

수능 특강

과학탐구영역 **물리학I**

이 책의 차례 Contents

I 역학과 에너지

01	힘과 운동	6
02	운동량과 충격량	30
03	역학적 에너지 보존	43
04	열역학 법칙	58
05	시간과 공간	76

II 물질과 전자기장

06	물질의 전기적 특성	96
07	물질의 자기적 특성	125

III 파동과 정보 통신

08	파동의 성질과 활용	156
09	빛과 물질의 이중성	190

학생 EBS 교재 문제 검색
EBS 단추에서 문항코드나 사진으로 문제를 검색하면 푸러봇이 해설 영상을 제공합니다.

[22023-0001]
1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

※ EBS 사이트 및 모바일에서 이용이 가능합니다.
※ 사진 검색은 EBSi 고교강의 앱에서만 이용하실 수 있습니다.

교사 교사지원센터 교재 자료실
교재 문항 한글 문서(HWP)와 교재의 이미지 파일을 무료로 제공합니다.

교재 자료실

- 한글다운로드
- 교재이미지 활용
- 강의활용자료

※ 교사지원센터(<http://teacher.ebsi.co.kr>) 접속 후 '교사인증'을 통해 이용 가능

이 책의 구성과 특징 Structure

교육과정의 핵심 개념 학습과 문제 해결 능력 신장

[EBS 수능특강]은 고등학교 교육과정과 교과서를 분석·종합하여 개발한 교재입니다.

본 교재를 활용하여 대학수학능력시험이 요구하는 교육과정의 핵심 개념과 다양한 난이도의 수능형 문항을 학습함으로써 문제 해결 능력을 기를 수 있습니다. EBS가 심혈을 기울여 개발한 [EBS 수능특강]을 통해 다양한 출제 유형을 연습함으로써 대학수학능력시험 준비에 도움이 되기를 바랍니다.



총실한 개념 설명과 보충 자료 제공

1. 핵심 개념 정리

- 주요 개념을 요약·정리하고 탐구 상황에 적용하였으며, 보다 깊이 있는 이해를 돕기 위해 보충 설명과 관련 자료를 풍부하게 제공하였습니다.

탐구자료 살펴보기

주요 개념의 이해를 돕고 적용 능력을 기를 수 있도록 시험 문제에 자주 등장하는 탐구 상황을 소개하였습니다.

과학 돋보기

개념의 통합적인 이해를 돕는 보충 설명 자료나 배경 지식, 과학사, 자료 해석 방법 등을 제시하였습니다.

2. 개념 체크 및 날개 평가

- 본문에 소개된 주요 개념을 요약·정리하고 간단한 퀴즈를 제시하여 학습한 내용을 갈무리하고 점검할 수 있도록 구성하였습니다.



단계별 평가를 통한 실력 향상

[EBS 수능특강]은 문제를 수능 시험과 유사하게 **2점 수능 테스트**와 **3점 수능 테스트**로 구분하여 제시하였습니다.

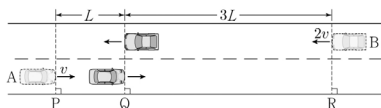
2점 수능 테스트는 필수적인 개념을 간략한 문제 상황으로 다루고 있으며, 3점 수능 테스트는 다양한 개념을 복잡한 문제 상황이나 탐구 활동에 적용하였습니다.

I

역학과 에너지

2022학년도 대수능 6월 모의평가 12번

12. 그림과 같이 등가속도 직선 운동을 하는 자동차 A, B가 기준선 P, R를 각각 v , $2v$ 의 속력으로 동시에 지난 후, 기준선 Q를 동시에 지난다. P에서 Q까지 A의 이동 거리는 L 이고, R에서 Q까지 B의 이동 거리는 $3L$ 이다. A, B의 가속도의 크기와 방향은 서로 같다.

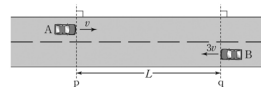


A의 가속도의 크기는? [3점]

- ① $\frac{3v^2}{16L}$ ② $\frac{3v^2}{8L}$ ③ $\frac{3v^2}{4L}$ ④ $\frac{9v^2}{8L}$ ⑤ $\frac{4v^2}{3L}$

2022학년도 EBS 수능특강 22쪽 04번

04 [21023-0024] 그림과 같이 직선 도로에서 자동차 A가 기준선 p를 속력 v 로 통과하는 순간, 자동차 B는 기준선 q를 속력 $3v$ 로 통과한다. A, B는 등가속도 직선 운동을 하며, A가 q를 속력 $3v$ 로 통과하는 순간, B는 p를 속력 v 로 통과한다. p, q 사이의 거리는 L 이다.



A, B의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기는 무시한다.)

- 보기
 ㄱ. A, B의 가속도의 방향은 같다.
 ㄴ. A, B가 스치는 순간, A의 속력은 $2v$ 이다.
 ㄷ. A, B가 스칠 때까지, q로부터 B가 이동한 거리는 $\frac{3}{5}L$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

6월 모의평가 12번 문항은 수능특강 22쪽 4번 문항과 연계하여 출제되었다. 등가속도 직선 운동을 하는 두 물체 A, B의 운동에서 처음 속력과 나중 속력으로 평균 속력을 구한 후 이동 거리를 비교하는 상황은 동일하다. 다만 수능특강 22쪽 4번에서는 동일한 이동 거리와 가속도의 크기를 통해 A와 B의 이동 거리를 비교하는 문항으로 출제되었지만, 6월 모의평가 12번에서는 A, B의 평균 속력으로 A, B의 이동 거리와 가속도의 크기를 연립하여 A의 가속도의 크기를 구하는 문항으로 출제되었다.

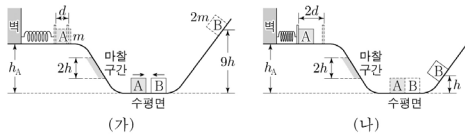
학습 대책

등가속도 직선 운동은 매년 출제되는 개념이며, 등속 직선 운동과 비교하는 문항, 역학적 에너지 보존 법칙과 연계된 문항으로 출제될 가능성이 높다. 등가속도 직선 운동에서 평균 속력은 처음 속력과 나중 속력의 중간값임을 적용한 문항, 가속도의 크기와 이동 거리 사이의 관계를 묻는 문항 등 다양한 문제 상황에서 출제된다. 따라서 개념에 대한 단순한 이해와 공식 적용을 넘어 핵심 개념을 정확하게 이해하고, 연계 교재를 통해 다양한 문제 상황을 접하면서 스스로 문제를 재구성하여 해결하는 학습을 하면 많은 도움이 될 것이다.

수능 _ EBS 교재 연계 사례

2022학년도 대학수학능력시험 20번

20. 그림 (가)와 같이 높이 h_A 인 평면에서 물체 A로 용수철을 원래 길이에서 d 만큼 압축시킨 후 가만히 놓고, 물체 B를 높이 $9h$ 인 지점에 가만히 놓으면, A와 B는 수평면에서 서로 같은 속력으로 충돌한다. 충돌 후 그림 (나)와 같이 A는 용수철을 원래 길이에서 최대 $2d$ 만큼 압축시키고, B는 높이 h 인 지점에서 속력이 0이 된다. A, B는 질량이 각각 $m, 2m$ 이고, 면을 따라 운동한다. A는 빗면을 내려갈 때 높이차가 $2h$ 인 마찰 구간에서 등속도 운동하고, 마찰 구간을 올라갈 때 손실된 역학적 에너지는 내려갈 때와 같다.

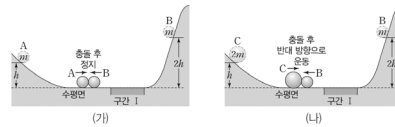


h_A 는? (단, 용수철의 질량, 물체의 크기, 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $7h$ ② $\frac{13}{2}h$ ③ $6h$ ④ $\frac{11}{2}h$ ⑤ $\frac{9}{2}h$

2022학년도 EBS 수능특강 55쪽 03번

03. [21023-0073]
그림 (가)와 같이 질량이 m 으로 같은 물체 A와 B를 각각 수평면으로부터 높이 $h, 2h$ 인 지점에 가만히 놓았다면 B는 역학적 에너지가 감소하는 구간 1을 지나 A와 수평면에서 충돌한 후 정지한다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 질량이 $2m$ 인 물체 C로 바꾸어 C와 B를 각각 높이 $h, 2h$ 인 지점에 가만히 놓았을 때, B가 1을 지난 후 C와 충돌하는 것을 나타낸 것이다. 충돌 후 B와 C는 충돌 전과 각각 반대 방향으로 운동하며 C가 올라가는 최고점의 높이는 $\frac{1}{16}h$ 이고, (가)와 (나)에서 충돌 전과 후 B가 1을 지나는 동안 B의 역학적 에너지 감소량은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, A, B, C의 크기 및 구간 1을 제외한 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
 ㄱ. (가)에서 B가 1을 지나는 동안 감소하는 B의 역학적 에너지는 mgh 이다.
 ㄴ. (나)에서 충돌 후, C의 속력은 $\sqrt{\frac{gh}{8}}$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 충돌 후, B가 올라가는 최고점의 높이는 $\frac{5}{4}h$ 이다.
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 20번 문항은 수능특강 55쪽 3번 문항과 연계하여 출제되었다. 퍼텐셜 에너지 일부가 운동 에너지로 전환되고, 마찰에 의해 역학적 에너지 손실이 발생하며, 두 물체의 충돌과 충돌 후 두 물체가 반대 방향으로 운동하는 두 문항의 상황이 동일하다. 따라서 수능특강과 수능 문항 모두 에너지 보존과 운동량 보존 법칙을 적용해야 한다. 다만 수능특강 55쪽 3번 문항의 (가)에서는 A와 B, (나)에서는 B와 C의 충돌 상황과 마찰 구간이 수평면에 있는 것으로 표현되었지만, 수능 20번 문항에서는 A와 B의 충돌 전과 후의 상황을 (가)와 (나)로 표현했으며 마찰 구간이 빗면에 있는 것으로 표현되었다. 또 수능 문항은 탄성 퍼텐셜 에너지까지 고려해야 한다는 점에서 보다 고난도 문제라고 할 수 있다.

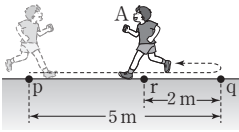
학습 대책

역학과 에너지 단원에서 에너지 보존 법칙을 적용하는 문항은 물체의 중력 퍼텐셜 에너지, 탄성 퍼텐셜 에너지, 운동 에너지, 마찰에 의한 에너지 손실을 고려하는 형태로 매년 출제되므로 연계 교재에서 출제되는 다양한 역학 상황에 대한 문항을 학습하면서 수능에 대비해야 한다. 또 열역학 법칙 단원에서 압력-부피 그래프만 주로 출제되었지만 2022학년도 수능에서는 부피-절대 온도 그래프가 출제되었으므로 부피-절대 온도, 압력-절대 온도 그래프에 대한 문항도 학습이 필요하다.

개념 체크

- **이동 거리:** 물체가 이동한 경로의 길이이다.
- **변위:** 처음 위치에서 나중 위치까지의 위치 변화량이다.
- **속력:** 단위 시간(1초) 동안의 이동 거리이다.
- **속도:** 단위 시간(1초) 동안의 변위이다.
- **가속도:** 단위 시간(1초) 동안의 속도 변화량이다.

[1~2] 그림은 수평면 위에서 직선 운동하는 학생 A가 수평면 위의 점 p, q, r를 차례로 통과하는 것을 나타낸 것이다. p에서 q를 지나 r까지 운동하는 데 걸리는 시간은 10초이고, p와 q 사이의 거리와, q와 r 사이의 거리는 각각 5 m, 2 m이다.



1. p에서 q를 지나 r까지 운동하는 동안 A의 이동 거리는 (), 변위의 크기는 ()이다.
2. p에서 q를 지나 r까지 운동하는 동안 A의 평균 속력은 (), 평균 속도의 크기는 ()이다.
3. 직선상에서 2 m/s의 속력으로 운동하던 물체가 일정한 가속도로 운동하여 3초 후 같은 방향으로 속력이 8 m/s일 때, 물체의 가속도의 크기는 ()이다.

정답

1. 7 m, 3 m
2. 0.7 m/s, 0.3 m/s
3. 2 m/s²

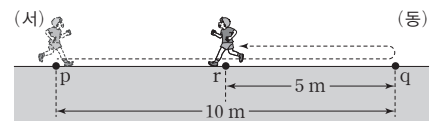
1 여러 가지 운동

(1) 운동의 표현

- ① **운동:** 물체의 위치가 시간에 따라 변하는 것을 운동이라고 한다.
- ② **이동 거리와 변위**
 - 이동 거리: 물체가 이동한 경로의 길이로, 크기만 있고 방향이 없는 물리량이다.
 - 변위: 처음 위치에서 나중 위치까지의 위치 변화량으로, 크기와 방향이 있는 물리량이다. 변위의 크기는 처음 위치와 나중 위치를 이은 직선 거리이고, 변위의 방향은 처음 위치에서 나중 위치를 향하는 방향이다.

과학 돋보기 이동 거리와 변위

- 사람이 수평면 위의 점 p에서 q를 지나 r까지 운동할 때,
- 사람의 이동 거리는 15 m이고, 변위는 동쪽으로 5 m이다.
 - 한 방향으로 운동하는 경우: 이동 거리 = 변위의 크기
 - 운동 방향이 바뀌는 경우: 이동 거리 > 변위의 크기



- ③ **속력:** 단위 시간(1초) 동안 이동 거리를 속력이라고 하며, 물체의 빠르기를 나타낸다.

$$\text{속력} = \frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}} \quad [\text{단위: m/s}]$$

- 평균 속력: 전체 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 값이다.

- ④ **속도:** 단위 시간(1초) 동안 변위를 속도라고 하며, 물체의 빠르기와 운동 방향을 함께 나타낸다.

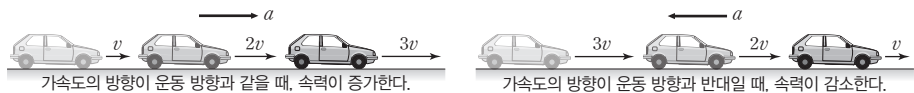
$$\text{속도} = \frac{\text{변위}}{\text{걸린 시간}} \quad [\text{단위: m/s}]$$

- 평균 속도의 크기: 전체 변위의 크기를 걸린 시간으로 나눈 값이다.

- ⑤ **가속도:** 단위 시간(1초) 동안 속도 변화량을 가속도라고 한다. 가속도는 속도 변화량을 걸린 시간으로 나눈 값으로, 크기와 방향을 함께 나타낸다.

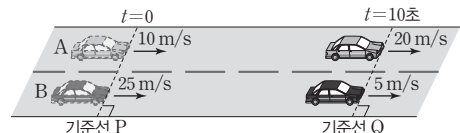
$$\text{가속도} = \frac{\text{속도 변화량}}{\text{걸린 시간}} = \frac{\text{나중 속도} - \text{처음 속도}}{\text{걸린 시간}} \quad [\text{단위: m/s}^2]$$

- 가속도의 방향과 속력: 물체가 직선상에서 운동할 때, 가속도의 방향이 운동 방향과 같으면 속력이 증가하고, 가속도의 방향이 운동 방향과 반대이면 속력이 감소한다.



과학 돋보기 가속도의 크기와 방향

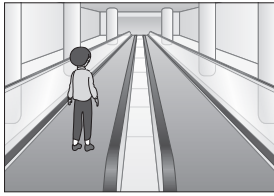
그림은 자동차 A, B가 t=0일 때 기준선 P를 각각 10 m/s, 25 m/s의 속력으로 동시에 통과한 후, t=10초 일 때 기준선 Q를 각각 20 m/s, 5 m/s의 속력으로 동시에 통과하는 것을 나타낸 것이다. P에서 Q까지 운동하는



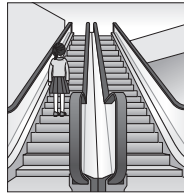
동안 A의 가속도 $a_A = \frac{20 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2$, B의 가속도 $a_B = \frac{5 \text{ m/s} - 25 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -2 \text{ m/s}^2$ 이다. B의 가속도에서 '-'은 운동 방향과 반대 방향을 의미하며, 가속도의 크기는 B가 A의 2배이지만 B의 가속도의 방향이 운동 방향과 반대이므로 B의 속력은 감소한다.

(2) 운동의 분류

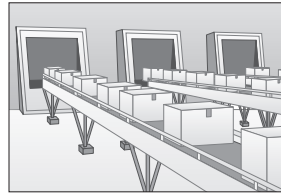
① 등속 직선 운동: 물체의 속도가 일정한 운동을 등속 직선 운동이라고 한다. 물체의 빠르기와 운동 방향은 변하지 않으며, 등속도 운동이라고도 한다.



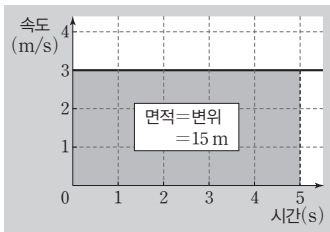
무빙워크



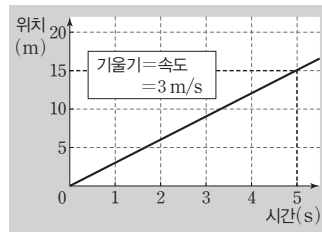
에스컬레이터



컨베이어 벨트

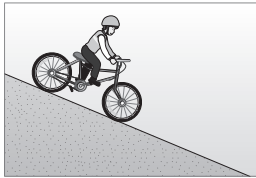


속도-시간 그래프

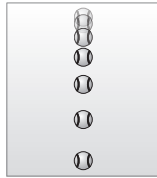


위치-시간 그래프

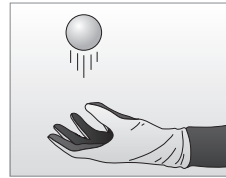
② 속력만 변하는 운동: 물체의 운동 방향은 변하지 않고 빠르기만 변하는 가속도 운동이다.



언덕을 내려오는 자전거



아래로 떨어지는 공



위로 던져 올라가는 공

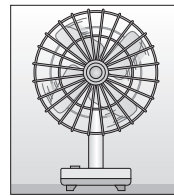
③ 운동 방향만 변하는 운동: 물체의 빠르기는 변하지 않고 운동 방향만 변하는 가속도 운동이다.



회전 관람차

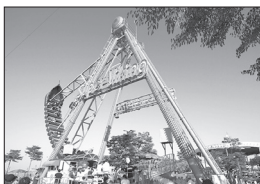


회전 그네

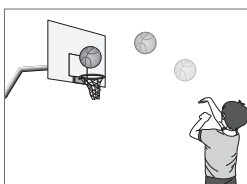


선풍기의 날개

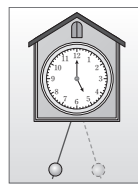
④ 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동: 일상생활에서 보는 대부분의 물체의 운동으로, 속력과 운동 방향이 함께 변하는 가속도 운동이다.



바이킹



비스듬히 던진 공



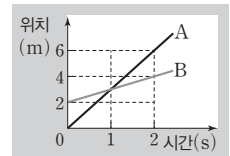
시계추

개념 체크

- 등속 직선 운동: 물체의 운동 방향과 속력이 일정한 운동이다.
- 가속도 운동: 속도(속력)나 운동 방향이 변하는 운동이다.

1. 등속 직선 운동을 하는 물체의 이동 거리는 변위의 크기(와 같고, 보다 크고, 보다 작고), 물체의 속력은 속도의 크기(와 같다, 보다 크다, 보다 작다).

[2~3] 그림은 등속 직선 운동을 하는 물체 A와 B의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다.



- A의 속력은 ()이고, B의 속력은 ()이다.
- A, B의 위치가 같은 순간은 ()일 때이다.
- 마찰이 없는 빗면 위에 가만히 놓은 물체가 빗면의 끝까지 운동하는 동안 물체의 ()은/는 변하고, 물체의 ()은/는 변하지 않는다.

정답

- 와 같고, 와 같다
- 3 m/s, 1 m/s
- 1초
- 빠르기(속력), 운동 방향

개념 체크

- 등가속도 직선 운동: 직선상에서 속도가 일정하게 변하는 운동이다.
- 등가속도 직선 운동에서 속도와 시간의 관계: $v = v_0 + at$
- 등가속도 직선 운동에서 변위와 시간의 관계: $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

1. 등속 원운동을 하는 물체의 운동은 빠르기가 (일정하고, 변하고) 운동 방향이 (일정한, 변하는) 운동이다.

2. $t=0$ 일 때 2m/s의 속력으로 운동하던 자동차가 운동 방향이 일정한 등가속도 직선 운동을 하여 $t=4$ 초일 때 속력이 18 m/s가 되었을 때, 이 자동차의 가속도의 크기는 ()이다.

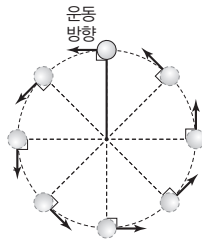
3. 정지해 있던 자동차가 크기가 3 m/s^2 인 가속도로 등가속도 직선 운동을 하기 시작하여 4초 동안 이동한 거리는 ()이다.

정답

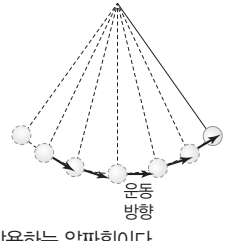
1. 일정하고, 변하는
2. 4 m/s^2
3. 24 m

과학 돋보기 등속 원운동과 진자 운동

- 등속 원운동을 하는 물체의 운동 방향은 원의 접선 방향으로 매 순간 변하고, 빠르기는 항상 일정하다.
- 원의 중심 방향으로 힘(구심력)이 작용하여 가속도의 방향 역시 원의 중심 방향이다.



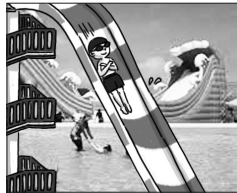
- 진자 운동을 하는 물체는 운동 방향과 빠르기가 매 순간 변하는 운동으로 양 끝점에서의 속력은 0이고, 진동 중심에서의 속력이 가장 크다.
- 중력과 실이 물체에 작용하는 힘의 합력이 물체에 작용하는 알짜힘이다.



탐구자료 살펴보기 물체의 운동 분류하기

자료

다음은 속도가 일정하지 않은 여러 가지 물체의 운동 사례이다.



(가) 직선 물미끄럼틀을 따라 내려오는 사람



(나) 직선 레일을 따라 들어와 멈추는 기차



(다) 일정한 빠르기로 도는 회전목마



(라) 휘어진 레일을 따라 내려오는 롤러코스터



(마) 그네를 타는 아이



(바) 휘어진 전송대 위의 물건

분석

- ① 운동 방향은 변하지 않고 속력만 변하는 운동: (가), (나)
- ② 속력은 변하지 않고 운동 방향만 변하는 운동: (다), (바)
- ③ 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동: (라), (마)

point

- 속력만 변하는 운동은 직선 경로를 따라 운동하며, 속력이 증가하거나 감소한다.
- 물체가 곡선 경로를 따라 운동하는 경우에는 물체의 운동 방향이 변한다.
- ①, ②, ③은 모두 속도가 변하는 운동이므로 가속도 운동이다.

(3) 등가속도 직선 운동: 기울기가 일정한 빗면을 따라 내려가는 물체의 운동과 같이 직선상에서 속도가 일정하게 변하는 운동으로, 가속도가 일정한 직선 운동이다.

- ① 속도와 시간의 관계: 처음 속도를 v_0 , 나중 속도를 v , 걸린 시간을 t 라고 하면 속도 변화량이 $v - v_0$ 이므로 가속도 a 는 $a = \frac{v - v_0}{t}$ 이다. 따라서 나중 속도 v 는 다음과 같다. $\Rightarrow v = v_0 + at$
- ② 변위와 시간의 관계: 속도-시간 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 면적은 변위이다. 따라서 시간에 따른 변위 s 는 다음과 같다. $\Rightarrow s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

개념 체크

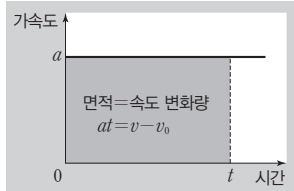
- 등가속도 직선 운동에서 속도와 변위의 관계: $2as = v^2 - v_0^2$
- 등가속도 직선 운동에서의 평균 속도: 처음 속도(v_0)와 나중 속도(v)의 중간값이다.

③ 속도와 변위의 관계: ①에서 $t = \frac{v - v_0}{a}$ 을 ②의 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에 대입하면 속도와 변위의 관계는 다음과 같다. $\Rightarrow 2as = v^2 - v_0^2$

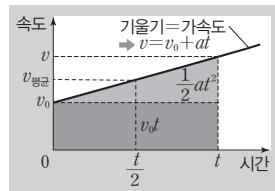
④ 평균 속도: 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 평균 속도는 처음 속도와 나중 속도의 중간값이다.

$$v_{\text{평균}} = \frac{v_0 + v}{2}$$

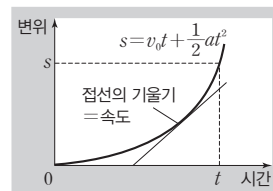
⑤ 등가속도 직선 운동의 그래프



가속도-시간 그래프



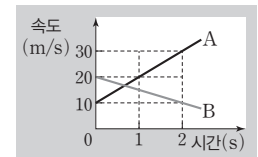
속도-시간 그래프



변위-시간 그래프

1. 2 m/s의 속력으로 운동하던 자동차가 운동 방향이 일정한 등가속도 직선 운동을 하여 16 m를 이동한 순간 속력이 6 m/s라고 할 때, 자동차의 가속도의 크기는 ()이다.

[2~4] 그림은 동일한 직선 상에서 등가속도 직선 운동을 하는 자동차 A, B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 0 초일 때 A와 B는 같은 지점을 지난다.



2. A와 B의 가속도의 크기는 각각 (), ()이다.

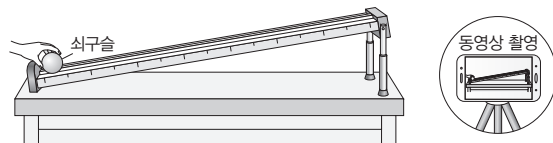
3. 2초일 때, A와 B 사이의 거리는 ()이다.

4. 0초부터 2초까지 평균 속도의 크기는 A가 B의 ()배이다.

탐구자료 살펴보기 속력이 감소하는 등가속도 직선 운동

과정

- (1) 빗면과 쇠구슬을 준비한다.
- (2) 쇠구슬이 빗면 위 방향으로 올라갈 수 있도록 쇠구슬을 살짝 밀어준다.
- (3) 쇠구슬이 빗면에서 최고점에 올라갈 때까지의 운동을 휴대 전화를 사용해 동영상 촬영한다.
- (4) 동영상 분석 프로그램을 이용하여 쇠구슬의 위치를 0.1초 간격으로 기록한다.



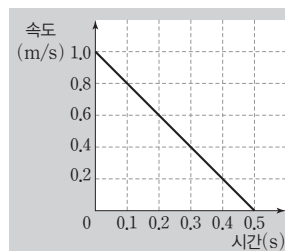
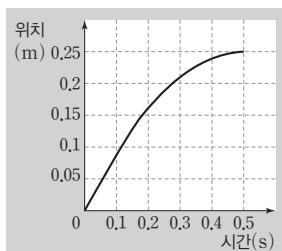
결과

시간(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
위치(m)	0	0.09	0.16	0.21	0.24	0.25
구간 속도(m/s)		0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
속도 변화량의 크기(m/s)		0.2	0.2	0.2	0.2	

• 0.1초 동안 쇠구슬의 속도의 크기는 0.2 m/s씩 감소하고 있으므로 쇠구슬은 가속도의 방향이 운동 방향과 반대이고, 가속도의 크기가 2 m/s²로 일정한 등가속도 직선 운동을 한다.

point

- 쇠구슬이 빗면을 따라 운동하는 동안 속력이 일정하게 감소하는 등가속도 직선 운동을 한다.
- 쇠구슬의 위치-시간 그래프와 속도-시간 그래프는 다음과 같다.



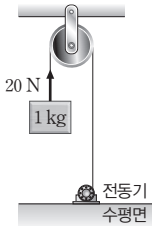
정답

1. 1 m/s²
2. 10 m/s², 5 m/s²
3. 10 m
4. $\frac{4}{3}$

개념 체크

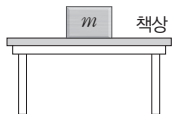
- **힘**: 물체의 모양이나 운동 상태를 변화시키는 원인이다.
- **알짜힘(합력)**: 물체에 작용하는 모든 힘을 합한 것이다.
- **힘의 평형**: 물체에 작용하는 알짜힘이 0인 경우이다.

1. 그림은 전동기를 사용해 질량이 1 kg인 물체에 연직 위 방향으로 20 N의 힘을 작용하여 당기고 있는 것을 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량은 무시한다.)



물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 () 방향이고, 크기는 ()이다.

[2~3] 그림과 같이 질량이 m 인 물체가 수평한 책상면에 놓여 있다. (단, 중력 가속도는 g 이다.)



2. 물체에 작용하는 알짜힘은 ()이다.
3. 책상면이 물체를 떠받치는 힘의 크기는 ()이다.

정답

1. 연직 위, 10 N
2. 0
3. mg

2 힘

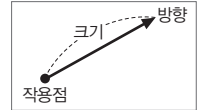
(1) **힘**: 물체의 모양이나 운동 상태를 변화시키는 원인을 힘이라고 한다.

① 힘의 표시: 힘의 3요소(힘의 크기, 힘의 방향, 힘의 작용점)로 나타낸다.

② 힘의 단위: N(뉴턴)을 사용한다.

• 1 N은 질량이 1 kg인 물체를 1 m/s^2 으로 가속시키는 힘이다.

→ $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$



힘의 표시

(2) **힘의 합성**

① **알짜힘(합력)**: 한 물체에 여러 힘이 작용할 때 물체에 작용한 모든 힘을 합한 것을 합력 또는 알짜힘이라고 한다.

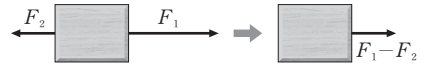
② **힘의 합성**

• 같은 방향의 두 힘의 합성: 합력의 크기는 두 힘의 크기의 합과 같고, 방향은 두 힘의 방향과 같다.

• 반대 방향의 두 힘의 합성: 합력의 크기는 두 힘의 크기의 차와 같고, 방향은 크기가 큰 힘의 방향과 같다.



같은 방향의 두 힘



반대 방향의 두 힘

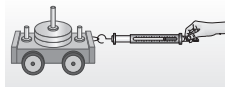
(3) **힘의 평형**: 한 물체에 작용하는 힘들의 합력이 0일 때, 이 힘들이 서로 평형을 이룬다고 하며, 물체는 힘의 평형 상태에 있다.

- ① 정지해 있거나 등속 직선 운동(등속도 운동)을 하는 물체는 힘의 평형 상태에 있다.
- ② 한 물체에 작용하는 두 힘의 크기가 같고 방향이 반대이면 두 힘은 평형을 이룬다.

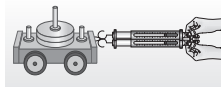
탐구자료 살펴보기 한 물체에 두 힘이 나란하게 작용할 때 합력 구하기

과정

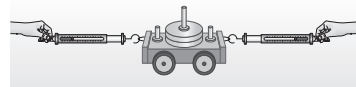
- (1) 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 1개의 용수철저울을 수레에 연결하여 용수철저울의 눈금이 1 N인 상태를 유지하며 수레를 수평 방향으로 당기면서 수레의 운동 상태를 관찰한다.
- (2) 그림 (나)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 2개의 용수철저울을 수레에 같은 방향으로 연결하여 각 용수철저울의 눈금이 1 N인 상태를 유지하며 수레를 수평 방향으로 당기면서 수레의 운동 상태를 관찰한다.
- (3) 그림 (다)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 2개의 용수철저울을 수레에 반대 방향으로 연결하여 각 용수철저울의 눈금이 1 N인 상태를 유지하며 수레를 수평 방향으로 당기면서 수레의 운동 상태를 관찰한다.



(가)



(나)



(다)

결과

• (가), (나), (다)에서 수레에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각 1 N, 2 N, 0이다.

point

- 한 물체에 작용하는 두 힘의 방향이 같으면 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 두 힘의 크기를 더한 것과 같다.
- 한 물체에 작용하는 두 힘의 방향이 반대이고, 그 크기가 같으면 두 힘은 평형을 이룬다.

3 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙)

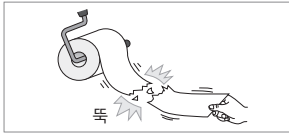
(1) **관성:** 물체가 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질을 말한다.

- ① 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있으려는 성질이 있다.
- ② 운동하는 물체는 계속 같은 속도로 운동하려는 성질이 있다.
- ③ 질량이 클수록 운동 상태를 변화시키기 어려우며 관성이 크다.

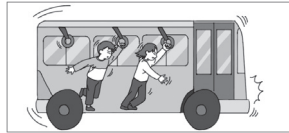
탐구자료 살펴보기 관성에 의한 현상

자료

그림 (가)~(라)는 일상생활에서 볼 수 있는 여러 현상을 나타낸 것이다.



(가) 휴지를 갑자기 잡아당기면 휴지가 풀리지 않고 끊어진다.



(나) 달리던 버스가 갑자기 멈추면 승객들이 앞으로 넘어진다.



(다) 망치 자루를 바닥에 내리치면 망치머리가 자루에 단단히 박힌다.



(라) 동전이 올려진 종이를 재빠르게 치면 종이만 빠져나오고 동전은 컵안으로 떨어진다.

분석

- (가), (라)는 정지해 있는 상태를 계속 유지하려고 하기 때문에 나타나는 현상이다.
- (나), (다)는 운동하던 상태를 계속 유지하려고 하기 때문에 나타나는 현상이다.

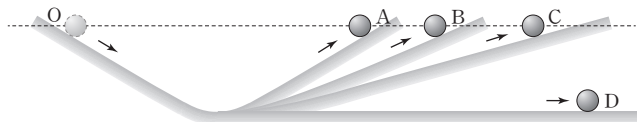
point

- 물체는 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질이 있다.

(2) **뉴턴 운동 제1법칙:** 물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때, 정지해 있는 물체는 계속 정지해 있고, 운동하는 물체는 계속 등속 직선 운동을 한다. 이것을 뉴턴 운동 제1법칙 또는 관성 법칙이라고 한다.

과학 돋보기 갈릴레이의 사고 실험

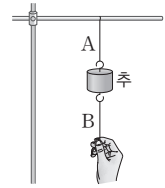
갈릴레이는 그림과 같이 물체가 운동하는 데 아무런 저항이 없다면 O에서 가만히 놓은 물체는 반대편 경사면의 O와 같은 높이 A, B, C까지 올라간다고 생각하였다. 만약 반대편 경사면이 D와 같이 수평이 되면 물체는 수평면을 따라 계속 운동하게 된다. 갈릴레이는 물체에 아무런 힘이 작용하지 않아도 물체가 계속 등속도 운동을 하는 것은 물체가 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질(관성)을 가지기 때문이라고 생각하였다.



개념 체크

- **관성:** 물체가 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질이다. 물체의 질량이 클수록 관성이 크다.
- **뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙):** 물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때 물체는 자신의 운동 상태를 계속 유지한다.

1. 그림에서 갑자기 실을 당기면 추의 아래쪽 실(B)이 끊어진다.



이와 같은 현상은 추가 ()해 있는 상태를 계속 유지하려고 하는 ()으로 설명할 수 있다.

2. 그림과 같이 삽에 흙을 퍼서 삽을 앞으로 내밀다가 멈추면 흙이 앞으로 날아간다.



이와 같은 현상은 흙이 ()하던 상태를 계속 유지하려고 하는 ()으로 설명할 수 있다.

3. 물체에 작용하는 알짜힘이 ()일 때, 정지해 있는 물체는 계속 ()해 있고, 운동하는 물체는 계속 ()을 한다.

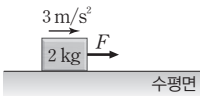
정답

1. 정지, 관성
2. 운동, 관성
3. 0, 정지, 등속 직선 운동

개념 체크

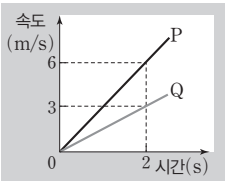
- **알짜힘과 가속도의 관계:** 물체의 질량이 일정할 때, 가속도는 알짜힘에 비례한다.
- **질량과 가속도의 관계:** 물체에 작용하는 알짜힘이 일정할 때, 가속도는 질량에 반비례한다.

1. 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에서 질량이 2 kg 인 물체에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용하였다. 물체가 3 m/s^2 의 일정한 가속도로 운동한다.



F 는 ()이다.

[2~3] 그림은 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 2 kg인 물체에 수평 방향으로 크기가 각각 F , $2F$ 인 힘을 작용하였을 때 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. P, Q는 힘의 크기가 F 일 때와 $2F$ 일 때를 순서 없이 나타낸 것이다.



2. ()는 힘의 크기가 F 일 때, ()는 힘의 크기가 $2F$ 일 때를 나타낸 것이다.

3. F 는 ()이다.

정답

1. 6 N
2. Q, P
3. 3 N

4 뉴턴 운동 제2법칙(가속도 법칙)

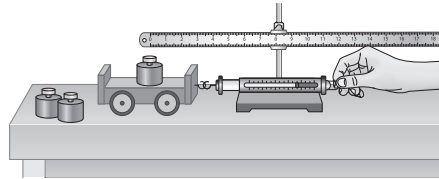
탐구자료 살펴보기 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

과정

- (1) 그림과 같이 장치하고 수레에 수평 방향으로 크기가 1 N인 힘을 작용하며 수레의 운동을 동영상으로 촬영한다.
- (2) 수레에 작용하는 힘의 크기를 2 N, 3 N, ...으로 변화시키면서 수레의 운동을 동영상으로 촬영한다.
- (3) 수레 위에 올려놓은 추의 개수를 1개씩 증가시키면서 수레의 운동을 동영상으로 촬영한다.
- (4) 동영상 분석 프로그램을 이용하여 수레의 위치를 0.1초 간격으로 기록하여 수레의 가속도를 구한다.



동영상 촬영



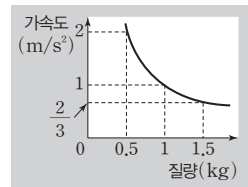
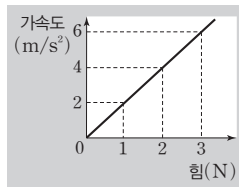
결과

• 수레를 당기는 힘이 일정할 때, 수레는 속도가 일정하게 증가하는 등가속도 운동을 한다.

(수레와 추의 질량의 합: 0.5 kg, 수레를 당기는 힘: 1 N)

시간(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
위치(m)	0	0.01	0.04	0.09	0.16	0.25
구간 속도(m/s)		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
가속도(m/s ²)		2	2	2	2	

- 수레를 당기는 힘의 크기가 커질수록 수레의 가속도의 크기는 증가한다.
- 수레의 질량이 커질수록 수레의 가속도의 크기는 감소한다.



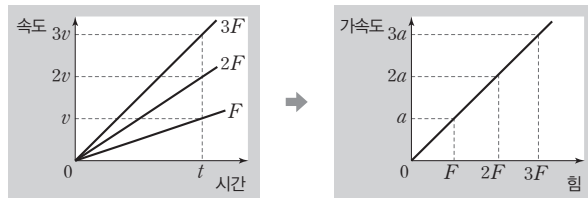
point

• 가속도의 크기는 질량이 일정하면 힘의 크기에 비례하고, 힘의 크기가 일정하면 질량에 반비례한다.

(1) 가속도와 힘 및 질량의 관계

① 힘과 가속도의 관계: 질량을 일정하게 유지하고 알짜힘을 2배, 3배, ...로 증가시키면 속도-시간 그래프의 기울기(가속도)는 2배, 3배, ...로 증가한다.

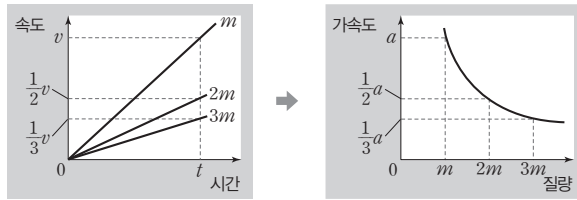
➔ 질량(m)이 일정하면 가속도(a)는 알짜힘(F)에 비례한다. [$a \propto F$ (m : 일정)]



힘과 가속도의 관계 그래프(질량: 일정)

② 질량과 가속도의 관계: 알짜힘을 일정하게 유지하고 질량을 2배, 3배, ...로 증가시키면 속도-시간 그래프의 기울기(가속도)는 $\frac{1}{2}$ 배, $\frac{1}{3}$ 배, ...로 감소한다.

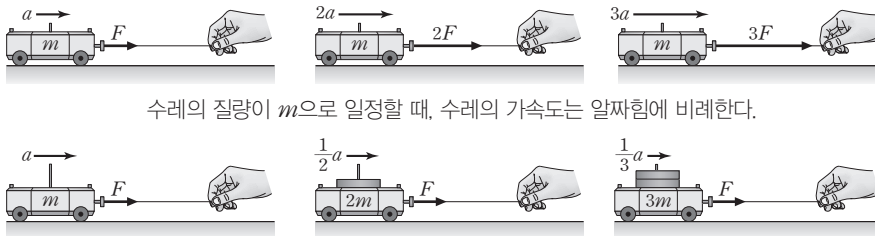
→ 힘(F)이 일정하면 가속도(a)는 질량(m)에 반비례한다. [$a \propto \frac{1}{m}$ (F : 일정)]



질량과 가속도의 관계 그래프(힘: 일정)

(2) 뉴턴 운동 제2법칙: 가속도는 물체에 작용하는 알짜힘에 비례하고 질량에 반비례하는데, 이를 뉴턴 운동 제2법칙 또는 가속도 법칙이라고 한다. 가속도의 방향은 작용하는 알짜힘의 방향과 같다.

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



수레의 질량이 m 으로 일정할 때, 수레의 가속도는 알짜힘에 비례한다.

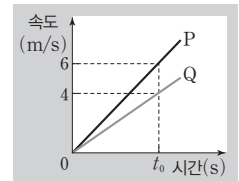
수레에 작용하는 알짜힘이 F 로 일정할 때, 수레의 가속도는 질량에 반비례한다.

개념 체크

● 뉴턴 운동 제2법칙(가속도 법칙): 가속도는 물체에 작용하는 알짜힘에 비례하고, 질량에 반비례한다.

● 힘(F), 질량(m), 가속도(a)의 관계: $F = ma$

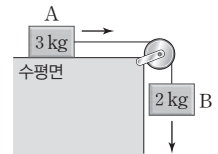
[1~2] 그림은 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 각각 2 kg, 3 kg인 물체 A, B에 수평 방향으로 크기가 6 N인 힘을 작용하였을 때 A, B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. P, Q는 A, B의 속도를 순서 없이 나타낸 것이다.



1. ()는 A, ()는 B의 속도를 나타낸 것이다.

2. t_0 은 ()이다.

[3~4] 그림과 같이 질량이 각각 3 kg, 2 kg인 물체 A, B를 실로 연결하여 A를 수평면 위에 놓았더니 A, B는 각각 등가속도 직선 운동을 한다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)



3. A의 가속도의 크기는 ()이다.

4. 실이 B를 당기는 힘의 크기는 ()이다.

정답

1. P, Q 2. 2
3. 4 m/s^2 4. 12 N

과학 돋보기 운동 방정식($F=ma$)의 적용

여러 물체가 함께 운동하여 가속도의 크기가 같은 경우, 하나의 물체처럼 생각하여 다음과 같이 물체의 가속도를 구한다.

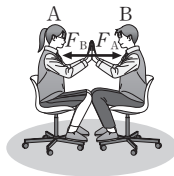
- ① 함께 운동하는 물체들의 질량을 모두 더한다.
- ② 운동하는 물체들에게 작용하는 외력만을 모두 더한다(물체들 사이에 상호 작용 하는 힘은 포함시키지 않는다).
- ③ 한 물체처럼 생각하여 가속도는 $\frac{\text{외력의 총합}}{\text{질량의 총합}}$ 으로 구한다.

<p>(1) </p> <p style="text-align: center;">↓ A와 B를 하나의 물체처럼 생각한다.</p> <p style="text-align: center;"></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">가속도: $a = \frac{F}{m_A + m_B}$</p> </div> <p style="font-size: small;">(1)에서 A가 B를 미는 힘의 크기(또는 B가 A를 미는 힘의 크기) $f = \frac{m_B}{m_A + m_B} F$</p> <p style="font-size: small;">(2)에서 실이 A(또는 B)를 당기는 힘의 크기 $T = \frac{m_A}{m_A + m_B} F$</p>	<p>(2) </p> <p style="text-align: center;">↓ A와 B를 하나의 물체처럼 생각한다.</p> <p style="text-align: center;"></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">가속도: $a = \frac{m_A}{m_A + m_B} g$</p> </div> <p style="font-size: small;">실이 A(또는 B)를 당기는 힘의 크기 $T = \frac{m_A m_B}{m_A + m_B} g$</p>	<p>(3) </p> <p style="text-align: center;">↓ A와 B를 하나의 물체처럼 생각한다.</p> <p style="text-align: center;"></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">가속도: $a = \frac{m_B - m_A}{m_A + m_B} g$</p> </div> <p style="font-size: small;">실이 A(또는 B)를 당기는 힘의 크기 $T = \frac{2m_A m_B}{m_A + m_B} g$</p>
--	--	---

개념 체크

- **작용 반작용:** 힘은 항상 쌍으로 작용하며, A가 B에게 작용한 힘(F_{AB})을 작용이라고 하면, B가 A에게 작용한 힘(F_{BA})은 반작용이라고 한다.
- **뉴턴 운동 제3법칙(작용 반작용 법칙):** 작용과 반작용은 항상 크기가 같고 방향은 반대이다.

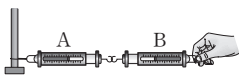
[1~2] 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에서 학생 A, B가 바퀴가 달린 의자 위에서 손바닥을 마주 대고, A는 B를 크기가 F_A 인 힘으로, B는 A를 크기가 F_B 인 힘으로 밀어준다.



1. A에 작용하는 알짜힘의 크기는 ()이다.

2. B에 작용하는 알짜힘의 크기는 ()이다.

[3~4] 그림과 같이 2개의 동일한 용수철저울 A, B를 연결하고, B의 눈금이 2 N을 가리키도록 당긴다.



3. A가 B를 당기는 힘의 반작용은 ()이다.

4. A의 눈금이 가리키는 측정값은 ()이다.

정답

1. $F_A + F_B$
2. $F_A + F_B$
3. B가 A를 당기는 힘
4. 2 N

5 뉴턴 운동 제3법칙(작용 반작용 법칙)

탐구자료 살펴보기 두 물체 사이에 작용하는 힘

과정 1

- (1) 그림 (가)와 같이 바퀴 달린 의자에 가까이 앉은 두 학생이 팔을 굽혀 손바닥을 마주 대고 한 학생이 다른 학생을 밀어 본다.
- (2) 그림 (가)에서 두 학생이 동시에 서로 밀어 본다.
- (3) 그림 (나)와 같이 바퀴 달린 의자에 떨어져 앉은 두 학생이 줄의 양 끝을 잡고 한 학생이 다른 학생을 당겨 본다.
- (4) 그림 (나)에서 두 학생이 동시에 서로 당겨 본다.

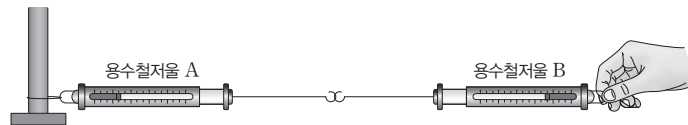


결과

- 과정 (1), (2)에서 두 학생은 모두 서로 반대 방향으로 밀려난다.
- 과정 (3), (4)에서 두 학생은 모두 서로 반대 방향으로 끌려온다.

과정 2

- (1) 그림과 같이 2개의 동일한 용수철저울 A, B를 연결한다.



- (2) 용수철저울 B의 눈금이 1 N을 가리키도록 오른쪽으로 당기면서 용수철저울 A의 눈금을 측정한다.
- (3) 용수철저울 B를 2 N, 3 N, 4 N의 힘으로 당기면서 용수철저울 A의 눈금을 측정한다.

결과

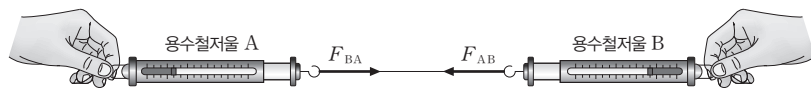
- A의 측정값과 B의 측정값은 같다.
- A가 B를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘의 방향은 반대이다.

point

- 두 물체 사이에 작용하는 힘은 크기는 서로 같고, 방향은 서로 반대 방향이다.

(1) **작용 반작용:** 힘은 두 물체 사이의 상호 작용으로 항상 쌍으로 작용한다. 쌍으로 작용하는 두 힘의 크기는 같고 방향은 반대이다. 즉, 물체 A와 물체 B가 상호 작용 하였을 때, A가 B에 작용하는 힘(F_{AB})과 동시에 B가 A에 작용하는 힘(F_{BA})이 있다. 이때 F_{AB} 를 작용이라고 하면, F_{BA} 는 반작용이라고 한다. 상호 작용 하는 두 힘 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

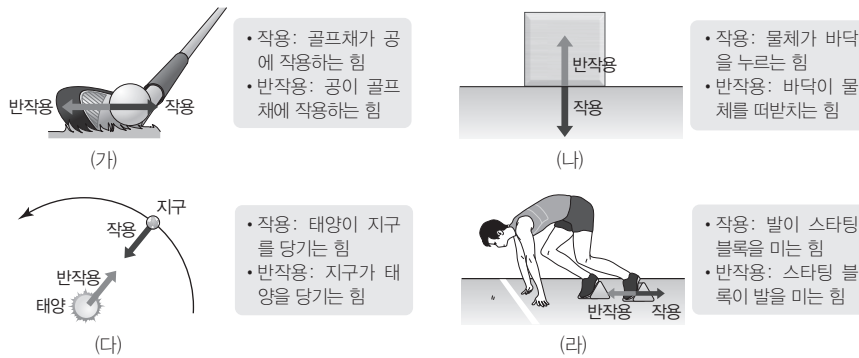


(2) **뉴턴 운동 제3법칙:** 작용과 반작용은 항상 크기가 같고 방향은 반대이다. 이를 뉴턴 운동 제3법칙 또는 작용 반작용 법칙이라고 한다.

탐구자료 살펴보기 여러 가지 상호 작용

자료

그림 (가)~(라)는 두 물체 사이에 상호 작용 하는 힘을 화살표로 표시한 것이다.



분석

- 힘은 항상 쌍으로 작용한다.
- 작용과 반작용을 나타낸 두 화살표의 길이는 같고 방향은 반대이다.

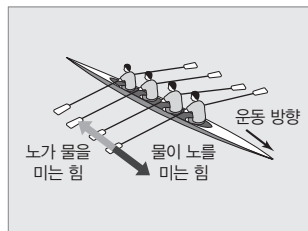
point

- 작용 반작용인 두 힘의 크기는 서로 같고, 방향은 서로 반대 방향이다.
- 작용 반작용 법칙은 두 물체가 서로 접촉해 있든 접촉해 있지 않든 모두 성립한다.

(3) 작용 반작용의 예



① 로켓이 가스를 분출하며 날아간다.



② 노를 저어 배가 앞으로 나아간다.



③ 달이 지구 주위를 공전한다.

과학 돋보기 작용 반작용과 두 힘의 평형

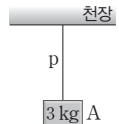
두 물체 사이의 상호 작용으로 나타나는 두 힘은 작용 반작용 관계라 하고, 한 물체에 작용하는 두 힘의 합력이 0일 때 두 힘은 힘의 평형 관계라고 한다. 작용 반작용인 두 힘과 힘의 평형을 이루는 두 힘은 서로 크기가 같고 방향이 반대이지만, 작용 반작용인 두 힘은 작용점이 다르고, 힘의 평형을 이루는 두 힘은 작용점이 같다.

구분	작용 반작용인 두 힘	힘의 평형을 이루는 두 힘
공통점	두 힘의 크기가 같고 방향이 반대이다.	
차이점	<ul style="list-style-type: none"> • 두 힘이 서로 다른 물체에 작용한다. • 두 힘은 합성할 수 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 두 힘 모두 한 물체에 작용한다. • 두 힘을 합성하면 알짜힘이 0이다.

개념 체크

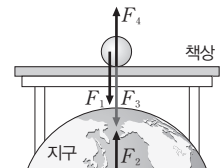
- 작용 반작용의 관계: 두 힘의 작용점은 서로 상호 작용 하는 각각의 물체에 있고, 크기는 같고 방향은 반대이다.
- 두 힘의 평형 관계: 두 힘의 작용점은 한 물체에 있고, 크기는 같고 방향은 반대이므로 두 힘의 합력은 0이다.

[1~2] 그림과 같이 질량이 3 kg인 물체 A가 실 p에 연결되어 천장에 매달려 정지해 있다. (단, 중력 가속도는 10 m/s² 이고 실의 질량은 무시한다.)



1. A에 작용하는 중력과 힘의 평형 관계에 있는 힘은 ()이다.
2. p가 A를 당기는 힘의 크기는 ()이다.

[3~4] 그림은 책상 위에 놓인 물체와 책상, 지구 사이에 상호 작용 하는 힘을 나타낸 것이다.



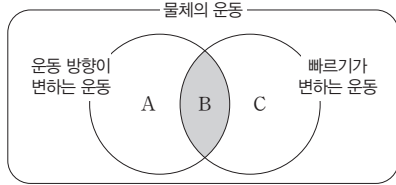
F_1 : 물체에 작용하는 중력
 F_2 : 물체가 지구를 당기는 힘
 F_3 : 물체가 책상면을 누르는 힘
 F_4 : 책상면이 물체를 떠받치는 힘

3. 작용 반작용 관계에 있는 힘들은 F_1 과 (), F_3 과 ()이다.
4. 평형 관계에 있는 두 힘은 ()와/과 ()이다.

정답

1. p가 A를 당기는 힘
2. 30 N
3. F_2, F_4
4. F_1, F_4

01 [22023-0001] 그림은 물체의 운동을 분류한 것으로, A는 운동 방향만 변하는 운동, B는 운동 방향과 빠르기가 모두 변하는 운동, C는 빠르기만 변하는 운동을 나타낸 것이다.

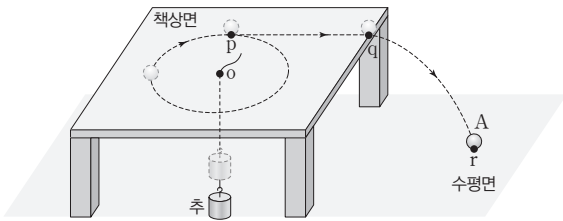


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 일정한 빠르기로 회전하는 선풍기 날개의 운동은 A에 해당한다.
 - ㄴ. 그네를 타고 왕복 운동하는 사람의 운동은 B에 해당한다.
 - ㄷ. 연직 위로 던진 공의 최고점까지의 운동은 C에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0002] 그림은 추와 연결된 실에 매달려 수평한 책상면에서 점 o를 중심으로 등속 원운동 하던 물체 A가 점 p에 도달하는 순간 실이 끊어져 책상면의 끝 지점 q를 지나 수평면 위의 점 r에 도달하는 것을 나타낸 것이다.

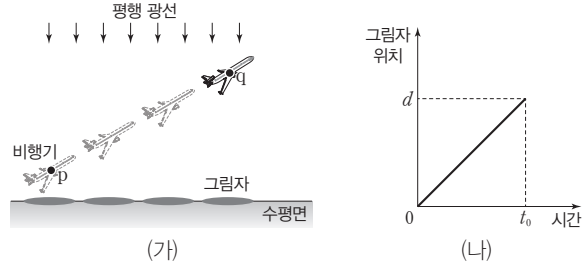


A의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 등속 원운동 하는 동안, 운동 방향은 일정하다.
 - ㄴ. p에서 q까지 운동하는 동안, 빠르기는 일정하다.
 - ㄷ. q에서 r까지 운동하는 동안, 운동 방향과 A에 작용하는 알짜힘의 방향은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 [22023-0003] 그림 (가)는 비행기가 시간 $t=0$ 일 때 점 p를 통과한 순간부터 $t=t_0$ 일 때 점 q에 도달할 때까지 직선 운동하는 비행기에 수평면에 수직인 방향으로 평행 광선을 비추어 수평면에 그림자가 생기는 것을, (나)는 (가)에서 비행기의 그림자 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다.

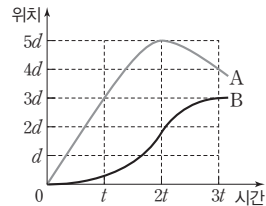


비행기가 p에서 q까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 비행기의 크기는 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 그림자의 평균 속력은 $\frac{d}{t_0}$ 이다.
 - ㄴ. 변위의 크기는 비행기가 그림자보다 크다.
 - ㄷ. 비행기는 속력이 일정하게 증가하는 운동을 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22023-0004] 그림은 동일 직선상에서 운동하는 물체 A, B의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다.

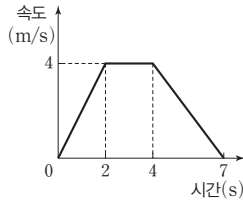


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. t 일 때, A와 B의 운동 방향은 같다.
 - ㄴ. $2t$ 일 때, 속력은 A가 B보다 크다.
 - ㄷ. 0부터 $3t$ 까지 평균 속력은 A가 B의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

05 [22023-0005] 그림은 직선 운동하는 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



보기

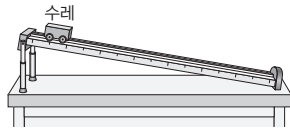
- ㄱ. 0초부터 4초까지 이동 거리는 12 m이다.
- ㄴ. 5초일 때 가속도의 크기는 $\frac{4}{3} \text{ m/s}^2$ 이다.
- ㄷ. 0초일 때와 7초일 때의 위치는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22023-0006] 다음은 물체의 운동을 분석하기 위한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 빗면에서 직선 운동하는 수레를 디지털 카메라로 동영상 촬영한다.



(나) 동영상 분석 프로그램을 이용하여 0.2초 간격으로 수레의 위치를 기록한다.

[실험 결과]

시간(s)	0	0.2	0.4	0.6	0.8
위치(m)	0	0.1	0.4	㉠	1.6

○ 수레는 가속도의 크기가 $\text{㉡} \text{ m/s}^2$ 인 등가속도 직선 운동을 한다.

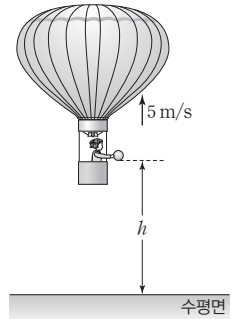
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 0.9이다.
- ㄴ. 0.3초일 때 수레의 속력은 1 m/s이다.
- ㄷ. ㉡은 2이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

07 [22023-0007] 그림은 연직 위 방향으로 일정한 속력 5 m/s로 운동하는 열기구 안에서 있는 사람이 들고 있던 물체의 높이가 시간 $t=0$ 일 때 h 인 것을 나타낸 것이다. $t=0$ 일 때 들고 있던 물체를 가만히 놓았더니 $t=3$ 초일 때 물체는 수평면에 도달한다.



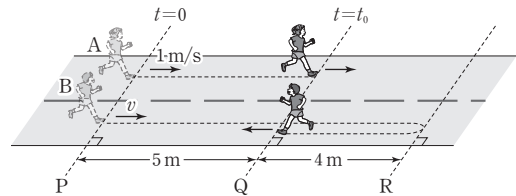
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기 및 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $t=0.5$ 초일 때 물체의 운동 방향이 바뀐다.
- ㄴ. $t=0$ 부터 $t=1$ 초까지 물체의 변위는 0이다.
- ㄷ. $h=30 \text{ m}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22023-0008] 그림과 같이 시간 $t=0$ 일 때 직선 도로를 따라 등속도 운동을 하는 학생 A와 등가속도 운동을 하는 학생 B가 각각 1 m/s, v 의 속력으로 기준선 P를 동시에 통과한 후, $t=t_0$ 일 때 A가 기준선 Q를 통과하는 순간, B는 기준선 R까지 운동하고 되돌아와 Q를 A와 반대 방향으로 통과한다. P와 Q 사이의 거리, Q와 R 사이의 거리는 각각 5 m, 4 m이다.



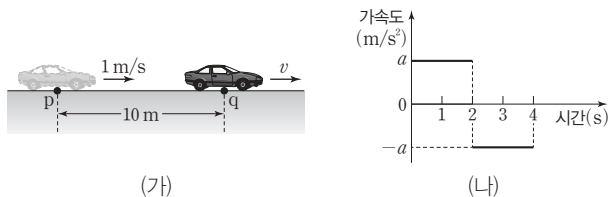
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기는 무시한다.)

보기

- ㄱ. $t_0=5$ 초이다.
- ㄴ. $v=6 \text{ m/s}$ 이다.
- ㄷ. $t=t_0$ 일 때, 속력은 B가 A의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [22023-0009] 그림 (가)는 직선 운동하는 자동차의 모습을 나타낸 것이다. 자동차의 속력은 0초일 때 점 p에서 1 m/s, 4초일 때 점 q에서 v 이고, p와 q 사이의 거리는 10 m이다. 그림 (나)는 자동차의 가속도를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

- 보기
- ㄱ. $v=3$ m/s이다.
 - ㄴ. 1초일 때 가속도의 크기는 1.5 m/s²이다.
 - ㄷ. 3초일 때 자동차의 위치는 p로부터 8.5 m 떨어진 지점이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 [22023-0010] 다음은 동일한 직선 도로에 정지해 있다가 시간 $t=0$ 일 때 같은 방향으로 운동을 시작하는 자동차 A, B의 운동을 설명한 것이다.

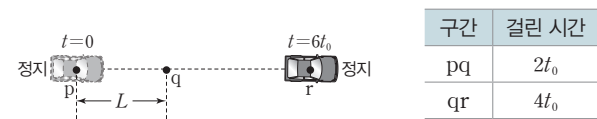
- 기준선에 정지해 있던 A는 $t=0$ 부터 $t=5$ 초까지 크기가 2 m/s²인 일정한 가속도로 속력이 증가한 후, 등속 직선 운동을 한다.
- 기준선에서 50 m만큼 앞선 지점에 정지해 있던 B는 $t=0$ 부터 $t=5$ 초까지 크기가 4 m/s²인 일정한 가속도로 속력이 증가한 후, $t=5$ 초부터 크기가 2 m/s²인 일정한 가속도로 속력이 감소하는 운동을 하다가 운동 방향을 반대로 바꾸어 되돌아오는 등가속도 직선 운동을 한다.

