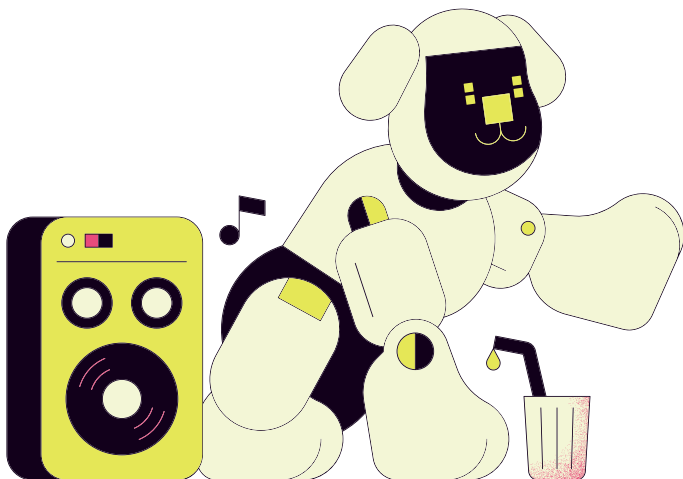


고등학교

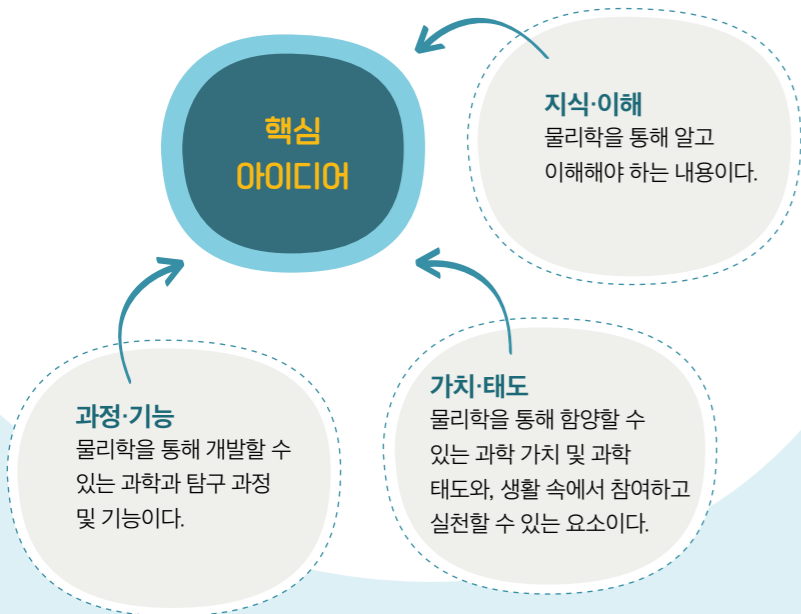
# 물리학

권경필  
강태욱  
이세연  
박가영  
조현국  
김태은





**물리학 교과서**를 통해 다양한 활동과 탐구를 중심으로 한 학습을 하면서 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도의 세 차원을 상호 보완적으로 함양함으로써 영역별 핵심 아이디어에 도달할 수 있다.



물리학은 자연 현상을 대상으로 그 안에 숨겨진 규칙과 원리를 탐구하여 기본 법칙과 개념을 구축함으로써 자연에 대한 이해를 추구하는 학문이다. 지난 세기 동안 인류의 물리학적 탐구는 공학과 기술의 발전 및 현대 문명의 탄생을 이끌었다.

오늘날 과학기술의 발전 속도는 지난 세기에 이루어진 과학기술의 발전 속도를 뛰어넘는다. 이에 따라 사회가 급변하면서 새로운 도전을 맞이하고 있다. 역학의 원리를 바탕으로 한 우주 탐사의 가능성을 열었으며, 전자기학을 기반으로 한 정보 통신 기술은 인터넷과 스마트 기기를 통해 전 세계를 하나로 연결하고 있다. 더불어 인공지능, 사물 인터넷, 가상 현실 등의 새로운 기술은 우리의 삶을 지속적으로 바꾸고 있다.

이처럼 급속히 발전하는 과학기술 시대를 살아가기 위해서는 물리학을 잘 이해하고 물리 현상과 관련한 일상의 문제를 다양한 탐구 방법을 통해 해결할 수 있는 능력을 길러야 한다. 이 교과서는 2022 개정 교육과정에 맞춰 개발했으며, 물리학의 핵심 개념을 바탕으로 생활 속 다양한 문제를 인식하고, 문제 해결을 위해 과학적으로 탐구하는 방법을 배울 수 있도록 구성했다.

이 교과서는 힘과 에너지, 전기와 자기, 빛과 물질 세 영역으로 구성했다. 힘과 에너지 영역에서는 물체의 운동 상태 변화를 힘과 에너지의 관점으로 이해할 수 있게 했다. 전기와 자기 영역에서는 전기장과 전기 에너지, 전기와 자기의 상호작용에 대해 학습하며, 무선 충전 원리를 구현해 볼 수 있게 했다. 빛과 물질 영역에서는 빛과 물질의 이중성과 원자의 에너지 준위를 바탕으로 한 반도체 소자의 원리를 소개했다.

이 교과서를 통해 학생들은 물리학의 개념과 법칙, 탐구 방법을 학습하며, 첨단 과학기술의 발전에 물리학이 어떻게 기여하는지 알게 될 것이다. 또 과학기술 관련 분야로의 진출에 필요한 기초 역량을 갖추 수 있을 것으로 기대한다.

# 이 책의 구성과 특징



교과서 속 모든 QR 코드와 연결된 영상, 모의실험 등을 모아 볼 수 있다.

## 단원 도입

### 힘과 에너지



#### 1 힘과 운동

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

주도적 학습의 시작은 계획을 세우는 것이지.

- **단원 연계:** 중학교 과학, 통합과학, 진로 선택 과목과의 연계를 확인할 수 있다.
- **성취 기준 확인:** 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도별 성취 기준을 확인할 수 있다.
- **스스로 계획:** 알고 있는 내용을 진단하고 단원 학습을 스스로 계획할 수 있다.

친절한 설명과 안내, 풍부한 시각 자료와 함께 본문을 학습해보자.

## 본문 학습

### 평형과 구조물의 안정성

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

- **도입:** 삽화나 사진 자료와 함께 학습을 흥미롭게 시작할 수 있다.
- **본문 개념:** 물리학 개념을 쉽게 이해할 수 있다.

#### 1. 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

- **탐구/해 보기:** 디지털 학습 도구를 비롯한 다양한 도구를 활용해 활동할 수 있다.
- **스스로 확인:** 간단한 문제를 풀면서 각 차시에서 배운 내용을 확인할 수 있다.
- **스스로 정리:** 소단원 학습 내용을 정리하는 창의적 활동을 할 수 있다.

## 단원 마무리

- **중단원 마무리:** 중단원 내용을 정리한 뒤 문제로 평가하고, 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도별로 점검할 수 있다.
- **대단원 마무리:** 생각 그물로 대단원 내용을 정리하고 문제로 실력을 확인한 뒤, 역량을 키우는 문제와 창의·융합 문제로 마무리할 수 있다.

#### 중단원 마무리

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

마무리까지 주도적으로!

본문에서 배운 내용을 코딩에 적용해 마이크로 프로세서로 작동하는 장치를 만드는 프로젝트를 수행할 수 있다. 또 과학과 관련된 사회적 쟁점을 주제로 토론하는 프로젝트도 수행할 수 있다.

## 프로젝트

#### 코딩을 통해 물리 개념을 익히기

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

단원 속 개념을 코딩에 녹여 넣어 보자.

## 읽기 자료

#### 친환경 에너지의 미래

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

본 단원에서는 힘의 작용에 따른 물체의 운동 변화와 에너지의 전달, 그리고 이들 사이의 관계를 알아보고, 이를 바탕으로 일상생활에서 접하게 되는 다양한 현상을 설명할 수 있다.

재미있는 과학 이야기와 직업 소개까지!

본문에서 배운 내용이 첨단 과학, 과학기술, 공학 등에 적용된 사례와 단원 관련 직업을 확인할 수 있다.

- **용어** 본문 개념 속 어려운 용어의 뜻풀이
- **생활** 생활 속에서 찾을 수 있는 관련 과학 개념
- **연계** 중학교 과학, 통합과학, 진로 선택 과목과 연결된 개념 안내
- **과학자** 개념과 관련해 중요한 업적을 남긴 과학자 소개
- **잠깐 활동** 본문 학습 중간에 개념을 적용하거나 조금 더 자세히 들여다볼 수 있는 짧은 활동

# 이 책의 차례



## I 힘과 에너지

### 1 힘과 운동

01. 평형과 구조물의 안정성	14
02. 가속도 법칙과 등가속도 운동	20
03. 작용 반작용과 운동량 보존	32
첨단 과학 이야기 뉴턴 운동 법칙	40
중단원 마무리	42

### 2 에너지와 열

01. 일과 에너지	48
02. 역학적 에너지와 열	54
03. 에너지 효율	58
공학 이야기 히트 파이프	62
과학과 나의 미래 신재생 에너지 전문가	63
중단원 마무리	64
프로젝트 걸음 수를 세는 장치 만들기	68
대단원 마무리	70

## II 전기와 자기

### 1 전기장과 전기 에너지

01. 전기장과 전위차	78
02. 소비 전력과 전기 안전	82
03. 축전기	90
첨단 과학 이야기 핵융합 발전	96
과학과 나의 미래 조명 기사	97
중단원 마무리	98

### 2 전기와 자기의 상호작용

01. 자성체의 종류와 활용	104
02. 전류에 의한 자기장과 에너지 전환	110
03. 전자기 유도와 에너지 전달	118
공학 이야기 햅틱 기술	125
중단원 마무리	126
프로젝트 전기와 자기의 상호작용을 적용한 놀이 체험 활동 고안하기	130
대단원 마무리	132



## III 빛과 물질



### 1 빛과 물질의 이중성

01. 빛의 파동성	140
02. 빛의 굴절과 광학 기술	148
03. 빛과 물질의 이중성	156
첨단 과학 이야기 메타 물질	166
과학과 나의 미래 생체 인식 전문가	167
중단원 마무리	168

### 2 물질과 시공간의 세계

01. 원자와 스펙트럼	174
02. 에너지띠와 반도체	180
03. 시간과 공간의 상대성	186
과학기술 이야기 3세대 태양 전지	194
과학사 이야기 쌍둥이 역설	195
중단원 마무리	196
프로젝트 학습을 도와주는 반도체 이식, 허용해야 할까	200
대단원 마무리	202

## 부록

자료실	207
정답과 해설	212
찾아보기	225
자료 출처	227
URL 목록	228



# 실험실 안전 수칙

## 실험하기 전

실험복, 실험용 장갑과 같은 안전 장비를 착용하고, 긴 머리는 단정하게 묶는다.

실험 기구의 사용 방법을 미리 알아 둔다.

소화기와 출입문 위치를 숙지하고, 소화기 사용법을 알아 둔다.



레이저를 사용할 때 레이저 보안경을 착용하고, 절대로 사람의 눈을 향해 비추지 않으며, 거울 등에 반사하는 빛에 유의한다.

## 실험하는 동안

날카로운 도구를 사용할 때 손을 다치지 않게 주의한다.

전기 기구를 사용할 때 젖은 손으로 다루지 않고, 실험 외에는 반드시 전원을 꺼 둔다.

가열 장치를 사용할 때 내열 장갑을 끼고 화상에 주의한다.

기체가 발생하는 실험을 할 때 환기가 잘 되도록 창문을 열어 둔다.

## 안전 기호

- 위험한 물질로부터 보호하기 위해 실험복을 입는다.
- 열, 레이저 등으로부터 보호하기 위해 보안경을 쓴다.
- 뜨거운 기구나 화학 물질을 다룰 때에는 장갑을 낀다.
- 젖은 손으로 전기 기구를 만지지 않는다.
- 날카로운 물체에 다치지 않게 주의한다.
- 실험 기구가 깨지지 않게 주의한다.
- 가열 장치를 사용할 때에는 화재에 주의한다.
- 실험 폐기물은 선생님의 안내에 따라 처리한다.

시약을 사용할 때 시약병을 함부로 들고 다니지 않고, 시약을 맛보거나 냄새를 직접 맡지 않는다.

실험 후 남은 약품이나 폐기물은 선생님의 지시에 따라 정해진 곳에 버린다.

## 실험한 후

실험에 사용한 기구를 깨끗이 씻어서 제자리에 가져다 둔다.

실험이 모두 끝나면 비누로 손을 씻는다.

## 응급 처치 방법

- **불이 나면** 큰 소리로 알리고 대피한다. 큰불이 나면 화재경보기를 울리고 119에 신고한다.
- **눈에 약품이 닿으면** 즉시 눈을 뜬 채로 얼굴을 흐르는 물에 담그고 충분히 씻는다.
- **유리 기구가 깨지면** 유리 조각을 만지지 말고 선생님께 알려 지시에 따라 처리한다.
- **손을 베이면** 깨끗한 천으로 지혈하고, 피가 멎으면 상처 부위를 씻고 소독한다.
- **화상을 입으면** 흐르는 찬물로 화상 부위의 열기를 식힌 뒤 적절한 치료를 받는다.
- **감전 사고가 나면** 전원을 차단하고, 감전당한 사람을 전기 기구와 떨어뜨린 뒤 119에 신고한다.

# I 힘과 에너지



내가 멀리 볼 수 있었던 것은  
거인의 어깨 위에  
있었기 때문이야.  
뉴턴(Newton, I., 1642~1727)

## 1

### 힘과 운동

물체에 알짜힘이 작용하면 속도가 변하며,  
이러한 관계를 일상생활에 적용해 안전하고  
편리한 삶을 누릴 수 있다는 것을 설명할 수 있다.

## 2

### 에너지와 열

자연계에서 일어나는 모든 현상에서  
에너지는 보존되고 전환되며, 이때 전환되는  
에너지를 효율적으로 활용하는 것은  
현대 기술 문명에서 중요하다는 것을 설명할 수 있다.



'힘과 에너지'라고 하면 무엇이 떠오르는가?  
자유롭게 이야기해 보자.

공유



단원을 학습하면서 공유 플랫폼에 공유한 결과물을 모아 포트폴리오를 만들어 보자.

# 1

## 힘과 운동

- 01 평형과 구조물의 안정성
- 02 가속도 법칙과 등가속도 운동
- 03 작용 반작용과 운동량 보존

물리학은 물질 사이의 상호작용 및 에너지, 시공간에서의 운동 등에 관한 원리나 법칙을 연구하는 학문이다. 물리학은 뉴턴의 저서 『자연 철학의 수학적 원리』를 통해 이론적 기반이 다져졌다. 뉴턴의 이론은 인공위성을 발사체에 실어 우주로 쏘아 올리는 데에도 중요한 역할을 하는 등 현재에도 다양한 분야에 적용된다. 이 단원을 학습하면서 뉴턴의 운동 법칙을 배우고, 물리학이 오늘날 인류 문명의 발달과 인간의 삶에 어떤 영향을 주었는지 생각해 보자.



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

**단원 연계**

- 중학교 과학: 힘의 작용, 운동과 에너지
- 통합과학1: 시스템과 상호작용
- 이 단원의 내용**: 평형과 안정성, 뉴턴 운동 법칙, 등가속도 운동, 운동량 보존
- 역학과 에너지: 시공간과 운동

**성취 기준 확인**

- 지식·이해**: 알짜힘과 알짜 돌림힘이 0일 때 평형을 이루는 것을 알고, 뉴턴 운동 법칙을 바탕으로 하여 등가속도 운동과 운동량 보존을 설명할 수 있다.
- 과정·기능**: 디지털 탐구 도구를 활용해 물체의 등가속도 운동을 분석하고, 운동량 보존을 확인할 수 있다.
- 가치·태도**: 이 단원에서 배우는 과학 원리가 구조물의 안정성, 교통안전, 운동 경기, 발사체 등에 적용되는 것을 통해 과학이 유용하다는 것을 말할 수 있다.

**스스로 계획**

알고 있는 것에 표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 알짜힘	<input type="checkbox"/> 관성 법칙	<input type="checkbox"/> 돌림힘
<input type="checkbox"/> 속도	<input type="checkbox"/> 가속도 법칙	<input type="checkbox"/> 등가속도 운동
<input type="checkbox"/> 작용 반작용 법칙	<input type="checkbox"/> 운동량	<input type="checkbox"/> 운동량 보존

나는  을/를 더 알고 싶다.

# 01

## 평형과 구조물의 안정성

**학습 목표** 물체에 작용하는 알짜힘과 알짜 돌림힘이 0일 때 평형을 이룸을 알고, 구조물의 안정성을 분석할 수 있다.

여러 가지 물체를 매달아 모빌을 만들려고 한다. 한쪽으로 많이 기울지 않는 안정적인 모빌을 만들려면 어떻게 해야 할까?



### 알짜힘과 힘의 평형

한 물체에 여러 힘이 동시에 작용할 때 이 힘들과 같은 효과를 내는 하나의 힘을 **알짜힘**이라고 한다. 그림 I-1의 (가)와 같이 두 힘이 같은 방향으로 작용할 때 알짜힘의 크기는 두 힘의 크기를 더한 값과 같고 알짜힘의 방향은 두 힘의 방향과 같다. 그리고 그림 (나)와 같이 두 힘이 반대 방향으로 작용할 때 알짜힘의 크기는 큰 힘에서 작은 힘을 뺀 값과 같고 알짜힘의 방향은 더 큰 힘의 방향과 같다.

(가) 두 힘  $F_1, F_2$ 가 같은 방향으로 작용하므로 알짜힘  $F$ 의 크기는  $F_1 + F_2$ 이다.

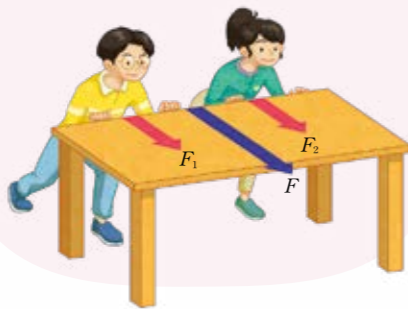
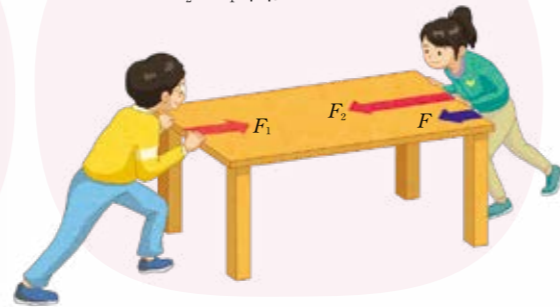


그림 I-1 두 힘이 작용할 때 알짜힘의 크기

(나) 두 힘  $F_1, F_2$ 가 반대 방향으로 작용하므로 알짜힘  $F$ 의 크기는  $F_2 - F_1$ 이다.



만약 그림 I-1의 (나)에서  $F_1$ 과  $F_2$ 의 크기가 같다면 책상에 작용하는 알짜힘은 0이다. 이렇게 물체에 작용하는 알짜힘이 0인 상태를 **힘의 평형**이라고 한다. 힘의 평형일 때 운동하던 물체는 속도가 일정한 운동을 계속하고, 정지해 있던 물체는 계속 정지해 있다. 이를 **관성 법칙** 또는 **뉴턴 제1법칙**이라고 한다.

### 돌림힘

그림 I-2와 같이 두 사람이 정지해 있는 책상에 크기가 같고 방향이 반대인 힘  $F_1, F_2$ 를 다른 직선상에서 작용하고 있다. 이때 책상에 작용하는 알짜힘은 0이지만 책상은 회전한다. 이렇게 회전축에서 일정한 거리만큼 떨어진 지점에 힘을 가해 물체의 회전 운동을 변화시키는 물리량을 **돌림힘**이라고 한다.

그림 I-3과 같이 여닫이문을 밀면 문이 회전축을 중심으로 돌아가는 회전 운동을 한다. 이때 문을 미는 위치가 회전축에 가까울수록 더 큰 힘으로 밀어야 문을 열 수 있다. 즉, 같은 크기의 돌림힘을 작용하려면 **팔 길이**가 짧을수록 미는 힘이 커야 한다.

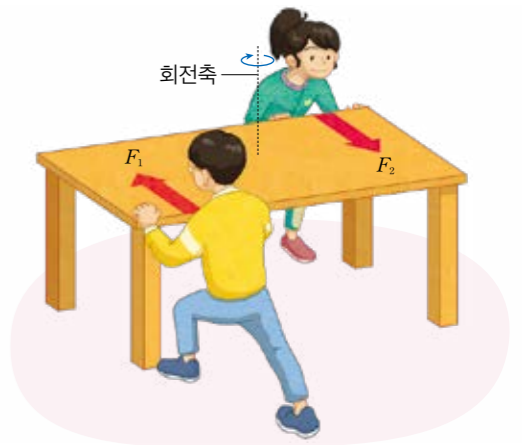


그림 I-2 힘의 평형과 회전 운동

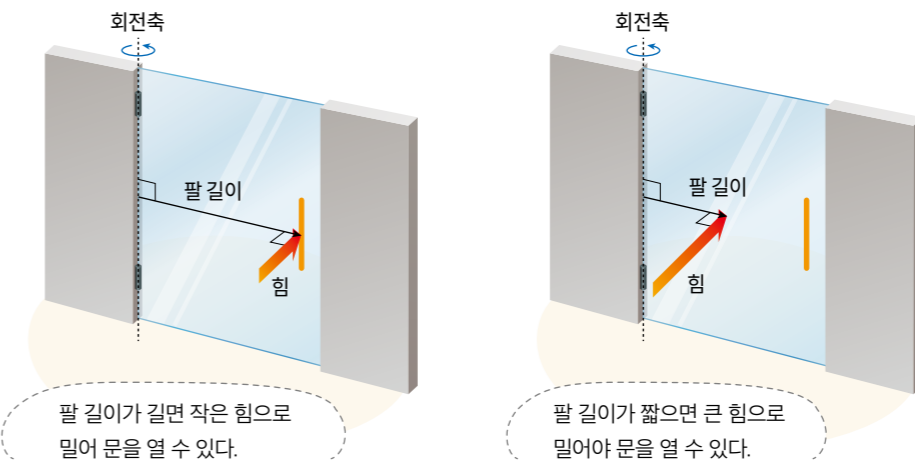


그림 I-3 돌림힘의 크기

그림 I-4와 같이 회전축에서 크기가  $F$ 인 힘의 연장선까지의 거리, 즉 팔 길이가  $r$ 일 때 돌림힘의 크기  $\tau$ (타우)는 다음과 같다.

$$\tau = rF \quad [\text{단위: N} \cdot \text{m}]$$

돌림힘은 방향이 있는 물리량이다. 보통 그림 I-4와 같이 돌림힘이 물체를 반시계 방향으로 회전시킬 때 (+)로 나타낸다. 반대로 돌림힘이 물체를 시계방향으로 회전시킬 때 (-)로 나타낸다.

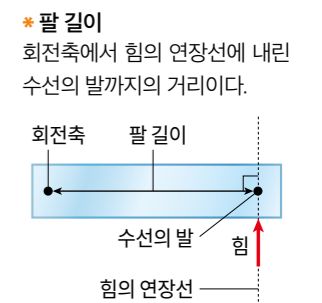


그림 I-4 돌림힘의 크기

### 스스로 확인

- 한 물체에 10 N, 8 N의 힘을 서로 반대 방향으로 작용할 때 알짜힘의 크기는 몇 N인가?
- 물체의 회전 운동을 변화시키는 물리량을 ( )이라고 한다.

## 돌림힘의 평형

한 물체에 여러 돌림힘이 작용할 때 물체가 회전하지 않는 경우가 있다. 이때 물체에 작용하는 돌림힘들은 어떤 관계일지 다음 활동을 하면서 알아보자.

실험 영상



디지털  
해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

### 물체가 회전하지 않을 때 돌림힘들의 관계 알아보기

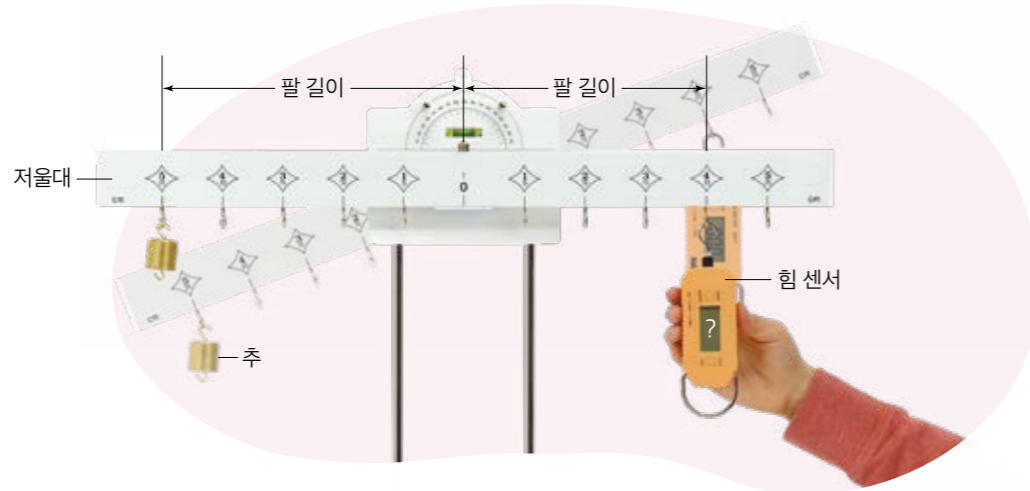
준비물

- 양팔저울
- 힘 센서
- 추(100 g)

활동 길잡이

힘 센서의 무게가 실험 결과에 영향을 미치지 않도록 힘 센서의 가운데 부분을 잡고 당긴다.

1. 저울대의 수평을 맞춘 뒤, 저울대가 반시계방향으로 기울도록 한 지점에 추를 매단다.
2. 저울대의 추를 매단 반대쪽 한 지점에 힘 센서를 걸어 저울대가 시계방향으로 회전하도록 서서히 당긴다. 저울대가 수평일 때 힘 센서가 나타내는 값을 아래 표에 기록한다.
3. 추와 힘 센서를 각각 다른 지점에 걸고 실험을 반복한다.



- 2, 3에서 저울대에 반시계방향, 시계방향으로 작용하는 돌림힘의 크기를 각각 구해 보자.

추의 무게	반시계방향		시계방향		
	팔 길이	돌림힘의 크기	힘 센서의 값	팔 길이	돌림힘의 크기
0.98 N					

- 저울대가 수평을 유지할 때 저울대에 작용하는 돌림힘들은 어떤 관계인지 토의해 보자.

한 물체에 여러 돌림힘이 동시에 작용할 때 이 돌림힘들과 같은 효과를 내는 하나의 돌림힘을 **알짜 돌림힘**이라고 한다. 물체에 작용하는 알짜 돌림힘이 0이면 물체의 회전 운동 상태는 변하지 않는다. 이러한 상태를 **돌림힘의 평형**이라고 한다.

## 물체의 평형 조건

그림 I-5의 (가)에서 막대는 수평을 유지하지만, (나)에서는 한쪽으로 기울다. 이러한 상황은 무게 중심을 이용하면 편리하게 분석할 수 있다. **무게 중심**이란 물체를 이루는 모든 입자의 전체 무게가 한 점에 있는 것으로 볼 수 있는 가상의 점이다.

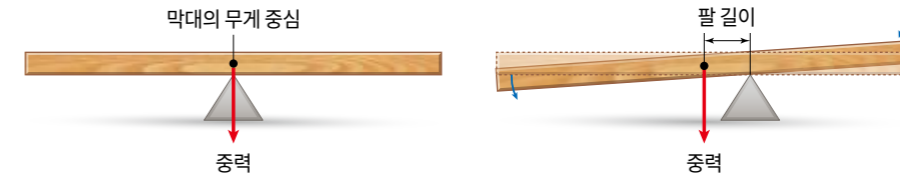


그림 I-5 (가) 수평을 유지하는 막대 막대의 무게 중심이 회전축 위에 있어서 팔 길이가 0이므로 알짜 돌림힘이 0이다.

그림 I-5 (나) 기울어지는 막대 막대의 무게 중심과 회전축 사이의 거리가 0이 아니므로 막대에 반시계방향의 돌림힘이 작용한다.

밀도와 모양이 균일한 물체의 무게 중심

밀도가 균일하면서 직육면체나 원기둥처럼 모양이 균일한 물체는 무게 중심이 기하학적 중심에 있다.

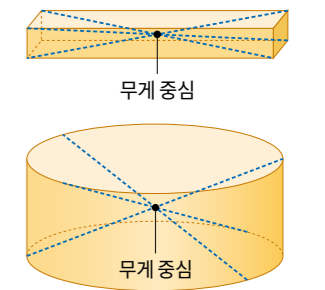
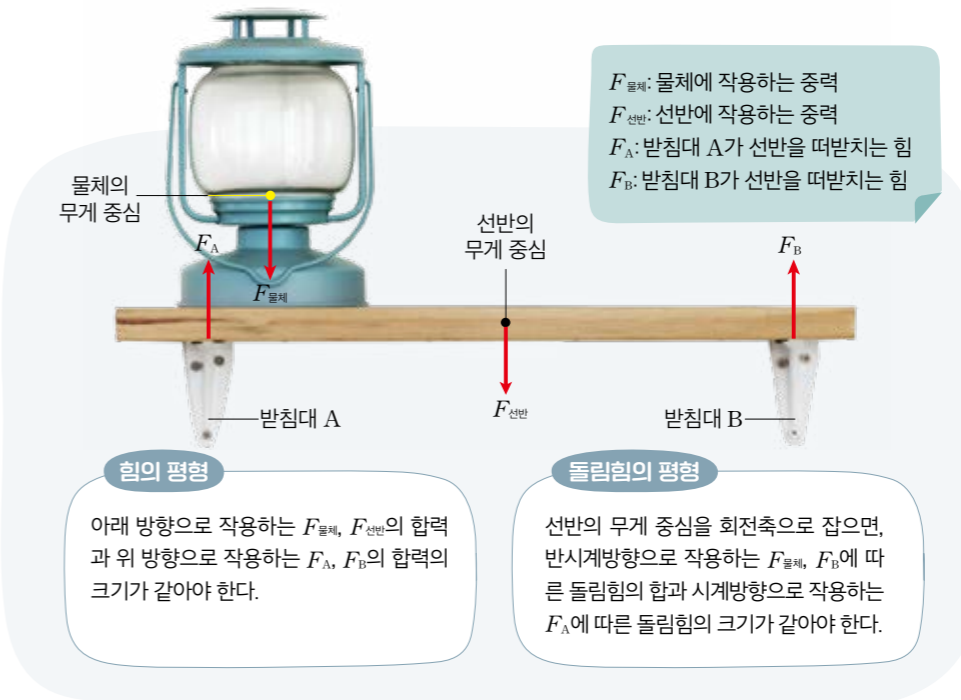


그림 I-6과 같이 물체를 올려 둔 선반은 이동하지도, 회전하지도 않고 정지해 있는 **평형 상태**를 유지한다. 이러한 평형 상태를 유지하려면 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 동시에 만족해야 한다.



평형 상태일 때 회전축

평형 상태일 때는 물체의 회전 운동 상태가 변하지 않으므로, 물체의 어느 지점을 회전축으로 잡더라도 모든 돌림힘의 합이 0이다.

그림 I-6 물체가 놓인 선반의 평형 상태

스스로 확인

- 1 물체를 이루는 모든 입자의 전체 무게가 한 점에 있는 것으로 볼 수 있는 가상의 점을 무게 중심이라고 한다. (○, ×)
- 2 물체가 평형 상태이기 위해서는 ( )와/과 ( )을/를 모두 만족해야 한다.

### 구조물의 안정성

그림 I-7과 같이 구조물이 기울어 무게 중심이 바닥면의 끝부분에 그은 수직선을 벗어나면 중력에 따른 돌림힘 때문에 넘어진다. 따라서 구조물의 규모가 비슷하면 그림 I-8과 같이 바닥이 넓고 무게 중심이 낮을수록 많이 기울어져야 넘어진다. 즉, 구조물은 바닥이 넓고 무게 중심이 낮을수록 안정적이다.

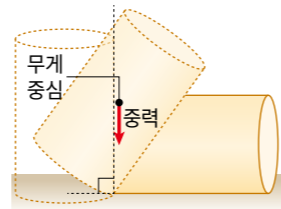


그림 I-7 넘어지는 구조물

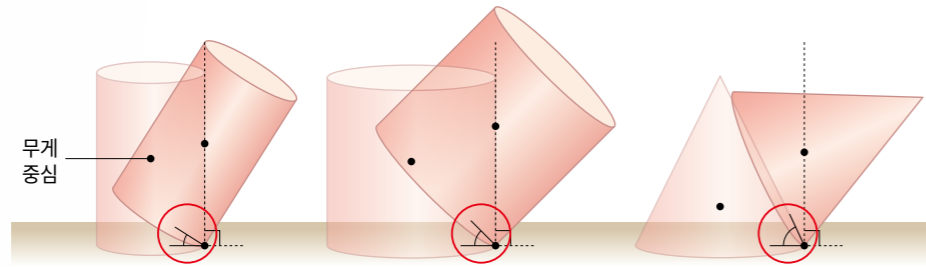


그림 I-8 구조물의 안정성 넘어뜨리기 위해 기울여야 하는 각도가 클수록 안정적이다.

따라서 그림 I-9와 같이 구조물의 안정성을 높이기 위해 바닥을 넓게 하거나 무게 중심을 낮춘다. 이렇게 함으로써 구조물이 평형 상태를 잘 유지하게 한다.

#### 초고층 건물

안정성을 높이기 위해 바닥으로 갈수록 넓어지는 구조로 짓는다.

#### 입간판

안정성을 높이기 위해 바닥을 무겁게 만들어 무게 중심을 낮춘다.

#### 사다리차

사다리를 길게 펴면 팔 길이가 길어져 돌림힘이 커진다. 이때 안정성을 높이기 위해 지지대를 펼쳐 세워 바닥이 넓어지는 효과를 낸다.



그림 I-9 구조물의 안정성을 높인 예

이 밖에 우리 주변에서 구조물의 안정성을 높이는 예에는 어떤 것이 있을까? 다음 활동을 하면서 사례를 조사하고 분석해 보자.

### 디지털 해보기

탐구 능력 | 의사 결정 능력

### 우리 주변 구조물의 안정성 분석하기

1. 모듈별로 토의하여 주변 구조물 중 하나를 고르고, 그 구조물의 사진을 찍거나 인터넷에서 검색한다.
2. 구조물이 어떤 원리로 평형 상태를 안정적으로 유지하는지 설명하는 자료를 만든다.

준비물  
스마트 기기



- 공유 만든 자료를 공유 플랫폼에 공유하고, 다른 모듈에서 공유한 사례를 살펴보자.

#### 스스로 확인

1. 구조물이 기울어 무게 중심이 바닥면의 끝부분에 그은 수직선을 벗어나면 구조물은 넘어지지 않는다. (O, X)
2. 구조물 바닥의 면적이 (좁을, 넓을)수록, 무게 중심이 (낮을, 높을)수록 안정적인 구조물이다.

#### 스스로 정리

공유 심미적 가치가 높으면서 평형 상태를 잘 유지하는 안정적인 구조물의 사진을 찾고, 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 02

## 가속도 법칙과 등가속도 운동

**학습 목표** 뉴턴 운동 법칙으로 등가속도 운동을 설명하고, 교통안전 사고 예방에 적용할 수 있다.

경주용 자동차는 출발 순간부터 속도를 빠르게 높일수록 경기에 유리하기 때문에 자동차의 질량을 최소화한다. 경주용 자동차의 속도를 빠르게 높이는 것과 질량은 어떤 관계가 있을까?



### 속도와 가속도

운동하는 물체는 한 곳에서 다른 곳으로 이동하며 위치가 달라진다. 이때 위치의 변화를 **변위**라고 한다. 변위의 크기는 처음 위치와 나중 위치 사이의 직선거리와 같고, 방향은 처음 위치에서 나중 위치로 향한다.

단위 시간 동안의 변위를 **속도**라고 한다. 속도의 크기  $v$ 는 변위의 크기  $\Delta s$ 를 걸린 시간  $\Delta t$ 로 나눈 값과 같다. 속도의 방향은 변위의 방향과 같다.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad [\text{단위: m/s, km/h 등}]$$

물체가 직선상에서 운동할 때 보통 (+)와 (-)로 방향을 나타낸다. 예를 들어 그림 I-10과 같이 운동하는 사람을 1 초 간격으로 나타낼 때 동쪽으로 운동하는 사람의 변위와 속도를 (+)로 나타내면, 서쪽으로 운동하는 사람의 변위와 속도는 (-)로 나타낸다.

• 1 초 동안 변위: -1 m  
• 속도: -1 m/s

• 1 초 동안 변위: 2 m  
• 속도: 2 m/s

**변위의 크기와 이동 거리**  
변위의 크기가 이동 거리와 항상 같은 것은 아니다. 예를 들어 공을 위로 똑바로 던졌다가 잡았을 때 공의 이동 거리는 손에서 최고 높이까지 거리의 2 배이지만, 변위는 0이다.

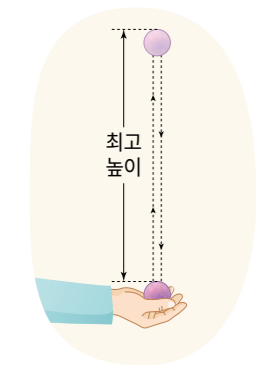
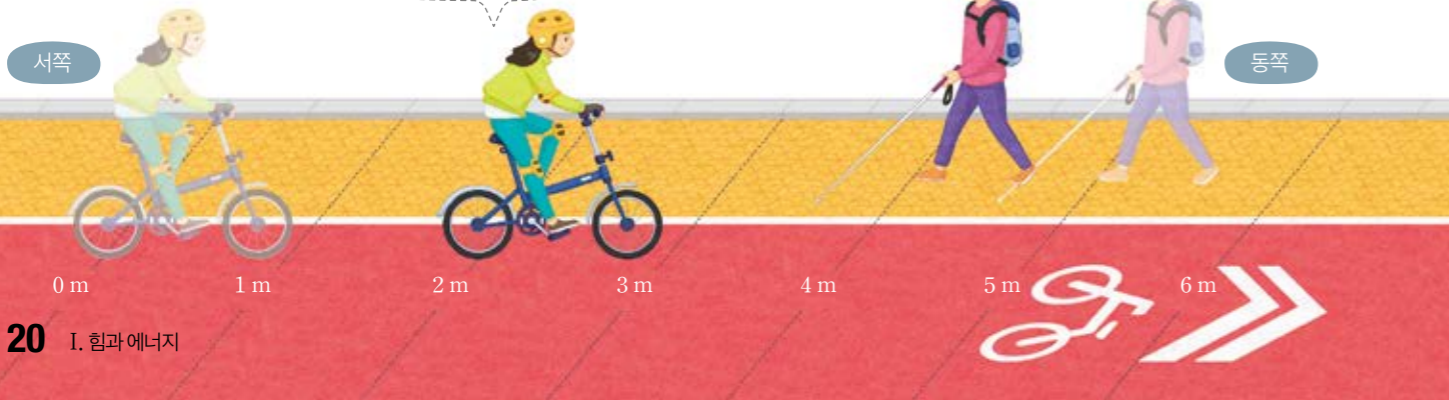


그림 I-10 변위와 속도의 크기와 방향



### 연계 중학교 과학

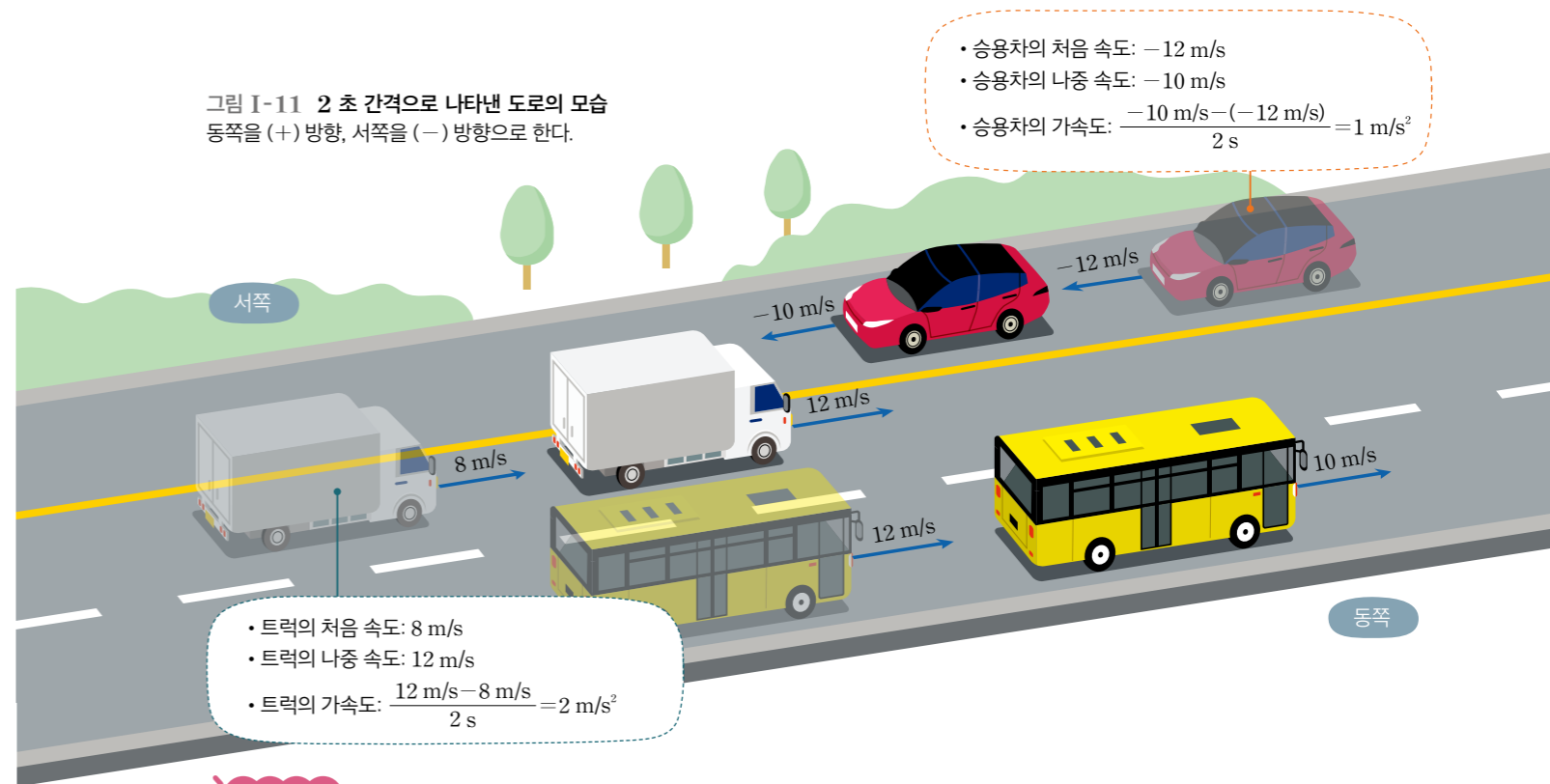
직선상에서 움직이는 물체의 운동을 그래프로 나타내고 해석하는 것을 배웠다.

우리 주변에서 운동하는 대부분의 물체는 속도가 변한다. 단위 시간 동안 속도가 변하는 정도를 나타내는 물리량을 **가속도**라고 한다. 가속도의 크기  $a$ 는 속도 변화량  $\Delta v$ 를 걸린 시간  $\Delta t$ 로 나눈 값과 같다.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{나중}} - v_{\text{처음}}}{\Delta t} \quad [\text{단위: m/s}^2]$$

속도가 크기와 방향을 갖듯이, 가속도 역시 크기와 방향을 갖는다. 직선상에서 운동하는 물체의 속도가 증가하면 가속도의 방향은 속도의 방향과 같고, 속도가 감소하면 가속도의 방향은 속도의 방향과 반대이다. 예를 들어 그림 I-11과 같이 2 초 간격으로 나타낸 도로의 모습에서 동쪽으로 운동하는 트럭은 속도의 크기가 증가하기 때문에 가속도의 방향은 속도의 방향과 같은 동쪽이다. 반면 서쪽으로 운동하는 승용차는 속도의 크기가 감소하기 때문에 가속도의 방향은 속도의 방향과 반대인 동쪽이다.

그림 I-11 2 초 간격으로 나타낸 도로의 모습  
동쪽을 (+) 방향, 서쪽을 (-) 방향으로 한다.



### 잠깐 활동

그림 I-11에서 버스의 처음 속도와 나중 속도를 찾아 가속도를 구해 보자.

처음 속도	나중 속도	가속도

### 가속도 법칙

물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 물체의 운동 상태가 변하지 않는다. 즉, 정지해 있던 물체는 계속 정지해 있고 운동하던 물체는 속도가 일정한 운동을 계속한다. 물체에 알짜힘이 작용하면 물체의 운동 상태는 어떻게 달라질까?

그림 I-12와 같이 질량이 다른 가방을 같은 크기의 힘으로 밀고 가면 질량이 더 작은 가방의 가속도가 더 크다. 이는 알짜힘의 크기가 같을 때 가속도의 크기는 질량에 반비례하기 때문이다.

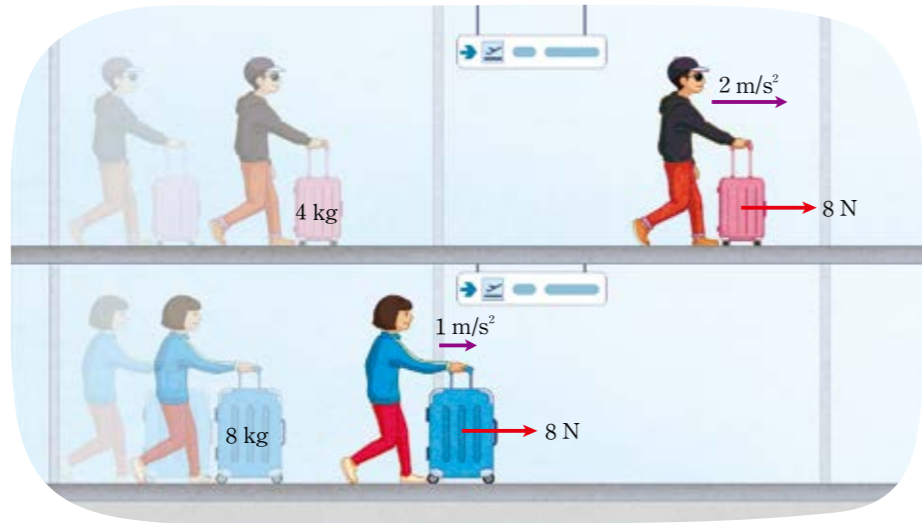


그림 I-12 알짜힘이 같고 질량이 다를 때 가속도

또 그림 I-13과 같이 질량이 같은 가방을 다른 크기의 힘으로 밀고 가면 더 큰 힘으로 밀 가방의 가속도가 더 크다. 이는 질량이 같을 때 가속도의 크기는 알짜힘의 크기에 비례하기 때문이다.

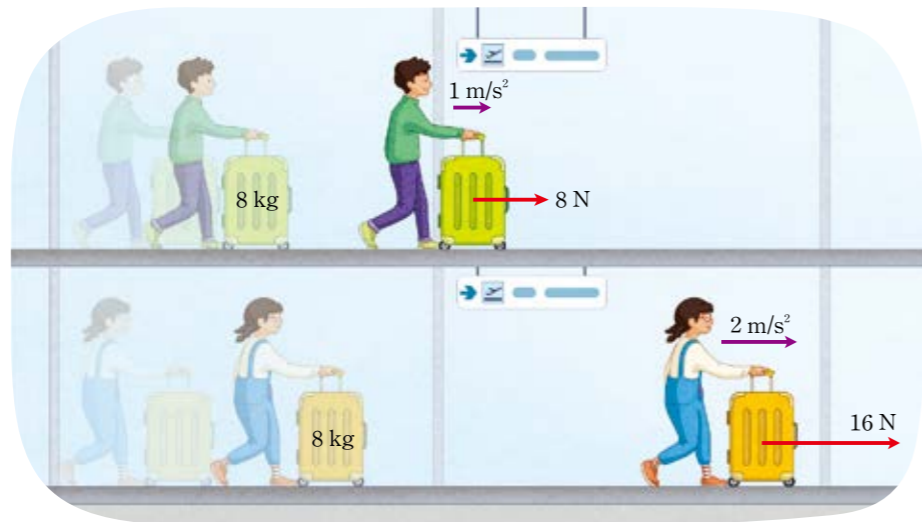


그림 I-13 질량이 같고 알짜힘이 다를 때 가속도

물체의 가속도 크기  $a$ 는 물체의 질량  $m$ 에 반비례하고, 물체에 작용하는 알짜힘의 크기  $F$ 에 비례한다. 또 가속도의 방향은 알짜힘의 방향과 같다. 이를 **가속도 법칙** 또는 **뉴턴 제2법칙**이라고 한다. 가속도 법칙은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있고, 질량의 단위로 kg, 가속도의 단위로  $m/s^2$ , 힘의 단위로 N을 사용한다.

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = ma$$

물체에 작용하는 알짜힘의 유무에 따라 물체의 가속도 운동 여부가 결정된다. 만약 물체에 일정한 알짜힘이 계속 작용하면 물체는 가속도가 일정한 운동을 한다. 이러한 운동을 **등가속도 운동**이라고 한다.

그림 I-14는 등가속도 운동의 예이다. 그림 (가)와 같이 빗면을 내려가는 물체에는 빗면을 내려가는 방향으로 일정한 알짜힘이 작용한다. 따라서 물체는 빗면을 내려가는 방향으로 등가속도 운동을 한다. 그림 (나)와 같이 자유 낙하 운동을 하는 물체에는 연직 아래 방향으로 중력이 일정하게 작용한다. 따라서 물체는 연직 아래 방향으로 등가속도 운동을 한다.



그림 I-14 등가속도 운동의 예

### 연계 통합과학1

자유 낙하 운동이 중력에 의한 가속도 운동임을 '시스템과 상호작용' 단원에서 배웠다.

### 연계 역학과 에너지

뉴턴 운동 법칙을 포물선 운동에 적용하는 것을 '시공간과 운동' 단원에서 배운다.

### 스스로 확인

- 1 물체의 가속도는 물체에 작용하는 알짜힘에 ( )하고 질량에 ( )한다.
- 2 질량이 2 kg인 물체에 1 N의 힘을 가했을 때 물체의 가속도 크기는 몇  $m/s^2$ 인가?

## 등가속도 운동의 분석

물체에 작용하는 알짜힘의 크기가 일정하고 알짜힘의 방향이 물체의 운동 방향과 나란할 때, 물체는 직선상에서 등가속도 운동을 한다. 등가속도 운동을 하는 물체의 위치와 속도는 시간에 따라 어떻게 변하는지 다음 활동을 하면서 알아보자.

디지털

탐구

● 디지털 도구 활용 / 결론 도출

실험 영상



준비물

- 빗면
- 수레
- 스마트 기기
- 삼각대
- 자(30 cm)
- 동영상 분석 프로그램

역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 실험 수행: \_\_\_\_\_
- 영상 촬영: \_\_\_\_\_
- 영상 분석: \_\_\_\_\_

탐구 능력 | 문제 해결 능력

### 동영상을 활용하여 물체의 등가속도 운동 분석하기

#### 목표

등가속도 운동을 하는 물체의 동영상으로부터 시간에 따른 가속도, 속도, 위치 그래프를 얻고, 이를 분석해 가속도와 속도, 위치 사이의 관계를 설명할 수 있다.

#### 과정 및 결과

1. 경사가  $10^\circ \sim 30^\circ$  사이가 되도록 빗면을 설치하고, 자를 빗면 앞에 놓는다.
2. 삼각대에 스마트 기기를 고정해 빗면 앞에 놓고 동영상을 촬영할 준비를 한다. 이때 화면에 빗면 전체와 자가 담기게 한다.



3. 빗면 위에 수레를 가만히 놓고, 수레가 빗면에서 등가속도 운동을 하는 모습을 동영상으로 촬영한다.

4. 동영상 분석 프로그램에서 동영상을 열고 수레의 등가속도 운동을 분석할 구간을 정한다.
5. 화면 속 기준 길이와 원점을 설정한 뒤 수레의 운동 데이터를 얻는다.
6. 데이터를 근거로 변환한 시간에 따른 가속도, 속도, 위치 그래프를 각각 확인한다.

● 탐구 길잡이  
210 쪽 동영상 분석 프로그램 사용 방법을 참고한다.



#### 정리

1. 시간에 따른 가속도 그래프에서 수레의 가속도를 구해 보자.
2. 시간에 따른 속도 그래프의 기울기와 정리 1에서 구한 가속도를 비교해 보자.
3. 시간에 따른 속도 그래프에서 두 시각을 정하고, 그래프 아랫부분의 넓이를 구해 보자.
4. 시간에 따른 위치 그래프를 통해 정리 3에서 정한 두 시각 동안의 변위를 구하고, 이를 정리 3에서 구한 넓이와 비교해 보자.

#### 스스로 평가

- | 지식·이해 | 등가속도 운동을 하는 물체의 시간에 따른 가속도, 속도, 위치 그래프를 분석했는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 등가속도 운동을 하는 물체의 동영상을 촬영했는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 동영상 분석 프로그램을 이용해 등가속도 운동을 하는 물체의 동영상을 분석했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 디지털 도구를 활용해 실험 데이터를 분석하는 과정에 적극적으로 참여했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 자신이 맡은 역할을 잘 수행했는가? ☆☆☆

#### 탐구 후기

✍

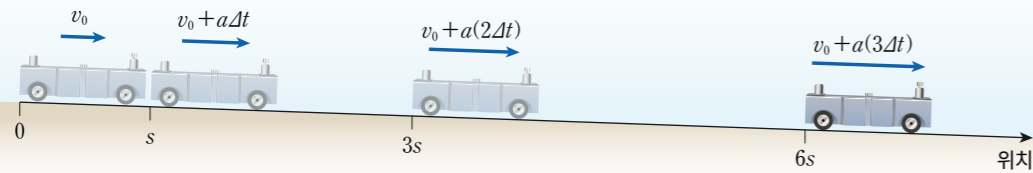


그림 I-15 속도가 증가하는 등가속도 운동을 하는 물체를 일정한 시간 간격( $\Delta t$ )으로 나타낸 모습

그림 I-15와 같이 처음 속도가  $v_0$ 이고 가속도가  $a$ 인 물체는 시간  $\Delta t$ 마다 속도의 크기가  $a\Delta t$ 씩 증가한다. 이처럼 직선상에서 속도와 가속도의 방향이 같은 등가속도 운동을 하는 물체는 속도의 크기가 시간에 따라 일정하게 증가한다.

이 물체의 시간에 따른 가속도 그래프는 그림 I-16의 (가)와 같이 시간축과 나란한 직선 형태이다. 물체의 처음 속도가  $v_0$ 이므로 시간  $t$ 가 지난 뒤 물체의 속도  $v$ 는 다음과 같다.

$$v = v_0 + at$$

일정한 가속도로 직선 운동을 하는 물체의 속도는 시간에 비례하여 증가한다. 따라서 이 물체의 시간에 따른 속도 그래프는 그림 I-16의 (나)와 같이 기울기가  $a$ 인 일차함수 형태이다. 시간에 따른 속도 그래프 아랫부분의 넓이는 변위를 나타내므로, 시간  $t$ 가 지난 뒤 물체의 위치  $s$ 는 다음과 같다.

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

처음 위치를 기준으로 하여 나타낸 시간에 따른 위치 그래프는 그림 I-16의 (다)와 같은 형태이다.

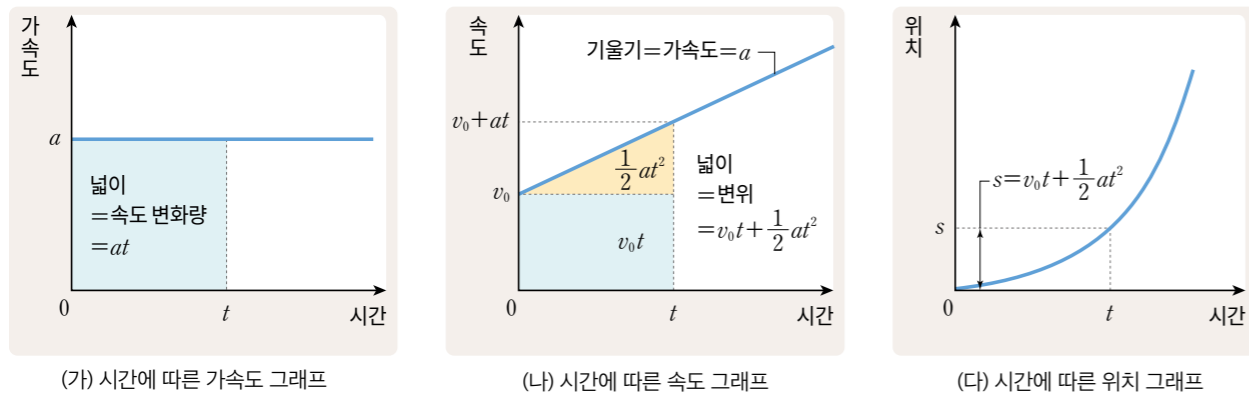


그림 I-16 등가속도 운동의 관계 그래프

등가속도 운동의 식  $v = v_0 + at$ 와  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 을 연립해서 시간  $t$ 를 소거해 정리하면 다음과 같이 속도, 가속도, 위치 사이의 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$v^2 - v_0^2 = 2as$$

직선상에서 속도와 가속도의 방향이 반대인 등가속도 운동을 하는 물체는 속도의 크기가 시간에 따라 일정하게 감소한다. 이 경우에도 등가속도 운동의 식은 성립한다. 예를 들어 그림 I-17과 같이 처음 속도가 0.7 m/s이고 가속도가  $-0.2 \text{ m/s}^2$ 인 등가속도 운동을 하는 축구공이 있다.

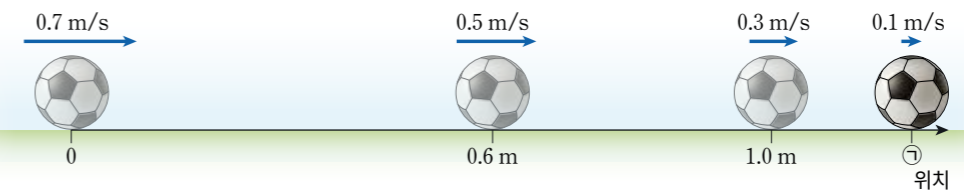


그림 I-17 속도가 감소하는 등가속도 운동을 하는 물체를 1 초 간격으로 나타낸 모습

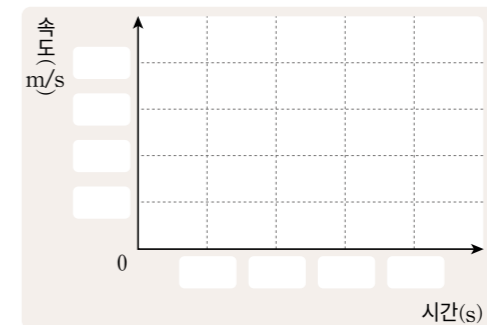
2 초일 때 축구공의 속도  $v_{2초}$ 와 위치  $s_{2초}$ 를  $v = v_0 + at$ 와  $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$  식으로부터 구하면 다음과 같다.

$$v_{2초} = 0.7 \text{ m/s} + (-0.2 \text{ m/s}^2) \times 2 \text{ s} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$s_{2초} = 0.7 \text{ m/s} \times 2 \text{ s} + \frac{1}{2} \times (-0.2 \text{ m/s}^2) \times (2 \text{ s})^2 = 1.0 \text{ m}$$

**잠깐 활동**

- 그림 I-17에서 ㉠을 등가속도 운동의 식  $v^2 - v_0^2 = 2as$ 를 이용해 구해 보자.
- 그림 I-17의 축구공의 운동을 표현하는 시간에 따른 속도 그래프를 그려 보자.



**스스로 확인**

- 정지해 있던 물체가  $1 \text{ m/s}^2$ 의 일정한 가속도로 2 초 동안 직선 운동을 하면서 이동한 거리는 몇 m인가?
- $2 \text{ m/s}^2$ 의 일정한 가속도로 직선 운동을 하는 물체의 속도가 2 m/s에서 6 m/s가 되는 동안 물체가 이동한 거리는 몇 m인가?

### 등가속도 운동과 교통안전 사고 예방

그림 I-18과 같이 자동차를 운전하다가 멈춰야 할 상황을 발견하면 자동차를 정지하기 위해 브레이크 페달을 밟는다. 이 순간부터 자동차는 운동 방향과 반대 방향으로 일정한 크기의 알짜힘을 받는다. 따라서 자동차는 정지할 때까지 운동 방향과 가속도 방향이 반대인 등가속도 운동을 한다. 이렇게 자동차가 등가속도 운동을 하며 멈출 때까지 이동한 거리를 **제동 거리**라고 한다.

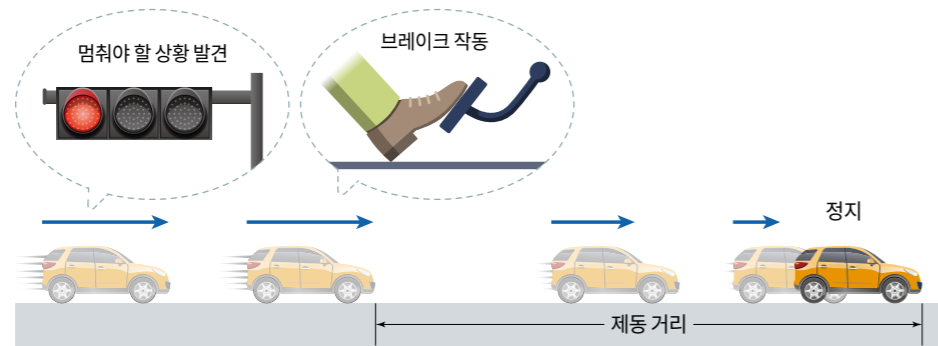
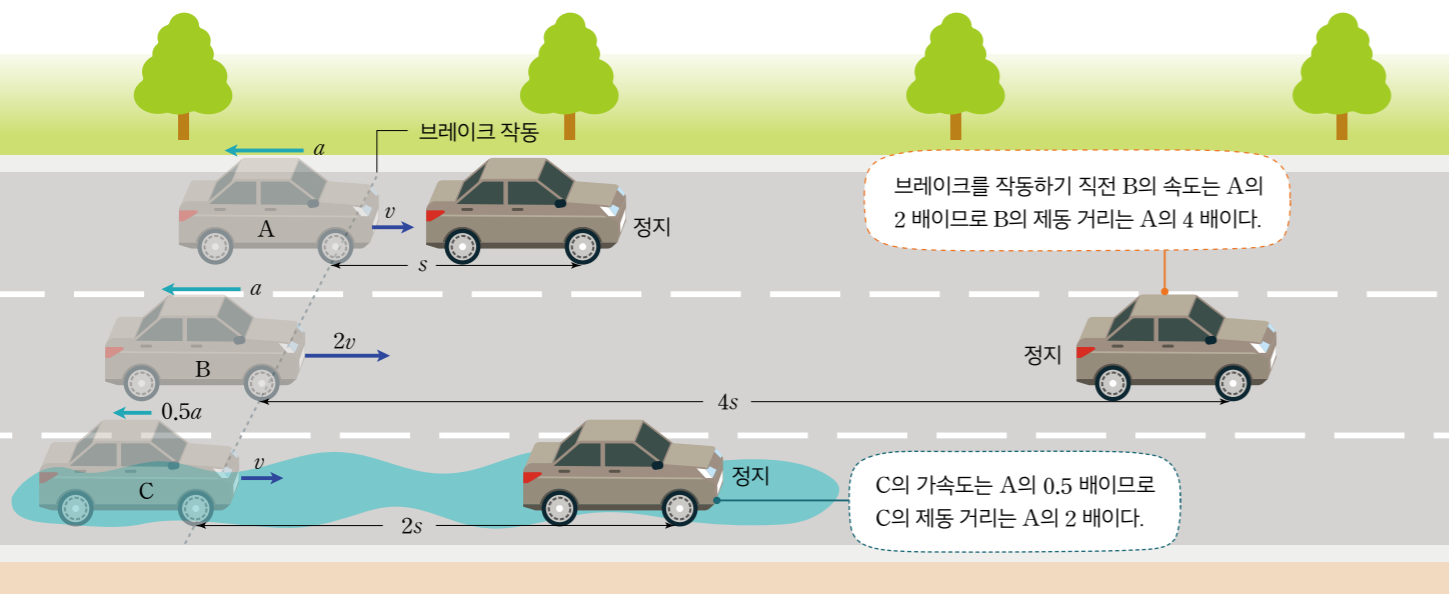


그림 I-18 자동차의 제동 거리

제동 거리에 영향을 주는 요인에는 어떤 것이 있을까? 브레이크 페달을 밟기 직전의 속도를  $v_0$ , 알짜힘에 따른 가속도를  $-a$ , 제동 거리를  $s$ 라고 하면, 등가속도 운동의 식  $v^2 - v_0^2 = -2as$ 에서  $v=0$ 이므로  $s = \frac{v_0^2}{2a}$ 이다. 따라서 그림 I-19와 같이 동일한 자동차 A, B, C의 제동 거리는 브레이크 페달을 밟기 직전 자동차의 속도 제곱에 비례하고, 가속도에 반비례한다. 자동차가 과속하거나, 눈이나 비가 내려 가속도의 크기가 작아지면 제동 거리가 길어지기 때문에 사고가 날 확률이 증가한다.



브레이크를 작동하기 직전 B의 속도는 A의 2 배이므로 B의 제동 거리는 A의 4 배이다.

C의 가속도는 A의 0.5 배이므로 C의 제동 거리는 A의 2 배이다.

그림 I-19 브레이크 페달을 밟기 직전 속도 및 가속도와 제동 거리 관계

### 해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

### 등가속도 운동을 교통안전 사고 예방에 적용한 캠페인 만들기

1. 모둠별로 등가속도 운동과 관계있는 교통안전 수칙에는 어떤 것이 있을지 토의한다.
2. 토의한 수칙 중 하나를 골라 그 수칙을 지켜야 하는 까닭을 등가속도 운동을 적용해 설명한다.
3. 2의 내용을 포함한 교통안전 캠페인을 모둠원의 재능을 발휘할 수 있는 방법으로 만든다.
4. 각 모둠에서 만든 캠페인을 발표한다.

**활동 길잡이**  
그림, 노래, 연기, 코딩 등 자신의 재능을 발휘해 모둠 활동에 기여할 수 있는 방법을 생각해 활동에 적극적으로 참여한다.



우리 모둠에서는 등가속도 운동을 어린이 보호 구역에서의 교통안전 수칙에 적용한 포스터를 만들었습니다.

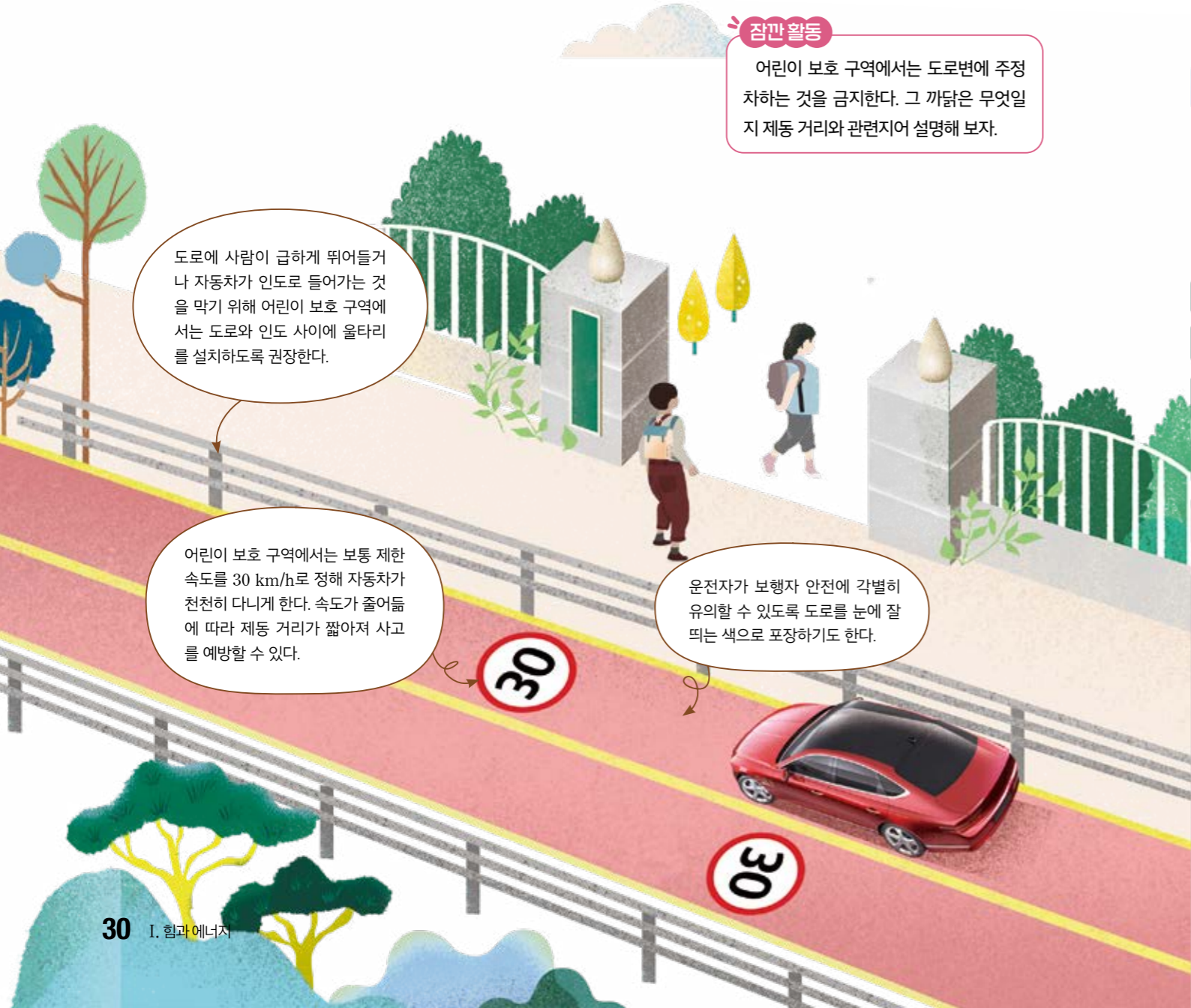
- 다른 모둠에서 발표한 캠페인 중 가장 인상적인 것을 고르고, 그렇게 생각한 까닭은 무엇인지 써 보자.



달리던 자동차는 위험 상황을 발견하더라도 정지할 때까지 등가속도 운동을 하기 때문에 곧바로 멈출 수 없다. 이를 고려해 장소나 상황 등에 따라 지켜야 하는 다양한 교통안전 수칙이 있다.

그림 I-20처럼 초등학교 출입문 주변과 같이 어린이들이 많이 다니는 곳을 어린이 보호 구역으로 지정한다. 어린이 보호 구역에서는 제한 속도를 낮게 두어 제동 거리를 짧게 해 교통안전 사고를 예방한다. 또 도로의 색을 다른 도로와 다르게 하거나 도로와 인도 사이에 울타리를 설치하는 등 안전을 위한 보조 시설을 갖추기도 한다.

그림 I-20  
어린이 보호 구역에서 교통안전 수칙



**잠깐 활동**  
어린이 보호 구역에서는 도로변에 주정차하는 것을 금지한다. 그 까닭은 무엇인지 제동 거리와 관련지어 설명해 보자.

도로에 사람이 급하게 뛰어든거나 자동차가 인도로 들어가는 것을 막기 위해 어린이 보호 구역에서는 도로와 인도 사이에 울타리를 설치하도록 권장한다.

어린이 보호 구역에서는 보통 제한 속도를 30 km/h로 정해 자동차가 천천히 다니게 한다. 속도가 줄어들수록 제동 거리가 짧아져 사고를 예방할 수 있다.

운전자가 보행자 안전에 각별히 유의할 수 있도록 도로를 눈에 잘 띄는 색으로 포장하기도 한다.

고속 도로에서는 자동차들이 매우 빠르게 달린다. 이에 따라 제동 거리도 매우 길기 때문에 안전을 위한 거리를 확보해 교통안전 사고를 예방하게 한다. 예를 들어 그림 I-21과 같이 고속 도로에서는 일반 도로에서보다 앞차와의 거리를 더 많이 유지해야 하며, 자동차가 고장 나서 멈추면 자동차로부터 충분한 거리를 둔 곳에 안전 삼각대를 설치해야 한다.

그림 I-21 고속 도로에서 교통안전 수칙



고속 도로에서는 자동차 속도계에 표시되는 수치에 단위 m를 붙인 만큼의 거리를 안전거리로 확보해야 한다. 예를 들어 100 km/h로 달리는 자동차가 확보해야 하는 안전거리는 100 m이다.

자동차가 고장 나서 고속 도로 가운데에 멈췄다면, 뒤에서 오는 자동차의 제동 거리를 고려한 위치에 안전 삼각대를 설치해야 한다.

**스스로 확인**

- 1 달리던 자동차의 브레이크 페달을 밟는 순간부터 자동차가 완전히 정지할 때까지 이동한 거리를 ( )이라고 한다.
- 2 자동차가 과속하거나 눈이나 비가 내릴 때에는 제동 거리가 짧아져서 사고의 위험이 증가한다. ( O, X )

**스스로 정리**

**공유** '가속도 법칙과 등가속도 운동' 단원에서 배운 내용을 확인할 수 있는 문제를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 03

## 작용 반작용과 운동량 보존

**학습 목표** | 작용 반작용 관계와 운동량 보존 법칙을 알고, 운동 경기, 교통수단, 발사체 등에 적용할 수 있다.



우주 비행사는 우주 공간에서 질소 기체를 내뿜을 수 있는 장비를 이용해 원하는 곳으로 이동할 수 있다. 우주 공간에서 질소 기체를 내뿜으면 이동할 수 있는 까닭은 무엇일까?

### 작용 반작용 법칙

쇼트 트랙 계주 경기에서 주자가 다음 주자를 힘껏 밀면 다음 주자는 빠르게 나아가고 민 주자는 속력이 줄어든다. 이때 뒤에서 민 주자의 속력이 줄어든 까닭은 어떤 힘을 받았기 때문일까? 다음 활동을 하면서 알아보자.

#### 실험 영상



#### 디지털 해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

### 상호작용 하는 물체가 서로에게 가하는 힘 알아보기

1. 데이터 분석 애플리케이션을 이용해 힘 센서를 스마트 기기와 무선으로 연결한다.
2. 힘 센서의 고리를 건 뒤 데이터 분석 애플리케이션에서 데이터 수집을 시작하고, 두 사람이 힘 센서를 서로 반대 방향으로 5 초 정도 가볍게 당긴다.
3. 스마트 기기에 나타난 두 센서의 시간에 따른 힘 그래프를 비교한다.

● 3의 결과를 분석해 서로 당긴 힘의 크기와 방향은 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.

#### 준비물

- ☑ 엠비엘(MBL) 힘 센서 2 대
- ☑ 스마트 기기 2 대
- ☑ 데이터 분석 애플리케이션

#### 안전

힘 센서의 측정 범위보다 더 큰 힘으로 당기지 않도록 주의한다.

#### 활동 길잡이

209 쪽 무선 MBL 센서 사용 방법을 참고한다.

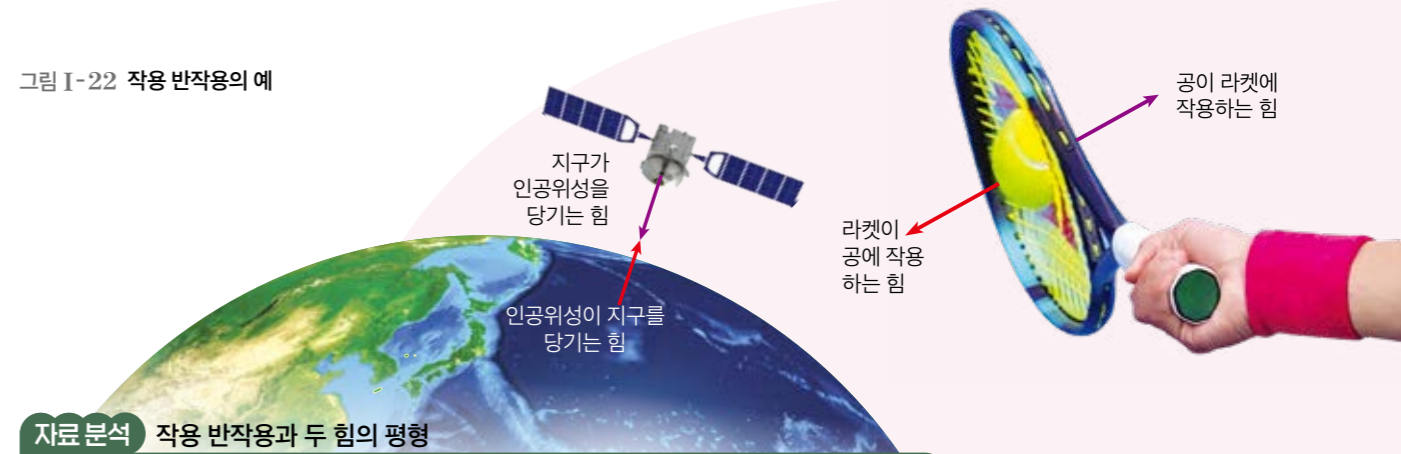


마주 걸고 잡아당긴 두 힘 센서의 그래프를 보면 매 순간 힘의 크기가 같다. 이는 두 힘 센서가 동시에 같은 크기의 힘으로 서로를 잡아당기기 때문이다.

이처럼 한 물체 A가 다른 물체 B에 힘을 작용하면, 동시에 물체 B도 물체 A에 힘을 작용한다. 이때 A가 B에 작용하는 힘  $F_{AB}$ 를 작용이라고 하면 B가 A에 작용하는 힘  $F_{BA}$ 를 반작용이라고 한다. 작용 반작용 관계인 두 힘  $F_{AB}$ 와  $F_{BA}$ 는 크기가 같고 방향이 반대이다. 이러한 힘의 상호작용에 대한 법칙을 **작용 반작용 법칙** 또는 **뉴턴 제3법칙**이라고 한다.

그림 I-22는 작용 반작용 관계인 힘을 나타낸 예이다. 작용 반작용 법칙은 접촉한 두 물체 사이에서 힘이 작용할 때뿐만 아니라, 중력처럼 두 물체가 서로 떨어져 작용할 때에도 성립한다. 즉, 힘은 두 물체 사이의 상호작용으로, 한 물체가 다른 물체에 일방적으로 작용하지 않는다.

그림 I-22 작용 반작용의 예



#### 자료 분석 작용 반작용과 두 힘의 평형

작용 반작용 관계인 두 힘은 각각 서로 다른 물체에 작용하므로 두 힘이 힘의 평형 관계에 있을 수 없다.

작용 반작용 관계	힘의 평형 관계
B와 C	A와 B



#### 스스로 확인

1. 작용 반작용 관계인 두 힘은 크기가 ( 같고, 다르고 ), 방향이 ( 같다, 반대이다 ).
2. 힘은 두 물체 사이의 상호작용으로, 한 물체가 다른 물체에 일방적으로 작용하지 않는다. ( O, X )

### 운동량

빈 수레와 물건이 가득 든 수레를 같은 속도로 밀고 갈 때 물건이 가득 든 수레를 멈추기가 더 어렵다. 또 빈 수레라도 속도가 클 때가 작을 때보다 멈추기가 더 어렵다. 이처럼 물체의 운동 상태를 변화시키기 위해서는 질량과 속도를 모두 고려해야 한다. 질량과 속도를 곱한 물리량을 **운동량**이라고 한다. 질량  $m$ 인 물체가 속도  $v$ 로 운동할 때 운동량  $p$ 는 다음과 같고, 방향은 속도의 방향과 같다.

$$p = mv \quad [\text{단위: kg} \cdot \text{m/s}]$$

그림 I-23과 같이 물체에 알짜힘  $F$ 가 계속 작용하면 물체는 가속도 운동을 하므로 속도가 변한다.

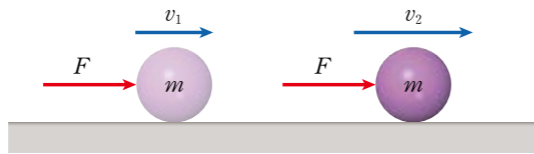


그림 I-23 알짜힘에 따른 운동량 변화

이때 뉴턴 제2법칙으로부터 힘과 운동량의 관계를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

### 운동량 보존

그림 I-24와 같이 마찰이나 공기 저항이 없는 수평면에서 두 물체 A, B가 충돌할 때 A는 B에 힘  $F_{AB}$ 를 가하고, B는 A에 힘  $F_{BA}$ 를 가한다.

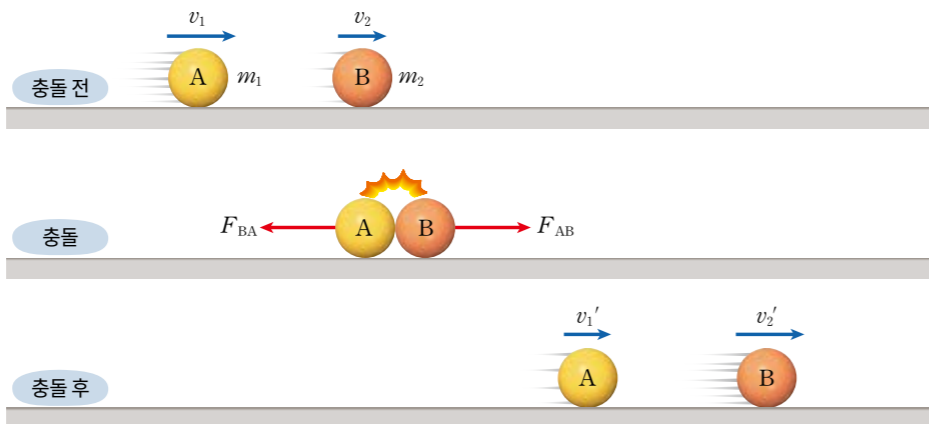


그림 I-24 두 물체의 충돌

두 물체가 충돌하는 시간을  $\Delta t$ 라고 하면 다음 식이 성립한다.

$$F_{AB} = \frac{\Delta p_B}{\Delta t}, F_{BA} = \frac{\Delta p_A}{\Delta t} \dots \textcircled{1}$$

이때 두 힘은 작용 반작용 관계에 있으므로  $F_{AB} = -F_{BA}$ 이고, 여기에 ①을 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{\Delta p_B}{\Delta t} = -\frac{\Delta p_A}{\Delta t} \dots \textcircled{2}$$

$\Delta p_B = m_2 v_2' - m_2 v_2$ 이고,  $\Delta p_A = m_1 v_1' - m_1 v_1$ 이므로, 이를 ②에 대입해 정리하면 다음과 같다.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

충돌 전 운동량 합      충돌 후 운동량 합

즉, 외부에서 힘이 작용하지 않을 때, 충돌 전 물체의 운동량 합은 충돌 후 물체의 운동량 합과 같다. 이를 **운동량 보존 법칙**이라고 한다.

