

13. 열에 의한 물체의 부피 변화 :::

초·등·4·학·년·과·학·탐·구·수·업·지·도·자·료

주제명	차시	자료명 (내용 주제)	쪽수			
단원 도입	0	단원 소개, 단원 구성, 단원 개관, 참고 자료, 준비물	3			
1. 열에 의한 금속선의 길이 변화	1	실험 매뉴얼_ 열에 의한 금속선의 길이 변화	6			
		보조 자료	개념 해설_ 열팽창	12		
			수업 도우미_ 열에 의한 금속선의 길이 변화 실험	14		
			생활과 과학_ 에펠탑의 높이는?	15		
			참고 자료_ (1) 열에 의한 팽창 정도는 물질의 고유한 성질 (2) 금속의 특징	16 17		
2. 열에 의한 금속의 부피 변화	2	실험 매뉴얼_ 열에 의한 금속의 부피 변화	20			
		보조 자료	개념 해설_ 열이란 무엇인가?	26		
			생활과 과학_ (1) 단단히 잠긴 딸기잼 병을 쉽게 여는 방법 (2) 열에 의한 부피 팽창이 비슷한 물질들을 이용하는 경우	28 29		
			참고 자료_ 누구의 말이 옳을까?	30		
			3. 열에 의한 물의 부피 변화	3	실험 매뉴얼_ 열에 의한 물의 부피 변화	34
보조 자료	개념 해설_ (1) 열에 의한 물의 부피 팽창 (2) 온도계의 원리	40				
	학생 활동_ 누가 누가 빠를까?	42				
	도전 과제_ 간이 온도계 만들기	43				
	참고 자료_ (1) 온도의 기원 (2) 온도계의 보정	44 45				
4. 열에 의한 공기의 부피 변화	4~5	실험 매뉴얼_ 열에 의한 공기의 부피 변화	46			
		보조 자료	개념 해설_ 열에 의한 공기의 부피 변화	52		
			수업 도우미_ (1) <이런 실험도 있어요>에 대한 보충 설명 (2) <읽을거리>에 대한 보충 설명	53		
			학생 활동_ 거꾸로 올라가는 물	54		
			도전 과제_ 모형 열기구 만들기	55		
			생활과 과학_ 그릇이 저절로 움직여요	56		
5. 우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예	6	실험 매뉴얼_ 우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예	58			
		보조 자료	개념 해설_ (1) 바이메탈의 원리 (2) 자동 온도 조절 장치	64 65		
			생활과 과학_ (1) 기체의 열팽창을 이용한 예 - 하늘을 나는 기구 (2) 액체의 열팽창에 관련된 실생활 사례 - 바다수면의 상승	66 69		
			(3) 동해 수면의 높이 상승	69		
			단원 종합 평가		평가 문항 / 낱말 퍼즐	70



단원 소개

3학년 1학기 '우리 주위의 물질' 과 '소중한 공기' 단원의 선수 학습을 통해 우리 생활 주변에 있는 여러 가지 물체와 물질에 대하여 학습하였다.

이 단원에서는 상태 변화가 일어나지 않을 정도의 열에 의한 물체의 부피 변화를 살펴 본다. 이 변화들이 우리 생활에 큰 영향을 미치지 않기 때문에, 주의하여 살피지 않으면 쉽게 알아내기 어렵다. 1,2차시에서는 고체의 예로 금속의 변화를 살피고, 3차시에서는 액체의 예로 물의 변화를, 그리고 4~5차시에서는 기체의 예로 공기의 변화를 살핀다. 6차시에서는 우리 생활에서 가열에 의한 물체의 부피 팽창을 이용한 예들을 찾아봄으로써 열에 의한 물체의 부피 변화가 우리 생활과 밀접한 관련이 있음을 인식하도록 한다.

후속 학습으로는 4학년 2학기 '모습을 바꾸는 물' 에서 물의 상태 변화를 학습하게 된다.



단원 구성

내용 분류 활동 주제	차시	실험 매뉴얼	보조 자료					
			개념 해설	수업 도우미	학생 활동	도전 과제	생활과 과학	참고 자료
단원 도입								
1. 열에 의한 금속선의 길이 변화	1	○	○	○			○	○
2. 열에 의한 금속선의 부피 변화	2	○	○				○	○
3. 열에 의한 물의 부피 변화	3	○	○		○	○		○
4. 열에 의한 공기의 부피 변화	4~5	○	○	○	○	○	○	
5. 우리 일상에서 열에 의한 부피 변화를 이용한 예	6	○	○				○	
단원 종합 평가								

미리 준비하세요

주제	차시	준비물	방법
열에 의한 물의 부피 변화	3	유리관이 꽂힌 고무 마개	유리관을 절단하여 고무 마개의 구멍에 끼울 때는 유리관 끝을 둥글고 무디게 하여 물을 칠한 다음 부드럽게 돌리면서 끼우되 수건으로 싸서 손을 보호하도록 한다. 유리관과 고무 마개 사이에 공간이 있을 경우, 부피가 팽창한 액체가 유리관을 타고 올라가기 전에 새어 나오므로 촛농 등으로 잘 마무리 해 준다.



단원 개관

열을 가했을 때 물질이 팽창하는 정도를 이해하고, 이를 실생활에 이용하는 사례들을 살펴보는 것이 이 단원의 주요 내용이다. 물체는 그 형태에 따라 고체, 액체, 기체로 구분된다. 고체의 대표적인 예로 금속을 들고, 금속의 부피가 팽창하는 것과 금속선의 길이가 팽창하는 것을 관찰한다. 그리고 액체의 대표적인 예로 물을 들고, 물이 열에 의해 팽창하는 것을 관찰한다. 기체는 눈에 잘 보이지 않으므로 풍선이나 탁구공, 빈병의 위를 동전으로 막고 동전의 움직임을 관찰하는 것 등을 통해 기체의 팽창을 간접적으로 체험하게 한다.

이 단원에서는 열에 대한 과학적 개념을 깊이 있게 다루지는 않는다. 그러나 보조 자료를 통하여 열의 개념을 물질을 구성하는 매우 작은 알갱이의 개념을 이용하여 과학적으로 제시하였다. 그리고 열의 전달 형태인 대류, 전도, 복사를 물질을 구성하는 알갱이의 움직임의 차이로 설명하였다.

01 * 열에 의한 금속선의 길이 변화

가열할 때 물체가 팽창하는 정도는 물체의 특징에 따라 다르다. 특히 액체나 기체보다 고체의 열팽창은 상대적으로 작기 때문에 잘 눈에 띄이지 않는다. 그 이유는 미시적으로 눈에 안 보이는 입자들의 배열과 운동의 차이로 설명할 수 있다. 일반적으로 고체는 액체보다 거리가 더 가깝고 입자들이 질서 정연하게 배열되어 있다. 따라서 고체를 구성하는 이러한 입자들이 움직임으로써 고체 물질의 부피가 팽창하는 정도를 눈으로 확인하기는 쉽지 않다. 금속선의 경우에는 길이 쪽의 변화를 쉽게 관찰하기 위하여 금속선에 금속 추를 매달고 금속 추의 높이 변화를 관찰한다. 금속 추의 높이 변화도 쉽게 관찰이 어려울 수 있기 때문에 자를 이용하여 작은 변화를 작은 단위의 길이 변화로 직접 측정할 수 있도록 내용이 구성되어 있다. 또한 금속선을 식히면서 다시 줄어드는 현상도 관찰함으로써 열에 의한 금속의 팽창과 냉각에 의한 수축을 같이 관찰하도록 한다.

02 * 열에 의한 금속의 부피 변화

금속선의 경우에는 길이의 변화를 집중적으로 관찰하였으나, 이 단원에서는 길이와 높이를 모두 고려한 부피 변화를 관찰하는데 초점을 두었다. 그러나 고체의 열에 의한 부피 변화는 눈에 잘 띄이지 않기 때문에 쇠구슬을 가열하여 쇠고리에 끼어봄으로써 미묘한 부피의 변화를 간접적으로 추론할 수 있도록 구성되어 있다. 이때 쇠고리는 가열하지 않고 쇠구슬만 가열함으로써 쇠구슬이 쇠고리에 들어가는 정도의 차이를 통해 쇠구슬의 부피 팽창을 알아본다. 그리고 추가 실험을 쇠구슬과 쇠고리를 같이 가열하여 두 물체가 모두 열팽창하는 경우에는 쇠구슬이 쇠고리에 들어가는지 확인해보는 실험을 한다. 그러나 이 실험의 경우에는 쇠구슬과 쇠고리가 같이 식으면서 열수축이 일어나 쇠구슬이 쇠고리에 끼어 버리는 경우가 생기기 때문에 주의해야 한다. 이 실험을 통해 선팽창과 부피 팽창의 차이를 비교해 볼 수 있다.

03 * 열에 의한 물의 부피 변화

고체와 달리 액체는 열에 의한 팽창을 보다 쉽게 관찰할 수 있다. 특히 액체를 가늘고 긴관에 담고 가열하면, 부피의 변화를 쉽게 관찰할 수 있다. 이러한 현상을 이용하여 온도계를 만들 수 있는데, 온도가 올라가면 온도계 안에 있는 액체입자들의 운동이 활발해져서 액체의 전체 부피가 팽창하게 되고, 팽창한 만큼 가는 관을 통해 액체의 수면이 올라가게 되는 것이다. 액체가 식으면 입자의 움직임이 느려지면서 액체의 전체 부

피가 수축하기 때문에 액체의 수면 높이가 낮아지게 된다. 이러한 액체의 수축과 팽창 비율은 액체의 종류에 따라 다르기 때문에 우리는 알코올 온도계나 수은 온도계의 눈금이 다른 것을 관찰할 수 있다. 이 단원의 보조 자료에서는 온도계도 저울과 마찬가지로 온도 보정을 한 후에 사용하여야 정확한 온도를 측정할 수 있다는 점을 설명하였다.

04* 열에 의한 공기의 부피 변화

고체와 액체, 기체 중에서 열에 의한 부피 팽창을 가장 잘 관찰할 수 있는 것은 기체이다. 그러나 기체는 직접 눈으로 볼 수 없기 때문에 기체를 담은 풍선이나 병의 뚜껑 등을 관찰하여 간접적으로 기체의 부피 팽창을 추론하여야 한다는 어려움이 있다. 기체를 냉각시키면 수축하는 비율도 역시 가장 크다. 이렇게 기체의 부피 팽창이나 수축이 온도에 따라 민감한 이유는 기체를 구성하는 입자들의 움직임이 매우 활발하기 때문이다. 따라서 가열이나 냉각을 할 때 기체를 구성하는 입자들이 활발하게 움직이는 정도의 변화 역시 매우 크다. 프랑스의 과학자 샤를은 기체의 부피와 온도가 비례하는 관계에 있다는 사실을 밝혀서 이를 ‘샤를의 법칙’이라고 이름 붙였다. 같은 기압 하에서 기체의 온도를 올리면 온도가 1℃ 상승할 때마다 물체가 1/273 부피만큼씩 팽창한다.

05* 우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예

열에 의한 물체의 부피 팽창이나 수축을 이용한 실생활의 사례는 매우 다양하다. 금속 뿐 아니라 콘크리트와 같은 고체도 열에 의해 수축하거나 팽창하기 때문에 더운 여름날과 추운 겨울날 부피가 달라진다는 사실을 아는 것이 중요하다. 이러한 점을 고려하지 못하면 콘크리트로 만든 건물이나 다리가 부서질 수 있기 때문이다. 다리미나 전기 포트와 같은 가전기기들도 대부분 금속의 열팽창율이 다른 두 금속을 이용하여 전기를 통하였다가 끊었다가 하는 원리를 이용하여 일정한 온도를 유지시키도록 구성되어 있다. 이를 우리는 바이메탈의 원리라고 부른다. 그릇 등을 포개어 놓았을 때 그릇이 빠지지 않을 경우에도 그릇을 가열하거나 냉각하여 열팽창을 시키거나 열수축을 일으켜 그릇을 분리해 낼 수 있다는 사실도 부피 변화의 응용 사례로 생각해 볼 수 있다.

▶ 참고 자료

참고 문헌

- 생활이 담긴 물리 에세이(2003). 김범기. 대한교과서주식회사
- 재미있는 물리 이야기(1989). 가리펠시타인, 레오니드 야코블레비치 저, 팬더북.

참고 사이트

- 국립 중앙과학관 <http://www.nsm.go.kr>
- 기상청 <http://www.kma.go.kr>
- 문충식 선생의 유레카 과학교실 <http://user.chollian.net/~msjys/m3.htm>
- 사이언스올 (이동준 자바 실험실)
-http://www.science.or.kr/sa0educ/01/02e/viewList_2120.jsp?selMenu=ab
- 즐거운 학교 > 열린교실 > 생활속 과학읽기
-http://joyedu.njoyschool.net/lesson/newbbs/bbs_list.asp?bbs_code=105011
- 한국철도공사 <http://www.korail.go.kr>
- LG 사이언스랜드 <http://www.lg-sl.net>

열에 의한 금속선의 길이 변화

차 시	1/6차시		
교과서	50~51쪽	실험관찰	33쪽

학습목표

개념 영역 · 열에 의해 금속선의 길이가 변한다는 것을 안다.

과정 영역 · 금속선을 가열할 때와 식힐 때, 금속선의 길이 변화를 관찰할 수 있다.

태도 영역 · 열에 의한 금속선의 길이 변화 때문에 나타나는 현상들을 주위에서 찾으려는 적극적인 태도를 갖는다.



교과서



철도에 틈새가 있는 까닭은 무엇일까요?



다음 실험을 통하여, 철로의 이음매에 틈새가 있는 까닭을 알아봅시다. 철사와 구리줄을 평행하게 대고 추를 겁니다. 철사와 구리줄을 알코올 램프로 가열하면서 관찰하여 봅시다.



철사와 구리줄의 길이는 어떻게 됩니까? 불을 끈 다음, 철사와 구리줄을 식히면서 길이를 관찰하여 봅시다. 금속선을 가열할 때와 식힐 때의 길이 변화들 이야기하여 봅시다.





학습 개요

01* 금속선 가열하기

- 구리줄과 철사를 가열하면서 매단 추의 높이 변화를 관찰한다.

02* 금속선 식히기

- 금속선 길이 변화 실험 장치에서 가열을 중지한다.
- 구리줄과 철사를 식힐 때, 매단 추의 높이 변화를 관찰한다.

03* 열에 의한 금속선의 길이 변화 토의하기

- 금속선을 가열하거나 식힐 때, 매단 추의 높이 변화로부터 금속선의 길이 변화에 대한 결론을 이끌어낸다.

04* 철로에 틈새가 있는 까닭 발표하기

- 철로에 틈새가 있는 까닭은 열에 의해 금속선의 길이가 변하기 때문임을 안다.



실험 관찰

5. 열에 의한 물체의 부피 변화

열에 의한 금속선의 길이 변화

과학 50, 51 쪽

1 금속선을 가열할 때의 길이 변화

- 철사 :
- 구리줄 :

2 금속선을 식힐 때의 길이 변화

- 철사 :
- 구리줄 :

3 온도 변화에 따른 금속선의 길이 변화 :

4 철로에 틈새가 있는 까닭 :

- 철사 : 늘어난다.
- 구리줄 : 늘어난다.

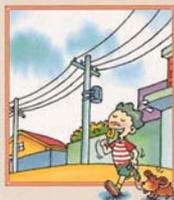
- 철사 : 줄어든다.
- 구리줄 : 줄어든다.

- 가열하면 늘어나고, 식히면 줄어든다.

- 틈새가 없다면, 여름에 철로가 늘어나 휘게 될 위험이 있기 때문에.

생각해 보기

겨울철과 여름철의 전신주 전선의 길이 변화

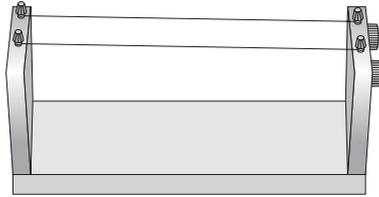




준비물

▶ 모둠별 준비물

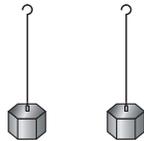
▼ 금속의 길이 변화 실험 장치 (1개)



▼ 알코올 램프 (2개)



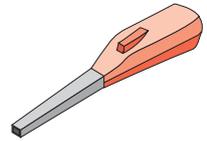
▼ 추 (2개)



▼ 30cm 자 (1개)



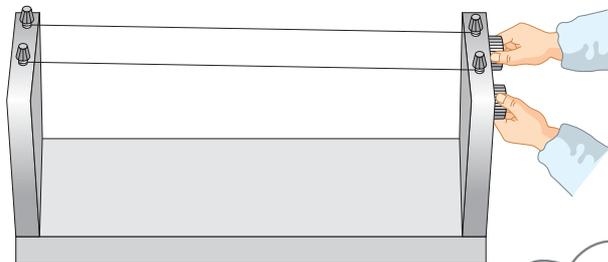
▼ 점화기 (1개)



탐구 활동 과정

01 * 금속선 가열하기

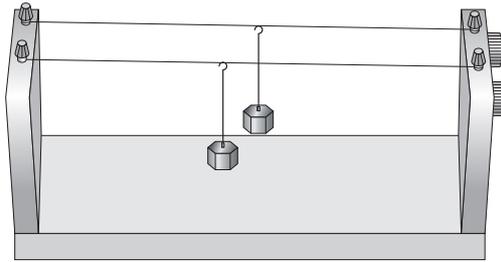
1-1. 금속의 길이 변화 실험 장치에 구리줄과 철사를 팽팽하게 맨다.



너무 팽팽하게 매면
장력에 의해 가열 도중
금속선이 끊어질 수 있으므로
주의한다.



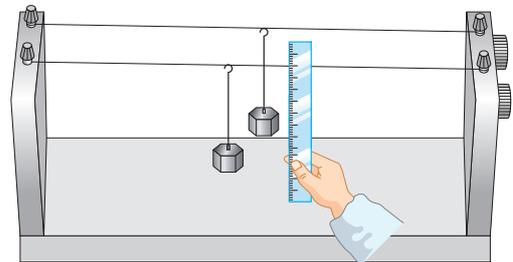
1-2. 구리줄과 철사에 같은 무게의 추를 같은 위치에 건다.



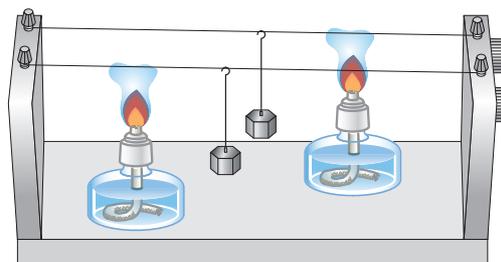
추를 매달았을 때 추가 바닥에서 약 0.5 ~ 1cm 정도 떨어지게 하는 것이 좋다.

1-3. 구리줄과 철사에 걸린 추와 바닥 사이의 거리를자로 잴다.

추의 높이 변화로 금속선의 길이 변화를 알 수 있다는 것을 먼저 지도한다.



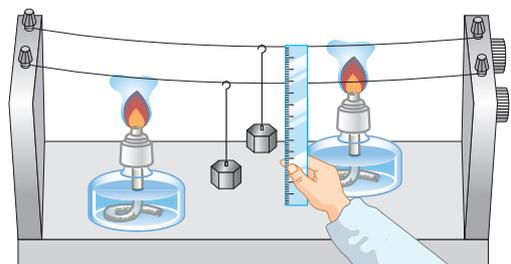
1-4. 알코올 램프를 구리줄과 철사 밑에 두고, 동시에 가열한다.



알코올 램프의 심지를 미리 조절하여 불꽃의 크기가 같도록 하고, 동시에 가열하면 구리줄과 철사의 길이 변화를 비교할 수 있다.

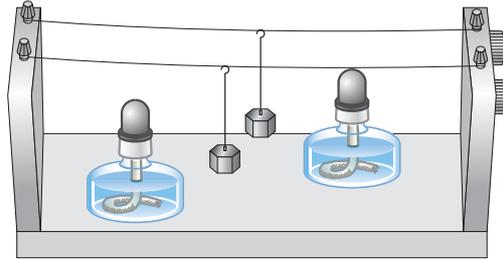
1-5. 가열하면서 추와 바닥 사이의 거리를자로 잴다.

처음의 추의 위치를 바닥에서 약간만 떨어지게 하면 금속선을 가열하는 동안 추가 바닥에 닿기 때문에 추의 높이 변화를 쉽게 알 수 있다.



