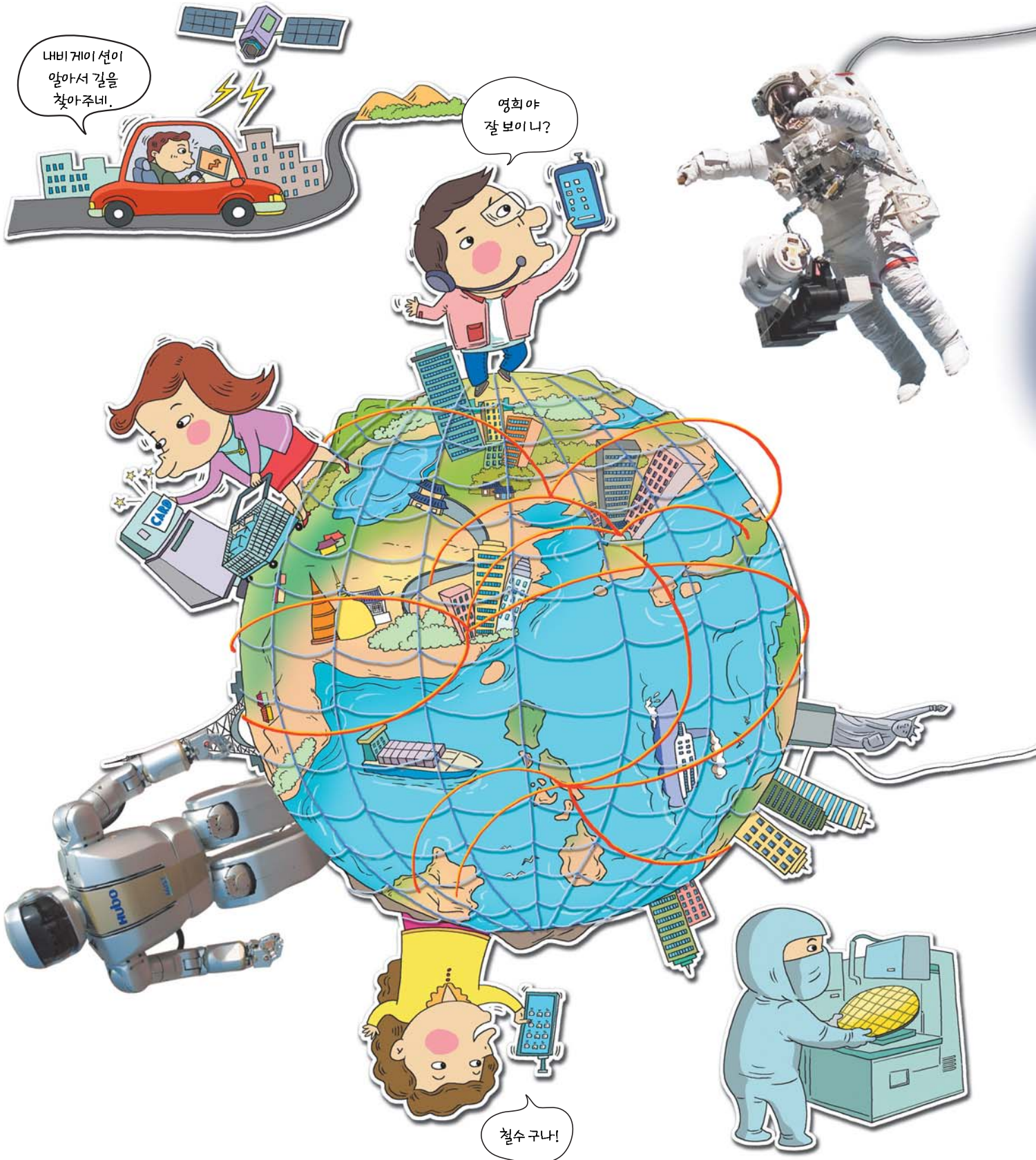
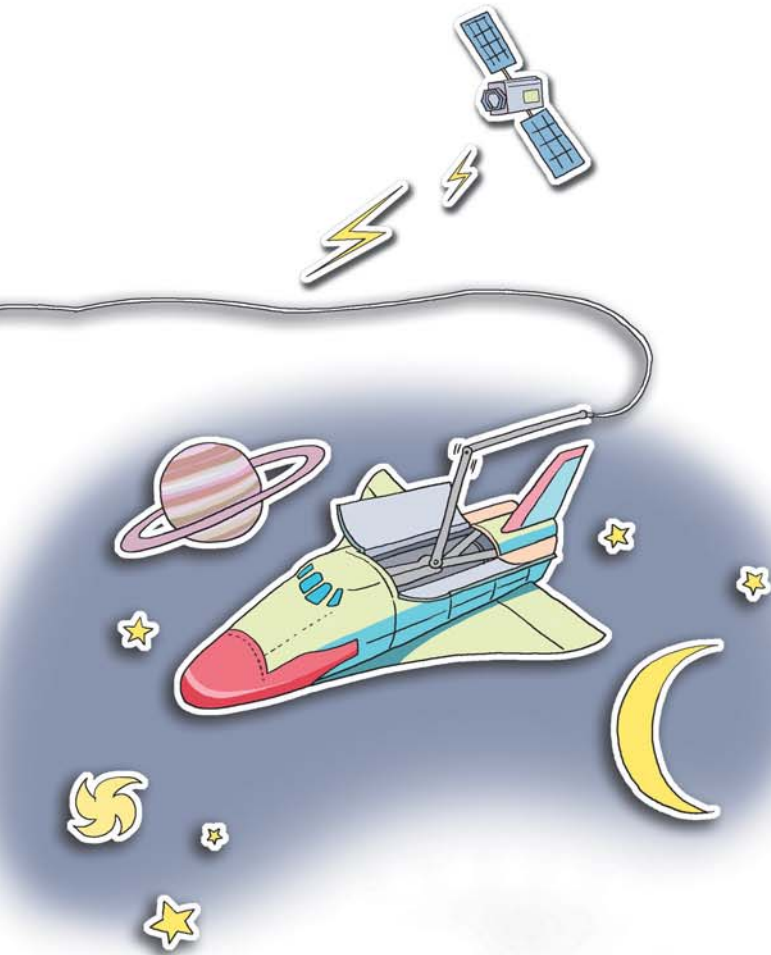


IV

정보 통신과 신소재





IV-1. 정보의 발생과 활용

1. 정보의 발생
2. 정보의 인식과 전달
3. 정보의 저장
4. 영상 정보의 활용

IV-2. 반도체와 신소재

1. 반도체
2. 신소재
3. 지구의 광물 자원과 활용

시작하기 전에

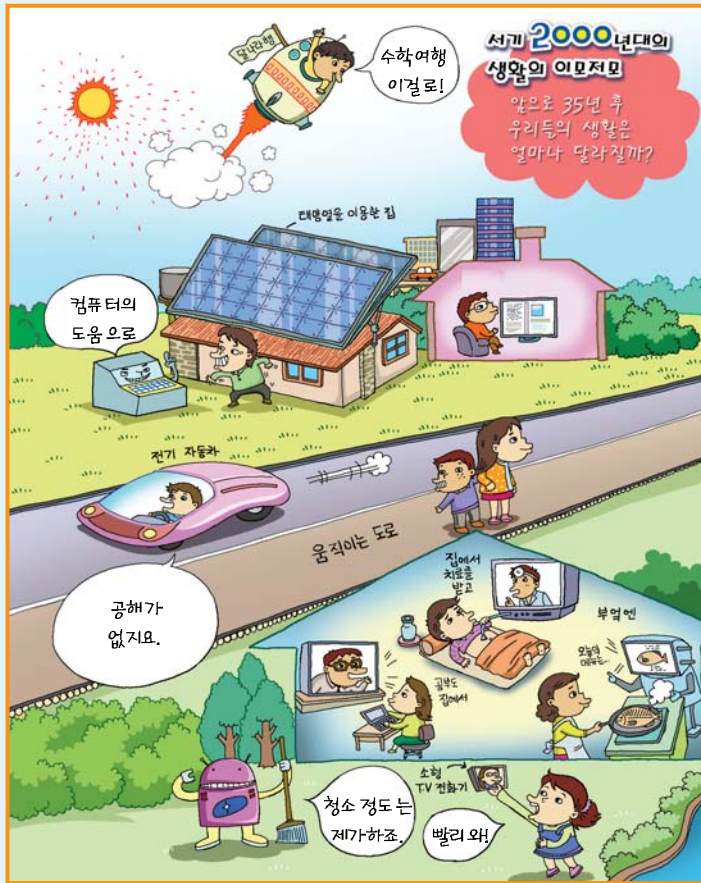


보이저 탐사선(1977)에 탑재된 '외계에 보내는 메시지'에는 태양계의 구조와 인간 남녀의 모습 및 세계 각국 언어로 녹음된 인사말 등이 담겨 있다. 만약 외계 생명체가 이 메시지를 받는다면 그 내용을 어떻게 해석할 수 있을까?

점을 수 있는
전자신문이에요.



IV-1. 정보의 발생과 활용



1965년 신문에 실렸던 기사 원본

▲ 그림 1_ 1965년에 상상한 서기 2000년대 생활의 이모저모(재구성)

무엇을 상상하건 그 이상이다!

미래를 상상해 보라. 우리가 상상하는 미래에서는 과학의 발달로 인류는 항상 지금보다 훨씬 편리한 생활을 영유한다. 우리가 살고 있는 현재 역시 과거에는 상상으로만 가능했던 것들이다. 얼굴을 보며 통화하는 화상 전화, 소형 휴대 전화, 전자 신문 등은 예전에는 상상으로만 가능했다. 이처럼 편리한 생활은 인간이 자연의 정보를 처리하고, 저장하고, 활용하는 것으로부터 시작된다. 이 단원에서는 자연에서 발생하는 신호에는 어떤 것들이 있는지 알아보고, 이러한 신호를 처리하고 활용하여 어떻게 정보로 만드는지에 대해 알아보자.

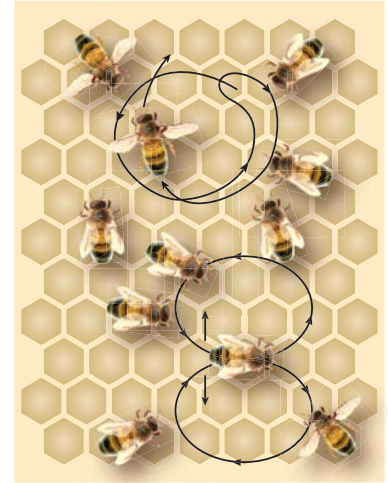
? 2050년에는 지금보다 어떤 편리한 생활이 가능할까?

1

정보의 발생

- 학습 목표**
- 자연이 만들어 내는 수많은 신호의 발생 과정을 알고, 정보의 의미를 설명할 수 있다.
 - 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 과정을 설명할 수 있다.

꿀벌은 꿀을 발견하면 벌집에 돌아와 특정한 방향으로 몸을 흔들며 춤을 추어 다른 동료에게 신호를 보낸다. 이 신호는 꿀을 얻을 수 있는 꽃의 위치를 알려 주는 귀중한 정보가 된다. 꿀벌과 마찬가지로 모든 동식물은 생존을 위해 여러 가지 방법으로 신호를 주고받으며 정보를 교환한다. 현대 사회를 살아가는 우리 역시 자연이 보내는 신호로부터 정보를 얻어 자연을 이해하고, 인간 생활을 영위하기 위해 다양한 정보를 서로 교환하고 공유한다. 우리 주변의 다양한 신호에는 어떤 것들이 있고, 그 신호들은 어떻게 정보로 활용되고 있을까?



▲ 그림 2 _ 꿀벌의 의사소통

여러 가지 신호와 정보

남아프리카 칼라하리 사막에 사는 미어캣은 그림 3의 (가)와 같이 보초를 세워 포식자가 나타났을 때 소리를 내서 동료들에게 위험을 경고한다. 그림 (나)의 방울뱀은 눈과 콧구멍 사이에 열을 감지하는 기관이 매우 발달되어 있어 열을 방출하는 물체의 위치를 정확하게 판단할 수 있다. 그림 (다)의 치타는 배설물의 냄새를 이용하여 영역을 표시한다. 이 냄새에는 가족, 나이, 성별 등 많은 정보가 담겨져 있다. 이와 같이 동물은 여러 가지 신호를 이용하여 정보를 전달하고 받아들인다.

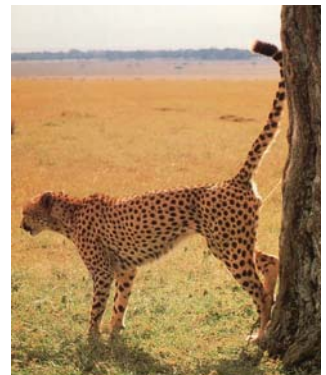
우리는 우주에서 지구로 도달하는 전자기파로부터 우주의 기원과 진화에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 지각이 흔들리며 발생하는 지진은 우리에게 인명과 재산 피해를 주기도 하지만 지구 내부 에너지와 지구 내부의 운동을 이해할 수 있는 정보를 주기도 한다.



(가) 미어캣



(나) 방울뱀



(다) 치타

▼ 그림 3 _ 여러 동물들의 신호와 정보 전달

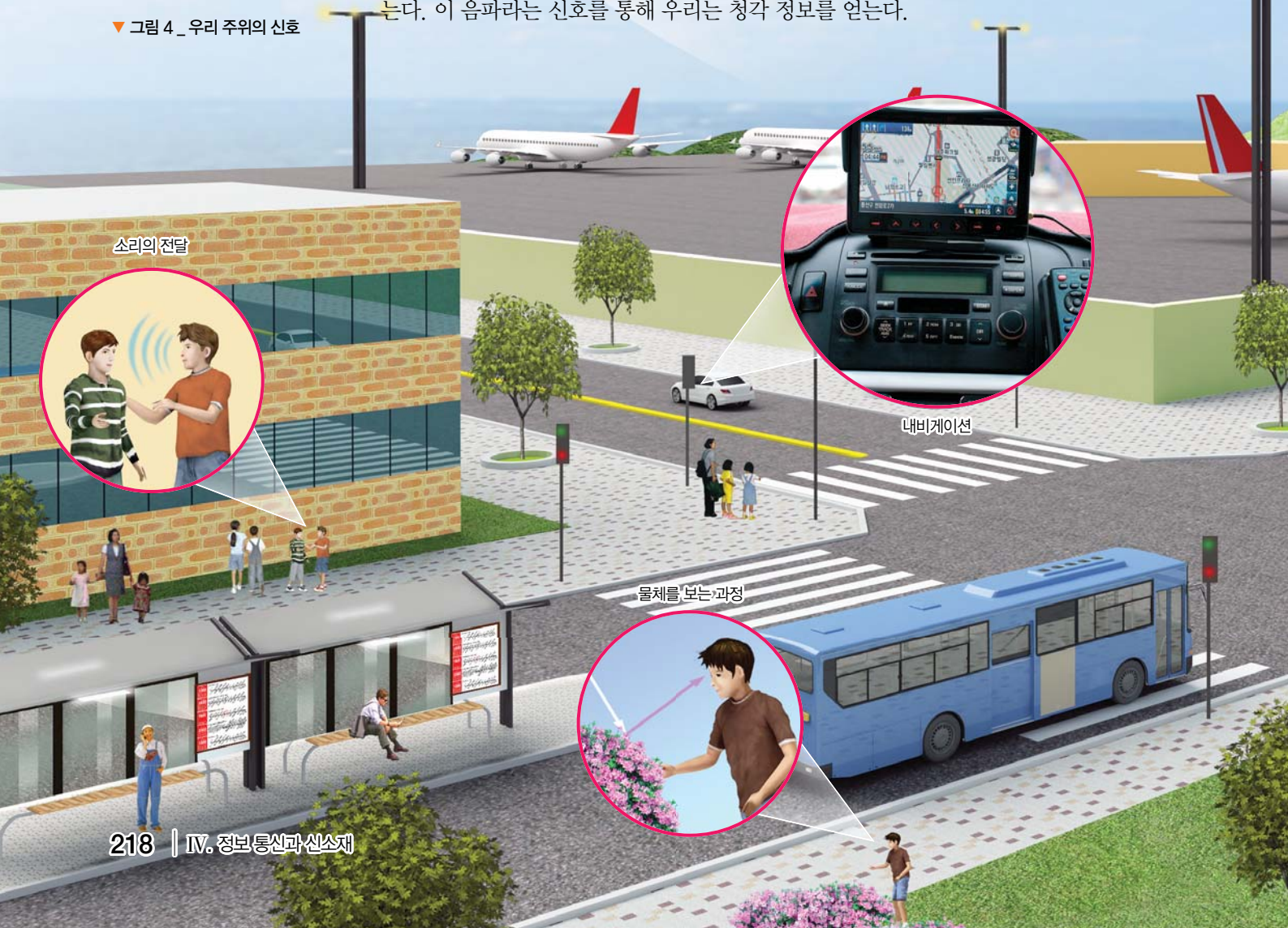
자연은 빛, 힘, 소리, 온도 변화, 전자기파 등의 여러 가지 신호를 보내고 있으며, 지구 상의 동식물은 다양한 방법으로 이러한 신호를 주고받으며 살아가고 있다. 자연이 보내는 신호를 우리에게 의미 있는 형태로 만들거나 형상화한 것을 **정보**라고 한다. 우리는 보고, 듣고, 만지고, 맛보고, 냄새 맡는 감각을 통해 자연의 여러 가지 다양한 형태의 물리적 신호를 받아들이고 필요한 정보를 얻는다.

우리 주위의 신호

태양 에너지가 빛의 형태로 우주 공간을 가로질러 우리 눈에 도달하면 시세포가 자극되어 태양을 볼 수 있고, 이 태양의 빛이 다른 물체에 반사되어 우리 눈에 들어 오면 그 물체를 볼 수 있다. 빛은 전자기파의 일종으로 이 빛이라는 신호를 통해 우리는 시각 정보를 얻는다.

친구가 내 이름을 부르는 소리는 어떻게 들리는 것일까? 친구가 내 이름을 부르는 순간 친구 입 주변의 공기가 진동을 시작하고, 공기의 진동이 내 귀에 전달되어 고막을 진동시킨다. 이 진동 에너지가 귓속의 청세포를 자극하여 소리를 들을 수 있다. 이러한 음파는 매질의 진동 에너지가 전달되는 현상으로 매질이 없으면 전달되지 않는다. 이 음파라는 신호를 통해 우리는 청각 정보를 얻는다.

▼ 그림 4 _ 우리 주위의 신호



자동차의 계기판에 표시되는 속도는 바퀴의 회전축에 연결된 자석이 함께 회전하면서 바퀴의 회전 속도에 따라 단위 시간당 발생하는 전기 신호의 개수를 변환하여 나타낸다. 최근 많이 사용하는 자동차의 내비게이션에는 GPS 수신기가 내장되어 있어 위성의 신호를 수신하여 현재의 위치 및 속도 등을 쉽게 알 수 있다.

우리 몸에서도 많은 신호가 발생하고 있으며, 이를 건강 진단 등에 이용한다. 우리 몸은 항상 체온에 해당하는 에너지를 적외선의 형태로 방출하고 있는데, 이러한 신호를 감지할 수 있는 적외선 열화상 카메라는 사람의 체온에 따른 온도를 색깔 분포로 화면에 표시해 준다. 이 정보를 통해 간단히 그 사람의 기본적인 건강 상태를 확인할 수 있다. 2009년 신종 플루가 유행하였을 때 공항과 같이 사람의 왕래가 빈번한 장소에 적외선 열화상 카메라를 설치하여 감염 여부를 확인하는 데 많이 이용하였다.

지진은 지구 내부 에너지에 의해 지각이 진동하여 나타나는 현상이며, 지각의 진동 에너지에 의해 땅이 흔들려 우리에게 큰 피해를 주기도 한다. 지진 관측소에서는 지진계를 이용하여 지진파를 기록하며, 이 신호로부터 우리는 다른 지진을 예측하고 미리 대비할 수 있는 정보를 얻는다.



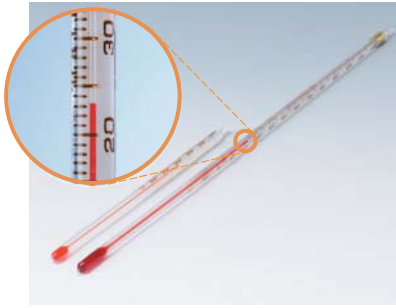
지진계



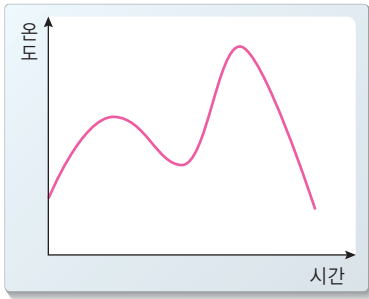
적외선 열화상 카메라



속도계



(가) 알코올 온도계



(나) 실내 온도의 변화

▲ 그림 5 _ 아날로그 신호

비트와 바이트





이진수의 0과 1로 표현되는 최소 단위를 비트(bit)라고 하며 binary digit의 약자이다. 컴퓨터는 보통 8개의 비트가 모인 바이트(byte)를 문자 표현의 최소 단위로 하여 정보를 처리하며 1byte = 8bit이다.

아날로그 신호와 디지털 신호

알코올은 온도에 따라 부피가 증가하거나 감소하는데, 이러한 알코올의 부피 변화를 이용하여 알코올 온도계는 주변의 온도를 나타낸다. 이때 주변의 온도가 아무리 급격히 올라가거나 내려가도 온도 변화는 그림 5의 (나)와 같이 연속적으로 나타난다. 이와 같이 자연에서 발생하는 빛, 소리 등 대부분의 신호는 연속적으로 변화하는데 이러한 연속적인 신호를 **아날로그 신호**라고 한다.

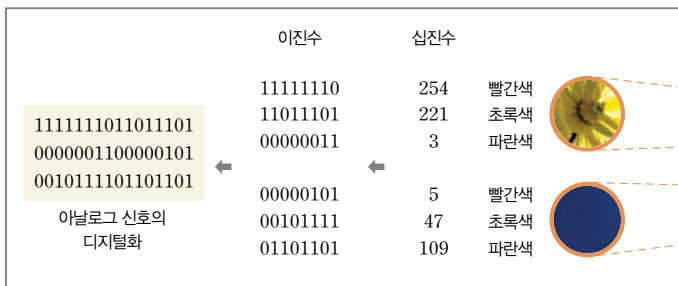
표 1과 같이 우리는 스위치를 이용하여 밝으면 불을 끄고, 어두우면 불을 켜다. 이와 비슷하게 컴퓨터는 꺼짐과 켜짐의 두 가지 상태만을 인식할 수 있어 0과 1의 이진법으로 표시되는 신호만을 처리할 수 있다. 이렇게 컴퓨터가 처리하는 신호는 불연속적이며, 이러한 불연속적인 신호를 **디지털 신호**라고 한다.

표 1 _ 디지털 신호

스위치를 끄			0
스위치를 켜			1

컴퓨터가 널리 보급되기 전에는 대부분의 정보를 사람이 직접 볼 수 있는 문서나 그림 등의 인쇄물로 보관하였으며, 소리나 동영상은 자기 테이프에 연속적인 파형의 형태로 기록하였다. 현재는 컴퓨터가 널리 보급되면서 그림 6과 같이 신호를 디지털로 처리하여 저장하는 방식으로 점점 바뀌고 있다. 그 이유는 0과 1을 이용하여 디지털 신호로 표현하는 방법이 꺼짐(OFF)과 켜짐(ON)의 두 가지 상태로 신호를 처리하는 컴퓨터의 정보 저장과 전송에 더 적합하기 때문이다. 0과 1의 정보 저장 단위를 비트라고 하며, 3개의 비트를 사용하면 $2^3=8$ 가지의 정보를 저장할 수 있다.

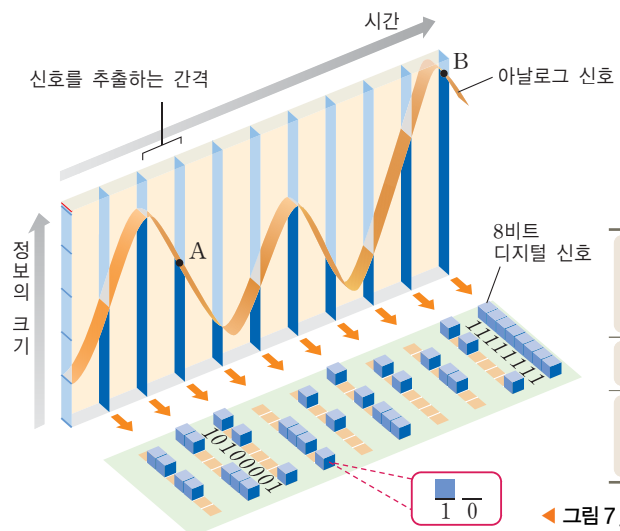
▼ 그림 6 _ 정보의 디지털화





컴퓨터가 널리 보급되면서 아날로그 방식의 정보 처리 보다는 디지털 방식으로 정보를 처리하는 비중이 점점 늘어나고 있다. 디지털 방식이 아날로그 방식보다 선호되는 이유를 두 방식의 특징을 비교하여 써 보자.

컴퓨터는 연속적인 아날로그 신호를 잘게 분해해 조각으로 나누고, 각각의 조각을 0과 1의 이진수로 표시하는 디지털화 작업이 필요하다. 조각을 잘게 나눌수록 디지털 표현이 정밀해 지고, 아날로그 신호에 가까워진다. 그림 7은 연속적인 아날로그 신호를 일정한 시간 간격으로 추출하여 디지털 신호로 변환하는 과정을 보여 준다. A점의 정보는 10100001₍₂₎로 변환되었으므로 변환되기 전 정보의 크기는 십진수 161이었으며, B점 정보의 크기는 십진수 255이었음을 알 수 있다.

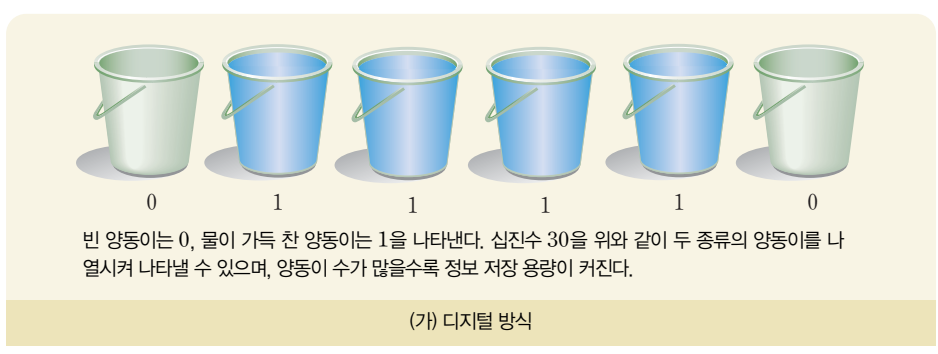


구분	8비트 이진수								십진수
	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	
A	1	0	1	0	0	0	0	1	161 = 128 + 32 + 1
B	1	1	1	1	1	1	1	1	255 = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1

◀ 그림 7_ 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환

아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 주는 장치를 **아날로그-디지털 변환기**라고 한다. 과거에는 아날로그 신호를 이용했던 전화, 오디오, 텔레비전 등의 많은 분야가 오늘날에는 디지털 신호를 이용하는 기술로 옮겨가고 있다. 그 이유가 무엇인지 두 방식을 물 양동이를 사용하여 비교해 보자.

디지털 방식은 그림 8의 (가)와 같이 빈 양동이가 숫자 0을 나타내고, 물이 가득 찬 양동이가 숫자 1을 나타낸다고 하면 임의의 숫자를 그림 8의 (가)와 같이 두 종류의 양동이를 일렬로 나열시키는 방법으로 비유할 수 있다. 반면, 그림 (나)와 같이 양동이 한 개에 채워진 물의 높이가 표현하고자 하는 숫자를 나타낸다고 하면, 아날로그 방식은 임의의 숫자에 해당하는 눈금만큼 물을 채우는 방법에 비유할 수 있다.



▲ 그림 8_ 디지털 방식과 아날로그 방식의 모형 비교

디지털 방식과 아날로그 방식의 모형을 비교해 보면, 아날로그 방식이 디지털 방식보다 더 정확한 것처럼 보인다. 그러나 아날로그 방식에서는 양동이를 조금만 움직여도 물의 높이를 측정하는 데 오차가 생길 수 있는 반면, 디지털 방식에서는 물을 약간 옆질러도 물이 찬 양동이와 빈 양동이를 구분하는 것에 거의 문제가 생기지 않는다. 즉 디지털 방식은 아날로그 방식에 비해 오차에 덜 민감하다는 장점이 있고, 이러한 안정성 때문에 신호를 디지털로 처리하고 저장하는 방식이 아날로그 방식을 앞지르고 있다. 다음 활동을 통하여 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 보자.

창의
인성

활동 1

아날로그 신호를 디지털 신호로 바꿀 수 있을까?

목표 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 보고, 두 신호의 특징을 말할 수 있다.

해 보기

준비물 아날로그 신호의 진폭을 시간에 따라 나타낸 그래프, 모눈종이

미리 알아보기

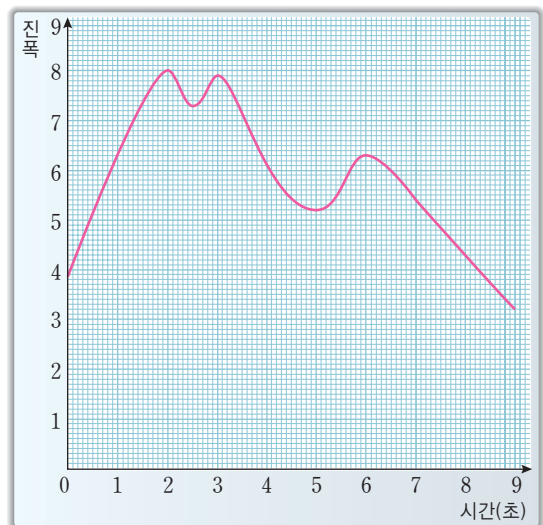
십진수를 이진수로 변환하려면 주어진 수를 2로 나누고, 더 이상 나누어지지 않을 때까지 나눈 다음, 몫과 그 나머지를 역순으로 적는다.

$$\begin{array}{r}
 \text{진수 } \underline{\hspace{1cm}} \text{ 수} \\
 \text{몫} \quad \dots \text{ 나머지} \uparrow \\
 \hline
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \text{예 } 2 \overline{)7} \\
 \underline{2)3} \quad \dots\dots 1 \uparrow \\
 \quad 1 \quad \dots\dots 1 \\
 \hline
 \end{array}
 \qquad
 7 = 111_{(2)}$$

과정

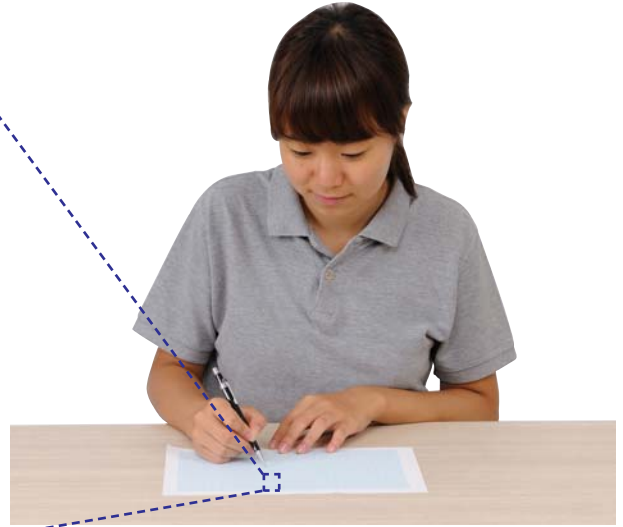
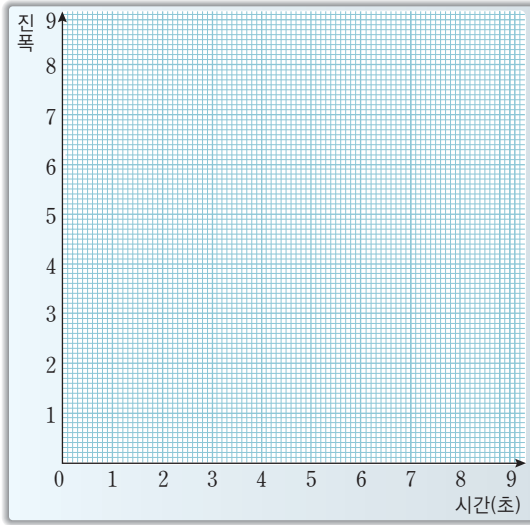
- 그림 9는 아날로그 신호인 어떤 소리의 진폭을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 이러한 아날로그 신호의 그래프를 미리 준비하거나 모눈종이에 임의로 아날로그 신호를 나타내는 곡선을 그려 보자.
- 과정 1의 그래프에서 0초부터 9초까지 1초 간격으로 소리의 진폭에 가장 가까운 정수를 아래 표에 기록해 보자.
- 표에 기록한 정수를 이진수로 변환하여 기록해 보자.