운동량 보존 법칙은 물체의 질량이 일정한 충돌 상황뿐만 아니라 한 덩어리로 있던 물체가 분리되는 것과 같이 큰 질량이 둘 이상의 작은 질량으로 나뉘는 상황에서도 성립한다.

그림 I-25와 같이 정지해 있는 수레 A, B 사이에 용수철이 압축된 상태로 있을 때 두 수레의 운동량 합은 0이다. 압축된 용수철이 늘어나며 A, B가 분리되어 서로 반대 방향으로 운동할 때 운동량 보존 법칙에 따라 A, B의 운동량 합 또한 0이다. 따라서 다음 식이 성립한다.

$$0 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

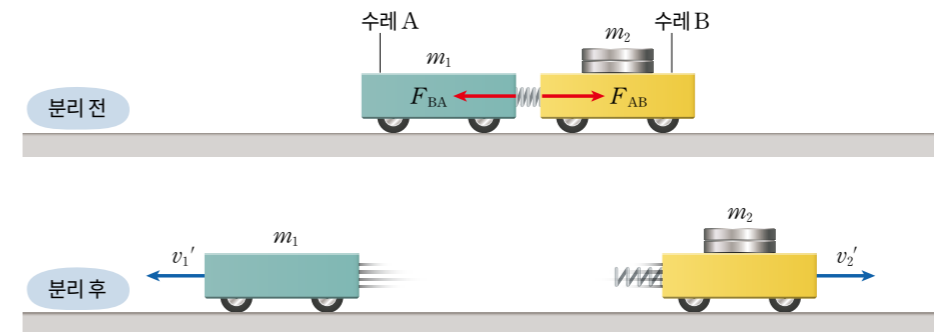


그림 I-25 두 수레가 분리되기 전과 후 운동량

### 스스로 확인

- 1 마찰이나 공기 저항이 없는 수평면에서 두 물체가 충돌하면 충돌 후 두 물체의 운동량 합은 충돌 전보다 작다. (○, ×)
- 2 마찰이나 공기 저항이 없는 수평면에서 한 덩어리로 정지해 있던 물체가 두 물체로 분리되어 운동하면 분리된 두 물체의 운동량 합은 0이다. (○, ×)

### 운동량 및 속도의 방향과 부호 사용

속도와 운동량은 방향을 갖는 물리량이므로 직선 운동에서 운동량 변화를 계산할 때에는 (+)와 (-) 방향을 정하고 부호 사용에 주의해야 한다.

### 연계 통합과학

$F \Delta t$ 를 충격량이라고 하며, 단위로  $\text{N} \cdot \text{s}$ 를 사용한다. 충격량은 운동량 변화량과 같다. 따라서 충격량의 단위  $\text{N} \cdot \text{s}$ 와 운동량 변화량의 단위  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 는 같다. 이에 관한 내용은 '시스템과 상호 작용' 단원에서 배웠다.

탐구

수학적 사고 활용 / 증거에 근거한 자료 분석

실험 영상



준비물

- 무선 MBL 수레 2 대
- 수레용 추
- 레일
- 전자저울
- 데이터 분석 애플리케이션
- 계산기 애플리케이션
- 스마트 기기

역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 실험 수행: \_\_\_\_\_
- 데이터 분석: \_\_\_\_\_

안전

두 수레가 강하게 충돌하지 않도록 반드시 두 수레를 서서히 민다.

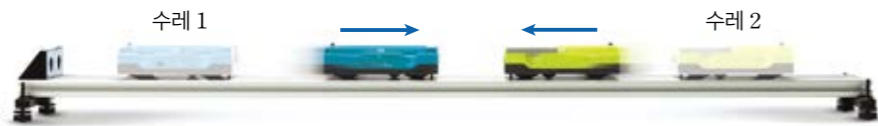
일차원 충돌 상황에서 운동량 보존 확인하기

목표

두 수레의 충돌 전후 데이터를 분석해 일차원 충돌 상황에서 운동량이 보존되는지 확인하고, 실험 결과를 바탕으로 하여 운동량 보존에 대해 토의할 수 있다.

예상

다음과 같이 두 수레 1, 2를 레일 위에서 서로 충돌시킬 때 충돌 전후 운동량이 보존될지를 예상해 보자.



• 예상: \_\_\_\_\_

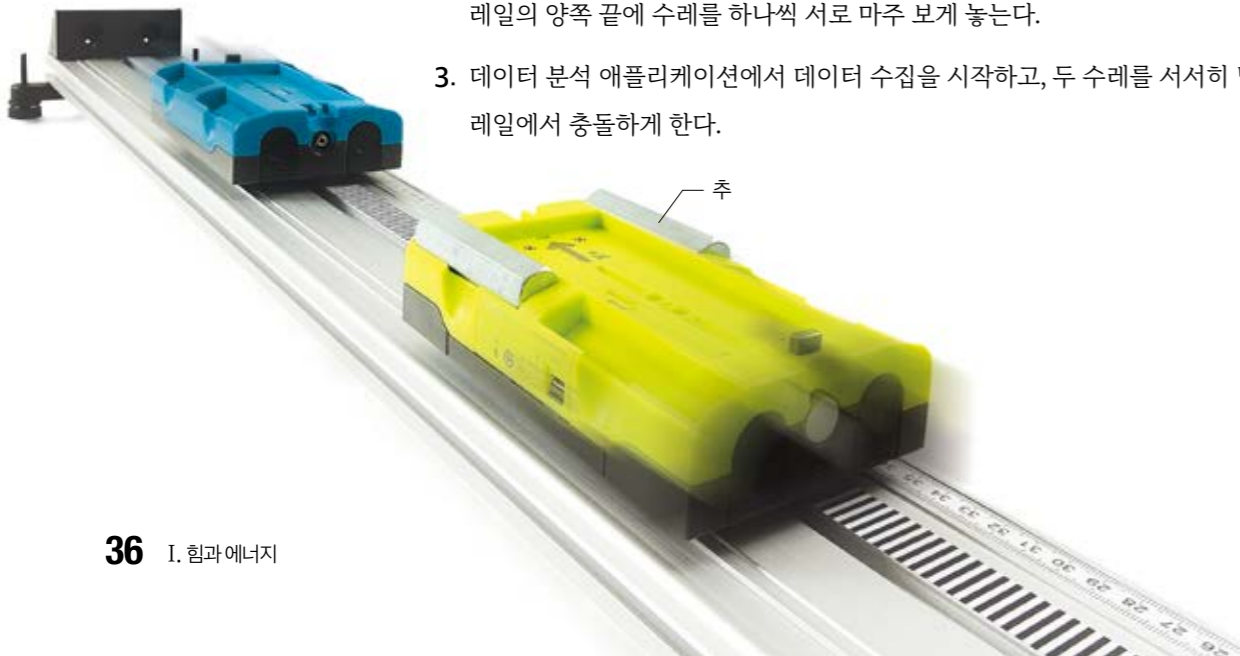
• 까닭: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

실험 및 관찰

1. 두 수레에 추를 4 개 이하로 올리고, 전자저울로 두 수레의 질량을 각각 측정해 **실험 및 관찰 5**의 표에 기록한다.
2. 데이터 분석 애플리케이션을 이용해 두 수레를 스마트 기기와 무선으로 연결한 뒤, 레일의 양쪽 끝에 수레를 하나씩 서로 마주 보게 놓는다.
3. 데이터 분석 애플리케이션에서 데이터 수집을 시작하고, 두 수레를 서서히 밀어 수레가 레일에서 충돌하게 한다.



4. 데이터 분석 애플리케이션에 나타난 결과로부터 두 수레의 충돌 직전과 직후 속도를 찾아 **실험 및 관찰 5**의 표에 기록하고, 이를 질량과 곱해 운동량을 구한다.
5. 추를 이용해 수레의 질량을 다르게 하면서 **실험 및 관찰 1~4**를 4 회 더 반복한다.

구분	수레의 질량(kg)		충돌 직전 속도(m/s)		충돌 직전 운동량(kg·m/s)		충돌 직후 속도(m/s)		충돌 직후 운동량(kg·m/s)	
	수레 1	수레 2	수레 1	수레 2	수레 1	수레 2	수레 1	수레 2	수레 1	수레 2
1 회										
2 회										
3 회										
4 회										
5 회										

분석 및 토의

1. 두 수레의 충돌 전후 운동량이 보존되었는지 **실험 및 관찰 5**에서 구한 값을 바탕으로 하여 확인해 보자.

구분	충돌 전 수레 1, 2의 운동량의 합(kg·m/s)	충돌 후 수레 1, 2의 운동량의 합(kg·m/s)	운동량 보존 여부
1 회			
2 회			
3 회			
4 회			
5 회			

2. **예상**에서 예상한 것과 **분석 및 토의 1**에서 확인한 결과가 일치하는가? 만약 일치하지 않는다면 그 까닭은 무엇인지 토의해 보자.



탐구 길잡이

- 209 쪽 무선 MBL 센서 사용 방법을 참고한다.
- 속도와 운동량을 기록할 때 특정 방향을 (+) 부호로 했다면, 그 반대 방향은 (-) 부호로 한다.

스스로 평가

- | 지식·이해 | 질량 및 충돌 전후 속도 측정값을 통해 충돌 전후 수레의 운동량을 비교할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 데이터 분석 애플리케이션을 통해 충돌 전후 각 수레의 속도를 알 수 있는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 실험 결과를 있는 그대로 기록하고 해석했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 자신이 맡은 역할을 잘 수행했는가? ☆☆☆

탐구 후기

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 운동량 보존의 이용

그림 I-26 운동 경기와 교통 수단에서의 운동량 보존

#### 휠체어 컬링



선수가 스톤을 밀 때 운동량 보존에 따라 스톤과 반대 방향의 운동량이 생겨서 뒤로 밀린다. 이를 방지하기 위해 다른 선수가 스톤을 미는 선수를 단단히 잡아 준다.

#### 쇼트 트랙 계주



#### 잠깐 활동

계주를 이어받는 주자가 가벼우면 더 유리한 까닭을 운동량 보존으로 설명해 보자.

#### 비행기

비행기의 운동량



방출한 기체의 운동량

비행기 엔진에서는 연료를 태워 생긴 기체를 방출한다. 방출한 기체는 속도가 매우 크기 때문에 운동량 또한 매우 크다. 이때 운동량 보존에 따라 비행기에는 기체의 운동량과 반대 방향의 운동량이 생겨 비행기가 앞으로 나아갈 수 있다.

#### 배



#### 잠깐 활동

배의 엔진이 날개를 돌리면 물을 밀며 배가 앞으로 나아간다. 이 원리를 운동량 보존으로 설명해 보자.

발사체를 궤도에 올리는 과정에도 운동량 보존을 이용한다. 그림 I-27과 같이 발사체는 연료를 연소해 생긴 기체를 아래로 방출한다. 이때 운동량 보존에 따라 발사체에 올라가는 방향의 운동량이 생긴다.

이처럼 운동량 보존은 다양한 분야에 적용되어 우리 생활 주변과 전 지구적으로 일어나는 다양한 현상들, 나아가 우주를 이해하는 데에도 중요한 역할을 한다.

그림 I-27 발사체에서의 운동량 보존



발사체의 운동량

방출한 기체의 운동량

#### 스스로 확인

- 1 쇼트 트랙 계주 경기에서 주자가 다음 주자를 밀 때 운동량 보존이 성립하기 어렵다. (○, ×)
- 2 비행기나 배와 같은 교통수단이 앞으로 나아갈 때 운동량 보존을 이용한다. (○, ×)

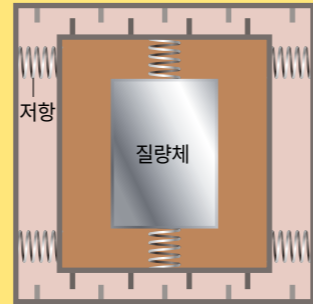
#### 스스로 정리

**공유** '작용 반작용과 운동량 보존' 단원의 내용을 담은 노래나 랩 가사를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

## 우리 생활과 뉴턴 운동 법칙

17 세기에 발표한 뉴턴 운동 법칙은 다양한 분야에 적용되어 우리 생활에 활용되고 있다.

가속도계가 그중 한 예인데, 가운데에 질량체가 있고, 이 질량체가 탄성을 가진 저항들에 연결된 구조인 가속도계를 많이 사용한다. 가속도계를 장착한 기기가 움직이면 관성 때문에 질량체와 연결된 저항들의 길이 변화가 생긴다. 이 길이 변화를 통해 기기의 가속도를 알 수 있다. 이 밖에도 다양한 가속도계가 우리 생활 곳곳에 쓰인다.



▲ 가속도계의 구조

스마트폰은 들고 있는 방향을 인식해 가로 화면이나 세로 화면으로 바꿔 준다. 또 하루 동안의 걸음 수 등을 알려 주기도 한다. 이는 스마트폰 내부의 가속도계가 사용자의 움직임을 인식하기 때문에 가능하다. 디지털카메라가 셔터를 누르는 순간의 떨림을 감지해 자동으로 사진을 보정하는 기능도 내부의 가속도계를 이용한 것이다. 자동차가 충돌하면 에어백이 작동하는 것 또한 가속도계가 자동차의 가속도를 인식하기 때문이다.

스마트폰의 화면 방향 전환

자동차의 충돌 인식

디지털카메라의 떨림 보정

- 상하좌우 흔들림 보정
- 회전 흔들림 보정
- 기우뚱해짐 보정

농장이나 공장, 상점 등에서 작업을 수행하는 로봇 팔이나, 탐지나 구조에 사용하는 사족 보행 로봇을 설계할 때에도 뉴턴 운동 법칙이 적용된다.

로봇은 관성의 영향을 크게 받기 때문에 움직이기 시작하거나 멈출 때 균형을 잃지 않는 게 중요하다. 또 움직이는 반경에 따라 필요한 가속도가 달라서 섬세한 제어가 필요하다. 이를 위해 뉴턴 운동 법칙과 수학적 기법을 적용한 제어 기술을 활용하고 로봇이 스스로의 상태를 감지하는 센서를 사용해 주변 상황과 상호작용 하며 안정적이고 자연스러운 로봇의 움직임을 구현한다.



### 글쓰기

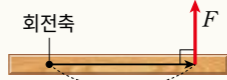
**공유** 뉴턴 운동 법칙 외에도 물리학 원리는 우리 생활 곳곳에 활용하고 있다. 이러한 활용 사례를 생각하면서 물리학이 인류 문명과 우리 생활에 어떤 의미가 있는지를 소개하는 기사를 써 보자. 그리고 자신이 쓴 기사를 공유 플랫폼에 공유해 보자.



## 01 평형과 구조물의 안정성

1. 관성 법칙(뉴턴 제1법칙): 물체에 작용하는 알짜힘이 **①** 이면 운동하는 물체는 속도가 일정한 운동을 계속하고, 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있다.

2. **②**: 물체의 회전 운동을 변화시키는 물리량으로, 단위로 N·m를 사용한다.



$$\tau = rF$$

3. **③**: 물체를 이루는 모든 입자의 전체 무게가 한 점에 있는 것으로 볼 수 있는 가상의 점이다.

4. **④**: 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 동시에 만족하는 상태이다.

힘의 평형	돌림힘의 평형
물체에 작용하는 <b>⑤</b> 이가 0이다.	물체에 작용하는 <b>⑥</b> 이가 0이다.

5. 구조물의 안정성: 바닥이 넓고 무게 중심이 낮을수록 안정적이다.

## 02 가속도 법칙과 등가속도 운동

### 1. 속도와 가속도

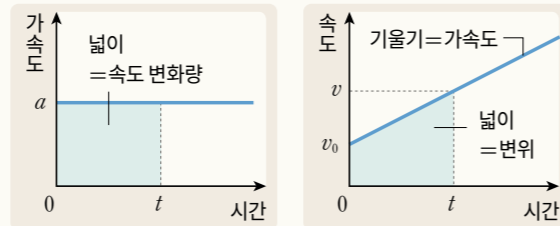
속도	가속도
단위 시간당 변위	단위 시간당 속도 변화
$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

2. 가속도 법칙(뉴턴 제2법칙): 물체의 가속도 크기는 물체에 작용하는 **⑦** 의 크기에 비례하고, 물체의 **⑧** 에 반비례한다.

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow F = ma$$

3. **⑨**: 물체에 일정한 알짜힘이 계속 작용해서 물체의 가속도가 일정한 운동이다.

### 4. 직선상에서 등가속도 운동의 그래프와 관계식



$$v = v_0 + at, s = v_0t + \frac{1}{2}at^2, v^2 - v_0^2 = 2as$$

### 5. 등가속도 운동과 교통안전 사고 예방

- ⑩**: 브레이크 페달을 밟은 순간부터 정지할 때까지 등가속도 운동을 하며 이동한 거리이다.
- 등가속도 운동과 관련한 교통안전 수칙
  - 어린이 보호 구역에서는 제한 속도를 낮게 해서 제동 거리를 줄인다.
  - 고속 도로에서는 제동 거리가 길기 때문에 자동차 사이에 충분한 안전거리를 두며 운전해야 한다.

## 03 작용 반작용과 운동량 보존

1. 작용 반작용 법칙(뉴턴 제3법칙): 물체 A가 물체 B에 힘을 가하면, 물체 B도 물체 A에 크기가 같고 방향이 **⑪** 인 힘을 가한다.

2. **⑫**: 물체의 질량과 속도를 곱한 물리량

3. 운동량 보존 법칙: 외부에서 힘이 작용하지 않을 때 충돌 전후 물체의 운동량 합은 같다.

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

### 4. 운동량 보존을 이용하는 예



▲ 뒤 선수의 운동량이 감소한 만큼 앞 선수의 운동량이 증가한다.



▲ 방출한 기체의 운동량과 반대 방향으로 비행기가 운동량을 얻어 앞으로 나아간다.

## 평가하기

힘의 평형과 돌림힘 14 쪽

01 그림은 정지해 있는 균일한 막대의 두 지점에 크기가 같은 두 힘  $F_1, F_2$ 를 서로 반대 방향으로 작용한 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

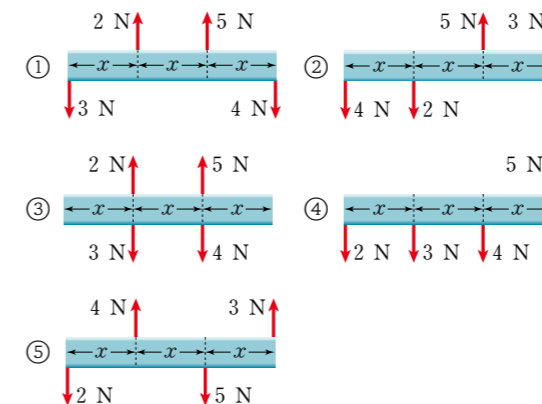
보기

- ㄱ. 막대에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. 막대는 반시계방향으로 회전한다.
- ㄷ. 막대는  $F_1$ 과 같은 방향으로 직선 운동을 한다.

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

돌림힘의 평형 16 쪽

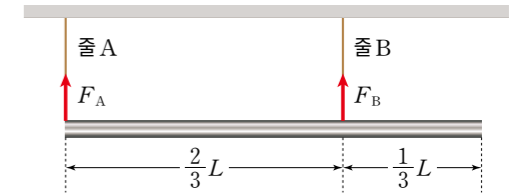
02 길이가  $3x$ 인 균일한 막대에 수직인 방향으로 크기가 2 N, 3 N, 4 N, 5 N인 힘을 작용할 때, 다음 중 막대가 회전하지 않는 것은?



서술형

물체의 평형 조건 17 쪽

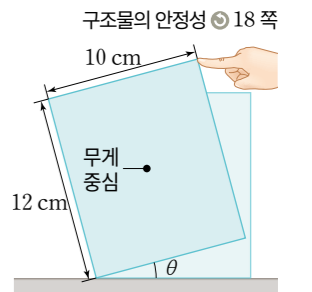
03 그림은 줄 A, B에 매달려 정지해 있는 길이가  $L$ 인 균일한 막대의 모습을 나타낸 것이다.



A, B가 막대를 당기는 힘의 크기가  $F_A, F_B$ 일 때,  $\frac{F_A}{F_B}$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오.

구조물의 안정성 18 쪽

04 그림은 바닥면 한 변의 길이가 10 cm이고 높이가 12 cm인 균일한 직육면체 구조물의 한끝을 미는 모습을 나타낸 것이다.  $\theta$ 는 바닥면과 지면이 이루는 각이다.

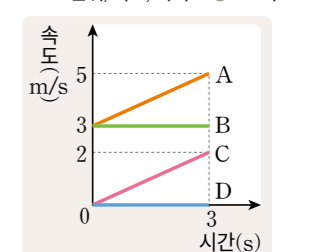


구조물이 넘어지지 않기 위한  $\tan\theta$ 의 최댓값은?

- ①  $\frac{1}{6}$     ②  $\frac{2}{5}$     ③  $\frac{1}{2}$     ④  $\frac{2}{3}$     ⑤  $\frac{5}{6}$

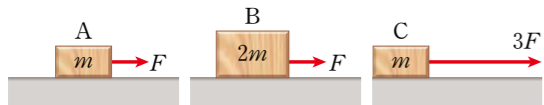
변위, 속도, 가속도 20 쪽

05 그림은 직선상에서 운동하는 네 물체 A~D의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 0 초~3 초 동안 네 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것은?



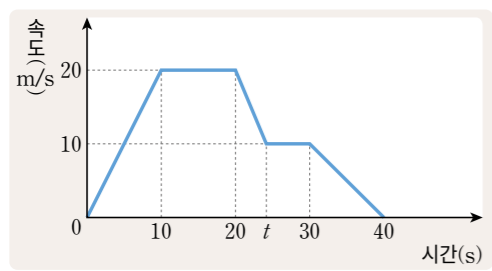
- ① A와 C의 속도는 항상 같다.
- ② A와 C는 속도가 일정한 운동을 한다.
- ③ B와 D는 정지해 있다.
- ④ B와 D의 가속도는 0이다.
- ⑤ 3 초 동안 변위의 크기는 B가 가장 크다.

**06** 서술형 가속도 법칙과 등가속도 운동 22 쪽  
그림은 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 세 물체 A, B, C에 각각 수평 방향으로 일정한 힘  $F$ ,  $F$ ,  $3F$ 를 작용하는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각  $m$ ,  $2m$ ,  $m$ 이다.



- (1) 세 물체 A, B, C의 가속도 비  $a_A : a_B : a_C$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오.
- (2) 정지해 있던 세 물체 A, B, C가 같은 시간 동안 이동한 거리의 비  $s_A : s_B : s_C$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오.

**07** 등가속도 운동 26 쪽  
그림은 직선상에서 운동하는 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 0 초~20 초 구간에서 이동한 거리는 20 초~ $t$  초 구간에서의 5 배이다.

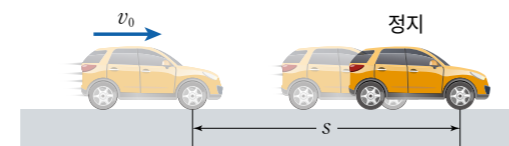


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기  
ㄱ. 0 초~10 초 구간에서 가속도 크기는 30 초~40 초 구간에서의 0.5 배이다.  
ㄴ. 20 초~ $t$  초 구간에서 물체는 가속도의 크기가  $2.5 \text{ m/s}^2$ 인 등가속도 운동을 한다.  
ㄷ.  $t=24$  초이다.

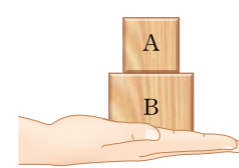
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ  
④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 서술형 제동 거리 28 쪽  
그림은 속도  $v_0$ 로 달리던 자동차의 운전자가 브레이크 페달을 밟은 순간부터 자동차가 정지할 때까지 이동한 거리  $s$ 를 나타낸 것이다. 자동차가 정지할 때까지 자동차에 작용하는 알짜힘은 일정하다.



다른 조건이 모두 같고  $v_0$ 이 3 배가 되면,  $s$ 는 몇 배가 되는지 풀이 과정과 함께 구하시오.

**09** 서술형 힘의 평형과 작용 반작용 33 쪽  
그림은 물체 A, B를 손바닥으로 받쳐 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 물체 A, B 그리고 손에 작용하는 힘의 크기는 다음 표와 같다.

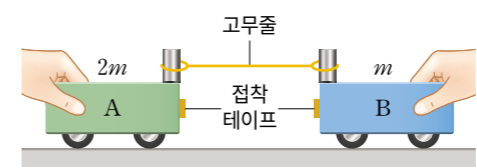


A가 B를 누르는 힘	$F_{AB}$
B가 손을 누르는 힘	$F_{B손}$
손이 B를 떠받치는 힘	$F_{손B}$

$F_{AB}$ ,  $F_{B손}$ ,  $F_{손B}$ 의 크기를 옳게 비교한 것은?

- ①  $F_{AB} > F_{B손} > F_{손B}$   
②  $F_{AB} > F_{B손} = F_{손B}$   
③  $F_{AB} = F_{B손} < F_{손B}$   
④  $F_{AB} < F_{B손} < F_{손B}$   
⑤  $F_{AB} < F_{B손} = F_{손B}$

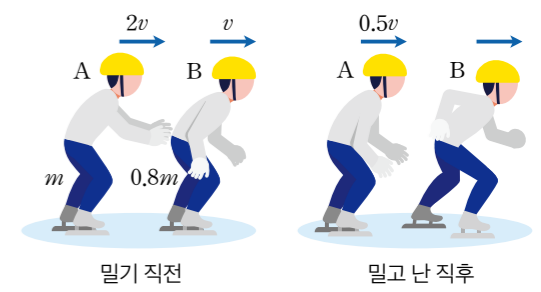
**10** 서술형 작용 반작용과 운동량 보존 34 쪽  
그림과 같이 고무줄로 연결된 수레 A, B를 서로 반대 방향으로 잡아당겨서 잡고 있다. A의 질량은  $2m$ , B의 질량은  $m$ 이다. 정지해 있던 두 수레를 동시에 놓으면 두 수레가 서로를 향해 움직이며 충돌한 뒤 접촉테이프끼리 달라붙어 한 덩어리가 된다.



충돌 직전 A의 속도가 0.2 m/s라면 충돌 직후 한 덩어리가 된 A, B의 속도는?(단, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① 0      ② 0.05 m/s      ③ 0.07 m/s  
④ 0.12 m/s      ⑤ 0.15 m/s

**11** 서술형 운동량 보존의 이용 38 쪽  
그림과 같이 쇼트 트랙 계주 경기에서  $2v$ 의 속도로 운동하는 질량  $m$ 인 선수 A가  $v$ 의 속도로 운동하는 질량  $0.8m$ 인 선수 B를 밀어 주었다.



B를 밀고 난 직후 A의 속도가  $0.5v$ 라면, B의 속도는?(단, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ①  $v$       ②  $\frac{2}{3}v$       ③  $\frac{23}{8}v$   
④  $\frac{13}{4}v$       ⑤  $\frac{15}{4}v$

점검하기

이 단원의 학습 내용을 돌아보고, '아니오'에 표시한 부분은 해당 쪽으로 돌아가 다시 한번 학습해 보자.

단원명	지식·이해	과정·기능	가치·태도
<b>01</b> 평형과 구조물의 안정성	물체에 작용하는 알짜힘과 알짜 돌림힘이 0일 때 평형을 이룸을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      17 쪽	다양한 구조물의 안정성을 분석할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      19 쪽	구조물의 안정성을 통해 과학이 안전한 사회에 기여한다는 것을 말할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      18 쪽
<b>02</b> 가속도 법칙과 등가속도 운동	뉴턴 운동 법칙으로 등가속도 운동을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      23 쪽	동영상을 활용해 물체의 등가속도 운동을 분석할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      24 쪽	등가속도 운동이 교통안전 수칙과도 밀접한 관련이 있다는 것을 통해 과학이 안전한 사회에 기여한다는 것을 말할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      28 쪽
<b>03</b> 작용 반작용과 운동량 보존	작용 반작용과 운동량 보존 법칙을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      33 쪽	일차원 충돌 상황에서 운동량 보존을 실험을 통해 확인할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      36 쪽	운동 경기, 교통수단, 발사체 등에 적용되는 작용 반작용과 운동량 보존을 통해 과학이 유용하다는 것을 말할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요      38 쪽

# 2

## 에너지와 열

- 01 일과 에너지
- 02 역학적 에너지와 열
- 03 에너지 효율

활주로에서 볼 수 있는 항공기 견인차는 항공유를 연소해 자기 질량의 100 배가 넘는 비행기를 밀거나 끄는 일을 한다. 항공기 견인차가 하는 일과 항공유를 연소하는 것 사이에는 어떤 관계가 있을까? 이 단원을 학습하면서 열과 일, 그리고 에너지 사이의 관계에 대해 알아보자.



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

**단원 연계**

- 중학교 과학 운동과 에너지
- 통합과학2 환경과 에너지
- 이 단원의 내용** 일·운동 에너지 정리, 역학적 에너지 보존, 열과 에너지 전환
- 역학과 에너지 시공간과 운동, 열과 에너지

**성취 기준 확인**

- 지식·이해** 일과 운동 에너지의 관계와 에너지 보존 법칙을 알고, 열에너지가 역학적 에너지로 전환될 때의 에너지 효율을 설명할 수 있다.
- 과정·기능** 에너지 전환과 보존을 바탕으로 하여 영구 기관이 불가능함을 논증할 수 있다.
- 가치·태도** 생활 속 다양한 현상을 열과 에너지 전환의 관점으로 바라보고, 에너지의 효율적 이용이 현대 기술 문명에서 중요하다는 것을 말할 수 있다.

**스스로 계획**

알고 있는 것에  표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 일	<input type="checkbox"/> 운동 에너지	<input type="checkbox"/> 위치 에너지
<input type="checkbox"/> 역학적 에너지	<input type="checkbox"/> 열	<input type="checkbox"/> 전도, 대류, 복사
<input type="checkbox"/> 물질의 상태 변화	<input type="checkbox"/> 에너지 효율	

나는 \_\_\_\_\_ 을/를 더 알고 싶다.

# 01

## 일과 에너지

**학습 목표** | 일과 운동 에너지의 관계를 이해하고 위치 에너지와 역학적 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다.

트램펄린을 이용하면 그냥 뛰어오를 때보다 더 높게 올라갈 수 있다. 그 까닭은 무엇일까? 과학에서의 일과 관련지어 생각해 보자.



### 연계 중학교 과학

일, 운동 에너지, 중력에 의한 위치 에너지에 대해 배웠다.

물체에 힘이 작용해 물체가 힘과 나란한 방향으로 이동할 때 물체에 작용한 힘이 **일**을 한다고 한다. 그림 I-28과 같이 힘이 한 일  $W$ 는 힘의 크기  $F$ 와 힘과 나란한 방향으로 이동한 거리  $s$ 의 곱으로 나타낸다.



그림 I-28 힘이 한 일

$$W = Fs \text{ [단위: J(줄)]}$$

### 1 J의 크기

1 J은 1 N의 힘이 물체에 작용해 물체가 힘의 방향으로 1 m 이동했을 때 한 일의 양이다. 따라서 1 J은 1 N·m와 같다.

### 일과 운동 에너지

그림 I-29와 같이 A점에서 속도  $v_A$ 로 운동하는 질량  $m$ 인 물체에 운동 방향으로 일정한 알짜힘  $F$ 가 작용해 물체가  $s$ 만큼 떨어진 B점까지 이동했을 때 물체의 속도는  $v_B$ 이다.

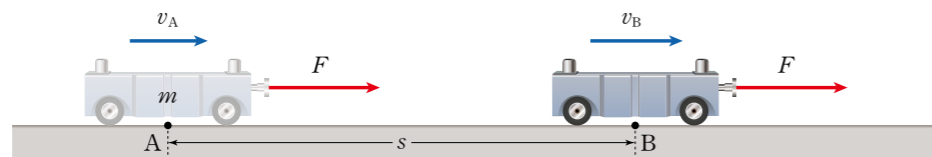


그림 I-29 알짜힘이 한 일과 운동 에너지

물체의 가속도를  $a$ 라고 하면, 물체가  $s$ 만큼 이동하는 동안  $F$ 가 물체에 한 일  $W = Fs = mas$ 이다. 이 식에 등가속도 운동의 식  $2as = v_B^2 - v_A^2$ 을 적용하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$W = mas = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

위 식에서  $\frac{1}{2}mv_B^2$ ,  $\frac{1}{2}mv_A^2$ 은 각각 B와 A에서의 운동 에너지이다. 즉, 알짜힘이 물체에 한 일  $W$ 만큼 물체의 운동 에너지  $E_k$ 가 변한다. 이를 **일·운동 에너지 정리**라고 한다. 물체에 일을 하면 물체의 에너지가 증가하며, 반대로 에너지를 가진 물체는 일을 할 수 있다.

**에너지의 단위**  
에너지의 단위로 일의 단위와 같은 J을 사용한다.

### 중력에 의한 위치 에너지

그림 I-30의 (가)와 같이 추를 높은 곳으로 이동하려면 추를 들어 올리는 일을 해야 한다. 그리고 그림 (나)와 같이 높은 곳으로 이동한 추는 말뚝을 박는 일을 할 수 있다. 이렇게 높은 위치에 있는 물체는 일을 할 수 있는 능력, 즉 에너지를 갖는다. 이 에너지를 **중력에 의한 위치 에너지**라고 한다.



그림 I-30 높은 곳으로 들어 올린 추가 낙하해 말뚝을 박는 일을 하는 모습

중력 가속도를  $g$ 라고 할 때, 그림 I-31과 같이 질량  $m$ 인 물체를 일정한 속도로 들어 올리는 일을 하려면 중력과 같은 크기의 힘  $F$ 를 작용해야 한다. 물체를 기준면으로부터 높이  $h$ 만큼 들어 올릴 때 힘이 한 일  $W = Fs = mgh$ 이고, 이 일은 중력에 의한 위치 에너지  $E_p$ 로 저장된다. 즉, 중력에 대해 일을 하면 그만큼 중력에 의한 위치 에너지가 변한다.

$$E_p = mgh \text{ [단위: J]}$$

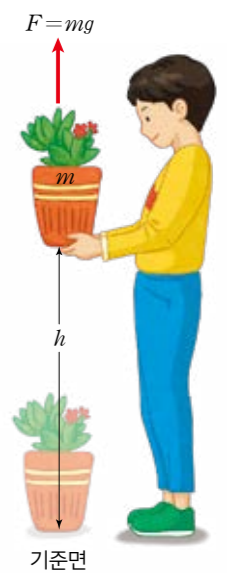


그림 I-31 물체를 들어 올려 중력에 대해 일을 하는 모습

### 탄성력에 의한 위치 에너지

그림 I-32와 같이 용수철에 매달린 물체에 힘을 작용해 용수철의 길이를 변형했다. 변형된 용수철은 원래 길이로 돌아가려고 하는 힘인 탄성력을 물체에 작용한다. 따라서 변형된 용수철에 매달린 물체는 일을 할 수 있는 능력, 즉 에너지를 갖는다. 이 에너지를 **탄성력에 의한 위치 에너지**라고 한다.

물체를 일정한 속도로 잡아당겨 용수철의 길이를 변형하려면 변형한 길이  $x$ 에 비례하는 힘  $F$ 를 작용해야 한다. 따라서 힘  $F$ 의 크기와 용수철을 변형한 길이의 관계는 그림 I-32의 그래프와 같고, 이를 통해  $F$ 가 한 일을 구하면  $W = \frac{1}{2}kx^2$ 이다.

#### 탄성력의 크기와 방향

탄성력  $F_{\text{탄성}}$ 의 크기는 변형한 길이  $x$ 에 비례하고, 방향은 변형한 방향과 반대이다.

$$F_{\text{탄성}} = -kx$$

비례 상수  $k$ 는 용수철 상수로 용수철의 재질이나 굵기, 길이 등에 따라 달라질 수 있다.

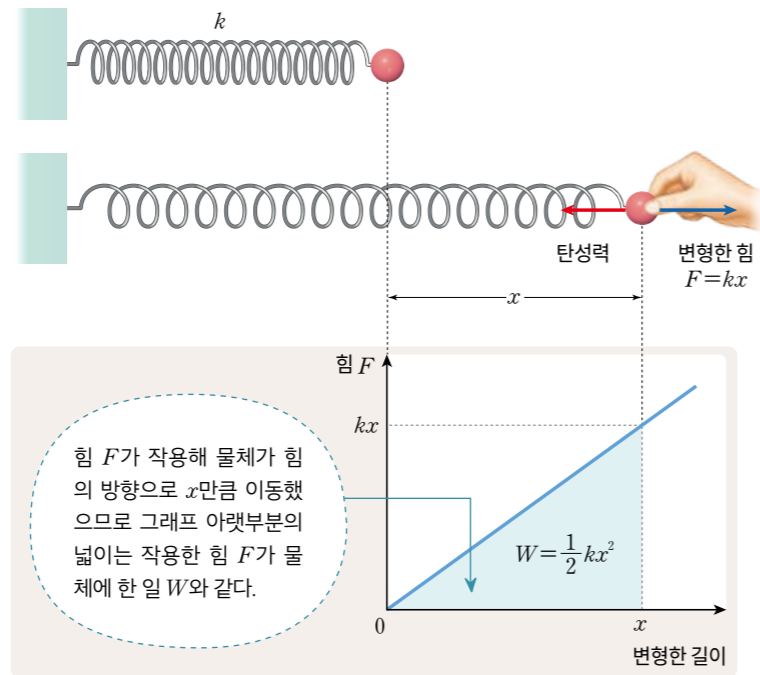


그림 I-32 탄성력에 대해 한 일

힘  $F$ 가 한 일은 탄성력에 의한 위치 에너지  $E_p$ 로 저장된다. 즉, 탄성력에 대해 일을 하면 그만큼 탄성력에 의한 위치 에너지가 변한다.

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \text{ [단위: J]}$$

#### 스스로 확인

- 1 알짜힘이 물체에 한 일만큼 물체의 ( )은/는 증가한다.
- 2 중력에 의한 위치 에너지는 기준면으로부터의 높이에 비례한다. (○, ×)
- 3 탄성력에 의한 위치 에너지는 용수철을 변형한 길이에 반비례한다. (○, ×)

### 역학적 에너지 보존

물체가 중력이나 탄성력을 받으며 운동할 때 물체는 운동 에너지와 위치 에너지를 동시에 갖기도 한다. 이때 물체의 운동 에너지와 위치 에너지의 합을 물체의 **역학적 에너지**라고 한다.

물체가 중력만 받으며 운동할 때 역학적 에너지는 어떻게 될까? 그림 I-33과 같이 기준면으로부터 높이  $h$ 인 곳에서 가만히 놓은 질량  $m$ 인 물체가 중력 가속도  $g$ 로 낙하하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘은 중력  $mg$ 와 같다.

물체가 높이  $h_1, h_2$ 인 두 지점을 통과할 때 속도가  $v_1, v_2$ 라면, 일·운동 에너지 정리에 따라 물체가 두 지점을 이동하는 동안 중력이 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 증가한다.

$$W = Fs = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

이를 정리하면 다음과 같다.

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

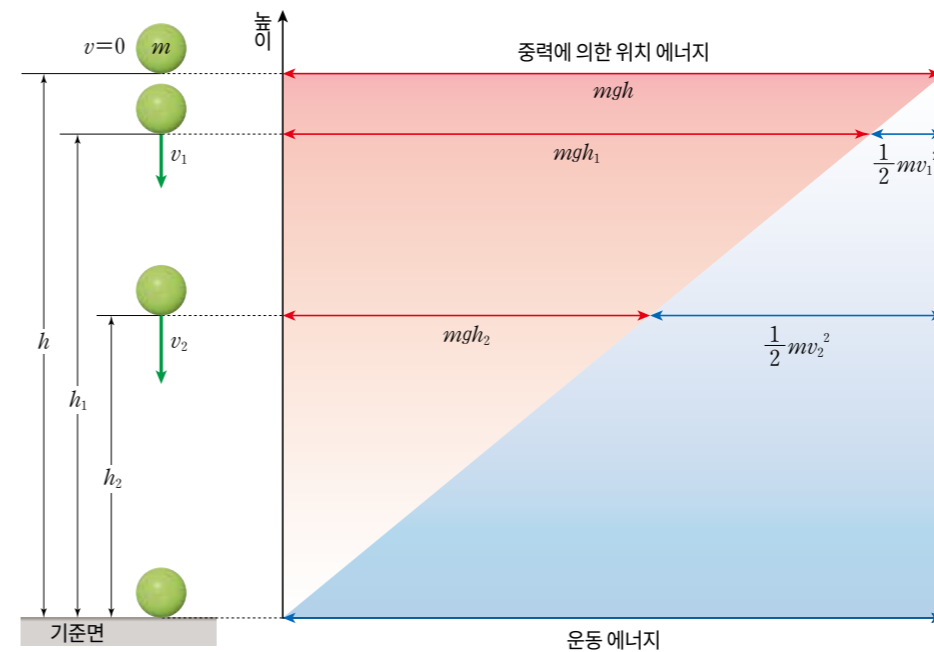


그림 I-33 자유 낙하 운동을 하는 물체의 중력에 의한 역학적 에너지 보존

이는 마찰이나 공기 저항이 없을 때 중력만 받아 운동하는 물체의 역학적 에너지는 높이에 관계없이 일정하게 보존된다는 것을 뜻한다. 이와 같이 위치 에너지와 운동 에너지는 운동하는 동안 서로 전환될 수 있지만 그 합인 역학적 에너지는 항상 일정한 값으로 보존되는 것을 **역학적 에너지 보존 법칙**이라고 한다.

#### 연계 중학교 과학

자유 낙하 운동을 하는 물체의 역학적 에너지 전환과 보존에 대해 배웠다.

#### 연계 역학과 에너지

역학적 에너지 보존을 포물선 운동과 인공위성의 운동에 적용하는 것을 '시공간과 운동' 단원에서 배운다.

\* 용수철의 평형 위치  
용수철이 늘어나지도 줄어들지  
도 않은 위치이다.

물체가 탄성력만 받아 운동할 때에도 역학적 에너지가 보존될까? 그림 I-34와 같이 마찰이나 공기 저항을 무시할 때 용수철 상수  $k$ 인 용수철에 연결된 질량  $m$ 인 물체를 용수철의 평형 위치  $O$ 로부터  $A$ 만큼 이동한 뒤 놓았다.

물체가  $x_2, x_1$ 인 두 지점을 통과할 때 속도가 각각  $v_2, v_1$ 이라면, 일·운동 에너지 정리에 따라 탄성력이 한 일  $W$ 만큼 물체의 운동 에너지가 증가한다. 이때 탄성력이 한 일은 그림 I-34의 그래프 아랫부분의 넓이와 같으므로 다음 식이 성립한다.

$$W = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2$$

이를 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

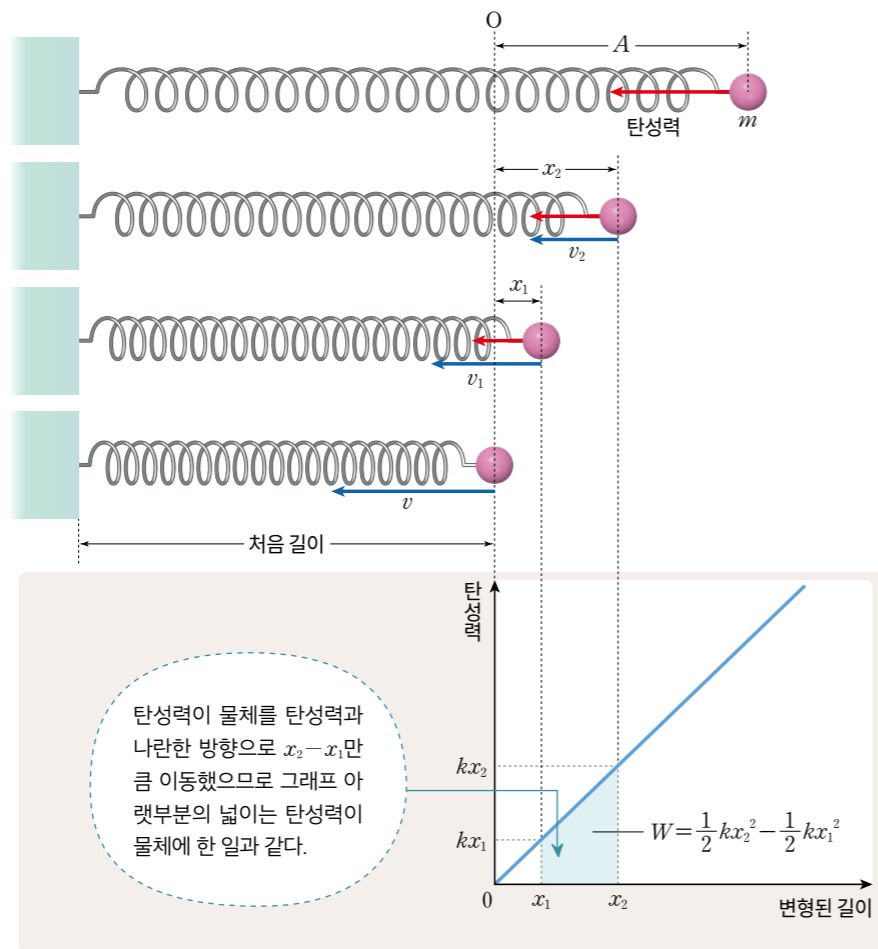


그림 I-34 탄성력이 물체에 한 일

이는 마찰이나 공기 저항이 없을 때 용수철에 연결되어 운동하는 물체의 역학적 에너지는 일정하게 보존된다는 것을 뜻한다. 즉, 탄성력만 받아 운동하는 물체에서도 역학적 에너지 보존 법칙이 성립한다.

물체가 중력이나 탄성력을 받아 운동할 때 역학적 에너지가 어떻게 전환되고 보존되는지 다음 활동을 하면서 알아보자.

디지털 해보기

탐구 능력 | 의사 결정 능력

모의실험



모의실험으로 역학적 에너지 전환과 보존 확인하기

1. 모듈별로 인터넷에서 중력 또는 탄성력이 작용할 때 역학적 에너지 전환과 보존을 확인할 수 있는 모의실험을 찾아 실행한다.
  2. 모의실험에서 물체의 운동을 관찰하고, 물체가 운동하는 동안 운동 에너지, 위치 에너지, 역학적 에너지가 어떻게 변하는지 관찰한다.
- 공유 모의실험의 내용을 정리하고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.

준비물

- 스마트 기기

활동 길잡이

모의실험을 검색할 때 검색어를 구체적으로 입력하면 쉽게 찾을 수 있다.  
(예) 역학적 에너지 모의실험, 역학적 에너지 시뮬레이션 등

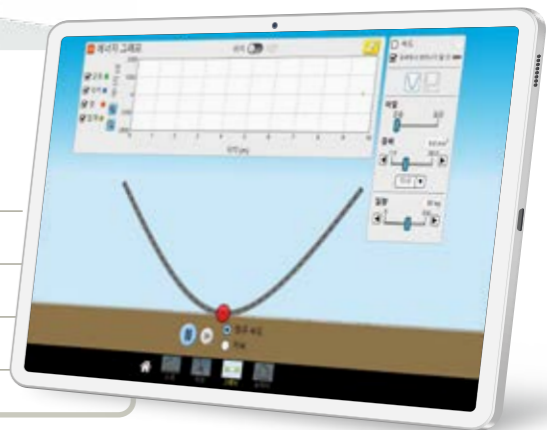


예시

레일 위에서 운동하는 물체

중력만을 받아 레일 위에서 운동하는 물체의 운동 에너지, 중력에 의한 위치 에너지, 역학적 에너지를 관찰할 수 있다.

구분	운동 에너지	위치 에너지	역학적 에너지
높은 곳 → 낮은 곳	증가	감소	일정
낮은 곳 → 높은 곳	감소	증가	일정



스스로 확인

1. 물체가 자유 낙하 운동을 할 때 물체에 중력이 한 일만큼 물체의 ( ) 에너지가 증가한다.
2. 탄성력만 받아 운동하는 물체의 운동 에너지가 12 J에서 10 J로 감소했다면, 탄성력에 의한 위치 에너지는 몇 J 증가했는가?

스스로 정리

공유 일·운동 에너지 정리나 역학적 에너지 보존을 잘 이해했는지를 확인할 수 있는 문제를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 02

## 역학적 에너지와 열

**학습 목표** 역학적 에너지가 열의 형태로 전환될 때 에너지 총량이 변하지 않음을 설명할 수 있다.

미끄럼틀을 타면 엉덩이가 따뜻해지는 것을 느낄 수 있다. 미끄럼틀에서 내려오는 동안 어떤 에너지 전환이 일어난 것일까?



### 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우

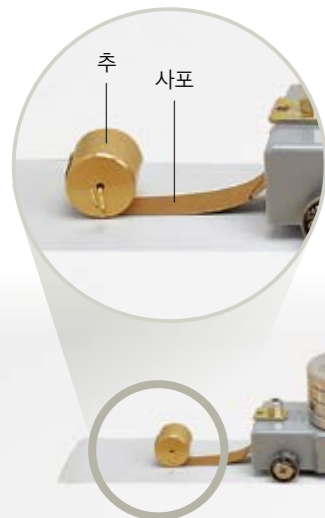
바닥에 공을 굴리면 공은 굴러가다가 멈춘다. 이는 마찰이나 공기 저항 등이 작용해 공의 역학적 에너지가 보존되지 않고 점점 감소하기 때문이다. 이때 감소한 역학적 에너지는 어떻게 되었을까? 다음 활동을 하면서 알아보자.

실험 영상



**준비물**

- 수레
- 감열지
- 사포
- 추
- 접착테이프



해보기

### 마찰이 작용할 때 역학적 에너지 변화 알아보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

1. 사포가 바닥면에 닿은 채로 늘어서도록 사포를 수레 뒤쪽에 붙인 뒤, 사포의 끝부분에 추를 붙인다.
2. 감열지를 책상에 길게 놓는다.
3. 수레를 감열지 위에서 가볍게 밀어 출발시킨 뒤 감열지에 나타난 변화를 관찰한다.

3에서 감열지에 어떤 변화가 나타났는가?



3에서 관찰한 결과를 통해 어떤 에너지 전환이 일어났는지 설명해 보자.



\* 감열지 열을 가하면 색이 나타나는 종이다.

그림 I-35와 같이 수레는 감열지 위에서 감열지에 흔적을 남기며 속도가 점점 느려지는 운동을 한다. 이는 사포와 감열지가 마찰하는 부분에서 열이 발생하면서 수레의 운동 에너지가 점점 감소하기 때문이다. 이처럼 마찰이나 공기 저항이 있으면 역학적 에너지의 일부가 열에너지로 전환되므로 역학적 에너지는 보존되지 않고 감소한다.

**열에너지와 열**  
물질을 이루는 입자들의 운동 에너지를 열에너지라고 한다. 그리고 온도 차에 따른 에너지 전달 방식을 열이라고 한다.



그림 I-35 역학적 에너지가 열의 형태로 전환되는 운동

그림 I-36과 같이 사람이 미끄럼틀의 A 지점에서 C 지점까지 내려오는 동안 역학적 에너지는 점점 감소하고, 마찰에 따른 열에너지는 점점 증가한다. 이 과정에서 감소한 역학적 에너지와 증가한 열에너지의 양은 같다. 즉, 역학적 에너지와 열 에너지를 더한 총에너지는 일정하다.

이처럼 에너지는 전환 과정에서 새로 생겨나거나 소멸되지 않고, 그 총량은 항상 일정하게 보존된다. 이를 **에너지 보존 법칙**이라고 한다.

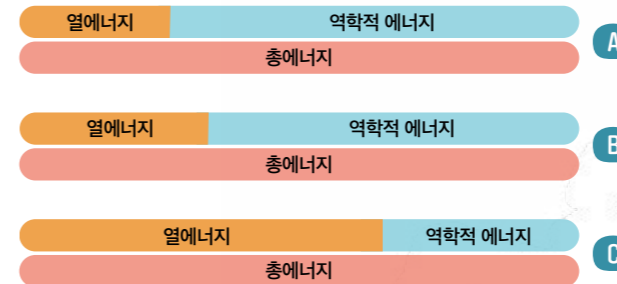


그림 I-36 미끄럼틀에서 내려오는 사람의 에너지

### 잠깐 활동

그림 I-36의 B와 C에서 사람의 역학적 에너지가 각각 1400 J, 800 J이라면, 사람이 B에서 C까지 내려오는 동안 발생한 열에너지는 몇 J인지 설명해 보자.



**연계 중학교 과학**

열의 이동 방식, 물질의 상태 변화와 열에너지 출입 관계, 구름과 강수 및 바람이 부는 까닭에 대해 배웠다.

**열의 형태로 전달된 에너지에 의한 현상**

열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. 이를 열전달이라고 한다. 열전달 방법에는 그림 I-37과 같이 전도, 대류, 복사가 있다. 열전달 과정에서 열에너지를 얻은 물질은 온도가 높아지고, 열에너지를 잃은 물질은 온도가 낮아진다.



그림 I-37 열전달 방법

→ 열에너지를 방출하는 과정  
← 열에너지를 흡수하는 과정

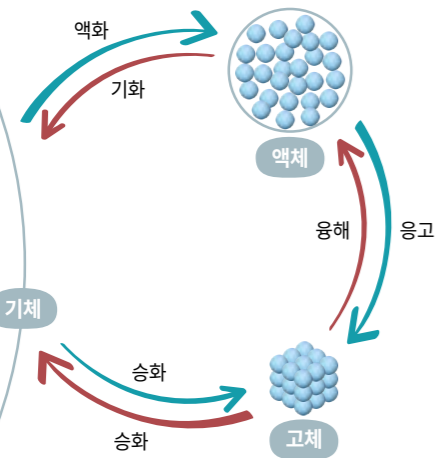


그림 I-38 물질의 상태 변화

물질이 상태 변화 할 때에는 물질과 그 주변 사이에서 열이 이동하지만 물질의 온도는 변하지 않는다. 그림 I-38과 같이 용해, 기화, 고체에서 기체로의 승화가 일어날 때에는 열에너지를 흡수하고 반대의 경우에는 열에너지를 방출한다. 이때 물질이 흡수하거나 방출하는 열에너지는 물질의 온도를 변화시키지 않고 물질의 상태를 변화하는 데 쓰인다.

100 °C 물 1 kg이 수증기가 되는 데 필요한 에너지는 질량이 22600 kg인 물체를 약 10 m 높이까지 들어 올리는 데 필요한 역학적 에너지와 비슷하다.

따라서 지구상의 바다나 강 등에서 열에너지를 흡수해 증발한 수증기는 큰 에너지를 갖는다. 이 에너지는 열에너지의 흡수나 방출 과정, 그리고 에너지 전환을 거치면서 대기와 물의 순환 과정을 통해 그림 I-39와 같은 여러 가지 기상 현상을 일으키는 원인이 된다.

그림 I-39 여러 가지 기상 현상



**스스로 확인**

- 1 에너지는 전환 과정에서 새로 생겨나거나 소멸되지 않고, 그 총량은 항상 일정하게 보존된다는 것을 ( ) 법칙이라고 한다.
- 2 물이 수증기로 상태가 변할 때 열에너지를 ( 흡수, 방출 ) 하고, 수증기가 물로 상태가 변할 때 열에너지를 ( 흡수, 방출 ) 한다.

**스스로 정리**

**공유** '역학적 에너지와 열' 단원의 내용을 담은 네 칸 만화를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 03

## 에너지 효율

**학습 목표** 열에너지가 역학적 에너지로 전환되는 과정의 효율을 이해하고 연구 기관이 불가능함을 논증할 수 있다.

자동차가 한참 동안 달리고 나면 엔진이 매우 뜨거워진다. 그 까닭은 무엇일까?



### 열에너지가 역학적 에너지로 전환되는 과정

마찰이나 공기 저항이 있으면 물체가 운동할 때 열이 발생하고 역학적 에너지가 점점 감소한다. 그렇다면 역학적 에너지를 얻기 위해 열을 이용할 수는 없을까? 다음 활동을 하면서 알아보자.

#### 실험 영상



#### 준비물

- 스텔링 엔진
- 비커(250 mL)
- 뜨거운 물(40 °C ~ 70 °C)
- 얼음
- 보안경
- 면장갑

#### 안전

뜨거운 물이 담긴 비커를 다룰 때에는 보안경과 면장갑을 착용하고, 비커가 깨지지 않게 주의한다.

### 해보기

#### 열로 역학적 에너지를 얻는 과정 관찰하기

1. 뜨거운 물이 담긴 비커 위에 스텔링 엔진을 올리고, 스텔링 엔진 위에 얼음을 올린다.
2. 스텔링 엔진의 휠을 가볍게 돌려 스텔링 엔진이 작동하게 한다.
3. 스텔링 엔진이 작동할 때 에너지 전환 과정을 관찰한다.

- 스텔링 엔진이 작동하는 동안 열은 어떤 방향으로 이동하는지 사진에 화살표로 표시하고, 어떤 에너지 전환이 일어나는지 토의해 보자.

스텔링 엔진은 뜨거운 물로부터 열을 얻고 외부로 열을 내보내는 과정을 반복하면서 휠을 돌린다. 즉, 스텔링 엔진을 통해 열에너지가 역학적 에너지로 전환되는 것이다.



Q 탐구 능력

### 에너지 효율

그림 I-40과 같이 스텔링 엔진에 공급한 열에너지는 모두 휠을 돌리는 역학적 에너지로 전환되지 않고, 일부는 주변의 온도가 낮은 부분으로 방출된다. 이 과정에서 항상 에너지 보존 법칙이 성립한다. 따라서 공급한 열에너지는 전환된 역학적 에너지와 방출된 열에너지의 합과 같다.

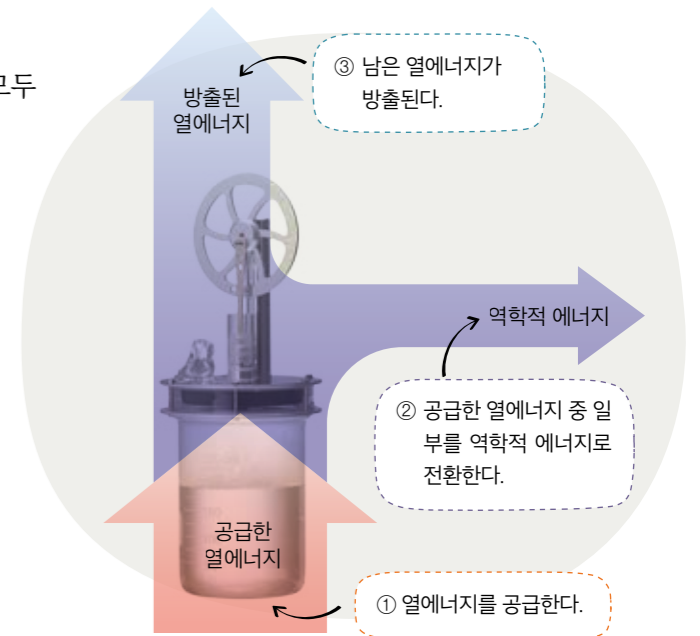
이러한 에너지 전환 과정에서의 효율을 다음과 같이 공급한 열에너지에 대해 역학적 에너지로 전환된 비율로 나타낼 수 있다.

$$\text{에너지 효율} = \frac{\text{역학적 에너지}}{\text{공급한 열에너지}}$$

인류는 현대 기술 문명을 발전시켜 오면서 필요한 역학적 에너지의 많은 부분을 열에너지로부터 얻어 왔다. 예를 들어 그림 I-41과 같은 교통수단들은 대부분 엔진에 열에너지를 공급하여 이동에 필요한 역학적 에너지를 얻는다. 이때 엔진에 공급하는 열에너지는 주로 화석 연료를 연소해서 얻는다.

이렇게 열에너지를 역학적 에너지로 전환하는 과정에서 반드시 주변으로 방출하는 열에너지가 생기기 때문에 에너지 효율이 1이 될 수 없다. 즉, 필요한 에너지를 얻기 위해 화석 연료를 사용할 때마다 다시 사용하기 어려운 열에너지가 방출된다. 따라서 현대 기술 문명에서 에너지 효율을 높이고, 또 얻은 역학적 에너지를 효율적으로 이용하는 것은 매우 중요하다.

그림 I-41 열에너지를 역학적 에너지로 전환해 이동하는 다양한 교통수단



#### 연계 통합과학2

에너지 효율의 의미와 중요성을 '환경과 에너지' 단원에서 배웠다.

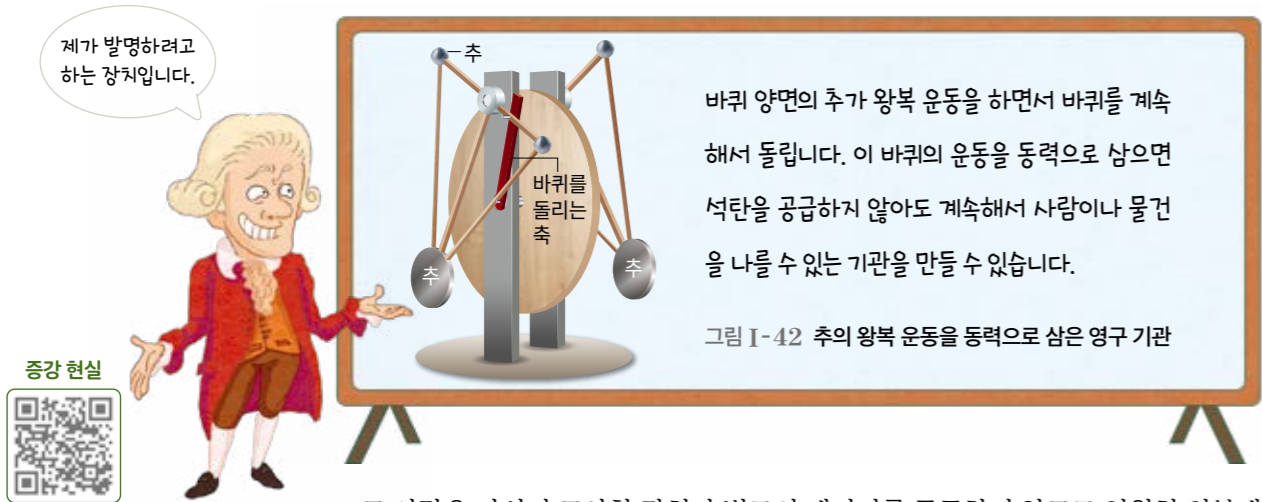
#### 스스로 확인

- 1 같은 열에너지로부터 얻은 역학적 에너지가 (작을, 클)수록 에너지 효율이 높다.
- 2 열에너지는 모두 역학적 에너지로 전환할 수 있다. (○, ×)

## 영구 기관

1700 년대에 석탄을 태워 얻은 열에너지를 역학적 에너지로 전환할 수 있는 증기 기관이 발명되었다. 증기 기관은 당시 공장이나 탄광에서 많은 사람이 해야 할 일을 대신하고 교통수단으로도 쓰이며 산업 혁명의 원동력이 되었다. 하지만 증기 기관으로부터 역학적 에너지를 얻으려면 많은 양의 석탄을 태워야 했다.

이에 18 세기에는 많은 사람들이 에너지를 공급하지 않고도 계속해서 일을 할 수 있는 영구 기관에 관심을 가졌다. 한 예로 그림 I-42와 같이 큰 바퀴에 몇 개의 추를 매단 장치를 소개하며 영구 기관이라고 주장하는 사람이 있었다.



바퀴 양면의 추가 왕복 운동을 하면서 바퀴를 계속 해서 돌립니다. 이 바퀴의 운동을 동력으로 삼으면 석탄을 공급하지 않아도 계속해서 사람이나 물건을 나눌 수 있는 기관을 만들 수 있습니다.

그림 I-42 추의 왕복 운동을 동력으로 삼은 영구 기관

증강 현실



그 사람은 자신이 고안한 장치가 별도의 에너지를 공급하지 않고도 영원히 외부에 일을 할 수 있는 영구 기관이라고 주장했다. 그러나 추와 바퀴의 역학적 에너지의 일부가 점점 외부에 한 일로 전환되므로 추와 바퀴가 결국 정지한다. 즉, 외부에서 에너지를 공급하지 않고 무한히 일을 하는 것은 에너지 보존 법칙에 위배되므로 영구 기관은 실현 불가능하다.

그림 I-43과 같이 연료를 사용하지 않고 바닷물로부터 열을 얻어 움직이는 영구 기관을 제시한 사람도 있었다. 하지만 온도가 낮은 바닷물에서 온도가 높은 엔진으로 열이 저절로 이동할 수 없기 때문에 이 영구 기관 또한 실현 불가능하다.

그림 I-43 바닷물로부터 열을 얻어 움직이는 영구 기관



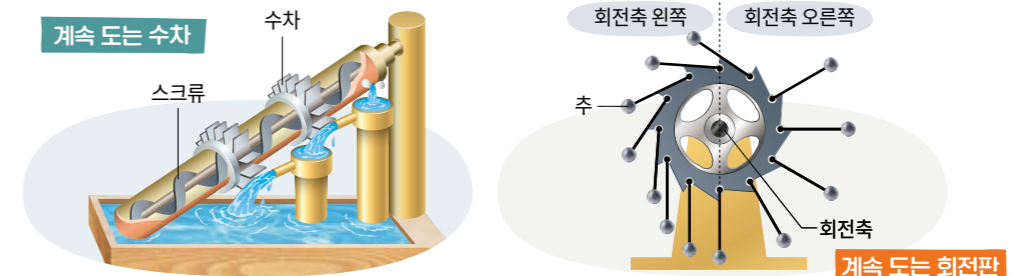
다음 활동을 하면서 영구 기관이라고 주장하는 몇 가지 사례를 살펴보고, 사례별로 영구 기관이 될 수 없다는 것을 논증해 보자.

## 해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

### 영구 기관의 가능성 논증하기

영구 기관을 고안한 다음 사례를 살펴본다.



물이 낙하하면서 수차를 돌리면 스크류가 회전하면서 물을 다시 끌어 올린다. 이 물이 다시 떨어지면서 수차를 계속 돌린다.

추가 회전축 왼쪽에 더 많이 있으므로 회전판의 왼쪽 부분이 더 큰 힘을 받아 반시계방향으로 계속 회전한다.

● 계속 도는 수차가 과학적으로 타당한지 다음 과정을 통해 논증해 보자.

- 1 물이 떨어지는 동안의 역학적 에너지 전환과 스크류가 물을 끌어 올리는 일을 하는 과정을 파악한다.
- 2 1에서 스크류가 물을 끌어 올리는 과정에서 어떤 에너지 전환이 일어나는지 분석한다.
- 3 끌어 올린 물이 가진 역학적 에너지는 처음에 가졌던 역학적 에너지와 같을 수 있는지를 논증한다.



● 계속 도는 회전판이 과학적으로 타당한지 다음 과정을 통해 논증해 보자.

- 1 각 추로부터 회전축을 지나는 연직 선까지의 거리를 파악한다.
- 2 회전판이 돌아가기 위해 각 추가 작용하는 돌림힘의 크기와 1의 관계를 분석한다.
- 3 1, 2를 바탕으로 하여 회전판이 계속 한쪽 방향으로 회전하는 것이 가능한지의 여부를 논증한다.



#### 스스로 확인

- 1 에너지를 공급하지 않고도 계속해서 일을 할 수 있는 기관을 ( ) (이) 라고 하는데, 이는 ( ) 법칙에 위배되기 때문에 실제로는 존재할 수 없다.
- 2 만약 모든 마찰을 무시할 수 있다면 영구 기관은 존재할 수 있다. ( O, X )

#### 스스로 정리

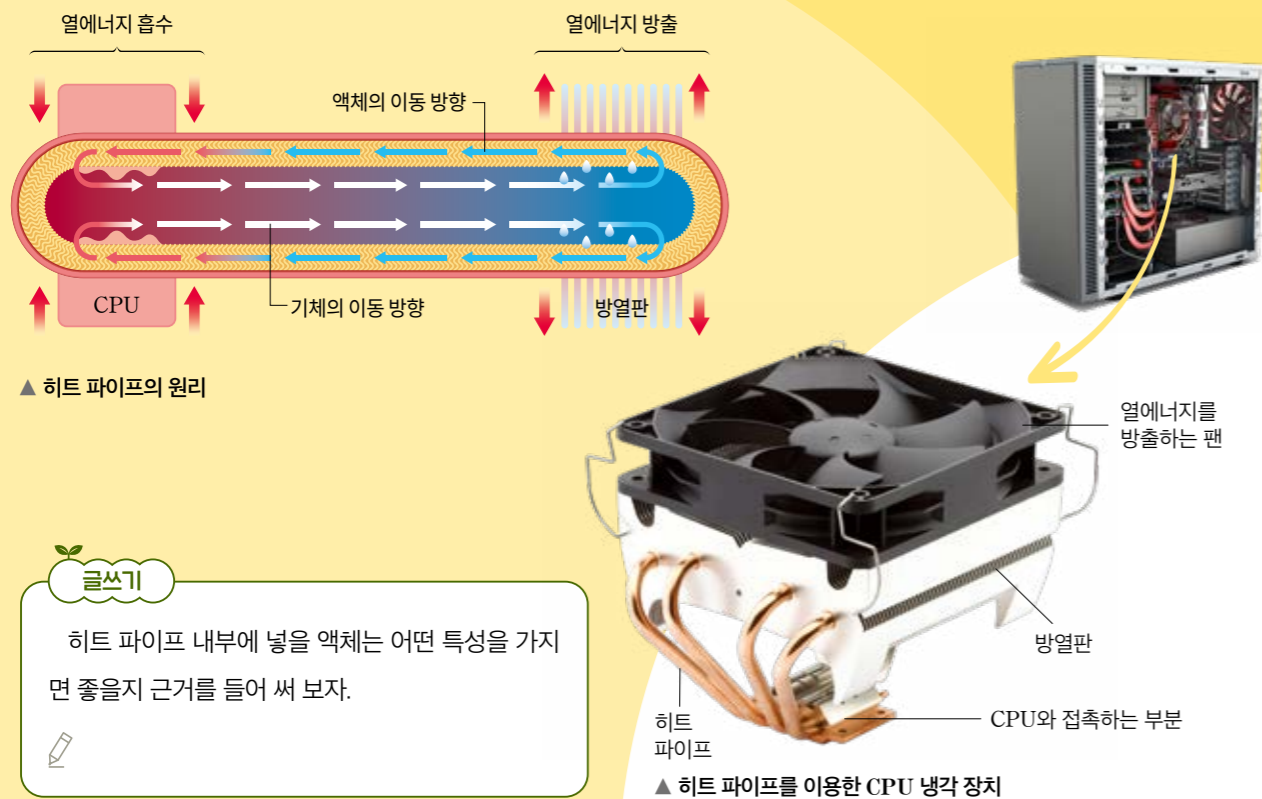
**공유** 영구 기관을 발명했다고 주장하는 사람에게 속지 않을 것을 당부하는 문구를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

## 컴퓨터의 열을 식히는 히트 파이프

컴퓨터의 중앙 처리 장치(CPU)는 초당 수억 번의 명령을 처리하는데, 이 과정에서 많은 열에너지가 발생한다. 컴퓨터에는 이 열에너지를 방출하기 위한 몇 가지 장치들이 있는데, 그중 하나가 히트 파이프(heat pipe)이다.

히트 파이프 내부에는 소량의 액체가 있다. 액체는 CPU가 방출한 열에너지를 흡수해 기화한다. 기화된 기체는 방열판으로 이동하여 열에너지를 방출해 액화하고, 액화된 액체는 다시 CPU로 이동하여 열에너지를 흡수해 기화하는 과정을 반복한다. 히트 파이프를 통해 방열판으로 모인 열에너지는 회전하는 팬을 통해 컴퓨터 외부로 방출된다.

즉, CPU에서 발생한 열을 히트 파이프를 통해 열 방출 장치에 전달하는 방식으로 CPU를 식히는 것이다.



글쓰기

히트 파이프 내부에 넣을 액체는 어떤 특성을 가지면 좋을지 근거를 들어 써 보자.



## 지속가능한 친환경 에너지를 개발하는 신재생 에너지 전문가

최근 화석 연료를 대체할 수 있는 신재생 에너지가 주목을 받고 있다. 신재생 에너지는 고갈될 염려가 없고, 화석 연료에 비해 친환경적인 지속가능한 에너지이다. 신재생 에너지 전문가는 이러한 신재생 에너지를 개발하고 발전시키는 사람이다. 하지만 현재 신재생 에너지는 효율이 비교적 낮아 여전히 화석 연료의 의존도가 높은 편이므로, 향후 세계적으로 신재생 에너지 전문가가 많이 필요할 전망이다.

어떤 역량을 가지면 좋을까?

- 태양광, 풍력, 바이오에너지, 수소 에너지 등을 효율적으로 이용할 방법을 논리적으로 생각하고 문제를 해결할 수 있는 수리력과 논리력
- 신재생 에너지로 전기를 생산하는 여러 시설물의 위치를 머릿속으로 그릴 수 있는 공간 지각력

어떻게 준비할까?

- 환경 공학, 화학 공학, 전자 공학 등을 전공해 신재생 에너지와 관련한 전문적인 지식을 쌓는다.

체험 학습

신재생 에너지 체험관 누리집을 검색해 보고, 신재생 에너지 체험관 견학 계획을 세워 보자.

한국에너지공단 누리집



## 01 일과 에너지

1. 일: 물체에 힘이 작용해 물체가 힘과 나란한 방향으로 이동할 때 힘이 ①  을/를 한다고 한다.



$$W = Fs$$

2. 일운동 에너지 정리: 알짜힘이 물체에 한 일만큼 물체의 ②  이/가 변한다.

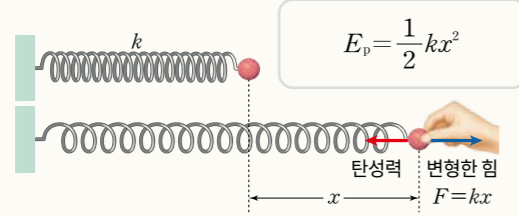
### 3. 위치 에너지

- (1) ③  에 의한 위치 에너지: 기준면으로부터 어떤 높이에 있는 물체가 갖는 에너지  $\rightarrow$  중력에 대해 일을 하면 중력에 의한 위치 에너지가 증가한다.



$$E_p = mgh$$

- (2) ④  에 의한 위치 에너지: 용수철과 같이 탄성을 가진 물체가 변형되었을 때 갖는 에너지  $\rightarrow$  탄성력에 대해 일을 하면 탄성력에 의한 위치 에너지가 증가한다.



$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

4. ⑤  에너지 보존 법칙: 마찰이나 공기 저항이 없을 때 중력 또는 탄성력만을 받아 운동하는 물체의 운동 에너지와 위치 에너지 합은 일정하게 보존된다.

- (1) 중력에 의한 역학적 에너지 보존

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

- (2) 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

$$\frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

## 02 역학적 에너지와 열

1. 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우: 물체가 마찰이나 공기 저항을 받으며 운동할 때 역학적 에너지의 일부가 ⑥  (으)로 전환되므로 역학적 에너지가 보존되지 않는다.

2. ⑦  법칙: 에너지는 전환 과정에서 새로 생겨나거나 소멸되지 않고, 그 총량은 항상 일정하게 보존된다.

### 3. 열의 형태로 전달된 에너지에 의한 현상

- (1) 열전달: 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로의 에너지 이동이며, 열전달 방법에는 전도, 대류, 복사가 있다.  
 (2) 물질의 상태 변화

열에너지를	열에너지로
⑧ <input type="text"/> 하는 상태 변화	⑨ <input type="text"/> 하는 상태 변화
<ul style="list-style-type: none"> <li>고체 <math>\rightarrow</math> 액체나 기체</li> <li>액체 <math>\rightarrow</math> 기체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기체 <math>\rightarrow</math> 액체나 고체</li> <li>액체 <math>\rightarrow</math> 고체</li> </ul>

- (3) 기상 현상: 열에너지를 흡수해 생긴 수증기의 큰 에너지는 바람, 구름, 비, 태풍과 같은 기상 현상을 통해 역학적 에너지로 전환되기도 한다.

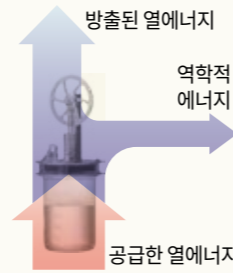
## 03 에너지 효율

### 1. 열에너지가 역학적 에너지로 전환되는 과정

- (1) 에너지 전환: 공급한 열에너지의 일부를 역학적 에너지로 전환하고, 남은 열에너지는 방출된다.  
 (2) 에너지 보존: 공급한 열에너지는 역학적 에너지와 방출된 열에너지의 합과 같다.  
 (3) 에너지 효율: 공급한 열에너지에 대해 역학적 에너지로 전환된 비율로 효율을 나타낼 수 있다.

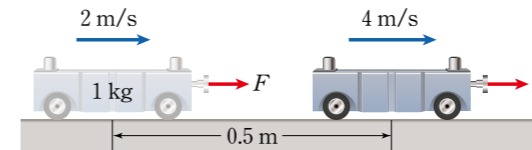
$$\text{에너지 효율} = \frac{\text{역학적 에너지}}{\text{공급한 열에너지}}$$

2. ⑩  : 에너지 공급 없이 계속해서 일을 할 수 있는 기관이다.  $\rightarrow$  에너지 보존 법칙에 위배되므로 실현 불가능하다.



## 평가하기

- 01 그림과 같이 2 m/s의 속도로 운동하는 질량 1 kg인 물체에 운동 방향과 같은 방향으로 힘 F가 작용해 물체가 0.5 m 이동했더니, 물체의 속도가 4 m/s가 되었다.

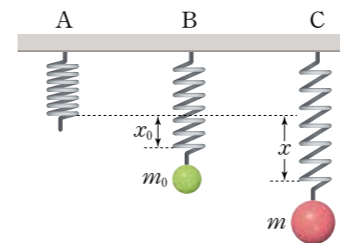


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 마찰이나 공기 저항은 무시한다.)

- 보기  
 ㄱ. 운동 에너지 증가량은 6 J이다.  
 ㄴ. F가 물체에 한 일은 8 J이다.  
 ㄷ. F = 4 N이다.

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

- 02 그림은 한끝을 고정한 동일한 세 용수철 A, B, C의 모습을 나타낸 것이다. A에는 아무 물체도 매달지 않았고, B에 질량  $m_0$ 인 물체를 매달았더니  $x_0$ 만큼 늘어났으며, C에 질량  $m$ 인 물체를 매달았더니  $x$ 만큼 늘어났다. 탄성력에 의한 위치 에너지는 C가 B의 4 배이다.

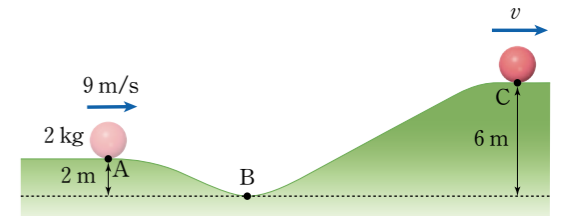


m과 x를 옳게 짝 지은 것은?

- |            |            |
|------------|------------|
| ① $1.5m_0$ | ② $1.5m_0$ |
| ③ $2m_0$   | ④ $2m_0$   |
| ⑤ $2.5m_0$ |            |

서술형                      중력에 의한 역학적 에너지 보존 51 쪽

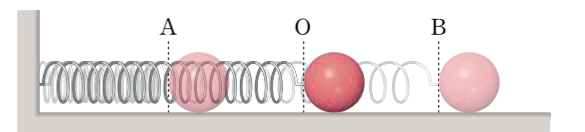
- 03 그림은 질량이 2 kg인 물체가 A 지점을 9 m/s의 속도로 통과하여 B 지점을 지난 뒤, C 지점을 v의 속도로 통과하는 모습을 나타낸 것이다. A 지점과 B 지점의 높이 차는 2 m이고, B 지점과 C 지점의 높이 차는 6 m이다.



v는 몇 m/s인지 풀이 과정과 함께 구하시오.(단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 마찰이나 공기 저항은 무시한다.)

탄성력에 의한 역학적 에너지 보존 52 쪽

- 04 그림과 같이 수평면에 용수철을 고정하고 물체를 매달아 평형 위치 O에서 B까지 당겼다가 놓았더니 물체가 O를 지나 A까지 운동했다가 B까지 되돌아오는 왕복 운동을 한다.



이 물체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?(단, 마찰이나 공기 저항은 무시한다.)

- ① B에서 운동 에너지는 0이다.  
 ② A에서 탄성력에 의한 위치 에너지는 최대이다.  
 ③ A에서 B 사이 모든 위치에서 역학적 에너지는 같다.  
 ④ O에서 운동 에너지는 최대이고, 탄성력에 의한 위치 에너지는 0이다.  
 ⑤ 물체가 O에서 B까지 운동하는 동안 탄성력에 의한 위치 에너지는 점점 감소한다.

역학적 에너지가 열의 형태로 전환되는 경우 54 쪽

05 그림과 같이 마찰이 있는 선로를 따라 롤러코스터가 A, B, C 지점을 차례로 통과하는 동안 롤러코스터의 속력이 점점 증가한다.



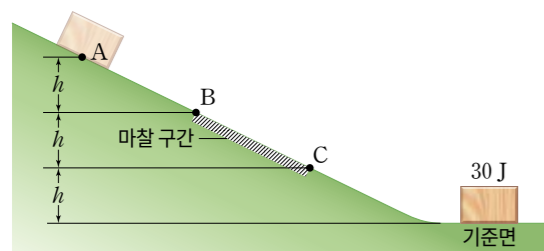
이 롤러코스터의 에너지에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 롤러코스터의 크기는 무시한다.)

- 보기
- ㉠. 운동 에너지는 A에서 B에서보다 크다.
  - ㉡. 중력에 의한 위치 에너지는 B에서 C에서보다 크다.
  - ㉢. 역학적 에너지는 A, B, C에서 모두 같다.