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

- 보기
- ㄱ. $t=5$ 초일 때 A와 B 사이의 거리는 100 m이다.
 - ㄴ. $t=10$ 초일 때 A와 B의 속력은 서로 같다.
 - ㄷ. $t=20$ 초일 때 A와 B가 처음으로 만난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

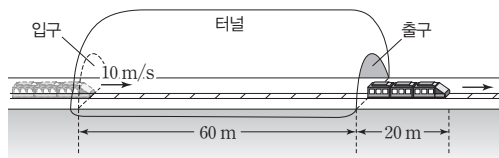
11 [22023-0011] 그림은 시간 $t=0$ 일 때 점 p에 정지해 있던 자동차가 점 q를 지나 $t=6t_0$ 일 때 점 r에 도달하여 정지한 것을 나타낸 것으로, 자동차는 구간 pq, qr에서 각각 등가속도 직선 운동을 한다. p, q, r은 일직선상의 점이고 p와 q 사이의 거리는 L 이다. 표는 각 구간을 운동하는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다.



자동차가 $t=t_0$ 부터 $t=4t_0$ 까지 이동한 거리는? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

- ① $\frac{7}{4}L$ ② $2L$ ③ $\frac{9}{4}L$ ④ $\frac{5}{2}L$ ⑤ $\frac{11}{4}L$

12 [22023-0012] 그림과 같이 시간 $t=0$ 일 때 기차의 앞쪽 끝이 속력 10 m/s로 터널의 입구를 통과한 순간부터 $t=5$ 초일 때 기차의 뒤쪽 끝이 터널 출구를 통과할 때까지 등가속도 직선 운동을 한다. 기차와 터널의 길이는 각각 20 m, 60 m이다.



$t=0$ 부터 $t=5$ 초까지 기차의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 이동 거리는 80 m이다.
 - ㄴ. $t=5$ 초일 때 속력은 20 m/s이다.
 - ㄷ. 가속도의 크기는 2 m/s²이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

13 [2023-0013] 그림은 물체가 수평



면 위의 점 p를 통과한 후 등가속도 직선 운동을 하여 점 q, r를 지나 점 s에 정지한 것을 나타낸 것이다. p, q, r, s 사이의 간격은 모두 같다.

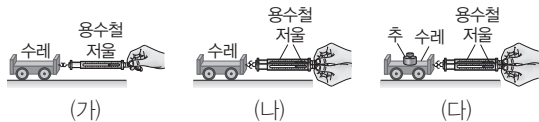
q, r에서 물체의 속력이 각각 v_q, v_r 라고 할 때, $\frac{v_q}{v_r}$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

- ① $\sqrt{2}$ ② $\sqrt{3}$ ③ 2 ④ 3 ⑤ 4

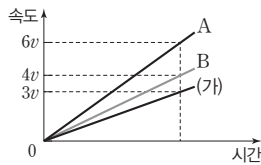
14 [2023-0014] 다음은 힘과 질량 및 가속도의 관계를 알아보는 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 수평면에 놓인 수레에 용수철저울을 연결하여 용수철저울의 눈금을 F 로 일정하게 유지하며 수평면과 나란하게 수레를 당긴다.
- (나) (가)에서 용수철저울 한 개를 더 연결해 나란한 두 개의 용수철저울의 눈금을 각각 F 로 일정하게 유지하며 수평면과 나란하게 수레를 당긴다.
- (다) (나)에서 수레 위에 추를 고정시킨 후 두 개의 용수철저울의 눈금을 각각 F 로 일정하게 유지하며 수평면과 나란하게 수레를 당긴다.
- (라) (가), (나), (다)에서 측정된 수레의 속도를 시간에 따라 나타낸다.



[실험 결과]

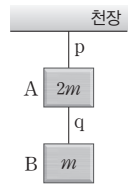


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A는 (나)의 실험 결과이다.
 - ㄴ. 수레에 작용하는 알짜힘의 크기는 (다)에서가 (가)에서의 2배이다.
 - ㄷ. 질량은 수레가 추의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

15 [2023-0015] 그림과 같이 물체 A, B가 실 p, q에 연결되어 정지해 있다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이다.

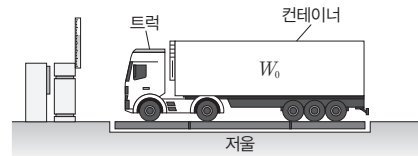


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. p가 A를 당기는 힘과 A에 작용하는 중력은 평형 관계이다.
 - ㄴ. q가 B를 당기는 힘과 B에 작용하는 중력은 작용 반작용 관계이다.
 - ㄷ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

16 [2023-0016] 그림은 도로에서 트럭과 컨테이너의 무게를 측정하여 과적 차량을 단속하는 것을 나타낸 것이다. 수평한 저울 위에 정지한 트럭에 올려진 컨테이너의 무게는 W_0 이고 저울의 측정값은 $2W_0$ 이다.

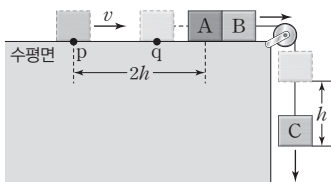


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 컨테이너가 트럭을 누르는 힘의 크기는 W_0 이다.
 - ㄴ. 컨테이너에 작용하는 중력과 트럭이 컨테이너를 떠받치는 힘은 작용 반작용 관계이다.
 - ㄷ. 트럭이 저울을 누르는 힘의 크기는 W_0 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

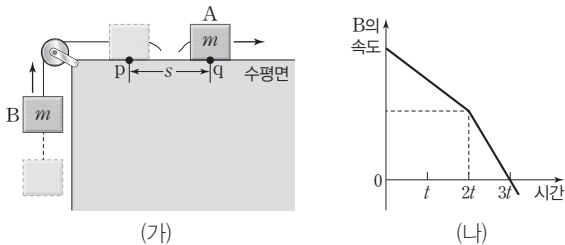
17 [22023-0017] 그림과 같이 일정한 속력 v 로 등속 직선 운동을 하는 물체 A가 수평면 위의 점 p를 통과하는 순간, 물체 C와 실로 연결된 물체 B를 수평면 위의 점 q에 가만히 놓았더니 등가속도 운동을 하는 C가 h 만큼 이동하였을 때, A와 B가 충돌하였다. A가 p를 통과한 순간부터 A와 B가 충돌할 때까지 A의 이동 거리는 $2h$ 이고, B와 C의 질량은 같다.



v 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기 및 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $\sqrt{\frac{gh}{2}}$ ② \sqrt{gh} ③ $\sqrt{2gh}$ ④ $\sqrt{3gh}$ ⑤ $2\sqrt{gh}$

18 [22023-0018] 그림 (가)는 물체 B와 실로 연결된 물체 A가 수평면 위의 점 p를 통과하여 등가속도 운동을 하다가 점 q에 도달하는 순간 B와 연결된 실이 끊어지는 것을 나타낸 것이다. A와 B의 질량은 m 으로 같고, p와 q 사이의 거리는 s 이다. 그림 (나)는 A가 p를 통과한 순간부터 B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이고, $2t$ 일 때 실이 끊어진다. B의 가속도 크기는 실이 끊어진 후가 끊어지기 전의 2배이다.

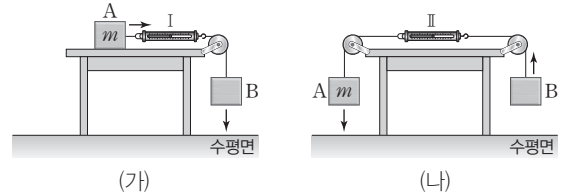


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, A와 B의 크기 및 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
 ㄱ. t 일 때, A의 가속도의 크기는 $\frac{1}{3}g$ 이다.
 ㄴ. t 일 때, 실이 B에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{1}{2}mg$ 이다.
 ㄷ. $s=3gt^2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [22023-0019] 그림 (가)와 같이 수평한 책상면 위에 놓인 질량이 m 인 물체 A가 용수철저울 I과 실로 물체 B에 연결되어 등가속도 운동을 한다. I에 측정된 힘의 크기는 $\frac{1}{3}mg$ 이다. 그림 (나)는 A, B가 용수철저울 II와 실에 연결되어 각각 연직 아래 방향, 연직 위 방향으로 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다.



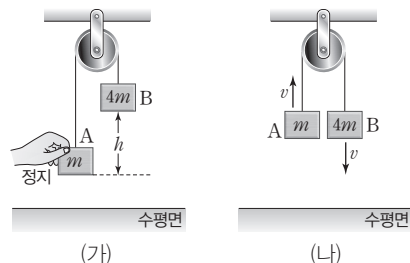
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실과 용수철저울의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. B의 질량은 $\frac{1}{3}m$ 이다.
 ㄴ. A의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
 ㄷ. II에 측정된 힘의 크기는 $\frac{2}{3}mg$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 [22023-0020] 그림 (가)는 질량이 각각 m , $4m$ 인 물체 A, B를 실로 연결한 후, A를 손으로 잡아 A와 B가 h 의 높이 차를 이루며 정지한 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 가만히 놓았더니 A, B가 운동을 하여 A, B의 높이가 같아진 순간 A, B의 속력이 v 인 것을 나타낸 것이다.

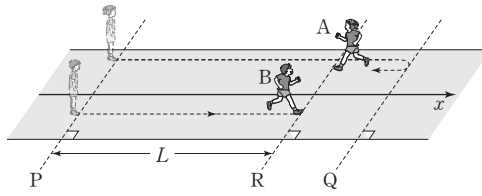


v 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, A와 B의 크기 및 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\sqrt{\frac{1}{5}gh}$ ② $\sqrt{\frac{2}{5}gh}$ ③ $\sqrt{\frac{3}{5}gh}$ ④ $\sqrt{\frac{4}{5}gh}$ ⑤ \sqrt{gh}

01 [2023-0021]

그림과 같이 x 축과 나란한 직선 도로에서 기준선 P에 정지해 있던 학생 A, B가 동시에 $+x$ 방향으로 출발한 후, A가 기준선 Q까지 운동하고 방향을 바꾸어 $-x$ 방향으로 운동하여 기준선 R에 도달하는 순간 B가 R에 처음으로 도달한다. A, B가 P에서 출발하여 R에 동시에 도달할 때까지 A, B의 평균 속력은 각각 $3v, 2v$ 이고, A가 P에서 Q까지 운동할 때의 평균 속력은 $5v$ 이다. P와 R 사이의 거리는 L 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기는 무시한다.)



같은 시간 동안 운동한 A, B의 평균 속력이 각각 $3v, 2v$ 이므로 이 시간 동안 이동한 거리는 A가 B의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

보기

- ㄱ. A, B가 P에서 출발하여 R에 동시에 도달할 때까지, 평균 속도의 크기는 A와 B가 같다.
- ㄴ. R와 Q 사이의 거리는 $\frac{1}{3}L$ 이다.
- ㄷ. A가 Q에서 R까지 운동하는 동안, A의 평균 속력은 v 이다.

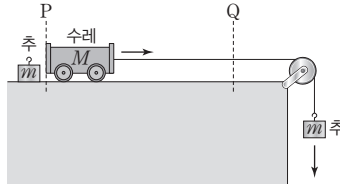
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [2023-0022]

다음은 힘과 가속도 사이의 관계를 알아보는 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 수평면 위의 기준선 P에 놓인 수레를 추와 도르래를 통해 실로 연결한 후 수레를 가만히 놓는다. 수레와 추의 질량은 각각 M, m 이다.
- (나) 수레가 P에서부터 기준선 Q까지 등가속도 직선 운동을 하는 동안 섀광 사진기를 이용하여 일정한 시간 간격 t_0 으로 수레의 위치를 촬영한다.
- (다) 실에 매달린 추의 개수를 바꾸어 가며 과정 (나)를 반복한다.



실에 매달린 추의 개수가 증가하면 수레에 작용하는 알짜 힘의 크기가 증가하여 수레의 가속도 크기는 증가하고, 같은 거리를 이동하는 데 걸리는 시간은 짧아진다.

[실험 결과]

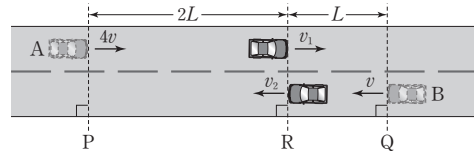
실험	추의 개수	실험 결과
I	1	
II	2	

$\frac{M}{m}$ 은? (단, 수레의 크기 및 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① 4 ② 5 ③ 6 ④ 7 ⑤ 8

A가 P에서 R까지 운동한 거리가 B가 Q에서 R까지 운동한 거리의 2배이므로 이 동안 평균 속도의 크기는 A가 B의 2배이고, A와 B의 가속도 방향이 같으므로 A는 속력이 감소하는 운동을, B는 속력이 증가하는 운동을 한다.

03 [22023-0023] 그림과 같이 직선 도로에서 자동차 A, B가 각각 $4v$, v 의 속력으로 기준선 P, Q를 동시에 통과한 후, 각각 도로와 나란하게 등가속도 운동을 하여 기준선 R에 동시에 도달한다. R에 도달하는 순간 A, B의 속력은 각각 v_1 , v_2 이고, A, B의 가속도 방향은 같고, 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다. P와 R 사이, R와 Q 사이의 거리는 각각 $2L$, L 이다.



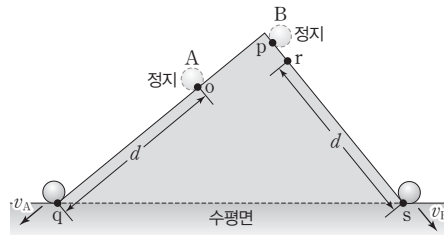
A, B가 각각 P, Q를 통과하여 R까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기는 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A의 가속도 방향은 A의 운동 방향과 반대이다.
 - ㄴ. $v_1 > v_2$ 이다.
 - ㄷ. B의 가속도 크기는 $\frac{2v^2}{3L}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

물체가 정지한 상태에서 등가속도 직선 운동을 하여 같은 시간 동안 이동한 거리는 가속도의 크기에 비례한다. 따라서 A, B가 각각 o, p에 놓인 순간부터 q, s에 도달할 때까지 A, B의 가속도의 크기는 각각 A, B가 이동한 거리에 비례한다.

04 [22023-0024] 그림과 같이 시간 $t=0$ 일 때, 경사각이 다른 빗면 위의 점 o, p에 물체 A, B를 동시에 가만히 놓았더니 A, B가 각각 등가속도 운동을 하여 $t=3t_0$ 일 때 빗면의 끝점 q, s에 각각 속력 v_A , v_B 로 동시에 도달한다. B는 $t=t_0$ 일 때 점 r를 통과하고 o와 q 사이의 거리와 r와 s 사이의 거리는 d 로 같다.



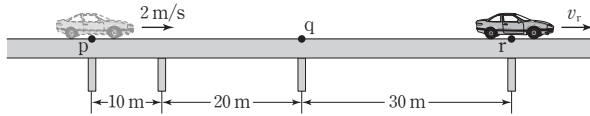
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기 및 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. p와 r 사이의 거리는 $\frac{1}{9}d$ 이다.
 - ㄴ. $\frac{v_B}{v_A} = \frac{9}{8}$ 이다.
 - ㄷ. 수평면으로부터의 높이는 p가 o의 $\frac{9}{8}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22023-0025]

그림과 같이 직선 다리 위에서 자동차가 등가속도 운동을 하여 교각 위의 점 p, q, r를 지나고 있다. 자동차가 p, r를 통과할 때의 속력은 각각 2 m/s , v_r 이다. 이웃한 교각 사이의 거리는 각각 10 m , 20 m , 30 m 이고, 자동차가 이웃한 교각 사이의 구간을 지나는 데 걸리는 시간은 같다.



p에서 r까지 자동차의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자동차의 크기 및 교각의 두께는 무시한다.)

보기

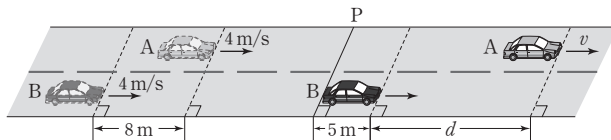
- ㄱ. $v_r = 14\text{ m/s}$ 이다.
- ㄴ. p에서 q까지 운동하는 데 걸리는 시간은 5초이다.
- ㄷ. 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

자동차가 이웃한 교각 사이의 구간을 지나는 데 걸리는 시간이 같으므로, 각 구간을 지나는 동안 자동차의 속도 증가량의 크기를 Δv 라고 할 때, q, r에서 자동차의 속력은 각각 $2 + 2\Delta v$, $2 + 3\Delta v$ 이다.

06 [22023-0026]

그림과 같이 직선 도로에서 자동차 A가 B보다 8 m 앞선 상태를 유지하며 A, B가 일정한 속력 4 m/s 로 도로와 나란하게 운동하다가 각각 기준선 P에 도달하는 순간부터 방향이 같고 크기가 a 인 같은 가속도로 등가속도 직선 운동을 한다. A가 P를 지나는 순간부터 3초 후 A의 속력이 v 가 되었을 때, B는 P로부터 거리가 5 m 인 지점을 지나가며 A는 B보다 d 만큼 앞서 있다.



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

보기

- ㄱ. $a = 2\text{ m/s}^2$ 이다.
- ㄴ. $v = 10\text{ m/s}$ 이다.
- ㄷ. $d = 12\text{ m}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

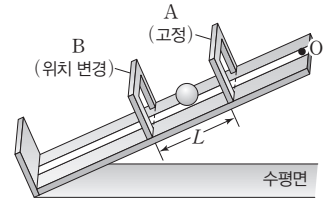
A가 P를 통과하고 2초가 지난 후 B가 P를 통과하므로 B가 P로부터 거리가 5 m 인 지점을 운동할 때는 B가 P를 통과한 순간부터 1초가 지났을 때이다.

물체가 장치 A를 통과하는 속력은 일정하고 실험 I, II, III에서 물체의 평균 속도의 크기는 각각 0.2 m/s , 0.3 m/s , $\frac{\text{㉠}}{30} \text{ m/s}$ 이다.

07 [22023-0027] 다음은 빗면에서 운동하는 물체의 가속도를 측정하는 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 수평면 위에 빗면과 시간 측정 장치 A, B를 설치한다.
- (나) A와 B 사이의 거리 L 을 측정한다.
- (다) 물체를 빗면 위의 점 O에 가만히 놓은 후, 등가속도 운동을 하는 물체가 A와 B 사이를 통과하는 데 걸리는 시간 t_{AB} 를 측정한다.
- (라) A는 고정한 채 B의 위치를 변경한 후, 과정 (나), (다)를 반복한다.



[실험 결과]

실험	$L(\text{cm})$	$t_{AB}(\text{초})$
I	2	0.1
II	6	0.2
III	㉠	0.3

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

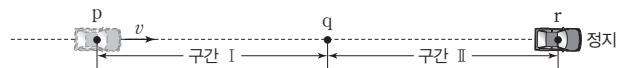
□ 보기 □

- ㄱ. 물체가 A를 통과할 때의 속력은 0.1 m/s 이다.
- ㄴ. 물체의 가속도 크기는 2 m/s^2 이다.
- ㄷ. ㉠은 12이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

구간 I, II의 길이가 같으므로 자동차가 I, II를 운동하는 데 걸리는 시간 t_I, t_{II} 는 각각 I, II에서 자동차의 평균 속도 크기에 반비례한다.

08 [22023-0028] 그림은 직선 경로를 따라 운동하는 자동차가 경로상의 점 p, q를 통과하여 점 r에 도달하여 정지하는 것을 나타낸 것이다. 자동차는 p를 속력 v 로 통과한 후 p에서 q까지의 구간 I, q에서 r까지의 구간 II에서 각각 운동 방향과 반대 방향의 가속도로 등가속도 운동을 한다. 자동차의 가속도 크기는 I에서 q에서 $\frac{16}{9}$ 배이고, I과 II의 길이는 같다.

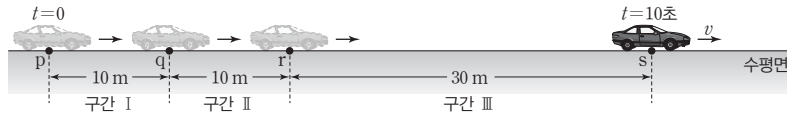


자동차가 I, II를 운동하는 데 걸리는 시간을 각각 t_I, t_{II} 라고 할 때, $\frac{t_{II}}{t_I}$ 은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{3}{8}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{5}{8}$ ⑤ $\frac{3}{4}$

09 [22023-0029]

그림은 시간 $t=0$ 일 때, 수평면 위의 점 p에 정지해 있던 자동차가 출발하여 직선 경로를 따라 점 q, r를 차례로 지나 $t=10$ 초일 때 점 s를 속력 v 로 통과하는 것을 나타낸 것이다. 자동차는 구간 I에서 등가속도 운동을, 구간 II에서 등속 직선 운동을, 구간 III에서 등가속도 운동을 하고, I과 III에서 가속도의 크기와 방향은 같다. I, II, III의 길이는 각각 10 m, 10 m, 30 m이다.



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

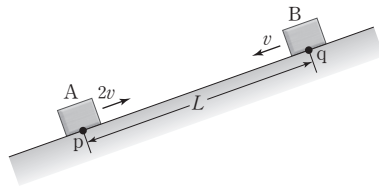
| 보기 |

- ㄱ. I에서 자동차의 평균 속력은 2.5 m/s이다.
- ㄴ. 구간을 통과하는 데 걸리는 시간은 I에서가 III에서보다 크다.
- ㄷ. $v=10$ m/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22023-0030]

그림은 시간 $t=0$ 일 때, 물체 A, B가 빗면 위에서 등가속도 직선 운동을 하며 점 p, q를 각각 $2v$, v 의 속력으로 동시에 통과하는 모습을 나타낸 것이다. p와 q 사이의 거리는 L 이다. A와 B가 충돌 직전, A와 B의 운동 방향은 서로 같고, 속력은 B가 A의 4배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기 및 모든 마찰은 무시한다.)

| 보기 |

- ㄱ. A와 B가 충돌하는 순간, A의 속력은 v 이다.
- ㄴ. A와 B가 충돌 전, B의 가속도 크기는 $\frac{9v^2}{L}$ 이다.
- ㄷ. A가 p를 통과한 후 B와 충돌할 때까지 이동한 거리는 $\frac{5}{18}L$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

자동차가 등가속도 직선 운동을 하여 구간 I을 지나는 데 걸리는 시간은 등속 직선 운동을 하여 구간 II를 지나는 데 걸리는 시간의 2배이다.

동일한 빗면에서 운동하는 A, B는 가속도가 같으므로 A, B가 각각 p, q를 통과한 후 충돌할 때까지 A, B의 속도 변화량은 서로 같고, 충돌하는 순간 A와 B의 운동 방향은 모두 빗면 아래 방향이다.

용수철이 물체를 당기는 힘과 저울의 바닥이 물체를 떠받치는 힘의 합력은 물체에 작용하는 중력과 평형을 이룬다. 이때 저울의 측정값은 저울의 바닥이 물체를 떠받치는 힘의 크기와 같다.

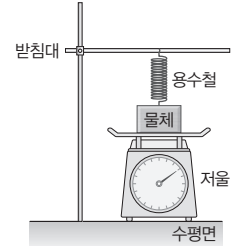
11 [22023-0031] 다음은 물체에 작용하는 힘을 분석하는 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 수평면 위에 놓인 저울에 용수철에 매달린 무게가 10 N인 물체를 올려 정지시킨다.
- (나) 용수철이 연결된 받침대를 이용하여 용수철의 늘어난 길이를 변화시키며 저울에 측정된 값을 기록한다.

[실험 결과]

용수철의 늘어난 길이(cm)	저울의 측정값(N)
1	8
2	㉠
㉡	2



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

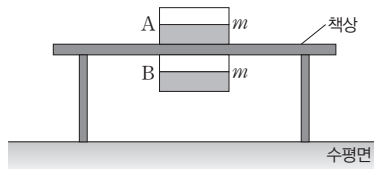
보기

- ㄱ. 용수철의 늘어난 길이가 1 cm일 때, 물체에 작용하는 알짜힘은 8 N이다.
- ㄴ. ㉠은 6이다.
- ㄷ. ㉡은 4이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A가 B에 작용하는 자기력과 B가 A에 작용하는 자기력은 크기가 서로 같고, 방향은 서로 반대이며, 정지해 있는 A, B에 작용하는 알짜힘은 모두 0이다.

12 [22023-0032] 그림은 질량이 m 으로 같은 자석 A, B가 두께가 일정한 플라스틱 책상면을 사이에 두고 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 책상면이 A에 작용하는 힘의 크기는 책상면이 B에 작용하는 힘의 크기의 3배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, A, B의 중심은 동일 연직선상에 있다.)

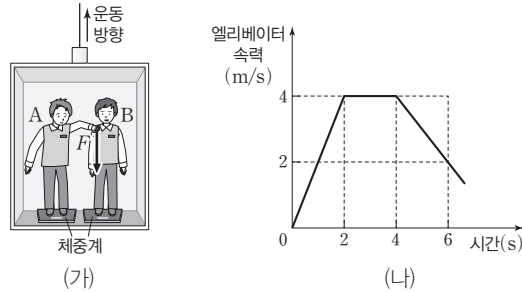
보기

- ㄱ. A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. A가 B에 작용하는 자기력의 크기는 $3mg$ 이다.
- ㄷ. B가 책상면에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{1}{2}mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [22023-0033]

그림 (가)와 같이 연직 위 방향으로 운동하는 엘리베이터 안에 수평으로 고정된 체중계 위에 무게가 600 N으로 같은 학생 A, B가 서 있고, A가 B의 어깨를 연직 아래 방향의 힘 F 로 누르고 있다. 그림 (나)는 엘리베이터의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. 3초일 때, B가 서 있는 체중계의 측정값이 A가 서 있는 체중계의 측정값의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이다.)

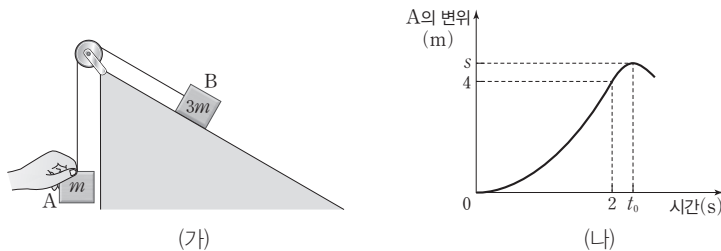
보기

- ㄱ. $F = 200 \text{ N}$ 이다.
- ㄴ. 1초일 때, A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄷ. 5초일 때, B가 서 있는 체중계의 측정값은 860 N이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22023-0034]

그림 (가)는 물체 A, B를 실로 연결한 후, A를 손으로 잡아 A, B가 정지한 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 잡고 있던 A를 놓은 순간부터 A의 변위를 시간에 따라 나타낸 것으로, 2초일 때 A와 B를 연결한 실이 끊어진다. A, B의 질량은 각각 m , $3m$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량 및 물체의 크기, 모든 마찰, 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 1초일 때, A의 가속도 크기는 2 m/s^2 이다.
- ㄴ. $s = 4.8$ 이다.
- ㄷ. t_0 일 때, B의 속력은 6 m/s 이다.

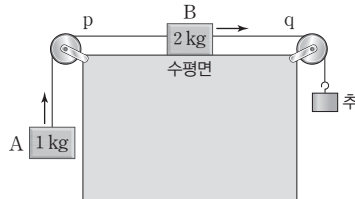
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A가 B의 어깨를 누르는 힘 F 와 같은 크기의 힘으로 B는 A를 위쪽 방향으로 밀어 올리고 있다.

A를 놓은 후 실에 매달려 움직이는 동안 A는 연직 위 방향으로 등가속도 운동을 하고, 실이 끊어진 이후에는 연직 아래 방향으로 가속도의 크기가 10 m/s^2 인 등가속도 운동을 한다.

p가 A에 작용하는 힘의 크기가 16 N일 때, A의 가속도는 연직 위 방향으로 6 m/s^2 이고, p가 A에 작용하는 힘의 크기가 15 N일 때, A의 가속도는 연직 위 방향으로 5 m/s^2 이다.

15 [22023-0035] 그림은 물체 A와 B를 실 p에, B와 추를 실 q에 각각 연결한 후, B를 수평면 위에 가만히 놓았을 때 A, B, 추가 함께 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 1 kg, 2 kg이다. 표는 추의 질량을 각각 m_1, m_2, m_3 으로 변화시켰을 때 p가 A에 작용하는 힘의 크기를 나타낸 것이다. m_1 과 m_2 의 질량 차와 m_2 와 m_3 의 질량 차는 서로 같고, $m_2 > m_3$ 이다.



실험	추의 질량	p가 A에 작용하는 힘의 크기(N)
I	m_1	16
II	m_2	15
III	m_3	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)

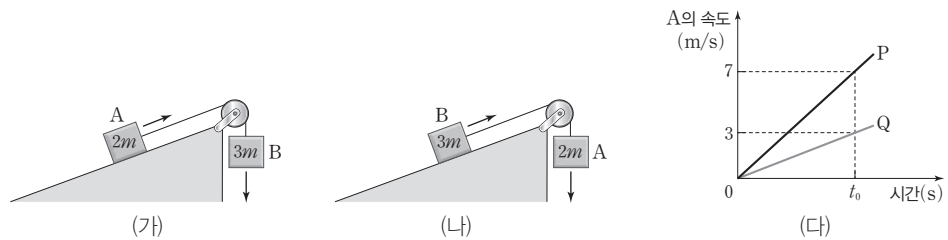
보기

- ㄱ. I에서 A의 가속도 크기는 6 m/s^2 이다.
- ㄴ. II에서 q가 B에 작용하는 힘의 크기는 30 N이다.
- ㄷ. ㉠은 14이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

A의 질량보다 B의 질량이 크므로 A, B의 가속도 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크고, 같은 시간 동안 속도 변화량이 P일 때가 Q일 때보다 크므로 가속도의 크기는 P일 때가 Q일 때보다 크다.

16 [22023-0036] 그림 (가)와 같이 질량이 각각 $2m, 3m$ 인 물체 A, B를 실로 연결하고 A를 빗면 위에 가만히 놓았더니 A, B가 등가속도 운동을 한다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 B의 위치를 서로 바꾸어 놓았더니 A, B가 (가)에서와 같은 방향으로 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (다)는 (가)와 (나)에서 A의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이고, P, Q는 (가), (나)에서 A의 속도를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)

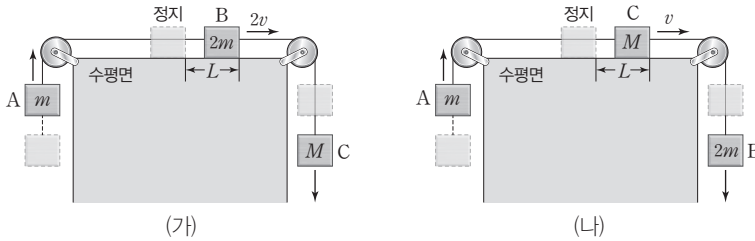
보기

- ㄱ. P는 (가)에서 A의 속도이다.
- ㄴ. $t_0=1$ 이다.
- ㄷ. 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 [22023-0037]

그림 (가)는 물체 A, B, C를 실로 연결하고 B를 수평면 위에 가만히 놓았더니 B가 등가속도 운동을 하여 L 만큼 이동한 순간 속력이 $2v$ 가 된 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 m , $2m$, M 이다. 그림 (나)는 (가)에서 B와 C의 위치를 바꾸어 C를 수평면 위에 가만히 놓았더니 C가 등가속도 운동을 하여 L 만큼 이동한 순간 속력이 v 가 된 것을 나타낸 것이다.



(가)와 (나)에서 B는 정지 상태에서 L 만큼 등가속도 직선 운동을 하였으므로, (가)와 (나)에서 B의 가속도의 크기를 각각 $a_{(가)}$, $a_{(나)}$ 라고 할 때, $a_{(가)} = \frac{(2v)^2}{2L}$, $a_{(나)} = \frac{v^2}{2L}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기 및 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

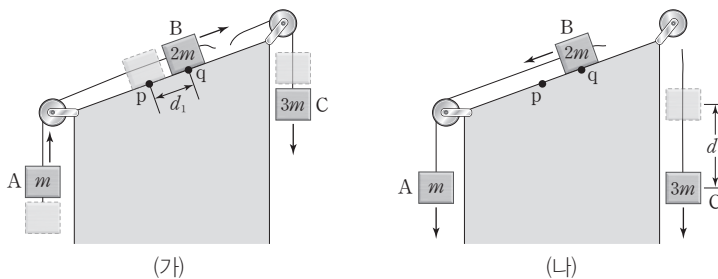
보기

- ㄱ. B의 가속도 크기는 (가)에서 (나)에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄴ. $M = 5m$ 이다.
- ㄷ. $L = \frac{2v^2}{g}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

18 [22023-0038]

그림 (가)와 같이 질량이 각각 m , $2m$, $3m$ 인 물체 A, B, C를 실로 연결하고 빗면 위의 점 p에 물체 B를 가만히 놓았더니 A, B, C가 등가속도 직선 운동을 한다. B가 p에서 점 q까지 거리 d_1 만큼 운동했을 때 B와 C를 연결한 실이 끊어진다. 그림 (나)는 (가)에서 실이 끊어진 후 B가 다시 q를 통과하는 순간을 나타낸 것이고, 실이 끊어진 후 이 순간까지 C가 연직 방향으로 운동한 거리는 d_2 이다. (가)에서 B가 d_1 만큼 이동하는 데 걸리는 시간과 (나)에서 C가 d_2 만큼 이동하는 데 걸리는 시간은 서로 같다.



(나)에서 B가 실이 끊어진 후 다시 q에 도달할 때의 속력은 실이 끊어지는 순간의 속력과 같고, (가), (나)에서 B의 가속도의 방향은 서로 반대이며, 가속도 크기는 (나)에서 (가)에서의 2배이다.

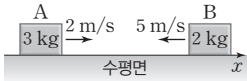
$\frac{d_2}{d_1}$ 는? (단, 물체의 크기 및 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{7}{2}$ ② 4 ③ $\frac{9}{2}$ ④ 5 ⑤ 6

개념 체크

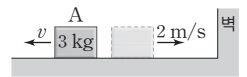
- **운동량**: 물체의 질량과 속도의 곱이며, 단위는 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 이다.
- **운동량 변화량**: 물체의 나중 운동량과 처음 운동량의 차이이며, 방향은 물체에 작용하는 힘의 방향이다.

[1~3] 그림과 같이 수평면에서 질량이 3 kg 인 물체 A는 $+x$ 방향으로 2 m/s 의 속력으로, 질량이 2 kg 인 물체 B는 $-x$ 방향으로 5 m/s 의 속력으로 등속 직선 운동을 한다.



1. A의 운동량의 크기는 ()이다.
2. 운동량의 방향은 A와 B가 (같다, 반대이다).
3. 운동량의 크기는 A가 B의 ()배이다.

[4~5] 그림과 같이 수평면에서 질량이 3 kg 인 물체 A가 벽을 향해 2 m/s 의 속력으로 등속 직선 운동을 하다가 벽에 충돌한 후 반대 방향으로 속력 v 로 등속 직선 운동을 한다. A의 운동량의 크기는 충돌 전의 충돌 후의 2배이다.



4. v 는 ()이다.
5. 벽과의 충돌 과정에서 A의 운동량 변화량의 크기는 ()이다.

정답

1. $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 2. 반대이다
3. $\frac{3}{5}$ 4. 1 m/s
5. $9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

1 운동량

(1) 운동량

- ① 같은 속력이라도 질량이 큰 물체는 멈추기가 어렵고, 같은 질량이라도 속력이 빠르면 멈추기가 어렵다. 이와 같이 물체가 운동하는 정도는 물체의 질량과 속력에 따라 다르다.
- ② **운동량(p)**: 물체의 운동하는 정도를 나타낸 물리량으로, 물체의 질량과 속도의 곱으로 나타낸다. 즉, 질량이 m , 속도가 v 인 물체의 운동량 p 는 다음과 같다.

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

- 운동량의 방향은 속도의 방향과 같다.
- 운동량은 크기와 방향을 갖는 물리량으로, 직선상에서 두 물체가 서로 반대 방향으로 운동할 때 어느 한 방향에 (+)부호를 붙이면, 반대 방향에는 (-)부호를 붙인다.



(2) 운동량 변화량

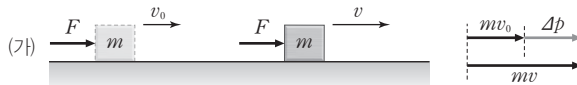
- ① 물체에 힘이 작용하면 물체의 속도가 변하게 되어 물체의 운동량이 변한다.
- ② **운동량 변화량(Δp)**: 직선상에서 운동하는 물체의 운동량 변화량은 물체의 나중 운동량과 처음 운동량의 차이이다. 즉, 질량이 m 인 물체의 처음 속도가 v_0 , 나중 속도가 v 일 때 물체의 운동량 변화량 Δp 는 다음과 같다.

$$\Delta p = mv - mv_0 \quad [\text{단위: kg} \cdot \text{m/s}]$$

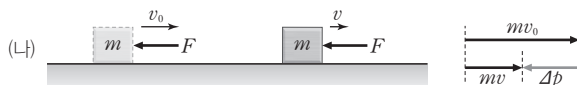
- 운동량 변화량의 방향은 물체에 작용하는 힘의 방향과 같다.

과학 돋보기 운동량 변화량

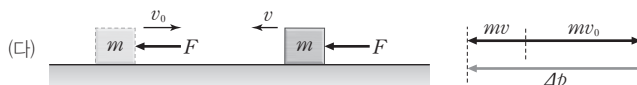
- 그림 (가)와 같이 직선상에서 운동하는 물체에 처음 운동 방향과 같은 방향으로 힘이 작용하여 운동량이 증가하는 경우, 물체의 운동량 변화량의 크기는 $\Delta p = mv - mv_0$ 이다.



- 그림 (나)와 같이 직선상에서 운동하는 물체에 처음 운동 방향과 반대 방향으로 힘이 작용하여 운동량이 감소하는 경우, 물체의 운동량 변화량의 크기는 $\Delta p = mv_0 - mv$ 이다.



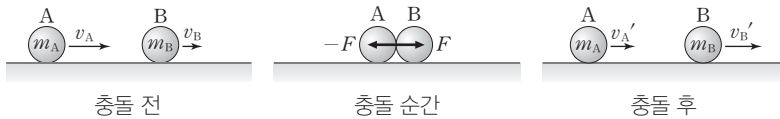
- 그림 (다)와 같이 직선상에서 운동하는 물체에 처음 운동 방향과 반대 방향으로 힘이 작용하여 운동량의 방향이 반대 방향으로 변하는 경우, 물체의 운동량 변화량의 크기는 $\Delta p = mv_0 + mv$ 이다.



2 운동량 보존 법칙

(1) 운동량 보존 법칙

- ① 물체에 힘이 작용하지 않으면 물체의 속도가 변하지 않으므로, 물체에 힘이 작용하지 않으면 물체의 운동량은 변하지 않는다.
- ② 그림과 같이 수평면에서 질량이 각각 m_A , m_B 이고 충돌 전 속도가 각각 v_A , v_B 인 두 물체 A, B가 서로 충돌한 후 속도가 각각 v_A' , v_B' 이 되었다.



- 충돌 전 A, B의 운동량의 합: $m_A v_A + m_B v_B$
- 충돌 후 A, B의 운동량의 합: $m_A v_A' + m_B v_B'$
- 충돌 순간, 작용 반작용 법칙에 따라 A, B는 서로 같은 크기의 힘(F)을 같은 시간(Δt) 동안 서로 반대 방향으로 받는다. 충돌할 때 A가 B에 작용하는 힘과 B가 A에 작용하는 힘은 크기는 F 로 같고 방향은 반대 방향이다. 따라서 A, B에 뉴턴 운동 제2법칙을 적용하면 다음과 같다.

$$-F = m_A a_A = m_A \left(\frac{v_A' - v_A}{\Delta t} \right), F = m_B a_B = m_B \left(\frac{v_B' - v_B}{\Delta t} \right)$$

$$-m_A \left(\frac{v_A' - v_A}{\Delta t} \right) = m_B \left(\frac{v_B' - v_B}{\Delta t} \right) \text{에서 } m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B' \text{이 성립한다.}$$

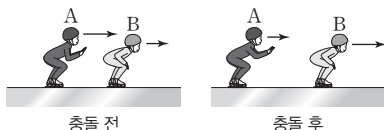
➔ 충돌 전 A, B의 운동량의 합과 충돌 후 A, B의 운동량의 합은 같다.

- ③ 운동량 보존 법칙: 물체가 충돌할 때 외부에서 힘이 작용하지 않으면 충돌 전과 충돌 후 물체들의 운동량의 합은 일정하게 보존된다. 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다.
 - 충돌하는 물체들의 운동량 변화량의 총합은 0이다. 즉, $\Delta p_A + \Delta p_B = 0$ 이다.
 - 운동량 보존 법칙은 상호 작용 하는 힘의 종류나 물체의 크기에 관계없이 성립한다.

과학 돋보기 운동량 보존 법칙이 적용되는 예

• 두 스케이트 선수가 충돌할 때

그림과 같이 얼음판 위에서 스케이트 선수 A, B가 충돌할 때에도 운동량 보존 법칙을 적용할 수 있다. 충돌 전에는 A의 속력이 B의 속력보다 크다. 그러나 뒤에서 빠르게 운동하는 A가 앞에서 천천히 운동하는 B와 충돌하는 과정에서 A는 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 받아 속력이 감소하고, B는 운동 방향과 같은 방향으로 힘을 받아 속력이 증가하여 충돌 후 B의 속력이 A의 속력보다 커진다.



• 대포에서 포탄이 발사될 때

그림과 같이 대포에서 포탄이 발사될 때에도 운동량 보존 법칙을 적용할 수 있다. 포탄이 발사되기 전 대포와 포탄의 운동량의 합은 0이기 때문에 포탄이 발사된 후에도 운동량의 합은 0이 되어야 한다. 따라서 포탄이 발사되는 방향과 반대 방향으로 대포가 움직인다. 그런데 포탄의 질량에 비해 대포의 질량이 훨씬 크기 때문에 포탄의 속력에 비해 대포는 천천히 뒤로 밀린다.

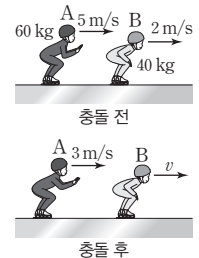


개념 체크

● 운동량 보존 법칙: 물체가 충돌할 때 외력이 작용하지 않으면, 충돌 전 물체들의 운동량의 합과 충돌 후 물체들의 운동량의 합은 같다.

1. 질량이 각각 m_A , m_B 인 두 물체가 서로 충돌할 때, A의 속도 변화량의 크기 $|\Delta v_A|$ 와 B의 속도 변화량의 크기 $|\Delta v_B|$ 의 비는 $\left| \frac{\Delta v_A}{\Delta v_B} \right| = (\quad)$ 이다.

[2~3] 그림은 마찰이 없는 수평한 얼음판 위에서 질량이 각각 60 kg, 40 kg인 스케이트 선수 A, B가 충돌 전 각각 5 m/s, 2 m/s의 속력으로 등속 직선 운동을 하다가 충돌 후 A는 속력 3 m/s, B는 속력 v 로 등속 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다.



2. 충돌 전 A와 B의 운동량의 합의 크기는 ()이다.
3. v 는 ()이다.

정답

1. $\frac{m_B}{m_A}$
2. 380 kg·m/s
3. 5 m/s

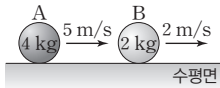
개념 체크

● 충돌, 분열, 융합될 때의 운동량: 외력이 작용하지 않으면 운동량이 보존된다.

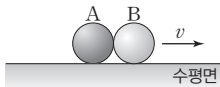
[1~3] 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에서 질량이 각각 60 kg, 40 kg인 학생 A, B가 정지한 상태에서 서로 미는 힘을 작용하여 분리된 후 A는 B와 서로 멀어지는 방향으로 각각 2 m/s, v의 속력으로 등속 직선 운동을 한다.



1. 분리되기 전과 후 A, B의 운동량의 합은 ()으로 일정하다.
2. 분리된 후 A와 B의 운동량의 크기는 각각 (), ()이다.
3. v는 ()이다.
4. 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에서 질량이 각각 4 kg, 2 kg인 물체 A, B가 각각 5 m/s, 2 m/s의 속력으로 등속 직선 운동을 하다가 충돌 후 한 덩어리가 되어 속력 v로 운동한다.



충돌 전



충돌 후

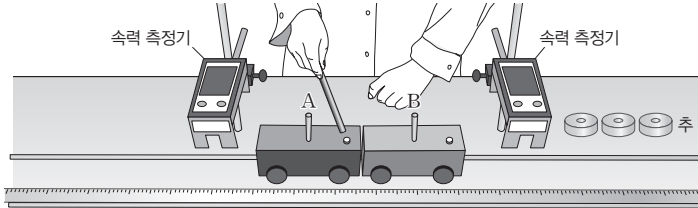
v는 ()이다.

- 정답
1. 0
 2. 120 kg·m/s, 120 kg·m/s
 3. 3 m/s
 4. 4 m/s

탐구자료 살펴보기 역학 수레를 이용한 운동량 보존 실험

과정

(1) 역학 수레 A, B의 질량과 추의 질량을 측정 후, 그림과 같이 수평한 실험대 위에 A의 용수철을 압축하여 A, B를 접촉하고 속력 측정기를 설치한다.



(2) A의 용수철 잠금 막대를 가볍게 쳐서 두 역학 수레를 밀어내게 하고, 분리된 직후 A, B의 속도를 측정한다.
 (3) B에 추를 1개, 2개, 3개 올려놓은 후 과정 (2)를 반복하여 아래 표에 기록한다.

B에 올려놓은 추의 수(개)	역학 수레 A			역학 수레 B		
	질량 (kg)	속도 (m/s)	운동량 (kg·m/s)	질량 (kg)	속도 (m/s)	운동량 (kg·m/s)
0	0.50	-0.40	-0.20	0.50	0.40	0.20
1	0.50	-0.42	-0.21	0.70	0.30	0.21
2	0.50	-0.45	-0.23	0.90	0.25	0.23
3	0.50	-0.48	-0.24	1.10	0.22	0.24

결과

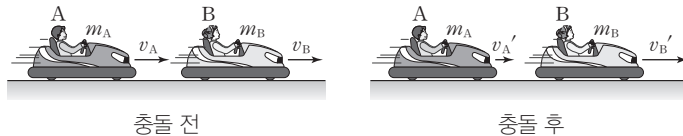
- 분리된 수레의 속력은 질량이 작은 수레 A가 더 크다.
- 분리된 후 수레의 질량과 속도의 크기의 곱은 서로 같다.
- B에 올려놓은 추의 수가 많을수록 분리된 후 B의 속력은 작아지고, A의 속력은 커진다.
- 분리되기 전 A, B의 운동량은 0이고, 분리된 후 A, B의 운동 방향은 반대이고 A, B의 운동량의 크기는 같다.

point

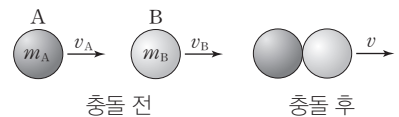
- 분리될 때 A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘의 크기가 같고 방향이 반대이다.
- 분리되기 전 A, B의 운동량의 합과 분리된 후 A, B의 운동량의 합은 0으로 같다.
 ➔ 분리되기 전과 후에 A, B의 운동량의 합은 보존된다.

(2) 여러 가지 충돌

① 같은 방향으로 운동할 때의 충돌: 그림과 같이 같은 방향으로 운동하는 범퍼카 A, B가 서로 충돌하면, A는 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 받게 되어 속력이 감소하고, B는 운동 방향과 같은 방향으로 힘을 받게 되어 속력이 증가한다($v_A > v_A'$, $v_B < v_B'$).

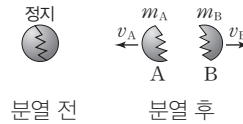


② 한 덩어리가 될 때의 충돌: 그림과 같이 두 물체 A, B가 충돌하여 충돌 후 한 덩어리가 되어 운동할 때, 운동량이 보존되므로 충돌 후 한 덩어리가 된



물체의 속력 v는 $m_A v_A + m_B v_B = (m_A + m_B)v$ 에서 $v = \frac{m_A v_A + m_B v_B}{m_A + m_B}$ 이다.

- ③ 한 물체가 두 물체로 분열될 때: 그림과 같이 분열 전 정지해 있던 물체가 두 물체 A, B로 분열될 때 운동량 보존 법칙이 성립한다. 분열 전 물체의 운동량이 0이므로 분열 후 A, B의 운동량의 합은 0이다. $0 = m_A v_A + m_B v_B$ 에서 $m_A v_A = -m_B v_B$ 이다. 즉, 분열 후 A, B의 운동량의 크기는 같고 방향은 서로 반대이다.



개념 체크

- **충격량:** 물체에 작용한 힘과 힘이 작용한 시간을 곱한 물리량이다.
- **힘-시간 그래프:** 그래프가 시간 축과 이루는 면적은 충격량이다.
- **충격량과 운동량의 관계:** 물체가 받은 충격량은 운동량 변화량과 같다.

3 충격량

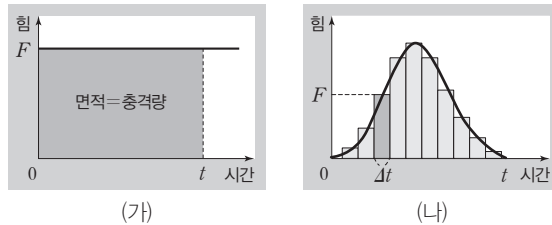
(1) 충격량

- ① 물체가 충돌할 때 물체에 작용하는 힘과 힘이 작용한 시간에 따라 운동량 변화량이 다르다.
- ② **충격량(I):** 물체가 충돌할 때 물체가 받는 충격의 정도를 나타낸 물리량으로, 물체에 작용하는 힘과 힘이 작용한 시간의 곱으로 나타낸다. 즉, 물체에 힘 F 가 시간 Δt 동안 작용할 때 물체가 받는 충격량 I 는 다음과 같다. 이때 충격량의 방향은 물체에 작용하는 힘의 방향과 같다.

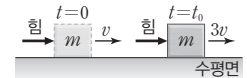
$$I = F\Delta t \text{ [단위: N}\cdot\text{s]}$$

③ 힘-시간 그래프

- 힘의 크기가 일정할 때: 그림 (가)에서 그래프가 시간 축과 이루는 사각형의 면적은 Ft 이므로 충격량과 같다.
- 힘의 크기가 변할 때: 그림 (나)에서 짙게 색칠한 직사각형의 면적은 매우 짧은 시간 Δt 동안 받은 충격량과 같으므로, 직사각형들의 면적을 모두 더하면 그래프가 시간 축과 이루는 면적과 같아진다. 즉, 면적은 충격량과 같다.

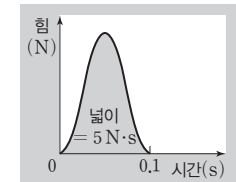


[1~2] 그림은 마찰이 없는 수평면에서 속력 v 로 운동하던 질량이 m 인 물체에 $t=0$ 일 때부터 운동 방향으로 일정한 크기의 힘을 작용하였다. $t=t_0$ 일 때 물체의 속력이 $3v$ 가 된 것을 나타낸 것이다. (단, 공기 저항은 무시한다.)



1. $t=0$ 일 때부터 $t=t_0$ 일 때까지 물체가 받은 충격량의 크기는 ()이다.
2. 물체에 작용하는 힘의 크기는 ()이다.

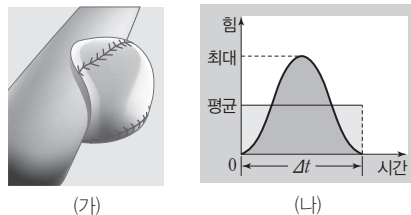
[3~4] 그림은 질량이 0.1 kg인 야구공이 수평 방향으로 20 m/s의 속력으로 운동하다가 야구 방망이와 충돌하는 동안 공이 야구 방망이로부터 운동하던 방향과 반대 방향으로 받은 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



3. 충돌 후 야구공의 속력은 ()이다.
4. 야구 방망이가 야구공에 작용한 평균 힘의 크기는 ()이다.

과학 돋보기 운동량의 변화와 충격량

그림 (가)는 날아오는 야구공을 야구 배트로 치는 모습이고, (나)는 야구공이 야구 배트에 부딪히는 동안 야구 배트가 야구공에 작용하는 힘의 크기를 나타낸 그래프이다. 그림과 같이 야구공이 배트에 부딪히는 동안 공에 작용하는 힘의 크기는 일정하지 않다. 따라서 힘-시간 그래프와 시간 축이 이루는 면적을 이용해 충격량을 구하고, 이 충격량은 야구공의 운동량의 변화량과 같다. 또한 이 동안 야구공이 받은 충격량을 힘이 작용한 시간 Δt 로 나누어 공에 작용한 평균 힘의 크기를 구할 수 있다.



(2) 충격량과 운동량의 관계: 질량이 m 인 물체에 일정한 힘 F 가 시간 Δt 동안 작용하여 속도가 v_0 에서 v 로 변할 때 뉴턴 운동 제2법칙을 적용하면, $F = ma = m\left(\frac{v-v_0}{\Delta t}\right) = \frac{mv-mv_0}{\Delta t}$ 에서 $F\Delta t = mv - mv_0$ 이므로 물체가 받은 충격량과 운동량 변화량의 관계는 다음과 같다.

- ① 운동량 변화량의 방향과 충격량의 방향은 모두 물체에 작용하는 힘의 방향과 같다.
- ② 힘의 단위 N은 $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ 이므로, 충격량의 단위 $\text{N}\cdot\text{s}$ 는 운동량의 단위 $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$ 와 같다.

정답

1. $2mv$
2. $\frac{2mv}{t_0}$
3. 30 m/s
4. 50 N

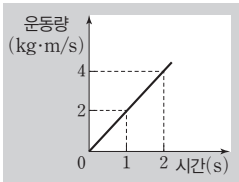
개념 체크

- **힘이 작용하는 시간과 충격량:** 힘이 일정하게 작용할 때, 힘이 작용하는 시간이 길수록 물체가 받는 충격량이 크다.
- **힘의 크기와 충격량:** 힘이 작용하는 시간이 일정할 때, 작용하는 힘이 클수록 물체가 받는 충격량이 크다.
- **충격력:** 물체가 충돌할 때 받는 힘을 말한다.

1. 물체에 작용하는 힘이 일정할 때, 힘이 작용하는 시간이 (길수록, 짧을수록) 물체의 운동량 변화량의 크기는 크다.

2. 길이가 다른 빨대에 비비탄을 넣고 일정한 세기의 힘으로 불 때, 빨대의 길이가 길수록 비비탄이 받은 충격량의 크기는 (크고, 작고), 빨대 출구에서 빠져나가는 순간 비비탄의 속력이 (크다, 작다).

[3~4] 그림은 수평면에서 운동하는 질량이 2 kg인 물체의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것이다.



3. 2초일 때 물체의 속력은 ()이다.

4. 0초부터 2초까지 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 ()이다.

정답

1. 길수록 2. 크고, 크다
3. 2 m/s 4. 2 N

탐구자료 살펴보기 충격량과 운동량의 관계

과정

- (1) 그림과 같이 빨대를 다양한 길이로 잘라서 각 빨대 한쪽 입구에 비비탄을 넣고, 빨대에서 비비탄이 운동하는 시간이 같도록 입으로 세기가 다르게 불어 비비탄을 수평 방향으로 날린다.
- (2) 각 빨대 한쪽 입구에 비비탄을 넣고, 같은 세기로 불어 비비탄을 수평 방향으로 날린다.



결과

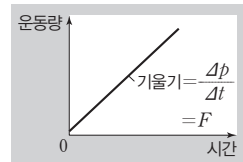
- 과정 (1)에서 빨대를 부는 힘의 크기가 클수록 비비탄이 더 멀리 날아간다.
- 과정 (2)에서 빨대의 길이가 길수록 비비탄이 더 멀리 날아간다.

point

- 물체가 힘을 받는 시간이 일정할 때, 물체에 작용하는 힘이 클수록 물체가 받는 충격량이 크다.
- 물체에 작용하는 힘의 크기가 일정할 때, 물체에 힘이 작용하는 시간이 길수록 물체가 받는 충격량이 크다.

과학 돋보기 운동량 - 시간 그래프

힘 - 시간 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 면적이 물체가 받은 충격량이다. 충격량은 운동량 변화량과 같으므로 $F\Delta t = \Delta p$ 이다. 즉, 물체에 작용하는 힘은 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 이다. 따라서 운동량 - 시간 그래프에서 그래프의 기울기는 물체에 작용하는 힘(알짜힘)을 나타내며, 힘은 단위 시간 동안의 운동량 변화량이라고 할 수 있다.



(3) 충격량과 힘의 관계: $I = F\Delta t \Rightarrow F = \frac{I}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

① 힘이 일정하면 힘을 받는 시간이 길수록 충격량의 크기가 크다.

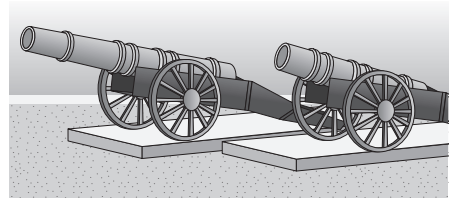
$$I \propto \Delta t \quad (F: \text{일정})$$

② 힘을 작용하는 시간이 일정하면 힘의 크기가 클수록 충격량의 크기가 크다.

$$I \propto F \quad (\Delta t: \text{일정})$$



골프공을 멀리 날려 보내려면 골프채를 휘두르는 속도를 크게 하여 골프공이 받는 힘을 크게 하고, 골프채로 골프공을 끝까지 밀어주어 힘을 오랫동안 받도록 한다.



포탄을 멀리 날려 보내려면 화약의 양을 많이 하여 포탄이 받는 힘을 크게 하거나 포신의 길이를 길게 하여 포탄이 힘을 오랫동안 받도록 한다.

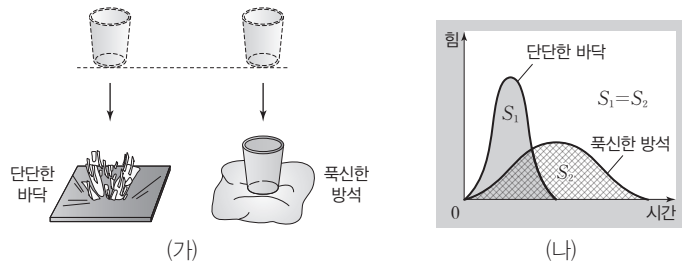
(4) 충돌과 안전장치

① 충격력: 물체가 충돌할 때 받는 힘을 충격력이라고 한다.

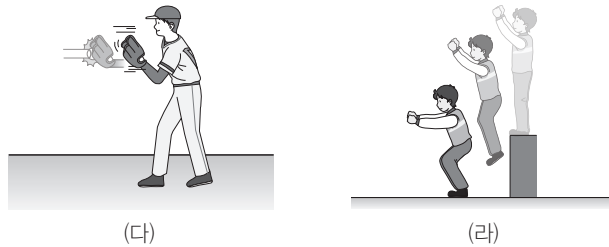
② 충격력과 시간의 관계: 물체가 받는 충격량이 일정할 때 힘을 받는 시간이 길수록 물체에 작용하는 충격력의 크기는 작다. $\Rightarrow F \propto \frac{1}{\Delta t} \quad (I: \text{일정})$

③ 충격력 줄이기

• 그림 (가)의 왼쪽은 유리잔이 단단한 바닥에, 오른쪽은 폭신한 방석에 떨어지는 경우를 나타낸 것으로, 유리잔이 받은 충격량은 같지만 단단한 바닥에 떨어진 유리잔은 깨졌고, 폭신한 방석에 떨어진 유리잔은 깨지지 않았다. 그림 (나)는 유리잔이 충돌하는 동안에 받는 힘을 시간에 따라 나타낸 것으로, 그래프가 시간 축과 이루는 면적은 같지만 폭신한 방석에 떨어진 경우가 충돌 시간이 길어 유리잔이 받는 평균 힘은 작다. 이와 같이 충돌할 때 충돌 시간을 길게 하면 충격력이 작아진다.

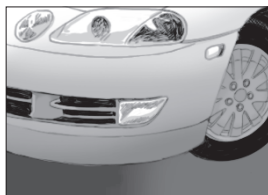


• 그림 (다)와 같이 날아오는 야구공을 받을 때 글러브를 뒤로 빼면서 받으면 충격력을 감소시킬 수 있다.
 • 그림 (라)와 같이 높은 곳에서 뛰어내릴 때 무릎을 살짝 굽히면 충격력을 감소시킬 수 있다.

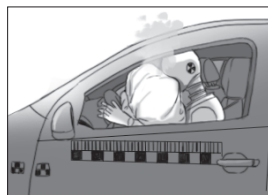


④ 여러 가지 안전장치: 일상생활에서 충돌할 때 충돌 시간을 길게 하여 충격력을 감소시킨다.

예 자동차의 범퍼, 자동차의 에어백, 선박의 충돌 피해 감소용 타이어, 번지 점프의 줄, 포수의 글러브와 얼굴 보호대, 구조용 에어 매트 등



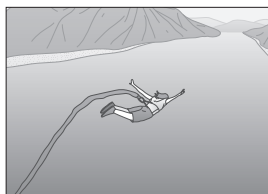
자동차의 범퍼



자동차의 에어백



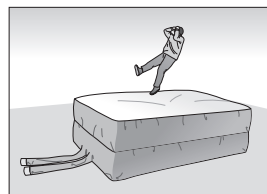
선박의 충돌 피해 감소용 타이어



번지 점프의 줄



포수의 글러브와 얼굴 보호대



구조용 에어 매트

개념 체크

- 충격력과 시간: 같은 충격량을 받더라도 힘을 받는 시간이 길수록 충격력이 작아진다.
- 여러 가지 안전장치: 범퍼, 에어백, 번지 점프의 줄, 에어 매트 등은 충돌 시간을 길게 하여 충격력을 감소시킨다.

[1~2] 질량이 같은 물체 A, B가 같은 높이에서 떨어져 바닥에 부딪혀 정지한다. 바닥에 충돌하는 순간부터 정지할 때까지 걸리는 시간은 A가 B의 2배이다.

1. 바닥에 충돌하는 순간부터 정지할 때까지 A가 받은 충격량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기()와 같다. ()보다 크다, 보다 작다.)
2. 바닥에 충돌하는 순간부터 정지할 때까지 A가 받은 평균 힘의 크기는 B가 받은 평균 힘의 크기의 ()배이다.
3. 자동차의 범퍼는 자동차가 충돌 시 힘을 받는 시간을 (길게, 짧게) 하여 자동차에 작용하는 충격력의 크기를 (증가시킨다, 감소시킨다) .

정답

1. 와 같다
2. $\frac{1}{2}$
3. 길게, 감소시킨다

01 [22023-0039] 그림은 야구 선수가 배트를 이용해 날아오는 공의 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 작용하는 것을 보고 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



배트가 공에 작용하는 힘의 크기는 공이 배트에 작용하는 힘의 크기보다 커.