시간(초)	0	1	2	3	4
진폭에 가까운 정수 값					
이진수					
시간(초)	5	6	7	8	9
진폭에 가까운 정수 값					
이진수					



▲ 그림 9 _ 소리의 아날로그 신호 그래프

4 표에 기록한 정수를 그림 10의 그래프에 나타내어 보자.



▲ 그림 10 _ 기록한 정수를 그래프로 나타내기

정리

1. 과정 1과 과정 4에서 나타낸 그래프를 비교하여 보자. 두 그래프가 일치하는가? 일치하지 않는가? 그 이유를 이야기해 보자.
2. 가장 오류가 심하다고 생각되는 구간은 어느 곳인가?
3. 두 그래프를 일치시킬 수 있는 방법을 이야기해 보자.
4. **창의·인성** 아날로그 신호를 표의 이진수와 같은 디지털 신호로 변환하여 사용할 때의 장점은 무엇인지 이야기해 보자.

배려 자료에 대한 오류가 발생할 수 있는 활동이므로 진지한 태도로 임한다. 토의할 때는 상대방의 의견을 잘 듣고, 발표한다.

아날로그 신호를 일정한 시간 간격으로 추출하여 디지털 신호로 바꾸면 저장해야 하는 정보의 양은 줄어들지만, 원래의 정보를 정확하게 저장할 수는 없다. 원래의 정보를 정확하게 저장하기 위해서는 신호를 추출하는 시간 간격이 짧아야 한다. 표준 진동수가 44.1 kHz인 오디오 CD의 경우 1초당 44,100번 신호를 추출한 것으로 디지털화하여 재생된 소리는 우리가 듣기에 원래의 아날로그 신호와 비슷하게 들린다. 이러한 디지털 신호는 아날로그 신호에 비해 복사나 조작이 쉽고, 정보를 거의 손실하지 않고 압축할 수 있으나, 재생할 때에는 디지털-아날로그 변환기를 통해 아날로그 형태로 재생해야 하는 불편함이 있다.

💡 확인하기

- 이해** 1. 아날로그 신호를 디지털화할 때, 오차를 줄일 수 있는 방법에는 무엇이 있을지 이야기해 보자.
 2. 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 사용하는 방식의 단점은 무엇인지 설명해 보자.
- 창의** 3. 집을 출발하여 학교에 도착할 때까지 내가 감지할 수 있는 신호의 종류와 그 신호로부터 얻는 정보는 무엇인지 말해 보자.

2

정보의 인식과 전달

- 학습 목표**
- 정보를 수신하는 여러 가지 센서의 작동 원리를 알고, 일상생활에서 센서가 사용되는 곳을 찾을 수 있다.
 - 첨단 기기에서 신호가 다른 형태로 변환되어 전달되는 과정을 설명할 수 있다.



▲ 그림 11_ 여러 기능을 가진 휴대 전화

휴대 전화에는 통화 기능뿐만 아니라 음악 감상, 사진기, 게임 등 다양한 기능이 포함되어 있다. 최근에 등장한 휴대 전화에는 휴대 전화 몸체를 기울이면 화면이 자동으로 90° 회전되고, 전화를 받을 때는 화면이 자동으로 꺼지는 등 새롭고 편리한 기능들이 추가되고 있다. 이러한 기능은 휴대 전화에 기울기, 빛, 압력 등을 감지하는 다양한 센서가 장착되어 있어 가능하다.

센서는 인간의 오감인 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각의 기능을 대신하여 인간의 감각으로는 감지하기 어렵거나 위험한 신호를 감지한 후 전기 신호로 바꾸어 주는 장치이다. 표 2는 인간의 오

감과 이에 대응하는 센서를 나타낸 것이다. 이러한 센서들은 어떻게 작동하고, 우리 생활의 어느 부분에 이용되고 있을까?

센서(sensor)

어떤 것을 느끼거나 감지할 수 있는 능력을 총칭하여 나타내는 라틴어 'sens-(-us)'에서 유래되었다. 센서라는 용어는 1960년대부터 사용되었다.

표 2_ 인간의 오감과 센서의 대응 관계

감각	자극	감각 기관	수용체	센서
시각	빛	눈	망막	광센서
청각	음파	귀	달팽이관	소리 센서
촉각	압력, 열	피부	압점, 통점, 냉점, 온점	압력 센서, 온도 센서
후각	기체 화학 물질	코	후세포	가스 센서
미각	액체 화학 물질	혀	미세포	이온 센서

황화카드뮴(CdS)

카드뮴과 황의 화합물로 광전도 소자의 재료로 사용된다.

센서의 종류와 원리

광센서 빛을 인식하여 전기 신호로 바꾸어 주는 **광센서**는 인간의 눈과 같은 역할을 한다. 밤새 켜져 있던 가로등이 아침이 되면 자동으로 꺼지는 이유는 가로등에 장착된 광센서 때문이다. 이 광센서는 황화카드뮴에 불순물을 섞은 반도체를 재료로 사용하는데, 이 반도체에 빛이 닿으면 전기 저항이 작아져 전류가 흐르는 원리를 이용한다. 은행에서 사용하는 지폐 계수기는 처음 지폐 한 장의 광 투과량을 측정하여 기준으로 정한 다음 지폐를 세는 동안 광 투과량을 비교하여 두 장씩 세는 오류를 잡아낸다. 여기서 광 투과량을 측정할 때에 광센서가 사용된다.



▲ 그림 12_ 지폐 계수기

현재 판매되는 대부분의 상품에는 바코드가 인쇄되어 있는데 이 바코드를 해독할 때에도 광센서가 이용된다. 바코드는 문자나 숫자를 검정색과 흰색의 막대 모양 기호로 조합한 것으로 바코드에 빛을 쬐이면 검은색 막대는 빛을 흡수하고, 흰색 막대는 빛을 반사시킨다. 이때 빛이 흡수되면 0, 반사되면 1로 정보를 저장하여 물건을 판독한다.

광센서는 스캐너, 디지털카메라, 복사기 등 일상생활에 널리 이용되고 있다.



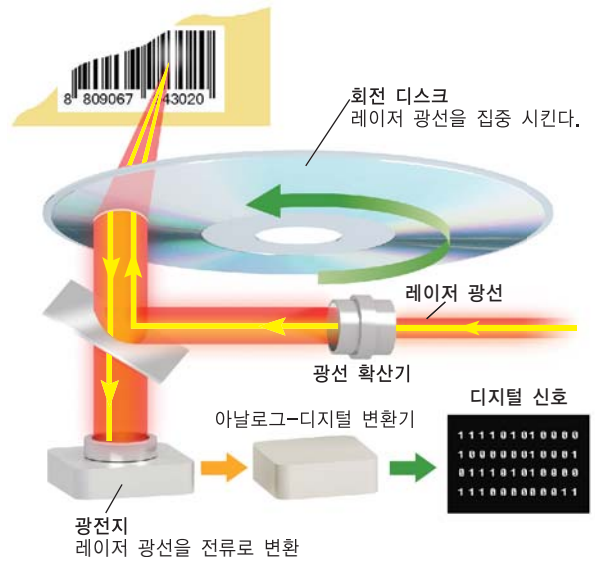
스캐너



디지털카메라

▲ 그림 14 _ 광센서를 이용한 기기

소리 센서 소리를 측정하여 전기 신호로 바꾸어 주는 **소리 센서**는 인간의 귀(청각)와 같은 역할을 한다. 바다 속의 물고기 떼를 찾거나 수심을 측정하는 음파 탐지기는 소리 센서의 일종이다. 사람의 귀가 공기의 진동을 인식하여 소리를 듣는 것과 마찬가지로 음파 탐지기는 물의 진동을 전기 신호로 변환시켜 음파를 감지한다. 그림 15와 같이 배에 장착된 음파 탐지기에서 바다 속으로 음파를 쏘아 보내면, 음파는 바닥이나 물체에 반사되어 되 돌아온다. 이때 음파가 되 돌아오는데 걸리는 시간을 측정하면 배에서 바닥까지의 거리를 계산할 수 있다. 음파가 다른 파동에 비해 물속에서 멀리까지 전달될 수 있기 때문에 음파 탐지기는 주로 수중에서 사용된다.



▲ 그림 13 _ 바코드 스캐너의 구조

▼ 그림 15 _ 배의 음파 탐지기





▲ 그림 16 _ 소리와 파동 센서를 이용한 기기

소리나 파동을 이용한 센서는 그림 16과 같이 초음파 진단기, 스피드 건 등에 이용되고 있다.

초음파 진단기는 초음파를 몸속으로 쏘아 보낸 후 되돌아오는 초음파를 전기 신호로 바꾸어 컴퓨터가 영상으로 처리하는 장치로 엄마 뱃속에 있는 태어나 체내 장기의 모습을 볼 수 있다.

물체의 속력을 측정하는 스피드 건은 음파 대신 레이저를 사용하는데, 그 원리가 음파 탐지기와 비슷하다. 스피드 건은 움직이는 물체를 향해 레이저를 쏘아 보낸 다음, 물체에 반사되어 되돌아오는 레이저를 감지하여 속력을 표시해 준다. 이때 되돌아오는 레이저는 도플러 효과에 의해 진동수가 달라지는데, 진동수가 변화하는 정도로부터 움직이는 물체의 속력을 계산하여 나타낸다. 이러한 원리로 날아오는 야구공이나 달리는 자동차의 속력을 측정할 수 있다.

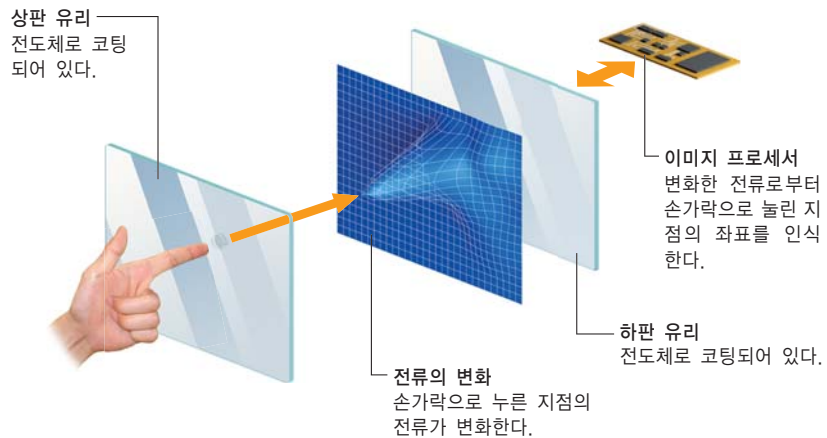
초음파

진동수가 약 20,000 Hz 이상으로 너무 커서 사람의 귀로는 들을 수 없는 음파이다. 부딪치는 물체에 따라 반사하는 정도가 다른 것을 이용하여 초음파 진단기 등에 이용된다.

압력 센서

외부에서 가해지는 압력의 정도를 전기 신호로 바꾸어 주는 압력 센서는 사람의 피부(촉각)와 같은 역할을 한다. 압력 센서는 외부에서 압력을 받아 찌그러지면 전기 저항의 크기가 미세하게 변하는 성질을 이용하여 압력의 정도를 전기 신호로 바꾸어 주는 방식과 외부에서 압력을 가하면 두 극판 사이의 간격이 변화하여 전기 용량이 변하는 정도로부터 전기 신호를 발생시키는 방식이 있다.

그림 17과 같이 휴대 전화나 자동 인출기에 널리 사용되고 있는 터치스크린은 스크린 전체를 센서로 만들어 화면의 글자나 그림을 손가락 끝으로 누르면 그 움직임을 감지해 전기 신호로 바꾸어 명령을 실행한다.



▲ 그림 17 _ 휴대 전화의 화면과 터치스크린의 원리 손가락으로 누른 지점은 상판 유리와 하판 유리가 접촉되어 전기 저항이 감소하므로 전류가 증가한다. 이러한 전류 변화를 감지하여 손가락으로 누른 지점의 좌표를 인식한다.

압력 센서는 그림 18과 같이 단말기의 터치스크린, 노트북의 터치패드, 전자저울 등에 널리 이용되고 있다.



단말기 터치스크린



노트북의 터치패드



전자저울

▲ 그림 18 _ 압력 센서를 이용한 기기

온도 센서 물체의 온도를 감지하여 전기 신호로 바꾸어 주는 **온도 센서**는 인간의 피부(온도 감각)와 같은 역할을 한다. 열을 감지하는 온도 센서가 들어 있는 온도계는 여러 가지 종류가 있다.

저항 온도계는 금속의 전기 저항이 온도에 따라 변하는 성질을 이용한다. 금속은 움직임이 자유로운 전자가 많아 전기가 잘 통하는 도체이다. 금속에 열을 가하여 온도를 높이면 금속 내의 전자의 운동이 활발해져 원자핵과의 충돌 횟수가 증가하기 때문에 전기 저항이 증가한다. 이 원리를 이용하여 저항 온도계를 만든다. 여러 가지 금속 중에서 백금은 온도에 따라 저항의 변화율이 일정하면서 변화의 폭이 넓어 저항 온도계로 가장 널리 이용되고 있다.

열전기쌍은 종류가 다른 두 금속을 연결하여 닫힌회로를 구성하고, 금속의 두 접합점의 온도를 다르게 하면 전위차가 발생하여 전류가 흐르는 원리를 이용해 온도를 측정한다.

적외선 온도계는 모든 물체가 자신의 온도에 해당하는 에너지를 전자기파의 형태로 방출하는 원리를 이용하여 온도를 측정한다. 그리고 다른 온도계와는 달리 온도를 측정하고자 하는 물체와 직접 접촉하지 않아도 된다는 장점이 있다.

온도 센서는 온도계뿐만 아니라 그림 20과 같이 에어컨, 전기밥솥, 보일러 등 온도 조절이 필요한 제품에 이용되고 있다.



저항 온도계



열전기쌍



적외선 온도계

▲ 그림 19 _ 여러 가지 온도계



에어컨



전기밥솥



보일러

▲ 그림 20 _ 온도 센서를 이용한 기기



▲ 그림 21 _ 화재경보기의 구조

가스 센서 기체 성분의 변화를 감지하여 전기 신호로 바꾸어 주는 **가스 센서**는 인간의 코(후각)와 비슷한 역할을 한다. 화재나 가스의 누출을 알려주는 탐지기에는 가스 센서가 들어 있다. 그림 21과 같은 화재경보기는 물체가 탈 때 발생하는 연기의 작은 입자를 감지하여 불길의 번지기 전에 경보를 울린다. 화재경보기에는 탐지실이라는 공간이 있는데, 이 탐지실 내부의 공기에는 항상 약한 전류가 흐르고 있다. 탐지실에 연기 입자가 들어오면 공기의 전기 저항이 커져 전류가 감소하여 경보가 울리게 된다.

음주 측정기는 내쉬는 숨에 알코올 성분이 있으면 측정기 내부에서 화학 반응이 일어나 전류가 흐르는 원리를 이용하는데, 이 전류의 세기로부터 내쉬는 숨에 포함된 알코올의 농도를 정확하게 계산할 수 있다. 그림 22는 가스 센서를 이용한 가스 경보기, 연기 감지기, 음주 측정기, 공기 오염 측정기를 나타낸 것이다.



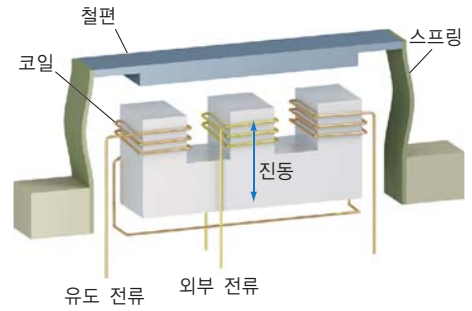
▲ 그림 22 _ 가스 센서를 이용하는 기기

이온 센서 용액의 특정한 이온에 대하여 선택적으로 반응하고, 이온의 농도에 따라 전압을 발생시켜 전기 신호로 바꾸어 주는 **이온 센서**는 인간의 혀(미각)에 해당하는 역할을 한다. 산염기(pH) 측정기는 물질 내의 수소 이온의 농도에 따라 전류의 세기가 달라지는 것을 이용하여 물질의 산성이나 염기성을 측정한다. 염도 측정기는 식품에 전기가 통하는 정도인 전기 전도도를 이용하여 염도를 전기 신호로 바꾸어 나타낸다. 그림 23은 이온 센서를 이용한 산염기(pH) 측정기와 염도 측정기이다.



▲ 그림 23 _ 이온 센서를 이용하는 기기

가속도 센서 급출발하는 버스 안에서 몸이 뒤쪽으로 기울어졌던 경험이 있을 것이다. 내 몸은 제자리에 있으려고 하는데 버스가 갑자기 출발하기 때문에 몸이 뒤로 기울어진다. 이것은 물체가 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질인 관성 때문이다. 이러한 물체의 관성을 이용한 센서가 **가속도 센서**이다. 가속도 센서는 가속 운동하는 물체에 장치한 진자가 관성에 의해 움직이는 원리를 이용한다. 물체의 속도 변화가 클수록 진자의 움직임이 커지는데, 이 진자의 움직임을 전기 신호로 바꾸어 가속도를 측정한다. 가속도 센서를 이용하면 수평과 수직 방향의 가속도를 모두 감지할 수 있어 배와 비행기 등의 수평을 유지하는 데 이용된다. 또한, 구조물의 미세한 진동을 감지할 때에도 가속도 센서를 이용한다.



▲ 그림 24 _ 가속도 센서의 구조 가운데 코일에 외부에서 전류가 공급되어 코일 주위에 자기장이 형성된다. 외부의 진동에 의해 코일이 움직이는 동안 상대적으로 무거운 철편은 관성에 의해 거의 움직이지 않는다. 이렇게 코일과 철편 사이에 움직임이 생기면 코일을 통과하는 자기장이 변화하여 전류가 유도되고, 이 유도된 전류로부터 가속도를 계산할 수 있다.



배



비행기

▲ 그림 25 _ 가속도 센서의 이용

과학 마당 | 센서는 어떻게 생겼을까?

센서는 각종 물리 현상이나 화학 현상을 검출하고, 그것을 전기 신호로 변환하여 이용할 수 있게 하는 소자들을 총칭하는 말이다. 센서는 우리 주변에 매우 다양하게 이용되고 있는데 용도에 따라 광센서, 온도 센서, 압력 센서, 소리 센서, 가스 센서, 이온 센서, 가속도 센서, 전자기 센서 등 매우 다양하다. 센서는 우리의 삶을 더욱 편안하고 풍요롭게 만들어 주고 있다. 그림 26은 여러 종류의 센서들을 나타낸 것이다.

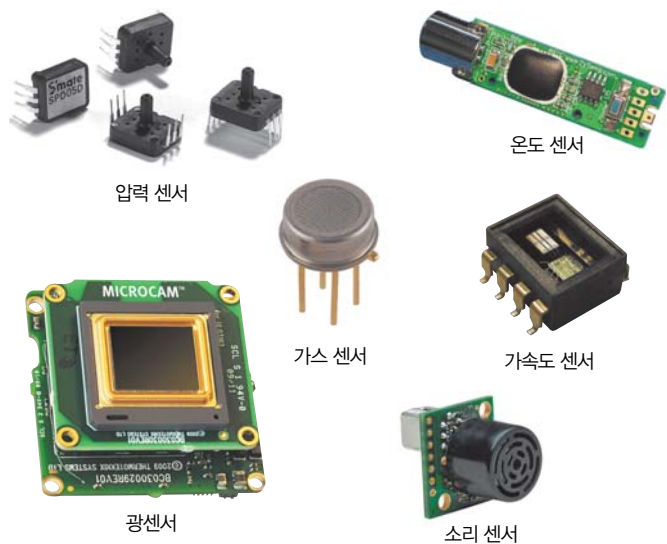


그림 26 _ 여러 종류의 센서 ▶

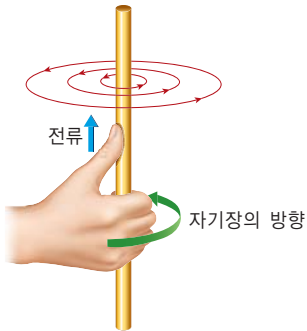
전자기 센서 자기장의 변화를 감지하여 이를 전기 신호로 바꾸어 주는 센서를 **전자기 센서**라고 하는데 앙페르 법칙과 패러데이 법칙이 응용된다.

앙페르(Ampere, A. M., 1775 ~1836)
앙페르 법칙을 발견하고, 전자기학의 기초를 확립하였다.

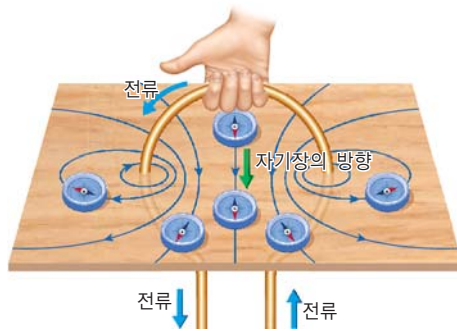
도선에 전류가 흐르도록 한 다음, 도선 주위에 나침반을 놓으면 나침반의 바늘이 움직인다. 이것은 도선 주위에 자기장이 형성되었기 때문이다. 프랑스의 앙페르는 다음과 같이 도선에 흐르는 전류와 자기장 사이의 관계를 밝혔다.

“도선에 흐르는 전류가 증가할수록 자기장이 강해지며, 도선으로부터의 거리가 멀어지면 거리와 반비례하여 자기장이 약해진다. 단, 코일 내부에 형성되는 자기장은 코일로부터의 거리와 관계없으며 코일을 촘촘하게 많이 감을수록 자기장이 강해진다.”

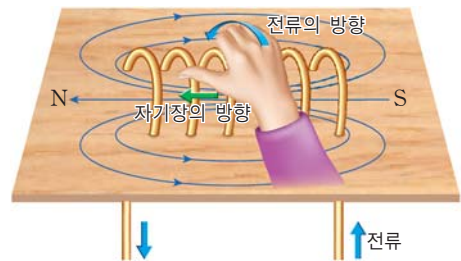
그림 27은 전류가 흐르는 직선 도선, 원형 도선, 솔레노이드 주위에 형성되는 자기장을 자기력선으로 나타낸 것이다. 자기장의 방향은 오른손 법칙으로 알 수 있다.



직선 전류에 의한 자기장



원형 전류에 의한 자기장



솔레노이드에 의한 자기장

▲ 그림 27 _ 전류에 의한 자기장

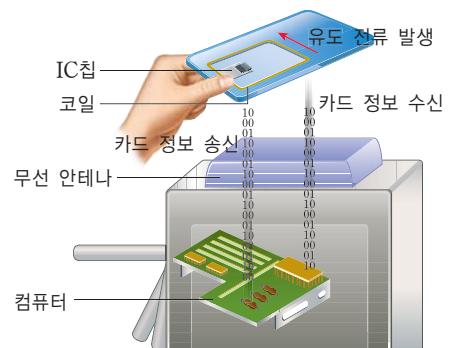
코일에 전류가 흐르면 주위에 자기장이 형성되는 것과 대칭적으로, 코일을 통과하는 자기장이 변하면 코일에 전류가 유도되어 흐른다.

과학 마당 | 교통 카드의 원리



▲ 그림 28 _ 지하철 출입구

버스나 지하철 등을 탈 때 교통 카드를 단말기에 갖다 대기만 해도 편리하게 요금을 지불할 수 있다. 교통 카드 내부에는 그림 29와 같이 중앙 처리 장치가 내장된 IC칩과 연결된 전선이 모서리를 따라서 코일처럼 여러 번 감겨 있다. 교통 카드를 버스나 지하철에 설치된 단말기에 가까이 하면 교통 카드의 코일 내부를 지나는 자기장이 변하여 유도 전류가 흐른다. 이때 흐르는 유도 전류는 교통 카드 속에 들어 있는 IC 칩을 작동시켜 요금 등의 정보를 기록하게 한다.



▲ 그림 29 _ 교통 카드의 작동 원리

영국의 패러데이는 실험을 통해 다음과 같이 자기장의 변화와 코일에 유도되는 전류의 관계를 밝혔다.

패러데이(Faraday, M., 1791 ~1867)
전자기 유도 법칙을 발견하였다.

“시간에 따른 자기장의 변화가 클수록, 코일을 많이 감을수록 코일에 유도되는 전압이 증가하여 더 많은 전류가 유도되어 흐른다.”

그림 30과 같이 코일 근처에서 자석을 가까이 하거나 멀리하면, 코일 주위의 자기장이 강해지거나 약해지는 변화에 의해 코일에 전류가 유도되어 검류계의 바늘이 움직이는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 **패러데이 법칙**은 오늘날 대부분의 발전소에서 전기를 발생시키는 원리가 되었다.

자기장 변화에 의해 코일에 전류가 유도되는 패러데이 법칙을 이용하여 전기 신호를 감지하는 전자기 센서를 만들 수 있다. 전자기 센서는 그림 31과 같이 도난 방지 시스템, 금속 탐지기 등에 이용된다.

상점의 출입구에 세워진 도난 방지 시스템은 사람이 물건의 값을 계산하지 않고 나갈 경우 경보음을 울린다. 이것은 상점에 진열되어 있는 물건에 작고 얇은 형태의 자기띠가 붙어 있거나 삽입되어 있기 때문이다. 손님이 물건 값을 지불하면 점원은 계산대 앞에 있는 기구를 물건의 자기띠에 대어 자기적 특성을 없애 준다. 만일 자성을 없애지 않은 물건을 들고 출입구의 두 기둥 사이를 통과하면 물건에 붙어 있는 자기띠의 자기장에 의해 기둥 속의 코일을 통과하는 자기장이 변한다. 그러면 기둥 속의 코일에 전류가 유도되고, 이 전류에 의해 경보음이 울리게 된다. 이것은 도서관에서 대여한 책의 자성을 없애지 않고 그냥 나올 때 경보음이 울리는 것과 마찬가지로 원리이다.

금속 탐지기는 탐지부의 코일에 전류를 흘려주어 자기장을 형성한다. 이때 탐지하는 곳에 금속이 있으면 자기장이 변하여 금속에 유도 전류가 흐르고, 이 신호를 받아 숨겨진 금속의 존재 유무를 확인한다.



▲ 그림 30 _ 자기장의 변화와 전류의 발생
코일 주위의 자기장이 변하면, 코일에 전류가 유도된다.



도서관의도난방지시스템



금속 탐지기

◀ 그림 31 _ 전자기 유도의 이용

여러 종류의 다양한 센서가 우리 인체의 감각 기관을 대신할 수 있다면 어떤 일이 생길지 다음 활동을 통해서 알아보자.

창의
인성

활동 2

나에게 고성능 센서가 생긴다면?

목표 신호의 종류에 따라 필요한 센서의 종류를 알고, 미래 사회에서 일어날 수 있는 인간의 센서 사용에 대해 생각해 본다.

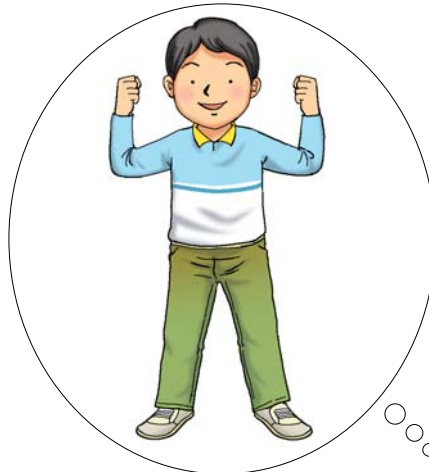
자료 해석, 토의

과정

미래의 어느 날, 고성능 센서를 인간의 몸에 장착하여 신호를 받아들일 수 있는 기술이 개발되었다고 가정해 보자. 자신이 갖고 싶은 센서를 주어진 자료에서 골라 우리 몸의 어느 부위에 장착할 것인지 그림 32에 표시해 보자.

<자료>

- | | |
|---------|----------|
| ① 광센서 | ② 가스 센서 |
| ③ 압력 센서 | ④ 가속도 센서 |
| ⑤ 온도 센서 | ⑥ 전자기 센서 |
| ⑦ 소리 센서 | ⑧ 이온 센서 |



▲ 그림 32 _ 센서를 부착할 우리 몸

공익 고성능 센서의 개발은 몸이 불편한 사람들에게 도움을 줄 수 있다. 이러한 과학 기술의 발전은 모든 사람에게 공정하게 혜택이 돌아가야 한다.

정리

1. 위 자료에서 제시한 센서를 몸에 장착하고 싶은 이유를 이야기해 보자.
2. 그림 32에 표시한 센서들과 마찬가지로 인간의 감각이 발달하여 신호를 감지할 수 있다면, 일상생활은 어떻게 달라질까?
3. 모든 센서가 인간의 감각보다 우수한 능력을 발휘하고 있는지 조사하여 발표해 보자.
4. **창의·인성** 위 자료에서 제시한 센서 이외에 앞으로 개발되어야 할 센서들에는 무엇이 있을지 생각해 보자.



현재 인간이나 동물의 오감을 모방하여 만든 여러 센서는 아직까지 인간의 오감을 완전히 대체할 수 있을 만큼 완벽하지는 않다. 그러나 어느 정도 비슷한 수준에 도달했으며 앞으로 기술이 점점 발달하면 인간의 감각보다 더 우수한 성능의 센서들이 개발될 수 있을 것이다.