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

서술형 에너지 보존 법칙 55 쪽

06 그림은 물체가 빗면의 A, B, C 지점을 차례로 지난 뒤 기준면에서 운동 에너지가 30 J인 모습을 나타낸 것이다. B 지점에서 C 지점까지는 마찰 구간이며, 마찰 구간에서 물체는 등속 운동을 한다. C 지점을 통과한 직후 운동 에너지는 중력에 의한 위치 에너지의 2 배이다.(단, 마찰 구간에서의 마찰을 제외한 모든 마찰 및 공기 저항, 물체의 크기는 무시한다.)



- (1) 마찰 구간에서 발생한 열에너지는 몇 J인지 풀이 과정과 함께 구하시오.
- (2) A 지점에서 운동 에너지는 몇 J인지 풀이 과정과 함께 구하시오.

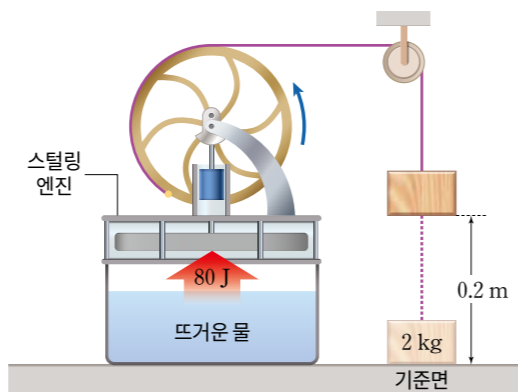
열의 형태로 전달된 에너지에 의한 현상 56 쪽

07 열과 관련한 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 열은 온도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 이동한다.
- ② 고체가 액체나 기체로 상태가 변하려면 열에너지를 흡수해야 한다.
- ③ 100 °C 물이 수증기로 상태가 변하는 동안에는 온도가 변하지 않는다.
- ④ 바람, 구름, 비와 같은 기상 현상이 일어나려면 열 에너지를 흡수하거나 방출하는 과정이 필요하다.
- ⑤ 저위도 해상에서 만들어진 수증기가 구름이 되면서 방출한 열에너지가 에너지 전환 과정을 거쳐 태풍이 되기도 한다.

에너지 효율 59 쪽

08 그림은 뜨거운 물이 담긴 수조 위에 스텔링 엔진을 올려 두었더니 스텔링 엔진이 80 J의 열에너지를 흡수해 질량 2 kg인 물체를 기준면으로부터 0.2 m만큼 들어 올린 뒤 정지한 모습을 나타낸 것이다.



이 스텔링 엔진의 효율은?(단, 중력 가속도는 10 m/s<sup>2</sup> 이고, 마찰이나 공기 저항은 무시한다.)

- ① 1/80
- ② 1/50
- ③ 1/20
- ④ 1/15
- ⑤ 1/10

에너지 효율 59 쪽

09 표는 어떤 자동차가 주행할 때 전환된 에너지를 모두 나타낸 것이다.

에너지의 형태	에너지의 양
부품에서 방출한 열에너지	2Q
배기가스, 지면과 마찰 등으로 방출한 열에너지	4Q
자동차의 운동 에너지	3Q
기타 열에너지	Q

이 자동차의 에너지 효율은?

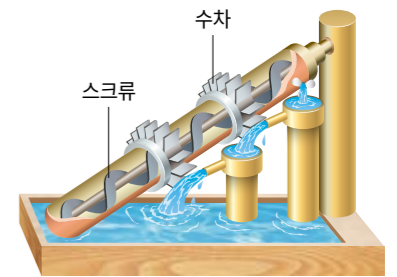
- ① 1/10
- ② 3/20
- ③ 1/5
- ④ 1/4
- ⑤ 3/10

서술형

영구 기관 60 쪽

10 다음은 영구 기관이라고 주장하는 예이다.

물이 낙하하면 물이 처음 가진 역학적 에너지는 수차를 돌리는 일로 전환되고, 이 일은 떨어진 물을 끌어 올려 물의 역학적 에너지로 전환된다. 따라서 별도의 에너지 공급 없이 이러한 과정을 무한히 반복하며 수차를 계속 돌릴 수 있다.



모든 마찰을 무시하더라도 이 영구 기관이 불가능한 까닭을 서술하시오.

점검하기

이 단원의 학습 내용을 돌아보고, '아니오'에 표시한 부분은 해당 쪽으로 돌아가 다시 한번 학습해 보자.

단원명	지식·이해	과정·기능	가치·태도
01 일과 에너지	일과 운동 에너지의 관계와 위치 에너지, 역학적 에너지 보존 법칙을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 54 쪽	역학적 에너지 보존을 확인할 수 있는 모의실험을 찾고, 모의실험에서의 역학적 에너지 보존을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 53 쪽	일과 에너지의 관계 및 역학적 에너지 전환과 보존은 자연 현상을 이해하는 데 중요한 개념이라는 것을 이야기할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 48 쪽
02 역학적 에너지와 열	역학적 에너지가 열의 형태로 전환될 때 에너지 총량이 변하지 않는다는 것을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 55 쪽	역학적 에너지가 열의 형태로 전환되는 것을 실험을 통해 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 54 쪽	열전달, 물질의 상태 변화, 기상 현상 등 열이 우리 생활과 밀접하게 관련된다는 것을 이야기할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 56 쪽
03 에너지 효율	열에너지가 역학적 에너지로 전환되는 과정의 효율을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 59 쪽	영구 기관의 사례를 읽고, 그 영구 기관이 불가능하다는 것을 논증할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 61 쪽	에너지를 효율적으로 이용하는 것은 현대 기술 문명에서 중요하다는 것을 이야기할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 59 쪽

# 걸음 수를 세는 장치 만들기



사람이 걸을 때에는 앞으로 나아가는 방향(x축), 연직 방향(y축), 양옆 방향(z축)에서 모두 가속도가 생긴다. 모둠원들과 함께 마이크로프로세서에 사람이 걸을 때의 가속도를 인식하는 코딩을 적용해서 걸음 수를 세는 장치를 만들어 보자.

## 1 토의

가속도계가 내장된 마이크로프로세서와 관련한 코딩 방법에 대해 조사해 보자. 그리고 우리가 걸을 때 가속도는 어느 정도이며, 이를 코딩에 어떻게 적용할지 토의해 보자.

예시

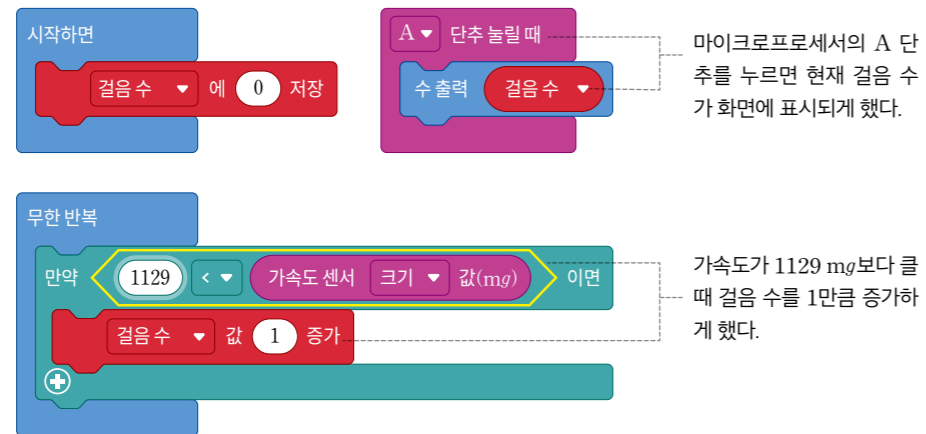
조사 결과 ○○ 마이크로프로세서는 중력 가속도를 1000 mg라는 크기로 나타낸다. 우리 모듬원의 보폭을 재 보니 평균 64 cm, 한 보폭을 내딛는 동안 걸린 시간은 평균 0.5 초였다. 등가속도 운동의 식  $s = \frac{1}{2}at^2$ 을 통해 예상한 가속도는 약 5.12 m/s<sup>2</sup>이고, x축 방향이다. 마이크로프로세서는 y축 방향 중력 가속도를 항상 인식하므로, 가속도 크기가  $\sqrt{(9.8)^2 + (5.12)^2}$  = 약 11.06(m/s<sup>2</sup>) 이상일 때 한 걸음을 인식할 것이다. 이를 마이크로프로세서의 단위로 환산하면 약 1129 mg이다.



## 2 코딩

토의한 내용을 바탕으로 하여 마이크로프로세서의 가속도계가 걸음을 인식해 걸음 수를 표시하는 코딩을 해 보자.

예시

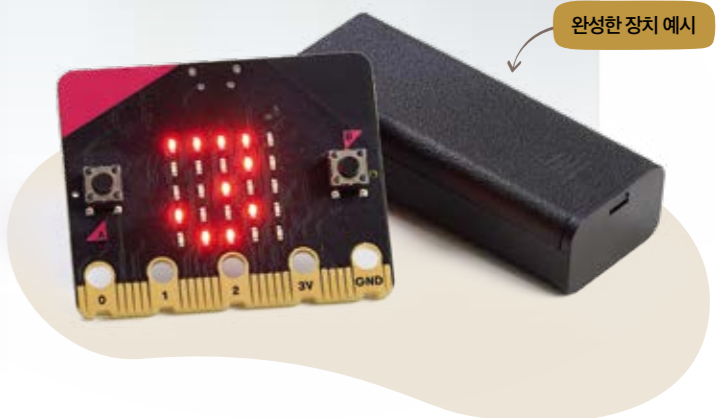


## 3 보완

코딩을 마이크로프로세서에 저장한 뒤 실제로 걸음 수를 잘 세는지 확인해 보자. 그리고 토의를 통해 보완점을 찾아 코딩을 수정해 보자.



완성한 장치 예시

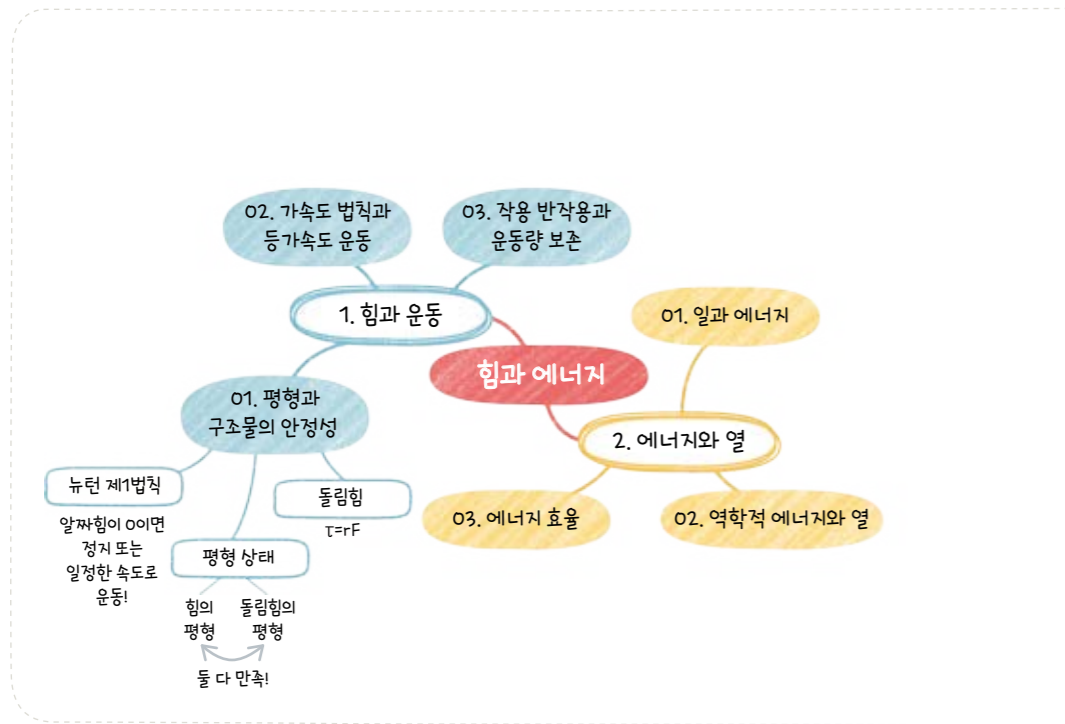


## 4 평가

모듬원들과의 토의, 코딩, 보완 과정을 떠올려 보고, 자기 모듬의 활동 과정과 결과물을 상중하로 평가해 보자.

평가 기준	평가		
토의 과정에서 모듬원들의 의견을 경청했는가?	상	중	하
마이크로프로세서를 이용해 코딩을 하는 과정에 흥미를 갖고 참여했는가?	상	중	하
장치가 걸음 수를 세고 그 값을 표현했는가?	상	중	하
실제 걸음 수와 장치가 센 걸음 수의 오차는 20 % 이내인가?	상	중	하
창의적이고 논리적인 방법으로 코딩이나 장치를 보완했는가?	상	중	하

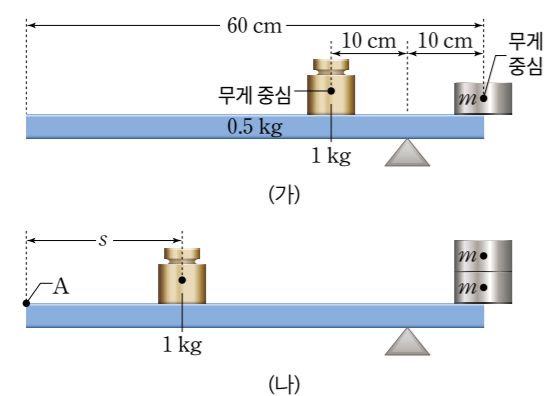
**공유** 핵심 용어를 모두 포함해 생각 그물을 완성하고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.



**핵심 용어**  
 뉴턴 제1법칙  
 돌림힘  
 평형 상태  
 가속도  
 뉴턴 제2법칙  
 등가속도 운동  
 뉴턴 제3법칙  
 운동량 보존  
 일운동 에너지 정리  
 위치 에너지  
 역학적 에너지  
 에너지 보존 법칙  
 에너지 효율  
 영구 기관

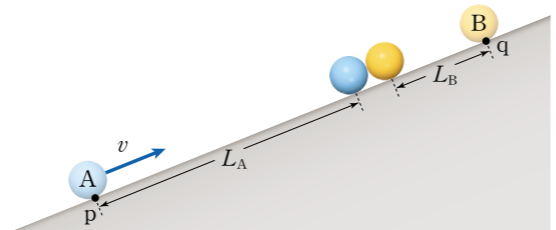
### 실력 확인하기

**01** 그림 (가)는 질량 0.5 kg, 길이 60 cm인 균일한 막대 위에 질량 1 kg인 추와 질량  $m$ 인 물체를 놓은 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 물체 위에 동일한 물체를 1 개 더 올리고, 추의 무게 중심을 막대의 A점으로부터 수평 거리  $s$ 만큼 떨어진 곳으로 옮긴 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)의 막대는 모두 평형 상태이다.



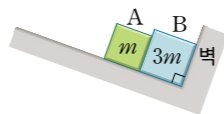
$s$ 는 몇 cm인지 구하시오.

**02** 그림은 빗면에서 물체 A가  $v$ 의 속도로 점 p를 통과하는 순간, 점 q에 물체 B를 가만히 놓는 모습을 나타낸 것이다. A, B는 빗면을 따라 각각  $L_A, L_B$ 만큼 이동해 같은 크기의 속도로 충돌한다.



$L_A : L_B$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오.(단, 마찰이나 공기 저항은 무시한다.)

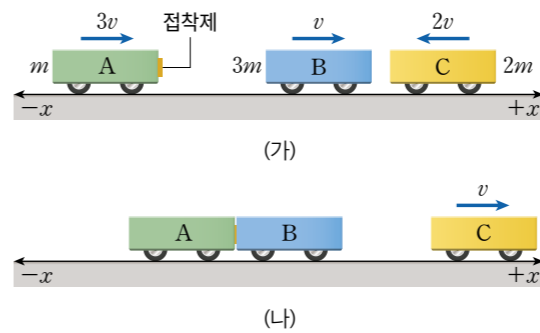
**03** 그림은 기울기가 일정한 빗면에 물체 A, B가 벽과 닿아 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각  $m, 3m$ 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 물체와 빗면 사이의 마찰은 무시한다.)



- 보기**
- ㄱ. A가 B를 미는 힘의 반작용은 B가 A를 미는 힘이다.
  - ㄴ. 벽이 B를 미는 힘의 크기와 B가 벽을 미는 힘의 크기는 같다.
  - ㄷ. B가 벽을 미는 힘의 크기는 B가 A를 미는 힘의 크기의 3 배이다.

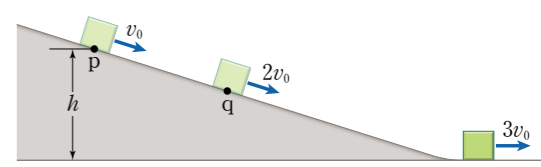
- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**04** 그림 (가)는 수평면에서 질량  $m$ 인 수레 A가  $+x$  방향으로  $3v$ 의 속도로, 질량  $3m$ 인 수레 B가  $+x$  방향으로  $v$ 의 속도로, 질량  $2m$ 인 수레 C가  $-x$  방향으로  $2v$ 의 속도로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 B, C가 충돌한 뒤 C는  $+x$  방향으로  $v$ 의 속도로 운동하고, A, B는 충돌해 한 덩어리가 된 모습을 나타낸 것이다.



(나)에서 한 덩어리가 된 A, B의 속도는 얼마인지 풀이 과정과 함께 구하시오.(단, 마찰이나 공기 저항은 무시한다.)

**05** 그림은 물체가 빗면에서 등가속도 운동을 하여 빗면 위의 점 p, q를 각각  $v_0, 2v_0$ 의 속력으로 지난 뒤 수평면에 도달했을 때 속력이  $3v_0$ 이 된 모습을 나타낸 것이다. 수평면으로부터 p의 높이는  $h$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 마찰이나 공기 저항 및 물체의 크기는 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. p에서 역학적 에너지는 수평면에 도달했을 때의 역학적 에너지와 같다.
  - ㄴ.  $v_0 = \sqrt{gh}$ 이다.
  - ㄷ. 수평면으로부터 q의 높이는  $0.6h$ 이다.

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

**06** 표는 열을 이용해 역학적 에너지를 얻는 장치 A~D에 공급한 열에너지와, 장치에서 방출한 열에너지를 나타낸 것이다.

장치	A	B	C	D
공급한 열에너지	$3Q$	$2.5Q$	$Q$	$4Q$
방출한 열에너지	$Q$	$0.5Q$	$0.5Q$	$Q$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

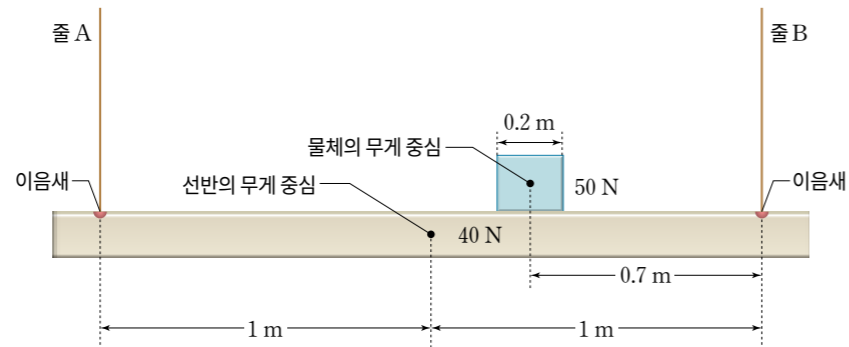
- 보기**
- ㄱ. A, D의 에너지 효율은 같다.
  - ㄴ. B, C에서 얻은 역학적 에너지는 같다.
  - ㄷ. 네 장치 중 B의 에너지 효율이 가장 높다.

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

과학 역량 키우기

과학적 탐구 능력  
평형 상태인 구조물을 분석해 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 적용하고, 이를 구조물 제작에 활용하는 과정에서 탐구 능력을 키운다.

07 그림은 줄 A, B에 매달린 무게 40 N인 균일한 막대 모양의 선반과, 선반에 놓인 무게 50 N인 물체가 평형 상태인 모습을 나타낸 것이다. 줄 A, B와 선반을 연결한 이음새는 선반의 무게 중심으로부터 각각 수평 거리 1 m만큼 떨어져 있다. 각 이음새에서 줄 A, B가 선반을 당기는 힘의 크기는 각각  $F_A$ ,  $F_B$ 이다. 물체의 무게 중심은 줄 B의 이음새로부터 수평 거리 0.7 m만큼 떨어져 있다.



(1) 다음 표에 선반에 작용하는 힘을 방향에 따라 분류하시오.

연직 위 방향으로 작용하는 힘	연직 아래 방향으로 작용하는 힘

(2) (1)에서 분류한 모든 힘이 힘의 평형을 이루고 있음을 수식으로 나타내시오.

(3) 회전축을 줄 B의 이음새로 잡을 때, 다음 표에 선반에 작용하는 돌림힘을 방향에 따라 분류하시오.

반시계방향으로 회전시키는 돌림힘	시계방향으로 회전시키는 돌림힘

(4) (3)에서 분류한 모든 돌림힘이 돌림힘의 평형을 이루고 있음을 수식으로 나타내시오.

(5) (2), (4)에서 나타낸 수식을 이용해  $F_A$ ,  $F_B$ 의 크기를 각각 구하시오.

(6) 물체를 줄 A, B 사이 어느 곳이나 놓을 수 있게 하려면 이음새는 최소 몇 N의 힘까지 버틸 수 있게 만들어야 할지 근거를 들어 서술하시오.

창의·융합 문제

08 다음은 교통사고 조사관이 보내온 전자 우편이다.

교통사고 현장 분석을 의뢰드립니다.

보낸 사람 교통사고 조사관

제한 속도가 100 km/h인 고속 도로 옆 비탈에서 갑작스럽게 도로 한가운데로 돌이 떨어졌습니다. 운전자는 낙석 발견 즉시 브레이크 페달을 밟아 다행스럽게도 낙석과 충돌하지 않았지만, 갑자기 멈추는 과정에서 자동차에 싣고 있던 물건이 파손되었습니다. 이에 운전자는 피해 보상을 요구했으나, 운전자의 교통 법규 준수 여부에 따라 보상액을 조정하려고 합니다.

다음은 이 사고와 관련한 자료입니다. 해당 자료를 과학적으로 분석해, 운전자의 과속 여부를 판단해 주십시오.

사고 현장 자료	
자동차 관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>자동차의 질량: 2500 kg</li> <li>브레이크 페달을 밟았을 때 제동력: 20000 N으로 일정</li> </ul>
도로 관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로 경사각: 0°</li> <li>도로면: 날씨가 맑아 전체적으로 물기 없이 마른 상태</li> </ul>

(1) 스키드 마크의 길이와 제동 거리는 어떤 관계가 있는지 서술하시오.(단, 브레이크 페달을 밟은 순간부터 도로에 스키드 마크가 생기기 시작한다.)

(2) 자동차 운전자가 브레이크 페달을 밟기 직전 자동차의 속력과 스키드 마크의 길이는 어떤 관계가 있는지 서술하시오.

(3) 자동차 운전자가 브레이크 페달을 밟기 직전 과속을 했는지를 근거를 들어 서술하시오 (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

과학적 의사 결정 능력  
스키드 마크를 분석해 자동차의 제동 거리를 알고, 이를 통해 사고 직전 자동차에 관한 정보를 추리해 과속 여부를 판단하는 과정에서 의사 결정 능력을 키운다.

'힘과 에너지' 단원을 학습하면서 자신이 공유한 결과물을 엮어 포트폴리오를 완성해 보자.



# II 전기와 자기



자연이 우리에게 던지시 건네는 소리를 편견 없이 받아들일 때, 자연은 친절하 친구가 되고 과학 실험에서 최고의 비평가가 되어 줄 거야.

패러데이(Faraday, M., 1791~1867)

## 1

### 전기장과 전기 에너지

전하를 띤 입자는 전기장을 만들어 다른 전하와 상호작용 하며, 이는 전기 회로에서 전기 에너지를 저장하고 소비하는 장치의 기본 원리라는 것을 설명할 수 있다.

## 2

### 전기과 자기의 상호작용

전기와 자기가 서로 관련되는 현상은 전기 에너지의 전환, 전기 신호와 에너지의 전달과 관련한 기술에 적용된다는 것을 설명할 수 있다.



'전기와 자기'라고 하면 무엇이 떠오르는가? 자유롭게 이야기해 보자.

공유



단원을 학습하면서 공유 플랫폼에 공유한 결과물을 모아 포트폴리오를 만들어 보자.

# 1

## 전기장과 전기 에너지

어떤 돌고래는 주둥이 끝으로 해저의 진흙을 뒤집어 작은 물고기를 잡아먹는다. 돌고래는 진흙 속 물체를 어떻게 감지 할까? 어류를 포함한 거의 모든 생물체는 근육과 뇌세포에서 미세한 전기장을 만드는데, 이를 감지해 먹잇감을 찾는 것이다. 이 단원을 학습하면서 전기장에 대해 알아보자.

- 01 전기장과 전위차
- 02 소비 전력과 전기 안전
- 03 축전기

학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

**단원 연계**

중학교 과학 전기와 자기

이 단원의 내용 전기력, 전기장, 전위, 전위차, 소비 전력, 축전기

전자기와 양자 전자기적 상호작용

**성취 기준 확인**

**지식·이해** 전기장과 전위차, 소비 전력, 축전기를 설명할 수 있다.

**과정·기능** 저항의 직렬연결과 병렬연결에서 전류와 전압을 측정하여 비교할 수 있다.

**가치·태도** 이 단원에서 배운 과학 원리가 생활 속 다양한 제품에 활용된다는 것을 인식하고 일상생활에서 전기 안전을 실천할 수 있다.

**스스로 계획**

알고 있는 것에 표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 전하	<input type="checkbox"/> 전기력	<input type="checkbox"/> 전기장
<input type="checkbox"/> 전위차	<input type="checkbox"/> 전류	<input type="checkbox"/> 전압
<input type="checkbox"/> 저항	<input type="checkbox"/> 옴의 법칙	<input type="checkbox"/> 전기 에너지
<input type="checkbox"/> 소비 전력	<input type="checkbox"/> 축전기	

나는 \_\_\_\_\_ 을/를 더 알고 싶다.

# 01

## 전기장과 전위차

**학습 목표** 전하를 띤 입자들이 전기장과 전위차를 형성하여 서로 전기적으로 상호작용 하는 것을 설명할 수 있다.

손목에 착용하는 스마트 기기로 심장에서 오는 신호를 측정하기도 한다. 어떻게 피부에서 인체 내부에 있는 심장의 신호를 감지할 수 있을까?



### 전기장

전하를 띤 두 물체 사이에는 **전기력**이 작용한다. 그림 II-1에서 두 전하 사이의 거리를  $r$ , 전하량을 각각  $q_1, q_2$ 라고 할 때 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기  $F$ 는 다음과 같다.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad [\text{단위: N}]$$

이것을 **쿨롱 법칙**이라고 한다. 전기력의 방향은 전하의 종류가 다를 때는 서로 끌어당기는 방향이고, 전하의 종류가 같을 때는 서로 밀어 내는 방향이다.

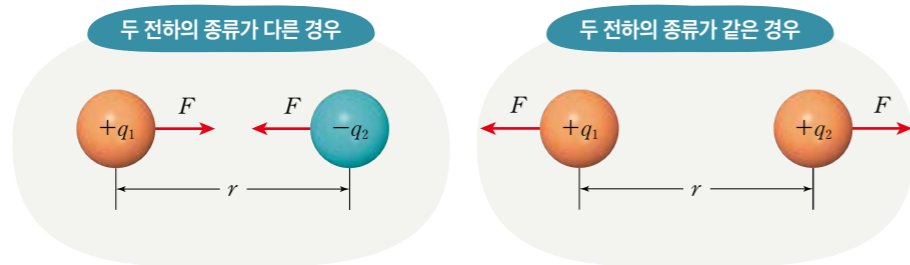


그림 II-1 두 전하 사이의 전기력

접촉하지 않은 두 전하 사이에 전기력이 어떻게 작용하는 것일까? 전하를 띤 입자는 주위 공간에 **전기장**을 만들고, 전기장 속에 놓인 전하는 전기력을 받는다. 즉, 전기장을 통해 전하들 사이에 서로 전기력이 작용하는 전기적 상호작용이 일어난다.

전기장의 방향과 세기는 전기장 내에 단위 양전하(+1 C)를 놓았을 때 그 전하가 받는 전기력의 방향과 크기로 정의한다.

(+)전하 주위에 놓인 단위 양전하에는 밀어 내는 힘이 작용하고, (-)전하 주위에 놓인 단위 양전하에는 끌어당기는 힘이 작용한다. 따라서 전기장의 방향은 그림 II-2와 같이 (+)전하 주위에서는 전하로부터 멀어지는 방향이고, (-)전하 주위에서는 전하를 향하는 방향이다.

전기장 속의 한 점에 놓인 전하량이  $q$ 인 전하가 받는 전기력의 크기가  $F$ 일 때 그 점에서 전기장의 세기  $E$ 는 전기력의 크기  $F$ 를 전하량  $q$ 로 나눈 값과 같다.

$$E = \frac{F}{q} \quad [\text{단위: N/C}]$$

1 N/C은 전하량이 +1 C인 전하가 1 N의 전기력을 받을 때 전기장의 세기이다. 다음 활동을 하면서 가상의 공간에 만들어진 전기장을 관찰해 보자.

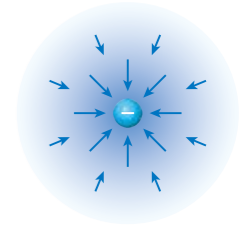
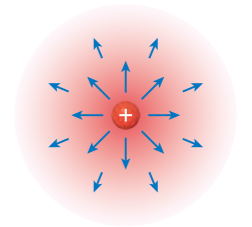


그림 II-2 전하 주위의 전기장의 방향

### 디지털 해보기

문제 해결 능력

### 가상 현실(VR)을 이용하여 전기장 관찰하기

- 인터넷에서 가상 현실(VR), 증강 현실(AR) 등으로 전기장을 표현한 영상 자료를 검색한다.
  - (+)전하와 (-)전하 주위에 형성된 전기장의 모습, 방향 등을 관찰한다.
- (+)전하와 (-)전하 주위에서 전기장의 방향은 각각 어떠한가?



전기장은 전하 분포에 따라 달라진다. 그림 II-3과 같이 평행한 두 금속판에 같은 양의 (+)전하와 (-)전하가 각각 대전되어 있다면, 두 금속판 사이에는 세기와 방향이 균일한 전기장이 만들어진다.



그림 II-3 평행한 두 금속판 사이의 전기장

### 스스로 확인

- ( )의 방향과 세기는 전하량이 +1 C인 전하를 어떤 지점에 놓았을 때, 이 전하가 받는 힘의 방향과 크기로 정의한다.
- 음(-)전하가 전기장 속에서 받는 전기력의 방향은 전기장의 방향과 (같다, 반대이다).

가상 현실



준비물

- 스마트 기기
- VR 안경

활동 길잡이

'Electric Field'로 검색하면 더 다양한 전기장 관련 자료를 찾을 수 있다.

연계 중학교 과학

전기력에 대해 배웠다.

전하량의 단위

전하량의 단위로 C(쿨롱)을 사용한다. 1 C은 약  $6.25 \times 10^{18}$  개의 전자가 가지는 전하량이다.

쿨롱 법칙의 비례 상수

$k$ 는 비례 상수로 진공에서 약  $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 이다.

\* 전기장

전하 주변에 형성되는, 전기력이 작용하는 공간이다.

## 전위와 전위차

질량이 있는 물체가 중력에 의한 위치 에너지를 갖는 것처럼 전하를 띤 물체는 전기장 안에서 **전기력에 의한 위치 에너지**를 갖는다. 그림 II-4는 중력에 의한 위치 에너지와 전기력에 의한 위치 에너지를 비교해 나타낸 것이다. 지표면 근처에서 질량  $m$ 인 물체는 연직 아래 방향으로 중력  $mg$ 를 받는다. 이 물체를 거리  $h$ 만큼 들어 올리기 위해서 물체에 해 준 일  $mgh$ 는 중력에 의한 위치 에너지로 저장된다.

아래 방향으로 균일한 전기장  $E$ 가 형성된 공간에 있는 전하  $+q$ 는 전기장의 방향으로 전기력  $qE$ 를 받는다. 이 전하를 전기력과 반대 방향으로 거리  $d$ 만큼 옮기기 위해 전하에 해 준 일  $qEd$ 는 전기력에 의한 위치 에너지  $U$ 로 저장된다.

$$U = qEd$$

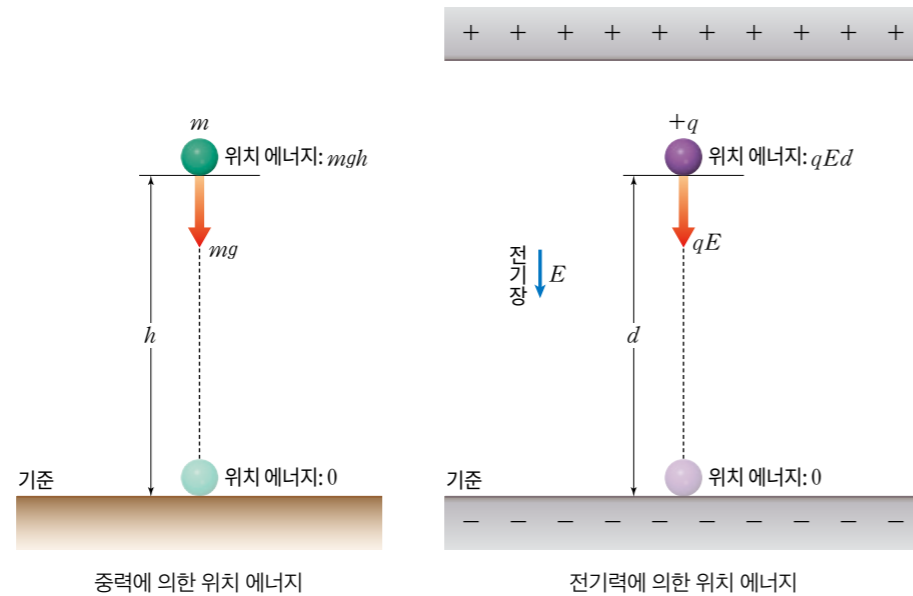


그림 II-4 중력에 의한 위치 에너지와 전기력에 의한 위치 에너지의 비교

### 연계 전자기와 양자

전기장과 전위를 선이나 면으로 시각화한 자료로부터 전기장의 세기와 방향을 추리하는 것을 '전자기적 상호작용' 단원에서 배운다.

단위 전하당 전기력에 의한 위치 에너지를 **전위**라고 한다. 전위  $V$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = \frac{U}{q} \quad [\text{단위: V(볼트)}]$$

특히 전기장이  $E$ 로 일정할 때  $U = qEd$ 이므로  $V = Ed$ 가 성립한다. 전기장 내 두 지점 사이의 전위의 차를 **전위차** 또는 **전압**이라고 한다. 전위는 기준점에 따라 달라지지만, 전위차는 기준점과 관계없다. 전위와 전위차의 단위로 V를 사용한다. 1 V는 1 J/C과 같은 단위이다.

그림 II-5와 같이 (+)전하를 띤 **점전하** 주위에서 전위는 (+)전하에 가까울수록 높다. 임의의 두 지점 A, B에서의 전위가 각각  $V_A$ ,  $V_B$ 일 때 전하량이  $q$ 인 (+)전하를 A에서 B로 이동시키는 데 필요한 일을  $W$ 라고 하면, A와 B 사이의 전위차  $\Delta V$ 는 다음과 같다.

$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{W}{q}$$

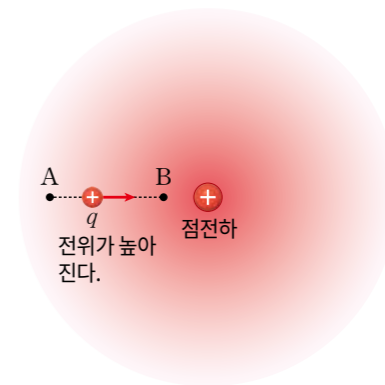


그림 II-5 전기장 내 A와 B 사이의 전위차

**\* 점전하**  
크기가 아주 작은 입자에 대전되어 있는 전하이다. 점전하는 부피가 없고 전하량만 가진다.

그림 II-6은 전위차를 이용해 심장 질환을 찾아내는 심전도 검사를 나타낸 것이다. 심전도 검사는 여러 개의 전극을 피부에 부착하고 심장 근육이 수축, 이완할 때 발생하는 전위차를 측정함으로써 심장의 전기 활동 상태를 분석한다. 건강한 심장은 전기 신호가 퍼져 나가면서 질서 있는 파형을 보이는 반면, 부정맥과 같은 심장 질환이 있는 경우 불규칙적인 파형이 나타난다.

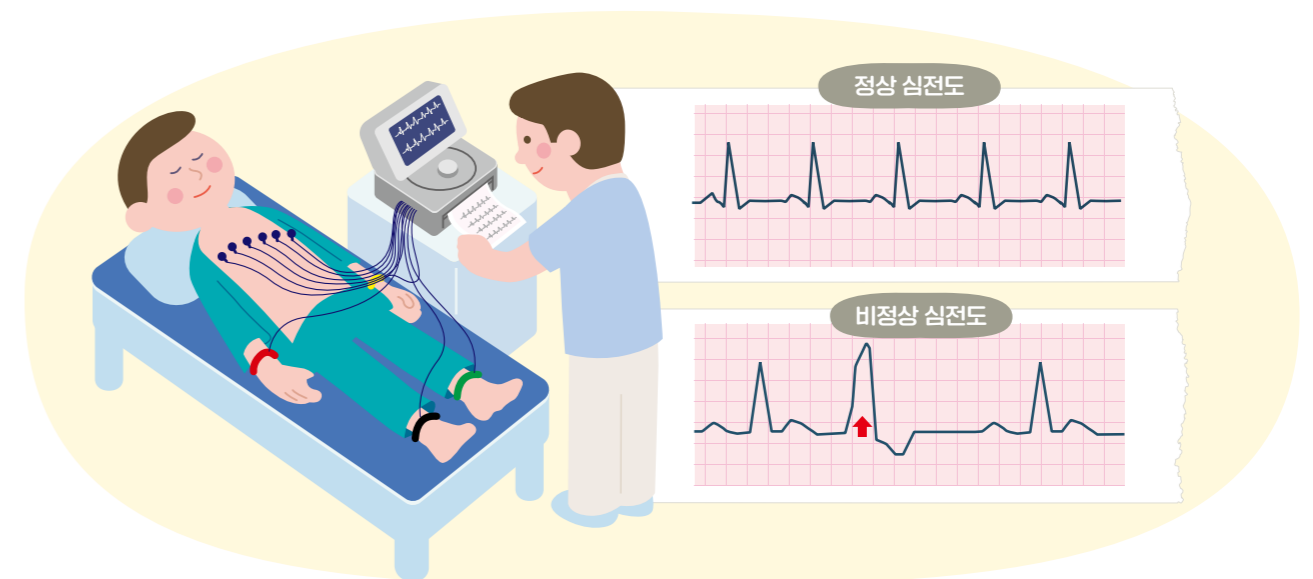


그림 II-6 전위차를 이용해 심장 질환을 찾아내는 심전도 검사

### 스스로 확인

- ( )은/는 단위 전하당 전기력에 의한 위치 에너지이고, 단위로 ( )을/를 사용한다.
- 심전도 검사는 피부에 부착한 전극 사이의 ( )을/를 측정하여 심장 박동의 상태를 진단한다.

### 스스로 정리

**공유** 이 단원에서 배운 전기장, 전위, 전위차의 뜻을 이용하여 '전기장' 또는 '전위차' 삼행시를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 02

## 소비 전력과 전기 안전

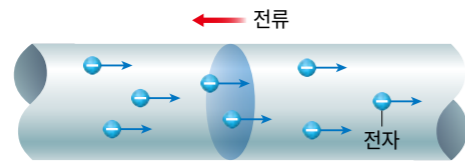
**학습 목표** 저항의 연결에 따라 소비 전력이 달라짐을 알고, 다양한 전기 기구에 적용되는 사례를 찾을 수 있다.

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



### 전류, 전압, 저항의 관계

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



전류의 방향은 전자의 이동 방향과 반대이다.

$$I = \frac{Q}{t} \text{ [단위: A]}$$

그림 II-7 전하의 이동과 전류의 세기

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

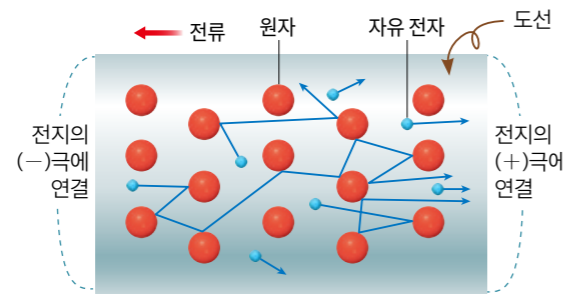


그림 II-8 전지를 연결한 도선 내부

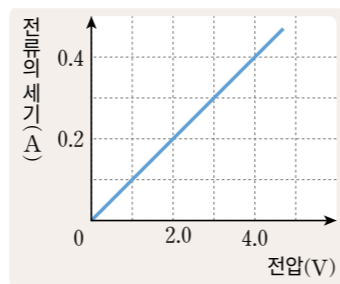


그림 II-9 전압에 따른 전류의 세기

### 소비 전력

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

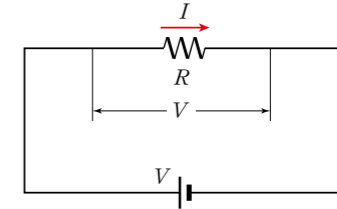


그림 II-10 전류가 하는 일

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

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

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

1 V의 전위차에서 1 A의 전류가 흐를 때 전력은 1 W이며 1 W는 1 J/s와 같다.

전기 기구에는 그림 II-11과 같이 소비 전력이 표기되어 있다. 소비 전력이 800 W인 전기난로는 1 초에 800 J의 에너지를 소비한다.



그림 II-11 전기난로의 소비 전력

#### 스스로 확인

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

연계 **중학교 과학**  
옴의 법칙과 소비 전력에 대해 배웠다.



수학적 사고 활용 /  
변인 조작 / 결론 도출



탐구 능력 | 문제 해결 능력

## 저항의 직렬연결과 병렬연결에서 전류와 전압 측정하여 비교하기

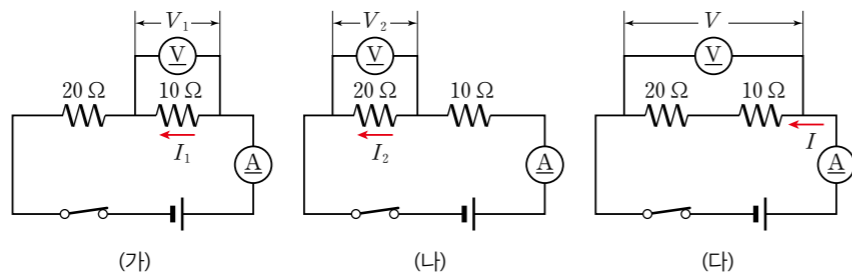
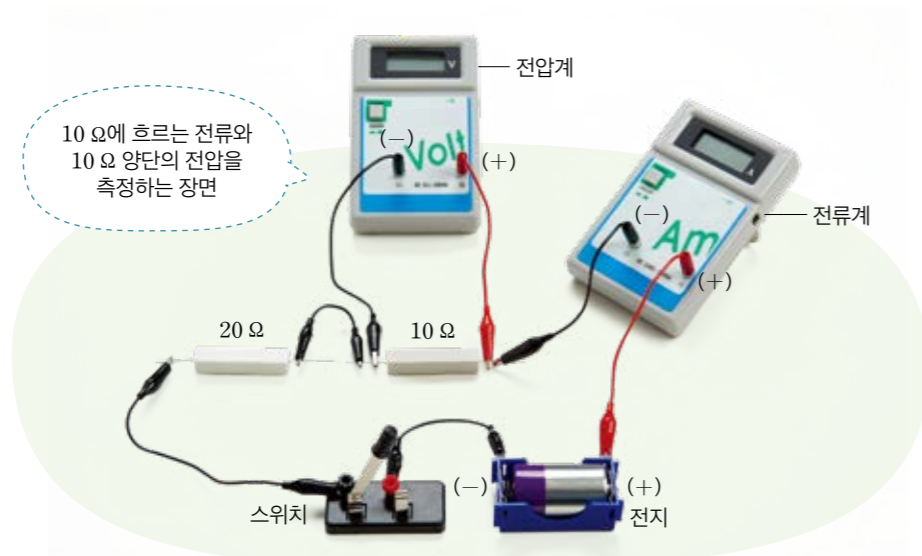
### 목표

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

### 과정 및 결과

#### 실험 1 저항의 직렬연결

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



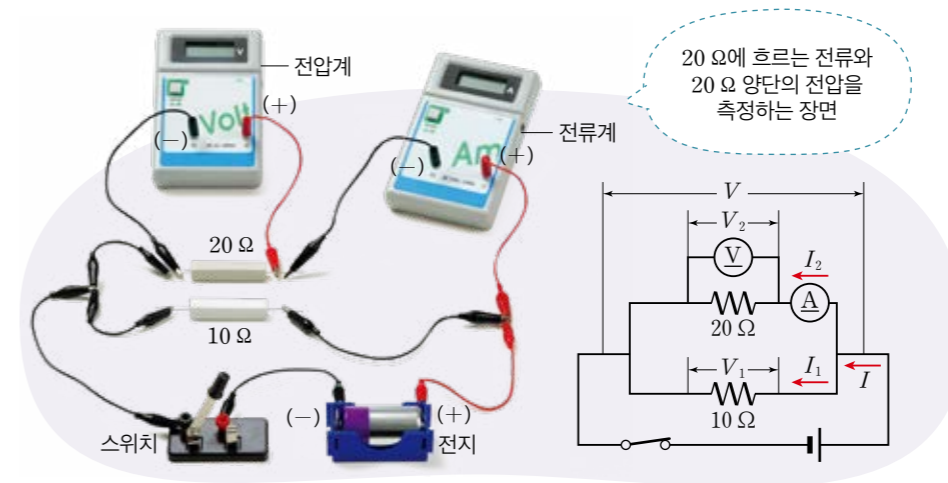
2. (가), (나)와 같이 10 Ω, 20 Ω 저항 양단의 전압과 각 저항에 흐르는 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.

3. (다)와 같이 회로 전체의 전압과 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.

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

#### 실험 2 저항의 병렬연결

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



2. 10 Ω, 20 Ω 저항 양단의 전압과 각 저항에 흐르는 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.

3. 회로 전체의 전압과 전류의 세기를 측정하여 표에 기록한다.

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

### 정리

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



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



#### 스스로 평가

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

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

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

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



저항의 직렬연결과 병렬연결의 특징에 대해 배웠다.

### 저항의 연결과 소비 전력

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

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

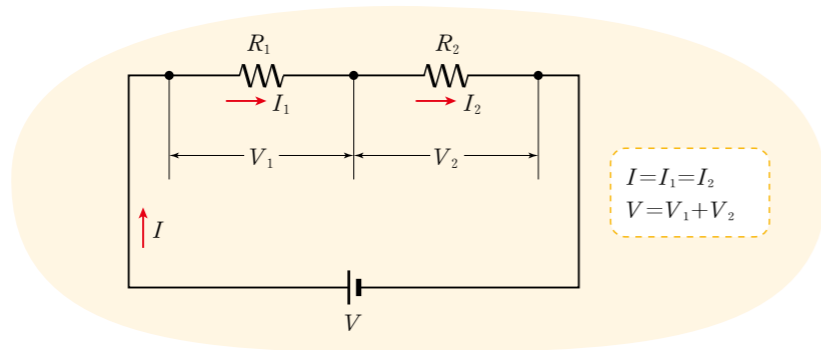


그림 II-12 저항의 직렬연결 회로

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

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

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

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

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

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

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

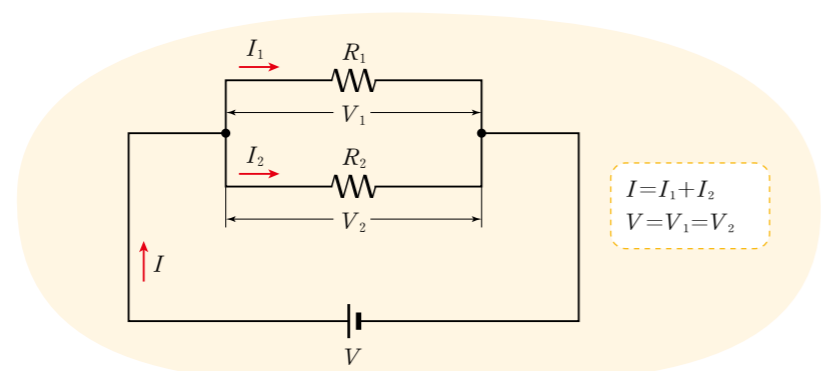


그림 II-13 저항의 병렬연결 회로

#### 직렬연결에서의 합성 저항

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

$$R = R_1 + R_2$$

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

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

#### 생활 글자 일부가 고장 난 네온사인



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

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

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

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

전력  $P$ 는 다음과 같다.

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

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

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

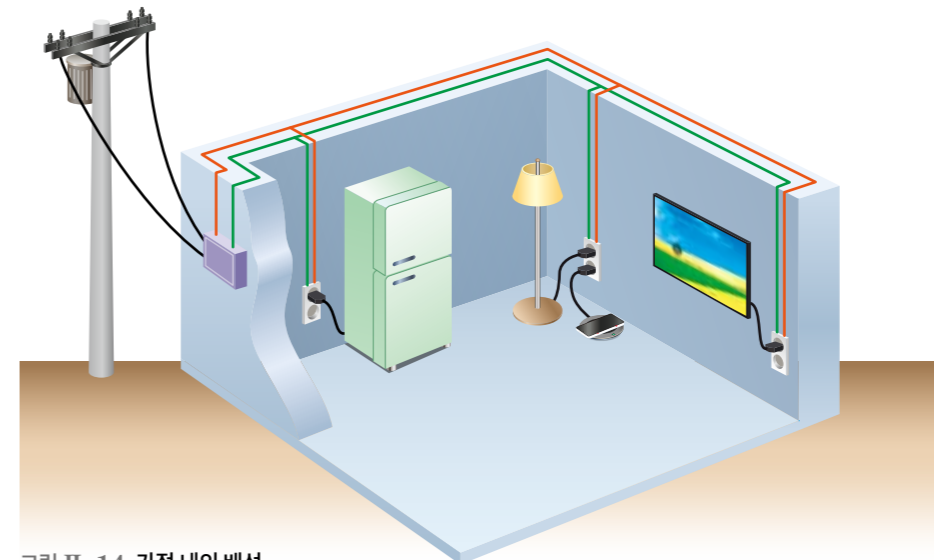


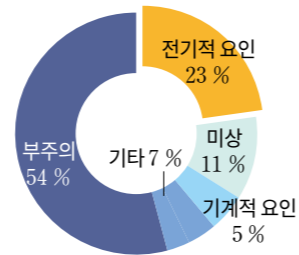
그림 II-14 가정 내의 배선

#### 스스로 확인

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

## 전기 안전

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



(출처: 소방청 누리집, 2023.)

그림 II-15 주택 화재 원인

## 해보기

### 우리 집 멀티탭 안전 수칙 만들기

Q 탐구 능력 | Q 의사 결정 능력

- 준비물
- 멀티탭
- 스마트 기기

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

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



\* 정격 전압  
전기 기구가 정상적으로 작동하는 데 필요한 전압이다.

정격 전압(V)	허용 전류(A)	허용 소비 전력(W)

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

모니터(W)	냉장고(W)	전자레인지(W)	드라이어(W)	세탁기(W)

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

- 멀티탭을 안전하게 사용할 수 있도록 '우리 집 멀티탭 안전 수칙'을 만든다.

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



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

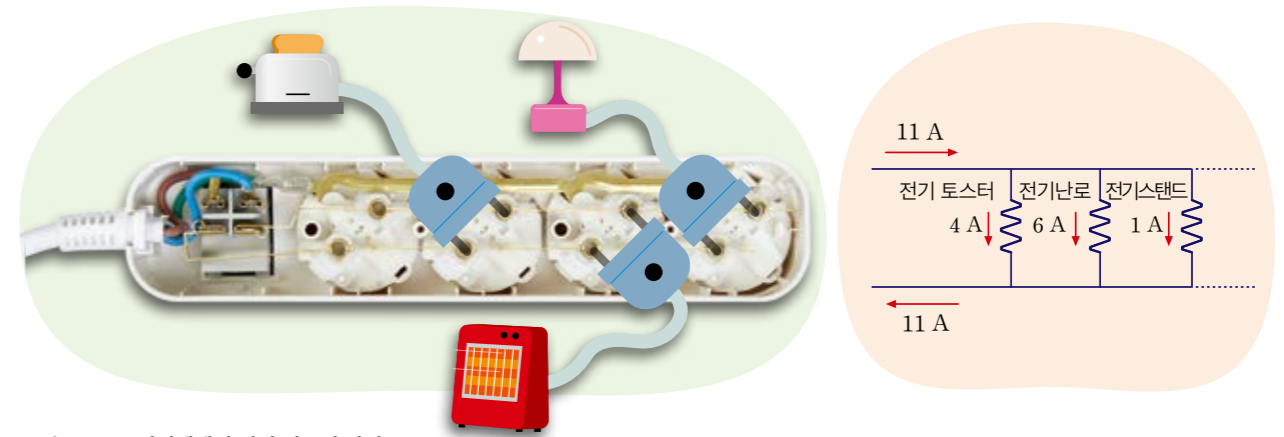


그림 II-16 멀티탭에서 전기 기구의 연결

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

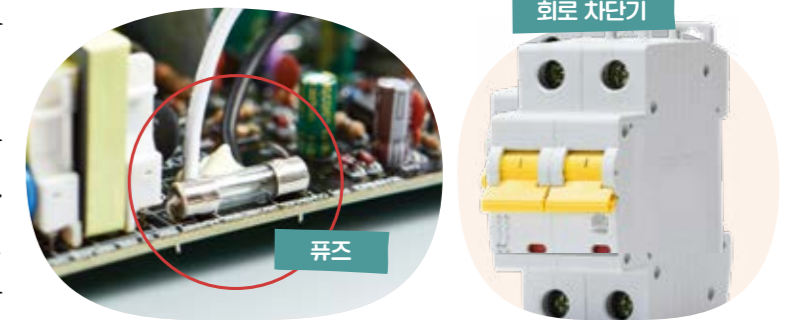


그림 II-17 컴퓨터 전원 장치 내부의 퓨즈와 회로 차단기

### 스스로 확인

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

### 스스로 정리

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

# 03

## 축전기

**학습 목표** 축전에서 전기 에너지를 저장하는 원리가 각종 센서와 전기 신호 입력 장치 등 실생활 제품에서 활용됨을 알고 설명할 수 있다.

녹음실에서 주로 사용하는 콘덴서 마이크는 어떻게 미세한 소리까지 전기 신호로 만들 수 있을까?



### 축전에서 전기 에너지를 저장하는 원리

휴대 전화, 컴퓨터, 모니터 등 우리가 사용하는 대부분의 전기 기구에는 전하를 저장하는 장치인 축전기가 들어 있다. 그림 II-18은 축전기의 기본 구조를 나타낸 것이다.

여러 가지 축전기

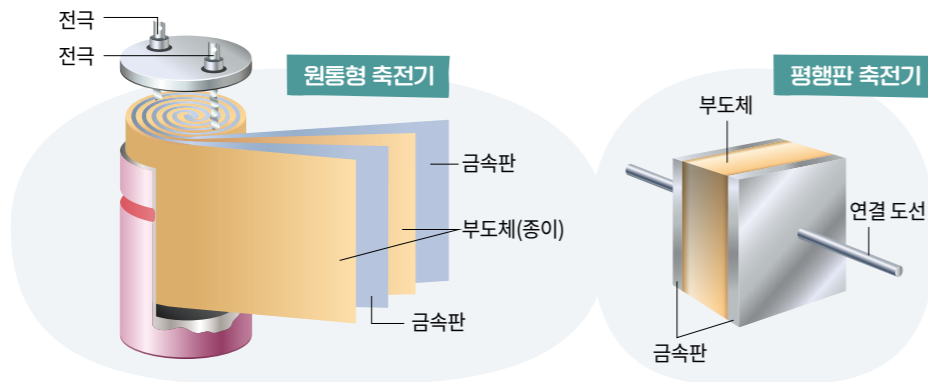
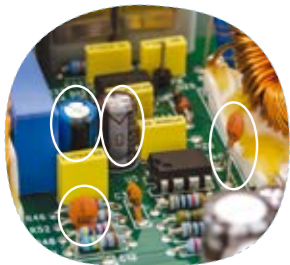


그림 II-18 축전기의 기본 구조

그림 II-19와 같이 축전기를 전지에 연결하면 전자는 도선을 따라 금속판 A에서 전지의 (+)극 쪽으로 이동하고, 전지의 (-)극에서 금속판 B 쪽으로 이동한다. 따라서 금속판 A는 (+)전하를 띠고 B는 (-)전하를 띤다. 이때 전지가 한 일만큼 축전기에는 전기 에너지가 저장된다. 이와 같이 축전기에 전하와 전기 에너지를 저장하는 것을 충전이라고 한다.

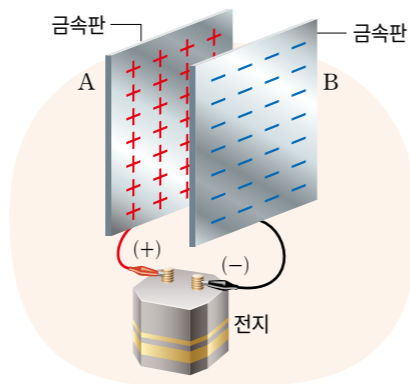


그림 II-19 평행판 축전기의 충전

그림 II-20은 축전기의 충전 과정을 나타낸 것이다. 그림 (나)와 같이 축전기를 회로에 연결해 충전할 때, 축전기 내부에는 A에서 B를 향하는 방향으로 균일한 전기장이 형성되고 A의 전위는 B의 전위보다 높다. 이때 두 금속판 사이의 전위차와 전지의 전압이 같아질 때까지 금속판에 전하가 저장된다. 즉, 축전기를 충전하는 동안에 축전기에 전기 에너지가 저장된다. 축전기를 충전한 후 그림 (다)와 같이 축전기와 전지의 연결을 끊어도 두 금속판에 저장된 전하는 변하지 않는다.

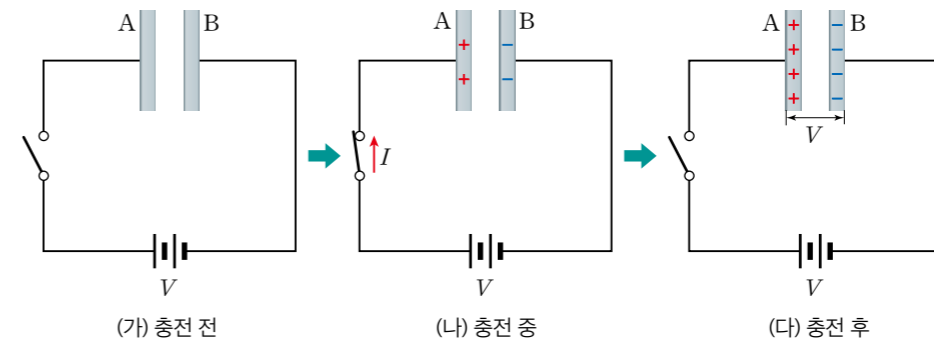


그림 II-20 축전기의 충전 과정

### 잠깐 활동

그림 II-20의 (나)에서 일어나는 에너지 전환에 대해 이야기해 보자.

충전된 축전기를 전구, 전동기, 저항 등에 연결하면 축전기에 저장된 전하가 이동하며 전류가 흐른다. 축전기에 저장된 전하가 회로를 따라 흘러 축전기의 전하량과 전기 에너지가 줄어드는 현상을 방전이라고 한다. 그림 II-21은 축전기의 방전 과정을 나타낸 것이다. 축전기가 방전되는 동안 축전기에 저장된 전기 에너지가 저항에서 소모된다. 축전기가 완전히 방전되었을 때 두 금속판 사이의 전위차는 0이 된다.

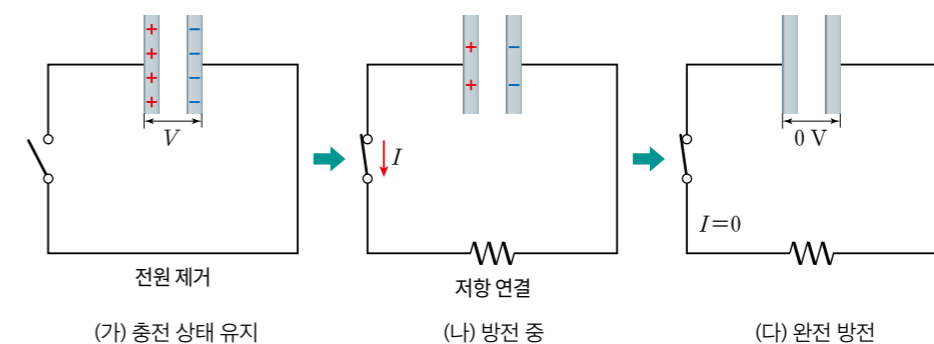


그림 II-21 축전기의 방전 과정





디지털  
해보기

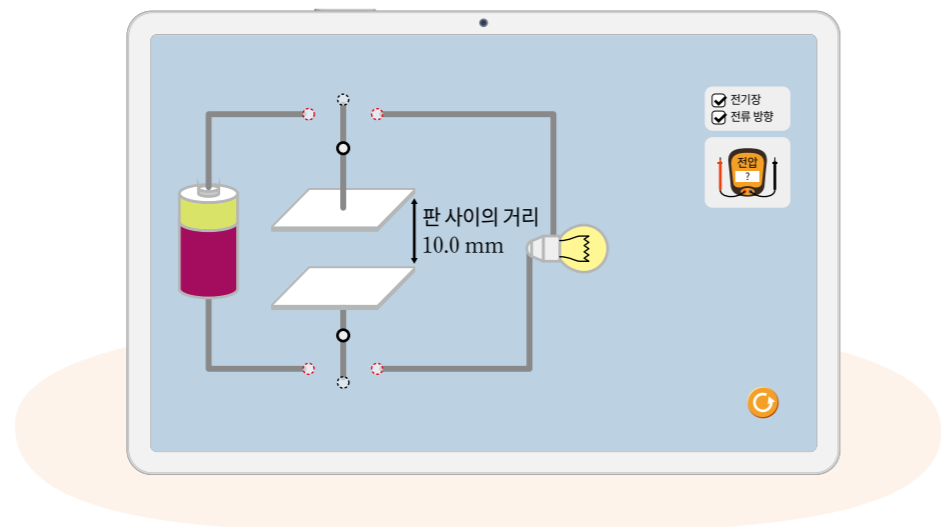
탐구 능력

### 모의실험으로 축전기의 충전과 방전 확인하기

준비물  
스마트 기기

활동 길잡이  
모의실험을 검색할 때 검색어를 구체적으로 입력하면 원활하게 찾을 수 있다.  
(예) 축전기 모의실험, 축전기 시뮬레이션 등)

1. 인터넷에서 축전기의 충전과 방전 과정을 확인할 수 있는 모의실험을 제공하는 누리집을 찾는다.
2. 축전기를 전지에 연결하여 충전시킨다. 이때 자유 전자의 이동 방향, 축전기 금속판의 전하량 등을 관찰한다.
3. 충전된 축전기를 전구와 연결하여 방전시킨다. 이때 자유 전자의 이동 방향, 축전기 금속판의 전하량 등을 관찰한다.
4. 다시 축전기를 전지에 연결하여 충전시킨다. 축전기가 충전된 상태에서 금속판 사이의 간격을 좁히고 넓혀 보면서 자유 전자의 이동 방향, 축전기 금속판의 전하량 등을 관찰한다.



2, 3에서 관찰한 내용을 정리해 보자.

구분	자유 전자의 이동	축전기 금속판의 전하량
2 (충전)		
3 (방전)		

4에서 금속판의 간격을 좁힐 때와 넓힐 때 자유 전자의 이동 방향은 어떻게 달라지는가?



4에서 금속판의 간격을 좁혔다가 넓히는 것을 반복하면 회로에 흐르는 전류는 어떻게 될지 생각해 보자.



### 축전기가 연결된 회로에서 전류 변화

그림 II-22의 (가)와 같이 전지가 연결된 축전기가 완전히 충전되어 있을 때, 그림 (나)와 같이 축전기의 금속판 사이의 거리가 가까워지면 축전기에 더 많은 전하가 저장될 수 있다. 이때 축전기 양단의 전위차가 전지의 전압과 같아질 때까지 회로에는 전지에서 축전기의 (+)극판 쪽으로 전류가 흐른다.

반대로 그림 (다)와 같이 (가)의 상태에서 축전기의 금속판 사이의 거리가 멀어지면 축전기에 저장할 수 있는 전하량이 감소한다. 이때 축전기 양단의 전위차가 전지의 전압과 같아질 때까지 회로에는 축전기의 (+)극판에서 전지 쪽으로 전류가 흐른다.

### 연계 전자기와 양자

축전기의 특성과 회로에서의 역할을 '전자기적 상호작용' 단원에서 배운다.

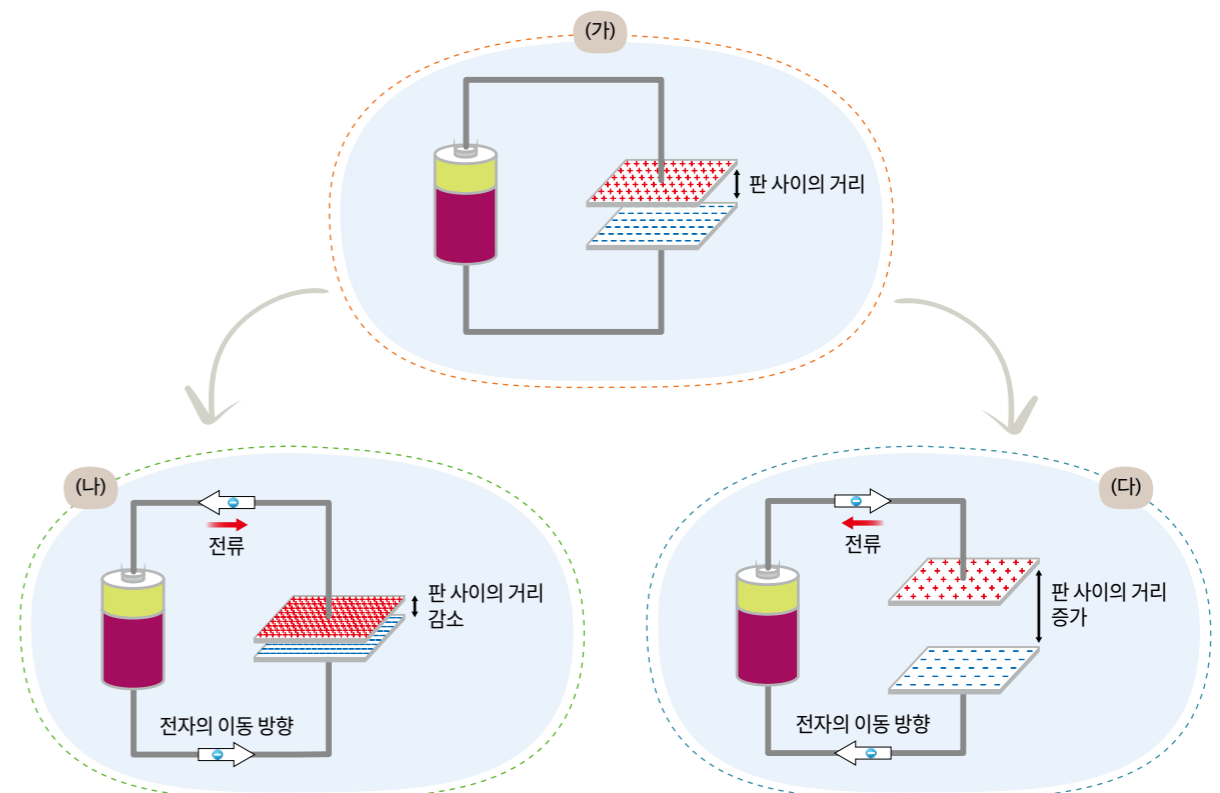


그림 II-22 축전기의 금속판 간격 변화에 따른 회로의 전류 변화

### 스스로 확인

1. 평행판 축전기를 충전할 때 전지의 (+)극과 연결된 금속판은 (+)전하를 띤다. ( O, X )
2. 충전된 축전기에 저항을 연결할 때 축전기에 저장되어 있던 전기 에너지가 저항에서 소모되는 것을 ( )이라고 한다.

### 축전기의 활용

외부 신호에 따라 축전기의 특성이 변한다면 전류의 변화를 통해 신호를 인식할 수 있다. 이와 같은 원리는 각종 센서 및 전기 신호 입력 장치에 활용된다. 그림 II-23은 압력에 따라 축전기에 저장되는 전하량이 달라지는 특성을 이용하여 압력을 측정하는 전기 용량형 압력 센서이다. 이 센서는 회로에 흐르는 전류의 변화를 통해 외부 압력이 어떻게 변하는지 감지할 수 있다.

콘덴서 마이크는 그림 II-24와 같이 소리에 의해 축전기의 판 사이 거리가 변할 때 전류가 변하는 것을 이용해 소리를 전기 신호로 변환한다.

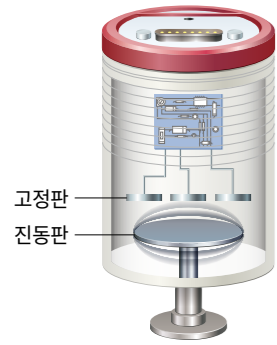
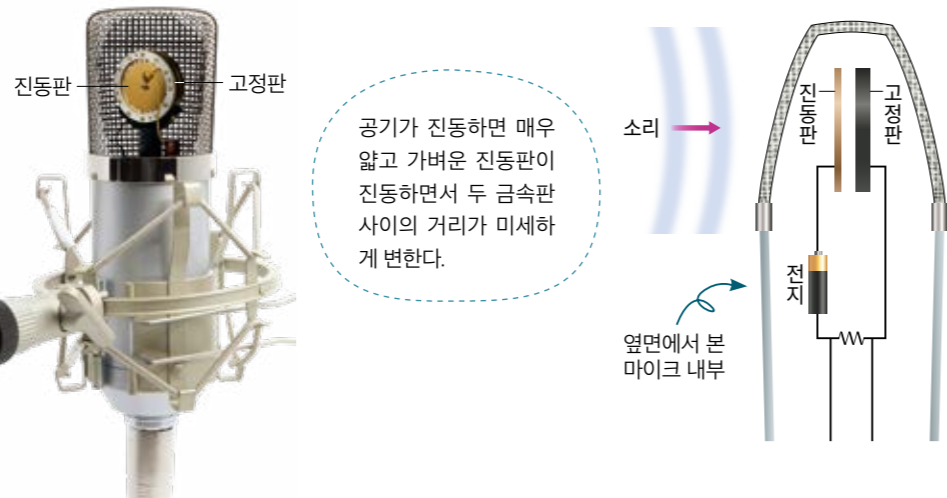


그림 II-23 전기 용량형 압력 센서의 내부 구조



공기가 진동하면 매우 얇고 가벼운 진동판이 진동하면서 두 금속판 사이의 거리가 미세하게 변한다.

그림 II-24 콘덴서 마이크에서 소리를 전기 신호로 변환하여 입력하는 원리

컴퓨터 자판 중에는 그림 II-25와 같이 축전기를 활용하는 종류가 있다. 글자판을 누르면 축전기에 저장된 전하량이 변해 글자판이 눌러졌다는 전기 신호가 발생한다. 휴대 전화의 터치스크린에도 축전기의 특성을 활용한다. 도체인 손가락이 터치스크린의 특정 지점에 닿으면 축전기의 두 전극 사이에 형성된 전기장이 변한다. 휴대 전화에서 이 변화를 분석해 스크린의 어느 지점을 눌렀는지 알아낸다.

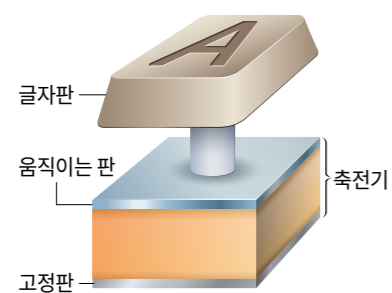


그림 II-25 축전기를 사용하는 컴퓨터 자판과 터치스크린

축전기를 이용하면 많은 양의 전하를 저장했다가 짧은 순간에 방전시킬 수 있다. 축전기의 이러한 특성은 그림 II-26과 같은 자동 심장 충격기(AED)와 카메라 플래시 등에 활용된다. 심장 기능이 정지했을 때 자동 심장 충격기를 사용하면 축전기에 저장한 전기 에너지로 심장을 강하게 자극하여 심장이 다시 박동하게 할 수 있다. 카메라의 플래시에서는 강한 빛을 발산하기 위해서 순간적으로 많은 전기 에너지가 필요하므로 축전기를 충전해 전기 에너지를 저장한다. 저장된 전기 에너지는 플래시를 터뜨리는 순간 모두 소비된다.



#### 자동 심장 충격기

자동 심장 충격기의 충전 표시등이 켜졌을 때 심장 충격기 내부에 있는 축전기에 전하가 충전된다. 충전이 완료된 뒤 스위치를 누르면 짧은 순간 축전기가 방전되면서 큰 전류가 흘러 심장에 자극을 준다.

그림 II-26 자동 심장 충격기와 카메라 플래시에서 축전기의 활용



#### 카메라 플래시

셔터를 누르면 축전기가 방전되면서 전기 에너지가 빛에너지로 전환되어 강한 빛을 순간적으로 발생시킨다.

#### 스스로 확인

- 1 콘덴서 마이크는 축전기에 있는 두 금속판 사이의 ( )이/가 변할 때 전류가 변하는 것을 이용하여 소리를 전기 신호로 변환한다.
- 2 자동 심장 충격기는 축전기를 순간적으로 ( 충전, 방전 )시켜 심장을 강하게 자극한다.

#### 스스로 정리

**공유** 축전기의 특성을 이용하여 일상생활 속 불편함을 개선하는 아이디어를 떠올리고 공유 플랫폼에 공유해 보자.



## 전기 에너지의 무한 공급을 꿈꾼다

# 핵융합 발전

한국핵융합 에너지연구원 누리집



태양 전지, 풍력, 수소 연료 전지, 핵융합과 같이 탄소 배출과 자원 고갈의 염려가 없는 지속가능한 에너지에 대한 관심과 수요가 점점 높아지고 있다. 이 중 핵융합 발전은 태양이 에너지를 만드는 원리를 활용하기 때문에 ‘인공 태양’이라고도 한다. 태양은 중심부에서 수소 원자핵이 핵융합을 하고, 이 과정에서 발생한 빛과 열에너지를 외부로 방출한다. 지구에는 태양 중심만큼의 고압 환경이 없으므로, 원자핵끼리 미는 힘을 이겨 내기 위해 핵융합 장치는 태양보다 훨씬 뜨거운 초고온\* 플라즈마를 만들어야 한다. 초고온 환경에서는 원자핵의 운동 에너지가 증가해 원자핵들이 충돌할 수 있기 때문이다.

핵융합 기술은 실현하기가 매우 까다롭지만 거의 무제한의 전기 에너지를 생산할 수 있다는 점 때문에 많은 나라에서 연구하고 있다. 우리나라에서도 초대형 국제 공동 핵융합 프로젝트인 국제핵융합실험로(ITER) 개발 사업에 참여하고 있다.

\* 플라즈마  
(+) 혹은 (-)로 이온화된 기체로서 원자핵과 자유 전자가 분리되어 뒤섞인 채 떠돌아다니는 상태이다.

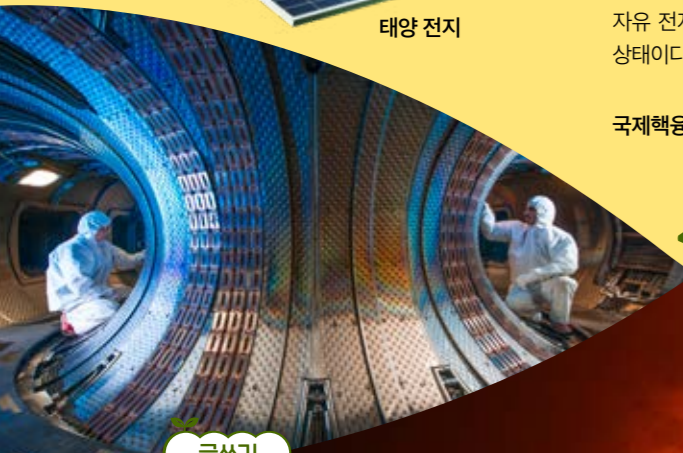
국제핵융합실험로(ITER)



수소 연료 전지

풍력 발전기

태양 전지



글쓰기

핵융합 에너지의 상용화에 성공한다면, 우리 사회의 모습은 어떻게 달라질지 상상하여 써 보자.



## 전기와 빛으로 공간에 색을 입히는

# 조명 기사

커리어넷 누리집



조명 기사는 음악회, 뮤지컬과 같은 무대 공연이나 영상물의 분위기에 맞는 조명 연출을 위해 각종 조명 기구를 설치하고 운용한다. 공연 또는 촬영 중에 콘솔을 조작하고, 공연이 끝나면 설치된 조명을 철거하고 관련 장비 및 조명 기구를 관리한다. 한국조명전기설비학회는 조명 전문가를 양성하는 자격 인증 교육을 실시하기도 한다.

### 어떤 역량을 가지면 좋을까?

- 심미적 감각과 창의적인 발상, 협업에 필요한 의사소통 능력
- 공연, 영상물 제작 전반에 대한 이해와 지식
- 전기, 통신 분야에 대한 전문 지식과 기술

### 어떻게 준비할까?

- 현장을 견학하여 간접 경험을 쌓는다.
- 영화나 방송, 인터넷 등을 통해 공연이나 영상물 제작 전반에 대해 알아보고 다양한 시청각 자료를 찾아본다.
- 대학교의 전기, 전자, 통신 관련 학과 또는 영상 제작, 방송 기술 관련 학과에서 공부한다.

측면 조명 탑을 수리하는 장면

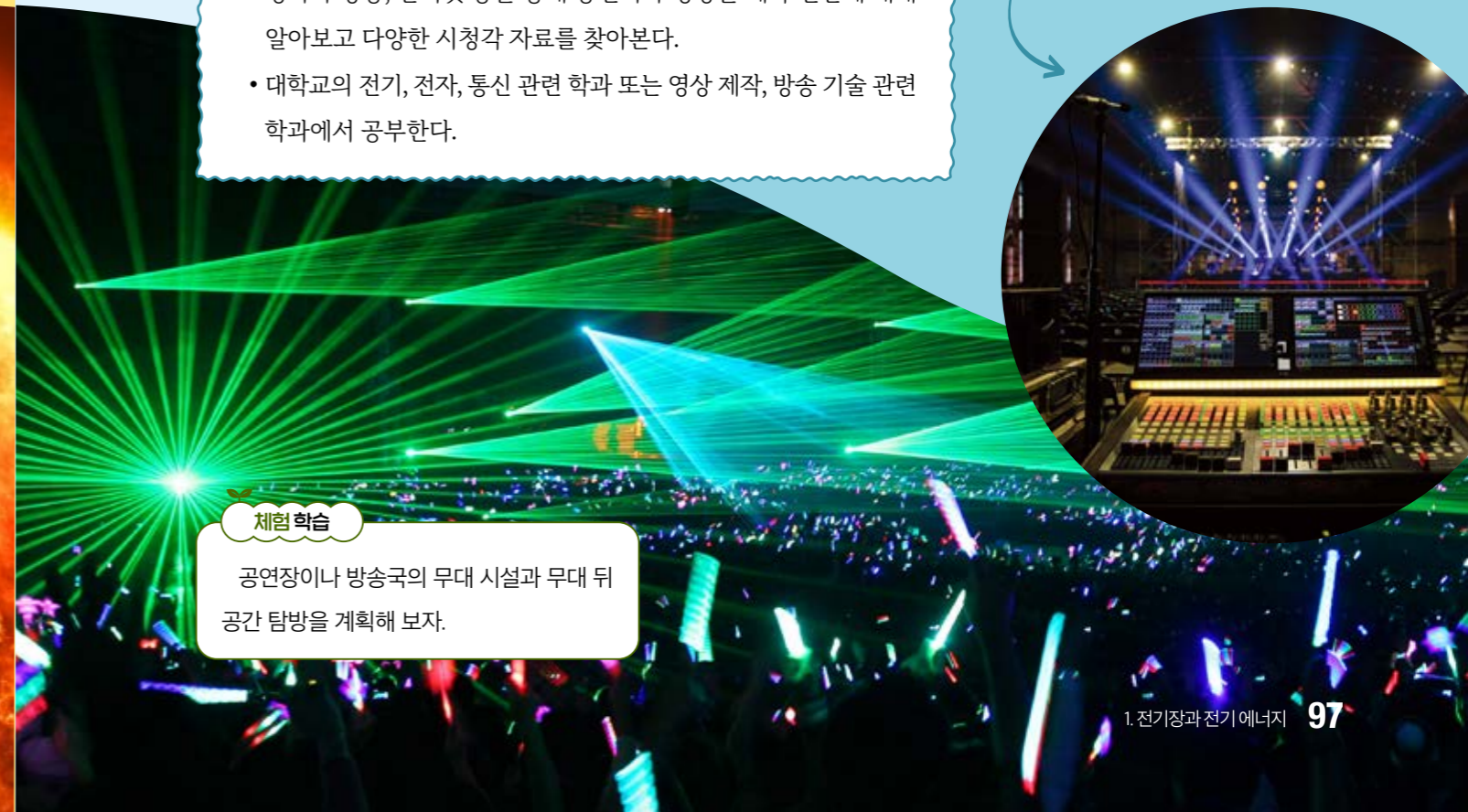


조명을 제어하는 장치인 조명 콘솔



체험 학습

공연장이나 방송국의 무대 시설과 무대 뒤 공간 탐방을 계획해 보자.



