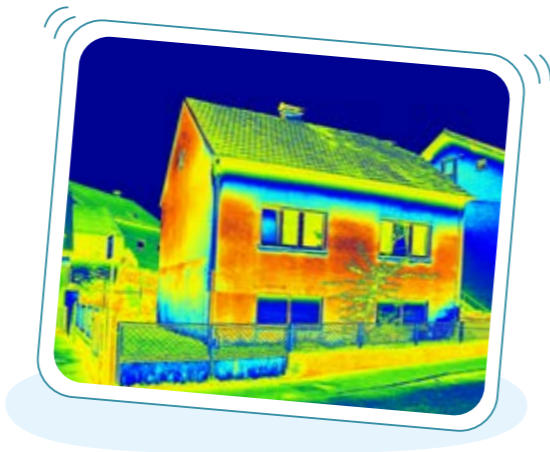


01

단열과 열팽창

학습 목표 열에너지 관련 기술에 단열, 열팽창 등이 활용된 예를 조사해 과학의 유용성에 대한 가치를 인식할 수 있다.

열화상 카메라는 물체에서 방출하는 열에너지를 감지해 온도에 따라 다른 색깔로 나타내는 장치이다. 열화상 카메라로 집을 찍은 사진에서 집의 위치마다 온도가 다르게 나타나는 까닭은 무엇일까?



열전달과 단열

온도가 다른 두 물체 사이에서 열이 고온의 물체에서 저온의 물체로 전달된다. 이때 이동한 열의 양을 **열량**이라고 한다. 열전달 방식에는 **전도, 대류, 복사**가 있다.

전도는 이웃한 입자들 사이에 에너지가 전달되면서 열이 온도가 높은 쪽에서 온도가 낮은 쪽으로 이동하는 방식이다. 그림 II-1과 같이 단면적 A , 길이 d 인 금속 막대 양 끝의 온도가 각각 T_1, T_2 일 때, 시간 t 동안 금속 막대를 통해 이동하는 열량 Q 는 다음과 같다.

$$Q = kA \frac{T_1 - T_2}{d} t$$

위 식에서 k 는 **열전도도**로 물질이 열을 얼마나 잘 전도하는지를 나타내는 물리량이다. 열전도도는 물질에 따라 다르며, 단위로 $W/(m \cdot K)$ 을 사용한다.

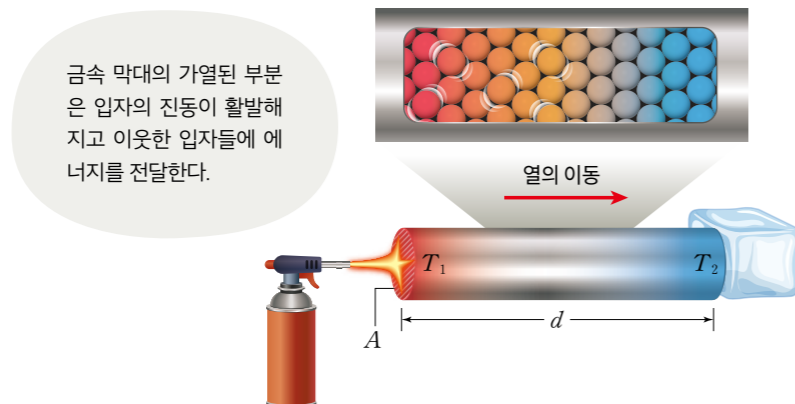


그림 II-1 전도

열량의 단위
열량의 단위로 cal(칼로리)를 주로 사용하며 1 cal \approx 4.2 J이다.

연계 중학교 과학
전도, 대류, 복사로 열이 전달되는 과정을 배웠다.

여러 가지 물질의 열전도도

물질	열전도도 [W/(m·K)]
은	428
구리	401
알루미늄	235
철	67
공기	0.026

(출처: 『Fundamentals of Physics 12th』, 2021.)

대류는 전도와 달리 액체나 기체를 구성하는 분자들이 직접 이동하면서 열을 전달하는 방식이다. 그림 II-2와 같이 액체의 아래쪽을 가열하면 액체에서 온도가 높아진 부분의 분자 운동이 활발해지면서 분자 사이의 거리가 멀어져 밀도가 작아진다. 액체의 밀도가 작아진 부분이 위로 올라가고 위에 있던 액체는 밀려 내려와 가열되는 순환 과정을 반복하면서 액체 전체로 열이 전달된다.

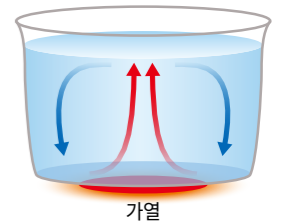


그림 II-2 대류

복사는 물체가 전자기파의 형태로 열에너지를 방출하면서 한 물체로부터 다른 물체로 열을 직접 전달하는 방식이다. 절대 온도가 0 K보다 높은 모든 물체는 복사의 방식으로 열에너지를 방출한다.