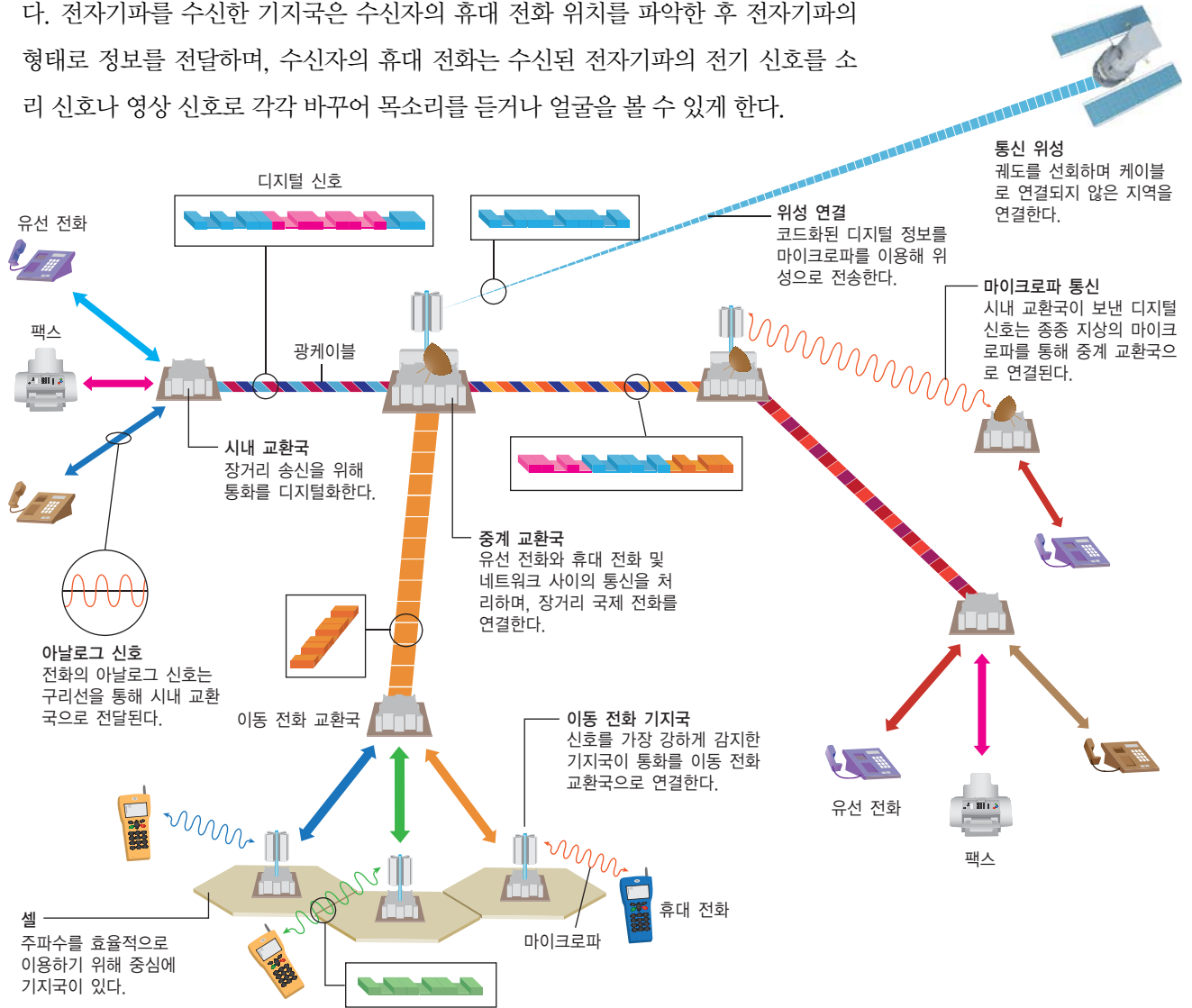
첨단 통신 기기에서의 정보 전달 과정

1877년 전화가 발명된 이후 전화망은 통신의 가장 중요한 수단이 되었다. 전화망은 해저 케이블과 통신 위성으로 각 대륙을 연결해 세계를 하나로 만들고 있으며, 전화, 팩스, 인터넷 등 다양한 방식으로 통신을 한다. 정보를 주고받는 통신의 목표는 많은 양의 정보를 정확하고 빠르게 전달하는 것이다. 현대 과학이 발달함에 따라 현대인의 생활 필수품이 된 휴대 전화의 통화 품질과 영상 화면이 점점 좋아지고 있으며, 연결도 아주 빠르다. 휴대 전화는 어떻게 사람의 목소리와 영상을 멀리까지 정확하게 전달할 수 있는 것일까?

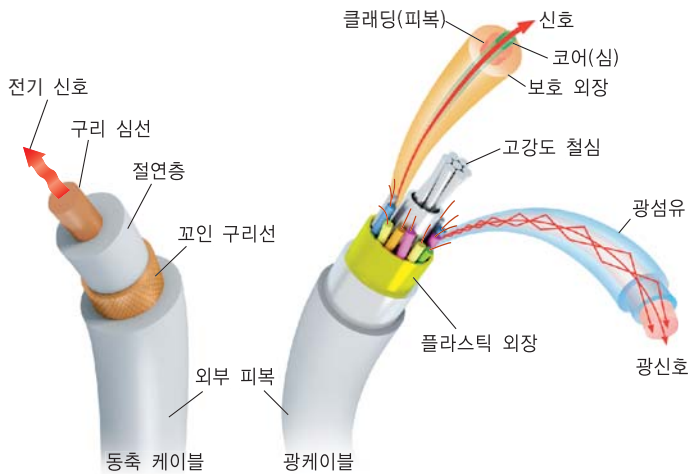
휴대 전화 통화에서 발신자는 그림 33과 같이 목소리와 모습을 휴대 전화의 마이크와 카메라를 통하여 디지털 전기 신호인 전자기파로 바꾸어 가장 가까운 기지국으로 전달한다. 이때의 전자기파는 주파수가 800~1,000 MHz 정도인 마이크로파이다. 전자기파를 수신한 기지국은 수신자의 휴대 전화 위치를 파악한 후 전자기파의 형태로 정보를 전달하며, 수신자의 휴대 전화는 수신된 전자기파의 전기 신호를 소리 신호나 영상 신호로 각각 바꾸어 목소리를 듣거나 얼굴을 볼 수 있게 한다.

주파수

진동수와 같은 말로, 1초 동안 진동하는 횟수를 의미한다. 단위는 Hz를 사용한다.



▲ 그림 33 _ 통신 기기에서 정보 전달 과정



▲ 그림 34 _ 구리선을 이용한 동축 케이블과 광섬유를 이용한 광케이블

장거리 전화 전송에서는 정보를 전달하기 위해 광섬유를 많이 이용한다. 레이저에서 만들어진 빛이 소리 신호에 의해 변조된 후 광섬유를 통해 상대방에게 전달된다. 이러한 방법을 **광통신**이라고 하는데, 광섬유 내에서 빛이 전부 반사하기 때문에 신호를 보다 빠르고 정확하게 전달할 수 있다. 그림 34와 같이 광통신에 사용하는 광섬유는 투명한 유리 또는 합성수지를 지름 0.1mm보다 작은 매우 가는 다발로 뽑은 것이다. 안쪽에는 굴절률이 큰 유리로 된 코어(심), 바깥쪽에는 굴절률이 작은 유리로 된 클래딩(피복)으로 되어 있으며 외부 충격으로부터 보호하기 위해 코팅을 한다.



▲ 그림 35 _ 광섬유

로 되어 있으며 외부 충격으로부터 보호하기 위해 코팅을 한다.

광통신에 사용하는 광케이블은 광섬유를 사용하기 때문에 구리선을 이용한 전기 통신에 비해 많은 장점이 있다. 광통신을 이용하면 많은 양의 정보를 동시에 교환하는 것이 가능하며, 에너지 손실이 적다. 또한, 외부 전자기장의 영향을 받지 않으므로 혼선이 없고 도청이 어렵다. 그러나 구리선을 이용한 동축 케이블에 비하면 비용이 비싸고, 끊어졌을 때 연결하기가 어렵다는 단점도 있다.

여러 종류의 정보를 수용하고, 상황에 맞게 다른 형태의 정보로 변환하는 등 우리는 끊임없이 정보를 이용하며 문명을 발전시키고 있다. 예를 들어 자석과 코일만 있으면 전기 신호를 소리 신호로 바꿀 수도 있다. 다음 활동을 통하여 전기 신호를 소리 신호로 바꾸어 보자.

창의
인성

활동 3

전기 신호를 소리 신호로 바꿀 수 있을까?

목적 양페르 법칙을 이용하여 전기 신호를 소리 신호로 바꿀 수 있다.

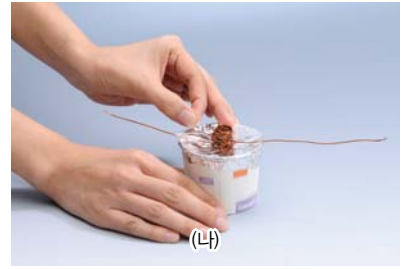
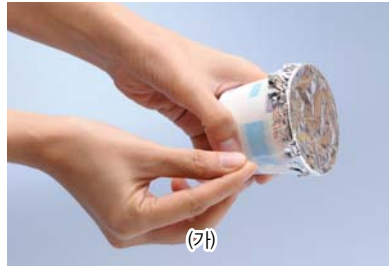
실험

준비물 종이컵, 원형 네오디뮴 자석, 에나멜선, 스피커 연결 잭, 투명 테이프, MP3 플레이어(또는 휴대 전화), 스위치, 알루미늄박, 칼, 전류계

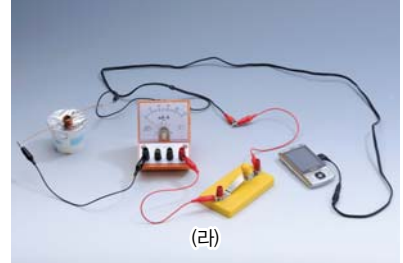
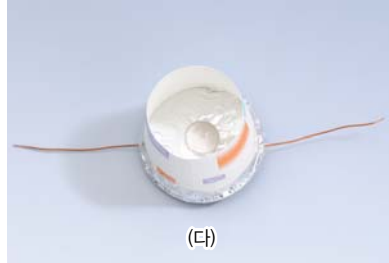
과정

- 1 그림 36의 (가)와 같이 종이컵의 바닥을 오려 낸 다음, 알루미늄박을 둥글게 잘라 종이컵의 윗부분에 투명 테이프로 팽팽하게 붙이자.
- 2 연필과 같은 둥근 물체에 에나멜선을 20~30회 정도 감은 다음 코일의 양끝에 에나멜선을 10 cm 정도 남기자. 그리고 에나멜선의 양끝을 불로 그을리거나 칼로 긁어 에나멜을 벗겨 내자.

3 알루미늄박의 가운데에 그림 (나)와 같이 원형 코일을, 뒤쪽에는 그림 (다)와 같이 네오디뮴 자석을 투명 테이프로 고정시키자.



4 그림 (라)와 같이 에나멜선의 한쪽 끝은 스피커 연결 잭을 이용하여 MP3 플레이어(또는 휴대 전화)와 연결하고, 다른 쪽은 스위치와 전류계를 연결하여 회로를 구성하자.



5 MP3 플레이어(또는 휴대 전화)를 켜 다음, 스위치를 닫자.

▲ 그림 36 _ 전기 신호를 소리 신호로 바꾸기

정리

1. 전류계의 눈금을 확인해 보자. 전류가 흐르는가?
2. 코일과 자석으로 만든 스피커에서 소리가 나는 원리에 대해 말해 보자.
3. 스피커에서 발생하는 소리의 크기를 크게 하려면 어떻게 해야 할까?
4. **창의·인성** 전기 신호를 소리 신호 이외에 어떤 신호로 바꿀 수 있는지 알아보자.

정직 활동 결과에 대한 오류가 있더라도 인정을 하고, 오류가 발생한 원인을 예측해 본다.

MP3 플레이어에서 나오는 전류는 시간에 따라 세기와 방향이 계속 변화하므로 코일에 흐르는 전류 역시 계속 변화한다. 코일에 흐르는 전류가 변화하면 코일이 형성하는 자기장도 변화하며 이 자기장과 자석 사이의 힘에 의해 알루미늄박이 진동을 한다. 그러면 알루미늄박의 진동이 주변 공기를 진동시켜 음파가 발생되어 우리가 소리를 들을 수 있다. 스피커와 마찬가지로 우리 주변에는 다양한 형태의 신호를 우리가 인식할 수 있는 신호로 바꾸어 인간 생활을 편리하게 하는 장치들이 많이 있다.

신호를 인식하고 전달하는 센서 기술은 앞으로도 계속 발전해 나갈 것이며, 센서의 발달은 단순히 인간의 오감을 대체하는 것 외에도 의료, 우주 공학, 군사 발전에 크게 기여할 수 있다. 이를 위해서 모든 과학 분야가 통합하여 기술을 개발해야 할 것이다.

💡 확인하기

- 적용** 1. 소리 신호를 전기 신호로 바꾸어 주는 장치를 찾아보고, 그 원리에 대하여 발표해 보자.
- 창의** 2. 인간보다 발달한 감각 기관을 갖고 있는 동물을 찾아보고, 그 동물의 생활이 인간과 다른 점을 이야기해 보자.

3

정보의 저장

- 학습 목표**
- 자석의 성질을 알고, 자기 매체에 정보를 읽고, 쓰는 원리를 이해할 수 있다.
 - 광디스크에서 정보를 읽고, 쓰는 원리를 설명할 수 있다.



▲ 그림 37 _ 정보의 저장

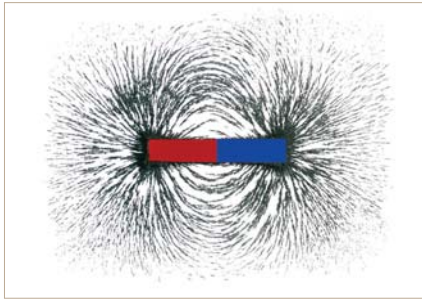
정보를 여러 권의 공책에 기록해 두면 필요한 정보를 찾기가 쉽지 않으며 저장하는 양에 한계가 있다. 컴퓨터는 정보를 저장하기 위해 자기장을 이용한 자기 디스크, 빛을 이용한 광디스크, 반도체를 이용한 플래시 메모리 등을 사용하는데, 이러한 저장 장치들은 좁은 공간에 막대한 양의 정보를 저장할 수 있다. 어떤 원리에 의해 정보를 디지털 장치에 저장할 수 있을까?

자석과 자기장

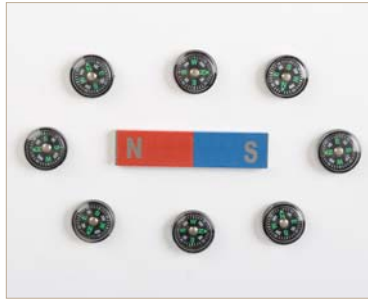
자기 현상을 최초로 발견한 사람은 그리스의 마그네스라는 양치기라고 전해진다. 마그네스는 끝이 쇠붙이로 된 지팡이를 들고 다녔는데 지면에 굴러다니던 검은 돌조각이 지팡이 끝에 달라붙었다. 이 검은 돌이 바로 철광석의 일종인 자철석(마그네타이트)인데, 철광석은 현재 자석의 원료로 이용되고 있다. 자석은 항상 N극과 S극을 동시에 가지고 있으며, 자석을 둘로 자르면 N극과 S극이 분리되지 않고 2개의 자석이 된다. 즉, 자석을 반복하여 아무리 작게 잘라도 N극과 S극은 분리되지 않는다.



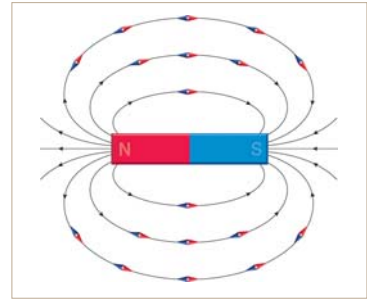
▲ 그림 38 _ 자철석에 붙은 철 가루



(가) 자석 위에 놓인 아크릴 판에 철 가루를 뿌린 다음 두드리면 철 가루가 일정한 모양으로 배열된다.



(나) 자석 주위에 나침반을 놓으면 나침반의 N극은 더 이상 북쪽을 가리키지 않는다.



(다) 자기력선은 자석의 N극에서 나와 S극으로 들어간다. 자기력선의 간격이 좁을수록 자기장이 세다.

▲ 그림 39 _ 자석 주위의 자기장

자석은 주변의 쇠붙이를 잡아당기며 같은 극끼리는 서로 밀어내고, 다른 극끼리는 서로 끌어당긴다. 자석의 이러한 성질을 **자성**이라고 하며, 자석의 힘이 미치는 공간을 **자기장**이라고 한다.

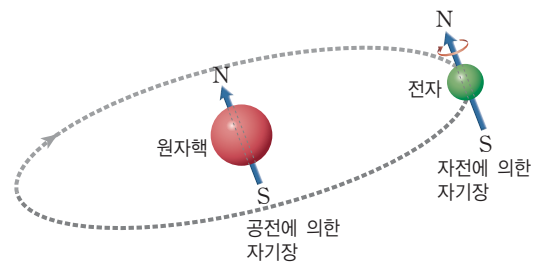
자기장은 눈에 보이지 않지만 그림 39의 (가)와 같이 자석 주위에 철 가루를 뿌려 자기장의 모양과 세기를 대략 알 수 있으며, 그림 (나)와 같이 자석 주위에 나침반을 놓으면 나침반 바늘의 움직임으로부터 자기장의 방향을 알 수 있다. 자기장의 방향은 나침반의 N극이 가리키는 방향으로 정하였으며, 각 지점에서 나침반의 N극이 가리키는 방향을 선으로 이으면 그림 (다)와 같이 자기장을 가시화하여 나타낼 수 있다. 이렇게 그은 선을 **자기력선**이라 하고, 자기력선은 자석의 N극에서 나와 S극으로 들어가며 도중에 교차하거나 끊어지지 않는다.

과학 마당 | 자석 주위에 왜 자기장이 형성될까?

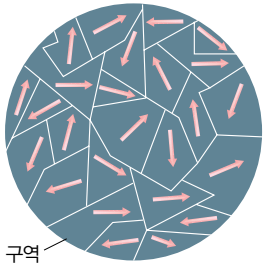
전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 형성된다. 그리고 자석 주위에도 자기장이 형성되는데 자석에 전류가 흐르는 것일까? 이러한 현상은 원자핵 주위를 도는 전자의 운동을 공전과 자전 운동으로 비유하여 설명할 수 있다.

원자는 (+)전하를 띠는 원자핵과 (-)전하를 띠는 전자로 구성되어 있으며, 지구가 태양 주위를 공전하는 것처럼 전자가 원자핵을 중심으로 원 궤도를 따라 운동한다. 전하를 띠는 전자가 원운동을 하면 원형 전류가 흐르는 것과 같은 효과로 원자에 자기장이 형성된다. 또한, 전자는 팽이처럼 도는 자전을 하는데, 전자의 자전 역시 전하를 띠는 입자의 움직임이기 때문에 자기장을 형성한다. 이 때문에 원자는 작은 자석처럼 자기장을 형성하고 있으며 대부분의 물질에서는 전자의 자전에 의한 자기장의 효과가 공전에 의한 것보다 더 크다.

원자에는 여러 개의 전자들이 있으므로, 이 전자들의 자전 방향이 같으면 자기장이 같은 방향으로 형성되어 강한 자기장을 만들지만, 자전 방향이 반대면 자기장이 상쇄되어 약해진다. 대부분의 원자에서는 전자들에 의한 자기장이 상쇄되어 자성을 띠지 않지만 철, 니켈, 코발트와 같은 물질들은 자기장이 상쇄되지 않아 자성을 띤다.



▲ 그림 40 _ 원자를 구성하는 전자의 운동



자기 구역

▲ 그림 41 _ 철 원자의 자기 구역 자기 구역의 자기장 방향을 화살표로 표시하였다. 화살표가 가리키는 방향이 N극이다.

자기 구역

작은 자석인 철 원자는 상호 작용에 의해 인접한 철 원자들과 무리를 지어 같은 방향으로 자기장을 정렬한다. 이렇게 자기장이 일정한 방향으로 정렬된 원자들의 집단을 **자기 구역**이라고 하며, 하나의 자기 구역은 수억 개의 정렬된 원자들로 이루어져 있다. 그림 41과 같이 보통의 철은 자기 구역의 배열이 무질서하기 때문에 자성을 띠지 않는다.

이러한 철에 자석을 가까이 가져가면 그림 42와 같이 자기 구역이 일정한 방향으로 배열되면서 자성을 띠는데 이러한 현상을 **자화**라고 한다. 철에서 자석을 멀리하면 원자들의 열운동에 의해 철 내부의 자기 구역은 다시 무질서한 방향으로 배치되어 자성이 사라진다. 자석을 가열하면 자성이 약해지는 것도 같은 원리이다.



▲ 그림 42 _ 철 원자의 자화 모습

자석을 철로 된 드라이버에 오랫동안 붙여 두거나, 자석으로 드라이버를 여러 번 문지르면 드라이버가 마치 자석처럼 다른 쇠붙이를 끌어당기는 현상을 볼 수 있다. 자석이 아닌 물질도 자석처럼 만들 수 있는지 다음 활동을 통해서 알아보자.

창의
인성

활동 4

클립을 연달아 붙일 수 있을까?

목표 자석에 클립이 일렬로 달라붙는 원리를 설명할 수 있다.

해 보기

준비물 막대 자석, 클립 여러 개

과정

- 1 그림 43의 (가)와 같이 막대 자석에 클립을 일렬로 붙이자.
 - 클립을 몇 개까지 붙일 수 있는가?
- 2 그림 (나)와 같이 막대 자석으로 클립을 한쪽 방향으로 여러 번 문지르자.
- 3 과정 2의 클립에 그림 (다)와 같이 다른 클립을 일렬로 붙여 보자.
 - 클립을 몇 개까지 붙일 수 있는가?



▶ 그림 43 _ 자석에 클립 붙이기

정리

1. 과정 ①에서 막대 자석에 클립이 일렬로 달라붙는 이유는 무엇일까?
2. 막대 자석에 클립이 일렬로 달라붙었을 때, 클립 내부의 자기 구역을 그림 44에 화살표로 그려 보자.
3. 과정 ③에서 막대 자석으로 문지른 클립에 다른 클립이 달라붙는 이유는 무엇일까?
4. **창의·인성** 시간이 지나면 과정 ③의 클립들은 어떻게 되는가? 그 이유를 이야기해 보자.



▲ 그림 44 _ 자석에 붙은 클립

클립 안에서 작은 자석과 같은 원자들의 자기 구역이 제각각 다른 방향으로 흩어져 있다가 자석을 가까이 하면 일정한 방향으로 정렬되어 자화된다. 즉 클립이 자석처럼 변해 다른 클립을 매달 수 있으며, 자석의 힘이 셀수록 많은 양의 클립을 매달 수 있다. 자석으로 클립을 한쪽 방향으로 문지른 경우에도 클립이 자화되어 다른 클립을 붙일 수 있다.



자석 주변에 신용카드와 같이 자기를 이용하는 물건을 놓아두면 안 된다고 한다. 그 이유를 말해 보자.



오래된 못은 자석에 달라붙지 않는다. 그 이유가 무엇인지 조사해 보고, 자기를 띤 물체의 자성을 없애는 방법에 대해 써 보자.

자기를 이용한 정보의 저장

신용 카드로 물건을 구입할 때에는 현금을 주고받는 번거로움 없이 카드를 카드 단말기에 통과시키기만 하면 ‘삐’ 하는 소리와 함께 결제가 완료된다. 이렇게 편리한 결제 방식의 비밀은 카드 뒷면에 붙어 있는 자기띠에 있는데, 자기띠에는 신용카드 번호와 카드 소유자의 성명, 카드의 유효 기간 등의 정보가 저장되어 있다. 자기띠에 정보를 어떻게 저장하고, 단말기는 정보를 어떻게 읽을까?

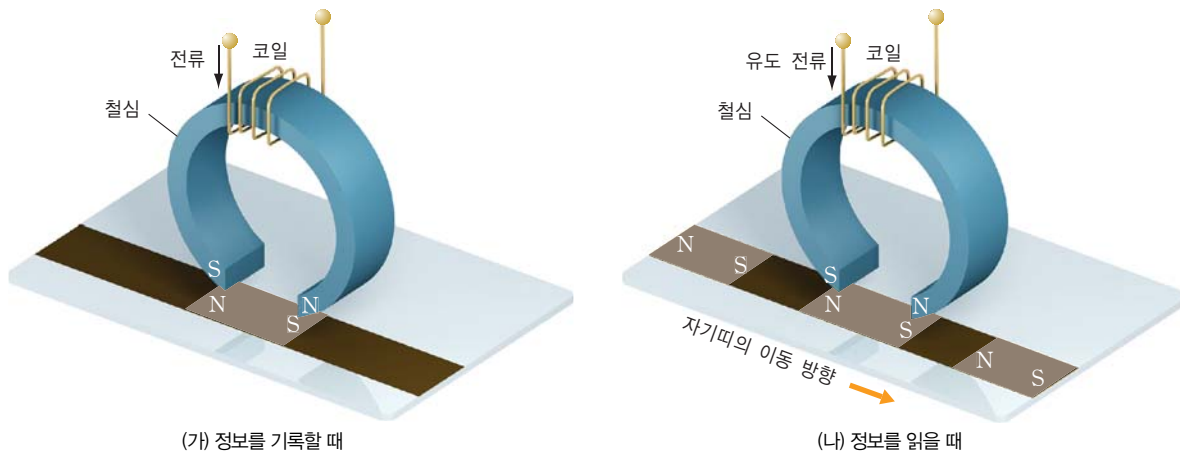


신용 카드와 단말기



카드 결제

▲ 그림 45 _ 신용 카드의 이용



▲ 그림 46 _ 자기띠를 이용한 정보의 쓰기/읽기

그림 46의 (가)와 같이 고리 모양의 철심에 코일을 감고 코일에 전류를 흘리면 코일에 의한 자기장의 영향으로 철심의 양끝이 각각 S극과 N극으로 자화된다. 이때 철심 사이의 간격이 약 0.01 mm로 매우 좁기 때문에 철심 사이에는 매우 강력한 자기장이 형성되고, 이 철심 아래에 자기띠를 놓으면 철심과 가까운 부분의 자기띠가 철심의 극과 반대 방향으로 자화된다. 만약 코일에 흐르는 전류의 방향이 반대가 될 때 자기띠를 옆으로 이동시키면 자기띠는 처음과 반대 방향으로 자화될 것이다. 이러한 방법으로 전기 신호에 따라 전류의 방향이 바뀔 때 자기띠를 옆으로 움직이면 자기띠에는 오른쪽 또는 왼쪽 방향의 자기장이 기록되며, 오른쪽과 왼쪽 방향의 자기장 정보는 0과 1의 이진법 데이터로 저장된다.

패러데이 법칙
코일을 통과하는 자기장이 변화하면 코일에 전압이 유도되어 전류가 흐른다.

자기띠에 저장된 정보를 읽을 때에는 패러데이 법칙이 이용된다. 그림 (나)와 같이 자기 정보가 기록된 자기띠를 한쪽 방향으로 이동시키며 그 위에 코일을 감은 철심을 둔다. 그러면 자기띠에 기록된 자기장의 방향이 갑자기 바뀌는 부분에서 코일에 전압이 유도되어 전류가 흐른다. 즉, 전류가 흐를 때를 1, 전류가 흐르지 않을 때를 0으로 하여 자기띠에 저장된 정보를 읽을 수 있다. 이러한 자기띠는 통장과 신용카드의 뒷면에 붙어 있는데, 자기띠에는 사용자의 정보가 저장되어 있다.



통장의 자기띠

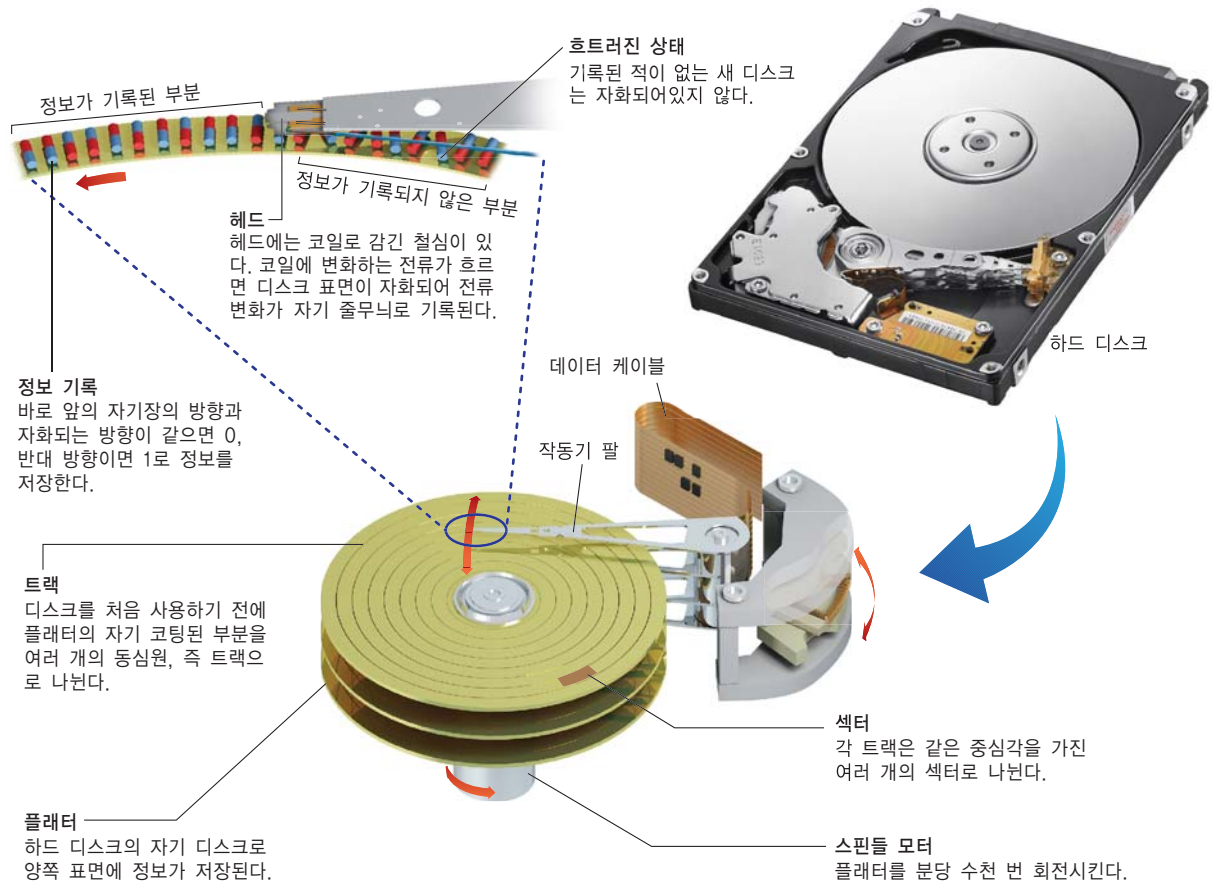
신용 카드의 자기띠

▲ 그림 47 _ 자기띠의 이용

정보를 저장하기 위해 자기띠 대신 자기 물질이 코팅된 알루미늄 원판을 사용하기도 하는데 이 원판을 **자기 디스크**라고 부른다. 컴퓨터의 보조 기억 장치인 하드 디스크는 자기 디스크를 이용한 정보 저장 장치이다. 컴퓨터 내부의 하드 디스크 드라이브에는 한 개 또는 여러 개의 자기 디스크가 겹쳐진 형태로 들어 있으며, 먼지가 끼지 않도록 밀폐되어 있다. 이 자기 디스크를 플래터라고 하는데, 바늘 모양의 헤드가 플래터 위를 다니며 정보를 기록하고 읽는다. 헤드에는 코일이 감긴 철심이 있어 코일에 변화하는 전류가 흐르면 헤드 아래의 디스크 표면이 자화되어 자기띠와 동일한 원리로 정보를 저장한다. 하드 디스크에 저장된 정보를 읽을 때는 자기띠와 마찬가지로 패러데이 법칙을 이용한다. 헤드는 플래터 표면 위를 머리카락 굵기보다 더 가까운 거리인 0.002 mm만큼 높은 곳에서 옆으로 미끄러지며 정보를 읽고 쓰는데, 헤드와 플래터 표면이 가까울수록 데이터를 많이 기록할 수 있다. 이러한 하드 디스크는 정보의 저장이 필요한 컴퓨터와 같은 여러 디지털 기기에 사용되고 있다.