## 01 전기장과 전위차

1. ① : 전하를 띤 입자 주위에 단위 양전하(+1C)를 놓았을 때 그 전하가 받는 전기력의 방향과 크기로 정의하는 물리량이다.

$$E = \frac{F}{q}$$

2. ② 전하 주위에는 전하로부터 멀어지는 방향, ③ 전하 주위에는 전하를 향하는 방향으로 전기장이 형성된다.

3. ④ : 단위 전하당 전기력에 의한 위치 에너지로, (+)점전하 주위에서는 전하에 가까울수록 높다.

4. ⑤ : 전기장 내 두 지점 사이의 전위의 차. 전압이라고도 한다.

전위가 높아진다.

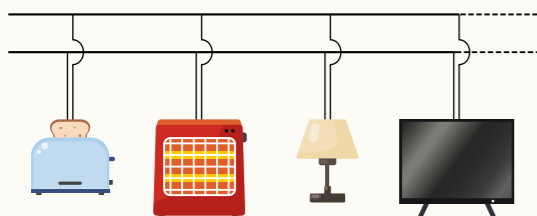
## 02 소비 전력과 전기 안전

1. ⑥ : 전기 기구에서 단위 시간 동안 소비하는 전기 에너지이다.

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

2. 회로에서 저항의 연결 방식에 따라 전류, 전압, 소비 전력이 달라진다.

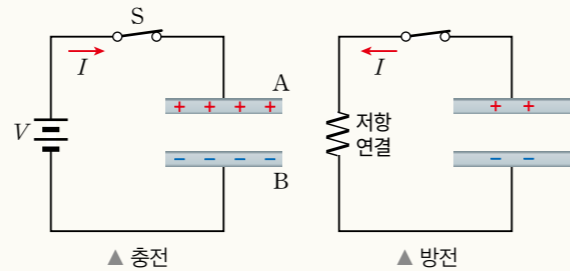
3. 가정에서 사용하는 전기 기구들은 ⑦ 연결되기 때문에 허용 전류보다 큰 전류가 흐르지 않도록 전기 안전에 유의해야 한다.



## 03 축전기

1. ⑧ : 전하를 저장하는 장치이다.

2. 축전기에 전하량과 전기 에너지가 저장되는 과정을 ⑨(이)라고 하고, 축전기에 저장된 전하량과 전기 에너지가 줄어드는 과정을 ⑩(이)라고 한다.



3. 금속판의 간격 등 축전기의 특성이 변하면 축전기가 연결된 회로에 흐르는 전류에 변화가 생긴다.

4. 축전기의 활용: 축전기에서 전기 에너지를 저장하는 원리는 각종 센서와 전기 신호 입력 장치 등 생활 속 다양한 제품에 활용된다.



## 평가하기

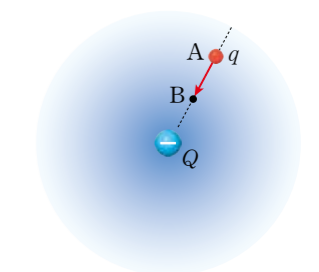
01 그림과 같이 +2 C의 점전하 A에 오른쪽 방향으로 10 N의 전기력이 작용하고 있다.



A가 놓인 곳에 형성된 전기장의 크기와 방향을 옳게 짝 지은 것은?

크기	방향
① 2 N/C	오른쪽
② 5 N/C	왼쪽
③ 5 N/C	오른쪽
④ 10 N/C	왼쪽
⑤ 10 N/C	오른쪽

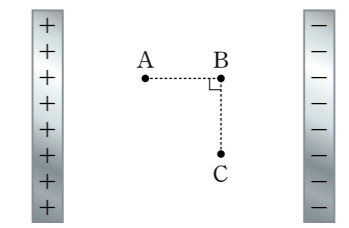
03 그림은 (-)전하를 띤 점전하 Q 주위에서 또 다른 점전하 q가 A에서 B까지 이동하는 것을 나타낸 것이다.



A에서보다 B에서 더 큰 값을 갖는 물리량만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, q에는 Q에 의한 전기력만 작용한다.)

- <보기>
- ㄱ. 전기력의 크기    ㄴ. 전기장의 크기
  - ㄷ. 전위
- ① ㄴ    ② ㄱ, ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

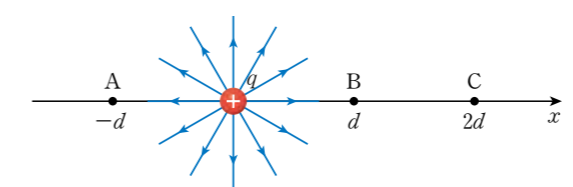
04 그림은 균일한 전기장 속의 점 A, B, C를 나타낸 것으로, A와 B를 잇는 선분은 전기장에 평행하고 B와 C를 잇는 선분은 전기장에 수직이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기>
- ㄱ. 전기장의 방향은 A, B, C에서 모두 같다.
  - ㄴ. 전위는 B가 A보다 크다.
  - ㄷ. 전위는 B와 C가 같다.
- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 x=0에 위치한 (+)전하 q에 의한 전기장을 나타낸 것이다. 점 A, B, C는 x=-d, d, 2d인 x축상의 점이다.



- (1) A, B, C에서 전기장의 크기 비  $E_A : E_B : E_C$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오.
- (2) A, B, C에서의 전위  $V_A, V_B, V_C$ 의 크기를 비교하고, 그 까닭을 서술하시오.

05 그림은 정격 전압이 220 V로 같고 소비 전력이 각각 550 W, 660 W인 전기다리미와 전기밥솥을 나타낸 것이다.

소비 전력 83 쪽



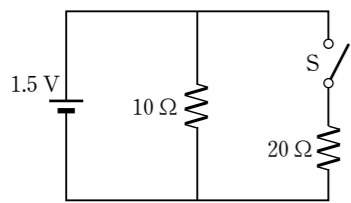
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 전기다리미는 1 초에 550 J의 전기 에너지를 소비한다.
  - ㄴ. 전기밥솥을 220 V 전원에 연결하면 전기밥솥에는 3 A의 전류가 흐른다.
  - ㄷ. 저항은 전기밥솥이 전기다리미보다 크다.

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

06 그림은 1.5 V 전지에 10 Ω 저항과 20 Ω 저항, 스위치 S를 연결한 회로를 나타낸 것이다.

저항의 연결과 소비 전력 86 쪽



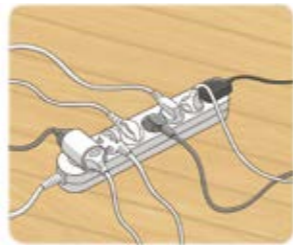
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. S를 열면 10 Ω 저항에는 0.15 A의 전류가 흐른다.
  - ㄴ. S를 닫으면 두 저항에는 모두 1.5 V의 전압이 걸린다.
  - ㄷ. 10 Ω 저항의 소비 전력은 S를 열 때와 닫을 때가 같다.

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

07 다음은 멀티탭에 너무 많은 전기 기구를 연결해 동시에 사용하면 위험한 까닭을 설명한 것이다. ㉠, ㉡에 들어갈 알맞은 말을 각각 쓰시오.

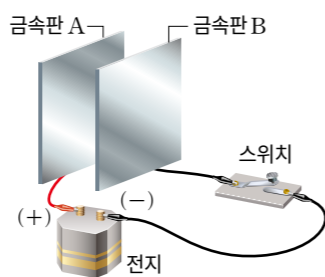
전기 안전 88 쪽



멀티탭에 연결한 전기 기구들은 회로에서 ( ㉠ ) 연결되므로 전체 전류는 각각의 전기 기구에 흐르는 전류의 합과 같다. 따라서 전기 기구를 많이 사용할수록 전체 전류가 증가한다. 멀티탭에 ( ㉡ ) 이상의 전류가 흐르면 회로가 과열되어 화재가 발생할 수 있다.

08 그림은 평행한 금속판 A, B로 이루어진 축전기에 전지와 스위치를 연결한 회로를 나타낸 것이다.

축전기의 충전 90 쪽



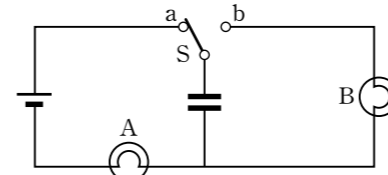
스위치를 닫았을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 축전기에는 전기 에너지가 저장된다.
  - ㄴ. 금속판 A에는 (-) 전하가 모인다.
  - ㄷ. 전위는 금속판 A가 금속판 B보다 높다.

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

09 그림은 전지와 축전기, 전구 A, B, 스위치 S가 연결된 회로를 나타낸 것으로, S를 a에 연결한 뒤 A에 불이 켜졌다가 잠시 뒤 불이 꺼졌다.

축전기의 방전 91 쪽



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 축전기는 충전된 상태이다.
  - ㄴ. A에 불이 꺼진 까닭은 축전기가 방전되었기 때문이다.
  - ㄷ. 이후 S를 b에 연결하면 B에 불이 켜진다.

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

10 카메라 플래시는 순간적으로 강한 빛을 내어서 어두운 곳에서도 사진을 찍을 수 있게 해 주는 조명 장치이다.

서술형

축전기의 활용 95 쪽



카메라 플래시가 작동하는 원리를 축전기의 역할과 관련하여 서술하시오.

점검하기

이 단원의 학습 내용을 돌아보고, '아니오'에 표시한 부분은 해당 쪽으로 돌아가 다시 한번 학습해 보자.

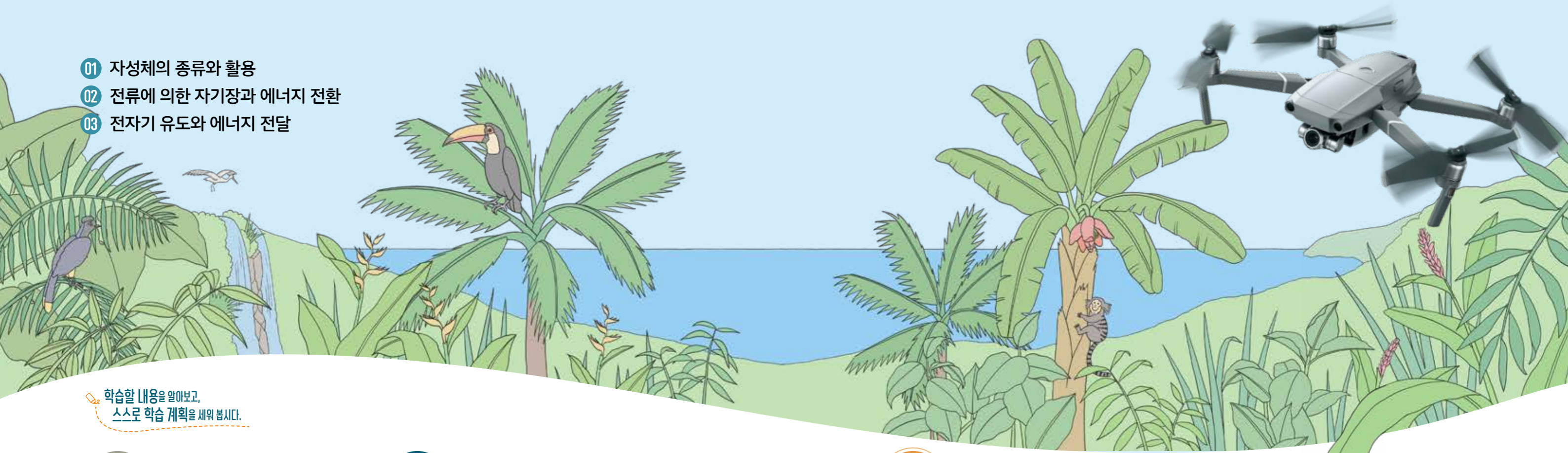
단원명	지식·이해	과정·기능	가치·태도
01 전기장과 전위차	전하를 띤 입자들이 전기장과 전위차를 형성한다는 것을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   78 쪽	전하 주위에 형성되는 전기장을 다양한 영상 자료를 활용하여 관찰할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   79 쪽	접촉하지 않은 전하들도 상호작용한다는 점에서 흥미와 호기심을 느낄 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   78 쪽
02 소비 전력과 전기 안전	전기 회로에서 저항의 연결에 따라 소비 전력이 달라진다는 것을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   86 쪽	저항의 직렬연결과 병렬연결에서 전류와 전압을 측정해 비교할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   84 쪽	전기 기구를 안전하게 사용해야 하는 필요성을 느끼고 실천할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   88 쪽
03 축전기	축전기에서 전기 에너지를 저장하는 원리를 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   90 쪽	모의실험을 통해 축전기의 충전과 방전 과정을 확인할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   92 쪽	일상생활에서 축전기가 활용되는 사례를 통해 과학의 유용성을 이야기할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요   94 쪽

# 2

## 전기와 자기의 상호작용

- 01 자성체의 종류와 활용
- 02 전류에 의한 자기장과 에너지 전환
- 03 전자기 유도과 에너지 전달

전기 에너지로 작동하는 드론은 다양한 분야에 쓰인다. 소형 드론은 동물에게 별 영향을 주지 않고 접근할 수 있어서 멸종 위기 동물이나 야생 동물의 서식지를 관찰하고 환경을 보호하는데 큰 역할을 하고 있다. 드론에는 위성 항법 장치(GPS), 드론의 자세와 운동 상태를 알려 주는 각종 센서, 통신 장비가 들어 있다. 드론이 비행하며 정보를 주고받는 원리는 무엇일까? 이 단원을 학습하면서 전기와 자기의 상호작용에 대해 알아보자.



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

**단원 연계**

- 중학교 과학 전기와 자기
- 통합과학2 환경과 에너지
- 이 단원의 내용** 자성체, 전류의 자기 작용, 전자기 유도
- 전자기와 양자 전자기적 상호작용

**성취 기준 확인**

- 지식·이해** 자성체와 전류의 자기 작용, 전자기 유도 현상을 설명할 수 있다.
- 과정·기능** 스피커를 설계하고 제작하며, 무선 충전 원리를 이해하고 구현할 수 있다.
- 가치·태도** 이 단원에서 배운 과학 원리가 일상생활과 산업 기술에서 활용되어 안전한 삶을 유지할 수 있게 하고, 현대 문명에 큰 영향을 끼친다는 것을 인식할 수 있다.

**스스로 계획**

알고 있는 것에  표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 자성	<input type="checkbox"/> 자기장	<input type="checkbox"/> 자성체
<input type="checkbox"/> 전류에 의한 자기장	<input type="checkbox"/> 전자석	<input type="checkbox"/> 전동기
<input type="checkbox"/> 스피커	<input type="checkbox"/> 전자기 유도	<input type="checkbox"/> 무선 충전 원리

나는 \_\_\_\_\_ 을/를 더 알고 싶다.

# 01

## 자성체의 종류와 활용

**학습 목표** 자성체의 종류를 알고, 일상생활과 산업 기술에서 자성체가 활용되는 예를 찾을 수 있다.

자기 공명 영상(MRI) 장치와 같이 강한 자기장을 이용해 진단하는 의료 장비에 들어갈 때에는 안전이나 방지처럼 쇠붙이가 포함된 물체를 착용하면 안 된다. 그 까닭은 무엇일까?



**\* 자기장**  
자석이나 전류의 주위와 같이 자기력이 작용하는 공간에는 자기장이 형성된다. 자기장은 크기와 방향을 갖는 물리량이다.

자석 주위에 철 가루를 뿌리면 철 가루가 자기장을 따라 정렬하고, 나침반을 놓으면 자침의 N극이 자기장 방향을 가리킨다. 이는 자석 주위에 형성된 자기장에 철 가루와 자침이 반응하기 때문이다. 이와 같이 물질이 갖는 자기적 성질을 **자성**이라고 하고, 자성을 갖는 물체를 **자성체**라고 한다. 다음 활동을 하면서 여러 가지 물체를 자성에 따라 분류해 보자.

### 실험 영상



## 해보기

자석과의 상호작용으로 여러 가지 물체 분류하기

탐구 능력

### 준비물

- 네오디뮴 자석
- 철 클립
- 유리관
- 빨대
- 샤프심(B)
- 이쑤시개
- 연필
- 알루미늄 막대
- 면장갑

### 안전

네오디뮴 자석은 강력한 자성을 띠며 잘 깨지므로 면장갑을 끼고 주의해 다룬다.

빨대, 샤프심 등 여러 가지 물체를 연필 위에 균형을 맞춰 하나씩 올려놓고, 물체의 한쪽 끝에 자석을 가까이 가져가며 물체의 반응을 관찰한다.



- 자석에 강하게 끌려 오는 물체, 약하게 끌려 오는 물체, 밀려 나는 물체는 무엇인가?
- 실험 결과를 바탕으로 하여 실험에 사용한 물체를 분류해 보자.

## 자성과 자성체의 종류

물체를 구성하는 원자는 매우 작은 자석과 같은 역할을 하는데 이것을 원자 자석이라고 하며, 원자 자석이 외부 자기장에 의해 정렬되는 현상을 자기화라고 한다. 이처럼 원자가 자석과 같은 역할을 하는 까닭은 전자가 원자핵 주위를 운동하면서 자기장을 형성하기 때문이다. 이때 물체를 구성하는 각 원자들의 자기장의 방향이 비슷할수록 물체는 강한 자기장을 만들 수 있다.

자성체는 외부 자기장에 어떻게 반응하느냐에 따라 크게 강자성체, 상자성체, 반자성체로 분류할 수 있다. 자성체는 외부 자기장에 의해 자기화되는 성질이 다르므로 자석을 가까이 가져갈 때 상호작용 하는 방향이나 세기가 다르다. 강자성체는 자석에 강하게 끌리고, 상자성체는 자석에 약하게 끌리며, 반자성체는 자석에 약하게 밀린다.

**강자성체**는 일정 영역의 수많은 원자 자석들이 같은 방향으로 정렬되어 있는 자기 구역이 있다. 강자성체는 그림 II-27의 (가)와 같이 각 자기 구역의 자기장이 불규칙하게 배열되어 전체적으로 자기장을 형성하지 않지만, 그림 (나)와 같이 자석을 가까이 하는 등의 방법으로 외부 자기장을 걸어 주면 외부 자기장 방향으로 정렬된 자기 구역이 넓어지며 강하게 자기화된다. 강자성체는 그림 (다)와 같이 외부 자기장에 의해 자기화된 상태에서 외부 자기장을 제거해도 자기화된 상태를 유지한다. 강자성을 갖는 물질로는 철, 니켈, 코발트, 산화 철 등이 있다.

### 생활 네오디뮴 자석



매우 강한 자석인 네오디뮴 자석은 네오디뮴, 철, 붕소를 2:14:1의 비율로 합금해 만든다. 네오디뮴 자석은 녹이 잘 슬어 표면을 니켈 등으로 도금해 사용하며, 충격과 열에 약하므로 주의해서 사용해야 한다.

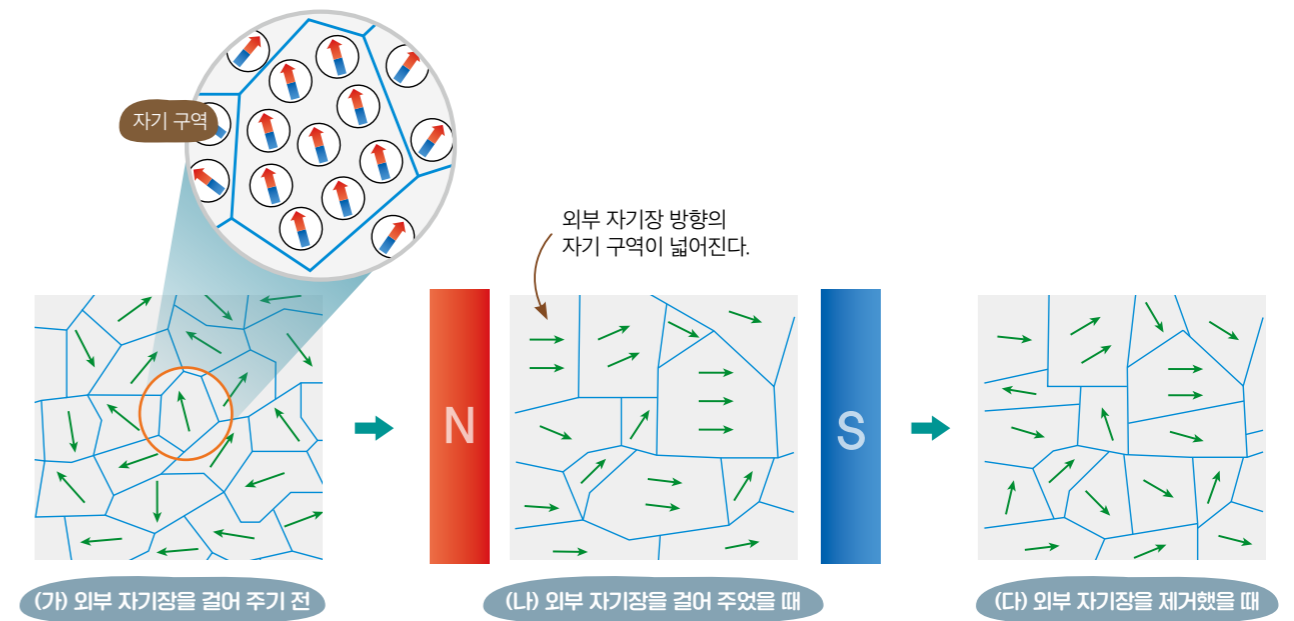


그림 II-27 강자성체

액체 산소의 상자성  
두 자석 사이에 액체 산소가 붙어  
있다.



상자성체는 그림 II-28의 (가)와 같이 자기 구역이 없고, 각 원자 자석의 자기장 방향이 불규칙하게 분포해 있어 전체적으로 자기장을 형성하지 않는다. 그림 (나)와 같이 상자성체에 외부 자기장을 걸어 주면 각 원자 자석의 자기장이 외부 자기장 방향으로 약간 정렬되어 약하게 자기화된다. 그래서 상자성체는 자석을 가까이 하면 약하게 끌려 온다. 이 상태에서 그림 (다)와 같이 외부 자기장을 제거하면 각 원자 자석의 자기장 방향이 다시 흐트러져 자기화된 상태가 바로 사라진다. 상자성체에는 알루미늄, 마그네슘, 텅스텐, 종이, 산소 등이 있다.

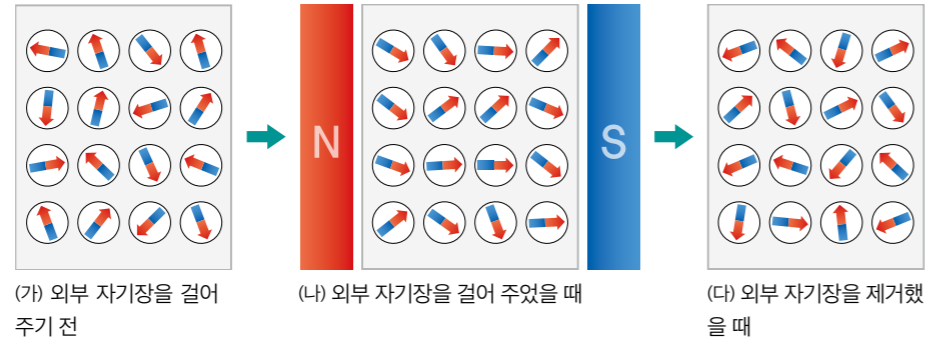


그림 II-28 상자성체

흑연의 반자성  
서로 반발하는 자기장 때문에  
흑연판이 네오디뮴 자석 위에  
떠 있다.



반자성체는 그림 II-29의 (가)와 같이 각각의 원자가 자기장을 띠지 않아 전체적으로 자기장을 형성하지 않는다. 그림 (나)와 같이 반자성체에 외부 자기장을 걸어 주면 각 원자가 외부 자기장과 반대 방향으로 자기장을 띠며 정렬되어 전체적으로 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 그래서 반자성체는 자석을 가까이 하면 약하게 밀려 난다. 그림 (다)와 같이 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 바로 사라진다. 반자성체에는 구리, 금, 유리, 플라스틱, 물, 탄소, 수소 등이 있다.

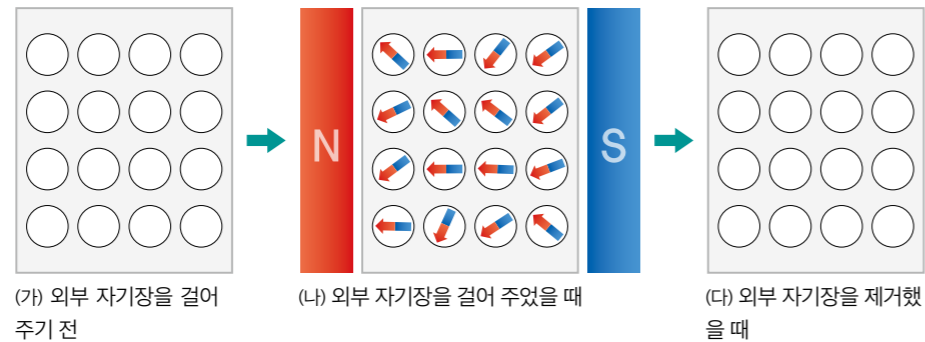


그림 II-29 반자성체

스스로 확인

- 1 자석을 가까이 했을 때 물질이 자석에 반응하는 성질을 ( )이라고 한다.
- 2 상자성체는 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태를 유지한다. (○, ×)

자성체의 활용

나침반 자침은 자기화된 강자성체를 이용해 지구 자기장 방향을 가리키도록 한 것으로 등산 같은 야외 활동뿐만 아니라 그림 II-30과 같이 선박이나 항공기의 항해 시스템에 사용하기도 한다. 이 밖에도 다양한 자성체가 일상생활과 산업 기술에 활용되고 있다. 다음 활동을 하면서 일상생활과 산업 기술에서 자성체가 어떻게 쓰이고 있는지 조사해 보자.



그림 II-30 항해에 쓰이는 나침반

디지털  
해보기

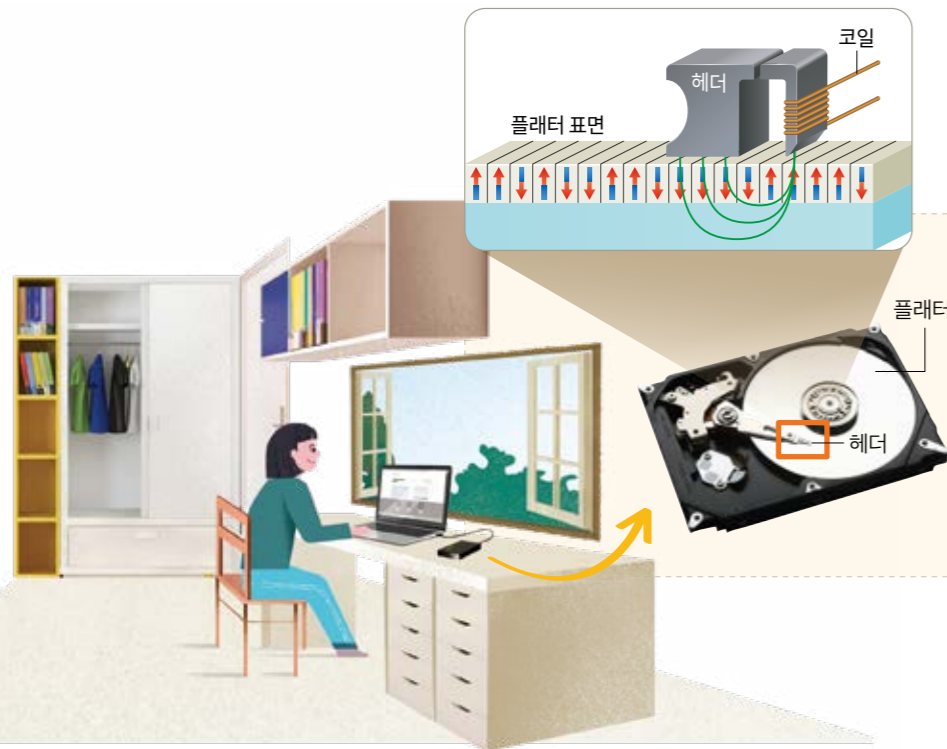
자성체의 활용 조사하기

탐구 능력 | 의사 결정 능력

1. 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 물건과 산업 기술에서 자성체가 활용되는 경우를 찾아 어떻게 쓰이고 있는지 조사한다.
2. 공유 조사한 내용 중 중요하다고 생각하는 것들을 선택하여 카드 뉴스로 만들어 보고, 공유 플랫폼에 공유한다.

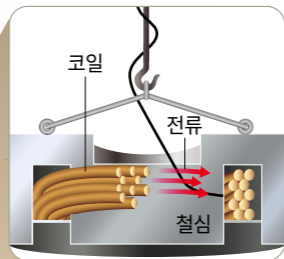
- 준비물
- 스마트 기기

강자성체는 외부 자기장이 사라져도 자기화 상태를 유지한다. 이러한 성질을 정보 저장 기술에 이용한다. 또 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되는 강자성체의 성질을 이용해 더 강한 전자석을 만들기도 한다.



**하드 디스크**

하드 디스크 속 플래터는 원판에 산화철을 입혀 만든다. 헤더의 코일에 정보가 담긴 전류가 흐르면 자기장이 생긴다. 이 자기장에 의해 플래터의 산화철이 자기화되어 정보를 저장한다. 산화철은 강자성체이므로 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태를 유지하며 정보를 저장한다.



**전자석 기증기 속 철심**

기증기의 팔 끝부분에는 내부가 코일로 채워진 전자석이 달려 있다. 전자석의 코일이 강자성체인 연철로 만든 철심 주위를 감싸고 있는 구조이므로 코일에 전류가 흘러 자기장을 만들면 코일 내부의 철심이 자기장 방향으로 자기화되어 더욱 강력한 자기장을 형성한다.



요즘에는 액체 형태로 만든 자석이 일상생활을 포함하여 공학, 예술 등 다양한 분야에 쓰이고 있다. 액체 자석은 강자성체 가루를 매우 작게 만들어 액체 속에 넣고 서로 뒤엉키지 않도록 처리하여 만든다. 액체 자석을 이루는 작은 입자는 외부 자기장을 이용해 미세하게 조정할 수 있는 장점이 있다.

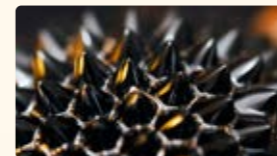
**우주복**

우주복의 미세한 틈을 완전히 막으면서도 움직임을 부드럽게 하기 위해 안전모나 관절 부위 등의 이음새에 액체 자석을 이용한다.



**지폐 제작**

자성 잉크가 들어 있는 지폐의 숫자 부분에 자석을 갖다 대면 지폐가 끌려 오므로 위조 지폐를 구분할 수 있다.



**예술 작품**

액체 자석이 자기장을 따라 움직이는 특성을 활용한 예술 작품도 있다.



**스스로 확인**

- 1 나침반 자침은 외부 자기장을 제거해도 자기화된 상태를 유지하는 상자성체를 이용하여 만든다. (○, ×)
- 2 기증기에 달려 있는 전자석은 코일 내부에 강자성체인 철심이 들어 있어 코일에 전류가 흐르면 철심이 자기장 방향으로 자기화된다. (○, ×)

**스스로 정리**

**공유** 고무 자석이나 액체 자석을 일상 속 디자인에 활용할 수 있는 아이디어를 고안하고 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 02

## 전류에 의한 자기장과 에너지 전환

**학습 목표** | 전류의 자기 작용을 이용하여 에너지를 전환하는 장치의 원리를 알고, 스피커와 전동기 등을 설계할 수 있다.

주변 사람들에게 피해를 주지 않고 음악을 감상할 수 있도록 사용자에게만 소리가 향하게 만들어진 스피커가 있다. 이 밖에도 특별한 목적으로 설계된 다양한 스피커가 있다. 스피커는 전기 신호를 어떻게 음성으로 재생할까?



### 전류에 의한 자기장

덴마크의 물리학자 외르스테드(Ørsted, H. C., 1777~1851)는 1819년에 전류가 흐르는 도선 근처에 있던 나침반 자침이 북극을 가리키지 않는 것을 관찰하고, 전류에 의해서도 자기장이 만들어진다는 것을 발견했다. 이는 자기와 전기가 서로 관련 없는 것으로 생각하던 당시에는 놀라운 발견이었다.

다양한 도선에 전류가 흐를 때 도선 주위에 자기장이 만들어지는 전류의 자기 작용에 대해 알아보자.

**직선 전류에 의한 자기장** | 긴 직선 도선에 전류가 흐를 때 그림 II-31과 같이 도선을 중심으로 하는 동심원 모양의 자기장이 생긴다. 자기장의 방향은 오른손 엄지손가락이 전류가 흐르는 방향을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다.

직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기가 셀수록 크고, 도선으로부터 떨어진 거리가 멀수록 작다.

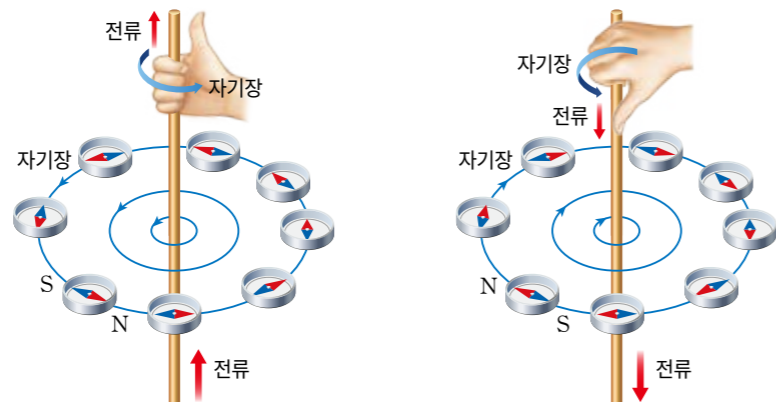


그림 II-31 직선 전류에 의한 자기장

**원형 전류에 의한 자기장** | 직선 도선을 구부려 만든 원형 도선에 전류가 흐를 때 도선 주위의 자기장의 모양은 그림 II-32와 같다. 이는 원형 도선을 작게 나누어 무수히 많은 직선 도선이 이어진 것으로 생각했을 때 작은 직선 도선이 만드는 자기장을 합성한 것과 같다.

원형 도선 중심에서 자기장의 방향은 원형 도선이 만드는 평면에 수직이며, 자기장의 세기는 전류의 세기가 셀수록 크고 도선이 만드는 원의 반지름이 클수록 작다.

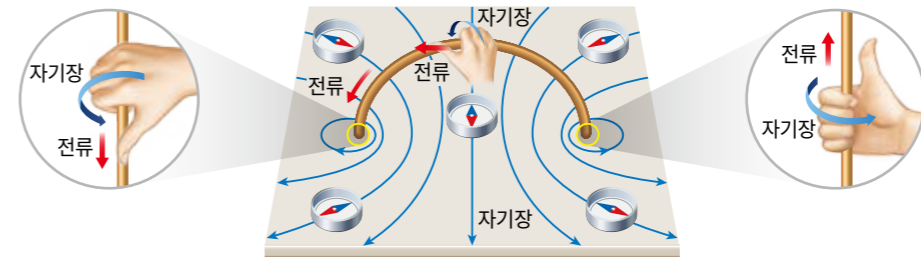


그림 II-32 원형 전류에 의한 자기장

**솔레노이드에 의한 자기장** | 도선을 원통형으로 균일하게 감은 솔레노이드에 전류가 흐를 때 자기장의 모양은 그림 II-33과 같다. 솔레노이드 내부 자기장은 각 원형 고리가 만드는 자기장이 합쳐져 중심축과 방향이 같고, 세기가 균일하다. 이때 내부 자기장의 방향은 그림과 같이 오른손의 네 손가락을 전류 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이며, 세기는 단위 길이당 도선의 감은 수와 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기에 비례한다. 솔레노이드의 외부에는 막대자석 주위에 형성되는 자기장과 비슷한 자기장이 형성된다.

**\* 솔레노이드**  
도선을 촘촘하게 원통형으로 감아 만든 기구이다.

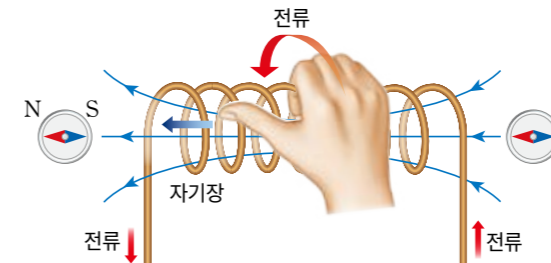


그림 II-33 솔레노이드에 의한 자기장

**연계 전자기와 양자**  
자기장을 선으로 시각화한 자료로부터 전류가 흐르는 도선 주위의 자기장의 세기와 방향을 추리하는 것을 '전자기적 상호작용' 단원에서 배운다.

#### 스스로 확인

- 1 직선 도선으로부터 떨어진 거리가 멀어지면 자기장의 세기는 ( )진다.
- 2 도선에 흐르는 전류의 세기가 같을 때, 0.1 m에 100 번 감은 솔레노이드가 0.2 m에 100 번 감은 솔레노이드보다 내부에서 자기장의 세기가 더 세다. (○, ×)



### 전동기에서 전류의 자기 작용과 에너지 전환

전동기는 전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 생기는 현상을 이용한 대표적인 사례이다. 그림 II-34와 같이 전동기 내부에 있는 코일에 전류가 흐를 때 생기는 자기장과 자석의 자기장이 상호작용 하며 코일에 힘이 작용해 코일이 회전한다. 이때 코일에 연결된 정류자를 이용해 전류의 방향을 바꾸면 코일이 계속 같은 방향으로 회전할 수 있다.

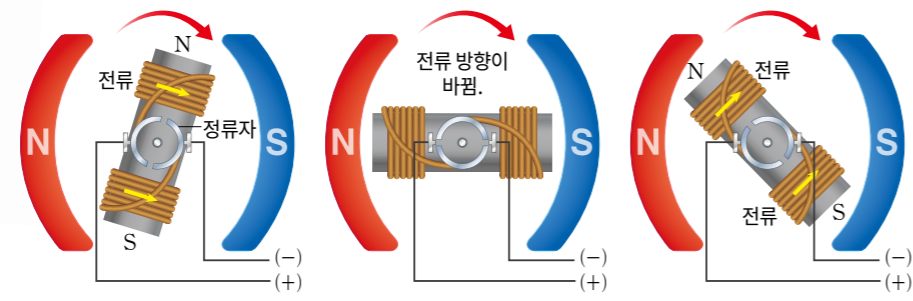


그림 II-34 전동기의 회전 원리

전동기는 자기장의 상호작용으로 코일에 공급된 전기 에너지를 운동 에너지로 바꾼다. 전동기 코일의 회전축에 자동차의 바퀴나 선풍기 회전 날개 등을 연결하면 물체를 운동시킬 수 있다. 다음 활동을 하면서 우리 주변에서 전동기가 어떻게 활용되는지 조사해 보자.

**드론**  
드론은 전동기를 이용해 전기 에너지를 운동 에너지로 전환한다.

**\*정류자**  
정류자는 코일이 반 바퀴 돌 때마다 전원과 연결된 접점을 바꿔 전류의 방향을 바꿔 주는 장치이다.

### 스피커에서 전류의 자기 작용과 에너지 전환

전류에 의한 자기장을 이용하는 다른 사례로 스피커가 있다. 스피커는 그림 II-35와 같이 자석과 코일, 진동판으로 구성되어 있다. 코일에 전류가 흐를 때 생기는 자기장과 자석의 자기장이 상호작용 하여 코일을 밀거나 당긴다. 코일에 흐르는 전류의 세기와 방향이 변하면 코일에 작용하는 힘의 세기와 방향이 변한다. 즉, 코일과 자석의 상호작용으로 코일이 진동하고, 이 진동이 코일에 연결된 진동판으로 전달되어 공기가 떨리면서 소리가 발생한다.

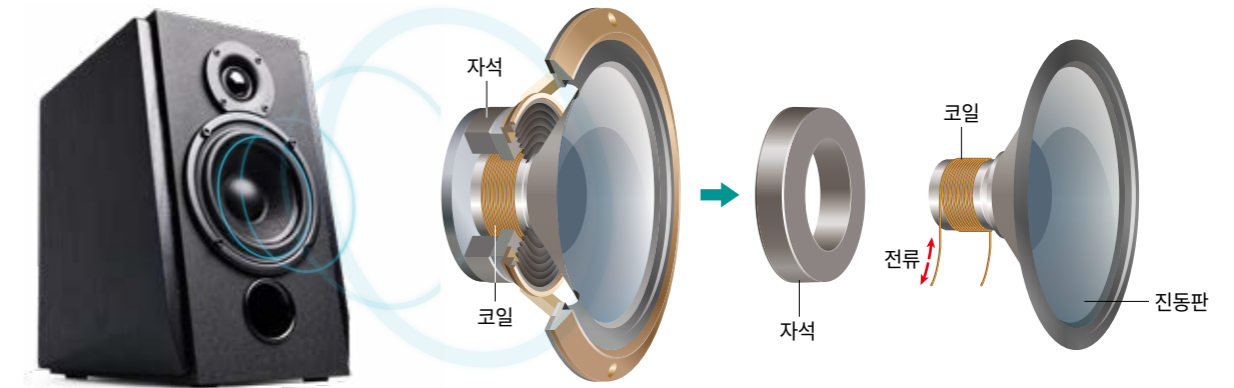
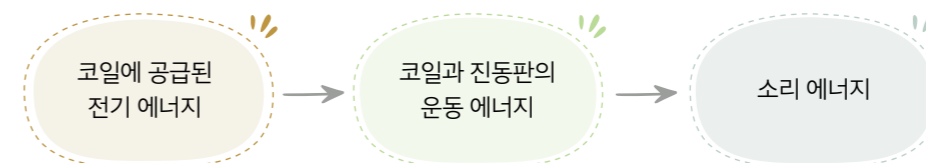


그림 II-35 스피커에서 전류의 자기 작용

코일에 전기 에너지가 공급되면 전류에 의한 자기장이 발생하고, 이 자기장이 자석의 자기장과 상호작용 하며 코일이 진동한다. 이 과정에서 코일에 공급된 전기 에너지가 코일과 진동판의 운동 에너지로 전환된다. 진동판이 진동하면 공기가 진동하여 소리가 발생하므로 진동판의 운동 에너지는 소리 에너지로 전환된다.

#### 스피커에서의 에너지 전환



#### 스스로 확인

- 1 전동기에서는 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다. (○, ×)
- 2 ( )은/는 전류의 자기 작용을 이용하여 전기 에너지를 소리 에너지로 전환하는 장치이다.

### 디지털 해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

- 준비물
- 스마트 기기

### 주변에서 전동기를 활용한 사례 조사하기



1. 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 전자 제품에서 전동기를 활용한 경우를 찾아 어떻게 이용하는지 조사한다.
2. 조사한 내용을 바탕으로 하여 전자 제품에서 일어나는 에너지 전환 과정을 분석한다.
3. 공유 분석한 내용을 인포그래픽으로 제작하여 공유 플랫폼에 공유한다.

# 탐구

● 문제 인식 / 탐구 설계 / 다양한 도구 활용



## 실험 영상

준비물

- 원형 네오디뮴 자석 2 개
- 에나멜선(지름 0.3 mm)
- 투명 플라스틱 컵 2 개
- 오디오용 전선  사포
- 스피커를 꾸밀 재료
- 접착테이프  칼
- 스마트 기기  가위
- 면장갑

## 역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 인터넷 검색: \_\_\_\_\_
- 실험 수행: \_\_\_\_\_
- 결과 기록: \_\_\_\_\_
- 발표: \_\_\_\_\_

## 안전

- 네오디뮴 자석은 자성이 매우 강하므로 주의해서 다룬다.
- 칼, 가위 등 날카로운 도구를 다룰 때는 면장갑을 낀다.

## 탐구 길잡이

가능한 한 많은 아이디어를 모으고, 아이디어에 대한 분석이나 비판은 하지 않는다.

Q 탐구 능력 | 문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

## 다양한 재료로 스피커를 설계하고 제작하여 음성 정보의 전기적 재생 과정 탐색하기

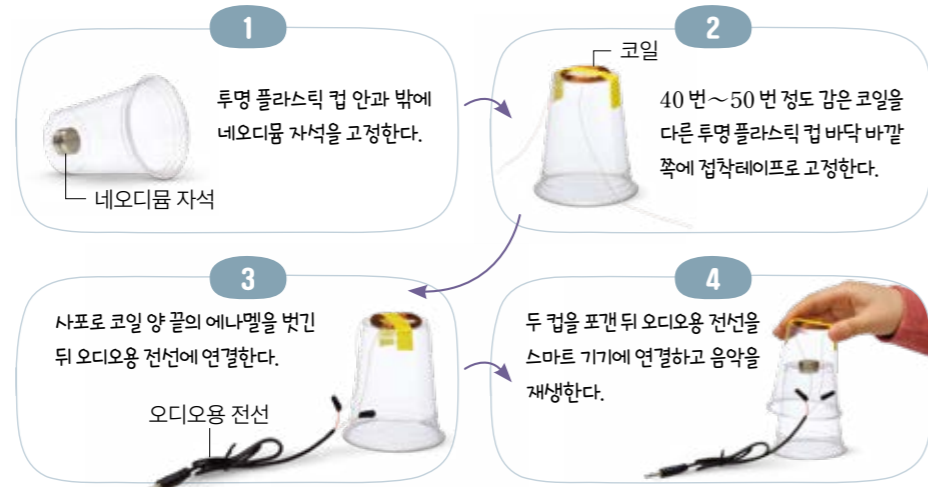
### 목표

다양한 재료를 활용한 스피커를 공학적으로 설계하고 제작하여 음성 정보의 전기적 재생 과정을 설명할 수 있다.

### 과정

#### 탐구 ① 간단한 재료로 스피커 만들기

1. 간단하게 스피커 만드는 방법을 검색하고 모둠별로 재료를 선택하여 스피커를 만든다.



2. 스피커에서 음성 정보가 재생되는 과정을 정리한다.

#### 탐구 ② 공학적 설계로 스피커 개선하기

1. 모둠원들과 토의하여 탐구 ①에서 만든 스피커에서 개선할 점을 찾는다.

2. 음성 정보 재생 과정을 고려하여 탐구 ①에서 만든 스피커를 개선하기 위한 창의적인 설계 아이디어를 모은다.

3. 탐구 ①의 스피커 제작 과정에서 제한 조건을 확인한다.

- 사용 가능한 재료
- 재료 구입 비용
- 제작 시간
- 디자인

4. 과정 2에서 구상한 설계 아이디어 중에서 제작 목적과 제한 조건을 만족하는 것을 선정한다.

5. 개선한 스피커의 설계를 그리고, 필요한 재료를 준비하여 스피커를 제작한다.

6. 제작한 스피커를 스마트 기기에 연결하여 음악을 재생해 보고, 개선하려고 한 점이 잘 반영되었는지 확인한다.

### 결과및정리

1. 제작 과정을 정리하여 발표 자료를 만든 뒤 스피커를 시연하면서 발표한다. 이때 다음 내용을 포함한다.

음성 정보의 전기적 재생 과정을 고려한 개선 방향

제한 조건을 해결한 방법

2. 다른 모둠의 발표를 듣고 다음 기준에 따라 상중하로 평가한다.

기능적 측면	스피커의 음질이 개선되었는가?	상 중 하
심미적 측면	스피커의 디자인이 개성 있고 아름다운가?	상 중 하
경제적 측면	제작 비용은 적절한가?	상 중 하

### 스스로 평가

- | 지식·이해 | 스피커에서 나오는 음성 신호의 전기적 재생 과정을 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 음성 정보의 전기적 재생 과정을 고려해 스피커를 개선하고 제한 조건을 해결했는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 협업을 통해 스피커를 아름답고 실용성 있게 제작했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 설계와 제작 과정에서 개방적 태도로 아이디어를 수용하고 참여했는가? ☆☆☆

💡 탐구 길잡이  
스피커 성능을 방해하지 않는 범위에서 심미적 감각을 발휘하여 스피커를 꾸민다.



### 탐구 후기

**\*지향성 스피커**  
소리가 사방으로 퍼지는 일반 스피커와 달리 일정 범위 내 사람에게만 소리를 전달할 수 있다.

전기 신호를 소리 신호로 재생하는 스피커는 사용 목적과 쓰임새를 고려하여 공학적 설계를 바탕으로 개발해야 한다. 예를 들어 소리를 좁은 범위에 집중시키면 곳까지 일정하게 전달하기 위해 설계된 지향성 스피커는 그림 II-36과 같이 전시회장이나 횡단보도의 보행자 안내 시스템 등에 활용한다.

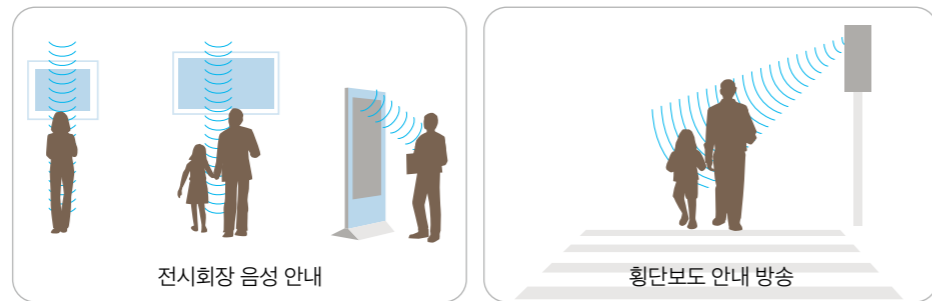


그림 II-36 지향성 스피커의 활용

### 전류에 의한 자기장 이용

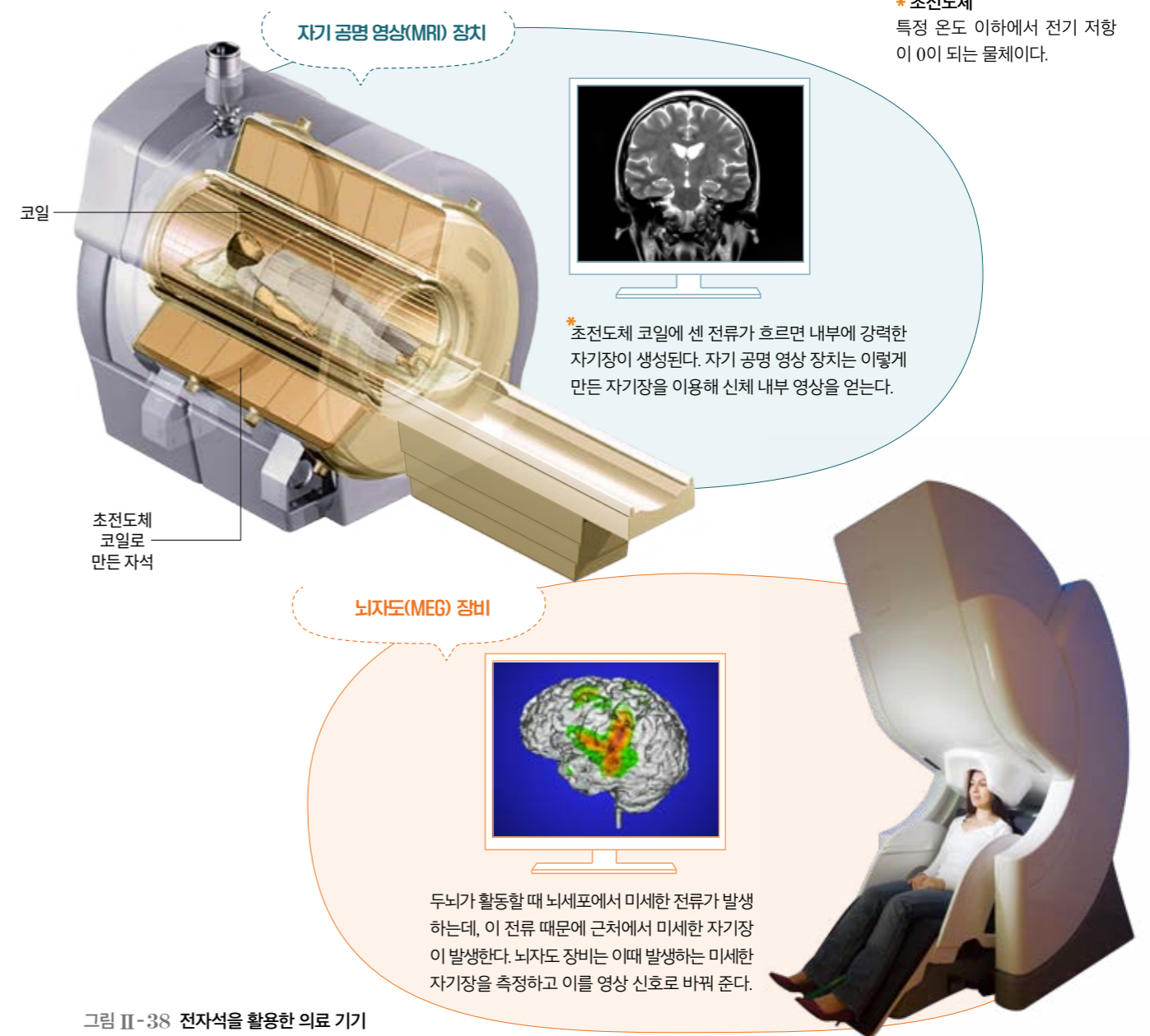
전동기와 스피커 외에도 우리는 일상생활에서 전류에 의한 자기장을 이용하는 다양한 전자 제품을 사용하고 있다.

전류에 의한 자기장은 공중에 살짝 떠서 달리는 자기 부상 열차에 활용한다. 그림 II-37과 같이 차량 아래에 있는 전자석에 전류가 흐르면 자기장이 형성되어 전자석과 레일 사이에 서로 당기는 힘이 작용한다. 자기 부상 열차는 전자석에 흐르는 전류의 세기를 조절하여 열차가 레일과 적당한 간격을 유지하며 떠 있도록 한다.

그림 II-37 자기 부상 열차



그림 II-38과 같이 전류에 의한 자기장을 이용하는 자기 공명 영상(MRI, magnetic resonance imaging) 장치나 뇌자도(MEG, magnetoencephalography) 장비 같은 의료 기기를 통해 인체 내부의 모습이나 활동을 관찰할 수 있다.



**\*초전도체**  
특정 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 물체이다.

그림 II-38 전자석을 활용한 의료 기기

### 스스로 확인

- 1 스피커에서 소리가 날 때 코일 내부에 생기는 자기장의 세기는 변하지만 방향은 일정하다. (○, ×)
- 2 자기 공명 영상 장치나 뇌자도 장비는 전류에 의한 ( )을/를 이용하여 인체 내부의 모습이나 활동을 관찰한다.

### 스스로 정리

**공유** 상상력을 발휘해 미술관, 경기장, 캠핑장 등 스피커가 있는 풍경을 그려 보고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 03

## 전자기 유도와 에너지 전달

**학습 목표** 전자기 유도 현상이 센서, 무선 통신, 무선 충전 등 에너지 전달 기술에 적용되어 현대 문명에 미친 영향을 인식할 수 있다.

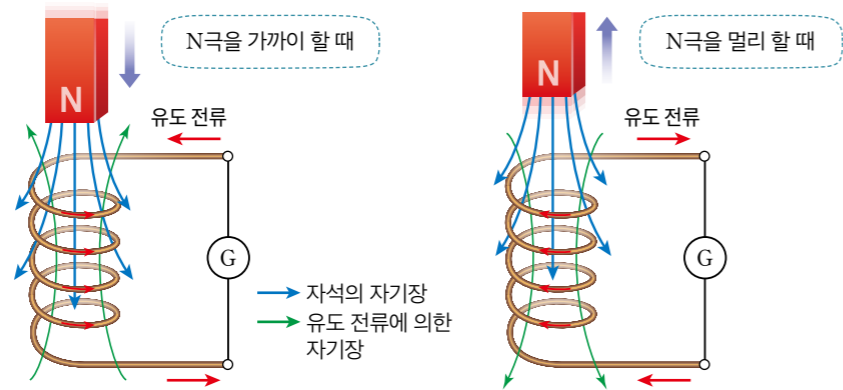
전선을 연결하지 않아도 스마트 기기끼리 사진이나 영상을 직접 주고받는 정보 전달 기능은 어떤 원리로 작동할까?



### 자기장의 변화와 전자기 유도

코일 근처에 막대자석이 정지해 있으면 아무런 변화가 생기지 않는다. 그러나 그림 II-39와 같이 자석을 위아래로 움직이면 코일을 통과하는 자기장이 시간에 따라 변하면서 코일에 전류가 흐른다. 이것을 **전자기 유도**라고 하며, 코일에 흐르는 전류를 **유도 전류**라고 한다.

전자기 유도에 의해 코일에 흐르는 전류는 코일 내부를 통과하는 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도된다. 이를 **렌츠 법칙**이라고 한다. 그림 II-40은 유도 전류의 방향을 나타낸 것이다.



자석의 N극을 코일에 가까이 가져가면 코일 내부에서 아래 방향으로 향하는 자기장의 세기가 증가하므로 코일에는 이 자기장의 변화를 방해하는 방향, 즉 위 방향(반대 방향)의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다.

자석의 N극이 멀어지는 동안에는 코일 내부에서 아래 방향으로 향하는 자기장의 세기가 감소하므로 코일에는 이 자기장의 변화를 방해하는 방향, 즉 아래 방향(같은 방향)의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다.

그림 II-40 유도 전류의 방향

코일 주위에서 자석을 더 빠르게 움직이거나 더 센 자석을 이용하면 코일을 통과하는 자기장의 시간당 변화 정도가 커서 더 큰 유도 전류가 흐른다.



그림 II-39 전자기 유도

**연계 통합과학2**  
전자기 유도는 '환경과 에너지' 단원에서 배웠다.

**렌츠**  
(Lenz, H. F. E., 1804~1865)  
독일의 물리학자. 패러데이의 전자기 유도 연구 소식을 접하고 유도 전류의 방향을 연구해 유도 전류가 자기장 변화를 방해하는 방향으로 흐른다는 것을 발견했다.

### 코일에 의한 전자기 유도

코일에 전류가 흐르면 자기장이 생긴다. 그림 II-41과 같이 전류가 흐르는 1차 코일 옆에 2차 코일을 고정하면 1차 코일에 의한 자기장 중 일부가 2차 코일 내부를 통과한다. 만약 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 변하면 2차 코일 내부를 통과하는 자기장의 세기도 변해 2차 코일에 유도 전류가 흐른다. 이때 2차 코일에 흐르는 유도 전류는 1차 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장의 변화를 방해하는 자기장이 생기도록 흐른다.

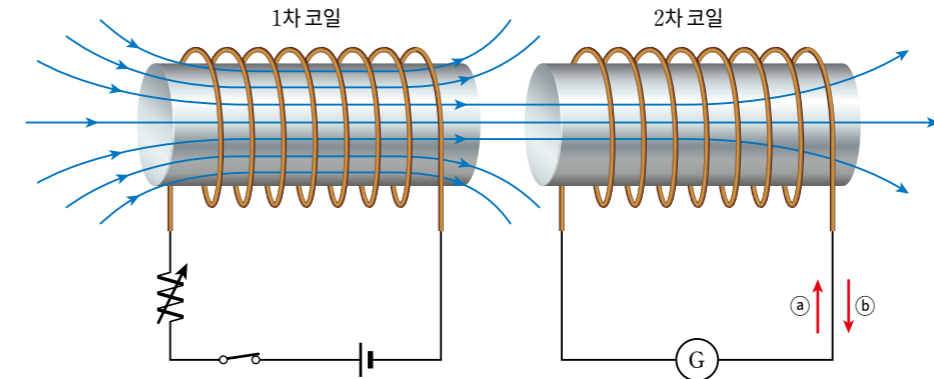


그림 II-41 전류의 세기 변화에 따라 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 방향

그림에서 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 2차 코일 내부에 오른쪽 방향의 자기장 세기가 증가하므로 2차 코일에는 왼쪽 방향의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 감소하면 2차 코일에는 오른쪽 방향의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다.

#### 잠깐 활동

그림 II-41에서 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 감소하면 2차 코일에는 ㉠와 ㉡ 중 어느 방향으로 유도 전류가 흐르는지 이야기해 보자.

1차 코일에 흐르는 전류의 세기나 방향이 주기적으로 변하면 2차 코일에 흐르는 전류의 세기나 방향도 주기적으로 변한다. 이 원리를 이용하면 떨어져 있는 두 코일 사이에서 전기 에너지나 전기 신호를 전달할 수 있다.

#### 스스로 확인

- 1 코일에 자석을 가까이 할 때 유도 전류에 의한 자기장 방향은 자석의 자기장 방향과 (같다, 반대이다).
- 2 코일에 자석의 N극을 가까이 할 때와 S극을 멀어지게 할 때 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 같다. (O, X)

# 탐구

모형의 생성과 활용 / 결론 도출 및 기술에 적용



### 준비물

- 전선(검정, 초록, 노랑)
- 트랜지스터(2N2222)
- 전지(1.5 V)
- 전지 끼우개
- 절연 테이프
- 동근 통  가위
- 저항(1 kΩ)
- 에나멜선  사포
- 발광 다이오드(LED)
- 스마트 기기  면장갑

### 역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 부품 확인: \_\_\_\_\_
- 회로 조립: \_\_\_\_\_
- 기록 정리: \_\_\_\_\_

### 탐구 길잡이

- 트랜지스터에 전선을 연결할 때 방향에 주의한다.
- 전선과 연결한 부위는 절연 테이프로 감싸서 고정한다.

### 안전

끝부분이 뾰족한 부품을 다룰 때에는 면장갑을 낀다.

탐구 능력 | 문제 해결 능력

## 전자기 유도 작용을 이용한 무선 충전 원리를 이해하고 구현하기

### 목표

전자기 유도 작용을 이용한 무선 충전 원리를 이해하고 구현할 수 있다.

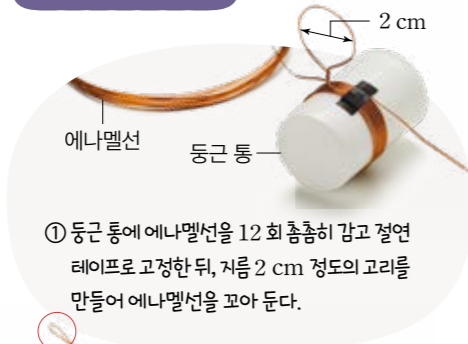
### 조사

인터넷에서 전자기 유도를 이용한 무선 충전 원리를 조사해 보자.

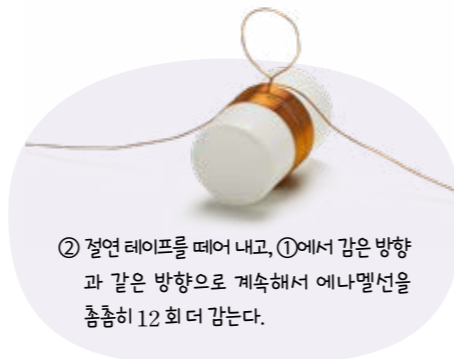
### 과정

1. 다음 과정에 따라 전자기 유도를 이용한 무선 전송 회로를 만든다.

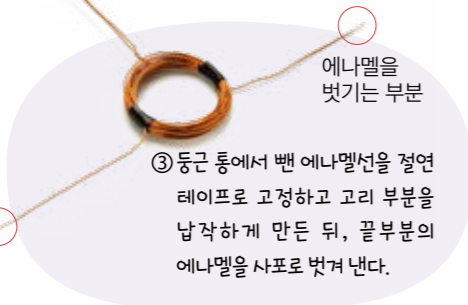
#### 송신부 회로 만들기



① 동근 통에 에나멜선을 12회 총총히 감고 절연 테이프로 고정하되, 저름 2 cm 정도의 고리를 만들어 에나멜선을 꼬아 둔다.



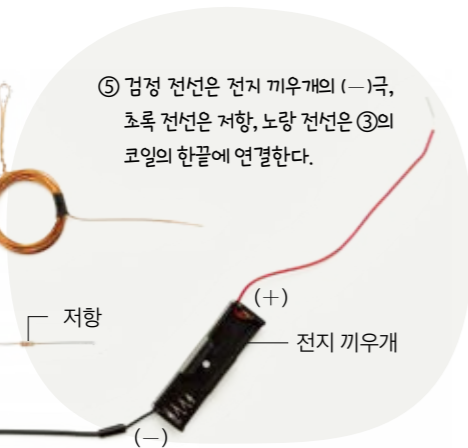
② 절연 테이프를 떼어 내고, ①에서 감은 방향과 같은 방향으로 계속해서 에나멜선을 총총히 12회 더 감는다.



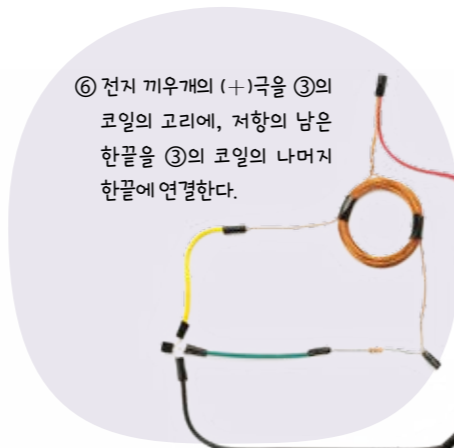
③ 동근 통에서 뺀 에나멜선을 절연 테이프로 고정하고 고리 부분을 납작하게 만든 뒤, 끝부분의 에나멜을 사포로 벗겨 낸다.



④ 그림과 같이 트랜지스터의 납작한 면이 위로 오게 한 뒤 검정, 초록, 노랑 전선을 차례대로 연결한다.

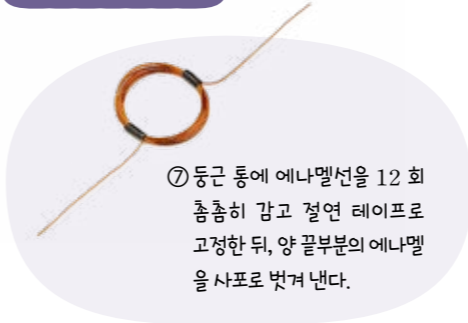


⑤ 검정 전선은 전지 끼우개의 (-)극, 초록 전선은 저항, 노랑 전선은 ③의 코일의 한끝에 연결한다.



⑥ 전지 끼우개의 (+)극을 ③의 코일의 고리에, 저항의 남은 한끝을 ③의 코일의 나머지 한끝에 연결한다.

#### 수신부 회로 만들기



⑦ 동근 통에 에나멜선을 12회 총총히 감고 절연 테이프로 고정하되, 양 끝부분의 에나멜을 사포로 벗겨 낸다.



⑧ 에나멜선의 양 끝부분에 발광 다이오드(LED)를 연결하고, 연결 부위를 절연 테이프로 감싼다.

2. 수신부 코일을 송신부 코일에 가까이 가져갔을 때 불이 켜지는지 관찰한다.
3. 수신부 코일을 뒤집어 송신부 코일에 가까이 가져갔을 때 불이 켜지는지 관찰한다.



### 결과 및 정리

1. 다음 단어들을 이용해 에너지 전환 과정을 설명해 보자.

LED의 빛, 수신부 코일의 유도 전류, 송신부 코일에 흐르는 전류, 송신부 코일 내부의 자기장



2. 제작한 무선 전송 회로에서 전기 에너지가 LED로 전달되는 과정을 조사에서 조사한 무선 충전 원리로 설명해 보자.



#### 스스로 평가

- | 지식·이해 | 무선 충전기에서 에너지가 전달되는 원리를 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 실험 결과를 바탕으로 하여 무선 충전이 일어나는 경우의 공통점을 찾아 결론을 내릴 수 있는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 문제 해결을 위해 끈기 있게 실험에 참여했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 무선 전송 회로를 직접 만들어 보면서 전자기 유도가 무선 충전, 무선 통신과 같은 에너지와 신호 전달 기술의 기초가 된다는 것을 체감했는가? ☆☆☆

#### 연계 전자기와 양자

트랜지스터를 활용하는 전자 회로를 '전자기적 상호작용' 단원에서 배운다.

#### 탐구 후기



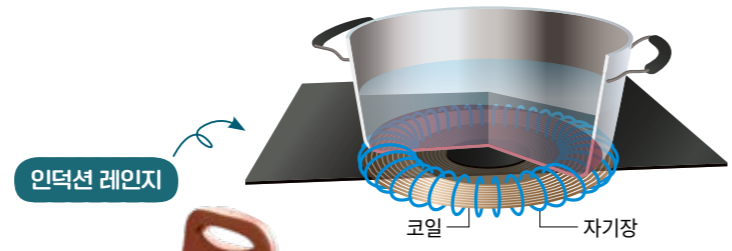
**전자기 유도를 활용한 예**

두 코일 사이에서 일어나는 전자기 유도를 이용하면 전기 에너지를 한 코일에서 다른 코일로 전달할 수 있어 무선 충전을 할 수 있다. 또한 코일에 입력된 전기 신호를 자기 신호로 변환하고 다른 코일에서 이를 다시 전기 신호로 바꿀 수 있으므로 정보 전달에도 활용할 수 있다.

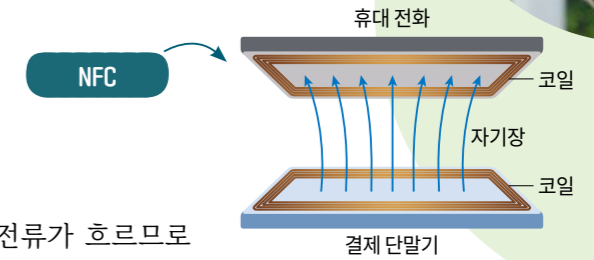
무선 충전기 위에 휴대 전화를 올려 두면 충전기 내부의 코일에 의해 생긴 자기장이 변하며 휴대 전화 내부의 코일에 유도 전류가 흐른다. 이 과정을 통해 충전기에서 휴대 전화로 전기 에너지가 전달되면서 휴대 전화가 충전된다.



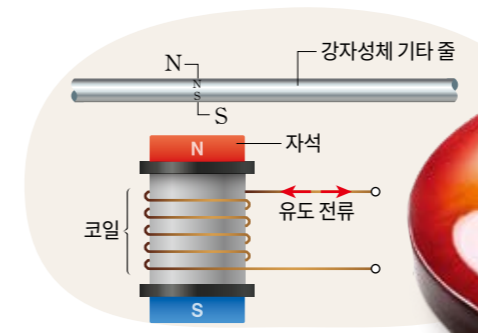
불 없이 조리가 가능한 인덕션 레인지도 전자기 유도를 이용해 에너지를 전달한다. 인덕션 레인지 안의 코일에 전류가 흘러 자기장이 만들어지면, 이 자기장에 의해 금속 용기에 유도 전류가 흘러 열이 발생한다. 이때 세라믹으로 만든 인덕션 레인지의 상판에는 전류가 흐르지 않으므로 상판은 가열되지 않고 금속 용기만 가열된다.



휴대 전화를 단말기에 가까이 가져가면 자동으로 결제가 되는 근거리 무선 통신 (NFC, near field communication)에도 전자기 유도가 이용된다. 휴대 전화를 단말기에 가까이 가져가면 두 기기에 들어 있는 코일 형태의 안테나 사이에 자기장을 형성하고, 전자기 유도를 이용해 서로 정보를 주고받는다. NFC 방식은 보안이 뛰어나고 양방향 정보 전달이 가능하여 스마트 기기 사이의 정보 송수신, 교통 카드, 신분증, 전자 출입문 개폐 등 다양하게 쓰인다.

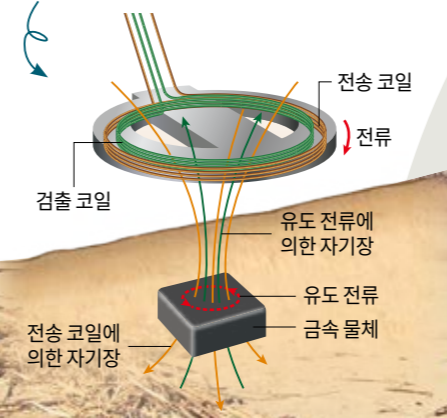


또 자석과 코일의 상대적 운동에 의해 유도 전류가 흐르므로 전자기 유도는 물체의 운동이나 자기장 변화를 감지하는 센서로 사용할 수 있다. 전자기 유도를 이용한 센서는 전기 기타, 도난 방지기, 금속 탐지기 등에 활용한다.



**전기 기타**  
전기 기타의 픽업은 전자기 유도를 이용해 기타 줄의 진동을 감지한다.

**금속 탐지기**  
금속 탐지기의 전송 코일에서 자기장을 발생시킬 때 주변 금속에 의해 자기장이 변하면 검출 코일에 유도 전류가 흘러 감지한다.



**도난 방지기**  
물건에 붙어 있는 작은 자석에 의해 도난 방지기의 내부 코일에 유도 전류가 흘러 경보음을 울린다.



## 누르지 않고도 감각을 느끼는

# 햅틱 기술

햅틱 기술은 디지털 기기에 진동이나 힘을 발생시켜 사용자가 실제로 물체를 만지고 있다는 감각을 느끼게 하는 기술이다. 초기에는 주로 산업용 로봇 등을 활용한 원격 작업이나 모의 훈련 분야에 쓰였고, 1990 년대에 가상 현실 기술의 출현과 함께 지속적으로 발전해 왔다. 이후 물체의 형상과 움직임, 질감을 느낄 수 있는 햅틱 장갑이나 복장이 개발되었으며, 스마트 기기에서 버튼을 누르는 듯한 느낌을 주기 위해서 햅틱 기술을 활용하였다.

최근에는 원격으로 촉각을 제어하는 방식으로 발전하여, 10여 미터 이상 떨어진 거리에서도 금속, 플라스틱, 고무 등의 질감을 손가락으로 느낄 수 있다. 센서가 물체의 촉각 정보를 수집하여 통신을 통해 전송하면 장비에서 촉감을 재생하는 것이다. 햅틱 기술은 교육,

의료, 게임 등 다양한 분야에서 사용 중이며 계속 발전해 나가고 있다. 햅틱 기술을 원격 의료 분야에 적용하면 의사의 동작에 따라 로봇이 원격으로 수술을 할 때 의사에게 촉감과 힘에 관한 정보를 전달해, 의사가 직접 수술하는 것과 같은 감각을 느끼도록 할 수 있다. 또 가상 현실 게임에서 사용자에게 현실감 있는 촉각 정보를 제공해 사용자가 실감 나는 게임을 즐길 수 있게 될 것이다. 그 밖에도 원격으로 옷을 구매할 때 손으로 질감을 느껴 볼 수 있고, 가상 세계에서 반려동물을 쓰다듬으며 털의 감촉을 느끼거나 처음 만난 사람과 악수하며 손의 체온과 감촉을 느낄 수도 있을 것이다.



### 글쓰기

가상 현실, 증강 현실, 햅틱 기술이 더욱 발달한 세상에서 사람의 감각을 어디까지 믿을 수 있을지 글로 써 보자.



다음 활동을 하면서 전자기 유도 현상을 적용한 에너지 전달 기술이 현대 문명에 미친 영향을 생각해 보자.

### 해보기

의사 결정 능력

## 에너지 전달 기술이 현대 문명에 미친 영향 표현하기

**활동 길잡이**  
그림, 노래, 연기, 코딩 등 자신의 재능을 발휘해 모둠 활동에 기여할 수 있는 방법을 생각해 활동에 적극적으로 참여한다.



1. 일상생활에서 전자기 유도 현상을 적용한 에너지 전달 기술이 활용되는 사례를 몇 가지 고르고, 모둠원의 재능을 발휘할 수 있는 방법으로 이를 설명하는 작품을 만든다.
2. **공유** 1에서 만든 작품을 공유 플랫폼에 공유한다.
3. 공유된 작품들을 보며 전자기 유도 현상을 이용한 에너지 전달 기술이 현대 문명에 미친 영향에 대해 토의한다.

우리 모둠에는 그림 그리기를 좋아하는 사람이 많아.

그럼 미술 작품으로 표현해 볼까?



전자기 유도를 이용한 무선 에너지 전달 기술을 통해 전자 기기를 편리하게 충전하고, 별도의 통신망 없이 전자 기기끼리 직접 정보를 주고받으며, 전선의 발열에 의한 화재 위험과 전력 손실을 줄일 수 있게 되었다. 이처럼 무선 에너지 전달 기술은 과학기술 분야뿐만 아니라 경제, 문화 등 우리 삶 전반에 영향을 미치고 있다.

### 스스로 확인

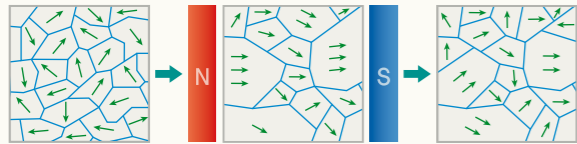
- 1 무선 충전기 위에 휴대 전화를 올려 두면 휴대 전화에 ( ) 현상이 일어나 전기 에너지가 전달된다.
- 2 전자기 유도를 이용해 가까운 거리에서 정보를 주고받는 ( ) 방식은 보안이 뛰어나고 양방향 정보 전달이 가능하다.

### 스스로 정리

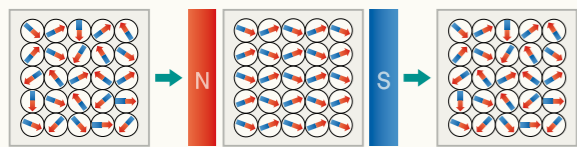
**공유** 전자기 유도 현상이 일상 생활에 유용하게 활용되는 장면을 네 칸 만화로 그리고, 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.

## 01 자성체의 종류와 활용

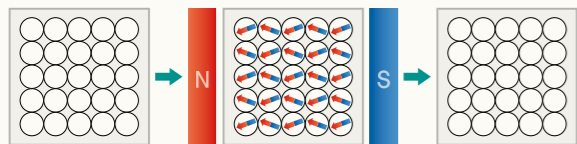
- 1. 자성:** 물질이 갖는 자기적 성질
- 2. 자성체:** 강자성체, 상자성체, 반자성체로 구분할 수 있다.
  - 강자성체: 외부 자기장 방향으로 강하게 자기화되고, 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태 유지



①: 외부 자기장 방향으로 약하게 자기화



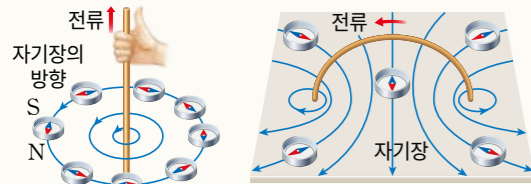
②: 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화



- 3. 자성체의 활용:** ③ 은/는 자성을 이용해 정보를 저장하는 하드 디스크, 전자석 속 철심 등에 활용된다.

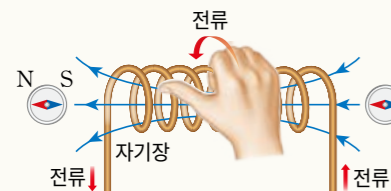
## 02 전류에 의한 자기장과 에너지 전환

- 1. 전류에 의한 자기장:** 전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 형성된다.



▲ 직선 도선

▲ 원형 도선

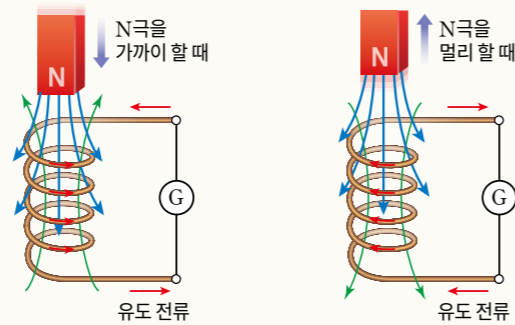


▲ ④

- 2. 전류의 자기 작용과 에너지 전환:** 전류에 의한 자기장과 자석에 의한 자기장의 상호작용을 이용하여 전동기는 전기 에너지를 ⑤ 에너지로 전환하고, ⑥ 은/는 전기 에너지를 진동판의 운동 에너지로 전환하여 소리를 발생시킨다.
- 3. 전류에 의한 자기장의 활용:** 자기 부상 열차, 자기 공명 영상 장치, 뇌자도 장비 등

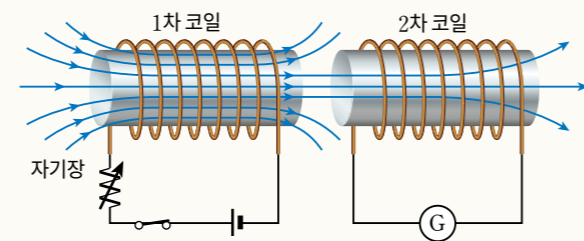
## 03 전자기 유도와 에너지 전달

- 1. 렌츠 법칙:** 전자기 유도에 의해 코일에 흐르는 전류는 코일 내부를 통과하는 자기장의 변화를 ⑦ 하는 방향으로 유도된다.



→ 자석에 의한 자기장  
→ 유도 전류에 의한 자기장

- 2. 1차 코일에 흐르는 전류가 주기적으로 변하면 2차 코일에 유도되는 전류도 주기적으로 변한다.**



- 3. 전자기 유도 활용:** 전기 에너지를 한 코일에서 다른 코일로 전달하는 무선 충전, 전기 신호와 자기 신호 변환을 통해 신호를 주고받는 무선 통신, 자성을 띠는 물체의 운동이나 자기장 변화를 감지하는 센서 등  
예) 휴대 전화 무선 충전, 인덕션 레인지, NFC, 전기 기타, 도난 방지기, 금속 탐지기 등

## 평가하기

자성체의 종류 105 쪽

- 01** 다음은 자성체를 분류한 것에 대한 설명이다.

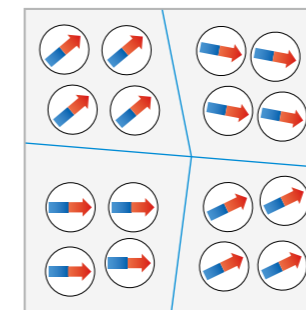
자성체는 외부 자기장에 어떻게 반응하느냐에 따라 크게 세 종류로 분류할 수 있다. (㉠)는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화되고, 외부 자기장 방향으로 자기화되는 물체 중 (㉡)는 외부 자기장을 제거해도 자기화된 상태를 유지한다.

㉠, ㉡에 들어갈 말을 옳게 짝 지은 것은?

- |        |      |
|--------|------|
| ㉠      | ㉡    |
| ① 반자성체 | 강자성체 |
| ② 반자성체 | 상자성체 |
| ③ 상자성체 | 강자성체 |
| ④ 강자성체 | 상자성체 |
| ⑤ 강자성체 | 반자성체 |

자성체 105 쪽

- 02** 그림은 외부 자기장에 의해 자기화된 자성체가 외부 자기장을 제거한 뒤 내부 자기 구역의 자기장이 방향성을 유지하는 모습을 나타낸 것이다.