전자기파의 종류
전자기파에는 적외선, 자외선, 가시광선 등이 있다.

열의 이동을 막는 것을 **단열**이라고 한다. 단열을 효율적으로 하려면 전도, 대류, 복사의 방식으로 열이 전달되는 것을 모두 막아야 한다. 그림 II-3의 (가)와 같이 보온병은 액체의 온도를 오랫동안 유지하기 위해 내부와 외부 사이를 진공으로 만들어 전도 및 대류에 의한 열전달을 막는다. 또 내부에 은으로 도금한 반사층을 만들어 복사에 의한 열전달을 막는다. 그림 (나)의 스티로폼은 내부에 수많은 공기 주머니가 있어 열전달을 방해하므로 단열재로 많이 쓰인다.

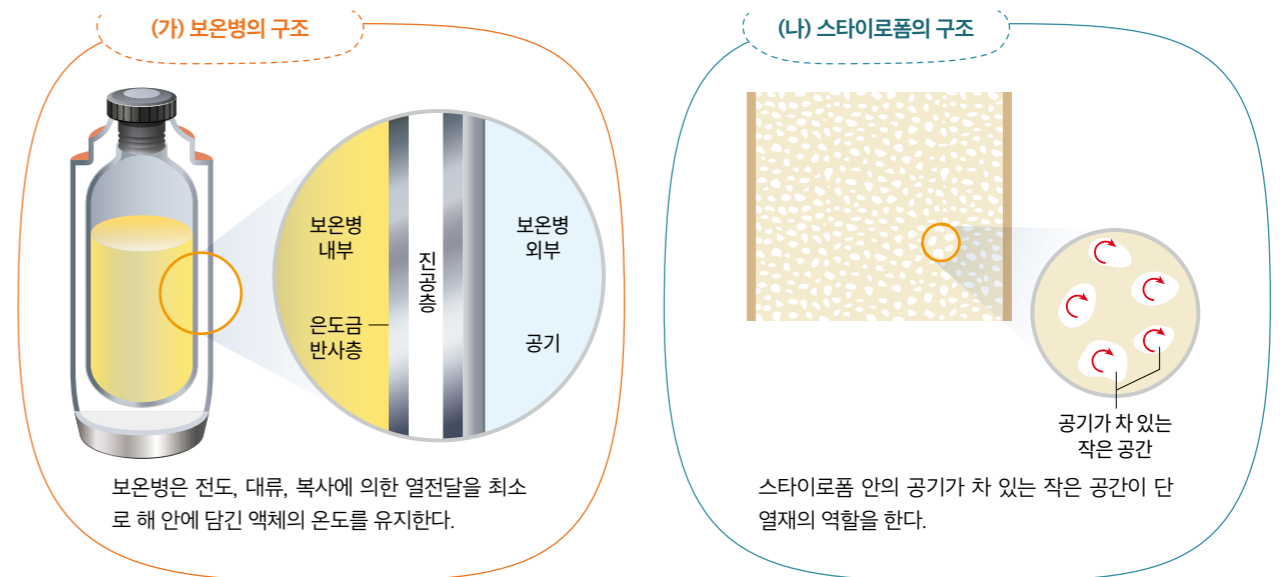


그림 II-3 단열의 예

스스로 확인

- 1 단면적이 일정한 금속 막대에서 양 끝의 온도 차이가 클수록 전도에 의한 열의 이동이 잘 일어난다. (○, ×)
- 2 열의 이동을 막는 것을 ()이라고 한다.

탐구

변인 조작 / 탐구 설계

탐구 능력 | 의사 결정 능력

단열재의 종류에 따른 보온, 보냉 효과 비교하기

목표

- 실험을 통해 단열재의 종류에 따른 보온 효과를 비교할 수 있다.
- 보냉 주머니를 창의적으로 설계 및 제작하고 단열 효과를 비교할 수 있다.

실험 1 단열재의 종류에 따른 보온 효과 비교하기

과정

1. 골판지를 원형으로 잘라 캔의 윗면을 덮을 수 있는 뚜껑을 만들고 온도계를 끼운다.
 2. 주변의 다양한 재료 중 단열 효과를 측정할 재료 4 가지를 선택한다.
- 예 신문지, 뽁뽁이, 종이 완충재, 솜, 스펀지, 알루미늄 포일, 헝겂 등
3. 플라스틱 통 안에 알루미늄 캔을 넣고, 그 사이 공간을 **과정 2**에서 선택한 재료로 채운다.
 4. 캔에 뜨거운 물을 100 mL씩 담고 뚜껑을 덮은 뒤, 5분 간격으로 물의 온도를 측정한다.