플래시 메모리
 플래시 메모리는 데이터의 읽기와 쓰기가 자유로우며, 전원이 꺼져도 기록된 데이터가 지워지지 않는 특성을 가진 디지털 저장 장치이다. 자기 디스크와 달리 물리적으로 디스크를 회전시킬 필요가 없기 때문에 소음이 없고, 전력 소모도 적어 현재 휴대용 기기의 저장 장치로 많이 사용되고 있다.

물음 일상생활에서 자기를 이용하여 정보를 저장하는 예를 찾아 정리하고, 발표해 보자.



▲ 그림 48_ 하드 디스크의 구조

빛을 이용한 정보의 저장

창의인성
과학 글쓰기

광디스크에 정보를 저장하고 재생할 때는 레이저를 사용한다. 레이저에 대해 조사해 보고, 광디스크에서 정보를 읽고 쓸 때 다른 빛이 아닌 레이저를 사용하는 이유에 대해 써 보자.

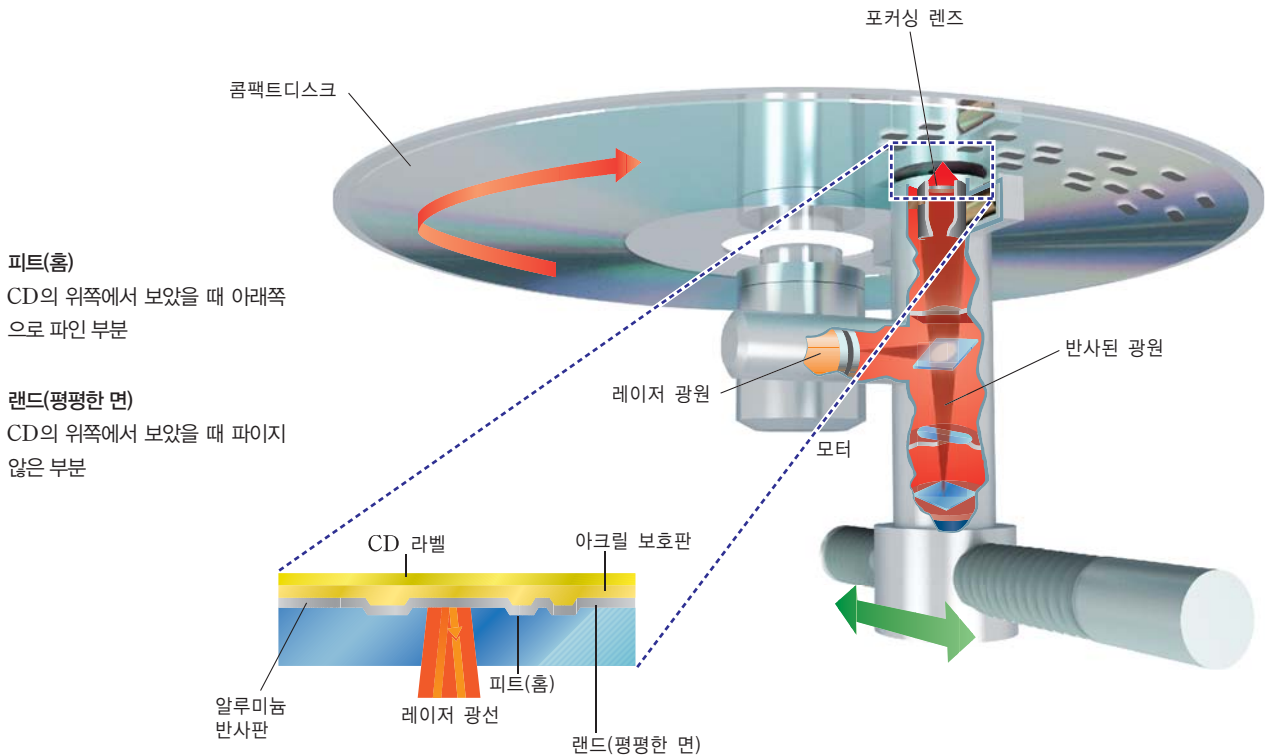
CD 표면에서 반사된 빛
홈에서 평평한 면 또는 평평한 면에서 홈으로 넘어가는 경계에서 반사된 빛의 세기는 약하고, 홈 또는 평평한 면에서 반사된 빛의 세기는 강하다.

CD와 DVD는 빛을 이용하여 정보를 저장하는 방식의 저장 매체이다. 이러한 디스크를 광디스크라고 하는데, 광디스크는 어떠한 방법으로 정보를 저장하고 읽을까?

CD는 콤팩트디스크(Compact Disc)의 약자로 플라스틱으로 된 원판의 한쪽에 알루미늄 막이 씌어져 있다. 이 막에 레이저로 홈을 새기면 평평한 면과 홈이 새겨진 표면에서 빛의 반사율이 달라지는 것을 이용하여 정보를 저장한다. CD를 재생할 때는 광학 판독 장치에서 저장할 때보다 약한 레이저를 쏘아 레이저가 반사되는 정도를 전기 신호로 전환시킨다.

그림 49와 같이 레이저 빛이 디스크의 홈, 평평한 면, 홈과 평평한 면 사이의 경계에서 잘 반사되면 전기 신호를 발생시키고, 잘 반사되지 않으면 전기 신호를 발생시키지 않는다. 이렇게 레이저 빛이 반사되는 변화의 정도를 1이나 0 이진수의 데이터로 변환하여 디지털 정보를 읽을 수 있다. CD와 같은 광디스크는 동영상, 사운드, 이미지, 텍스트 등 주로 멀티미디어 자료를 저장하는 데 사용되고 있으며, 최근에는 기술의 발달로 저장 용량이 700 MB인 CD의 약 7배나 되는 저장 용량을 갖는 DVD도 많이 사용된다.

광디스크인 CD 표면을 자세히 들여다보면 정보를 저장하기 위해 새긴 홈이 보일까? 다음 활동을 통하여 CD에 정보가 기록된 부분과 기록되지 않은 부분의 차이점을 알아보자.



▲ 그림 49 _ 콤팩트디스크 표면과 CD-ROM의 구조

CD 표면을 들여다 볼까?

목표 현미경으로 CD 표면을 관찰해 보고, 정보가 기록된 부분과 기록되지 않은 부분의 차이를 알 수 있다.

해 보기

준비물 실체 현미경, 정보가 기록된 CD(또는 CD-R)

과정  

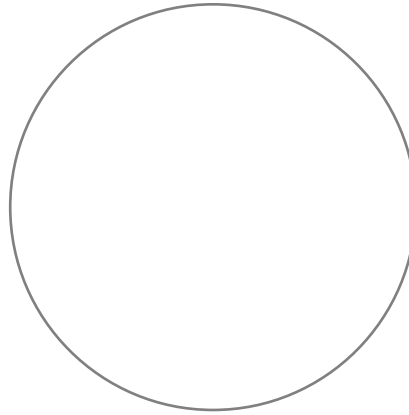
- 1 실체 현미경의 전원을 켜고, 가장 낮은 배율로 눈금을 맞추자.
- 2 재물대 위에 CD의 아랫면이 위에 오도록 CD를 올려놓자.
- 3 조동 나사와 미동 나사를 돌려 초점을 맞추어 상을 관찰하자.
- 4 배율을 높여 가며 상을 관찰한 다음, 가장 잘 보이는 배율로 놓고 상을 그려 보자.
- 5 관찰하는 CD의 위치를 바꾸어 가며 상을 관찰하자.

주의

CD 표면에 지문이 묻으면 잘 안보일 수도 있으므로 CD 표면을 손으로 잡지 않도록 한다.



▲ 그림 50 _ CD 표면 관찰



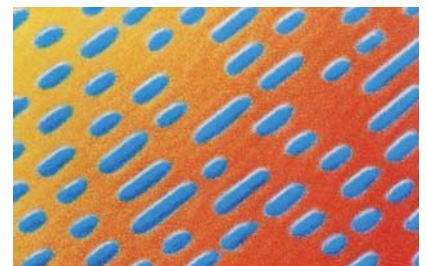
CD 관찰 [배율 :]

정리

1. 정보가 기록된 부분과 정보가 기록되지 않은 부분을 구별할 수 있는가? 구별할 수 있다면 어떤 차이가 있는지 말해 보자.
2. 광디스크인 CD, CD-R, CD-R/W의 차이를 조사하여 발표해 보자.
3. **창의·인성** CD와 플래시 메모리의 정보 기록 원리를 조사해 보고, 어떤 차이가 있는지 발표해 보자.

배려 현미경과 같은 실험 기구를 사용할 때는 혼자서 독점하지 말고 서로 양보하며 실험에 임하자.

CD-R이 한 번 정보를 기록하면 지울 수 없는 것과는 다르게, CD-R/W는 정보를 기록했다가 지우고 다시 쓸 수 있다. CD-R/W는 정보를 기록할 때 실제로 흠을 파는 것이 아니라 레이저가 표면을 그을려서 어두운 표시를 만든다. 어두운 부분과 밝은 부분이 CD-ROM의 흠이나 평평한 면과 같은 역할을 하여 정보를 저장하며, 어두운 표시를 지우고 다시 표면을 그을리는 방법으로 정보를 다시 저장하는 것이 가능하다.



▲ 그림 51 _ 전자 현미경으로 관찰한 CD 표면

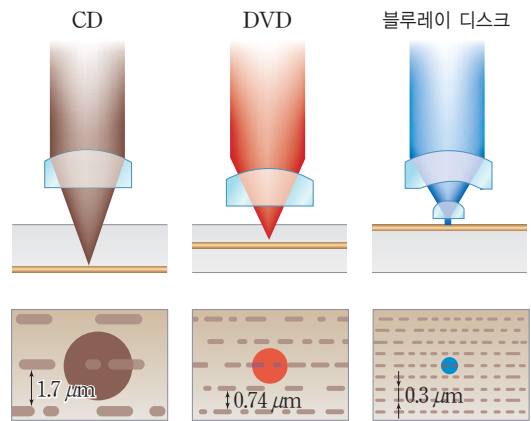
활동 6에서 알 수 있는 것처럼 구역이 좁아질수록 정보를 많이 저장할 수 있지만, 형광펜으로 칠하기는 어려워진다. 좁은 구역을 칠하기 위해서는 그만큼 끝이 좁은 형광펜이 필요하다. 형광펜은 광디스크를 읽기 위한 레이저에 비유할 수 있으며, 광디스크의 기록 밀도와 레이저 파장 사이의 관계도 마찬가지이다. 홈을 촘촘히 많이 파서 정보를 많이 저장할수록, 정보를 재생하기 위해서는 짧은 파장의 레이저가 필요하다. 즉, DVD를 재생할 때 사용하는 레이저의 파장이 CD를 재생할 때 사용하는 레이저의 파장보다 짧다.

과학·기술·사회(STS) | CD와 DVD의 차이

영화와 같은 대용량 정보를 저장할 때 많이 사용하는 DVD는 Digital Versatile Disc의 약자로 겉모양만 보면 CD와 똑같이 생겼다. 그러나 저장할 수 있는 용량은 DVD가 CD의 약 7배 정도이다.

CD에 정보를 저장하기 위해서 홈을 파는데, 이 홈을 더 촘촘히 팔수록 더 많은 정보를 저장할 수 있다. 이렇게 만든 것이 바로 DVD이다. 그런데 홈이 작아지면 작아질수록, 홈에 쏘아 주는 레이저의 파장도 짧아야 한다. 왜냐하면 빛은 파장과 비슷한 크기의 장애물을 만나면 장애물 뒤까지 돌아가는 성질을 가지고 있기 때문이다. 빛의 이런 성질을 회절이라 부르는데 그림자의 가장자리가 선명하지 않은 것이 바로 회절 현상 때문이다. 따라서 CD를 재생할 때에는 파장이 780 nm 정도인 적외선 레이저를 이용하지만, 더 작은 홈을 촘촘히 만들어 정보를 저장한 DVD를 재생할 때에는 파장이 650 nm 정도인 빨간빛 레이저를 이용한다.

최근에는 DVD보다 더욱 촘촘히 홈을 만들어 저장 용량이 25 GB가 되는 블루레이 디스크(blue-ray disc)가 출시되었는데, 블루레이 디스크를 재생할 때에는 빨간빛 레이저보다 파장이 더 짧은 405 nm 정도의 파란빛 레이저를 이용한다.



▲ 그림 53 _ 여러 디스크의 레이저 파장

디스크 종류	CD	DVD	블루레이 디스크
디스크 지름(cm)	12	12	12
홈 간격(μm)	1.7	0.74	0.32
레이저 파장(nm)	780(적외선)	650(빨간빛)	405(파란빛)
저장 용량	700 MB	4.7 GB	25 GB

※ 1 μm = 10⁻⁶ m, 1 nm = 10⁻⁹ m, 1 GB = 1024 MB

🔍 **창의적 사고** : 저장 매체의 저장 용량이 커질수록 우리의 생활이 어떻게 변할 수 있는지 말해 보자.

💡 확인하기

- 이해 1. 자기 디스크와 광디스크 이외에 정보를 저장하는 저장 장치에는 어떤 것이 있는지 조사해 보자.
 창의 2. 플래시 메모리는 어떻게 정보를 저장하고, 그 특징은 무엇인지 조사해 보자.

4

영상 정보의 활용

- 학습 목표**
- 우리 눈의 구조를 알고, 눈이 색을 인식하는 과정을 설명할 수 있다.
 - 영상을 표현하는 장치인 LCD와 영상을 저장하는 장치인 디지털카메라의 구조와 원리를 설명할 수 있다.



▲ 그림 54 _ 우리 주변의 아름다운 색

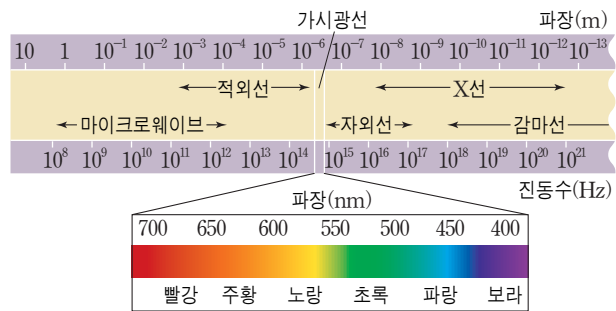
우리 주변을 둘러보면 자연은 온통 눈부시고 선명한 색채로 이루어져 있다. 파란 하늘에 흰 구름, 붉고 노란 단풍, 초록색의 풀잎 등 우리는 천연색의 자연을 눈으로 마음껏 보고 느낀다. 그러나 대부분의 동물은 색맹이어서 색을 구별할 수 없다. 사람을 잘 따르는 개 역시 색맹이어서 사람이 보는 세상과 다른 흑백 세상을 본다. 사람의 눈은 영상 정보를 어떻게 인식하며, 이와 비슷한 원리로 영상 정보를 인식하고 저장하는 장치에는 무엇이 있을까?

눈이 물체를 인식하는 과정

눈은 빛을 감지하여 정보를 인식하는 일종의 광센서인데, “몸이 천 냥이면 눈이 구백 냥”이라는 속담이 있다. 그만큼 사람의 신체 중에서 눈이 중요하다는 의미일 것이다. 아름다움을 보고, 위험을 피하고, 다른 사람의 표정을 읽고, 신체의 움직임을 조절하는 등 인간이 외부로부터 얻는 정보의 대부분은 눈을 통하여 이루어진다.

과학 마당 | 빛은 무엇일까?

17세기 후반 영국의 뉴턴은 프리즘을 통과한 빛이 무지개 색으로 나뉘는 것을 보고, 빛이란 여러 색채를 지닌 입자라고 생각하였다. 지금은 빛이 전기장과 자기장의 진동이 순차적으로 교차되면서 공간으로 퍼져 나가는 전자기파라는 것이 밝혀졌다. 전자기파는 파장에 따라 그림 55와 같이 구분할 수 있는데, 이 중에서 사람이 볼 수 있는 빛의 파장은 약 400~700 nm이며, 이 영역의 빛을 가시광선이라고 한다.



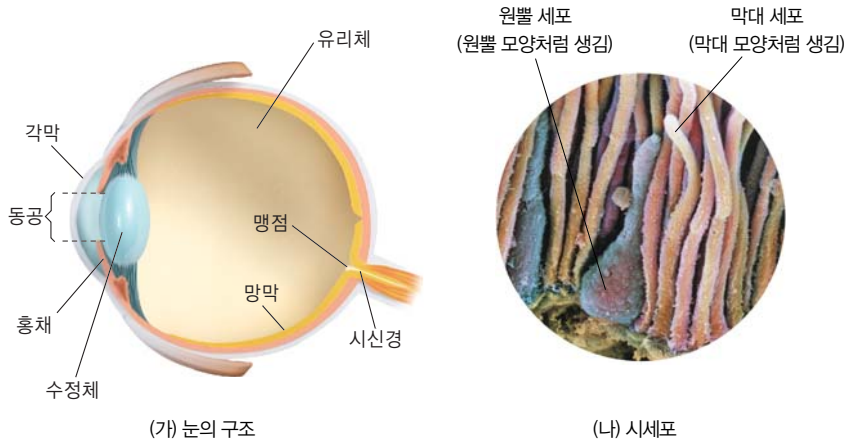
▲ 그림 55 _ 파장에 따른 전자기파의 영역

그림 56은 우리 눈의 구조와 시세포를 나타낸 것이다. 광원에서 직접 나오거나 물체에서 반사되어 나오는 빛은 각막을 통과한 다음, 수정체에서 굴절되어 유리체를 지나 시세포가 분포되어 있는 망막에 상을 맺는다.

이렇게 망막의 시세포가 감지한 빛의 정보가 시신경을 통해 대뇌로 전달될 때 우리는 광원 또는 물체를 볼 수 있게 된다.

빛 → 각막 → 수정체 → 유리체 → 망막(시세포) → 시신경 → 대뇌

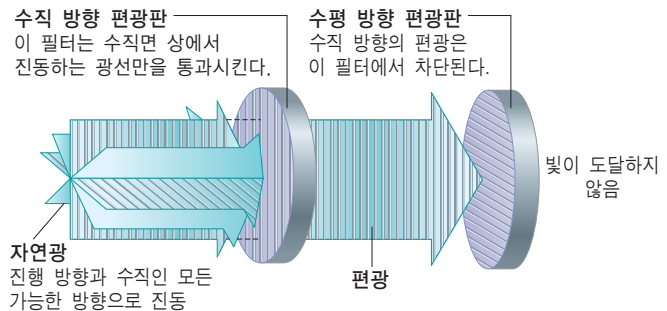
망막에는 그림 56의 (나)와 같이 막대 세포와 원뿔 세포의 두 종류의 시세포가 분포한다. 약한 빛에도 예민한 막대 세포는 물체의 형태와 명암만을 감지하는 반면, 원뿔 세포는 주로 강한 빛을 감지하여 물체의 형태와 색깔을 식별한다. 따라서 막대 세포에 이상이 생기면 야맹증이 되고, 원뿔 세포에 이상이 생기면 색각 이상의 증상이 나타난다.



▲ 그림 56 _ 눈의 구조와 시세포

과학 마당 | 빛은 어떤 특징을 가지고 있을까?

빛은 전기장 또는 자기장의 진동 방향이 진행 방향과 수직인 횡파이다. 즉, 자연광은 진행 방향과 수직인, 가능한 모든 방향으로 진동하는 파동이다. 이 빛을 특정한 한 방향으로 진동하는 빛만 통과시키는 판을 편광판이라고 한다. 그림 57과 같이 편광판을 통과한 빛은 특정한 방향으로만 진동하는 빛이 되며, 이러한 빛을 편광이라고 한다.



▲ 그림 57 _ 편광판을 통과하는 빛

세 종류의 원뿔 세포로 어떻게 다양한 색깔을 볼 수 있는 것일까? 다음 활동을 통하여 알아보자.

창의
인성

활동 7 우리 눈은 어떻게 색깔을 인식할까?

목표 우리 눈이 감지할 수 있는 빛의 영역을 알고, 세 가지 원뿔 세포로 다양한 색을 인식하는 원리를 설명할 수 있다.

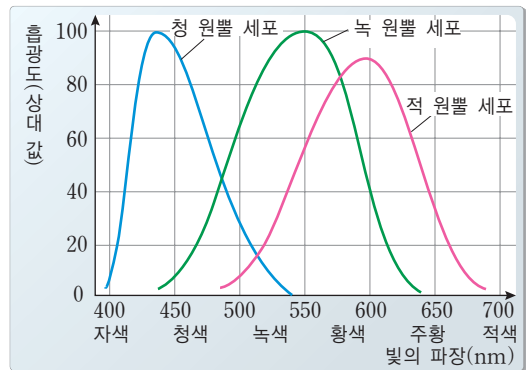
자료 해석

과정

그림 58은 세 종류의 원뿔 세포가 빛을 흡수하는 정도를 파장에 따라 나타낸 것이다.

정리

1. 우리 눈이 감지할 수 있는 빛의 파장은 어느 범위인가?
2. 황색빛이 눈에 들어왔을 때 자극되는 원뿔 세포의 종류는 어느 것인가?
3. 녹색빛이 눈에 들어왔을 때 자극되는 원뿔 세포의 종류는 어느 것인가?
4. **창의·인성** 적 원뿔 세포에 이상이 있으면 어떤 색들을 감지할 수 없을지 토의해 보자.



▲ 그림 58 _ 원뿔 세포가 파장에 따라 빛을 흡수하는 정도

색각 이상

원뿔 세포에 이상이 생기면 빨간색, 초록색, 파란색 중 하나 이상의 색을 인식하지 못하는 색각 이상이 나타난다. 빨간색을 잘 인식하지 못하는 적 색각 이상과 초록색을 잘 인식하지 못하는 녹 색각 이상인 경우가 가장 많다. 그리고 세 가지 원뿔 세포에 모두 이상이 생겨 색 자체를 인식하지 못하는 전 색각 이상인 경우도 있다.

물체의 색을 감지하는 원뿔 세포에는 적 원뿔 세포, 청 원뿔 세포, 녹 원뿔 세포의 세 종류가 있는데, 각각 적색 계통, 청색 계통, 녹색 계통의 빛을 잘 흡수한다. 적 원뿔 세포나 녹 원뿔 세포에 이상이 있으면 그림 59와 같이 적색이나 녹색이 다른 색과 섞여 있을 때 잘 구별하지 못하는 색각 이상이 나타난다.



정상



적녹 색맹

▲ 그림 59 _ 정상인과 적녹 색맹인이 보는 사물

원뿔 세포는 자외선과 적외선 영역의 빛은 감지하지 못하고, 파장이 약 400~700 nm인 가시광선 영역의 빛을 감지한다. 이때 세 종류의 원뿔 세포가 파장에 따라 빛을 흡수하는 정도가 다른데, 이 차이를 대뇌가 인식하여 다양한 색을 인식할 수 있다.

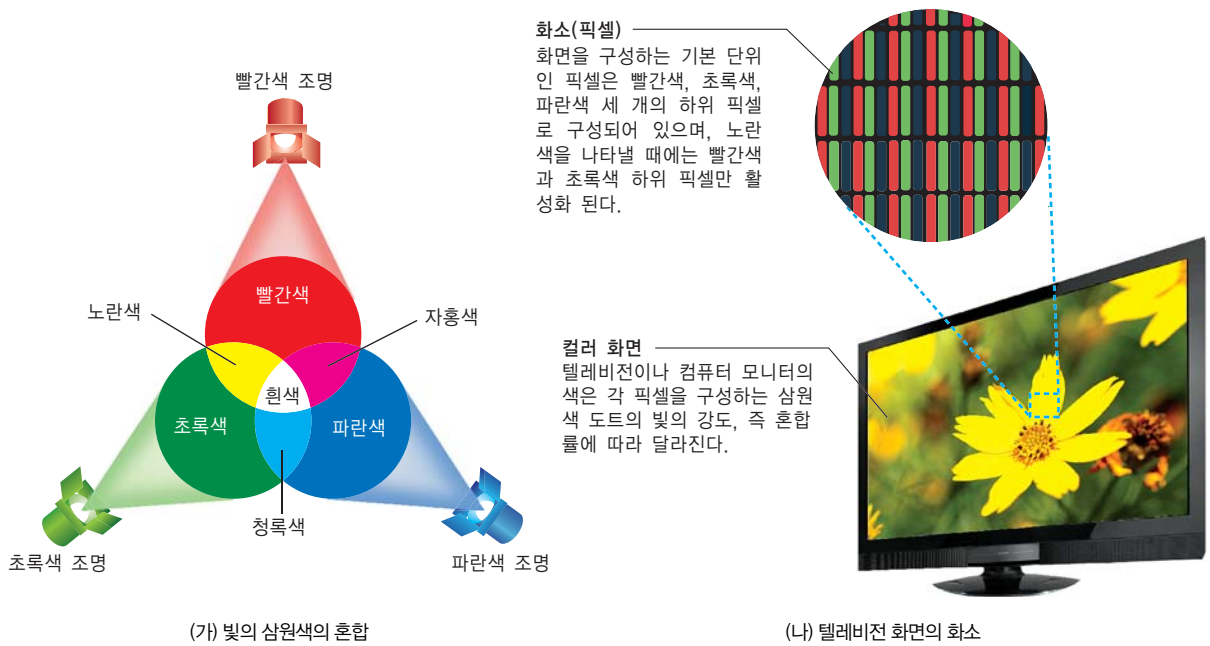
예를 들어 노란색의 물체를 볼 때에는 적 원뿔 세포와 녹 원뿔 세포가 반응을 하여 노란색을 인식하고, 초록색의 물체를 볼 때에는 세 종류의 원뿔 세포가 모두 반응하여 초록색을 인식한다.

빛의 삼원색

세 종류의 원뿔 세포에 의해 정의된 빛의 삼원색인 빨간색, 초록색, 파란색 빛을 혼합물이 다르게 배합하면 다양한 색의 빛을 만들 수 있다. 그림 60과 같이 빨간색 빛과 초록색 빛이 혼합되면 노란색으로 보인다. 텔레비전에 보이는 노란색 꽃잎을 화면 가까이에서 자세히 들여다보면 빨간색과 초록색의 점이 빛나고 있음을 알 수 있고, 이 두 빛이 혼합되어 눈에서 노란색으로 인식된다. 마찬가지로 빨간색 빛과 파란색 빛이 혼합되면 자홍색, 파란색 빛과 초록색 빛이 혼합되면 청록색으로 보이며, 빛의 삼원색 모두를 똑같은 비율로 혼합하면 흰색으로 보인다.

창의인성
과학 글쓰기

텔레비전은 빛의 삼원색을 이용하여 모든 색의 빛을 표현하고, 컬러 프린터는 색의 삼원색을 이용하여 모든 색을 표현한다. 빛의 삼원색과 색의 삼원색은 어떤 차이점이 있는지 써 보자.



▲ 그림 60 _ 빛의 삼원색 합성과 텔레비전의 화소



어느 무대 조명 기사는 빨간색, 파란색, 초록색 조명을 가지고 있다. 흰색 빛을 내려면 어떻게 해야 될까?

영상을 보여주는 장치, 영상을 저장하는 장치

사진기, 텔레비전, 컴퓨터 모니터, 프린터 등의 색 혼합 원리는 사람의 눈이 색을 인식하는 방식과 밀접하게 관련되어 있다.

텔레비전은 정지 화면을 빨리 돌리면 동영상처럼 보이는 것과 빛의 삼원색을 적절히 혼합하면 다양한 색으로 보이게 할 수 있다는 착시 현상을 이용하여 영상을 보여준다. 화면을 구성하는 최소 단위를 화소(픽셀)라고 하는데, 텔레비전에 보이는 컬러 화면은 빨간색, 초록색, 파란색의 점으로 이루어진 수백만 개의 화소가 모여 만들어진 것이다.

다음 활동을 통하여 텔레비전 화면에 보이는 컬러 화면의 정체를 알아보자.

창의
인성

활동 8

텔레비전 화면은 어떻게 다양한 색깔을 만들어낼까?

목표 텔레비전 화면에 보이는 다양한 색이 빛의 삼원색의 혼합으로 만들어진다는 것을 설명 할 수 있다.

해 보기

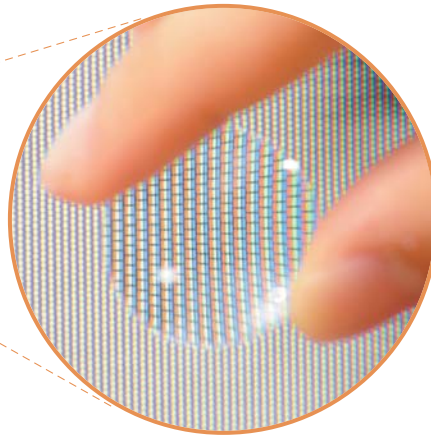
준비물 볼록 렌즈, 텔레비전이나 컴퓨터 화면

과정

- 1 그림 61과 같이 텔레비전이나 컴퓨터 모니터 화면에서 확대해 보고 싶은 부분을 정한 다음, 볼록 렌즈를 화면 가까이 대고 관찰하자.
- 2 화면에 흰색으로 보이는 부분에 볼록 렌즈를 가까이 대고 관찰하자.

주의

- 텔레비전 화면을 가까이에서 너무 오랫동안 관찰하지 않는다.
- 볼록 렌즈가 깨지지 않도록 주의한다.



▶ 그림 61 _ 텔레비전 화면을 관찰하는 모습

정리

1. 화면에 보이는 색과 볼록 렌즈로 확대되어 보이는 모습을 비교하여 보자. 어떻게 다른가?
2. 화면에 흰색이 보이는 부분을 볼록 렌즈로 확대해 보면 어떻게 보이는가?
3. **창의·인성** 텔레비전 화면의 노란색 부분을 볼록 렌즈로 확대해 보면 어떻게 보일지 말해 보자.

배려 볼록 렌즈로 텔레비전 화면을 관찰할 때 서로 양보하여 모두 관찰할 수 있도록 한다. 그리고 토의를 할 때는 상대방의 의견을 잘 듣고서 자신의 의견을 발표한다.

볼록 렌즈에 의해 확대되어 보이는 화면은 무수히 많은 빨간색, 초록색, 파란색 점이 모여 다양한 색의 영상을 구성하고 있음을 알 수 있다. 그리고 흰색인 줄로만 알았던 하얀 화면이 무수히 많은 빨간색, 초록색, 파란색 점의 집합인 것을 볼 수 있는데 충천연색으로 보이는 컬러 텔레비전은 빛의 삼원색을 적절히 혼합하여 사람 눈의 착시 현상을 이용한 기기이다.