배트와 공이 접촉하는 시간이 같을 때, 배트가 공에 작용하는 힘의 크기를 크게 할수록 공이 더 빠른 속력으로 되돌아가.

배트가 공에 작용하는 힘의 크기가 같을 때, 배트와 공이 접촉하는 시간을 짧게 할수록 공이 더 빠른 속력으로 되돌아가.

학생 A 학생 B 학생 C

옳은 내용을 제시한 학생만을 있는 대로 고른 것은?
 ① A ② B ③ C ④ A, B ⑤ B, C

02 [22023-0040] 다음은 안전 매트에 대한 광고 문구이다.

[탁월한 충격 흡수로 부상 방지 효과 증가]

○○ 매트는 물체가 같은 높이에서 낙하할 때 매트가 없을 때보다 착지 지점에 도달하는 순간부터 정지할 때까지 걸리는 시간이 증가해 매트에도 달하는 순간부터 정지할 때까지 ㉠의 크기 감소 효과가 있습니다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

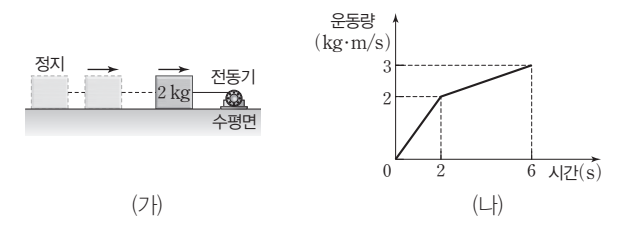
ㄱ. '충격량'은 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 같은 높이에서 낙하하여 착지할 때, 물체에 작용하는 평균 힘의 크기는 매트를 사용할 때가 사용하지 않을 때보다 작다.

ㄷ. 자동차 사고시 에어백이 작동해 사람의 부상을 방지하는 현상은 매트를 사용하는 것과 같은 원리이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 [22023-0041] 그림 (가)는 수평면 위에 정지해 있던 질량이 2 kg인 물체가 전동기로부터 수평 방향의 힘을 받아 운동하는 모습을, (나)는 물체의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

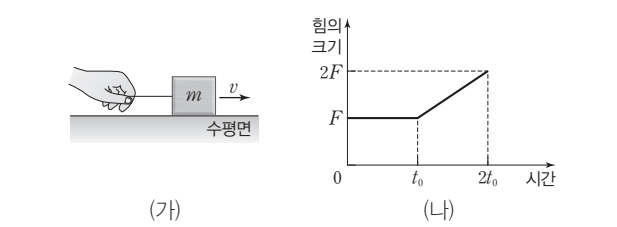
ㄱ. 0초부터 2초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 2 N·s이다.

ㄴ. 2초부터 6초까지 물체가 이동한 거리는 10 m이다.

ㄷ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 1초일 때가 5초일 때의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

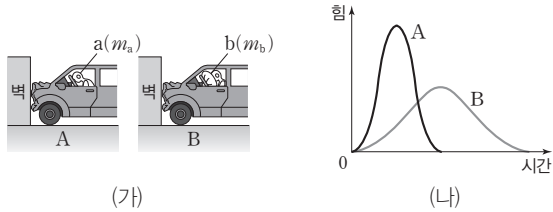
04 [22023-0042] 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 수평면에서 속력 v 로 운동하는 질량이 m 인 물체에 연결된 실을 당겨 물체의 운동 방향과 반대 방향으로 힘을 작용하는 것을, (나)는 물체에 작용하는 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다. 물체의 운동량의 방향은 $t=0$ 일 때와 $t=t_0$ 일 때가 서로 반대이고, 물체의 운동량의 크기는 $t=2t_0$ 일 때가 $t=t_0$ 일 때의 4배이다.



F 는? (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

① $\frac{mv}{t_0}$ ② $\frac{3mv}{2t_0}$ ③ $\frac{2mv}{t_0}$ ④ $\frac{5mv}{2t_0}$ ⑤ $\frac{3mv}{t_0}$

05 [2023-0043] 그림 (가)의 A, B는 각각 자동차 충돌 실험에서 질량이 m_a, m_b 인 인형 a, b가 운전대와 에어백에 충돌하는 경우를 나타낸 것으로, $m_a > m_b$ 이다. 그림 (나)는 A, B에서 인형이 멈출 때까지 인형에 작용하는 힘을 시간에 따라 나타낸 것으로, 그래프가 시간 축과 이루는 면적은 A와 B에서가 서로 같다.



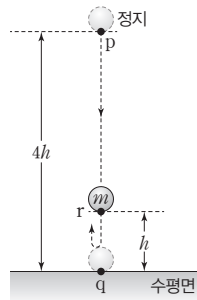
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 충돌하는 동안 인형이 받은 충격량의 크기는 A에서와 B에서가 같다.
- ㄴ. 충돌 전 자동차의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.
- ㄷ. 인형에 작용하는 평균 힘의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

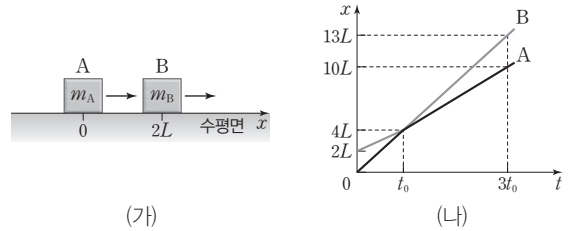
06 [2023-0044] 그림은 수평면으로부터 높이가 $4h$ 인 점 p에 가만히 놓은 질량이 m 인 물체가 수평면 위의 점 q에서 충돌 후 높이가 h 인 점 r에서 속력이 0이 된 모습을 나타낸 것이다. 물체는 p에서 q까지, q에서 r까지 각각 등가속도 직선 운동을 하고, 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 물체가 수평면으로부터 힘을 받는 데 걸린 시간의 10배이다.



물체가 수평면에 충돌하는 동안, 수평면이 물체에 작용하는 평균 힘의 크기는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① $10mg$ ② $12mg$ ③ $14mg$ ④ $16mg$ ⑤ $18mg$

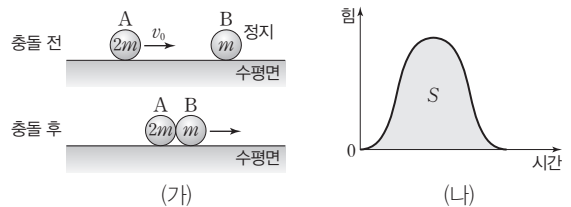
07 [2023-0045] 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 $+x$ 방향으로 각각 등속 직선 운동하는 질량이 각각 m_A, m_B 인 물체 A, B가 시간 $t=0$ 일 때 각각 $x=0, x=2L$ 인 지점을 통과하는 것을, (나)는 A, B의 위치 x 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다. t_0 일 때, A와 B는 충돌한다.



$\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, A, B의 크기는 무시하고, A와 B는 동일 직선상에서 운동한다.)

- ① $\frac{4}{3}$ ② $\frac{3}{2}$ ③ $\frac{5}{3}$ ④ $\frac{5}{2}$ ⑤ $\frac{8}{3}$

08 [2023-0046] 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 질량이 $2m$ 인 물체 A가 속력 v_0 으로 등속 직선 운동을 하다가 정지해 있는 질량이 m 인 물체 B와 충돌한 후 한 덩어리가 되어 등속 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 충돌하는 동안 B가 받는 힘을 시간에 따라 나타낸 것이고, 곡선과 시간 축이 이루는 면적은 S 이다.



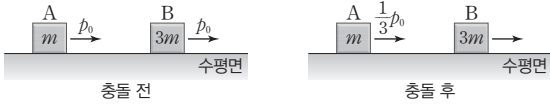
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 충돌 후, A와 B의 속력은 $\frac{2}{3}v_0$ 이다.
- ㄴ. 충돌하는 동안 A가 받은 충격량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기보다 크다.
- ㄷ. $S = \frac{1}{3}mv_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [22023-0047] 그림은 마찰이 없는 수평면에서 같은 방향으로 운동하던 물체 A, B가 충돌 후 충돌 전과 각각 같은 방향으로 등속 직선 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m , $3m$ 이고, 충돌 전 A, B의 운동량의 크기는 p_0 으로 같고, 충돌 후 A의 운동량의 크기는 $\frac{1}{3}p_0$ 이다.

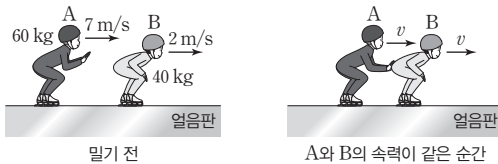


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)

- 보기
- ㄱ. 충돌 전, 속력은 A가 B의 3배이다.
 - ㄴ. 충돌 후, B의 운동량 크기는 $\frac{5}{3}p_0$ 이다.
 - ㄷ. 충돌 과정에서 A의 운동 에너지 감소량은 B의 운동 에너지 증가량의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22023-0048] 그림은 마찰이 없는 수평한 얼음판에서 질량이 60 kg인 A가 7 m/s로 등속 직선 운동을 하다가 2 m/s로 등속 직선 운동을 하던 질량이 40 kg인 B를 운동 방향과 같은 방향으로 미는 것을 나타낸 것이다. A가 B를 미는 중 A와 B의 속력이 같아진 순간, A와 B의 속력은 v 이다.

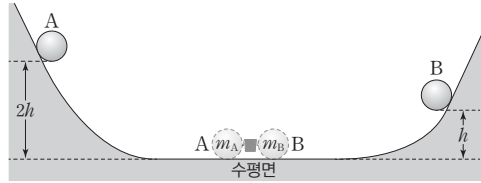


A가 B를 미는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)

- 보기
- ㄱ. A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A로부터 받은 충격량의 크기보다 크다.
 - ㄴ. 가속도의 방향은 A와 B가 반대이다.
 - ㄷ. $v = 5$ m/s이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

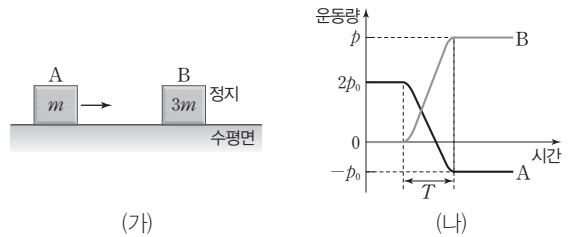
11 [22023-0049] 그림과 같이 수평면에서 질량이 각각 m_A , m_B 인 물체 A와 B 사이에 용수철을 넣어 압축시킨 후, 동시에 가만히 놓았더니 A와 B가 분리되어 서로 반대 방향으로 운동하다가 경사면을 따라 올라가 각각 수평면으로부터 높이가 $2h$, h 인 최고점에 도달한다.



$\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, A, B의 크기 및 용수철의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

12 [22023-0050] 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 물체 B를 향해 물체 A가 등속 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m , $3m$ 이다. 그림 (나)는 충돌 전부터 충돌 후까지 A, B의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것이다. A와 B가 충돌하는 데 걸리는 시간은 T 이다.



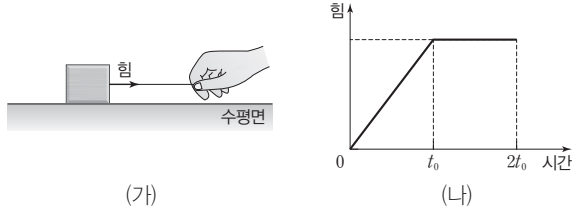
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)

- 보기
- ㄱ. $p = 3p_0$ 이다.
 - ㄴ. 충돌 후 속력은 B가 A의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
 - ㄷ. 충돌 과정에서 A가 B에 작용하는 평균 힘의 크기는 $\frac{2p_0}{T}$ 이다.

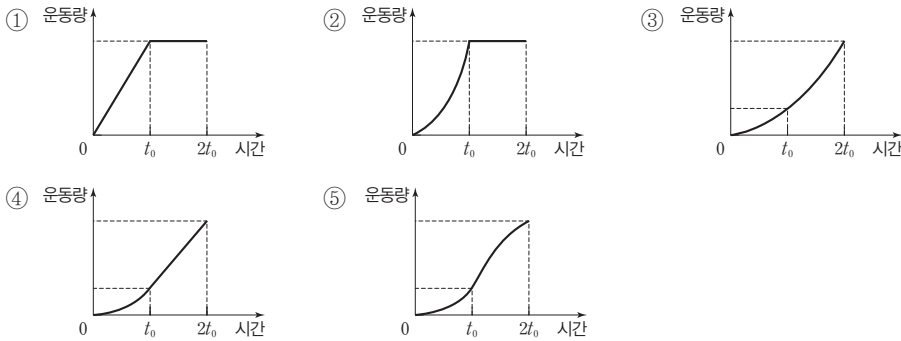
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 [22023-0051]

그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 수평면에 정지해 있던 물체에 실을 연결하여 수평 방향으로 힘을 작용하여 물체가 운동하는 모습을, (나)는 물체에 작용하는 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다.

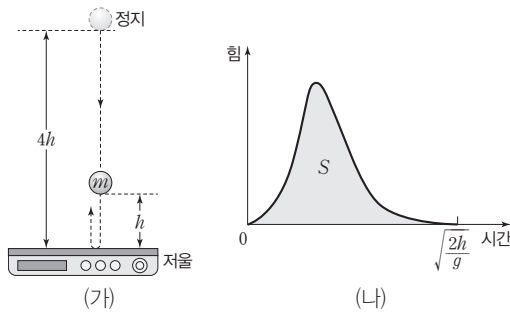


시간 $t=0$ 부터 $t=2t_0$ 까지 물체의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은? (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



02 [22023-0052]

그림 (가)와 같이 질량이 m 인 물체를 저울 바닥으로부터 높이가 $4h$ 인 지점에서 가만히 놓았더니, 물체가 저울에 충돌한 후 연직 위로 운동하여 높이가 h 인 지점에서 속력이 0이 되었다. 그림 (나)는 물체가 저울에 충돌하는 순간부터 저울 바닥이 물체에 작용하는 힘을 시간에 따라 나타낸 것이고, 곡선과 시간 축이 이루는 면적은 S , 충돌 시간은 $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기 및 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 저울에 충돌하는 동안 물체의 운동량 변화량의 크기는 $3m\sqrt{2gh}$ 이다.
 - ㄴ. $S=4m\sqrt{2gh}$ 이다.
 - ㄷ. 충돌하는 동안 저울 바닥이 물체에 작용하는 평균 힘의 크기는 $3mg$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

힘-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 물체에 가해진 충격량, 즉 물체의 운동량 변화량과 같으므로 물체의 운동량의 크기는 $t=2t_0$ 일 때가 $t=t_0$ 일 때의 3배이고, 물체에 작용하는 알짜힘은 운동량-시간 그래프에서 기울기와 같다.

물체가 저울에 충돌하는 동안 저울 바닥이 물체에 작용하는 힘에 의해 물체가 받은 충격량은 연직 위 방향으로 크기가 S 이고, 물체에 작용하는 중력에 의해 물체에 작용하는 충격량은 연직 아래 방향으로 크기가 $m\sqrt{2gh}$ 이다.

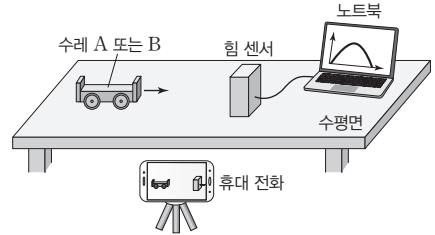
힘 센서와 충돌 전과 후 수레의 운동 방향이 서로 반대이므로 충돌 과정에서 A, B가 받은 충격량의 크기는 각각 $I_A = 1 \text{ kg} \times (1 + 0.5) \text{ m/s} = 1.5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1.5 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이고, $I_B = 1 \text{ kg} \times (1 + 0.2) \text{ m/s} = 1.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1.2 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.

A와 B가 충돌하는 동안 A의 운동량 감소량 크기 $p_0 - p_A$ 와 B의 운동량 증가량 크기 $p_B - p_0$ 은 같다.

03 [22023-0053] 다음은 운동량과 충격량의 관계를 알아보는 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 질량이 1 kg으로 같고 재질이 서로 다른 수레 A와 B, 노트북과 연결된 힘 센서, 휴대 전화를 준비한다.
- (나) A를 일정한 속력으로 운동시켜 고정된 힘 센서에 충돌시킨 후, 반대 방향으로 되돌아오는 A의 운동을 휴대 전화로 촬영한다.
- (다) 촬영한 동영상을 분석해 힘 센서에 충돌 전과 후 A의 속력을 측정하고, 노트북에 작성된 힘-시간 그래프를 이용해 충돌 시간과 평균 힘의 크기를 구한다.
- (라) A를 B로 바꾸어 과정 (나), (다)를 반복한다.



[실험 결과]

수레	충돌 전 속력(m/s)	충돌 후 속력(m/s)	충돌 시간(초)	평균 힘의 크기(N)
A	1	0.5	㉠	15
B	1	0.2	0.05	㉡

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

㉠ 보기 ㉡

- ㉠. 충돌 과정에서 A가 받은 충격량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기의 $\frac{5}{2}$ 배이다.
- ㉡. ㉠은 0.1이다.
- ㉢. ㉡은 16이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢

04 [22023-0054] 그림은 마찰이 없는 수평면 위에서 물체 A, B가 같은 방향으로 크기가 p_0 인 운동량으로 등속 직선 운동을 하다가 충돌 후 A, B가 각각 크기가 p_A, p_B 인 운동량으로 충돌 전과 같은 방향으로 운동하는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)

㉠ 보기 ㉡

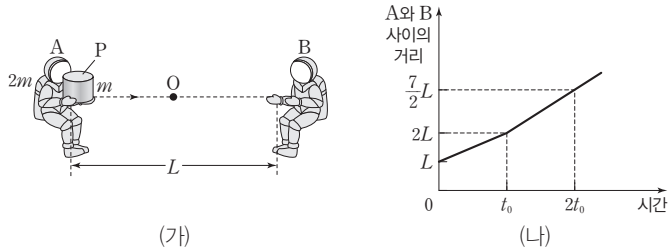
- ㉠. 질량은 A가 B보다 작다.
- ㉡. $p_B > p_0 > p_A$ 이다.
- ㉢. $2p_0 = p_A + p_B$ 이다.

- ① ㉡ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

A가 P를 밀어낸 후 B로부터
속력 $\frac{L}{t_0}$ 로 멀어지고, B에 P
가 도달한 이후 A, B는 O에
대해 서로 반대 방향으로 각각
속력 $\frac{L}{t_0}, \frac{L}{2t_0}$ 로 멀어지고 있다.

07 [22023-0057]

그림 (가)와 같이 무중력 상태의 우주 공간에서 우주인 A와 B가 거리 L 만큼 떨어져서 점 O에 대해 정지해 있다가, A가 들고 있던 물체 P를 B를 향해 밀어낸다. A, P의 질량은 각각 $2m, m$ 이다. 그림 (나)는 A가 P를 밀어낸 순간부터 A와 B 사이의 거리를 시간에 따라 나타낸 것이고, P와 B는 충돌 후 한 덩어리가 되어 운동한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, P의 크기는 무시하고, A, B, P는 동일 직선상에서 운동한다.)

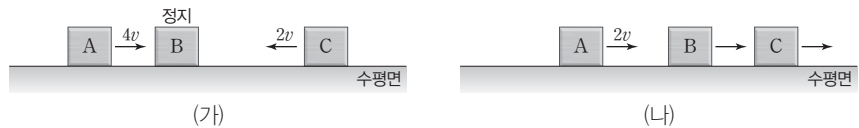
보기

- ㄱ. P가 A로부터 받은 충격량의 크기는 $\frac{2mL}{t_0}$ 이다.
- ㄴ. P와 충돌 후, O에 대한 B의 속력은 $\frac{L}{2t_0}$ 이다.
- ㄷ. B의 질량은 $4m$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22023-0058]

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, C가 정지해 있는 물체 B를 향해 서로 반대 방향으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, C의 속력은 각각 $4v, 2v$ 이고 운동량의 크기는 A가 C의 10배이다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 B, B와 C가 차례대로 충돌 후 A, B, C가 같은 방향으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. 충돌 과정에서 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 B가 C로부터 받은 충격량의 크기의 2배이고, 충돌 후 속력은 C가 B의 $\frac{6}{5}$ 배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C는 동일 직선상에서 운동한다.)

보기

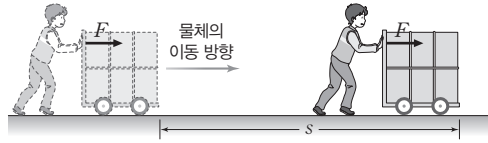
- ㄱ. 질량은 A가 B의 $\frac{5}{2}$ 배이다.
- ㄴ. (나)에서 C의 속력은 $3v$ 이다.
- ㄷ. B와 C의 충돌 과정에서, B의 운동 에너지 감소량은 C의 운동 에너지 증가량의 $\frac{15}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

충돌 전 속력은 A가 C의 2배
이고, 운동량의 크기는 A가
C의 10배이므로 질량은 A가
C의 5배이다. 충돌 과정에서
B가 A로부터 받은 충격량의
크기가 C로부터 받은 충격량
의 크기의 2배이므로 충돌 후
운동량의 크기는 B가 C의 $\frac{5}{3}$
배이다.

1 일

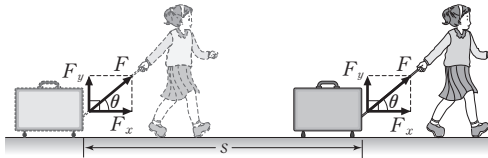
(1) 일: 물체가 이동한 거리와 물체의 이동 방향과 나란하게 작용한 힘의 크기를 곱한 값을 힘이 물체에 한 일이라고 한다.



① 힘의 방향과 이동 방향이 같을 때: 힘이 물체에 한 일(W)은 힘의 크기(F)와 이동 거리(s)를 곱한 값과 같다.

→ $W = Fs$ [단위: N·m = J(줄)]

② 힘의 방향과 이동 방향이 이루는 각이 θ 일 때: 힘 F를 이동 방향과 나란한 성분 F_x 와 수직인 성분 F_y 로 분해한다.



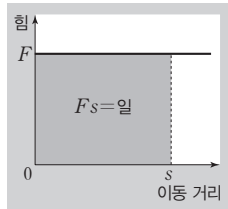
• F_y 방향으로 이동한 거리가 0이므로 F_y 가 물체에 한 일은 0이다.

• 힘 F가 물체에 한 일은 F_x 가 물체에 한 일과 같으므로 $W = F_x s$ 이다.

• $F_x = F \cos \theta$ 이므로 힘 F가 물체에 한 일은 $W = Fs \cos \theta$ 이다.

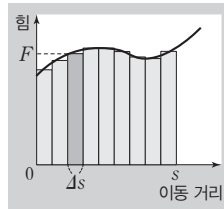
(2) 힘-이동 거리 그래프와 일: 힘-이동 거리 그래프에서 그래프가 이동 거리 축과 이루는 면적은 힘이 물체에 한 일과 같다.

① 힘의 크기가 일정할 때: 그림 (가)에서 그래프가 이동 거리 축과 이루는 사각형의 면적 Fs 는 힘이 물체에 한 일과 같다.



(가)

② 힘의 크기가 변할 때: 그림 (나)에서 짙게 색칠한 직사각형의 면적은 물체가 Δs 만큼 이동할 때 힘이 물체에 한 일과 같다. 이때 직사각형의 면적을 모두 더하면 그래프가 이동 거리 축과 이루는 면적과 같으며, 이 면적은 s만큼 이동하는 동안 힘이 물체에 한 일과 같다.



(나)

개념 체크

- 일: 힘의 크기와 힘의 방향으로 이동한 거리를 곱한 값이다.
- 힘의 방향과 이동 방향이 같을 때: $W = Fs$
- 힘의 방향과 이동 방향이 이루는 각이 θ 일 때: $W = Fs \cos \theta$
- 힘-이동 거리 그래프와 일: 힘-이동 거리 그래프에서 그래프가 이동 거리 축과 이루는 면적은 힘이 물체에 한 일과 같다.

1. 일은 물체에 작용한 ()의 크기와 힘의 방향으로 ()의 곱으로 구한다.
2. 물체에 40 N의 일정한 힘을 계속 작용하여 물체가 힘의 방향으로 5 m 이동하는 동안 이 힘이 물체에 한 일은 ()이다.
3. 물체에 작용하는 힘의 방향과 물체의 이동 방향이 이루는 각이 0보다 크거나 같고 90°보다 작으면 힘이 물체에 한 일은 0보다 ()다.
4. 힘-이동 거리 그래프에서 넓이는 힘이 물체에 한 ()과 같다.

과학 돋보기 한 일이 0인 경우

힘이 0인 경우	이동 거리가 0인 경우	힘의 방향과 이동 방향이 수직인 경우
마찰이나 공기 저항이 없는 곳에서 운동 방향으로 아무런 힘을 받지 않고 등속 직선 운동을 하는 물체는 이동 거리는 증가하지만 운동 방향으로의 힘이 0이므로 힘이 물체에 한 일은 0이다.	힘을 가해 벽을 밀어도 벽이 움직이지 않으면 힘의 방향으로 이동한 거리가 0이므로 힘이 벽에 한 일은 0이다.	지구 주위를 등속 원운동을 하는 인공위성은 운동 방향이 중력의 방향과 수직을 이루므로 중력이 인공위성에 한 일은 0이다.

정답

1. 힘, 이동한 거리
2. 200 J
3. 크
4. 일

개념 체크

● 운동 에너지: 질량이 m 인 물체가 v 의 속력으로 운동할 때 물체의 운동 에너지는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 이다.

● 일·운동 에너지 정리: 물체에 작용하는 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

$$W = \Delta E_k$$

1. 물체의 질량과 운동량의 크기를 각각 m , p 라고 할 때 물체의 운동 에너지는 ()이다.
2. 운동 에너지가 10 J인 물체에 운동 방향으로 크기가 20 N인 알짜힘이 작용하여 10 m를 이동한 순간 물체의 운동 에너지는 ()이다.
3. 알짜힘이 운동하는 물체에 한 일이 0인 경우 물체는 ()운동을 한다.
4. 물체에 작용하는 알짜힘의 방향과 물체의 운동 방향이 서로 반대이면 물체의 운동 에너지는 ()한다.

정답

1. $\frac{p^2}{2m}$
2. 210 J
3. 일정한 속력으로
4. 감소

2 일과 에너지

(1) 운동 에너지(kinetic energy, E_k): 운동하는 물체가 가진 에너지로, 단위는 일의 단위와 같은 J(줄)을 사용한다.

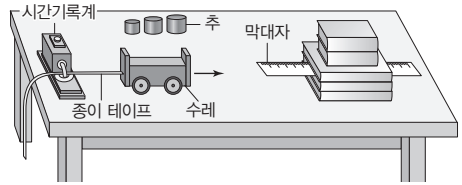
① 질량이 m 인 물체가 v 의 속력으로 운동할 때(운동량의 크기 $p=mv$), 물체의 운동 에너지는

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} \text{ [단위: J]이다.}$$

탐구자료 살펴보기 운동하는 물체가 하는 일

과정

- (1) 시간기록계, 수레, 추, 막대자를 사용하여 그림과 같이 장치한다.
- (2) 수레를 막대자에 충돌시켜서 막대자가 밀려들어간 거리를 측정한다.
- (3) 수레의 속력을 변화시키면서 과정 (2)를 반복한다.
- (4) 수레의 질량을 변화시키면서 과정 (2)를 반복한다.



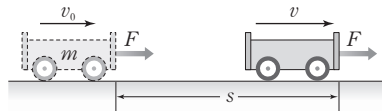
결과

- 수레의 속력이 클수록 막대자가 밀려들어간 거리는 크다.
- 수레의 질량이 클수록 막대자가 밀려들어간 거리는 크다.

point

- 막대자가 밀려들어간 거리는 수레의 운동 에너지에 비례한다.
- 수레의 운동 에너지는 수레의 질량과 속력의 제곱에 각각 비례한다.

② 일·운동 에너지 정리: 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 수평면 위에서 속력이 v_0 이고 질량이 m 인 수레에 운동 방향으로 일정한 힘 F 를 작용하여 거리 s 만큼 운동시켰을 때 수레의 속력이 v 라면 F 가 수레에 한 일 W 는 다음과 같다.



$$W = Fs = mas = \frac{1}{2}m(v^2 - v_0^2) = \Delta E_k$$

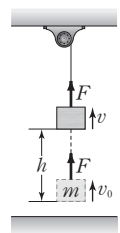
- 알짜힘이 수레에 한 일이 (+)인 경우($W > 0$): 수레의 운동 에너지 증가
- 알짜힘이 수레에 한 일이 (-)인 경우($W < 0$): 수레의 운동 에너지 감소
- 알짜힘이 수레에 한 일이 0인 경우($W = 0$): 수레의 운동 에너지 일정

과학 돋보기 여러 가지 힘이 한 일

그림과 같이 연직 방향으로 외력 F 가 작용하여 질량이 m 인 물체가 운동할 때, 물체에 작용하는 힘이 물체에 한 일은 다음과 같다.

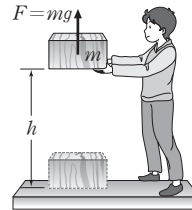
- 외력 F 가 한 일: $W_F = Fh$
- 중력 mg 가 한 일: $W_{mg} = -mgh$
- 물체에 작용하는 알짜힘: $F_N = F - mg$
- 알짜힘이 한 일: $W = F_N s = (F - mg)h = Fh - mgh = W_F + W_{mg} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

→ 외력 F 가 물체에 한 일은 물체의 역학적 에너지 변화량과 같고, 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.



(2) **퍼텐셜 에너지(potential energy, E_p):** 중력, 탄성력, 전기력 등이 작용하는 계에서 물체 또는 계에 저장되는 에너지로, 기준점에서 어떤 지점까지 물체를 등속으로 이동시키는 데 필요한 일을 그 지점에서의 퍼텐셜 에너지라고 한다.

(3) **중력 퍼텐셜 에너지:** 중력장에서 기준점($E_p=0$)으로부터 물체를 어떤 지점까지 등속으로 이동시킬 때 작용한 힘이 물체에 한 일을 그 지점에서의 중력 퍼텐셜 에너지라고 한다. 물체를 기준점으로부터 높이 h 까지 일정한 속력으로 들어 올리는 동안 힘 F 가 물체에 한 일은 $W=Fs=mgh$ 이다. 따라서 기준점으로부터 높이 h 인 곳에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 $E_p=mgh$ [단위: J]이다.



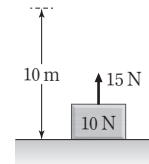
- ① 기준점이 달라지면 물체의 중력 퍼텐셜 에너지도 달라진다.
- ② 두 지점 사이에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 차는 기준점에 관계없이 일정하다.
- ③ 기준점보다 낮은 위치에서는 물체의 중력 퍼텐셜 에너지가 (-)값을 갖는다.

개념 체크

● **중력 퍼텐셜 에너지:** 중력 가속도가 g 인 곳에서 질량이 m 인 물체가 기준점으로부터 높이 h 인 곳에 있을 때 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 $E_p=mgh$ 이다.

1. 기준점에서 어떤 물체를 등속으로 이동시키는 데 필요한 일을 그 지점에서의 () 에너지라고 한다.

[2~4] 그림과 같이 무게가 10 N인 물체를 연직 위로 일정한 힘 15 N을 작용하여 10 m를 들어 올렸다.

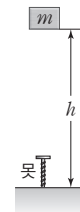


2. 물체가 10 m 이동하는 동안 15 N의 힘이 물체에 한 일은 ()이다.
3. 물체가 10 m 이동하는 동안 알짜힘이 물체에 한 일은 ()이다.
4. 물체가 10 m 이동하는 동안 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 ()이다.

탐구자료 살펴보기 중력 퍼텐셜 에너지

과정

- (1) 그림과 같이 질량이 m 인 물체를 높이 h 에서 자유 낙하시켜 못이 박히는 거리를 관찰한다.
- (2) 물체의 질량을 일정하게 유지하고, 자유 낙하시키는 출발 높이만을 $2h, 3h, \dots$ 로 변화시켜 못이 박히는 거리를 관찰한다.
- (3) 자유 낙하시키는 출발 높이는 h 로 일정하게 유지하고, 물체의 질량만을 $2m, 3m, \dots$ 으로 변화시켜 못이 박히는 거리를 관찰한다.



결과

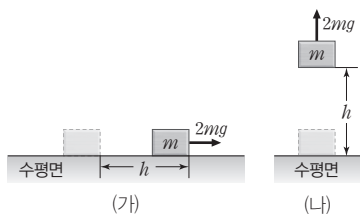
• 물체의 높이가 높을수록, 물체의 질량이 클수록 못이 박히는 거리가 크다.

point

• 물체의 중력 퍼텐셜 에너지(E_p)는 물체의 높이(h)와 물체의 질량(m)에 각각 비례한다. $\Rightarrow E_p=mgh$

과학 돋보기 일과 에너지 변화

그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 m 인 물체에 수평 방향으로 크기가 $2mg$ 인 일정한 힘을 작용하여 h 만큼 이동시켰을 때와, (나)와 같이 수평면에 정지해 있는 질량이 m 인 물체에 연직 위 방향으로 크기가 $2mg$ 인 일정한 힘을 작용하여 h 만큼 이동시켰을 때 알짜힘이 물체에 한 일, 물체의 운동 에너지 변화량, 물체에 작용한 $2mg$ 가 물체에 한 일은 표와 같다.



	(가)	(나)
알짜힘이 물체에 한 일	$2mgh$	mgh
물체의 운동 에너지 변화량	$2mgh$	mgh
$2mg$ 가 물체에 한 일	$2mgh$	$2mgh$

정답

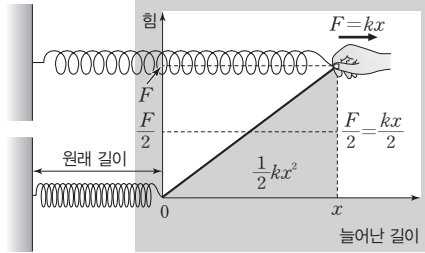
1. 퍼텐셜
2. 150 J
3. 50 J
4. 100 J

개념 체크

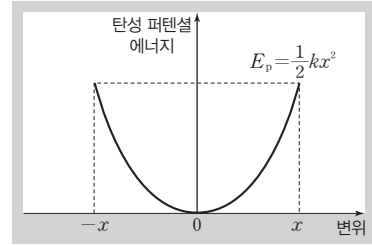
● 탄성 퍼텐셜 에너지: 용수철 상수가 k 인 용수철이 용수철의 원래 길이로부터 x 만큼 늘어났을 때, 탄성 퍼텐셜 에너지는 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ 이다.

1. 용수철 상수가 k 인 용수철이 용수철의 원래 길이로부터 x 만큼 늘어났을 때 탄성 퍼텐셜 에너지는 ()이다.
2. 용수철 상수가 50 N/m 인 용수철이 원래 길이로부터 x 만큼 늘어났을 때 탄성력의 크기가 10 N 이었다면, 이때 x 는 ()이다.
3. 원래 길이로부터 0.1 m 늘어난 어떤 용수철을 원래 길이로부터 0.2 m 까지 늘이는 데 필요한 일은 ()이다. (단, 용수철 상수는 100 N/m 이고, 용수철의 질량, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

(4) 탄성 퍼텐셜 에너지(탄성력 퍼텐셜 에너지): 용수철과 같은 탄성체가 변형되었을 때 가지는 에너지이다. 용수철을 당기는 동안 힘은 일정하게 증가하며($F=kx$, k : 용수철 상수), 평형 위치로부터 x 만큼 당기는 동안 힘이 한 일 W 는 힘-늘어난 길이 그래프의 아래 삼각형의 넓이와 같으므로 $W = \frac{1}{2}Fx = \frac{1}{2}kx^2$ 이다. 즉, 힘 F 가 용수철에 한 일은 $\frac{1}{2}kx^2$ 이므로, 평형 위치로부터 x 만큼 늘어난 곳에서 탄성 퍼텐셜 에너지는 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ [단위: J]이다.



용수철을 당길 때 힘이 하는 일

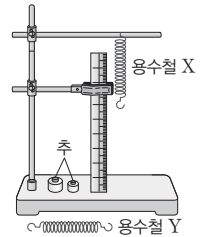


탄성 퍼텐셜 에너지-변위 그래프

탐구자료 살펴보기 탄성력 측정 실험

과정

- (1) 그림과 같이 실험 장치를 설치한다.
- (2) 질량이 m_0 인 추를 용수철 X의 끝에 매달아 평형 위치에서 정지하게 한 후, 용수철의 늘어난 길이를 측정한다.
- (3) 질량이 $2m_0$ 인 추로 바꾸어 과정 (2)를 반복한다.
- (4) 용수철 상수가 X의 2배인 용수철 Y로 바꾸어 과정 (2)~(3)을 반복한다.



결과

용수철	추의 질량	용수철의 늘어난 길이
X	m_0	x_0
	$2m_0$	$2x_0$
Y	m_0	$\frac{1}{2}x_0$
	$2m_0$	x_0

point

• 용수철 상수를 k , 용수철의 늘어난 길이를 x 라고 할 때, 용수철의 탄성력의 방향은 외력의 방향과 반대 방향이고, 탄성력의 크기는 용수철의 늘어난 길이에 비례한다($F=kx$).

과학 돋보기 탄성력을 이용한 스포츠


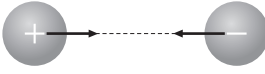
탄성 퍼텐셜 에너지를 이용하는 대표적인 스포츠로 그림과 같은 양궁이 있다. 선수가 활시위를 많이 당길수록 선수가 활시위에 한 일은 크고, 활시위에 한 일이 클수록 활시위에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지도 증가한다. 따라서 활시위를 놓았을 때, 활시위에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지가 화살의 운동 에너지로 전환되므로 활시위에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지가 클수록 화살은 더 멀리 날아가게 된다.



정답

1. $\frac{1}{2}kx^2$
2. 0.2 m
3. 1.5 J

과학 돋보기 또 다른 퍼텐셜 에너지의 종류

만유인력에 의한 퍼텐셜 에너지	전기력에 의한 퍼텐셜 에너지
	
만유인력이 작용하는 공간에서 행성과 위성 사이의 거리에 따라 위성이 가지는 에너지	전기력이 작용하는 공간에서 두 전하 사이의 거리에 따라 전하가 가지는 에너지

3 역학적 에너지 보존

(1) **역학적 에너지:** 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다.

(2) **중력에 의한 역학적 에너지 보존**

① 중력 이외의 힘(마찰력, 공기 저항력 등)이 일을 하지 않으면 물체의 역학적 에너지는 일정하게 보존된다. $\Rightarrow E_k + E_p = \text{일정}$

- 물체의 운동 에너지 변화량과 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량의 합은 0이다.
- 물체의 운동 에너지가 증가하면 그만큼 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 감소하고, 물체의 운동 에너지가 감소하면 그만큼 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 증가한다.

과학 돋보기 역학적 에너지 전환을 이용한 놀이 기구

역학적 에너지 전환을 이용한 놀이 기구 중 대표적인 것이 바로 레일을 따라 운동하는 열차, 진자 운동을 하는 배, 수직 낙하를 하는 기구 등이다. 레일을 따라 운동하는 열차의 경우 전동 체인에 의해 레일의 최고점으로 올라가는 동안 중력 퍼텐셜 에너지를 축적하고, 이후 하강하면서 중력 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지로 전환되어 높이가 가장 낮은 지점에서 가장 빠른 속력을 가지게 된다. 마찬가지로 그네와 같은 진자 운동을 하는 배의 경우도 최고점에서의 중력 퍼텐셜 에너지가 최저점으로 갈수록 운동 에너지로 전환되어 속력이 증가한다. 또한 수직 낙하를 하는 기구는 중력 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지로 전환되어 매우 빠른 속력을 가지게 되고, 지면에 닿기 전 특정 높이에서부터 속력을 줄이기 위한 감속 장치를 설계하여 탑승자에게 짜릿한 기분을 즐길 수 있게 한다.



레일을 따라 운동하는 열차



진자 운동을 하는 배



수직 낙하를 하는 기구

② 질량이 m 인 물체가 자유 낙하 하면서 지면으로부터의 높이가 h_1 , h_2 인 두 지점 A, B를 지날 때의 속력을 각각 v_1 , v_2 라고 하면, 물체가 A에서 B까지 낙하하는 동안 중력이 물체에 한 일은 $W = Fs = mg(h_1 - h_2)$ 이고, 중력이 물체에 한 일과 물체의 운동 에너지 증가량이 같으므로 $mg(h_1 - h_2) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 이다.

개념 체크

① **역학적 에너지:** 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 역학적 에너지라고 한다.

1. 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합을 물체의 () 에너지라고 한다.
2. 공기 저항이 없을 때 낙하하는 물체의 운동 에너지 변화량과 중력 퍼텐셜 에너지 변화량의 합은 항상 ()이다.
3. 중력만 받아 운동하는 물체의 운동 에너지가 감소하는 경우 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 ()한다.

정답

1. 역학적
2. 0
3. 증가

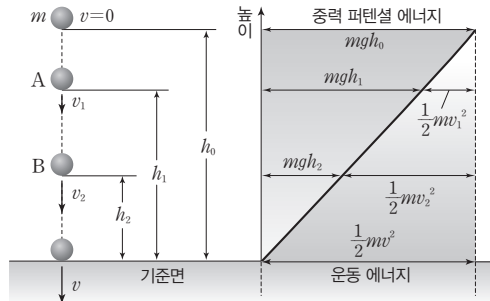
개념 체크

● 중력에 의한 역학적 에너지 보존:
중력 이외의 힘이 일을 하지 않으면 물체의 운동 에너지와 물체의 중력 퍼텐셜 에너지의 합은 항상 일정하다.

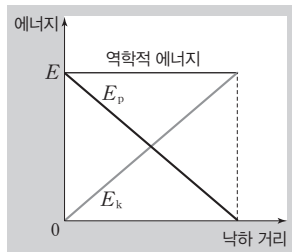
[1~3] 높이 H 에서 자유 낙하시킨 질량이 2 kg인 물체가 지면에 도달하기 직전 속력이 20 m/s이었다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이다.)

1. H 는 ()이다.
2. 출발한 순간 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 ()이다.
3. 지면에 도달하기 직전 물체의 운동 에너지는 ()이다.
4. 중력만 받아 운동하는 물체가 A 점을 지나서 순간 물체의 운동 에너지는 20 J이었다. B점에서 물체의 운동 에너지가 30 J이었다면 물체가 A점에서 B점까지 이동하는 동안 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 ()이다.

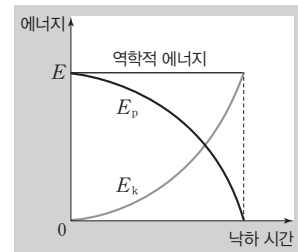
이 식을 정리하면 $mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$ 이므로, A와 B에서의 역학적 에너지는 같다.



③ 자유 낙하 하는 물체의 에너지 전환 그래프: 물체가 자유 낙하 할 때 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 감소하고 물체의 운동 에너지는 증가하지만, 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 물체의 운동 에너지의 합인 물체의 역학적 에너지는 일정하다.



낙하 거리와 에너지의 관계

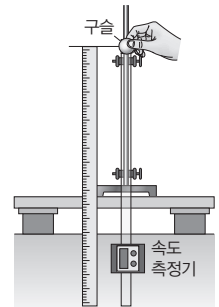


낙하 시간과 에너지의 관계

탐구자료 살펴보기 중력에 의한 역학적 에너지 보존

과정

- (1) 그림과 같이 수평면으로부터 5 m 높이에서 질량이 200 g인 구슬을 가만히 놓고, 0.1초 간격으로 속도 측정기로 구슬의 속력을 측정한다.
- (2) 시간에 따른 구슬의 중력 퍼텐셜 에너지, 운동 에너지, 역학적 에너지를 기록한다. (단, 공기 저항은 무시하고, 중력 가속도는 10 m/s^2 으로 가정한다.)



결과

시간(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
높이(m)	5	4.95	4.80	4.55	4.2	3.75
속력(m/s)	0	1	2	3	4	5
시간(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
중력 퍼텐셜 에너지(J)	10.0	9.9	9.6	9.1	8.4	7.5
운동 에너지(J)	0	0.1	0.4	0.9	1.6	2.5
역학적 에너지(J)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

point

- 모든 지점에서 구슬의 역학적 에너지가 10.0 J로 일정하다.
- 구슬이 낙하할 때 구슬의 역학적 에너지는 보존된다.

정답

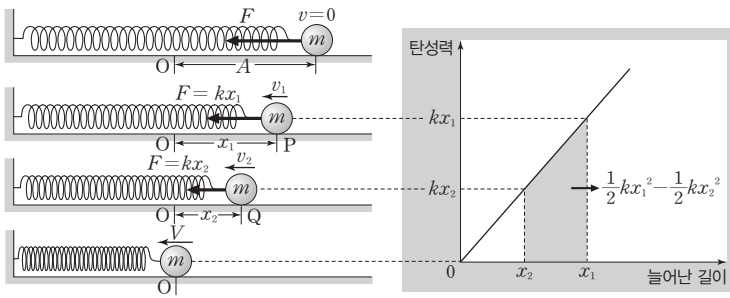
1. 20 m
2. 400 J
3. 400 J
4. 10 J

(3) 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

- 탄성력 이외의 힘(마찰력, 공기 저항력 등)이 일을 하지 않으면 물체의 운동 에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 합은 일정하게 보존된다. $\rightarrow E_k + E_p = \text{일정}$
- 마찰과 공기 저항이 없을 때, 물체를 용수철에 연결하여 A만큼 당겼다가 놓으면 평형 위치 O를 중심으로 진폭이 A인 진동을 한다. 평형 위치에 가까워지면 물체의 운동 에너지가 증가하고 탄성 퍼텐셜 에너지는 감소하며, 평형 위치에서 멀어지면 물체의 운동 에너지가 감소하고 탄성 퍼텐셜 에너지가 증가한다.

그림에서 평형 위치 O로부터의 위치가 각각 x_1, x_2 인 P, Q 두 지점을 지날 때 물체의 속력을 각각 v_1, v_2 라고 하면, P에서 Q까지 탄성력이 한 일은 $W = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2$ 이다. 탄성력이 한 일이 물체의 운동 에너지 증가량과 같으므로 $\frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 이며, 이 식을 정리하면 $\frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$ 으로, P와 Q에서 물체의 역학적 에너지는 같다. 진폭이 A이고 평형 위치에서의 속력이 V이면 물체의 역학적 에너지는 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mV^2$$



탐구자료 살펴보기 **연직면에서 진동하는 물체의 역학적 에너지 보존**

과정

공기 저항이 없는 곳에서 그림과 같이 질량이 m 인 물체가 용수철 상수가 k 인 용수철에 매달려 평형점 O를 중심으로 진폭 x 로 진동할 때, 점 A, O, B에서 역학적 에너지는 보존된다.

결과

평형점에서는 중력의 크기와 탄성력의 크기가 같으므로 $mg = kx$ 이다. 중력 가속도를 g , O에서 물체의 속력을 v , A에서 퍼텐셜 에너지를 0이라고 하면, A, O, B에서 물체의 역학적 에너지는 다음과 같다.

위치	중력 퍼텐셜 에너지	운동 에너지	탄성 퍼텐셜 에너지	역학적 에너지
A	0	0	0	0
O	$-mgx$	$\frac{1}{2}mv^2$	$\frac{1}{2}kx^2$	$-mgx + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$
B	$-mg(2x)$	0	$\frac{1}{2}k(2x)^2$	$-mg(2x) + \frac{1}{2}k(2x)^2$

point

• 역학적 에너지 보존에 따라 $0 = -mgx + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = -mg(2x) + \frac{1}{2}k(2x)^2$ 이다.

개념 체크

● **탄성력에 의한 역학적 에너지 보존:** 탄성력 이외의 힘이 일을 하지 않으면 물체의 운동 에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 합은 항상 일정하다.

1. 탄성력만 작용하는 경우 운동하는 물체와 연결된 용수철에서 물체의 운동 에너지와 용수철에 저장된 () 에너지의 합은 항상 일정하다. (단, 용수철의 질량, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

2. 수평면 위에서 용수철 상수가 k 인 용수철에 연결되어 진동하는 물체의 운동 에너지가 10 J만큼 증가할 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 () 만큼 감소한다. (단, 용수철의 질량, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

3. 수평면에서 용수철과 연결된 질량이 1 kg인 물체가 용수철의 늘어난 길이가 0.2 m인 A점에서 속력이 1 m/s이고, 용수철의 늘어난 길이가 0.1 m인 B점에서 속력이 2 m/s이다. 이때 용수철 상수는 () 이다. (단, 용수철의 질량, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

정답

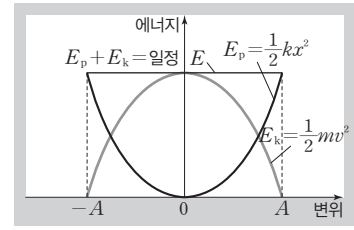
- 탄성 퍼텐셜
- 10 J
- 100 N/m

개념 체크

○ **역학적 에너지 보존:** 마찰력이나 공기 저항력 등이 작용하지 않으면 물체의 역학적 에너지는 보존되지만, 마찰력이나 공기 저항력 등이 작용하여 일을 하면 물체의 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

1. 마찰과 공기 저항이 없을 때 용수철에 연결된 물체가 진동하는 경우 물체의 () 에너지가 증가하면 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 감소한다.
2. 물체의 운동 방향과 반대 방향으로 작용하는 마찰력만 작용하는 경우 마찰력이 물체에 한 일은 물체의 () 감소량과 같다.
3. 수평면 위에서 운동하는 물체에 마찰력이 작용하여 물체에 일을 하는 경우 물체의 역학적 에너지는 (보존된다, 보존되지 않는다).

③ 용수철에서의 에너지 전환 그래프: 마찰과 공기 저항이 없을 때, 용수철에 연결된 물체가 진동하는 경우 탄성 퍼텐셜 에너지가 증가하면 물체의 운동 에너지는 감소하고, 탄성 퍼텐셜 에너지가 감소하면 물체의 운동 에너지가 증가한다. 그러나 탄성 퍼텐셜 에너지와 물체의 운동 에너지를 합한 역학적 에너지는 일정하다.



(4) 역학적 에너지 보존 법칙

- ① 마찰력, 공기 저항력 등과 같은 힘이 일을 하지 않으면 물체의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합인 역학적 에너지는 일정하게 보존되는데, 이를 역학적 에너지 보존 법칙이라고 한다.
 ➔ $E_k + E_p = \text{일정}$
- ② 역학적 에너지가 보존되는 경우에 물체의 운동 에너지가 증가하면 그만큼 퍼텐셜 에너지가 감소하고, 물체의 운동 에너지가 감소하면 그만큼 퍼텐셜 에너지가 증가한다.

(5) **역학적 에너지가 보존되지 않는 경우:** 마찰력, 공기 저항력 등과 같은 힘이 일을 하면 물체의 역학적 에너지는 열, 소리, 빛 등과 같은 다른 에너지로 전환되어 물체의 역학적 에너지는 감소하게 된다. 그러나 에너지는 새로 생성되거나 소멸하지 않으므로 전환 전의 에너지의 총량과 전환 후의 에너지의 총량은 같다.

탐구자료 살펴보기 마찰력에 의한 물체의 역학적 에너지 감소 비교

과정

- (1) 그림과 같이 유리판 위에 놓인 용수철과 연결된 물체를 용수철의 원래 길이로부터 10 cm 오른쪽으로 당긴 후 가만히 놓아 물체가 정지할 때까지 걸린 시간을 측정한다.
- (2) 유리판을 사포로 바꾸어 과정 (1)을 반복한다.



결과

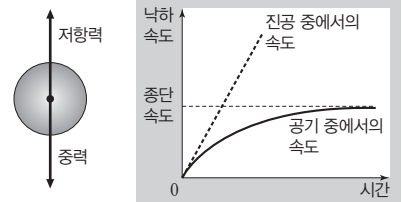
• 유리판보다 사포에서 정지하는 데 걸린 시간이 짧다.

point

• 마찰력이 클수록 역학적 에너지가 다른 에너지로 전환되는 시간이 짧다.

과학 돋보기 공기 저항에 의한 물체의 역학적 에너지 감소

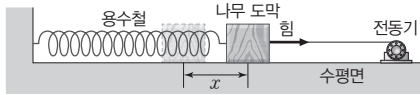
물체가 진공에서 자유 낙하를 하게 되면 시간에 따라 속력이 일정하게 증가하는 등가속도 운동을 하게 된다. 반면 물체가 공기 중에서 낙하를 하게 되면 물체의 속력이 증가함에 따라 공기 저항력도 점차 커지다가 중력과 공기 저항력이 평형을 이룰 때 물체는 일정한 속도로 낙하하게 되며, 이 속도를 종단 속도 (terminal velocity)라고 한다. 빗방울이 높은 곳에서 낙하를 하더라도 공기 저항력에 의해 종단 속도로 지면에 도착하게 되어 비를 맞아도 사람들이 다치지 않는 것이다.



정답

1. 운동
2. 역학적 에너지
3. 보존되지 않는다

01 [22023-0059] 그림은 전동기와 실을 이용하여 용수철과 연결된 나무 도막을 수평면과 나란한 방향으로 힘으로 당겼더니, 나무 도막이 등속 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. x 는 용수철의 늘어난 길이이다.



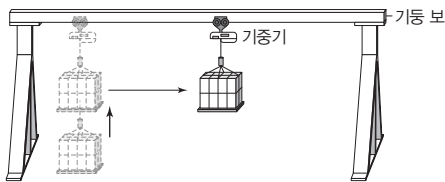
x 에 비례하는 물리량만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철과 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 전동기가 나무 도막을 당기는 힘의 크기
- ㄴ. 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지
- ㄷ. 나무 도막의 운동 에너지

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0060] 그림은 기동 보에 매달린 기중기에 의해 물체가 연직 위 방향으로 이동한 후, 다시 수평 방향으로 등속 직선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다.



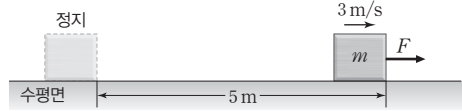
힘이 한 일이 0인 경우만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 물체가 연직 위로 이동하는 동안 기중기가 물체에 한 일
- ㄴ. 물체가 수평 방향으로 등속 직선 운동을 하는 동안 기중기가 물체에 한 일
- ㄷ. 물체가 연직 위로 이동하는 동안 물체에 작용하는 중력이 한 일

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

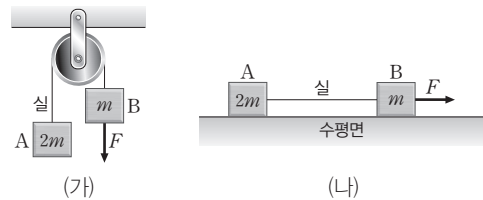
03 [22023-0061] 그림은 수평면 위에서 정지해 있던 질량이 m 인 물체에 수평 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘을 작용하였더니, 물체가 5 m를 이동한 순간 물체의 속력이 3 m/s인 모습을 나타낸 것이다.



$\frac{F}{m}$ 는? (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{1}{10} \text{ m/s}^2$ ② $\frac{3}{10} \text{ m/s}^2$ ③ $\frac{1}{2} \text{ m/s}^2$
 ④ $\frac{9}{10} \text{ m/s}^2$ ⑤ $\frac{3}{2} \text{ m/s}^2$

04 [22023-0062] 그림 (가)와 같이 질량이 각각 $2m$, m 인 물체 A와 B를 실로 연결하여 도르래에 걸쳐 놓은 후, B에 연직 아래 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘을 작용하였더니, B가 연직 아래 방향으로 운동하였다. 그림 (나)는 (가)의 A와 B를 수평면에 놓고 수평 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘을 작용하였더니 A, B가 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다.



(가)와 (나)에서 A가 같은 거리를 이동하는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

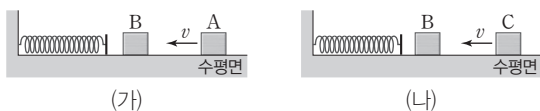
보기

- ㄱ. 실이 A를 당기는 힘이 A에 한 일은 (가)와 (나)에서 같다.
- ㄴ. 크기가 F 인 힘이 B에 한 일은 (가)와 (나)에서 같다.
- ㄷ. (가)에서 크기가 F 인 힘이 B에 한 일은 A와 B의 운동 에너지 변화량의 합과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

2점 수능 테스트

05 [22023-0063] 그림 (가)는 수평면에서 속력 v 로 운동하는 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 운동하는 모습을 나타낸 것이다. A는 B와 충돌한 후 정지하고 B는 용수철에 충돌하였다. 그림 (나)는 (가)에서 속력 v 로 운동하는 C가 정지해 있는 B를 향해 운동하는 모습을 나타낸 것이다. C는 B와 충돌한 직후 한 덩어리가 되어 운동한다. A, B, C의 질량은 같다.



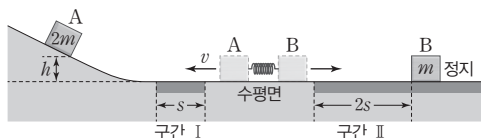
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. (가)에서 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 (나)에서 B가 C로부터 받은 충격량의 크기의 2배이다.
- ㄴ. (가)에서 A와 B가 충돌하기 직전과 직후 A와 B의 운동 에너지의 합은 같다.
- ㄷ. 용수철의 최대 압축 길이는 (가)에서가 (나)에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

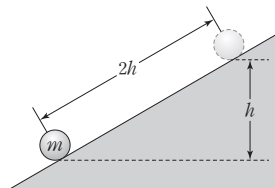
06 [22023-0064] 그림과 같이 수평면에서 두 물체 A, B 사이에 용수철을 넣어 압축시켰다가 동시에 가만히 놓았다. A는 운동 방향과 반대 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘을 수평 방향으로 받는 구간 I을 지나 마찰이 없는 빗면을 올라가 높이가 h 인 최고점에 도달하였고, B는 운동 방향과 반대 방향으로 크기가 $2F$ 인 일정한 힘을 수평 방향으로 받는 구간 II에서 $2s$ 만큼 이동한 후 정지하였다. A가 용수철에서 분리된 직후 A의 속력이 v 이고, I의 수평 방향의 거리는 s 이다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이다.



h 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 용수철의 질량, A와 B의 크기, I, II 이외의 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{v^2}{4g}$ ② $\frac{v^2}{2g}$ ③ $\frac{v^2}{g}$ ④ $\frac{2v^2}{g}$ ⑤ $\frac{4v^2}{g}$

07 [22023-0065] 그림과 같이 질량이 m 인 물체를 빗면에서 가만히 놓았더니, 물체가 빗면을 $2h$ 만큼 이동하는 동안 물체의 높이가 h 만큼 감소하였다.



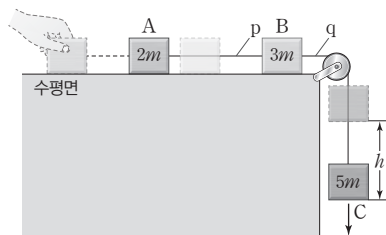
물체가 빗면에서 $2h$ 만큼 이동하는 동안, 물체에 작용하는 힘이 물체에 한 일이 mgh 인 힘만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 물체에 작용하는 중력
- ㄴ. 물체에 작용하는 알짜힘
- ㄷ. 빗면이 물체를 떠받치는 힘

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

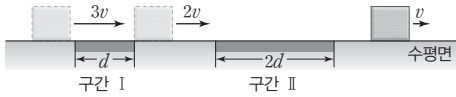
08 [22023-0066] 그림은 물체 A, B, C를 실 p, q로 연결한 후 A를 가만히 놓았더니 C가 높이 h 만큼 낙하한 순간을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $2m, 3m, 5m$ 이고, A를 가만히 놓은 순간부터 C가 h 만큼 낙하하는 동안 C에 작용하는 중력이 C에 한 일은 W 이다.



A를 가만히 놓은 순간부터 C가 h 만큼 낙하하는 동안, p가 A에 한 일을 W_p , q가 B에 한 일을 W_q 라고 할 때, W_p, W_q 로 옳은 것은? (단, p와 q의 질량, A, B, C의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{W_p}{5}$ $\frac{W_q}{10}$ ② $\frac{W_p}{5}$ $\frac{W_q}{2}$
 ③ $\frac{3}{10}W$ $\frac{1}{2}W$ ④ $\frac{1}{2}W$ $\frac{3}{10}W$
 ⑤ $\frac{1}{2}W$ $\frac{1}{2}W$

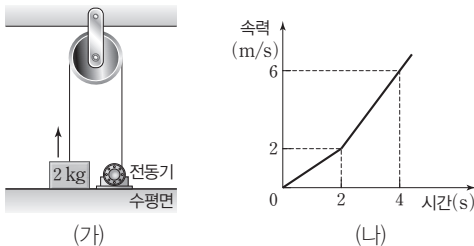
09 [22023-0067] 그림은 수평면에서 $3v$ 의 속력으로 운동하던 물체가 운동 방향과 반대 방향으로 각각 일정한 힘을 받는 구간 I, II를 순서대로 지나 속력 v 로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. I, II에서 물체의 이동 거리는 각각 d , $2d$ 이고, 물체가 I을 지난 순간 물체의 속력은 $2v$ 이다.



I과 II에서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기를 각각 F_1 , F_2 라고 할 때, $\frac{F_1}{F_2}$ 은? (단, 물체의 크기, I, II 이외의 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① 1 ② $\frac{5}{3}$ ③ 2 ④ $\frac{10}{3}$ ⑤ $\frac{14}{3}$

10 [22023-0068] 그림 (가)는 실로 연결되어 수평면에 정지해 있던 질량이 2 kg인 물체를 전동기가 연직 위로 당기는 모습을 나타낸 것이고, (나)는 물체가 연직 위로 운동하는 동안 물체의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다.



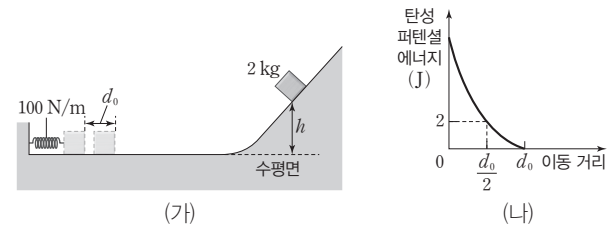
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 0초부터 2초까지 실이 물체를 당기는 힘이 물체에 한 일은 88 J이다.
- ㄴ. 2초부터 4초까지 실이 물체를 당기는 힘이 물체에 한 일은 192 J이다.
- ㄷ. 0초부터 4초까지 물체에 작용하는 중력이 물체에 한 일은 -200 J 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22023-0069] 그림 (가)와 같이 수평면 위에서 질량이 2 kg인 물체를 수평 방향으로 용수철 상수가 100 N/m 인 용수철을 원래 길이에서 d_0 만큼 압축시킨 후 놓았더니, 물체가 용수철로부터 분리되어 높이 h 인 최고점에 도달하였다. 그림 (나)는 용수철이 최대로 압축된 순간부터 물체가 용수철로부터 분리될 때까지 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지를 물체의 이동 거리에 따라 나타낸 것이다.