02* 금속선 식히기

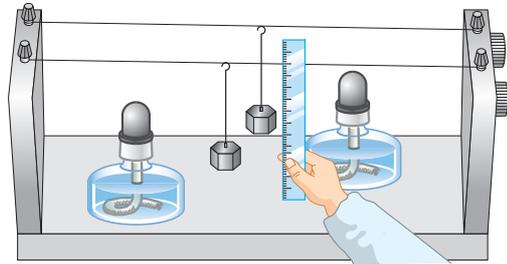
2-1. 알코올 램프를 켜고 금속선을 식힌다.



가열된 금속선이나
추는 매우 뜨거우므로
맨손으로 잡지 않도록
주의한다.

2-2. 금속선을 식힌 후 추와 바닥 사이의 거리를자로 잰다.

바닥에 닿았던 추가
금속선이 식은 후 바닥에서
떨어진 것을 통해서
금속선의 길이가 줄어든
것을 알 수 있다.



03* 열에 의한 금속선의 길이 변화 토의하기

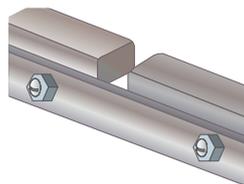
3-1. 금속선을 가열 할 때와 식힐 때의 금속선의 길이 변화를 토의한다.



금속선을 가열할 때와
식힐 때 매단 추의 높이가
변하는 이유를 금속선의
길이 변화와 관련지어
설명한다.

04* 철로에 틈새가 있는 까닭 발표하기

4-1. 철로에 틈새가 나 있는 까닭을 생각하고 **실험 관찰** 33쪽에 기록한다.



철로에 틈새가 없다면,
여름에 철로가 늘어나
흔하게 되어 탈선의 위험이
있기 때문이다.



정리

01 * 금속선을 가열하면 길이가 늘어난다.

02 * 가열한 금속선을 식히면 길이가 줄어든다.

03 * 철로에 틈새가 있는 까닭은 철로가 열에 의해 늘어나 휘는 현상을 예방하기 위해서이다.



평가

01 * 다음 문장의 () 안에 제시된 낱말 중에서 옳은 것을 고르시오.

- (1) 철사를 가열하면 길이가 (늘어난다, 줄어든다).
- (2) 구리줄을 가열하면 길이가 (늘어난다, 줄어든다).
- (3) 가열한 철사를 식히면 길이가 (늘어난다, 줄어든다).
- (4) 가열한 구리줄을 식히면 길이가 (늘어난다, 줄어든다).

02 * 열에 의한 금속선의 길이 변화 실험을 할 때, 주의해야 할 것으로 바른 것은? ()

- ① 구리줄과 철사는 다른 굵기를 사용한다.
- ② 구리줄과 철사는 최대한 팽팽하게 맨다.
- ③ 구리줄과 철사에 매다는 추가 작아야 변화를 쉽게 볼 수 있다.
- ④ 구리줄과 철사의 길이 변화를 비교하려면 동시에 가열하는 것이 좋다.
- ⑤ 알코올 램프로 가열할 때 구리줄과 철사가 가능한 한 불꽃에 가깝게 둔다.

03 * 다음 중 열에 의한 금속선의 길이 변화와 관련이 있는 현상이 아닌 것은? ()

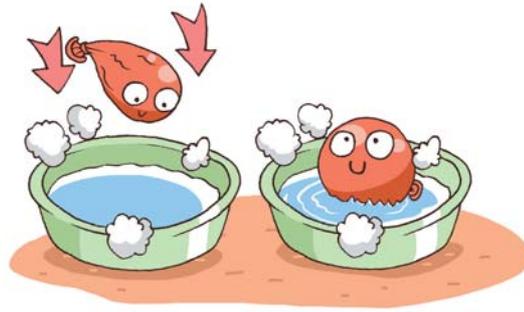
- ① 철로에 틈새가 있다.
- ② 여름철 전신주의 전선이 늘어진다.
- ③ 겨울철 추시계가 빨리 간다.
- ④ 구리줄을 가열하면 쉽게 끊어진다.
- ⑤ 겨울철 금속 빨래 줄이 팽팽해진다.



개념 해설

열팽창

기체와 액체의 열팽창과 달리 고체의 열팽창은 쉽게 눈으로 확인하기 어렵다. 기체의 열팽창은 공기가 조금 들어 있는 고무풍선에 더운 물을 붓거나, 페트병의 입구를 고무풍선으로 막고 페트병을 더운 물 속에 넣어 뚫으로써 고무풍선의 부피 변화를 쉽게 관찰할 수 있다. 더운 물에 의해 열이 기체로 전달되면, 기체의 부피가 팽창하기 때문에 고무풍선의 크기가 커지는 것이다.



액체의 열팽창을 관찰할 수 있는 실생활의 예로는 온도계를 들 수 있다. 온도계의 구부를 따뜻하게 하면, 그 안에 있는 액체의 부피가 팽창하면서 눈금이 올라가는 것을 쉽게 관찰할 수 있다. 그러나 기체의 경우보다는 그 팽창하는 비율이 작기 때문에 온도계에서는 액체의 부피 팽창을 쉽게 관찰하기 위해 매우 가는 관을 사용하여 조금만 부피가 변화해도 쉽게 눈금의 변화를 관찰할 수 있도록 만들어져 있다.



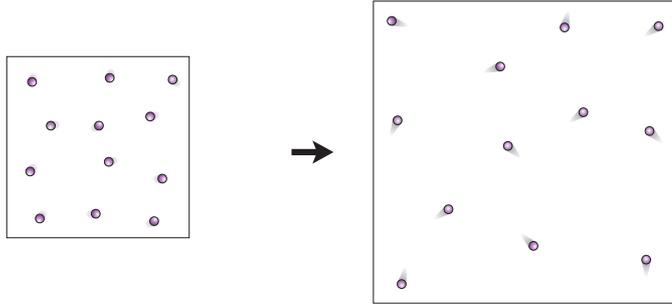
기체를 구성하는 원자나 분자와 같은 입자들은 액체나 고체에 비해 굉장히 멀리 떨어져 있으면서 자유롭게 이동할 수 있다. 따라서 열을 받았을 때 그 열은 바로 입자의 운동에너지로 전환되면서 분자들 사이의 간격을 더욱 멀리 떨어뜨려서 기체의 부피 변화를 쉽게 관찰할 수 있다.

그러나 기체를 구성하는 입자들과는 달리 액체를 구성하는 입자들은 상대적으로 매우 가깝게 위치하고 있다. 따라서 서로 간에 정전기적으로 끌리는 힘을 느낀다. 이 힘을 극복해야 서로의 거리가 멀어질 수 있고, 거리가 멀어져야 부피가 팽창하기 때문에 같은 열을 받아도 그 에너지가 모두 입자의 운동에너지를 증가시켜서 바로 부피 팽창으로 연결되지는 못한다. 즉 가한 열의 일부 에너지는 입자 사이의 인력을 줄이는데 사용하기 때문에 기체만큼 많이 부피 팽창이 일어나지는 않는다.

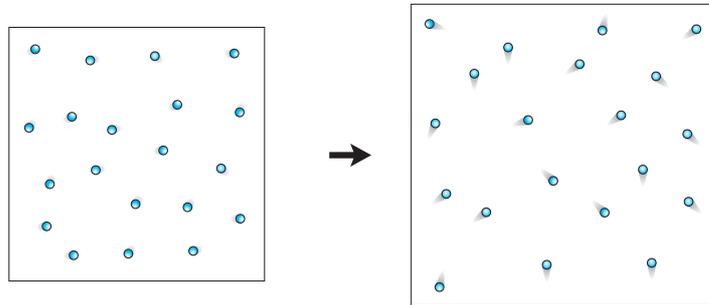
고체의 열팽창은 일상생활에서 쉽게 관찰하기 어려운데 그 이유는 물체를 구성하는 분자들의 질서 정연한 위치 배열과 입자의 운동 차이로 설명할 수 있다. 고체의 경우에는 일반적으로 액체보다 더 가깝게 분자들이 위치한다. 그러나 얼음의 경우에는 물의 경우보다 입자들이 더 멀리 위치하고 있다. 따라서 입자들의 상대적인 거리에 의해 고체와 액체를 구분하는 것은 적절하지 않다. 입자들 사이의 거리가 더 멀어도 고체일 수 있고, 입자들 사이의 거리가 더 가까워도 액체일 수 있기 때문이다. 입자들의 거리에 따라 정전기적 인력의 크기가 결정되기 때문에, 고체가 반드시 액체보다 정전기적 인력이 크다고 말할 수도 없다. 그러나 액체와 달리 고체는 일정한 위치에 입자가 위치하면서 서로 간의 이동이 자유롭지 못하기 때문에 엔트로피(무질서도)가 매우 낮은 상태에 존재한다. 고체를 구성하는 입자들은 고정된 한 자리에서 진동이나 회전과 같은 운동은 하지만, 입자의 위치를 변화시키는 운동을 하지 않는다는 특성을 가



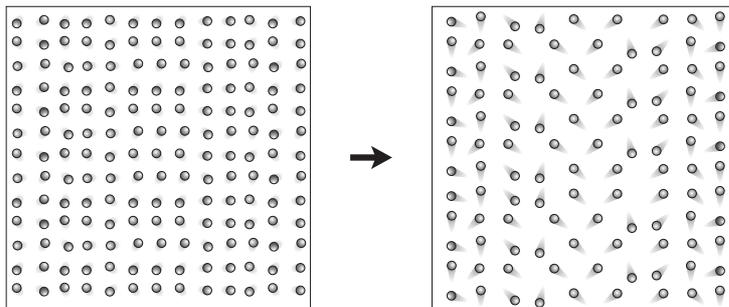
진다. 반면에 액체는 분자들 사이의 거리는 가까워도 서로 자유롭게 이동하면서 위치를 변화시킬 수 있기 때문에 엔트로피(무질서도)는 고체에 비해 상대적으로 높다.



열을 가할 때 기체의 부피 팽창



열을 가할 때 액체의 부피 팽창



열을 가할 때 고체의 부피 팽창

엔트로피는 에너지와는 다른 개념이다. 따라서 입자들의 이동 속도가 빠르면 크고 느리면 작다고 표현되는 운동 에너지와 입자들의 질서정연한 배열 정도를 나타내는 엔트로피는 구분할 필요가 있다. 그러나 열에너지가 공급되면, 이 질서 정연한 상태의 낮은 엔트로피는 무질서해지면서 높은 엔트로피로 변화한다.

따라서 열에너지가 공급되면, 고체의 경우에는 분자 사이의 거리가 멀어져 부피 팽창이 일어나기 전에 먼저 분자들의 엔트로피(무질서도)를 증가시켜 자유롭게 이동할 수 있는 상태로 변화되거나 입자들이 가깝게 위치해서 형성된 인력을 극복하는데 상대적으로 많은 에너지를 사용하기 때문에 기체나 액체에 비해 부피 팽창이 많이 일어나지 않는다.

물체가 열에 의해 부피 팽창을 할 때, 팽창은 3차원적으로 일어난다. 즉, 가로와 세로로도 늘어나고, 높이도 늘어나서 전체적으로 부피의 변화가 생긴다. 그런데 이때 팽창한 길이는 처음 물체의 길이에 비례한다. 예를 들어 어떤 물체에 열을 가하여 늘어나는 비율이 본래 길이의 1%였다고 하면, 그 물체의 가로 길이가 100미터, 세로 길이가 10미터, 높이 길이가 1미터였을 때, 가로 길이는 1미터가 늘어나고, 세로 길이는 10센티미터가 늘어나고, 높이 길이는 1센티미터가 늘어난다.

따라서 우리가 관찰할 때, 처음 길이가 긴 쪽으로 더 많이 변화가 일어난 것처럼 보인다. 이것은 초기 길이에 비례하여 길이의 증가가 이루어졌기 때문이다. 따라서 철사처럼 길고 가는 형태의 물체는 열에 의해 팽창할 때 길이의 변화가 가장 눈에 잘 띈다.



수업 도우미

열에 의한 금속선의 길이 변화 실험

금속선을 가열하는 실험을 하다보면, 금속선이 늘어나는 현상을 관찰하기 전에 금속선이 끊어지는 일이 종종 생긴다. 줄을 팽팽하게 당겨 실험을 할 경우에 이러한 현상이 더 자주 나타난다.

금속선을 팽팽하게 당겨야 열에 의해 금속선이 늘어지는 것을 더 잘 관찰할 수 있을 것 같아서 줄을 팽팽하게 당기는 경우가 많은데, 그러면 왜 실험이 잘 되지 않는 것일까?

그것은 금속 구를 매단 금속선에 장력이 작용하기 때문이다. 선을 팽팽하게 댄수록 선에 작용하는 장력의 크기는 커지는데 이러한 상태에서 금속선의 일부분을 가열하게 되면 그 부분이 금속선의 다른 부분보다 상대적으로 약해진 상태에서 큰 장력이 작용하므로 쉽게 끊어지는 것이다.

따라서 실험을 보다 잘 하기 위해서는 너무 팽팽하게 금속선을 잡아당겨 매지 않는 것이 좋다. 그리고 긴 금속선에 금속구가 거의 땅에 닿을 정도로 하여 금속선을 가열하는 것이다. 그러면 금속구가 땅에 닿는 것을 쉽게 관찰할 수 있다. 금속선이 늘어나는 것을 가열에 의해 눈으로 확인하기보다, 금속 구의 수직 이동을 관찰하여 상대적으로 금속선의 길이 팽창을 확인하는 것이 효과적이다.





주의사항

그림의 금속선을 너무 팽팽하게 하면 기구의 세로대가 딸려오는 경우가 있으며, 그럴 경우 금속선이 늘어나도 관찰되지 않는다.



생활과 과학

에펠탑의 높이는?

만약 누군가 에펠탑의 높이를 묻는다면 어떻게 대답해야 할까? “에펠탑의 높이는 300m이다” 라고 대답한다면 그것은 옳은 대답일까? 우리는 에펠탑의 높이를 답하기 전에 언제의 높이를 말하는지 물어야 할지 모른다. 왜냐하면, 인류가 만든 거대한 철 구조물인 에펠탑 정도라면 온도가 변할 때 늘어나거나 줄어드는 팽창률을 무시할 수 없기 때문이다. 길이가 300미터인 쇠막대는 온도가 1℃ 정도 상승하면 3mm 정도 늘어난다. 에펠탑도 역시 온도가 1℃ 상승하면 3mm 정도 늘어나게 되는데 프랑스에서 덥고 맑은 날씨일 때에는 탑의 온도는 40℃까지 올라가고, 추운 겨울에는 0℃ 이하까지도 내려가게 된다. 따라서 온도의 변화는 40℃ 이상 되기 때문에 에펠탑의 높이도 계절에 따라 12cm 정도 변하게 되는 것이다.

그렇다면 바로 지금 에펠탑의 높이는 과연 얼마나 될까?





참고 자료

01 * 열에 의한 팽창 정도는 물질의 고유한 성질

대부분의 물질은 열에 의해 팽창하지만, 팽창하는 정도는 물질마다 다르다. 즉, 물질의 고유한 성질이다. 보편적으로 기체 > 액체 > 고체 순서로 물체가 팽창하지만 같은 고체라 하더라도 물질에 따라 팽창하는 비율이 다르다.

고체의 선팽창률은 고체의 길이가 온도에 따라 변화하는 것을 말하는데, 온도가 1°C 변화할 때 재료의 단위 길이 당 길이의 변화이다. 우리 주변 고체들의 선팽창률을 알아보면 다음과 같다. 20°C에서 금은 1.5×10^{-5} , 은은 2.0×10^{-5} , 구리는 1.7×10^{-5} , 철은 1.2×10^{-5} , 백금은 1.02×10^{-5} , 얼음(-20°C~-1°C)은 5.1×10^{-5} , 유리는 0.9×10^{-5} , 콘크리트는 $1.0 \sim 1.2 \times 10^{-5}$ 정도의 선팽창률을 갖는다.

액체의 부피팽창률(20°C)은 다음과 같다. 아세톤은 1.43×10^{-3} , 에탄올은 1.08×10^{-3} , 메탄올은 1.19×10^{-3} , 글리세롤은 0.47×10^{-3} , 수은은 0.181×10^{-3} , 황산(100%)은 0.56×10^{-3} , 물은 0.21×10^{-3} 의 부피팽창률을 갖는다.

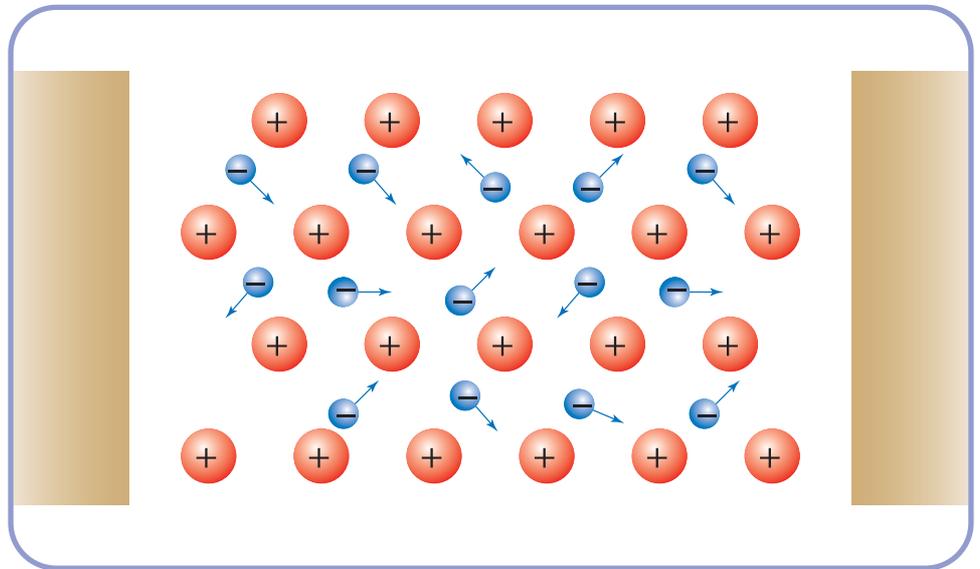
그러나 기체의 부피팽창률은 일정 압력 하에서는 기체의 열팽창계수가 일정하다는 게이뤼삭의 법칙에 따라 압력이 일정하면 기체의 부피는 온도가 1°C 오름에 따라 1/273씩 증가하게 된다. 따라서 모든 기체는 같은 부피 팽창률을 갖게 된다.



02* 금속의 특징

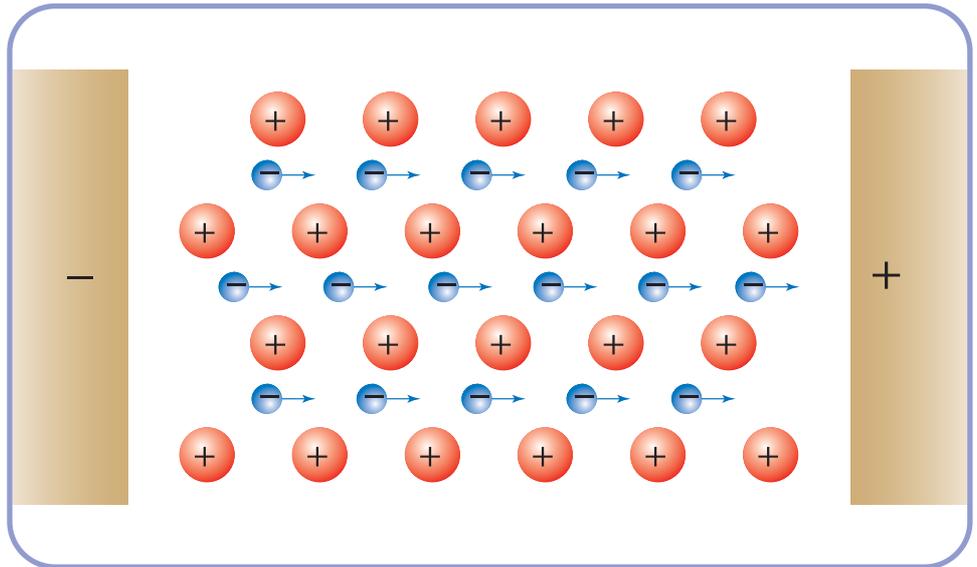
고체의 가장 대표적인 물질인 금속은 광택을 가지고, 전기를 통하며, 열을 빨리 전달하고, 쉽게 휘어지거나 펴지는 등의 성질을 가지는 것으로 알려져 있다. 금속의 이러한 성질은 모두 금속 안에 존재하는 자유전자 때문이다.