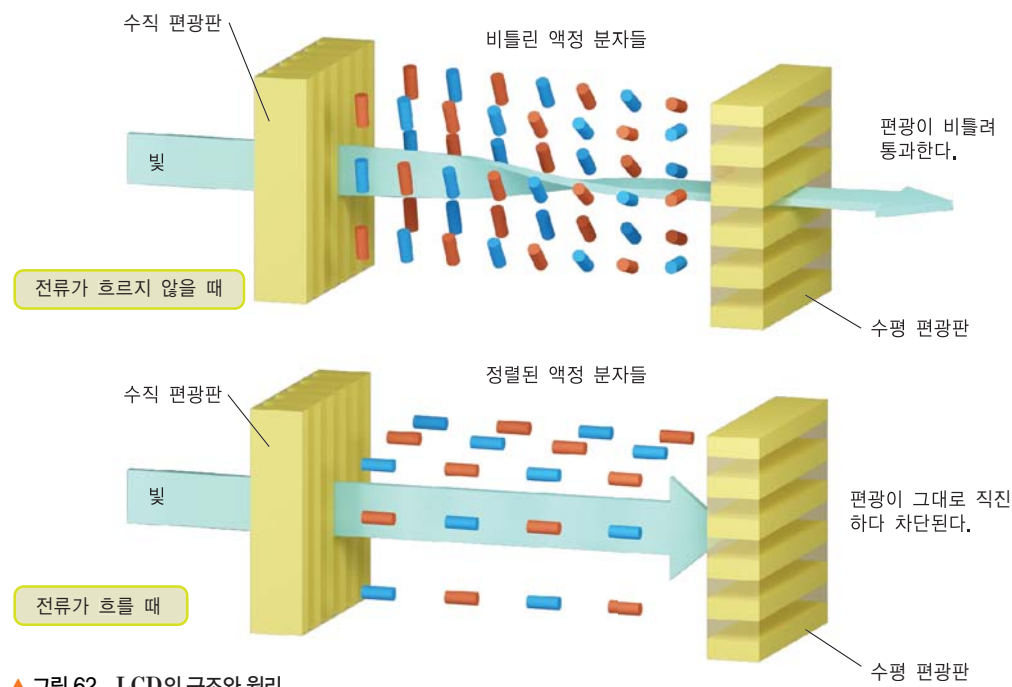
요즘의 텔레비전 모니터는 점점 얇고 가벼워지면서 해상도 역시 좋아지고 있다. 바로 액정 화면을 이용한 기술의 결과이다. 액정 화면은 LCD(Liquid Crystal Display)라고도 하는데, 액체처럼 흐르는 성질을 지녔으나 일정한 분자 배열을 갖는 독특한 물질인 액정 분자를 이용한다.

LCD를 만들기 위해 그림 62와 같이 수직 편광판과 수평 편광판 사이에 액정 물질을 채워 넣는다. 막대 모양의 액정 분자들은 보통 비틀린 상태로 배열되어 있어서 편광된 빛이 그 속을 통과하면 빛의 진동면이 비틀린다. 따라서 액정의 두께를 알맞게 하면 편광된 빛의 진동 방향을 직각 방향으로 비틀리게 할 수 있어 빛이 두 번째 편광판도 통과한다. 이 액정에 전압을 걸어 약한 전류를 흐르게 하면 비틀어져 있던 액정 분자들이 한 방향으로 정렬하므로 첫 번째 편광판을 통과하여 편광된 빛의 진동 방향이 변하지 않아 두 번째 편광판을 통과할 수 없다. 이와 같이 액정에 전류를 흐르게 하거나, 흐르지 않게 하는 방법으로 화면을 어둡게 또는 밝게 만들 수 있다. 물론 화질을 좋게 하기 위해 수백만 화소를 갖는 LCD를 만들기 위해서는 이러한 장치를 수백만 개 만들고, 각각의 액정을 제어해야 한다. 그리고 컬러 필터를 끼워 각 화소에 RGB의 색을 만들면 컬러 화면을 볼 수 있다.

창의인성
과학 글쓰기

액정 화면을 비스듬히 바라보면 보는 각도에 따라 화면이 선명하게 보이지 않는 경우가 있다. 그래서 액정 화면이 정상적으로 잘 보이는 각도를 시야각이라고 한다. 액정 화면에 시야각이 생기는 이유를 액정 화면의 구조와 관련지어 써 보자.

RGB
Red(빨간색), Green(초록색), Blue(파란색)를 의미하는 영문의 처음 문자를 사용하여 만든 용어로, 빛의 삼원색을 의미한다.



▲ 그림 62 _ LCD의 구조와 원리



▲ 그림 63 _ 컴퓨터 모니터에 편광판 대보기 화면이 잘 보이는 A 편광판을 회전시키면 점점 어두워 지다가 B 편광판 처럼 화면이 안 보이는 때가 나타난다.

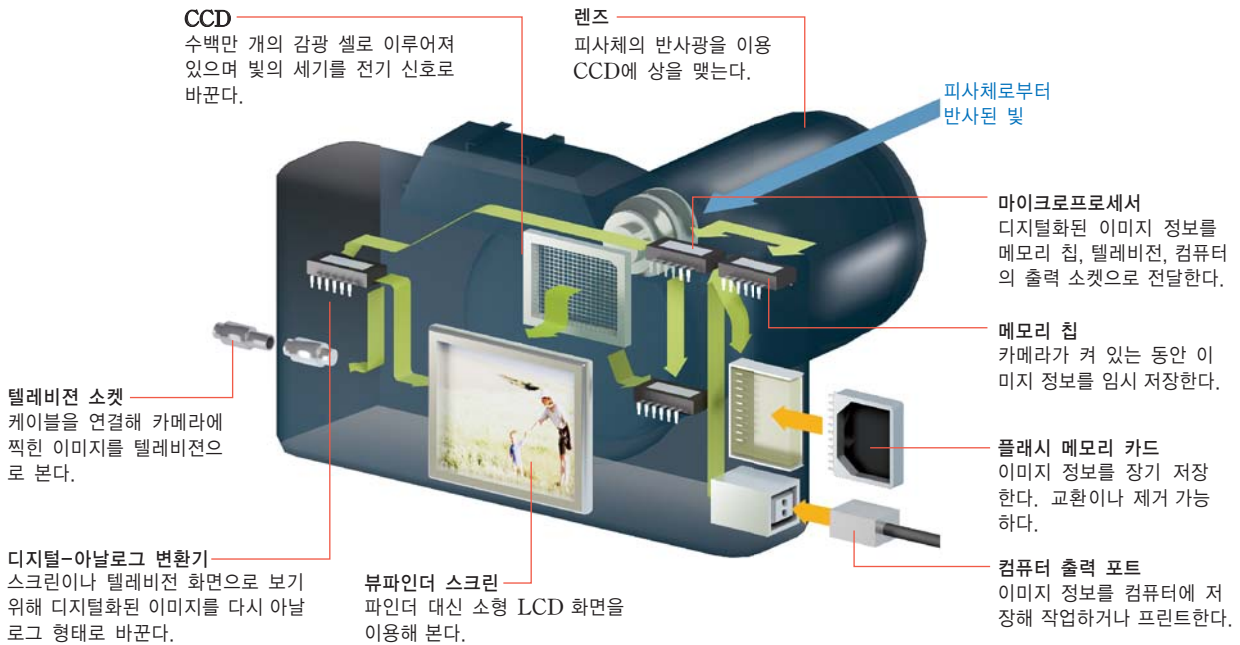
그림 63과 같이 액정 화면을 이용하는 컴퓨터 모니터에 편광판을 대어보면 편광판의 방향에 따라 화면이 보였다 안보였다 하는 것을 확인할 수 있다.

예전에 사용하던 수동 카메라는 상을 필름에 맺히게 하여 인화하는 방식으로 사진을 찍었다. 요즘 많이 사용하는 디지털카메라는 그림 64와 같이 상을 필름에 맺게 하는 대신 CCD라 불리는 감광성 칩에 기록하는데, CCD는 영상의 빛 신호를 전기 신호로 변환시켜 주는 장치이다. 디지털카메라로 찍은 사진은 카메라의 액정 화면, 텔레비전 화면, 컴퓨터 모니터 상에서 볼 수 있고 프린터 출력도 가능하다.

CCD

CCD는 Charge Coupled Device의 약자로 전하 결합 소자라고 부르기도 하며 수백만 개의 화소로 이루어져 있다.

디지털카메라 CCD의 각 화소는 빛의 세기에 따라 전기 신호를 생성하는데, 이 전기 신호는 다시 디지털 신호로 변환되어 플래시 메모리에 저장된다. 물론 CCD의 각 화소에 RGB 필터를 사용하여 컬러 영상을 기록하고 저장할 수 있다.



▲ 그림 64 _ 디지털카메라의 구조

확인하기

- 적용** 1. 사람 눈의 구조를 카메라와 비교하여 설명하여 보자.
- 이해** 2. 2개의 편광판을 서로 수직으로 겹쳐서 형광등 빛을 보면 어떻게 보일지 말해 보자.
- 인성** 3. LCD 기술은 최근 많이 발전되어 텔레비전, 휴대 전화, 디지털카메라 등 여러 종류의 전자 제품에 장착되어 화면을 표시하는 데 필수품이 되고 있다. 이러한 LCD가 우리 생활에 미치는 영향을 말해 보자.

아날로그와 디지털

1. 다음 디지털 정보의 특징에 대한 설명 중 옳은 것에 ○표, 틀린 것에 ×표 해 보자.
- (1) 0과 1의 이진 데이터로 기록한다. ()
 - (2) 비트 수가 늘어날수록 정보 용량이 커진다. ()
 - (3) 비트 수가 늘어날수록 원래의 정보를 충실히 기록할 수 있다. ()
 - (4) 디지털 정보를 재생하면 원래의 아날로그 정보와 정확히 일치한다. ()

센서의 원리

2. 다음 물음에 해당하는 센서는 무엇인지 써 보자.
- (1) 옷을 흔들어 먼지를 털어내는 원리를 이용하는 것은 어떤 센서인가?
 - (2) 코일 주변의 자기장이 변화하면 코일에 전류가 유도되는 원리를 이용하는 것은 어떤 센서인가?
 - (3) 빛을 쬐어 주면 저항이 작아져서 전류가 흐르는 원리를 이용하는 것은 어떤 센서인가?

하드 디스크

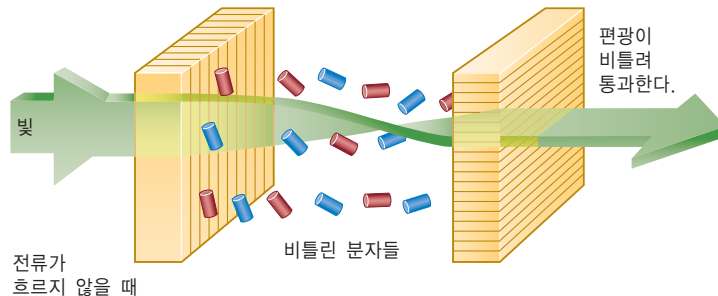
3. 하드 디스크에 대한 <보기>의 설명 중 옳은 것을 모두 골라 써 보자.

● 보기 ●

- ㄱ. 자기띠와 그 원리가 비슷하다.
- ㄴ. 디스크에 저장되는 정보의 형태는 아날로그이다.
- ㄷ. 디스크에 레이저를 쏘아 반사되는 레이저의 세기로 정보를 읽는다.
- ㄹ. 헤드의 코일에 흐르는 전류가 만드는 자기장을 이용하여 정보를 기록한다.

LCD의 장단점

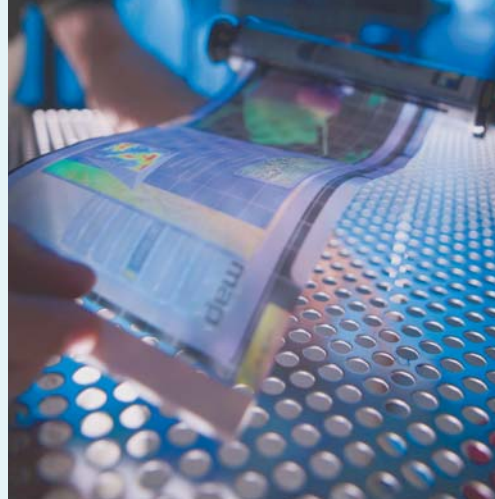
4. 그림은 액정을 이용하여 얇게 만든 모니터인 LCD의 뒤쪽에서 빛을 비추었을 때 빛이 진행하는 과정을 나타낸 것이다. 이로부터 LCD의 장점과 단점에 대해 설명해 보자.



IV-2. 반도체와 신소재



◀ 그림 65 _ 회로 도면 설계 컴퓨터 시스템을 이용하여 전자 회로 도면을 설계한 후, 이상 여부를 정밀하게 검사한다. 이 회로를 실리콘 기판에 새겨 넣어 실리콘 칩을 만든다.



▲ 그림 66 _ 앞으로 실용화 될 전자 종이 전자 종이 기술은 종이를 훑내 내면서도 전자 디스플레이의 장점을 살리는 것을 목표로 삼는다.

석기 시대, 청동기 시대, 철기 시대…… 지금은 실리콘 시대 ?

인류는 도끼나 칼과 같은 도구를 만들기 위해 돌, 청동기, 철을 사용하며 문명을 발전시켜 왔다. 그래서 우리는 조상들이 살던 시대를 각각 석기 시대, 청동기 시대, 철기 시대로 구분한다. 그렇다면 후세에는 지금 우리가 살고 있는 시대를 뭐라고 부르게 될까? 어쩌면 실리콘 시대라고 부를지도 모른다. 왜냐하면 마이크로칩, 트랜지스터, 태양 전지의 기본 재료이며 우주 공학, 광통신 등 첨단 산업의 재료로 각광받고 있는 실리콘(규소)이야말로 우리 시대를 특징짓는 물질이기 때문이다.

이 단원에서는 우리의 생활을 더욱 편리하게 만들어 주며 첨단 산업에 사용되는 반도체와 신소재, 광물 자원에 대하여 공부하도록 하자.

? 실리콘 이외에 우리 시대를 특징짓는 물질에는 무엇이 있을까?

1

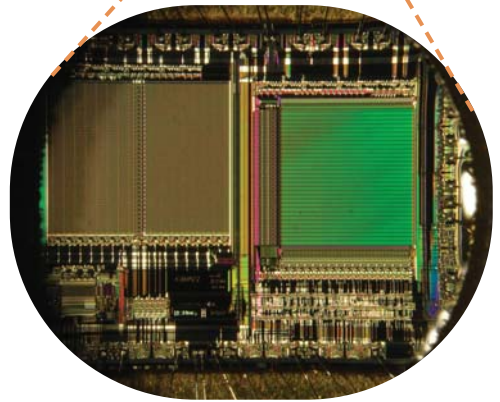
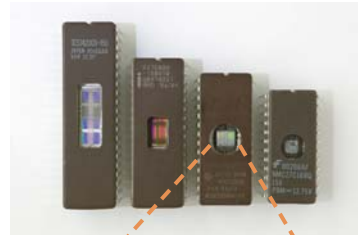
반도체

- 학습 목표**
- 에너지띠 구조를 바탕으로 도체, 부도체, 반도체를 설명할 수 있다.
 - 반도체를 이용한 다이오드, 트랜지스터, 집적 회로의 원리를 이해할 수 있다.

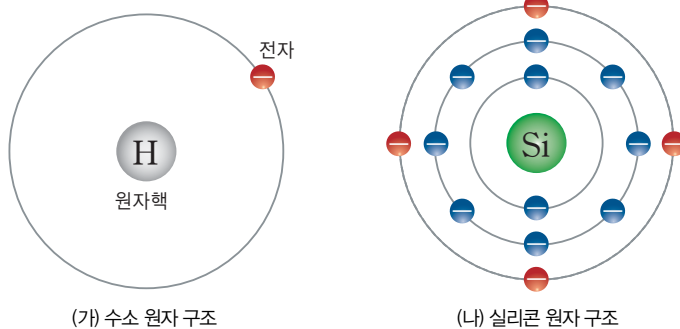
신문 또는 텔레비전 뉴스에서 ‘반도체 수출 1위’라는 기사를 본 적이 있을 것이다. 약 20여 년 전부터 반도체는 우리나라의 수출 품목 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 그림 67과 같이 반도체를 매우 작은 기판에 집적하는 기술이 발달하면서 반도체는 가정에서 사용하는 각종 전자 제품을 비롯하여 자동차, 컴퓨터, 교통, 정보 통신 등 모든 산업에서 없어서는 안 될 만큼 우리 생활 여러 곳에 다양하게 사용되고 있다. 반도체는 어떤 성질을 가지고 있으며, 어떻게 이용될까?

에너지 준위와 에너지띠

원자는 (+)전하를 띠는 원자핵과 그 주위를 돌고 있는 (-)전하를 띠는 전자로 이루어져 있다. 수소 원자는 그림 68의 (가)와 같이 한 개의 원자핵과 한 개의 전자로 이루어져 있고, 14개의 전자를 가지고 있는 실리콘(Si)의 원자 구조는 그림 (나)와 같이 나타낼 수 있다.

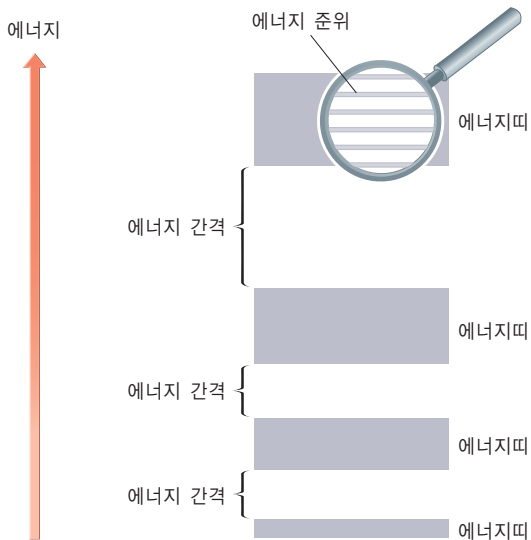


▲ 그림 67 _ 집적 회로를 현미경으로 확대한 모습



▲ 그림 68 _ 원자의 구조

그림 68의 (나)와 같이 실리콘 원자 내의 첫 번째 궤도에는 2개의 전자, 두 번째 궤도에는 8개의 전자, 세번째 궤도에는 4개의 전자가 존재한다. 가장 바깥 궤도에 존재하는 4개의 전자를 **최외각 전자**라고 한다. 이와 같이 원자 내의 전자는 아무 곳 에나 있을 수 없고 정해진 궤도에서만 존재할 수 있다.



▲ 그림 69 _ 원자의 에너지 준위
 무수히 많은 원자가 모여 고체를 형성하면, 전자들의 에너지 준위가 겹쳐 에너지띠를 형성한다. 원자핵에서 멀어질수록 전자의 에너지가 증가하므로 에너지띠의 폭이 넓어진다.

원자 내의 전자가 정해진 궤도에서만 존재할 수 있다는 것은 원자 내의 전자가 정해진 에너지만 가질 수 있음을 의미하며, 전자가 가질 수 있는 에너지 값을 **에너지 준위**라고 한다. 무수히 많은 원자가 모여 고체를 형성할 때 고체의 에너지 준위는 그림 69와 같이 나타낼 수 있는데, 위쪽으로 갈수록 전자의 궤도가 원자핵에서 멀어져 전자의 에너지가 증가함을 의미한다. 원자가 무수히 많이 모여 고체를 이루면, 전자가 가질 수 있는 에너지 폭이 넓어져 **에너지띠**를 이루게 된다. 이때 에너지띠와 에너지띠 사이를 **에너지 간격**이라고 한다. 따라서 고체에서의 전자는 에너지띠에서만 존재할 수 있다.

전자가 채워져 있는 에너지띠 중에서 원자핵과 가장 멀리 떨어져 있는 띠를 **가전자 띠**라 하고, **가전자 띠** 바로 위에 비어 있는 에너지띠를 **전도띠**라고 한다.

도체, 부도체, 반도체

은, 구리, 금, 알루미늄 등은 전기가 잘 통하는 **도체**이지만 나무, 고무, 유리, 운모 등은 전기가 잘 통하지 않는 **부도체**이다. 그리고 실리콘, 저마늄과 같은 물질은 도체와 부도체의 중간 정도의 성질을 갖기 때문에 **반도체**라고 부른다. 도체, 부도체, 반도체가 전기를 통하는 정도가 다른 이유는 에너지띠 구조의 차이 때문이다.

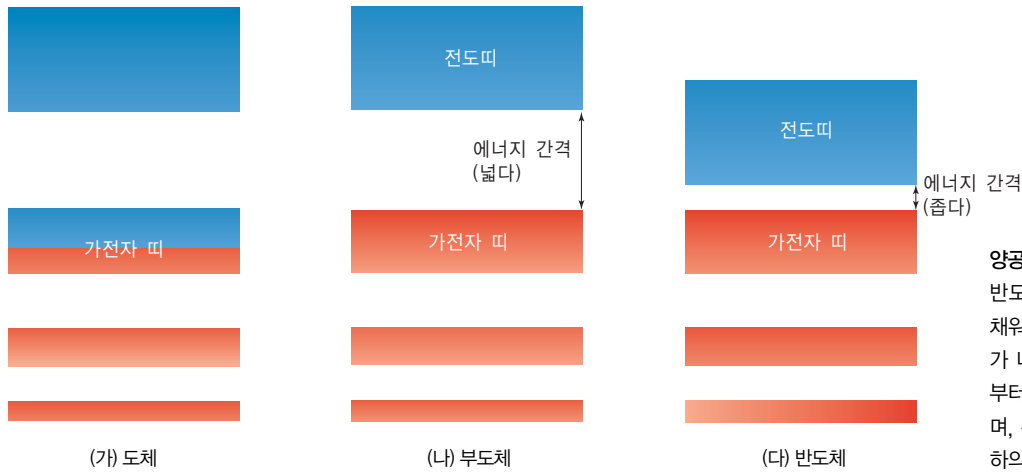
물질에 전압을 걸면 전도띠에 있는 전자들이 이동하여 전류가 흐른다. 도체는 그림 70의 (가)와 같이 가전자 띠에 전자가 부분적으로 채워져 있어서 전압을 걸면 전자가 쉽게 비어 있는 에너지 준위로 이동할 수 있어 전류가 잘 흐른다. 이처럼 외부에서 전압을 걸면 쉽게 이동할 수 있는 전자를 **자유 전자**라고 한다. 금속 원자의 경우 원자핵과 최외각 전자의 인력이 약해서 원자들이 모여 덩어리를 이루면 최외각 전자가 떨어져 나와 자유 전자가 된다. 이 때문에 금속은 좋은 도체가 된다.

부도체의 에너지띠 구조는 그림 70의 (나)와 같이 가전자 띠와 전도띠 사이의 간격이 매우 넓어 전압을 걸어도 가전자 띠의 전자가 전도띠로 올라갈 수가 없기 때문에 전류가 흐르지 않는다.

반도체는 부도체와 비슷하지만 그림 70의 (다)와 같이 에너지 간격이 비교적 작으므로 전압을 걸면 가전자 띠의 전자 중에서 전도띠로 올라갈 수 있는 전자들이 있어 전류가 흐른다. 반도체로 트랜지스터를 만들 수 있는 이유는 불순물을 주입하면 전도띠의 전자 수가 조절되어 전기적 성질을 제어할 수 있기 때문이다.

창의인성
과학 글쓰기

도체, 부도체, 반도체는 온도에 따라 전기가 통하는 정도인 전기 전도도가 달라진다. 에너지띠 구조를 바탕으로 온도에 따라 도체, 부도체, 반도체의 전기 전도도가 어떻게 달라지는지 써 보자.



양공
반도체는 가전자 띠에 전자가 다 채워지지 않아 전자가 부족한 경우가 나타난다. 이 전자의 부족으로부터 생기는 구멍을 양공이라고 하며, 주로 전류의 흐름에서 (+) 전하의 운반자로 사용된다.

▲ 그림 70 _ 도체, 부도체, 반도체의 에너지띠 구조 전자들로 완전히 또는 부분적으로 채워져 있는 에너지띠를 붉은색으로 표시하였다. (가) 금속 도체의 가전자 띠는 부분적으로 채워져 있다. (나) 부도체의 가전자 띠는 완전히 채워져 있고 가전자 띠와 전도띠 사이의 간격이 비교적 크다. (다) 반도체는 부도체와 비슷하지만 가전자 띠와 전도띠 사이의 간격이 비교적 작다.

불순물 반도체

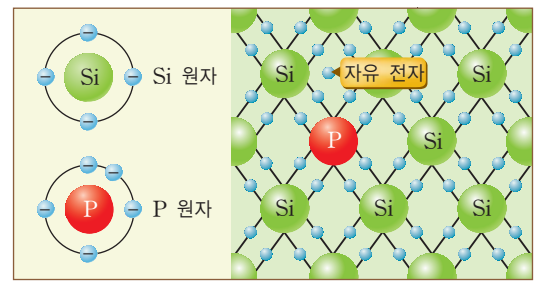
순수한 반도체인 실리콘과 저마늄(Ge)은 각각 최외각 전자를 4개씩 갖고 있다. 이들 반도체의 특성을 보완하는 실용적인 방법은 불순물을 첨가하는 것인데, 불순물의 종류에 따라 n형 반도체와 p형 반도체로 나눈다.

n형 반도체는 실리콘이나 저마늄에 최외각 전자가 5개인 인(P)이나 안티모니(Sb)를 소량 첨가하여 만든다. 예를 들어 실리콘에 인(P)을 소량 첨가하면 그림 71의 (가)와 같이 최외각 전자를 4개씩 공유하여 8개를 채우면서 결합하게 된다. 이때 결합 후에 1개의 전자가 남게 되는데, 외부에서 전압을 걸어 주면 남은 전자가 마치 자유 전자처럼 이동하면서 전류가 흐른다. 따라서 n형 반도체에서는 자유 전자가 전하 운반자이다.

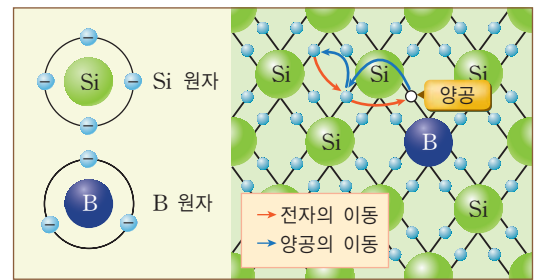
p형 반도체는 실리콘이나 저마늄에 최외각 전자가 3개인 붕소(B)나 알루미늄(Al)을 소량 첨가하여 만든다. 예를 들어 실리콘에 소량의 붕소를 첨가하면 실리콘과 붕소가 결합할 때 전자 1개가 부족한 상태가 되어 전자가 들어갈 자리에 빈 구멍이 생긴다. 이 구멍을 **양공**이라고 부르는데, 외부에서 전압을 걸어 주면 양공 가까이 있는 전자가 이동해 와서 양공을 채우고, 전자가 이동한 자리에는 또 다른 양공이 생기며, 이 양공에 다른 전자가 또 들어와 채우는 형태로 전자들이 움직이면서 전류가 흐른다. 이때 전자의 이동 방향과 양공의 이동 방향은 반대가 된다. 따라서 p형 반도체에서는 양공이 전하 운반자가 된다.

n형 반도체
전류를 흐르게 하는 것이 (-) 전하를 띠는 전자이므로 negative의 n을 따서 n형 반도체라고 부른다.

p형 반도체
전류를 흐르게 하는 양공이 (+) 전하를 띠는 입자처럼 이동하므로 positive의 p를 따서 p형 반도체라고 부른다.



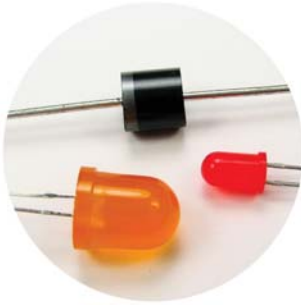
(가) n형 반도체



(나) p형 반도체

▲ 그림 71 _ 반도체의 구조

반도체의 이용



▲ 그림 72_ 다이오드

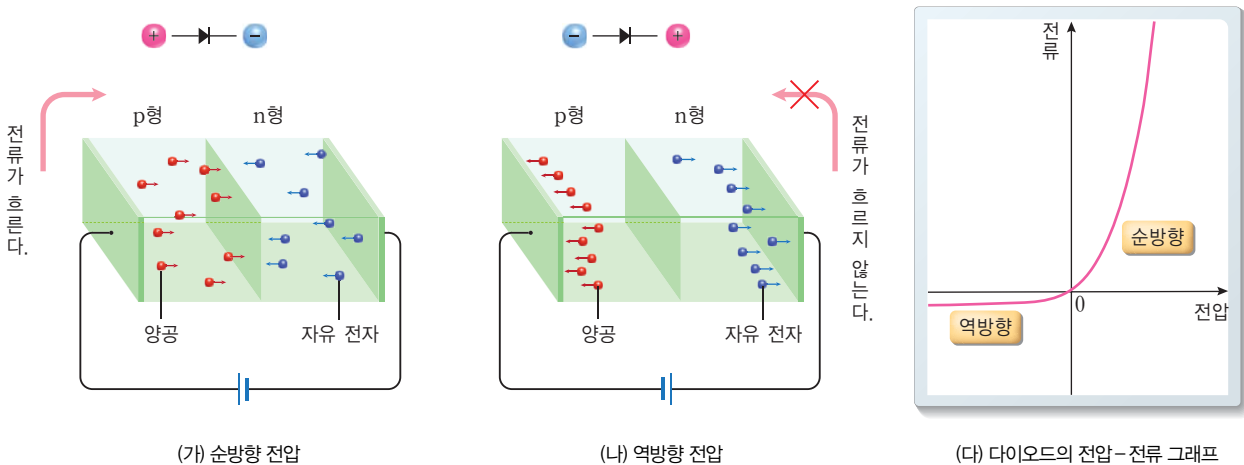
직류와 교류

흐르는 방향과 세기가 일정한 전류를 직류라고 하며, 시간이 경과함에 따라 크기와 방향이 주기적으로 변하는 전류를 교류라고 한다.

p형 반도체와 n형 반도체를 접합시킨 것을 **다이오드**라고 한다. 다이오드에 전압을 걸어 주지 않으면 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자가 각 부분에 고르게 분포되어 전류가 흐르지 않으며, 전압을 걸어 주면 전압의 방향에 따라 전류가 흐르기도 하고 흐르지 않기도 한다. 그림 73의 (가)와 같이 p형 반도체에 전지의 (+)극을, n형 반도체에 전지의 (-)극을 연결하면 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 접합면을 통하여 반대쪽으로 이동하여 전류가 흐른다. 만약 양공과 전자의 결합이 일어나도 p형 반도체의 (+)극에서는 양공이, n형 반도체의 (-)극에서는 전자가 계속 공급되기 때문에 전류가 계속 흐른다. 이 경우를 순방향으로 전압을 걸었다고 한다.

그림 (나)와 같이 역방향으로 전압을 걸면, 즉 p형에 전지의 (-)극을, n형에 전지의 (+)극을 연결하면 양공은 (-)극으로 끌리고, 전자는 (+)극으로 끌려 접합 부분에 전기를 운반하는 것이 남아 있지 않게 되어 전류가 흐르지 않는다.

이와 같이 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 **정류 작용**을 하며, 이것은 주기적으로 전류의 방향이 변하는 교류를 한쪽 방향으로만 흐르는 직류로 변환시킬 때 이용된다.



▲ 그림 73_ 다이오드에서 전류의 흐름

연결 학습
유기 발광 다이오드 → 264쪽
.....

휴대 전화를 충전할 때 사용하는 어댑터에는 다이오드가 들어 있어 가정에 들어오는 교류를 휴대 전화 작동에 알맞은 직류로 바꾸어 준다. 또한, 빛을 방출하는 다이오드인 발광 다이오드(LED)는 시계, 전자 장치, 자동차 계기판 외에도 여러 가지 종류의 디지털 화면에 이용된다. 특히 디스플레이로 사용되는 유기 발광 다이오드(OLED)는 전류가 흐르면 스스로 빛을 내는 자체 발광형 소자로 백라이트에 의해 빛을 내는 LCD보다 뛰어난 색상과 선명도, 광시야각, 빠른 응답 속도, 낮은 전력 소모, 얇은 구조 등의 장점이 있어 LCD에 이은 차세대 디스플레이로 주목받고 있다.