이 자성체에 관한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 철, 니켈, 코발트 등이 있다.
  - ㄴ. 나침반의 자침, 전자석의 철심 등으로 활용된다.
  - ㄷ. 특정 온도 이하에서 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다.

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

서술형

자성체의 활용 107 쪽

- 03** 일상생활이나 산업 기술에서 자성체를 활용하는 예를 두 가지 서술하시오.

직선 전류에 의한 자기장 110 쪽

- 04** 전류가 흐르는 직선 도선 주위의 자기장에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

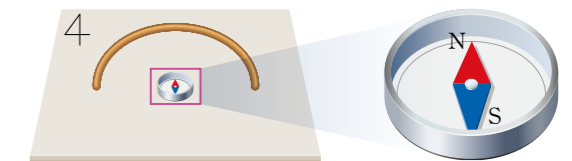
보기

- ㄱ. 자기장 방향은 도선과 나란하다.
- ㄴ. 도선에서 멀수록 자기장의 세기가 약하다.
- ㄷ. 전류의 세기가 셀수록 강한 자기장이 생긴다.

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

원형 전류에 의한 자기장 111 쪽

- 05** 그림은 전류가 흐르는 원형 도선의 중심점에 나침반을 놓았을 때 나침반 자침이 가리키는 방향을 나타낸 것이다.

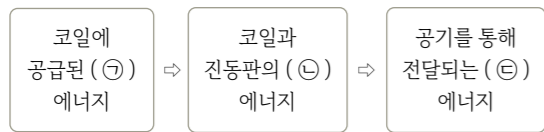


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 지구 자기장은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 원형 도선에는 시계방향으로 전류가 흐른다.
  - ㄴ. 원형 도선의 반지름이 증가하면 중심점에서 자기장의 세기가 증가한다.
  - ㄷ. 원형 도선에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 중심점에서 자기장의 세기가 증가한다.

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

06 다음은 스피커에서 일어나는 에너지 변환을 나타낸 것이다.



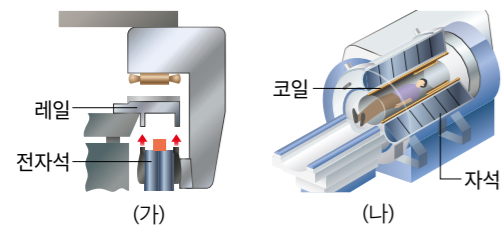
㉠~㉢에 들어갈 말을 옳게 짝 지은 것은?

- ㉠ 운동 전기 소리    ㉡ 운동 소리 전기  
 ③ 소리 운동 전기    ④ 전기 운동 소리  
 ⑤ 전기 소리 운동

07 다음은 전류에 의한 자기장을 이용하는 사례를 설명한 것이다.

(가) 열차 아래의 전자석에 전류가 흐르면 전자석과 레일 사이에 서로 (㉠) 힘이 작용해 열차가 레일 위에 일정한 간격을 유지하며 뜬다.

(나) 초전도체 코일에 센 전류를 흘려 강력한 자기장을 만들고, 이 자기장을 이용해 인체 내부 영상을 얻는다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

㉠ (가)에서 전자석에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 전자석의 자기장 세기도 증가한다.  
 ㉡ (나)는 자기 공명 영상 장치를 설명한 것이다.  
 ㉢ ㉠은 '밀어 내는'이 적당하다.

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

스피커 113 쪽

08 그림은 검류계를 연결한 코일 근처에서 자석을 움직이는 모습을 나타낸 것이다.

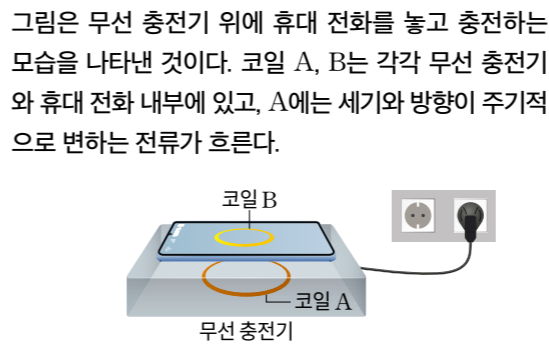


㉠ 보기  
 ㉡ ㉠. 유도 전류는 코일을 통과하는 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.  
 ㉢ ㉡. 자석을 빨리 움직일수록 센 유도 전류가 흐른다.  
 ㉣ ㉢. N극을 가까이 가져갈 때와 멀리 가져갈 때 검류계에 흐르는 전류 방향은 서로 반대이다.

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

렌츠 법칙과 전자기 유도 118 쪽

10 그림은 무선 충전기 위에 휴대 전화를 놓고 충전하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

㉠ 보기  
 ㉡ ㉠. B를 통과하는 자기장의 세기는 일정하다.  
 ㉢ ㉡. 전자기 유도에 의해 전기 에너지가 전달된다.  
 ㉣ ㉢. A에 흐르는 전류의 세기가 증가할 때 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장 방향은 서로 같다.

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

전자기 유도와 에너지 전달 122 쪽

11 그림은 전기와 자기의 상호작용을 이용한 장치를 활용하는 사례를 나타낸 것이다.



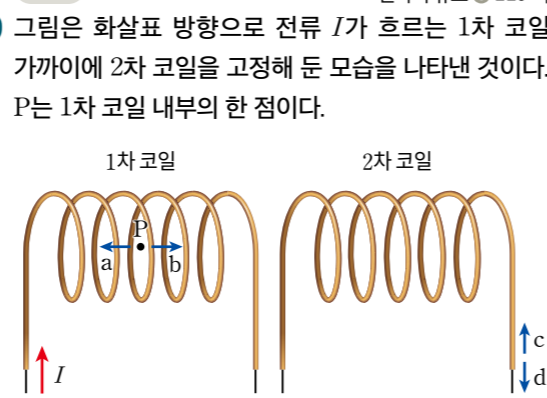
(가) 손 선풍기    (나) 도난 방지기    (다) 전기 기타 픽업

전자기 유도를 이용하여 자기장 변화를 감지하는 원리를 활용한 사례를 있는 대로 고른 것은?

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

전자기 유도의 활용 122 쪽

09 그림은 화살표 방향으로 전류 I가 흐르는 1차 코일 가까이 2차 코일을 고정해 둔 모습을 나타낸 것이다.



- (1) 점 P에서 I에 의한 자기장 방향을 고르고 그 까닭을 서술하시오.  
 (2) I의 세기가 증가하면 2차 코일에는 어느 방향으로 유도 전류가 흐르는지 고르고 그 까닭을 서술하시오.  
 (3) I의 세기가 일정할 때 2차 코일을 오른쪽으로 이동하면 2차 코일에는 어느 방향으로 유도 전류가 흐르는지 고르고 그 까닭을 서술하시오.

서술형                      전자기 유도 119 쪽

점검하기

단원명	지식-이해	과정-기능	가치-태도
01 자성체의 종류와 활용	자성체의 종류를 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    104 쪽	자석과의 상호작용을 이용해 자성체를 분류할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    104 쪽	일상생활과 산업 기술에서 활용되는 자성체의 유용성을 인식할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    107 쪽
02 전류에 의한 자기장과 에너지 전환	전류의 자기 작용을 이용하여 에너지를 전환하는 장치의 원리와 스피커에서 음성 정보의 전기적 재생 과정을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    110 쪽	다양한 재료를 활용하여 스피커를 설계하고 제작할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    114 쪽	공학적 설계를 통해 스피커를 제작하며 개방적 태도와 협업의 가치를 인식할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    114 쪽
03 전자기 유도와 에너지 전달	전자기 유도 현상을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    118 쪽	전자기 유도 작용을 이용한 무선 충전 원리를 구현할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    120 쪽	전자기 유도 현상이 현대 문명에 미친 영향을 인식할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니요    122 쪽

이 단원의 학습 내용을 돌아보고, '아니오'에 표시한 부분은 해당 쪽으로 돌아가 다시 한번 학습해 보자.

# 전기와 자기의 상호작용을 적용한 놀이 체험 활동 고안하기

마이크로프로세서에 활용할 수 있는 전자 부품 중에는 전기와 자기의 상호작용을 적용한 것들이 많다. 전기와 자기의 상호작용이 적용된 전자 부품을 활용하여 놀이 체험 활동을 고안해 보고, ‘우리 반 놀이 박람회’를 열어 보자.

## 1 조사

인터넷을 통해 전기와 자기의 상호작용이 적용된 다양한 전자 부품을 검색하고, 해당 전자 부품의 작동 원리를 전기와 자기의 상호작용으로 설명해 보자.

전자 부품	전자석 모듈	피에조 스피커	서보모터
작동 원리			

## 2 토의

**조사**에서 찾은 전자 부품 중 하나를 선택하여 마이크로프로세서와 관련한 코딩 방법에 대해 조사해 보자. 그리고 이를 활용하여 전기와 자기의 상호작용이 적용된 놀이 활동을 어떤 방식으로 고안할지 토의해 보자.

### 예시

#### 코딩 방법 조사하기

전자석 모듈과 푸시 버튼을 마이크로프로세서에 연결하여 회로를 구성한 뒤 5 V 전압을 연결한다. 이때 전류가 흐르게 하면 전자석 모듈이 자석과 같이 자성을 띠지만, 전류가 흐르지 않게 하면 자성을 띠지 않는다. 또한 전자석 모듈에는 강자성체가 들어 있어서 강한 자성을 띠며 10 N의 무게까지 견딜 수 있다.

#### 놀이 활동 고안하기

금속 집게를 이용해 전자석 모듈에 종이컵을 매달아 주어진 시간 동안 어느 팀이 가장 많은 초콜릿을 종이컵에 담을 수 있는지 겨루는 놀이 체험 활동을 고안한다.

## 3 코딩 및 제작

토의한 내용을 바탕으로 하여 코딩을 하고 놀이 체험 활동 장치를 제작해 보자.

**예시**

**놀이 제목** 초콜릿을 누가 많이 들어 올리나

**놀이 규칙**

- ① 시작 신호와 함께 실에 매단 종이컵을 집게, 클립, 옷핀 등 금속으로 된 물체를 이용해 전자석에 매달고, 초콜릿을 종이컵에 최대한 많이 담는다.
- ② 5 분이 되는 순간 전자석의 전원이 꺼져 종이컵이 바닥에 떨어진다.
- ③ 종이컵에 가장 많은 개수의 초콜릿을 담은 팀이 승리한다.

**준비물** 마이크로프로세서, 전자석 모듈, 푸시 버튼, 브레드보드, 전지, 플라스틱 자, 종이컵, 집게, 실, 초콜릿 등

## 4 보완

놀이 체험 활동을 하면서 느꼈던 불편한 점이나 추가 아이디어를 모둠별로 토의하고, 보완점을 반영해 회로나 코딩을 수정해 보자.

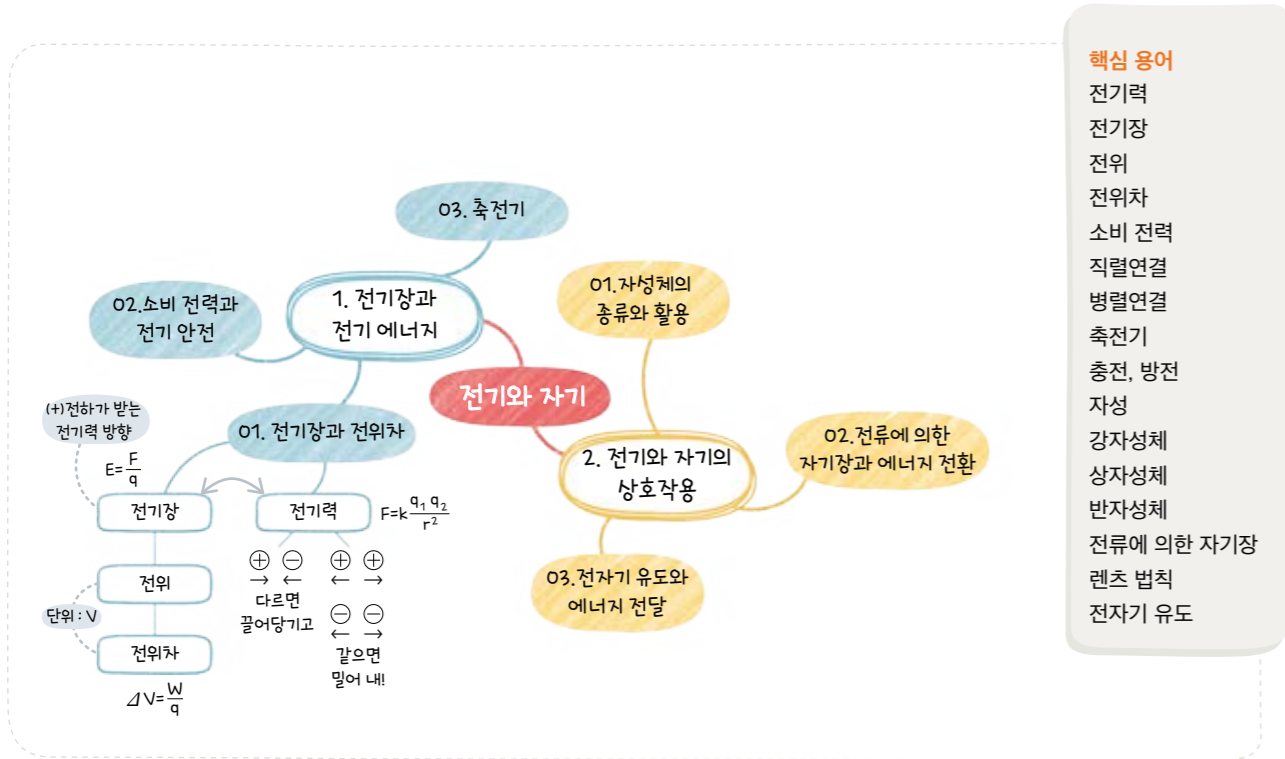


## 5 평가

각 모둠에서 제작한 전기와 자기 놀이를 모아, 우리 반 놀이 박람회를 열어 보자. 다른 모둠에서 운영하는 공간을 방문해 놀이에 참여하고, 우리 모둠의 놀이를 평가해 보자.

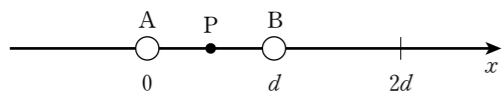
평가 기준	평가		
활동 과정에서 모둠원들의 의사소통과 협력이 잘 이루어졌는가?	상	중	하
고안한 놀이 활동에 과학적 원리(전기와 자기의 상호작용)가 적용되었는가?	상	중	하
고안한 놀이 활동이 창의적이고 흥미로운가?	상	중	하
장치가 의도한 대로 작동하도록 제작하는 데 성공했는가?	상	중	하
코딩이나 장치를 보완하는 과정에서 과학적으로 문제를 해결하려고 끈기 있게 노력했는가?	상	중	하

**공유** 핵심 용어를 모두 포함해 생각 그물을 완성하고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.



### 실력 확인하기

**01** 그림은 점전하 A, B를 각각  $x=0$ ,  $x=d$ 에 고정시킨 것을 나타낸 것이다.  $x=2d$ 에서 A에 의한 전기장과 B에 의한 전기장은 크기는 같고 방향은 반대이다. (+)전하를 띠는 C를 A와 B로부터 거리가 같은 점 P에 놓았을 때 C가 받는 전기력의 방향은  $-x$  방향이었다.

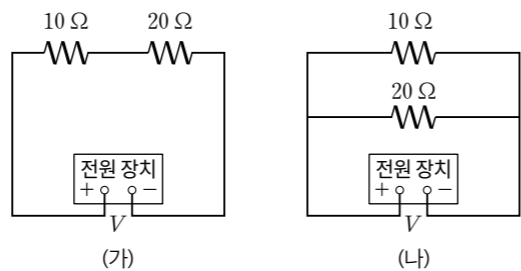


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. 전하량의 크기는 A가 B의 4 배이다.
  - ㄴ. A는 (+)전하를 띤다.
  - ㄷ. B와 C 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.

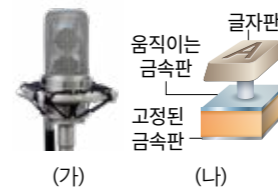
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ  
④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**02** 그림 (가), (나)는 저항값이  $10\ \Omega$ ,  $20\ \Omega$  인 두 저항을 각각 직렬연결, 병렬연결하여 전압이  $V$ 로 일정한 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. (가), (나)에서  $20\ \Omega$  저항의 소비 전력은 각각  $P_{(가)}$ ,  $P_{(나)}$ 이다.



$P_{(가)}:P_{(나)}$ 를 풀이 과정과 함께 구하시오.

**03** 그림 (가), (나)는 각각 콘덴서 마이크와 컴퓨터 자판을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



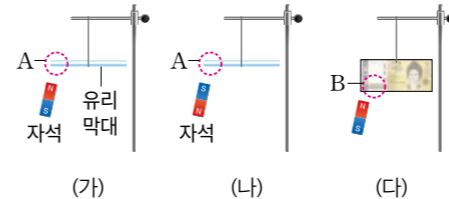
- 보기**
- ㄱ. 축전기가 전기 에너지를 저장하는 원리를 이용한 장치이다.
  - ㄴ. 금속판 사이의 간격이 변하면 회로에 흐르는 전류가 변한다.
  - ㄷ. 소리를 전기 신호로 변환한다.

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

**04** 다음은 자성체에 관한 실험이다.

#### [실험 과정]

- (가) 스탠드에 유리 막대를 수평으로 매달고, 자석의 N극을 막대의 A 부분에 가까이 가져간다.
- (나) 유리 막대를 원위치시키고 자석의 S극을 A 부분에 가까이 가져간다.
- (다) 스탠드에 지폐를 수평으로 매달고, 자석의 N극을 지폐의 B 부분에 가까이 가져간다.



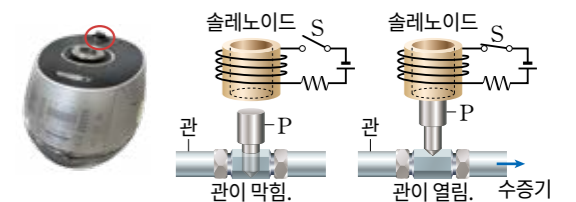
- [실험 결과]** (가) A가 밀려 난다.  
(나) A가 (㉠).      (다) B가 끌려 온다.

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

- 보기**
- ㄱ. (가)에서 A는 자석의 자기장 방향과 같은 방향으로 자기화된다.
  - ㄴ. '밀려 난다'는 ㉠으로 적절하다.
  - ㄷ. B에는 반자성체가 포함되어 있다.

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

**05** 그림은 어떤 전기밥솥에서 수증기의 양을 조절하는 데 사용되는 밸브의 구조를 나타낸 것이다. 스위치 S가 열리면 금속봉 P가 내려와 관이 막히고, S가 닫히면 P가 올라가 관이 열린다.



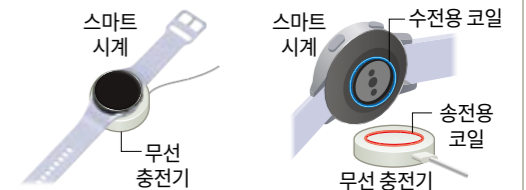
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. P는 반자성체이다.
  - ㄴ. S가 닫혔을 때 솔레노이드의 아래쪽이 N극이다.
  - ㄷ. S가 닫혔을 때 솔레노이드와 P 사이에는 서로 당기는 힘이 작용한다.

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

**06** 다음은 무선 충전기로 스마트 시계를 충전하는 과정을 설명한 것이다.

- (가) 무선 충전기의 송전용 코일에는 ㉠ 전류가 흘러 자기장을 만든다.
- (나) 무선 충전기에 스마트 시계를 가까이 가져가면 스마트 시계의 수신용 코일에 세기와 방향이 주기적으로 변하는 ㉡ 유도 전류가 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

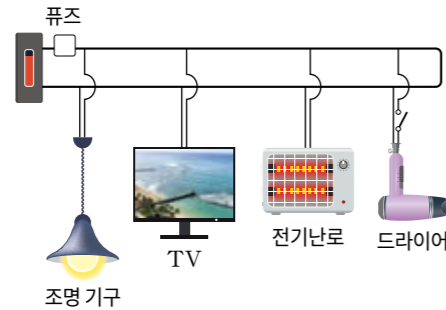
- 보기**
- ㄱ. ㉠의 세기는 일정하다.
  - ㄴ. ㉡에 의한 자기장의 방향은 일정하다.
  - ㄷ. 전자기 유도에 의해 전기 에너지를 전달한다.

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

과학 역량 키우기

과학적 의사 결정 능력  
저항의 직렬연결과 병렬연결의 특징, 소비 전력 개념을 이용하여 과학적으로 판단하는 능력을 키운다.

07 그림은 어느 가정에서 전기 기구들이 병렬연결된 것을 나타낸 모습으로 조명 기구, TV, 전기난로가 작동하고 있다. 표는 조명 기구, TV, 전기난로, 드라이어의 소비 전력을 나타낸 것이고, 각 전기 기구에 걸리는 전압은 약 200 V로 같다. 퓨즈는 전류가 15 A일 때 끊어진다.



전기 기구	소비 전력(W)
조명 기구	90
TV	150
전기난로	1800
드라이어	1800

위와 같은 상황에서 드라이어를 사용하려고 한다. 안전한 전기 사용이 될 수 있을지 근거를 들어 서술하시오.

과학적 탐구 능력  
전자기 유도를 이용하여 일상 생활 사례를 분석하며 과학적으로 사고하는 능력을 키운다.

08 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

교통 카드를 단말기에 가까이 가져가면 ㉠카드를 통과하는 자기장이 변한다. 이때 전자기 유도가 일어나 카드의 ㉡회로에 유도 전류가 흐른다. 유도 전류에 의해 카드와 단말기가 정보를 주고 받는다.

**[실험]**  
교통 카드 귀퉁이를 잘라 도선이 끊어지도록 하여 단말기에 가져갔더니 단말기가 카드를 인식하지 못했다.

- (1) 교통 카드가 작동하기 위해 필요한 전기 에너지는 어떻게 공급되는지 서술하시오.
- (2) 실험에서 교통 카드를 인식하지 못한 까닭을 ㉠, ㉡과 관련지어 서술하시오.

창의·융합 문제

09 다음은 수업 시간에 축전기의 원리를 배운 뒤, 이를 활용한 콘덴서 마이크를 홍보하는 광고를 만든 것이다.

섬세하게 소리를 담아내는  
**콘덴서 마이크**

이렇게 작동해요

소리를 통해 공기의 진동이 전달되면

이럴 때 사용해 보세요

화상 회의를 할 때

(            )

(            )

- (1) 콘덴서 마이크에서 전기 신호가 만들어지는 원리를 설명하는 문구를 완성하여 ㉠에 쓰시오.
- (2) 콘덴서 마이크를 활용할 수 있는 예시를 ㉡에 그림과 글로 나타내시오.

과학적 문제 해결 능력  
축전기 원리를 적용한 콘덴서 마이크를 일상생활에서 어떻게 활용할 수 있는지 그림으로 표현하는 과정에서 상상력을 발휘해 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 키운다.

10 다음은 공중 부양 스피커에 관한 설명이다.

받침대 위에 뜬 채로 소리를 내는 공중 부양 스피커는 전류에 의한 자기장과 전자기 유도를 모두 활용하는 제품이다. 받침대에 있는 전자석과 스피커 안에 있는 자석 사이에 자기력이 작용하여 스피커가 공중에 뜬다. 또 스피커 내부에 저장된 전기 에너지를 모두 소모하면 스피커가 받침대 위로 내려와 무선 충전할 수 있다.

- (1) 스피커가 공중에 뜨는 원리와 전선을 연결하지 않아도 충전되는 원리를 조사하여 정리해 서술하시오.
- (2) 전류에 의한 자기장과 전자기 유도를 함께 사용하는 제품을 구상해 간단한 그림과 함께 서술하시오.

과학적 의사 결정 능력  
전기와 자기의 상호작용 원리를 구현한 제품 아이디어를 구상하는 과정에서 창의력과 의사 결정 능력을 키운다.

'전기와 자기' 단원을 학습하면서 자신이 공유했던 결과물을 엮어 포트폴리오를 완성해 보자.

# III 빛과 물질



모두가 비슷한 생각을  
한다는 건  
아무도 생각하고 있지  
않다는 말이지.  
아인슈타인(Einstein, A., 1879~1955)

## 1

### 빛과 물질의 이중성

빛이 중첩, 간섭, 굴절하고 물질과 상호작용 하는 성질은 광학 기기, 정밀 측정, 영상 장치 등 다양한 기술에 활용된다는 것을 설명할 수 있다.

## 2

### 물질과 시공간의 세계

원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지며, 이러한 성질을 응용한 반도체 소자의 발명으로 현대 문명과 산업이 혁신적으로 변화되었음을 설명할 수 있다. 상대성 이론이 시공간에 대한 이해를 넓혀 사회에 미친 영향을 설명할 수 있다.



'빛과 물질'이라고 하면 무엇이 떠오르는가?  
자유롭게 이야기해 보자.

공유



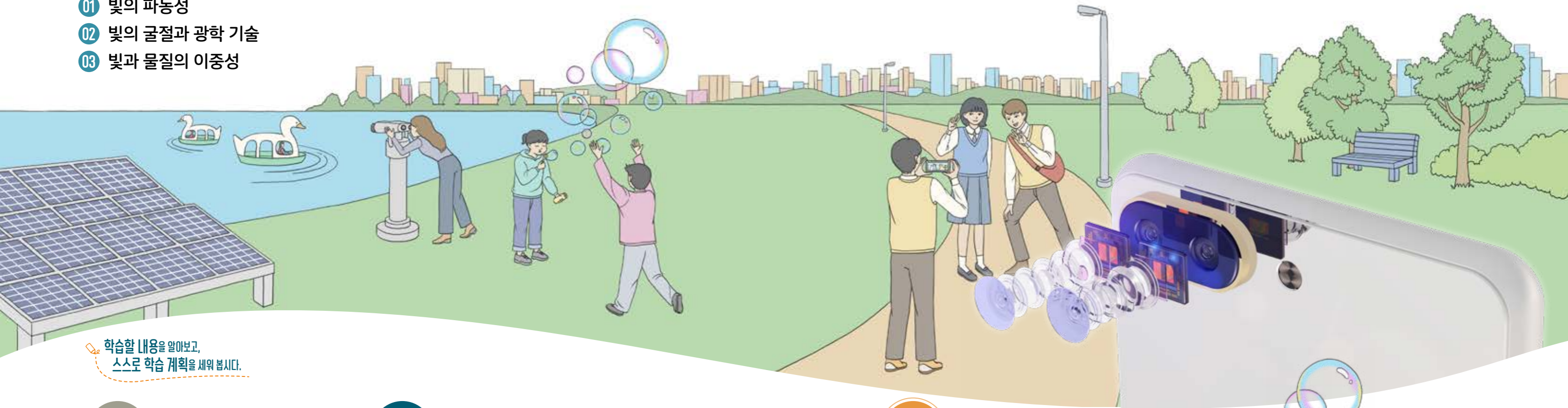
단원을 학습하면서 공유 플랫폼에 공유한 결과물을 모아 포트폴리오를 만들어 보자.

# 1

## 빛과 물질의 이중성

- 01 빛의 파동성
- 02 빛의 굴절과 광학 기술
- 03 빛과 물질의 이중성

디지털카메라는 빛의 굴절을 이용해 상을 만드는 렌즈와 영상 정보를 저장하는 반도체 소자인 전하 결합 소자(CCD) 등 여러 부품으로 이루어져 있다. 렌즈와 CCD는 빛과 물질의 어떤 성질을 이용해 상을 만들고 저장하는 것일까? 이 단원에서는 빛과 관련한 현상 및 빛과 물질의 이중성을 활용하는 기술에 대해 알아보자.



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

**단원 연계**

중학교 과학 빛과 파동

이 단원의 내용 중첩과 간섭, 굴절, 빛과 물질의 이중성

전자기와 양자 빛과 정보 통신, 양자와 미시 세계

**성취 기준 확인**

**지식·이해** 빛의 중첩과 간섭을 통해 빛의 파동성을 알고, 굴절을 이용해 볼록 렌즈에서 상이 맺히는 과정을 설명할 수 있다.

**과정·기능** 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭을 관찰하고, 볼록 렌즈에 의한 실상의 위치와 초점 거리를 찾을 수 있다.

**가치·태도** 이 단원에서 배우는 중첩과 간섭, 굴절, 빛과 물질의 이중성을 통해 자연의 아름다움과 경이로움을 느낄 수 있다.

**스스로 계획**

알고 있는 것에 표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 빛의 반사	<input type="checkbox"/> 빛의 굴절	<input type="checkbox"/> 간섭
<input type="checkbox"/> 중첩	<input type="checkbox"/> 상	<input type="checkbox"/> 빛의 이중성
<input type="checkbox"/> 광전 효과	<input type="checkbox"/> 광양자설	<input type="checkbox"/> 물질의 이중성
<input type="checkbox"/> 물질파		

나는  을/를 더 알고 싶다.

# 01

## 빛의 파동성

**학습 목표** 빛의 중첩과 간섭을 통해 빛의 파동성을 알고, 이를 이용한 기술과 현상을 예를 들어 설명할 수 있다.

잔잔한 수면의 서로 다른 두 지점에서 만들어진 물결파가 수면을 따라 진행하다가 서로 만나면 어떻게 될까? 또 두 빛이 나아가다가 서로 만나면 어떻게 될까?



### 연계 중학교 과학

파동의 발생과 전달, 진폭, 진동수, 파장에 대해 배웠다.

두 파동이 매질의 한 점에서 만나 서로 겹치는 현상을 **중첩**이라고 한다. 다음 활동을 하면서 한 매질에서 서로 반대 방향으로 진행하는 두 파동이 중첩할 때 나타나는 특징을 알아보자.

### 실험 영상



### 준비물

- 파동 실험용 용수철
- 스마트 기기

### 활동 길잡이

- 동영상은 슬로 모션 기능으로 촬영한다.
- 파동의 모습이 잘 보이게 위쪽에서 촬영한다.

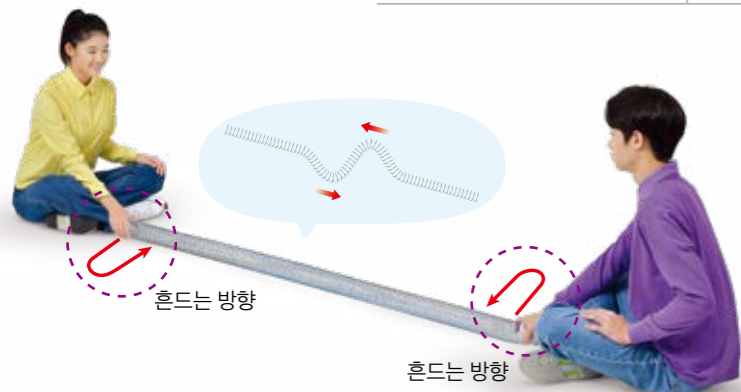
## 해보기 파동의 중첩 현상 관찰하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

- 두 사람이 짝이 되어 파동 실험용 용수철의 양 끝을 잡고, 반대 방향으로 용수철을 한 번 동시에 흔들어 파동이 진행하는 모습을 동영상으로 촬영한다.
- 촬영한 동영상을 보면서 두 파동이 진행하다가 겹치는 모습을 관찰한다.

2에서 관찰한 용수철의 모습을 다음 표의 빈칸에 그려 보자.

겹치기 전	겹쳤을 때	겹친 후



● 두 파동이 겹치는 과정에서 나타나는 변위의 최댓값 변화를 비교해 보자.

● 두 파동이 겹치기 전과 후에 두 파동의 모양과 진행 방향에 어떤 변화가 있는지 설명해 보자.

### 파동의 중첩과 독립성

그림 III-1과 같이 한 매질에서 진행되는 두 파동 A, B가 만나서 겹칠 때 매질 각 부분의 변위는 각 파동이 단독으로 진행할 때의 변위의 합과 같다. 최대 변위  $y_1$ 인 파동 A와 최대 변위  $y_2$ 인 파동 B가 겹쳤을 때의 최대 변위는  $y=y_1+y_2$ 이다. 이것을 파동의 **중첩 원리**라고 하며, 중첩해서 새롭게 만들어지는 파동을 **합성파**라고 한다.

한 매질에서 서로 반대 방향으로 진행하는 두 파동은 중첩이 끝나면 다른 파동으로부터 아무런 영향을 받지 않고 원래의 파형을 그대로 유지하면서 진행하는데, 이를 **파동의 독립성**이라고 한다.

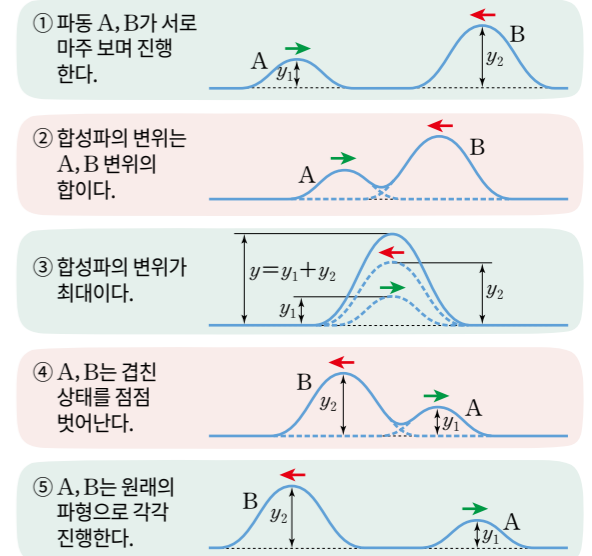


그림 III-1 파동의 중첩과 독립성

### 파동의 간섭

두 개 이상의 파동이 서로 중첩할 때 합성파의 진폭이 커지거나 작아지는 현상을 **파동의 간섭**이라고 한다. 그림 III-2와 같이 위상이 같은 두 파동이 중첩할 때 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 커지는 것을 **보강 간섭**, 위상이 반대인 두 파동이 중첩할 때 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 작아지는 것을 **상쇄 간섭**이라고 한다.

### 파동의 위상

파동이 진행할 때 원래 위치에서 매질의 변위와 운동 상태를 나타낸다.

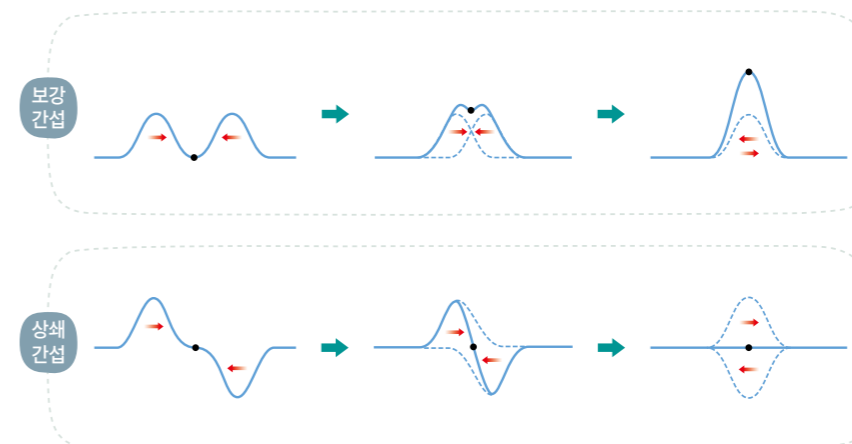


그림 III-2 파동의 보강 간섭과 상쇄 간섭

### 스스로 확인

- 두 파동이 ( )할 때 합성파의 변위는 두 파동의 변위의 합과 같다.
- 두 개 이상의 파동이 중첩할 때 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 커지면 ( ) 간섭을 한 것이고, 합성파의 진폭이 중첩하기 전보다 작아지면 ( ) 간섭을 한 것이다.

파동의 간섭은 파동의 중요한 특성 중 하나이다. 빛도 이러한 파동의 성질을 가질까? 다음 활동을 하면서 알아보자.

탐구 능력 | 문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

## 탐구

결론 도출 / 과학적 사고에 근거한 자료 분석

### 실험 영상



### 준비물

- 광학대
- 레이저 광원
- 이중 슬릿
- 스크린
- 레이저 보안경

### 역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 실험 수행: \_\_\_\_\_
- 결과 기록: \_\_\_\_\_

### 안전

레이저 광원은 눈에 직접 비추지 않으며, 반드시 보안경을 끼고 실험한다.

### 탐구 길잡이

주위를 가능한 한 어둡게 한 뒤 실험한다.

## 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 관찰하기

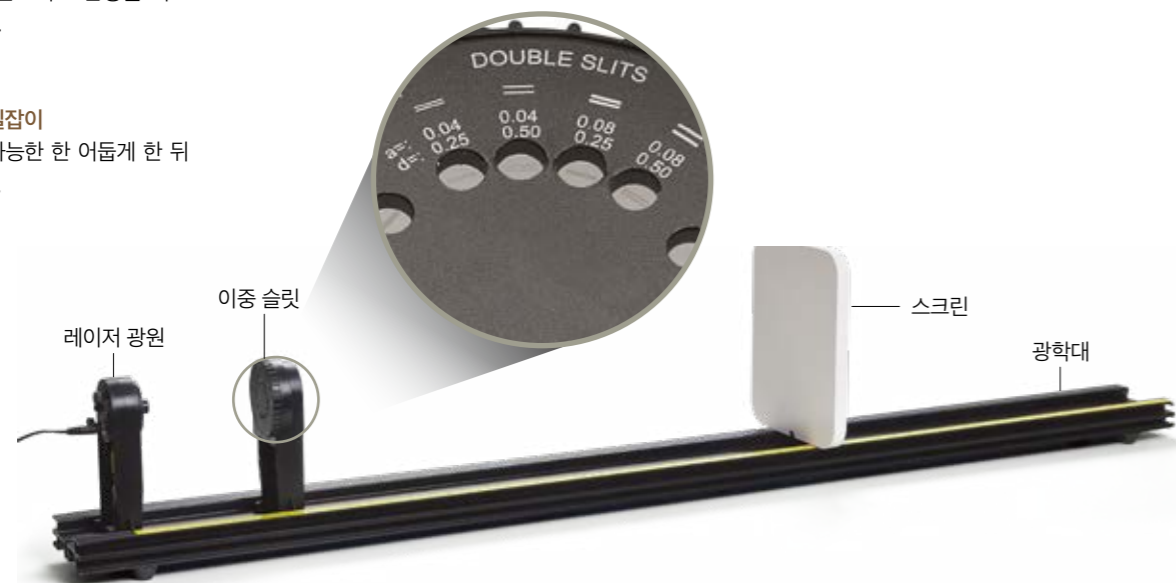
### 목표

이중 슬릿에 의한 빛의 간섭무늬를 관찰해 빛의 파동성을 설명할 수 있다.

### 예상

1. 광학대에 레이저 광원과 스크린을 설치한 뒤 레이저 광원을 켜서 스크린에 나타난 레이저 빛을 확인한다.
2. 레이저 광원과 스크린 사이에 이중 슬릿을 설치한 뒤 레이저 광원을 켜면 스크린에는 어떤 무늬가 나타날지 예상해 빈칸에 그려 보자.

### 예상 무늬



## 실험 및 관찰

레이저 광원을 켜고 이중 슬릿을 통과한 레이저 빛이 스크린에 만든 무늬를 관찰한다.

## 분석 및 토의

1. 스크린에 나타난 무늬의 특징을 설명해 보자.



2. 스크린에 나타난 무늬가 예상한 무늬와 같은가? 만약 다르다면 그 까닭이 무엇인지 토의해 보자.



3. 스크린에 레이저 빛이 도달했지만 어두운 부분이 나타나는 까닭을 이야기해 보자.



### 스스로 평가

- | 지식·이해 | 이중 슬릿 실험에서 밝고 어두운 무늬가 나타나는 까닭을 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 스크린에 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭무늬가 나타나게 할 수 있는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 레이저 광원을 안전하게 사용하면서 실험했는가? ☆☆☆

### 탐구 후기



## 빛의 간섭

**보강 간섭** | 그림 III-3과 같이 슬릿  $S_1, S_2$ 에서 스크린 위의 점 P까지의 거리가 빛의 반파장( $\frac{\lambda}{2}$ )의 짝수 배만큼 차이가 나는 경우 P에서 두 빛의 경로차는 다음과 같다.

$$|\overline{S_1P} - \overline{S_2P}| = \frac{\lambda}{2}(2m), (m=0, 1, 2, 3, \dots)$$

이때 두 파동이 같은 위상으로 만나므로 보강 간섭이 일어나 밝은 무늬가 나타난다.

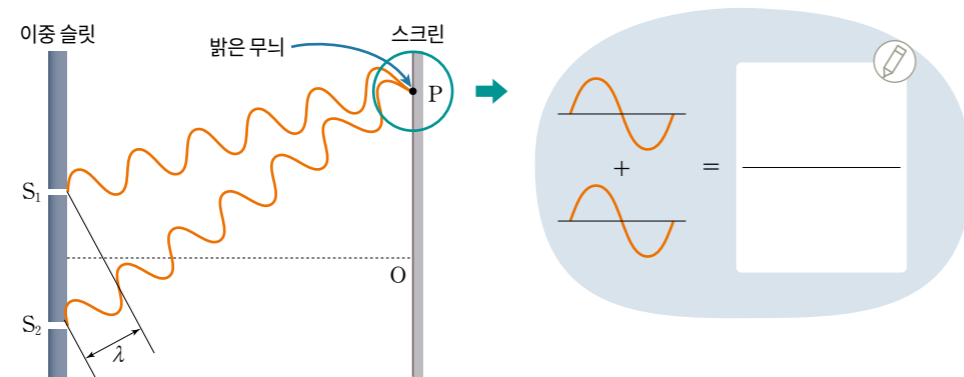


그림 III-3 보강 간섭(반파장의 짝수 배)

**상쇄 간섭** | 그림 III-4와 같이 슬릿  $S_1, S_2$ 에서 스크린 위의 점 Q까지의 거리가 빛의 반파장( $\frac{\lambda}{2}$ )의 홀수 배만큼 차이가 나는 경우 Q에서 두 빛의 경로차는 다음과 같다.

$$|\overline{S_1Q} - \overline{S_2Q}| = \frac{\lambda}{2}(2m+1), (m=0, 1, 2, 3, \dots)$$

이때 두 파동이 반대 위상으로 만나므로 상쇄 간섭이 일어나 어두운 무늬가 나타난다.

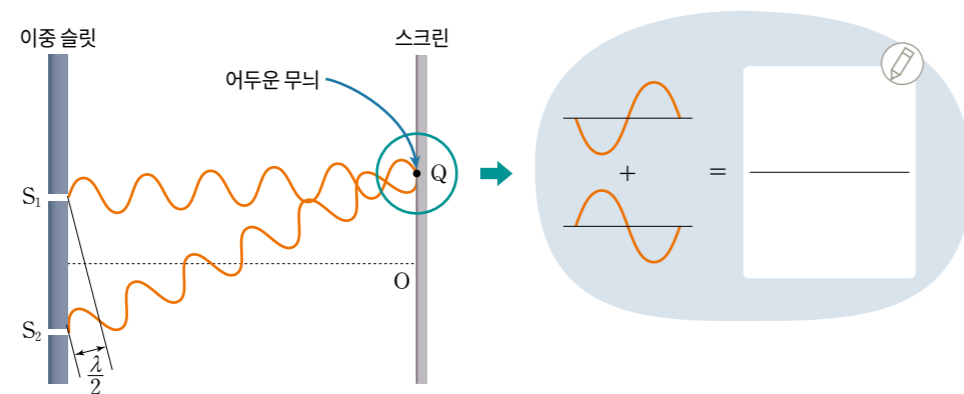


그림 III-4 상쇄 간섭(반파장의 홀수 배)

한편 무늬 간격은 파장이 길수록 커지며 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리가 멀어져도 커진다. 또 이중 슬릿의 두 틈 사이 간격이 좁아져도 무늬 간격이 커진다.

### 잠깐 활동

그림 III-3의 P에서 중첩하는 두 파동의 합성파를 빈칸에 그려 보고, 그림 III-5의 간섭무늬에서 어느 부분인지 생각해 보자.

### 잠깐 활동

그림 III-4의 Q에서 중첩하는 두 파동의 합성파를 빈칸에 그려 보고, 그림 III-5의 간섭무늬에서 어느 부분인지 생각해 보자.

## 간섭 실험의 의의

오래전부터 호기심의 대상이었던 빛의 본성을 알기 위한 과학적 탐구는 17세기부터 시작되었다고 할 수 있다. 당시에는 빛의 본성을 알갱이의 흐름으로 보는 입자설과 매질의 진동으로 보는 파동설이 서로 대립했다. 이때 뉴턴이 입자설을 제시한 뒤로 오랫동안 빛의 본성을 입자로 생각하는 사람이 많았다. 이러한 상황은 19세기 초에 영이 파동성에 기초해 빛의 간섭무늬를 해석하고, 빛의 파장을 측정함으로써 바뀌기 시작했다. 영은 그림 III-5와 같은 빛의 이중 슬릿 실험에서 스크린에 밝고 어두운 무늬가 반복해서 나타나는 것을 관찰하고, 이 간섭무늬로 빛의 파동성을 설명했다.

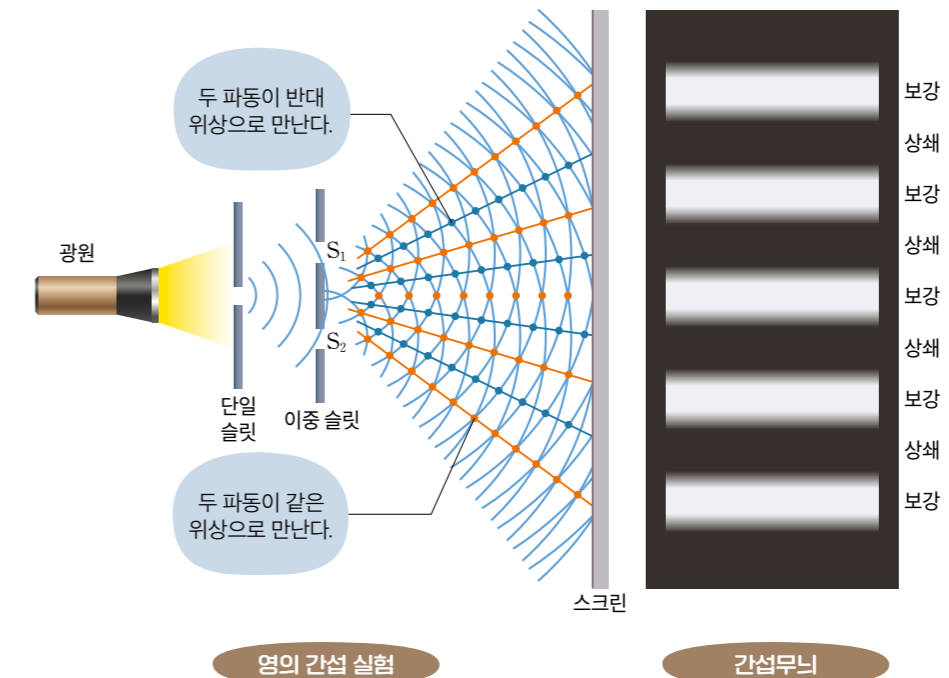


그림 III-5 영의 간섭 실험과 간섭무늬

이로써 빛의 파동설이 사회적으로 널리 받아들여졌다.

### 스스로 확인

- 1 빛의 이중 슬릿 실험에서 같은 위상의 두 빛이 만나는 점에서는 (보강, 상쇄) 간섭이 일어나 (밝은, 어두운) 무늬가 나타난다.
- 2 빛의 이중 슬릿 실험을 통해 빛의 (파동성, 입자성)을 설명할 수 있다.

영  
(Young, T., 1773~1829)

영국의 물리학자. 1801년 빛의 간섭 원리를 발견했고, 빛의 파동성을 증명했다. 또 시각, 빛, 고체 등의 분야에서 과학적으로 많은 공헌을 했다.



**빛의 간섭 현상의 예**

그림 III-6과 같이 비눗방울, 기름막, 모르포 나비 날개, 공작새 깃털 등에서 볼 수 있는 다양한 색은 빛이 간섭하기 때문에 나타나는 현상이다. 특정한 색의 빛이 보강 간섭을 하면 그 빛의 색이 뚜렷하게 보이고, 상쇄 간섭을 하면 그 빛의 색은 잘 보이지 않는다.

그림 III-6 빛의 간섭 현상

**빛의 간섭을 활용한 예**

그림 III-7과 같이 안경의 렌즈에서 반사하는 빛이 상쇄 간섭을 하도록 렌즈에 반사 방지막을 코팅하면 반사하는 빛의 세기를 줄일 수 있다. 따라서 코팅을 하지 않았을 때보다 렌즈를 투과하는 빛의 세기가 증가해 시야가 밝아진다.

지폐를 제작할 때에 복사나 위조를 방지하기 위해 색 변환 잉크를 사용한다. 그림 III-8과 같이 색 변환 잉크로 인쇄한 '10000'이라는 숫자는 보는 각도에 따라 보강 간섭을 하는 빛의 파장이 달라지므로 다른 색으로 보인다.



그림 III-7 안경 렌즈의 반사 방지막 코팅



그림 III-8 지폐의 색 변환 잉크

우리는 빛의 간섭에 의한 현상을 일상생활에서 다양하게 이용하고 있다. 다음 활동을 하면서 빛의 간섭을 이용한 예를 찾아보자.

**해보기** 빛의 간섭을 이용한 예 찾아보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

다음은 신용 카드와 지폐에서 빛의 간섭을 활용한 예를 나타낸 것이다. 표시한 부분은 보는 각도에 따라 다른 무늬가 나타난다.

- 준비물
- 스마트 기기

- 신용 카드와 지폐에서 빛의 간섭을 이용한 부분의 원리를 설명해 보자.
- 빛의 간섭을 이용한 예를 더 찾아보고, 그 예에서는 빛의 간섭을 어떻게 이용하는지 친구들과 토의해 보자.



**스스로 확인**

- 비눗방울, 기름막, 모르포 나비 날개, 공작새 깃털의 다양한 색은 빛이 ( )하기 때문에 나타난다.
- 안경의 렌즈에 반사 방지막 코팅을 해 반사하는 빛을 줄인 것은 빛의 ( ) 간섭을 이용한 것이다.

**스스로 정리**

공유 지폐 외에 색 변환 잉크를 어느 곳에 사용할 수 있을지 생각해 보고, 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 02

## 빛의 굴절과 광학 기술

**학습 목표** 빛의 굴절을 이용해 볼록 렌즈에서 상이 맺히는 과정을 설명하고, 빛의 굴절이 반도체와 디스플레이 제작 공정에 활용됨을 설명할 수 있다.



물이 담긴 유리잔을 통해 보이는 고양이의 모습은 뒤집혀 있다. 빛의 이동 경로에 놓인 물이 담긴 유리잔이 어떤 역할을 한 것일까?

### 빛의 굴절

서로 다른 매질이 만나는 경계면에서 빛의 진행 방향이 꺾이는 현상을 **굴절**이라고 한다. 빛이 굴절할 때 입사각과 굴절각 사이에는 어떤 관계가 있을까? 다음 활동을 하면서 알아보자.

#### 연계 중학교 과학

빛의 굴절 원리와 특징 및 렌즈에 의한 상을 배웠다.

#### 모의실험



#### 준비물

- 스마트 기기
- 계산기 애플리케이션

### 디지털 해보기

#### 빛이 굴절할 때 규칙성 찾기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

- 인터넷에서 '빛의 굴절'로 검색해 모의실험을 제공하는 누리집을 찾는다.
- 모의실험을 실행해 매질의 종류 중 하나를 선택한다.
- 입사각의 크기가 15°, 30°, 45°일 때 굴절각의 크기를 표에 기록한다.

- 3에서 얻은 값으로  $\frac{\sin i}{\sin r}$ 의 값을 구해 보자.

선택한 매질: (            )

입사각( <i>i</i> )	굴절각( <i>r</i> )	$\frac{\sin i}{\sin r}$
15°		
30°		
45°		

- $\frac{\sin i}{\sin r}$ 의 평균값을 다른 매질을 선택한 모듬의 결과와 비교해 보고, 알게 된 사실을 이야기해 보자.



그림 III-9와 같이 빛이 매질 1에서 매질 2로 진행할 때 입사각(*i*)과 굴절각(*r*)의 사인값의 비  $\frac{\sin i}{\sin r}$ 는 입사각의 크기와 관계없이 항상 일정한 값을 갖는다.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{12}$$

이것을 **스넬 법칙**이라고 한다. 여기서  $n_{12}$ 는 매질 1에 대한 매질 2의 상대 굴절률이다.

진공에 대한 매질의 상대 굴절률을 그 매질의 절대 굴절률이라고 한다. 매질 1과 매질 2의 굴절률을 각각  $n_1, n_2$ 라고 하면 스넬 법칙을 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

굴절률이 다른 매질을 통해 물체를 관찰하면 빛의 굴절에 의해 나타나는 다양한 상을 볼 수 있다. 그림 III-10과 같이 물이 담긴 유리컵에 연필을 넣으면 연필이 실제보다 크게 보이고, 놓인 위치에 따라 잘려 보이거나 꺾여 보이기도 한다. 이는 물체에서 반사한 빛이 물에서 공기로 진행되는 과정에서 굴절하기 때문이다.



그림 III-10 두 매질의 경계면이 곡면일 때 연필이 놓인 위치에 따라 보이는 모습

#### 스스로 확인

- 서로 다른 매질의 경계면에 비스듬히 입사하는 빛의 진행 방향이 꺾이는 현상을 (            )이라고 한다.
- 빛이 한 매질에서 다른 매질로 진행할 때 입사각과 굴절각의 사인값의 비는 입사각의 크기에 따라 달라진다. ( O, X )

#### 여러 가지 물질의 굴절률

물질	굴절률
진공	1
공기 (0 °C, 1기압)	1.00029
물(20 °C)	1.33
크라운 유리	1.52
다이아몬드	2.42

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



### 볼록 렌즈

**\* 광축**  
볼록 렌즈의 면에 접하는 구 A, B를 그릴 때 각 구의 중심  $c_1$ ,  $c_2$ 를 잇는 직선이다.

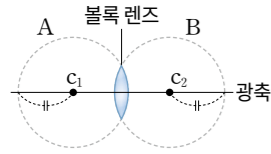


그림 III-11의 (가)와 같이 어떤 한 점에서 퍼져 나가는 빛은 렌즈에서 굴절한 뒤 광축에 나란하게 진행하고, 그림 (나)와 같이 광축에 나란하게 렌즈로 입사한 빛은 렌즈에서 굴절한 뒤 한 점으로 모인다. 이때 (가)와 (나)에서 빛이 모이는 점 F를 렌즈의 초점이라고 하며, 렌즈의 중심 O에서 초점 F까지의 거리  $f$ 를 초점 거리라고 한다.

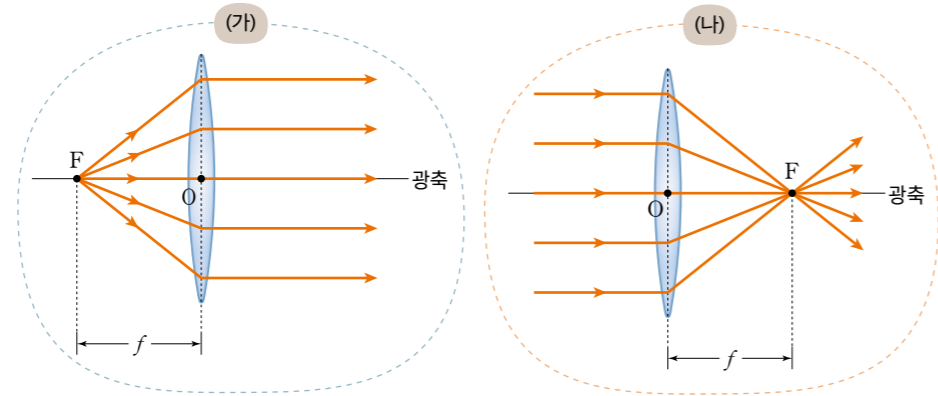
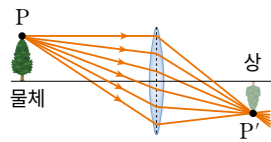


그림 III-11 볼록 렌즈의 초점

### 볼록 렌즈에 의한 상의 형성

물체의 한 점 P에서 반사한 광선들은 렌즈를 통과해 다시 상점 P'으로 모인다. 이처럼 물체의 각 점에 대한 상점이 모여 형성된 모습을 상이라고 한다.



### 광선 추적법

광축, 초점, 렌즈의 성질을 이용하면, 실험을 해 보지 않아도 그림 III-12와 같이 볼록 렌즈를 지나는 빛의 광선 경로를 예측할 수 있다. 이와 같이 광선의 예상 경로를 그려서 상의 형성을 이해하는 방법을 광선 추적법이라고 한다. 광선 추적법을 이용하면 볼록 렌즈에 의한 상의 위치와 크기를 알 수 있다. 이때 렌즈의 두께가 매우 얇다고 가정해 렌즈의 중심을 지나는 광선은 굴절하지 않고 직진하는 것으로 그리며, 렌즈의 경계면에서 일어나는 굴절은 렌즈의 가운데에서 한 번만 굴절하는 것으로 그린다.

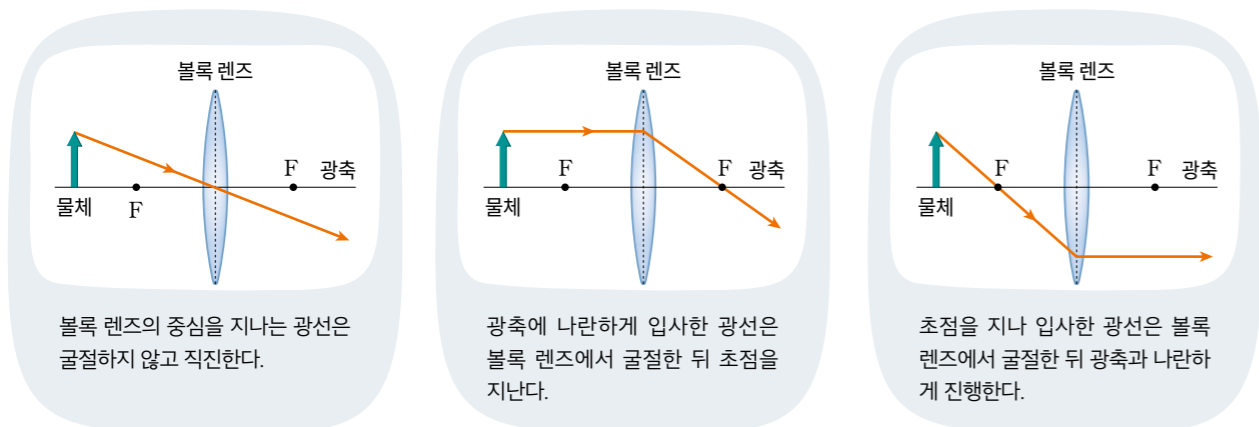


그림 III-12 볼록 렌즈를 지나는 광선의 경로

### 볼록 렌즈에 의한 물체의 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 길 때에는, 그림 III-13과 같이 물체의 한 점에서 퍼져 나간 빛이 렌즈를 통과한 뒤 다시 한 점으로 모여 거꾸로 선 상이 생긴다. 이와 같이 빛이 실제로 모여서 만들어진 상을 실상이라고 한다.

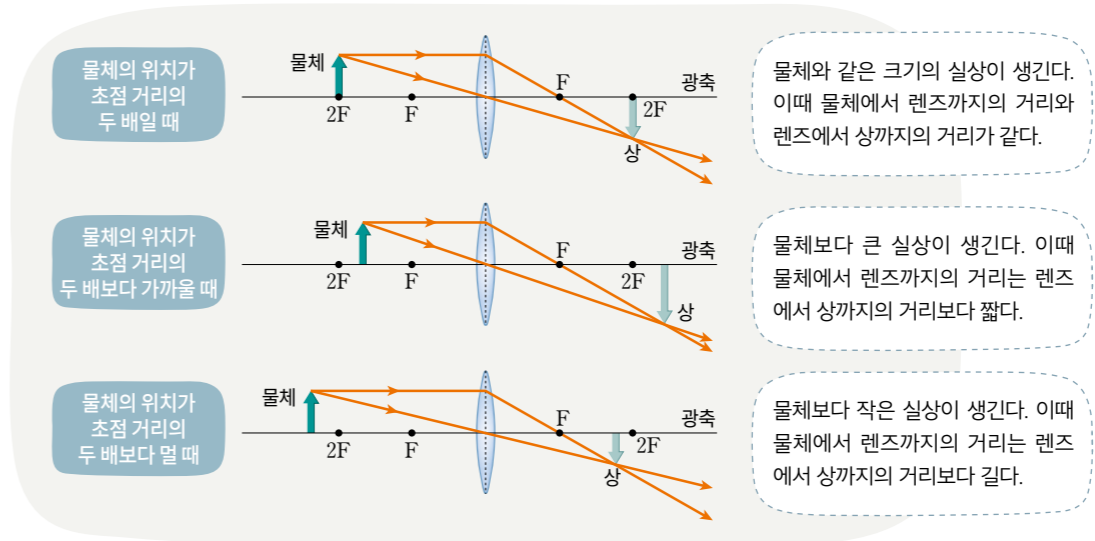


그림 III-13 볼록 렌즈에 의한 물체의 실상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 짧을 때에는, 그림 III-14와 같이 물체의 한 점에서 퍼져 나간 빛이 렌즈를 통과한 뒤 모이지 않으므로 실상이 맺히지 않는다. 하지만 관찰자가 렌즈를 통해 물체를 볼 때에는 눈으로 입사하는 광선의 연장선이 한 곳에서 만나게 되므로 그 지점에 물체가 있는 것처럼 관찰되며, 이와 같은 상을 허상이라고 한다. 이 허상은 물체보다 크고 상하좌우가 바뀌지 않으며 바로 선 모습이다.

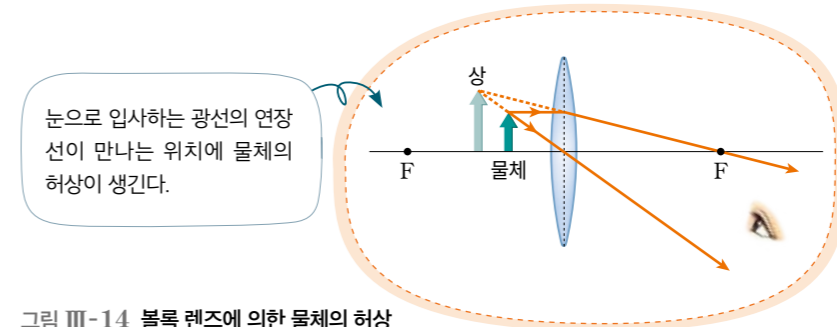


그림 III-14 볼록 렌즈에 의한 물체의 허상

### 스스로 확인

- 1 볼록 렌즈의 중심을 향해 입사한 광선은 굴절한 뒤 광축에 나란하게 진행한다. (○, ×)
- 2 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 짧으면 (실상, 허상)이 생긴다.



수학적 활용 / 증거에 근거한 자료 분석

실험 영상



탐구 능력 | 문제 해결 능력

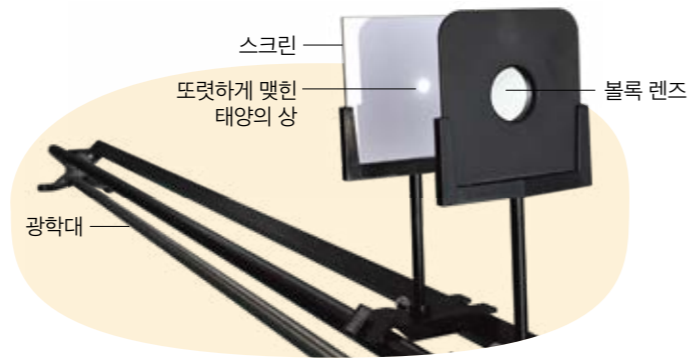
### 볼록 렌즈에 의한 실상을 관찰하여 상의 위치와 초점 거리 찾기

#### 목표

볼록 렌즈에 의한 실상의 위치를 찾고 초점 거리를 구할 수 있다.

#### 과정

1. 광학대에 볼록 렌즈와 스크린을 설치하고, 태양과 같이 먼 곳에 있는 물체를 향하게 한다.
2. 볼록 렌즈로부터 스크린을 조금씩 멀리 옮기며, 상이 또렷하게 맺히는 위치를 찾아 렌즈의 대략적인 초점 거리를 찾는다.



3. **과정 2**에서 찾은 거리보다 먼 곳에 광원을 놓고 볼록 렌즈로부터 스크린을 멀리 옮기면서 스크린에 맺힌 상이 또렷해지는 위치를 찾는다. 이때 광원에서 렌즈까지의 거리와 렌즈에서 상까지의 거리를 각각 측정한다.
4. 광원의 위치를 **과정 2**에서 구한 초점 거리까지 점점 가깝게 이동하면서 **과정 3**을 반복한다.

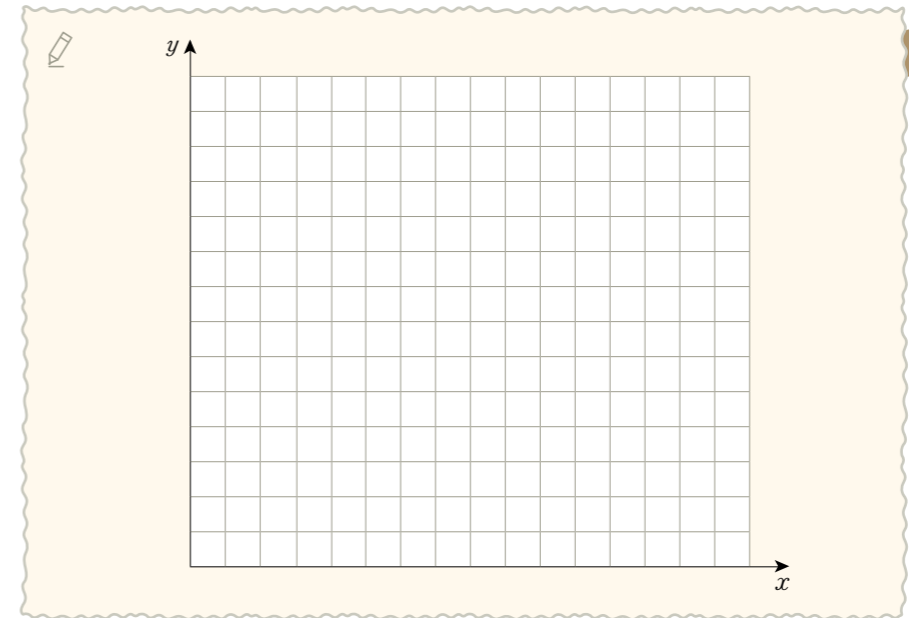


### 결과 및 정리

1. **과정 3, 4**에서 측정한 값을 표에 기록해 보자.

광원~렌즈 거리(cm)															
렌즈~상 거리(cm)															

2. **결과 및 정리 1**의 표에 기록한 값 중 광원과 렌즈 사이의 거리를  $x$ 축, 렌즈와 상 사이의 거리를  $y$ 축으로 한 그래프로 나타내 보자.



3. 그래프를 보고  $x, y$  사이에 어떤 관계가 있는지 설명해 보자.
4.  $x, y$ 의 크기가 같은 점의 위치는 어디인가? 이 점이 갖는 의미에 대해 설명해 보자.
5. 실험에 사용한 볼록 렌즈의 초점 거리를 구해 보자.

#### 스스로 평가

- | 지식·이해 | 광원의 위치에 따른 상의 위치를 나타낸 그래프에서 렌즈의 초점 거리를 찾는 방법을 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 광원, 볼록 렌즈, 스크린을 설치하고 상이 맺히는 위치를 찾을 수 있는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 모둠원과 서로 협력하고 배려하면서 실험했는가? ☆☆☆

탐구 후기

---

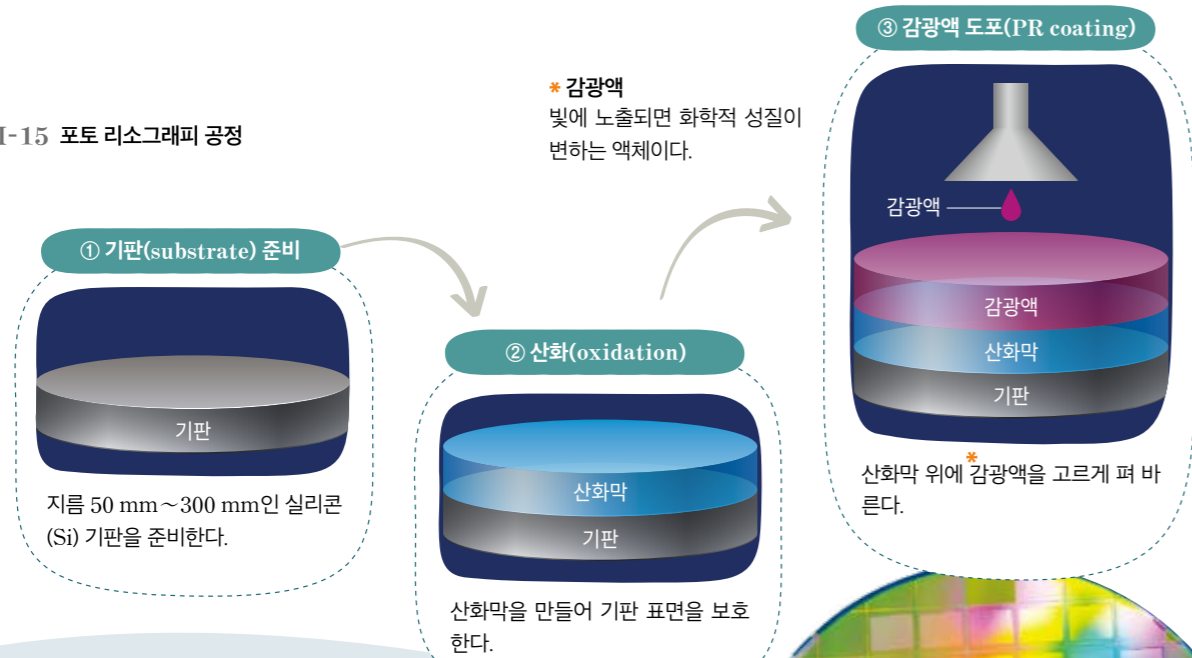
\* 디스플레이  
전기 신호를 화면으로 볼 수 있게  
나타내는 장치이다.

### 광학 기술과 포토 리소그래피

광학 기술은 반도체와 디스플레이 제작 공정에 중요하게 사용하고 있다. 반도체 소자나 디스플레이 제작 공정에서 매우 정밀한 회로를 기판에 인쇄하는 데 ‘포토 리소그래피(photo lithography)’라는 광학 기술을 사용한다.

그림 III-15와 같이 포토 리소그래피는 사진 인쇄 기술과 비슷하게 빛을 이용해 미세한 회로 무늬를 기판에 새긴 뒤, 필요한 부분만 남기고 필요 없는 부분을 깎아 내며 원하는 형태의 회로를 만드는 것이다.

그림 III-15 포토 리소그래피 공정



기계를 이용해 물리적으로 회로 무늬를 그리는 방식으로는 미세 회로를 정밀하게 만들 수 없기 때문에 정밀 광학 기술을 이용한 노광 과정을 통해 미세 회로를 만든다. 그림 III-16과 같이 빛을 마스크로 보내 마스크에 새겨진 회로의 상을 만들고 이를 렌즈를 통해 4:1 또는 5:1 정도로 축소해 감광액을 펴 바른 기판에 투영한다. 기판이 놓여 있는 아래 판이 이동하면서 각 칩에 회로를 정밀하게 새긴다.

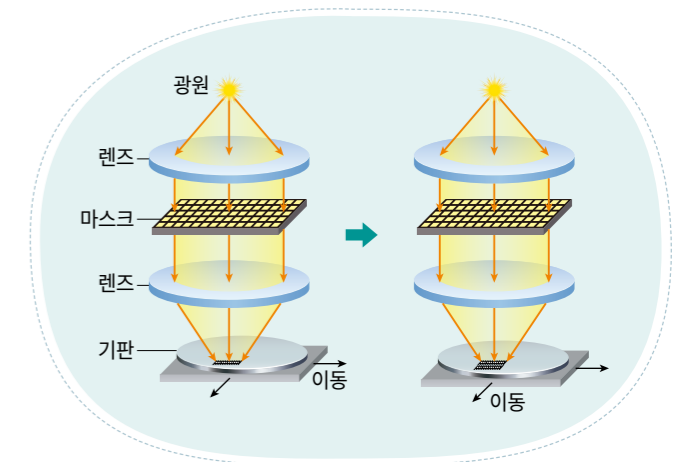
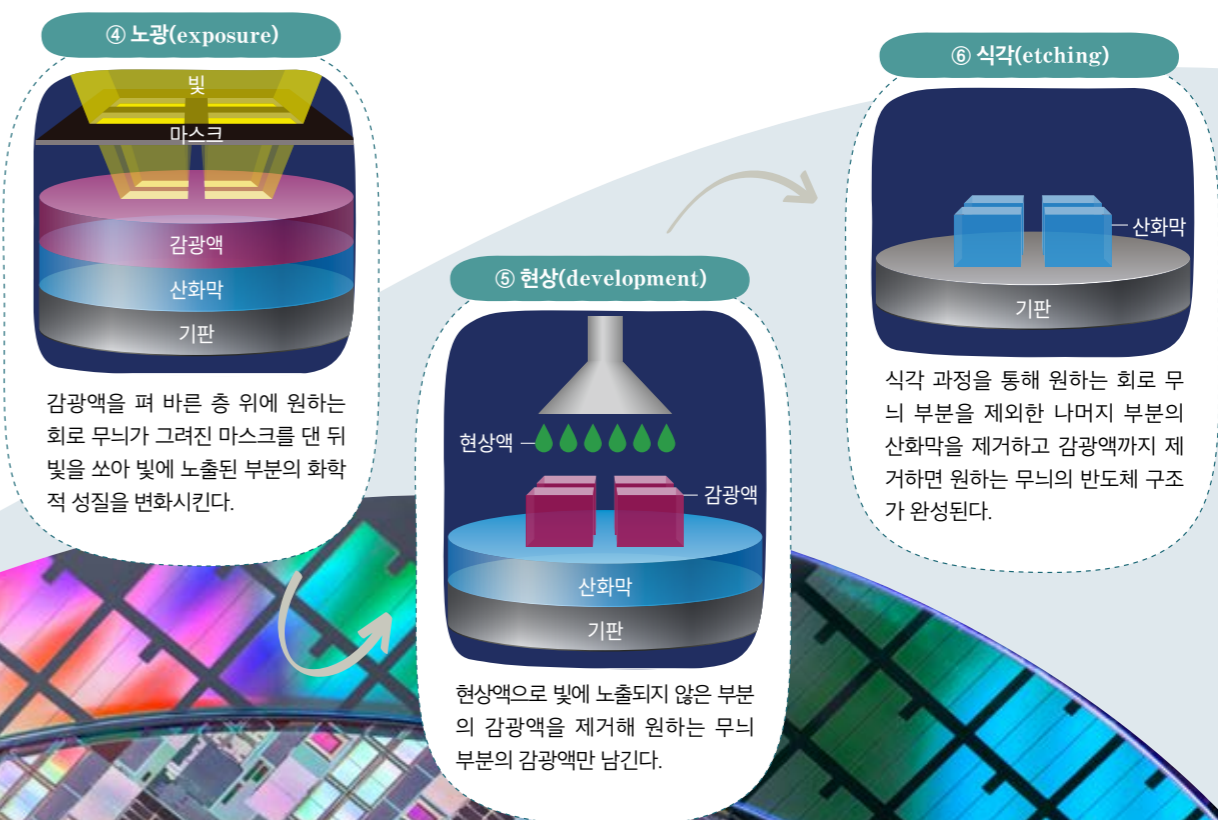


그림 III-16 노광 과정



#### 스스로 확인

- 반도체 소자나 디스플레이 제작 공정에서 매우 정밀한 회로를 기판에 인쇄하는 데 ( )이라는 광학 기술이 쓰인다.
- 포토 리소그래피 공정에서는 미세 회로를 만들기 위해 노광 과정을 거친다. ( O, X )

#### 스스로 정리

공유 포토 리소그래피 과정을 표현하는 인포그래픽이나 영상 등을 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 03

## 빛과 물질의 이중성

**학습 목표** 빛과 물질의 이중성이 영상 정보 저장과 전자 현미경 등 다양한 분야에서 활용됨을 설명할 수 있다.

태양 전지에 빛을 비추면 전기를 만들 수 있다. 이러한 원리는 빛이 가지는 파동의 성질과 입자의 성질 중 무엇과 더 관련이 있을까?



### 광전 효과

1887년 헤르츠(Hertz, H. R., 1857~1894)는 (-)전하로 대전된 아연판 표면에 자외선을 비추었더니 전자가 방출되는 현상을 발견했다. 다음 활동을 하면서 자외선에 의해 전자가 방출되는 현상을 관찰해 보자.

#### 실험 영상



#### 준비물

- 알루미늄 캔
- 알루미늄 포일
- 에보나이트 막대
- 털가죽  사포
- 자외선등  비커
- 접착테이프
- 가위  클립
- 장갑
- 레이저 보안경

#### 안전

자외선등을 사용할 때에는 레이저 보안경을 쓴다.

### 해보기

#### 자외선에 의해 전자가 방출되는 현상 관찰하기

1. 알루미늄 캔의 표면을 사포로 문질러 코팅을 벗겨 낸다.
2. 알루미늄 포일을 잘게 자르고 클립을 이용해 1의 알루미늄 캔에 붙인 뒤 비커 위에 올려놓는다.
3. 에보나이트 막대를 털가죽으로 마찰하여 알루미늄 캔에 접촉한 뒤 알루미늄 포일의 변화를 관찰한다.
4. 3의 알루미늄 캔 표면에 자외선등을 비춰 알루미늄 포일에 나타나는 변화를 관찰한다.



● 3에서와 같은 결과가 나타나는 까닭은 무엇인지 설명해 보자.



● 4에서와 같은 결과가 나타나는 까닭은 무엇인지 토의해 보자.



(-)전하로 대전된 에보나이트 막대를 알루미늄 캔에 접촉하면 에보나이트 막대의 전자는 잘게 자른 알루미늄 포일에 고르게 퍼져 알루미늄 포일끼리 서로 밀어낸다. 여기에 자외선을 비추면 알루미늄 캔의 전자가 자외선으로부터 에너지를 얻어 알루미늄 캔 밖으로 튀어나와 캔에 연결된 알루미늄 포일이 오므라든다.

그림 III-17과 같이 금속에 비추는 빛에 의해 금속 내부의 전자가 밖으로 튀어나오는 현상을 **광전 효과**라고 하며, 이때 튀어나오는 전자를 **광전자**라고 한다.

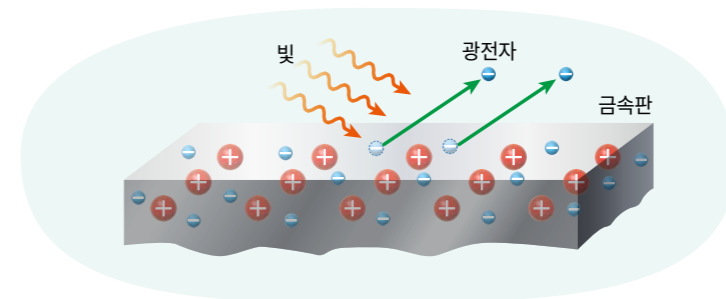


그림 III-17 광전 효과와 광전자

그림 III-18과 같이 실험 장치를 구성한 뒤 금속판에 비추는 빛의 진동수와 세기 및 금속 막대와 금속판에 걸어 주는 전압을 조절하면서 회로에 흐르는 전류를 측정해, 다음과 같은 실험 결과를 얻었다.

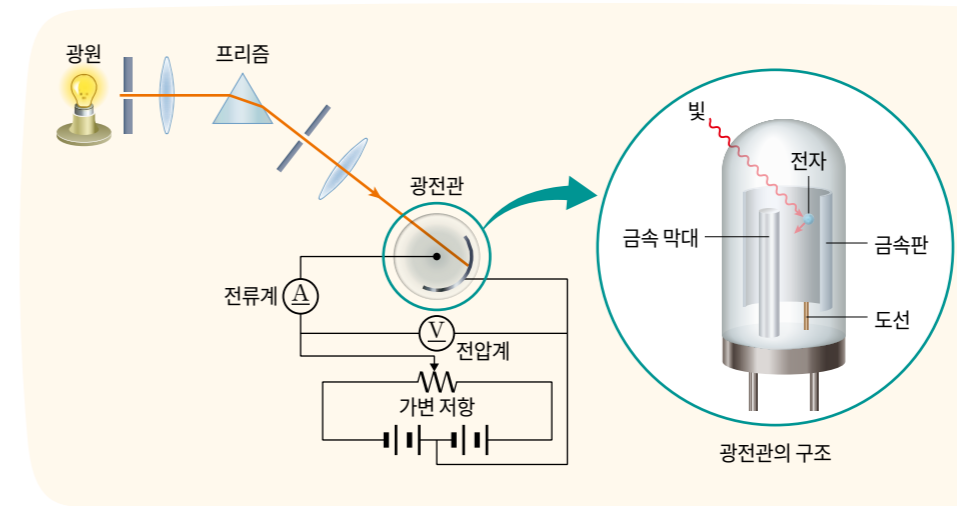


그림 III-18 광전 효과 실험 장치와 결과

빛의 파동설에 따르면 빛에너지는 진동수와 빛의 세기에 따라 달라진다. 따라서 진동수가 작더라도 세기가 충분히 강한 빛을 비추면 광전자가 튀어나와야 한다. 하지만 빛의 세기가 아무리 강해도 진동수가 작으면 광전자가 튀어나오지 않았다. 이러한 실험 결과를 설명하기 위해서는 빛에 대한 새로운 이론이 필요했다.

#### 연계 중학교 과학

마찰 전기와 대전 및 전자의 이동에 대해 배웠다.

#### 연계 전자기와 양자

광전 효과에서 빛과 물질이 상호작용 하는 방식을 '빛과 정보 통신' 단원에서 배운다.