다른 물질들과는 달리 금속은 매우 작으면서 음전하를 띠는 자유전자가 자유롭게 움직일 수 있는 구조로 되어 있다. 그리고 전하의 균형을 맞추기 위하여 양전하를 띤 양이온들도 존재한다. 자유전자에 비해 양이온들은 크기가 크며 규칙적으로 배열되어 있다. 그러나 자유전자들은 매우 크기가 작고 자유롭게 이동하는 성질이 있다.



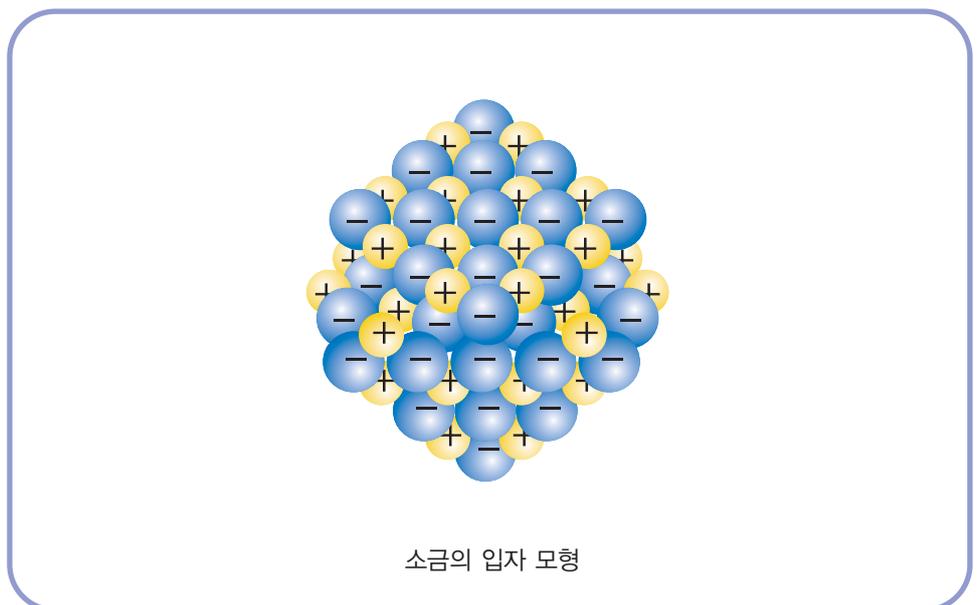
물질들은 보편적으로 빛이 들어오면 그 중에 특정한 빛만을 흡수하거나 방출함으로써 고유한 색을 나타낸다. 그런데 금속의 경우에 번쩍이는 광택이 보편적으로 나타나는 이유는 빛이 들어올 때 자유전자가 다양한 빛들을 흡수하였다가 쉽게 방출하기 때문이다. 이때 자유전자는 고유한 빛만을 흡수하거나 방출하지 않고 여러 종류의 빛들을 모두 흡수하거나 방출하기 때문에 금속 고유의 광택을 낼 수 있다.

또한 전기를 통하면 자유전자들은 전기장 안에서 일정한 방향으로 나란히 배열을 하여 움직이게 된다.



전류가 흐른다는 것은 전하를 띤 입자들이 움직이는 것인데, 양이온들은 움직이지 않지만, 음전하를 띤 입자인 자유 전자들이 쉽게 이동함으로써 금속은 다른 대부분의 고체 물질들과는 달리 전기를 통하게 되는 것이다.

소금과 같은 고체는 전기를 통하지 않는데, 그 이유는 소금을 구성하는 양이온들과 음이온들이 단단하게 결합하고 있으며 서로 움직이지 않기 때문이다.





열 이동은 높은 온도의 물질에서 낮은 온도의 물질로 분자들의 운동 에너지가 전달되는 과정이다. 이때 높은 온도의 물질은 분자운동이 활발하고, 낮은 온도의 물질은 분자운동이 상대적으로 느리다. 따라서 낮은 온도의 물질이 높은 온도의 물질로부터 에너지를 받아 분자의 운동을 증가시키면서 열 이동이 일어나는데, 이때 분자의 운동이 쉽게 증가되어야 열 이동이 빨리 일어난다. 온도가 다른 두 고체 물질이 닿아서 이러한 형태로 열 이동을 하는 것을 우리는 “전도”라고 부른다.

그런데 에너지를 받은 입자의 운동이 빨리 증가하여야 열 이동이 빨리 일어난다. 금속의 경우에는 다른 고체 물질과는 달리 자유전자가 있기 때문에 열을 받으면 쉽게 분자운동이 증가되어서 금속은 열의 전도율이 유리나 플라스틱 등보다 높은 것이다. 같은 금속 물질이라고 하더라도 존재하는 자유 전자의 수나 이동 형태에 따라 열전도율이 큰 금속도 있고, 열전도율이 상대적으로 작은 금속도 있다. 그러나 대부분의 금속은 금속이 아닌 물질들에 비해 열전도율이 매우 높다.

플라스틱이나 유리는 꺾으면 부러지지만 금속은 쉽게 휘어진다. 그리고 망치 등으로 두드리면 다른 고체 물질들은 부서지지만, 금속은 펴지는 성질이 있다. 이러한 성질들도 모두 자유 전자와 관련이 있다. 주위로부터 압력을 받을 때, 금속은 자유전자가 압력에 의해 쉽게 이동하기 때문에 부러지거나 부서지지 않고, 유연하게 형태를 변화시킬 수 있는 것이다.

열에 의한 금속의 부피 변화

차 시	2/6차시		
교과서	52~53쪽	실험관찰	34쪽

학습목표

- 개념 영역** • 열에 의해 금속의 부피가 변한다는 것을 안다.
- 과정 영역** • 금속을 가열할 때와 식힐 때, 금속의 부피 변화를 관찰할 수 있다.
- 태도 영역** • 열에 의한 금속의 부피 변화를 활용하여 문제를 해결하려는 태도를 갖는다.



교과서



쇠구슬을 가열하면 어떻게 될까요?



쇠구슬을 쇠고리에 꼭 맞게 끼우기 위해 어떻게 했을까요?
다음 실험을 통하여 생각해 봅시다.

쇠고리와 그 쇠고리를 겨우 빠져 나갈 수 있는 크기의 쇠구슬을 준비합니다.

쇠구슬을 가열한 다음, 쇠고리에 끼워 봅시다.
쇠구슬이 쇠고리를 빠져 나갔습니까?



이번에는 쇠구슬을 식힌 다음, 다시 쇠고리에 끼워 봅시다.
쇠구슬이 쇠고리를 빠져 나갔습니까?



금속을 가열할 때와 식힐 때의 부피 변화를 이야기하여 봅시다.



학습 개요

01* 쇠구슬을 쇠고리에 끼워보기

- 쇠구슬이 쇠고리를 빠져 나가는지 관찰한다.

02* 가열한 쇠구슬을 쇠고리에 끼워보기

- 쇠구슬을 알코올 램프로 가열한다.
- 가열한 쇠구슬이 쇠고리를 빠져 나가는지 관찰한다.

03* 식힌 쇠구슬을 쇠고리에 끼워보기

- 쇠구슬을 찬물에 넣어 식힌다.
- 식힌 쇠구슬이 쇠고리를 빠져 나가는지 관찰한다.

04* 열에 의한 금속의 부피 변화 토의하기

- 금속을 가열할 때와 식힐 때의 부피 변화에 대하여 결론을 이끌어낸다.



실험 관찰

열에 의한 금속의 부피 변화 과학 52, 53 쪽

1. 쇠구슬을 가열한 경우
 ● 쇠구슬이 쇠고리를 빠져 나갔습니까?
 ● 그 까닭은 무엇일까요?

2. 쇠구슬을 식힌 경우
 ● 쇠구슬이 쇠고리를 빠져 나갔습니까?
 ● 그 까닭은 무엇일까요?

3. 온도 변화에 따른 금속의 부피 변화 :

쇠구슬과 쇠고리를 함께 가열하면 어떻게 될까요?
 한 걸음 더

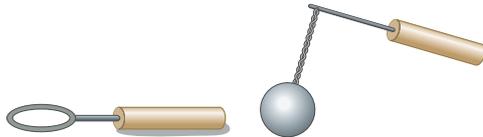
- 쇠고리를 빠져 나가지 못한다.
- 쇠구슬이 열을 받아 부피가 늘어났기 때문이다.
- 쇠고리를 빠져 나간다.
- 쇠구슬의 온도가 내려가서 부피가 줄어들었기 때문이다.
- 금속을 가열하면 부피가 늘어나고, 식히면 부피가 줄어든다.
- 쇠고리를 빠져 나간다. (쇠고리와 쇠구슬의 부피가 모두 늘어났기 때문이다.)



준비물

▶ 모둠별 준비물

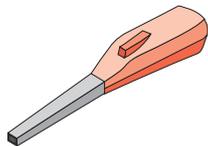
▼ 쇠구슬과 쇠고리 (각각 1개)



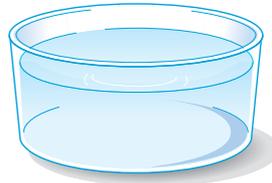
▼ 알코올 램프 (1개)



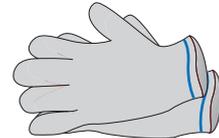
▼ 점화기 (1개)



▼ 찬물을 넣은 수조 (1개)



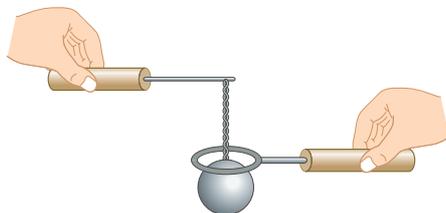
▼ 목장갑 (1개)



탐구 활동 과정

01* 쇠구슬을 쇠고리에 끼워보기

1-1. 쇠구슬을 쇠고리에 끼워본다.

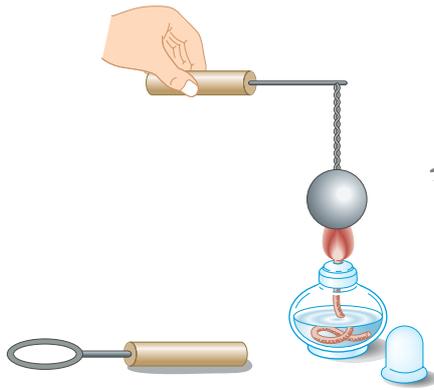


쇠구슬이 쇠고리를
뺏겨나간다. 이때 쇠구슬이
쇠고리를 쉽게 뺏겨나가는 것보다는
겨우 뺏겨나갈 정도의 크기를
준비하는 것이 좋다.



02* 가열한 쇠구슬을 쇠고리에 끼워보기

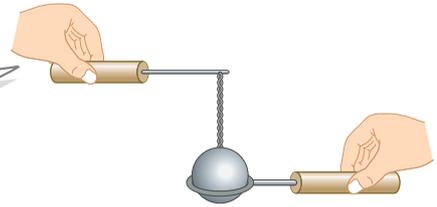
2-1. 쇠구슬을 충분히 가열한다.



알코올 램프는 안전한 장소에 두고 가열한다. 쇠구슬의 부피 변화가 눈에 보이지 않으므로 충분한 시간 동안 가열하는 것이 좋다.

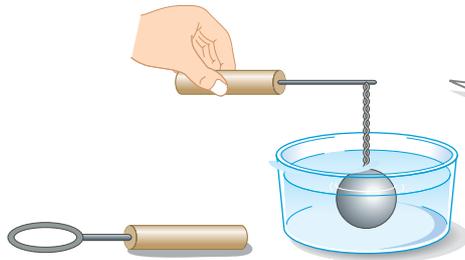
2-2. 가열한 쇠구슬을 쇠고리에 끼워 본다.

쇠구슬이 쇠고리를 통과하지 않는다. 이때 쇠구슬은 매우 뜨거우므로 화상을 입지 않도록 목장갑을 끼는 것이 좋다.



03* 식힌 쇠구슬을 쇠고리에 끼워보기

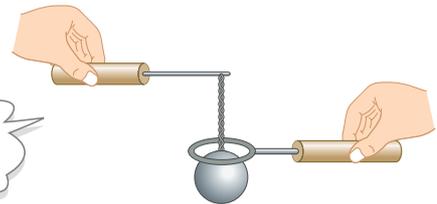
3-1. 찬물이 들어 있는 수조에 쇠구슬을 넣어 식힌다.



가열한 쇠구슬을 찬물에 넣으면 소리를 내면서 물이 튀므로 주의한다.

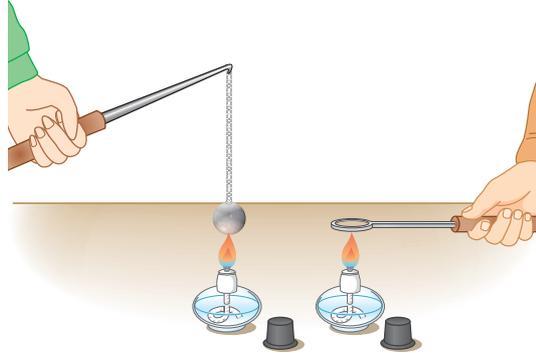
3-2. 찬물에 식힌 쇠구슬을 쇠고리에 끼워 본다.

쇠구슬이 쇠고리를 통과한다.



한걸음 더(생략할 수 있다)

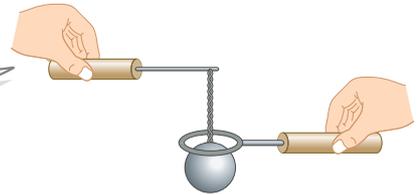
1. 쇠고리와 쇠구슬을 함께 가열한다.



쇠고리 전체가
고르게 충분히 가열될 수
있도록 해야 한다.

2. 가열한 쇠구슬을 가열한 쇠고리에 끼워 본다.

쇠구슬이 통과하는 사이에
쇠고리가 식으면 쇠구슬이 쇠고리에
끼어 빠지지 않으므로 쇠고리를
충분히 가열한 후 재빨리
통과시킨다.



04* 열에 의한 금속의 부피 변화 토의하기

4-1. 열에 의한 금속의 부피 변화에 대하여 토의한다.



실험 결과를 바탕으로
금속을 가열하면 부피가 늘어나고,
식으면 부피가 줄어든다는
결론을 내리도록 한다.



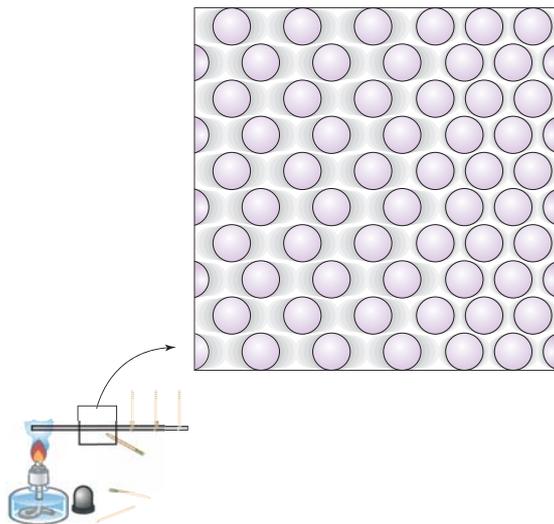
개념 해설

열이란 무엇일까?

많은 사람들이 열과 온도를 매우 혼동하는 경향이 있다. 학생들이 가지는 대표적인 오개념 중에는 온도계가 물질이 가지고 있는 열의 양을 측정하는 도구라는 생각이다. 이는 대부분의 과학 교과서에서 물질을 가열하면 온도가 올라가고 냉각시키면 온도가 내려가는 현상을 관찰하도록 구성하였기 때문에 형성되었을 수 있다. 또한 열의 정의없이 '가열'이나 '냉각'이라는 용어를 사용하기 때문에 열은 뜨거운 것이고, 그 반대어가 '냉'이며 이는 찬 것을 의미한다고 생각하는 경향이 있다. 열탕이나 냉탕이라는 일상용어를 통해서도 이러한 생각을 가지게 될 가능성이 높다.

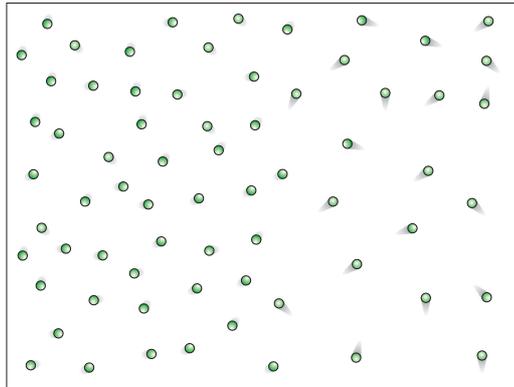
열을 이해하려면 우선 입자 운동의 관점에서 온도에 대한 정의를 먼저 도입해야 한다. 그래서 초등학교 3학년 과학교과서에서는 온도계기라는 활동을 통해 온도를 먼저 정의하였다. 그러나 초등학교 3학년 수준의 온도 정의, 즉 '차고 뜨거운 정도'의 의미만으로는 열의 개념을 정확하게 이해하기 어렵다. 온도를 '물질을 구성하는 분자의 운동이 활발한 정도'로 정의해야 열의 개념을 이해하기 쉽다.

열은 분자 운동이 활발한 높은 온도의 물질로부터 분자 운동이 느린, 온도가 낮은 물질로 에너지가 이동하는 것을 말한다. 이러한 열의 유형은 전도, 대류, 복사의 3가지로 구분된다. 고체 물질의 경우에는 입자들이 서로 단단히 결합하고 있어서 쉽게 입자의 이동이 어렵기 때문에 그 자리에서 진동하면서 옆의 입자를 쳐서 그 입자의 운동을 활발하게 하는 형태로 에너지가 전달된다. 이를 우리는 전도라고 한다. 금속과 같은 고체의 경우에 열은 바로 이러한 전도의 형태로 이루어진다. 열의 전도 개념은 초등학교 4학년 2학기 '열의 이동과 우리 생활' 단원에서 쇠 막대기에 이쑤시개를 촛농으로 붙이고 쇠막대기를 가열하면서 촛농이 녹아 이쑤시개가 떨어지는 과정을 관찰하는 것과 관련지을 수 있다.



액체나 기체와 같이 입자들 사이의 인력이 강하지 않아서 입자들이 자유롭게 움직일 수 있는 상태의 경우에는 대류의 형태로 입자의 운동 에너지가 전달된다.

부분적으로 온도가 높아지면, 입자의 운동에너지가 커져서 그 부분의 밀도가 낮아지기 때문에 중력에 의해 위로 입자들이 상승하고, 그 빈 자리에 온도가 낮아 밀도가 높은 곳에서부터 입자들



이 이동하여 들어오는 현상을 관찰하는 활동이 초등학교 4학년 2학기에 다루는 ‘열의 이동과 우리 생활’의 단원 내용에 포함되어 있다. 이 단원에서 물 속의 톱밥 움직임과 공기 중의 향 연기의 움직임으로 이러한 개념을 도입하는 것이다.

고체, 액체, 기체와 같이 열을 전달해 줄 수 있는 물질이 없는 경우에는 복사의 형태로 열이 전달된다. 높은 온도의 태양으로부터 낮은 온도의 지구로 열이 전달되는 방법은 바로 복사의 형태이다. 복사는 빛인 광자가 에너지 덩어리 형태로 날아오는 것이다. 지구에서 관찰할 때, 전도나 대류의 형태와 달리 복사 형태의 열은 빛을 차단함으로써 막을 수 있다. 이 활동은 초등학교 4학년 2학기 ‘열의 이동과 우리 생활’ 단원에서 빛에 의한 열 이동 관찰 활동과 관련이 있다.

우리가 바깥에 나가 양산을 쓰면 복사 형태로 전달되는 열을 차단할 수 있다. 그러나 공기의 움직임으로 전달되는 대류 형태의 열과 지면에 발이 닿아 고체인 땅으로부터 전달되는 전도 형태의 열은 차단하기 어렵다. 전도 형태의 열을 차단하기 위해서는 가능한 한 열전달이 쉬운 금속 관련 제품 대신, 고무나 플라스틱 재질의 신발을 사용하는 것이 좋다. 그러나 이 경우에도 오랜 시간 바깥에 있으면 결국 열평형에 의해 지면의 높은 온도의 에너지가 우리에게 전달될 것이다. 단지 고무나 플라스틱은 이러한 열이 전달되는 속도를 느리게 해 줄 뿐이다. 이렇게 재질에 따라 열전달의 속도가 달라지는 것을 우리는 ‘열전도율’이라고 부른다.