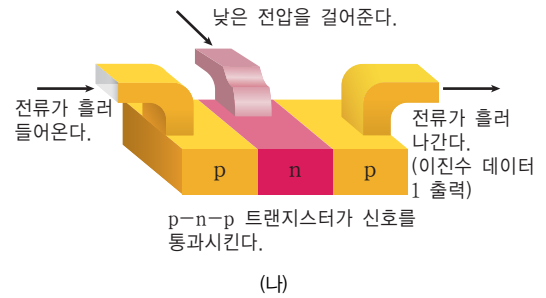
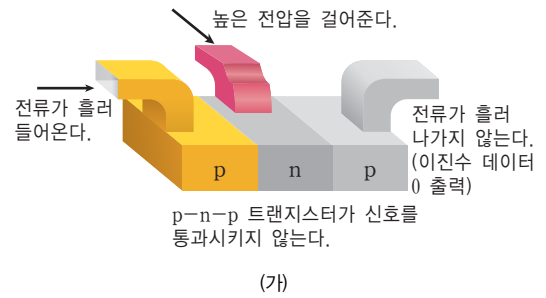
두 개의 p-n 접합을 샌드위치 모양으로 배열하여 p-n-p 또는 n-p-n의 순으로 결합된 소자를 **트랜지스터**라고 한다. 그림 74의 (가)와 같이 p-n-p형 트랜지스터의 왼쪽 p형에 전류가 들어오고, n형에 높은 (+) 전압이 걸리면 왼쪽의 p-n 접합에 역방향 전압이 걸리게 되어 전류가 통과하지 못한다. 따라서 이 경우에는 전류가 흐르지 않으므로 이진수 데이터의 0을 출력한다. 반대로 n형에 걸리는 전압이 0이면 왼쪽의 p-n 접합에 순방향 전압이 걸리게 되어 전류가 흘러나오게 되고, 이 경우에는 이진수 데이터 1을 출력하게 된다.

이와 같이 트랜지스터는 전류를 흐르게 하거나 흐르지 못하게 하는 스위치 작용을 하며, 이것은 컴퓨터의 주기억 장치에서 정보를 저장할 때 쓰인다. 또한, 트랜지스터는 신호의 파형은 그대로 유지하면서 약한 신호를 큰 신호로 바꾸는 증폭 작용을 하는데, 이것은 라디오에 사용된다.

초기의 컴퓨터는 진공관을 사용하여 부피가 크고 전력 소모가 많았으며, 느리고 비쌌다. 그러나 반도체 트랜지스터가 개발되면서 작고 성능이 좋은 컴퓨터 제작이 가능해졌다. 1959년에는 여러 개의 트랜지스터를 식각 기술을 이용하여 한 개의 실리콘 칩에 집적할 수 있는 기술이 개발되었다. 작은 실리콘 칩 위에 무수히 많은 다이오드, 트랜지스터, 저항, 축전기 등의 소자를 연결해 놓은 회로를 **집적 회로**라 한다. 집적 회로는 소형이면서 정보 처리 속도가 빠르다는 장점이 있는데, 이것은 고속 컴퓨터 제작을 위해 필수적이다. 최근에는 실리콘 칩에 천만 개 이상의 트랜지스터를 집적할 수 있을 정도로 기술이 발달되었고, 이로 인하여 플래시 메모리와 같이 보다 빠르고 용량이 큰 저장 매체를 사용할 수 있게 되었다.

컴퓨터의 논리 회로

컴퓨터의 두뇌 역할을 하는 중앙 처리 장치(CPU)는 백만 개 이상의 작은 트랜지스터가 들어 있는 집적 회로이다. 이 트랜지스터가 서로 연결되어 수천 개의 논리 게이트를 형성하며 빠른 속도로 켜지거나 꺼지면서 이진수의 연산을 수행하는 방법으로 초당 10억 개가 넘는 명령을 처리한다. 논리 게이트는 AND, OR, NOR, NOT 등 여러 가지가 있다. AND, OR, NOR 게이트는 두 개의 입력을 받아 하나의 출력을 만들어 주고, NOT 게이트는 한 개의 입력을 받아 한 개의 출력을 만들어 준다. 이러한 논리 게이트들은 각각 특별한 논리 함수를 수행하고, 서로 연결해 논리 회로로 결합시킨다.



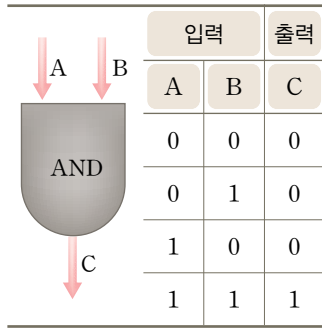
▲ 그림 74 _ 트랜지스터의 스위치 작용



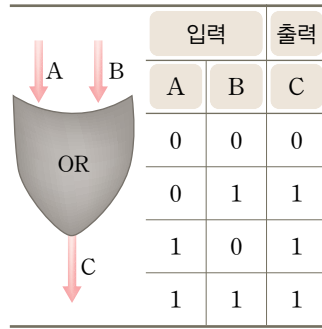
▲ 그림 75 _ 여러 종류의 트랜지스터



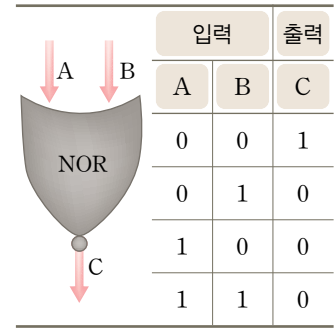
▲ 그림 76 _ 컴퓨터의 CPU



(가) AND 게이트



(나) OR 게이트



(다) NOR 게이트

▲ 그림 77 _ 여러 가지 논리 회로 게이트

AND 게이트는 두 개의 입력이 모두 1이어야 출력이 1이 나오며, 그렇지 않은 경우에는 0이다. OR 게이트는 두 개의 입력 중 하나만 1이면 출력이 1이고, NOR 게이트는 OR 게이트와 반대로 두 개의 입력이 모두 0인 경우에만 출력이 1이다. NOT 게이트는 입력과 반대의 결과를 출력한다. 즉, 입력이 1이면 0을 출력하고, 입력이 0이면 1을 출력한다. 컴퓨터는 이와 같은 논리 게이트로 모든 계산이나 작업을 매우 빠르게 수행하고 있다. 그림 77은 AND, OR, NOR 게이트의 입력과 출력을 나타낸 것이다.

우리가 직접 컴퓨터처럼 논리 회로를 이용하여 계산을 할 수 있을까? 다음 활동을 통하여 논리 회로를 이용한 계산을 해 보자.

창의
인성

활동 9

컴퓨터처럼 계산해 볼까?

목표 여러 개의 게이트가 조합된 논리 회로를 이용하여 입력 값에 대한 출력 값을 도출할 수 있다.

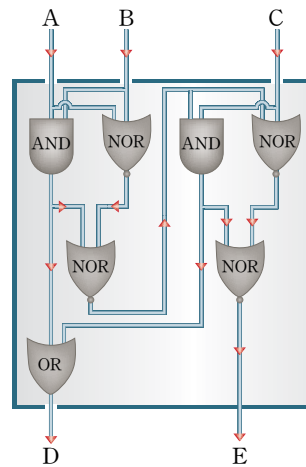
자료 분석

과정

그림 78은 AND, OR, NOR 게이트를 이용하여 만든 논리 회로이다. 입력은 A, B, C의 3개이고, 출력은 D, E의 2개이다. 논리 회로를 따라가며 각각의 입력 값에 대한 출력 값을 표에 기록해 보자.

정리

1. 그림 78의 논리 회로는 어떠한 연산을 수행하는 회로인지 이야기해 보자.
2. **창의·인성** 논리 회로를 이용한 컴퓨터의 계산 방법과 우리가 실제로 사용하는 계산 방법의 장단점을 비교해 보자.



▲ 그림 78 _ 논리 회로

입력			출력	
A	B	C	D	E
0	0	0		
0	1	0		
1	0	0		
1	1	0		
0	0	1		
0	1	1		
1	0	1		
1	1	1		

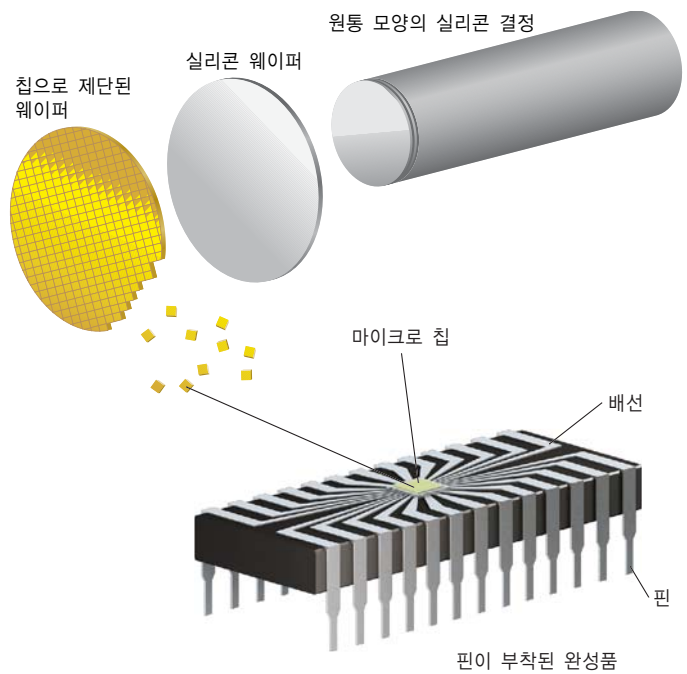
활동 9의 논리 회로는 3개의 입력 값이 정해지면 합을 이진수로 출력하는 회로이다. 예를 들어 세 입력 값이 1, 1, 1이면 합은 3이고, 3을 이진수로 표현하면 $11_{(2)}$ 이다. 따라서 출력되는 값은 1, 1이다.

이제 인터넷을 사용하여 정보를 검색하고 휴대 전화로 통화하는 모습이 낯설지 않은 세상이 되었다. 컴퓨터의 정보 처리 속도는 점점 빨라지고, 메모리의 저장 용량은 점점 증가하고 있다. 21세기는 컴퓨터와 통신이 결합된 정보 통신 시대가 될 것이라는 예측이 사실로 증명되고 있다. 이러한 정보 통신 혁명의 밑바탕은 반도체이다. 앞으로도 반도체 기술의 발전에 의해 정보 통신 분야는 눈부시게 발달할 것이다.

과학 마당 | 집적 회로의 제작 공정

수백만 개의 트랜지스터를 너비가 1 cm도 안 되는 작은 칩 속에 어떻게 조립할까? 사람이 일일이 손으로 조립할 수 있을까? 물론 사람이 손으로 직접 조립하는 것은 불가능하다. 집적 회로 내의 작은 부품들은 하나하나 따로 만들어서 조립하지 않고, 각 부품과 연결 부분들을 미세하고 복잡한 사진으로 찍어서 새겨 넣는 방법을 이용한다.

먼저 필요한 전자 회로를 크게 그린 다음 사진으로 축소하여 마스크라는 것을 만든다. 그리고 자외선에 민감한 감광 유제로 코팅된 실리콘 웨이퍼 위에 마스크를 덮고 자외선에 노출시키면 웨이퍼에 전자 회로가 사진이 찍히듯 새겨지고, 마스크로 덮지 않은 부분의 감광 유제는 날아가 버린다. 화학적인 방법을 이용하여 회로가 찍히지 않은 부분을 부식시켜 깎아 내고 감광액을 없애면 웨이퍼 위에 수백 개의 집적 회로를 만들어 낼 수 있다.



▲ 그림 79_ 집적 회로 만들기

확인하기

- 이해** 1. 금속 도체는 열을 가하면 전기 저항이 커지지만 반도체는 열을 가하면 전기 저항이 작아진다. 그 이유가 무엇인지 조사해 보자.
- 창의** 2. 집이나 학교에 공급되는 전류는 주기적으로 방향이 변화하는 교류이다. 따라서 직류를 이용하는 전기 제품을 이용할 때에는 다이오드가 필요하다. 우리 주변의 전기 제품 중에서 다이오드가 들어 있는 것을 찾아보자.

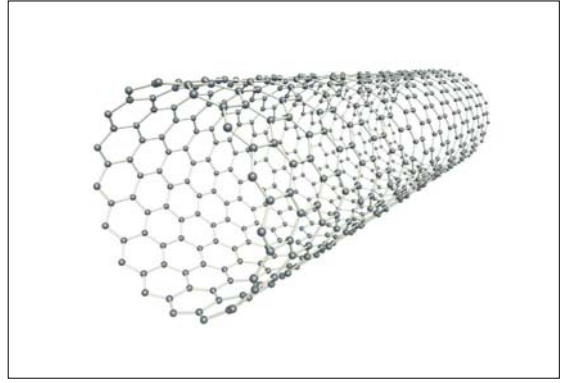
2

신소재

- 학습 목표**
- 초전도체의 원리를 알고, 그 이용을 설명할 수 있다.
 - 고분자 화합물의 구조와 특징을 알고, 다양한 첨단 소재의 원리와 활용을 설명할 수 있다.



우주 엘리베이터(상상도)



탄소 나노 튜브

▲ 그림 80 _ 우주 엘리베이터와 탄소 나노 튜브

우주 정거장까지 가는데 로켓을 쏘아 올릴 필요 없이 엘리베이터를 타고 간다면? 상상만 해도 즐거운 일을 미국 항공 우주국(NASA)에서 연구 중이라고 한다. 강철보다 훨씬 단단하면서 가벼운 탄소 나노 튜브라는 신소재를 이용하여 지구에서 우주 정거장까지 우주 엘리베이터를 만들면 훨씬 쉽게 우주 정거장까지 왕복할 수 있을지 모른다. 탄소 나노 튜브 외에 현재 개발되고 있는 다양한 신소재는 어떠한 것들이 있을까?

초전도체

자기 부상 열차는 자기력을 이용하여 열차가 레일 위로 약 1 cm 정도 공중에 뜬 상태로 운행되기 때문에 열차와 레일 사이의 마찰이 없어 고속으로 달릴 수 있다. 수백 톤이 넘는 열차를 띄우기 위해서는 엄청나게 강한 자기력이 필요하다. 즉, 철심에 감은 코일에 엄청난 전류가 흘러야 강한 자기장을 형성하여 열차를 띄울 수 있다. 그런데 코일에 이렇게 엄청나게 센 전류가 흐르면 코일에서 발생하는 고온의 열 때문에 코일이 모두 녹아버릴 것이다. 그래서 자기 부상 열차에는 초전도체가 이용된다.

초전도체란 무엇일까?

▼ 그림 81 _ 자기 부상 열차



1911년 네덜란드의 오너스는 수은의 온도를 낮추며 전기 저항을 측정하는 실험을 하다가, 약 4.2 K의 온도에서 수은의 저항이 갑자기 사라지는 것을 발견하였다. 오너스는 이와 같이 특정 온도 이하에서 저항이 0이 되는 현상을 **초전도 현상**이라고 하고, 이러한 물질을 **초전도체**라고 하였다. 그 이후 알루미늄, 주석, 납뿐만 아니라 다른 수많은 금속 화합물에서도 특정 온도 이하에서 물질의 저항이 0이 되는 것을 발견되었다. 이때 저항이 0이 되기 시작하는 온도를 **임계 온도**라고 한다. 표 3은 몇 가지 물질이 초전도 현상을 보이는 임계 온도를 나타낸 것이다.

표 3_ 여러 물질의 초전도 현상의 임계 온도(Annotated Teacher's Edition HOLT PHYSICS, 2002)

물질	임계 온도(K)	물질	임계 온도(K)
Zn(아연)	0.88	Nb(나이오븀)	9.46
Al(알루미늄)	1.19	Nb ₃ Ge	23.2
Sn(주석)	3.72	YBa ₂ Cu ₃ O ₇	90
Hg(수은)	4.15	Ti-Ba-Ca-Cu-O	125

Nb₃Ge

나이오븀(Nb), 저마늄(Ge)의 합금이다.

YBa₂Cu₃O₇

이트륨(Y), 바륨(Ba), 구리(Cu)의 합금이다.

Ti-Ba-Ca-Cu-O

타이타늄(Ti), 바륨(Ba), 칼슘(Ca), 구리(Cu), 산소(O)의 합금이다.

초전도체에서는 열에너지의 손실 없이 많은 양의 전류가 흐를 수 있다. 예를 들어 초전도체 고리에 전류가 한 번 흐르기 시작하면 전압을 걸어 주지 않아도 전류가 몇 년 동안 지속되기도 한다. 이러한 초전도체로 만든 전선을 송전선으로 사용하면 전기 에너지가 열로 손실되는 것을 막을 수 있어 막대한 양의 전기 에너지를 절약할 수 있다. 그리고 초전도체로 만든 코일을 사용하면 열의 발생 없이 많은 양의 전류를 흘릴 수 있기 때문에 매우 강한 자기장을 만들 수 있다.

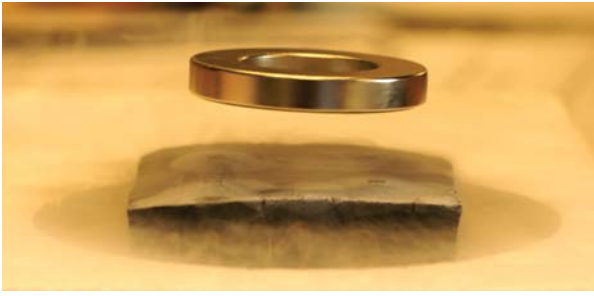


초전도체를 활용하면 어떻게 강력한 자기장을 만들 수 있으며, 어떤 방법으로 발전 효율을 높일 수 있는지 생각해 보자.

과학자 이야기 | 오너스 Onnes, H. K., 1853~1926

네덜란드의 오너스는 1882년 레이덴 대학교의 물리학 교수(1882~1923)가 되었으며, 1894년에는 이 대학교의 저온 연구소(현재의 카머링 오너스 연구소) 소장이 되었다. 그는 듀어(Dewar, Sir. J., 1842~1923)가 1898년에 수소 기체의 액화에 성공한 것을 이어받아 1908년 헬륨 기체의 액화에 처음으로 성공했으며, 액체 헬륨의 끓는점이 4.2 K이라는 것을 확인하였다. 그 이후 계속 저온 영역에서 물질의 성질을 조사하여 1911년에는 수은, 1912년에는 납의 초전도 현상을 발견하여 극저온 물리학의 개척자 역할을 했다. 저온 물리학을 연구하고 개척한 업적으로 1913년 노벨 물리학상을 받았다.





▲ 그림 82 _ 마이스너 효과

또 다른 초전도체의 특징은 1933년 독일의 마이스너 (Meissner, F. W., 1882~1974)가 발견한 **마이스너 효과**이다. 마이스너 효과란 임계 온도 이하에서 초전도체 내부의 자기장이 완전히 없어지는 현상이다. 이것은 초전도체가 주변의 자기장을 배척하는 성질을 가지고 있기 때문인데, 이 때문에 그림 82와 같이 자석은 초전도체 위에 떠 있게 된다.

초전도체의 이러한 성질을 이용하면 자기 부상 열차를 만들 수 있으나, 아직 실용화되지는 않았다. 초전도체가 아직 실용화되지 못하고 있는 것은 초전도 현상이 나타나는 아주 낮은 온도를 유지하기 위해 비용이 많이 들기 때문이다. 따라서 많은 과학자들이 비교적 상온에 가까운 온도에서도 초전도 현상을 보이는 초전도체를 개발하기 위해 노력하고 있으며, 언젠가는 실온에서도 사용이 가능한 상온 초전도체 장치가 일상화되는 날이 올지도 모른다.

과학·기술·사회(STS) | LCD를 대체할 꿈의 디스플레이 아몰레드

AMOLED의 AM은 Active Matrix의 약자로 능동적이라는 의미이고, OLED는 Organic Light Emitting Diode의 약자로 유기 발광 다이오드를 뜻한다. OLED는 유기물로 만들어진 얇은 막에 전류를 흘리면 전자와 양공이 결합하면서 빛을 내는 원리를 이용한 것으로 LCD를 대체할 '꿈의 디스플레이'로 각광받으며 개발되고 있다. AMOLED는 화면의 뒤쪽에서 빛을 쏘아 주어야 하는 LCD와는 달리 자체에서 빛을 발하는 능동형 디스플레이 장치이다.

AMOLED는 LCD보다 동영상 응답 속도가 1000배 이상 빨라 LCD의 문제점이었던 동영상 잔상 문제를 해결하였으며, 뒤에서 빛을 쬐여 줄 필요가 없어 두께와 무게를 LCD의 $\frac{1}{3}$ 수준으로 줄일 수 있다. 또한, 자체 발광형이기 때문에 밝기나 보는 각도에 따라 명암비가 달라지지 않아 LCD의 시야각 문제도 해결된다.

AMOLED는 원래 '에이엠 오엘이디'로 불렸으나 어떤 기업의 '아몰레드' 마케팅으로 해외에서도 아몰레드로 부르게 되었다.



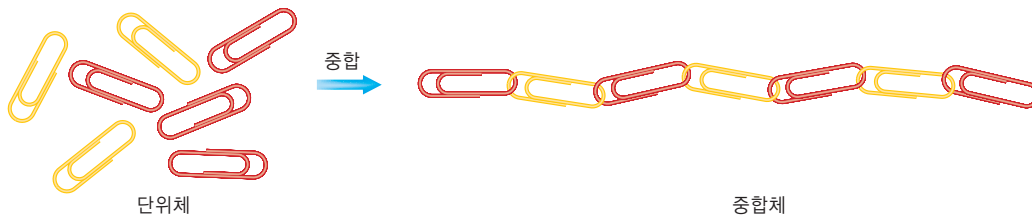
▲ 그림 83 _ AMOLED를 이용한 휴대 전화 화면

❓ **창의적 사고:** 아몰레드가 어떻게 이용되고 있는지 조사해 보고, 이러한 신소재의 개발이 우리 생활을 어떻게 변화시킬지 말해 보자.

고분자 물질

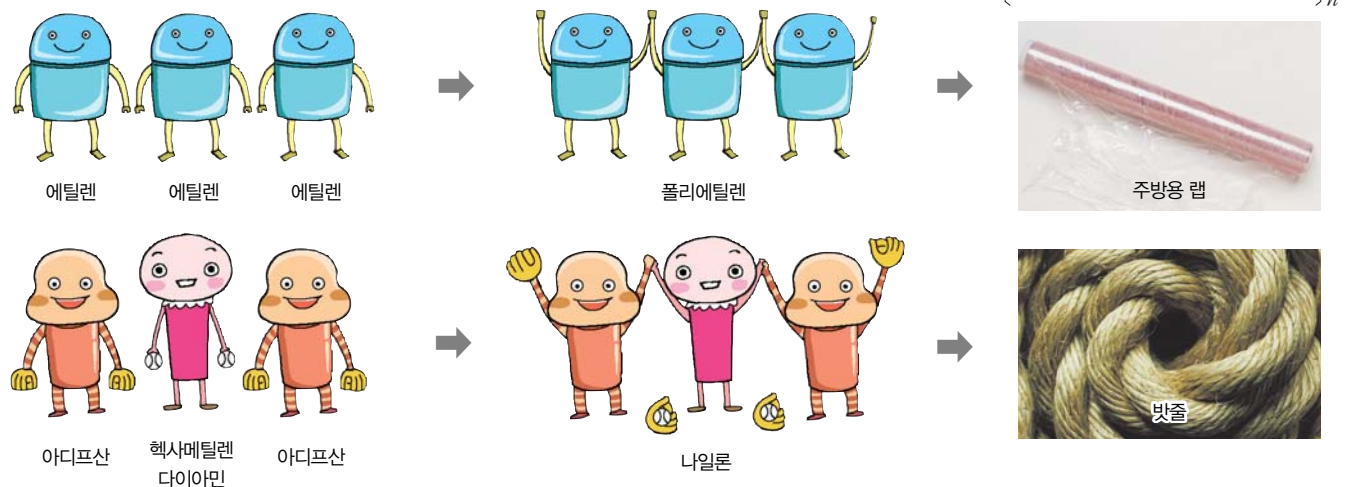
쌀에서 섭취하는 녹말, 지우개의 원료인 천연고무를 비롯하여 섬유, 주방 기기, 가구, 가전제품, 포장 용기, 일회용 의료기, 위생 용품 등 많은 것이 고분자 물질로 이루어져 있다. 더욱이 생명의 기본 단위인 DNA와 단백질 또한 고분자 물질이다. 최근에는 첨단 소재 고분자의 등장으로 화학, 의약, 바이오 분야가 급성장할 것으로 전망하고 있다. 고분자 물질은 무엇이고, 이것은 우리 생활에 어떻게 활용되고 있을까?

고분자 물질은 분자량이 10,000 이상인 것으로 많은 수의 작은 분자가 반복적으로 결합하여 만들어지며, 이와 같이 고분자 물질을 형성하는 반응을 **중합 반응**이라고 한다. 이때 고분자를 구성하는 기본 단위가 되는 작은 분자를 **단위체**라고 하고, 단위체가 결합한 것을 **중합체**라고 한다. 고분자는 자연에서 직접 얻을 수 있는 천연 고분자와 인공적으로 합성한 합성 고분자가 있으며, 천연 고분자를 화학적으로 부분 변형시켜 사용하기도 한다.



▲그림 84 _ 중합 반응 모형 여러 개의 단위체가 결합하여 중합체가 만들어진다.

그림 85는 고분자 물질인 폴리에틸렌과 나일론을 만드는 중합 반응을 모형으로 나타낸 것이다. 폴리에틸렌은 에틸렌(C_2H_4)끼리 결합하여 만들어지고, 나일론은 아디프산($HOOC(CH_2)_4COOH$)과 헥사메틸렌다이아민($H_2N(CH_2)_6NH_2$)이 교대로 결합하는 과정에서 물 분자가 빠져나가며 만들어진다.



▲그림 85 _ 고분자 물질의 중합 반응 모형 폴리에틸렌은 첨가 중합의 예이고, 나일론은 축합 중합의 예이다.

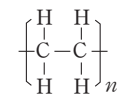
고분자 물질의 특징

일반적으로 상대적 질량이 정해져 있지 않으며, 전체적으로 규칙적인 배열을 하지 않아 결정이 되기 어렵고, 녹는점이 일정하지 않다.

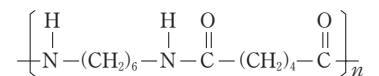
중합 반응의 종류

- 첨가 중합: 단위체가 결합하면서 분자가 빠져나가지 않는다.
- 축합 중합: 단위체가 결합하면서 작은 분자가 빠져나간다.

폴리에틸렌



나일론



천연 고분자

천연 섬유 종류

- 면: 목화의 씨에 붙은 솜을 원료로 하는 섬유
- 마: '마'라는 식물 줄기의 껍질에서 얻는 섬유
- 모: 동물의 몸에서 깎아 낸 털로 만든 섬유
- 견: 누에고치에서 뽑은 실로 만든 섬유

자연에 존재하거나 생물에 의해 만들어지는 고분자 물질을 **천연 고분자**라고 한다. 녹색 식물의 광합성으로 만들어지는 녹말, 나무와 종이를 구성하는 셀룰로스, 근육을 구성하는 단백질, 고무나무의 수액인 천연고무, 유전 정보를 전달하는 DNA 등이 있다. 또한, 새우, 게 등 갑각류의 껍질도 다당류인 천연 고분자 물질이며, 거미줄도 천연 고분자 물질이다. 녹말은 음식 섭취를 통해 생명체의 몸속으로 들어오며, 소화와 호흡 과정을 거쳐 에너지원으로 이용된다. 셀룰로스는 면, 마 등의 섬유와 종이를 만드는 데 쓰인다. 단백질은 세포와 효소 등 생명체를 구성하는 주성분이며, 천연고무는 장난감, 지우개, 껌, 라텍스 등으로 사용된다. 녹말과 셀룰로스는 포도당이 중합 반응하여 만들어진 중합체이고, 단백질은 아미노산이 중합 반응하여 만들어진 것이다.



녹말



셀룰로스



단백질



갑각류의 껍질



천연고무



천연 섬유



거미줄

▲ 그림 86 _ 여러 가지 천연 고분자의 예

합성 고분자

합성 고분자는 인공적으로 합성한 고분자로 대부분 석유를 원료로 하여 만들어진 다. 대표적인 합성 고분자에는 합성 수지, 합성 섬유, 합성 고무 등이 있다.

합성 수지는 열과 압력을 가해 모양을 쉽게 변형할 수 있다. 가볍고 잘 깨지지 않으며 값이 싼 장점이 있어 각종 용기, 가전제품 케이스, 코팅제 등 매우 다양한 분야에 쓰인다. 최근에는 인공 장기, 인공 뼈, 인공 치아 등을 만드는 데도 쓰인다.

나일론이나 폴리에스터와 같이 합성 고분자를 실 모양으로 만든 것을 합성 섬유라고 한다. 이러한 합성 섬유는 천연 섬유와 함께 의류 산업에서 산업용 섬유까지 다양한 분야에 사용된다. 이중 나일론은 질길 뿐만 아니라 질감이 부드럽고 탄력이 있어

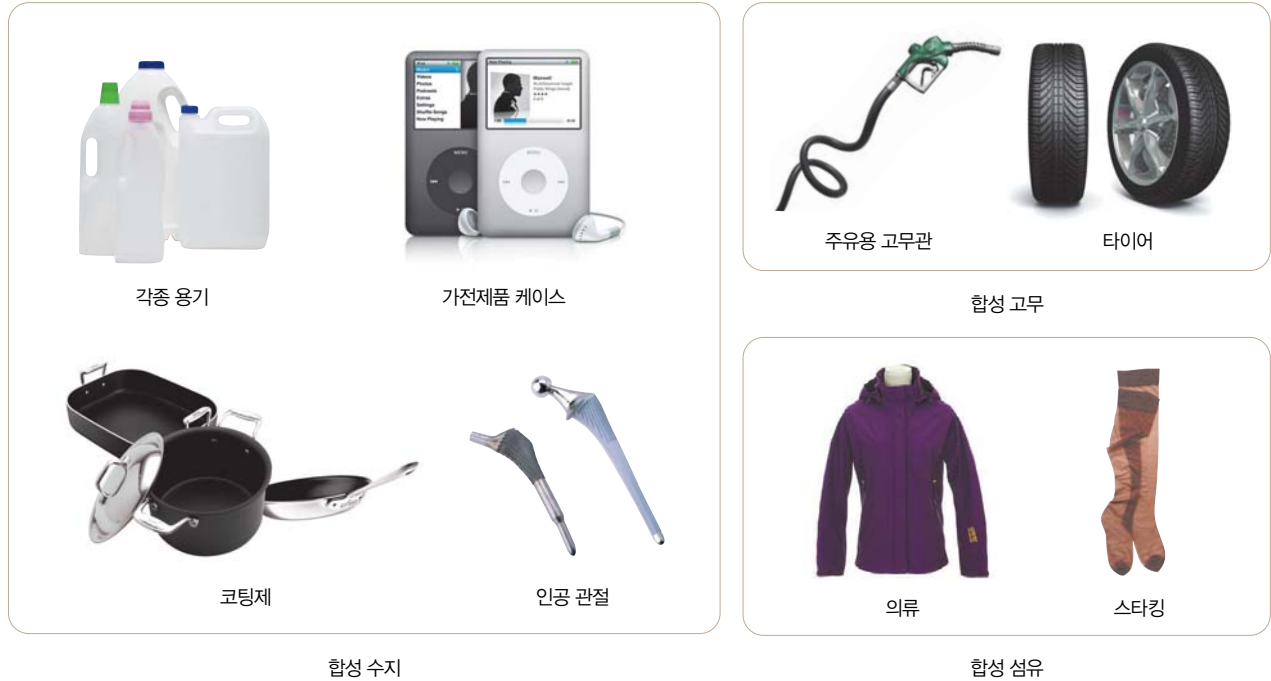
창의인성
과학 글쓰기

미래 사회를 위한 플라스틱의 사용에 대한 의견을 써 보자.

스타킹, 밧줄, 그물, 전선 절연재 등에 이용된다. 합성 고무는 탄성이 크고 열과 화학약품에 강해 타이어, 전선 피복 등을 만드는 데 쓰인다.

이처럼 합성 고분자가 목재, 천연고무, 금속 등과 같은 물질 대신 사용되면서 생활이 편리해졌고, 천연 자원의 고갈을 줄일 수 있었다.