#### 광전 효과 실험 결과

1. 일정한 진동수 미만의 빛을 비추면 빛의 세기에 관계없이 광전자가 튀어나오지 않으며, 일정한 진동수 이상의 빛은 빛의 세기가 아무리 약해도 광전자가 즉시 튀어나온다.
2. 같은 진동수의 빛을 비추는 경우 단위 시간당 방출하는 광전자의 수는 빛의 세기에 비례하며, 빛의 진동수가 클수록 방출하는 광전자의 운동 에너지가 크다.

## 광양자설

**아인슈타인**  
(Einstein, A., 1879~1955)  
독일의 물리학자. 상대성 원리와 중력에 관한 이론을 발표했으며, 광전 효과에 대한 연구로 1921년 노벨 물리학상을 수상했다.

**플랑크**  
(Planck, M. K. E. L., 1858~1947)  
독일의 물리학자. 원자의 에너지는 연속적인 값을 갖지 못하며, 진동수에 비례하는 불연속적인 값만 가질 수 있다는 양자설을 주장했다.

1905년 아인슈타인은 빛을 연속적인 파동의 흐름이 아니라 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 불연속적인 에너지 입자의 흐름으로 가정함으로써 광전 효과 실험 결과를 설명할 수 있었다. 이 불연속적인 에너지 입자를 **광자(광양자)**라고 하며, 진동수가  $f$ 인 빛을 구성하는 광자 한 개가 갖는 에너지  $E$ 는 다음과 같다.

$$E = hf$$

이를 **광양자설**이라고 한다. 여기서  $h$ 는 플랑크 상수로  $6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 이다. 광양자설에 따르면 광전 효과는 광자와 전자의 충돌로 볼 수 있다. 전자는 금속 원자핵으로부터 전기적 인력을 받고 있어서 이 인력을 벗어나기 위해서는 광자로부터 특정한 값보다 큰 에너지를 받아야 한다. 이 특정한 값의 에너지를 갖는 광자의 진동수를 그 금속의 **한계 진동수**라고 한다.

그림 III-19의 (가)와 같이 빛의 진동수가 금속의 한계 진동수보다 작으면, 빛의 세기가 아무리 강해도 전자가 방출되지 않는다. 그러나 그림 (나)와 같이 빛의 진동수가 금속의 한계 진동수보다 크면 빛의 세기가 약해도 전자 하나가 얻는 에너지가 커서 광전자가 방출된다. 방출된 광전자의 운동 에너지는 광자의 에너지가 클수록 크고, 방출되는 광전자의 수는 비춰 주는 광자의 수가 많을수록 많아진다.

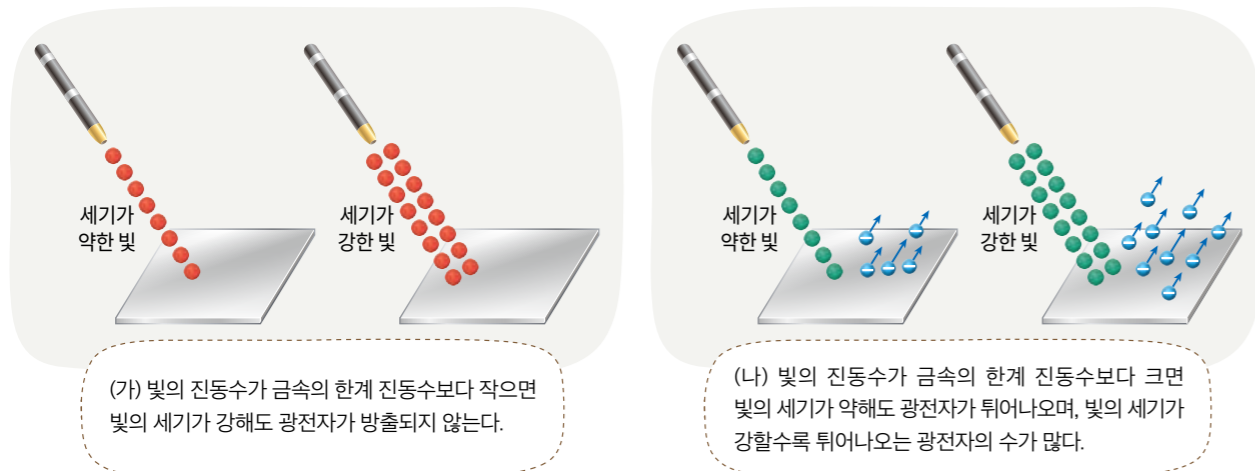


그림 III-19 광자의 에너지와 한계 진동수

### 스스로 확인

- 1 금속에 비춘 빛에 의해 금속 내부 전자가 튀어나오는 현상을 ( )이라고 한다.
- 2 광양자설에 따르면 빛은 연속적인 ( 파동, 입자 )의 흐름이 아니라 불연속적인 에너지를 갖는 ( 파동, 입자 )의 흐름으로 볼 수 있다.

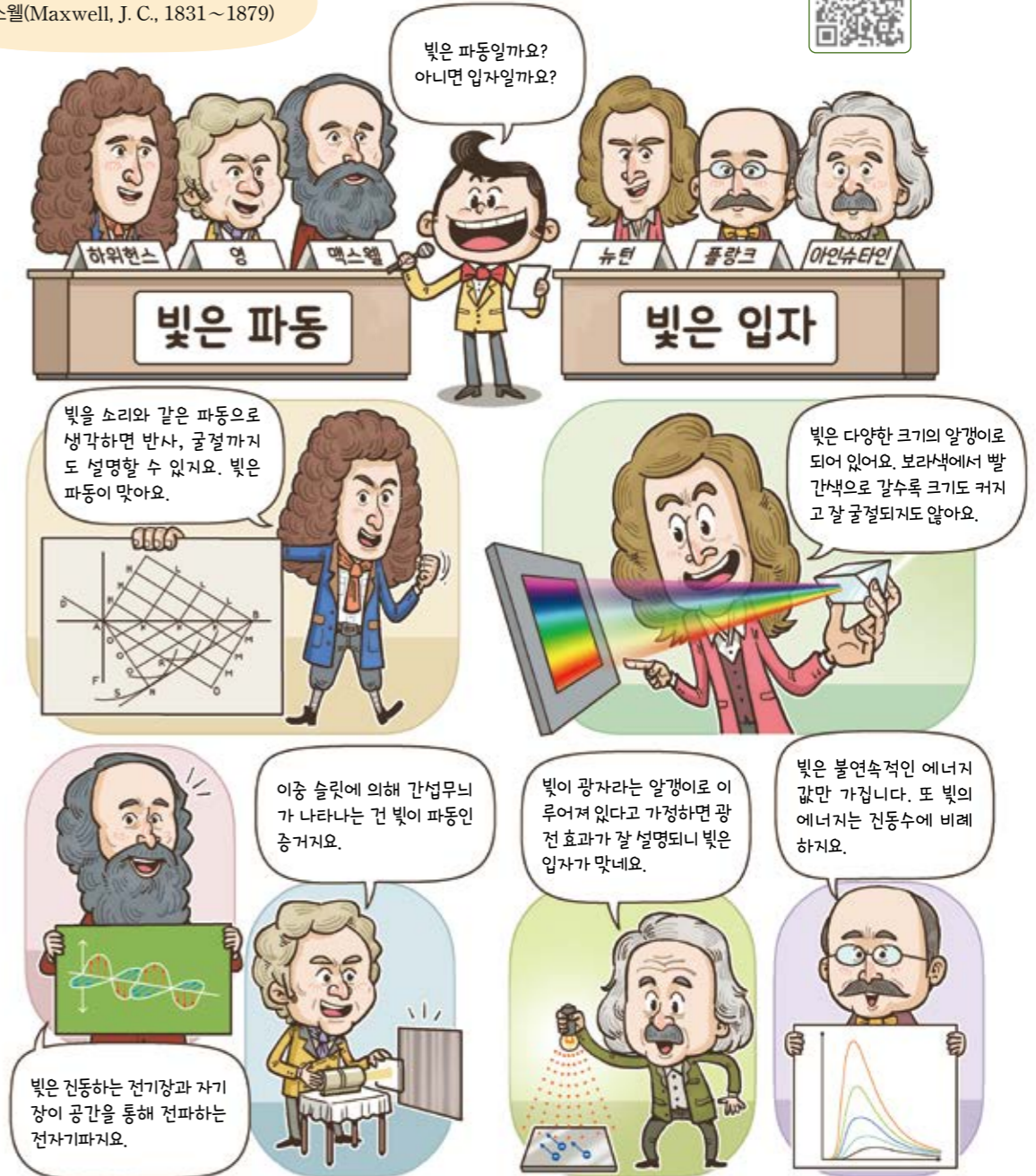
## 빛의 이중성

아인슈타인이 광전 효과 실험 결과를 바탕으로 한 광양자설을 발표한 뒤로 빛의 본성이 입자인지 파동인지에 대한 논란이 다시 일어났다.

애니메이션



- 하위헌스(Huygens, C., 1629~1695)
- 맥스웰(Maxwell, J. C., 1831~1879)



그렇다면 빛은 입자일까, 파동일까? 지금까지의 연구 결과에 따르면 빛은 입자의 성질과 파동의 성질을 모두 가지는 것으로 볼 수 있다. 이것을 **빛의 이중성**이라고 한다.

### 영상 정보 저장

그림 III-20과 같이 디지털카메라는 영상 정보를 전기 신호로 전환해 메모리 카드와 같은 저장 장치에 저장한다. 디지털카메라 속 전하 결합 소자(CCD, charge coupled device)는 광전 효과를 이용해 렌즈를 통해 들어온 빛을 전기 신호로 전환한다. 즉, CCD는 우리 눈의 망막과 같은 역할을 하며, 매우 작은 여러 개의 화소\*로 이루어져 있다. 각 화소는 보통 3 개의 금속 전극과 반도체로 구성되어 있다.

CCD에 상이 맺히면 광전 효과가 일어나 반도체에서 전자가 떨어져 나온다. 이 전자는 (+)전압이 걸려 있는 전극 근처에 쌓인다. 쌓인 (-)전하의 총량은 입사된 빛의 세기에 비례하므로 (-)전하가 쌓인 양을 측정하면 각 화소에 입사하는 빛의 세기를 알 수 있다.

\* 화소  
영상을 표시하는 기본 단위로 영상 장치의 화면은 빨간색, 초록색, 파란색의 화소로 구성되어 있다.

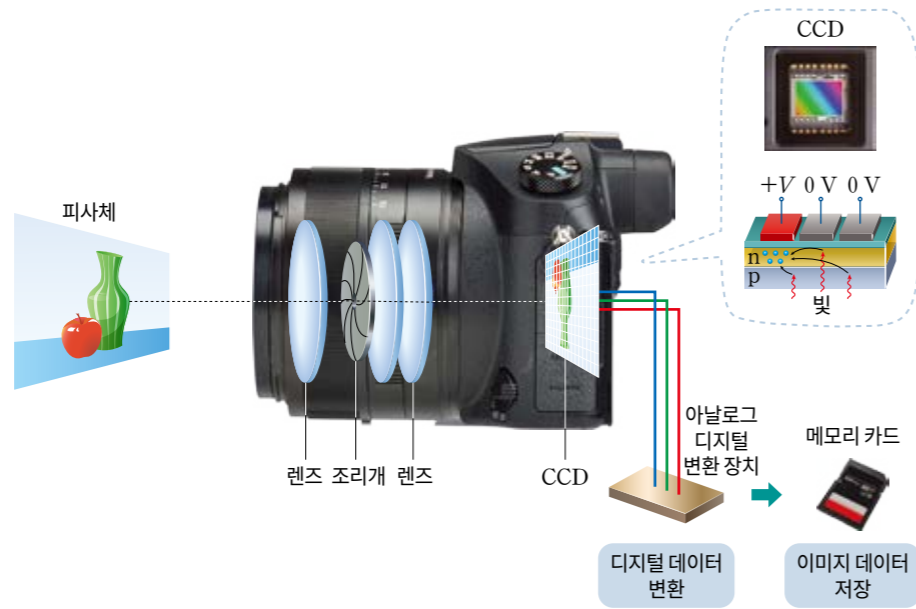


그림 III-20 디지털카메라가 영상 정보를 저장하는 원리

각 화소에 쌓인 (-)전하의 양은 그림 III-21과 같이 3 개의 전극을 이용해 측정 장치로 옮겨서 쌓인 양을 측정한다.

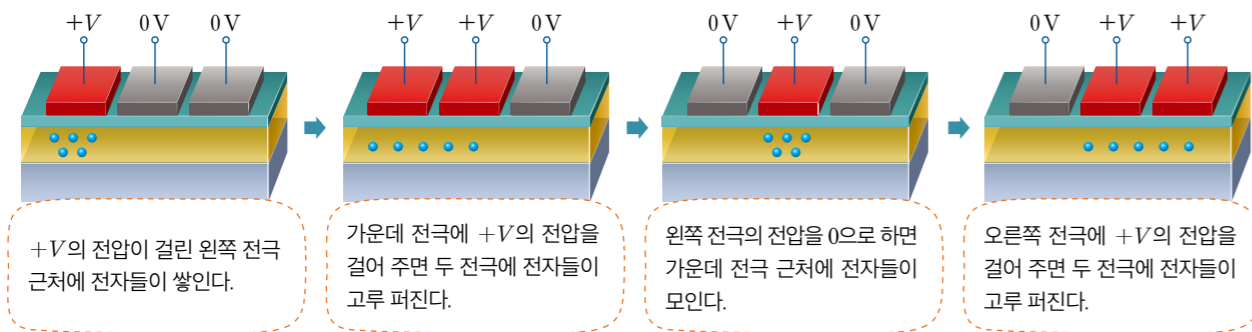


그림 III-21 CCD에 저장된 전하의 이동

일반적으로 CCD는 각 화소마다 입사하는 빛의 세기만 측정하므로 CCD만으로는 색에 관한 정보를 얻을 수 없다. 따라서 컬러 영상을 얻기 위해서 그림 III-22와 같이 서로 교차된 구조의 컬러 필터를 CCD 위에 배열한다.

예를 들어 빨간색 필터 아래에 위치한 화소는 빨간색 빛의 세기를 측정하며 인접한 초록색 필터, 파란색 필터를 통과해 측정된 초록색과 파란색 빛의 세기를 조합해 그 지점의 색을 결정한다.

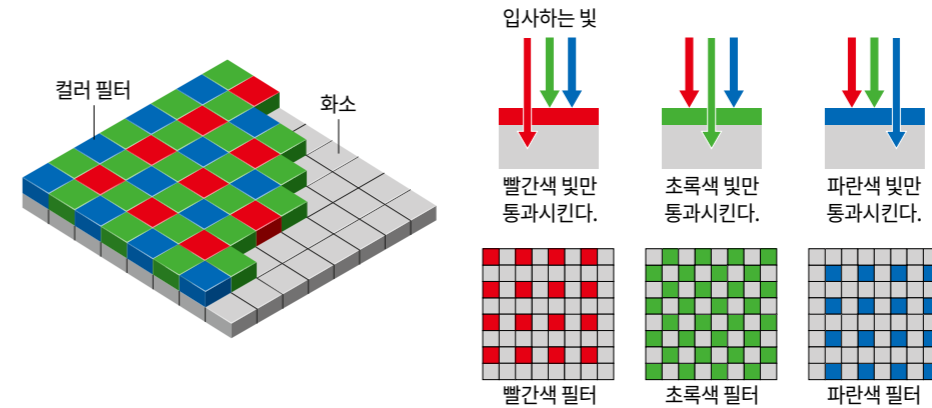


그림 III-22 컬러 필터를 이용한 CCD

CCD는 다양한 분야에 쓰이고 있다. 허블 망원경과 같은 우주 망원경은 우주의 다양한 모습을 관찰하는 데 CCD를 사용한다. 또 CCD는 내시경 카메라, 자동차 후방 카메라, CCTV 등 빛을 인식하는 여러 가지 기구에서 광센서로 활용하고 있다.

그림 III-23 CCD를 활용한 예

**스스로 확인**

- 1 빛의 이중성이란 빛이 입자성과 ( )을/를 모두 가지고 있다는 것이다.
- 2 CCD는 광전 효과를 이용해 영상 정보를 전기 신호로 변환하는 장치이다. ( O, X )

**드브로이**  
(de Broglie, L. V., 1892~1987)  
프랑스의 물리학자. 1920년 '드브로이 물질파'의 개념을 주장했다.

**잠깐 활동**  
드브로이의 물질파 이론에 따르면 우리 주변의 물체는 모두 파동성을 지닌다. 하지만 물체들이 파동성을 드러내지 않는 까닭은 무엇인지 설명해 보자.

**물질파**

1920년대 물리학자들은 광전 효과를 통해 파동의 성질을 가지는 빛이 입자의 성질도 가진다는 사실을 알게 되었으며, 이러한 빛의 이중성으로부터 물질의 이중성에 대한 의문을 가지게 되었다. 1924년 드브로이는 전자와 같은 입자도 파동의 성질을 가질 것이라고 주장했다. 드브로이에 따르면 질량이  $m$ 인 입자가 속력  $v$ 로 운동할 때 입자의 운동과 관련된 파동의 파장  $\lambda$ 는 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

이와 같이 운동하는 입자가 나타내는 파동을 **물질파** 또는 **드브로이파**라고 하며,  $\lambda$ 를 **물질파 파장** 또는 **드브로이 파장**이라고 한다.

**물질의 이중성**

1927년 데이비슨(Davisson, C. J., 1881~1958)과 거머(Germer, L. H., 1896~1971)는 그림 III-24와 같은 실험 장치를 이용해 니켈 시료의 결정면과 수직을 이루도록 전자선을 입사해 간섭 현상이 나타나는 것을 확인했다. 특정 산란각에서 보강 간섭을 할 조건으로부터 구한 전자선의 파장은 16.5 nm로 드브로이가 제안한 물질파 파장 16.7 nm와 거의 같았기 때문에, 이 실험은 드브로이의 이론을 실험적으로 증명한 첫 사례가 되었다.

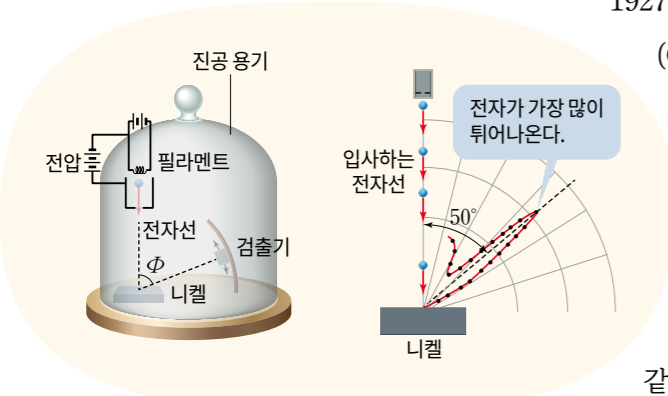


그림 III-24 데이비슨·거머의 실험

또 1927년 톰슨(Thomson, G. P., 1892~1975)은 금속박 뒤에 형광판을 두고 전자선을 입사해 그림 III-25와 같은 무늬를 얻었다. 이 무늬는 금속박에 X선을 입사해 얻은 무늬와 유사했다. 이로써 전자도 파동의 성질을 가지고 있음을 알게 되었다.

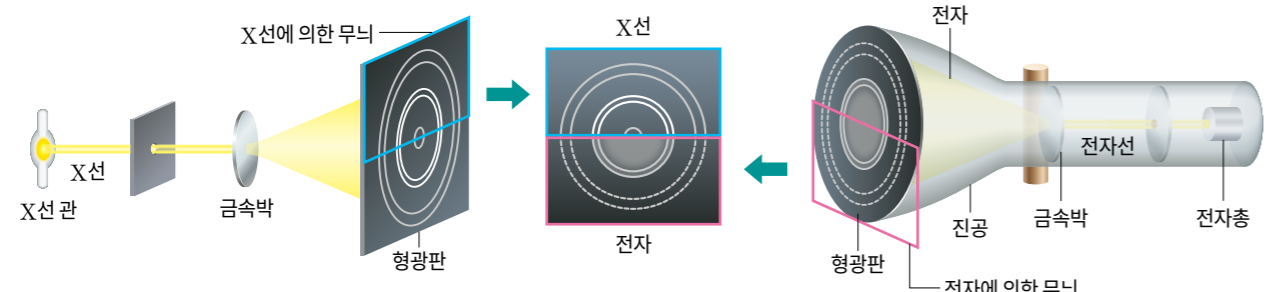


그림 III-25 금속박에 의한 X선과 전자의 무늬 비교

다음 활동을 하면서 전자가 어떤 특성을 가지고 있는지 알아보자.

**해보기** 문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

**전자의 입자성과 파동성 설명하기**

다음은 전자가 입자인지 파동인지 확인하기 위한 실험 과정과 결과를 나타낸 것이다.

**전자가 만드는 간섭무늬 관찰 실험**

**[과정]** 이중 슬릿과 스크린을 설치하고, 전자총으로 전자들을 쏘아 이중 슬릿을 지나게 한 뒤 스크린에 도착한 전자를 관찰한다.

**[결과]** 이중 슬릿을 통과해 스크린에 도달하는 전자의 개수가 많아질수록 스크린에는 전자의 양이 많은 지점과 적은 지점이 뚜렷해진다.

- 실험 결과에 따르면 전자가 파동성과 입자성 중 어떤 특성을 가지고 있다고 주장할 수 있는지 설명해 보자.

이중 슬릿을 통과해 스크린에 도달하는 전자는 스크린에 점으로 나타난다. 이를 통해 전자의 입자성을 확인할 수 있다. 또 스크린에 도달하는 전자의 개수가 많아질수록 위치에 따라 전자가 많이 도달하는 부분과 적게 도달하는 부분이 반복적으로 나타난다. 이것은 빛의 간섭 실험에서와 같이 전자도 보강 간섭 또는 상쇄 간섭을 한 것으로 설명할 수 있으며, 이를 통해 전자의 파동성을 확인할 수 있다.

여러 실험 결과로부터 물질도 빛과 같이 입자성과 파동성을 모두 가진다는 것을 알 수 있으며, 이것을 **물질의 이중성**이라고 한다.

**스스로 확인**

- 1 운동하는 입자가 나타내는 파동을 물질파라고 한다. (○, ×)
- 2 물질의 ( )은/는 물질이 입자성과 파동성을 모두 가지고 있다는 것이다.

**\*분해능**

서로 떨어져 있는 두 점을 식별할 수 있는 렌즈의 능력으로 분해능이 높을수록 선명한 상을 볼 수 있다.

**전자의 파동성 이용**

일반적으로 현미경의 분해능은 파장이 짧을수록 높는데, 전자의 파동성을 이용하면 광학 현미경보다 분해능이 높은 현미경을 만들 수 있다. 광학 현미경은 아무리 배율을 높여도 가시광선 파장보다 짧은 간격은 구별할 수 없다. 그러나 전자 현미경에서 사용하는 전자의 물질파 파장은 전자의 속력을 조절해 가시광선의 파장보다 훨씬 짧게 만들 수 있으므로 그만큼 짧은 간격도 자세히 관찰할 수 있다. 전자 현미경은 실물 크기의 약 10만 배 이상으로 물체를 확대해 볼 수 있어서 세포의 구조나 바이러스성 병원체를 자세히 관찰할 수 있다. 전자 현미경은 전자를 사용하기 때문에 광학 현미경과 달리 자기렌즈로 전자선을 초점에 모은다.

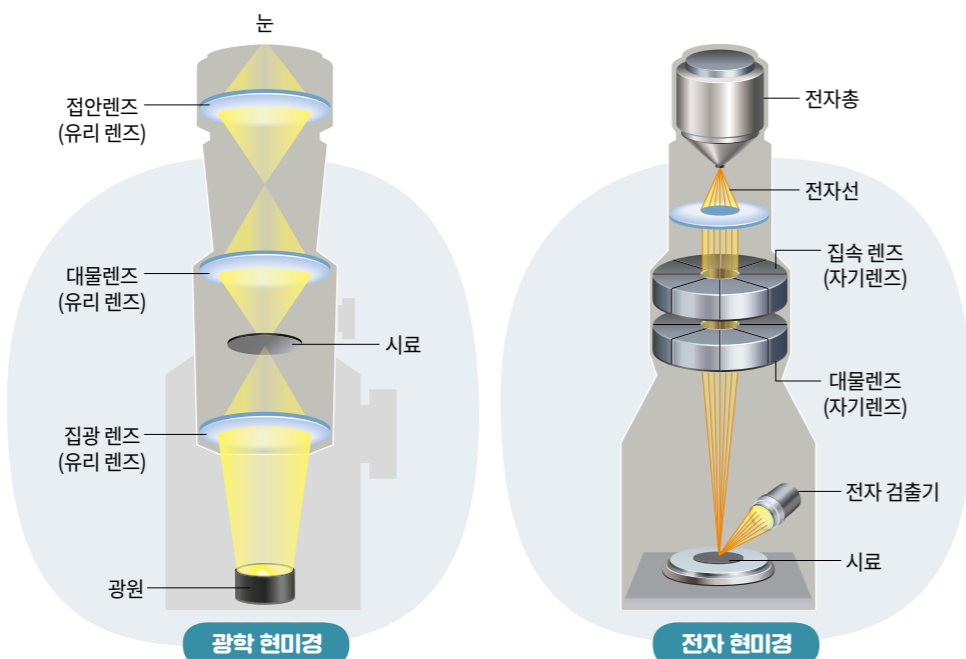
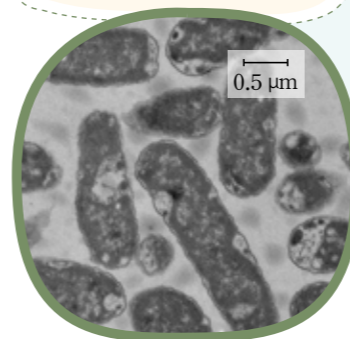


그림 III-26 광학 현미경과 전자 현미경의 구조

전자 현미경에는 투과 전자 현미경(TEM, transmission electron microscope)과 주사 전자 현미경(SEM, scanning electron microscope)이 있다. 투과 전자 현미경에서는 전자가 시료를 투과하는 동안 속력이 느려지므로 전자의 물질파 파장이 커져서 분해능이 낮아지기 때문에 시료를 얇게 만들어야 한다. 주사 전자 현미경은 관찰하려는 시료의 표면에 계속해서 전자를 쏘이므로 시료의 전기 전도도가 좋아야 한다. 전기 전도도가 나쁘면 시료에 전하가 모여 관찰을 계속하기 어렵다. 따라서 생물 시료는 전기 전도도가 좋은 물질로 표면을 얇게 코팅해 관찰한다. 일반적으로 주사 전자 현미경의 배율은 투과 전자 현미경의  $\frac{1}{10}$  정도로 낮지만 표면을 삼차원 구조로 볼 수 있는 장점이 있다.

**투과 전자 현미경**

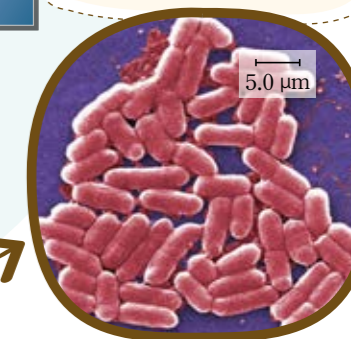
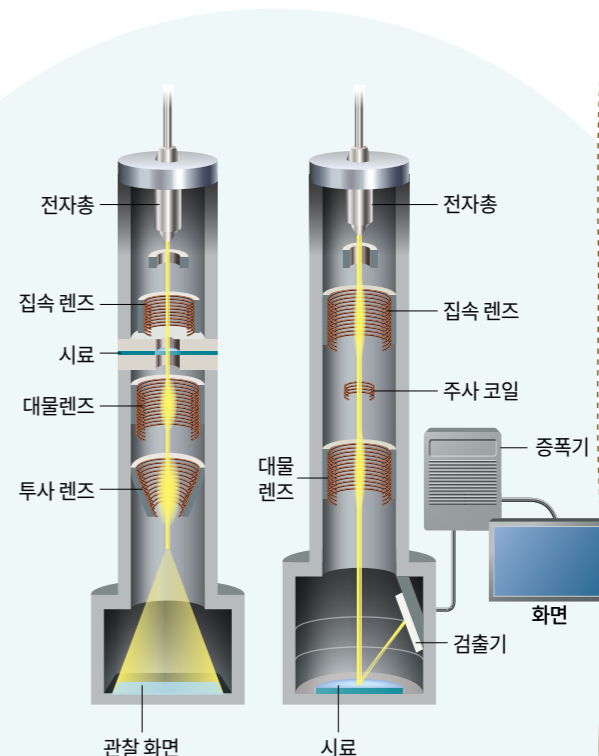
- 전자총에서 발생한 전자선을 가속한다.
- ↓
- 가속된 전자선을 집속 렌즈로 집속한다.
- ↓
- 집속한 전자선을 시료에 투과시킨다.
- ↓
- 대물렌즈와 투사 렌즈에서 상을 확대한다.
- ↓
- 확대한 상을 필름이나 형광판에 투사시켜 관찰한다.



투과 전자 현미경으로 본 대장균

**주사 전자 현미경**

- 전자총에서 발생한 전자선을 가속한다.
- ↓
- 가속된 전자선을 집속 렌즈로 집속한다.
- ↓
- 집속한 전자선을 시료 표면에 차례로 주사한다.
- ↓
- 시료 표면에서 산란된 전자를 검출기로 수집한다.
- ↓
- 검출된 전자에 의해 만들어진 신호를 증폭해 화면으로 관찰한다.



주사 전자 현미경으로 본 대장균

그림 III-27 투과 전자 현미경과 주사 전자 현미경

전자 현미경은 물질 속의 원자 배치 상태 등을 알아내는 데 매우 유용하므로 오늘날 물리학, 생명과학, 화학, 재료 공학 등 과학기술 분야에서 광범위하게 활용하고 있다.

**스스로 확인**

- 1 일반적으로 현미경의 분해능은 파장이 짧을수록 높다. (○, ×)
- 2 광학 현미경은 유리 렌즈로 ( )을/를 초점에 모으고, 전자 현미경은 자기렌즈로 ( )을/를 초점에 모은다.

**스스로 정리**

**공유** 빛과 물질의 이중성을 재미있게 표현하는 네 칸 만화를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

## 굴절률이 음수인 메타물질



▲ 메타 물질을 통해 손으로 가려진 뒤쪽이 보이는 모습



▲ 일반 물질(왼쪽)과 메타 물질(오른쪽)에서의 굴절 모습

일반적인 물질은 굴절률이 양수이지만 메타 물질은 굴절률이 음수인 특별한 성질을 갖는 물질이다. 메타 물질은 대부분 빛과 상호작용 할 수 있는 미세 구조로 되어 있는데, 아직 자연에서 발견된 적이 없고 인공적으로 설계된다. 메타 물질은 굴절률이 음수이기 때문에 일반적인 물질과 달리 빛이 경계면을 지나갈 때 진행 방향이 반대로 꺾이는 것처럼 작용한다. 따라서 메타 물질을 이용하면 평평한 표면으로도 렌즈와 비슷하게 빛을 한 점에 모을 수 있어 렌즈나 광학 장치를 개선하는 데 활용할 수 있다. 또 레이더나 통신 시스템의 성능을 향상할 수 있고 눈에 보이지 않는 투명 방어 차량이나 장벽과 같은 장치를 개발할 수도 있다.

메타 물질은 아직까지는 연구 단계에 있지만 광학, 전자기학, 통신, 에너지 저장, 센서 기술, 의학 등 다양한 분야에서 과학기술의 혁신을 이끌 것으로 기대를 모으고 있다.

### 글쓰기

메타 물질을 만든다면 어떤 곳에 사용하고 싶은지 써 보자.



## 사람 몸의 일부를 암호로 활용하는 생체 인식 전문가

커리어넷  
누리집



생체 인식은 실물인 신분증이나 문자와 숫자 등으로 이루어진 비밀번호와 달리 사람마다 다른 고유한 특징을 신호로 만들어 암호로 이용하는 기술이다. 따라서 생체 인식은 도난을 당하거나 분실할 염려가 없고 위조하기도 어려워 보안이 우수하다. 우리가 사용하는 스마트폰의 지문 인식, 얼굴 인식 등을 통한 본인 인증 시스템도 생체 인식 기술을 활용한 것이다.

생체 인식 전문가는 디지털카메라, 스캐너 등의 센서로 지문, 얼굴, 눈동자의 홍채와 같은 생체 정보를 파악해 본인을 확인하는 장치를 개발한다.

### 어떤 역량을 가지면 좋을까?

- 복잡한 계산 규칙을 이해하고, 논리적으로 생각하는 수리·논리력
- 생체 구조에 대한 이해와 기술적으로 구현하기 위한 공간 지각력
- 컴퓨터 언어와 프로그래밍에 관한 흥미
- 기계나 장비를 다루며, 실험을 통해 문제를 해결하는 능력

### 어떻게 준비할까?

- 수학, 과학, 컴퓨터 프로그래밍에 대한 기본 지식을 쌓고 광학 기술을 배워야 한다.
- 실험 기구 및 탐구 설계에 관한 다양한 경험을 한다.
- 생체 구조에 대한 다양한 책을 읽고 배경지식을 넓힌다.

### 체험 학습

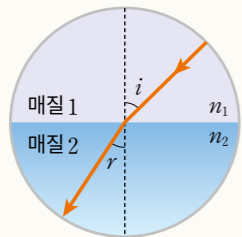
생체 인식 개발과 관련한 연구소의 견학 계획을 세워 보자.

## 01 빛의 파동성

- 파동의 ①**: 한 매질에서 진행되는 두 파동이 만나서 겹칠 때 매질 각 부분의 변위는 각 파동이 단독으로 진행할 때의 변위의 합과 같다.
- ②**: 한 매질에서 서로 반대 방향으로 진행되는 두 파동은 중첩이 끝나면 원래의 파형을 그대로 유지하면서 진행한다.
- ③**: 두 개 이상의 파동이 서로 중첩할 때, 합성 파의 진폭이 커지거나 작아지는 현상이다.
- 빛의 간섭**: 빛의 이중 슬릿 실험에서 스크린에 반복적으로 나타난 간섭무늬의 밝은 곳은 두 파동이 같은 위상으로 만나 **④** 간섭이 일어난 것이고, 어두운 곳은 두 파동이 반대 위상으로 만나 **⑤** 간섭이 일어난 것이다.
- 영은 빛의 이중 슬릿 실험 결과를 파동의 간섭을 이용해 설명함으로써 빛의 **⑥** 을/를 밝히는 데 기여했다.
- 빛의 간섭의 이용**: 안경 렌즈의 반사 방지막 코팅, 지폐의 색 변환 잉크 등

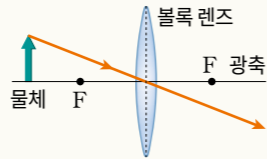
## 02 빛의 굴절과 광학 기술

- ⑦**: 서로 다른 매질의 경계면으로 빛이 입사해 진행할 때 빛의 경로가 꺾이는 현상이다.
- ⑧**: 빛이 매질 1에서 매질 2로 진행할 때 입사각과 굴절각의 사인값의 비는 일정한 값을 가진다.

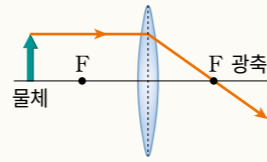


$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

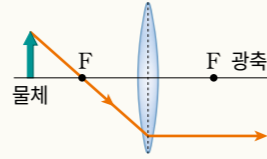
- 광선 추적법**: 규칙에 따라 광선의 예상 경로를 그려 상의 형성을 이해하는 방법이다.



렌즈의 중심을 지나는 광선은 **⑨** 하지 않고 직진한다.



광축과 나란히 렌즈로 입사한 광선은 굴절한 뒤 **⑩** 을/를 지난다.



초점을 지나 렌즈로 입사한 광선은 굴절한 뒤 **⑪** 와/과 나란하게 진행한다.

- 볼록 렌즈에 의한 물체의 상**: 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 길 때에는 **⑫** 선 실상이 생기고, 물체와 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 짧을 때에는 물체보다 크고 **⑬** 선 허상이 생긴다.
- ⑭**: 반도체 소자나 디스플레이 제작 공정에서 매우 정밀한 회로를 기판에 인쇄하는 광학 기술이다.

## 03 빛과 물질의 이중성

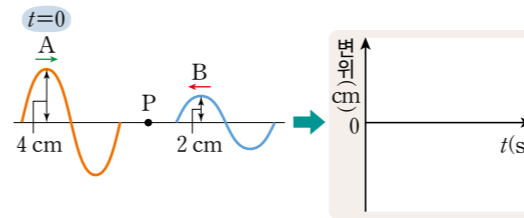
- ⑮**: 금속에 비춘 빛에 의해 금속 내부의 전자가 밖으로 튀어나오는 현상이다.
- 광양자설**: 빛은 불연속적인 에너지 입자의 흐름이며, 진동수  $f$ 인 빛을 구성하는 광자 한 개가 갖는 에너지는  $E = \text{⑯}$  이다.
- ⑰**: 빛은 파동성과 입자성을 모두 가진다. CCD는 빛의 입자성을 이용한다.
- ⑱**: 물질은 입자성과 파동성을 모두 가진다. 전자 현미경은 전자의 파동성을 이용한다.

## 평가하기

서술형

파동의 중첩 141 쪽

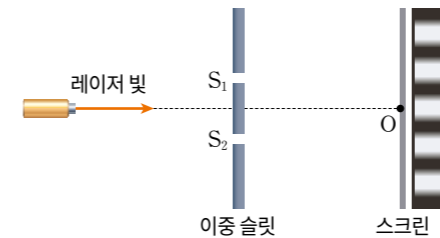
- 그림과 같이 파장과 전파 속력이 같고, 진폭이 각각 4 cm, 2 cm인 두 파동 A, B가 서로 반대 방향으로 진행하고 있다. 시간  $t=0$ 일 때 두 파동은 매질의 한 점 P에서 같은 거리만큼 떨어져 있다.



시간에 따른 P점의 변위를 풀이 과정과 함께 그래프에 대략적으로 나타내시오.

이중 슬릿에 의한 빛의 간섭 144 쪽

- 그림은 레이저 빛이 이중 슬릿을 통과해 스크린에 밝고 어두운 무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다. 스크린상의 점 O는 이중 슬릿  $S_1, S_2$ 로부터 같은 거리에 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- 밝고 어두운 무늬는 슬릿  $S_1, S_2$ 를 통과한 빛이 스크린에서 서로 간섭한 결과이다.
  - $S_1, S_2$ 에서 스크린까지의 경로차가 빛의 반파장의 홀수 배 차이가 나면 밝은 무늬가 나타난다.
  - O에서는 보강 간섭이 일어난다.

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

빛의 간섭 현상의 예 146 쪽

- 다음은 빛의 간섭 현상에 대해 학생 A~C가 나눈 대화이다.

- A: 비눗방울과 기름막의 무늬는 빛의 간섭에 의해 생긴 무늬야.  
B: 물이 담긴 유리컵을 통해 본 물체의 모습이 뒤집혀 보이는 것은 빛의 보강 간섭에 의한 현상이야.  
C: 빛이 상쇄 간섭을 하면 그 빛의 색은 우리 눈에 잘 안 보여.

옳게 설명한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A      ② B      ③ C  
④ A, C      ⑤ A, B, C

빛의 간섭의 활용 예 146 쪽

- 그림은 만 원권 지폐의 '10000'이라는 숫자를 서로 다른 각도에서 바라본 모습 A, B를 나타낸 것이다. A에서는 숫자가 노란색으로 보였고, B에서는 숫자가 초록색으로 보였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

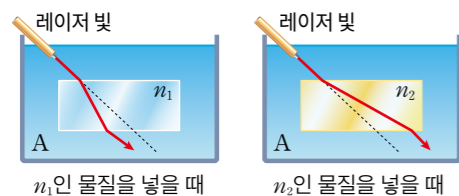
- 보기
- A에서 노란색 빛은 보강 간섭을 한다.
  - B에서 초록색 빛은 상쇄 간섭을 한다.
  - 지폐를 바라보는 각도에 따라 잉크에서 보강 간섭을 하는 빛의 파장이 달라진다.

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

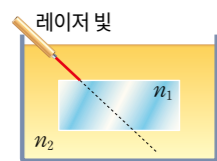
서술형

빛의 굴절 149 쪽

05 그림은 액체 A 속에 굴절률이  $n_1, n_2$ 인 물질을 넣고 레이저 빛을 비추는 때 빛의 이동 경로를 각각 나타낸 것이다.

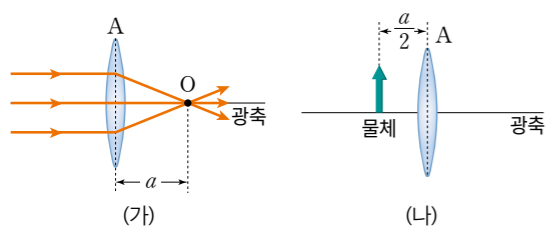


굴절률이  $n_2$ 인 물질 속에 굴절률  $n_1$ 인 물질을 넣을 때 레이저 빛의 이동 경로를 다음 빈칸에 그리고 그렇게 그린 까닭을 서술하시오.



볼록 렌즈에 의한 물체의 상 151 쪽

06 그림 (가)는 빛이 볼록 렌즈 A의 광축과 나란하게 진행해 렌즈를 통과한 뒤 렌즈로부터  $a$ 만큼 떨어진 광축 위의 점 O를 지나는 것을 나타낸 것이고, (나)는 A로부터  $\frac{a}{2}$ 만큼 떨어진 광축 위에 물체를 놓은 것을 나타낸 것이다.



(나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A의 초점 거리는  $a$ 이다.
  - ㄴ. 상의 크기는 물체보다 크다.
  - ㄷ. 물체의 상하좌우가 바뀌지 않은 바로 선 허상이 생긴다.

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

포토 리소그래피 154 쪽

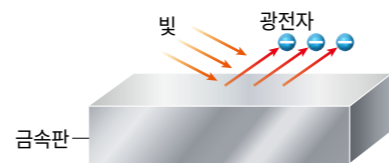
07 포토 리소그래피 공정은 기판 준비, 산화막, 감광액 도포, 노광, 현상, 식각 등 여러 단계로 이루어진다. 이 중 마스크에 그려진 회로를 기판에 새기는 과정에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 기계를 이용해 물리적으로 미세 회로를 그린다.
  - ㄴ. 기판에는 마스크에 그려진 회로의 크기보다 작게 축소해 새긴다.
  - ㄷ. 마스크에 새겨진 회로의 상을 기판에 만들 때 렌즈를 이용한다.

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

광전 효과 158 쪽

08 그림은 한계 진동수가  $f_0$ 인 금속판에 진동수가  $f$ 인 빛을 비추었더니 광전 효과에 의해 광전자가 방출되는 것을 나타낸 것이다.



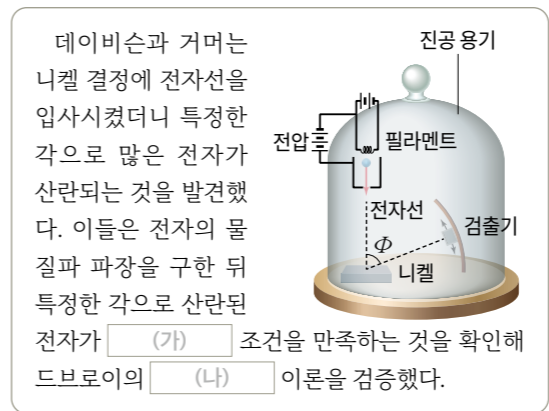
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ.  $f < f_0$ 이다.
  - ㄴ. 빛의 세기를 증가시키면 방출되는 광전자의 개수가 증가한다.
  - ㄷ. 빛의 파동성을 보여 주는 실험이다.

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

물질의 이중성 162 쪽

09 다음은 데이비슨-거머의 실험 장치와 실험에 대한 설명이다.

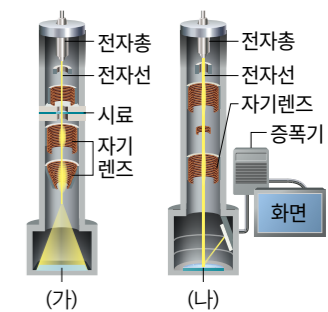


데이비슨과 거머는 니켈 결정에 전자선을 입사시켰더니 특정한 각으로 많은 전자가 산란되는 것을 발견했다. 이들은 전자의 물질파 파장을 구한 뒤 특정한 각으로 산란된 전자가 (가) 조건을 만족하는 것을 확인해 드브로이의 (나) 이론을 검증했다.

(가)와 (나)에 알맞은 말을 각각 쓰시오.

전자 현미경 164 쪽

10 그림 (가), (나)는 주사 전자 현미경과 투과 전자 현미경의 구조를 순서 없이 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기
- ㄱ. (가), (나)는 자기렌즈로 전자의 진행 경로를 바꾼다.
  - ㄴ. (가)는 투과 전자 현미경이다.
  - ㄷ. (나)는 시료 표면의 삼차원 영상을 관찰하는 데 주로 사용한다.

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

점검하기

이 단원의 학습 내용을 돌아보고, '아니오'에 표시한 부분은 해당 쪽으로 돌아가 다시 한번 학습해 보자.

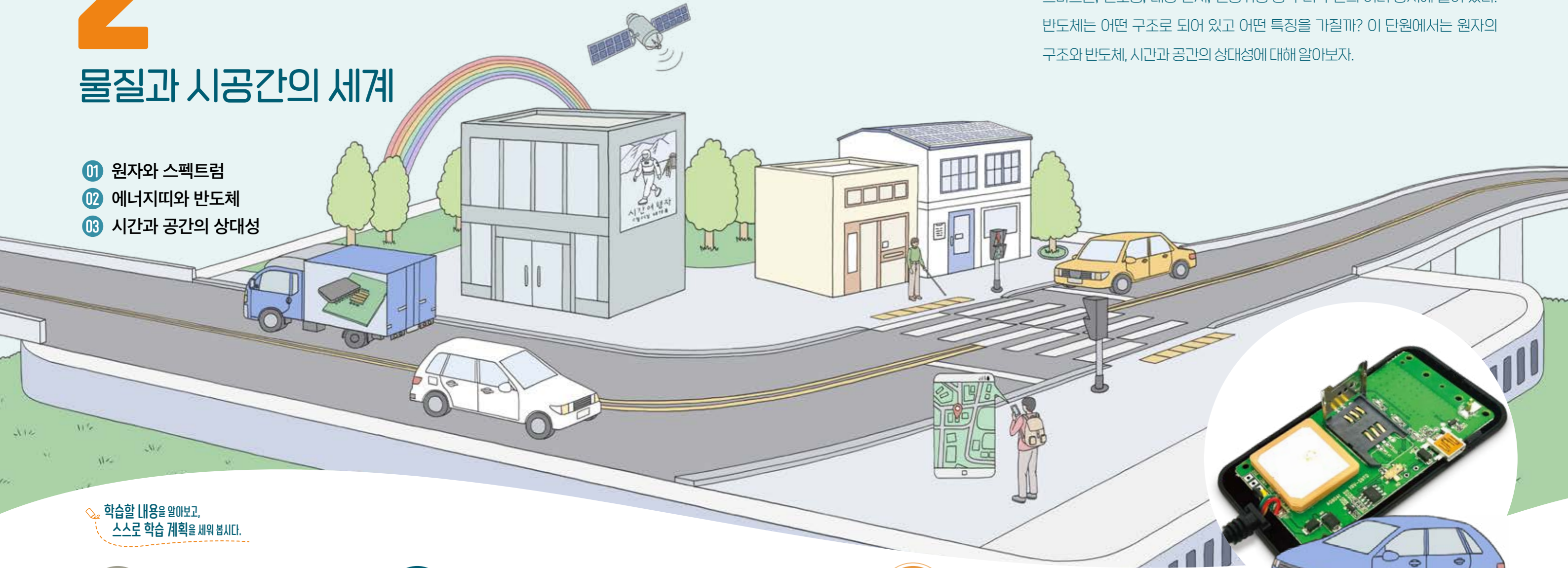
영역	지식·이해	과정·기능	가치·태도
01 빛의 파동성	빛의 중첩과 간섭을 통해 빛의 파동성을 알고, 이를 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   144 쪽	이중 슬릿에 의한 빛의 간섭무늬를 관찰해 빛의 파동성을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   142 쪽	우리 주변에서 보이는 빛의 간섭 현상을 통해 자연의 아름다움과 경이로움을 느낄 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   146 쪽
02 빛의 굴절과 광학 기술	빛의 굴절을 이용해 볼록 렌즈에 상이 맺히는 과정을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   150 쪽	볼록 렌즈에 의한 실상의 위치를 찾고 실험 결과를 분석해 초점 거리를 구할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   152 쪽	빛의 굴절이 반도체와 디스플레이 제작 공정 등 광학 기술에 활용되는 것을 보고 과학기술의 유용성을 느낄 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   154 쪽
03 빛과 물질의 이중성	광전 효과를 알고, 빛과 물질의 이중성이 영상 정보 저장과 전자 현미경 등 다양한 분야에 활용됨을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   160 쪽	자외선등을 이용해 알루미늄 캔에 광전 효과가 나타나게 해 관찰할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   156 쪽	빛과 물질의 이중성이 CCD나 전자 현미경 등 첨단 과학에 적용되는 것을 통해 과학이 유용하다는 것을 인식할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오   164 쪽

# 2

## 물질과 시공간의 세계

- 01 원자와 스펙트럼
- 02 에너지띠와 반도체
- 03 시간과 공간의 상대성

원자 구조의 이해를 바탕으로 하여 만들어진 반도체 소자는 자동차 내비게이션, 스마트폰, 신호등, 태양 전지, 인공위성 등 우리 주변의 여러 장치에 들어 있다. 반도체는 어떤 구조로 되어 있고 어떤 특징을 가질까? 이 단원에서는 원자의 구조와 반도체, 시간과 공간의 상대성에 대해 알아보자.



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

**단원 연계**

- 중학교 과학    물질의 구성
- ↓
- 통합과학1    물질과 규칙성
- ↓
- 이 단원의 내용**    에너지 준위, 에너지띠와 반도체, 상대성 원리, 광속 불변
- ↓
- 전자기와 양자    전자기적 상호작용, 양자와 미시세계

**성취 기준 확인**

- 지식·이해**    고체의 에너지띠 구조로부터 도체와 부도체의 차이를 알고, 반도체 소자의 원리를 설명할 수 있다.
- 과정·기능**    원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰 증거를 바탕으로 하여 논증할 수 있다.
- 가치·태도**    이 단원에서 배우는 원자와 스펙트럼, 에너지띠와 반도체, 상대성 이론이 사회에 미친 영향을 알고, 자연을 깊이 이해하려는 노력의 가치를 체험할 수 있다.

**스스로 계획**

알고 있는 것에  표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 원자	<input type="checkbox"/> 스펙트럼	<input type="checkbox"/> 에너지띠
<input type="checkbox"/> 도체	<input type="checkbox"/> 부도체	<input type="checkbox"/> 반도체
<input type="checkbox"/> 상대성 원리	<input type="checkbox"/> 광속 불변 원리	<input type="checkbox"/> 시간 팽창
<input type="checkbox"/> 길이 수축	<input type="checkbox"/> 특수 상대성 이론	

나는 \_\_\_\_\_ 을/를 더 알고 싶다.

# 01

## 원자와 스펙트럼

**학습 목표** 원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰 증거를 바탕으로 하여 논증할 수 있다.

햇빛이 분광기를 지나면 연속적으로 보이는 색의 띠가 나타나지만 기체 방전관에서 나오는 빛이 분광기를 지나면 불연속적으로 보이는 밝은 띠가 나타난다. 이러한 차이가 생기는 까닭은 무엇일까?



### 스펙트럼

우리가 보는 햇빛에는 다양한 파장의 빛이 섞여 있다. 이러한 빛이 프리즘과 같은 매질을 통과할 때 여러 가지 색깔로 나뉘어 나타나는 띠를 **스펙트럼**이라고 한다. 그림 III-28과 같이 햇빛이 프리즘을 통과하면 모든 파장의 가시광선을 포함하는 **연속 스펙트럼**이 나타난다. 스펙트럼을 구성하는 빛이 갖는 에너지는 파장이 짧을수록 크고, 빛의 파장은 보라색에서 빨간색으로 갈수록 길다.

### 연계 통합과학

다양한 물질이 방출하는 스펙트럼에 대해 '물질과 규칙성' 단원에서 배웠다.

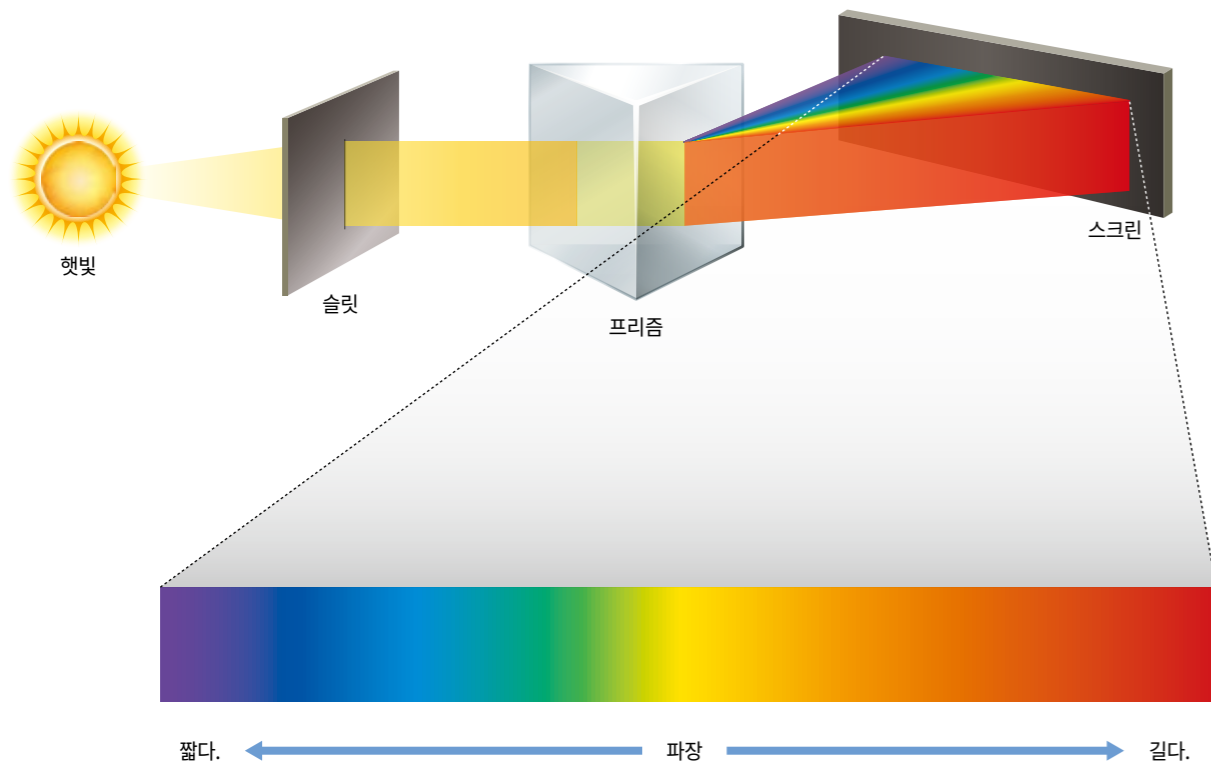


그림 III-28 연속 스펙트럼

프리즘이나 분광기를 이용하면 백색광과 같이 여러 파장이 섞여 있는 빛의 특성을 확인할 수 있다. 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 어떤 모습일까? 다음 활동을 하면서 분광기로 스펙트럼을 관찰해 보자.

### 해보기

#### 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼 관찰하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

- 간이 분광기를 스마트 기기의 카메라 렌즈에 고정한다.
- 다양한 기체 방전관에서 나오는 빛을 1의 스마트 기기로 관찰한다.
- 관찰한 스펙트럼의 모습을 그리고 특징을 정리한다.

기체 방전관	스펙트럼 모습	특징
수소 기체 방전관	400 nm 500 nm 600 nm 700 nm 	
	400 nm 500 nm 600 nm 700 nm 	
	400 nm 500 nm 600 nm 700 nm 	

- 연속 스펙트럼과 비교했을 때 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 어떤 차이가 있는가?
- 기체 방전관에서 나온 빛의 스펙트럼에서 공통점과 차이점은 무엇인가?

### 실험 영상



### 준비물

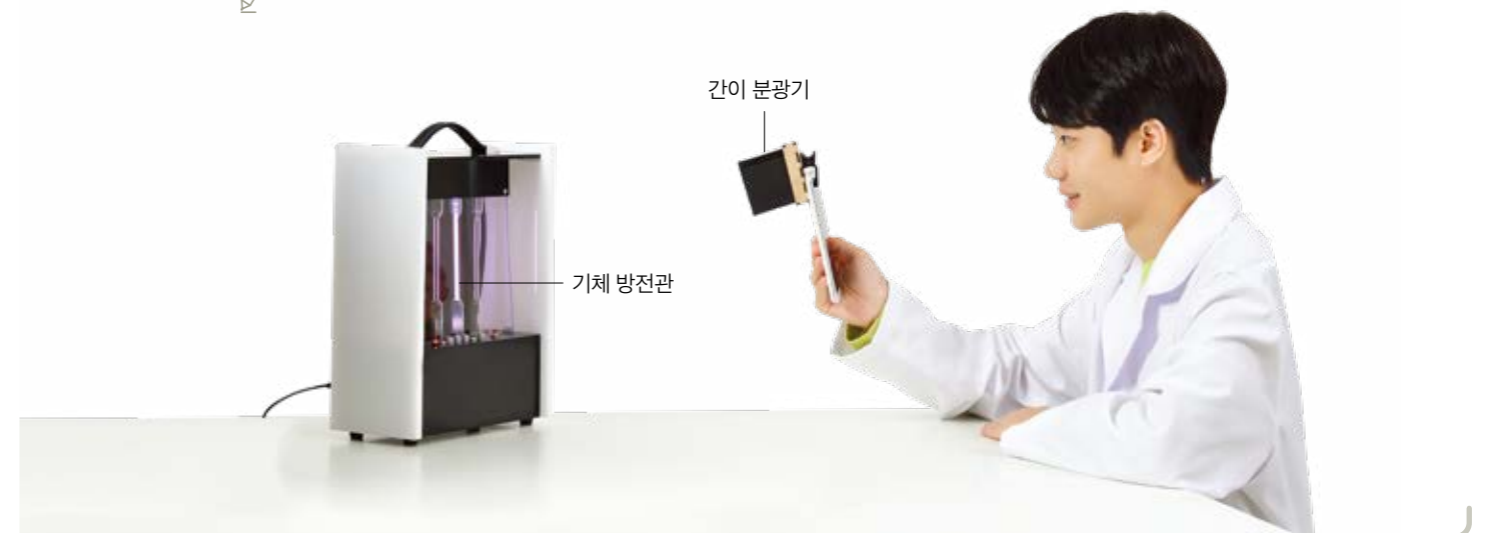
- 기체 방전관 실험 장치
- 간이 분광기(스마트 기기 연결용)
- 스마트 기기
- 면장갑

### 안전

- 기체 방전관의 빛을 맨눈으로 오랫동안 보지 않는다.
- 기체 방전관을 사용할 때 감전이나 화상을 예방하기 위해 면장갑을 낀다.

### 활동 길잡이

- 방전관은 두 개의 전극 사이에 기체가 채워진 튜브이며, 두 전극 사이에 전압을 가하면 기체 안의 전자가 움직이면서 빛을 낸다.
- 스펙트럼을 관찰할 때 주위를 어둡게 한다.



### 기체 방전관의 선 스펙트럼

기체가 채워진 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 기체의 종류에 따라 고유한 색깔의 빛을 낸다. 이때 나타난 빛을 분광기로 관찰하면 그림 III-29와 같이 빨간색이나 노란색 등 특정한 파장을 갖는 빛만 띄엄띄엄 나타나는데, 이러한 스펙트럼을 **선 스펙트럼**이라고 한다.

기체 방전관 속 기체의 종류가 달라지면 스펙트럼선이 나타나는 위치와 선의 개수도 달라진다. 즉, 원소의 종류에 따라 관찰되는 선 스펙트럼이 다르게 나타난다. 스펙트럼의 이러한 특성을 이용하면 원자로부터 방출되는 빛의 스펙트럼을 분석해 어떤 원소인지 알 수 있다.

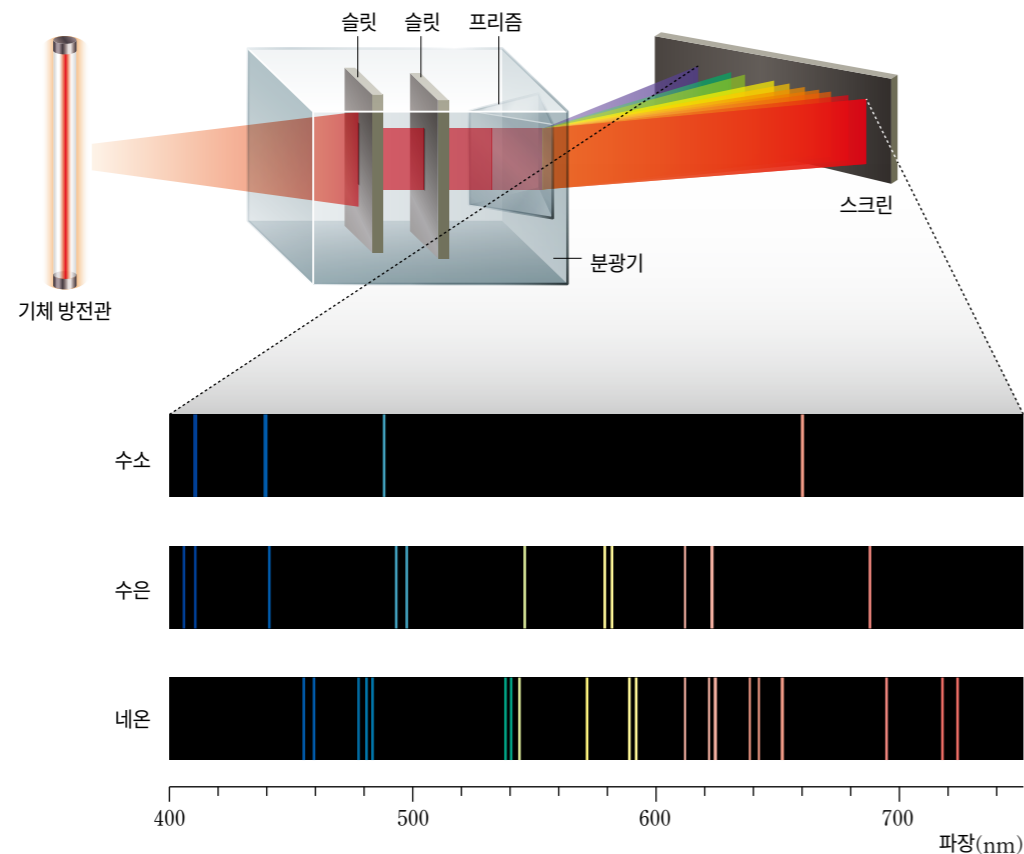


그림 III-29 선 스펙트럼

#### 스스로 확인

- 1 빨간색 빛과 보라색 빛 중 빨간색 빛의 파장이 더 (길고, 짧고) 빛이 갖는 에너지가 더 (크다, 작다).
- 2 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼을 분석하면 방전관 속 기체가 어떤 원소인지 알 수 있다. (○, ×)

### 전자의 에너지 흡수와 방출

원자 내 전자는 원자핵으로부터 멀수록 에너지가 높고, 가까울수록 에너지가 낮다. 그림 III-30의 (가)와 같이 에너지가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전자가 이동하려면 에너지를 흡수해야 한다. 반면 그림 (나)와 같이 에너지가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전자가 이동할 때에는 에너지를 빛의 형태로 방출한다.

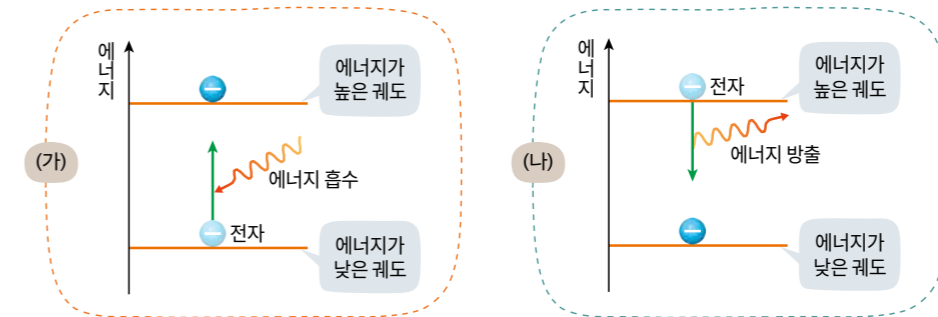


그림 III-30 전자의 에너지 흡수와 방출

기체 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 방전관 속 기체 원자의 전자가 높은 에너지 궤도로 올라갔다가 낮은 에너지 궤도로 이동하며 빛을 방출한다. 이 빛이 선 스펙트럼으로 나타나는 까닭은 무엇일까? 다음 활동을 하면서 논증해 보자.

#### 해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

### 선 스펙트럼 관찰을 통한 원자 내 전자 궤도 논증하기

다음은 수소 원자를 설명하기 위한 두 가지 원자 모형에 대한 주장이다.

원자 모형 A	원자 모형 B
<p>원자가 원자핵과 전자로 이루어져 있고, 전자의 궤도는 원자 내에서 어느 곳이나 가능하다.</p>	<p>원자가 원자핵과 전자로 이루어져 있고, 전자의 궤도는 특정한 곳만 가능하다.</p>

- 수소 스펙트럼을 관찰한 뒤 어느 주장이 더 타당한지 다음 과정을 따라 논증해 보자.

- ① 수소 원자의 스펙트럼을 통해 기체 방전관에서 나온 빛이 모든 파장의 빛을 포함하는지, 또는 특정 파장의 빛만 포함하는지를 파악한다.
- ② ①을 바탕으로 하여 수소 원자 내의 전자가 방출하는 에너지가 연속적인지, 불연속적인지를 판단한다.
- ③ ②를 바탕으로 하여 원자 모형 A와 B 중 어느 것이 더 타당한지를 논증한다.



### 보어의 수소 원자 모형

수소 원자 내에서 전자가 임의의 에너지 궤도에 있을 수 있다면, 방출하는 에너지의 크기는 매우 다양하므로 모든 파장의 빛을 방출할 수 있다. 그러나 실제로 방출하는 빛의 스펙트럼에서는 불연속적인 에너지 값만 갖는다. 보어는 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼 관찰 결과를 설명하기 위해 전자가 원자핵 주위의 특정 궤도에서만 존재하고 궤도 사이에는 존재하지 않는다는 새로운 원자 모형을 제시했다.

- 보어 원자 모형
- 1. 원자 내의 전자는 특정한 궤도에서 원운동을 하며, 이때 빛을 방출하지 않고 안정한 상태로 존재한다.
- 2. 전자가 특정한 궤도 사이를 이동할 때 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 에너지를 빛의 형태로 방출하거나 흡수한다.

그림 III-31과 같이 원자 내의 전자는 특정한 궤도에 있을 때 에너지를 방출하지 않고 안정한 상태로 존재한다. 원자핵에서 가까운 궤도부터  $n=1, n=2, n=3, \dots$ 으로 나타내고,  $n$ 을 양자수라고 한다. 양자수  $n$ 에 따라 원자 내의 전자가 불연속적인 특정한 에너지만 갖는다. 이것을 에너지가 양자화되었다고 하며, 원자 내의 전자가 가질 수 있는 양자화된 에너지를 단계적으로 나타낸 것을 에너지 준위라고 한다. 전자가 원자핵에서 가장 가까운  $n=1$ 인 궤도에 있을 때 가장 작은 에너지를 가지며, 이를 바닥상태라고 한다. 전자가  $n \geq 2$ 인 궤도에 있을 때에는 바닥상태보다 큰 에너지를 가지며, 이를 들뜬상태라고 한다.

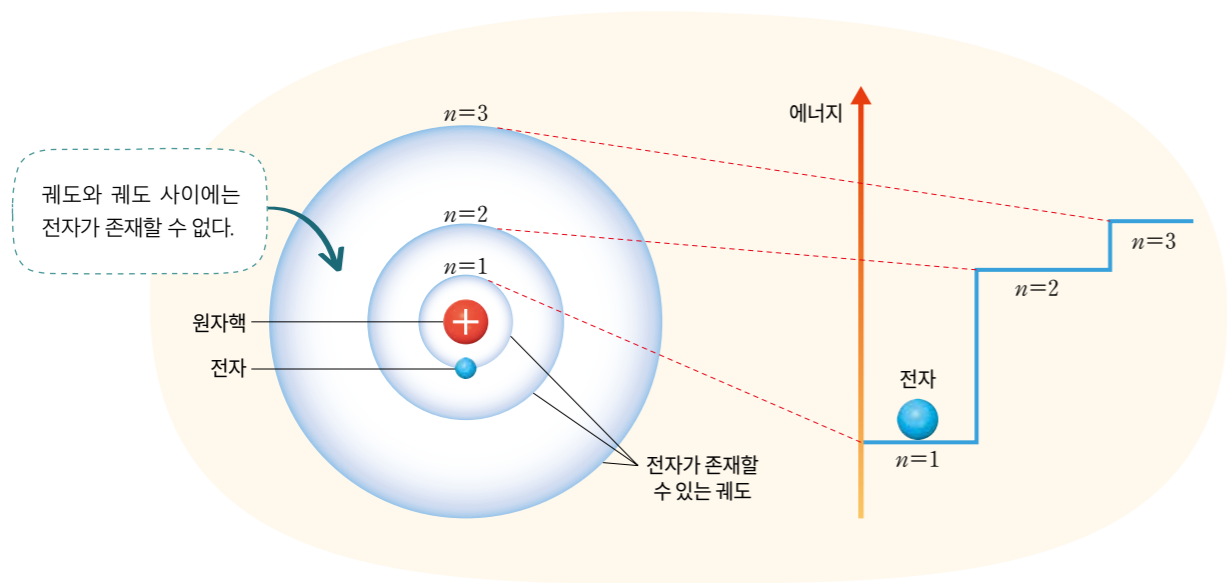


그림 III-31 보어 원자 모형

### 선 스펙트럼과 보어 원자 모형

수소 원자의 전자가 높은 에너지 준위에서  $n=1$ 인 에너지 준위로 전이하면 자외선 영역의 빛을 방출하고,  $n=3$ 인 에너지 준위로 전이하면 적외선 영역의 빛을 방출한다. 우리 눈에 보이는 가시광선 영역의 빛은 그림 III-32와 같이 수소 원자의 전자가 높은 에너지 준위에서  $n=2$ 인 에너지 준위로 전이할 때 방출한다. 이때 빨간색, 파란색, 보라색 등의 특정 색깔을 띠는 특정 파장의 빛을 방출한다.

보어 원자 모형에 따르면 특정한 궤도에 있는 전자는 빛을 방출하지 않고 안정한 상태를 유지하며, 전자가 궤도 사이를 전이할 때에만 빛을 방출하거나 흡수한다. 따라서 보어 원자 모형은 수소 기체의 선 스펙트럼을 설명할 수 있었다.

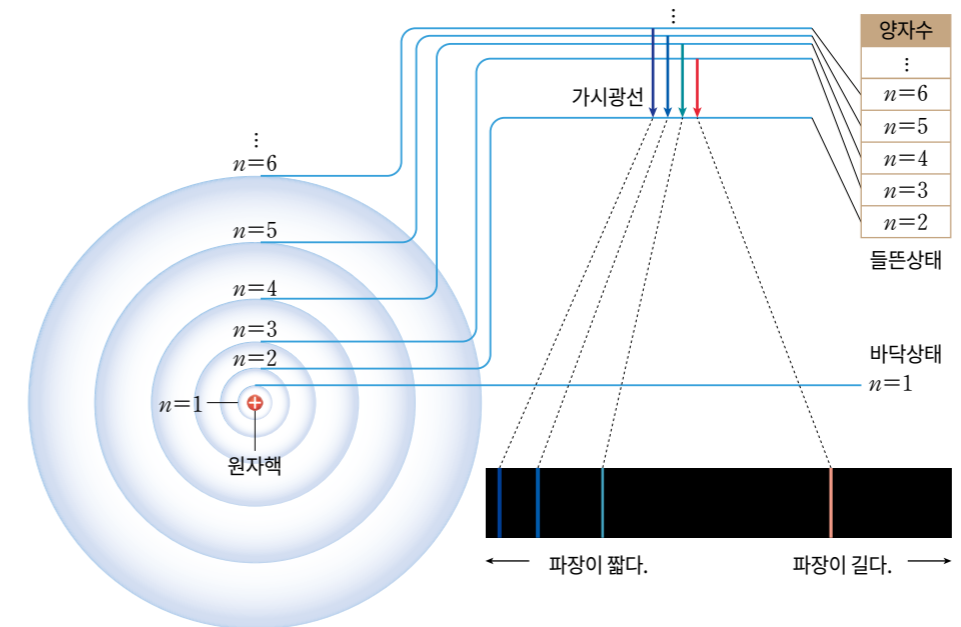


그림 III-32 수소 원자에서 전자의 전이와 가시광선 영역의 선 스펙트럼

보어 원자 모형은 수소 외 다른 원자의 스펙트럼을 설명할 수 없다는 한계가 있었고, 이후 현대 물리학에서 제시한 원자 모형과 다르다. 하지만 보어 원자 모형은 원자 내의 전자가 불연속적인 에너지 준위를 갖는다는 사실을 밝혀냄으로써 오늘날 반도체나 새로운 소재의 물질을 개발하는 데 중요한 역할을 했다.

#### 스스로 확인

- 1 원자 내 전자의 에너지 준위 차이가 클수록 전자가 전이할 때 방출하는 빛의 파장은 (짧다, 길다).
- 2 보어 원자 모형에 따르면 특정한 궤도에 있는 전자는 빛을 방출하고, 전자가 궤도 사이를 전이할 때에는 빛을 흡수한다. (○, ×)

#### 스스로 정리

공유 수소 원자 스펙트럼에 나타난 색깔만을 이용해 주변 사물이나 현상을 표현하고 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.

\* 전이  
전자가 궤도를 옮기는 것을 뜻한다.

# 02

## 에너지띠와 반도체

**학습 목표** 고체의 에너지띠를 통해 도체와 부도체의 차이를 구분하고, 반도체의 원리를 설명할 수 있다.



드론이나 로봇을 만드는 데 쓰는 회로 기판은 여러 가지 전자 부품으로 이루어져 있다. 이러한 회로 기판을 이루는 물질들은 모두 전기가 잘 흐를까?

### 고체의 에너지띠

그림 III-33과 같이 한 개의 원자에 속박된 전자는 띄엄띄엄 떨어진 에너지 준위를 갖는다. 같은 원자 2 개가 가까이 있으면 인접한 원자의 원자핵과 전자에 의한 전기력의 영향을 받아 에너지 준위가 2 개로 갈라진다. 인접한 원자의 개수가 늘어날수록 갈라진 에너지 준위가 늘어난다. 고체는 무수히 많은 원자가 가까이 있으므로 수많은 에너지 준위가 촘촘하게 모여 연속적인 띠의 형태를 이루며, 이를 **에너지띠**라고 한다.

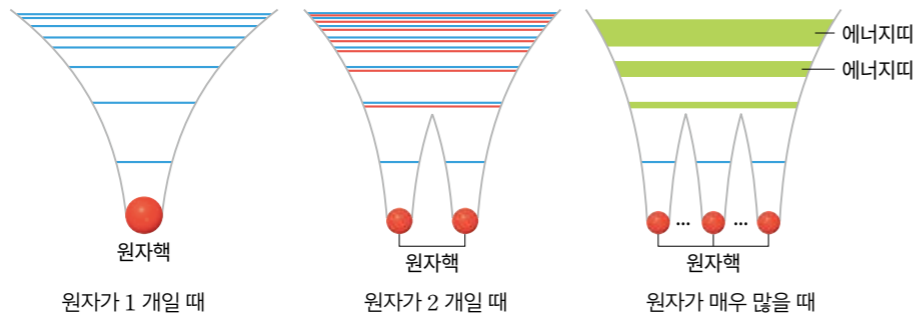


그림 III-33 고체 원자의 에너지 준위와 에너지띠

**허용된 띠**  
전자가 존재할 수 있는 영역이다.

그림 III-34와 같이 에너지띠 중에서 전자가 채워져 있는 가장 바깥에 있는 에너지띠를 **원자가 띠**라고 하고, 원자가 띠 위에 있는 에너지띠를 **전도띠**라고 한다. 원자가 띠와 전도띠 사이에 전자가 존재할 수 없는 에너지 영역이 있는데 이 영역의 에너지 간격을 **띠 간격**이라고 한다.

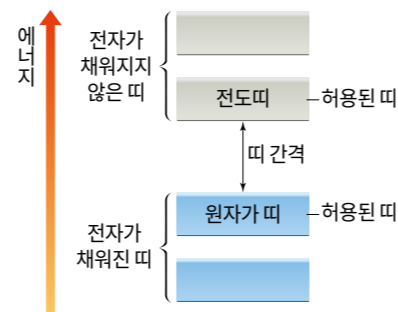


그림 III-34 고체의 에너지띠

### 도체와 부도체의 에너지띠 구조와 특징

고체 내의 전자는 가장 낮은 에너지띠부터 채우다가 그 에너지띠를 모두 채우면 바로 위의 에너지띠를 채운다. 그림 III-35의 (가)와 같이 도체는 전자가 완전히 채워진 에너지띠와 일부만 채워진 에너지띠가 존재한다. 일부만 채워진 에너지띠의 전자는 약간의 에너지만 흡수해도 쉽게 인접한 빈 에너지띠로 이동할 수 있다. 따라서 도체는 전류가 잘 흐른다. 한편 그림 (나)와 같이 부도체는 원자가 띠가 완전히 채워져 있고 띠 간격이 매우 커서 전자가 쉽게 이동할 수 없다. 따라서 부도체는 전류가 거의 흐르지 않는다.

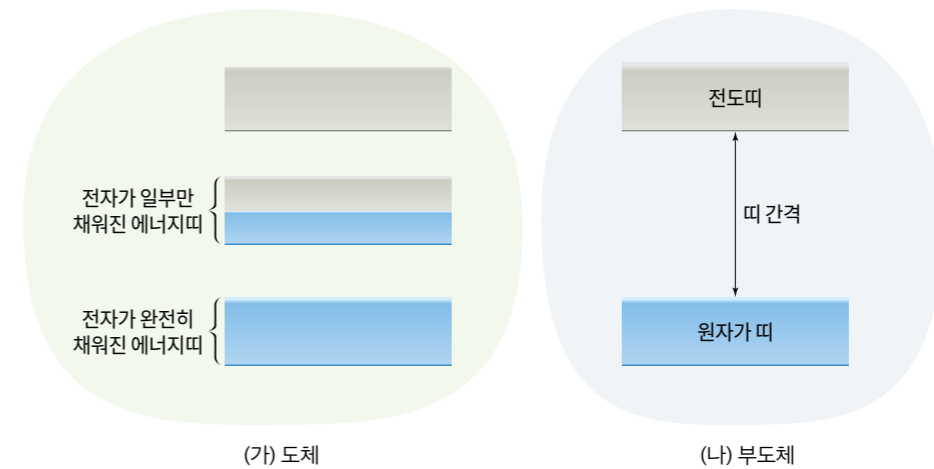


그림 III-35 도체와 부도체의 에너지띠 구조

### 반도체의 에너지띠 구조와 특징

그림 III-36과 같이 반도체는 부도체처럼 원자가 띠와 전도띠 사이에 띠 간격이 있지만 부도체보다는 띠 간격이 좁다. 따라서 적당한 에너지를 흡수하면 전자가 전도띠로 이동할 수 있어 도체와 부도체의 중간 정도의 전기적 성질을 갖는다. 반도체는 온도나 불순물의 포함 여부에 따라 전기적 성질이 변하는 특성이 있어서 다양하게 활용된다.



그림 III-36 반도체의 에너지 띠 구조

#### 스스로 확인

- 1 고체는 무수히 많은 원자가 가까이 있으므로 수많은 에너지 준위들이 촘촘하게 모여 연속적인 띠의 형태를 이룬다. 이를 ( )이라고 한다.
- 2 부도체는 원자가 띠와 ( ) 사이의 띠 간격이 반도체에 비해 매우 크다.

#### 연계 통합과학1

물질을 도체, 부도체, 반도체로 구분하는 것과 반도체의 원리는 '물질과 규칙성' 단원에서 배웠다.

### p형 반도체와 n형 반도체

규소(Si)나 저마늄(Ge)과 같은 순수한 반도체는 원자가 전자가 4 개이고, 이러한 원자로 이루어진 물질은 안정되어 전자가 쉽게 움직일 수 없으므로 전류가 잘 흐르지 않는다. 순수한 반도체에 불순물을 첨가하면 전자의 수가 달라지면서 에너지띠의 간격이 변해 전기적 특성이 달라진다. 이처럼 순수한 반도체에 불순물을 첨가하는 것을 **도핑**이라고 한다. 그림 III-37과 같이 순수한 반도체에 원자가 전자가 3 개인 붕소(B)를 불순물로 첨가하면 인접한 규소로부터 전자를 1 개 받아들임이 되고 새로 받은 전자는 원자가 띠보다 높은 에너지띠를 형성한다. 한편 붕소에 전자를 제공해 전자를 1 개 잃은 규소 원자는 양이온이 되고 전자가 이동한 빈 자리가 생기는데 이를 **양공**이라고 한다. 이 빈 자리는 주변의 다른 규소 원자의 전자로 채워지면서 전하를 운반하는 효과가 나타난다. 이와 같이 양공이 전하를 운반하는 역할을 하는 반도체를 **p형 반도체**라고 한다.

\* 음이온  
전자를 얻어 음전하를 띤 이온이다.

\* 양이온  
전자를 잃어 양전하를 띤 이온이다.

p형 반도체 불순물 종류  
원자가 전자가 3 개인 붕소(B), 알루미늄(Al), 인듐(In), 갈륨(Ga) 등을 넣는다.