생활과 과학

01 * 단단히 잠긴 딸기잼 병을 쉽게 여는 방법



단단히 잠긴 딸기 잼의 뚜껑을 따뜻한 물에 넣으면 뚜껑이 팽창하게 되어 딸기잼 병을 쉽게 열 수 있다. 단단히 잠긴 너트나 겹쳐져서 잘 빠지지 않는 밥그릇을 빼낼 때도 마찬가지로 쉽게 해결할 수 있다.



02* 열에 의한 부피 팽창이 비슷한 물질들을 이용하는 경우

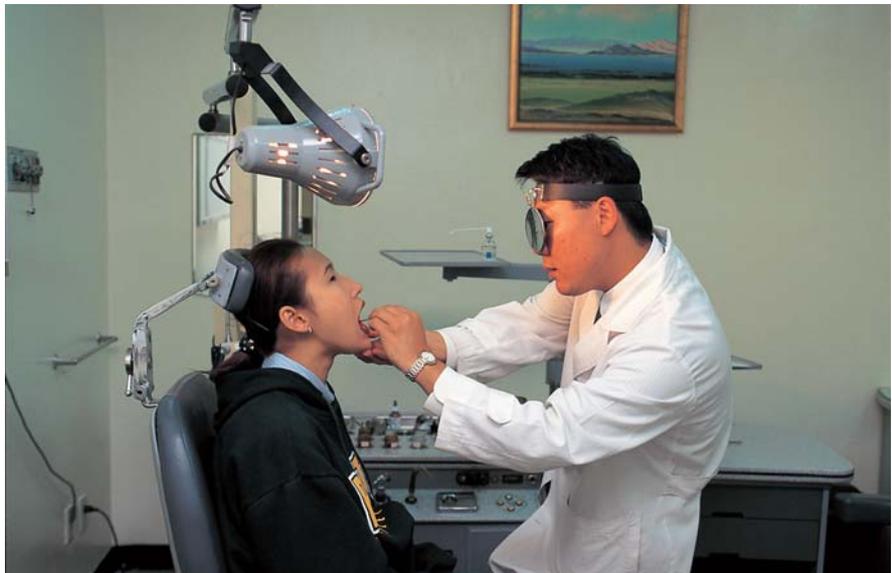
1) 철과 콘크리트는 찰떡 궁합!

건물을 지을 때에는 건물의 강도와 내구성이 매우 중요하다. 쉽게 부서지거나 단단하지 않은 재료를 사용하면, 그 건물이 붕괴 위험이 있기 때문에 큰 문제가 일어날 수 있다. 그런데 콘크리트는 충격을 받으면 쉽게 부서지는 성질이 있다. 그러나 콘크리트에 철근을 같이 넣으면 철근과 같은 강도를 가지게 된다. 그 이유는 바로 콘크리트와 철의 열팽창 계수가 거의 같고, 두 재료 사이에 부착 강도가 매우 커서 두 재료를 붙여 놓으면 쉽게 떨어지지 않기 때문이다. 이렇게 두 재료를 이용하여 철근 콘크리트를 만들면 강도와 내구성이 뛰어나 대형 건물을 지을 때 사용하여도 안정성에 문제가 없게 된다.

2) 치아 복구용 재료들

요즘 치과에서는 충치로 인해 망가진 이를 대신해서 이 모양으로 금속으로 본을 떠 찍우거나 구멍 난 이 사이를 다른 물질로 채우는 일이 많다. 그런데 만약 이런 물질들이 찬 아이스크림을 먹으면 줄어들고 뜨거운 찌개를 먹으면 팽창한다면 어떻게 될까? 이것은 생각만 해도 괴로운 일이 아닐 수 없다. 그러나 다행히도 현실적으로 그런 일이 일어나지는 않는데 그 이유는 바로 치아용 재료를 신중하게 선택하기 때문이다. 우선 치아의 재료는 온도가 변할 때 팽창률이 치아 조직의 열팽창률과 유사한 것을 사용한다. 만약 열팽창계수의 차이가 크다면 입 안 온도의 변화에 따라 팽창률이 달라지면서 새로 만들어 넣은 부분이 떨어져 나올 수 있다.

치과에서 사용하는 치아 복구용 재료들이 입 안의 온도 변화에 따라 팽창과 수축을 하는 비율은 치아의 법랑질과 상아질의 열팽창 비율에 가까워야 한다. 사람 치아의 열팽창계수와 비교하였을 때 가장 유사한 열팽창 비율을 갖는 재료는 금 합금이다. 의료 보험으로 할 수 있는 아말감의 경우 열팽창계수는 사람 치아의 약 2~5배정도 되기 때문에 금에 비해 쉽게 떨어지는 단점을 가진다.



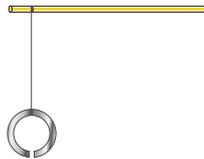


참고 자료

누구의 말이 옳을까?

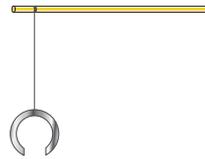


쇠고리를 가열하면
걸쇠가 늘어나니까 그
틈새는 좁아질거야



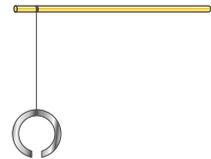
주연

쇠고리를 가열하면
전체적으로 부피가 늘어
나니까 고리의 벌어진
틈새도 넓어질거야.



현진

쇠고리를 가열하면
전체적으로 부피가 늘어
나서 그 틈새는 그대로
일거야.

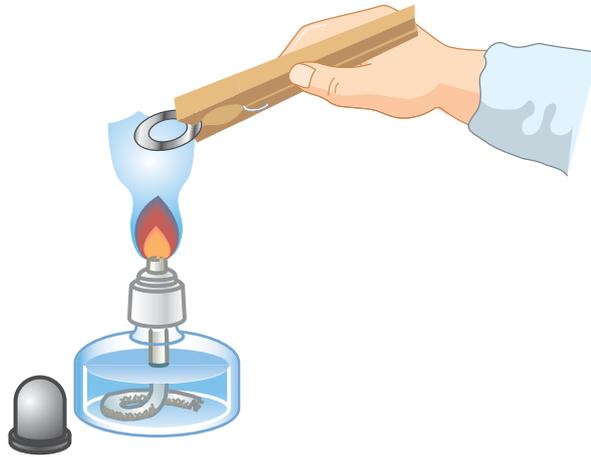


희정

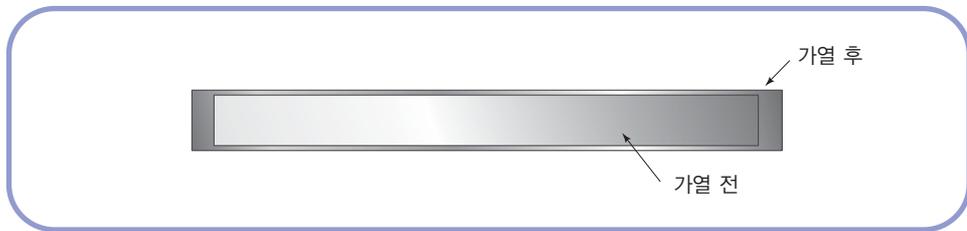


쇠고리를 가열하면 쇠고리의 벌어진 틈새 역시 커진다. 따라서 현진이의 주장이 옳다. 왜 그럴까? 그 이유를 살펴보기 전에 유사한 상황이지만, 쇠고리가 벌어져 있지 않고 가운데 구멍이 뚫린 금속 원판을 먼저 생각하면 이해하기 쉽다.

가운데 구멍이 뚫린 금속 원판을 가열하면 구멍의 크기는 어떻게 될까?

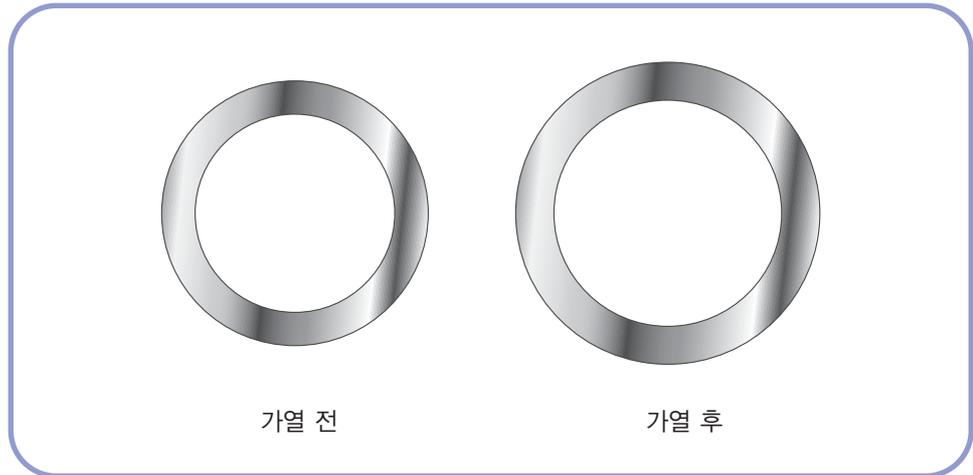


금속 원판을 가열하면 부피가 팽창하면서 원 안이 좁아질 것이라고 생각할 수도 있다. 그러나 원판을 긴 막대 모양으로 펼친 후에 가열하였다고 생각하여 보자. 그러면 길이와 폭 등이 모두 팽창하여 커지지만, 본래 길이가 길기 때문에 길이 쪽으로 늘어난 값이 더 크다. 팽창하는 비율은 길이나 폭의 경우에 모두 같지만, 초기 길이가 길면 팽창한 길이가 그에 비례하기 때문이다.



따라서 위의 그림과 같이 늘어난 막대를 다시 휘어서 원을 만든다면, 비록 두께도 커졌지만, 원의 구멍이 더 커질 것이라는 것을 상상할 수 있다. 따라서 가운데 구멍이 뚫린 금속 원판을 가열하면, 원판의 구멍이 커진다.

따라서 위의 그림과 같이 늘어난 막대를 다시 휘어서 원을 만든다면, 비록 두께도 커졌지만, 원의 구멍이 더 커질 것이라는 것을 상상할 수 있다. 따라서 가운데 구멍이 뚫린 금속 원판을 가열하면, 원판의 구멍이 커진다.



이와 마찬가지로 금속 고리를 가열하면, 금속 고리의 틈새가 더 벌어지게 된다.



금속 구를 금속 링에 끼우는 실험을 하다 보면, 금속 구가 가열되어서 링을 통과하지 못하고 중간에 끼는 경우가 생긴다. 금속 링도 가열하여 팽창되지만, 금속 구도 역시 열에 의해 팽창하기 때문이다. 이 경우에는 금속구와 금속 링을 계속 가열하여도, 팽창하는 비율이 같기 때문에 구가 링에서 빠지지 않는다. 얼음물에 식혀도 역시 수축하는 비율이 같기 때문에 역시 빠지지 않는다.

이러한 일이 발생하는 것을 방지하려면, 금속 구를 가열한 금속 링 사이로 통과시키기 전에 충분히 얼음물에 냉각시켜서 쉽게 가열되어 팽창하지 않도록 하고, 가능한 한 빠르게 금속 링을 금속 구가 통과하도록 실험하는 것이 중요하다.



열에 의한 물의 부피 변화

차 시	3/6차시		
교과서	54~55쪽	실험관찰	35쪽

학습목표

- 개념 영역** · 물을 가열하면 부피가 증가함을 안다.
· 물을 식히면 부피가 감소함을 안다.

- 과정 영역** · 물을 가열할 때와 식힐 때, 물기둥의 높이 변화를 관찰하여, 물의 부피 변화에 대하여 결론을 내릴 수 있다.



교과서



물의 온도가 달라질 때 부피는 어떻게 될까요?

물을 가열할 때와 식힐 때, 그 부피는 어떻게 될까요?



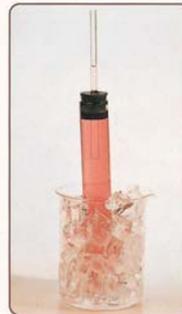
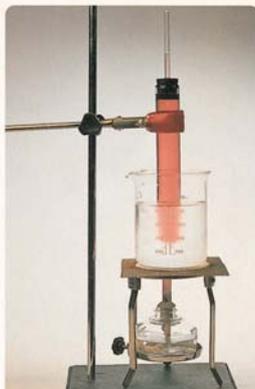
물이 담긴 비커에 색소 가루를 조금 넣고 잘 저은 다음, 시험관에 가득 채웁시다.



가는 유리관을 끼운 고무 마개로 시험관을 막습니다.

유리관에 물기둥의 높이를 표시한 다음, 물이 담긴 비커에 시험관을 넣고 스탠드에 고정시킵시다. 가열하면서 유리관 속 물기둥의 높이를 관찰하여 봅시다.

물의 부피는 어떻게 됩니까?



알코올 램프를 끄고, 가열했던 시험관을 식힙시다.

이 시험관을 얼음물이 들어 있는 비커에 담고, 유리관 속 물기둥의 높이를 관찰하여 봅시다.

물의 부피는 어떻게 됩니까?

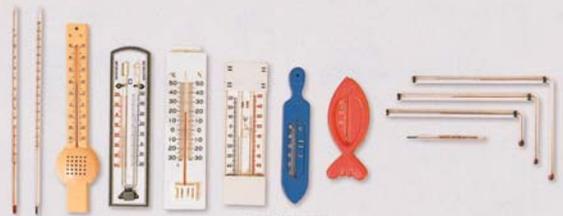
물을 가열할 때와 식힐 때의 부피 변화를 이야기하여 봅시다.

읽을거리



온도계의 원리

우리는 뜨겁고 차가운 정도를 알고 싶을 때에 온도계를 사용합니다. 온도계 속의 가는 다란 관에 들어 있는 것은 수이나 알코올과 같은 액체인데, 높은 온도에서는 관 속에 들어 있는 액체의 부피가 커지므로 액체가 가리키는 눈금이 올라갑니다. 또, 낮은 온도에서는 액체의 부피가 작아지므로 액체가 가리키는 눈금이 내려갑니다.



여러 가지 온도계



학습 개요

01 * 물을 가열하기

- 물이 가득 담긴 시험관을 가는 유리관이 끼워진 고무 마개로 막고 가열한다.
- 물을 가열하면서 물기둥의 높이 변화를 관찰한다.

02 * 물을 식히기

- 가열했던 시험관을 식힌다.
- 물을 식히면서 물기둥의 높이 변화를 관찰한다.

03 * 열에 의한 물의 부피 변화 토의하기

- 물을 가열할 때와 식힐 때 물기둥의 높이 변화로 물의 부피 변화에 대한 결론을 이끌어 낸다.



실험 관찰

열에 의한 물의 부피 변화
과학 54, 55 쪽

① 물을 가열할 때의 부피 변화: →

② 물을 식힐 때의 부피 변화: ←

③ 온도 변화에 따른 물의 부피 변화: ↔

요구르트 분수 만들기
이런 실험도 있어요

① 요구르트병에 빨대를 꽂습니다. 이 때, 빨대를 꽂은 구멍이 너무 커지지 않도록 주의합니다.

② 빨대를 빼고, 스포이트를 사용하여 요구르트를 더 넣어 가득 채웁니다.

③ 빨대를 깊숙이 꽂은 후, 빨대 주위를 고무 찰흙으로 막습니다.

④ 빨대에 요구르트가 있는 위치를 표시합니다.

⑤ 요구르트병을 뜨거운 물이 든 그릇에 넣고 요구르트의 부피가 어떻게 변하는지 관찰합니다.

• 물의 부피가 늘어난다.

• 물의 부피가 줄어든다.

• 온도가 올라가면 물의 부피가 늘어나고, 온도가 내려가면 물의 부피가 줄어든다.



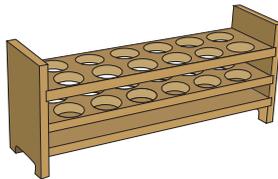
준비물

▶ 모둠별 준비물

▼ 시험관 (1개)



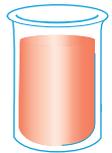
▼ 시험관대 (1개)



▼ 유리관이 꽂힌 고무마개 (1개)



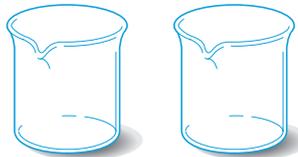
▼ 색소



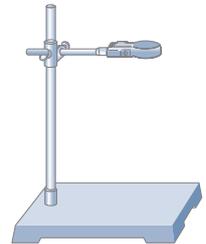
▼ 알코올 램프 (1개)



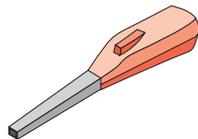
▼ 500mL 비커 (2개)



▼ 스탠드 (1개)



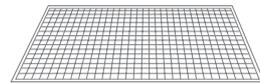
▼ 점화기



▼ 색이 다른 유성 사인펜 (2자루)



▼ 쇠파지망 (1개)



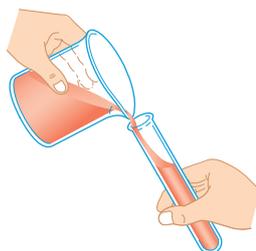
▼ 얼음



탐구 활동 과정

01 * 물을 가열하기

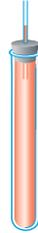
1-1. 색소를 탄 물을 시험관에 가득 채운다.



시험관에 기포가
있으면 물기둥의 변화에
영향을 줄 수 있으므로 공기가
들어가지 않도록 주의한다.



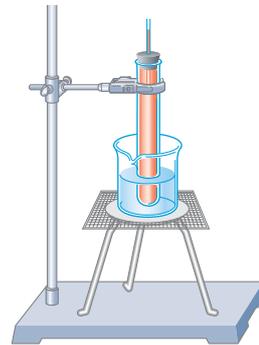
1-2. 유리관이 꽂힌 고무마개로 시험관을 막는다.



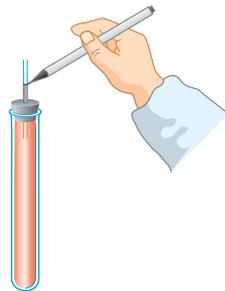
가늘고 긴 유리관을 사용하면 물이 조금만 팽창하여도 결과를 잘 볼 수 있다.

1-3. 물이 반쯤 담긴 비커에 시험관을 넣고 스탠드에 고정시킨다.

한 손으로 클램프 잡게 부분을 돌려서 시험관을 잡은 후, 다른 손으로 클램프 조절 나사를 돌려 고정한다. 이때 나사를 무리하게 돌리지 않는다.



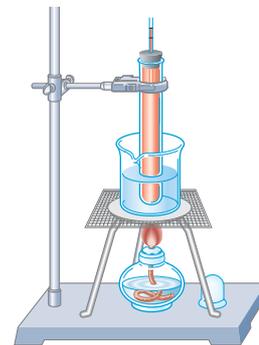
1-4. 물기둥의 높이를 유성 사인펜으로 유리관에 표시한다.



물기둥이 고무마개보다 1cm 정도 높게 올라가도록 고무마개를 돌려서 조절한 다음 표시한다.

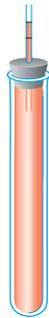
1-5. 알코올 램프로 비커를 가열한 후, 물이 가장 많이 올라갔을 때의 위치를 사인펜으로 표시한다.

계속 가열하면 물이 유리관 밖으로 넘칠 수 있으므로, 물기둥이 유리관의 길이의 절반 이상 올라가면 알코올 램프를 끈다.



02* 물을 식히기

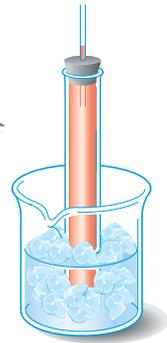
2-1. 시험관을 공기 중에서 식힌다.



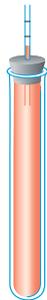
뜨거운 시험관을 곧바로
얼음물에 넣으면 깨질 염려가
있으므로 충분히 식을 때까지
기다린다.

2-2. 시험관을 얼음물이 담긴 비커에 담근다.

얼음이 든 비커를
실험 전에 미리
준비해 둔다.