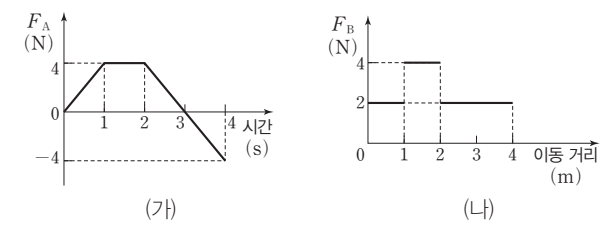
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 용수철의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. d_0 은 0.4 m이다.
- ㄴ. 물체가 수평면에서 등속 직선 운동을 할 때 물체의 운동 에너지는 4 J이다.
- ㄷ. h 는 0.4 m이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22023-0070] 그림 (가)는 수평면 위에 정지해 있는 질량이 2 kg인 물체 A에 수평 방향으로 작용한 알짜힘 F_A 를 시간에 따라 나타낸 것이고, (나)는 수평면 위에 정지해 있는 물체 B에 수평 방향으로 작용한 알짜힘 F_B 를 이동 거리에 따라 나타낸 것이다.



(가)에서 0초부터 4초까지 F_A 가 A에 한 일을 W_A , (나)에서 B가 정지 상태에서 4 m 이동하는 동안 F_B 가 B에 한 일을 W_B 라고 할 때, $\frac{W_A}{W_B}$ 는? (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

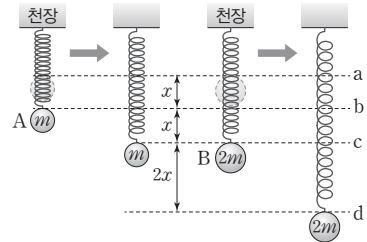
- ① $\frac{3}{5}$ ② $\frac{9}{10}$ ③ 1 ④ $\frac{13}{10}$ ⑤ $\frac{3}{2}$

마찰이나 공기 저항이 작용하지 않으면, 용수철에 매달려 연직선상에서 진동하는 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

01 [22023-0071] 다음은 연직면에서 진동하는 물체의 퍼텐셜 에너지를 측정하는 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 질량이 $m, 2m$ 인 두 물체 A, B를 원래 길이가 기준선 a까지이고 용수철 상수가 같은 용수철에 각각 연결하고, A, B를 서서히 내려 각각 A, B에 작용하는 알짜힘이 0이 되는 기준선 b, c에서 멈추게 한다.



(나) A, B를 각각 $x, 2x$ 만큼 연직 아래 방향으로 당겼다가 가만히 놓는다.

(다) a, c에서 A의 중력 퍼텐셜 에너지 $E_{중}$ 과 탄성 퍼텐셜 에너지 $E_{탄}$ 을 계산한다.

(라) a, d에서 B의 중력 퍼텐셜 에너지 $E_{중}$ 과 탄성 퍼텐셜 에너지 $E_{탄}$ 을 계산한다.

[실험 결과]

물체	a		c		d	
	$E_{중}$	$E_{탄}$	$E_{중}$	$E_{탄}$	$E_{중}$	$E_{탄}$
A	0	0	㉠	E_0		
B	0	0				㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철의 질량, A와 B의 크기, 공기 저항은 무시한다.)

보기

㉠. ㉠은 $-E_0$ 이다.

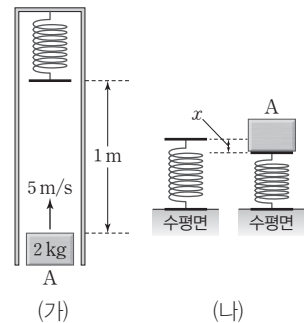
㉡. ㉡은 $2E_0$ 이다.

㉢. A가 b를 지날 때, A의 운동 에너지는 $\frac{E_0}{2}$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

(가)에서 용수철 아래쪽 끝에서 1m인 지점에서 물체의 운동 에너지는 용수철이 최대로 압축된 순간 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지와 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다.

02 [22023-0072] 그림 (가)와 같이 고정된 관의 위쪽 끝에 용수철을 매달고, 용수철의 아래쪽 끝에서 1 m 아래인 지점에서 질량이 2 kg인 물체 A를 연직 위 방향으로 5 m/s의 속력으로 던졌다. A는 용수철과 충돌하여 용수철을 0.2 m까지 압축시킨 순간 정지하였다. 그림 (나)는 (가)의 용수철을 수평면에 고정하고 용수철 위에 A를 올려놓았더니 용수철이 x 만큼 압축된 상태로 A가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.

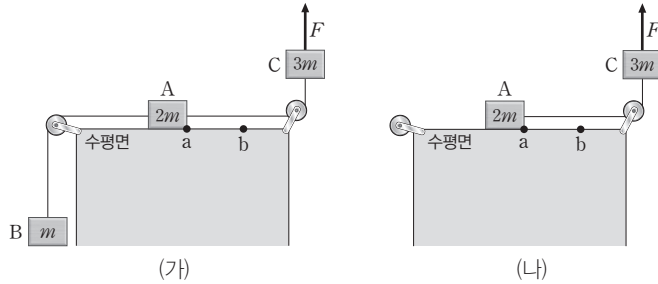


(나)에서 A를 연직 아래 방향으로 힘을 작용하여 용수철을 $2x$ 만큼 더 압축시킨 상태에서 가만히 놓았을 때, A를 놓는 순간부터 A가 최고점에 도달할 때까지 A의 이동 거리는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, A의 크기, 용수철의 질량, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{3}{8}$ m ② $\frac{4}{5}$ m ③ $\frac{7}{8}$ m ④ $\frac{9}{5}$ m ⑤ $\frac{17}{8}$ m

03 [22023-0073]

그림 (가)와 같이 물체 A, B, C를 연결한 후, C에 연직 위 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘을 작용하였다. 수평면에서 운동하는 A의 운동 에너지가 a, b에서 각각 $E, 9E$ 였다. A가 a에서 b까지 운동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 $6E$ 이다. A, B, C의 질량은 각각 $2m, m, 3m$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 제거한 후 연직 위 방향으로 C에 크기가 F 인 일정한 힘을 작용하는 모습을 나타낸 것이고, A가 a를 지나는 순간 A의 운동 에너지는 E 이다.



(가)에서 F 가 C에 한 일은 A, B, C의 운동 에너지 증가량과 B와 C의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다.

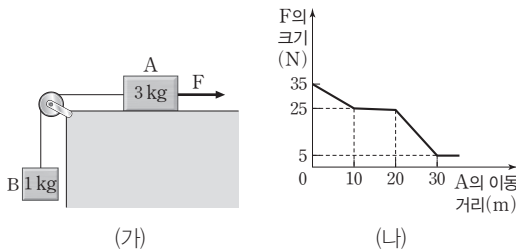
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량과 물체의 크기, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. (가)에서 A가 a에서 b까지 이동하는 동안 크기가 F 인 힘이 C에 한 일은 $48E$ 이다.
 - ㄴ. A가 a에서 b까지 이동하는 동안 C의 역학적 에너지 증가량은 (나)에서 (가)에서의 4배이다.
 - ㄷ. (나)에서 A가 b를 지나는 순간 A의 운동 에너지는 $12E$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22023-0074]

그림 (가)는 질량이 각각 $3\text{ kg}, 1\text{ kg}$ 인 물체 A, B를 실로 연결한 후, A에 수평 방향으로 힘 F 를 작용하는 모습을 나타낸 것이고, (나)는 F 의 크기를 A가 정지한 상태부터 이동한 거리에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



물체에 작용한 힘을 물체의 이동 거리에 따라 나타낸 그래프에서 면적은 물체에 작용한 힘이 물체에 한 일과 같다.

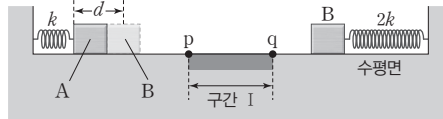
- 보기
- ㄱ. A의 이동 거리가 5 m 인 순간 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 15 N 이다.
 - ㄴ. A가 정지 상태에서 20 m 이동하는 동안 A의 운동 에너지 변화량은 350 J 이다.
 - ㄷ. A가 정지 상태에서 30 m 이동하는 동안 A, B의 역학적 에너지 증가량은 700 J 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

용수철 상수가 k 인 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값은 A의 운동 에너지 최댓값, I에서 B의 운동 에너지 변화량의 크기, 용수철 상수가 $2k$ 인 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값의 합과 같다.

05 [22023-0075]

그림과 같이 용수철 상수가 k 인 용수철에 연결된 물체 A에 물체 B를 접촉하여 용수철을 원래 길이로부터 d 만큼 압축시켰다가 놓았더니, B가 A와 분리된 후 운동 방향과 반대 방향으로 일정한 힘을 받는 구간 I을 지나 용수철 상수가 $2k$ 인 용수철이 x 만큼 압축된 순간 정지하였다. A와 B의 질량은 같다. 표는 I의 시작점 p와 끝점 q에서 B의 속력을 나타낸 것이다.



위치	B의 속력
p	$4v$
q	$2v$

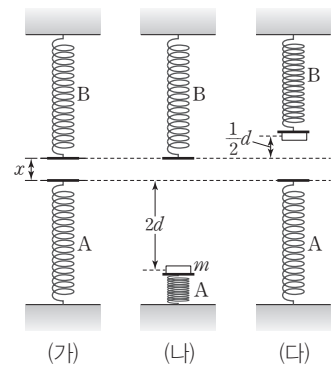
x 와 I에서 B의 운동 에너지 변화량의 크기 E 로 옳은 것은? (단, 두 용수철의 질량, A와 B의 크기, I 이외의 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- | | | | |
|------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| ① $\frac{1}{8}d$ | $\frac{E}{16}kd^2$ | ② $\frac{1}{8}d$ | $\frac{E}{4}kd^2$ |
| ③ $\frac{1}{4}d$ | $\frac{3E}{16}kd^2$ | ④ $\frac{1}{4}d$ | $\frac{1}{4}kd^2$ |
| ⑤ $\frac{1}{2}d$ | $\frac{1}{2}kd^2$ | | |

물체가 운동하는 동안 운동 에너지의 최댓값을 가지는 경우는 물체가 A에 연결되어 운동하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘이 0인 경우이다.

06 [22023-0076]

그림 (가)와 같이 용수철 상수가 $\frac{3mg}{2d}$ 로 동일한 용수철 A, B가 동일한 연직선상에 x 만큼 떨어져 있다. 그림 (나)는 질량이 m 인 물체를 A 위에 올려놓은 후 물체를 연직 아래로 눌러 A를 $2d$ 만큼 압축시켰다가 가만히 놓는 순간의 모습을, (다)는 (나)의 물체가 A와 분리된 후 B를 $\frac{1}{2}d$ 만큼 압축시킨 모습을 나타낸 것이다. B가 $\frac{1}{2}d$ 만큼 압축되었을 때 물체의 속력은 0이다.

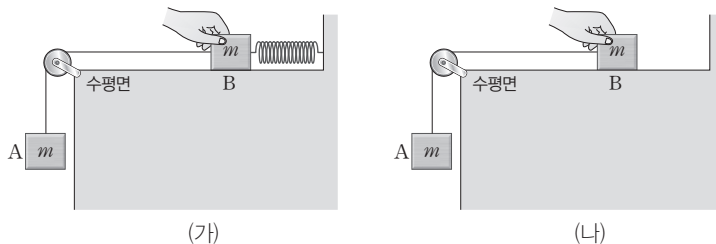


물체가 운동하는 동안 물체의 운동 에너지의 최댓값을 E 라고 할 때, x 와 E 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기, 용수철의 질량, 공기 저항은 무시한다.)

- | | | | |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| ① $\frac{5}{16}d$ | $\frac{4}{3}mgd$ | ② $\frac{5}{16}d$ | $\frac{2}{3}mgd$ |
| ③ $\frac{5}{8}d$ | $\frac{3}{2}mgd$ | ④ $\frac{5}{8}d$ | $\frac{4}{3}mgd$ |
| ⑤ $\frac{1}{4}d$ | $\frac{2}{3}mgd$ | | |

07 [2023-0077]

그림 (가)는 물체 A와 실로 연결된 물체 B를 수평면 위에서 용수철과 연결한 후 용수철이 변형되지 않은 상태를 유지하면서 B를 잡고 있는 모습을, (나)는 (가)에서 용수철을 제거한 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m 이다.

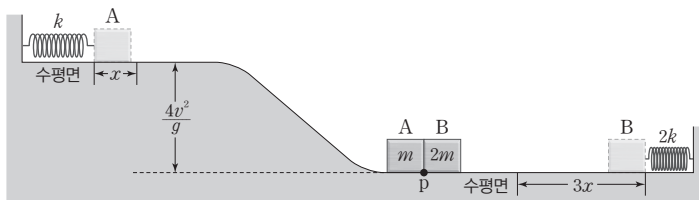


(가)에서 B를 가만히 놓는 순간부터 B가 최대 속력을 가질 때까지 B의 이동 거리를 x_1 , (나)에서 B를 가만히 놓는 순간부터 B의 속력이 (가)에서 B의 최대 속력과 같아지는 순간까지 B의 이동 거리를 x_2 라고 할 때, $\frac{x_1}{x_2}$ 은? (단, A와 B의 크기, 실과 용수철의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

08 [2023-0078]

그림과 같이 두 물체 A, B를 높이 차가 $\frac{4v^2}{g}$ 인 지점에 있는 두 용수철에 각각 접촉시켜 원래 길이에서 x , $3x$ 만큼 압축시켰다가 놓았더니, 점 p에서 충돌하여 한 덩어리가 되어 운동하였다. A, B의 질량은 각각 m , $2m$ 이고, A와 B에 연결된 용수철의 용수철 상수는 각각 k , $2k$ 이다. A가 높이 $\frac{4v^2}{g}$ 인 곳에서 용수철로부터 분리된 순간 A의 속력은 v 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 용수철의 질량, A와 B의 크기 및 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A가 p에서 B와 충돌하기 직전 A의 속력은 $3v$ 이다.
 ㄴ. p에서 충돌 직후 A와 B의 운동량 합은 $3mv$ 이다.
 ㄷ. 충돌 후 A와 B는 용수철 상수가 k 인 용수철을 압축시킨다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)에서 B가 최대 속력을 가지는 순간 용수철이 B에 작용하는 탄성력의 크기와 A의 중력의 크기는 같다.

A의 경우 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지가 A와 용수철이 분리되는 순간 A의 운동 에너지로 전환된다. 또 A가 높이 $\frac{4v^2}{g}$ 만큼 내려오는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지가 A의 운동 에너지로 전환된다.

개념 체크

- 열평형 상태: 두 물체의 온도가 같아져 더 이상 온도가 변하지 않는 상태이다.
- 이상 기체: 분자의 크기를 점으로 가정하고 분자 사이의 인력에 의한 퍼텐셜 에너지를 무시하는 기체이다.

1. 절대 온도로 100 K은 섭씨온도로 () °C이다.
2. 온도가 낮은 물체와 높은 물체를 접촉시켜 놓을 때 열은 온도가 () 물체에서 () 물체로 저절로 이동한다.
3. 분자의 부피를 무시할 수 있고 충돌하는 동안 에너지 손실이 없으며 퍼텐셜 에너지가 없는 기체를 ()라고 한다.
4. 단위 면적 A 에 수직으로 작용하는 힘의 크기가 F 일 때 압력 P 는 ()이다.
5. 기체가 외부에 일을 할 때 기체의 부피는 (팽창, 수축)하고, 기체가 외부로부터 일을 받을 때 기체의 부피는 (팽창, 수축)한다.

정답

1. -173
2. 높은, 낮은
3. 이상 기체
4. $\frac{F}{A}$
5. 팽창, 수축

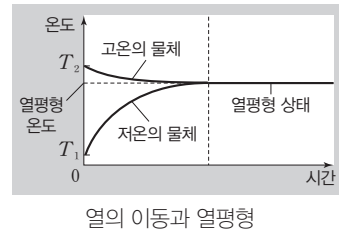
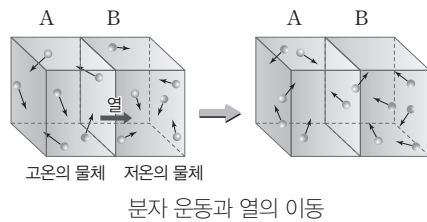
1 열역학 제1법칙

(1) 온도: 물체의 차갑고 뜨거운 정도를 수치로 나타낸 물리량이다.

- ① 섭씨온도: 1기압에서 순수한 물이 어는 온도를 0 °C, 끓는 온도를 100 °C로 정하고 그 사이를 100등분하여 1 °C 간격으로 눈금을 나타낸 온도이다.
- ② 절대 온도: 섭씨온도와 눈금 간격은 같으나 열역학적으로 최저 온도인 -273 °C를 0 K(켈빈)으로 정한 온도로, 절대 온도와 섭씨온도를 각각 T, t 라고 할 때 다음 관계가 성립한다.

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273$$

- 이상 기체 분자들의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례한다.
- ③ 열: 물체의 온도와 상태를 변화시키는 원인으로, 에너지의 일종이므로 열에너지라고도 한다.
 - ④ 열의 이동: 열은 저절로 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 이동한다. 고온의 물체에서 저온의 물체로 이동한 열에너지의 양을 열량이라고 하며, 열량의 단위는 kcal 또는 J을 사용한다.
 - ⑤ 열평형 상태: 서로 접촉하고 있는 온도가 다른 두 물체 사이에 열이 이동하여 온도가 같아져 더 이상 온도가 변하지 않는 상태이다.



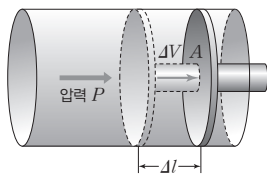
(2) 기체가 하는 일

- ① 이상 기체: 분자의 부피를 무시할 수 있고 충돌하는 동안 에너지 손실이 없는 기체로, 퍼텐셜 에너지가 없으므로 기체 분자의 역학적 에너지는 운동 에너지와 같다. 실제 기체는 압력이 낮거나, 온도가 높거나, 밀도가 작으면 이상 기체처럼 행동한다.
- ② 압력(P): 단위 면적(A)에 수직으로 작용하는 힘(F)이다.

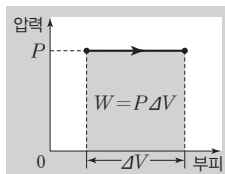
$$\text{압력} = \frac{\text{힘}}{\text{면적}}, P = \frac{F}{A} \text{ [단위: N/m}^2, \text{ Pa(파스칼) 등]}$$

- ③ 기체에 열을 가하면 온도나 부피의 변화가 일어난다.

- 기체가 팽창하면 기체가 외부에 일을 하게 되고, 기체가 외부로부터 일을 받으면 수축하게 된다.
- 압력이 일정할 때 기체가 하는 일은 다음과 같다.



$$W = F \Delta l = PA \Delta l = P \Delta V$$



압력-부피 그래프에서 그래프 아래 면적은 기체가 외부에 한 일이다.

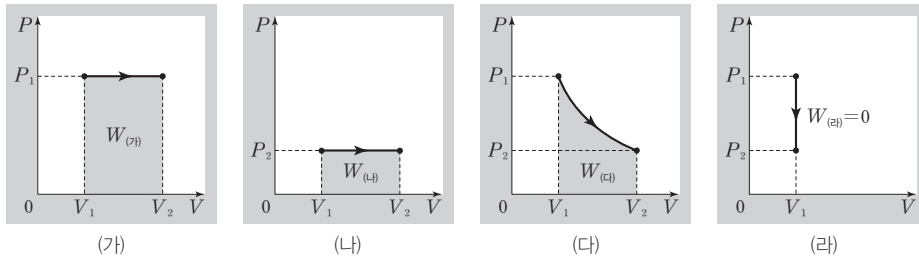
부피 변화	일의 부호와 의미
증가 ($\Delta V > 0$)	기체가 외부에 일을 한다. $\Rightarrow W > 0$
감소 ($\Delta V < 0$)	기체가 외부로부터 일을 받는다. $\Rightarrow W < 0$

- ④ 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣으면 부피가 증가하는 것은 열에 의해 탁구공 내부의 기체의 압력이 커져 기체의 부피가 증가했기 때문이다. 이때 공 내부의 공기가 열을 흡수하여 압력이 증가하면 공 안에서 바깥쪽으로 힘을 작용하여 부피가 증가하므로 공 내부의 공기는 외부에 일을 한다.

개념 체크

● **경로에 따른 일:** 기체가 한 상태에서 다른 상태로 변하는 경우는 여러 경로가 있다. 이때 기체가 한 일은 경로에 따라 다른 값을 가질 수 있다.

과학 돋보기 **압력(P)-부피(V) 그래프에서 기체가 한 일**



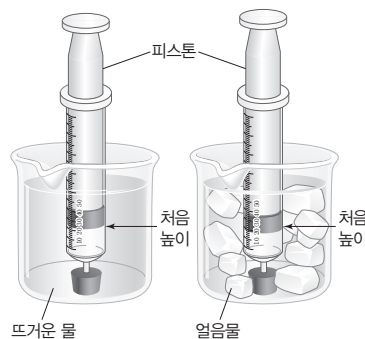
- (가) 과정: 압력이 P_1 로 일정하고 부피가 V_1 에서 V_2 로 증가한 경우, 기체가 한 일은 그래프의 아래 면적인 $W_{(가)} = P_1(V_2 - V_1)$ 이다.
- (나) 과정: 압력이 P_2 ($P_1 > P_2$)로 일정하고 부피가 V_1 에서 V_2 로 증가한 경우, 기체가 한 일은 그래프의 아래 면적인 $W_{(나)} = P_2(V_2 - V_1)$ 이다.
- (다) 과정: 압력이 P_1 에서 P_2 로 감소하고 부피가 V_1 에서 V_2 로 증가한 경우, 기체가 한 일은 그래프의 아래 면적인 $W_{(다)}$ 이다.
- (라) 과정: 부피가 V_1 로 일정하고 압력이 P_1 에서 P_2 로 변하는 경우, 기체의 부피 변화가 없으므로 기체가 한 일은 $W_{(라)} = 0$ 이다.
- 기체가 한 일을 비교하면 $W_{(가)} > W_{(나)} > W_{(다)} > W_{(라)} = 0$ 이다.

1. 부피가 증가할 때 압력-부피 그래프 아래의 면적은 기체가 ()과 같다.
2. 기체의 부피가 일정하고 기체의 압력이 증가할 때 기체가 외부에 한 일은 ()이다.
3. 기체의 압력이 P 로 일정하고, 기체의 부피가 V_1 에서 V_2 로 팽창하였을 때 기체가 한 일은 ()이다.

탐구자료 **살펴보기** **열과 기체가 하는 일**

과정

- (1) 2개의 유리 주사기의 피스톤을 중간까지 뽑아 주사기 안에 공기를 넣은 후 주사기 끝을 고무마개로 막고 피스톤의 눈금을 읽어 기록한다.
- (2) 유리 주사기를 뜨거운 물과 얼음물이 든 비커에 각각 담고, 피스톤이 이동한 후 계속 멈춰 있을 때까지 기다린 후 공기의 부피를 기록한다.



결과

구분	뜨거운 물	얼음물
공기의 처음 부피	20 mL	20 mL
공기의 나중 부피	23 mL	18 mL

point

- 주사기의 피스톤이 더 이상 움직이지 않는다는 것은 주사기 속의 기체와 비커의 물이 열평형을 이룬 것이다.
- 뜨거운 물에 담긴 주사기 속 공기는 열을 받아 분자 운동이 활발해져 부피가 증가하므로 공기는 외부에 일을 한다.
- 얼음물에 담긴 주사기 속 공기는 얼음물로 열을 빼앗겨 분자 운동이 둔해져서 부피가 감소하므로 공기는 외부로부터 일을 받는다.

정답

1. 한 일
2. 0
3. $P(V_2 - V_1)$

개념 체크

- 이상 기체의 내부 에너지: 기체 분자의 수와 절대 온도에 비례한다.
- 열운동: 물체를 이루는 원자와 분자들은 정지해 있는 것이 아니라 모든 방향으로 불규칙하게 운동 또는 진동 또는 회전 운동을 하는데, 이처럼 분자들의 불규칙한 운동을 열운동이라고 한다. 온도가 0 K이면 기체는 열운동을 하지 않는다.

1. 기체의 내부 에너지는 기체 분자의 ()와 ()의 총합을 말한다.
2. 이상 기체는 분자 사이의 인력이 없으므로 () 에너지가 없다. 따라서 이상 기체의 내부 에너지는 () 에너지만의 총합으로 나타낸다.
3. 이상 기체의 분자 수가 일정한 경우 절대 온도가 3배 증가하면 이상 기체의 내부 에너지는 ()배가 된다.
4. 이상 기체의 절대 온도가 ()인 경우 내부 에너지는 0이 되고, 기체는 열운동을 하지 않는다.

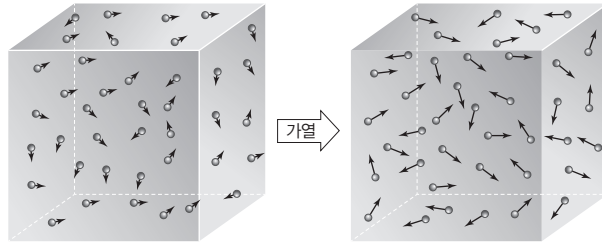
정답

1. 운동 에너지, 퍼텐셜 에너지
2. 퍼텐셜, 운동
3. 3
4. 0 K

(3) 기체의 내부 에너지

- ① 내부 에너지(U): 기체 분자의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 총합을 말한다.
- ② 이상 기체는 분자 사이의 인력이 없으므로 퍼텐셜 에너지가 없다. 따라서 이상 기체의 내부 에너지는 운동 에너지만의 총합으로 나타나고, 절대 온도에 비례한다.
- ③ 이상 기체의 평균 운동 에너지($\overline{E_k}$)는 절대 온도(T)에 비례하므로, 이상 기체의 내부 에너지(U)는 기체 분자의 수(N)와 절대 온도(T)에 비례한다.

$$U = N\overline{E_k} \propto NT$$



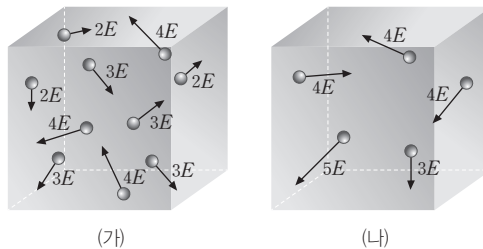
온도가 낮은 기체를 가열하여 온도가 높은 기체로 변하면 기체의 내부 에너지는 증가한다.

- 이상 기체의 분자 수가 일정한 경우 절대 온도가 2배로 증가하면 이상 기체의 내부 에너지도 2배가 된다.
- 이상 기체의 절대 온도가 0 K인 경우 내부 에너지는 0이 된다. 따라서 기체는 열운동을 하지 않는다.

탐구자료 살펴보기 내부 에너지와 평균 운동 에너지 비교

자료

그림 (가), (나)는 상자 속에 들어 있는 이상 기체의 분자들이 가지는 운동 에너지를 나타낸 것이다.



분석

구분	이상 기체의 내부 에너지	이상 기체의 평균 운동 에너지
(가)	$30E$	$3E$
(나)	$20E$	$4E$

point

- 기체의 내부 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크고, 기체 분자의 평균 운동 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
- 이상 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하므로, 절대 온도는 (나)에서가 (가)에서보다 높다.

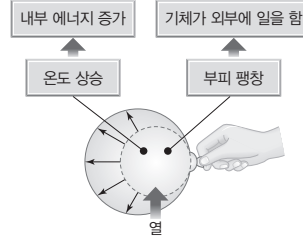
개념 체크

- 열역학 제1법칙: 기체의 내부 에너지 증가량은 외부에서 기체가 흡수한 열량에서 기체가 외부에 한 일을 뺀 값과 같다.
- 계: 서로 영향을 주고받으며 상호 작용 하는 구성 요소들의 집합으로, 시스템(system)이라고도 한다.
- 제1종 영구 기관: 외부에서 에너지를 공급받지 않아도 계속 작동하는 열기관인 제1종 영구 기관은 열역학 제1법칙에 어긋나므로 만들 수 없다.

(4) 열역학 제1법칙: 기체의 내부 에너지 증가량(ΔU)은 외부에서 기체가 흡수한 열량(Q)에서 기체가 외부에 한 일(W)을 뺀 값과 같다. $\Rightarrow \Delta U = Q - W, Q = \Delta U + W$

① 열역학 제1법칙은 에너지는 한 상태에서 다른 상태로 전환될 수 있지만 에너지의 총량은 변하지 않는다는 것을 뜻하므로 에너지 보존 법칙이라고도 한다. 즉, 하나의 계에 들어가거나 나온 열이 일과 내부 에너지로 전환되어 전체 에너지의 양은 변하지 않는다는 것이다.

② 풍선 내부의 기체를 가열하면 기체의 온도가 올라가고, 풍선이 팽창하며 대기를 밀어내는 일을 한다. 이때 풍선 내부의 기체가 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 기체가 외부에 한 일의 합과 같다.



③ 부호와 물리량 0의 의미

구분	(+)	(-)	0
Q	열을 흡수	열을 방출	열 흡수·방출 없음
ΔU	내부 에너지 증가	내부 에너지 감소	기체 내부 에너지·온도 일정
W	외부에 일을 함	외부로부터 일을 받음	기체 부피 일정

④ 제1종 영구 기관: 외부에서 에너지를 공급받지 않아도 계속 작동하는 열기관을 제1종 영구 기관이라고 한다. 제1종 영구 기관은 열역학 제1법칙, 즉 에너지 보존 법칙에 어긋나므로 만들 수 없다.

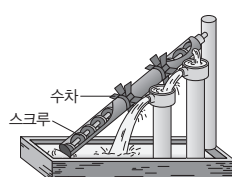
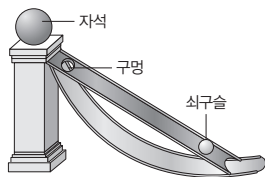
1. 기체의 내부 에너지 증가는 기체가 흡수한 ()에서 기체가 외부에 한 ()을 뺀 값과 같다.
2. 열역학 제1법칙은 에너지는 한 상태에서 다른 형태로 전환될 수 있지만 에너지의 총량은 변하지 않는다는 것을 뜻하므로 () 법칙이라고도 한다.
3. 제1종 영구 기관은 열역학 제()법칙, 즉 에너지 보존 법칙에 어긋나므로 만들 수 없다.

탐구자료 살펴보기 제1종 영구 기관

자료

다음은 어떤 연설가가 말한 무한 에너지 생산 장치에 대한 설명이다.

- (가) 자석에 의해 쇠구슬이 비탈면을 따라 끌려 올라가다가 구멍으로 떨어진 후, 굽은 면을 따라 원래의 위치로 돌아간다. 쇠구슬의 운동 에너지를 사용한 후 자석이 쇠구슬을 당겨 비탈면을 따라 끌려 올라가며 계속해서 작동한다. 이 장치를 이용하면 에너지를 계속 생산할 수 있다.
- (나) 물이 떨어지며 스크루가 연결된 수차를 회전시키고, 수차의 회전 에너지를 이용하여 아래쪽 물을 위쪽으로 이동시키면 영원히 작동하는 장치를 만들 수 있다.



분석

- (가) 쇠구슬이 비탈면을 따라 올라간다면, 구멍으로 떨어져도 자기력 때문에 다시 처음 위치로 갈 수 없다. 즉, 쇠구슬을 원래의 위치로 되돌리려면 별도의 에너지가 필요하다.
- (나) 물의 처음 중력 퍼텐셜 에너지보다 수차를 돌리는 에너지와 스크루가 연결된 수차의 회전 에너지의 합이 더 크기 때문에 존재할 수 없는 장치이다.

point

- 에너지의 공급 없이 에너지를 계속 생산하는 장치는 존재할 수 없다.

정답

1. 열량, 일
2. 에너지 보존
3. 1

개념 체크

● **열역학 과정:** 기체가 외부와 상호 작용 하면서 한 상태에서 다른 상태로 변하는 과정이다. 기체의 상태 변화를 압력, 부피, 온도 변화 과정으로 나타내고, 대표적인 종류로는 등압, 등적, 등온, 단열 과정이 있으며, 열역학 제1법칙이 적용된다.

● **등압 과정:** 기체에 가한 열은 기체가 외부에 한 일과 기체의 내부 에너지 증가량의 합과 같다.

● **샤를 법칙:** 기체의 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대 온도에 비례한다.

1. 열역학 과정 중 등압 과정은 기체의 ()가/이 일정한 상태에서 기체의 부피와 온도가 변하는 과정이다.

2. 등압 팽창 과정에서 기체의 부피, 내부 에너지, 절대 온도는 모두 (증가, 감소) 한다.

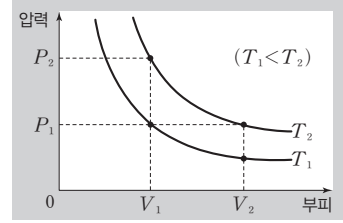
3. 기체의 부피가 일정한 상태에서 기체의 압력과 온도가 변하는 과정은 () 과정이다.

4. 기체의 부피가 일정한 상태에서 기체가 흡수한 열은 모두 () 에너지 증가에 사용된다.

(5) 열역학 과정

① 이상 기체의 상태 변화 그래프

- 그림과 같이 기체의 한 상태는 압력(P), 부피(V), 온도(T)의 세 가지 양으로 나타낸다.
- 온도가 같은 점을 이은 선을 등온선이라고 한다.



② 열역학 과정에서 일정하거나 0인 물리량

구분	등압(압력이 일정한) 과정	등적(부피가 일정한) 과정	등온(온도가 일정한) 과정	단열(열 출입이 없는) 과정
일정하거나 0인 물리량	압력 일정	부피 일정, 부피 변화량=0, 기체가 한 일=0	온도 일정, 내부 에너지 일정, 내부 에너지 변화량=0	열 출입=0

③ 등압 과정: 기체의 압력이 일정하게 유지되면서 기체의 부피와 온도가 변하는 과정이다. ($\Delta P=0$)

- 기체가 흡수한 열은 기체가 외부에 한 일과 기체의 내부 에너지 증가량의 합과 같다.

$$Q = \Delta U + W$$

- 샤를 법칙에 따라 기체의 절대 온도가 증가하면 기체의 부피도 절대 온도에 비례하여 팽창한다. ($\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta V > 0$)

구분	등압 팽창	등압 수축
압력-부피 그래프		
기체가 외부에 한 일	$\Delta V > 0, W > 0$	$\Delta V < 0, W < 0$
내부 에너지 변화	$\Delta T > 0, \Delta U > 0$	$\Delta T < 0, \Delta U < 0$
특징	기체가 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일과 기체의 내부 에너지 증가량의 합과 같다. 따라서 기체의 부피, 내부 에너지, 절대 온도는 모두 증가한다.	기체가 방출한 열량은 기체가 외부로부터 받은 일과 기체의 내부 에너지 감소량의 합과 같다. 따라서 기체의 부피, 내부 에너지, 절대 온도는 모두 감소한다.

④ 등적 과정: 기체의 부피가 일정하게 유지되면서 기체의 압력과 온도가 변하는 과정이다. ($\Delta V=0, W=0$)

- 기체가 외부에 한 일이 0이므로 기체가 흡수한 열은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.

$$Q = \Delta U$$

- 기체의 절대 온도가 올라가면 기체의 압력도 비례하여 증가한다. ($\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta P > 0$)
- 부피가 변하지 않는 밀폐된 용기 내부의 기체가 받은 열은 모두 내부 에너지 증가에 사용되어 기체의 압력은 증가하고 온도는 올라간다.

정답

1. 압력
2. 증가
3. 등적
4. 내부

구분	등적 가열(압력 증가)	등적 냉각(압력 감소)
압력-부피 그래프		
기체가 외부에 한 일	$\Delta V=0, W=0$	$\Delta V=0, W=0$
내부 에너지 변화	$\Delta T > 0, \Delta U > 0$	$\Delta T < 0, \Delta U < 0$
특징	기체가 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다. 따라서 기체의 압력, 내부 에너지는 증가하고 절대 온도는 올라간다.	기체가 방출한 열량은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다. 따라서 기체의 압력, 내부 에너지는 감소하고 절대 온도는 내려간다.

⑤ 등온 과정: 기체의 온도가 일정하게 유지되면서 기체의 부피와 압력이 변하는 과정이다. ($\Delta T=0, \Delta U=0$)

• 기체의 내부 에너지 변화량이 0이므로 기체가 흡수한 열은 기체가 외부에 한 일과 같다.

$$Q=W$$

• 보일 법칙에 따라 기체의 부피가 증가하면 기체의 압력은 감소한다. ($\Delta V > 0 \Rightarrow \Delta P < 0$)

구분	등온 팽창	등온 압축
압력-부피 그래프		
기체가 외부에 한 일	$\Delta V > 0, W > 0$	$\Delta V < 0, W < 0$
내부 에너지 변화	$\Delta T=0, \Delta U=0$	$\Delta T=0, \Delta U=0$
특징	기체가 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일과 같다. 기체의 부피는 증가하고, 압력은 감소한다. 압력-부피 그래프의 아래 면적은 기체가 흡수한 열 또는 기체가 외부에 한 일과 같다.	기체가 방출한 열량은 기체가 외부로부터 받은 일과 같다. 기체의 부피는 감소하고, 압력은 증가한다. 압력-부피 그래프의 아래 면적은 기체가 방출한 열 또는 기체가 외부로부터 받은 일과 같다.

• 등온 과정의 예: 스티링 엔진에서 압력과 부피의 곱이 일정하게 유지되면서 기체의 부피가 변하는 과정

⑥ 단열 과정: 기체가 외부와의 열 출입이 없는 상태에서 부피가 변하는 과정이다. ($Q=0$)

• 기체가 흡수 또는 방출한 열량이 0이므로 기체가 외부에 한 일은 기체의 내부 에너지 감소량과 같고, 기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.

$$\Delta U = -W$$

• 기체의 부피가 증가하면 기체의 온도는 내려간다. ($\Delta V > 0 \Rightarrow \Delta T < 0$)

개념 체크

- 등적 과정: 기체가 외부에 한 일이 0이므로 기체에 가한 열은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.
- 등온 과정: 기체의 내부 에너지 변화량이 0이므로 기체에 가한 열은 기체가 외부에 한 일과 같다.
- 보일 법칙: 기체의 온도가 일정할 때 기체의 부피는 압력에 반비례한다.

1. 등적 과정에서 기체의 압력이 증가하면 기체의 온도는 (올라, 내려)간다.
2. 등온 과정에서 기체의 부피가 증가하면 기체의 압력은 (증가, 감소)한다.
3. 등온 과정에서 기체의 부피가 증가할 때 기체는 열을 (방출, 흡수)한다.

정답

1. 올라
2. 감소
3. 흡수

개념 체크

● 단열 팽창: 외부와의 열 출입이 없이 기체의 부피가 팽창하여 내부 에너지가 감소한다.

● 단열 압축: 외부와의 열 출입이 없이 기체의 부피가 압축되어 내부 에너지가 증가한다.

1. 단열 과정은 외부와의 열 출입이 없으므로 기체가 한 일은 기체의 () 감소량과 같다.

2. 단열 과정에서 기체의 압력이 증가하면 기체의 온도는 (올라, 내려)간다.

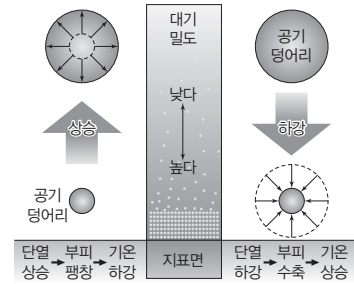
3. 수증기를 포함하는 공기가 갑자기 상승하면 기압이 낮아져 공기 덩어리가 단열 (압축, 팽창)한다.

4. 탐구자료에서 과정 (2)는 열역학 과정 중 () 과정에 해당하고, 과정 (3)은 () 과정에 해당한다.

구분	단열 팽창	단열 압축
압력-부피 그래프		
기체가 외부에 한 일	$\Delta V > 0, W > 0$	$\Delta V < 0, W < 0$
내부 에너지 변화	$\Delta T < 0, \Delta U < 0$	$\Delta T > 0, \Delta U > 0$
특징	기체가 외부에 한 일은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다. 기체의 부피는 증가하고, 압력은 감소하며 온도는 내려간다. 압력-부피 그래프의 아래 면적은 기체가 외부에 한 일 또는 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.	기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다. 기체의 부피는 감소하고, 압력은 증가하며 온도는 올라간다. 압력-부피 그래프의 아래 면적은 기체가 외부로부터 받은 일 또는 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.

• 단열 팽창과 구름의 생성: 두터운 공기층 사이에서는 열의 이동이 느리게 일어나므로, 수증기를 포함하는 공기가 갑자기 상승하면 기압이 낮아져 공기 덩어리가 단열 팽창을 한다. 따라서 공기의 온도가 내려가고, 수증기가 응결하여 구름이 생성된다.

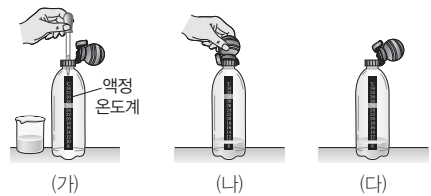
• 높새바람: 우리나라의 동해로부터 불어온 공기 덩어리가 태백산맥을 넘어 서쪽으로 불면 고온 건조한 바람이 되는데, 이것을 높새바람이라고 한다. 공기 덩어리가 산을 타고 상승할 때는 단열 팽창을 하면서 온도가 내려가고, 공기 덩어리가 산을 넘어서 내려올 때는 단열 압축을 하면서 온도가 올라간다.



탐구자료 살펴보기 단열 압축과 단열 팽창

과정

- (1) 그림 (가)와 같이 페트병 안에 액정 온도계와 에탄올 5 mL 정도를 넣는다.
- (2) 그림 (나)와 같이 페트병 입구를 공기 압축 마개로 닫은 후 온도를 측정하고, 공기를 빠르게 압축한 후 온도를 측정한다.
- (3) 그림 (다)와 같이 공기가 더 이상 들어가지 않으면 공기 압축 마개의 뚜껑을 빠르게 열고 페트병 안에서 나타나는 현상과 온도 변화를 관찰한다.



결과

- (나)의 결과 공기를 압축한 후 액정 온도계의 온도가 올라갔다.
- (다)의 결과 페트병 안에 안개와 같은 것이 나타나고, 액정 온도계의 온도가 내려갔다.

point

• 기체를 빠르게 압축하면 외부와의 열 출입이 없는 단열 압축 과정이 진행되어 기체의 온도가 올라가고, 기체를 빠르게 팽창시키면 외부와의 열 출입이 없는 단열 팽창 과정이 진행되어 기체의 온도가 내려가면서 수증기가 응결하여 구름이 형성된다.

정답

1. 내부 에너지
2. 올라
3. 팽창
4. 단열 압축, 단열 팽창

2 열역학 제2법칙

(1) 가역 현상과 비가역 현상

① 가역 현상: 물체가 외부에 어떠한 변화도 남기지 않고 처음의 상태로 되돌아가는 현상이다.

예 이상적인 용수철의 진동, 진공 중에서 운동하는 진자

② 비가역 현상: 어떤 현상이 한쪽 방향으로만 저절로(자발적으로) 일어나지만, 그 반대 방향으로 저절로 일어나지 않는 현상이다. 가역 현상은 마찰이나 공기 저항이 없는 매우 이상적인 상황에서만 가능하기 때문에 자연 현상은 대부분 한쪽 방향으로만 일어나는 비가역 현상이다.

예 공기 중에서 용수철 진동 또는 진자에서 감쇠 진동, 열의 이동, 잉크 또는 연기의 확산



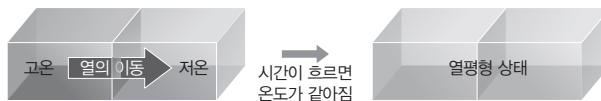
(2) 열역학 제2법칙

① 자연 현상은 대부분 비가역적으로 일어나며, 무질서도가 증가하는 방향으로 일어난다.

② 어떤 계를 고립시켜 외부와의 상호 작용이 없도록 했을 때 그 계의 원자나 분자들이 처음 상태보다 더 무질서한 배열을 이루는 방향으로 반응이 일어나며, 그 반대 현상은 자발적으로 일어나지 않는다.

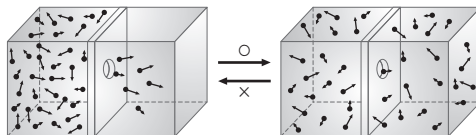
③ 역학적 에너지는 전부 열에너지로 전환될 수 있으나(마찰열), 분자의 열에너지는 전부 역학적 에너지로 전환되지 않는다.

④ 열은 저절로 고온에서 저온으로 이동한다.



⑤ 고립계에서 자발적으로 일어나는 자연 현상은 항상 확률이 높은 방향으로 진행된다.

예 시간이 흐르면 기체들은 두 상자에 고르게 퍼지며, 저절로 한 상자에 모이지는 않는다.

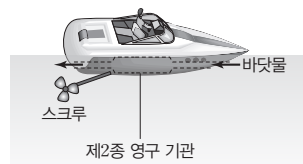


⑥ 제2종 영구 기관: 열역학 제2법칙에 위배되는 열기관이다.

예 연료를 사용하지 않고 바닷물의 에너지를 이용하여 움직

이는 '해수 에너지 선박'은 앞쪽의 물을 빨아들여 열을 빼앗아 엔진을 작동한 다음, 차가워진 물을 뒤로 내보내는 방식으로 작동하도록 설계되었다고 한다. 선박의 엔진을 작동시키려면 엔진의 온도가 높아야 하는데, 차가운 바

닷물에서 고온의 엔진으로 열을 저절로 이동하지 않는다. 만약 저온의 바닷물에서 열을 빼앗아 고온의 엔진으로 이동시키려면 반드시 또 다른 에너지를 사용하여 일을 해 주어야 한다. 이것은 에어컨이 전기 에너지를 사용해야 작동되는 것과 마찬가지로이다. 따라서 다른 연료를 사용하지 않고 바닷물의 열로만 엔진을 작동시키는 선박은 만들 수 없다.



개념 체크

● 열역학 제2법칙: 외부와 열적, 역학적 상호 작용을 하지 않는 입자들의 모임인 고립계에서 자발적으로 일어나는 자연 현상은 항상 확률이 높은 방향으로 진행된다.

● 제2종 영구 기관: 열역학 제2법칙에 위배되는 열기관이다.

1. 물체가 외부에 어떠한 변화도 남기지 않고 처음의 상태로 되돌아가는 현상은 () 현상이다.

2. 자연 현상은 대부분 비가역적으로 일어나며, 무질서도가 (증가, 감소) 하는 방향으로 일어난다.

3. 역학적 에너지는 전부 () 에너지로 전환될 수 있다.

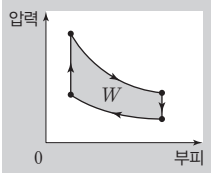
4. 열역학 제2법칙에 위배되는 열기관을 () 영구 기관이라고 한다.

정답

1. 가역
2. 증가
3. 열
4. 제2종

개념 체크

● 열기관의 순환 과정: 열역학 과정을 거친 후 다시 처음 상태로 돌아오는 과정을 순환 과정이라고 하며, 열기관의 한 번의 순환 과정에서 기체가 한 일은 압력-부피 그래프에서 그래프로 둘러싸인 넓이(W)와 같다.



● 열기관의 열효율(e): 고열원에서 흡수한 열량 Q_1 에 대하여 외부에 한 일 W의 비이다.

$$e = \frac{W}{Q_1}$$

1. 열기관은 (열, 일)을 (열, 일)로 바꾸는 장치이다.
2. 한 번의 순환 과정 동안 열기관의 내부 에너지 변화는 ()이다.
3. 고온의 열원에서 흡수한 열량이 $10Q_0$ 이고, 열효율이 0.2인 열기관이 외부에 한 일은 ()이다.
4. 고온부의 온도가 (높을, 낮을)수록, 저온부의 온도가 (높을, 낮을)수록 열기관의 열효율은 높아진다.

3 열기관과 열효율

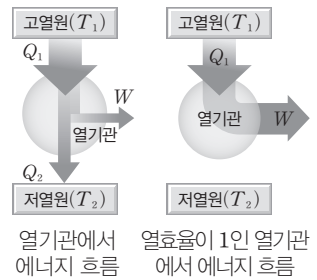
(1) 열기관: 반복되는 순환 과정을 거쳐 열을 일로 바꾸는 장치이다.

(2) 열기관의 종류

- ① 외연 기관: 기관의 외부에서 연료를 연소시켜 이 열로 고온의 수증기를 만들어 수증기가 팽창할 때의 역학적 에너지를 이용하는 장치이다. 예) 증기 기관, 증기 터빈, 스텔링 엔진
- ② 내연 기관: 기관의 내부에서 연료를 연소시켜 발생한 기체가 팽창할 때의 역학적 에너지를 이용하는 장치이다. 예) 가솔린 기관, 디젤 기관, 제트 기관

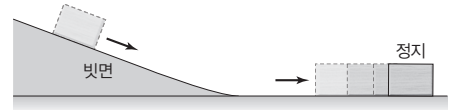
(3) 열기관의 원리

- ① 열기관의 순환 과정: 모든 열기관은 고온(T_1)의 열원으로부터 열(Q_1)을 흡수하여 일(W)을 하고, 남은 열(Q_2)을 저온(T_2)의 열원으로 방출한 후 원래의 상태로 다시 돌아온다.
 - 한 번의 순환 과정 동안 열기관의 내부 에너지는 변화 없다. ($\Delta U = 0$)
- ② 열기관의 열효율(e): 열기관의 열효율은 고온의 열원에서 흡수한 열량 Q_1 에 대하여 외부에 한 일 W의 비로 정의한다.
 - ➔ 열효율을 높이려면 일반적으로 고온부의 온도(T_1)는 높게, 저온부의 온도(T_2)는 낮게 해야 한다.



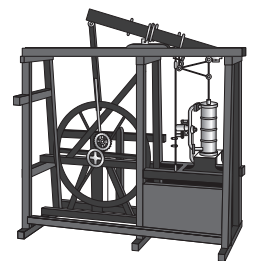
$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

- ③ 열효율이 1(100%)인 열기관($Q_2 = 0$)은 만들 수 없다: 열역학 제2법칙에 의하면 열기관이 일을 하는 과정에서 열은 주변에 존재하는 더 낮은 온도의 계로 저절로 흘러가 버리기 때문이다.
- ④ 빗면에 놓은 물체는 빗면을 따라 내려와 수평면에 도달하여 멈춘다. 이는 물체의 에너지가 바닥이나 공기와의 마찰로 인해 모두 열로 바뀌었기 때문이다. 그러나 수평면에 있는 물체에 열을 가하면 물체가 빗면 위로 올라가지 못한다. 열은 원자나 분자의 무질서한 운동에 의한 에너지이다. 수평면에 멈춘 물체가 다시 빗면으로 올라가기 위해서는 무질서한 운동을 하던 공기 분자가 같은 방향으로 힘을 가해 물체를 움직여야 한다. 그러나 열역학 제2법칙에 따르면 그런 일이 일어날 확률은 없다. 따라서 일을 모두 열로 바꿀 수는 있지만, 열을 모두 일로 바꿀 수는 없다.



과학 돋보기 제임스 와트의 증기 기관

18세기 초 토마스 뉴커먼(Newcomen, Thomas, 1663~1729)이 최초로 피스톤을 이용한 증기 기관을 발명하였다. 이 증기 기관은 탄광 안의 물을 펴내는 데 쓰여 광산에서 큰 성과를 나타냈다. 제임스 와트(Watt, James, 1736~1819)는 아버지를 따라 런던에서 1년간 기계공으로 일하면서 기술자의 자질을 다지게 되었고, 대학에서 일하며 화학자 블랙을 통해 잠열이라는 것을 이해하고 증기 기관의 개량을 생각하였다. 증기 기관이 발명된 이후 약 70년이 지난 1781년에 증기 기관의 수리를 맡게 된 와트는 뉴커먼의 증기 기관에서 열효율과 실용성을 크게 향상시킨 증기 기관을 탄생시키게 되었다.

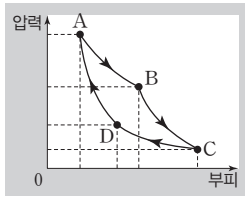


정답

1. 열, 일
2. 0
3. $2Q_0$
4. 높을, 낮을

(4) 카르노 기관: 열효율이 최대인 이상적인 열기관이다.

① 순환 과정: 등온 팽창(A → B) → 단열 팽창(B → C) → 등온 압축(C → D) → 단열 압축(D → A)



열역학 과정	Q	W	ΔU
등온 팽창(A → B)	+	+	0
단열 팽창(B → C)	0	+	-
등온 압축(C → D)	-	-	0
단열 압축(D → A)	0	-	+

② 열효율: 고열원에서 흡수하는 열량 Q_1 과 저열원으로 방출하는 열량 Q_2 가 각각 고온부의 절대 온도 T_1 과 저온부의 절대 온도 T_2 에 비례한다. 따라서 카르노 기관의 열효율(e)은 다음과 같다.

$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (0 \leq e < 1)$$

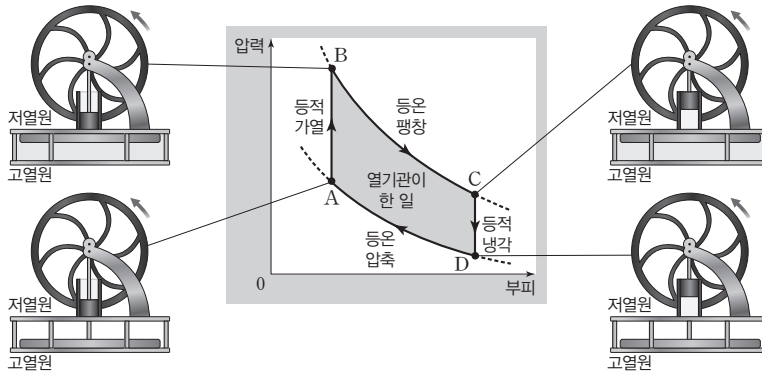
(5) 실제 열기관의 열효율

구분	가솔린 기관	디젤 기관	증기 기관
열효율	20%~30%	25%~35%	20% 미만

탐구자료 살펴보기 **스털링 엔진**

자료

그림은 스텔링 엔진의 작동 과정을 나타낸 것이다.



분석

- A → B(등적 가열) 과정: 부피가 일정한 상태에서 기체는 열을 흡수하여 온도가 올라간다. ($W=0, Q=\Delta U > 0$)
- B → C(등온 팽창) 과정: 온도가 일정한 상태에서 기체는 열을 흡수하면서 팽창한다. ($\Delta U=0, Q=W > 0$)
- C → D(등적 냉각) 과정: 부피가 일정한 상태에서 기체는 열을 방출하여 온도가 내려간다. ($W=0, Q=\Delta U < 0$)
- D → A(등온 압축) 과정: 온도가 일정한 상태에서 기체가 열을 방출하면서 수축한다. ($\Delta U=0, Q=W < 0$)

point

- 열을 흡수하는 과정은 A → B(등적 가열)와 B → C(등온 팽창)이고, 기체가 외부에 일을 하는 과정은 B → C(등온 팽창)이다.
- 외부에서 열을 흡수하는 과정에서는 내부 에너지가 증가하거나 부피가 팽창하여 외부에 일을 한다. 열을 방출하는 과정에서는 내부 에너지가 감소하거나 외부로부터 일을 받는다. 따라서 한 번의 순환 과정을 지난 후 내부 에너지는 동일한 상태를 반복한다.

개념 체크

- 카르노 기관을 이용한 열역학 제2법칙의 다른 표현: 열역학 제2법칙을 '정해진 두 온도 사이에서 작동하는 어떤 실제 열기관도 같은 두 온도 사이에서 작동하는 카르노 기관보다 열효율이 더 클 수 없다.'라고 표현하기도 한다.
- 스텔링 엔진: 연료의 연소 없이 2개의 등적 과정과 2개의 등온 과정으로 일을 하는 외연 기관으로, 열효율이 높고 소음과 진동이 적다.

1. 두 번의 등온 과정과 두 번의 단열 과정을 거치며 열효율이 최대인 이상적인 열기관은 () 기관이다.
2. 카르노 기관의 순환 과정에서 열을 흡수하는 과정은 () 과정이다.
3. 스텔링 엔진은 한 번의 순환 과정에서 두 번의 () 과정과 두 번의 등적 과정을 거친다.
4. 스텔링 엔진의 순환 과정에서 기체가 열을 방출하는 과정은 () 과정, () 과정이다.

정답

1. 카르노
2. 등온 팽창
3. 등온
4. 등적 냉각, 등온 압축

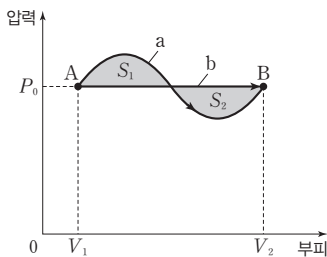
01 [22023-0079] 그림은 물이 담긴 주전자를 가열하여 발생한 수증기가 바람 개비를 돌리는 것에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



옳은 내용을 제시한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

02 [22023-0080] 그림은 일정량의 이상 기체의 상태가 두 경로 a, b를 따라 A → B로 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. 색을 칠한 S_1 과 S_2 의 면적은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 기체의 온도는 A에서가 B에서보다 높다.
- ㄴ. A → B 과정에서 기체가 한 일은 a와 b에서 같다.
- ㄷ. A → B 과정의 b에서 기체가 흡수한 열량은 $P_0(V_2 - V_1)$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22023-0081] 다음은 열역학 과정에 관한 실험이다.

[실험 과정]

그림과 같이 약간 찌그러진 농구공에 헤어드라이어를 사용하여 뜨거운 바람을 불어준다.



[실험 결과]

찌그러진 농구공이 펴져서 둥글게 되었다.

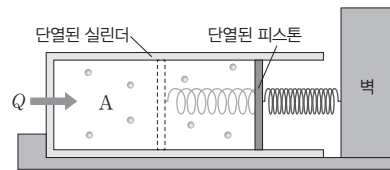
찌그러진 농구공이 펴지는 동안 농구공 속 공기에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 온도가 올라간다.
- ㄴ. 분자 사이의 평균 거리가 증가한다.
- ㄷ. 외부로부터 일을 받는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22023-0082] 그림과 같이 실린더 안에 이상 기체 A가 들어 있고, 용수철이 연결된 피스톤이 정지한 상태에서 A에 열량 Q 를 서서히 공급하였더니 A의 부피가 팽창하여 피스톤이 정지하였다. Q 를 A에 가하기 전 용수철은 변형되지 않았다.



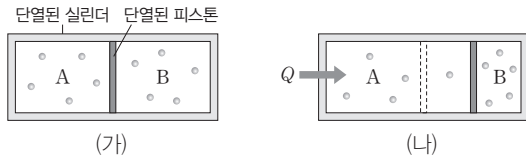
A의 부피가 팽창하는 동안 A에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고, 용수철의 질량과 피스톤의 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 온도가 올라간다.
- ㄴ. 외부로부터 일을 받는다.
- ㄷ. 압력이 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 [2023-0083] 그림 (가)는 정지한 피스톤에 의해 같은 부피로 분리된 실린더의 A, B에 같은 양의 동일한 이상 기체가 들어 있는 것을, (나)는 A의 기체에 열량 Q 를 가했더니 피스톤이 천천히 이동하여 정지한 것을 나타낸 것이다.

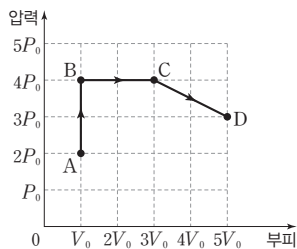


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. (가)에서 기체의 온도는 A와 B에서 같다.
 - ㄴ. (나)에서 기체의 압력은 A에서가 B에서보다 크다.
 - ㄷ. Q 는 A에 들어 있는 기체의 내부 에너지 증가량과 B에 들어 있는 기체의 내부 에너지 증가량을 더한 것보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [2023-0084] 그림은 일정량의 이상 기체의 상태가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ 를 따라 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것으로, 각 구간의 경로는 직선이다.

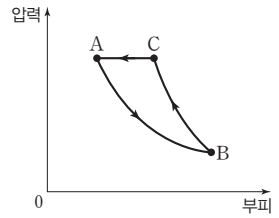


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $A \rightarrow B$ 과정에서 기체가 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.
 - ㄴ. 기체가 한 일은 $B \rightarrow C$ 과정에서가 $C \rightarrow D$ 과정에 서보다 P_0V_0 만큼 더 크다.
 - ㄷ. 기체의 온도는 B와 C에서 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

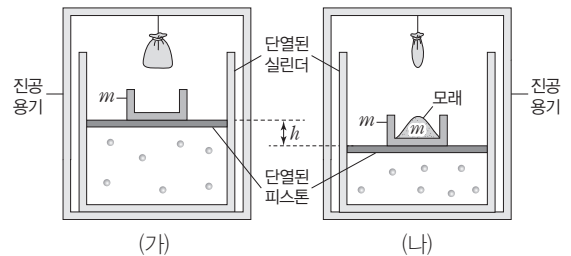
07 [2023-0085] 그림은 일정량의 이상 기체의 상태가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 를 따라 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B$ 과정은 등온 과정, $B \rightarrow C$ 과정은 단열 과정, $C \rightarrow A$ 과정은 등압 과정이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기
- ㄱ. $A \rightarrow B$ 과정에서 기체가 흡수한 열량은 기체가 한 일과 같다.
 - ㄴ. $B \rightarrow C$ 과정에서 기체의 내부 에너지는 감소한다.
 - ㄷ. $C \rightarrow A$ 과정에서 기체는 열을 흡수한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

08 [2023-0086] 그림 (가)는 진공 용기 안에서 단열된 실린더에 일정량의 이상 기체가 들어 있는 것으로, 피스톤 위에 질량이 m 인 상자가 놓여 정지해 있다. 그림 (나)는 (가)의 상자에 모래를 천천히 떨어뜨려 떨어진 모래의 총 질량이 m 이 되는 동안 피스톤이 연직 방향으로 h 만큼 내려가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.