고무의 탄성
고무는 힘을 주어 잡아당기면 늘어나고, 힘을 멈추면 원래의 상태로 돌아가는 성질이 크다.



▲ 그림 87 _ 여러 가지 합성 고분자가 사용된 예

과학·기술·사회(STS) | 플라스틱의 재활용

플라스틱은 보통 합성 수지를 말한다. 수지는 탄소 화합물로 이루어진 비결정성 고체로 천연 수지와 합성 수지가 있다. 천연 수지는 식물이 스스로 만들어 분비하며, 합성 수지는 합성된 고분자 물질 가운데 점성이 있고, 굳어질 수 있는 액체를 말한다. 플라스틱은 제조 공정 중 유동성을 가지며, 이때 모양의 변형이 가능하다. 플라스틱이 우리 생활에서 많은 부분을 차지하면서 고체 쓰레기 중 플라스틱이 차지하는 비율이 1960년 약 1% 이하에서 2008년에는 거의 12%에 이르렀다. 폐플라스틱은 자연적으로 분해되기 어렵고, 태울 때 유독 가스와 높은 열을 발생시킨다. 소각 후에도 중금속 등의 잔재가 남아 2차적인 환경오염을 일으킨다. 또한, 플라스틱의 원료인 석유의 매장량에도 한계가 있으므로 폐플라스틱은 분리수거하여 재활용하는 것이 중요하다. 2010년 월드컵에서 우리나라 국가 대표 선수들이 입은 유니폼은 페트병을 재활용한 친환경 섬유로 만들어진 것이었다.



▲ 그림 88 _ 가공하기 위해 잘게 자른 페트병(좌)과 페트병을 재활용하여 만든 유니폼(우)

❓ **창의적 사고:** 폐플라스틱을 재활용한 예는 어떤 것이 있을까?

현재 개발되고 있는 다양한 신소재 중에는 가까운 미래에 활용될 수 있는 신소재도 있지만 사용하기까지는 많은 시간이 걸리는 것도 있다. 과학 연구 개발비 지원의 중요성에 대한 자신의 의견을 써 보자.

고기능성 고분자 고분자는 가볍고 가공하기 쉬우나 전기가 통하지 않고 강도가 약하다. 최근에는 이러한 고분자의 장점을 살리거나 단점을 보완하여 새로운 성질을 가지는 **고기능성 고분자**가 많이 개발되었다.

예를 들면, 고분자의 성질을 전기가 흐를 수 있도록 바꾸어 발광 다이오드(LED), 전자 회로 등으로 이용하거나 자체 발열 기능이 있는 섬유로 활용할 수 있다. 이러한 전도성 고분자는 섬유의 유연한 특징을 그대로 살릴 수 있어 휘어지는 것도 가능하며, 무게와 부피가 크게 감소된다.

또한, 약한 강도를 보완하고 가벼운 성질을 강화한 고분자는 운동 용품, 자동차, 항공기 소재로 사용되고 있다. 케블라 섬유는 가볍고 열에 강하며 강도와 탄성이 우수하여 방탄 헬멧과 조끼 등으로 이용된다. 화학 약품과 열에 강하고 잘 타지 않는 노멕스 섬유는 화재 진압용 방화복이나 자동차용 브레이크 장치 등에 이용된다.

이 외에도 압력을 가하면 전기 에너지를 얻을 수 있는 고분자, 전기 저항이 없는 초전도성 고분자, 자석의 성질을 보이는 고분자, 특정 물질만을 통과시키는 고분자 등과 같이 기능이 크게 향상된 새로운 고분자들이 개발되고 있다. 그림 89는 상용화된 고기능성 고분자가 이용된 제품이다.

스마트 섬유

섬유와 IT(정보 통신) 기술을 융합한 기능성 신소재 섬유로 나노 섬유와 함께 대표적 차세대 섬유이다. 두께 0.24 mm의 전도성 고분자를 내장하고 있어 소형 배터리 팩을 작동시키면 섬유의 온도가 높아져 2분 이내에 35~40℃ 온도를 발열, 이를 지속적으로 유지시켜 준다.



자체 발열 등산 재킷과 스마트 섬유: 스마트 섬유를 내피에 적용하여 자체 발열 기능이 있는 등산용 재킷 등을 만드는 데 이용한다.



휘는 태양 전지: 전도성 고분자를 이용하여 만든 태양 전지는 가볍고, 구부릴 수 있어 휴대가 간편하다.



케블라 섬유로 만들어진 군용 조끼와 헬멧: 강도와 탄성이 강해 주로 방탄재로 사용된다.

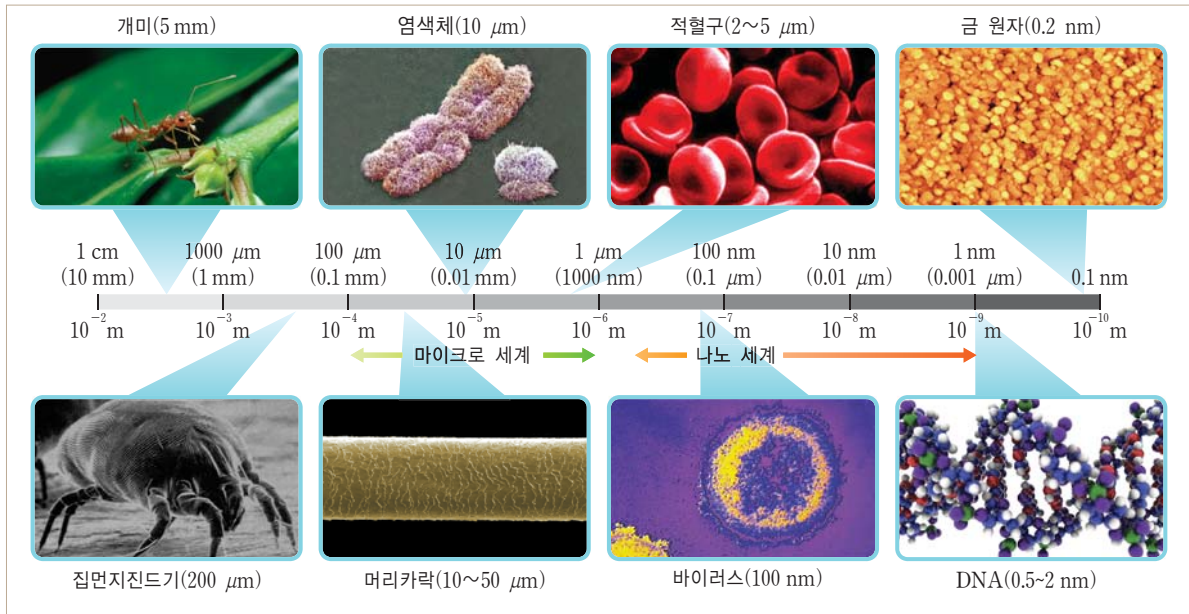


노멕스 섬유로 만들어진 화재 진압용 방화복: 열에 매우 강해 방화복이나 카레이싱 의류 등에 사용된다.

▲ 그림 89 _ 상용화된 고기능성 고분자 물질

첨단 나노 복합 재료

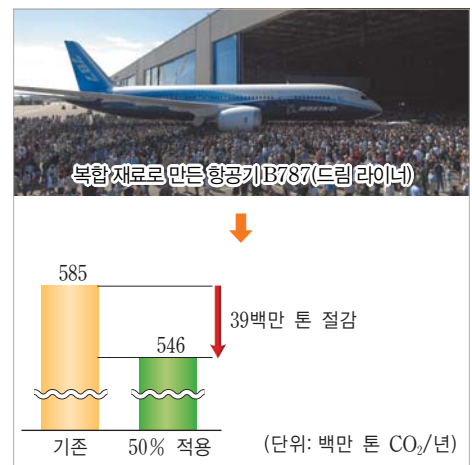
최근에는 고분자에 나노 물질을 첨가하여 기능을 향상시키고 있다. 나노 물질이란 구성 입자의 크기가 1~100 nm인 물질로, 머리카락의 $\frac{1}{1만} \sim \frac{1}{5만}$ 정도이다. 물질의 크기가 나노미터 수준으로 작아지면 기존 재료에서 나타나지 않는 새로운 성질이 나타난다.



▲ 그림 90 _ 여러 가지 물질의 크기 1 nm는 $\frac{1}{10억}$ m이다.

이러한 나노 물질을 이용한 나노 기술은 물질을 원자와 분자 수준에서 관찰하고 구조를 조작 제어하여 새로운 특성의 소재와 기능의 창출이 가능하다. 나노 기술은 이미 화장품, 기능성 옷, 접착제, 반도체, 유전자 연구, 의약품 등 다양한 분야에서 상품화되어 사용되고 있으며, 전자, 통신, 에너지, 환경, 의학, 군사 등 다양한 분야에서 연구가 활발히 진행 중이다.

서로 다른 재료를 섞어 더 좋은 기능을 갖도록 만든 것을 복합 재료라고 하는데, 나노 복합 재료는 고분자에 강화제로 나노 물질을 사용하는 것이다. 고분자에 나노 입자를 첨가하면 고분자의 구조와 표면이 변화되어 고분자의 물리적 특성이 강화되는데, 나노 물질은 크기가 매우 작아 표면적이 넓기 때문에 기존의 복합 재료보다 적은 양의 첨가로도 우수한 성질을 얻을 수 있다. 또한, 나노 크기의 첨가제를 이용하면 여러 개의 강화제를 사용할 수 있다. 이러한 나노 복합 재료를 항공기와 자동차에 적용하여 무게는 가볍고 강도는 높은 운송 수단을 만들 수 있으며, 이것은 에너지 효율을 높임으로써 온실 기체의 발생을 줄여 환경과 에너지 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.



▲ 그림 91 _ 탄소 섬유 복합 재료 사용을 통한 이산화탄소 감축 효과 항공기 재료의 50%를 첨단 나노 복합 재료로 적용했을 때 39백만 톤의 이산화탄소 절감 효과가 있다.(도레이(Toray), 2009년)

자연에서도 나노 크기의 물질을 이용하는 예를 찾을 수 있다. 나노 물질까지 연구가 가능해지면서 자연의 특별한 구조물과 특성을 관찰하여 새로운 소재로 활용하고 있다. 다음 활동을 통해 자연을 모방한 신소재에 대해 알아보자.

창의
인성

활동 10

자연을 모방한 신소재에는 어떤 것이 있을까?

목표 일상생활에서 자연을 모방한 신소재를 찾을 수 있다.

조사, 토의

과정

일상생활에서 사용되는 여러 가지 물질은 자연을 모방한 것들이 많다. 다음 글을 읽고 연잎의 자정 능력과 홍합의 접착력을 모방한 제품에 대해 토의해 보자.

생체 모방 기술

생물체가 가지고 있는 다양한 기능을 인위적으로 모방하여 이용하는 기술을 말한다.

연잎에 떨어진 물방울은 잎을 적시지 않고 동그랗게 뭉쳐 있다가 미끄러진다. 이때 오염물이 함께 씻겨나가 연잎은 항상 깨끗하다. 연잎의 표면은 나노 크기의 미세한 돌기로 덮여 있는데, 이러한 구조 때문에 물방울이 잎 속으로 스며들지 못하고 흘러내린다. 연잎의 이러한 특징을 모방한 코팅제는 건물이나 자동차 등에 활용된다.



▲ 그림 92 _ 연잎 표면의 모습

홍합은 몸에서 만들어 내는 실 모양의 분비물을 이용해 바위에 붙어산다. 2 mm 크기의 분비물이 약 12.5 kg의 물체를 들어 올릴 정도로 강한 접착력을 가지는 이유는 10개의 아미노산이 반복된 독특한 구조의 단백질로 이루어져 있기 때문이다. 더욱이 홍합의 분비물은 물속에서 접착력이 더 세며, 이러한 특징은 여러 분야에서 접착제를 제조하는 데 활용된다.



▲ 그림 93 _ 홍합의 분비물

정리

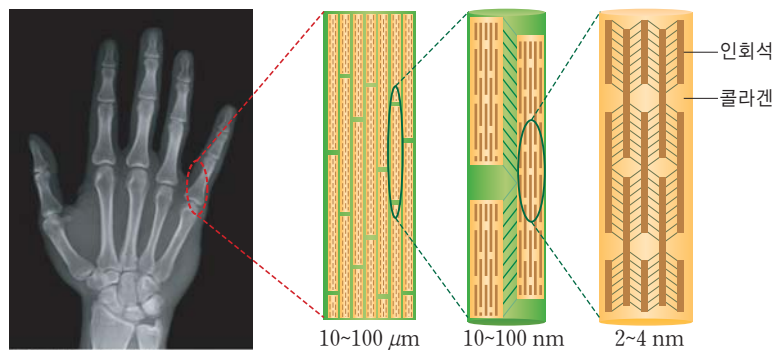
1. 연잎의 표면을 모방한 코팅제와 홍합 분비물의 접착력을 모방한 접착제를 이용할 수 있는 분야를 써 보자.
2. 물과의 마찰 저항력을 줄여 빠른 속도를 내는 첨단 수영복은 무엇을 모방한 것인지 생각해 보고, 인터넷을 통해 조사해 보자.
3. **창의·인성** 우리 주변에서 응용하면 좋을 생물의 독특한 행동이나 구조, 그들이 만들어 내는 물질을 찾아보자.

연잎의 특징을 모방한 코팅제는 더러워지지 않는 자동차와 건물 유리 등에 활용할 수 있다. 흡합 분비물의 강한 접착력을 모방한 접착제는 다양한 분야에 사용할 수 있는데, 특히 물에 젖었을 때 접착력이 더 강한 성질을 이용하여 수술용 봉합사로 사용할 수 있다. 과학자들은 자연의 생물체가 보여 주는 놀라운 능력을 우리 생활에 필요한 형태로 만드는 노력을 하고 있다. 이렇게 자연 속의 나노 구조와 나노 복합 재료를 응용하는 것은 각 분야에서 최대한의 능력을 갖는 구조나 특징에 대한 가장 효과적인 정보를 얻을 수 있어 매우 중요하다.

초전도체부터 첨단 나노 복합 재료까지 다양한 신소재는 과거에 불가능했던 일을 가능하게 함으로써 우리 생활을 바꾸고 있다.

과학 마당 | 자연 속의 나노 복합 재료

자연에서도 나노 크기의 물질과 나노 복합 재료를 찾아볼 수 있다. 사람의 뼈는 단단하여 몸의 무게를 지탱할 수 있는 인회석과 부드러워 충격을 잘 흡수하는 콜라겐이 결합하여 만들어진 나노 복합 재료이다. 또한, 거미줄은 가늘지만 같은 무게의 철보다 5~10배 정도 강한데, 이것은 질기고 튼튼한 성질을 가지는 단백질과 충격을 흡수하는 단백질이 결합한 나노 복합 재료이기 때문이다. 매우 단단한 조개껍질도 탄산 칼슘과 단백질이 결합한 나노 복합 재료이다. 이와 같은 자연 속의 나노 복합 재료는 생명체가 지구상에서 많은 시행착오와 적응을 거쳐 최적의 생존 조건을 갖춘 것이다. 자연의 모습을 상세하게 관찰할 수 있게 됨에 따라 자연을 모방한 나노 복합 소재가 새로운 첨단 소재 분야로 부각되고 있다.



▲ 그림 94 _ 사람의 뼈에서 볼 수 있는 나노 복합 재료

확인하기

- 이해** 1. 고분자 물질을 간단히 설명해 보자.
2. 천연 고분자와 합성 고분자에 해당하는 예들을 써 보자.
- 적용** 3. 플라스틱을 재활용하는 것이 가능한 까닭을 써 보자.
- 창의** 4. 고분자의 특성을 살리고 단점을 보완한 새로운 고분자 화합물이 개발되고 있다. 앞으로 개발되었으면 하는 새로운 기능의 고분자 물질을 생각하여 써 보자.

3

지구의 광물 자원과 활용

- 학습 목표**
- 광물 자원의 생성 과정과 유형, 분포와 탐사 방법을 이해한다.
 - 광물 자원의 여러 가지 활용 방법을 안다.



전라남도 신안의 염전



에티오피아 다나킬의 암염 채취

▲ 그림 95 _ 소금의 채취

우리 생활에 없어서는 안 될 광물 자원인 소금은 단순히 식품으로만 이용되는 것이 아니라 만 가지가 넘는 다른 용도가 있다. 소금은 염료를 섬유에 고정하고, 알루미늄과 같은 금속을 제련할 때 불순물을 제거하는 역할을 한다. 소금과는 관련 없어 보이는 플라스틱 병이나 화장품, 페인트, 로켓을 만들 때도 소금이 필요하며, 한 대의 자동차에는 적어도 10 kg의 소금이 들어간다고 한다. 이처럼 제조 과정에서 소금이 필요한 제품의 수는 150가지가 넘는다.

예전에는 존재하지 않았던 새로운 소재들이 현재 우리 생활에 이용된다. 그러나 아직 우리 생활에서 광물 자원은 없어서는 안 될 귀중한 자원이다. 유리로 만든 컵, 도자기로 만든 접시, 더불어 텔레비전, 컴퓨터, 자동차, 비행기 등 우리 생활에 이용되는 도구들은 대부분 지구의 광물 자원을 이용하여 만든다. 이처럼 유용한 광물 자원들은 어떤 과정으로 생성되고 어떻게 얻을 수 있는지 알아보자.

광물 자원의 이용과 분포

지구의 암석 속에는 약 9,000가지의 광물이 포함되어 있는데, 그중 자원으로 활용되는 유용한 광물이나 암석 덩어리를 **광물 자원**, 또는 **광석**이라고 한다. 광물은 땅속의 광석을 채굴하여 모은 다음, 잘게 부수거나 액체로 녹이는 등의 과정을 거쳐 우리 생활에 이용된다.

다음 활동을 통하여 우리 주변에서 이용되는 여러 가지 광물을 조사해 보고, 어떤 광물이 많이 이용되는지 알아보자.

과정

그림 96은 우리 생활에서 쉽게 접할 수 있는 여러 가지 제품이다.



▲ 그림 96 _ 우리 생활에서 이용되는 여러 가지 제품

정리

1. 우리 생활에 이용되거나 관심 있는 분야의 여러 가지 제품을 만들 때 어떤 광물 자원이 이용되는지 모둠별로 다양한 매체를 활용하여 조사해 보자.
2. 각 모둠에서 발표한 광물 자원들을 금속과 금속이 아닌 것으로 분류해 보자.
3. 각 모둠에서 발표한 자료를 토대로 우리 생활에서 가장 많이 이용되는 광물 자원은 무엇인지 이야기해 보자.

협동 모둠원끼리 역할을 나누어 다양한 매체를 이용하여 가능한 한 많은 사례를 조사하도록 한다.

광물을 적절히 이용하려면 광물과 광석의 특성을 잘 알아야 한다. 금, 은, 구리, 알루미늄과 같은 금속 원소는 전기와 열을 잘 전달하며 전성과 연성이 뛰어나다. 이러한 금속 원소가 주성분인 광물 자원을 **금속 광물**이라고 한다. 반면, 석회석, 석영, 고령토 등의 광물 자원은 **비금속 광물**로 분류한다.

금속 광물 중 철은 지각에서 알루미늄 다음으로 풍부한 금속 원소이며 인류가 사용하는 금속의 약 95%를 차지한다. 철의 합금에 이용되는 금속 중 가장 중요한 망가니즈는 건전지, 유리, 의약품의 제조에 이용되며, 지각에서 가장 풍부한 금속 원소인 알루미늄은 가볍고 강도가 높으며 잘 녹슬지 않기 때문에 항공 우주 산업, 건축, 각종 전기 제품 등에 다양하게 사용된다. 구리는 우리 생활에 가장 중요한 금속 중 하나로 각종 전기 재료, 합금, 전자 공업에 주로 사용된다.

전성
두드리거나 눌렀을 때 얇게 퍼지는 성질

연성
힘을 받아도 부서지지 않고 가늘고 길게 늘어나는 성질

비금속 광물 자원도 금속 광물 못지않게 널리 이용된다. 암염의 주성분은 염화나트륨이며, 화학 비료의 원료, 유리, 화학·제지 공업에 이용된다. 장석이 풍화 작용을 거쳐 만들어지는 고령토는 도자기의 원료로, 활석은 종이, 페인트, 화장품의 제조에, 흑연은 탄소봉, 원자로, 주형 재료로 사용된다. 대리암이나 화강암은 색이 밝고 판 모양으로 만들기 쉬우므로 건물의 바닥이나 벽을 장식하는 건축 재료로 이용되며, 석회암은 시멘트의 주원료이다.



자철석



망가니즈산화물



구리



암염



장석



대리암

▲ 그림 97 _ 자연 상태에서 볼 수 있는 여러 가지 광물



▲ 그림 98 _ 자연 상태의 금
금 광상은 해양판과 대륙판이 만나는 수렴형 경계에서 주로 발견된다.

광물 자원은 지각에 매우 적은 양이 불균일하게 분포하는데, 광물 자원이 특정한 장소에 많이 모여 있는 부분을 **광상**이라고 한다. 광상은 지각 전체에 고르게 분포하지 않으며 광물의 종류에 따라 특정한 지역에서만 발견된다. 최근 연구 결과 광상의 분포는 판의 운동과 관련 있다고 알려졌는데, 실제로 화산 활동이나 변성 작용이 일어나는 판의 경계는 광상들이 자주 발견되는 곳이다. 광상은 지하 깊은 곳에서 형성되었다가 지각이 융기하면 지표 부근으로 이동하며, 오랜 시간이 지나면 암석의 순환 때문에 지각 깊은 곳으로 다시 이동하기도 한다.

세계 여러 나라에서 자국 내의 광상을 개발하고 있지만 광물 자원을 자급자족할 수 있는 나라는 거의 없다. 유용한 광물 자원은 지각 내의 특별한 곳에서만 발견되며, 매장량도 한정되어 있기 때문이다.



만약 광물 자원이 지각에 골고루 퍼져 있다면 광물 자원을 발견하기가 더 쉬워질지 어려워질지 생각하여 이야기해 보자.

광상의 생성

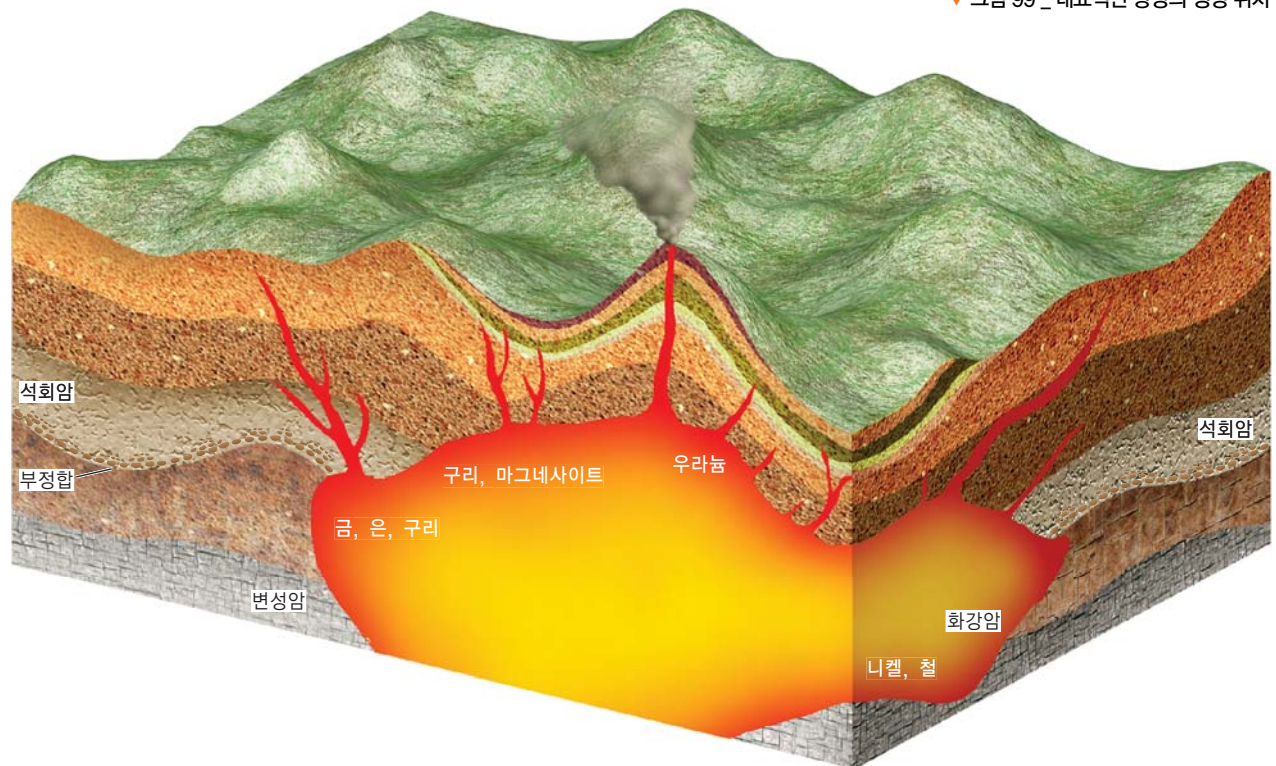
광물 자원은 암석의 일부이므로 광상의 생성 원리도 암석의 생성 원리와 비슷하다. 광상은 마그마가 식어 암석이 만들어지는 과정에서 생성되기도 하고, 퇴적 작용으로 생성되기도 한다. 또 높은 열과 압력에 의한 암석의 변성 과정이나 생물의 작용으로 생성되기도 한다.

뜨거운 마그마가 지하에서 천천히 식어 화성암이 만들어질 때 여러 가지 광상도 함께 생성된다. 그림 99와 같이 백금이나 니켈은 고온의 마그마가 냉각되는 초기 단계에서 밀도가 큰 광물이 액체 상태의 마그마 아래로 가라앉을 때 모여서 광상이 생성된다. 남아 있는 마그마는 주변 암석의 틈을 따라 흘러들어 굳어지며, 이 과정에서 광상이 생성되기도 한다. 한편, 마그마 속에 남아 있던 휘발 성분이나 우라늄과 같은 무거운 원소들이 마그마와 함께 주변 암석을 뚫고 들어가면서 석영, 장석, 운모 등의 광물과 함께 광상을 이루기도 한다.

퇴적암이 만들어지는 과정에서 암석 속의 광물 자원이 퇴적층에 모여 광상이 형성되기도 하는데, 사금이 대표적인 예이다. 또 화강암을 이루는 장석이 풍화되면 온대 지방에서는 고령토가 생성되고, 기온이 높고 습한 지역에서는 고령토를 거쳐 알루미늄 광물인 보크사이트가 된다.

한편, 물속에 녹아 있던 성분이 침전되어 광상이 형성되기도 한다. 바닷물 속에 녹아 있던 탄산칼슘이 침전되면 석회암 광상이 만들어지고, 건조한 지역에서 바닷물이 증발하면 바닷물 속에 녹아 있던 염류가 침전되어 암염 광상이 만들어진다.

▼ 그림 99 _ 대표적인 광상의 생성 위치



연결 학습

석탄과 석유의 생성 → 410쪽

스트로마톨라이트 → 110쪽

암석이 변성 작용을 받을 때 광상이 생성되기도 한다. 연필심이나 절연재로 쓰이는 흑연은 퇴적물이 변성 작용을 받는 동안 탄소 성분이 모여 만들어지고, 대리암은 석회암이 변성 작용을 받아 만들어진다. 한편, 석탄과 석유처럼 생물의 사체가 지각 내부에서 변하여 생성된 광상도 있고, 철광석 중에는 지질 시대에 살았던 생물이 바닷물에 녹아 있던 철 성분을 산화철로 바꾸어 침전시켜 생성된 광상도 있다.

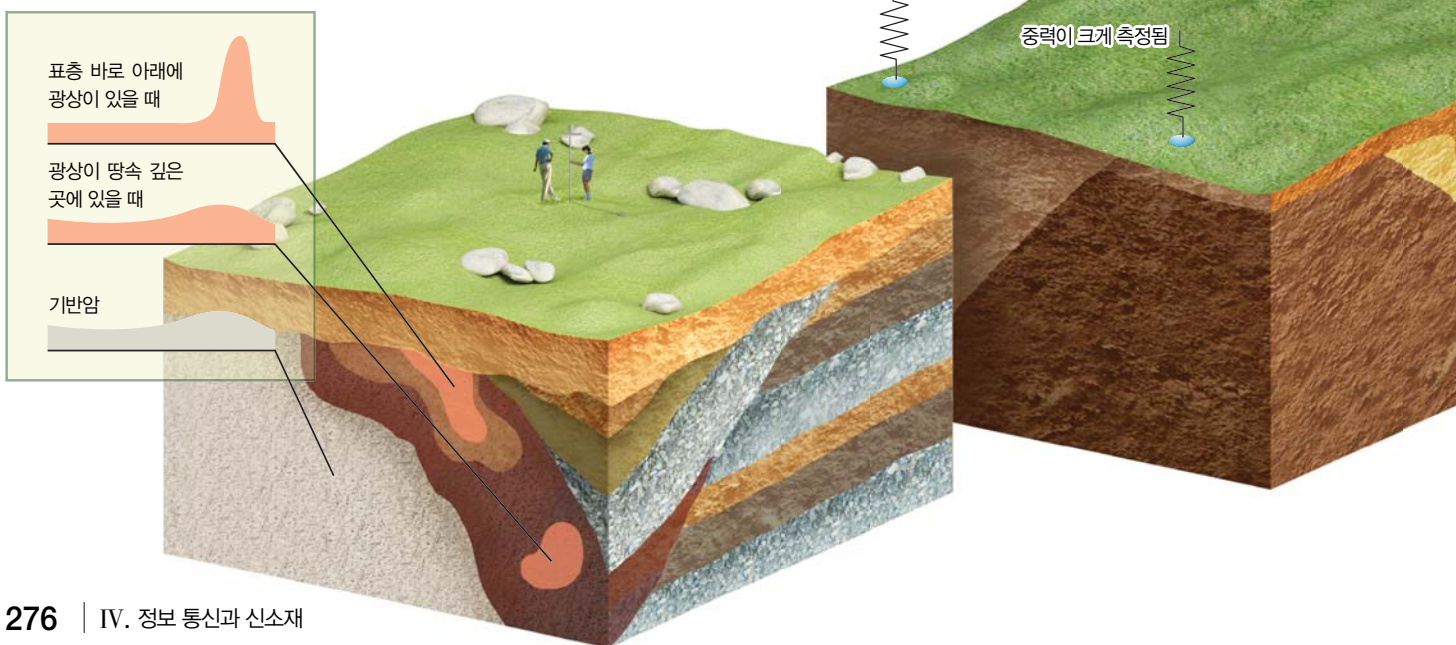
광물 자원의 탐사

지하 깊은 곳에 광상이 있는지, 또 그 규모가 어느 정도인지 알아보려면 땅을 파서 직접 조사해 보는 것이 가장 좋은 방법이다. 그러나 이 방법은 비용이 많이 들며, 무엇보다 숲과 생태계를 파괴하고 물과 토양을 오염시키는 경우가 많다. 따라서 땅을 파지 않고도 광상의 존재와 규모, 광물의 종류 등을 알아보기 위하여 과학자들은 여러 가지 방법을 이용한다.

지질학자들은 해당 지역에 분포하는 암석의 종류를 조사한다. 그들은 특정한 광물 자원이 어떤 종류의 암석과 관계 있는지 알고 있으므로, 광물 자원을 찾기 위하여 이 광물 자원과 관련된 특정한 암석을 찾는다. 그리고 습곡이나 단층과 같은 지질 구조, 암석의 색과 암석에 나타난 균열, 주변과 구별되는 지층 등을 조사하여 지도에 표시한다. 이 과정으로 완성된 지도를 **지질도**라고 하며, 지질학자들은 지질도를 이용하여 땅속 광물 자원의 분포와 암석의 종류, 지층의 구조 등을 이해한다.