2-3. 물기둥이 더 이상 내려가지 않으면, 물기둥의
높이를 사인펜으로 표시한다.



색이 다른 사인펜을
사용하여 처음 높이와
구분하는 것이 좋다.

03* 열에 의한 물의 부피 변화 토의하기

3-1. 물을 가열할 때와 식힐 때, 물기둥의 높이 변화를 통하여
물의 부피 변화에 대한 결론을 이끌어낸다.

물을 가열하면
부피가 늘어나고, 식하면
부피가 줄어든다.

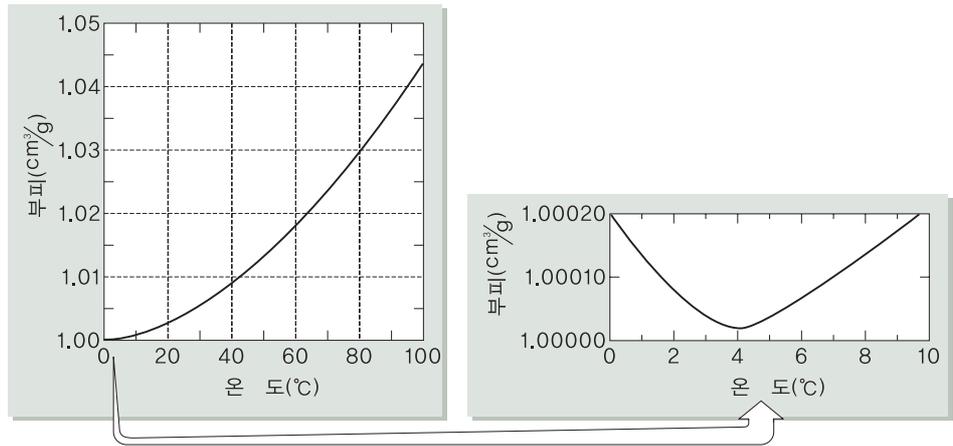




개념 해설

01* 열에 의한 물의 부피팽창

대부분의 액체는 열을 가하면 부피가 팽창한다. 이 단원의 1, 2주제에서 배운 금속과 같은 고체보다는 많이, 4주제에서 배울 공기(기체)보다는 적게 팽창하게 된다.



물도 온도가 증가할수록 부피가 팽창하게 되는데 물은 부피 변화에 있어 특수한 성질을 나타낸다. 즉, 물은 오른쪽 그래프와 같이, 4°C일 때 부피가 가장 작고 4°C 이상과 4°C 이하에서는 물의 부피가 팽창한다.

4°C 물의 부피가 가장 작기 때문에, 이 온도에서의 밀도는 가장 크게 된다. 이러한 성질 때문에 추운 겨울 강에서 얼음이 바닥에서부터 얼지 않고 수면부터 얼게 된다. 4°C보다 차가운 물은 4°C의 물보다 밀도가 더 작아서 위쪽으로 올라가게 되고 점차 수면 쪽으로 갈수록 차가운 물이 위치하여 수면부터 얼게 되는 것이다.

물의 부피 팽창에 대해 자세히 지도하면 너무 어려워지고, 혼란을 줄 우려가 있으므로, 이 차시에서는 4°C 이상에서의 부피 변화만을 취급한다.

02* 온도계의 원리

온도계의 내부를 살펴보면 가느다란 유리관이 있고 그 안에 액체가 들어 있다. 액체의 종류에 따라 수은 온도계나 알코올 온도계라고 부른다. 보통 액체의 색이 은색이면 수은 온도계라고 부르고, 붉은 색을 띠면 알코올 온도계라고 부른다. 알코올 온도계에는 온도계의 액체 수면 높이가 잘 보이도록 붉은 색소를 넣는다.

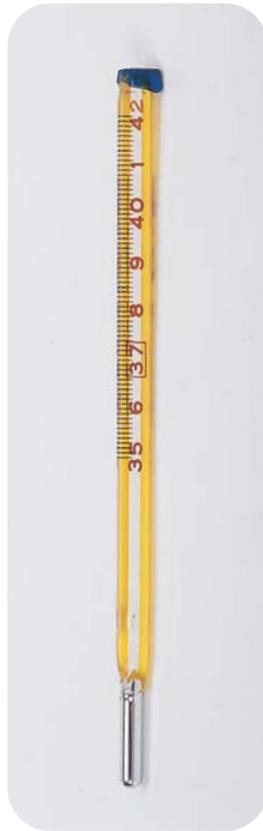
온도가 올라가면 온도계 안에 들어있는 액체 입자들의 운동이 활발해 지면서 부피가 팽창하게 되어서 수면의 높이가 올라가 그에 알맞은 온도를 나타내게 된다. 그렇다면 이때



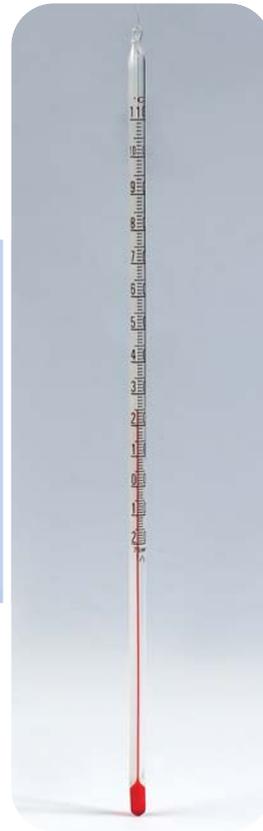


유리관은 기온에 의해 팽창하지 않을까? 물론 유리관도 기온에 의해 팽창된다. 그러나 액체가 열에 의해 부피가 팽창되거나 압축되는 정도가 고체인 유리에 비해 훨씬 크다. 더구나 실험실이나 온도계에 사용하는 유리는 내열유리로 보통 유리에 비해 팽창률이 매우 낮다. 따라서 같은 열을 받더라도 온도계의 유리는 팽창하는 정도가 매우 작지만 액체의 팽창 정도는 상대적으로 커서 결국 수면의 높이가 온도를 가리킬 수 있게 되는 것이다.

액체의 부피 팽창율이 온도에 따라 다르기 때문에 자세히 살펴보면, 온도계의 눈금은 등 간격이 아님을 알 수 있다. 학교 실험실에서 사용하는 대부분의 온도계는 정확성은 떨어지지만, 인체에 무해한 것을 사용하기 위하여 수은보다는 알코올 온도계를 많이 사용한다.



수은 온도계



알코올 온도계



학생 활동

반 | 번 | 이름

누가 누가 빠를까?

액체의 종류에 따라 온도의 변화에 따른 팽창률이 다르다. 물과 식용유를 이용하여 팽창정도를 체험해 보자.

준비물 시험관 2개, 유리관이 꽂힌 고무마개 2개, 시험관대, 식용유, 색소를 탄 물, 60℃ 정도의 뜨거운 물과 얼음물(1L 비커), 스탠드, 고무찰흙

실험하기

- ① 유리관과 고무마개 틈 사이가 새지 않도록 고무찰흙으로 막아 놓는다.
- ② 2개의 시험관에 각각 상온의 식용유와 물을 가득 분 후, 가는 유리관을 끼운 고무마개로 시험관을 막고, 시험관대에 꽂아 둔다.
- ③ 60℃ 정도의 뜨거운 물이 담긴 비커에 2개의 시험관을 동시에 넣고 관찰해 본다. 이때 시험관의 바닥이 비커의 바닥 정도까지 내려가도록 한다. 시험관이 비커 벽면이나 바닥에 세게 부딪치면 깨지기 쉬우므로 조심한다.

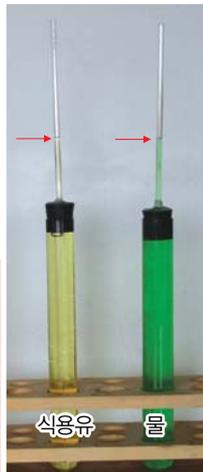
○ 어느 시험관의 기둥이 많이 올라가는가? _____

④ 뜨거운 물에서와 같은 방법으로 얼음물이 담긴 비커 안에 2개의 시험관을 옮긴 후 관찰해 보자.

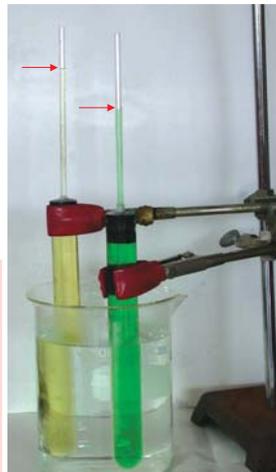
○ 어느 시험관의 기둥이 많이 내려가는가? _____

■ 식용유와 물 중 온도에 따라 부피가 많이 늘어나는 액체는 무엇인가?

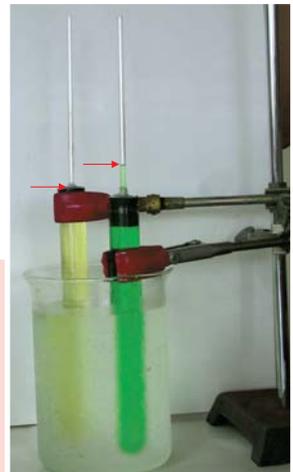
해설 · 식용유가 물보다 온도에 따른 팽창률이 더 높다. 따라서 뜨거운 물이나 찬물에서 식용유가 물보다 변화하는 정도가 더 큰 것을 확인할 수 있다. 실험 시 스탠드 고정 이 어려울 경우 비커 안에 시험관을 손으로 직접 넣어도 무방하다.



식용유 물



뜨거운 물에 넣었을 때



얼음물에 넣었을 때



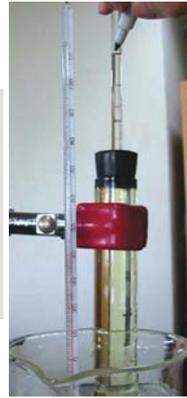


도전 과제

간이 온도계 만들기

준비물 식용유(기름), 시험관, 시험관대, 온도계, 유리관이 꽂힌 고무마개, 스탠드, 비커 (500mL), 쇠그물, 삼발이, 알코올램프, 유성펜, 성냥, 얼음

- 실험하기**
- ① 시험관에 식용유를 가득 채우고 유리관이 꽂힌 고무마개를 막아 기름 기둥이 2cm정도 올라오도록 한다. 너무 많이 올라올 경우 식용유를 조금 따라낸 후에 고무마개를 막는다. 이때 공기가 들어가지 않도록 주의한다.
 - ② 500mL 비커에 얼음물을 담아 가열하는 실험장치를 꾸민다.
 - ③ 얼음물의 온도를 확인하고 기름 기둥의 높이를 유성펜으로 표시한다.
 - ④ 알코올램프에 불을 붙이고, 물을 가열한다.
 - ⑤ 물의 온도 10℃ 간격으로(10℃, 20℃ ...) 기름 기둥의 높이를 유성펜으로 표시한다.



➤ 생각해보기

1. 눈금을 표시한 이 시험관과 온도계의 다른 점은 무엇인가?

2. 이 시험관을 온도계로 쓸 수 없는 이유는 무엇인가?

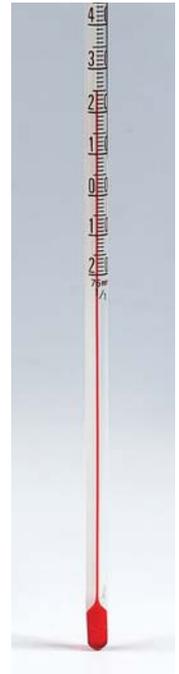
정답 및 해설

1. 온도계처럼 눈금이 표시되어 있어 대략적인 온도를 확인할 수 있다.
2. 측정할 때 물의 온도와 식용유의 온도가 같았다고 볼 수 없다. 식용유가 담겨진 시험관이 너무 크다. 등등



온도를 정확히 측정하기 위해서는 온도계에서 액체가 모여 있는 끝부분(구부)이 온도를 재려는 물질과 충분한 시간 동안 접촉하여 열적 평형을 이루어야 한다. 우리가 체온을 재려고 하면 체온계를 콧고 몇 분 정도 기다려야 하는 이유가 바로 이것 때문이다. 열적 평형에 도달하기까지 기다리지 않고 온도계의 눈금을 읽으면, 그 온도는 측정하고자 하는 물질의 온도가 아닐 수 있기 때문이다.

보통 온도계는 구부가 작아 열적 평형에 도달해야 하는 액체의 양이 작기 때문에 온도계 내부의 용액은 측정하고자 하는 물질의 실제 온도와 빨리 같아진다. 따라서 열적 평형에 도달하기까지 오랜 시간이 걸리지 않는다. 하지만 이 실험에서는 온도계의 구부에 해당하는 식용유의 양이 많을 뿐만 아니라 구부의 일부만이 물속에 잠겨 있으므로 물의 온도와 식용유의 온도가 같다고 볼 수 없다. 그러나 이 실험을 통해 학생들과 함께 온도계를 직접 만들어 보면서 온도계의 원리에 대해 이해하는 시간을 가질 수 있을 것이다.



참고 자료

01* 온도의 기원

우리가 보통 사용하는 섭씨 온도계는 물의 녹는점 혹은 어는점을 0℃, 끓는점을 100℃로 정하고 그 사이를 100등분한 것이다. 이 온도 측정기준은 1742년 스웨덴의 천문학자인 셸시우스가 고안하였는데, 오늘날 과학의 전반적인 분야에서 이 척도를 사용한다.

미국에서 가장 많이 사용하는 화씨 온도계는 물의 어는점을 32 ℉로 하고, 물의 끓는점을 212 ℉로 하여 그 사이를 180등분한 것이다. 이 온도 단위는 18세기 독일의 물리학자인 다니엘 파렌하이트가 만들었는데, 그는 순수한 물을 기준으로 삼지 않고 얼음과 소금이 같은 양 들어있는 혼합물의 온도를 0으로 정하였기 때문에 순수한 물의 어는점이 32 ℉가 된 것이다. 1970년대까지 화씨 온도는 대부분 영어를 사용하는 나라에서 사용하다가 이제는 미국을 제외한 영어 사용 국가들도 모두 섭씨 온도로 바꾸어 사용하고 있다. 섭씨 온도와 화씨 온도 사이의 변환을 위한 공식은 $^{\circ}\text{F} = \left(\frac{5}{9} \times ^{\circ}\text{C}\right) + 32$ 이다.

절대온도라고 부르는 켈빈 온도는 열역학 제 2법칙에 의해 이론적으로 정해진 눈금의 온도를 의미한다. 이 온도의 기준인 0K는 이론적으로 물질이 가질 수 있는 최저 온도이다. 이 온도는 섭씨 온도로 환산하면 -273 ℃에 해당한다. 켈빈 온도의 눈금 간격은 섭씨 온도의 간격과 같다. 따라서 물이 어는 온도인 0 ℃는 273 K이다. 즉, 켈빈 온도에 항상 273을 더하면 섭씨 온도가 된다.

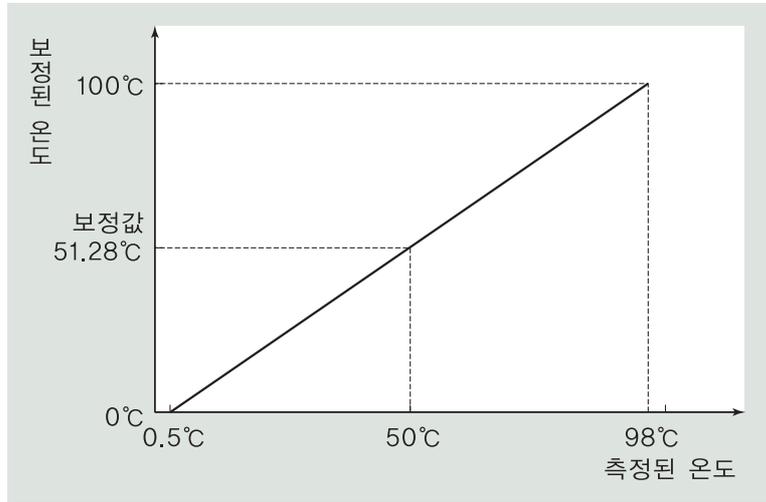




02* 온도계의 보정

학교 실험실에서 사용하고 있는 온도계도 정확하지 않는 경우가 많다. 실험실에 있는 여러개의 온도계 여러 개로 한 액체의 온도를 재어보면 각각 조금씩 눈금의 차이를 보인다. 따라서 정확한 온도를 측정하고자 한다면 온도계를 보정해 줄 필요가 있다. 우리가 사용하는 온도계는 보편적으로 섭씨온도를 나타내므로 얼음물(얼음과 물이 혼합되어 있는 상태에서 열평형에 도달한 물의 온도)의 온도를 0℃로 잡고, 물이 끓을 때 수면 위 2cm 정도 높이에서 측정한 온도를 100℃로 잡아 실제 온도계의 눈금으로 측정된 온도를 보정하면 된다.

온도계의 눈금 보정을 위해 다음과 같은 그래프를 사용하면 편리하다. 만약 얼음물에서 측정하는 온도계의 눈금이 0.5℃를 가리키고, 끓는 물에서 98℃를 가리켰다고 하면, 이 온도계로 측정한 값이 50℃일 때 실제 온도는 51.28℃이다.



이를 계산하기 위해서는 측정값에 항상 $\frac{100}{(\text{끓는 물의 온도} - \text{얼음물의 온도})}$ 값을 곱하면 된다. 이때 대기압에 따라서도 끓는점이 다를 수 있으므로 기준 기압인 1기압인지 확인하는 것이 중요하다. 보편적으로 우리가 살고 있는 기압은 1기압이지만, 경우에 따라 이보다 조금 낮거나 높을 수 있다. 기압이 조금 낮아지면, 물의 끓는점의 온도도 100℃보다 조금 낮아진다. 어는점의 온도도 0℃보다 조금 낮아진다. 만약 기압이 조금 높아진다면, 물의 끓는점은 100℃보다 조금 높아지고, 어는점도 역시 0℃보다 조금 높아진다.

열에 의한 공기의 부피 변화

차 시	4~5/6차시		
교과서	56~58쪽	실험관찰	36~37쪽

학습목표

- 개념 영역** · 공기를 가열하면 부피가 증가함을 안다.
· 공기를 식히면 부피가 감소함을 안다.

- 과정 영역** · 공기를 가열할 때와 식힐 때, 공기의 부피 변화를 관찰할 수 있다.



교과서



공기를 가열하면 어떻게 될까요?

빈 주둥이의 비누막을 부풀리기 위해 마술사는 어떻게 하였을까요?
다음 실험을 통하여 알아 내어 봅시다.



실험 1



고무 풍선을 끼운 케트병을 뜨거운 물에 넣어 봅시다.

이번에는 뜨거운 물에서 꺼낸 케트병을 얼음물에 넣어 봅시다.

고무 풍선의 변화를 관찰하여 봅시다.

실험 2

빈 병의 주둥이를 물로 충분히 적신 다음, 10원짜리 동전을 올려놓아 봅시다.



이 병을 뜨거운 물에 넣어 봅시다. 어떤 변화를 관찰할 수 있습니까?

공기를 가열할 때와 식힐 때, 공기의 부피는 어떻게 되는지 이야기하여 봅시다.





학습 개요

01* 페트병 속의 공기를 가열하기

- 고무풍선을 끼운 페트병을 뜨거운 물에 넣는다.
- 고무풍선이 커지는 것을 관찰한다.

02* 페트병 속의 공기를 식히기

- 고무풍선을 끼운 페트병을 얼음물에 넣는다.
- 고무풍선이 작아지는 것을 관찰한다.

03* 유리병 속의 공기를 가열하기

- 동전을 올려놓은 유리병을 뜨거운 물에 넣는다.
- 동전이 딸각거리는 것을 관찰한다.

04* 열에 의한 공기의 부피 변화 토의하기

- 공기를 가열하거나 식힐 때의 부피 변화에 대한 결론을 이끌어낸다.



실험 관찰



열에 의한 공기의 부피 변화

과학 56~58 쪽

실험 1

- 뜨거운 물에 페트병을 넣었을 때, 고무 풍선의 변화:
고무 풍선이 팽팽해진다.
- 얼음물에 페트병을 넣었을 때, 고무 풍선의 변화:
고무 풍선이 줄어든다.