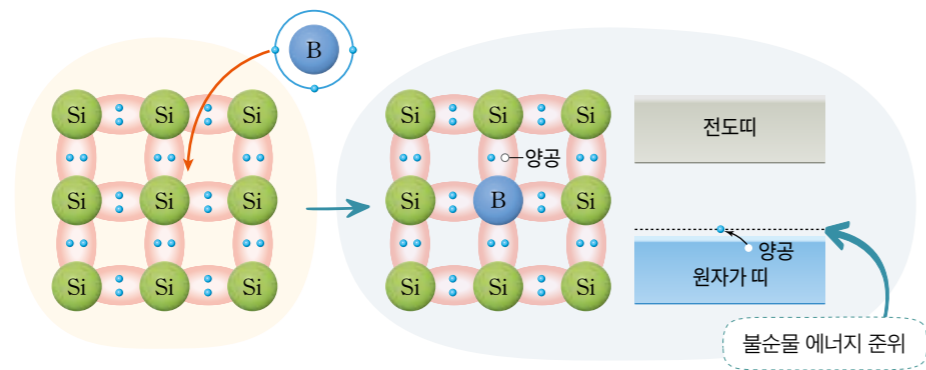


그림 III-37 p형 반도체

그림 III-38과 같이 순수한 반도체에 원자가 전자가 5 개인 인(P)을 불순물로 첨가하면 인접한 규소 원자에 전자를 주어 규소 원자의 전자가 1 개 남는다. 남는 전자는 전도띠 아래에 채워져 띠 간격이 좁아지므로 전류가 잘 흐르게 된다. 이와 같이 남는 전자가 전하를 운반하는 역할을 하는 반도체를 **n형 반도체**라고 한다.

n형 반도체 불순물 종류  
원자가 전자가 5 개인 인(P), 비소(As), 안티모니(Sb), 비스무트(Bi) 등을 넣는다.

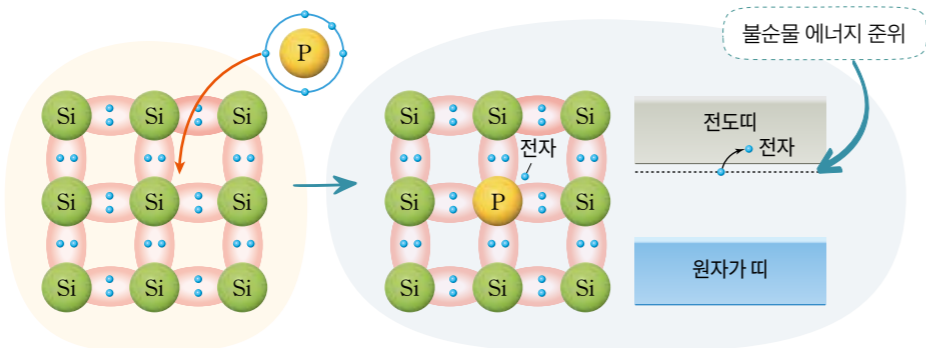


그림 III-38 n형 반도체

### p-n 접합 다이오드

그림 III-39의 (가)와 같이 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하면 접합면을 기준으로 양공의 농도가 높은 p형 반도체에서 n형 반도체 쪽으로 양공이 확산되고, 전자의 농도가 높은 n형 반도체에서 p형 반도체 쪽으로 전자가 확산된다. 따라서 p형 반도체에는 음이온이 남는 영역이 형성되고, n형 반도체에는 양이온이 남는 영역이 형성된다. 즉, 접합면 주변에는 고정된 양이온과 음이온을 띤 영역이 생긴다. 이 영역에서 전자와 양공에 전기력을 작용해 더 이상 확산하는 것을 막는 역할을 한다. 전자의 에너지 준위는 그림 (나)와 같이 형성되어 전자가 쉽게 n형 반도체에서 p형 반도체 쪽으로 이동할 수 없게 된다.

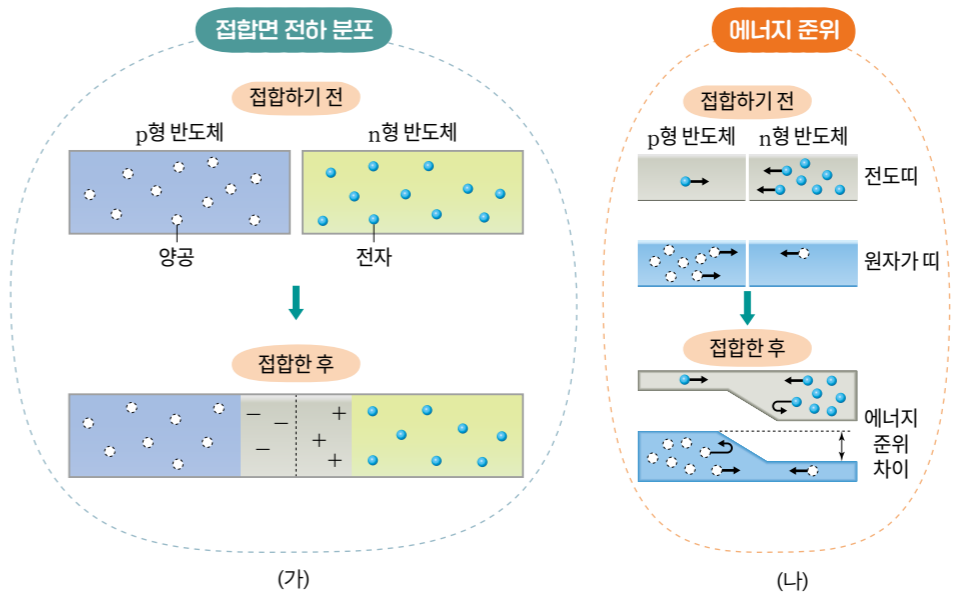


그림 III-39 p-n 접합의 전하 분포와 에너지 준위

p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만든 반도체 소자를 **p-n 접합 다이오드**라고 한다. 다이오드는 양단에 걸어 주는 전압의 방향에 따라 다른 특성을 가진다. 그림 III-40과 같이 다이오드의 p형 반도체 쪽에 전원의 (+)극을 연결하고, n형 반도체 쪽에 전원의 (-)극을 연결한 것을 **순방향 전압 연결**이라고 한다. 순방향 전압으로 연결하면 에너지 준위가 낮아져 전자는 p형 반도체 쪽으로 쉽게 이동할 수 있게 되고, 양공은 n형 반도체 쪽으로 이동하면서 전류가 흐른다.

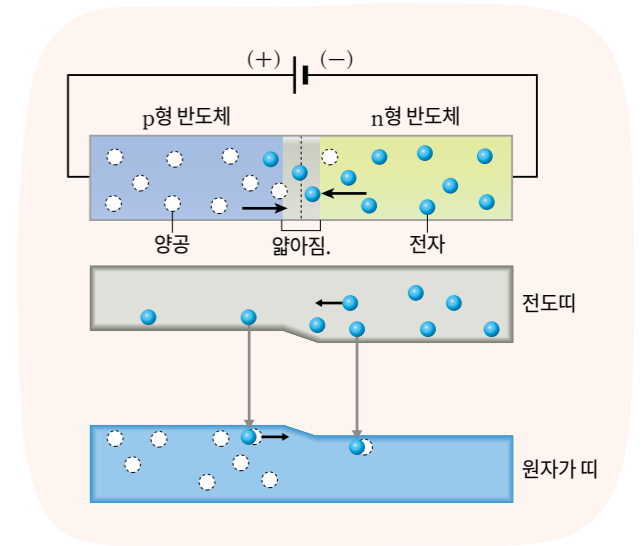


그림 III-40 다이오드의 순방향 전압 연결

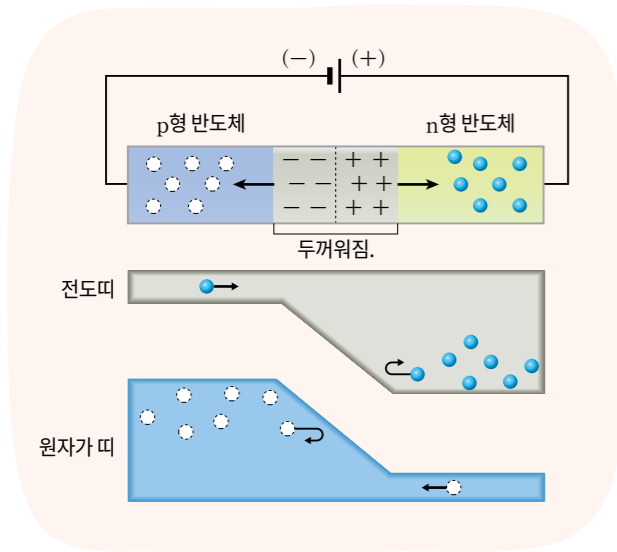


그림 III-41 다이오드의 역방향 전압 연결

그림 III-41과 같이 다이오드의 p형 반도체에 전원의 (-)극을 연결하고, n형 반도체에 전원의 (+)극을 연결한 것을 **역방향 전압 연결**이라고 한다. 역방향 전압으로 연결하면 p형 반도체의 양공은 (-)극 쪽으로 모이고, n형 반도체의 전자들은 (+)극 쪽으로 이동하면서 에너지 준위 차이가 더 커진다. 이에 따라 전자와 양공이 p-n 접합면을 통해 이동할 수 없어서 전류가 잘 흐르지 않는다.

다이오드는 이처럼 전압을 걸어 주는 방향에 따라 에너지 준위가 변하는 특성을 가지고 있어서 전류의 세기나 흐름을 제어하거나, 전기적 신호를 변환하는데 활용할 수 있다.

다음 활동을 하면서 p-n 접합 다이오드의 특성을 알아보자.

실험 영상

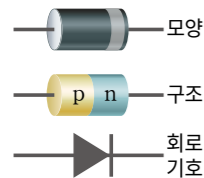


준비물

- p-n 접합 다이오드
- 전구
- 전구 끼우개
- 전지(1.5 V) 2 개
- 전지 끼우개 2 개
- 스위치
- 집게 달린 전선

활동 길잡이

다이오드의 모양과 회로 기호를 확인하고 연결 방향에 유의한다.

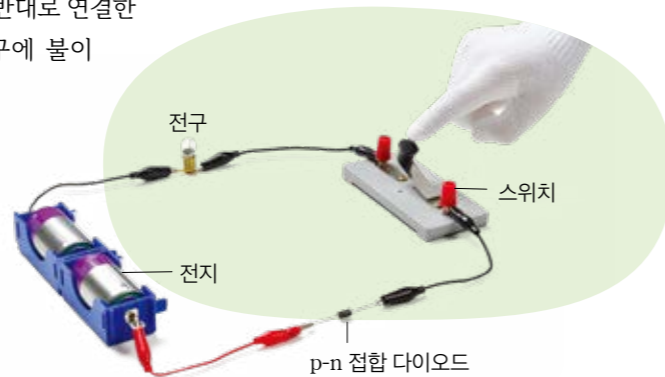


해보기

전기 회로에서 다이오드의 특성 알아보기

탐구 능력

1. 그림과 같이 전기 회로를 구성한 뒤, 스위치를 닫아 전구에 불이 켜지는지 관찰한다.
2. 다이오드의 단자를 1과 반대로 연결한 뒤, 스위치를 닫아 전구에 불이 켜지는지 관찰한다.



- 1에서 전구에 불이 켜지는가? 이때 다이오드를 어떻게 연결했는가?
- 2에서 전구에 불이 켜지는가? 이때 다이오드를 어떻게 연결했는가?
- 다이오드의 연결에 따라 전구의 불이 켜지거나 켜지지 않았다면, 회로에 연결된 다이오드는 어떤 역할을 했는지 이야기해 보자.

가정에 공급되는 전원은 전류의 방향이 주기적으로 변한다. 그러나 노트북이나 휴대 전화와 같은 전기 기구를 충전하려면 한 방향으로 흐르는 전류가 필요하다. 따라서 그림 III-42와 같이 충전기의 어댑터는 다이오드를 이용해 반대 방향으로 흐르는 전류를 제어해 한 방향으로만 전류가 흐르도록 만든다.

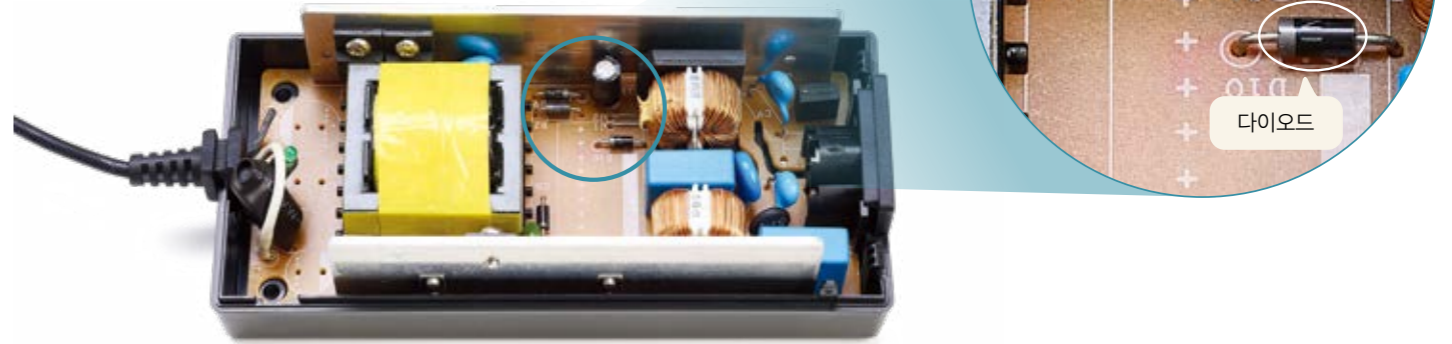


그림 III-42 충전기 어댑터 내부의 다이오드

그림 III-43과 같은 발광 다이오드(LED, light emitting diode)에 순방향으로 전압을 연결하면 n형 반도체의 전자가 p형 반도체로 이동하면서 빛의 형태로 에너지를 방출한다. LED에 사용하는 재료에 따라 에너지 준위 차이가 달라지므로 방출하는 빛의 색깔을 다르게 할 수 있다. 이를 이용해 빨간색, 초록색, 파란색 등 여러 색깔의 LED를 만들 수 있다.



그림 III-43 발광 다이오드(LED)

스스로 확인

- 1 p형 반도체에서 전자가 1 개 부족해 생긴 빈 자리를 ( )이라고 한다.
- 2 다이오드의 p형 반도체에 전원의 (-)극을 연결하고, n형 반도체에 전원의 (+)극을 연결한 것을 ( ) 전압 연결이라고 한다.

스스로 정리

**공유** p형 반도체에서 양공이, n형 반도체에서 전자가 전하를 운반하는 모습을 스톱 모션 영상으로 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

# 03

## 시간과 공간의 상대성

**학습 목표** 상대성 이론의 원리를 이해하고 사회에 미친 영향을 조 사할 수 있다.

우주로부터 날아오는 입자 중 한 가지인 뮤온은 수명이 수백만분의 1 초 정도로 매우 짧아서 지표면에 도달하기도 전에 소멸해야 한다. 하지만 실제로는 지표면에서 뮤온을 관찰할 수 있다. 그 까닭은 무엇일까?



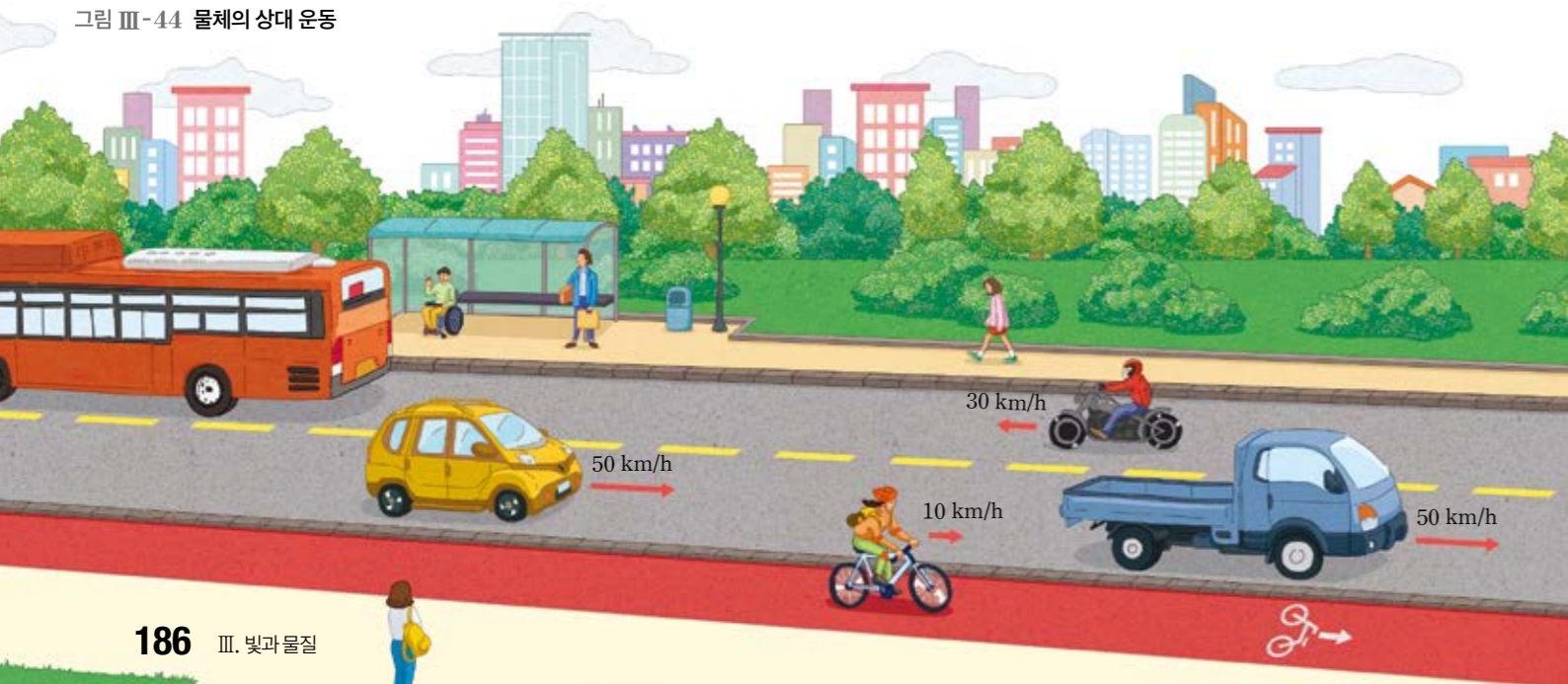
### 상대 속도

물체의 운동은 보는 사람에 따라 달라지기 때문에 기준을 어떻게 정하는지가 매우 중요하다. 그림 III-44에서와 같이 50 km/h의 속력으로 달리는 트럭을 인도에 정지한 사람이 보면 트럭의 속력이 50 km/h로 보이지만 트럭과 같은 방향과 속력으로 달리는 승용차에 있는 사람이 보면 정지해 있는 것처럼 보인다. 이와 같이 물체의 운동을 관찰자에 대한 상대적인 움직임으로 설명할 수 있으며, 이때 관측 되는 물체의 속도를 **상대 속도**라고 한다.

#### 집단 활동

그림 III-44에서 자전거에서 본 트럭의 속력과 오토바이에서 본 승용차의 속력을 각각 이야기 해 보자.

그림 III-44 물체의 상대 운동



### 갈릴레이의 상대성 원리

물체의 운동을 관찰하기 위해서는 기준 좌표계가 필요하다. 특히 정지해 있거나 등속 직선 운동을 하는 기준 좌표계를 **관성 좌표계**라고 한다. 그림 III-45와 같이 오른쪽으로 등속도로 움직이는 버스에서 관찰자 A가 손잡이 a를 보고 있고, 정지한 버스에서 관찰자 B가 손잡이 b를 보고 있다고 하자. 서로 다른 두 관성 좌표계의 관찰자 A, B는 물체의 운동을 어떻게 관찰할까?

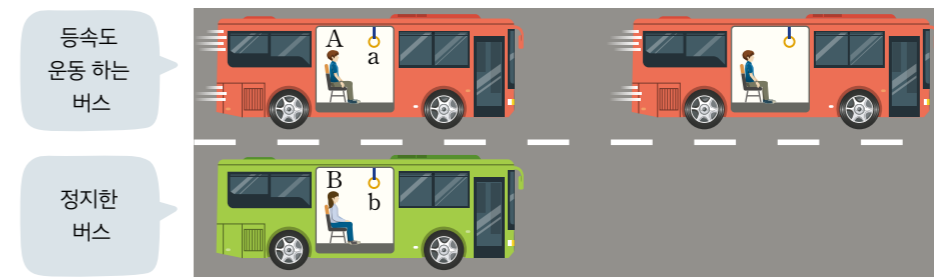


그림 III-45 두 버스의 상대 운동

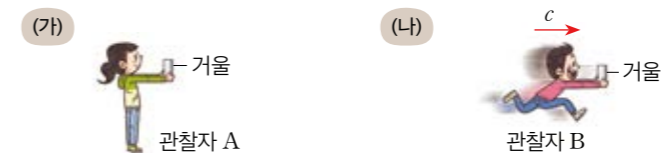
관찰자 B는 손잡이 b가 정지해 있고, 손잡이 a가 오른쪽으로 등속 운동을 하는 것으로 본다. 한편 관찰자 A는 손잡이 a가 정지해 있고, 손잡이 b가 왼쪽으로 등속 운동을 하는 것으로 본다. 이때 서로 다른 관성 좌표계에서 물체의 운동은 상대 속도 차이만 있을 뿐 운동 법칙은 동일하게 적용된다. 따라서 버스 안에서는 버스가 운동하는지 정지해 있는지 알 수 없다. 이것을 **갈릴레이의 상대성 원리**라고 한다. 다음 활동을 하면서 빛의 속력으로 운동하는 관성 좌표계에 갈릴레이의 상대성 원리를 적용하면 어떤 모순이 생기는지 알아보자.

### 해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

#### 빛의 속력으로 운동할 때의 모순점 사고하기

그림 (가)의 관찰자 A는 거울을 든 채 얼굴을 보고 있고, (나)의 관찰자 B는 거울을 들고 A에 대해 빛의 속력  $c$ 로 등속 운동을 하고 있다.



- 관찰자 B는 거울로 자신의 얼굴을 볼 수 있을까?
- 정지한 관성 좌표계와 운동하는 관성 좌표계를 구별할 수 있는가?
- 위의 상황에서 어떤 모순점이 있는지 설명해 보자.

### 특수 상대성 이론

물체의 상대 속도처럼 빛의 속도도 관측자에 따라 다르게 측정된다면 모순이 생긴다. 특히 서로 다른 속도의 관성 좌표계에서 물리 현상이 달라지므로 갈릴레이의 상대성 원리에 어긋난다. 1905년 아인슈타인은 이러한 모순을 해결하고 상대 운동을 하는 두 관찰자가 측정하는 물리량 사이의 관계를 설명하기 위해 다음과 같은 두 가지 가설을 제시하였다.

**빛의 속도(c)**  
진공에서 빛의 속력은  $3 \times 10^8$  m/s이다.

- 상대성 원리 《 모든 관성 좌표계에서 모든 물리 법칙은 동일하게 성립한다.
- 광속 불변 원리 《 진공 중에서 진행되는 빛의 속력은 모든 관성 좌표계에서 'c'로 같다.

**상대성 원리** | 아인슈타인은 갈릴레이의 상대성 원리를 확장해 모든 관성 좌표계에서는 모든 물리 법칙이 동일하게 성립한다고 가정했다. 따라서 정지한 관성 좌표계와 등속 운동을 하는 관성 좌표계를 구별할 수 없다.

**광속 불변 원리** | 그림 III-46과 같이 도로 중앙선에서 가까워지는 자동차와 멀어지는 자동차에서 비춘 빛의 속력  $c$ 를 관측할 때 갈릴레이 상대성 원리에 의하면  $c$ 보다 크거나 작아야 한다. 그러나 광속 불변 원리에 의하면 정지한 신호등의 불빛과 움직이는 자동차의 불빛은 모두 속력  $c$ 로 동일하다.

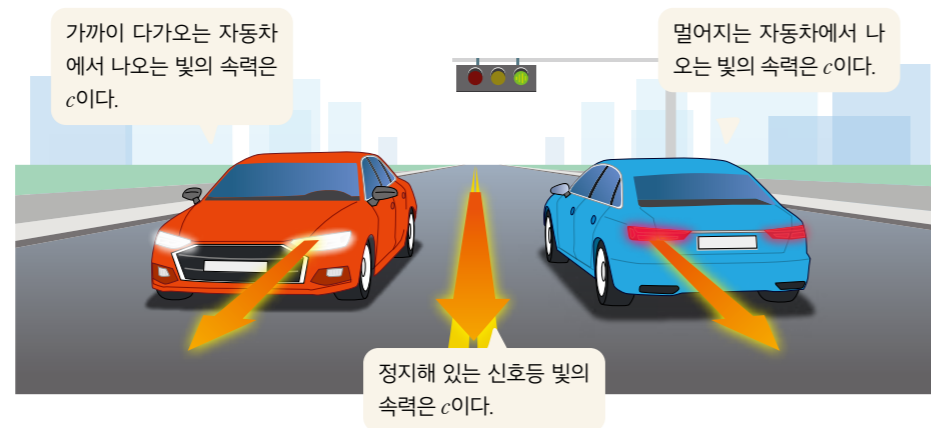


그림 III-46 광속 불변 원리

#### 스스로 확인

- 1 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙이 동일하게 적용되는 것을 ( ) 원리라고 한다.
- 2 빛의 속력은 관찰자의 운동 상태와 상관없이 모든 관성 좌표계에서  $c$ 로 동일하다는 것을 ( ) 원리라고 한다.

### 시간 팽창

그림 III-47과 같이 빛이 거리  $d$ 인 평행한 두 거울 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간을 측정하는 빛 시계를 우주선 안에 설치하고, 우주선 안의 관찰자 A와 우주선 밖의 관찰자 B가 각각 빛 시계를 관찰한다고 가정해 보자.

그림 III-47의 (가)와 같이 우주선 안의 관찰자 A가 빛 시계를 보았을 때 빛이 두 거울 사이를 왕복하는 데 걸린 시간  $t_0 = \frac{2d}{c}$ 이다. 관찰자가 보았을 때 동일한 위치에서 일어나는 두 사건 사이의 시간 간격을 **고유 시간**이라고 하는데, 관찰자 A가 보았을 때 빛이 출발한 사건과 도착한 사건은 같은 위치에서 일어나므로  $t_0$ 은 고유 시간이다.

한편 그림 III-47의 (나)와 같이 우주선 밖의 정지한 관찰자 B가 속력  $v$ 로 운동하는 우주선의 빛 시계를 보면 빛이 비스듬한 경로로 올라갔다 내려오는 것으로 보인다. 빛이 왕복하는 데 걸리는 시간을  $t$ 라고 하면, 그동안 우주선이 이동한 거리는  $vt$ 이다. 빛이 아래쪽 거울에서 위쪽 거울에 도착할 때까지 이동한 거리를  $d'$ 이라고 하면  $t = \frac{2d'}{c}$ 이다. 이때  $d' > d$ 이므로  $t > t_0$ 이다. 즉, 우주선 밖 정지한 관찰자 B가 측정한 두 사건 사이의 시간 간격이 우주선 안 관찰자 A가 측정한 시간 간격보다 길다. 이러한 현상을 **시간 팽창**이라고 한다.

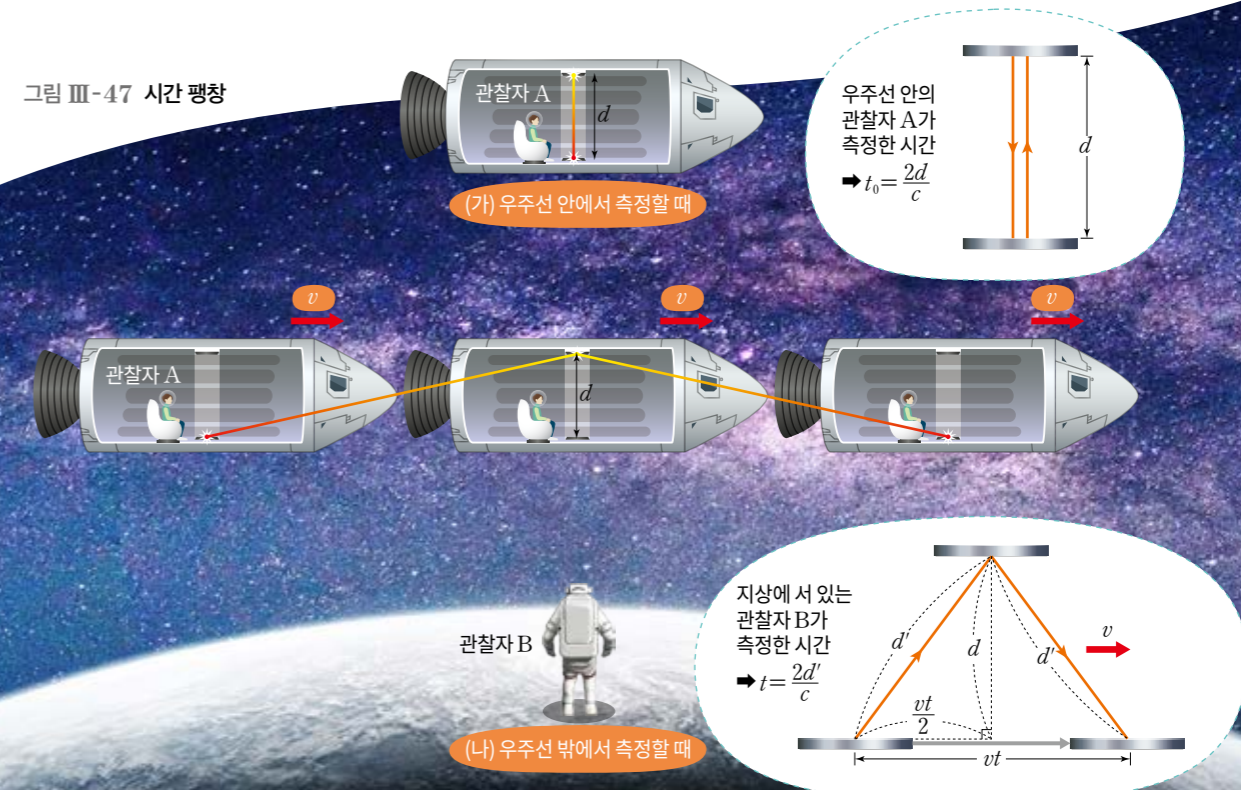
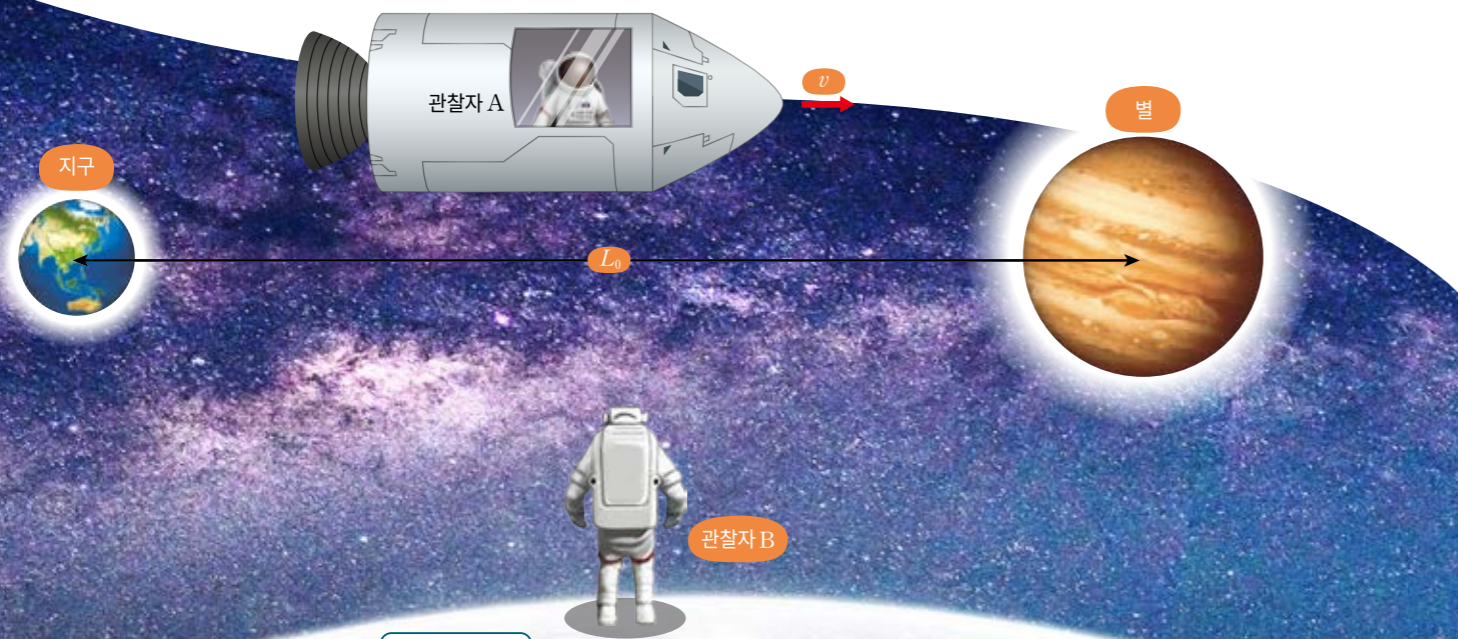


그림 III-47 시간 팽창

### 길이 수축

서로 다른 두 사건의 시간 간격이 관찰자의 운동 상태에 따라 달라지듯이 길이 역시 관찰자에 따라 달라질 수 있다. 한 관성 좌표계에 대해 고정된 두 지점 사이의 길이를 **고유 길이**라고 한다. 그림 III-48과 같이 지구, 별, 관찰자 B는 상대적으로 운동하지 않으며, 관찰자 B가 측정한 거리  $L_0$ 만큼 떨어진 지구와 별 두 지점 사이를 일정한 속도  $v$ 로 운동하는 우주선이 있다고 가정해 보자. 우주선 밖에 정지해 있는 관찰자 B가 지구와 별 두 지점 사이의 길이를 측정할 때, 지구와 별 두 지점이 정지해 있으므로 관찰자 B가 측정한 길이  $L_0$ 은 고유 길이이다. 관찰자 B가 측정한 우주선이 지구에서 별까지 가는 데 걸리는 시간  $t = \frac{L_0}{v}$ 이며, 거리  $L_0 = vt$ 이다. 우주선 안 관찰자 A가 측정한 지구에서 별까지의 거리가  $L$ 이고, 가는 데 걸리는 시간이  $t_0$ 이라면  $t_0 = \frac{L}{v}$ 이며,  $L = vt_0$ 이다. 이때 우주선에서 측정한  $t_0$ 이 고유 시간 이므로 시간 팽창을 고려하면  $t > t_0$ 이다. 따라서  $L_0 > L$ 이다. 즉, 우주선 안의 관찰자 A가 측정한 거리가 우주선 밖의 관찰자 B가 측정한 거리보다 더 짧게 측정되는데, 이 현상을 **길이 수축**이라고 한다. 길이 수축은 물체가 운동하는 방향으로만 일어나며 운동 방향과 수직인 방향으로 나타내지 않는다.

그림 III-48 길이 수축



#### 스스로 확인

- 1 관성 좌표계의 관찰자 A가 상대적으로 운동하는 다른 관성 좌표계의 관찰자 B를 보았을 때, 관찰자 B의 시간이 느리게 가는 현상을 ( ) (이)라고 한다.
- 2 관찰자의 운동 상태와 상관없이 물체의 길이는 일정하게 관측된다. (○, ×)

### 상대성 이론이 가져온 사회적 파급 효과

상대성 이론은 기존의 상식이나 경험에 도전하는 새로운 아이디어를 제시하였다. 다음 활동을 하면서 상대성 이론이 사회에 미친 영향을 알아보자.

#### 해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

#### 상대성 이론이 사회에 미친 영향 발표하기

1. 모둠별로 다음 분야 중 하나를 골라 상대성 이론이 미친 영향을 조사한다.

과학, 기술, 예술, 문화, 사회

2. 조사한 사례 중 하나를 골라 모듬원의 재능을 발휘할 수 있는 방법으로 발표 자료를 만든다.
3. 각 모듬에서 만든 자료를 발표한다.

- 다른 모듬에서 발표한 것 중 가장 인상적인 것을 고르고, 그렇게 생각한 까닭을 써 보자.

**활동 길잡이**  
그림, 노래, 연기, 춤, 시 등 자신의 재능을 발휘해 모듬 활동에 기여할 수 있는 방법을 생각해 활동에 적극적으로 참여한다.

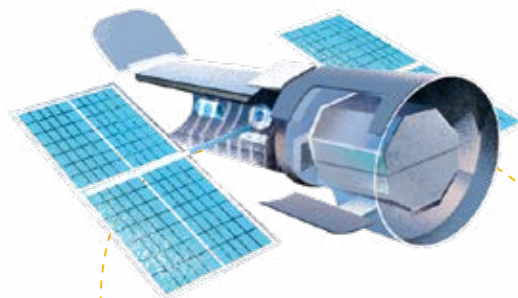
#### 상대성 이론이 미술 분야에 미친 영향

다음은 초현실주의 화가 달리(Dali, S., 1904~1989)의 '시간의 단면,이라는 조각 작품과 마그리트(Magritte, R., 1898~1967)의 '금지된 재현,이라는 그림이다.



- 「시간의 단면,이라는 조각 작품에서 달리는 흘러내리는 시계를 통해 시간의 개념을 새롭게 표현했다.
- 「금지된 재현,이라는 그림에서는 앞모습이 비쳐야 할 거울에 뒷모습이 비친다. 마그리트는 얼굴의 앞뒤가 뒤섞인 그림을 많이 그렸는데, 물체의 길이가 사라져 앞과 뒤가 합쳐지는 공간의 변화를 표현했다.
- 상대성 이론의 영향으로 20 세기에 시간이나 공간을 주제로 한 예술 작품이 많이 발표되었다.





인공위성은 매우 빠른 속도로 지구 주위를 돌기 때문에 상대성 이론에 따라 지구에서와 인공위성에서의 시간이 다르게 흐른다. 위치 정보 시스템(GPS, global positioning system)에서 인공위성의 시간을 보정하지 않으면 오차가 발생해 정확도가 떨어지므로 시간 보정을 통해 정확한 정보를 지상으로 보낸다. 자동차의 내비게이션은 GPS 위성의 신호를 이용해 길을 안내해 준다.

**상대성 이론과 인공위성의 시간 보정**

상대성 이론이 알려지기 전 사람들은 시간이나 공간은 관찰자에 상관없이 일정하고 독립적이라고 생각했다. 그러나 상대성 이론이 널리 알려지게 되면서 시간과 공간에 대한 사람들의 생각을 변화시켰다. 이에 따라 많은 물리 법칙이 상대성 이론에 맞게 수정되었고 나아가 과학과 기술, 예술, 문화, 사회 등 다양한 분야에 큰 영향을 미쳤다.

**상대성 이론과 미술**

20 세기 초반 초현실주의 화가나 미래주의 화가들은 특정한 시점에서의 공간을 표현하는 방법에서 벗어나 시간과 공간을 결합해 하나의 그림에 표현했다. 예를 들어 달리는 사람이나 개를 표현할 때, 연속 사진으로 촬영한 것처럼 하나의 공간에 여러 시점의 모습을 합쳐서 표현했다. 이전 시대의 그림은 특정 시간에 나타난 순간적인 모습만을 표현했지만 미래주의 화가들은 흐르는 시간에 따른 물체의 운동을 하나의 캔버스에 함께 나타냈다.



피카소 (Picasso, P., 1881~1973)

「도라 마르의 초상」

발라 (Balla, G., 1871~1958)

「줄에 매인 개의 움직임」

**스스로 확인**

- 1 초현실주의 화가들의 작품을 통해 상대성 이론에서 운동 상태에 따라 시간이 느려지는 ( )을/를 찾아볼 수 있다.
- 2 빠르게 지구 주위를 도는 GPS 위성은 상대성 이론에 따라 지구와의 ( )간격과 차이가 나기 때문에 이를 보정하는 작업을 거친다.

**스스로 정리**

**공유** 상대성 이론을 주제로 한 노래 가사를 만들어 공유 플랫폼에 공유해 보자.

**상대성 이론과 원자력 발전**

상대성 이론을 바탕으로 하여 원자핵을 이해하였고, 이는 원자력 발전소의 발명에 영향을 주었다.



**상대성 이론과 문학 및 영화**

상대성 이론을 바탕으로 한 다양한 아이디어는 소설이나 영화 등에서 새로운 상상력을 자극하는 소재로 다양하게 활용하고 있다.



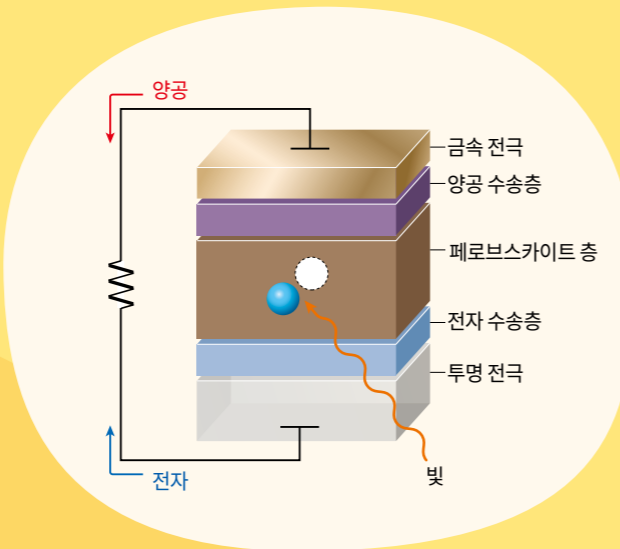
효율을 높여라,

## 3세대 태양 전지

태양 전지는 태양의 빛에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 1세대와 2세대의 태양 전지는 p-n 접합 부분에 태양 빛이 입사하면 광전 효과에 의해 전자가 떨어져 나오면서 전자-양공 쌍이 생성되는데, 이를 이용해 전기를 생산한다. 그런데 이러한 태양 전지의 효율은 31% 정도에 불과하므로 최근에는 경제성, 유연성, 효율성이 좋고 응용 범위가 다양한 3세대 태양 전지를 개발하는 데 힘쓰고 있다. 3세대 태양 전지 중에도 최근 연구 개발이 집중되는 페로브스카이트 태양 전지는 그림과 같이 양공과 전자 수송층 사이에 페로브스카이트 층이 있는 구조이다.

태양 빛이 페로브스카이트 층에 입사하면 빛에너지에 의해 일부 전자가 에너지를 얻어 전자-양공 쌍이 생성된다. 이렇게 생성된 전자-양공 쌍은 페로브스카이트와 수송층 경계면에서 분리되어 각 수송층으로 모이고, 수송층에 모인 전하는 전극에 연결된 도선을 따라 흐른다. 페로브스카이트 태양 전지는 고효율, 낮은 제조 비용,

설계 및 제조 편의성 등 많은 장점이 있고, 다양한 표면에 적용할 수 있는 뛰어난 유연성 때문에 여러 방법으로 응용해 사용할 수 있다. 반면 습도, 열 등 외부 환경 요인에 민감하며, 페로브스카이트 안에 포함된 납을 친환경 물질로 대체할 방안을 찾아야 하는 등 아직 해결해야 할 문제도 남아 있다.



▲ 페로브스카이트 태양 전지의 구조와 원리

글쓰기

다양한 3세대 태양 전지를 조사해 보고, 우리 집에 설치한다면 어떤 태양 전지가 효율적일지 글로 써 보자.



## 쌍둥이 역설, 어떻게 시작했을까

1895년 로런츠(Lorentz, H. A., 1853~1928)는 빛의 속도가 모든 관측자에게 동일하다는 생각으로부터 시간과 공간이 상대적으로 변화함을 제안해 ‘쌍둥이 역설’의 초기 형태를 제시했다. 1905년 아인슈타인은 「움직이는 물체의 전기역학에 대하여」라는 논문을 통해 정지한 관성계에 대해 빠르게 운동하는 관성계에서는 시간이 느리게 흐른다는 생각을 발표했다.

쌍둥이 A와 B 중 A는 지구에 남고 B만 우주선을 타고 우주여행을 다녀왔을 때 A와 B의 나이는 어떻게 변할까? A의 입장에서 B는 매우 빠른 우주선을 타고 왔으므로 B의 시간이 천천히 흘러 A의 나이가 더 많아진다. B의 입장에서는 A가 있는 지구가 우주선으로부터 빠르게 멀어졌다가 돌아온 것이므로 B의 나이가 더 많아진다.

이러한 모순은 우주선이 여행을 갔다가 왔기 때문에 나타난다. 즉, 우주선을 관성계라고 할 수 없기 때문이다. 쌍둥이 역설은 1916년 아인슈타인이 특수 상대성 이론을 확장한 일반 상대성 이론을 발표함으로써 해결할 수 있었다. 나아가 일반 상대성 이론은 인류가 시공간과 우주를 더 깊게 이해하는 데 기여했다.

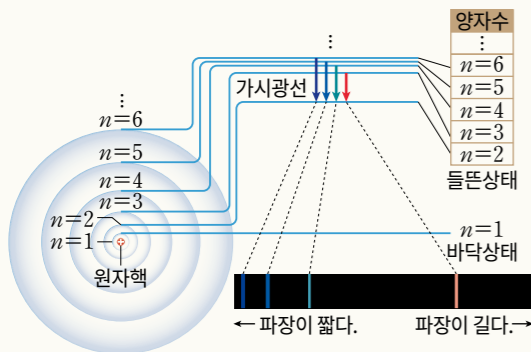
글쓰기

일반 상대성 이론은 ‘역학과 에너지’ 과목에서 배운다. 일반 상대성 이론을 배운다면 어떤 점을 더 알고 싶은지 생각해 글로 써 보자.



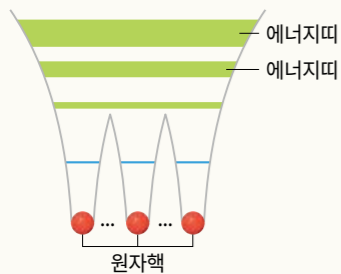
## 01 원자와 스펙트럼

1. ① : 빛이 프리즘과 같은 매질을 통과할 때 여러 가지 색깔로 나뉘어 나타나는 띠이다.
2. ② : 원자 내의 전자가 가질 수 있는 양자화된 특정한 에너지 값이다.
3. 보어 원자 모형: 원자 내의 ③ 은/는 특정한 궤도에서 원운동을 할 때, 빛을 방출하지 않고 안정한 상태를 유지하며, 궤도 사이를 이동할 때에만 에너지를 방출하거나 흡수한다.



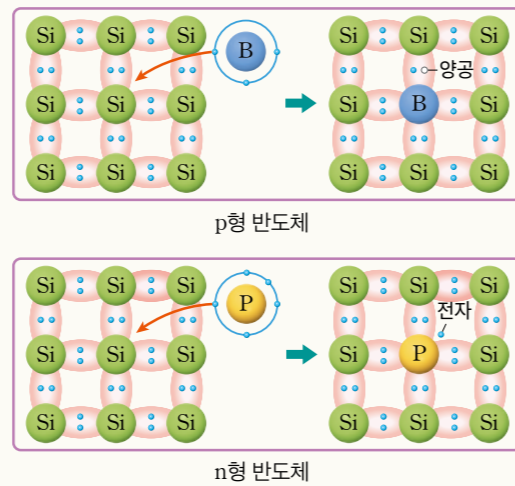
## 02 에너지띠와 반도체

1. ④ : 고체는 무수히 많은 원자가 가까이 있으므로 수많은 에너지 준위가 촘촘하게 모여 연속적인 띠 형태를 이룬다.

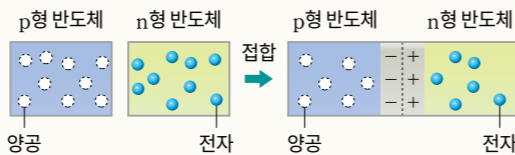


2. 도체와 부도체의 특성: ⑤ 은/는 일부만 채워진 에너지띠의 전자가 약간의 에너지만 흡수해도 쉽게 인접한 빈 에너지띠로 이동할 수 있어 전류가 잘 흐른다. ⑥ 은/는 원자가 띠와 띠 사이의 간격이 매우 커서 전자가 쉽게 이동하지 못해 전류가 잘 흐르지 않는다.

3. 반도체의 특성: 순수한 반도체에 불순물을 첨가하면 전자의 수가 달라져 에너지띠의 간격이 변해 전기적 특성이 달라진다. 이를 ⑦ (이)라고 한다. p형 반도체는 ⑧ 이/가 전하를 운반하는 역할을 하고, n형 반도체는 남은 전자가 전하를 운반하는 역할을 한다.



4. p-n 접합 ⑨ : p형 반도체와 ⑩ 을/를 접합하여 만든 반도체 소자이다.



## 03 시간과 공간의 상대성

1. 상대성 원리: 모든 ⑪ 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.
2. ⑫ : 진공 중에서 진행되는 빛의 속력은 모든 관성 좌표계에서 'c'로 같다.
3. ⑬ : 관성 좌표계의 관찰자가 상대적으로 운동하는 관찰자를 보았을 때, 상대방의 시간이 느리게 가는 현상이다.
4. ⑭ : 관성 좌표계의 관찰자가 상대적으로 운동하는 물체를 보았을 때, 물체의 길이가 짧게 보이는 현상이다.

## 평가하기

- 01 그림 (가)와 (나)는 어떤 빛에서 나온 스펙트럼을 나타낸 것이다.

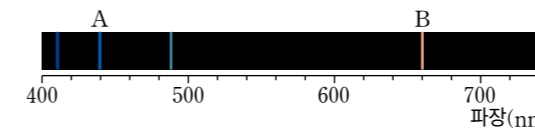


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 연속 스펙트럼이고, (나)는 선 스펙트럼이다.
  - ㄴ. (가)는 형광등 빛을 분광기로 관찰할 때 나타나는 스펙트럼이다.
  - ㄷ. (나)의 스펙트럼을 분석하면 어떤 원소인지 알 수 있다.

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

- 02 그림은 수소 기체 방전관에서 나온 선 스펙트럼을 나타낸 것이다.

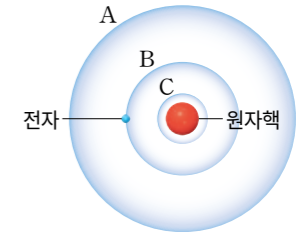


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 B보다 에너지가 크다.
  - ㄴ. 선 스펙트럼이 나타나는 까닭은 수소 원자 내 전자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다.
  - ㄷ. 스펙트럼의 밝은 선은 에너지가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전자가 전이할 때 방출한 것이다.

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

- 03 그림은 보어의 수소 원자 모형을 나타낸 것이다. A, B, C는 수소 원자의 전자가 존재할 수 있는 궤도이고, 전자는 궤도 B에 있다.

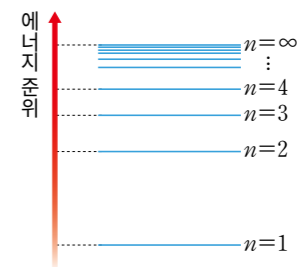


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 전자는 특정한 에너지 준위에서만 존재한다.
  - ㄴ. 에너지 준위는 궤도 B가 A보다 크다.
  - ㄷ. 전자가 궤도 C로 전이할 때 에너지를 빛의 형태로 방출한다.

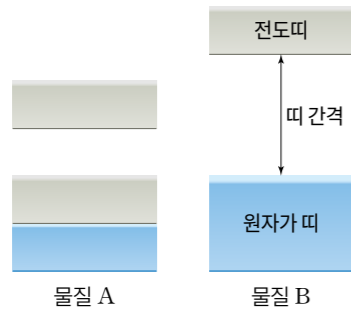
- ① ㄱ                      ② ㄱ, ㄴ                ③ ㄱ, ㄷ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 04 그림은 수소 원자의 에너지 준위를 나타낸 것이다.



위의 에너지 준위에서 전자가 전이할 때 파장이 가장 짧은 빛을 방출하는 경우를 서술하시오.

05 그림은 어떤 도체와 부도체의 에너지 준위를 순서 없이 나타낸 것이다.

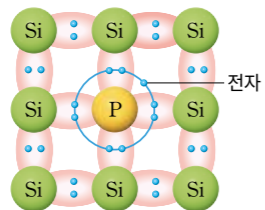


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 띠 간격에는 전자가 존재하지 않는다.
  - ㄴ. A에서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하려면 B보다 많은 에너지가 필요하다.
  - ㄷ. A는 도체이고, B는 부도체이다.

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

06 그림은 순수한 규소(Si)로 이루어진 물질에 인(P)을 첨가한 모습을 나타낸 것이다.

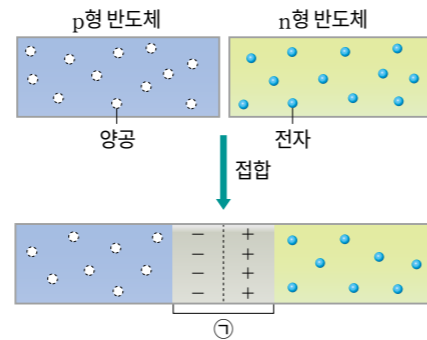


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 인(P)을 추가하는 과정을 도핑이라고 한다.
  - ㄴ. 이것은 p형 반도체이다.
  - ㄷ. 인(P)을 추가하면 전자가 1 개 늘어나 남는 전자가 전하를 운반하는 역할을 한다.

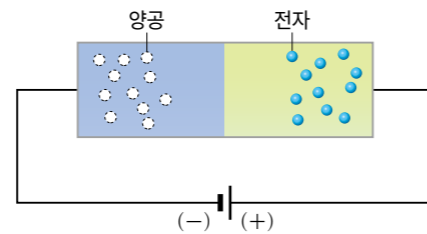
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 만든 p-n 접합 다이오드를 나타낸 것이다.



이와 같이 접합할 때, ㉠에서 전자가 쉽게 이동하지 못하는 까닭을 서술하시오.

08 그림과 같이 p-n 접합 다이오드에 전지를 연결하였더니 전류가 흐르지 않았다.

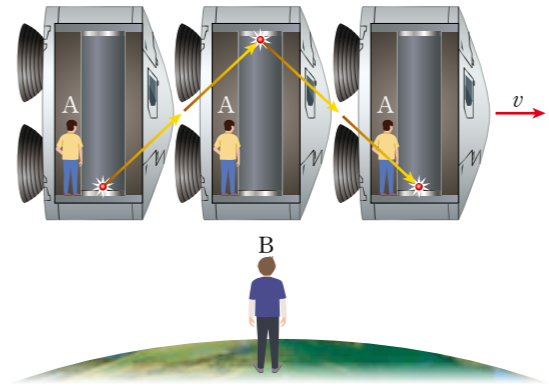


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 역방향 전압이 연결되어 있다.
  - ㄴ. p-n 접합면에서 양공과 전자가 멀어지면서 전류가 잘 흐르지 못하게 된다.
  - ㄷ. p-n 접합 다이오드를 이용해 전류가 한 방향으로만 흐르도록 제어할 수 있다.

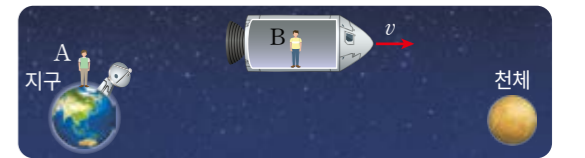
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 학생 A, B가 우주선의 바닥에서 출발한 빛이 천장의 거울에 반사한 뒤 바닥의 거울로 돌아오는 것을 관찰한 모습을 나타낸 것이다.



우주선에 타고 있는 학생 A가 측정한 왕복 시간이  $t_A$ , 밖에 정지해 있는 학생 B가 측정한 왕복 시간이  $t_B$ 라 할 때, 학생 B의 관점에서  $t_A$ 와  $t_B$  중 어느 것이 더 크지 서술하시오.

10 그림은 지구에 정지해 있는 관찰자 A에 대해 속도  $v$ 로 지구에서 어떤 천체로 향하는 우주선의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 관찰자 A가 볼 때 우주선의 길이는 정지해 있을 때보다 빠르게 운동하고 있을 때 짧아진다.
  - ㄴ. 관찰자 B는 천체가  $v$ 의 속력으로 다가오는 것처럼 보인다.
  - ㄷ. 관찰자 A가 볼 때 우주선이 움직일 때 나타나는 길이의 변화는 운동 방향에 상관없이 모두 동일하게 나타난다.

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

점검하기

이 단원의 학습 내용을 돌아보고, '아니오'에 표시한 부분은 해당 쪽으로 돌아가 다시 한번 학습해 보자.

영역	지식·이해	과정·기능	가치·태도
01 원자와 스펙트럼	원자 내의 전자가 에너지 준위를 가짐을 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 178 쪽	스펙트럼 관찰 결과를 가지고 원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 논증할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 177 쪽	원자 구조와 스펙트럼을 통해 과학적 의사소통의 중요함을 느낄 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 179 쪽
02 에너지띠와 반도체	에너지띠 구조를 바탕으로 하여 도체, 부도체, 반도체의 차이를 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 181 쪽	다이오드를 연결한 회로를 구성해 보고 다이오드의 특성을 이해할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 184 쪽	다이오드가 일상생활에서 다양하게 적용되는 것을 보고 과학기술의 유용함을 느낄 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 185 쪽
03 시간과 공간의 상대성	관찰자에 따른 시간과 길이의 차이를 설명할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 189 쪽	사고 실험을 하면서 과학적 근거를 가지고 가설을 평가할 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 187 쪽	상대성 이론이 예술, 문화, 사회 등에 미친 영향을 살펴보면서 과학 문화에 관심을 가질 수 있다. <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 192 쪽

# 학습을 도와주는 반도체 이식, 허용해야 할까

반도체와 정보 통신, 인공 지능 등 과학기술이 발전하면서 인간의 질병이나 건강 상태를 관찰하고 이를 도울 수 있는 다양한 기기나 기술이 함께 등장하고 있다. 최근에는 신체에 반도체 칩을 이식해 인간의 학습 능력을 향상하고, 일부 지체 장애를 치료하는 기술을 개발하고 있다. 이러한 기술을 허용해야 할까?



## 1 조사

모둠별로 인간이나 동물의 신체에 반도체를 이식해 생각을 읽어 내거나 통신할 수 있는 기술에 대한 자료를 조사해 보자. 그리고 반도체 칩 이식을 허용해야 한다는 주장과 반도체 칩 이식을 허용하면 안 된다는 주장의 근거를 정리해 보자.

### 반도체 칩 이식을 허용해야 한다

- 일부 지체 장애를 겪는 사람들은 반도체 칩 이식을 통해 삶의 질을 높일 수 있다.
- 인간의 능력을 향상해 더 많은 지식과 정보를 습득할 수 있어서 인류의 발전에 도움이 될 수 있다.

### 반도체 칩 이식을 허용하면 안 된다

- 이식된 칩이 인간에게 예상하지 못한 부정적 영향을 미칠 수 있다.
- 기술에 의존해 학습하게 되면 결국 인간은 스스로 학습하는 방법을 포기하거나 잃어버리게 될 것이다.

## 2 의견 정리

모둠별로 두 주장 중 한쪽의 입장을 정하고, 토론 준비를 해 보자.

### 우리 모둠의 주장

반도체 칩 이식 기술을 허용하고 적극 지원해야 한다.

### 근거 1

기사에 따르면 대부분의 장애를 가진 사람들은 반도체 칩을 이식해 삶의 질을 높일 수 있기를 기대하고 있다.

### 예상 반박

이식된 칩이 인간에게 어떤 부정적 영향을 미칠지 모르기 때문에 반도체 칩을 이식해서는 안 된다.

### 대응

개발된 칩의 안정성은 국가에서 과학적으로 검증할 수 있는 시스템을 구축하고 충분한 자료를 축적해 관리 감독하여 지원하면 해결할 수 있다.

### 근거 2

이식된 칩을 통해 더 많은 지식과 정보를 쉽게 습득할 수 있다면 다른 창조적인 부분에서 인간의 능력을 더 향상시킬 수 있다.

## 3 토론

입장이 다른 모둠끼리 짝을 지어 규칙을 정하고, 토론해 보자.

1. 토론 규칙을 정한다.

토론 규칙 예시

1 인당 발언 시간	1 분	전체 토론 시간	15 분
토론 시 금지 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대방의 말을 중간에 끊지 않는다.</li> <li>• 주제에서 벗어나는 발언을 하지 않는다.</li> </ul>		
기타 규칙	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 분 중 남는 발언 시간은 다른 발언을 할 때 활용할 수 있다.</li> <li>• 안전에 따라 발언 시간을 조절해 줄 것을 사회자에게 요청하면, 사회자는 적절히 판단해 조절할 수 있다.</li> </ul>		

2. 정한 규칙에 따라 토론을 해 보자. 갈등이 발생할 경우에는 양측의 입장을 모두 고려해 양쪽이 수용할 수 있을 만한 합리적인 대안을 제시해 보자.



이식된 칩의 안전성에 대한 반대 발언을 해 주세요.

○○논문의 연구에 따르면, 이식된 칩이 인간의 신체에 치명적 손상을 줄 수 있다고 합니다. 따라서 충분한 과학적 검증이 선행되어야 합니다.

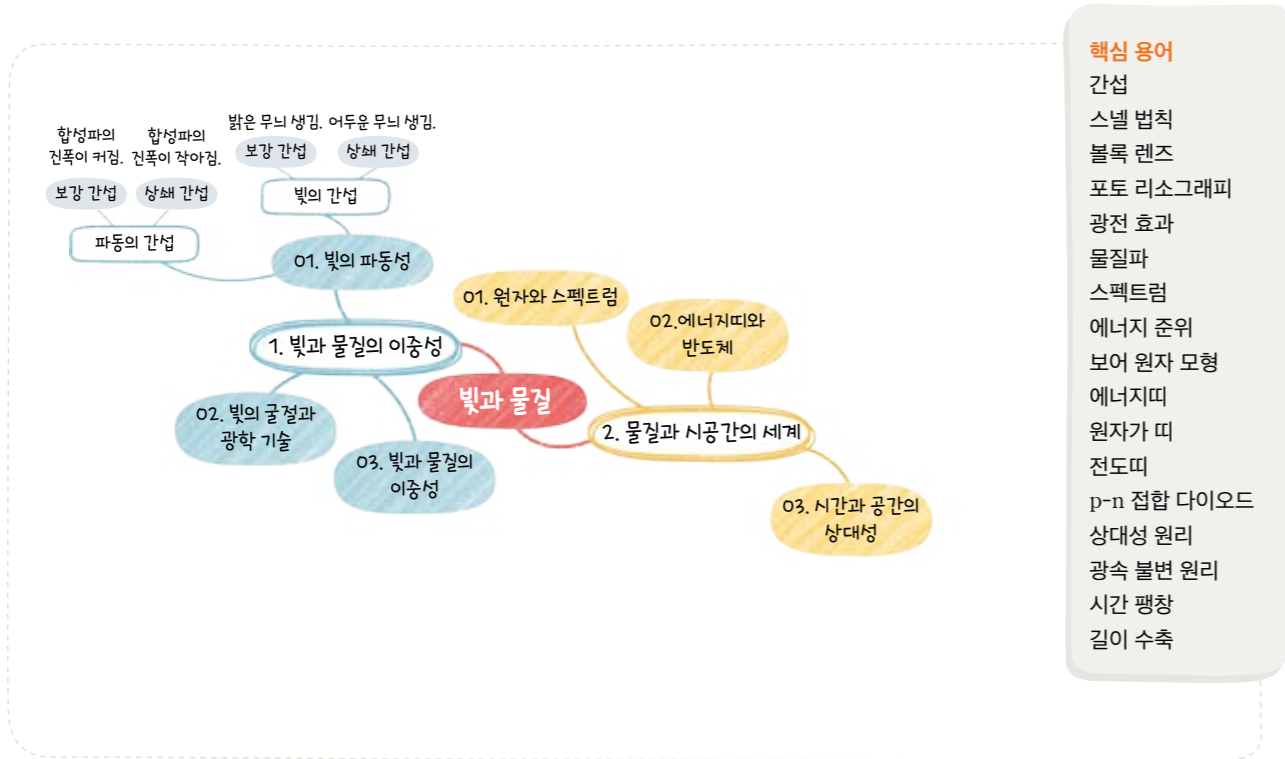
## 4 평가

3. 토론에 참여하지 않을 경우, 다른 모둠의 토론을 들으며 기준에 따라 평가해 보자.

평가 기준	___ 모둠	___ 모둠	___ 모둠
토론 규칙을 잘 지켰는가?			
주장에 대한 근거가 타당하고, 자료가 충분한가?			
상대편 주장에 대해 포용적인 태도로 토론에 참여했는가?			
토론 규칙을 정하고 양쪽이 수용할 수 있을 만한 안을 제시하는 데 적극적인 태도로 참여했는가?			
<b>합계</b>			

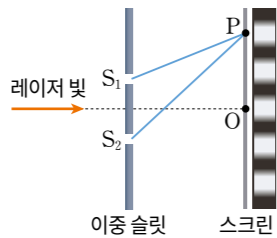
(3 점: 매우 잘함, 2 점: 잘함, 1 점: 보통)

**공유** 핵심 용어를 모두 포함해 생각 그물을 완성하고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.



## 실력 확인하기

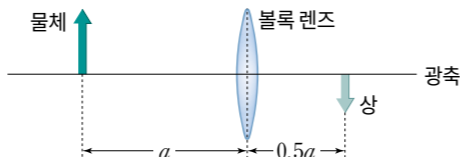
**01** 그림은 레이저 빛이 이중 슬릿  $S_1, S_2$ 를 통과해 스크린에 간섭무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다. 스크린상의 점 O는  $S_1, S_2$ 로부터 거리가 같은 지점이고, 스크린상의 점 P는 O로부터 두 번째 밝은 무늬가 생기는 지점이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기**
- ㉠.  $|S_1P - S_2P|$ 는 레이저 빛 파장의 2 배이다.
  - ㉡. 파장이 더 짧은 레이저를 사용하면 무늬 사이의 간격이 넓어진다.
  - ㉢. 파장의 길이가 2 배 긴 레이저를 사용해도 P점에서 밝은 무늬가 나타난다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

**02** 그림과 같이 볼록 렌즈의 중심으로부터 거리  $a$ 만큼 떨어진 지점에 물체를 놓았더니 렌즈의 중심으로부터  $0.5a$ 만큼 떨어진 지점에 빛이 모여 상이 생겼다.

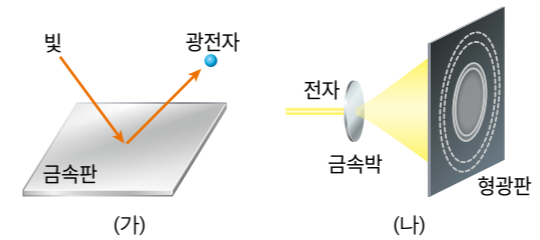


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㉠. 렌즈의 초점 거리는  $0.5a$ 보다 짧다.
  - ㉡. 볼록 렌즈의 중심을 지나는 빛은 굴절하지 않고 직진한다.
  - ㉢. 물체와 렌즈 사이의 거리가  $0.5a$ 이면 물체보다 크고 바로 선 허상이 생긴다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

**03** 그림 (가), (나)는 빛과 전자와 관련된 실험의 모식도를 각각 나타낸 것이다.

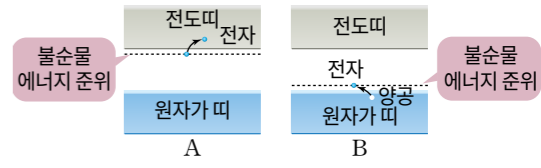


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㉠. (가)는 빛의 파동성에 의한 현상이다.
  - ㉡. (나)는 전자의 파동성에 의한 현상이다.
  - ㉢. (가)에서 빛의 진동수가 클수록 광전자의 물질 파 파장도 길어진다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡  
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

**05** 그림은 규소(Si)로 이루어진 순수한 반도체에 불순물을 추가해 만든 반도체의 에너지 준위를 나타낸 것이다.

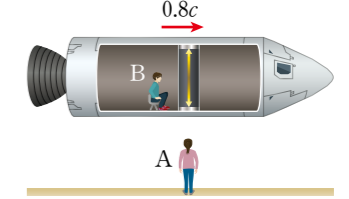


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㉠. 순수한 반도체에 원자가 전자가 3 개인 갈륨을 추가하는 경우 B와 같은 에너지띠가 형성된다.
  - ㉡. 순수한 반도체에 원자가 전자가 5 개인 인을 첨가하면 남은 전자가 생기면서 전자의 이동이 쉽게 되어 에너지의 차이가 줄어든다.
  - ㉢. A는 p형 반도체, B는 n형 반도체이다.

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

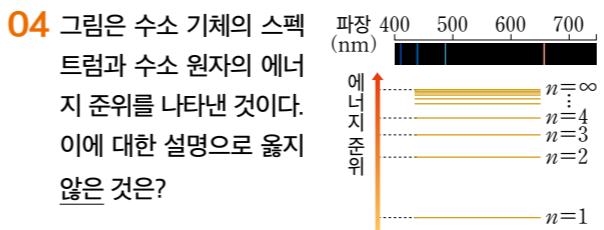
**06** 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이  $0.8c$ 의 일정한 속도로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 우주선 안에는 빛이 두 거울 사이를 우주선의 운동 방향과 수직으로 왕복하도록 만든 빛 시계가 설치되어 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㉠. A는 B의 시간이 자신의 시간보다 느리게 가는 것으로 관찰한다.
  - ㉡. 빛이 거울 사이를 한 번 왕복할 때 이동한 거리는 A와 B가 측정할 값이 같다.
  - ㉢. 우주선이  $0.8c$ 보다 큰 속도로 등속 운동하면 A가 측정할 시간과 B가 측정할 시간의 차이가 커진다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢  
④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

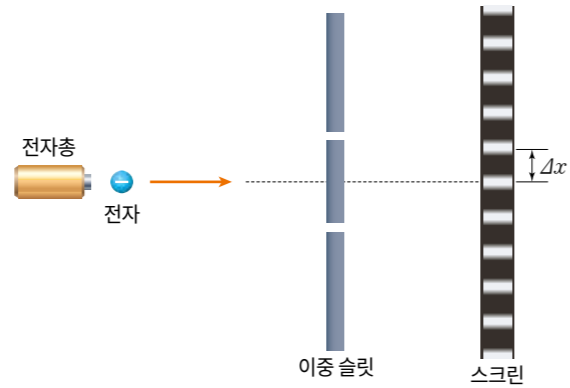


- 04** 그림은 수소 기체의 스펙트럼과 수소 원자의 에너지 준위를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
- ① 수소 원자 내의 전자가 전이할 때 방출하는 빛에 의해 나타난 스펙트럼이다.
  - ② 전자가 전이하는 에너지 준위의 차가 작을수록 긴 파장의 빛이 방출 또는 흡수된다.
  - ③ 수소 기체의 스펙트럼이 불연속적인 띠로 나타나는 까닭은 수소 원자에서의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다.
  - ④ 전자가 에너지를 흡수하면 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이하면서 빛을 방출한다.
  - ⑤ 전자가  $n=4$ 인 궤도에서  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 가시광선 영역의 빛을 방출한다.

과학 역량 키우기

**과학적 탐구 능력**  
전자선의 간섭무늬 실험 결과를 관찰해 자료를 분석하는 과정에서 과학적으로 탐구하는 능력을 키운다.

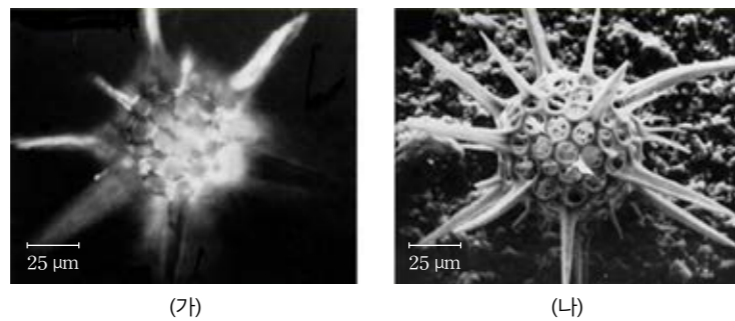
**07** 그림은 전자총에서 전압  $V_0$ 으로 가속되어 속력  $v_0$ 으로 발사된 전자들이 단일 슬릿과 이중 슬릿을 지나 스크린의 형광 물질에 부딪혀 생긴 간섭무늬를 나타낸 것이다.  $\Delta x$ 는 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격이다.



- (1) 가속 전압  $V_0$ 을 높여 전자의 속력을  $v_0$ 보다 빠르게 하면 밝은 무늬 사이의 간격은 어떻게 될지 서술하시오.
- (2) 위 실험 결과로부터 유추할 수 있는 것은 무엇인지 서술하시오.

**과학적 문제 해결 능력**  
전자의 물질파 파장과 가시광선의 파장을 비교하여 파장에 따른 현미경의 분해능 차이를 분석하는 과정에서 과학적으로 문제를 해결하는 역량을 키운다.

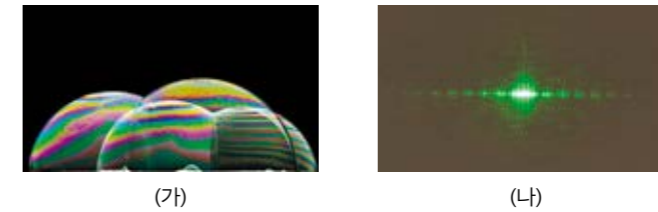
**08** 그림 (가), (나)는 동일한 물체를 같은 배율로 광학 현미경과 전자 현미경으로 각각 관찰한 것을 순서 없이 나타낸 것이다.



- (1) 그림 (가)와 (나) 중 전자 현미경으로 관찰한 것은 어느 것인가? 그렇게 판단한 근거를 제시하여 서술하시오.
- (2) 전자 현미경으로 더 작은 크기의 물체를 세밀하게 관찰하기 위한 방법을 서술하시오.

창의 융합 문제

**09** 그림 (가)는 비눗방울에서 관찰한 빛의 간섭무늬이고, (나)는 스크린에 생긴 레이저 빛의 간섭무늬이다.

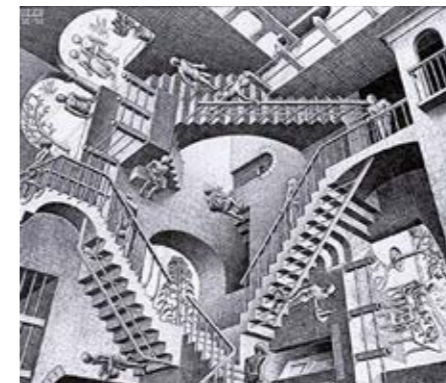


- (1) (가)의 간섭무늬는 다양한 색을 나타내고 있지만, (나)의 간섭무늬는 한 가지 색으로 나타난다. 그 까닭을 서술하시오.
- (2) 다음은 '빛의 간섭'을 주제로 지은 시의 일부이다. (ㄱ) 부분을 자유롭게 창작해 쓰시오.

시간의 간섭무늬  
내가 밟는 한 걸음 그 곁에 네가 있다.  
네가 보는 그곳을 나도 바라본다.  
(        ㄱ        )  
그렇게 우리의 시간은 아름다운 간섭무늬를 만든다.

**과학적 의사 결정 능력**  
빛의 간섭무늬를 관찰하고, 빛의 성질과 관련지어 시를 창작하는 과정에서 과학적 현상을 문학적으로 표현하는 능력과 과학 감수성을 키운다.

**10** 그림은 에셔의 「상대성」이라는 작품이다.



에셔(Escher, M. C., 1898~1972)

- (1) 작품 속 중앙에서 계단을 올라가는 사람에게는 그림의 상단이 위쪽이다. 그러나 왼쪽으로 기울이면 왼쪽이 위쪽이고, 오른쪽으로 기울이면 오른쪽이 위쪽으로 보인다. 보는 관점에 따라 대상이 다르게 보이는 것을 상대성 이론의 관점에서 설명하시오.
- (2) 위와 같이 관찰자에 따라 다르게 보이는 현상이나 결과를 이용해 설명할 수 있는 것에는 어떤 것이 있는지 일상생활과 관련해 예를 들어 설명하시오.

**과학적 의사 결정 능력**  
예술 작품 감상을 통해 과학의 잠재적인 영향력을 실감하고, 과학이 인간에게 어떤 의미인지 진지하게 성찰함으로써 과학의 가치에 대한 나의 생각을 다른 사람과 소통하는 역량을 키운다.

공유

'빛과 물질' 단원을 학습하면서 자신이 공유한 결과물을 엮어 포트폴리오를 완성해 보자.

# 부록



- 자료실
    - 국제단위계와 물리 상수 207
    - 무선 MBL 센서 사용 방법 209
    - 동영상 분석 프로그램 사용 방법 210
  - 정답과 해설 212
  - 찾아보기 225
  - 자료 출처 227
  - URL 목록 228

## 1. 국제단위계(SI)

### • SI 기본단위

기본량		기본단위	
명칭	전형적인 기호	명칭	기호
시간	$t$	초	s
길이	$l, x, r$ 등	미터	m
질량	$m$	킬로그램	kg
전류	$I, i$	암페어	A
열역학 온도	$T$	켈빈	K
물질량	$n$	몰	mol
광도	$I_v$	칸델라	cd

(출처: 한국표준과학연구원, 2019.)

### • 특별한 명칭과 기호를 가진 SI 단위

유도량	단위의 특별한 명칭	기본단위로 표시된 단위	기타 SI 단위로 표시된 단위
평면각	라디안	rad = m/m	
주파수, 진동수	헤르츠	Hz = s <sup>-1</sup>	
힘	뉴턴	N = kg·m·s <sup>-2</sup>	
압력, 응력	파스칼	Pa = kg·m <sup>-1</sup> ·s <sup>-2</sup>	
에너지, 일, 열량	줄	J = kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-2</sup>	N·m
일률, 전력, 복사선속	와트	W = kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-3</sup>	J/s
전하, 전하량	쿨롱	C = A·s	
전위차	볼트	V = kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-3</sup> ·A <sup>-1</sup>	W/A
전기 용량, 정전 용량	패럿	F = kg <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ·s <sup>4</sup> ·A <sup>2</sup>	C/V
전기 저항	옴	Ω = kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-3</sup> ·A <sup>-2</sup>	V/A
자기선속	웨버	Wb = kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-2</sup> ·A <sup>-1</sup>	V·s
인덕턴스	헨리	H = kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-2</sup> ·A <sup>-2</sup>	Wb/A
섭씨온도	섭씨도	°C = K	

(출처: 한국표준과학연구원, 2019.)

2. SI 접두어

인자	명칭	기호	인자	명칭	기호
10 <sup>1</sup>	데카	da	10 <sup>-1</sup>	데시	d
10 <sup>2</sup>	헥토	h	10 <sup>-2</sup>	센티	c
10 <sup>3</sup>	킬로	k	10 <sup>-3</sup>	밀리	m
10 <sup>6</sup>	메가	M	10 <sup>-6</sup>	마이크로	μ
10 <sup>9</sup>	기가	G	10 <sup>-9</sup>	나노	n
10 <sup>12</sup>	테라	T	10 <sup>-12</sup>	피코	p
10 <sup>15</sup>	페타	P	10 <sup>-15</sup>	펨토	f
10 <sup>18</sup>	엑사	E	10 <sup>-18</sup>	아토	a
10 <sup>21</sup>	제타	Z	10 <sup>-21</sup>	젱토	z
10 <sup>24</sup>	요타	Y	10 <sup>-24</sup>	욕토	y

(출처: 한국표준과학연구원, 2019.)

3. 중요 물리 상수

상수	기호	수치	단위
세슘(Cs)의 초미세 전이 주파수	$\Delta\nu_{Cs}$	9192631770	Hz
진공에서 빛의 속력	$c$	299792458	m/s
플랑크 상수	$h$	$6.62607015 \times 10^{-34}$	J·s
기본 전하	$e$	$1.602176634 \times 10^{-19}$	C
볼츠만 상수	$k$	$1.380649 \times 10^{-23}$	J/K
아보가드로 상수	$N_A$	$6.02214076 \times 10^{23}$	mol <sup>-1</sup>
시감효능	$K_{cd}$	683	lm/W
중력 상수	$G$	$6.67428 \times 10^{-11}$	m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup> ·kg
보편 기체 상수	$R$	8,314472	J/mol·K
진공 유전율	$\epsilon_0$	$8.8541878128(13) \times 10^{-12}$	F/m
진공 투자율	$\mu_0$	$1.256637062(19) \times 10^{-6}$	N/A <sup>2</sup>
슈테판·볼츠만 상수	$\sigma$	$5.670400 \times 10^{-8}$	W/m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup>
뤼드베리 상수	$R$	$1.0973731568527 \times 10^7$	m <sup>-1</sup>
보어 반지름	$a_0$	$5.2917720859 \times 10^{-11}$	m

(출처: 한국표준과학연구원, 2019. / 『Fundamentals of Physics』, 2021.)



**1**  
동영상 파일 열기  
분석할 동영상 파일을 연다.

**2**  
프레임 설정하기

분석할 구간의 시작과 끝을 정한다.

일정한 시간 간격으로 프레임을 정한다.

비디오 설정

프레임

시작 프레임: 60

스텝 크기: 1

끝 프레임: 825

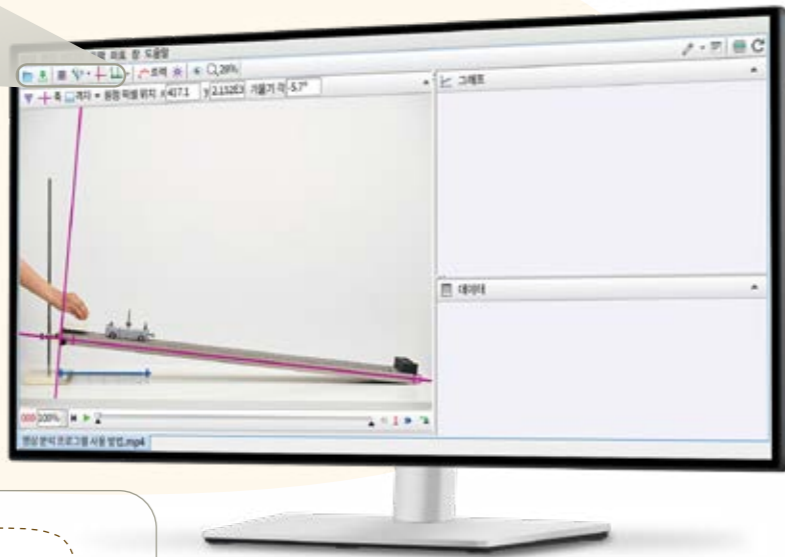
프레임 시간

시작 프레임: 0.000 s

프레임 속도: 30.00 /s

프레임 간격(dt): 0.033 s

확인 취소



**3**  
기준 길이 설정하기

'새 트랙'을 누른 뒤 '교정 막대자'를 선택하면 파란색 교정 막대자가 나타난다.