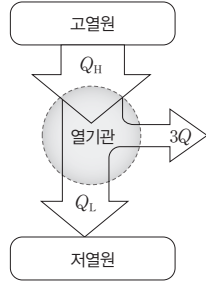


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 기체의 압력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
 - ㄴ. 기체 분자들의 평균 운동 에너지는 (가)와 (나)에서 같다.
 - ㄷ. (가) \rightarrow (나) 과정에서 기체가 받은 일의 양은 mgh 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

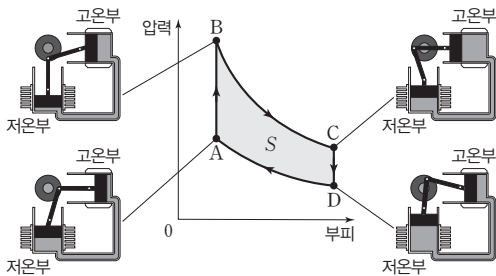
09 [22023-0087] 그림은 열효율이 e 인 열기관이 한 번의 순환 과정에서 고열원으로부터 Q_H 의 열을 흡수하여 외부에 $3Q$ 의 일을 하고 저열원으로 Q_L 의 열을 방출하는 것을 모식적으로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기
- ㄱ. $Q_H = 10Q$ 일 때 $e = 0.3$ 이다.
 - ㄴ. $\frac{Q_L}{Q_H}$ 이 클수록 열기관의 열효율이 높다.
 - ㄷ. $Q_L = 0$ 인 열기관을 만들 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22023-0088] 그림은 스텔링 엔진의 작동 과정에서 엔진 내부의 기체가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것으로, $A \rightarrow B$ 과정과 $C \rightarrow D$ 과정은 등적 과정, $B \rightarrow C$ 과정과 $D \rightarrow A$ 과정은 등온 과정이고, 그래프 내부 면적은 S 이다.

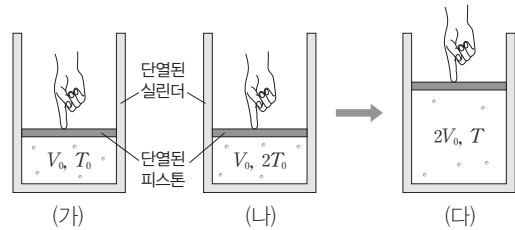


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $B \rightarrow C$ 과정에서 기체가 흡수한 열량은 기체가 한 일과 같다.
 - ㄴ. 기체의 온도 변화량의 크기는 $A \rightarrow B$ 과정과 $C \rightarrow D$ 과정에서 같다.
 - ㄷ. 한 번의 순환 과정 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 에서 기체가 한 일은 S 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22023-0089] 그림 (가), (나)는 단열된 실린더에 같은 양의 동일한 이상 기체가 들어 있는 것을 나타낸 것으로, 기체의 부피는 V_0 으로 같고, 기체의 절대 온도는 각각 $T_0, 2T_0$ 이다. 그림 (다)는 (나)에서 기체가 단열 팽창하여 기체의 부피가 $2V_0$, 절대 온도가 T 가 된 것을 나타낸 것이다.

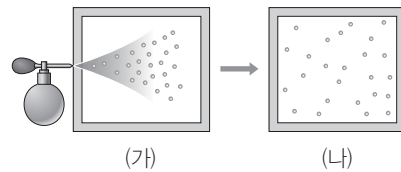


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 기체의 내부 에너지는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
 - ㄴ. 기체의 압력은 (가)와 (나)에서 같다.
 - ㄷ. $T = 2T_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22023-0090] 그림 (가)는 상자 속에 향수를 뿌린 직후의 모습을, (나)는 충분한 시간이 지난 후 향수 분자가 상자 안에 고르게 퍼진 순간을 나타낸 것이다.



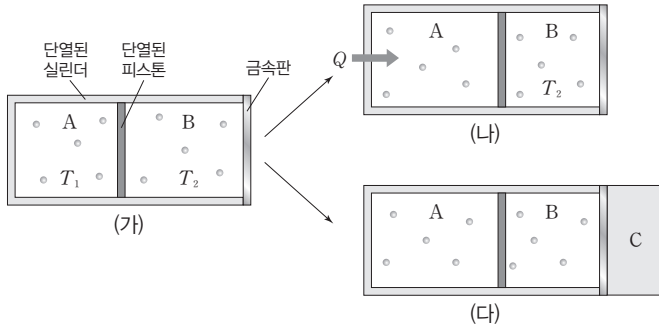
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 향수 분자의 무질서한 정도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
 - ㄴ. (가) \rightarrow (나) 과정은 자발적으로 일어난 과정이다.
 - ㄷ. (가) \rightarrow (나) 과정은 열역학 제2법칙으로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 [22023-0091]

그림 (가)와 같이 피스톤에 의해 분리된 실린더에 같은 양의 동일한 이상 기체 A, B가 들어 있고 피스톤은 정지해 있으며, B가 있는 실린더의 한쪽 끝은 열전달이 잘 되는 금속판으로 되어 있다. B가 열 평형 상태일 때 A, B의 온도는 각각 T_1, T_2 이고, $T_1 < T_2$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 B의 온도를 일정하게 유지하면서 A에 열량 Q 를 가했더니 A가 서서히 팽창하여 피스톤이 정지한 모습을, (다)는 (가)의 금속판에 온도가 T_2 보다 작은 저열원 C를 접촉했더니 A가 서서히 팽창하여 피스톤이 정지한 모습을 나타낸 것이다.



(가) → (나) 과정에서 B의 온도가 일정하므로 B는 등온 압축 과정이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 마찰과 금속판이 흡수한 열량은 무시한다.)

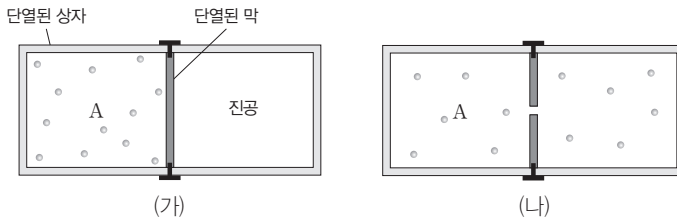
보기

- ㄱ. (가)에서 기체의 부피는 A가 B보다 작다.
- ㄴ. (나)에서 Q 는 A의 내부 에너지 증가량과 B가 방출한 열량의 합과 같다.
- ㄷ. (가) → (다) 과정에서 A는 B에 일을 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0092]

그림 (가)는 상자의 가운데를 고정시킨 단열된 막으로 나누어 한쪽은 이상 기체 A가 들어 있고, 다른 한쪽은 진공 상태인 것을, (나)는 (가)에서 막의 가운데를 뚫어 충분한 시간이 지난 후 A가 골고루 퍼진 모습을 나타낸 것이다.



기체가 진공으로 퍼질 때 기체는 밀고 갈 대상이 없으므로 일을 하지 않는다.

A의 물리량 중 (가)에서가 (나)에서보다 큰 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 압력 ㄴ. 온도 ㄷ. 기체 분자 1개의 평균 운동 에너지

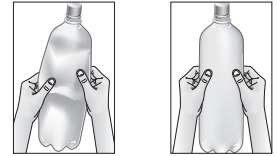
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

페트병을 빠르게 누를 때 페트병 내부 공기는 단열 압축 과정이, 페트병을 빠르게 놓을 때 페트병 내부 공기는 단열 팽창 과정이 진행된다.

03 [22023-0093] 그림은 압력에 따른 기체의 상태 변화를 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 페트병에 미지근한 물과 연기를 넣어 뚜껑을 잠근 후, 안개가 생기도록 한다.
- (나) 페트병을 빠르게 힘껏 눌러 찌그러뜨린다.
- (다) 페트병을 빠르게 놓아 다시 팽창시킨다.



[실험 결과]

- (나)에서 페트병 속의 안개가 사라졌다가 (다)에서 다시 안개가 발생하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

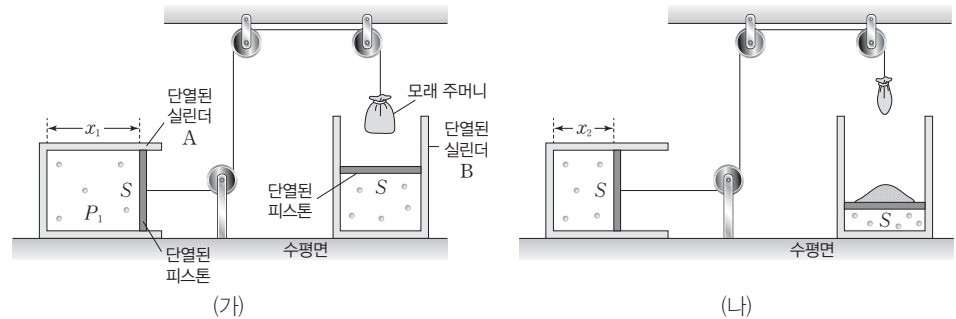
보기

- ㄱ. (나)에서 페트병 내부 공기 분자의 평균 운동 에너지는 증가한다.
- ㄴ. 페트병이 팽창될 때 페트병 내부 공기는 일을 한다.
- ㄷ. (다)에서 페트병 내부 공기의 온도는 내려간다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(가)에서 A의 피스톤이 정지해 있으므로 실이 피스톤을 당기는 힘, 대기압에 의해 피스톤이 받는 힘, A의 기체에 의해 피스톤이 받는 힘의 합은 0이고, B의 기체의 압력은 대기압과 같다.

04 [22023-0094] 그림 (가)는 대기압이 P_0 로 일정한 곳에서 실린더 A, B에 같은 온도, 같은 양의 동일한 이상 기체를 넣은 후 A의 피스톤에 모래가 든 주머니를 실로 연결하였더니, A의 피스톤이 서서히 이동하여 정지한 것을 나타낸 것이다. A의 기체의 압력은 P_1 이고, A, B의 피스톤의 넓이는 S 로 같다. 그림 (나)는 B의 피스톤 위에 모래 주머니의 모래가 천천히 떨어져 모두 쏟아진 후 A와 B의 피스톤이 정지한 것을 나타낸 것이다. A의 왼쪽 끝에서 피스톤까지의 거리는 (가), (나)에서 각각 x_1, x_2 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 주머니의 질량, 실의 질량, 피스톤의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

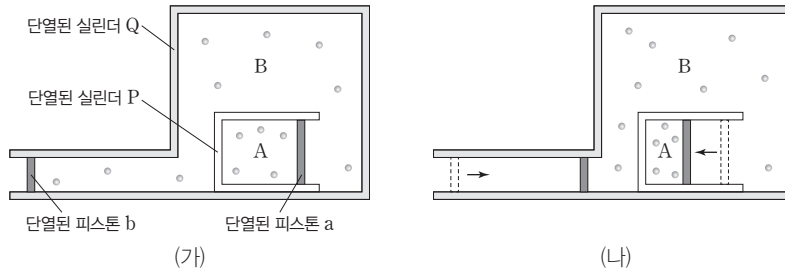
보기

- ㄱ. (가)에서 기체의 온도는 A에서가 B에서보다 낮다.
- ㄴ. (가) → (나) 과정에서 A에 들어 있는 기체가 받은 일의 양은 $P_0S(x_1 - x_2)$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 B에 들어 있는 기체의 압력은 $2P_0 - P_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22023-0095]

그림 (가)와 같이 이상 기체 A가 실린더 P에, 이상 기체 B는 P를 둘러싼 실린더 Q에 들어 있고 피스톤 a, b는 정지해 있다. 그림 (나)는 (가)에서 b를 천천히 이동시켜 정지시킬 때까지, a가 천천히 이동하여 정지한 것을 나타낸 것으로, 기체의 부피 감소량은 B가 A보다 크다.



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

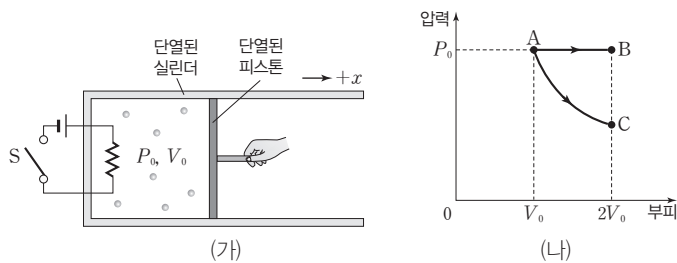
보기

- ㄱ. (가)에서 기체의 압력은 B가 A보다 크다.
- ㄴ. B의 온도는 (가)와 (나)에서 같다.
- ㄷ. A의 내부 에너지 증가량은 B가 A에 한 일과 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22023-0096]

그림 (가)와 같이 이상 기체가 들어 있는 실린더에 막대와 연결된 피스톤이 정지해 있다. 그림 (나)는 (가)에서 스위치 S를 닫아 기체에 열을 공급하여 기체가 A 상태에서 각각 B, C 상태로 변화할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → B 과정은 등압 과정, A → C 과정은 등온 과정이고, B, C 상태에서 피스톤은 정지해 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 P_0 으로 일정하고, 피스톤의 마찰과 막대의 질량은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량은 P_0V_0 보다 크다.
- ㄴ. A → C 과정에서 기체 분자 1개의 평균 운동 에너지는 일정하다.
- ㄷ. C 상태에서 손이 피스톤에 작용하는 힘의 방향은 $+x$ 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

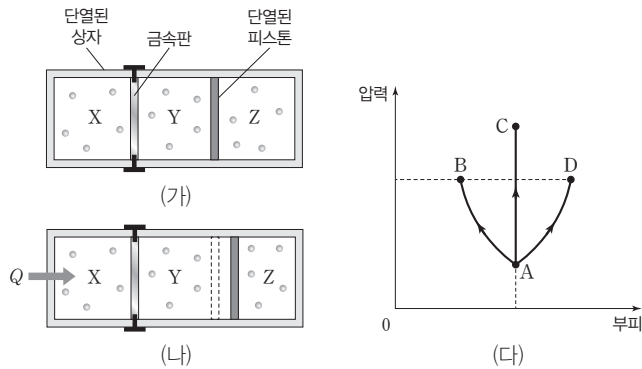
B에 외력이 한 일은 B의 내부 에너지 증가량과 B가 A에 한 일(A의 내부 에너지 증가량)의 합과 같다.

A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량은 기체가 한 일과 내부 에너지 증가량의 합과 같고, A → C 과정에서 기체가 흡수한 열량은 기체가 한 일과 같다.

X의 열역학 과정은 A → C 과정에, Y의 열역학 과정은 A → D 과정에, Z의 열역학 과정은 A → B 과정에 해당한다.

07 [22023-0097]

그림 (가)는 열전달이 잘 되는 금속판과 단열된 피스톤에 의해 같은 부피로 나누어진 단열된 상자에 같은 양의 동일한 이상 기체 X, Y, Z가 들어 있는 것을 나타낸 것으로, 금속판은 고정되어 있고 피스톤은 정지해 있다. 그림 (나)는 (가)의 X에 서서히 열량 Q를 공급하였더니 X와 Y가 열평형을 이루고 피스톤이 이동하여 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (다)는 (가) → (나) 과정에서 X, Y, Z의 상태가 A → B 과정, A → C 과정, A → D 과정 중 하나로 각각 변할 때 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 마찰과 금속판이 흡수한 열은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A → B 과정은 등온 과정이다.
 - ㄴ. Q는 X, Y, Z의 내부 에너지 증가량의 합과 같다.
 - ㄷ. C와 D에서 기체의 온도는 같다.

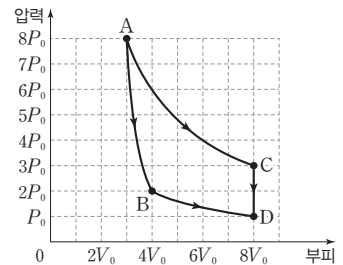
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기체의 내부 에너지는 온도에만 비례하고, 등온 과정에서 기체의 내부 에너지는 일정하므로 기체가 공급받은 열량은 기체가 한 일과 같다.

08 [22023-0098]

그림은 일정량의 이상 기체의 상태가 A → B → D와 A → C → D를 따라 각각 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → C 과정과 B → D 과정은 등온 과정이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

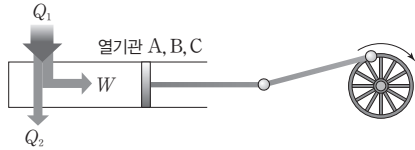


- 보기
- ㄱ. 기체의 내부 에너지 감소량은 A → B 과정과 C → D 과정에서 같다.
 - ㄴ. 기체가 흡수한 열량은 A → C 과정과 B → D 과정에서 같다.
 - ㄷ. C → D 과정에서 기체는 열을 방출한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22023-0099]

그림은 열기관 A, B, C를 모식적으로 나타낸 것으로, Q_1 은 고열원으로부터 흡수한 열량, Q_2 는 저열원으로 방출한 열량, W 는 열기관이 한 일이다. 표는 A, B, C의 Q_1 , Q_2 , W 와 열효율 e 를 나타낸 것이고, B와 C의 열효율은 같다.



열기관	Q_1	Q_2	W	e
A	$5Q_0$	$2Q_A$	W_0	㉠
B	$5Q_0$	Q_A	?	㉡
C	$8Q_0$?	$4.8W_0$	㉢

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

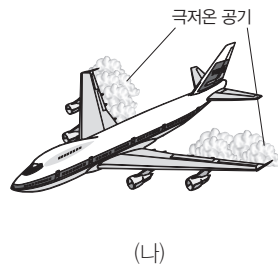
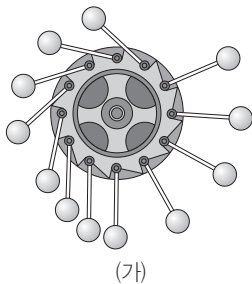
보기

- ㄱ. $Q_A = 1.5Q_0$ 이다.
- ㄴ. $W_0 = 2Q_0$ 이다.
- ㄷ. $\frac{㉡}{㉠}$ 은 3이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22023-0100]

그림 (가)는 평형이 유지되지 않아 영원히 회전할 것이라는 생각으로 만들어진 바퀴를, (나)는 비행할 때 엔진 주변의 공기에서 열을 흡수한 뒤 극저온 공기를 내보내는 엔진에 의해 날아갈 수 있다는 생각으로 만들어진 비행기를 나타낸 것이다. 비행기 엔진은 주변의 공기보다 온도가 높다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 작동하기 시작하면 외부에서 에너지를 공급하지 않아도 영원히 회전할 수 있다.
- ㄴ. (가)는 열이 고온에서 저온으로 자발적으로 이동함을 나타낸다.
- ㄷ. (나)의 비행기 엔진은 열역학 제2법칙에 의해 제작이 불가능하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

열기관의 열효율 $e = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ 이고, B와 C의 열효율이 같으므로 $㉡ = 1 - \frac{Q_A}{5Q_0} = \frac{4.8W_0}{8Q_0}$ 이다.

제1종 영구 기관은 열역학 제1법칙이 성립하지 않는 기관이고, 제2종 영구 기관은 열역학 제1법칙은 성립하지만 열역학 제2법칙이 성립하지 않는 기관이다.

개념 체크

- **상대 속도**: 물체의 속도에서 관찰자의 속도를 뺀 값이다.
- **관성 좌표계**: 정지해 있거나 등속도 운동을 하는 관찰자를 기준으로 한 좌표계이다. □ 승강장에 정지해 있는 관찰자를 기준으로 정한 좌표계, 등속도 운동을 하는 기차를 타고 있는 관찰자를 기준으로 정한 좌표계 등
- **비관성 좌표계(가속 좌표계)**: 가속도 운동을 하는 좌표계로, 특수 상대성 이론을 적용할 수 없다.

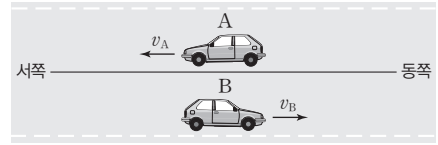
1. 동쪽으로 5 m/s의 속력으로 운동하는 자동차 A에서 서쪽으로 3 m/s의 속력으로 운동하는 자동차 B를 보았을 때, A가 본 B의 속도의 크기는 () 이고, 운동 방향은 () 이다.
2. 북쪽으로 10 m/s의 속력으로 운동하는 자동차 A에서 북쪽으로 7 m/s의 속력으로 운동하는 자동차 B를 보았을 때, A가 본 B의 속도의 크기는 () 이고, 운동 방향은 () 이다.
3. A, B가 같은 속도로 운동할 때, A가 B를 보면 B가 ()해 있는 것으로 보인다.
4. 정지해 있거나 등속도 운동을 하는 관찰자를 기준으로 한 좌표계를 () 좌표계라고 한다.

정답

1. 8 m/s, 서쪽
2. 3 m/s, 남쪽
3. 정지
4. 관성

1 특수 상대성 이론

(1) **상대 속도**: 물체의 운동 상태는 관찰자의 운동 상태에 따라 다르게 관찰되는데, 특히 관찰자가 운동하기 때문에 상대방의 속도가 다르게 나타나는 것을 상대 속도라고 한다.



- ① A, B가 지면에 대해 각각 v_A , v_B 의 속도로 운동할 때 A가 본 B의 속도를 A에 대한 B의 속도(상대 속도)라고 한다.
- ② A에 대한 B의 속도 v_{AB} 는 B의 속도 v_B 에서 A의 속도 v_A 를 뺀 것과 같다.

$$v_{AB} = v_B - v_A \quad (\text{단, } v_A, v_B \text{는 빛의 속력 } c \text{보다 매우 작음})$$

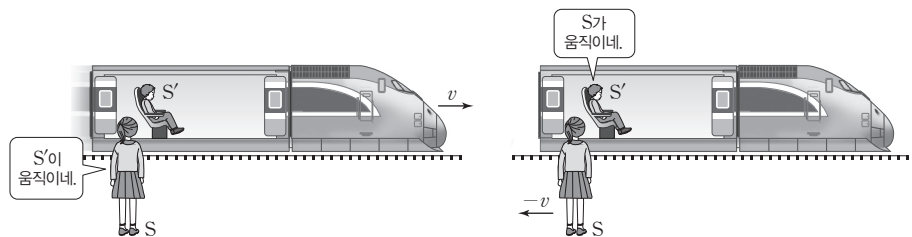
- A, B가 직선상에서 같은 방향으로 운동할 때: 두 속도의 부호는 같고, 상대 속도의 크기는 A와 B의 속력의 차와 같다.
- A, B가 직선상에서 반대 방향으로 운동할 때: A의 속도의 부호는 B와 반대이고, 상대 속도의 크기는 A와 B의 속력의 합과 같다.
- A, B가 같은 속도로 운동할 때 상대 속도는 0이다. 즉, 관찰자가 물체를 보면 정지해 있는 것으로 보인다.
- 상대 속도의 크기가 클수록 관찰자가 느끼는 상대방의 속력이 크다.

과학 돋보기 상대 속도

v_A , v_B 는 각각 x 축을 따라 운동하는 자동차 A, B의 속도의 크기이고, 속도의 방향은 $+x$ 방향 또는 $-x$ 방향이다.

	A가 측정한 B의 속도			
	$v_A > v_B$ 일 때		$v_A < v_B$ 일 때	
	크기	방향	크기	방향
	$v_A - v_B$	$-x$ 방향	$v_B - v_A$	$+x$ 방향
	$v_A + v_B$	$-x$ 방향	$v_A + v_B$	$-x$ 방향

(2) **관성계(관성 좌표계)**: 관성 법칙이 성립하는 좌표계이다. 한 관성계에 대하여 정지해 있거나 일정한 속도로 움직이는 좌표계는 모두 관성계이다.

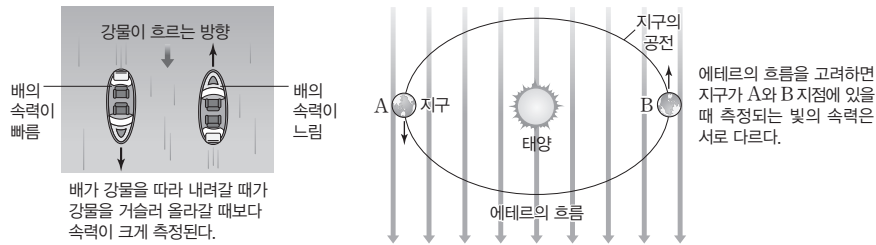


(가) S는 자신이 정지해 있고 S'이 v 의 속도로 운동한다고 생각한다.

(나) 기차에 타고 있는 S'은 자신이 정지해 있고 S가 $-v$ 의 속도로 운동한다고 생각한다.

(3) 특수 상대성 이론의 배경

- ① 에테르: 19세기 과학자들이 생각한 빛을 전달해 주는 가상의 매질이다. 빛이 파동이므로 빛은 '에테르'라는 가상의 매질을 통해 전달된다고 생각하였다.

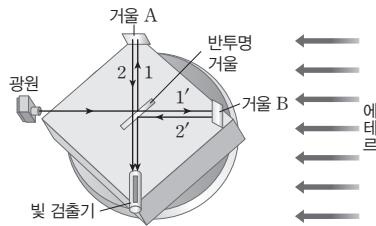


- ② 마이컬슨·몰리 실험: 빛의 매질인 에테르가 움직이면 빛의 속력이 차이가 나는 것을 이용하여 에테르의 존재를 확인하고자 한 실험이다. 실험 결과, 에테르가 존재하지 않는다는 것이 밝혀졌다.

탐구자료 살펴보기 마이컬슨·몰리 실험

과정

광원에서 방출한 빛의 50%는 반투명 거울에서 반사되어 경로 1을 따라 진행하다가 거울 A에서 반사된 후 경로 2를 따라 진행하다가 반투명 거울을 통과하여 빛 검출기로 향하고, 나머지 50%는 반투명 거울을 통과하여 경로 1'을 따라 진행하다가 거울 B에서 반사된 후 경로 2'를 따라 진행하다가 반투명 거울에서 반사되어 빛 검출기로 향한다.



예상 결과

- 지구 표면에 에테르의 흐름이 있다면, 에테르의 흐름 방향에 대한 두 빛의 진행 방향이 다르기 때문에 빛 검출기에 도달하는 시간이 서로 다를 것이다.

결과

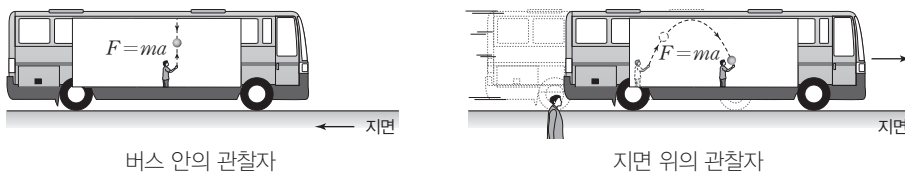
- 1 → A → 2 → 빛 검출기 경로의 빛과 1' → B → 2' → 빛 검출기 경로의 빛이 빛 검출기에 동시에 도달한다.

point

- 빛의 속력의 차이가 없었으므로 에테르는 존재하지 않으며, 빛은 매질을 필요로 하지 않는다는 것이 증명되었다.

(4) 특수 상대성 이론의 두 가지 가정

- ① 상대성 원리: 모든 관성계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.



개념 체크

- 마이컬슨·몰리 실험: 빛을 전달해 주는 가상의 매질인 에테르가 존재하지 않는다는 것이 증명되었다.
- 상대성 원리: 모든 관성계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

1. 마이컬슨·몰리 실험의 목적은 빛을 전달해 주는 가상의 매질인 ()의 존재를 확인하고자 하는 것이었다.
2. 마이컬슨·몰리 실험의 결과로 빛은 진행할 때 ()을 필요로 하지 않는다는 것이 증명되었다.
3. 모든 관성계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다는 원리는 () 원리이다.

정답

1. 에테르
2. 매질
3. 상대성

개념 체크

● 광속 불변 원리: 모든 관성계에서 진공 속을 진행하는 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 운동에 관계없이 일정하다.

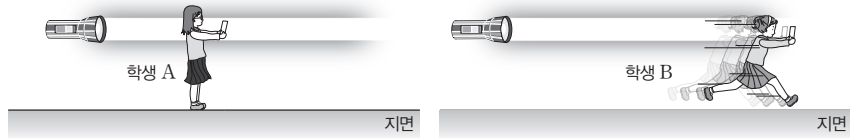
- 진공 중에서 관찰자가 광원을 향해 $0.7c$ 의 속력으로 접근할 때, 관찰자가 측정하는 빛의 속력은 ()이다. (단, c 는 빛의 속력이다.)
- 관찰자가 측정하는 진공에서 빛의 속력은 광원과 관찰자의 운동 상태에 따라 달라질 수 (있다, 없다).
- A에 대해 $0.9c$ 의 속력으로 이동하는 B의 관성계에서 측정하는 A의 속력은 ()이다. (단, c 는 빛의 속력이다.)

• 일정한 속도로 운동하는 버스 안의 관찰자는 공의 운동이 직선 운동(연직 위로 던진 물체의 운동)으로 보이고, 지면 위의 정지한 관찰자는 포물선 운동(비스듬히 위로 던진 물체의 운동)으로 보인다. 이처럼 두 관찰자(관성계)가 보는 공의 운동 경로는 다르지만, 공의 운동을 설명하는 데 이용하는 운동 법칙은 뉴턴 운동 법칙 $F=ma$ 로 같다.

탐구자료 살펴보기 빛의 속력에 대한 사고 실험

자료

그림과 같이 학생 A는 거울을 들고 지면에 정지해 있다고 생각하고, 학생 B는 거울을 들고 지면을 기준으로 빛의 속력 c 로 직선 운동을 하고 있다고 생각하자. 상대 속도 식을 적용하여 다음의 물음에 답하자.



- 거울을 통해서 A는 자신의 모습을 볼 수 있는가?
- B에 대한 A의 속도의 크기는 얼마인가?
- 거울을 통해서 B는 자신의 모습을 볼 수 있는가?

분석

- 거울을 통해서 A는 자신의 모습을 볼 수 있다. 정지해 있는 A의 얼굴에서 출발한 빛이 거울에 반사되어 눈으로 들어오기 때문이다.
- B가 본 A의 상대 속도의 크기 $v_{BA} = v_A - v_B = 0 - c = -c$ 이다. 따라서 B가 A를 보면 A는 빛의 진행 방향과 반대 방향으로 빛의 속력 c 로 움직이는 것으로 보일 것이다.
- 거울을 통해서 B는 자신의 모습을 볼 수 없다. B의 얼굴에서 출발한 빛이 빛의 속력 c 로 가는데, B도 c 로 움직이므로, B가 본 빛의 상대 속도는 0이 되기 때문이다. 따라서 B의 얼굴에서 출발한 빛은 영원히 거울에 닿을 수 없다.

point

• A가 관측할 때 A는 거울을 통해서 자신의 얼굴을 보지만, B는 거울을 통해서 자신의 얼굴을 볼 수 없다. 그러나 B가 관측할 때는 A가 B의 운동 방향과 반대 방향으로 c 로 움직이는 것으로 보이기 때문에 B는 거울을 통해 얼굴을 볼 수 있고, A가 거울을 통해 얼굴을 볼 수 없어야 한다. 이처럼 A와 B는 물리적으로 동등한 상황인데, 한쪽은 거울을 통해 얼굴을 보고 한쪽은 보지 못한다는 모순이 생긴다.

• 상대 속도 식에서처럼 빛의 속력도 관찰자에 따라 다르게 측정된다고 생각하면 모순이 생긴다. 특히 서로 다른 속도의 관성계에서 물리 현상이 달라지면 상대성 원리에 어긋난다. → 빛의 속력은 관찰자의 속력에 관계없이 광속 c 로 일정하다.

- 광속 불변 원리: 모든 관성계에서 진공 속을 진행하는 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속력에 관계없이 광속 c 로 일정하다.

→ 광원이나 관찰자의 운동과 무관하게 빛의 속력은 항상 광속 c 로 측정된다.

정답

- c
- 없다
- $0.9c$

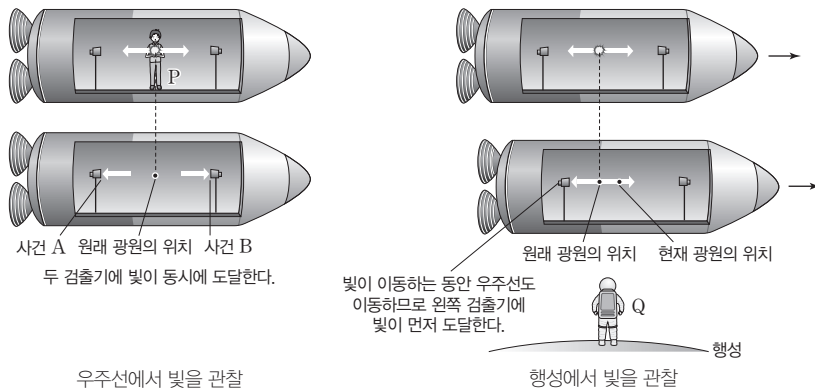
(5) 특수 상대성 이론에 의한 현상

- ① 사건의 측정: 물리적 현상의 발생을 사건이라고 하며, 사건을 측정한다는 것은 그 사건이 발생한 위치와 시간을 측정한다는 것이다.
- ② 동시성의 상대성: 한 관성 좌표계에서 동시에 일어난 두 사건이 다른 관성 좌표계에서는 동시에 일어난 사건이 아닐 수 있다.

탐구자료 살펴보기 동시성에 대한 사고 실험

자료

행성에 대해 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 하는 우주선의 가운데에 위치한 학생 P가 행성에 서 있는 학생 Q를 통과하는 순간 들고 있던 전구에서 불이 켜질 때, 전구에서 발생한 빛이 P로부터 같은 거리에 있는 두 빛 검출기에 도달하는 사건을 관찰한다. 전구에서 발생한 빛이 두 검출기에 도달하는 사건을 각각 A와 B라고 하자.



- (1) P가 측정할 때 A, B는 동시에 일어났는가?
- (2) Q가 측정할 때 A, B는 동시에 일어났는가?
- (3) P와 Q가 측정한 것 중 누가 옳은가?

분석

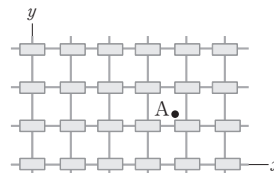
- ① 우주선 안의 관찰자(P)의 입장: 우주선의 중앙에서 발생한 빛은 같은 속력으로 같은 거리만큼 떨어진 왼쪽과 오른쪽 검출기에 동시에 도달한다.
- ② 행성에 있는 관찰자(Q)의 입장: 광속 불변 원리에 의해 왼쪽과 오른쪽으로 진행하는 빛의 속력은 같지만 우주선이 오른쪽으로 운동하고 있으므로 빛은 왼쪽 검출기에 먼저 도달하는 것으로 관측한다. 즉, 빛은 우주선의 왼쪽과 오른쪽 검출기에 동시에 도달하지 않는다.
- ③ P와 Q가 측정한 것 모두 관찰자 입장에서는 옳다.

point

- 우주선 안의 관찰자가 볼 때는 동시인 사건이 행성에 정지해 있는 관찰자에게는 동시가 아니다. 사건의 동시성은 절대적인 개념이 아니라 상대적인 개념인 것이다.
- 동시성은 빛의 속력이 모든 관성 좌표계에서 일정하다는 사실 때문에 발생한다.

과학 돋보기 사건의 측정

1. 공간 좌표: xy 평면에서 각 축에 대해 평행한 막대들에 축을 따라 부여되는 좌표값을 준다.
2. 시간 좌표: 막대 교차점마다 작은 시계를 포함하고 있다고 생각한다. 작은 시계는 동시에 동일하게 맞춰져야 한다.
3. 사건의 측정(시공간 좌표): 점 A에서 빛이 반짝이는 사건에 대해 가장 근접해 있는 시계에 나타나는 시간과 측정 막대의 좌표를 기록하면 시공간 좌표를 부여할 수 있다.

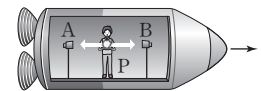


개념 체크

● 동시성의 상대성: 한 관성 좌표계에서 동시에 일어난 두 사건이 다른 관성 좌표계에서는 동시에 일어난 사건이 아닐 수 있다.

1. ()은 한 관성 좌표계에서 동시에 일어난 두 사건이 다른 관성 좌표계에서는 동시에 일어난 사건이 아닐 수 있다는 것이다.

2. 그림과 같이 관찰자 P가 탄 우주선이 관찰자 Q에 대해 일정한 속도로 운동한다. Q의 관성계에서 광원에서 방출된 빛은 검출기 A, B에 동시에 도달한다.



P의 관성계에서 광원과 A 사이의 거리는 광원과 B 사이의 거리보다 (크다, 작다).

3. 탐구자료에서 행성에 정지한 관찰자 Q가 측정할 때 우주선 왼쪽의 검출기까지 빛이 이동한 거리는 우주선 오른쪽의 검출기까지 빛이 이동한 거리(보다 작다, 와 같다, 보다 크다).

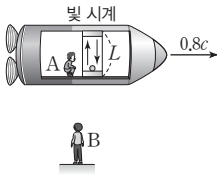
정답

1. 동시성의 상대성
2. 크다
3. 보다 작다

개념 체크

● **시간 지연**: 운동하는 관성계의 시간을 정지한 관성계에서 측정하면 운동하는 관성계의 시간은 정지한 관성계의 시간보다 느리게 간다.

[1~3] 그림과 같이 B에 대해 A가 탄 우주선이 $0.8c$ 의 속력으로 직선 운동하고 있다. 우주선 안의 빛 시계에서 빛은 A의 관성계에서 길이가 L 인 빛 시계의 아래쪽과 위쪽 사이를 왕복 운동한다. (단, c 는 빛의 속력이다.)

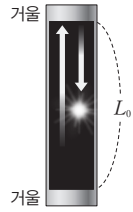


1. B의 관성계에서 빛 시계의 빛의 속력은 ()이다.
2. A의 관성계에서 빛이 왕복하는 데 걸리는 시간은 ()이다.
3. 빛이 왕복하는 데 걸리는 시간은 B가 측정할 때가 A가 측정할 때보다 (작다, 크다).

- 정답
1. c
 2. $\frac{2L}{c}$
 3. 크다

(6) **시간 지연(시간 팽창)**: 우주선에 대하여 운동하는 관찰자가 우주선 안의 빛 시계로 측정한 시간이 우주선 안의 관찰자가 우주선 안의 빛 시계로 측정한 시간(고유 시간)보다 길게 측정된다. 이것을 시간 지연(시간 팽창)이라고 한다.

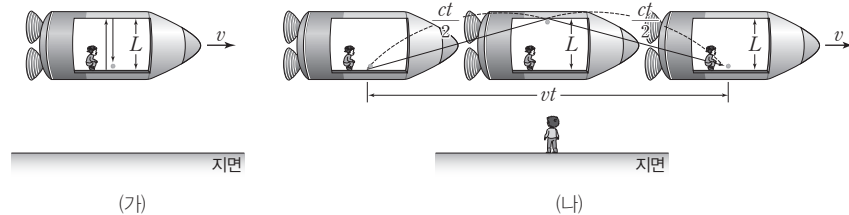
- ① **고유 시간**: 한 장소에서 두 사건이 일어났을 때 일어난 장소에 대해 정지해 있는 관찰자가 측정한 두 사건의 시간 간격을 고유 시간이라고 한다.
- ② **빛 시계**: 빛 시계는 거리가 L_0 만큼 떨어진 양쪽의 거울 사이를 빛이 왕복하는 주기를 이용하여 시간을 측정한다.



탐구자료 살펴보기 시간 지연에 대한 사고 실험

자료

그림 (가)와 같이 지면에 대해 오른쪽으로 v 의 속력으로 등속 직선 운동을 하는 우주선 안에서 빛을 수직 위로 발사하여 천장에 있는 거울(빛 시계)에서 반사한 뒤 되돌아오게 한다. 빛이 바닥에서 출발하여 다시 바닥으로 되돌아오는 데 걸리는 시간을 (가)의 우주선 안의 관찰자가 측정할 때는 t_0 이고, 그림 (나)와 같이 지면에 있는 관찰자가 측정할 때는 t 라고 하자. c 는 빛의 속력이다.



- (1) (가)와 (나)의 관찰자 중 빛이 바닥에서 출발하여 다시 바닥으로 되돌아올 때까지 빛이 진행한 거리는 어느 경우가 긴가?
- (2) t_0 과 t 중 어느 시간이 긴가?

분석

- (가)의 우주선 안의 관찰자: 빛이 위아래로 왕복하는 것으로 본다. 따라서 $t_0 = \frac{2L}{c}$ 이다. 즉, 우주선 안의 시계로 측정한 시간 간격은 $\frac{2L}{c}$ 이고, 이 시간이 고유 시간이다.
 - (나)에서 지면에 있는 관찰자: (나)와 같이 빛이 위아래로 왕복하는 동안 우주선이 오른쪽으로 이동한 거리는 vt 이고, 빛이 이동한 거리는 ct 이다.
- 빛변 하나의 길이는 $\frac{ct}{2} = \sqrt{\left(\frac{vt}{2}\right)^2 + L^2} = \sqrt{\left(\frac{vt}{2}\right)^2 + \left(\frac{ct_0}{2}\right)^2}$ 이므로 $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ 이다.
- 빛이 진행한 거리는 (나)에서 지면에 있는 관찰자가 측정할 때가 더 길고, 시간은 t 가 t_0 보다 길게 측정된다.

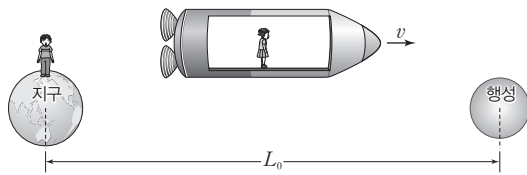
point

• 지면에서 측정한 시간(t)이 운동하는 우주선 안에서 측정한 시간(고유 시간: t_0)보다 길게 측정된다. 이것을 시간 지연이라고 한다.

(7) **길이 수축**: 관찰자에 대해 운동하고 있는 물체는 관찰자에게 운동 방향으로 그 길이가 줄어든 것으로 측정된다. 이것을 길이 수축이라고 한다.

- ① **고유 길이**: 관찰자에 대해 정지해 있는 물체의 길이 또는 한 관성 좌표계에 대하여 동시에 측정한 고정된 두 지점 사이의 길이를 고유 길이라고 한다.

② 지구에 정지해 있는 관찰자에 대해 일정한 속도 v 로 행성을 향해 운동하는 우주선이 있다.



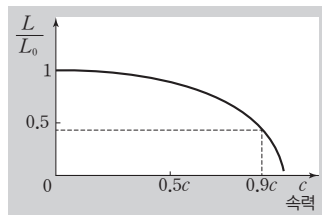
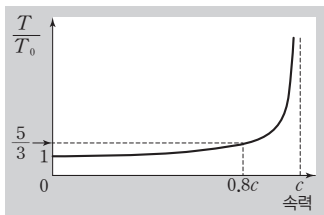
- 지구에 있는 관찰자 입장: 지구에 정지해 있는 관찰자가 지구에서 지구에 대해 정지해 있는 행성까지 측정한 거리를 L_0 이라 하면, 이 거리가 고유 길이이다. 지구에 있는 관찰자에 대해 속도 v 로 운동하는 우주선이 지구에서 행성까지 가는 데 걸리는 시간 $t = \frac{L_0}{v}$ 이다.
- 우주선에 있는 관찰자 입장: 우주선에 있는 관찰자가 지구에서 행성까지 측정한 거리를 L 이라 하면, 지구와 행성이 자신에 대해 속도 v 로 운동하므로 지구와 행성이 자신을 지나 가는 데 걸리는 시간 $t_0 = \frac{L}{v}$ 이 된다. 이 시간이 고유 시간이다. 따라서 시간 지연에 의해 $t > t_0$ 이므로 $L < L_0$ 이다.

➔ 운동하는 우주선 안에서 측정한 거리(L)는 지구에 정지해 있는 관찰자가 측정한 거리(L_0)보다 짧다. 이것을 길이 수축이라고 한다. 길이 수축은 운동 방향과 나란한 방향의 길이에서만 일어나며, 운동 방향과 수직인 방향의 길이는 수축되지 않는다.

과학 돋보기 고유 시간과 고유 길이

- 고유 시간: 한 장소에서 두 사건이 일어났을 때 사건이 일어난 장소에 대해 정지해 있는 관찰자가 관측한 두 사건 사이의 시간 간격을 고유 시간이라고 한다.
 - 운동하는 관성계의 시간은 정지해 있는 관성계의 시간보다 느리게 간다.
 - 고유 시간(t_0)은 다른 관성계에서 측정한 시간(t)보다 항상 작다. ($t_0 < t$)
- 고유 길이: 물체에 대해 정지해 있는 관찰자가 측정한 물체의 길이를 고유 길이라고 한다.
 - 운동하는 물체의 길이를 정지한 관성계에서 측정하면 고유 길이보다 짧다.
 - 고유 길이(L_0)는 다른 관성계에서 측정한 길이(L)보다 항상 길다. ($L_0 > L$)

과학 돋보기 관찰 대상의 상대적 속력에 대한 시간 지연과 길이 수축

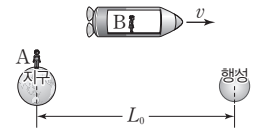


- 고유 시간 T_0 에 대한 지연된 시간 T 의 값(시간 지연 효과)은 관찰 대상의 상대적 속력이 클수록 크게 나타난다.
 - ➔ 빛의 속력에 가깝게 빠르게 등속도 운동을 하는 시계가 느리게 등속도 운동을 하는 시계에 비해 시간 지연 효과가 더 크게 나타난다.
- L_0 은 고유 길이, L 은 수축된 길이이다.
 - ➔ 길이 수축 효과는 관찰 대상의 상대적 속력이 클수록 크게 나타난다.

개념 체크

● 길이 수축: 관찰자에 대해 운동하고 있는 물체는 관찰자에게 운동 방향으로 그 길이가 줄어든 것으로 보인다.

[1~4] 그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 v 의 속력으로 지구에서 행성을 향해 운동하고 있다. 지구와 행성은 A에 대해 정지해 있다. L_0 은 A의 관성계에서 지구에서 행성까지의 거리이다.



- A의 관성계에서 우주선이 지구에서 행성까지 이동하는 데 걸린 시간은 ()이다.
- B의 관성계에서 행성의 속력은 ()이다.
- B의 관성계에서 지구에서 행성까지의 거리는 L_0 (보다 작다, 과 같다, 보다 크다).
- 우주선의 운동 방향의 길이는 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 (작다, 크다).

정답

- $\frac{L_0}{v}$
- v
- 보다 작다
- 작다

개념 체크

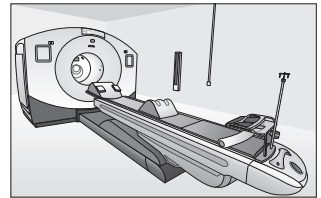
● 질량 에너지 동등성: 질량과 에너지는 서로 변환될 수 있다.

1. 물체의 속력이 증가하면 물체의 상대론적 질량은 (증가, 감소)한다.
2. 질량 에너지 동등성에 의하면 질량과 ()는 서로 변환될 수 있다.
3. 원자핵이 양성자와 중성자로 분리되는 과정에서 질량이 증가하는 것은 원자핵이 에너지를 (흡수, 방출)하기 때문이다.

2 질량과 에너지

(1) 질량 에너지 동등성

- ① 정지 질량과 상대론적 질량: 관성 좌표계에 대해 정지해 있는 물체의 질량을 정지 질량(m_0)이라 하고, 운동하는 물체의 질량을 상대론적 질량(m)이라고 하며, 물체의 속력이 증가하면 상대론적 질량도 증가한다.
- ② 질량 에너지 동등성: 질량 m 을 에너지 E 로 환산하면 $E=mc^2$ 이다. 즉, 질량은 에너지로 변환될 수 있고, 반대로 에너지는 질량으로 변환될 수 있다. 정지 질량이 m_0 인 물체가 정지해 있을 때 $E_0=m_0c^2$ 의 에너지를 가지며, 이것을 정지 에너지라고 한다.
- ③ 특수 상대성 이론에서의 에너지 보존 법칙: 질량과 에너지가 서로 변환되더라도 운동 에너지와 같은 물체의 에너지와 정지 에너지를 더한 총 에너지는 항상 보존된다.
- ④ 질량과 에너지 사이의 변환 예
 - 태양에서의 수소 핵융합처럼 가벼운 원소들이 결합해서 무거운 원소가 되는 핵융합과 원자력 발전소에서처럼 무거운 원소가 가벼운 원소들로 쪼개지는 핵분열은 질량이 에너지로 변환되는 현상이다.
 - 원자핵이 양성자와 중성자로 분리되는 과정은 질량이 증가하므로 원자핵이 에너지를 흡수해야 한다.
 - 양전자 방출 단층 촬영(PET)에서 전자의 반입자로 양전자를 띠는 양전자와 전자가 만나면 함께 소멸하며 그 질량이 모두 에너지로 변환되어 한 쌍의 감마(γ)선을 생성한다.



탐구자료 살펴보기 질량의 에너지 변환

자료

표는 정지해 있는 수소 원자핵들을 융합하여 헬륨 원자핵을 만드는 핵반응에서 충돌 전과 충돌 후의 질량과 융합된 수소 원자핵의 개수, 생성된 헬륨 원자핵의 개수를 나타낸 것이다. 단, 상대론적 질량과 정지 질량의 차이는 무시한다.

충돌 전	수소 원자핵(${}^1\text{H}$) 1개의 질량	1.007825 u
	융합된 수소 원자핵의 개수	4개
충돌 후	헬륨 원자핵(${}^4\text{He}$) 1개의 질량	4.002603 u
	생성된 헬륨 원자핵의 개수	1개

(1 u = 1.66×10^{-27} kg)

분석

- 충돌 과정에서 결손된 질량은 $\Delta m = 4 \times 1.007825 \text{ u} - 4.002603 \text{ u} = 0.028697 \text{ u} \approx 4.76 \times 10^{-29} \text{ kg}$ 이다.
- 한 번의 핵융합으로 방출되는 에너지는 약 $4.29 \times 10^{-12} \text{ J}$ 이다.

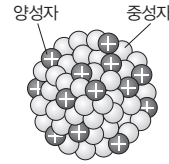
point

- 충돌 과정에서 방출된 에너지는 질량 에너지 동등성에 의한 $E = \Delta mc^2$ 을 이용하여 구한 에너지와 거의 일치한다. 이로부터 방출된 에너지는 감소한 질량으로부터 발생한 에너지임을 알 수 있다.

정답

1. 증가
2. 에너지
3. 흡수

(2) **원자핵**: 원자에서 매우 작은 부피를 차지하고 있으며, 크기는 10^{-15} m 정도이다. 또한 핵을 구성하는 입자를 핵자라고 하며, 이 핵자에는 양성자와 중성자가 있다.



① 원자핵의 표현

- 원자 번호(Z): 원자핵 속에 들어 있는 양성자수
- 질량수(A): 원자핵 속 양성자수(Z)와 중성자수(N)의 합

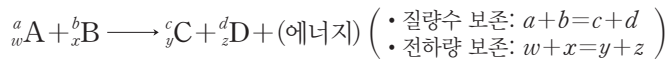


② 동위 원소: 양성자수는 같지만 중성자수가 다른 원소로, 화학적 성질은 같으나 물리적 성질은 다르다.

예 수소(${}^1_1\text{H}$)의 동위 원소에는 중수소(${}^2_1\text{H}$), 삼중수소(${}^3_1\text{H}$)가 있다.

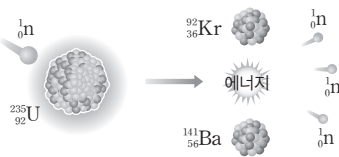
(3) **핵반응**: 핵이 분열하거나 융합하는 것을 말하며, 핵반응을 하는 동안 반응 전후 전하량과 질량수는 보존된다. 분열하거나 융합하는 과정에서 반응 전 질량의 총합보다 반응 후 질량의 총합이 작은 경우 줄어든 질량을 질량 결손이라고 하며, 질량 결손에 해당하는 에너지가 방출된다.

① 핵반응식: 원자핵 A와 B가 반응하여 원자핵 C와 D가 되었을 때 핵반응식은 다음과 같다.



② 핵분열: 질량수가 큰 원자핵이 크기가 비슷한 2개의 원자핵으로 쪼개지는 현상으로, 원자력 발전소의 원자로에서 일어나는 우라늄(${}^{235}_{92}\text{U}$)의 핵분열 반응이 대표적이다.

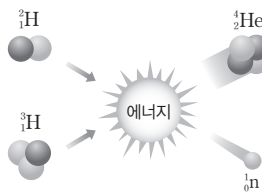
- 우라늄 원자핵(${}^{235}_{92}\text{U}$)에 저속의 중성자(${}^1_0\text{n}$)가 흡수되면 불안정한 우라늄 원자핵이 분열하여 크립톤(${}^{92}_{36}\text{Kr}$)과 바륨(${}^{141}_{56}\text{Ba}$)으로 쪼개지면서 고속의 중성자 3개가 방출된다. 이 과정에서 질량 결손에 해당하는 만큼 에너지가 방출된다.



• 핵분열 반응식: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3{}^1_0\text{n} + 200 \text{ MeV}$

③ 핵융합: 질량수가 작은 원자핵이 융합하여 질량수가 큰 원자핵으로 되는 현상으로, 중수소 원자핵과 삼중수소 원자핵이 융합하여 헬륨 원자핵이 되는 것이 그 예이다.

- 중수소 원자핵(${}^2_1\text{H}$)과 삼중수소 원자핵(${}^3_1\text{H}$)이 충돌하여 헬륨 원자핵(${}^4_2\text{He}$)과 중성자(${}^1_0\text{n}$)가 생성된다. 이 과정에서 질량 결손에 해당하는 만큼의 에너지가 방출된다.
- 핵융합 반응식: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 17.6 \text{ MeV}$



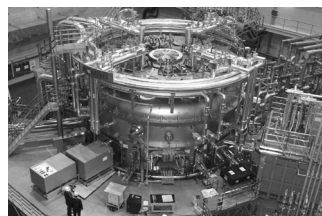
개념 체크

- **전하량 보존**: 반응 전과 반응 후의 전하량의 총합은 같다. 핵반응의 경우 양성자만 전하를 띠므로, 핵반응 전과 후 양성자수의 합은 같다.
- **질량수 보존**: 핵반응 전과 후의 질량수(=양성자수+중성자수)의 총합은 같다.
- **핵분열**: 질량수가 큰 원자핵이 크기가 비슷한 2개의 원자핵으로 쪼개지는 현상이다.
- **핵융합**: 질량수가 작은 원자핵이 융합하여 질량수가 큰 원자핵으로 되는 현상이다.

1. 원자핵은 원자에서 매우 작은 부피를 차지하고 있으며, 원자핵을 표현할 때 ()는 원자핵 속의 양성자수를, ()는 원자핵 속의 양성자수와 중성자수의 합을 나타낸다.
2. 양성자수는 같지만 중성자수가 다른 원소를 ()라고 한다.
3. ()는 질량수가 큰 원자핵이 크기가 비슷한 2개의 원자핵으로 쪼개지는 현상이다.
4. 핵융합 과정에서 ()이 발생하고 이에 해당하는 만큼 에너지가 방출된다.

과학 돋보기 핵융합로 KSTAR

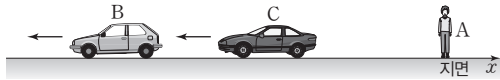
KSTAR는 국내 기술로 1995년부터 2007년까지 개발한 초전도 토카막 핵융합 연구 장치로, 2008년 최초 플라즈마 발생에 성공했다. 태양보다 중력이 훨씬 작은 지구에서 핵융합 반응이 일어나기 위해서는 태양 중심 온도(1500만 °C)의 7배인 1억 °C 이상의 고온·고밀도 플라즈마를 장시간 유지하는 것이 관건이다. KSTAR는 초전도 토카막 핵융합 연구 장치 중 세계 최초로 중심 이온 온도 1억 °C 이상의 초고온 고성능 플라즈마를 1.5초간 유지하는 데 성공했다.



정답

1. 원자 번호, 질량수
2. 동위 원소
3. 핵분열
4. 질량 결손

01 [22023-0101] 그림과 같이 지면에 정지한 관찰자 A가 일직선상에서 일정한 속력으로 각각 운동하고 있는 자동차 B, C를 관찰하고 있다. B, C에서 측정할 때 A는 $+x$ 방향으로 운동하고 A의 속력은 B에서 측정할 때 C에서 측정할 때보다 크다.

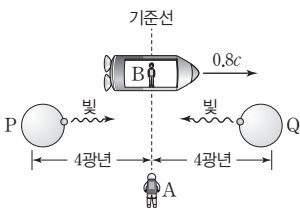


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A가 측정할 때 속력은 B가 C보다 크다.
 - ㄴ. B가 측정할 때 C의 운동 방향은 $+x$ 방향이다.
 - ㄷ. B와 C 사이의 거리는 가까워진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0102] 그림은 관찰자 A의 관성계에서 행성 P에서 행성 Q를 향해 관찰자 B가 탄 우주선이 일정한 속도 $0.8c$ 로 운동하다가 기준선을 통과하는 순간 P와 Q에서 서로를 향해 동시에 빛을 방출하는 모습을 나타낸 것이다. P와 Q는 A에 대해 정지해 있고, A의 관성계에서 P와 기준선, Q와 기준선 사이의 거리는 4광년으로 같다.

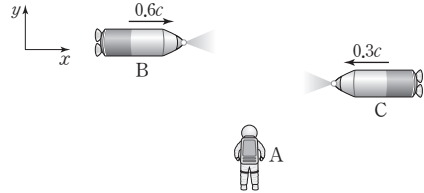


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
- ㄱ. A의 관성계에서 우주선이 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 10년이다.
 - ㄴ. B의 관성계에서 빛은 Q에서 P에서보다 먼저 방출되었다.
 - ㄷ. B의 관성계에서 P와 Q 사이의 거리는 8광년이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22023-0103] 그림과 같이 동일한 우주선 B, C가 관찰자 A에 대해 각각 $0.6c$, $0.3c$ 의 일정한 속력으로 x 축과 나란한 방향으로 운동하고 있다. B와 C의 앞쪽에서는 빛이 방출되고 있다.

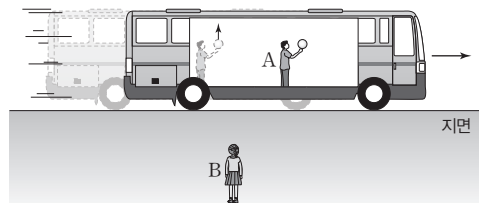


A의 관성계에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
- ㄱ. 우주선의 x 축 방향의 길이는 B가 C보다 크다.
 - ㄴ. 시간은 B에서 C에서보다 느리게 간다.
 - ㄷ. B에서 방출된 빛의 속력은 C에서 방출된 빛의 속력보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 [22023-0104] 그림은 지면에 정지해 있는 관찰자 B에 대해 등속 직선 운동을 하는 버스를 탄 관찰자 A가 지면에 대해 연직 위로 공을 던졌다가 받는 것을 나타낸 것이다.

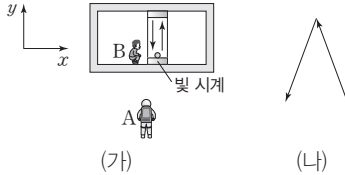


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A가 측정할 때 공은 포물선 운동을 한다.
 - ㄴ. B가 측정할 때 공은 등가속도 직선 운동을 한다.
 - ㄷ. A와 B가 측정할 때 공의 운동은 동일하게 뉴턴 운동 제2법칙으로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [2023-0105] 그림 (가)는 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 상자가 x 축과 나란한 방향으로 등속 직선 운동을 하는 것을, (나)는 상자에 고정된 빛 시계의 빛이 바닥에서 출발하여 한 번 왕복할 때 A의 관성계에서 빛의 경로를 나타낸 것이다.

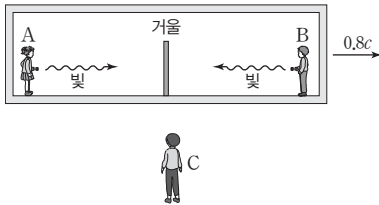


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A의 관성계에서 상자는 $+x$ 방향으로 운동한다.
 - ㄴ. 빛 시계의 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 길다.
 - ㄷ. 상자의 y 축 방향의 길이는 A의 관성계에서와 B의 관성계에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [2023-0106] 그림과 같이 관찰자 A, B가 탄 상자가 관찰자 C에 대해 $0.8c$ 의 일정한 속력으로 직선 운동을 하고 있다. A의 관성계에서 거울에서 A, B까지의 거리는 같고, C의 관성계에서 A와 B가 방출한 빛은 거울에 동시에 도달한다.

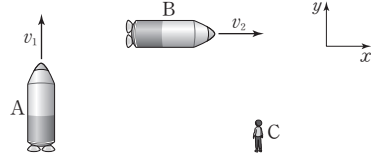


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
- ㄱ. A의 관성계에서 빛은 거울에 동시에 도달한다.
 - ㄴ. C의 관성계에서 빛은 A가 B보다 먼저 방출했다.
 - ㄷ. C의 관성계에서 A, B가 빛을 방출한 직후부터 거울에 반사되어 돌아오는 데까지 걸린 시간은 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [2023-0107] 그림과 같이 동일한 우주선 A, B가 관찰자 C에 대해 각각 $+y$ 방향, $+x$ 방향으로 각각 v_1, v_2 의 일정한 속력으로 운동하고 있다. C의 관성계에서 A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

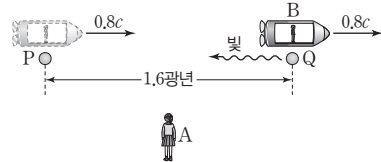


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $v_1 > v_2$ 이다.
 - ㄴ. C의 관성계에서 A의 y 축 방향의 길이는 B의 x 축 방향의 길이보다 크다.
 - ㄷ. C의 시간은 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 느리게 간다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [2023-0108] 그림은 관찰자 B가 탄 우주선이 관찰자 A에 대해 $0.8c$ 의 일정한 속력으로 행성 P에서 행성 Q를 향해 직선 운동을 할 때, B가 Q에 도달하는 순간 Q에서 P를 향해 빛을 방출하는 모습을 나타낸 것이다. P, Q는 A에 대해 정지해 있고, A의 관성계에서 P와 Q 사이의 거리는 1.6광년이다.

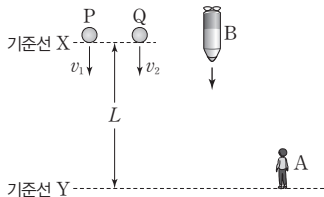


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
- ㄱ. A의 관성계에서 B가 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 2년이다.
 - ㄴ. B의 관성계에서 P와 Q 사이의 거리는 1.6광년이다.
 - ㄷ. 빛의 속력은 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [22023-0109] 그림과 같이 정지 질량이 같은 입자 P, Q가 기준선 Y에 정지한 관찰자 A에 대해 기준선 X, Y에 수직인 방향으로 각각 v_1 , v_2 의 일정한 속력으로 운동한다. A의 관성계에서 X에서 Y까지의 거리는 L 이다. 우주선 B의 관성계에서 Q의 질량은 Q의 정지 질량과 같고, X에서 Y까지의 거리는 P의 관성계에서 Q의 관성계에서보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A의 관성계에서 $\frac{L}{v_1} > \frac{L}{v_2}$ 이다.

ㄴ. A의 관성계에서 입자의 상대론적 질량은 P가 Q보다 크다.

ㄷ. B의 관성계에서 A의 시간은 A의 관성계에서 Q의 시간보다 느리게 간다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 [22023-0110] 다음은 두 가지 핵반응이다.