실험 2

- 뜨거운 물에 병을 넣었을 때, 병 주둥이에서 일어나는 변화:
동전이 딸각 소리를 내며 움직인다.
- 온도 변화에 따른 공기의 부피 변화:
**온도가 올라가면 공기의 부피는 늘어나고,
온도가 내려가면 공기의 부피는 줄어든다.**

읽을거리

스포이트로 액체를 밀어뜨릴 때, 액체 방울이 스포이트 끝에 남아 있는 경우가 있습니다. 이 액체 방울을 쉽게 빼내려면 어떻게 하면 될까요?

스포이트의 중간 부분을 손으로 감싸면 액체 방울이 밀려 나오는 것을 관찰할 수 있습니다. 이것은 체온에 의해 스포이트 속의 공기의 온도가 높아지면서 공기의 부피가 팽창했기 때문입니다.



36



달걀을 심기는 주스병

이런 실험도 있어요



- ① 삶은 달걀의 껍데기를 벗겨 둡니다.
- ② 주스병에 뜨거운 물을 넣고 병이 뜨거워질 때까지 혼든 다음, 물을 다른 그릇에 따릅니다.
- ③ 주스병이 식기 전에 삶은 달걀을 주스병 주둥이에 올려놓습니다.
- ④ 삶은 달걀이 어떻게 되는지 관찰합니다.



주의

손을 데지 않게 조심하세요.



찌그러지는 페트병

- ① 페트병에 뜨거운 물을 $\frac{1}{3}$ 정도 넣고 마개를 닫습니다.
- ② 페트병을 2~3번 혼든 다음, 뜨거운 물을 다른 그릇에 따릅니다.
- ③ 마개를 다시 닫은 다음, 페트병의 변화를 관찰합니다.



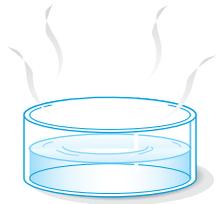
37



준비물

교사 준비물

▼ 뜨거운 물



▼ 얼음

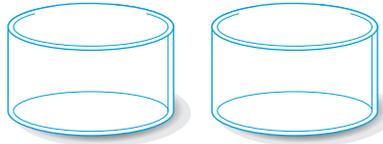


모둠별 준비물

▼ 고무풍선 (1개) ▼ 1.5L 페트병 (1개) ▼ 빈 유리병 (1개)



▼ 수조 (2개)



▼ 10원짜리 동전 (1개)



탐구 활동 과정

01* 페트병 속의 공기를 가열하기

1-1. 페트병 입구를 고무풍선으로 씌운다.



고무풍선을 한두 번 불어서 미리 늘려 놓는 것이 좋다. 또한 풍선에 얼골 모양을 그려 놓으면 재미있게 관찰할 수 있다.

1-2. 뜨거운 물이 담긴 수조에 페트병을 넣는다.

페트병을 수조에 넣으면 물이 넘칠 수 있으므로, 뜨거운 물은 수조에 절반정도 넣는 것이 좋다.





1-3. 고무풍선의 변화를 관찰한다.

고무풍선이 부풀면서
바로 서게 된다.



02* 페트병 속의 공기를 식히기

2-1. 고무풍선을 끼운 페트병을 얼음물이 담긴 수조에 넣는다.



뜨거운 물에 넣어
팽창한 풍선을 바로 얼음물에
넣어 결과를 확인한다.

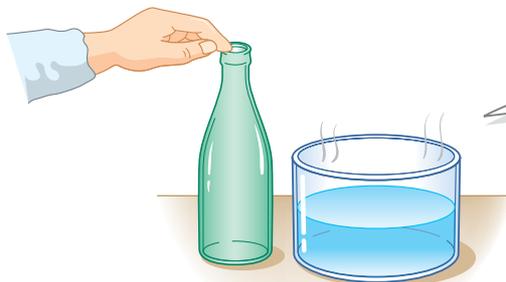
2-2. 고무풍선의 변화를 관찰한다.

풍선이 꼭 끼어지면서
납작해진다. 시간이 지나면서
풍선이 페트병 속으로
들어갈 수도 있다.



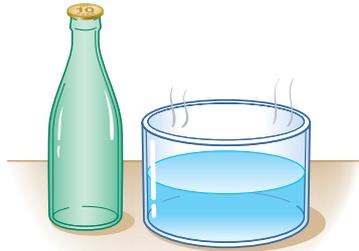
03* 유리병 속의 공기를 가열하기

3-1. 빈 유리병 주둥이를 물로 적신다.



주둥이에 물을 충분히
적셔야 동전과병이 밀착되면서
병 속의 공기가 새어나가지
못하게 할 수 있다.

3-2. 빈 병의 주둥이에 10원짜리 동전을 올려놓는다.

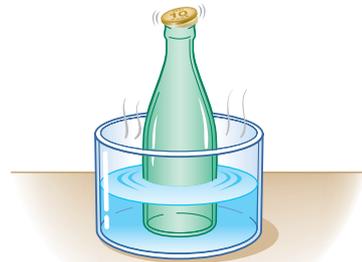


동전을 중심에 맞춰 올려놓는 것이 좋다.

Tip. 테이프로 동전 한쪽 구석을 고정한다.

3-3. 뜨거운 물이 담긴 수조에 유리병을 넣고, 병이 흔들리지 않게 잘 잡고, 동전의 변화를 관찰한다.

동전이 떨어거리는 것을 관찰할 수 없는 경우에는, 빈병의 속을 찬 물로 헹구어 식힌 다음 동전을 잘 올려놓고 다시 실험한다.



04* 열에 의한 공기의 부피 변화 토의하기

4-1. 공기를 가열할 때와 식힐 때, 공기의 부피 변화에 대한 결론을 이끌어 낸다.

공기의 부피는 온도에 따라 달라진다.

4-2. (생각해 보기) 찌그러진 탁구공을 원래대로 할 수 있는 방법에 대해 생각한다.

찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣으면 공기의 부피가 늘어나기 때문에 탁구공이 원래대로 돌아온다.





개념 해설

열에 의한 공기의 부피 변화

기체 상태에서 물질을 이루고 있는 가장 작은 알갱이, 즉 기체 분자는 이웃 분자들의 운동과는 상관없이 자유롭게 활발하게, 그리고 쉬지 않고 운동하고 있다. 그래서 기체 상태인 물질은 그것이 담긴 그릇의 모양이나 크기에 상관없이 그릇 전체를 차지한다. 또한 기체의 부피는 꼭 정해져 있는 것이 아니라 담긴 그릇의 크기와 같아진다.



찌그러진 탁구공을 더운 물에 넣으면 찌그러진 곳이 퍼지면서 본래 모양으로 돌아온다.

이러한 현상은 온도가 높아짐에 따라 분자의 운동이 활발해져서 기체 분자 사이의 공간이 넓어지기 때문이다. 반면에 고무풍선을 팽팽하게 불어서 얼음 속에 넣으면 풍선이 점점 줄어들는다. 이와 같이 열에 의하여 부피가 늘어나는 것을 **열팽창**이라고 하며, 부피가 줄어드는 것을 **열수축**이라고 한다.

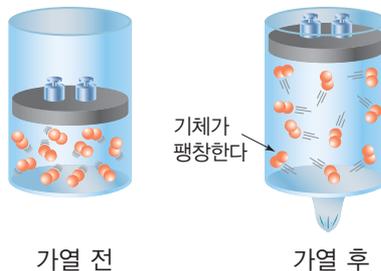
공기는 압력에 의해서도 부피가 변한다. 온도에 따라 부피가 변하는 정도를 알아낸 샤를(Jacques Alexandre Charles)보다 약 100년 전인 1661년에 영국의 과학자 보일(Robert Boyle)은 기체의 부피가 압력과 반비례하여 변한다는 것을 발견하였다.

이와 같이 기체의 부피는 압력과 온도를 함께 고려해 주어야 하는데 이 단원에서는 일정한 압력을 가정하고 온도의 변화에 따른 부피 변화만을 다룬다.

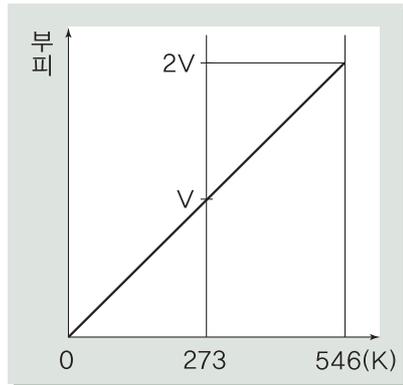
압력이 일정할 때 기체는 온도가 1℃ 상승함에 따라 0℃ 부피의 $\frac{1}{273}$ 씩 증가한다. 즉 273℃ 상승하면 처음 부피의 두 배가 된다.

만약 0℃의 1L 용기에 수소기체를 채우고 압력을 일정하게 한 후 온도를 273℃ 높일 경우 그 부피는 어떻게 되겠는가?

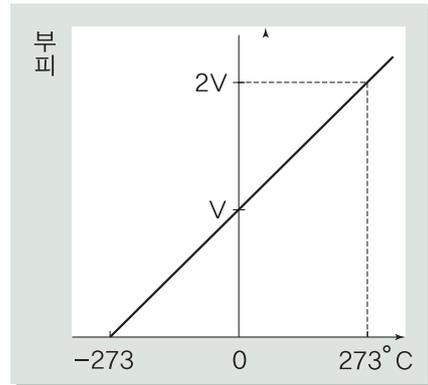
부피는 2L가 될 것이다.



이를 그래프로 나타내면 다음과 같다.



절대 온도



섭씨 온도

-273°C를 우리는 절대온도 0K라고 부른다. 273K는 0°C이고, 273°C는 546K이다.



수업 도우미

01* <이런 실험도 있어요>에 대한 보충 설명

달걀을 삼키는 주스병

주스병 속의 뜨거운 공기가 식으면서 공기 분자의 운동 속도가 줄어들기 때문에 내부 압력이 감소하여 달걀이 빨려 들어간다. 학생들에게는 분자 운동이나 압력 개념이 어려우므로 공기가 식으면서 부피가 줄어드는 성질이 있어 달걀이 빨려 들어간다고 설명해 준다.

찌그러지는 페트병

페트병 속의 뜨거운 공기가 식으면서 공기 분자의 운동 속도가 줄어들기 때문에 내부 압력이 감소하게 되므로 페트병의 외부압력보다 내부압력이 작아서 부피가 작아지게 된다(페트병이 찌그러지게 된다). 학생들에게는 공기가 식으면서 부피가 줄어들기 때문에 페트병이 찌그러진다고 설명해 준다.

02* <읽을거리>에 대한 보충 설명

공기가 자동차 바퀴를 터뜨릴 수 있을까요?

공기는 열에 의해 팽창되거나 압축되는 정도가 고체나 액체에 비해 매우 크다. 자동차가 달릴 때, 도로면과의 마찰열 때문에 바퀴 속의 공기가 가열되어 팽창된다. 이 때, 공기의 팽창 결과로 생긴 공기압이 바퀴가 견딜 수 있는 압력보다 높을 경우, 바퀴는 결국 터지게 된다. 따라서 마찰열에 의해 공기가 가열되어 팽창하더라도 바퀴가 견딜 수 있을 정도의 공기압이 생기도록 공기의 양을 조절한다.

바퀴 속의 공기압은 계절의 영향도 고려해야 한다. 여름에는 기온이 높으므로 바퀴의 공기압을 겨울보다는 좀 더 작게 해 주어야 한다.



학생 활동

반 | 번 | 이름

거꾸로 올라가는 물

준비물 높이가 있는 접시나 페트리접시 3개, 생일 초 6개, 성냥, 고무찰흙, 비커나 집기병 3개, 물감이나 식용색소



- 실험하기**
- ① 3개의 접시 각각에 고무찰흙을 이용해 생일 초를 1개, 2개, 3개씩 꽂는다. 이때 생일 초는 썩을 비커의 높이에 맞게 자른다.
 - ② 물감이나 색소를 탄 물을 접시에 2/3정도 붓는다.
 - ③ 초에 불을 켜고 유리컵을 덮어씌운다.



- ④ 초의 불이 꺼지면서 물이 어떻게 되는지 관찰한다.

01 * 물이 어떻게 되는가?

02 * 초의 개수에 따라서 빨려 올라간 물의 높이가 어떻게 다른가?

03 * 왜 초의 개수에 따라서 빨려 올라간 물의 높이가 달라졌을까?

정답 및 해설

01* 초가 꺼지면서 물이 순식간에 컵 안으로 빨려 올라간다.

02* 초의 개수가 많아질수록 빨려 올라가는 물의 양이 많다.

03* 초가 많이 켜져 있을수록 초 주위의 공기가 많이 데워져 있었는데, 불이 꺼지면서 그만큼 식은 정도가 더 크기 때문에 공기의 부피가 더 많이 줄어들게 된다. 따라서 초가 많을수록 물이 더 많이 빨려 올라갔다.





초가 꺼지면서 접시의 물은 순식간에 컵 안으로 빨려 올라간다. 이는 실험 관찰에 있는 '달걀을 삼키는 주스병' 과 같은 원리이다. 초로 인해 데워진 공기가 초가 꺼지면서 순식간에 식게 되고, 공기가 식으면서 공기 분자의 운동 속도가 줄어들기 때문에 내부 압력이 감소하여 물이 빨려 올라간 것이다. 여기서 초의 개수가 많아질수록 빨려 올라가는 물의 양도 늘어난다. 초의 개수가 많을수록 초 주위 온도는 더 높아지고, 공기입자가 활발해지는 만큼 단위부피당 공기 입자 수는 더 적게 된다. 이때 유리컵을 덮으면 데워진 공기입자는 갇히게 된다. 산소의 부족으로 불이 꺼지면 컵 속의 공기는 식게 되는데 초의 개수가 많은 쪽이 더 작은 수의 공기입자가 있던 상태이므로 같은 온도로 내려갔을 때 공기의 부피가 더 많이 줄어들게 되므로 그만큼 물이 더 많이 빨려 올라간다.



이와 같은 실험에서 초의 불이 꺼지면서 물이 빨려 올라가는 이유를 초가 타면서 소모한 산소의 부피 때문이라고 설명하기도 한다. 하지만 초가 꺼지면서 순식간에 물이 빨려 올라가는 현상이나, 초의 개수에 따라 빨려 올라가는 물의 양이 다른 점으로 보아 열에 의한 공기의 부피변화로 설명하는 것이 타당하다고 할 수 있다.



도전 과제

모형 열기구 만들기

준비물 드라이크리닝 비닐 1장, 가는 철사, 낚시줄이나 실, 알루미늄 호일, 메탄올, 솜, 스포이드, 젖은 수건

- 실험하기**
- ① 비닐봉지에 바람이 새지 않도록 작은 틈은 스카치테이프로 밀봉한다. 비닐봉지에 바람을 넣고 입구를 손으로 잡아보아 새는 곳이 없는지 확인한다.
 - ② 비닐봉지의 입구 부분에 가는 철사로 둥글게 테두리를 만든다.
 - ③ 가는 철사를 비닐봉지 입구에 십자 모양이 되도록 연결한다.
(이 때 십자 모양의 철사를 늘어뜨려서 봉지 입구에서 10cm~20cm 정도 아래에 위치하도록 한다.)
 - ④ 십자 모양의 철사 중심에 알루미늄 호일 케이스를 고정시킨다.
 - ⑤ 철사의 양끝에 낚시 줄을 길게 연결한다.
 - ⑥ 호일케이스 안에 솜을 올려놓고, 스포이드로 충분한 양(10mL 정도)의 메탄올을 떨어뜨린다.
 - ⑦ 한 사람은 비닐의 위를 잡고, 두 손 높이 봉지를 든다.
 - ⑧ 다른 한 사람은 솜에 불을 붙인다.
 - ⑨ 비닐봉지에 어느 정도 더운 공기가 차서 떠오르려는 힘이 느껴지면, 비닐봉지를 잡은 손을 살짝 놓아보자.



▶ 지도상 유의점

1. 기온이 높고 습한 여름에는 실험이 잘 되지 않으므로 봄이나 가을에 실시한다.
2. 바람이 불지 않는 날 운동장에서 열기구를 띄우도록 한다. 바람이 불 경우에는 위험하므로 주위에 화재의 위험이 적은 현관 안에서 활동할 수 있다.
3. 물에 적신 수건을 옆에 두어, 불을 끌 때 덮어줄 수 있도록 한다.
4. 낚시줄을 매다는 것은 열기구가 너무 높이 올라가서 통제가 어려울 것을 대비한 것이다. 너무 높이 뜰 경우 열기구에 불이 붙지 않도록 조심하면서 균형을 맞추어 아래로 당겨준다.



생활과 과학

그릇이 저절로 움직여요.

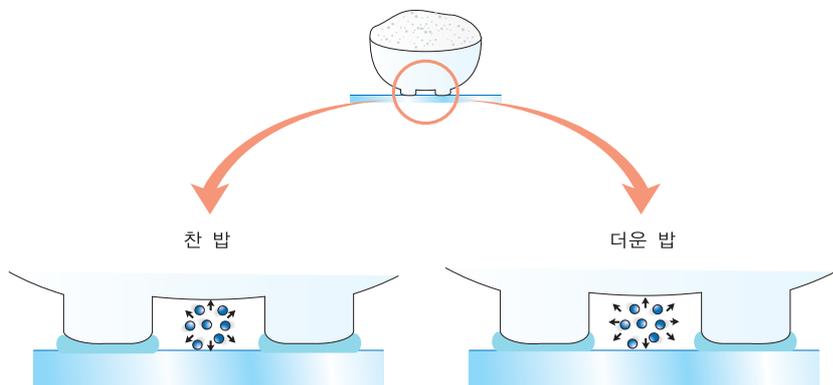




그릇이 저절로 움직인 이유가 무엇일까요?

정답 및 해설

따뜻한 음식물 때문에 그릇 아랫부분의 공기가 데워지면서 공기의 부피가 늘어났기 때문이다. 뜨거운 밥을 담기 전에는 그릇이 움직이지 않고 있다가 뜨거운 밥을 담으면 그릇이 미끄러진다. 이때 그릇은 아랫부분에 공기가 있을 수 있는 공간이 있어야 한다. 팽창한 공기는 압력이 커져서 그릇을 밀어내게 되고, 약간 들어올려진 그릇은 물의 얇은 층에 매달려 있는 상태가 된다. 이때 마찰이 줄어들게 되어, 그릇이 미끄러져 움직이는 것이다.



우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예

차 시	6/6차시		
교과서	59~60쪽	실험관찰	38~39쪽

학습목표

과정 영역 • 열에 의한 물체의 부피 변화가 우리 생활에 어떤 영향을 미치게 될지 예상할 수 있다.

태도 영역 • 열에 의한 물체의 부피 변화와 관련된 상황이나 자료를 적극적으로 찾고 조사하려는 태도를 갖는다.



교과서

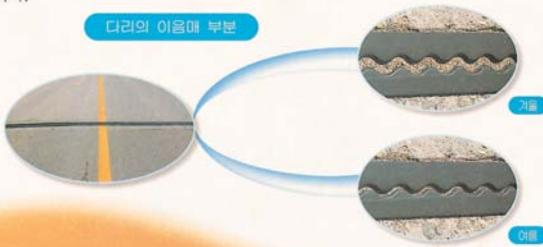


우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예를 찾아봅시다.

다리나 도로를 지나갈 때, 이음매 부분에 틈이 있는 것을 본 적이 있습니까? 이것은 콘크리트가 열에 의해서 팽창하거나 수축하는 것을 고려하여 일정한 틈을 만들어 둔 것입니다.

그 밖에, 우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예를 찾아봅시다.

다리의 이음매 부분



끼어 있는 밥그릇을 쉽게 뚫내려면 어떻게 해야 할까요?



❓ 되짚어보기

모든 물질은 열에 의해 부피가 변합니다.



고체



액체



기체



학습 개요

01* 단원 학습 내용 되짚어보기

- 이 단원에서 학습한 내용을 상기한다.
- 모든 물질(고체, 액체, 기체)은 열에 의해 부피가 변한다는 것을 이해한다.

02* 생활 속에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예 찾기

- 다리의 이음매에 틈이 있는 이유를 생각해 본다.
- 우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 다른 예를 찾아본다.

03* 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용해 문제를 해결하기

- 끼어 있는 밥그릇을 쉽게 빼내기 위해 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용하게 한다.