이 막대자의 양 끝을 30 cm 자와 같이 길이를 아는 물체의 양 끝에 맞춘 뒤 실제 길이를 입력하면 기준 길이를 설정할 수 있다.

**4**  
원점 및 축 설정하기

보라색 수직선을 조절해 원점, x축 등을 설정한다.

원점

x축 각도 조절

**5**  
물체의 운동 궤적 추적하기

- '트랙'을 누른 뒤 '새 트랙'의 '질점'을 선택한다.
- '질점 A'를 누른 뒤 '자동 찾기'를 실행하면 오른쪽과 같은 자동 찾기 창이 나타난다.
- 컴퓨터 자판의 Shift 키와 Ctrl 키를 동시에 누른 뒤, 운동하는 물체의 특정 지점에 마우스 왼쪽 단추를 누른다.
- 자동 찾기 창에서 '찾기' 단추가 '멈춤'으로 바뀌면 Shift 키를 누른 상태로 마우스 왼쪽 단추를 눌러 수동으로 추적한다.

\* 자동 찾기: 질점 A 위치

찾기 Step Back 다음

프레임 77: 템플릿 일치

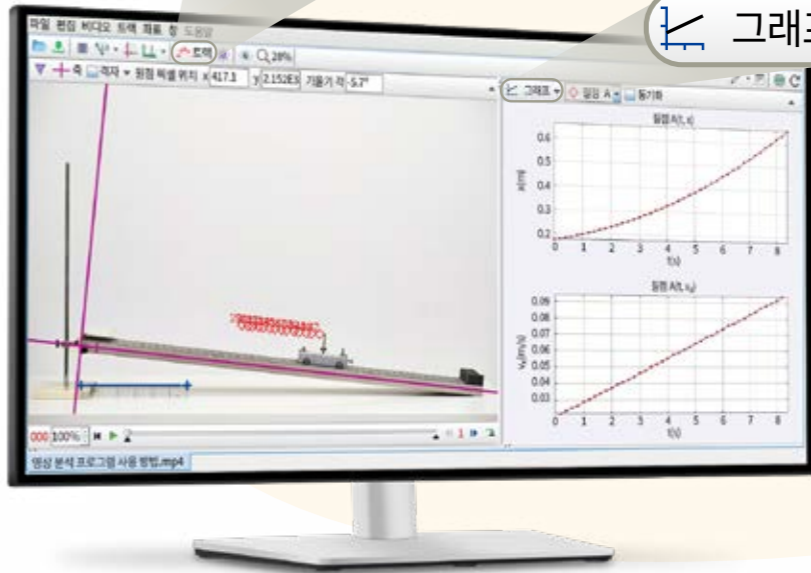
템플릿: 변화율 20% Tether 5% 오토마크 4

찾기:  X-축만  미리보기  Autoskip

목표: 트랙  질점 A 대상 위치

트랙

그래프



**6**  
그래프 분석하기

- '그래프'를 누른 뒤 '분석'을 실행하면 그래프를 분석할 수 있는 데이터 도구 창이 나타난다.
- 데이터 도구 창에서 '분석'을 누른 뒤 '추세선'을 실행한다. 이때 실험에서 얻은 데이터 그래프와 비슷한 개형의 추세선을 선택한다.
- 추세선을 조절해 데이터 그래프와 최대한 일치하게 맞춘 뒤, 추세선의 수식을 통해 그래프의 기울기와 같은 정보를 확인한다.

데이터 도구

파일 편집 보기 도움말

질점 A

추세선 분석

추세선

- 1차식
- 2차식
- 3차식
- Damped Sine
- f1
- Log
- Power
- 가우스
- 사인
- 지수

# I 힘과 에너지

## 1 힘과 운동

### 01 평형과 구조물의 안정성

스스로 확인

- 15 쪽 | 1. 2 N 2. 돌림힘  
17 쪽 | 1. ○ 2. 힘의 평형, 돌림힘의 평형  
19 쪽 | 1. × 2. 넓을, 낮을

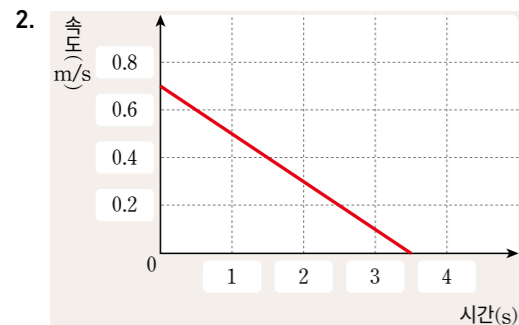
### 02 가속도 법칙과 등가속도 운동

잠깐 활동

21 쪽 |

처음 속도	나중 속도	가속도
12 m/s	10 m/s	-1 m/s <sup>2</sup>

27 쪽 | 1.  $2 \times (-0.2 \text{ m/s}^2) \times \ominus = (0.1 \text{ m/s}^2)^2 - (0.7 \text{ m/s}^2)^2$   
따라서  $\ominus = 1.2 \text{ m}$ 이다.



30 쪽 | 도로변에 세워 둔 자동차가 인도에서 사람이 갑자기 나오는 모습을 가릴 수 있다. 이러한 일이 제동 거리 내에서 일어난다면 사고로 이어질 수 있다.

스스로 확인

- 23 쪽 | 1. 비례, 반비례 2. 0.5 m/s<sup>2</sup>  
27 쪽 | 1. 2 m 2. 8 m  
31 쪽 | 1. 제동 거리 2. ×

### 03 작용 반작용과 운동량 보존

잠깐 활동

38 쪽 | • 쇼트 트랙 계주: 계주를 이어받는 주자의 운동량 증가량이 같더라도 주자의 질량이 가벼울수록 속도가 크게 증가하기 때문이다.

- 배: 날개가 돌아가면서 민 물의 운동량만큼 물은 반대 방향으로 배의 운동량이 증가하기 때문이다.

스스로 확인

- 33 쪽 | 1. 같고, 반대이다 2. ○  
35 쪽 | 1. × 2. ○  
39 쪽 | 1. × 2. ○

### 중단원 마무리

42 쪽~45 쪽

- ① 0 ② 돌림힘 ③ 무게 중심 ④ 평형 상태 ⑤ 알짜힘  
⑥ 알짜 돌림힘 ⑦ 힘 ⑧ 질량 ⑨ 등가속도 운동 ⑩ 제동 거리 ⑪ 반대 ⑫ 운동량

- 01 ② 02 ① 03 해설 참조 04 ⑤ 05 ④ 06 해설 참조  
07 ④ 08 해설 참조 09 ⑤ 10 ① 11 ③

01 ㄱ. 막대에는 크기가 같은 두 힘이 서로 반대 방향으로 작용하므로 막대에 작용하는 알짜힘은 0이다.  
ㄴ. 막대에  $F_1$ 과  $F_2$ 에 따른 돌림힘이 반시계방향으로 작용한다. 따라서 막대는 반시계방향으로 회전한다.  
ㄷ. 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 막대는  $F_1$ 이나  $F_2$ 의 방향으로 직선 운동을 하지 않고, 제자리에서 회전한다.

02 막대가 회전하지 않으려면 막대는 돌림힘의 평형 상태이어야 한다. 돌림힘의 평형 상태일 때에는 어느 지점을 회전축으로 잡아도 알짜 돌림힘은 0이다. ①~⑤의 왼쪽 끝 지점을 회전축으로 잡고, 반시계방향으로 회전하는 돌림힘을 (+) 방향으로 하면 알짜 돌림힘은 다음과 같다.

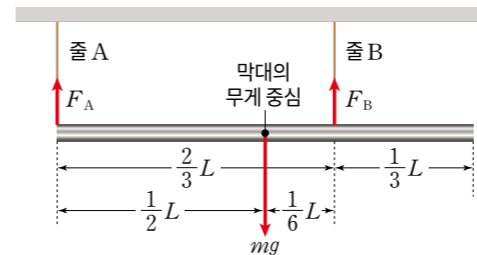
- ①  $(x \times 2) + (2x \times 5) - (3x \times 4) = 0$   
②  $-(x \times 2) + (2x \times 5) + (3x \times 3) = 17x$   
③  $(x \times 2) - (x \times 3) + (2x \times 5) - (2x \times 4) = x$   
④  $-(x \times 3) - (2x \times 4) + (3x \times 5) = 4x$   
⑤  $(x \times 4) - (2x \times 5) + (3x \times 3) = 3x$   
따라서 ①의 막대가 회전하지 않는다.

03 예시 답안 무게 중심을 회전축으로 잡아 돌림힘의 평형을

적용하면  $-\left(\frac{1}{2}L \times F_A\right) + \left(\frac{1}{6}L \times F_B\right) = 0$ 이다.

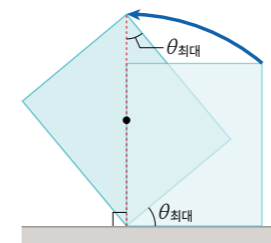
따라서  $\frac{F_A}{F_B} = \frac{1}{3}$ 이다.

해설 균일한 막대이므로 무게 중심은 막대의 가운데에 있다. 따라서 막대에 작용하는 중력을  $mg$ 라 하면, 막대에 작용하는 모든 힘을 표시하면 다음과 같다.



막대는 평형 상태이므로 막대의 어느 지점을 회전축으로 잡아도 알짜 돌림힘은 0이다. 무게 중심을 회전축으로 잡으면  $-\left(\frac{1}{2}L \times F_A\right) + \left(\frac{1}{6}L \times F_B\right) = 0$ 이 성립하므로  $\frac{F_A}{F_B} = \frac{1}{3}$ 이다.

04 직육면체 구조물이 기울면서 무게 중심이 구조물 가장 자리를 벗어나면 중력에 따른 돌림힘 때문에 넘어진다. 이 순간의 각도  $\theta_{\text{최대}}$ 에 대한  $\tan \theta_{\text{최대}}$ 는 그림과 같이 구조물 높이와 바닥면 한 변이 이루는 값과 같으므로  $\tan \theta_{\text{최대}} = \frac{10 \text{ cm}}{12 \text{ cm}} = \frac{5}{6}$ 이다.



05 ①, ② 시간에 따른 속도 그래프의 기울기는 가속도와 같다. 따라서 A와 C는 가속도가 같은 등가속도 운동을 하지만, 0 초일 때 속도는 A가 C보다 크므로 0 초~3 초 동안 A의 속도는 항상 C의 속도보다 크다.  
③, ④ B와 D의 기울기는 0이므로 가속도가 0이다. 이때 B는 속도가 3 m/s로 일정한 운동을 하고, D는 속도가 0이므로 계속 정지해 있다.  
⑤ 시간에 따른 속도 그래프 아랫부분의 넓이는 변위의 크기와 같다. 따라서 변위의 크기는 그래프 아랫부분의 넓이가 가장 큰 A가 가장 크다.

06 예시 답안 (1)  $a = \frac{F}{m}$ 이므로  $a_A : a_B : a_C = \frac{F}{m} : \frac{F}{2m} : \frac{3F}{m} = 2 : 1 : 6$ 이다.

(2)  $s_A : s_B : s_C = \frac{1}{2} a_A t^2 : \frac{1}{2} a_B t^2 : \frac{1}{2} a_C t^2 = 2 : 1 : 6$ 이다.

해설 (2) 직선상에서 한 방향으로만 이동하므로 이동한 거리는 변위의 크기와 같고, 정지 상태에서 출발하므로 처음 속도  $v_0 = 0$ 이다. 따라서 같은 시간  $t$  동안 이동한 거리 비  $s_A : s_B : s_C = a_A : a_B : a_C = 2 : 1 : 6$ 이다.

07 ㄱ. 시간에 따른 속도 그래프의 기울기는 가속도와 같다.

• 0 초~10 초 구간에서 가속도  $= \frac{20 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$   
• 30 초~40 초 구간에서 가속도  $= \frac{-10 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -1 \text{ m/s}^2$

따라서 0 초~10 초 구간에서 가속도 크기는 30 초~40 초 구간에서의 2배이다.

ㄴ. 직선상에서 한 방향으로 이동하는 물체의 시간에 따른 속도 그래프 아랫부분의 넓이는 이동한 거리와 같으므로 0 초~20 초 구간에서 이동한 거리는  $\frac{(20+10) \times 20}{2} = 300 \text{ (m)}$ 이다. 따라서 20 초~ $t$  초 구

간에서 이동한 거리는  $300 \text{ m} \times \frac{1}{5} = 60 \text{ m}$ 이다. 한편 20 초~ $t$  초 구간에서 처음 속도 20 m/s, 나중 속도 10 m/s를 등가속도 운동의 식  $v^2 - v_0^2 = 2as$ 에 적용하면  $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} = \frac{(10 \text{ m/s})^2 - (20 \text{ m/s})^2}{2 \times 60 \text{ m}} = -2.5 \text{ m/s}^2$ 이다. 따라서 가속도 크기는 2.5 m/s<sup>2</sup>이다.

ㄷ. 등가속도 운동의 식  $v = v_0 + at$ 에서 10 m/s = 20 m/s - 2.5 m/s<sup>2</sup> × (t - 20 s)이므로 t = 24 s이다.

08 예시 답안 자동차가 정지할 때까지 자동차에 작용하는 알짜힘이 일정하므로 자동차는 등가속도 운동을 한다. 정지한 자동차의 나중 속도는 0이므로 등가속도 운동의 식  $v^2 - v_0^2 = 2as$ 에서  $s = -\frac{v_0^2}{2a}$ 이므로  $v_0$ 이 3 배가 되면 s는 9 배가 된다.

09  $F_{B \rightarrow A}$ 과  $F_{A \rightarrow B}$ 는 작용 반작용 관계이므로 두 힘의 크기는 같고 방향은 반대이다. 따라서  $F_{B \rightarrow A} = F_{A \rightarrow B}$ 이다.  $F_{B \rightarrow A}$ 의 크기는 A와 B에 작용하는 중력의 합과 같고,  $F_{A \rightarrow B}$ 의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같으므로  $F_{AB} < F_{BA}$ 이다. 따라서  $F_{AB} < F_{B \rightarrow A} = F_{A \rightarrow B}$ 이다.

10 수레 A, B를 잡고 있는 손을 놓으면 작용 반작용 법칙에 따라 두 수레는 크기가 같고 방향이 반대인 힘을 받으며 서로를 향해 운동한다. 가속도 법칙에 따라 힘의 크기가

갈 때 가속도 크기는 질량에 반비례하고 A의 질량은 B의 2 배이므로, 두 수레가 운동하는 동안 B의 가속도 크기는 A의 2 배이다. 따라서 속도 변화량도 B가 A의 2 배가 되어 충돌 직전 B의 속도 크기는 0.4 m/s이다. 충돌 직전 A와 B의 속도는 서로 반대 방향이므로 A와 B의 질량을 각각  $2m$ ,  $m$ 이라고 하면 충돌 직전 A와 B의 운동량 합 =  $2m \times 0.2 \text{ m/s} + m \times (-0.4 \text{ m/s}) = 0$ 이다. 따라서 운동량 보존에 따라 충돌 직후 한 덩어리가 된 A와 B의 운동량 합도 0이 되어 A와 B의 속도는 0이다.

- 11 A가 B를 밀기 직전과 밀고 난 직후 두 선수의 운동량은 보존되어  $m \times 2v + 0.8m \times v = m \times 0.5v + 0.8m \times v'$ 이므로 A가 B를 밀고 난 직후 B의 속도  $v' = \frac{23}{8}v$ 이다.

## 2 에너지와 열

### 01 일과 에너지

스스로 확인

50 쪽 | 1. 운동 에너지 2. ○ 3. ×

53 쪽 | 1. 운동 2. 2 J

### 02 역학적 에너지와 열

잠깐 활동

55 쪽 | 에너지 보존 법칙에 따라 발생한 열에너지는 감소한 역학적 에너지와 같은 600 J이다.

스스로 확인

57 쪽 | 1. 에너지 보존 2. 흡수, 방출

### 03 에너지 효율

스스로 확인

59 쪽 | 1. 클 2. ×

61 쪽 | 1. 영구 기관, 에너지 보존 2. ×

#### 중단원 마무리

64 쪽~67 쪽

- ① 일 ② 운동 에너지 ③ 중력 ④ 탄성력 ⑤ 역학적 에너지 ⑥ 에너지 보존 ⑦ 흡수 ⑧ 방출 ⑨ 영구 기관

- 01 ① 02 ③ 03 해설 참조 04 ⑤ 05 ② 06 해설 참조 07 ① 08 ③ 09 ⑤ 10 해설 참조

- 01  $\gamma. \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times (4 \text{ m/s})^2 - \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times (2 \text{ m/s})^2 = 6 \text{ J}$ 이다.

나. 일·운동 에너지 정리에 따라  $F$ 가 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 증가하므로  $F$ 가 한 일의 양은 6 J이다.

다. 일은 힘과 힘의 방향으로 이동한 거리의 곱과 같으므로  $F \times 0.5 \text{ m} = 6 \text{ J}$ 에서  $F = 12 \text{ N}$ 이다.

- 02 탄성력에 의한 위치 에너지는 용수철이 변형된 길이의 제곱에 비례한다. C의 탄성력에 의한 위치 에너지는 B의 4 배이므로 C가 늘어난 길이는 B의 2 배이다. 따라서  $x = 2x_0$ 이다. 용수철이 늘어난 길이는 작용한 힘의 크기에 비례하므로  $m$ 에 작용하는 중력은  $m_0$ 에 작용하는 중력의 2 배이다. 따라서  $m = 2m_0$ 이다.

- 03 예시 답안 마찰이나 공기 저항을 무시하므로 역학적 에너지는 보존되어, 증가한 중력에 의한 위치 에너지만큼 운동 에너지가 감소한다. 중력에 의한 위치 에너지 증가량은  $2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (6 \text{ m} - 2 \text{ m}) = 80 \text{ J}$ 이고, 운동 에너지 감소량은  $\frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times \{(9 \text{ m/s})^2 - v^2\}$ 이므로  $v = 1 \text{ m/s}$ 이다.

- 04 ①, ② A와 B에서 순간적으로 정지하므로 운동 에너지는 0이고 탄성력에 의한 위치 에너지는 최대이다.  
③ 마찰이나 공기 저항을 무시하므로 A에서 B 사이 모든 위치에서 역학적 에너지는 같다.  
④ O에서 늘어난 길이가 0이므로 탄성력에 의한 위치 에너지는 0이고, 운동 에너지는 최대이다.  
⑤ O에서 B까지 운동하는 동안 운동 방향과 반대 방향으로 탄성력을 받으므로 운동 에너지는 감소하고, 탄성력에 의한 위치 에너지는 증가한다.

- 05  $\gamma.$  A에서 C로 가면서 속력이 점점 증가하므로 운동 에너지는 A보다 B, B보다 C에서 더 크다.  
나. 중력에 의한 위치 에너지는 기준면으로부터의 높이에 비례하므로 B에서가 C에서보다 크다.  
다. 마찰이 작용하므로 역학적 에너지의 일부가 열에너지로 전환되면서 역학적 에너지는 계속 감소한다. 따라서 A~C 중에서 역학적 에너지가 가장 큰 곳은 A이고, 가장 작은 곳은 C이다.

- 06 예시 답안 (1) C 지점에서 운동 에너지는 20 J, 중력에 의한 위치 에너지는 10 J이고, B 지점에서 운동 에너지는 20 J, 중력에 의한 위치 에너지는 20 J이다. 즉, 마찰 구간을 지나며 역학적 에너지가 10 J 감소했으므로 마찰 구간에서 발생한 열에너지는 10 J이다.

(2) A 지점과 B 지점에서 역학적 에너지는 40 J로 같고, A 지점에서 중력에 의한 위치 에너지는 30 J이므로 운동 에너지는 10 J이다.

해설 (1) C 지점에서 기준면까지 운동하는 동안 모든 마찰을 무시하므로 역학적 에너지가 보존된다. 따라서 C 지점에서 역학적 에너지는 기준면에서 운동 에너지와 같은 30 J이다. C 지점을 통과한 직후 운동 에너지는 중력에 의한 위치 에너지의 2 배이므로 C 지점에서 운동 에너지는 20 J, 중력에 의한 위치 에너지는 10 J이다. 중력에 의한 위치 에너지는 기준면으로부터의 높이에 비례하므로 B 지점에서 중력에 의한 위치 에너지는 C 지점에서의 2 배인 20 J이고, 마찰 구간에서 물체는 등속 운동을 하므로 B 지점에서 운동 에너지는 C 지점에서의와 같은 20 J이다. 따라서 B 지점에서 역학적 에너지는 40 J이다. 즉, B 지점에서 40 J이었던 역학적 에너지가 C 지점에서 30 J로 감소했으므로 마찰 구간에서 발생한 열에너지는 두 지점을 지나는 동안 감소한 역학적 에너지와 같은 10 J이다.

(2) A 지점에서 B 지점까지 운동하는 동안 모든 마찰을 무시하므로 역학적 에너지가 40 J로 일정하게 보존된다. A 지점에서 중력에 의한 위치 에너지는 C 지점에서의 3 배인 30 J이므로, A 지점에서 운동 에너지는  $40 \text{ J} - 30 \text{ J} = 10 \text{ J}$ 이다.

- 07 ① 열은 항상 고온에서 저온으로 이동한다.  
② 고체가 액체나 기체로 상태가 변하려면 열에너지를 흡수해야 한다.  
③ 상태 변화가 일어나는 동안에는 온도가 변하지 않는다.  
④ 바람은 지역에 따라 태양 복사 에너지를 흡수하는 정도가 다른 것이 원인이 되어 불고, 구름은 수증기가 상승해 공중에서 열에너지를 방출해 생긴다. 구름 속 얼음 알갱이가 커져 지표로 떨어지는 과정에서 열에너지를 흡수해 녹아 비가 되어 내리기도 한다.  
⑤ 저위도 해상에서 만들어진 수증기가 구름이 되면서 열에너지를 방출한다. 이렇게 방출한 열에너지는 에너지 전환 과정을 거쳐 강한 비바람을 일으키는 태풍이 된다. 즉, 태풍이 가진 막대한 역학적 에너지는 열에너지로부터 전환된 것이다.

- 08 스텔링 엔진이 흡수한 열에너지의 일부는 물체의 역학적 에너지로 전환된다. 기준면에 있던 물체의 역학적 에너지는  $2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0.2 \text{ m} = 4 \text{ J}$ 로 증가했으므로 효율은  $\frac{\text{역학적 에너지}}{\text{공급한 열에너지}} = \frac{4 \text{ J}}{80 \text{ J}} = \frac{1}{20}$ 이다.

- 09 에너지 보존 법칙에 따라 공급한 에너지는 방출한 열에너지 및 운동 에너지의 합과 같은  $10Q$ 이다. 따라서 에너지 효율은  $\frac{\text{역학적 에너지}}{\text{공급한 에너지}} = \frac{3Q}{10Q} = \frac{3}{10}$ 이다.

- 10 예시 답안 처음에 물이 가지고 있던 역학적 에너지의 일부가 수차를 돌리는 일에 사용되므로 에너지 보존 법칙에 따라 나중에 물이 갖게 될 역학적 에너지는 처음보다 작아진다. 따라서 별도의 에너지 공급이 없으면 떨어진 물을 다시 처음 높이로 올리는 것은 불가능하다. 즉, 에너지 보존 법칙에 위배되기 때문에 이 영구 기관은 불가능하다.

#### 대단원 마무리

70 쪽~73 쪽

- 01 20 cm 02 해설 참조 03 ③ 04 해설 참조 05 ① 06 ③ 07 해설 참조 08 해설 참조

- 01 (가)에서 받침대가 막대를 지지하는 부분을 회전축이라고 하면, 막대가 균일하므로 막대의 무게 중심은 회전축으로부터 왼쪽으로 수평 거리 20 cm이다. 중력 가속도를  $g$ 라고 하면 막대에 작용하는 돌림힘은 다음과 같다.

반시계방향	시계방향
<ul style="list-style-type: none"> <li>막대의 무게에 따른 돌림힘 = <math>0.2 \text{ m} \times (0.5 \text{ kg} \times g)</math> = <math>0.1g \text{ N} \cdot \text{m}</math></li> <li>추의 무게에 따른 돌림힘 = <math>0.1 \text{ m} \times (1 \text{ kg} \times g)</math> = <math>0.1g \text{ N} \cdot \text{m}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>물체의 무게에 따른 돌림힘 = <math>0.1 \text{ m} \times (m \times g)</math> = <math>0.1mg \text{ N} \cdot \text{m}</math></li> </ul>

막대는 평형 상태이므로 위 돌림힘을 모두 더한 알짜 돌림힘이 0이다. 따라서  $m = 2 \text{ kg}$ 이다.  
(나)에서 막대에 작용하는 돌림힘은 다음과 같다.

반시계방향	시계방향
• 막대의 무게에 따른 돌림힘 = 0.1g N·m	• 물체 2 개의 무게에 따른 돌림힘 = 0.1 m × (2 × 2 kg × g) = 0.4g N·m
• 추의 무게에 따른 돌림힘 = (0.6 m - s - 0.1 m) × (1 kg × g)	
• (0.5g - sg) N·m	

막대는 평형 상태이므로 위 돌림힘을 모두 더한 알짜 돌림힘이 0이다. 따라서  $s = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$ 이다.

- 02 예시 답안** 두 물체의 가속도 크기는 같고, 충돌 순간 두 물체의 속도는 크기가 같고 방향이 반대이므로  $v - at = at$ 에서  $v = 2at$ 이다.

$$\text{따라서 } L_A : L_B = \left| \frac{(at)^2 - (2at)^2}{2a} \right| : \frac{(at)^2}{2a} = 3 : 1 \text{이다.}$$

**해설** A, B는 같은 빗면에서 운동하므로 A, B의 가속도는 같다. 빗면을 올라가는 방향을 (+) 방향이라고 할 때, A, B의 가속도를  $-a$ , A, B가 충돌하는 순간의 속도를 각각  $v'$ ,  $-v'$ , B를 놓은 순간부터 충돌할 때까지 걸린 시간을  $t$ 라고 하면 등가속도 운동의 식을 다음과 같이 적용할 수 있다.

$$\bullet v' = v - at \dots (i) \quad \bullet -v' = -at \dots (ii)$$

$$\bullet -2aL_A = v'^2 - v^2 \Rightarrow L_A = \frac{v^2 - v'^2}{2a} \dots (iii)$$

$$\bullet -2aL_B = v'^2 - 0 \Rightarrow L_B = \frac{-v'^2}{2a} \dots (iv)$$

(i), (ii)를 연립하면  $v = 2v'$ 이고, 이를 (iii), (iv)에 적용하면 이동 거리, 즉 변위의 크기 비  $L_A : L_B = 3 : 1$ 이다.

- 03** ㄱ. A가 B를 미는 힘( $F_{AB}$ )의 반작용은 B가 A를 미는 힘( $F_{BA}$ )이다. 따라서 두 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다.  
 ㄴ. 벽이 B를 미는 힘( $F_{BB}$ )의 반작용은 B가 벽을 미는 힘( $F_{BB}$ )이다. 따라서 두 힘은 크기가 같다.  
 ㄷ.  $F_{AB}$ 는 A가 빗면을 내려가려는 힘  $F_A$ 와 같고,  $F_{B벽}$ 은  $F_A$ 와 B가 빗면을 내려가려는 힘  $F_B$ 의 합과 같다. B의 질량은 A의 3 배이므로  $F_B = 3F_A$ 이다. 따라서 B가 벽을 미는 힘의 크기는  $F_A + F_B = 4F_A$ 로  $F_{BA}$ 의 4 배이다.

- 04 예시 답안** B, C의 충돌 전 운동량 합은  $3m \times v + 2m \times (-2v) = -mv$ 이다. 운동량 보존 법칙에 따라 충돌 후 B의 속도를  $v_B$ 라 하면  $-mv = 3m \times v_B + 2m \times v$ 이다. 따라서  $v_B = -v$ 이다.

A, B의 충돌 전 운동량 합은  $m \times 3v + 3m \times (-v) = 0$ 이므로 충돌 후 한 덩어리가 된 A, B의 운동량도 0이다. 따라서 충돌 후 A, B의 속도는 0이다.

- 05** ㄱ. 모든 마찰과 공기 저항을 무시하므로 역학적 에너지는 보존된다.  
 ㄴ. 역학적 에너지가 보존되므로 p점에서의 역학적 에너지와 수평면에서의 운동 에너지는 같다. 따라서  $mgh + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(3v_0)^2$ 이므로  $v_0 = \frac{\sqrt{gh}}{2}$ 이다.  
 ㄷ. p에서 운동 에너지를  $E_0$ 이라고 하면 q에서 운동 에너지는  $4E_0$ , 수평면에서 운동 에너지는  $9E_0$ 이므로 p에서 중력에 의한 위치 에너지는  $8E_0$ , q에서 중력에 의한 위치 에너지는  $5E_0$ 이다. 따라서 q의 높이는  $\frac{5}{8}h$ 이다.

- 06** 에너지 보존 법칙에 따라 공급한 열에너지는 방출한 열에너지와 얻은 역학적 에너지의 합과 같다. 그리고 에너지 효율은 얻은 역학적 에너지를 공급한 열에너지로 나눈 값과 같다.

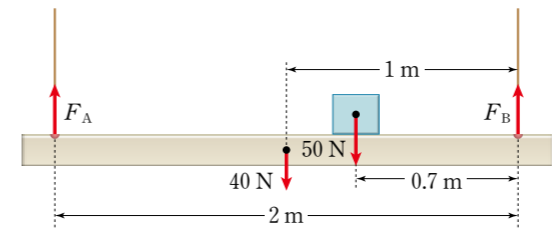
장치	A	B	C	D
공급한 열에너지	3Q	2.5Q	Q	4Q
방출한 열에너지	Q	0.5Q	0.5Q	Q
역학적 에너지	2Q	2Q	0.5Q	3Q
에너지 효율	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$

- ㄱ. A의 에너지 효율은 D보다 작다.  
 ㄴ. B에서 얻은 역학적 에너지는 C보다 크다.  
 ㄷ. 네 장치 중 B의 에너지 효율이  $\frac{4}{5}$ 로 가장 높다.

- 07 예시 답안** (1) • 연직 위 방향으로 작용하는 힘:  $F_A, F_B$   
 • 연직 아래 방향으로 작용하는 힘: 선반에 작용하는 중력, 물체가 선반을 누르는 힘  
 (2)  $F_A + F_B = 40 \text{ N} + 50 \text{ N}$   
 (3) • 반시계방향으로 회전시키는 돌림힘: 선반에 작용하는 중력에 따른 돌림힘, 물체가 선반을 누르는 힘에 따른 돌림힘  
 • 시계방향으로 회전시키는 돌림힘:  $F_A$ 에 따른 돌림힘  
 (4)  $F_A \times 2 \text{ m} = 40 \text{ N} \times 1 \text{ m} + 50 \text{ N} \times 0.7 \text{ m}$

- (5)  $F_A = 37.5 \text{ N}, F_B = 52.5 \text{ N}$   
 (6) 물체가 줄 B에 가까울수록  $F_B$ 가 커진다. 만약 물체가 줄 B에 거의 붙는다면, 물체의 무게 중심은 회전축으로부터 수평 거리 0.1 m만큼 떨어진 곳에 있으므로 돌림힘의 평형을 이용해 다음과 같이 식을 세울 수 있다.  
 $F_A \times 2 \text{ m} = 40 \text{ N} \times 1 \text{ m} + 50 \text{ N} \times 0.1 \text{ m}$   
 따라서  $F_A = 22.5 \text{ N}$ 이다. 이를 (2)에서 세운 식에 대입하면  $F_B = 67.5 \text{ N}$ 이다. 즉, 이음새는 적어도 67.5 N 이상의 힘을 버틸 수 있게 만들어야 한다.

**해설** 선반에 작용하는 힘과, 회전축으로부터 각 힘이 작용하는 지점까지의 수평 거리는 다음 그림과 같다.



- (2) 힘의 평형 상태이기 위해서는 연직 위 방향으로 작용하는 모든 힘의 합력과 연직 아래 방향으로 작용하는 모든 힘의 합력의 크기가 같아야 한다.  
 (3) 회전축이 줄 B의 이음새이므로  $F_B$ 에 따른 돌림힘은 0이다.  
 (4) 돌림힘의 평형 상태이기 위해서는 반시계방향으로 회전시키는 모든 돌림힘의 합과 시계방향으로 회전시키는 모든 돌림힘의 합이 같아야 한다.  
 (5) (4)에서 세운 식에서  $F_A = 37.5 \text{ N}$ 이고, 이를 (2)에서 세운 식에 대입하면  $F_B = 52.5 \text{ N}$ 이다.

- 08 예시 답안** (1) 브레이크 페달을 밟은 순간부터 자동차가 정지할 때까지 이동한 거리는 제동 거리이므로 스키드 마크의 길이는 제동 거리와 같다.  
 (2) 제동력이 20000 N으로 일정하므로, 브레이크 페달을 밟은 순간부터 자동차는 정지할 때까지 등가속도 운동을 한다. 등가속도 운동의 식  $2as = v^2 - v_0^2$ 에서  $v = 0$ 이므로 스키드 마크의 길이  $s$ 는 브레이크 페달을 밟기 직전 자동차 속도  $v_0^2$ 에 비례한다.  
 (3) 스키드 마크의 길이가 100 m이고, 가속도 크기는  $\frac{20000 \text{ N}}{2500 \text{ kg}} = 8 \text{ m/s}^2$ 이다. 등가속도 운동의 식  $2as = v^2 - v_0^2$ 에 이 값을 적용하면  $v_0 = 40 \text{ m/s}$ 이다. 이를 km/h 단위로 환산하면 브레이크 페달을 밟기 직전 순간의 속력은 144 km/h로, 운전자는 과속을 했다.

## II 전기와 자기

### 1 전기장과 전기 에너지

#### 01 전기장과 전위차

**스스로 확인**

- 79 쪽 | 1. 전기장 2. 반대이다  
 81 쪽 | 1. 전위, V(볼트) 2. 전위차

#### 02 소비 전력과 전기 안전

**스스로 확인**

- 83 쪽 | 1. 소비 전력 2. 400 W  
 87 쪽 | 1. × 2. ×  
 89 쪽 | 1. 병렬 2. 퓨즈

#### 03 축전기

**잠깐 활동**

- 91 쪽 | 충전 과정에서 전지의 화학 에너지 일부가 전기력에 의한 위치 에너지로 전환된다.

**스스로 확인**

- 93 쪽 | 1. ○ 2. 방전  
 95 쪽 | 1. 거리 2. 방전

#### 중단원 마무리

98 쪽~101 쪽

- ① 전기장 ② (+) ③ (-) ④ 전위 ⑤ 전위차 ⑥ 소비 전력 ⑦ 병렬 ⑧ 축전기 ⑨ 충전 ⑩ 방전

- 01 ③ 02 해설 참조 03 ② 04 ③ 05 ② 06 ⑤ 07 ① 병렬, ① 허용 전류 08 ③ 09 ④ 10 해설 참조

- 01 전기장은 단위 양전하당 전기력과 같으므로 A가 놓인 곳의 전기장의 크기는 5 N/C이고 방향은 오른쪽이다.

- 02** 예시 답안 (1) 쿨롱 법칙에 따라 전기력의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다. 전기장의 세기는 +1 C의 전하를 놓았을 때 그 전하가 받는 전기력의 크기와 같다. 따라서  $E_A : E_B : E_C = 4 : 4 : 1$ 이다.  
(2) (+)전하로부터의 거리가 가까울수록 전위가 높다. 따라서  $V_A = V_B > V_C$ 이다.
- 03** ㄱ. 전기력의 크기는 전하 사이의 거리 제곱에 반비례하므로  $Q$ 와  $q$  사이의 거리가 더 가까운 B에서 A에서보다 크다.  
ㄴ. 전기장의 크기는 해당 위치에 +1 C의 전하를 놓았을 때 받는 전기력의 크기와 같으므로  $Q$ 와  $q$  사이의 거리가 더 가까운 B에서 A에서보다 크다.  
ㄷ. (-)전하 주위에서 전기장은 (-)전하를 향해 들어오는 방향이므로 전위는 B에서 A에서보다 작다.
- 04** ㄱ. A, B, C는 모두 균일한 전기장 속의 점이므로 전기장의 방향은 같다.  
ㄴ. A에서 B를 향하는 방향으로 전기장이 형성되므로 전위는 A가 B보다 크다.  
ㄷ. B, C는 기준면으로부터 떨어진 거리가 같으므로 B와 C의 전위는 같다.
- 05** ㄱ. 소비 전력은 전기 기구가 1 초당 소비하는 전기 에너지를 나타낸다. 따라서 전기다리미는 1 초에 550 J의 전기 에너지를 사용한다.  
ㄴ. 소비 전력은 전압과 전류의 곱이므로, 소비 전력이 660 W인 전기밥솥을 220 V 전원에 연결하면 전기밥솥에는 3 A의 전류가 흐른다.  
ㄷ. 220 V 전압에 연결했을 때 전기다리미에는 2.5 A의 전류가 흐르고, 전기밥솥에는 3 A의 전류가 흐른다. 따라서 저항은 전기다리미가 전기밥솥보다 크다.
- 06** ㄱ. S를 열면 전지에 10 Ω 저항만 연결된 회로가 된다. 따라서  $V = IR$ 에서 회로에 0.15 A의 전류가 흐른다.  
ㄴ. S를 닫으면 두 저항이 전지에 병렬로 연결된다. 따라서 각 저항에 걸린 전압은 1.5 V로 같다.  
ㄷ. S의 개폐 여부와 관계없이 10 Ω 저항에는 항상 1.5 V의 전압이 걸리므로 소비 전력은 변하지 않는다.
- 07** 멀티탭에 연결한 전기 기구들은 회로에서 병렬연결되므로 전기 기구를 많이 사용할수록 회로 전체에 흐르는 전류가 증가한다. 허용 전류 이상의 전류가 흐르면 회로가 과열되어 화재가 발생할 수 있다.

- 08** ㄱ. 스위치를 닫으면 회로에 전류가 흐르면서 축전기에 전하와 전기 에너지가 저장된다.  
ㄴ. A는 전지의 (+)극이 연결되어 있으므로 (+)전하가 모인다.  
ㄷ. A에는 (+)전하가, B에는 (-)전하가 모이므로 축전기 사이에는 A에서 B를 향하는 방향으로 전기장이 형성된다. 따라서 전위는 A가 B보다 높다.
- 09** ㄱ. S를 a에 연결하면 축전기의 위쪽 금속판에는 (+)전하가, 아래쪽 금속판에는 (-)전하가 모인다.  
ㄴ. S를 a에 연결하면 축전기는 전지와 전위차가 같아질 때까지 충전된다. A에 불이 꺼진 까닭은 축전기가 완전히 충전되어 전하가 더 이상 이동하지 않기 때문이다.  
ㄷ. S를 b에 연결하면 축전기가 방전되면서 회로에 전류가 흐르고 B에 불이 켜진다.
- 10** 예시 답안 카메라의 플래시에서는 축전기를 충전해 전기 에너지를 저장해 놓는다. 카메라 셔터를 누르면 축전기가 방전되면서 저장된 전기 에너지가 빛에너지로 전환되어 강한 빛이 발생한다.

## 2 전기와 자기의 상호작용

### 01 자성체의 종류와 활용

스스로 확인

- 106 쪽 | 1. 자성 2. ×  
109 쪽 | 1. × 2. ○

### 02 전류에 의한 자기장과 에너지 전환

스스로 확인

- 111 쪽 | 1. 작아 2. ○  
113 쪽 | 1. × 2. 스피커  
117 쪽 | 1. × 2. 자기장

### 03 전자기 유도와 에너지 전달

잠깐 활동

- 119 쪽 | 오른쪽 방향의 자기장이 생기도록 ⑥ 방향으로 유도 전류가 흐른다.

스스로 확인

- 119 쪽 | 1. 반대이다 2. ○  
124 쪽 | 1. 전자기 유도 2. NFC

### 중단원 마무리

126 쪽~129 쪽

- ① 상자성체 ② 반자성체 ③ 강자성체 ④ 솔레노이드  
⑤ 운동 ⑥ 스피커 ⑦ 방해

- 01 ① 02 ③ 03 해설 참조 04 ④ 05 ④ 06 ④  
07 ③ 08 ⑤ 09 해설 참조 10 ① 11 ⑤

- 01** 반자성체는 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화되고, 강자성체와 상자성체는 외부 자기장 방향으로 자기화된다. 강자성체는 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태를 유지한다.
- 02** 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태를 유지하는 강자성체에는 철, 니켈, 코발트 등이 있으며, 나침반의 자침, 전자석의 철심, 하드 디스크 플래터 표면의 산화 철 등으로 이용된다.
- 03** 예시 답안 • 하드 디스크의 플래터에 입혀진 산화 철은 강자성체여서 외부 자기장이 사라진 뒤에도 자기화된 상태를 유지하며 정보를 저장한다.  
• 우주복의 미세한 틈을 막으면서도 움직임을 부드럽게 하기 위해 액체 자석을 이용한다.  
• 전자석 기중기 속 철심을 강자성체로 만들어 전자석의 세기를 더 강하게 한다.
- 04** ㄱ. 직선 도선 주위에는 도선을 중심으로 동심원 모양의 자기장이 형성된다.  
ㄴ, ㄷ. 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 가까울수록, 도선에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 강하다.
- 05** ㄱ. 원형 도선 중심점에서 자기장이 북쪽이므로 원형 도선에는 시계방향으로 전류가 흐른다.  
ㄴ, ㄷ. 원형 도선 중심점에서 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류가 셀수록, 원형 도선의 반지름이 작을수록 크다.
- 06** 스피커에서는 코일에 공급된 전기 에너지가 코일과 진동판의 운동 에너지로 전환되고, 진동판이 진동하면 공기가 진동하여 소리가 주변으로 퍼져 나간다.
- 07** ㄱ. 자기 부상 열차에서 전자석에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 자기장 세기도 증가한다.  
ㄴ. 자기 공명 영상(MRI) 장치는 초전도체 코일에 센 전류를 흘려 강력한 자기장을 얻는다.

ㄷ. 전자석에 전류가 흐르면 자기장이 생긴다. 레일이 이 자기장 방향으로 자기화되어 레일과 전자석 사이에 당기는 힘이 작용한다.

- 08** ㄱ. 렌즈 법칙에 따르면 코일에 흐르는 유도 전류는 자석의 운동을 방해하는 방향, 즉 코일을 통과하는 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.  
ㄴ. 자석을 빨리 움직일수록, 더 강한 자석을 사용할수록 유도 전류의 세기가 증가한다.  
ㄷ. 유도 전류의 방향은 자석의 운동을 방해하는 방향이므로 N극을 코일에 가까이 가져갈 때와 코일에서 멀리 가져갈 때 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다.
- 09** 예시 답안 (1) 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손 네 손가락을 전류 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이므로 I에 의한 자기장은 b 방향이다.  
(2) I의 세기가 증가하면 2차 코일을 통과하는 자기장의 세기가 증가하므로 2차 코일에는 왼쪽 방향으로 자기장을 만들도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 c이다.  
(3) 2차 코일이 오른쪽으로 이동하면 2차 코일 내부를 통과하는 자기장의 세기가 감소하므로 2차 코일에는 오른쪽으로 자기장을 만들도록 d 방향의 유도 전류가 흐른다.
- 10** ㄱ. 전자기 유도에 의해 B에 유도 전류가 흐른다. A에 흐르는 전류의 세기와 방향이 주기적으로 변하므로 B에 흐르는 유도 전류의 세기와 방향도 주기적으로 변한다.  
ㄴ. 무선 충전기에서 변하는 자기장을 만들고 휴대 전화에서 전자기 유도에 의해 유도 전류가 흐른다. 즉, 전자기 유도를 이용해 무선 충전기에서 휴대 전화로 전기 에너지를 전달한다.  
ㄷ. A에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 자기장의 세기도 증가한다. B에 흐르는 유도 전류는 A에 의한 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 흐르므로 A와 B에 의한 자기장의 방향은 반대이다.
- 11** (가) 손 선풍기에 들어 있는 전동기는 전류의 자기 작용을 이용한다.  
(나) 도난 방지기는 자기장의 변화를 감지하는 센서를 이용한다.  
(다) 전기 기타의 픽업에서는 자기화된 기타 줄의 운동에 따른 자기장 변화에 의해 코일에 유도 전류가 흐른다.

대단원 마무리

132 쪽~135 쪽

01 ① 02 해설 참조 03 ② 04 ① 05 ⑤ 06 ③ 07 해설 참조 08 해설 참조 09 해설 참조 10 해설 참조

- 01 ㄱ.  $x=2d$ 까지의 거리는 A가 B의 2 배이다. 하지만 전기장의 크기는 같으므로 전하량의 크기는 A가 B의 4 배이다.  
 ㄴ. (+)전하를 띠는 C를 A와 B 사이에 놓았을 때 전하량이 큰 A가 C에 작용하는 전기력의 방향이 C가 받는 알짜힘의 방향과 같다. 따라서 A는 (-)전하를 띤다.  
 ㄷ.  $x=2d$ 에서 A에 의한 전기장과 B에 의한 전기장의 방향이 반대이므로 A, B는 다른 종류의 전하를 띤다. 따라서 B는 (+)전하이므로 B와 C 사이에는 서로 미는 전기력이 작용한다.
- 02 예시 답안 (가), (나)에서 20 Ω 저항에 걸리는 전압은 각각  $\frac{2}{3}V, V$ 이다. 소비 전력  $P = \frac{V^2}{R}$  이므로  $P_{(가)} : P_{(나)} = 4 : 9$ 이다.
- 03 ㄱ, ㄴ. 콘덴서 마이크와 컴퓨터 자판은 축전기의 원리를 이용한 장치로, 금속판 사이의 간격이 변함에 따라 축전기에 저장되는 전하량이 바뀌어 회로에 흐르는 전류가 달라지는 것을 이용한다.  
 ㄷ. 콘덴서 마이크는 소리를 전기 신호로 변환하고, 컴퓨터 자판은 누르는 신호를 전기 신호로 변환한다.
- 04 ㄱ. (가)에서 A가 밀려 나므로 A는 자석의 자기장과 반대 방향으로 자기화된다.  
 ㄴ. A는 반자성체이므로 자석을 가까이 가져가면 자석의 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 따라서 자석을 가까이 가져가면 A는 밀려 난다.  
 ㄷ. B는 자석에 끌려 오므로 강자성체나 상자성체가 포함되어 있다.
- 05 ㄱ. 솔레노이드에 전류가 흐를 때 P가 위로 끌려 오므로 P는 강자성체나 상자성체이다.  
 ㄴ. S가 달렸을 때 전지 → 저항 → 솔레노이드 방향으로 전류가 흐르므로 솔레노이드의 아래쪽은 N극이 된다.  
 ㄷ. P가 위로 끌려 오므로 솔레노이드와 P 사이에는 서로 당기는 힘이 작용한다.
- 06 ㄱ. 수전용 코일에 유도 전류가 흐르므로 송전용 코일에는 세기와 방향이 변하는 전류가 흐른다.

ㄴ. 수전용 코일에 흐르는 유도 전류의 세기와 방향이 주기적으로 변하므로, 이 전류에 의한 자기장의 세기와 방향도 주기적으로 변한다.  
 ㄷ. 무선 충전기는 송전용 코일과 수전용 코일 사이의 자기 유도를 이용해 전기 에너지를 전달한다.

07 예시 답안 200 V 전압이 걸릴 때 조명 기구에는 0.45 A, TV에는 0.75 A, 전기난로에는 9 A의 전류가 흘러 퓨즈에 흐르는 전류는 10.2 A로 허용 전류 이하이다. 이 상태에서 드라이어를 사용하는 경우 9 A의 전류가 추가로 흐르므로 허용 전류인 15 A 이상의 전류가 흐르게 된다. 따라서 전기 안전을 위해 드라이어는 전기난로를 끄고 사용하는 것이 좋다.

08 예시 답안 (1) 단말기의 코일에 전류가 흐르면 자기장이 형성된다. 이 자기장의 세기와 방향이 변하면 교통 카드의 코일을 통과하는 자기장도 변하고, 교통 카드에는 자기 유도에 의해 유도 전류가 흐른다. 즉, 자기 유도를 이용해 단말기에서 교통 카드로 전기 에너지가 공급된다.  
 (2) 카드를 통과하는 자기장은 변하지만 도선이 끊어져 있으므로 교통 카드에는 유도 전류가 흐르지 않는다. 따라서 단말기는 교통 카드를 인식하지 못한다.

09 예시 답안 (1) 마이크 내부에 있는 축전기의 진동판이 진동하면서 축전기에 충전되는 전하량이 변해요. 이에 따라 축전기와 연결된 회로에 전류가 흐르면서 음성 신호가 전기 신호로 변환되는 것입니다.



10 예시 답안 (1) 받침대에 있는 전자석에 전류가 흐르면 자기장이 형성되고, 이 자기장이 스피커의 자석과 상호작용하여 스피커를 공중에 뜨게 한다. 스피커가 받침대 가까이 내려오면 받침대의 코일에 주기적으로 변하는 전류가 흘러 세기와 방향이 변하는 자기장이 형성된다. 스피커 내부의 코일을 통과하는 자기장의 세기와 방향이 변하므로 스피커 내부 코일에 전자기 유도가 일어나 유도 전류가 흐른다.

(2) 자가 충전 라디오: 자석과 코일이 들어 있는 부분을 잡고 흔들면 전자기 유도에 의해 전기가 충전된다. 이 전기 에너지로 라디오가 작동하여 스피커에서 소리를 들을 수 있다.



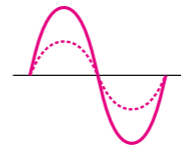
### III 빛과 물질

#### 1 빛과 물질의 이중성

##### 01 빛의 파동성

###### 잠깐 활동

144 쪽 |



스크린에서 슬릿 S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub>까지의 경로차가 한 파장인 점 P에서는 같은 위상의 파동이 중첩된다. 따라서 P를 관찰할 수 있는 부분은 보강 간섭이 일어나 밝은 무늬가 있는 곳이다.



스크린에서 슬릿 S<sub>1</sub>과 S<sub>2</sub>까지의 경로차가 반파장인 점 Q에서는 반대 위상의 파동이 중첩된다. 따라서 Q를 관찰할 수 있는 부분은 상쇄 간섭이 일어나 어두운 무늬가 있는 곳이다.

###### 스스로 확인

- 141 쪽 | 1. 중첩 2. 보강, 상쇄  
 145 쪽 | 1. 보강, 밝은 2. 파동성  
 147 쪽 | 1. 간섭 2. 상쇄

##### 02 빛의 굴절과 광학 기술

###### 스스로 확인

- 149 쪽 | 1. 굴절 2. ×  
 151 쪽 | 1. × 2. 허상  
 155 쪽 | 1. 포토 리소그래피 2. ○

#### 03 빛과 물질의 이중성

###### 잠깐 활동

162 쪽 | 각 물체가 갖는 운동량의 크기가 매우 커서 물질파 파장의 길이가 매우 짧아 파동성이 드러나지 않기 때문이다.

###### 스스로 확인

- 158 쪽 | 1. 광전 효과 2. 파동, 입자  
 161 쪽 | 1. 파동성 2. ○  
 163 쪽 | 1. ○ 2. 이중성  
 165 쪽 | 1. ○ 2. 빛, 전자선

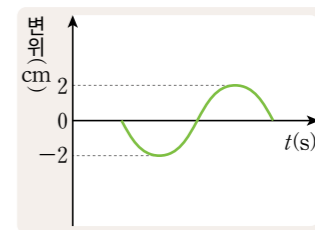
#### 중단원 마무리

168 쪽~171 쪽

- ① 중첩 원리 ② 파동의 독립성 ③ 파동의 간섭 ④ 보강 ⑤ 상쇄 ⑥ 파동성 ⑦ 빛의 굴절 ⑧ 스넬 법칙 ⑨ 굴절 ⑩ 초점 ⑪ 광축 ⑫ 거꾸로 ⑬ 바로 ⑭ 포토 리소그래피 ⑮ 광전 효과 ⑯  $hf$  ⑰ 빛의 이중성 ⑱ 물질의 이중성

01 해설 참조 02 ③ 03 ④ 04 ④ 05 해설 참조 06 ⑤ 07 ④ 08 ② 09 (가) 보강 간섭 (나) 물질파 10 ⑤

01 예시 답안 중첩 원리에 따라 P점에서 변위는 두 파동의 변위의 합과 같다. 파동 B의 변위 2 cm, 파동 A의 변위 -4 cm가 만나는 순간에 P점의 변위는 -2 cm가 된다. 시간이 지남에 따라 4 cm + (-2 cm) 변위가 만나므로 P점의 변위는 +2 cm가 된다.

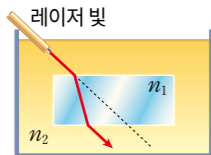


- 02 ㄱ. 스크린에 나타난 간섭무늬는 슬릿 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>를 통과한 빛의 간섭에 의한 결과이다.  
 ㄴ. 밝은 무늬는 경로차가 반파장의 짝수 배인 지점에 생긴다.  
 ㄷ. O점은 슬릿 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>에서 거리가 같으므로 항상 보강 간섭이 일어난다.
- 03 A. 빛의 간섭에 의해 나타나는 무늬이다.

B. 유리컵을 통해 본 물체의 모습이 뒤집혀 보이는 것은 빛의 굴절에 의해 나타나는 현상이다.  
 C. 빛이 상쇄 간섭을 하면 그 빛의 색은 우리 눈에 잘 안 보인다.

- 04 ㄱ. A에서는 숫자가 노란색으로 보였으므로 A에서 노란색 빛은 보강 간섭을 한다.  
 ㄴ. B에서는 숫자가 초록색으로 보였으므로 B에서 초록색 빛은 보강 간섭을 한다.  
 ㄷ. 색 변환 잉크로 인쇄한 숫자는 보는 각도에 따라 색 깔이 달라진다. 이것은 숫자를 바라보는 각도에 따라 보강 간섭을 하는 빛의 파장이 달라지기 때문이다.

- 05 **예시 답안**  $n_1$ 은 굴절각이 입사각보다 작아 A보다 굴절률이 큰 물질이지만  $n_2$ 는 굴절각이 입사각보다 커서 A보다 굴절률이 작은 물질이다. 따라서 굴절률이 작은  $n_2$ 에서 굴절률이 큰  $n_1$ 로 레이저 빛을 입사하면 입사각보다 굴절각이 작아야 한다. 또 A에서  $n_1$ 로 입사할 때보다 굴절각이 작아야 한다.



- 06 ㄱ. 광축과 나란하게 입사한 광선이 굴절된 뒤 점 O에 모이므로  $a$ 는 초점 거리이다.  
 ㄴ. 물체와 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 짧으므로 물체보다 큰 상이 생긴다.  
 ㄷ. 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 짧을 때에는 물체의 상하좌우가 바뀌지 않은 바로 선 허상이 생긴다.

- 07 ㄱ. 광학 기술을 이용한 노광 과정을 통해 미세 회로를 그린다.  
 ㄴ. 기판에는 4 : 1 또는 5 : 1로 축소해 새긴다.  
 ㄷ. 렌즈를 이용해 기판에 회로를 새긴다.

- 08 ㄱ. 광전자가 방출되었으므로  $f \geq f_0$ 이다.  
 ㄴ. 빛의 세기를 증가시키면 광자의 수가 증가하므로 방출되는 광전자의 개수도 늘어난다.  
 ㄷ. 광전 효과 실험은 빛의 입자성을 보여 주는 실험이다.

- 09 데이비슨-거머 실험에서  $V=54$  V로 가속된 전자가  $50^\circ$ 로 반사되는 수가 가장 많았다. 이것은 전자의 물질 파 보강 간섭 조건과 잘 부합했다. 따라서 (가)는 보강 간섭이고, (나)는 물질파이다.



- 10 ㄱ. 두 전자 현미경 모두 전자를 집속하기 위해 자기렌즈로 전자의 경로를 바꾼다.  
 ㄴ. (가)는 투과 전자 현미경, (나)는 주사 전자 현미경이다.  
 ㄷ. 주사 전자 현미경의 배율은 투과 전자 현미경보다 낮지만 시료 표면을 삼차원 구조로 볼 수 있다.

## 2 물질과 시공간의 세계

### 01 원자와 스펙트럼

**스스로 확인**

- 176 쪽 | 1. 길고, 작다 2. ○  
 179 쪽 | 1. 짧다 2. ×

### 02 에너지띠와 반도체

**스스로 확인**

- 181 쪽 | 1. 에너지띠 2. 전도띠  
 185 쪽 | 1. 양공 2. 역방향

### 03 시간과 공간의 상대성

**잠깐 활동**

- 186 쪽 | 50 km/h의 속력으로 달리는 트럭과 같은 방향으로 10 km/h의 속력으로 달리는 자전거에서는 트럭의 속력이 40 km/h로 보인다. 50 km/h의 속력으로 달리는 승용차와 반대 방향으로 30 km/h의 속력으로 달리는 오토바이에서는 승용차의 속력이 80 km/h로 보인다.

**스스로 확인**

- 188 쪽 | 1. 상대성 2. 광속 불변  
 190 쪽 | 1. 시간 팽창 2. ×  
 193 쪽 | 1. 시간 팽창 2. 시간

### 중단원 마무리

196 쪽~199 쪽

- ① 스펙트럼 ② 에너지 준위 ③ 전자 ④ 에너지띠  
 ⑤ 도체 ⑥ 부도체 ⑦ 도핑 ⑧ 양공 ⑨ 다이오드  
 ⑩ n형 반도체 ⑪ 관성 ⑫ 광속 불변 원리 ⑬ 시간 팽창  
 ⑭ 길이 수축

- 01 ③ 02 ② 03 ③ 04 해설 참조 05 ③ 06 ④ 07 해설 참조 08 ⑤ 09 해설 참조 10 ②

- 01 ㄱ. (가)는 여러 파장의 빛이 색의 경계 없이 연속적으로 나타나는 연속 스펙트럼이다. (나)는 특정한 파장의 빛만 밝은 선으로 띄엄띄엄 나타나는 선 스펙트럼이다.  
 ㄴ. 형광등을 분광기로 관찰하면 선 스펙트럼으로 나타난다.  
 ㄷ. 원소의 종류에 따라 관찰되는 선 스펙트럼이 다르게 나타나므로 (나)의 선 스펙트럼을 분석하면 어떤 원소인지 알 수 있다.
- 02 ㄱ. 빛의 파장이 짧을수록 에너지가 큰 빛이므로 A는 B보다 에너지가 크다.  
 ㄴ. 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적이므로 연속 스펙트럼이 아닌 띠 모양의 선 스펙트럼이 나타난다.  
 ㄷ. 에너지가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전자가 전이할 때 빛을 방출하고, 전자가 에너지를 흡수하면 에너지가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전이할 수 있다.
- 03 ㄱ. 전자는 양자화된 특정한 궤도에서만 빛을 방출하지 않고 안정한 상태를 유지한다.  
 ㄴ. 원자핵에 가까운 궤도일수록 에너지가 작다. 따라서 A가 B보다 에너지 준위가 크다.  
 ㄷ. 전자가 C로 전이할 때 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이한 것이므로 에너지를 빛의 형태로 방출한다.
- 04 **예시 답안** 전자가 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이하면서 방출하는 에너지는 두 궤도의 에너지 차가 클수록 크며, 에너지가 클수록 빛의 파장이 짧다. 따라서 전자가  $n=\infty$ 에서  $n=1$ 로 전이할 때 파장이 가장 짧은 빛을 방출한다.
- 05 ㄱ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 전자가 존재하지 않는 에너지 영역을 띠 간격이라고 한다.  
 ㄴ. 물질 A는 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있어 작은 에너지로도 전이가 일어난다.  
 ㄷ. 물질 A는 도체이고, 물질 B는 부도체이다.

- 06 ㄱ. 도핑은 순수한 반도체에 불순물을 넣는 것이다.  
 ㄴ. 순수한 규소(Si)에 인(P)을 넣으면 남은 전자가 생겨 n형 반도체가 된다.  
 ㄷ. n형 반도체는 남은 전자가 전하를 운반하는 역할을 한다.

- 07 **예시 답안** p형 반도체와 n형 반도체를 서로 접합하면 접합면에서 전자와 양공이 만나 결합해 소멸되고, p형 반도체의 음이온과 n형 반도체의 양이온이 남아 전위차가 생긴다. 따라서 양공과 전자가 서로 통과하는 것을 방해해 쉽게 전류가 흐르지 못한다.

- 08 ㄱ. p형 반도체는 (-)극, n형 반도체는 (+)극에 연결되어 역방향 전압이 연결된 상태이다.  
 ㄴ. (+)전하인 양공은 (-)극으로, (-)전하인 전자는 (+)극으로 이동해 접합 부분이 넓어져 전류가 잘 흐르지 않는다.  
 ㄷ. p-n 접합 다이오드에 역방향으로 전압을 연결하면 전류가 잘 흐르지 않는다. 이러한 특성은 p-n 접합 다이오드에서 전류를 한 방향으로 흐르게 할 때 사용된다.

- 09 **예시 답안** B의 관점에서 우주선이 이동하므로 빛의 진행 경로가 길어지며, 이로 인해 왕복하는 데 더 많은 시간이 소요되므로  $t_b > t_a$ 이다.

**해설** 관찰자가 보았을 때 한 장소에서 발생한 두 사건 사이의 시간 간격을 고유 시간이라고 한다. B의 관점에서 운동하는 우주선 안의 빛이 왕복하는 시간  $t_b$ 는 고유 시간  $t_a$ 보다 크다. 즉, 우주선의 시간이 느리게 가는 시간 팽창이 나타난다.

- 10 ㄱ. 우주선의 속도가 빨라질수록 길이가 짧아진다.  
 ㄴ. 우주선 안 관찰자 B의 입장에서는 천체가 속력  $v$ 로 다가오는 것처럼 보인다.  
 ㄷ. 운동 상태에 따른 길이의 변화는 운동 방향으로만 일어난다.

### 대단원 마무리

202 쪽~205 쪽

- 01 ④ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ② 06 ④ 07 해설 참조 08 해설 참조 09 해설 참조 10 해설 참조

- 01 ㄱ. 스크린상의 P점은 두 번째 밝은 무늬이기 때문에  $|\overline{S_1P} - \overline{S_2P}| = \frac{\lambda}{2} (2 \times 2)$ 로 파장의 2배이다.

- ㄴ. 파장이 더 짧은 레이저 빛을 사용하면 무늬 사이의 간격이 좁아진다.  
 ㄷ. 무늬 간격은 파장에 비례하므로 파장의 길이가 2 배 긴 단색광을 사용하면 P점에서 첫 번째 밝은 무늬가 나타난다.
- 02** ㄱ. 0.5a 지점에 실상이 맺히므로 초점 거리는 더 짧다.  
 ㄴ. 볼록 렌즈의 중심을 지나는 광선은 굴절하지 않고 직진한다.  
 ㄷ. 볼록 렌즈의 초점 거리가 0.5a보다 짧으므로 물체는 볼록 렌즈의 초점 거리 밖에 있다. 따라서 거꾸로 선 실상이 생긴다.
- 03** ㄱ. (가)는 광전 효과로 빛의 입자성을 보여 주는 현상이다.  
 ㄴ. (나)는 전자의 물질파가 금속박을 통과해 만든 무늬로 전자의 파동성을 보여 준다.  
 ㄷ. (가)에서 빛의 진동수가 커지면 광전자의 운동 에너지가 커져서 물질파 파장은 짧아진다.
- 04** ① 에너지 준위가 높은 궤도의 전자가 에너지 준위가 낮은 궤도로 전이하면서 가시광선 영역의 빛을 방출한 스펙트럼이다.  
 ② 전자가 에너지 준위가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전이하거나 에너지 준위가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전이할 때 에너지 준위 차가 클수록 짧은 파장의 빛을 방출하거나 흡수한다.  
 ③ 수소 원자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문에 불연속적인 선 스펙트럼으로 나타난다.  
 ④ 에너지 준위가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전자가 전이할 때 에너지를 흡수한다.  
 ⑤ 전자가  $n=3, 4, 5, 6$ 인 궤도에서  $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 가시광선 영역의 빛을 방출한다.
- 05** ㄱ. 순수한 반도체에 원자가 전자가 3 개인 갈륨을 추가하면 원자가 띠 바로 위에 양공에 의한 불순물 에너지 준위가 만들어져 전류가 흐를 수 있게 된다.  
 ㄴ. 순수한 반도체에 원자가 전자가 5 개인 인을 첨가하면 전도띠 바로 아래에 남는 전자에 의한 불순물 에너지 준위가 만들어져 전류가 흐를 수 있게 된다.  
 ㄷ. A는 n형 반도체이고, B는 p형 반도체이다.
- 06** ㄱ. 정지한 좌표계에서 측정된 운동하는 좌표계의 시간은 지연된다. 따라서 A는 B의 시간이 더 느리게 가는 것으로 관찰한다.

- ㄴ. 우주선이 오른쪽으로 운동하고 있으므로 빛이 거울 사이를 왕복할 때 이동한 거리는 A가 측정된 값이 B가 측정된 값보다 길다.  
 ㄷ. 시간 팽창은 우주선의 속도가 클수록 더 크게 나타난다.

**07 예시 답안** (1) 전자총의 가속 전압  $V_0$ 을 높여 전자의 속력이  $v_0$ 보다 빨라지면 전자의 운동 에너지가 커져 물질파 파장이 짧아진다. 따라서 무늬 사이의 간격이 좁아진다.  
 (2) 전자가 이중 슬릿을 통과해 간섭한 현상을 보여 주는 실험으로 전자가 파동성을 가지고 있음을 보여 준다. 따라서 전자와 같은 입자도 빛과 같이 이중성을 갖는다.

**08 예시 답안** (1) 전자 현미경으로 관찰한 것은 (나)이다. 빛보다 짧은 파장을 사용하는 전자 현미경은 광학 현미경에 비해 더 짧은 거리를 선명하게 구분할 수 있으므로 더 선명한 상인 (나)가 전자 현미경으로 관찰한 것이다.  
 (2) 전자 현미경에서 전자의 운동량을 더 크게 하면 물질파 파장이 짧아지고, 전자의 물질파 파장이 짧을수록 분해능이 좋아지므로 더 작은 물체까지 관찰할 수 있다. 따라서 전자를 가속해 물질파 파장을 더 짧게 하여 물체를 관찰하면 더 작은 크기의 물체를 세밀하게 관찰할 수 있다.

**09 예시 답안** (1) 일상에서는 백색 광원인 햇빛에 의해 다양한 색상의 빛이 간섭을 일으키기 때문에 간섭무늬가 다양한 색으로 나타난다. 또, 깃털, 기름막, 비누막과 같이 모양이나 두께가 균일하지 않은 물체에서 간섭 조건이 위치마다 달라 다양한 색깔과 모양의 간섭무늬가 생긴다. 하지만 레이저를 광원으로 사용하면 스크린에 단일 색상의 밝고 어두운 무늬가 나타난다.  
 (2) 철벽이던 해변의 파도는 / 초록의 혼적으로 무늬를 남기고, / 한낮 모래 위의 싱그런 웃음은 / 투명한 무지갯빛 무늬로 흩어진다.

**10 예시 답안** (1) 그림에 있는 장면은 보는 사람의 관점에 따라 다른 모습으로 보인다. 이는 특수 상대성 이론에서 관찰자에 따라 운동 상태가 다르게 보이는 것과 유사하다.  
 (2) 보는 사람이나 관점에 따라 다르게 보이는 것은 여러 상황으로 비유해 적용할 수 있다. 운동 능력이 뛰어난 사람에게 400 m 달리기는 어렵지 않지만 어린 아이에게는 힘들 수 있다. 또 제품의 가격이 올라가는 것은 생산자의 입장에서는 긍정적인 수 있지만 소비자의 입장에서는 지출이 늘어나 부담스럽게 된다.

<b>ㄱ</b>		
가속도	21	
가속도 법칙	23	
가속도계	40	
간섭무늬	145	
강자성체	105	
고유 길이	190	
고유 시간	189	
과부하	89	
관성 법칙	14	
관성 좌표계	187	
광선 추적법	150	
광속 불변 원리	188	
광양자설	158	
광자(광양자)	158	
광전 효과	157	
광전자	157	
광축	150	
광학 현미경	164	
구조물의 안정성	18	
굴절	148	
굴절률	149	
근거리 무선 통신(NFC)	123	
금속 탐지기	123	
기상 현상	57	
길이 수축	190	

<b>ㄴ</b>		
뇌자도(MEG) 장비	117	
뉴턴 제1법칙	14	
뉴턴 제2법칙	23	
뉴턴 제3법칙	33	

<b>ㄷ</b>		
대류	56	
도난 방지기	123	

도체	181	
도핑	182	
돌림힘	15	
돌림힘의 평형	16	
드론	112	
등가속도 운동	23	
등가속도 운동의 관계 그래프	26	
등가속도 운동의 식	26	
띠 간격	180	

<b>ㄹ</b>		
렌츠 법칙	118	

<b>ㄴ</b>		
무게 중심	17	
무선 충전	122	
무선 충전 원리	120	
물질의 상태 변화	56	
물질의 이중성	162	
물질파	162	

<b>ㄷ</b>		
반도체	181	
반자성체	106	
발광 다이오드(LED)	185	
방전	91	
변위	20	
보강 간섭	141, 144	
보어의 수소 원자 모형	178	
복사	56	
볼록 렌즈	150	

부도체	181	
빛의 간섭	144	
빛의 이중성	159	

<b>ㄷ</b>		
상대 속도	186	
상대성 원리	188	
상쇄 간섭	141, 144	
상자성체	106	
선 스펙트럼	176	
소비 전력	83	
속도	20	
솔레노이드에 의한 자기장	111	
순방향 전압 연결	183	
스넬 법칙	149	
스털링 엔진	58	
스펙트럼	174	
스피커에서의 에너지 전환	113	
시간 팽창	189	
신재생 에너지	63	
실상	151	
심전도 검사	81	

<b>ㅇ</b>		
알짜 돌림힘	16	
알짜힘	14	
액체 산소	106	
액체 자석	109	
양공	182	
에너지 보존 법칙	55	
에너지 효율	59	
에너지띠	180	
n형 반도체	182	

역방향 전압 연결	184
역학적 에너지	51
역학적 에너지 보존 법칙	51
연속 스펙트럼	174
열전달	56
영구 기관	60
옴의 법칙	82
운동량	34
운동량 보존 법칙	35
원자 자석	105
원자가 띠	180
원형 전류에 의한 자기장	111
유도 전류	118
음성 정보의 전기적 재생 과정	114
인덕션 레인지	122
일	48
1차 코일, 2차 코일	119
일·운동 에너지 정리	49

ㄷ

자기 공명 영상(MRI) 장치	117
자기 구역	105
자기 부상 열차	116
자기화	105
자동 심장 충격기	95
자성	104
자성 링크	109
자성체	104
작용 반작용 법칙	33
저항의 연결과 소비 전력	86
전기 기타	123
전기 안전	88
전기 용량형 압력 센서	94
전기 저항	82
전기력	78
전기력에 의한 위치 에너지	80
전기장	78
전도	56

전도띠	180
전동기	112
전압	80
전위	80
전위차	80
전자 현미경	164
전자기 유도	118
전자석 기증기	108
전하 결합 소자(CCD)	160
점전하	81
정격 전압	88
정류자	112
제동 거리	28
중력에 의한 위치 에너지	49
중첩	140
중첩 원리	141
지향성 스피커	116
직선 전류에 의한 자기장	110

ㄹ

초점	150
초점 거리	150
축전기	90
총전	90

ㅋ

카메라 플래시	95
코일에 의한 전자기 유도	119
콘덴서 마이크	94
쿨롱 법칙	78

ㄴ

탄성력	50
탄성력에 의한 위치 에너지	50
터치스크린	94
특수 상대성 이론	188

표

파동의 간섭	141
파동의 독립성	141
팔 길이	15
평형 상태	17
평형 상태 조건	17
포토 리소그래피	154
퓨즈	89
플랑크 상수	158
p-n 접합 다이오드	183
p형 반도체	182

ㅎ

하드 디스크	108
한계 진동수	158
핵융합	96
햅틱 기술	125
허상	151
허용 전류	89
회로 차단기	89
히트 파이프	62
힘의 평형	14

I 힘과 에너지

- ▶ 18 쪽(초고층 건물, 사다리차), 24 쪽(스마트폰), 25 쪽(노트북), 33 쪽(인공위성, 지구, 테니스), 38 쪽(휠체어 컬링, 쇼트 트랙 계주, 비행기), 40 쪽(에어백), 41 쪽(로봇 팔, 사족 보행 로봇), 42 쪽(쇼트 트랙 계주, 비행기), 47 쪽(항공기 견인차), 57 쪽(비, 태풍, 구름, 바람): 게티이미지코리아
- ▶ 17 쪽(선반), 18 쪽(입간판, 입간판 내 광고), 19 쪽(카메라 기증기, 스마트 패드), 29 쪽(발표판, 급제동 차), 38 쪽(얼음판, 배), 40 쪽(디지털카메라의 떨림 보정), 48 쪽(수레를 밀고 가는 아이), 53 쪽(스마트 패드), 56 쪽(전도, 대류, 복사), 59 쪽(다양한 교통 수단), 62 쪽(히트 파이프, 컴퓨터 본체), 63 쪽(신재생 에너지), 68 쪽(걸어가는 사람): 셔터스톡
- ▶ 13 쪽(누리호), 39 쪽(누리호 발사 장면): 한국항공우주연구원
- ▶ 53 쪽(모의실험 화면): PhET Interactive Simulations

II 전기와 자기

- ▶ 77 쪽(바다), 95 쪽(카메라 플래시), 96 쪽(ITER), 97 쪽(조명 기사), 106 쪽(액체 산소), 109 쪽(예술 작품), 117 쪽(MEG 사진): 게티이미지코리아
- ▶ 83 쪽(전기난로), 87 쪽(네온사인), 89 쪽(회로 차단기), 90 쪽(여러 가지 축전기), 94 쪽(콘덴서 마이크, 터치스크린), 95 쪽(자동 심장 충격기, 자동 심장 충격기 사용), 96 쪽(태양 전지, 풍력 발전기, 수소 연료 전지, 태양), 97 쪽(조명 콘솔), 98 쪽(콘덴서 마이크), 100 쪽(전기다리미, 전기밥솥), 103 쪽(드론), 105 쪽(네오디뮴 자석), 107 쪽(항해 나침반, 카드 뉴스 휴대 전화, 말굽자석, 자석 배경, 손목 밴드 자석, 손목 밴드 자석 배경, 나침반, 나침반 배경), 108 쪽(하드 디스크, 전자석 기증기), 109 쪽(우주복), 112 쪽(스마트 패드, 드론, 하늘), 113 쪽(스피커), 116 쪽(자기 부상 열차), 117 쪽(MRI 사진, MEG 장비), 122 쪽(무선 충전기, 인덕션 레인지), 123 쪽(NFC, 전기 기타, 도난 방지기, 금속 탐지기), 125 쪽(스마트 기기 터치, 가상 현실 축구 게임), 129 쪽(손 선풍기, 도난 방지기, 전기 기타), 133 쪽(마이크, 전기밥솥), 135 쪽(마이크): 셔터스톡
- ▶ 97 쪽(무대 조명): 연합뉴스
- ▶ 94 쪽(콘덴서 마이크 부품), 98 쪽(콘덴서 마이크 부품): <https://www.neumann.com/en-en/homestudio-academy/difference-between-large-and-small-diaphragm-microphones/>
- ▶ 135 쪽(공중 부양 스피커): LG 전자
- ▶ 88 쪽(주택 화재 원인): 소방청, 『주택 화재 원인별 발생 현황』, 2023.

III 빛과 물질

- ▶ 148 쪽(고양이), 161 쪽(내시경 카메라), 165 쪽(대장균, 대장균), 185 쪽(발광 다이오드), 191 쪽(시간의 단면, 금지된 재현), 192 쪽(도라 마르의 초상, 줄에 매인 개의 움직임), 200 쪽(의견 내는 두 사람), 205 쪽(비눗방울): 게티이미지코리아
- ▶ 139 쪽(카메라 렌즈), 146 쪽(공작새, 비눗방울, 비눗방울 배경, 나비, 기름막), 148 쪽(노트북), 154 쪽(반도체 생산, 웨이퍼 검사), 155 쪽(웨이퍼), 160 쪽(CCD), 161 쪽(우주 망원경, 자동차, 후방 카메라), 166 쪽(배경, 망토), 167 쪽(연구원), 173 쪽(GPS), 189 쪽(우주 배경), 190 쪽(우주 배경), 191 쪽(모니터), 194 쪽(태양 전지), 200 쪽(가상 이미지): 셔터스톡
- ▶ 149 쪽(여러 가지 물질의 굴절률): Halliday 외 2 명, 『Fundamentals of Physics 12th』, Wiley, 2021.
- ▶ 166 쪽(투명 메타 물질): <https://innovationtoronto.com/2021/06/optical-cloaking-and-invisibility-from-fiction-toward-a-technological-reality/>
- ▶ 166 쪽(메타 물질 굴절): <https://blog.metamaterial.com/what-are-metamaterials/>
- ▶ 204 쪽(현미경 상): <https://www.atriainnovation.com/en/scanning-electron-microscopy-uses/>
- ▶ 205 쪽(에서의 상대성): <https://scgp.stonybrook.edu/archives/34475/>

부록

- ▶ 207 쪽(국제단위계), 208 쪽(SI 접두어, 중요 물리 상수): 한국표준과학연구원, 『국제단위계 제9판』, 2019.
- ▶ 208 쪽(중요 물리 상수): Halliday 외 2 명, 『Fundamentals of Physics 12th』, Wiley, 2021.

※ 집필진의 직접 집필인 경우 출처를 밝히지 않았음.  
 ※ 출처 표시를 안 한 사진 및 삽화 등은 저작자 및 발행사에서 저작권을 가지고 있는 경우임.

## 구성과 특징

- ▶ 4 쪽: <https://qr.mirae-n.com/c/6j20mk5q57>

## I 힘과 에너지

- ▶ 16 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/jx6i8411al>
- ▶ 24 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/ta8d575tg2>
- ▶ 32 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/904iqg9hwo>
- ▶ 36 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/3482he1ts5>
- ▶ 53 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/17660sbvb2>
- ▶ 54 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/7721moi1el>  
(Phet를 활용함)
- ▶ 58 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/7zg924f757>
- ▶ 60 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/bxnax5e43t>
- ▶ 63 쪽: <https://www.energy.or.kr/front/conts/105005003001000.do>

## II 전기와 자기

- ▶ 79 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/2gmc7sh5a3>
- ▶ 84 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/r041897a94>
- ▶ 92 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/vtyumri92t>
- ▶ 96 쪽: <https://www.kfe.re.kr/>
- ▶ 97 쪽: <https://www.career.go.kr/cnet/front/base/job/jobView.do?SEQ=911>
- ▶ 104 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/7uu506v8h0>
- ▶ 114 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/b855idxc1v>
- ▶ 120 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/s0q9sp3m58>

## III 빛과 물질

- ▶ 140 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/55zn095v31>
- ▶ 142 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/b83tj549rj>
- ▶ 148 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/8t66xa0nt0>
- ▶ 152 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/58sxi3t6zo>
- ▶ 156 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/coi6919zt0>
- ▶ 159 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/9omr4km480>
- ▶ 167 쪽: <https://www.career.go.kr/cnet/front/base/job/jobView.do?SEQ=10036>
- ▶ 175 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/ev7883210v>
- ▶ 184 쪽: <https://qr.mirae-n.com/v/695ax927m8>

집필진	약력
권경필 (집필진 대표)	(현) 경인교육대학교 과학교육과 교수 단국대학교 물리학과 졸업, 서울대학교 대학원 과학교육과 석사, 서울대학교 대학원 과학교육과 박사
강태욱	(현) 고려대학교사범대학부속고등학교 교사 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업, 서울대학교 대학원 과학교육과 석사
이세연	(현) 명덕고등학교 교사 충북대학교 사범대학 물리교육과 졸업, 충북대학교 대학원 물리교육과 석사, 단국대학교 대학원 물리교육과 박사
박가영	(현) 경기여자고등학교 교사 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업, 서울대학교 대학원 과학교육과 석사
조현국	(현) 단국대학교 과학교육과 교수 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업, 서울대학교 대학원 과학교육과 박사
김태은	(현) 경기고등학교 교사 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업, 서울대학교 대학원 과학교육과 석사

### 단원별 집필진

I. 힘과 에너지	1. 힘과 운동	이세연
	2. 에너지와 열	박가영
II. 전기와 자기	1. 전기장과 전기 에너지	김태은
	2. 전기와 자기의 상호작용	강태욱
III. 빛과 물질	1. 빛과 물질의 이중성	권경필
	2. 물질과 시공간의 세계	조현국

## 검정심의회

위원장

간사

연구위원

검정위원

## 한국과학창의재단

개발 책임	하남규
편집	오진경 서규석 이은주 최은재 제정화
디자인 책임	손현지
디자인	김기욱 장병진 (주)디자인컴퍼니
삽화	송진업 오진욱 윤재국 김예원 조성호 김희겸 박지연 김윤재 모먼트시리즈
사진 촬영	필름피아
실험 기자재 협조	세원과학사

교육부의 위탁을 받아 한국과학창의재단이 검정 심사를 하였음.

## 고등학교 물리학

초판 발행	2025. 3. 1.	정가	원
지은이	권경필 외 5인		
발행인	(주)미래엔(서울특별시 서초구 신반포로 321)		
인쇄인	(주)미래엔(서울특별시 서초구 신반포로 321)		

이 교과서의 본문 용지는 우수 재활용 제품 인증을 받은 재활용 종이를 사용하였습니다.

교과서에 대한 문의 사항이나 의견이 있으신 분은 '교과서민원바로처리센터 (전화 1566-8572, [www.textbook114.com](http://www.textbook114.com) 또는 [www.교과서114.com](http://www.교과서114.com))'에 문의하여 주시기 바랍니다.

이 도서에 게재된 저작물에 대한 보상금은 문화체육관광부 장관이 정하는 기준에 의거  
사단법인 한국문학예술저작권협회(전화 02-2608-2800, [www.kolaa.kr](http://www.kolaa.kr))에서 저작권자에게 지급합니다.

내용 관련 문의	(주)미래엔 과학팀 전화 1800-8890 전송 02-541-8150
개별 구입 문의	<a href="mailto:mall.mirae-n.com">mall.mirae-n.com</a> (미래엔 도서몰) 전화 1800-8890