(가) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \longrightarrow \boxed{\text{X}} + {}^1_0\text{n} + 3.27 \text{ MeV}$

(나) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \longrightarrow \boxed{\text{Y}} + {}^3_1\text{H} + 4.03 \text{ MeV}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 ${}^3_2\text{He}$ 이다.

ㄴ. X는 Y보다 질량수가 크다.

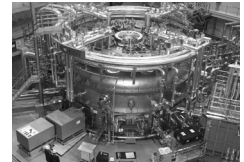
ㄷ. 결손된 질량은 (가)에서 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [22023-0111] 그림 (가)는 핵분열을 이용한 원자력 발전소를, (나)는 핵융합 장치를 나타낸 것이다. A, B는 (가)와 (나)에서 일어나는 핵반응식을 순서 없이 나타낸 것이다. E_1 , E_2 는 각각 핵반응 과정에서 발생하는 에너지이고, 핵반응 과정에서 질량 결손은 A에서 B에 서보다 작다.



(가)



(나)

○ A : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + E_1$

○ B : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{92}_{36}\text{Kr} + {}^{141}_{56}\text{Ba} + 3{}^1_0\text{n} + E_2$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 (가)에서의 핵반응식이다.

ㄴ. (나)에서 입자의 총 질량은 핵반응 후가 핵반응 전보다 크다.

ㄷ. $E_2 > E_1$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

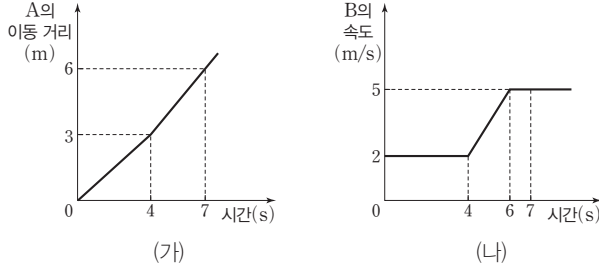
12 [22023-0112] 다음은 특수 상대성 이론에 관한 글이다.

특수 상대성 이론에서 $\boxed{\text{A}}$ 은 질량과 에너지가 별개의 양이 아니라 서로 변환될 수 있는 양이라는 것이다. 핵분열, 핵융합 반응 후 줄어든 질량을 $\boxed{\text{B}}$ 이라고 하며, 핵반응 과정에서 $\boxed{\text{B}}$ 에 해당하는 $\boxed{\text{C}}$ 를 방출한다.

A, B, C에 들어갈 내용으로 가장 적절한 것은?

- | | | | |
|---|------------|----------|----------|
| | A | B | C |
| ① | 에너지 보존 법칙 | 질량 결손 | 양성자 |
| ② | 에너지 보존 법칙 | 정지 질량 | 에너지 |
| ③ | 질량 에너지 동등성 | 질량 결손 | 양성자 |
| ④ | 질량 에너지 동등성 | 정지 질량 | 에너지 |
| ⑤ | 질량 에너지 동등성 | 질량 결손 | 에너지 |

01 [22023-0113] 그림 (가), (나)는 동일한 기준선에서 서로 반대 방향으로 출발한 물체 A, B가 일직선상에서 운동할 때, 기준선으로부터 A의 이동 거리와 B의 속도를 각각 시간에 따라 나타낸 것이다.



A의 이동 거리-시간 그래프의 기울기를 통해 A의 속력을, B의 속도-시간 그래프의 기울기를 통해 B의 가속도를 구할 수 있다.

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

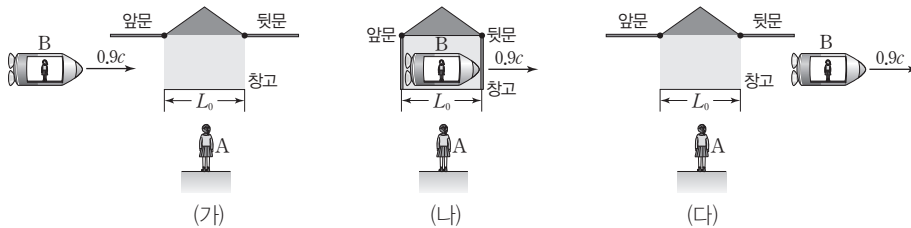
보기

- ㄱ. 2초일 때 A가 측정한 B의 속력은 $\frac{11}{4}$ m/s이다.
- ㄴ. 4초부터 6초까지 A에서 관찰한 B는 등속 직선 운동을 한다.
- ㄷ. 7초일 때 A와 B 사이의 거리는 26 m이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0114] 그림 (가)는 관찰자 B가 탄 우주선이 관찰자 A에 대해 $0.9c$ 의 속력으로 A에 대해 정지한 창고로 향해 직선 운동하고 있는 것을 나타낸 것으로, 창고의 고유 길이와 운동 방향의 우주선의 고유 길이는 각각 L_0 , L 이고 $L_0 < L$ 이다. 그림 (나), (다)는 A의 관성계에서 관찰한 모습이며, 우주선이 창고에 들어가 우주선의 앞쪽과 뒤쪽 끝이 창고의 뒷문과 앞문의 위치에 일치할 때 순간적으로 앞문과 뒷문이 동시에 닫혔다가 열리고 우주선이 창고를 지나간 것을 나타낸 것이다.

창고의 앞문과 뒷문이 닫혔다가 열리는 두 사건은 A의 관성계에서 동시에 일어난 일이지만, B의 관성계에서는 동시에 일어난 일이 아니다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. A의 관성계에서 우주선의 길이는 L 보다 짧다.
- ㄴ. B의 관성계에서 우주선의 길이는 창고의 길이보다 짧다.
- ㄷ. B의 관성계에서 창고의 뒷문은 앞문보다 먼저 닫힌다.

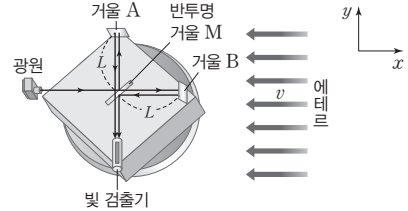
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

반투명 거울에서 빛의 50%는 통과되고 50%는 반사된다. '광원-반투명 거울 M-거울 A-빛 검출기'의 경로의 길이와 '광원-반투명 거울 M-거울 B-빛 검출기'의 경로의 길이는 같다.

03 [2023-0115] 다음은 에테르의 존재를 확인하기 위한 마이컬슨·몰리 실험을 나타낸 것이다.

[실험 방법]

그림과 같이 광원에서 $+x$ 방향으로 방출된 빛 중 반투명 거울 M에서 반사된 빛은 거울 A에서 반사된 후 빛 검출기에 도달하고, M을 통과한 빛은 거울 B에서 반사된 후 빛 검출기에 도달하도록 한다.



[예측]

$-x$ 방향으로 에테르의 속력을 v , M에서 A, B까지의 거리를 각각 L 이라 하고 에테르를 고려할 때, 광원에서부터 각각 A와 B에서 반사되어 빛이 검출기에 도달하는 시간이 서로 다를 것이다.

[결과]

광원 \rightarrow M \rightarrow A에서 반사된 빛과 광원 \rightarrow M \rightarrow B에서 반사된 빛이 검출기에 동시에 도달하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

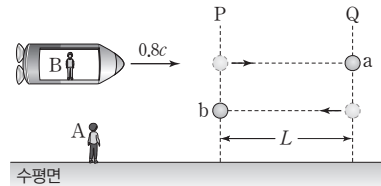
[보기]

- ㄱ. 예측에 따르면 M에서 B로 진행하는 빛의 속력은 $c+v$ 이다.
- ㄴ. 예측에 따르면 빛이 M과 B 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간은 $\frac{2Lc}{c^2-v^2}$ 이다.
- ㄷ. 결과를 통해 에테르의 존재를 확인할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B의 관성계에서 P, Q는 $0.8c$ 의 속력으로 B를 향해 운동한다.

04 [2023-0116] 그림은 관찰자 B가 탄 우주선이 수평면에 정지한 관찰자 A에 대해 $0.8c$ 의 속력으로 수평면과 나란하게 운동하고, 광자 a, b가 각각 기준선 P에서 Q까지, Q에서 P까지 수평면과 나란하게 운동하는 것을 나타낸 것이다. P, Q는 A에 대해 정지해 있고, A의 관성계에서 P에서 Q까지의 거리는 L 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

[보기]

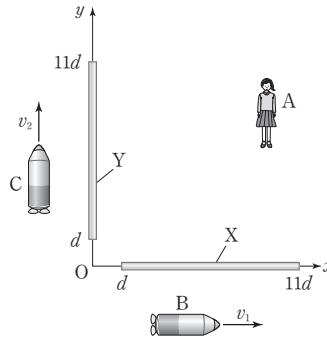
- ㄱ. A의 관성계에서 a, b가 각각 P, Q를 동시에 지나면 Q, P도 동시에 지나다.
- ㄴ. B의 관성계에서 a가 P에서 Q까지 이동하는 데 걸리는 시간과 b가 Q에서 P까지 이동하는 데 걸리는 시간은 같다.
- ㄷ. B의 관성계에서 a, b가 각각 P에서 Q까지, Q에서 P까지 이동하는 데 걸린 시간의 합은 $\frac{2L}{c}$ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22023-0117]

그림과 같이 관찰자 A의 관성계에서 x 축, y 축상에 정지한 막대 X, Y에 대해 관찰자 B와 C가 탄 우주선이 각각 x 축, y 축 방향으로 일정한 속력 v_1 , v_2 로 운동하고 있다. A의 관성계에서 X, Y의 길이는 $10d$ 이고, B의 관성계에서 X의 길이는 $6d$, C의 관성계에서 Y의 길이는 $4.5d$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X, Y의 두께와 폭은 무시한다.)



A의 관성계에서 X와 Y의 길이는 고유 길이이고, B의 관성계와 C의 관성계에서 각각 x 축, y 축 방향으로 길이 수축이 일어난다.

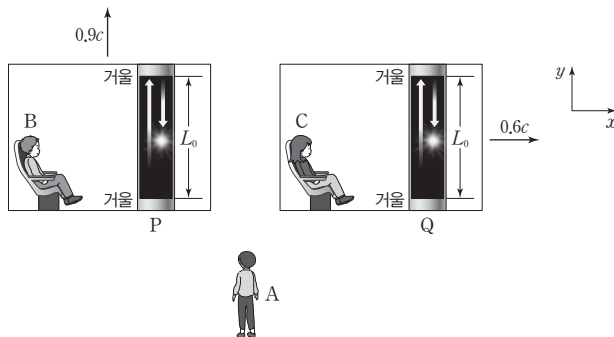
보기

- ㄱ. $v_1 > v_2$ 이다.
- ㄴ. A의 시간은 C의 관성계에서 B의 관성계에서보다 느리게 간다.
- ㄷ. B의 관성계에서 Y의 길이는 C의 관성계에서 X의 길이보다 짧다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22023-0118]

그림과 같이 빛 시계 P, Q가 고정된 B가 탄 상자와 C가 탄 상자가 A에 대해 각각 $+y$ 방향으로 $0.9c$ 의 속력과 $+x$ 방향으로 $0.6c$ 의 속력으로 운동하고 있다. 빛 시계의 고유 길이는 L_0 이다.



빛 시계의 빛이 한 번 왕복하는 데 걸리는 시간은 각각의 관성계에서 측정되는 빛의 이동 거리를 빛의 속력으로 나눈 값이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

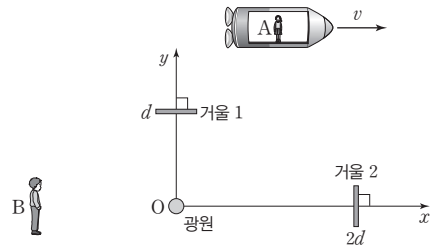
- ㄱ. A의 관성계에서 B의 시간은 C의 시간보다 느리게 간다.
- ㄴ. B의 관성계에서 P의 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2L_0}{c}$ 이다.
- ㄷ. A의 관성계에서 빛이 한 번 왕복하는 동안 이동한 거리는 P에서 Q에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A의 관성계에서는 x 축 방향에 대해서는 길이 수축 현상이 나타나지만, y 축 방향에 대해서는 길이 수축 현상이 나타나지 않는다.

A, B, C에서 측정된 D의 속력이 클수록 D의 상대론적 질량도 크다.

07 [2023-0119] 그림과 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해 v 의 일정한 속력으로 $+x$ 방향으로 운동하고, 광원은 원점 O에, 거울 1은 y 축상의 $y=d$ 에, 거울 2는 x 축상의 $x=2d$ 에 각각 고정되어 있으며, 거울 1, 2와 광원은 B에 대해 정지해 있다. A의 관성계에서 광원에서 동시에 방출된 빛은 거울 1, 2에 동시에 도달하였다.



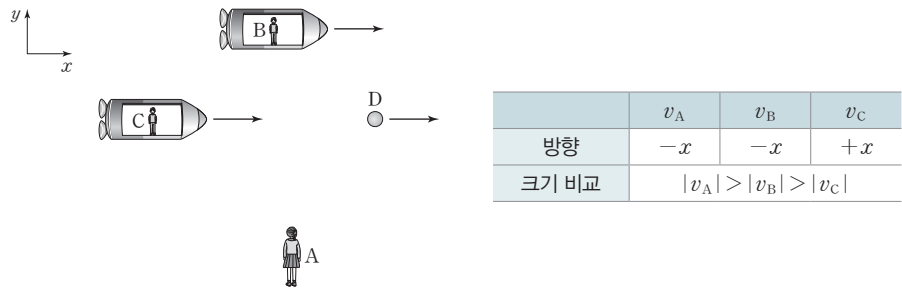
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. A의 관성계에서 빛이 광원에서 거울 1까지 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2d}{c}$ 이다.
- ㄴ. A의 관성계에서 빛이 광원에서 거울 2까지 이동한 거리는 거울 2에서 광원까지 이동한 거리보다 짧다.
- ㄷ. B의 관성계에서 빛은 거울 1과 2에 동시에 도달한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [2023-0120] 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선, 관찰자 C가 탄 우주선, 입자 D가 $+x$ 방향으로 각각 일정한 속력으로 운동하고 있는 것을, 표는 D의 관성계에서 A, B, C의 속도가 각각 v_A, v_B, v_C 일 때, v_A, v_B, v_C 의 방향과 크기 비교를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

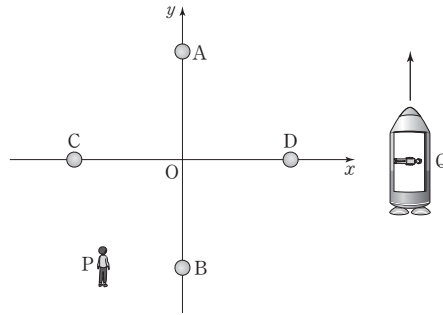
보기

- ㄱ. A의 관성계에서 속력은 B가 D보다 크다.
- ㄴ. D의 상대론적 질량은 A의 관성계에서 B의 관성계에서보다 크다.
- ㄷ. A의 관성계에서 B의 시간은 C의 시간보다 느리게 간다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22023-0121]

그림은 관찰자 P에 대해 관찰자 Q가 탄 우주선이 $+y$ 방향으로 빛의 속력에 가까운 일정한 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. 광원 A, B, C, D는 P에 대해 정지해 있고 각각 x 축, y 축상에 고정되어 있다. P의 관성계에서 A, B에서 동시에 방출된 빛은 원점 O에 동시에 도달하고, Q의 관성계에서 C, D에서 동시에 방출된 빛은 O에 동시에 도달한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



특수 상대성 이론에서 길이 수축은 이동 방향에 대해서만 나타나므로, Q의 관성계에서 y 방향에 대해서만 길이 수축이 나타난다.

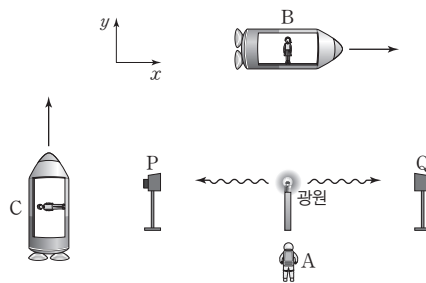
| 보기 |

- ㄱ. P의 관성계에서 O에서 C까지의 거리와 O에서 D까지의 거리는 같다.
- ㄴ. Q의 관성계에서 빛은 A에서 B에서보다 먼저 방출되었다.
- ㄷ. C에서 방출된 빛이 O까지 이동하는 데 걸리는 시간은 P의 관성계와 Q의 관성계에서 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22023-0122]

그림과 같이 관찰자 B가 탄 우주선과 관찰자 C가 탄 우주선이 관찰자 A에 대해 각각 $+x$ 방향, $+y$ 방향으로 빛의 속력에 가까운 일정한 속력으로 운동하고 있다. A의 관성계에서 측정기 P, Q, 광원은 x 축과 나란하게 정지해 있고, B의 시간은 C의 시간보다 느리게 간다. B의 관성계에서 광원에서 동시에 방출된 빛은 P와 Q에 동시에 도달한다.



B의 관성계에서 빛이 P와 Q에 동시에 도달한 것은 다른 관성계에서는 동시에 도달한 것이 아닐 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

| 보기 |

- ㄱ. A의 관성계에서 P와 광원 사이의 거리는 광원과 Q 사이의 거리보다 크다.
- ㄴ. A의 상대론적 질량은 B의 관성계에서 C의 관성계에서보다 크다.
- ㄷ. C의 관성계에서 빛은 Q보다 P에 먼저 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

핵반응에서 발생하는 에너지는 질량 에너지 동등성에 의한 것이며, 핵반응에서 결손된 질량이 클수록 발생한 에너지도 크다.

핵융합과 핵분열에서 모두 질량 결손에 의한 에너지가 발생하고, 핵반응 전후에 질량 수 보존과 전하량 보존이 성립한다.

11 [22023-0123] 다음은 별에서 일어나는 탄소, 질소, 산소(CNO) 순환 반응의 일부에 해당하는 핵반응을 나타낸 것이다.



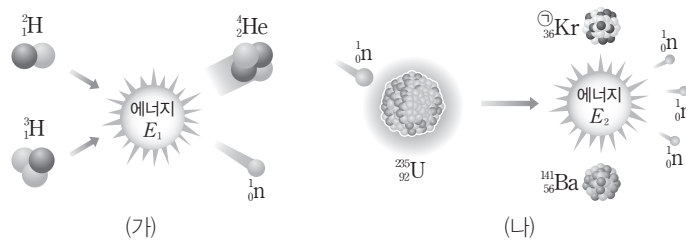
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 ${}^4_2\text{He}$ 이다.
 ㄴ. ㉡은 중성자이다.
 ㄷ. 핵반응에서 결손된 질량은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 [22023-0124] 그림 (가), (나)는 핵반응을 모식적으로 나타낸 것이다. E_1 과 E_2 는 각각 핵반응에서 발생하는 에너지이고, $E_1 < E_2$ 이며 ㉠은 Kr의 질량수이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

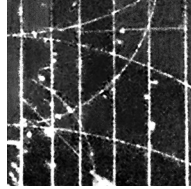
ㄱ. (가)는 핵분열이다.
 ㄴ. ㉠은 92이다.
 ㄷ. 핵반응에서 결손된 질량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

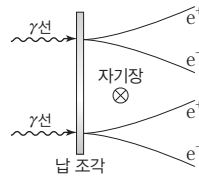
13 [2023-0125] 다음은 쌍생성, 쌍소멸에 관한 설명이다.

충분한 에너지를 가진 감마(γ)선 광자가 핵과 충돌할 때, 광자로부터 전자(e^-)-양전자(e^+) 쌍이 만들어진다. 전자와 양전자의 정지 질량이 m_0 일 때, 전자-양전자 쌍의 정지 에너지는 $2m_0c^2=1.02\text{ MeV}$ 이다.

그림 (가)는 감마(γ)선을 얇은 납 조각에 쪼였을 때 생성된 전자-양전자 쌍의 거품 상자 속 궤적을, (나)는 (가)에서 적합한 쌍생성에 대한 스케치를 나타낸 것이다. 역반응도 역시 일어난다. 적당한 조건이 되면 전자와 양전자는 서로 쌍으로 소멸되어 두 개의 감마(γ)선 광자로 바뀌고 총 에너지는 최소 이다.



(가)



(나)

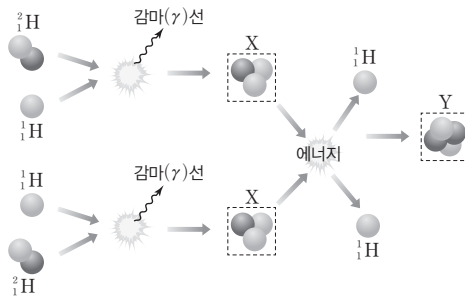
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. 쌍생성에서 에너지는 질량으로 변환된다.
- ㄴ. 전자의 정지 질량은 $\frac{0.51\text{ MeV}}{c^2}$ 이다.
- ㄷ. A는 1.02 MeV이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [2023-0126] 그림은 태양에서 일어나는 핵융합의 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 ${}^3_2\text{H}$ 와 동위 원소이다.
- ㄴ. 태양은 핵융합을 하면서 질량이 감소한다.
- ㄷ. X와 Y의 전하량의 크기는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

쌍생성은 에너지가 질량으로 변환되는 예이고, 쌍소멸은 질량이 에너지로 변환되는 예이다.

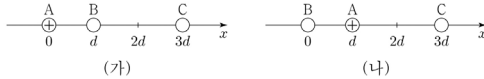
X는 질량수가 3인 헬륨 원자핵(${}^3_2\text{He}$), Y는 질량수가 4인 헬륨 원자핵(${}^4_2\text{He}$)으로, X와 Y는 동위 원소이다.

II

물질과 전자기장

2022학년도 대수능 6월 모의평가 19번

19. 그림 (가)는 x 축상에 고정된 점전하 A, B, C를 나타낸 것으로 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이고, C에 작용하는 전기력은 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 A, B의 위치만 바꾸어 고정시킨 것을 나타낸 것이다. A는 양(+)-전하이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

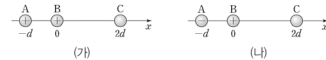
<보기>

- ㄱ. 전하량의 크기는 B가 C보다 작다.
- ㄴ. A에 작용하는 전기력의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. (나)에서 A에 작용하는 전기력의 크기는 B에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 115쪽 04번

04. [21023-0150] 그림 (가)와 같이 양(+)으로 대전된 도체구 A, B와 전하량을 알 수 없는 대전된 도체구 C를 x 축상에 고정시켰다. B가 받는 전기력의 크기는 F 이고, A, B, C는 동일한 도체구이다. 그림 (나)는 (가)의 A와 C를 서로 접촉시킨 후 다시 원래 위치에 고정시켜 놓은 모습을 나타낸 것이고, A는 음(-)전하를 띤다. (가)와 (나)에서 A의 전하량의 크기는 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C의 크기는 무시한다.)

<보기>

- ㄱ. (가)에서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 C가 B에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.
- ㄴ. B가 받는 전기력의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 서로 반대이다.
- ㄷ. (나)에서 B가 받는 전기력의 크기는 $\frac{3}{7}F$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

6월 모의평가 19번 문항은 수능특강 115쪽 4번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 고정된 점전하(도체구) A, B, C에 작용하는 전기력의 크기와 방향을 통해 하나의 점전하(도체구)에 작용하는 전기력의 방향이나 전기력의 크기 등을 알아보는 <보기>로 구성하였다. 수능특강 115쪽 4번 문항은 A, C를 접촉시킨 후 다시 원래 위치에 고정시켰을 때 A가 음(-)전하를 띠고, (가)와 (나)에서 A의 전하량의 크기가 같다는 조건을 통해 접촉 전후 C의 전하의 종류와 전하량의 크기를 찾고, B에 작용하는 전기력의 크기와 방향을 물어보고 있으나, 6월 모의평가 19번 문항은 A, B의 위치를 바꾸었을 때 B에 작용하는 전기력을 통해 B, C의 전하량의 크기를 비교하고, A, B에 작용하는 전기력을 물었다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

6월 모의평가 19번 문항은 (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$ 방향이고, C에 작용하는 전기력이 0이라는 조건을 통해 A와 B의 전하량의 크기를 찾고 B와 C의 전하의 종류를 알아낸 후 A에 작용하는 전기력의 방향과 A와 B에 작용하는 전기력의 크기를 비교해야 한다. 특히 크기를 비교하는 문제의 경우 작용과 반작용 관계를 활용하는 방법이 효율적이므로 활용 방법을 익힐 필요가 있다.

수능 _ EBS 교재 연계 사례

2022학년도 대학수학능력시험 12번

12. 그림과 같이 p-n 접합 발광 다이오드(LED)가 연결된 솔레노이드의 중심축에 마찰이 없는 레일이 있다. a, b, c, d는 레일 위의 지점이다. a에 가만히 놓은 자석은 솔레노이드를 통과하여 d에서 운동 방향이 바뀌고, 자석이 d로부터 내려와 c를 지날 때 LED에서 빛이 방출된다. X는 N극과 S극 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

- ㄱ. X는 N극이다.
- ㄴ. a로부터 내려온 자석이 b를 지날 때 LED에서 빛이 방출된다.
- ㄷ. 자석의 역학적 에너지는 a에서와 d에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 124쪽 21번

21. [21023-0167]
그림과 같이 레일의 경사면에 자석을 가만히 놓았다. 자석이 솔레노이드의 중심축에 놓인 레일을 따라 운동하여 반대편 빗면의 c점에서 정지하였다. 자석이 a를 지날 때 솔레노이드에 연결된 p-n 접합 다이오드에 전류가 흐른다. 점 a, b, c는 레일 위에 있고 X, Y는 p형 반도체와 n형 반도체를 순서 없이 나타낸 것이다. 자석이 a, b를 지나 c에 도달할 때까지 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자석은 회전하지 않고, 자석의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

<보 기>

- ㄱ. X는 n형 반도체이다.
- ㄴ. 자석이 b를 지날 때 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다.
- ㄷ. 자석의 역학적 에너지는 b에서와 c에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 12번 문항은 수능특강 124쪽 21번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 자석이 p-n 접합 다이오드가 연결된 솔레노이드를 통과할 때 솔레노이드에 흐르는 유도 전류를 통해 자석에 작용하는 자기력의 방향을 찾고, 역학적 에너지를 비교하는 문항으로 출제되었다. 수능 12번 문항은 p-n 접합 발광 다이오드에 빛이 방출되는 조건을 통해 X가 자석의 N극이라는 것과 LED에 역방향 전압이 걸릴 때는 솔레노이드에 전류가 흐르지 않는다는 것을 묻는 문제로 출제되었고, 수능특강 124쪽 21번 문항은 p-n 접합 다이오드에 전류가 흐르는 조건을 통해 X가 p형 반도체라는 것과 다이오드에 전류가 흐르지 않을 때 역방향 전압이 걸린다는 것을 묻는 문제로 출제되었다.

학습 대책

수능 12번 문항과 수능특강 124쪽 21번 문항은 자석이 솔레노이드를 통과할 때 전자기 유도 현상에 의해 솔레노이드에 유도 전류가 흐르고, 솔레노이드에 p-n 접합 다이오드가 연결되어 있을 때는 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 전류가 흐르지만 역방향 전압이 걸리면 전류가 흐르지 않는다는 것을 알아야 한다. 이때 솔레노이드에 전류가 흐르면 자석에 작용하는 자기력의 방향은 운동 방향과 반대 방향이므로 자석의 역학적 에너지가 감소한다는 것을 기억해야 한다.

개념 체크

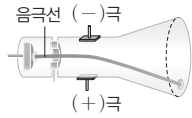
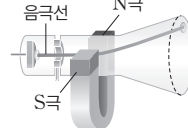
- **원자의 구조:** 원자는 양(+)
전하를 띠는 원자핵과 음(-)전하를 띠는 전자로 이루어져 있으며, 원자핵은 양(+)
전하를 띠는 양성자와 전하를 띠지 않는 중성자로 구성되어 있다.
- **전자의 발견:** 음극선 실험을 통해 음극선이 음(-)전하를 띠고 있는 입자의 흐름이라는 것을 알아내었다.
- **원자핵의 발견:** 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 해석하여 원자의 중심에는 원자 질량의 대부분을 차지하고 양(+)
전하를 띠고 있는 원자핵이 존재한다는 것을 알아내었다.

1. 톰슨은 음극선 실험을 통해 음극선이 전기력과 자기력에 의해 휘어지는 현상으로부터 () 전하를 띠는 입자의 흐름임을 알아내었다.
2. 전자의 전하량(e)의 크기는 ()이고, 전하량은 이 값의 정수배가 되므로 ()이라고 한다.
3. 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 () 전하를 띠는 ()이 원자의 중심에 존재한다고 제안했다.

1 원자와 전기력

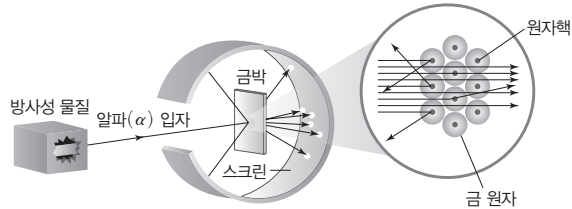
(1) **원자의 구성 입자:** 원자는 전자와 원자핵으로 이루어져 있다.

- ① **전자:** 톰슨은 음극선이 전기장과 자기장에 의해서 휘어지는 현상으로부터 음극선이 음(-) 전하를 띤 입자의 흐름이라는 것을 알아내었다. 이 입자를 전자라고 한다.
 - 톰슨의 음극선 실험 결과: 음극선은 전기력과 자기력의 영향을 모두 받는다.

전기장을 걸어 준 경우	자기장을 걸어 준 경우
 <p>음극선에 전기장을 걸어 주면 전기력에 의해 음극선은 (+)극 쪽으로 휘어진다. → 전기력을 받기 때문이다.</p>	 <p>음극선에 자기장을 걸어 주면 음극선은 자기장에 의해 위쪽으로 휘어진다. → 자기력을 받기 때문이다.</p>

- 전자의 전하량의 크기(e): $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (쿨롱) → 기본 전하량이라고 한다.
- ② **원자핵:** 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 해석하여 ‘원자핵은 원자의 중심에 위치하며, 원자는 원자핵을 제외하면 거의 비어 있다.’는 사실을 알아내었다.
 - 원자핵의 질량: 전자의 질량에 비해 매우 크다. → 원자의 질량은 대부분 원자핵의 질량이다.
 - 원자핵의 전하량: 양(+)
전하를 띠며, 기본 전하량의 정수배이다.

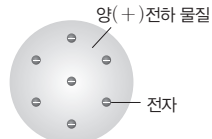
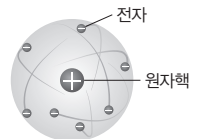
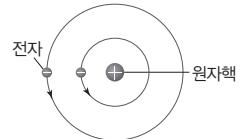
과학 돋보기 러더퍼드 알파(α) 입자 산란 실험의 결과



- 대부분의 알파(α) 입자는 금박을 통과하여 직진한다. → 원자 내부가 거의 빈 공간이다.
- 소수의 알파(α) 입자가 큰 각도로 휘어지거나 입사 방향의 거의 정반대 방향으로 되돌아 나온다. → 원자의 중심에 양(+)
전하를 띤 입자가 좁은 공간에 존재한다.

과학 돋보기 원자 모형의 변천

원자 모형은 원자의 존재를 알게 된 이후부터 계속 변천되어 왔다.

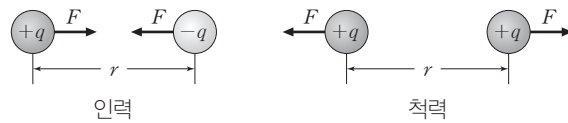
톰슨 원자 모형(1904년)	러더퍼드 원자 모형(1911년)	보어 원자 모형(1913년)
 <p>양(+) 전하 물질</p> <p>전자</p>	 <p>전자</p> <p>원자핵</p>	 <p>전자</p> <p>원자핵</p>
원자가 양(+) 전하를 띤 물질로 채워져 있고, 그 속에 전자들이 띄엄띄엄 박혀 있다.	전자가 원자핵을 중심으로 임의의 궤도에서 원운동을 한다.	전자가 원자핵을 중심으로 특정한 궤도에서 원운동을 한다.

정답

1. 음(-)
2. $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$. 기본 전하량
3. 양(+), 원자핵

(2) 전기력: 전하 사이에 작용하는 힘이다.

- ① 전기력의 종류: 인력과 척력 두 종류가 있다. 다른 종류를 띤 전하들 사이에는 인력(서로 끌어당기는 힘)이 작용하고, 같은 종류를 띤 전하들 사이에는 척력(서로 미는 힘)이 작용한다.



- ② 전기력의 크기(쿨롱 법칙): 두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 점전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 점전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 전하량이 각각 q_1, q_2 인 두 점전하 사이의 거리가 r 일 때 두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기 F 는 다음과 같다.

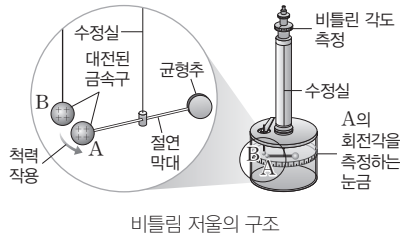
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{진공 중에서 쿨롱 상수 } k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)$$

과학 돋보기 쿨롱 실험

쿨롱은 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기를 측정하기 위해 그림과 같은 비틀림 저울을 이용하였다.

분석 1

대전된 두 금속구 A와 B를 서로 가까이 하면 A가 전기력을 받아 회전하므로 A를 매단 수정실이 비틀리게 된다. 이때 나사를 반대로 돌려서 A가 다시 제자리에 돌아오게 했을 때의 나사의 회전각을 측정하면 전기력에 의해 A가 회전한 각도를 알 수 있다.



분석 2

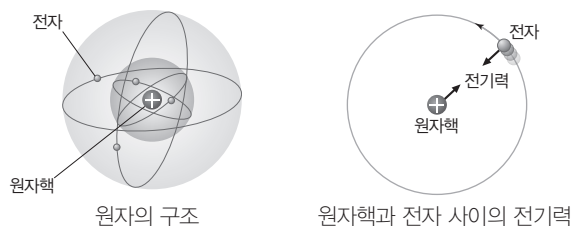
수정실의 탄성력은 수정실이 비틀린 각도에 비례하므로, 이 탄성력과 A와 B 사이에 작용하는 전기력이 평형을 이루는 곳에서 A가 정지할 것이다. 따라서 수정실이 비틀린 각도를 측정하면 A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기를 측정할 수 있다.

point

- 두 금속구가 같은 종류의 전하를 띤면 척력이 작용하여 밀려나고, 다른 종류의 전하를 띤면 인력이 작용하여 당겨진다.
- 밀리거나 당겨진 각도를 측정하여 전기력의 크기를 측정하면 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

(3) 원자에 속박된 전자

- ① 원자핵과 전자 사이에 작용하는 전기력: 원자의 중심에는 양(+)-전하를 띤 무거운 원자핵이 있고, 그 주위를 음(-)전하를 띤 전자가 돌고 있다. 원자핵은 양(+)-전하를 띤고, 전자는 음(-)전하를 띤고 있으므로 원자핵과 전자 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용하여 전자가 원자핵 주위를 벗어나지 않고 돌 수 있다.



개념 체크

- 전기력의 종류: 다른 종류를 띤 전하들 사이에는 인력이, 같은 종류를 띤 전하들 사이에는 척력이 작용한다.
- 전기력의 크기(쿨롱 법칙): 두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 점전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 점전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.
- 원자의 안정성: 원자핵과 전자 사이에 전기력이 작용하기 때문에 전자가 원자핵 주위를 벗어나지 않는다. 즉, 원자의 구조가 안정되게 유지되고 있다.

1. 전하 사이에 작용하는 힘을 ()이라 하고, 같은 종류를 띤 전하 사이에는 ()이 작용하고, 다른 종류를 띤 전하 사이에는 ()이 작용한다.
2. 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 ()의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 ()에 반비례한다.
3. 두 점전하 A, B 사이에 작용하는 전기력의 크기가 F 일 때, A, B 사이의 거리만을 2배로 하면 전기력의 크기는 ()가 된다.

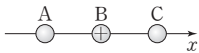
정답

1. 전기력, 척력(서로 미는 힘), 인력(서로 당기는 힘)
2. 전하량의 크기, 제곱
3. $\frac{1}{4}F$

개념 체크

● **마찰 전기**: 서로 다른 두 물체를 마찰시킬 때 발생하는 전기로, 물체를 마찰시키면 전자의 이동에 의해 전자를 잃은 물체는 양(+) 전하로 대전되고, 전자를 얻은 물체는 음(-)전하로 대전된다.

- ()는 모든 전기 현상의 근원으로 양(+)전하와 음(-)전하가 있다.
- 어떤 물체가 전자의 이동으로 전기를 띠게 되는 현상을 ()이라고 한다.
- 그림과 같이 점전하 A, B, C가 x축상에 고정되어 있다. A에 작용하는 전기력은 0이고, B는 양(+)전하일 때, C는 ()전하이므로 전하량의 크기는 B가 C보다 ()이다.



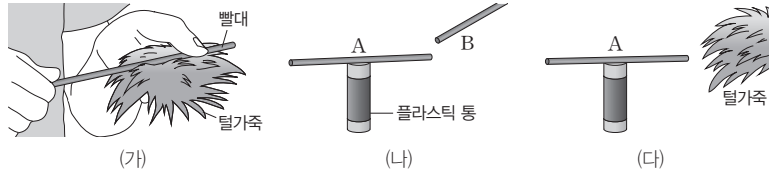
정답

- 전하
- 대전
- 음(-), 작다

탐구자료 살펴보기 전기력의 종류

과정

- 그림 (가)와 같이 털가죽으로 두 빨대 A, B를 각각 여러 번 문지른다.
- 그림 (나)와 같이 A를 플라스틱 통 위에 놓고, B를 A의 한쪽 끝에 가까이 가져가면서 A의 움직임을 관찰한다.
- 그림 (다)와 같이 과정 (2)에서 B 대신 빨대를 문지른 털가죽을 A의 한쪽 끝에 가까이 가져가면서 A의 움직임을 관찰한다.



결과

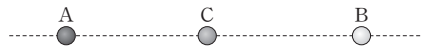
- 과정 (2)에서 A는 B로부터 멀어지는 방향으로 회전한다.
- 과정 (3)에서 A는 털가죽에 가까워지는 방향으로 회전한다.

point

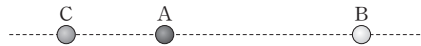
- 털가죽으로 A, B를 각각 여러 번 문지르면 A, B는 같은 종류의 전하로 대전되고, 털가죽은 A, B와 다른 종류의 전하로 대전된다.
- 같은 종류의 전하로 대전된 물체들 사이에는 서로 밀어내는 전기력(척력)이 작용한다.
- 다른 종류의 전하로 대전된 물체들 사이에는 서로 당기는 전기력(인력)이 작용한다.

과학 돋보기 두 점전하로부터 받는 전기력이 0인 지점 찾기

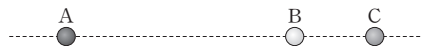
- 두 점전하 A, B 사이에 있는 점전하 C에 작용하는 전기력이 0인 경우
 - A와 B의 전하의 종류는 같다.
 - A와 B의 전하량의 크기가 같으면 C가 받는 전기력이 0인 지점은 A와 B의 중간 지점에 있다.
 - 전하량의 크기가 A가 B보다 크면 C가 받는 전기력이 0인 지점은 A와 B의 중간 지점과 B 사이에 있다.
 - 전하량의 크기가 A가 B보다 작으면 C가 받는 전기력이 0인 지점은 A와 B의 중간 지점과 A 사이에 있다.



- 점전하 A의 왼쪽에 있는 점전하 C에 작용하는 전기력이 0인 경우: C로부터 멀리 떨어져 있는 B의 전하량의 크기가 C로부터 가까이 있는 A의 전하량의 크기보다 크고, A와 B의 전하의 종류는 다르다.



- 점전하 B의 오른쪽에 있는 점전하 C에 작용하는 전기력이 0인 경우: C로부터 멀리 떨어져 있는 A의 전하량의 크기가 C로부터 가까이 있는 B의 전하량의 크기보다 크고, A와 B의 전하의 종류는 다르다.



point

- ①에서 점전하 C가 받는 전기력이 0인 경우, A와 B의 전하의 종류는 서로 같고, 전하량의 크기가 작은 점전하와 가까운 지점에 C가 위치한다.
- ②와 ③에서 점전하 C가 받는 전기력이 0인 경우, A와 B의 전하의 종류는 서로 다르고, 전하량의 크기가 작은 점전하와 가까운 지점에 C가 위치한다.

2 원자와 스펙트럼

(1) **스펙트럼**: 빛이 파장에 따라 분리되어 나타나는 색의 띠이다.

(2) 스펙트럼의 종류

① **연속 스펙트럼**: 색의 띠가 모든 파장에서 연속적으로 나타나는 스펙트럼이다.

예 햇빛, 백열등과 같은 높은 온도의 물체에서 나오는 빛의 스펙트럼

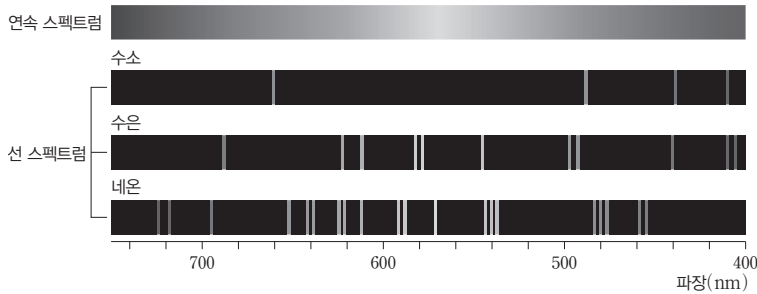
② **선 스펙트럼**: 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 특정한 위치에 파장이 다른 밝은 선이 띄엄띄엄 나타나는 스펙트럼이다.

예 수소, 네온 등과 같은 기체가 채워진 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼

- 원소의 종류에 따라 밝은 선의 위치, 밝은 선의 개수가 다르다.
- 선 스펙트럼을 분석하여 원소의 종류를 알 수 있다.

③ **흡수 스펙트럼**: 연속 스펙트럼을 나타내는 빛을 온도가 낮은 기체에 통과시켰을 때 기체가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 연속 스펙트럼에 검은 선이 나타나는 스펙트럼이다.

- 별빛의 흡수 스펙트럼을 조사하면 별 표면에 있는 기체의 종류를 알 수 있다.
- 태양광의 흡수 스펙트럼에 수소의 흡수 스펙트럼이 포함된 것으로 보아, 태양 주변에는 수소 기체가 있음을 알 수 있다.



(3) **에너지 준위와 선 스펙트럼의 관계**: 수소 원자의 전자는 양자수 n 으로 구분되는 다양한 궤도 사이에서 빛에너지를 흡수하면 더 높은 궤도로 전이하고, 더 낮은 궤도로 전이할 때에는 빛에너지를 방출한다. 이때 방출하는 빛의 파장은 선 스펙트럼의 분석을 통해 알 수 있다.

탐구자료 살펴보기 여러 가지 스펙트럼 관찰

과정

- (1) 백열등에서 나오는 빛을 간이 분광기로 관찰한다.
- (2) 수소 기체 방전관에서 나오는 빛을 간이 분광기로 관찰한다.
- (3) 저온의 수소 기체를 통과한 백열등에서 나오는 빛을 간이 분광기로 관찰한다.

결과

	(1)	(2)	(3)
	연속 스펙트럼	선 스펙트럼	흡수 스펙트럼

point

- 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼은 빛의 색이 연속적으로 나타난다.
- 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 특정한 위치에 파장이 다른 밝은 선이 띄엄띄엄 나타난다.
- 저온의 수소 기체를 통과한 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼은 기체가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 연속 스펙트럼에 검은 선이 나타난다.

개념 체크

① **연속 스펙트럼**: 햇빛, 백열등과 같은 높은 온도의 물체에서 나오는 빛을 분광기로 관찰할 때 색의 띠가 모든 파장에서 연속적으로 나타나는 스펙트럼이다.

② **선 스펙트럼**: 수소, 네온 등과 같은 기체가 채워진 방전관에서 나오는 빛을 분광기로 관찰할 때 특정한 위치에 밝은색의 선이 띄엄띄엄 나타나는 스펙트럼이다.

1. 백열등의 빛을 분광기로 관찰하면 다양한 색깔의 빛이 연속적으로 나타나는 데, 이것을 ()이라고 한다.

2. 연속 스펙트럼을 나타내는 빛을 온도가 낮은 기체에 통과시켰을 때 기체가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 연속 스펙트럼에 검은 선이 나타나는 스펙트럼을 ()이라고 한다.

3. (㉠) 에너지 준위에 있던 전자가 에너지를 흡수하면 (㉡) 에너지 준위로 전이하고, (㉢) 에너지 준위에 있던 전자는 에너지를 (㉣)하면서 (㉤) 에너지 준위로 전이한다.

정답

1. 연속 스펙트럼
2. 흡수 스펙트럼
3. ㉠ 낮은, ㉡ 높은, ㉢ 방출

개념 체크

- **에너지 준위:** 원자 내 전자가 가지는 에너지 값 또는 에너지 상태를 말한다. 양자수 n 의 값에 따라 불연속적인 값을 가지며, 양자수 n 이 커질수록 에너지 준위도 높아진다.
- **광자의 에너지:** 진동수가 f , 파장이 λ 인 광자 1개의 에너지 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이다.
- **스펙트럼의 파장:** 전자가 양자수 m, n 인 에너지 준위 사이를 전이할 때 방출 또는 흡수하는 빛의 파장 $\lambda = \frac{hc}{|E_m - E_n|}$ 이다.

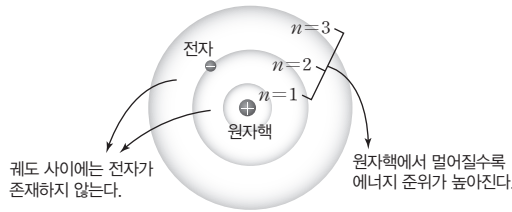
1. 원자 내 전자가 가지는 에너지 값 또는 에너지 상태를 () 라 하고, 양자수 n 에 따라 ()인 값을 갖는다.
2. 전자가 에너지 준위 사이를 이동하는 것을 () 라 하고, 이때 방출 또는 흡수하는 빛의 에너지가 클수록 진동수가 () .
3. 원자가 가장 낮은 에너지를 갖는 상태를 (①) 상태라 하고, (①) 상태보다 큰 에너지를 갖는 상태를 (②) 상태라고 한다.
4. 원자에서 방출되는 전자기파의 스펙트럼은 선이 띄엄띄엄 나타나는 () 이고, 이것은 원자의 에너지 준위가 ()되어 있음을 의미한다.
5. 진동수가 f 인 광자 1개의 에너지는 ()이다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)

정답

1. 에너지 준위, 불연속적
2. 전이, 크다
3. ① 바닥, ② 들뜬
4. 선 스펙트럼, 양자화
5. hf

(4) 원자의 에너지 준위

- ① 보어의 원자 모형: 원자의 중심에 있는 원자핵 주위를 전자가 돌고 있으며, 전자는 특정 궤도에서 원운동을 한다.
 - ➔ 전자가 전자기파를 방출하지 않고 안정하게 존재한다.
- ② 궤도와 양자수: 원자핵에서 가장 가까운 궤도부터 $n=1, n=2, n=3, \dots$ 인 궤도라고 부르며, $n=1, 2, 3, \dots$ 을 양자수라고 한다.
- ③ 에너지의 양자화: 전자는 양자수와 관련된 특정한 에너지 값만을 가질 수 있다.
- ④ 에너지 준위: 원자 내 전자가 가지는 에너지 값 또는 에너지 상태를 말한다. 양자수 n 의 값에 따라 불연속적인 값을 가지며, 양자수 n 이 커질수록 에너지 준위도 높아진다.



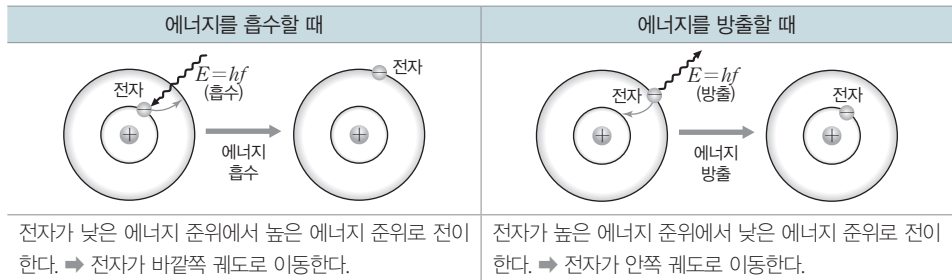
수소 원자에서 전자의 에너지 상태

- $n=1$ 일 때: 바닥상태
- ➔ 가장 낮은 에너지 상태
- $n \geq 2$ 일 때: 들뜬상태
- ➔ 바닥상태에서 에너지를 흡수한 상태

수소 원자 내의 궤도와 에너지의 양자화

(5) 전자의 전이: 전자가 에너지 준위 사이를 이동하는 것을 말한다.

- ① 전자의 이동: 전자는 두 에너지 준위의 차에 해당하는 에너지를 흡수하거나 방출하여 에너지 준위 사이를 이동한다.
 - ➔ 방출하는 빛의 에너지가 클수록 진동수가 크고, 파장은 짧다.



- ② 원자의 선 스펙트럼: 원자의 에너지 준위가 불연속적이므로 원자에서 방출되는 전자기파의 스펙트럼은 선이 띄엄띄엄 나타나는 선 스펙트럼이다.
 - ➔ 원자의 선 스펙트럼은 원자의 에너지 준위가 양자화되어 있음을 의미한다.
 - 광자의 에너지: 진동수가 f 인 광자 1개의 에너지 E 는 다음과 같다.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (h: \text{플랑크 상수}, c: \text{진공에서 빛의 속도})$$

- 스펙트럼의 파장: 양자수 m, n 인 에너지 준위에 있는 전자의 에너지가 각각 E_m, E_n 이라고 하면, 전자가 양자수 m, n 인 에너지 준위 사이를 전이할 때 방출 또는 흡수하는 빛의 파장 λ 는 다음과 같다.

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = |E_m - E_n| \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{|E_m - E_n|}$$

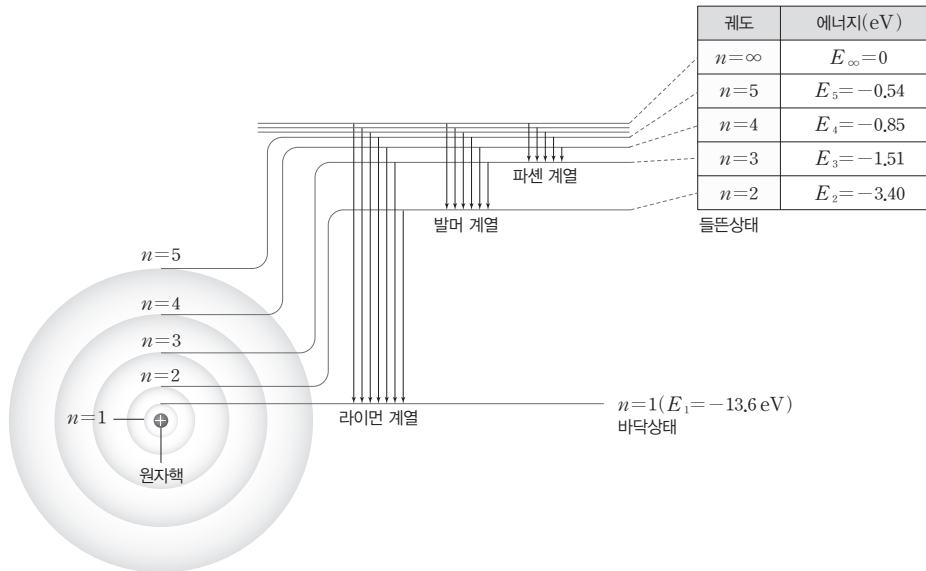
- 원자의 종류에 따라 에너지 준위의 분포가 다르므로 선 스펙트럼을 분석하여 빛을 방출하는 원자의 종류를 알 수 있다.

(6) 수소의 선 스펙트럼

① 수소 원자의 에너지 준위: 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이며, 다음과 같다.

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV} \quad (\text{단, } n=1, 2, 3, \dots)$$

② 수소의 선 스펙트럼 계열: 전자가 들뜬상태에서 보다 안정한 상태로 전이할 때 선 스펙트럼이 나타나며, 라이먼 계열, 발머 계열, 파셴 계열 등으로 구분한다.

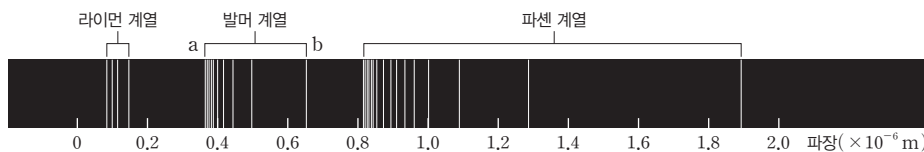


수소 원자에서 전자 궤도의 에너지 분포와 선 스펙트럼 계열

구분	라이먼 계열	발머 계열	파셴 계열
전자의 전이	전자가 $n \geq 2$ 인 궤도에서 $n=1$ 인 궤도로 전이할 때	전자가 $n \geq 3$ 인 궤도에서 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때	전자가 $n \geq 4$ 인 궤도에서 $n=3$ 인 궤도로 전이할 때
방출되는 빛	자외선 영역	가시광선을 포함하는 영역	적외선 영역

과학 돋보기 수소 원자에서 방출되는 빛의 선 스펙트럼 분석

수소 원자에서 방출되는 빛의 선 스펙트럼은 다음과 같다.



- 전자가 전이할 때 방출하는 광자 1개의 에너지가 클수록 빛의 파장은 짧아진다.
- 에너지 비교: 라이먼 계열 > 발머 계열 > 파셴 계열
- 진동수 비교: 라이먼 계열 > 발머 계열 > 파셴 계열
- 파장 비교: 라이먼 계열 < 발머 계열 < 파셴 계열
- 발머 계열에서 파장이 가장 짧은 a는 양자수 $n=\infty$ 에서 양자수 $n=2$ 인 궤도로 전이가 될 때 방출하는 빛이고, 파장이 가장 긴 b는 양자수 $n=3$ 에서 양자수 $n=2$ 인 궤도로 전이가 될 때 방출하는 빛이다.

개념 체크

- 수소의 선 스펙트럼: 전자가 들뜬상태에서 보다 안정한 상태로 전이할 때 선 스펙트럼이 나타나며, 라이먼 계열, 발머 계열, 파셴 계열 등으로 구분한다.
- 발머 계열: 전자가 $n \geq 3$ 인 궤도에서 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 스펙트럼으로, 가시광선을 포함하는 영역이다.

1. 수소 원자의 에너지 준위는 (연속적, 불연속적)이다.
2. () 계열은 전자가 $n \geq 3$ 인 궤도에서 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 스펙트럼으로, 사람의 눈으로 관측할 수 있는 ()을 포함하는 영역이다.
3. 라이먼 계열은 전자가 $n \geq ()$ 인 궤도에서 $n=()$ 인 궤도로, 파셴 계열은 전자가 $n \geq ()$ 인 궤도에서 $n=()$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 스펙트럼으로, 라이먼 계열은 () 영역의 빛이고, 파셴 계열은 () 영역의 빛이다.

정답

1. 불연속적
2. 발머, 가시광선
3. 2, 1, 4, 3, 자외선, 적외선

개념 체크

- **고체의 에너지띠**: 고체에서 전자의 에너지 준위가 매우 가깝게 존재하여 연속적인 것으로 취급할 수 있는 에너지 준위의 영역으로, 고체 내의 전자들은 에너지띠가 있는 영역의 에너지만 가질 수 있다.
- **원자가 띠**: 원자의 가장 바깥쪽에 원자가 전자가 차지하는 에너지 띠이다.
- **전도띠**: 원자가 띠 위에 있는 에너지 띠이다.

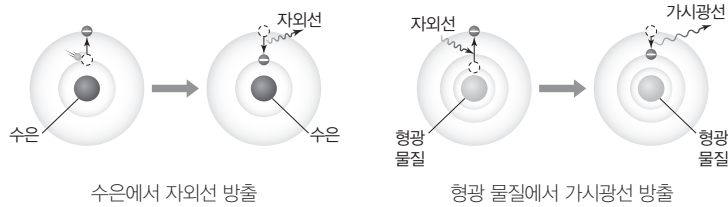
1. 전자의 에너지 준위가 매우 가깝게 존재하여 연속적인 것으로 취급할 수 있는 에너지 준위의 영역을 ()라고 한다.
2. 원자의 가장 바깥쪽에 원자가 전자가 차지하는 에너지 띠를 (㉠)라 하고, (㉡)의 전자가 에너지를 흡수하여 이동할 수 있는 허용된 띠를 (㉢)라고 한다.
3. 원자가 띠와 전도띠 사이에 전자가 존재할 수 없는 에너지 영역을 ()이라고 한다.

정답

1. 에너지띠
2. ㉠ 원자가 띠, ㉢ 전도띠
3. 띠 간격

과학 돋보기 형광등에서의 전자의 전이

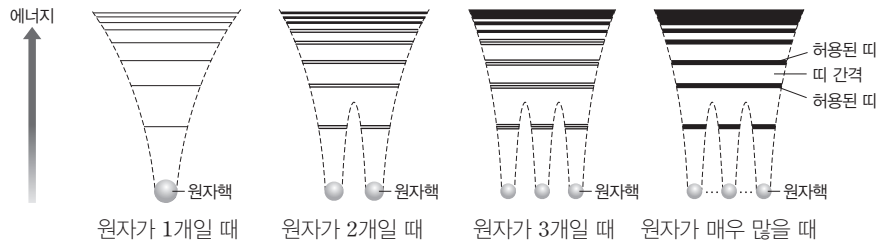
형광등은 진공 상태의 유리관에 아르곤과 수은 기체를 넣고 밀봉한 것으로, 유리관 안쪽 벽에는 형광 물질이 칠해져 있다. 양 끝 전극에 전압을 걸어 주면 열전자가 방출되고, 열전자가 수은 원자와 충돌하면 원자가 열전자의 에너지를 흡수하여 수은 원자의 전자가 들뜬상태로 전이하고, 전자는 자외선을 방출하면서 안정한 상태로 전이한다. 수은에서 방출된 자외선은 형광 물질에 에너지를 전달하여 전자가 들뜬상태로 전이하고, 전자는 낮은 에너지 준위로 전이하면서 가시광선을 방출한다.



3 에너지띠 이론과 물질의 전기 전도성

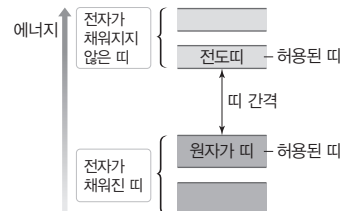
(1) 고체의 에너지띠

- ① 기체 원자의 에너지 준위: 원자들이 서로 멀리 떨어져 있어 한 원자가 다른 원자에 영향을 주지 않으므로 같은 종류의 기체 원자는 에너지 준위 분포가 같다.
- ② 고체 원자의 에너지 준위: 원자 사이의 거리가 매우 가까워 인접한 원자들의 전자 궤도가 겹치게 되어 에너지 준위가 겹치게 된다.
 - 에너지 준위의 변화: 파울리 배타 원리에 의하면 하나의 양자 상태에 동일한 전자 2개가 있을 수 없다. 따라서 전자의 에너지 준위는 미세한 차를 두면서 존재한다.
 - 에너지띠: 전자의 에너지 준위가 매우 가깝게 존재하여 연속적인 것으로 취급할 수 있는 에너지 준위의 영역으로, 고체 내의 전자들은 에너지띠가 있는 영역의 에너지만 가질 수 있다.



(2) 에너지띠의 구조

- ① 허용된 띠: 전자가 존재할 수 있는 영역으로, 온도가 0 K 인 상태에서 원자 내부의 전자들은 허용된 띠의 에너지가 낮은 부분부터 채워 나간다.
 - 원자가 띠: 원자의 가장 바깥쪽에 원자가 전자가 차지하는 에너지 띠로, 전자가 채워져 있고 원자가 띠에 있는 전자들은 모든 에너지 준위에 차 있어 자유롭게 움직이지 못한다.
 - 전도띠: 원자가 띠 위에 있는 에너지 띠로, 원자가 띠에 있는 전자는 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이할 수 있고, 작은 에너지만 주어도 자유롭게 움직일 수 있는 자유 전자가 된다.
- ② 띠 간격: 에너지띠 사이의 간격으로, 전자는 이 영역의 에너지 준위를 가질 수 없다.



(3) 고체의 전기 전도성

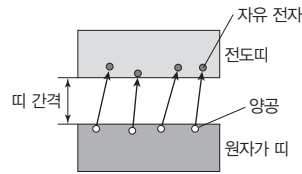
① 고체의 전기 전도성: 전자가 모두 채워져 있는 원자가 띠에 해당하는 에너지를 갖는 전자는 자유롭게 움직이지 못하지만, 비어 있는 전도띠로 전이된 전자는 전류를 흐르게 할 수 있다.

➔ 에너지띠 구조의 차이에 의해 전기 전도성이 달라진다.

② 자유 전자와 양공: 자유 전자와 양공에 의해서 전류가 흐른다.

- 자유 전자: 원자가 띠에 있던 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 얻으면 전자는 전도띠로 전이(이동)하여 자유롭게 움직이는 자유 전자가 된다.

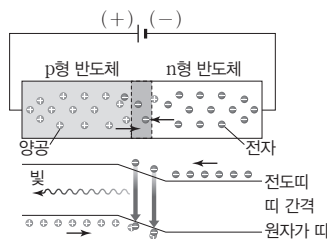
- 양공: 원자가 띠에 전자가 채워질 수 있는 빈자리로, 이웃한 전자가 채워지면서 움직일 수 있기 때문에 양(+)-전하를 띤 입자와 같은 역할을 한다.