예시



뽁뽁이 종이 완충재 알루미늄 포일 헝겂

결과 및 정리

1. **과정 4**에서 측정한 물의 온도를 기록해 보자.

구분	시간(분)								
	재료	0	5	10	15	20	25	30	
물의 온도 (°C)									

2. 선택한 재료들의 단열 효과를 비교해 보자.



준비물

- 알루미늄 캔 4 개
- 플라스틱 통 4 개
- 디지털 온도계 4 개
- 골판지
- 타이머
- 단열 효과를 비교할 재료 (뽁뽁이, 종이 완충재, 알루미늄 포일, 헝겂 등)
- 뜨거운 물(60 °C ~ 70 °C)
- 찬물(5 °C 정도)
- 보안경
- 면장갑

역할 나누기

- 3~5 명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.
- 실험 수행: _____
 - 결과 기록: _____

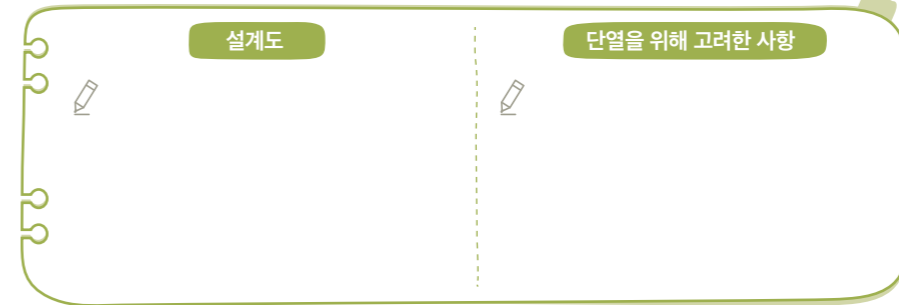
안전

뜨거운 물을 다룰 때에는 보안경과 면장갑을 착용한다.

실험 2 보냉 주머니 설계하고 제작하기

과정

1. 주변의 다양한 재료를 활용해 만들 수 있는 보냉 주머니를 설계해 설계도를 그리고, 보냉 주머니 제작에 필요한 단열재의 구조와 단열을 위해 고려한 사항을 기록한다.



2. 설계한 보냉 주머니를 제작한다.
3. 찬물 100 mL가 담긴 알루미늄 캔을 보냉 주머니에 넣고 온도계를 끼운 뚜껑을 덮은 뒤, 5분 간격으로 물의 온도를 측정한다.
4. **공유** 온도 측정 결과를 공유 플랫폼에 공유해 다른 모둠과 보냉 주머니의 단열 효과를 비교한다.

결과 및 정리

1. **과정 3**에서 측정한 온도를 기록해 보자.

시간(분)	0	5	10	15	20	25	30
물의 온도(°C)							

2. 보냉 주머니를 설계할 때 고려한 과학적 원리를 설명해 보자.



3. 모둠별로 측정한 물의 온도 변화를 비교하고, 단열 효과가 좋은 보냉 주머니의 특징을 설명해 보자.



스스로 평가

- | 지식·이해 | 단열재의 종류에 따른 보온 효과의 차이를 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 시간에 따른 온도 변화를 측정해 단열 효과와 연결할 수 있는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 보냉 주머니를 창의적으로 설계했는가? ☆☆☆

탐구 길잡이
주변에서 구할 수 있는 단열 재료를 두 가지 이상 사용해 단열 효과를 높이는 방법을 찾는다.

탐구 후기



물질에 따라 열팽창 정도가 다르다는 것을 배웠다.

열팽창

일반적으로 물체에 열에너지를 공급하면 입자들의 평균 운동이 활발해지고 입자들 사이의 평균 거리가 늘어나 물체의 길이나 부피가 팽창한다. 이러한 현상을 **열팽창**이라고 한다.

그림 II-4와 같이 온도 T_0 , 길이 l_0 인 고체 막대를 가열해 막대의 온도가 ΔT 만큼 높아졌을 때 막대가 늘어난 길이 Δl 은 l_0 과 ΔT 에 비례한다.

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

α 는 **선팽창 계수**로 물체의 온도가 1 K 변할 때 단위길이에서 일어나는 길이 변화를 나타내는 값이며, 물질에 따라 다르다.

고체의 선팽창 계수
(20 °C에서 측정)

물질	선팽창 계수 ($\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)
유리	9
콘크리트	약 12
철	12
금	14
구리	17
알루미늄	25

(출처: 『Physics: Principles with Applications 7th』, 2016.)