실험 관찰



우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예

과학 59, 60 쪽



열에 의한 물체의 길이나 부피 변화를 이용한 예 :

온도계, 철로의 틈새, 다리의 이음매,
옹벽의 틈새, 자동 온도 조절 장치

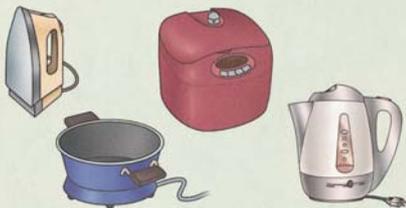


자동 온도 조절 장치의 원리를 찾아서

한 걸음 더

금속선을 가열하면 길이가 늘어납니다. 그리고 늘어나는 정도는 철, 구리, 금, 은 등 금속의 종류에 따라 다릅니다. 이러한 성질을 이용하여 다리미나 보온 밥통의 온도를 일정하게 유지시켜 주는 자동 온도 조절 장치(바이메탈)를 만들 수 있습니다. 자동 온도 조절 장치에는 2개의 서로 다른 금속 조각이 앞뒷면으로 붙어 있는데, 한쪽 면의 금속은 열에 의해 잘 늘어나고, 다른 한쪽 면의 금속은 잘 늘어나지 않습니다.

따라서, 가열하면 잘 늘어나지 않는 금속 쪽으로 휘어 전기 회로가 끊어지므로, 전류가 흐르지 않아 밥통 안의 온도가 더 이상 올라가지 않습니다. 또, 식으면 원래대로 됩니다.



38



날말 퍼즐 맞추기

이런 활동도 있어요

① 공	② 기				⑦ 용	⑧ 수	⑨ 철
④ 온	⑤ 도						⑩ 로
					⑥ 길		
				③ 삼	④ 발	⑤ 이	
⑪ 눈				⑫ 유			
⑬ 금	⑭ 속			⑮ 리		⑯ 도	
⑰ 실				⑱ 막	⑲ 대	⑳ 자	㉑ 석
㉒ 란				㉓ 대		㉔ 기	
㉕ 더							

가로 열쇠

- ① 눈에 보이지 않고 냄새도 없지만, 우리 주위는 이것으로 가득 차 있습니다.
- ② 용수철 저울은 ○○○이 일정하게 늘어나는 성질을 이용하여 만든 것입니다.
- ③ 물을 가열하면 ○○가 높아집니다.
- ④ 알코올 램프로 가열하기 위해 비커 등을 올려놓을 때 사용하는 기구
- ⑤ 철, 구리, 알루미늄 등을 모두 일컫는 말
- ⑥ N극과 S극이 있고, 막대처럼 생긴 것

세로 열쇠

- ③ 공기의 온도
- ④ 기차가 다니는 길
- ⑤ 금속선을 가열하면 ○○가 늘어납니다.
- ⑥ 액체의 부피를 재는 기구
- ⑦ 물에 가루를 녹일 때, 이것으로 지어 주면 빨리 녹습니다.
- ⑧ 백자, 청자를 모두 일컫는 말

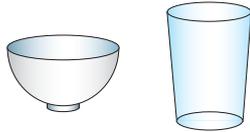
39



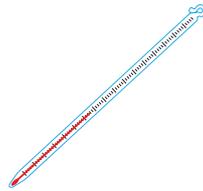
준비물

교사 준비물

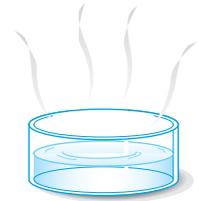
▼컵 또는 밥그릇 (2개)



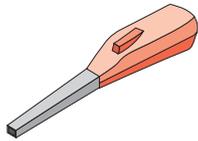
▼온도계 (1개)



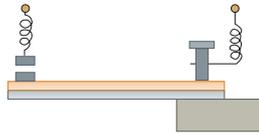
▼뜨거운 물이 담긴 수조 (1개)



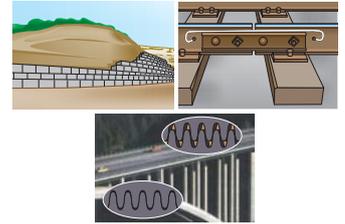
▼접화기 (1개)



▼바이메탈 (1개)



▼사진 또는 그림(철로의 틈새, 웅벽의 틈새, 콘크리트 도로의 이음매)



탐구 활동 과정

01 * 단원 학습 내용 되짚어 보기

1-1. 열에 의한 고체의 부피 변화에 대하여 이야기 한다.



고체를 가열하면 부피가 늘어나고 식으면 줄어드는 것을 상기시킨다.



1-2. 열에 의한 액체의 부피 변화에 대하여 이야기 한다.



액체를 가열하면 부피가 증가하고, 식하면 부피가 줄어드는 것을 상기시킨다.

1-3. 열에 의한 기체의 부피 변화에 대하여 이야기 한다.



기체를 가열하면 부피가 증가하고, 식하면 부피가 줄어드는 것을 상기시킨다.

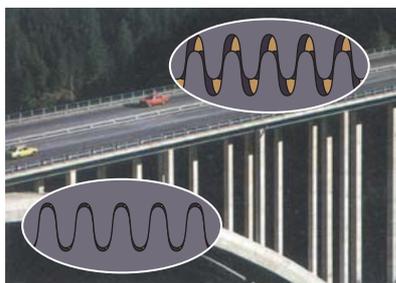
1-4. 열에 의한 고체, 액체, 기체의 부피 변화에 대하여 종합하여 비교한다.



모든 물질은 열에 의해서 부피가 변한다는 것을 인식하게 한다.

02* 생활 속에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예 찾기

2-1. 다리의 이음매 부분에 틈이 있는 이유에 대하여 이야기한다.



콘크리트도 열에 의해서 팽창하거나 수축할 수 있다는 것을 상기시키고, 여름철과 겨울철에 어떤 변화가 있을지에 대하여 생각하게 한다.

2-2. 자동 온도 조절 장치의 원리에 대하여 이야기 한다.



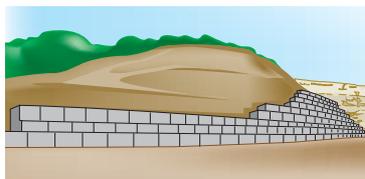
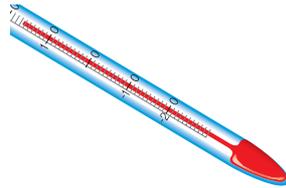
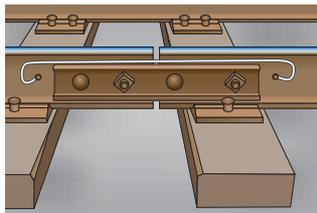
온도를 일정하게 유지시키는 장치에 대하여 교과서 38쪽의 '한걸음 더'에 제시된 내용을 바탕으로 간단히 설명하고, 바이메탈을 가열하고 식히는 시범을 보인다.

2-3. 우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예를 찾아본다.

학생들이 직접 제시하기 어렵다고 생각되므로, 교사가 실제 사진이나 그림 등 다양한 자료를 준비하여 학생들에게 제시한다.

- 고체 : 철로의 틈새, 콘크리트 도로의 이음매, 용벽의 틈새, 바이메탈
- 액체 : 온도계
- 기체 : 찌그러진 탁구공 펴기

2-4. 각 예에서 어떤 현상이 나타나는지 이야기 한다.



열을 가할 때와 식힐 때 어느 부분에서 어떤 현상이 나타날지 잘지 예상하게 한다.

03* 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용해 문제를 해결하기

3-1. 끼어 있는 밥그릇을 쉽게 빼내려면 어떻게 해야 할까 이야기 한다.



그릇이나 컵이 뜨거워서 뺄 수 없을 때 뜨겁지 않게 만져 이야기하고, 어떻게 하면 쉽게 뺄 수 있을지에 대하여 생각하게 한다. 실제로 시범실험을 보이는 것도 좋다.



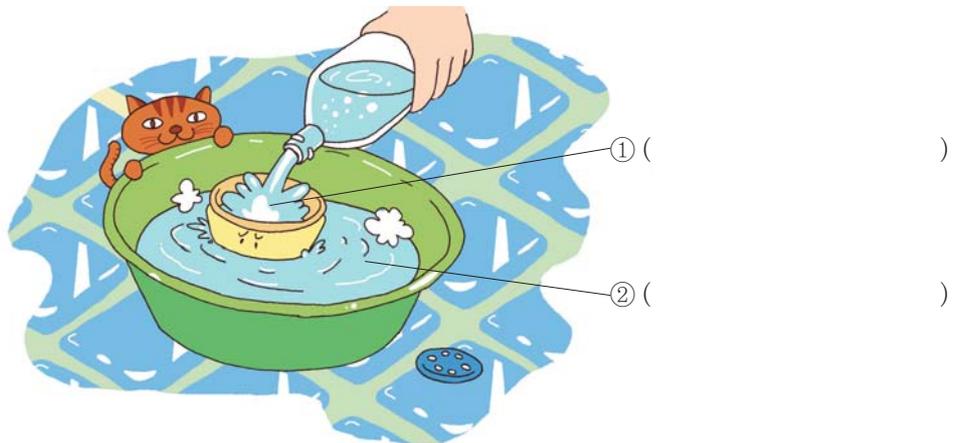
정리

- 01 * 모든 물체는 열에 의해 부피가 변한다.
- 02 * 우리 생활에서 열에 의한 물체의 부피 변화를 이용한 예는 철로의 틈새, 다리 이음매 부분의 틈, 응벽의 틈, 바이메탈 등이 있다.
- 03 * 끼어 있는 밥그릇은 뜨거운 물에 담근 후 안쪽의 그릇에 찬물을 넣으면 쉽게 뺄 수 있다.



평가

- 01 * 다음 문장의 () 안에 제시된 낱말 중에서 옳은 것을 고르시오.
- ① 물체를 가열하면 부피가 (늘어난다, 줄어든다).
 - ② 물체를 식히면 부피가 (늘어난다, 줄어든다).
- 02 * 다음 그림은 두 개의 밥그릇이 끼어있는 모습이다. 찬물과 뜨거운 물을 이용하여 두 개의 밥그릇 쉽게 빼려고 한다. ()에 적당한 것을 쓰시오.



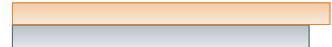
몸 공작교 © 몸관 ①, 20
신금리출 © 신금리출 ①, 10 88



개념 해설

01 * 바이메탈의 원리

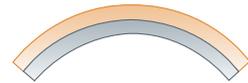
모든 물질이 열을 받으면 부피가 팽창하지만, 물질마다 팽창하는 비율이 모두 다르다. 금속의 경우에도 종류에 따라 열 팽창하는 비율이 달라진다. 만약 한 금속의 열팽창율이 다른 금속보다 크다면, 같은 열을 받았을 때 열팽창율이 더 큰 금속의 부피가 더 많이 늘어날 것이다.



▲ 같은 온도에서 열팽창율이 다른 두 금속

▲ 열팽창율이 큰 금속이 더 커진다.

따라서 이렇게 열팽창율이 다른 두 금속을 붙여 만든 판은 가열이나 냉각에 의해 쉽게 판이 휘어질 수 있다.



이 성질은 높은 온도에 도달한 기기의 전기 공급을 중단하거나 연결하고 싶을 때 이용한다. 높은 온도에 도달하여 두 금속의 열팽창율 차이로 금속판이 휘게 되면 끊어져 있던 부분이 연결되면서 전류가 흐르게 되거나, 연결되어 있는 부분이 끊어지면서 흐르던 전류가 끊어지게 되는 현상이 발생하게 된다.

이렇게 열팽창율이 다른 두 금속을 이용하는 것을 바이메탈(Bimetal)이라고 부른다. 여기서 Bi는 둘, 쌍, 2배의 뜻을 가지고 있다. 만약 금속판이 휘어지는 방향을 달리하려면 열팽창율이 큰 금속과 작은 금속을 붙이는 위치를 반대로 한다.

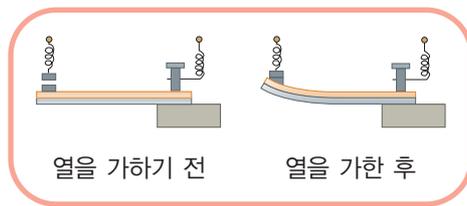




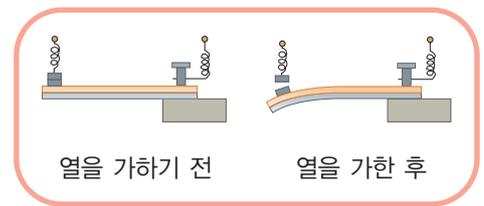
02* 자동 온도 조절 장치

음식이나 집안을 일정한 온도로 유지하기 위해서 우리는 보온 밥솥이나 보일러 등을 작동하여 열을 공급한다. 하지만, 계속 열을 공급한다면 음식은 타버리고 집안의 온도는 숨을 쉴 수 없을 정도로 계속 올라가게 될 것이다. 그래서 적정 온도 이상이면 열 공급을 중단하고, 적정 온도 이하이면 열을 공급하게 하는 조절 시스템이 필요하다. 이를 사람이 일일이 수동적으로 작동하는 것이 어려우며, 비효율적이기 때문에 일정한 온도에 다다르면 기기가 자동적으로 작동을 멈추거나 시작하게 하는 스위치의 역할을 바이메탈이 가능하게 해준다.

바이메탈을 이용하여 일정한 온도에 도달한 기기의 전류를 흐르게 하거나 전류를 끊어지게 하는 작동을 살펴보자. <그림 1>과 같이 회로가 꾸며져 있다면, 온도가 일정하게 올라간 다음에 바이메탈이 휘어져서 끊어졌던 회로가 연결되어 전류가 흐르게 된다. 이 경우에는 일정한 온도에 도달하게 된 후에 비로소 기기가 작동하게 된다. 반대로 <그림 2>와 같이 바이메탈이 휘어지기 전에는 전기 회로가 연결되어 전류가 흐르다가, 전류가 흐르면서 일정한 온도에 도달하게 되면 바이메탈이 휘어지면서 전류의 흐름이 중단되도록 장치할 수도 있다. 이 경우에는 일정한 온도로 올라가고 나서 기기의 작동이 멈추게 된다.



<그림 1>



<그림 2>

전류가 흐르지 않으면, 전류에 의해 올라갔던 온도가 다시 서서히 내려가게 된다. 일정하게 온도가 내려가면 휘어진 바이메탈이 다시 펴지게 된다. 이는 온도가 내려가면서 팽창하였던 금속이 수축하기 때문에 일어나는 현상이다. 수축율은 열팽창율에 비례한다. 따라서 열팽창율이 큰 금속은 냉각시 수축율도 크기 때문에 온도가 낮아지면 다시 두 금속의 크기가 같아지게 된다. 그러면 다시 회로가 연결되어 전류가 흐르게 되어서 온도가 올라가게 된다.

바이메탈을 이용한 기기들의 온도가 일정하게 유지된다는 것은 끊임없이 기기의 온도가 작은 쪽으로 오르내린다는 것을 의미한다. 이러한 바이메탈의 원리를 이용하여 전기밥솥, 전기 난로, 전기 장판, 다리미 등 가전기기들의 온도를 일정하게 조절할 수 있다.





생활과 과학

01 * 기체의 열팽창을 이용한 예 - 하늘을 나는 기구

현재와 같이 비행기로 하늘을 날아오르기 전에는 하늘에 오르기 위해 기구를 사용하였다. 기구는 수소나 헬륨과 같이 가벼운 기체를 거대한 풍선 모양의 천 안에 채우고, 부력에 의해 떠오르게 하는 방법과 공기를 채우고 이를 가열하면서 떠오르는 열기구 등이 있다. 기구 아래쪽에 사람이나 화물을 실을 수 있는 바구니나 상자를 매달아 이용하는 것이 보편적이다.

열기구가 떠오르는 이유는 부력 때문이다. 부력은 중력이 작용하는 곳에서만 나타나는데, 일정한 부피를 비교하였을 때 상대적으로 무거운 공기는 아래로 내려가고 가벼운 공기는 위로 올라가는 성질이 있기 때문에 열기구가 떠오른다.

기구를 이용하여 동물을 태우고 실험한 최초의 사람은 프랑스인인 몽골피에 형제들이었다고 한다. 이들은 더운 공기를 넣은 천자루가 뜬다는 사실을 발견하고, 이를 이용하여 1783년에 양이나 닭, 오리 등을 태워 이를 실험으로 증명하였다. 같은 해에 최초로 사람을 태운 기구가 파리를 횡단하였다. 이들은 기구 속의 공기의 온도를 계속 올리기 위하여 양모와 짚을 태웠으며, 23분간 약 9km를 횡단하였다고 기록되어 있다.

영국의 과학자 보일과 함께 기체의 부피 팽창에서의 규칙성을 찾아 유명한 프랑스 과학자 샤를은 수소를 넣은 기구를 이용하여 2시간에 걸친 비행에 성공하였다.

이후 기구는 비행기가 발명되어 활용되기 전까지 약 100년 동안 하늘을 나르는 운송 수단으로 유용하게 이용되었다. 유명한 소설인 '80일간의 세계일주'에서도 기구를 이용하여 비행함으로써 지구 횡단의 속도를 단축하는 과정이 포함되어 있다.

또한 기구는 과학의 발달에 큰 역할을 하였다. 18~19세기에는 공기의 성분이나 고도에 따른 기상 변화를 측정하기 위해 기구가 활발하게 이용되었다.



◀ 샤를 (Jacques-Alexandre-Cesar Charles, 1746~1823)





▲ 기상관측을 위해 기구를 약 1만 1000미터까지 올리는 제임스 글레이셔(1809-1903)와 헨리 콕스웰(1819-1900). 19세기 중반에 기상관측 자료 수집을 위해 국제적인 조직이 이루어졌다.

20세기에 들어서도 기구를 이용한 과학 활동은 계속 이루어졌다. 1900년부터는 고도 30km까지 기구를 띄워올려서 상층 대기권을 광범위하게 조사하여 기상학의 큰 진보를 이루었다. 또한 오스트리아의 과학자인 헤스는 우주로부터 일정한 파장의 빛이 지구에 도달한다는 것(우주선의 존재)을 증명하기 위하여 기구를 5000미터 상공에 올려 보내 실험을 하였다.

군에서도 기구를 활용하였다. 나폴레옹은 전투를 위해 관측용 기구를 사용하였으며, 미국의 남북전쟁과 제 1차 세계대전에서도 이와 같은 용도로 기구가 사용되었다. 오늘날에는 비행기에 의해 군에서의 사용은 대체되었지만, 여러 가지 광고 효과와 기상 측정을 위해 일정한 상공에 고정된 기구는 오랫동안 이용되고 있다.

이밖에도 기구는 오랫동안 스포츠용으로도 인기를 얻고 있다. 열기구는 기본적으로 풍선 안에 찬바람을 계속 불어 넣은 후에 버너 등을 이용하여 풍선 안의 공기를 가열하여 작동시킨다. 오늘날에는 열기구를 이용한 스포츠 등이 활발하게 이루어지면서 다양한 모양의 기구가 선보이고 있다.

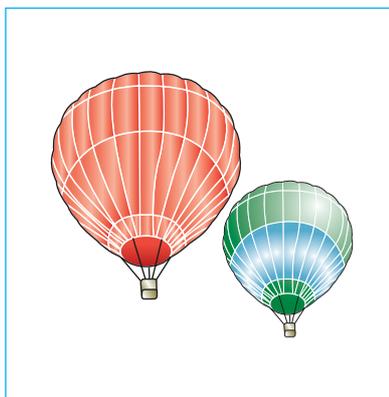


가벼운 공기를 넣어 떠오르는 기구의 원리와 공기를 가열하여 떠오르는 과학의 원리는 조금 다르다. 하나는 기체의 종류를 다르게 하여 뜨는 것이고, 다른 하나는 공기의 열팽창을 이용하는 것이기 때문이다.

기체를 가열하면 열팽창하면서 밀도가 작아지기 때문에 위로 뜨게 된다. 그 대신 밀도가 큰 찬 공기가 밀려와 그 자리를 차지하게 된다. 이는 대류 현상으로 쉽게 관찰할 수 있다. 항상 더운 곳의 공기가 상승하여 저기압이 형성되고, 찬 곳의 공기가 하강하면서 고기압이 형성되면서 고기압에서 저기압으로 찬바람이 불게 되는 것과 같은 원리이다.