③ 고체의 전기 전도성과 에너지띠 구조

구분	도체	절연체(부도체)	반도체
정의	전기가 잘 통하는 물질 (전기 전도성이 좋은 물질)	전기가 잘 통하지 않는 물질 (전기 전도성이 좋지 않은 물질)	전기 전도성이 도체와 절연체의 중간 정도인 물질
전기 저항	매우 작다.	매우 크다.	절연체보다 작다.
예	은, 구리, 알루미늄	나무, 고무, 유리	규소(Si), 저마늄(Ge)
에너지띠 구조	<p>에너지띠의 일부분만 전자로 채워져 있거나, 원자가 띠와 전도 띠가 일부 겹쳐 있어 상온에서도 비교적 많은 자유 전자들이 자유롭게 이동할 수 있다.</p>	<p>원자가 띠가 모두 전자로 채워져 있고, 원자가 띠와 전도 띠 사이의 띠 간격이 매우 넓다.</p>	<p>원자가 띠가 모두 전자로 채워져 있고, 원자가 띠와 전도 띠 사이의 띠 간격이 좁다.</p>
전자의 이동	<ul style="list-style-type: none"> • 약간의 에너지만 흡수해도 전자가 쉽게 전도띠로 전이하여 고체 안을 자유롭게 이동하므로 전류가 잘 흐른다. • 원자가 띠에 전자가 부분적으로 채워져 있어 전자가 자유롭게 움직일 수 있으므로 전류가 잘 흐른다. 	<p>전류가 흐르기 위해서는 원자가 띠의 에너지를 가진 전자가 띠 간격보다 큰 에너지를 얻어 전도띠로 전이해야 한다.</p> <p>띠 간격이 넓어 상온일 때 원자가 띠에서 전도띠로 전자의 전이가 일어나지 않는다.</p>	<p>띠 간격이 좁아 상온일 때 원자가 띠에서 전도띠로 전자가 전이될 가능성이 있다.</p>

• 전류가 흐르는 반도체 내부에서는 원자가 띠에 머물러 있던 전자가 전도띠로 전이되면 자유 전자가 되어 전류를 흐를 수 있게 해 주고, 원자가 띠에서 전자의 빈자리인 양공도 전류를 흐를 수 있게 해 준다. 따라서 그림과 같이 반도체의 경우 자유 전자와 양공 모두 전하를 운반할 수 있는 전하 운반자(전하 나르개)의 역할을 할 수 있다.



개념 체크

● **도체**: 에너지띠의 일부분만 전자로 채워져 있거나, 원자가 띠와 전도띠가 일부 겹쳐 있어 상온에서도 비교적 많은 자유 전자들이 자유롭게 이동할 수 있는 물질이다.

● **절연체**: 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 매우 넓고, 상온에서 전도띠에 전자가 분포하지 않는 물질이다.

● **반도체**: 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 절연체에 비해 좁아서 상온에서 전도띠에 전자가 약간 분포하는 물질이다.

1. 물질의 전기적인 성질을 나타내는 것으로, 전기가 통하는 정도를 ()이라고 한다.

2. 원자가 띠에 있던 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 얻어 ()로 전이된 전자를 ()라고 한다.

3. 원자가 띠의 일부분만 전자로 채워져 있거나, 원자가 띠와 전도띠가 일부 겹쳐 있어 상온에서도 비교적 많은 자유 전자들이 자유롭게 이동할 수 있는 물질을 ()라고 한다.

정답

1. 전기 전도성
2. 전도띠, 자유 전자
3. 도체

개념 체크

● 전기 전도도: 물질의 전기 전도성을 정량적으로 나타낸 물리량으로, 외부 전압에 의해 물체에서 전자가 자유롭게 이동할 수 있는 정도를 의미한다.

- 도체, 절연체, 반도체 중에서 원자가 떠나 전도띠 사이의 간격이 가장 큰 것은 ()이고, 전기 전도도가 가장 큰 것은 ()이다.
- 물체의 비저항이 ρ 일 때 물체의 전기 전도도는 ()이다.
- 도체는 온도가 높을수록 전기 전도도가 (), 반도체는 온도가 높을수록 전도띠로 전이한 전자의 수가 ()하므로 전기 전도도가 ()이다.

④ 전기 전도도(σ): 물질의 전기 전도성을 정량적으로 나타낸 물리량이며 물질의 고유한 성질로, 외부 전압에 의해 물체에서 전자가 자유롭게 이동할 수 있는 정도를 의미한다.

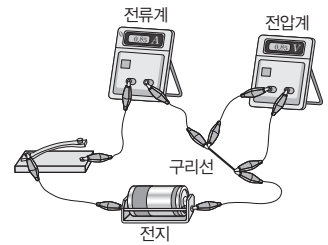
• 비저항(ρ): 일정한 온도에서 물체의 저항값 R 는 물체의 길이 l 에 비례하고, 단면적 A 에 반비례한다. 이때의 비례 상수 ρ 를 비저항이라고 한다. $\rightarrow R = \rho \frac{l}{A}$

• 전기 전도도(σ): 전기 전도도는 비저항의 역수와 같다. $\rightarrow \sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RA}$ [단위: $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$]

탐구자료 살펴보기 여러 가지 고체의 전기 전도도 측정

과정

- 그림과 같이 구리선의 양 끝에 전지, 전류계, 전압계를 연결한다.
- 구리선에 흐르는 전류와 구리선 양단의 전압을 측정하여 옴의 법칙 ($V = IR$)으로 저항값을 구한다.
- 구리선의 길이와 단면적을 측정하여 전기 전도도를 계산한다.
- 구리선 대신에 여러 가지 물질로 바꿔 가며 전기 전도도를 계산한다.



결과

물질	전기 전도도(단위: $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$)	물질	전기 전도도(단위: $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$)
은	6.30×10^7	저마늄(Ge)	2.17
구리	5.96×10^7	규소(Si)	1.56×10^{-3}
알루미늄	3.50×10^7	유리	$10^{-11} \sim 10^{-15}$
철	1.00×10^7	고무	10^{-14}

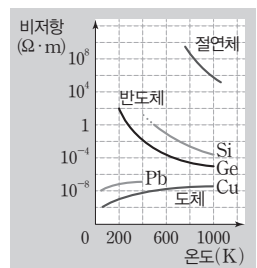
[출처: Serway R. A. Principle of physics, Saunders College]

point

- 은, 구리, 알루미늄, 철 등 금속 물질은 전기 전도도가 매우 커서 전류가 잘 흐른다.
- 유리, 고무 등은 전기 전도도가 매우 작아 전류가 흐르지 못한다.
- 저마늄, 규소는 전기 전도도가 은, 구리, 알루미늄, 철보다 작고, 유리, 고무보다 크다.
- 은, 구리, 알루미늄, 철과 같이 전기 전도성이 좋은 물질을 도체라 하고, 유리, 고무와 같이 전기 전도성이 좋지 않은 물질을 절연체(부도체)라고 한다. 그리고 저마늄이나 규소와 같이 전기 전도성이 도체와 절연체의 중간인 물질을 반도체라고 한다.

과학 돋보기 온도에 따른 고체의 전기 전도성

- 도체: 일반적으로 온도가 높아질수록 비저항이 증가한다. 즉, 온도가 높아질수록 전기 저항이 증가하므로 전기 전도도는 감소한다.
 - 원자의 운동이 활발해져 전자가 원자 사이를 통과하기 어려워지기 때문이다.
- 반도체: 일반적으로 온도가 높아질수록 비저항이 감소한다. 즉, 온도가 높아질수록 전기 저항이 감소하므로 전기 전도도는 증가한다.
 - 전도띠로 전이한 전자의 수가 증가하기 때문이다.



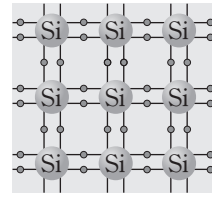
정답

1. 절연체, 도체
2. $\frac{1}{\rho}$
3. 작고, 증가, 크다

4 반도체

(1) **고유 반도체(순수 반도체)**: 불순물 없이 완벽한 결정 구조를 갖는 반도체로, 낮은 온도에서 양공이나 자유 전자의 수가 매우 적다.

- ① 도체와 절연체의 중간 정도의 전기 전도성을 가지고 있는 물질로, 원자가 전자가 4개인 규소(Si), 저마늄(Ge)과 같은 반도체이다.
- ② 순수한 규소(Si) 반도체는 고체 내에서 주위의 규소 원자 4개와 공유 결합을 한다.



규소(Si)의 원자 구조

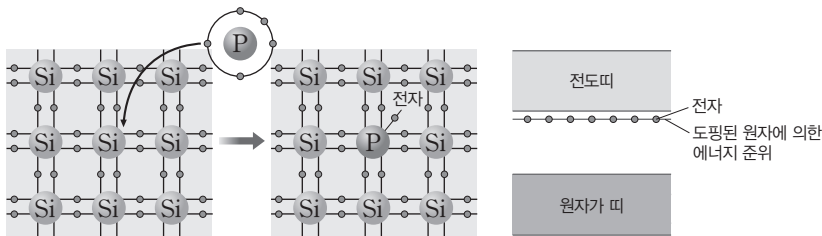
(2) **불순물 반도체**: 불순물의 종류에 따라 p형 반도체와 n형 반도체로 나뉜다.

• 도핑: 순수 반도체에 불순물을 첨가하여 반도체의 성질을 바꾸는 기술이다.

- ① **n형 반도체**: 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 5개인 인(P), 비소(As), 안티모니(Sb) 등을 첨가하면 5개의 원자가 전자 중 4개는 규소와 결합하고, 남은 전자 1개가 원자에 약하게 속박되어 자유롭게 이동할 수 있다.

➔ 전자가 주된 전하 운반자의 역할을 한다.

• 규소(Si)에 불순물로 인(P)을 첨가하면 전도띠 바로 아래에 도핑된 원자에 의한 새로운 에너지 준위가 만들어져 전자가 작은 에너지로도 전도띠로 쉽게 전이(이동)하여 전류가 흐를 수 있다.

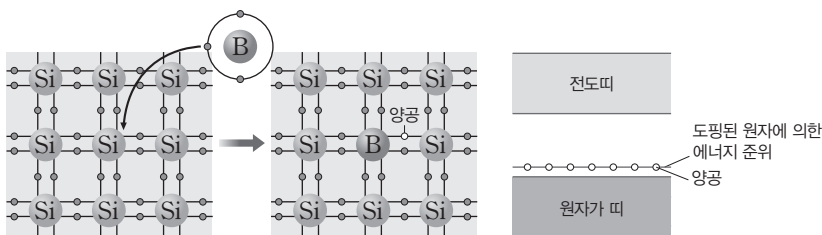


n형 반도체의 원자 구조와 에너지띠

- ② **p형 반도체**: 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 3개인 붕소(B), 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 인듐(In) 등을 첨가하면 규소(Si) 원자에 비해 전자 1개가 부족하여 전자가 비어 있는 자리인 양공이 생긴다. 주변의 전자가 양공을 채우면 전자가 빠져 나간 자리에 새로운 양공이 생긴다.

➔ 양공이 주된 전하 운반자의 역할을 한다.

• 규소(Si)에 불순물로 붕소(B)를 첨가하면 원자가 띠 바로 위에 도핑된 원자에 의한 새로운 에너지 준위가 만들어져 원자가 띠의 전자가 작은 에너지로도 양공의 에너지 준위로 쉽게 전이(이동)하여 전류가 흐를 수 있다.



p형 반도체의 원자 구조와 에너지띠

개념 체크

● **고유 반도체(순수 반도체)**: 도체와 절연체의 중간 정도의 전기 전도성을 가지고 있는 물질로, 원자가 전자가 4개인 규소(Si), 저마늄(Ge)과 같은 반도체이다.

● **n형 반도체와 p형 반도체**: 원자가 전자가 4개인 순수한 규소(Si)나 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 5개인 원소를 도핑하여 주된 전하 운반자가 전자인 반도체를 n형 반도체라 하고, 원자가 전자가 3개인 원소를 도핑하여 주된 전하 운반자가 양공인 반도체를 p형 반도체라고 한다.

1. 반도체에서 전류가 흐를 때 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 전도띠에 있는 전자의 에너지보다 () .

2. 고유 반도체를 도핑하여 남은 전자나 전자의 빈 자리를 만들면 전기 전도도가 () .

3. 원자가 전자가 () 개인 규소(Si)에 원자가 전자가 3개인 갈륨(Ga)을 첨가하면 규소 원자 사이의 결합에 빈 공간인 ()이 생기고, 주로 ()이 주된 전하 운반자의 역할을 하는 반도체를 () 반도체라고 한다.

정답

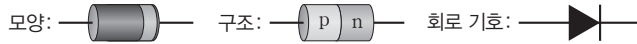
1. 작다
2. 커진다
3. ③ 4. ㉠ 양공, ㉡ p형

개념 체크

- **p-n 접합 다이오드:** p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 양 끝에 전극을 붙인 것으로, 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 특성이 있다.
- **정류 작용:** 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 다이오드의 기능을 말한다.

1. p형 반도체에 전원의 (+)극을 연결하고, n형 반도체에 전원의 (-)극을 연결하면 다이오드에 () 전압이 걸리고, 전자와 양공은 () 쪽으로 이동한다.
2. 다이오드에 () 전압이 걸리면 전자와 양공이 p-n 접합면에서 멀어져 전류가 흐르지 않는다.
3. 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 다이오드의 기능을 ()이라고 한다.

(3) **p-n 접합 다이오드:** p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 양 끝에 전극을 붙인 것으로, 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 특성이 있다.

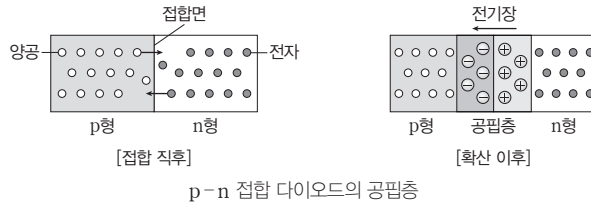


① 순방향 전압과 역방향 전압

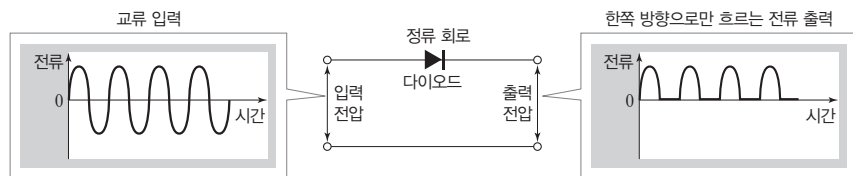
구분	순방향 전압	역방향 전압
전원의 연결	p형 반도체에 전원의 (+)극을, n형 반도체에 전원의 (-)극을 연결한다.	p형 반도체에 전원의 (-)극을, n형 반도체에 전원의 (+)극을 연결한다.
원리	<p>양공과 전자가 접합면을 통과한다.</p>	<p>양공이 (-)극, 전자가 (+)극 쪽으로 모인다. 접합면을 통과할 수 없다.</p>
	p형 반도체의 양공은 n형 반도체 쪽으로 이동하고, n형 반도체의 전자는 p형 반도체 쪽으로 이동한다. 양공과 전자가 서로 반대 방향으로 이동하므로, 전원에 의해 다이오드의 양 끝에서 양공과 전자가 계속 공급되어 전류가 지속적으로 흐른다.	p형 반도체에서는 전자가 공급되어 양공이 거의 사라지고 전원의 (-)극 쪽으로 양공이 몰리며, n형 반도체에서는 전자가 전원의 (+)극 쪽으로 몰린다. 따라서 접합면에 남은 양공이나 전자가 없어 p-n 접합면 쪽으로 전자가 이동할 수 없으므로 전류가 흐르지 않는다.

과학 돋보기 **공핍층**

p-n 접합 다이오드의 접합면에서는 전압을 걸지 않아도 p형 반도체의 양공은 n형 반도체 쪽으로, n형 반도체의 전자는 p형 반도체 쪽으로 확산된다. 따라서 접합면 부분에서 p형 반도체 쪽에는 음(-)전하 층이 형성되고, n형 반도체 쪽에는 양(+)전하 층이 형성되어 n형 반도체에서 p형 반도체 방향으로 양(+)전하가 받는 전기력이 작용하여 더 이상 전자나 양공이 이동할 수 없게 된다. 이 영역을 공핍층이라고 한다.



② 정류 작용: 다이오드는 순방향 전압이 걸리면 전류가 흐르고, 역방향 전압이 걸리면 전류가 흐르지 않는다. 즉, 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 특성이 있는데, 이를 정류 작용이라고 한다.



p-n 접합 다이오드의 정류 작용

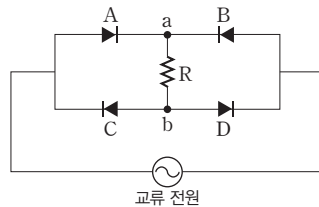
정답

1. 순방향, p-n 접합면
2. 역방향
3. 정류 작용

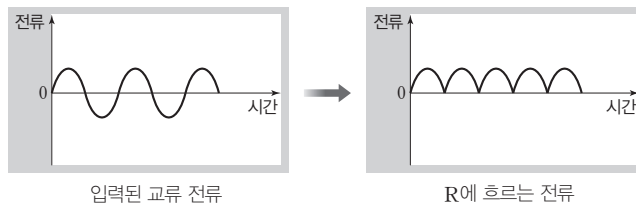
- ③ 가정에서 사용하는 전기 제품 중에서 직류로 작동하는 전기 제품 내부에는 다이오드로 구성된 정류 회로가 들어 있어 가정에 들어오는 교류를 전기 제품에 맞는 직류로 바꾸어 준다.

과학 돋보기 다이오드를 이용한 정류 회로

그림과 같이 교류 전원에 p-n 접합 다이오드 A, B, C, D와 저항 R를 연결하였다.



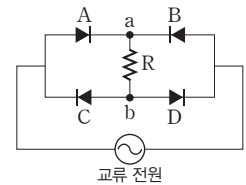
- 교류 전원의 왼쪽이 (+)극, 오른쪽이 (-)극인 경우: A와 D에는 순방향 전압이 걸리고, B와 C에는 역방향 전압이 걸리므로 A와 D에는 전류가 흐르고, B와 C에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 a → R → b 방향으로 전류가 흐른다.
- 교류 전원의 왼쪽이 (-)극, 오른쪽이 (+)극인 경우: B와 C에는 순방향 전압이 걸리고, A와 D에는 역방향 전압이 걸리므로 B와 C에는 전류가 흐르고, A와 D에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 a → R → b 방향으로 전류가 흐른다.
- 다이오드의 정류 작용: 교류 전원의 전압은 주기적으로 바뀌나, R에는 a → R → b 방향으로만 전류가 흐른다.



개념 체크

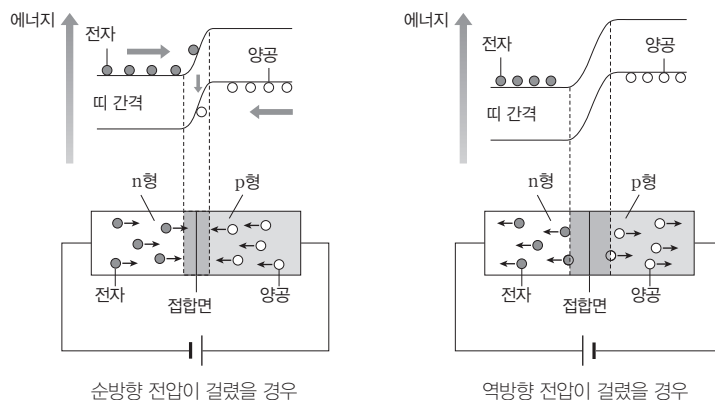
- 정류 회로: 정류 회로는 방향이 주기적으로 바뀌는 교류를 한쪽 방향으로만 흐르게 한다.
- 다이오드의 특성: 다이오드는 전원의 연결 방향에 따라 전류가 흐르거나 흐르지 않으므로 전류를 한쪽 방향으로 흐르게 하는 데 이용될 수 있다.

1. 가정에서 사용하는 전기 제품의 교류를 직류로 바꾸어 주는 어댑터에는 다이오드를 이용한 () 회로가 들어 있다.
2. 그림에서 저항 R에 전류가 흐를 때, R에 흐르는 전류의 방향은 () → R → ()이다.



과학 돋보기 순방향 전압과 역방향 전압

- 순방향 전압: p형 반도체, n형 반도체를 각각 전원의 (+)극, (-)극에 연결한 상태를 말한다. 다이오드가 순방향으로 연결되면 p-n 접합면에 양공과 전자가 공존하는 영역이 생긴다. 따라서 전도띠의 전자가 아래쪽 양공을 채우게 되므로 다이오드의 양 끝에서 양공과 전자를 계속 공급할 수 있게 되어 전류가 지속적으로 흐른다.
- 역방향 전압: p형 반도체, n형 반도체를 각각 전원의 (-)극, (+)극에 연결한 상태를 말한다. 다이오드가 역방향으로 연결되면 양공과 전자가 접합면에서 멀어지게 된다. 따라서 접합면에서 양공과 전자의 전이가 일어날 수 없게 되어 전류가 흐르지 않는다.



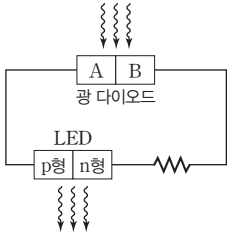
정답

1. 정류
2. a, b

개념 체크

- **발광 다이오드(LED)**: 순방향 전압에 의해 전류가 흐를 때 n형 반도체에서 p형 반도체에 도달한 전자들이 에너지 준위가 낮은 양공의 자리로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출하는 다이오드이다.
- **광 다이오드**: 빛을 전기 신호로 변환하는 반도체 소자이다.

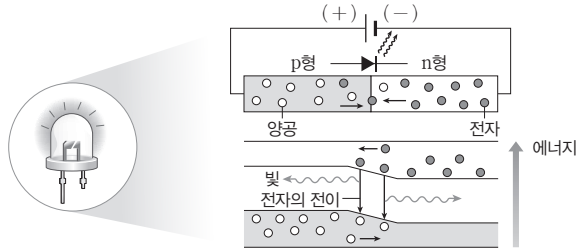
1. 발광 다이오드(LED)에서 방출되는 빛의 파장은 재료의 (㉠)에 따라 결정되는데, (㉠)이 클수록 방출되는 빛의 파장은 (㉡)이다.
2. 그림과 같이 광 다이오드와 발광 다이오드(LED)를 연결하고 광 다이오드에 빛을 비추었더니 LED에서 빛이 방출되었다. 이때 A는 () 반도체, B는 () 반도체이다.



(4) 다이오드의 이용

① 발광 다이오드(LED): 전류가 흐를 때 빛을 내는 다이오드이다.

- 원리: 순방향 전압에 의해 전류가 흐를 때 n형 반도체에서 p형 반도체에 도달한 전자들이 에너지 준위가 낮은 양공의 자리로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출한다.



- 특징: LED의 띠 간격에 따라 방출되는 빛의 색이 다르다. → 띠 간격이 큰 LED일수록 파장이 짧은 빛을 방출한다.
- 이용: 소모 전력이 작고, 수명이 길며, 소형으로 제작할 수 있어 영상 표시 장치, 리모컨, 조명 장치 등으로 활용된다.

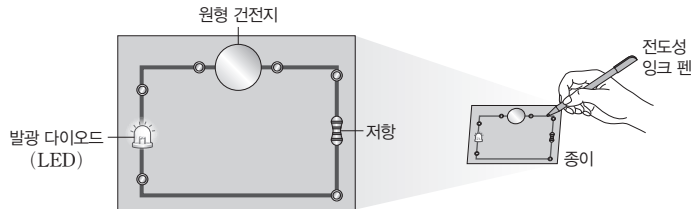
② 광 다이오드: 빛을 전기 신호로 변환하는 반도체 소자이다.

- 원리: 다이오드에 빛을 비추면 접합면 부근에서 빛이 흡수되면서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하며 양공과 전자가 생긴다. 이들이 접합면 부근의 전기장에 의해 전기력을 받아 각각 분리되면서 전류가 발생한다.
- 이용: 광센서, 화재 감지기, 조도계, 광통신 등

탐구자료 살펴보기 전도성 잉크로 발광 다이오드(LED)의 특성 알아보기

과정

- (1) 종이 위에 전도성 잉크 펜으로 회로를 그리고, 잉크가 굳은 후 저항과 발광 다이오드(LED)를 연결한다.
- (2) 원형 건전지를 회로에 연결하고 LED에 불이 켜지는지 확인한다.
- (3) 과정 (2)에서 원형 건전지를 반대로 연결하고 LED에 불이 켜지는지 확인한다.



결과

- 과정 (2)와 (3) 중에서 한 과정에서만 LED에 불이 켜진다.

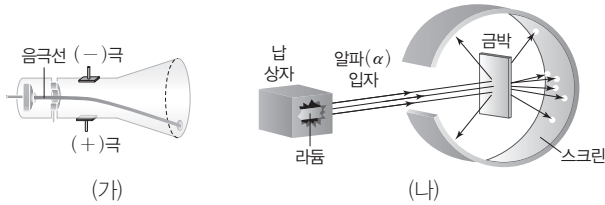
point

- 굳은 전도성 잉크는 전류가 잘 흐른다.
- 발광 다이오드(LED)에 순방향 전압이 걸리면 불이 켜지고, 역방향 전압이 걸리면 불이 켜지지 않는다.

정답

1. ㉠ 띠 간격, ㉡ 짧다
2. p형, n형

01 [22023-0127] 그림 (가)는 음극선에 작용하는 전기력에 의해 음극선이 휘어지는 실험을, (나)는 알파(α) 입자를 얇은 금박에 쏘았더니 대부분의 알파(α) 입자가 직진하고 소수의 알파(α) 입자가 산란되는 알파(α) 입자 산란 실험을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 음극선에 작용하는 전기력의 방향은 (-)극에서 (+)극을 향하는 방향이다.
 - ㄴ. (가)에서 음극선은 전자의 흐름이다.
 - ㄷ. (나)를 통해 원자핵의 존재를 알게 되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0128] 그림은 학생 A, B, C가 거리 d 만큼 떨어져 고정되어 있는 점전하 P, Q에 작용하는 전기력에 대해 대화하고 있는 모습을 나타낸 것이다.

P, Q 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례해.

같은 종류의 전하 사이에는 서로 미는 방향으로 전기력이 작용해.

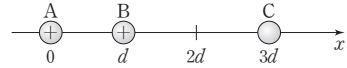
거리만 $2d$ 로 했을 때, P와 Q 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $\frac{F_0}{2}$ 이야.

학생 A 학생 B 학생 C

옳은 내용을 제시한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

03 [22023-0129] 그림은 점전하 A, B, C가 x 축상에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. B에 작용하는 전기력은 0이고, A와 B는 양(+)-전하이다.

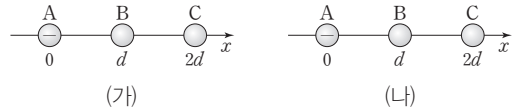


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. C는 양(+)-전하이다.
 - ㄴ. 전하량의 크기는 C가 A의 2배이다.
 - ㄷ. B를 옮겨 $x=2d$ 에 고정시켰을 때, B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22023-0130] 그림 (가)는 대전된 동일한 도체구 A, B, C가 x 축상에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것으로, 음(-)-전하로 대전된 A에 작용하는 전기력은 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 B와 C를 접촉시켰다가 다시 원래 위치에 고정시킨 모습을 나타낸 것이다.



(가)에서 B가 A에 작용하는 전기력의 크기는 F 이고 방향은 $-x$ 방향일 때, (나)에서 A에 작용하는 전기력의 크기와 방향으로 옳은 것은? (단, A, B, C의 크기는 무시한다.)

- | 크기 | 방향 | 크기 | 방향 |
|-------------------|------|-------------------|------|
| ① $\frac{15}{8}F$ | $+x$ | ② $\frac{15}{8}F$ | $-x$ |
| ③ $\frac{9}{4}F$ | $+x$ | ④ $\frac{9}{4}F$ | $-x$ |
| ⑤ $\frac{5}{2}F$ | $+x$ | | |

05 [22023-0131] 다음은 전기력에 대한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 저울 위에 놓여 있는 절연체에 양(+)전하로 대전된 도체구 P를 고정하고 저울의 눈금값을 측정한다.

(나) 대전된 도체구 A를 P로부터 연직 위 10 cm 지점에 고정시키고 저울의 측정값을 기록한다.

(다) (나)에서 A를 P로부터 연직 위 20 cm 지점에 고정시키고 저울의 측정값을 기록한다.

(라) A를 대전된 도체구 B로 교체하고 (나)를 반복한다.

[실험 결과]

과정	(가)	(나)	(다)	(라)
눈금값(N)	1.00	1.02	㉠	0.98

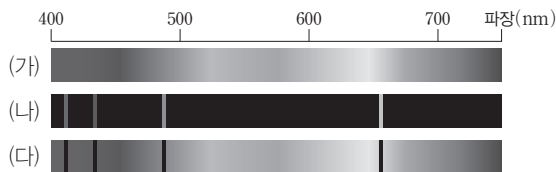
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 전기력은 A, B와 P 사이에만 작용한다.)

보기

ㄱ. A는 음(-)전하로 대전되어 있다.
 ㄴ. ㉠은 1.02보다 작다.
 ㄷ. (라)에서 B와 P 사이에는 서로 미는 방향으로 전기력이 작용한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22023-0132] 그림 (가), (나), (다)는 백열등에서 방출되는 빛, 저온의 수소 기체관을 통과한 백열등 빛, 수소 기체 방전관에서 방출되는 빛의 스펙트럼을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 백열등에서 방출되는 빛의 스펙트럼이다.
 ㄴ. (나)는 흡수 스펙트럼이다.
 ㄷ. 수소 원자에서 방출되는 빛의 파장은 연속적이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

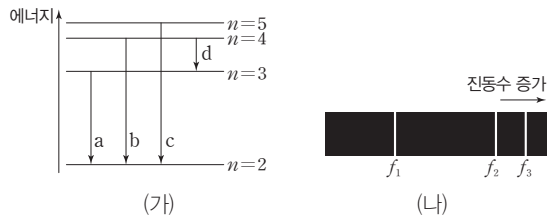
07 [22023-0133] 다음은 보어의 수소 원자 모형에서 원자의 에너지 준위에 대한 설명이다.

보어의 수소 원자 모형에 따르면 원자 속의 전자는 특정한 궤도에 있을 때 안정한 상태로 존재하고, 이러한 전자의 궤도는 양자수 n 으로 나타낸다. 원자 내 전자가 가지는 에너지 값 또는 에너지 상태를 ㉠라 하고, 양자수 n 의 값에 따라서 ㉡ 값을 가지며, ㉢은 $n=1$ 일 때와 $n=2$ 일 때보다 ㉣.

㉠, ㉡, ㉣에 들어갈 내용으로 옳은 것은?

- | | ㉠ | ㉡ | ㉣ |
|----------|-------|----|---|
| ① 에너지 준위 | 불연속적인 | 낮다 | |
| ② 에너지 준위 | 연속적인 | 낮다 | |
| ③ 에너지 준위 | 불연속적인 | 높다 | |
| ④ 에너지띠 | 연속적인 | 높다 | |
| ⑤ 에너지띠 | 불연속적인 | 높다 | |

08 [22023-0134] 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 a~d를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 a~d에서 방출되는 빛 중 가시광선 영역의 선 스펙트럼을 진동수에 따라 나타낸 것이다.



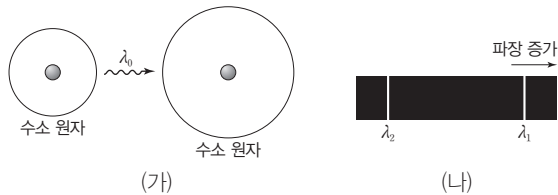
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서가 c에서보다 작다.
 ㄴ. c에서 방출되는 빛의 진동수는 f_3 이다.
 ㄷ. d에서 방출되는 빛의 진동수는 $f_2 - f_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22023-0135] 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 바닥상태의 수소 원자가 파장이 λ_0 인 빛을 흡수하여 전자가 양자수 $n=3$ 인 궤도로 전이한 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 $n=3$ 인 궤도의 전자가 $n=2$ 인 궤도로 전이한 후, $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 각각 방출되는 빛의 스펙트럼을 파장에 따라 나타낸 것으로, 파장이 λ_1 인 빛이 방출된 후, 파장이 λ_2 인 빛이 방출된다.



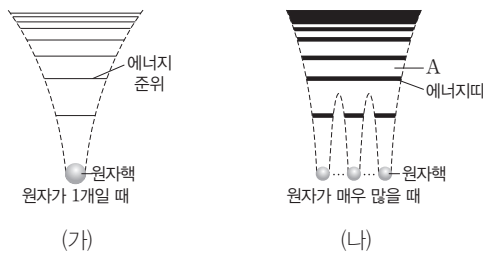
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. $n=3$ 인 궤도에서 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 λ_1 이다.
- ㉡. 파장이 λ_2 인 빛은 라임만 계열에 속한다.
- ㉢. $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

10 [22023-0136] 그림 (가)는 원자가 1개일 때의 에너지 준위를, (나)는 원자가 매우 많을 때 고체의 에너지띠를 나타낸 것이다. A는 에너지띠 사이의 간격이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

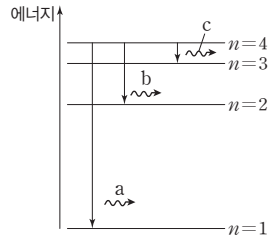
보기

- ㉠. (가)에서 전자의 에너지 준위는 연속적이다.
- ㉡. (나)에서 동일한 에너지띠에 있는 전자의 에너지는 모두 같다.
- ㉢. A에는 전자가 존재할 수 없다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

11 [22023-0137] 다음은 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 전이 과정에서 방출되는 빛 a, b, c에 대한 설명으로, A, B, C는 가시광선, 적외선, 자외선을 순서 없이 나타낸 것이다.

a는 양자수 $n=4$ 에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛으로 영역에 속하고, b는 $n=4$ 에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛으로 광학 기구로 물체를 볼 때 이용되는 전자기파인 영역에 속하며, c는 $n=4$ 에서 $n=3$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 빛으로 영역에 속한다.



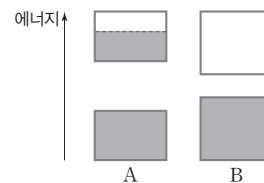
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 파장은 A가 C보다 길다.
- ㉡. B는 가시광선이다.
- ㉢. C는 인체 내부의 골격 사진을 찍을 때 이용된다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

12 [22023-0138] 그림은 고체 A, B의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 도체와 반도체 중 하나이고, 색칠한 부분은 에너지띠에 전자가 차 있는 것을 나타낸다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. A에서는 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.
- ㉡. A에는 상온에서 원자 사이를 자유롭게 이동할 수 있는 전자들이 많다.
- ㉢. B에 도핑을 하면 전기 전도도가 커진다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

13 [22023-0139] 다음은 고체의 에너지띠와 전기 전도성에 대한 설명이다.

0 K에서 전자가 채워져 있는 에너지띠 중 가장 바깥에 있는 에너지띠를 원자가 띠라 하고, 원자가 띠 위에 있는 에너지띠를 **A** (이)라고 한다. p는 원자가 띠에 있는 q가 A로 전이하고 생긴 빈 구멍이다. 고체의 전기 전도도는 띠 간격이 클수록 **B**.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 전도띠이다.
 ㄴ. q는 전자이다.
 ㄷ. '크다'는 B로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22023-0140] 그림은 고체 A, B의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다. A, B는 반도체와 절연체를 순서 없이 나타낸 것이다.



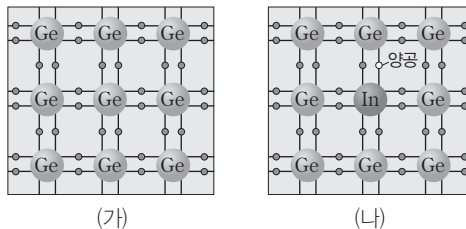
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A에는 에너지가 $\frac{E_2 + E_3}{2}$ 인 전자가 존재한다.
 ㄴ. 상온에서 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.
 ㄷ. 상온에서 단위 부피당 전도띠에 있는 전자 수는 B가 A보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

15 [22023-0141] 그림 (가)는 저마늄(Ge)으로만 구성된 순수 반도체를, (나)는 저마늄에 인듐(In)을 첨가한 불순물 반도체를 나타낸 것이다.



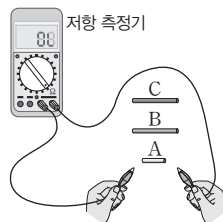
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전기 전도도는 (나)가 (가)보다 크다.
 ㄴ. 인듐의 원자가 전자는 5개이다.
 ㄷ. (나)는 p형 반도체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22023-0142] 그림은 저항 측정기를 사용하여 단면적이 같은 원통형 금속 막대 A, B, C의 저항값을 측정하는 것을, 표는 A, B, C의 길이와 저항값을 나타낸 것이다.

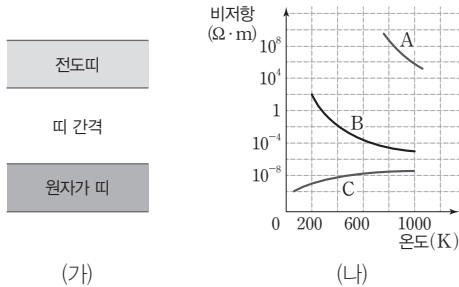


금속 막대	길이	저항값
A	l	R
B	$2l$	$2R$
C	$2l$	$4R$

A, B, C의 전기 전도도를 각각 $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C$ 라고 할 때, $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C$ 의 크기를 옳게 비교한 것은? (단, A, B, C의 온도는 같다.)

- ① $\sigma_A > \sigma_B > \sigma_C$ ② $\sigma_A = \sigma_B > \sigma_C$
 ③ $\sigma_A = \sigma_B < \sigma_C$ ④ $\sigma_A > \sigma_B = \sigma_C$
 ⑤ $\sigma_A < \sigma_B = \sigma_C$

17 [22023-0143] 그림 (가)는 고체의 에너지띠 구조를, (나)는 고체 A, B, C의 비저항을 온도에 따라 나타낸 것이다. A, B, C는 도체, 반도체, 절연체를 순서 없이 나타낸 것이다.



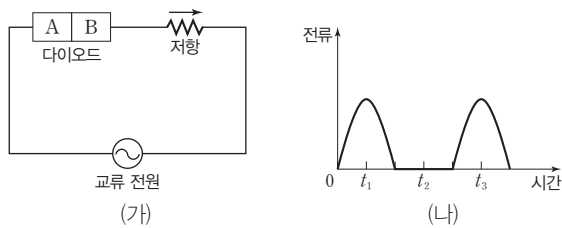
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 도체이다.
- ㄴ. 띠 간격은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 도체는 온도가 높을수록 전기 전도도가 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [22023-0144] 그림 (가)는 불순물 반도체 A, B로 만든 p-n 접합 다이오드, 저항, 교류 전원을 연결한 회로를, (나)는 (가)에서 저항에 흐르는 전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다. t_1 일 때, 저항에는 화살표 방향으로 전류가 흐른다.



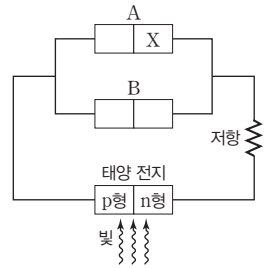
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 n형 반도체이다.
- ㄴ. t_2 일 때, 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다.
- ㄷ. t_3 일 때, n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [22023-0145] 그림은 동일한 p-n 접합 발광 다이오드(LED) A와 B, 저항, 태양 전지가 연결된 회로를 나타낸 것으로, 태양 전지에 빛을 비추었을 때 태양 전지의 p형 반도체와 n형 반도체에는 각각 (+)전극과 (-)전극이 형성되고, A에서만 빛이 방출된다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



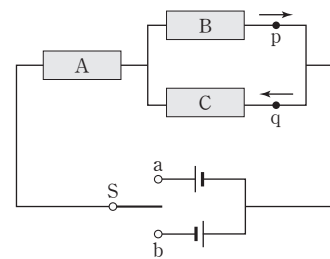
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 n형 반도체이다.
- ㄴ. B에는 역방향 전압이 걸린다.
- ㄷ. B의 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 [22023-0146] 그림은 저항 1개, 동일한 p-n 접합 다이오드 2개, 전압이 같은 두 전원 장치, 스위치 S를 사용하여 구성된 회로를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 저항과 다이오드 중 하나이고, p와 q는 도선상의 점이다. S를 a에 연결했을 때 p와 S를 b에 연결했을 때 q에는 각각 화살표 방향으로 전류가 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

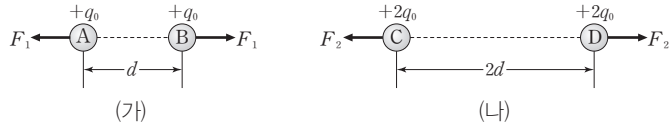
보기

- ㄱ. A는 저항이다.
- ㄴ. S를 a에 연결했을 때, B에는 순방향 전압이 걸린다.
- ㄷ. S를 a에 연결했을 때, q에는 오른쪽으로 전류가 흐른다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

01 [22023-0147] 그림 (가), (나)는 전하량이 각각 $+q_0$ 인 점전하 A와 B, $+2q_0$ 인 점전하 C와 D가 각각 d , $2d$ 만큼 떨어진 지점에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기는 F_1 이고, C와 D 사이에 작용하는 전기력의 크기는 F_2 이다.

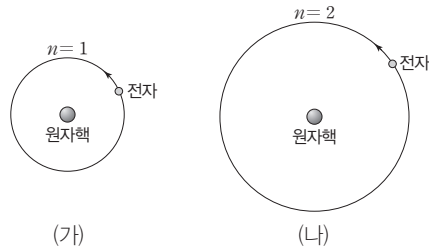


$F_1 : F_2$ 는?

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

원자핵과 전자 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용하고, 전자는 양자수 n 의 값에 따라 불연속적인 에너지 준위를 가지며, 양자수 n 이 커질수록 원자핵과 전자 사이의 거리도 커진다.

02 [22023-0148] 그림 (가), (나)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수가 각각 $n=1$, $n=2$ 인 궤도에 전자가 있을 때 에너지를 방출하지 않고 안정한 상태로 존재하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

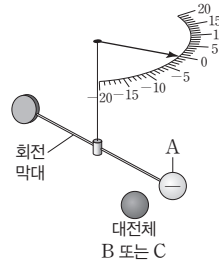
- ㄱ. 원자핵은 양(+)-전하를 띤다.
- ㄴ. 전자는 $n=1$ 인 궤도와 $n=2$ 인 궤도 사이에 존재할 수 있다.
- ㄷ. 전자에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

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

03 [22023-0149] 다음은 전기력에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 회전 막대에 음(-)전하로 대전된 금속구 A를 연결하여 비틀림 저울의 눈금이 0이 되도록 한다.
- (나) 대전체 B를 (가)의 A에 1 cm만큼 접근시킨 후 A가 정지했을 때 저울의 측정값을 기록한다.
- (다) B를 (가)의 A에 2 cm만큼 접근시킨 후 A가 정지했을 때 저울의 측정값을 기록한다.
- (라) 대전체 C를 (가)의 A에 1 cm만큼 접근시킨 후 A가 정지했을 때 저울의 측정값을 기록한다.



[실험 결과]

과정	(나)	(다)	(라)
눈금값	10	⊖	-5

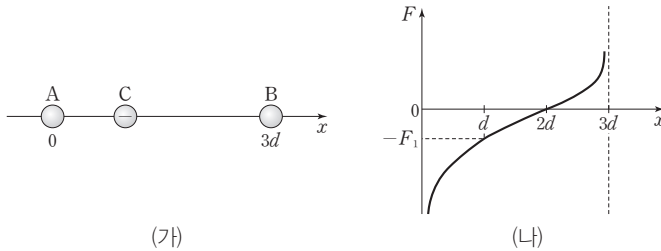
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대전체의 크기는 B와 C가 같다.)

보기

- ㄱ. B는 음(-)전하로 대전되어 있다.
- ㄴ. ⊖은 10보다 작다.
- ㄷ. 전하량의 크기는 C가 B보다 크다.

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

04 [22023-0150] 그림 (가)는 점전하 A, B를 x 축상에 고정시키고 음(-)전하인 점전하 C를 x 축상에 고정시킨 것을, (나)는 (가)에서 C를 $0 < x < 3d$ 사이에 고정시켰을 때 C에 작용하는 전기력 F 를 위치 x 에 따라 나타낸 것이다. 전기력의 방향은 $+x$ 방향이 (+)이다.



C를 $x=d$, $x=4d$ 에 고정시켰을 때 C에 작용하는 전기력의 크기를 각각 F_1 , F_2 라고 할 때, $\frac{F_1}{F_2}$ 은?

- ① $\frac{5}{2}$
- ② 3
- ③ $\frac{10}{3}$
- ④ 4
- ⑤ $\frac{9}{2}$

두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이 거리의 제곱에 반비례한다.

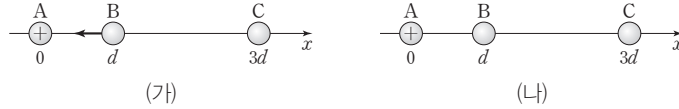
$x=2d$ 에서 C에 작용하는 전기력이 0이므로, 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

전하량이 각각 Q_B , Q_C 인 동일한 두 도체구를 접촉시킨 후 분리시키면 각각의 도체구는 $\frac{Q_B+Q_C}{2}$ 의 전하량을 가진다.

용수철이 늘어나거나 압축된 길이가 클수록 도체구 사이에 작용하는 전기력의 크기가 크다.

05 [22023-0151]

그림 (가)는 대전된 동일한 도체구 A, B, C가 x 축상에 고정되어 있는 모습을, (나)는 (가)의 B와 C를 접촉시켰다가 다시 원래 위치에 고정시킨 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 양(+)전하 A에 작용하는 전기력은 0이고, B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C의 크기는 무시한다.)

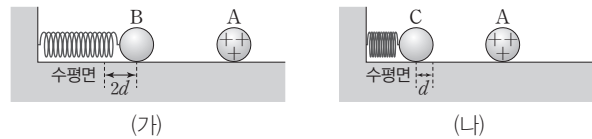
보기

- ㄱ. (가)에서 전하량의 크기는 C가 B의 9배이다.
- ㄴ. (가)에서 B는 음(-)전하이다.
- ㄷ. (나)에서 A에 작용하는 전기력의 크기는 C에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22023-0152]

그림 (가), (나)는 수평면에서 동일한 용수철에 연결된 대전된 도체구 B, C가 수평면에 고정된 양(+)전하로 대전된 도체구 A와 같은 거리만큼 떨어져 각각 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 용수철은 원래 길이에서 $2d$ 만큼 늘어나 있고, (나)에서 용수철은 원래 길이에서 d 만큼 압축되어 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 전기력은 A와 B, C 사이에만 작용하고, 용수철의 질량과 모든 마찰, 공기 저항은 무시한다.)

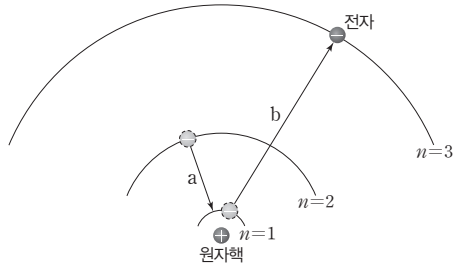
보기

- ㄱ. B는 양(+)전하로 대전되어 있다.
- ㄴ. A에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. (가), (나)에서 A를 제거했을 때, 도체구의 운동 에너지 최댓값은 B가 C의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22023-0153]

그림은 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 $n=1, 2, 3$ 일 때 전자의 궤도와 전자의 전이 a, b를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

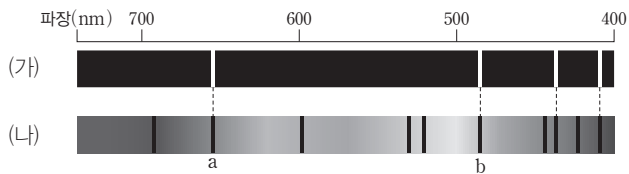
- ㄱ. 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.
- ㄴ. a에서 방출되는 빛은 자외선 영역에 속한다.
- ㄷ. b에서 전자의 에너지는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

에너지 준위는 원자 내 전자가 가지는 에너지 값 또는 에너지 상태를 말한다. 양자수 n 의 값에 따라 불연속적인 값을 가지며, 양자수 n 이 커질수록 에너지 준위도 높아진다.

08 [22023-0154]

그림 (가)는 수소 기체 방전관에서 방출된 빛의 스펙트럼을, (나)는 저온의 기체 P를 통과한 백열등 빛의 스펙트럼을 파장에 따라 나타낸 것이다. a와 b는 전자의 전이 과정에서 나타나는 스펙트럼선이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

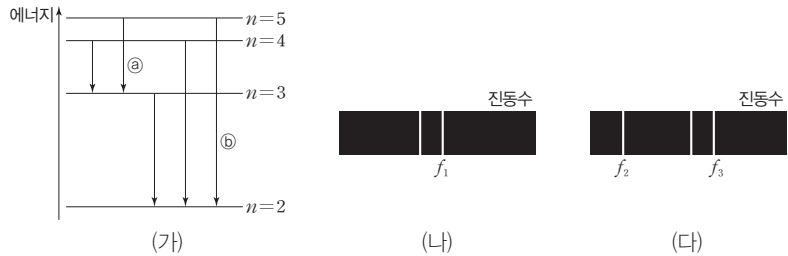
- ㄱ. (나)는 방출 스펙트럼이다.
- ㄴ. P에는 수소 기체가 포함되어 있다.
- ㄷ. 진동수는 a에 해당하는 빛이 b에 해당하는 빛보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

흡수 스펙트럼은 연속 스펙트럼을 나타내는 빛을 온도가 낮은 기체에 통과시켰을 때 기체가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 연속 스펙트럼에 검은 선이 나타나는 스펙트럼이다.

파셴 계열은 전자가 $n \geq 4$ 인 궤도에서 $n=3$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 스펙트럼이다.

09 [22023-0155] 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 과정을 나타낸 것이다. 그림 (나), (다)는 (가)에서 수소 원자가 방출하는 발머 계열과 파셴 계열의 스펙트럼을 진동수에 따라 순서 없이 나타낸 것으로, 전자의 전이 ㉠에서 방출되는 빛의 진동수는 f_1 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

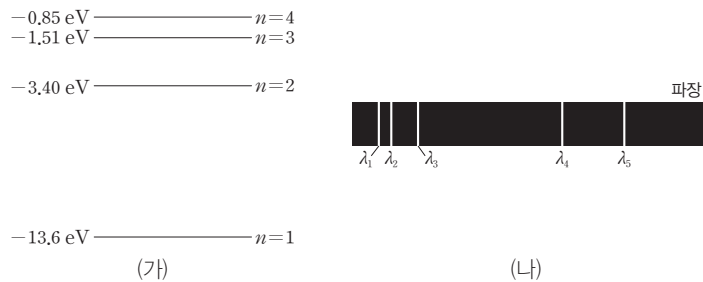
보기

ㄱ. (나)는 파셴 계열의 스펙트럼이다.
 ㄴ. 전자의 전이 ㉡에서 방출되는 빛의 진동수는 f_3 이다.
 ㄷ. $f_2 = f_3 - f_1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

라이먼 계열은 전자가 $n \geq 2$ 인 궤도에서 $n=1$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 스펙트럼이고, 발머 계열은 전자가 $n \geq 3$ 인 궤도에서 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 스펙트럼이다.

10 [22023-0156] 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 바닥상태에 있는 전자가 에너지 E_0 를 흡수하여 전이한 후, 방출할 수 있는 모든 선 스펙트럼 중 라이먼 계열과 발머 계열을 파장에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

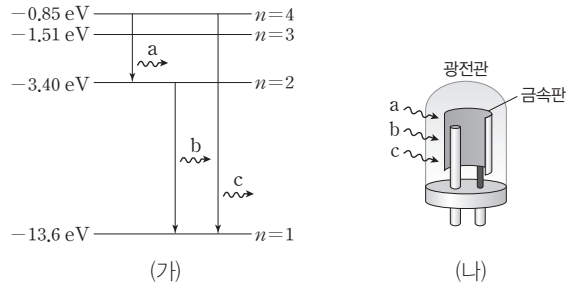
보기

ㄱ. $E_0 = 12.75$ eV이다.
 ㄴ. $\lambda_1 < \lambda_3$ 이다.
 ㄷ. $\frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_3} + \frac{1}{\lambda_4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22023-0157]

그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이에서 방출되는 빛 a, b, c를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 a, b, c를 각각 광전관에 비추는 모습을 나타낸 것으로, a, b를 각각 비출 때는 광전자가 방출되지 않았고, c를 비출 때는 광전자가 방출되었다.



전자의 전이 과정에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이고, 에너지 준위 차이가 클수록 방출되는 광자 1개의 에너지도 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이다.)

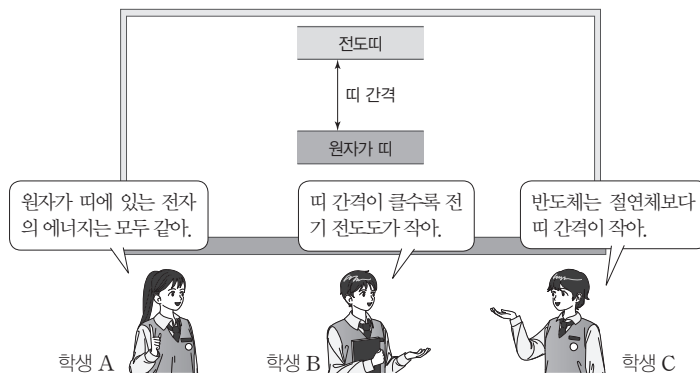
보기

- ㄱ. 파장은 a가 b의 4배이다.
- ㄴ. 금속판의 문턱 진동수는 $\frac{12.75 \text{ eV}}{h}$ 보다 크다.
- ㄷ. a와 b를 광전관에 동시에 비출 때 광전자가 방출된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22023-0158]

그림은 학생 A, B, C가 고체의 전기 전도도와 에너지띠 구조에 대해 대화하고 있는 모습을 나타낸 것이다.



원자가 띠에 있는 전자는 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이하고, 전도 띠로 전이한 전자는 작은 에너지만 얻어도 자유롭게 움직일 수 있다.

옳은 내용을 제시한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

일정한 온도에서 물체의 저항 값은 물체의 길이에 비례하고, 단면적에 반비례한다. 이때의 비례 상수를 비저항이라고 하고, 전기 전도도는 비저항의 역수와 같으므로 전기 전도도는 길이나 단면적과 관계 없다.

전기 전도도는 비저항의 역수와 같으므로 비저항이 작을수록 전기 전도도가 크다.

13 [22023-0159] 다음은 물질의 전기 전도도에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 원기둥 모양의 막대 A~D를 준비한다. A~D는 각각 도체와 반도체 중 하나이다.
- (나) A~D의 길이, 단면적을 측정한다.
- (다) 저항 측정기를 사용하여 측정한 저항값을 이용하여 A~D의 비저항과 전기 전도도를 계산한다.



[실험 결과]

막대	길이(cm)	단면적(cm ²)	비저항(Ω·m)	전기 전도도(Ω ⁻¹ ·m ⁻¹)
A	1.0	0.20	1.7×10^{-8}	5.9×10^7
B	1.0	0.40	1.7×10^{-8}	㉠
C	1.0	0.20	4.5×10^{-1}	2.2
D	1.0	0.40	4.5×10^{-1}	2.2

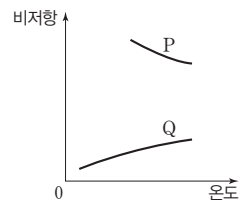
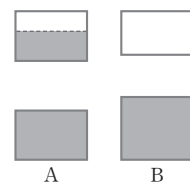
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 도체이다.
- ㄴ. ㉠은 5.9×10^7 보다 작다.
- ㄷ. 전기 전도도는 막대의 단면적이 클수록 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22023-0160] 그림 (가)는 고체 A, B의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 도체와 절연체 중 하나이고, 색깔한 부분은 에너지띠에 전자가 차 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B의 비저항을 온도에 따라 나타낸 것으로, P와 Q는 각각 A와 B 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

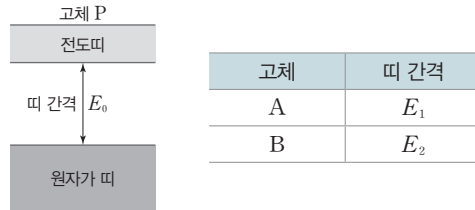
보기

- ㄱ. A는 도체이다.
- ㄴ. P는 B이다.
- ㄷ. A는 온도가 높아지면 전기 전도도가 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22023-0161]

그림은 고체 P의 에너지띠 구조를 나타낸 것으로, 띠 간격은 E_0 이다. 표는 고체 A, B의 띠 간격을 나타낸 것으로 $E_1 > E_0 > E_2$ 이다. A, B는 반도체와 절연체를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

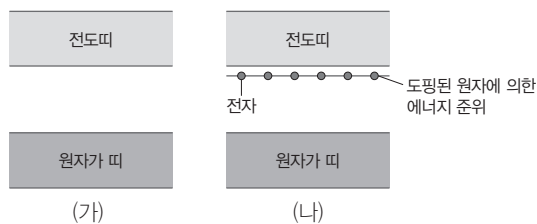
보기

- ㄱ. P의 원자가 띠에 있는 전자가 전도띠로 전이하기 위해서는 E_0 이상의 에너지를 흡수해야 한다.
- ㄴ. A는 절연체이다.
- ㄷ. B는 온도가 높아지면 전기 전도도가 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22023-0162]

그림 (가)는 순수 반도체인 저마늄(Ge)의 에너지띠 구조를, (나)는 (가)의 저마늄(Ge)에 인(P)을 첨가하여 만든 불순물 반도체의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (나)는 p형 반도체의 에너지띠 구조이다.
- ㄴ. 원자가 전자는 인이 저마늄보다 1개 더 많다.
- ㄷ. 전기 전도도는 (가)의 구조를 가진 반도체가 (나)의 구조를 가진 반도체보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

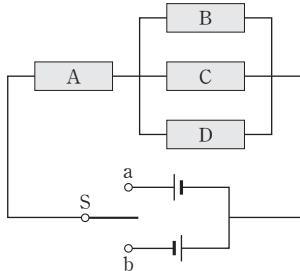
$E_1 > E_0 > E_2$ 이므로 띠 간격은 A가 B보다 크고, 띠 간격이 좁을수록 전기 전도도가 크다.

순수 반도체에 원자가 전자가 5개인 원소를 도핑하면 전도띠 바로 아래에 남은 전자에 의한 새로운 에너지 준위가 만들어져 전자가 작은 에너지로도 전도띠로 쉽게 올라가 전류를 흐르게 할 수 있다.

도체는 S가 a에 연결되거나 b에 연결되어도 전류가 흐르고, 다이오드는 전류가 한쪽 방향으로만 흐른다.

17 [22023-0163]

그림은 도체 2개, 절연체 1개, p-n 접합 다이오드 1개, 스위치 S, 동일한 전원 장치 2개를 사용하여 구성된 회로를 나타낸 것으로, A~D는 각각 도체, 절연체, p-n 접합 다이오드 중 하나이다. 표는 S를 a 또는 b에 연결할 때 B, C, D에 전류가 흐르는지 여부를 나타낸 것이다.



	B	C	D
a	○	○	×
b	×	○	×

(○: 전류 흐름, ×: 전류 흐르지 않음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

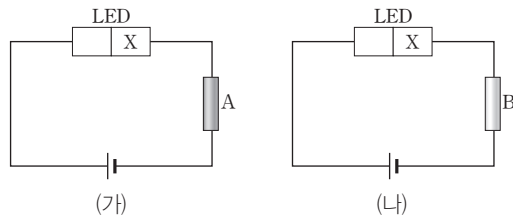
- ㄱ. A는 도체이다.
- ㄴ. 전기 전도도는 C가 D보다 크다.
- ㄷ. S를 b에 연결할 때, 다이오드에는 순방향 전압이 걸린다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

LED의 p형 반도체에 전지의 (+)전극이, n형 반도체에 전지의 (-)전극이 연결되면 LED에 순방향 전압이 걸리고 불이 켜진다.

18 [22023-0164]

그림 (가)는 p-n 접합 발광 다이오드(LED), 고체 A, 전지가 연결된 회로를, (나)는 (가)에서 A와 길이와 단면적이 같은 고체 B를 연결한 회로를 나타낸 것이다. (가)에서는 LED에서 빛이 방출되고, (나)에서는 LED에서 빛이 방출되지 않는다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

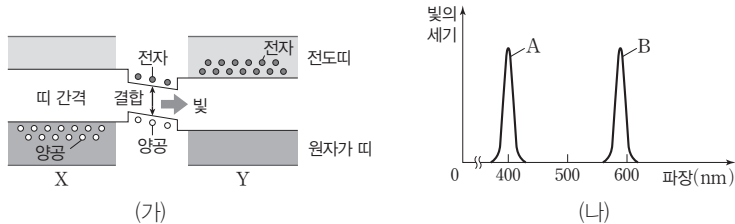
보기

- ㄱ. (가)에서 LED에는 순방향 전압이 걸린다.
- ㄴ. X는 n형 반도체이다.
- ㄷ. 전기 전도도는 B가 A보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [22023-0165]

그림 (가)는 p-n 접합 발광 다이오드(LED)의 에너지띠 구조를 나타낸 것으로, X와 Y는 각각 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. 그림 (나)는 LED A 또는 B에서 방출되는 빛의 세기를 파장에 따라 나타낸 것이다.



LED는 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출하고, 이때 방출되는 빛의 광자 1개의 에너지는 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

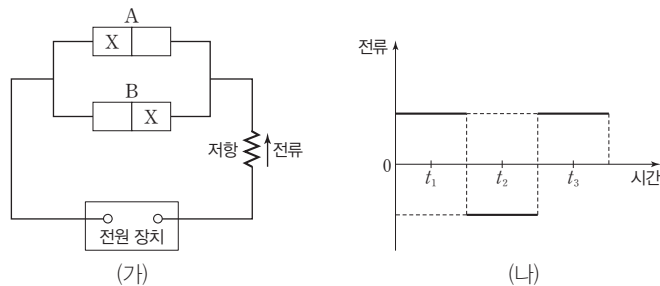
보기

- ㄱ. X는 n형 반도체이다.
- ㄴ. 띠 간격은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 광자 1개의 에너지는 A에서 방출되는 빛이 B에서 방출되는 빛보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 [22023-0166]

그림 (가)는 파란색 단색광을 방출하는 p-n 접합 발광 다이오드 A, 빨간색 단색광을 방출하는 p-n 접합 발광 다이오드 B에 전원 장치, 저항을 연결한 회로를 나타낸 것으로, X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. 그림 (나)는 (가)에서 저항에 흐르는 전류를 시간에 따라 나타낸 것으로, t_1 일 때 저항에는 화살표 방향으로 전류가 흐르고 A에서 빛이 방출된다.



t_1 일 때 저항에는 화살표 방향으로 전류가 흐르고 A에서는 빛이 방출되므로, A에는 순방향 전압이 걸린다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

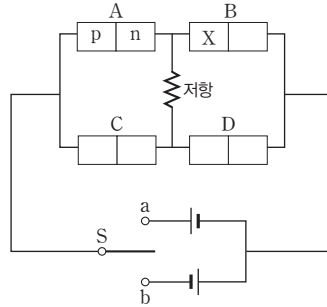
보기

- ㄱ. X에서는 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.
- ㄴ. t_2 일 때, B에서 빛이 방출된다.
- ㄷ. 띠 간격은 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

S를 a에 연결할 때는 A → 저항 → D 방향, S를 b에 연결할 때는 B → 저항 → C 방향으로 전류가 흐른다.

21 [22023-0167] 그림은 저항, 동일한 p-n 접합 다이오드 A, B, C, D, 스위치 S, 전원 장치를 사용하여 구성된 회로를 나타낸 것이다. S를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때 저항에 흐르는 전류의 방향은 같다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.