중력 탐사: 중력계를 이용하면 지하에 있는 암석의 밀도 차이를 알아낼 수 있다. 지하에 밀도가 높은 암석이 있으면 이 지역은 다른 지역보다 중력이 크게 측정된다. 반대로 석유나 암염 광상이 있는 지역은 다른 지역보다 중력이 작게 측정된다.

자력 탐사: 철광석과 같은 광물은 그 지역의 지구 자기장을 변화시킨다. 지구 자기장의 변화량을 측정하는 자력계를 이용하여 특정한 지역의 자기장을 측정한 후, 지구 자기장에 의한 수치를 지우면 이 지역의 지하에 철광석이 있는지 알 수 있다.



암석과 광물의 화학적 특성을 분석하는 지구 화학자는 지표의 토양 표본과 시추를 통하여 얻은 암석 표본을 분석하여 암석을 이루는 원소를 알아낸다. 그리고 인근 지역의 물과 동식물을 조사하기도 하는데, 광상의 광물을 이루는 원소가 식물의 뿌리로 흡수되거나 물에 녹을 수도 있기 때문이다. 이러한 결과들을 이용하면 지하에 광상이 존재하는지 판단할 수 있다.

지구 물리학자는 지구 내부의 성질, 지표의 암석과 광물의 성질 등을 알아내는 여러 가지 방법을 연구한다. 땅속에 있는 광물 자원을 탐사할 때는 지진파를 조사하는 방법이 많이 이용되는데, 이때 폭약을 이용하거나 무거운 물체를 지면에 낙하시켜 인공 지진파를 만든다. 이 진동이 지하로 전파되었다가 성질이 서로 다른 암석의 경계에서 반사되어 돌아오는 데 걸리는 시간을 측정하여 광물 자원이 매장된 위치를 알아낼 수 있다. 또한, 지진파의 굴절을 조사하여 광상의 규모와 땅속의 구조도 비교적 정확하게 알 수 있다.

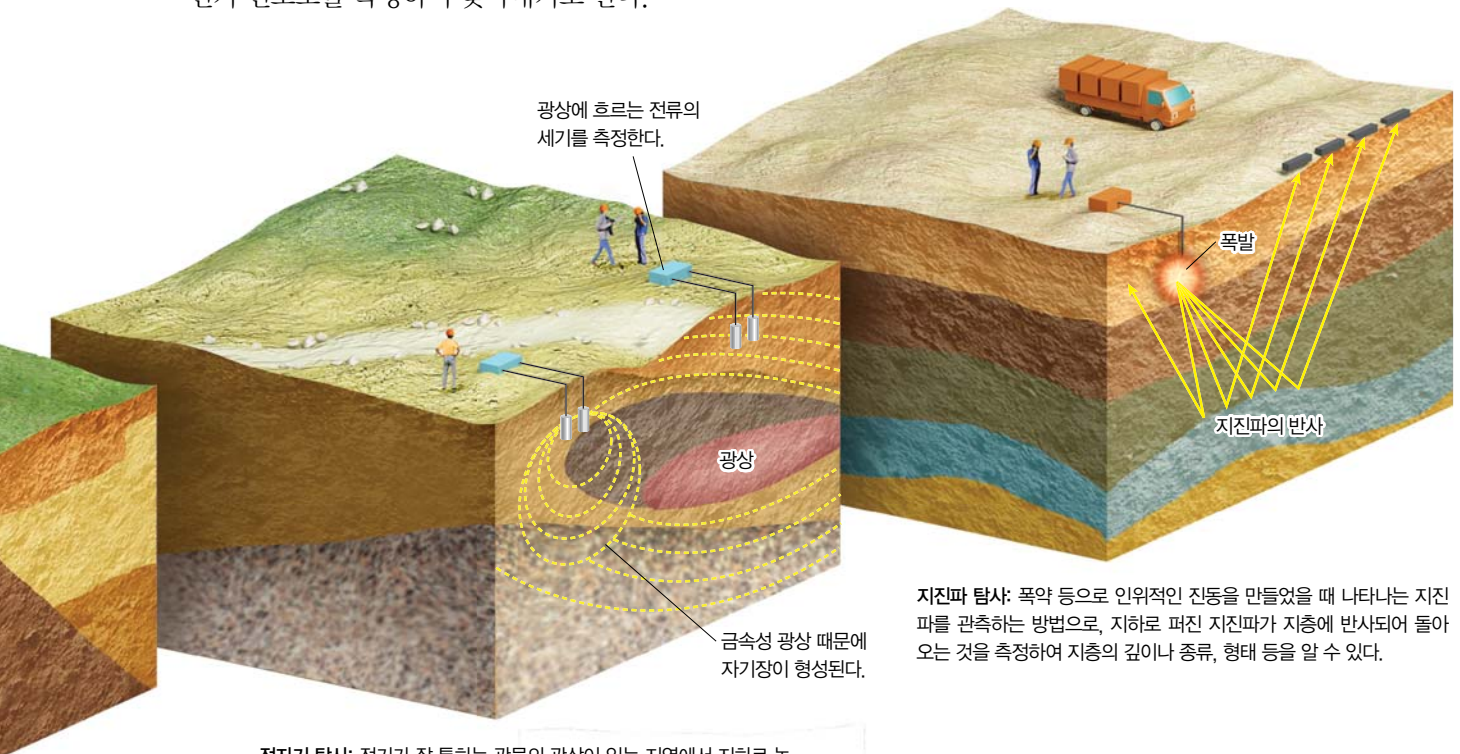
한편, 땅속에 밀도가 큰 암석이 있는 곳은 주변의 밀도가 작은 암석이 있는 곳보다 중력이 크게 측정되므로, 금속 광물을 포함하는 광상이 있는 지역은 다른 지역보다 중력이 더 크게 측정된다. 또 철을 많이 포함한 광물은 자력계라는 장치로 각 지역의 자기장 변화를 측정하여 찾아내기도 하며, 금속 광물이 많이 포함된 광물은 암석의 전기 전도도를 측정하여 찾아내기도 한다.

광상 주변의 화학적 분석

매장량이 많은 광상 주변의 암석에 소량의 다른 광물 자원이 포함되어 나타나기도 한다. 예를 들어, 금광상은 구리나 은 광상 주변에서 발견되는 경우가 많다.

전기 전도도를 이용한 광물 탐사

암석 속에 스며든 물에 전류가 얼마나 잘 흐르는지 알아보는 방법으로, 어떤 암석의 전기 전도도가 매우 높다면 많은 양의 물이 스며들었거나 많은 양의 금속 광물을 포함하고 있다는 의미이다.



전자기 탐사: 전기가 잘 통하는 광물의 광상이 있는 지역에서 지하로 높은 전압의 전류를 흘려보내면 광상을 통해 전류가 흐른다. 그리고 지표면의 다른 지점에 있는 전류계가 광상을 통해 흐른 전류를 감지한다.

지진파 탐사: 폭발 등으로 인위적인 진동을 만들었을 때 나타나는 지진파를 관측하는 방법으로, 지하로 퍼진 지진파가 지층에 반사되어 돌아오는 것을 측정하여 지층의 깊이나 종류, 형태 등을 알 수 있다.

▲ 그림 100 _ 광물 자원의 여러 가지 탐사 방법

생활 속의 과학 | 우리 주변 곳곳에서 쓰이는 알루미늄



알루미늄은 지각을 이루는 금속 원소 중 가장 많은 양을 차지한다. 그러나 알루미늄은 산소와 쉽게 반응하므로 순수한 알루미늄은 자연 상태에서 발견되지 않으며, 대부분 산소와 결합한 산화물의 형태로 산출된다.

광석으로부터 순수한 알루미늄을 얻기가 쉽지 않았기 때문에 알루미늄은 한때 희귀하고 값비싼 금속이었다. 19세기 프랑스의 나폴레옹 3세는 자신과 귀한 손님은 알루미늄으로 만든 식기를 사용하고, 일반 손님은 은이나 금으로 만든 식기를 사용하도록 했다는 이야기도 전해진다.

알루미늄은 강철과 비교할 때 질량은 $\frac{1}{3}$ 정도지만 강하기는 강철 못지않으므로 우리 생활에서 강철 다음으로 많이 쓰이는 금속이다. 비행기, 차량, 우주선, 통신 장비는 물론, 큰 힘을 받기 때문에 내구성이 높은 재료로 만들어야 하는 자동차의 엔진, 철도, 교량, 건축 자재에도 알루미늄이 이용된다.

최근에는 MP3 재생기나 휴대 전화, 노트북 컴퓨터의 케이스도 알루미늄으로 만들며, 주택과 학교의 창틀, 주방 기구 등 물과 가까운 곳에서 이용하는 제품도 알루미늄으로 만들어진다. 이러한 물건들은 녹이 잘 슬지 않고 다양한 색깔을 띠는데, 이는 알루미늄 표면에 인위적으로 두께를 조절한 알루미늄이나 산화알루미늄 층 때문이다. 알루미늄 표면에 알루미나 층을 만들어 주면 부식과 마모를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 색을 입히기 쉽다. 또 염료를 사용하지 않고도 알루미나 층의 두께를 조절하여 다양한 색을 만들어낼 수 있다.

알루미늄은 보크사이트를 빙정석이라는 광물과 함께 녹인 용액을 전기 분해하여 얻을 수 있으며, 이 과정에서 막대한 양의 전기가 이용된다. 그러나 한번 알루미늄이 제련되면 그것을 녹이는 데에는 그리 큰 에너지가 소모되지 않는다. 알루미늄을 재활용할 때 필요한 에너지는 보크사이트에서 알루미늄을 분해할 때 필요한 에너지의 5% 정도이다. 그러므로 반드시 재활용해야 하는 금속이기도 하다.



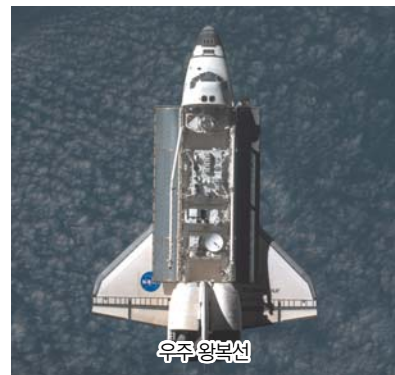
기차의 차체



자동차의 엔진



알루미늄 창틀



우주 왕복선



▲ 그림 101 _ 알루미늄의 이용

광물 자원의 고갈

과학자들은 미래에 우리 삶의 질을 좌우할 중요한 요소 중 하나로 자원의 고갈을 이야기한다. 지속적으로 공급되는 태양 에너지나 풍력 에너지, 조력 에너지와는 달리, 석탄이나 석유와 같은 에너지 자원처럼 금속을 비롯한 유용한 광물 자원은 지구에 존재하는 양이 한정되어 있다. 따라서 광물 자원을 채굴하여 사용할수록 그 양은 감소하며, 결국에는 완전히 고갈될 것이다. 이러한 광물 자원들이 고갈되면 우리의 생활은 어떻게 달라질까? 다음 활동을 통하여 함께 이야기해 보자.

창의
인성

활동 12

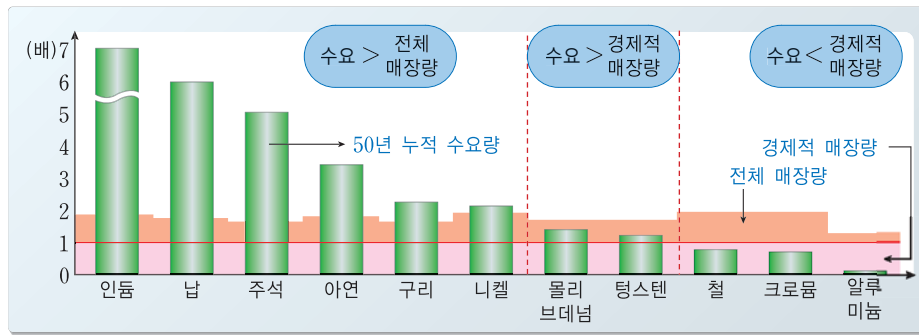
광물 자원을 절약해야 하는 까닭은 무엇일까?

목표 광물 자원의 유한함과 소중함을 이해한다.

조사, 토론

과정

그림 102는 현재의 광물 자원 수요 변화율을 적용하여 50년 후의 전 세계 광물 자원 수요를 나타낸 것이다.



▲ 그림 102 _ 주요 광물 자원의 수요량과 매장량(일본 물질 재료 연구 기구, 2007년)

정리

1. 광물 자원이 고갈되는 시기는 매장된 광물이 완전히 채굴되는 시기가 아니라 매장량의 약 80%가 채굴되는 시기로 정한다. 그림 102를 참고로 할 때, 50년 후 고갈될 것으로 추정되는 광물 자원은 무엇인지 이야기해 보자.
2. 광물 자원이 생성되는 과정을 고려했을 때 광물 자원이 생성되는 데 걸리는 시간을 추정해 보고, 광물 자원이 고갈되는 데 걸리는 시간과 비교해 보자.
3. 석탄이나 석유와 같은 에너지 자원과 비교하였을 때 광물 자원이 고갈되는 시기가 정해지는 데에는 어떤 변수가 작용할 수 있는지 생각해 보자.
4. 광물 자원이 고갈되면 자원 확보를 위해 어떤 사회적 변화가 나타날지 토론해 보자.
5. **창의·인성** 광물 자원의 고갈에 대한 대책에는 어떤 것들이 있는지 토론해 보자.

공익 광물 자원이 생성되는 시간은 매우 길지만 인간은 이러한 자원들을 짧은 시간에 써버렸음을 인식하고, 광물 자원의 소중함을 생각하도록 한다.

인구가 증가하고 산업과 기술이 발달하여 생활 수준이 향상됨에 따라 광물 자원에 대한 수요는 급격히 증가하고 있으며, 세계 여러 나라는 광물 자원을 확보하기 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 또 지구에 매우 희귀하게 존재하는 광물 자원들이 최첨단 소재에 이용되기 시작하면서 광물 자원의 가치는 그 어느 때보다 높아지고 있다.

그러나 지구가 가진 자원은 유한하다. 따라서 우리에게 반드시 필요한 광물 자원을 되도록 오랫동안 이용하려면 자원을 효율적으로 활용하고, 새로운 자원 이용 기술을 개발하거나 사용된 자원을 재활용하는 등의 적극적인 노력이 필요하다.

과학·기술·사회(STS) | 도시 광산

가전제품을 만들 때 광물 자원은 필수적으로 이용되므로 폐가전제품을 버리게 되면 그 속에 포함된 수많은 광물도 함께 버려진다. 게다가 이 광물 중에는 물이나 토양에 스며들어 환경을 오염시키고, 결국 인간에게 중금속 중독과 같이 나쁜 영향을 미치는 것도 있다.

같은 광물 자원이라도 석유나 석탄은 사용하면 없어지지만, 금속은 사용한 뒤에도 폐기물 속에 그대로 남아 있다. 도시 광산이란 휴대 전화, 컴퓨터, 자동차 등에 포함된 금속 물질들을 추출하여 재활용하는 것을 말한다. 금광석 1톤에서 약 5g의 금을 얻을 수 있는 데 비하여, 버려진 휴대 전화 1톤에서는 금 400g, 은 3kg, 구리 100kg을 얻을 수 있다.

특히 휴대 전화에는 팔라듐이나 코발트 등 희귀한 금속들이 16가지 이상 포함되어 있는데, 이러한 금속들은 소량으로 소재의 기능을 다양하게 만드는 핵심 물질로 널리 사용된다. 자원이 부족한 우리나라에서 폐가전제품을 재활용할 수 있다면 광물 자원을 얻기 위해 산, 들, 바다를 파헤칠 필요도 없을 것이다.

이처럼 폐가전제품의 재활용은 장점이 많고, 최근에는 실제로 어느 정도 성과를 거두고 있다. 그러나 아직은 재활용 비율이 낮고, 재활용되는 금속 자원보다 부가적으로 처리해야 하는 폐기물의 양이 상대적으로 많은 등의 문제가 남아 있다. 그러나 환경오염과 자원의 낭비를 줄이고 소중한 자원을 확보할 수 있다는 점에서 도시 광산 개발은 경제적인 관점만으로는 따질 수 없는 중요한 활동이라고 할 수 있다.



▲ 그림 103_ 버려진 휴대 전화

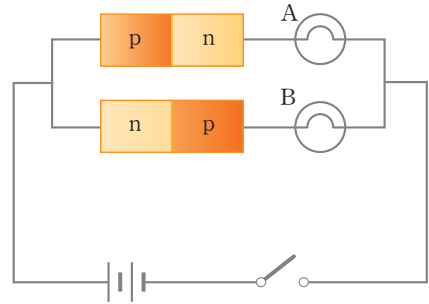
❓ **창의적 사고:** 도시 광산과 관련된 산업을 조사해 보고, 이러한 사업들을 지금보다 활성화시킬 방안을 서로 이야기해 보자.

확인하기

- 이해** 1. 지각의 금속 원소 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 무엇이며, 이 금속은 주로 어디에 이용되는지 써 보자.
2. 지하에 있는 광산의 규모를 알아내려면 어떤 방법의 탐사가 유용할지 설명해 보자.
- 인성** 3. 자원 고갈에 대한 대책에는 어떤 것들이 있는지 조사하여 발표해 보자.
- 창의** 4. 신문이나 잡지 대신 인터넷을 이용하는 것처럼, 기술의 발전은 자원의 이용에 어떤 변화를 가져올지 생각해 보자.

반도체

1. 그림과 같이 pn 접합 다이오드 두 개를 전구 A, B와 연결하여 회로를 구성하였다. 스위치를 닫았을 때 불이 켜지는 전구는 어떤 것인가?



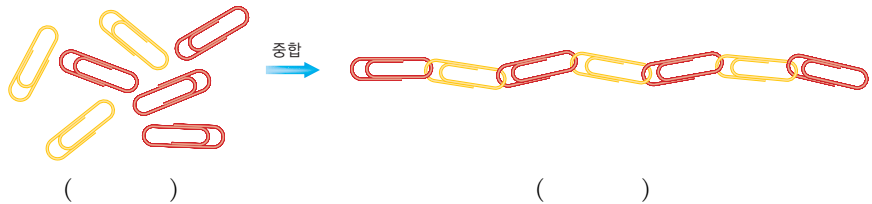
천연 고분자

2. 다음 <보기> 중 천연 고분자에 해당하는 것을 모두 골라 써 보자.

● 보기 ●
 가. 녹말 나. 플라스틱 다. 단백질 라. 나일론 마. DNA

중합 반응

3. 그림은 고분자의 형성 과정을 나타낸 것이다. 빈칸에 알맞은 말을 써 보자.



광물 자원의 탐사

4. 다음은 여러 가지 자원 탐사 방법 중의 하나를 설명한 것이다. 어떤 탐사 방법에 해당하는 것인지 써보자.

자연에서 산출되는 암석 및 토양 등을 채취하여 광상과 관련된 특별한 원소가 포함되어 있는지 조사하는 방법이다. 이 방법은 정밀 탐사 대상 지역이나 채굴 위치를 선정하는 것을 목표로 한다.

더욱 작고 더욱 빠르게, 정보 통신 기술을 선도하는 과학자



▲ 그림 104 _ 노트북 컴퓨터와 휴대 전화

통신의 발달은 아무리 먼 곳이라도 이웃처럼 가깝게 만들었다. 정보를 전파할 수 있는 기술이 부족하던 시대에는 지식을 많이 가진 자가 경쟁에 유리했다. 그러나 통신 수단이 발달한 오늘날에는 지식의 양보다 필요한 정보가 어디에 있는지 신속히 알아내고 활용하는 기술이 더 중요하게 되었다. 엄청난 양의 정보를 만들고 처리할 수 있는 컴퓨터 기술의 발달과 전 세계의 컴퓨터를 하나의 그물로 연결한 네트워크 기술은 엄청난 속도로 정보를 전파시켰으며, 정보 통신의 비약적인 발전을 가져왔다.

정보 통신 기술은 장치를 구성하는 하드웨어와 장치를 운영하는 소프트웨어가 융합된 기술이다. 물리, 화학, 전자공학, 정보 통신, 컴퓨터 공학 등 여러 분야 과학자들의 연구와 노력에 의해 컴퓨터와 통신 장비의 크기는 점점 더 작아지고, 처리할 수 있는 정보의 양과 성능은 더욱 향상되고 있다.

물리나 화학 등 기초 과학을 연구하는 과학자들은 기존의 소재보다 성

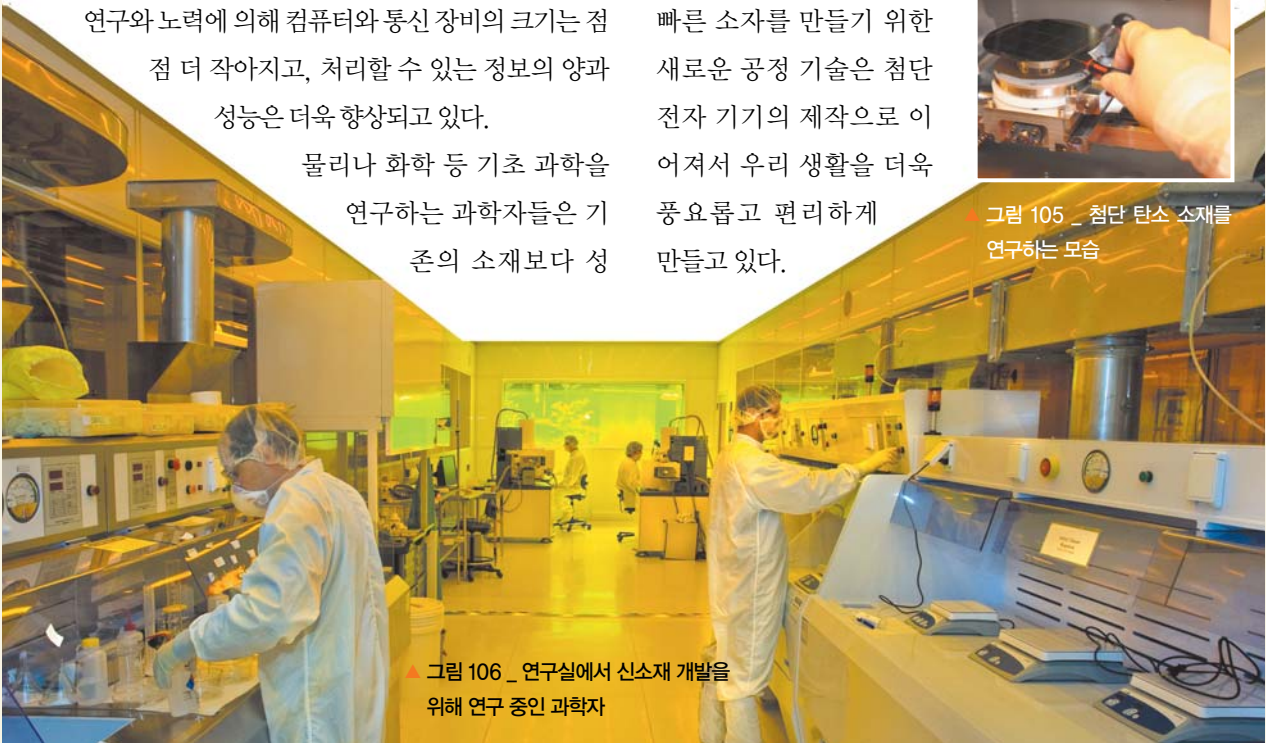
능이 더욱 향상된 신소재를 개발한다. 이러한 신소재를 이용하여 전자 공학자들은 컴퓨터와 정보 통신망에 사용할 작으면서 뛰어난 성능의 전자 소자를 개발하고, 능력이 향상된 컴퓨터와 통신 장비를 만든다. 그리고 정보 통신 및 컴퓨터 공학자들은 컴퓨터를 쉽고 편리하게 운용할 수 있는 각종 운영 체제나 프로그램 등을 개발하고, 정보 통신망을 구축한다. 이러한 정보 통신 기술을 우리는 편리하게 이용하고 있다.

컴퓨터와 정보 통신 기술은 스마트폰이나 전자 책 등과 같은 첨단 기기 제작에도 응용되고 있다. 손바닥보다 작은 스마트폰을 이용하여 언제 어디서나 편리하게 영상과 음성 통화, 음악과 영화 감상, 사진 촬영, 독서, 문서 작성, 메일 확인, 현금 결제 등이 가능한 정보 통신 사회로 점점 변하고 있다.

이와 같이 과학자들이 개발하고 있는 새로운 성질을 가진 신소재와 더 작고 더 빠른 소자를 만들기 위한 새로운 공정 기술은 첨단 전자 기기의 제작으로 이어져서 우리 생활을 더욱 풍요롭고 편리하게 만들고 있다.



▲ 그림 105 _ 첨단 탄소 소재를 연구하는 모습



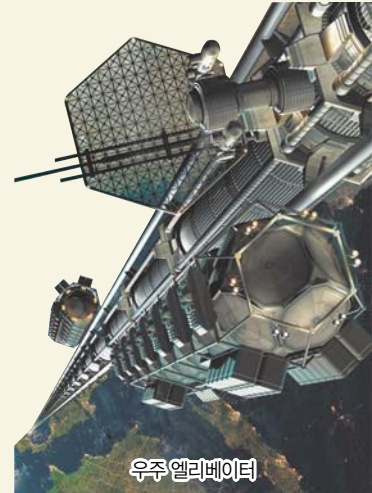
▲ 그림 106 _ 연구실에서 신소재 개발을 위해 연구 중인 과학자

우주 엘리베이터에 사용되는 탄소 나노 튜브

다음 제시된 자료를 읽고, 물음에 답하라.

〈자료 1〉

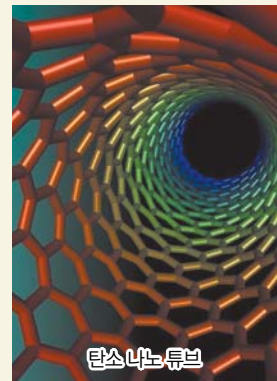
영희: 최근 호주에서 우주 엘리베이터 플랫폼을 유치하기 위해 앞장서고 있대.
 철수: 우주 엘리베이터가 뭐지. 우주까지 갈 수 있는 엘리베이터를 말하는 거야?
 영희: 그래. 지구에서 우주 정거장까지 케이블을 연결해 엘리베이터를 만들려는 연구가 미국과 일본에서 진행되고 있어.
 철수: 와, 신기하다. 엘리베이터를 타고 우주로 간단 말이지? 로켓을 타고 가는 것보다 훨씬 안전하고 경제적이겠다. 그런데 어떤 소재로 엘리베이터를 만드는 거지? 일반적인 엘리베이터와는 성질이 다른 소재를 이용해야 할 것 같은데…….
 영희: 맞아. 탄소 나노 튜브라는 신소재가 케이블로 이용되고, 지상에서 쏘아 주는 레이저 빔을 동력으로 이용할 거라고 해.
 철수: 우와, 우주 엘리베이터를 타고 우주 정거장에 가게 되는 그 날이 기다려진다.



우주 엘리베이터

〈자료 2〉

탄소 나노 튜브는 최근에 새롭게 떠오르고 있는 신소재이다. 탄소 6개로 이루어진 육각형들이 서로 연결되어 관 모양을 이루고 있는데, 관의 지름이 수십 나노미터에 불과해 탄소 나노 튜브 2억 개를 한 다발로 묶어야 겨우 머리카락 1개 굵기가 될 정도이다. 1991년 일본의 이치마 박사가 우연히 발견한 탄소 나노 튜브는 전기 전도도가 구리와 비슷하고, 열전도율은 자연계에서 가장 뛰어난 다이아몬드와 같으며, 강도는 철강보다 100배나 뛰어나다. 탄소 함유는 1%만 변형시켜도 끊어지는 반면 탄소 나노 튜브는 15%가 변형되어도 견딜 수 있다.



탄소 나노 튜브

1 우주 엘리베이터의 케이블로 탄소 나노 튜브가 사용되는 이유를 자료 2와 관련지어 서술해 보자.

2 자료 1, 2를 근거로 우주 엘리베이터 이외에 탄소 나노 튜브가 어느 분야에 이용될 수 있을지 서술해 보자.

탐구형 문제

1. 그림 (가)와 (나)에서 발생하는 신호의 종류는 무엇이고, 그 신호를 어떻게 이용하고 있는지 써 보자.



(가) 몸속을 진단하는 모습



(나) 손을 말리고 있는 모습

사고력 향상 문제

2. 전자기 센서는 상점의 출입구에 있는 도난 방지 장치 이외에 금속 탐지기에도 이용된다. 공항에서 승객이 지닌 금속 물건을 알아내거나 자동판매기에 투입된 동전을 검사하는 데에 이용되는 금속 탐지기의 원리에 대해 설명해 보자.

탐구형 문제

3. 정보 저장 매체인 DVD의 저장 용량이 CD의 저장 용량보다 큰 이유가 무엇인지 설명해 보자.

창의력 문제

4. 디지털카메라로 사진을 찍는 원리를 다음 용어가 모두 포함되게 서술해 보자.

빛 신호, 전기 신호, 아날로그, 디지털, 렌즈, CCD, 메모리 카드, LCD

수행 평가 문제

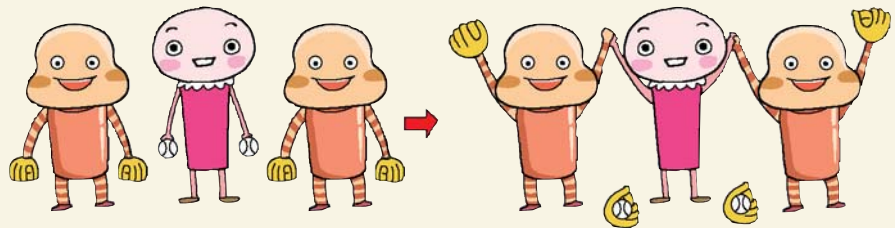
5. 대표적인 순수 반도체는 어떤 물질이 있으며, 순수 반도체보다 불순물을 첨가해 만든 불순물 반도체가 더 많이 사용되는 이유가 무엇인지 설명해 보자.

사고력 향상 문제

6. 고분자에 나노 물질을 첨가하여 고분자의 특성을 강화한 첨단 나노 복합 재료의 장점을 써 보자.

수행 평가 문제

7. 그림은 고분자를 생성하는 과정을 나타낸 것이다. 단위체가 중합체가 되는 과정을 간단히 설명해 보자.



창의력 문제

8. 미국, 중국, 러시아와 같이 자원이 풍부한 나라도 외국으로부터 자원을 수입하여 사용하는데 그 까닭은 무엇인지 이야기해 보고, 자원을 수입에 의존하였을 때 어떠한 문제가 발생할 수 있을지 생각해 보자.

사고력 향상 문제

9. 철이나 알루미늄, 금이나 은과 같은 금속은 모두 도체이지만, 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 전선은 대부분 구리로 만든다. 전선을 만들 때 다른 금속 광물보다 구리가 주로 사용되는 까닭은 무엇인지 구리의 성질과 관련지어 설명해 보자.



수행 평가 문제

10. 암석 속에서 흔히 볼 수 있는 석영이나 장석이 금 광산에서 채굴된 금광석 내에 포함되어 있을 때 금을 제외한 석영과 장석은 경제적인 가치가 떨어진다. 이때 금과 같이 유용한 광물은 광석이라고 하지만, 석영이나 장석처럼 경제적 가치가 떨어지는 광물은 맥석이라고 한다. 그러나 맥석도 때로는 귀중한 자원으로 이용되는데, 석영이나 장석이 자원으로 이용되는 경우를 찾아보자.