공기를 가열하면서 뜨는 열기구에는 가열의 조건에 따라 고도의 변화가 가능하기 때문에 운전과 원하는 방향으로의 비행이 용이하다. 따라서 사람을 직접 태우고 원하는 방향으로 이동하면서 기상 상태를 측정하거나 항공 자료를 수집하는 등 원하는 목적을 달성할 수 있다. 그러나 가벼운 공기를 채워 뜨는 기구의 경우에는 이러한 조작이 어렵기 때문에 보편적으로는 대기 중에 떠올라 광고 및 전시를 위한 용도로 사용한다. 따라서 항공 스포츠로서의 기구는 주로 열기구를 의미한다. **기구에 공기를 사용하는 대신 가벼운 기체인 수소를 채운 경우에는 이를 가열하지 않는다. 수소는 불꽃을 내며 폭발할 수 있기 때문이다.**

우리 나라의 경우에는 1985년에 최초로 한국기구협회에서 열기구를 수입함으로써 열기구 비행이 시작되었으며, 최근에는 열기구 스포츠를 즐기는 사람들이 많이 늘고 있다.



◀ 열기구는 일정한 온도를 유지하기 위해 가열 장치를 5초 정도 작동한 후에 정지시키고 20초 정도 비행하는 방식을 보편적으로 이용한다. 기체에 일정한 온도를 가해서 기체의 열팽창 정도를 일정하게 유지시키기 위해서이다. 열기구를 착륙시키기 위해서는 기구 풍선에 달려있는 줄을 이용하여 공기를 빼 내거나 가열하는 시간을 줄여 공기의 수축이 서서히 일어나도록 한다.



02 * 액체의 열팽창에 관련된 실생활 사례 - 바다 수면의 상승

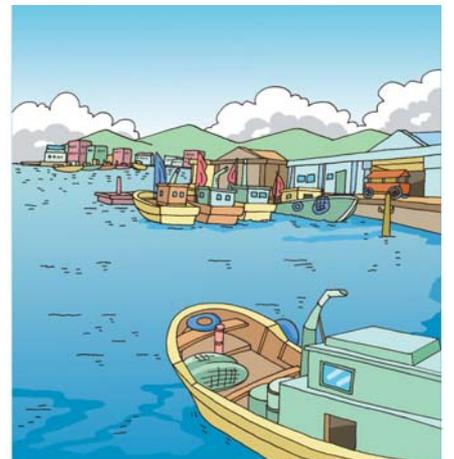
대기 중 이산화탄소 양의 증가 등으로 인해 지구 온난화가 가속화되면서, 남극과 북극의 빙하가 녹아 해마다 해수면이 높아지고 있다는 주장이 나오고 있다. 한가지 예로 매년 그린란드 빙원에서는 500억t 이상의 얼음이 녹아 바다로 흘러감에 따라 지난 한 세기동안 세계 해수면이 약 23cm 정도 상승함으로써, 해변 지역의 침수 위험이 매우 커졌다고 미국 항공우주국(NASA)의 한 연구팀이 밝혔다. NASA의 첨단 레이저 기술을 이용한 공중 조사에 따르면, 매년 그린란드의 빙하가 녹아서 바다로 유입됨에 따라 세계의 해수면이 0.13mm씩 올라가고 있다는 것이다. 이 연구팀에서는 그린란드의 빙원에서 녹아내린 얼음이 세계 해수면 상승에 7% 정도 기여하고 있다고 말했다. 또한 얼음보다 물이 태양의 에너지를 흡수하는 양이 더 많기 때문에 "얼음이 많이 녹을수록 태양 에너지를 더 많이 흡수할 수 있게 되어 지구 온난화가 촉진되는 악순환이 나타나고 있다"고 한다.

그러나 이러한 빙하의 용해 뿐 아니라, 수면의 온도 상승으로 인한 액체의 열팽창으로 수면의 상승도 일어나고 있다. 바닷물의 열팽창에 의해 수면이 상승되는 효과는 전체 수면 상승의 25% 정도 된다고 한다.



03 * 동해 수면의 높이 상승

2005년 7월 17일(일요일) 한국일보에 따르면, 동해의 수면이 상승하는 비율이 세계의 평균 수면 상승의 두 배에 가깝다는 연구 결과가 발표되었다. 최근 9년 동안 동해의 해수면은 전세계의 평균치보다 2배가 많은 5cm 가량 상승하였는데, 한국해양연구원 강석구 박사팀은 캐나다 해양연구소와 공동으로 위성 자료를 분석하여 이러한 사실을 밝혔다. 이 연구 결과는 지구물리학계의 권위 있는 학회지인 'Journal of Geophysical research' 7월호에 실렸다. 이렇게 동해 해수면이 상승하는 이유는 남극이나 북극의 빙하가 녹았기 때문이 아니라, 동해 상층부의 수온이 상승하였기 때문에 일어난 "바닷물의 열팽창 효과" 때문으로 밝혀졌다.



❖ 열에 의한 금속선의 길이 변화를 알아보기 위해 그림과 같은 장치를 꾸며서 실험을 하고자 한다. (1~4)



1 이 실험을 하는 과정을 바르게 나열한 것은? ()

- (가) 구리줄과 철사 가운데에 추를 건다.
- (나) 추의 높이가 어떻게 되는지 관찰한다.
- (다) 각각의 줄을 알코올 램프로 가열한다.
- (라) 금속선 팽창 장치에 구리줄과 철사를 팽팽하게 맨다.

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

2 이 실험을 할 때, 같게 해 주어야 할 조건으로 바르지 않은 것은? ()

- ① 매단 추의 무게
- ② 금속선 팽창 장치의 재질
- ③ 구리줄과 철사의 팽팽한 정도
- ④ 알코올 램프로 가열하는 시간
- ⑤ 구리줄과 철사의 길이

3 금속선을 알코올 램프로 가열하는 동안 추의 높이 변화와 그 이유를 바르게 연결한 것은? ()

- ① 높아진다 - 금속선이 늘어나기 때문
- ② 높아진다 - 금속선이 줄어들기 때문
- ③ 낮아진다 - 금속선이 늘어나기 때문
- ④ 낮아진다 - 금속선이 줄어들기 때문
- ⑤ 변화 없다 - 금속선이 그대로 있기 때문에

4 가열하던 알코올 램프를 끄고 식히는 동안 추의 높이 변화와 그 이유를 바르게 연결한 것은? ()

- ① 높아진다 - 금속선이 늘어나기 때문
- ② 높아진다 - 금속선이 줄어들기 때문
- ③ 낮아진다 - 금속선이 늘어나기 때문
- ④ 낮아진다 - 금속선이 줄어들기 때문
- ⑤ 변화 없다 - 금속선이 그대로 있기 때문

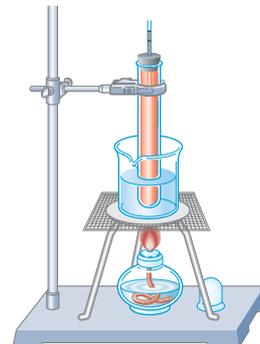
5 다음 중 철로에 틈새가 있는 까닭을 바르게 말한 것은? ()

- ① 재료를 아끼려고
- ② 작은 동물들이 건너갈 수 있도록
- ③ 열에 의해 늘어나 휘는 것을 막으려고
- ④ 열차의 소음을 줄이려고
- ⑤ 원래는 틈새가 없었는데 기차가 지나가면서 철로가 끊어짐

6 쇠구슬이 팍 끼어서 통과하지 못하는 쇠고리가 있다. 쇠구슬이 통과할 수 있도록 하려면 어떻게 해야 할까? ()

- ① 쇠구슬을 가열한다.
- ② 쇠고리를 찬물에 넣는다.
- ③ 쇠고리를 망치로 두드린다.
- ④ 쇠고리를 가열한다.
- ⑤ 쇠구슬을 망치로 두드린다.

❖ 열에 의한 액체의 부피 변화를 알아보기 위해 그림과 같이 장치를 꾸며서 실험을 하고자 한다. (7~11)

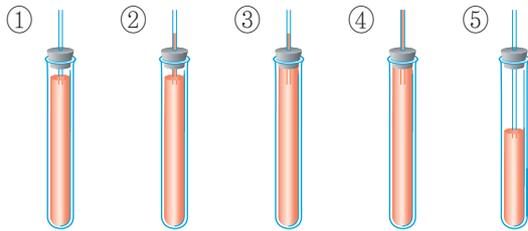


7 이 실험 장치를 꾸미는 순서를 바르게 나열한 것은? ()

(가) 스탠드에 시험관을 고정시킨다.
 (나) 물이 담긴 비커에 시험관을 넣는다.
 (다) 시험관에 색소를 탄 물을 가득 채운다.
 (라) 유리관을 끼운 고무마개로 시험관을 막는다.

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

8 이 실험을 위한 시험관 속 액체의 양으로 가장 적절한 것은? ()



9 알코올 램프로 비커 안의 물을 가열하였다. 유리관 속 물기둥의 높이는 어떻게 될 것인가? ()

- ① 올라간다. ② 내려간다.
- ③ 그대로이다. ④ 올라가다 내려간다.
- ⑤ 내려가다 올라간다.

10 가열했던 시험관을 식힌 후 얼음물 속에 담갔다. 유리관 속 물기둥의 높이는 어떻게 될 것인가? ()

- ① 올라간다. ② 내려간다.
- ③ 그대로이다. ④ 내려가다 올라간다.
- ⑤ 올라가다 내려간다.

11 위의 실험 결과를 생활에 이용한 기구는 어느 것인가? ()

- ① 체중계 ② 풍향계
- ③ 기압계 ④ 온도계
- ⑤ 습도계

12 다음 중 열에 의한 액체의 부피 변화를 이용한 것은? ()

- ① 온도계로 채운 재기
- ② 찌그러진 탁구공 펴기
- ③ 철로의 틈
- ④ 전기 밥솥의 온도 조절
- ⑤ 콘크리트 도로의 이음매

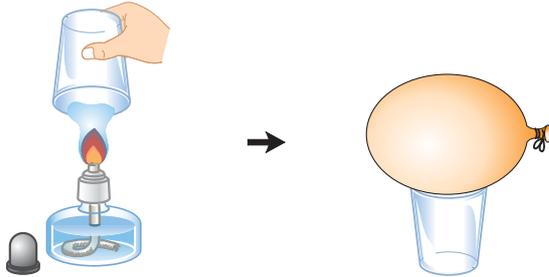
13 유리병 입구에 비눗물을 묻혀 비누막을 만들었다. 다음 중 비누막이 부풀어서 비누 방울이 생기는 것은? ()

- ① 입으로 바람을 일으킨다.
- ② 유리병을 손으로 감싼다.
- ③ 유리병을 얼음물에 담근다.
- ④ 병을 이리저리 돌린다.
- ⑤ 병 주둥이에 비눗물을 더 묻힌다.

14 스포이트 끝에 한 방울의 액체가 남아 있다. 이 액체를 빼내는 방법으로 가장 적당한 것은? ()

- ① 스포이트를 흔든다.
- ② 스포이트를 액체 속에 담근다.
- ③ 스포이트를 손으로 감싸 쥐는다.
- ④ 스포이트를 입으로 분다.
- ⑤ 스포이트를 휴지로 닦는다.

❖ 그림과 같이 컵을 거꾸로 들어 안 쪽을 가열한 다음, 컵 위에 풍선을 올려놓고 컵이 식을 때까지 기다렸다. (15~17)



15 컵이 식은 후 풍선을 들어 올리면 어떤 현상이 나타날까? ()

- ① 풍선이 터진다.
- ② 컵이 바닥으로 떨어진다.
- ③ 풍선과 컵이 함께 들어 올려진다.
- ④ 풍선이 컵 속으로 완전히 들어간다.
- ⑤ 들어 올려지지 않는다.

16 이러한 현상이 나타나는 이유는? ()

- ① 뜨거운 컵에 풍선이 녹았기 때문
- ② 컵이 무겁기 때문
- ③ 공기를 냉각시키면 부피가 줄기 때문
- ④ 컵은 빨아들이는 성질이 있기 때문
- ⑤ 풍선은 들어올리려는 성질이 있기 때문

17 이러한 현상이 나타나는 원리가 들어 있는 현상은? ()

- ① 풍선이 하늘 높이 날아갔다.
- ② 겨울철에 물 항아리가 깨졌다.
- ③ 햇볕이 좋은 날에 빨래가 잘 마른다.
- ④ 따뜻한 물을 담았던 페트병이 찌그러졌다.
- ⑤ 어항의 물방울이 위로 올라가며 커진다.

18 열에 의해 공기의 부피가 어떻게 변하는지 알아보기 위해 그림과 같이 고무풍선을 씌운 페트병을 두 개의 수조에 담그고 풍선의 변화를 비교하려고 한다. 이 실험에서 다르게 해야 할 조건은? ()



- ① 물의 온도
- ② 페트병의 크기
- ③ 수조의 크기
- ④ 고무풍선의 종류
- ⑤ 물의 양

19 다음 중 열에 의해서 변하는 것이 아닌 것은? ()

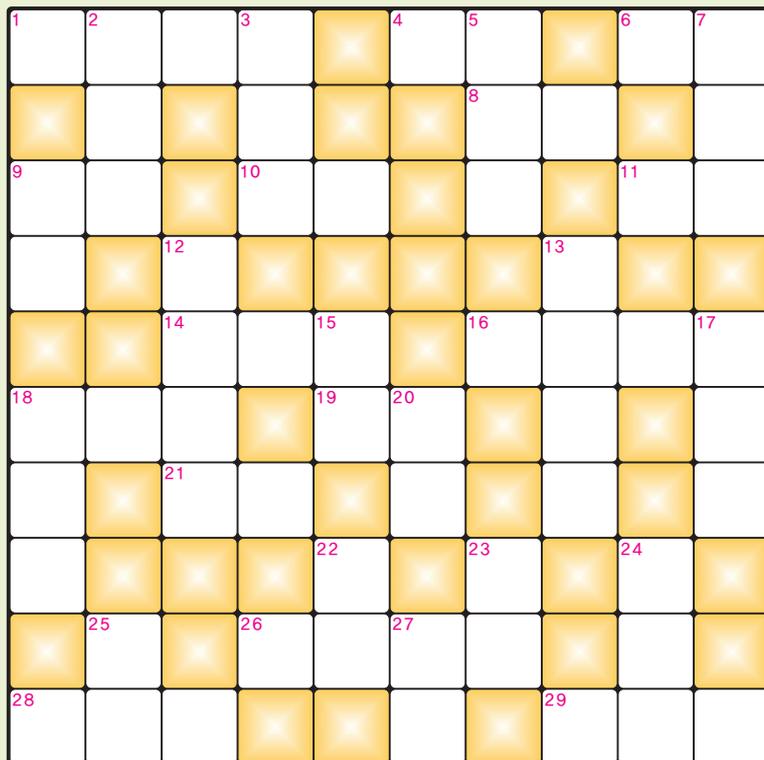
- ① 온도계의 눈금 수
- ② 에펠탑의 높이
- ③ 철로의 길이
- ④ 자동차 타이어 부피
- ⑤ 전선의 길이

20 다음 중 뜨거운 물에 넣었을 때 그 부피가 가장 많이 변하는 것은? ()

- ① 물을 담은 풍선
- ② 공기를 담은 풍선
- ③ 쇠구슬
- ④ 유리 병
- ⑤ 쇠고리



- 1 페트병을 이것으로 막고 뜨거운 물에 담으면 이것이 부풀어 오른다.
- 4 알코올 램프로 물체를 **한다.
- 6 높은 온도
- 8 물체가 늘어나는 것
- 9 코르크 또는 고무로 된 것이 있다.
- 10 고체, 액체, 그리고 **
- 11 시간을 재거나 시각을 나타내는 장치
- 14 그림을 그리는데 쓰는 막대기 모양의 도구
- 16 물체를 식히면 부피가 ****
- 18 가열하면 늘어나지만 구멍의 크기는 줄어들지 않는다.
- 19 철로 위를 다니는 것
- 21 짐을 싣고 다니는 자동차
- 26 열에 의해 늘어나는 길이가 다른 두 가지 금속을 얇게 겹친 것
- 28 이 부분에 틈이 있어야 여름과 겨울의 온도 변화에 대처할 수 있다.
- 29 물을 담은 유리관을 가열하면 이것의 높이가 높아진다.



- 2 태양 반대편에 나타나는 일곱 색깔 ***
- 3 바람을 일으키는 장치
- 5 가열에 의해 부피가 증가하는 것
- 7 물체의 차고 더운 정도를 재는 장치
- 9 신기한 **
- 12 아스팔트 도로도 있지만 이것으로 만든 도로도 있다.
- 13 물체를 가열하면 부피가 ****
- 15 물건을 담는 그릇
- 17 옷을 다리는 기구로 자동 온도조절 장치가 없다면 옷을 태울 것이다.
- 18 쇠로 만든 구슬
- 20 액체나 기체 따위의 흐름을 막음
- 22 철사를 가열하면 이것의 변화를 볼 수 있다.
- 23 찬 음식을 먹으면 이것이 날 수 있다.
- 24 알코올 램프에 불을 붙이는 기구
- 25 뜨거운 금속을 이것이 담긴 물에 넣으면 식는다.
- 27 콩으로 쏜다.





정답 및 해설



단원 종합 평가 정답

1. ④ 2. ② 3. ③ 4. ② 5. ③ 6. ④ 7. ③ 8. ③ 9. ① 10. ② 11. ④ 12. ① 13. ②
 14. ③ 15. ③ 16. ③ 17. ④ 18. ① 19. ① 20. ②

단원 종합 평가 해설

1. 먼저 금속선을 팽팽하게 매고 추를 건 다음, 가열하면서 추의 높이를 관찰한다.
2. 금속선 팽창 장치의 재질은 금속선의 길이 변화와 관련이 없다.
3. 금속선을 가열하면 선이 늘어나기 때문에 선에 매단 추가 아래로 내려간다.
4. 가열했던 금속선을 식히면 선이 줄어들기 때문에 추가 위로 올라간다.
5. 철로에 틈새가 없으면 열에 의해 철로가 늘어나 휘게 되어 열차가 탈선할 위험이 있기 때문에, 철로에 틈새를 둔다.
6. 쇠구슬이 쇠고리보다 크기 때문에 쇠고리를 크게 하기 위해 가열하면 된다.
7. 실험 장치를 꾸미는 순서는 먼저 시험관에 물을 넣고, 고무마개로 막은 다음, 비커에 넣고 스탠드로 고정한다.
8. 액체의 부피 변화를 관찰하기 위해서는 유리관 속의 액체가 고무마개 위로 약간 올라오게 하는 것이 좋다.
9. 물을 가열하면 부피가 팽창하므로 물기둥이 올라간다.
10. 물을 식히면 부피가 줄어들므로 물기둥이 내려간다.
11. 이 실험 장치는 온도계의 원리이다.
12. 온도계는 안에 든 액체의 부피 변화를 이용한 것이다. 찌그러진 탁구공은 기체, 철로의 틈과 전기 밥솥의 온조 조절은 고체의 열에 의한 변화를 이용한 것이다.
13. 유리병 속의 공기를 가열하여야 비누막이 부풀어 비누 방울이 생긴다.
14. 스포이트 윗부분이 막혀 있으므로 손으로 감싸서 스포이트 안의 공기를 가열하면 공기가 팽창하면서 액체가 밀려나온다.
15. 컵이 식으면서 풍선이 안으로 빨려 들어가며 컵과 풍선이 밀착되어 풍선과 컵이 함께 들어 올려진다.
16. 공기는 열에 의해 팽창하고 식히면 줄어 들기 때문이다.
17. 따뜻한 물을 담은 페트병 안의 공기가 팽창하였다가 뚜껑을 닫은 다음 식으면 공기의 부피가 줄어들어 페트병이 찌그러진다.
18. 열에 의한 부피 변화를 알아보기 위해서는 수조에 담은 물의 온도를 다르게 하고 다른 조건들은 같게 한 상태에서 비교해야 한다.
19. 에펠탑과 철로는 금속으로서 열에 의해서 길이가 변한다. 타이어의 부피도 열에 의해서 변한다. 그러나 온도계의 눈금 수는 변하지 않는다.
20. 열에 의해 부피가 변하는 정도는 고체 < 액체 < 기체 순이므로 공기를 담은 풍선이 가장 많이 변한다.



퍼즐 정답

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
고	무	풍	선	가	열	고	온									
	지		풍		팽	창	도									
마	개		기	체	창	시	계									
술		콘				늘										
		크	레	용	줄	어	든	다								
18	쇠	고	리	기	차	난	리									
구		트	력	단	다	미										
슬				길	배	섬										
		얼	바	이	메	탈	화									
28	이	음	매		주	물	기	둥								