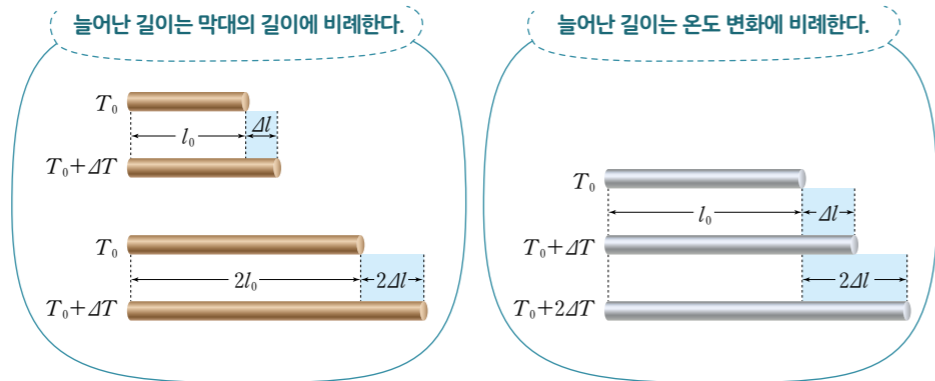


그림 II-4 고체 막대의 열팽창

바이메탈은 열팽창 정도가 다른 두 금속을 접착한 것이다. 바이메탈의 온도가 높아지면 두 금속이 늘어나는 정도가 달라 휘어지고, 온도가 낮아지면 다시 원래의 모양으로 돌아간다. 이러한 성질을 이용해 그림 II-5와 같이 바이메탈의 온도가 높아지기 전에 회로에 연결되어 전류를 흐르게 하다가 온도가 높아지면 회로가 끊어지게 하는 용도로 사용할 수 있다. 바이메탈은 전기 주전자, 온도계, 전기 토스터, 전기다리미, 보일러 등의 자동 온도 조절 장치에 쓰인다.

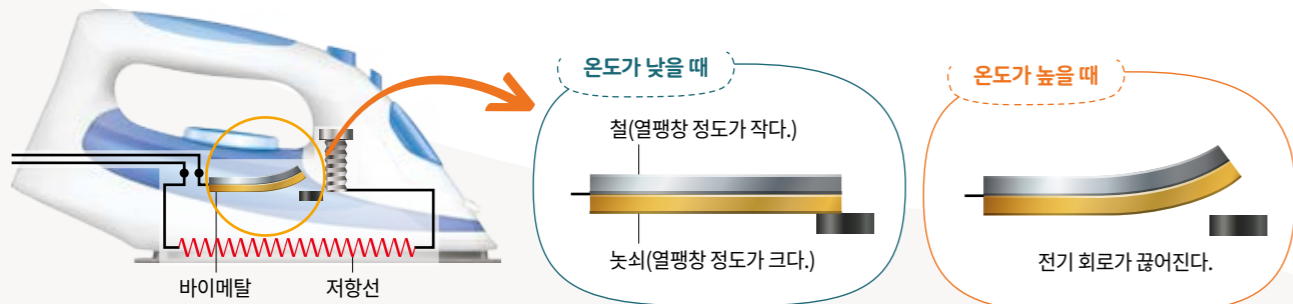


그림 II-5 전기다리미 속의 바이메탈

열에너지 관련 기술

냉난방에 사용하는 에너지를 절약하고, 여름과 겨울의 큰 온도 차에도 견딜 수 있는 안전한 건축물을 짓기 위해서는 단열과 열팽창을 반드시 고려해야 한다. 다음 활동을 하면서 열에너지 관련 기술에 단열, 열팽창 등을 활용하는 사례를 조사해 보자.

디지털 해보기

탐구 능력 | 의사 결정 능력

단열, 열팽창이 열에너지 관련 기술에 활용된 사례 조사하기

- 다음은 건축물에서 열과 관련된 장치나 기술을 사용하는 사례이다. 모둠별로 각 사례에서 단열이나 열팽창을 어떻게 이용하고 있는지 조사한다.

준비물
스마트 기기



- 자동차, 비행기, 기차 등 교통수단에서 활용하는 단열이나 열팽창과 관련한 기술을 조사한다.
- 공유 조사한 사례 중 3 개를 골라 카드 뉴스로 표현하고 공유 플랫폼에 공유한다.

스스로 확인

- 금속 막대를 가열할 때 늘어난 길이는 원래의 길이에 비례하고 온도 변화에 반비례한다. (○, ×)
- 바이메탈은 열팽창 정도가 (같은, 다른) 두 금속을 접착해 만든 것으로 가열하면 열팽창 정도가 (큰, 작은) 쪽으로 휘어지는 특성이 있다.

스스로 정리

공유 다양한 열에너지 관련 기술에 단열, 열팽창 등을 활용한 사례를 들어 과학의 유용성에 대한 주제로 글을 써 보고, 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.