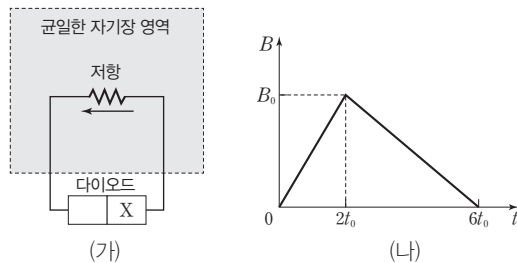


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. S를 a에 연결했을 때 회로에 흐르는 전류의 방향은 A → 저항 → D 방향이다.
 - ㄴ. X는 n형 반도체이다.
 - ㄷ. S를 b에 연결했을 때 D의 p형 반도체에 있는 양공은 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

t_0 일 때는 저항에 화살표 방향으로 유도 전류가 흐르므로 다이오드에는 순방향 전압이 걸리고, t_0 일 때와 $4t_0$ 일 때 유도 기전력의 방향은 반대이므로 $4t_0$ 일 때 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다.

22 [22023-0168] 그림 (가)는 균일한 자기장이 수직으로 통과하는 종이면에 저항과 p-n 접합 다이오드가 연결된 정사각형 도선이 고정되어 있는 모습을, (나)는 (가)의 균일한 자기장 B 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다. $t = t_0$ 일 때 저항에는 화살표 방향으로 유도 전류가 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. X는 n형 반도체이다.
 - ㄴ. t_0 일 때 다이오드의 p-n 접합면에서 전자와 양공이 결합한다.
 - ㄷ. $4t_0$ 일 때 저항에는 화살표 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

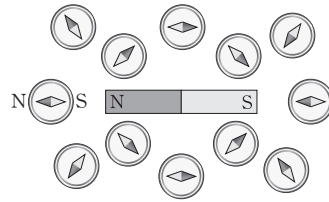
1 전류에 의한 자기장

(1) 자석 주위의 자기장

① 자기력: 자석 사이에 작용하는 힘을 자기력이라고 한다. 자석의 N극과 N극, S극과 S극 사이에는 서로 밀어내는 방향으로 자기력이 작용하고, 자석의 N극과 S극 사이에는 서로 끌어당기는 방향으로 자기력이 작용한다.

② 자기장: 자석 주위에 다른 자석을 놓으면 자기력이 작용한다. 자석이나 전류가 흐르는 도선 주위에 자기력이 작용하는 공간을 자기장이라고 한다.

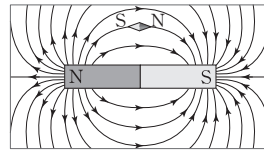
- 자기장의 방향: 자침의 N극이 가리키는 방향이 자침이 놓인 지점에서 자기장의 방향이다.
- 자기장의 세기: 자석의 자극에 가까울수록 자기장의 세기가 세다.



③ 자기력선: 자기장 내에서 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 연결한 선이다.

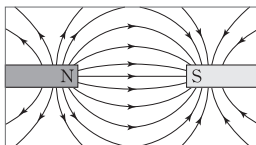
④ 자기력선의 특징

- 자석의 N극에서 나와서 S극으로 들어가는 폐곡선이다.
- 서로 교차하거나 도중에 갈라지거나 끊어지지 않는다.
- 자기력선 위의 한 점에서 그은 접선 방향이 그 점에서 자기장의 방향이다.
- 자기장에 수직인 단위 면적을 지나는 자기력선의 수(밀도)는 자기장의 세기에 비례한다.

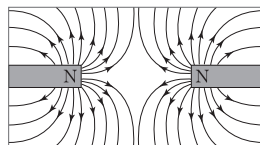


⑤ 자석 주위의 자기력선

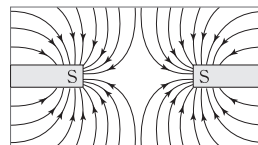
- 다른 극 사이에는 서로 끌어당기는 방향으로 자기력선이 분포하고, 같은 극 사이에는 서로 밀어내는 방향으로 자기력선이 분포한다.
- 자석의 끝부분에서 자기력선의 밀도가 크다.



N극과 S극 사이의 자기력선



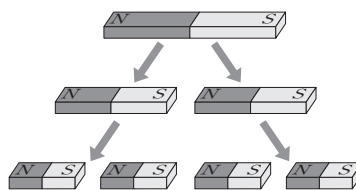
N극과 N극 사이의 자기력선



S극과 S극 사이의 자기력선

과학 돋보기 자석의 발견과 특징

우리가 주변에서 쉽게 볼 수 있는 자석은 자철석(magnetite)이라는 광석으로부터 얻을 수 있다. 자기(magnet)라는 단어의 어원을 살펴 보면 고대 마그네시아(magnesia) 지방에 많이 분포한 자철광으로 인해 이 지방의 이름으로부터 유래되었다고 한다. 또한 자석은 아무리 작게 쪼개도 N극과 S극이 항상 같이 나타나며, N극 또는 S극만 갖는 자석은 존재하지 않는다.



개념 체크

- 자기력: 자석 사이에 작용하는 힘을 말한다. 서로 같은 극끼리는 밀어내는 자기력이 작용하고, 서로 다른 극끼리는 끌어당기는 자기력이 작용한다.
- 자기장: 자기력이 작용하는 공간을 자기장이라고 한다.
- 자기력선: 자기장 내에서 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 연결한 선으로, 자석의 N극에서 나와서 S극으로 들어가는 폐곡선이다.

1. 자석의 N극과 N극 사이에는 서로 () 방향으로 자기력이 작용하고, N극과 S극 사이에는 서로 () 방향으로 자기력이 작용한다.
2. 자기력선 위의 한 점에서 그은 () 방향이 그 점에서 자기장의 방향이다.
3. 자기력선은 자석의 () 극에서 나와 () 극으로 들어간다.

정답

1. 밀어내는, 당기는
2. 접선
3. N, S

개념 체크

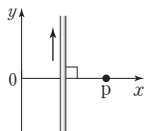
● 직선 전류에 의한 자기장: 직선 도선 주위에 도선을 중심으로 하는 동심원의 자기장이 형성되며, 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 직선 도선으로부터의 수직 거리에 반비례한다.

● 앙페르 법칙(오른나사 법칙): 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 했을 때, 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다.

1. 직선 도선에 세기가 I 인 전류가 흐를 때 직선 도선으로부터 수직으로 r 만큼 떨어진 점에서 자기장의 세기가 B 라면, 직선 도선에 세기가 $4I$ 인 전류가 흐를 때 직선 도선으로부터 수직으로 $2r$ 만큼 떨어진 점에서 자기장의 세기는 ()이다.

2. 오른손의 엄지손가락이 전류의 방향을 향하게 하고 나머지 네 손가락으로 도선을 감아줄 때, 네 손가락이 가리키는 방향이 자기장의 방향이 되는 법칙을 ()이라고 한다.

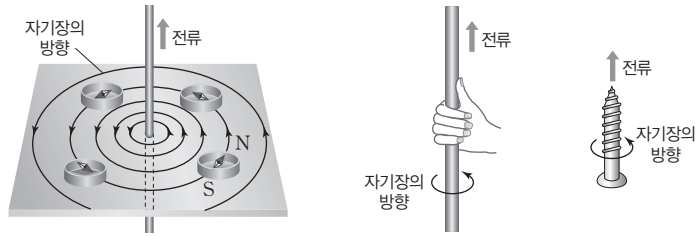
3. 그림과 같이 xy 평면에 고정된 직선 도선에 화살표 방향으로 전류가 흐를 때, 직선 도선으로부터 수직으로 떨어진 x 축상의 점 p 에서 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 () 방향이다.



정답

1. $2B$
2. 앙페르 법칙(오른나사 법칙)
3. xy 평면에 수직으로 들어가는

(2) 직선 전류에 의한 자기장: 직선 도선에 전류가 흐르면 도선 주위에 도선을 중심으로 하는 동심원의 자기장이 형성된다.



① 자기장의 세기: 전류의 세기가 클수록 세고, 전류가 흐르는 도선으로부터의 거리가 멀수록 약하다.

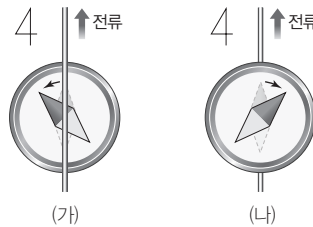
$$\text{자기장의 세기} \propto \frac{\text{전류의 세기}}{\text{직선 도선으로부터의 수직 거리}}$$

② 자기장의 방향: 직선 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 하면 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다.

➔ 이를 앙페르 법칙이라고 하며, 앙페르 법칙은 오른나사의 진행 방향을 전류의 방향으로 할 때 자기장의 방향이 나사가 회전하는 방향과 같아 오른나사 법칙이라고 한다. 따라서 앙페르 법칙은 오른나사 법칙과 같은 의미로 사용한다.

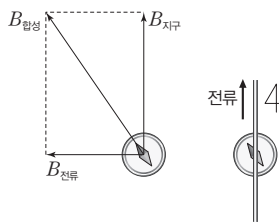
과학 돋보기 지구 자기장의 영향

그림 (가), (나)와 같이 직선 도선을 남북 방향으로 놓고 도선에 전류를 북쪽으로 흐르게 하면, (가)의 직선 도선 아래에 놓은 나침반 자침은 시계 반대 방향으로 회전하여 정지하고, (나)의 직선 도선 위에 놓은 나침반 자침은 시계 방향으로 회전하여 정지한다.

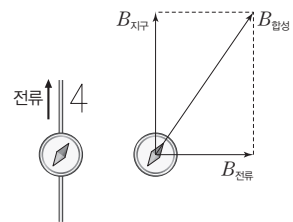


• 지구 자기장은 북쪽을 향하고, 전류에 의한 자기장은 나침반을 놓은 곳에 따라 서쪽 또는 동쪽을 향한다.

(가) 직선 도선 아래에 나침반을 놓은 경우



(나) 직선 도선 위에 나침반을 놓은 경우

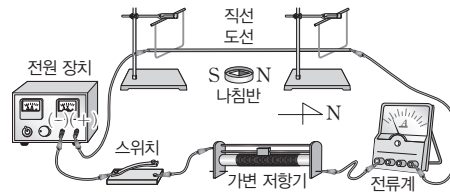


• 직선 도선에 전류가 흐를 때 자침의 N극이 가리키는 방향은 전류에 의한 자기장 $B_{\text{전류}}$ 와 지구에 의한 자기장 $B_{\text{지구}}$ 의 합성 자기장 $B_{\text{합성}}$ 의 방향과 같다.

탐구자료 살펴보기 직선 전류에 의한 자기장

과정

- (1) 그림과 같이 남북 방향의 직선 도선 아래에 나침반을 놓고 도선에 흐르는 전류의 세기를 변화시키면서 나침반 자침이 회전하는 각을 관찰한다.
- (2) 전류의 세기는 일정하게 유지하고, 도선과 나침반 사이의 거리를 변화시키면서 나침반 자침이 회전하는 각을 관찰한다.
- (3) 도선에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어 과정 (1), (2)를 반복한다.



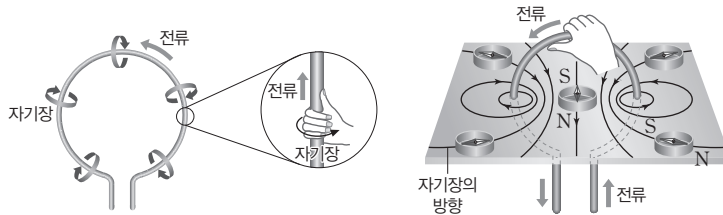
결과

- 전류의 세기가 증가할수록 나침반 자침의 회전각이 증가한다.
- 도선과 나침반 사이의 거리가 증가할수록 나침반 자침의 회전각이 감소한다.
- 전류의 방향이 바뀌면 나침반 자침의 회전 방향이 반대로 바뀐다.

point

- 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기가 클수록 세고, 전류가 흐르는 도선에서 멀수록 약하다.
- 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 했을 때, 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이 전류가 만드는 자기장의 방향이다.

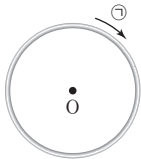
(3) 원형 전류에 의한 자기장: 원형 도선에 흐르는 전류가 만드는 자기장은 작은 직선 도선이 만드는 자기장의 합으로 생각할 수 있다.



① 원형 전류 중심에서 자기장의 세기: 전류의 세기가 클수록 세고, 반지름이 클수록 약하다.

$$\text{자기장의 세기} \propto \frac{\text{전류의 세기}}{\text{원형 도선의 반지름}}$$

② 원형 전류 중심에서 자기장의 방향: 전류의 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 하면 자기장의 방향은 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다.



⊙ 방향이다. (○, ×)

과학 돋보기 두 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

전류의 세기가 같은 두 원형 도선 A, B에 의한 원형 도선 중심에서의 합성 자기장은 다음과 같다.

전류의 방향이 같은 경우	전류의 방향이 반대인 경우
<ul style="list-style-type: none"> • 도선 A: B_0 (⊗) • 도선 B: $\frac{1}{2}B_0$ (⊗) • 합성 자기장: $\frac{3}{2}B_0$ (⊗) 	<ul style="list-style-type: none"> • 도선 A: B_0 (⊗) • 도선 B: $\frac{1}{2}B_0$ (⊙) • 합성 자기장: $\frac{1}{2}B_0$ (⊙)

(⊗: 종이면에 수직으로 들어가는 방향, ⊙: 종이면에서 수직으로 나오는 방향)

➔ 두 원형 전류 중심에서의 자기장의 세기는 전류가 같은 방향으로 흐르면 커지고, 반대 방향으로 흐르면 작아진다.

개념 체크

● 원형 전류에 의한 자기장: 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다.

1. 원형 도선의 중심에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 원형 도선에 흐르는 전류의 세기에 ()하고 원형 도선의 반지름에 ()한다.

2. 그림과 같이 종이면에 고정된 원형 도선의 중심 O에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향이면 원형 도선에 흐르는 전류의 방향은 ⊙ 방향이다. (○, ×)

정답

1. 비례, 반비례
2. ×

개념 체크

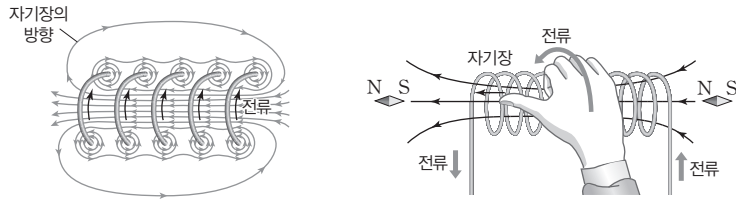
● 솔레노이드 내부에서의 자기장:
솔레노이드 내부에서 자기력선이
평행하고 간격이 일정하므로, 솔
레노이드 내부에서 자기장은 균일
하다.

1. 솔레노이드에 흐르는 전
류의 세기가 클수록, 단위
길이당 도선의 감은 수가
많을수록 솔레노이드 내
부에서 자기장의 세기는
() .

2. 오른손의 네 손가락을 솔
레노이드에 흐르는 전류
의 방향으로 감아질 때, 엄
지손가락이 가리키는 방
향이 솔레노이드 내부에서
()의 방향이다.

3. 코일 내부 자기장의 세기
는 코일에 흐르는 전류의
세기에 ()하고, 전자
석의 극을 바꾸려면 코일
에 흐르는 ()의 방
향을 바꾸어야 한다.

(4) 솔레노이드에서 전류에 의한 자기장: 도선을 촘촘하고 균일하게 원통형으로 감은 것을 솔레노이드라고 하며, 원형 도선을 여러 개 겹쳐 놓은 것과 같다.



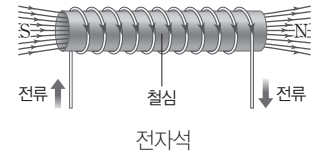
① 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기: 무한히 긴 솔레노이드 내부의 자기장은 균일하며, 전류의 세기가 클수록, 단위 길이당 도선의 감은 수가 많을수록 세다.

$$\text{자기장의 세기} \propto (\text{전류의 세기}) \times (\text{단위 길이당 도선의 감은 수})$$

② 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향: 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아질 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.

(5) 전류에 의한 자기장의 이용

① 전자석: 코일 내부에 철심을 넣어 코일에 전류가 흐를 때 자석의 성질을 갖게 한 것을 말한다.



- 전자석의 원리: 영구 자석과 달리 전류의 세기를 조절하여 자기장의 세기를 조절할 수 있고, 전류의 방향을 반대 방향으로 하면 자석의 극도 바꿀 수 있다. 센 전자석을 만들려면 코일에 센 전류를 흘려 보내야 하고, 코일을 촘촘히 감아야 한다.
- 전자석의 이용: 전자석 기증기, 스피커, 자기 부상 열차, 초인중, 도난 경보 장치 등

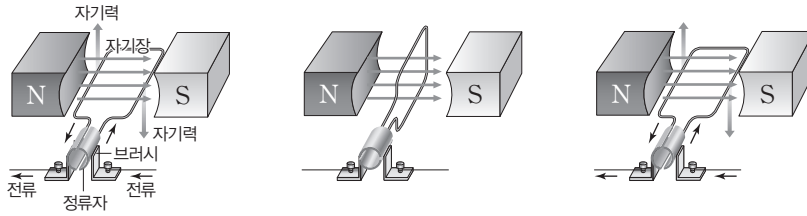
전자석 기증기	스피커	자기 부상 열차
<p>전류가 흐르면 자석의 성질이 나타나고, 전류가 흐르지 않으면 자석의 성질이 사라지는 전자석의 성질을 이용하여 고철을 옮긴다.</p>	<p>전류의 방향이 바뀌면 전자석의 극이 바뀌어 자기력에 의해 영구 자석과 같은 극끼리는 서로 밀어내고, 다른 극끼리는 서로 끌어당겨 진동판이 진동하여 소리가 발생한다.</p>	<p>코일에 전류를 흐르게 하면 전자석이 레일의 자석과 서로 밀어내거나 끌어당겨 차량이 떠서 움직이게 한다.</p>

② 전동기: 전류의 자기 작용을 이용하여 회전 운동을 하는 장치이다.

- 전동기의 원리: 자석 사이에 있는 코일에 전류가 흐를 때 자석과 코일 사이에 작용하는 자기력에 의해 코일이 회전하게 되며, 코일의 면이 자기장에 수직이 되는 순간 정류자에 의하여 전류의 극이 바뀌므로 코일은 계속 한 방향으로 회전한다. 또한 전류의 방향을 바꾸면 코일의 회전 방향도 바뀌게 된다.

정답

1. 크다
2. 자기장
3. 비례, 전류



- 자기력의 크기: 코일의 감은 수가 많을수록, 코일에 흐르는 전류의 세기가 클수록 코일이 큰 힘을 받는다.
- 전동기의 이용: 선풍기, 세탁기, 믹서기, 진공청소기, 헤어드라이어, 엘리베이터, 에스컬레이터, 전기 자동차, 전동 열차 등 각종 전기 제품에 기본적인 부품으로 이용된다.

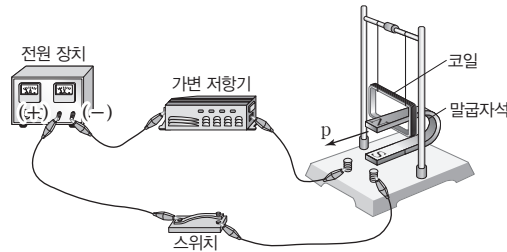
개념 체크

● **전동기:** 전류의 자기 작용을 이용하여 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환하는 장치이다.

1. 하드 디스크에서는 헤드의 코일에 ()가 흐를 때 생기는 ()을 이용하여 플래터에 정보를 기록한다.
2. 전동기, 자기 공명 영상(MRI) 장치는 전류의 ()작용을 이용한다.

과학 돋보기 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘

그림과 같이 실험 장치를 구성하고 스위치를 닫으면 말굽자석 사이에 있는 코일은 자기력을 받아 p 방향으로 움직인 후 기울어진 상태로 정지한다. 이때 코일의 감은 수가 많을수록, 코일에 흐르는 전류의 세기가 클수록 코일에 작용하는 자기력이 크므로 코일이 기울어진 각이 커진다.



③ 전류의 자기 작용을 이용한 다양한 예

자기 공명 영상(MRI) 장치	하드 디스크(HDD)	토카막(Tokamak)
코일에 전류가 흐를 때 생기는 강한 자기장을 이용하여 인체 내부의 영상을 얻는다.	헤드의 코일에 전류가 흐를 때 생기는 자기장을 이용하여 플래터에 정보를 기록한다.	도넛 모양의 장치로, 강한 자기장을 만들어 플라스마를 가두어 둔다.

2 물질의 자성

- (1) **자성:** 물질이 가지는 자기적인 성질을 자성이라고 한다. 물질을 구성하는 원자 내부의 전자의 운동은 전류가 흐르는 효과를 나타낼 수 있으므로 원자 하나하나가 자석의 성질을 가질 수 있다. 따라서 전자의 궤도 운동과 스핀에 따라 물질의 자성이 달라진다.

정답

1. 전류, 자기장
2. 자기

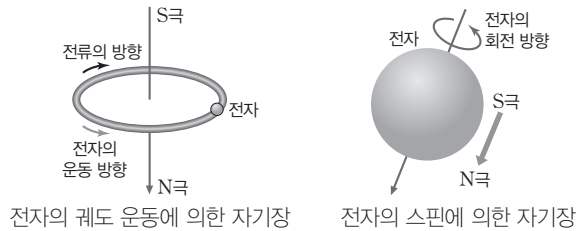
개념 체크

● 전자의 스핀과 자성: 서로 반대 스핀의 두 전자가 짝을 이루면 스핀에 의한 자기화는 상쇄되고 전자의 궤도 운동에 의해 생기는 자성만을 갖는다. 반면에 짝이 없는 전자를 가지고 있는 물질은 상쇄되지 않은 스핀에 의해 상자성이나 강자성을 갖는다.

1. 자기화란 외부 자기장에 의해 물질 내부의 원자가 나타내는 자기장의 배열이 바뀌는 현상이다. (○, ×)
2. 강자성체는 외부 자기장의 방향과 () 방향으로 강하게 자기화되고, 외부 자기장을 제거하여도 자성을 오래 유지한다.

(2) 원자 내부 전자의 운동과 자성

- ① 전자의 궤도 운동에 의한 자기장: 그림과 같이 원형 고리에 전류가 흐를 때 고리의 중심에서는 아래 방향으로 자기장이 형성된다. 전자가 원자핵 둘레를 시계 반대 방향으로 회전하면 전류는 시계 방향으로 흐르므로, 회전 중심에서 자기장의 방향은 전자의 궤도면에 수직인 아래 방향이 된다.
- ② 전자의 스핀에 의한 자기장: 전자의 궤도 운동 외에 전자는 원자가 자성을 갖는 데 기여하는 스핀이라는 고유 성질을 가지고 있다.



- (3) 자기화(자화): 외부 자기장에 의하여 물질 내부의 원자가 나타내는 자기장의 배열이 바뀌어 물질 전체가 자석의 성질을 갖게 되는 것을 자기화라고 한다.

- (4) 물질의 자성: 자석에 강하게 끌리는 성질을 강자성, 자석에 약하게 끌리는 성질을 상자성, 자석에 약하게 밀리는 성질을 반자성이라고 한다.

과학 돋보기 물질의 자성

물질이 자성을 나타내는 까닭은 물질을 구성하는 원자 내 전자의 궤도 운동과 스핀에 의해 나타나는 자기장 때문으로, 원자는 매우 작은 자석으로 생각할 수 있다. 대부분의 물질에서 전자의 궤도 운동에 의한 자기적 효과는 0이거나 매우 작다. 많은 전자를 갖는 원자에서 전자들은 대개 반대 스핀을 갖는 것과 쌍을 이루어 자기적 효과가 상쇄된다. 그러나 이러한 쌍을 이루지 않는 전자를 갖는 원자에 의해 강자성이나 상자성이 나타나게 된다.

(5) 자성체의 종류

- ① 강자성체: 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되는 비율이 높으며, 외부 자기장을 제거하여도 자성을 오래 유지하는 물질을 강자성체라고 한다.

예 철, 코발트, 니켈 등

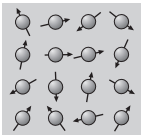
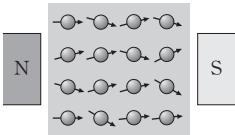
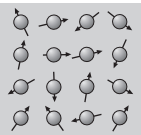
외부 자기장이 없을 때	외부 자기장을 걸어 줄 때	외부 자기장을 제거했을 때
자기 구역의 자기장이 다양하게 분포한다.	자기 구역이 외부 자기장과 같은 방향으로 강하게 자기화된다.	자기화된 상태를 오래 유지한다.

- ② 상자성체: 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되는 비율이 낮으며, 외부 자기장을 제거하면 자성이 없어지는 물질을 상자성체라고 한다.

정답

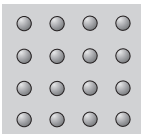
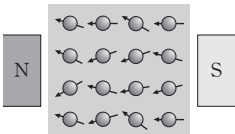
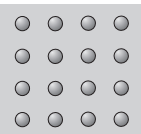
1. ○
2. 같은

예 종이, 알루미늄, 마그네슘, 텅스텐, 산소 등

외부 자기장이 없을 때	외부 자기장을 걸어 줄 때	외부 자기장을 제거했을 때
		
원자들의 자기장 방향이 불규칙하게 분포되어 자성을 나타내지 않는다.	원자들의 자기장 방향이 외부 자기장과 같은 방향으로 약하게 자기화된다.	원자들의 자기장 방향이 흐트러져 자기화된 상태가 바로 사라진다.

③ 반자성체: 외부 자기장이 없을 때 물질을 구성하는 각 원자들의 총 자기장이 0이고, 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화되는 물질을 반자성체라고 한다.

예 구리, 유리, 플라스틱, 금, 수소, 물 등

외부 자기장이 없을 때	외부 자기장을 걸어 줄 때	외부 자기장을 제거했을 때
		
자기장을 갖는 원자가 없어 자기장을 갖지 않는다.	외부 자기장과 반대 방향으로 약하게 자기화된다.	자기화된 상태가 바로 사라진다.

개념 체크

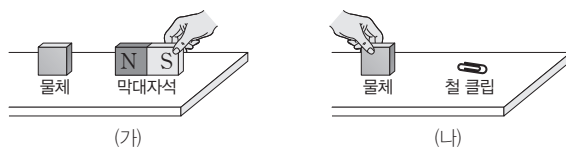
● **자성체의 성질:** 강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 오랫동안 유지하지만, 상자성체와 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 바로 사라진다. 강자성체와 상자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되지만, 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다.

1. 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 약하게 자기화되고, 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라지는 물질을 ()라고 한다.
2. 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 약하게 자기화되고, 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라진다. (○, ×)

탐구자료 살펴보기 물질의 자기적 성질 알아보기

과정

- (1) 그림 (가)와 같이 자기화되어 있지 않은 물체 A, B, C에 각각 막대자석을 가까이하여 물체의 움직임을 관찰한다. A, B, C는 강자성체, 상자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.
- (2) 그림 (나)와 같이 막대자석을 제거하고 A, B, C를 각각 자기화되어 있지 않은 철 클립에 가까이하여 철 클립의 움직임을 관찰한다.



결과

물체	과정 (1)의 결과	과정 (2)의 결과
A	자석에 끌린다.	철 클립이 움직이지 않는다.
B	자석에서 밀린다.	철 클립이 움직이지 않는다.
C	자석에 끌린다.	철 클립이 끌린다.

point

- 강자성체와 상자성체는 자석에 의한 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로 자석에 끌리고, 반자성체는 자석에 의한 자기장과 반대 방향으로 자기화되므로 자석에서 밀린다.
- 강자성체는 외부 자기장을 제거하여도 자성을 오래 유지하므로 철 클립이 끌리고, 상자성체와 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라지므로 철 클립이 움직이지 않는다.
- A는 상자성체, B는 반자성체, C는 강자성체이다.

정답

1. 상자성체
2. ○

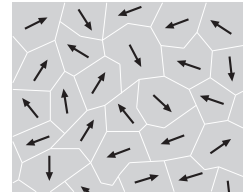
개념 체크

- 자기 구역: 물질 내에서 자기장의 방향이 같은 원자들이 모여 있는 구역을 말한다.
- 철심을 넣은 전자석: 강자성체인 철심을 넣어 자기력을 세게 만든 전자석은 강자성체를 이용하는 대표적인 예이다.

1. 광고 전단지, 메모지 고정, 냉장고 문 등에 사용하는 고무 자석은 () 분말을 고무에 섞어 만든다.
2. 초전도체는 특정 온도 이하에서 완전한 ()을 나타내는 물질로, 자기 부상 열차에 이용된다.

과학 돋보기 자기 구역

강자성 물질이 강하게 자기를 띠게 되는 것은 '자기 구역' 때문이다. 자기 구역이란 그림처럼 수백만 개의 원자 자석들이 한 방향으로 정렬되어서 자석을 형성하게 되는 작은 단위를 말한다. 강자성 물질은 작은 자석들이 무작위 방향으로 배열되어 있고, 외부적으로는 각각의 자석의 효과가 상쇄되어 마치 자석이 아닌 것처럼 행동한다. 그렇지만 외부에서 자기장이 가해지면 자기 구역들의 자기를 띠는 방향이 외부 자기장의 방향으로 정렬되면서 자석으로서의 역할을 할 수 있게 된다.

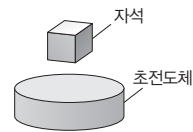
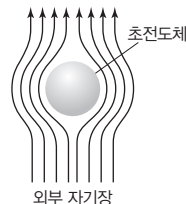
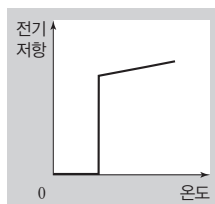


(6) 자성체의 이용

전자석	고무 자석
<p>전류가 흐르는 코일 안에 강자성체를 넣으면 강자성체가 전류에 의한 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로 매우 강한 자석이 된다.</p>	<p>강자성체 분말을 고무에 섞어 만든 고무 자석은 제작 단가가 낮고, 사용이 편리하기 때문에 광고 전단지, 메모지 고정, 냉장고 문 등에 많이 사용된다.</p>
액체 자석	하드 디스크
<p>액체 자석은 강자성체 분말을 매우 작게 만들어 액체 속에 넣고 서로 뒤엉키지 않도록 처리하여 만든다. 지폐의 위조 방지를 위해 지폐의 숫자 부분에 액체 자석을 넣은 잉크가 사용되고 있으며, 장기 내부를 살펴보는 MRI 조영제로 활용하기 위한 연구도 진행되고 있다.</p>	<p>강자성체인 산화 철로 코팅된 얇은 디스크(플래터) 위에 헤드가 놓여 있는 구조로, 헤드가 전류가 흐르면서 생기는 자기장에 의해 헤드 근처를 지나가는 디스크의 작은 부분들이 자기화되면서 정보를 저장한다.</p>

과학 돋보기 초전도체

초전도체는 특정 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 초전도 현상이 나타나는 물체를 말하며, 특정 온도 이하에서 초전도체는 완전한 반자성이 나타나 외부 자기장을 밀어내는 자기력이 작용하므로 특정 온도 이하의 초전도체 위에 자석을 놓으면 자석이 공중에 뜨게 된다. 이러한 현상을 마이스너 효과라고 한다.



정답

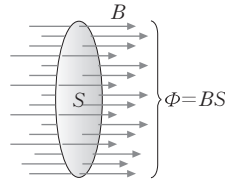
1. 강자성체
2. 반자성

3 전자기 유도

(1) 유도 전류

- ① 자기 선속(Φ): 자기 다발이라는 의미이며, 자기장에 수직인 단면을 지나는 자기력선의 수에 비례한다. 단위는 Wb(웨버)를 사용한다.
- ② 자기장의 세기(B): 자기장에 수직인 단위 면적을 통과하는 자기 선속을 자기장의 세기라고 한다. 자기장에 수직이고 면적이 S 인 단면을 통과하는 자기 선속이 Φ 일 때 자기장의 세기 B 는 다음과 같다.

$$B = \frac{\Phi}{S} \text{ [단위: T(테슬라), } 1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2\text{]}$$

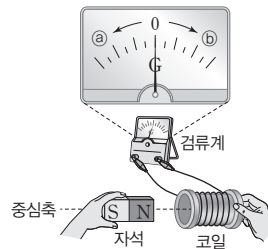


- ③ 전자기 유도: 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 변할 때 코일에 전류가 흐르는 현상이다.
- ④ 유도 기전력: 전자기 유도 현상에 의하여 발생하는 전압이다.
- ⑤ 유도 전류: 전자기 유도 현상에 의하여 흐르는 전류이다.

탐구자료 살펴보기 전자기 유도 실험

과정

- (1) 그림과 같이 자석과 검류계에 연결된 코일을 각각 잡는다.
- (2) 과정 (1)에서 자석의 N극을 코일의 중심축을 따라 코일에 가까워지게 한다.
- (3) 과정 (1)에서 자석의 N극을 코일의 중심축을 따라 코일에서 멀어지게 한다.
- (4) 과정 (1)에서 자석의 중심축을 따라 코일을 자석의 N극에 가까워지게 한다.
- (5) 과정 (1)에서 자석의 중심축을 따라 코일을 자석의 N극에서 멀어지게 한다.



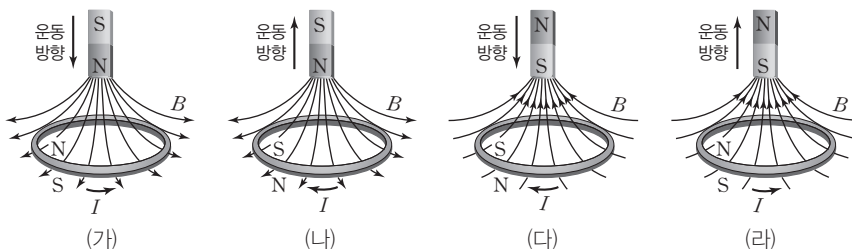
결과

	(2)의 결과	(3)의 결과	(4)의 결과	(5)의 결과
검류계 바늘이 움직이는 방향	㉠ 방향	㉡ 방향	㉠ 방향	㉡ 방향

point

• 유도 전류는 자석과 코일의 상대적인 운동으로 인해 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.

(2) **렌츠 법칙:** 전자기 유도가 일어날 때 자기 선속의 변화에 따른 유도 전류의 방향을 찾는 법칙이다. 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류에 의한 자기장이 형성되도록 유도 전류가 흐른다.

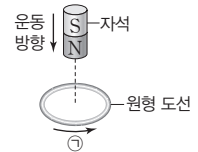


- ① 그림 (가): 자석의 N극이 원형 도선에 가까워지면 원형 도선 중심에 아래 방향의 자기 선속

개념 체크

- 전자기 유도: 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 변할 때 기전력이 유도되어 전류가 흐르는 현상이다.
- 렌츠 법칙: 유도 기전력과 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 발생한다.

1. 전자기 유도 현상에 의해 흐르는 전류를 ()라고 하고, 이때 발생하는 기전력을 ()이라고 한다.
2. 렌츠 법칙에 의하면 코일 내부를 통과하는 ()의 변화를 방해하는 방향으로 코일에는 유도 전류가 흐른다.
3. 그림과 같이 자석의 N극이 원형 도선에 가까워질 때 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 ㉠ 방향이다. (○, ×)



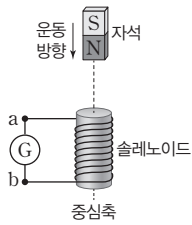
정답

1. 유도 전류, 유도 기전력
2. 자기 선속
3. ○

개념 체크

● 패러데이 법칙: 유도 기전력의 크기는 코일 내부를 지나는 자기 선속이 빠르게 변할수록 커지며, 패러데이 법칙 식에서 (-)부호는 유도 기전력의 방향이 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이라는 의미이므로 렌츠 법칙을 포함한다.

[1~2] 그림과 같이 솔레노이드의 중심축을 따라 자석의 N극이 가까워지고 있다.



1. 솔레노이드와 자석 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다. (○, ×)
2. 솔레노이드에 흐르는 유도 전류의 방향은 () →
◎ → ()이다.

- 이 증가한다. 따라서 아래 방향의 자기 선속이 증가하는 것을 방해하려면 유도 전류에 의한 자기장이 위 방향이 되어야 하므로, 원형 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- ② 그림 (나): 자석의 N극이 원형 도선에서 멀어지면 원형 도선 중심에 아래 방향의 자기 선속이 감소한다. 따라서 아래 방향의 자기 선속이 감소하는 것을 방해하려면 유도 전류에 의한 자기장이 아래 방향이 되어야 하므로, 원형 도선에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- ③ 그림 (다): 자석의 S극이 원형 도선에 가까워지면 원형 도선 중심에 위 방향의 자기 선속이 증가한다. 따라서 위 방향의 자기 선속이 증가하는 것을 방해하려면 유도 전류에 의한 자기장이 아래 방향이 되어야 하므로, 원형 도선에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- ④ 그림 (라): 자석의 S극이 원형 도선에서 멀어지면 원형 도선 중심에 위 방향의 자기 선속이 감소한다. 따라서 위 방향의 자기 선속이 감소하는 것을 방해하려면 유도 전류에 의한 자기장이 위 방향이 되어야 하므로, 원형 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

과학 돋보기 전자기 유도와 자기력

구분	N극이 접근할 때	N극이 멀어질 때	S극이 접근할 때	S극이 멀어질 때
과정				
자기력	밀어냄(척력)	끌어당김(인력)	밀어냄(척력)	끌어당김(인력)
코일의 극	위: N극 아래: S극	위: S극 아래: N극	위: S극 아래: N극	위: N극 아래: S극
유도 전류의 방향	a → ◎ → b	b → ◎ → a	b → ◎ → a	a → ◎ → b

- 자석이 코일에 가까워질 때: 밀어내는 자기력(척력)이 작용하도록 코일에 유도 전류가 흐른다. → 자석과 가까운 쪽 코일에 자석과 같은 극이 형성된다.
- 자석이 코일에서 멀어질 때: 끌어당기는 자기력(인력)이 작용하도록 코일에 유도 전류가 흐른다. → 자석과 가까운 쪽 코일에 자석과 다른 극이 형성된다.

(3) 패러데이 법칙

- ① 유도 기전력의 크기는 코일 내부를 지나는 자기 선속(Φ)이 빠르게 변할수록 크다.
- ② 패러데이 법칙: 시간 Δt 동안 감은 수가 N 인 코일을 통과하는 자기 선속의 변화가 $\Delta\Phi$ 이면 유도 기전력 V 는 다음과 같다.

$$V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

위 식에서 (-)부호는 유도 기전력의 방향이 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이라는 의미를 가지므로, 패러데이 법칙은 렌츠 법칙을 포함한다.

정답

1. ×
2. a, b

탐구자료 살펴보기 **균일한 자기장 영역을 일정한 속력으로 통과하는 도선**

자료 및 분석

[자료] 도선의 이동			
[분석]	균일한 자기장 영역으로 들어갈 때	균일한 자기장 영역 내에서 운동할 때	균일한 자기장 영역에서 빠져나올 때
자기 선속	종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속 증가	일정	종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속 감소
유도 전류에 의한 자기장	종이면에서 수직으로 나오는 방향	없음	종이면에 수직으로 들어가는 방향
유도 전류의 방향	시계 반대 방향	없음	시계 방향

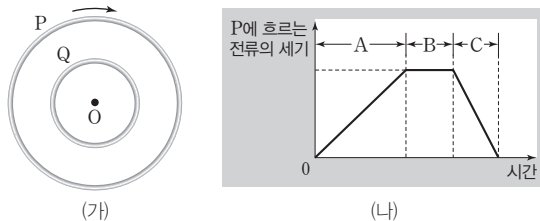
point

• 코일의 단면을 지나는 단위 시간당 자기 선속의 변화율 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = B\frac{\Delta S}{\Delta t}$ 이므로, 코일이 1번 감겼을 때, 유도 기전력은 $V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -B\frac{\Delta S}{\Delta t}$ 이다. 따라서 유도 기전력은 유도 전류를 발생시키고, 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.

탐구자료 살펴보기 **시간에 따라 변하는 자기장 영역에서의 전자기 유도**

자료

그림 (가)와 같이 중심이 O로 같은 원형 도선 P, Q가 종이면에 고정되어 있고, P에는 시계 방향으로 전류가 흐르고 있다. 그림 (나)는 P에 흐르는 전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



분석

구간	A	B	C
P에 흐르는 전류에 의한 Q를 통과하는 자기 선속	증가	일정	감소
P에 흐르는 전류에 의한 Q에 흐르는 유도 전류의 방향	시계 반대 방향	없음	시계 방향

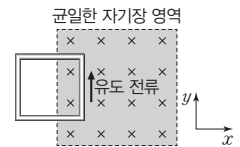
point

• 앙페르 법칙에 의해 Q를 통과하는 P에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, 시간에 따른 P에 흐르는 전류의 변화율이 클수록 시간에 따른 자기장의 변화율도 크다. 따라서 그래프의 기울기가 클수록 Q에 흐르는 유도 전류의 세기가 크므로 Q에 흐르는 유도 전류의 세기는 C에서가 A에서보다 크다.

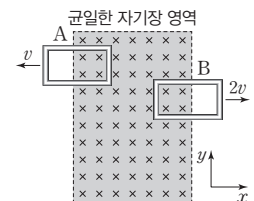
개념 체크

• 유도 전류의 세기: 코일의 단면을 지나는 자기 선속이 빠르게 변할수록 유도 전류의 세기는 커진다.

- 그림과 같이 xy 평면에 수직으로 들어가는 균일한 자기장 영역에서 화살표 방향으로 유도 전류가 흐를 때 정사각형 도선의 운동 방향은 $+y$ 방향이다. (○, ×)



- 그림과 같이 동일한 직사각형 모양의 도선 A, B가 각각 v , $2v$ 의 속력으로 xy 평면에 수직으로 들어가는 균일한 자기장 영역에서 빠져나올 때 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 ().



정답

- ×
- 작다

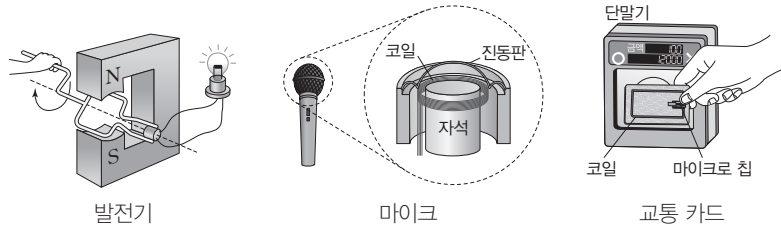
개념 체크

- **발전기:** 코일을 회전시키는 역학적 에너지가 전자기 유도 현상에 의해 전기 에너지로 전환된다.
- **마이크:** 전자기 유도를 이용하여 소리를 전기 신호로 변환시키는 장치이다.

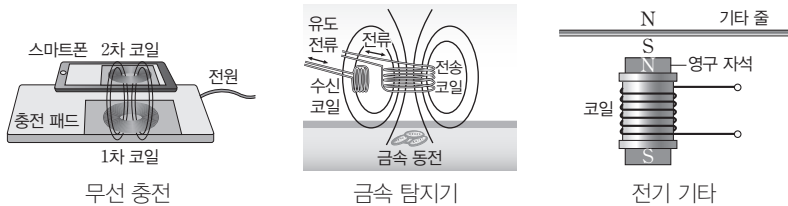
1. 발전기는 전자기 유도 현상에 의해 코일을 회전시키는 () 에너지가 () 에너지로 전환된다.
2. 스마트폰을 충전할 때, 충전 패드의 1차 코일에 변하는 전류가 흘러 스마트폰 내부의 2차 코일을 통과하는 ()이 시간에 따라 변하면 2차 코일에 유도 전류가 흘러 스마트폰이 충전된다.
3. 마이크는 () 현상에 의해 소리가 전기 신호로 전환된다.

(4) 전자기 유도의 이용 예

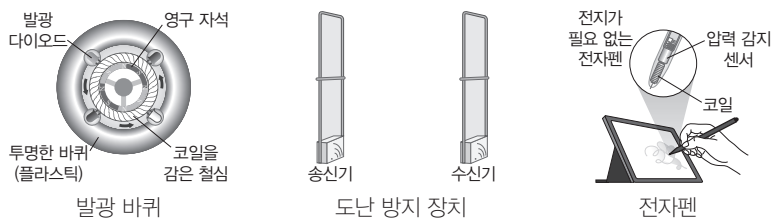
- ① **발전기:** 자석 사이에 코일을 넣고 회전시키면 자기장에 수직 방향인 코일의 단면적이 변하므로 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 계속 변하여 코일에 유도 전류가 흐른다.
- ② **마이크:** 소리에 의해 진동판이 진동하면 코일이 진동하고, 코일을 통과하는 자기 선속이 변하여 유도 전류가 흐른다.
- ③ **교통 카드:** 교통 카드 가장자리에는 코일이 감겨 있어 단말기의 변하는 자기장이 교통 카드의 코일에 유도 전류를 흐르게 하고, 이 전류에 의해 마이크로 칩이 작동하여 요금이 계산된다.



- ④ **무선 충전:** 충전 패드의 1차 코일에 변하는 전류가 흘러 스마트폰 내부의 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 시간에 따라 변하면 2차 코일에 유도 전류가 흘러 스마트폰이 충전된다.
- ⑤ **금속 탐지기:** 탐지기의 전송 코일에서 발생한 자기장이 금속을 통과하면 자기장의 변화가 생기고, 이를 탐지기의 수신 코일이 감지하여 유도 전류가 발생하여 금속을 탐지하게 된다.
- ⑥ **전기 기타:** 영구 자석에 의해 자기화된 기타 줄이 진동하면 기타 줄 아래에 있는 코일을 통과하는 자기 선속이 변하여 코일에 유도 전류가 흐르게 되고, 이 전기 신호를 증폭하여 스피커로 보내면 소리가 난다.



- ⑦ **발광 바퀴:** 바퀴가 회전하면서 코일을 감은 철심이 바퀴의 축에 고정된 영구 자석 주위를 회전하면, 코일을 통과하는 자기 선속의 변화가 생겨 유도 전류가 흐르므로 발광 다이오드가 켜진다.
- ⑧ **도난 방지 장치:** 출입구의 기둥 속에 코일이 들어 있어 자성을 제거하지 않은 채 물건을 가지고 나가면 코일에 유도 전류가 흘러 경고음이 발생한다.
- ⑨ **전자펜:** 자기장이 형성된 태블릿 컴퓨터의 표면을 따라 전자펜을 움직이면 전자펜 안에 있는 코일에 유도 전류가 흘러 전자펜의 움직임을 인식한다.

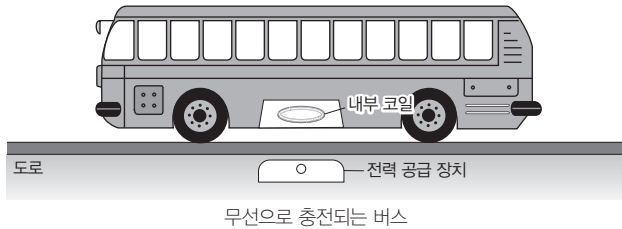


정답

1. 역학적, 전기
2. 자기 선속
3. 전자기 유도

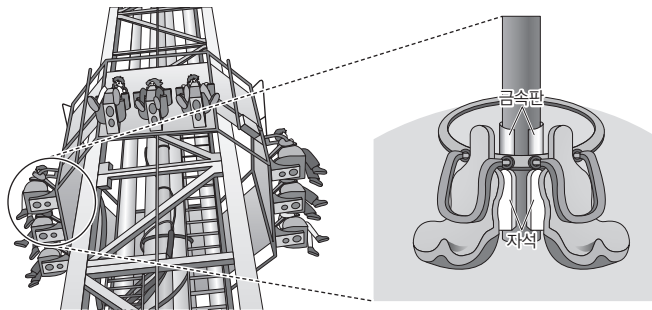
과학 돋보기 전자기 유도 현상을 이용한 무선 충전

최근 전자기 유도 현상을 이용하여 버스가 정차나 주차 중에 충전이 가능한 전기 버스가 개발되었다. 시간에 따라 크기와 방향이 변하는 자기장을 발생시키는 전력 공급 장치가 매설된 도로에 버스가 정차나 주차해 있을 때 버스 내부의 코일에 유도 전류가 흘러 버스는 충전이 이루어진다.



과학 돋보기 자기 브레이크

낙하하는 놀이 기구에서 사용하는 브레이크를 '자기 브레이크'라고 한다. 낙하하는 놀이 기구의 브레이크는 영구 자석에 의해 금속에 생기는 유도 전류를 이용한다. 놀이 기구를 지탱하는 기둥의 상단부를 지날 때에는 탑승 의자들의 속력이 증가하지만, 수많은 금속판이 장착된 기둥의 하단부를 지날 때에는 금속판에 맴돌이 전류가 형성되어 탑승 의자의 낙하 운동을 방해하므로 결국 운동 에너지를 잃고 멈춘다.

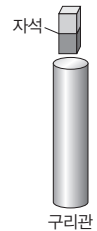


개념 체크

❶ 자기 브레이크: 영구 자석에 의해 금속에 생기는 유도 전류를 이용한다.

1. 낙하하는 놀이 기구에 이용되는 자기 브레이크는 영구 자석이 금속판에 접근할 때 금속판에 흐르는 ()를 이용한다.

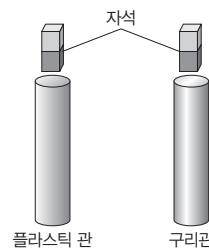
2. 그림과 같이 자석이 구리관 속을 낙하할 때, 자석은 운동 방향과 () 방향으로 자기력을 받는다.



탐구자료 살펴보기 두 관 속에서 자석의 낙하 운동

과정

- (1) 길이와 두께가 같은 플라스틱 관과 구리관, 질량이 같은 약한 자석과 강한 자석을 준비한다.
- (2) 그림과 같이 약한 자석을 각각 연직으로 세워진 플라스틱 관, 구리관의 입구에서 가만히 놓은 후, 자석을 놓는 순간부터 자석이 관을 빠져나오는 순간까지 걸린 시간을 측정한다.
- (3) 강한 자석을 사용하여 과정 (2)를 반복한다.



결과

구분	플라스틱 관	구리관
약한 자석	0.49초	1.64초
강한 자석	0.49초	2.38초

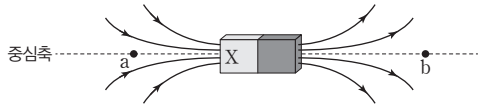
point

- 절연체인 플라스틱 관에서보다 도체인 구리관에서 낙하 시간이 더 걸린다.
- 구리관에서는 자석의 운동으로 인해 유도 전류가 흐르게 되어 자석의 운동을 방해하는 힘이 작용한다.
- 구리관에서 자석의 운동을 방해하는 힘은 자석의 세기에 영향을 받는다.

정답

1. 유도 전류
2. 반대

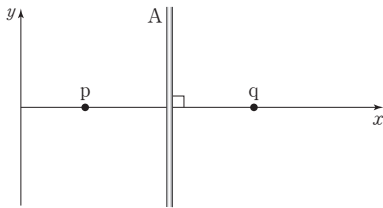
01 [22023-0169] 그림은 정지해 있는 막대자석이 만드는 자기장의 일부를 자기력선으로 나타낸 것이다. a, b는 막대자석의 중심축상의 점이고 막대자석의 중심으로부터 떨어진 거리는 a가 b보다 작다. X는 막대자석의 N극과 S극 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. X는 S극이다.
 - ㄴ. 막대자석에 의한 자기장의 방향은 a에서와 b에서가 반대이다.
 - ㄷ. 자기장의 세기는 a에서가 b에서보다 크다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

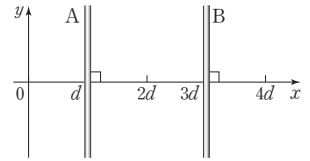
02 [22023-0170] 그림과 같이 xy 평면에서 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A가 y 축과 나란하게 고정되어 있다. p, q는 x 축상의 점이다. p에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고, A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서가 q에서보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.
 - ㄴ. A로부터 떨어진 거리는 p가 q보다 작다.
 - ㄷ. A에 흐르는 전류의 세기를 증가시키면 q에서 자기장의 세기는 증가한다.
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22023-0171] 그림과 같이 xy 평면에서 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 y 축과 나란하게 $x=d$, $x=3d$ 에 각각 고정되어 있다. $x=4d$ 에서 A와 B 각각에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 세기는 서로 같다.



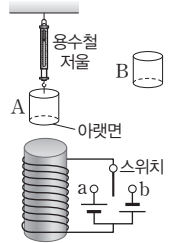
A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 x 축상의 지점은?

- ① $x = \frac{1}{2}d$ ② $x = \frac{3}{2}d$ ③ $x = 2d$
- ④ $x = \frac{5}{2}d$ ⑤ $x = \frac{7}{2}d$

04 [22023-0172] 다음은 강자성체, 반자성체 중 하나인 물체 A, B의 자성을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 자기화되지 않은 A를 용수철저울에 매달 후, A의 연직 아래에 전원이 연결된 솔레노이드를 놓는다.
- (나) A가 정지해 있을 때, 용수철저울의 눈금을 읽는다.
- (다) 스위치를 a에 연결하고 A가 정지해 있을 때, 용수철저울의 눈금을 읽는다.
- (라) (가)에서 스위치를 b에 연결하고 A가 정지해 있을 때, 용수철저울의 눈금을 읽는다.
- (마) A를 자기화되지 않은 B로 바꾸어 실험을 반복한다.



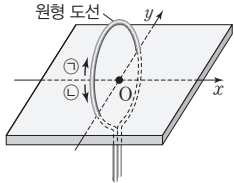
[실험 결과]

과정	용수철저울의 눈금	
	A를 매달 때	B를 매달 때
(나)	2.00 N	2.00 N
(다)	2.25 N	1.97 N
(라)	㉠	㉡

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

- 보기
- ㄱ. ㉠은 2.00 N보다 작다.
 - ㄴ. ㉠이 측정될 때, A의 아랫면은 N극으로 자기화된다.
 - ㄷ. ㉡이 측정될 때, B와 솔레노이드 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 [2023-0173] 그림과 같이 원점 O가 중심인 원형 도선에 전류가 흐르고 있다. 표는 각각 원형 도선의 반지름과 원형 도선에 흐르는 전류의 방향과 세기를 나타낸 것이다.



	반지름	전류	
		방향	세기
(가)	r_0	⊙	I_0
(나)	r_0	⊙	$2I_0$
(다)	$2r_0$	⊙	I_0

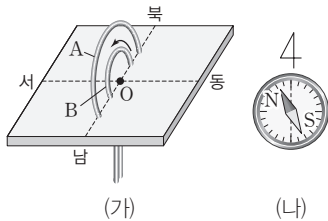
(가), (나), (다)에서, O에서 전류에 의한 자기장의 방향이 $-x$ 방향 인 경우와 O에서 전류에 의한 자기장의 세기 비교로 옳은 것은?

O에서 자기장의 방향이 $-x$ 방향인 경우

O에서 자기장의 세기 비교

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

06 [2023-0174] 그림 (가)와 같이 중심이 O로 같고 일정한 세기의 전류가 흐르는 원형 도선 A, B가 수평면에 수직으로 고정되어 있다. 동쪽에서 보았을 때, B에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다. 그림 (나)는 (가)의 O에 나침반을 놓았을 때 자침이 회전하여 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.



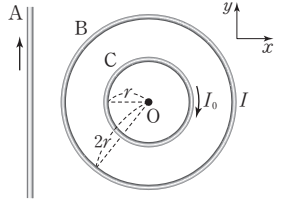
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 중심축은 동쪽과 서쪽을 잇는 직선과 나란하다.)

보기

- ㉠. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 서쪽이다.
- ㉡. 동쪽에서 보았을 때, A에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.
- ㉢. 원형 도선에 흐르는 전류의 세기는 A에서가 B에서 보다 작다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

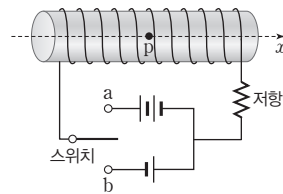
07 [2023-0175] 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A와 중심이 O로 같은 원형 도선 B, C가 xy 평면에 고정되어 있다. A에는 세기가 일정한 전류가 $+y$ 방향으로 흐르고, B에 흐르는 전류의 세기는 I , C에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향 이고 세기는 I_0 이다. B, C의 반지름은 각각 $2r$, r 이고, O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.



B에 흐르는 전류의 방향과 I의 세기 비교로 옳은 것은?

- | | B에 흐르는 전류의 방향 | I의 세기 비교 |
|---|---------------|------------|
| ① | 시계 방향 | $I > 2I_0$ |
| ② | 시계 방향 | $I = 2I_0$ |
| ③ | 시계 반대 방향 | $I < 2I_0$ |
| ④ | 시계 반대 방향 | $I > 2I_0$ |
| ⑤ | 시계 반대 방향 | $I = 2I_0$ |

08 [2023-0176] 그림과 같이 x 축이 중심축인 솔레노이드, 두 전원, 저항, 스위치를 사용하여 회로를 구성하였다. 표는 스위치를 a 또는 b에 연결할 때 저항에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 것이다. p는 솔레노이드 내부의 x 축상의 한 점이다.



스위치	저항에 흐르는 전류의 세기
a에 연결할 때	$2I$
b에 연결할 때	I

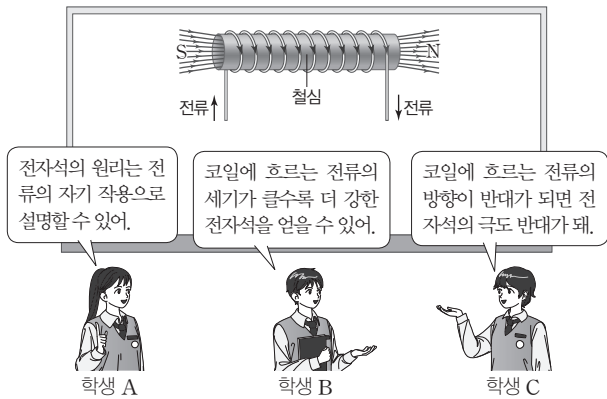
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 스위치를 a에 연결할 때, p에서 전류에 의한 자기장의 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㉡. p에서 전류에 의한 자기장의 세기는 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 작다.
- ㉢. 스위치를 b에 연결한 상태에서 솔레노이드의 단위 길이당 감은 수만을 증가시키면 p에서 전류에 의한 자기장의 세기는 감소한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

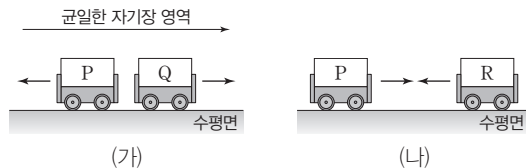
09 [2023-0177] 그림은 전자석의 원리에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



옳은 내용을 제시한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

10 [2023-0178] 그림 (가)와 같이 수레에 고정된 자기화되어 있지 않은 물체 P, Q를 수평면과 나란한 방향의 균일한 자기장 영역에 가만히 놓았더니 P, Q는 서로 멀어지는 방향으로 운동하였다. 그림 (나)와 같이 자기장이 없는 영역에서 (가)의 P를 수레에 고정된 자기화되어 있지 않은 물체 R 가까이 가만히 놓았더니 P와 R는 서로 가까워지는 방향으로 운동하였다. P, Q, R는 강자성체, 상자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수레는 자기화되지 않으며, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. P는 강자성체이다.
 ㄴ. (가)에서 P와 Q 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
 ㄷ. (나)에서 P 대신 (가)의 Q를 R에 가까이 놓으면 Q와 R는 서로 가까워지는 방향으로 운동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [2023-0179] 다음은 강자성체, 상자성체, 반자성체 중 하나에 해당하는 물질 A, B, C에 대한 설명이다.

- A와 C는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고 B는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.
- 외부 자기장을 제거해도 자기화된 상태가 오래 유지되는 C의 분말을 고무에 섞어 만든 고무 자석은 제작 단가가 낮고, <광고 전단지> 사용이 편리하기 때문에 광고 전단지, 냉장고 문 등에 사용된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 반자성체이다.
 ㄴ. B는 외부 자기장을 제거해도 자기화된 상태가 오래 유지된다.
 ㄷ. 하드 디스크의 정보 저장 물질은 C의 성질을 이용한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 [2023-0180] 표는 물체 A, B, C가 2가지 특징에 해당되는지의 여부를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 강자성체, 상자성체, 반자성체 중 하나이다.

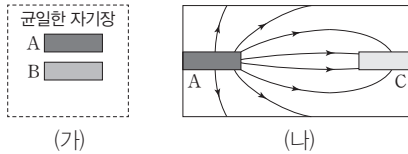
특징 \ 물체	A	B	C
외부 자기장의 방향으로 자기화된다.	×	○	○
외부 자기장이 사라져도 자성이 오래 유지된다.	×	○	×

(○: 해당됨, ×: 해당되지 않음)

A, B, C로 옳은 것은?

- | A | B | C |
|--------|------|------|
| ① 강자성체 | 반자성체 | 상자성체 |
| ② 강자성체 | 상자성체 | 반자성체 |
| ③ 반자성체 | 상자성체 | 강자성체 |
| ④ 반자성체 | 강자성체 | 상자성체 |
| ⑤ 상자성체 | 강자성체 | 반자성체 |

13 [22023-0181] 그림 (가)와 같이 물체 A, B를 균일한 자기장 영역에 넣어 자기화시켰다. 그림 (나)는 (가)의 A를 꺼내어 자기화되지 않은 물체 C에 가까이하였을 때 A와 C가 만드는 자기력선의 일부를 나타낸 것이다. A, B, C는 강자성체, 상자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.

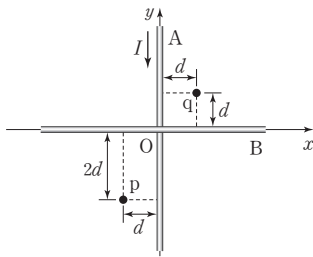


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 강자성체이다.
 - ㄴ. (나)에서 A 대신에 B를 C에 가까이하면 B와 C 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
 - ㄷ. C는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22023-0182] 그림과 같이 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 xy 평면의 y 축과 x 축에 각각 고정되어 있고, A에는 세기가 I 인 전류가 $-y$ 방향으로 흐른다. p, q 는 xy 평면상의 점이고 p 에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

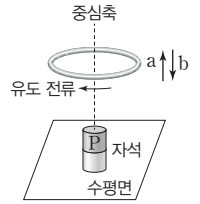


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은 $-x$ 방향이다.
 - ㄴ. B에 흐르는 전류의 세기는 $2I$ 보다 크다.
 - ㄷ. A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 p 에서 q 에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22023-0183] 그림과 같이 수평면에 놓인 자석의 중심축상에 고정된 원형 도선을 자석의 중심축을 따라 a 방향으로 운동시킬 때 원형 도선에는 화살표 방향으로 유도 전류가 흐른다.



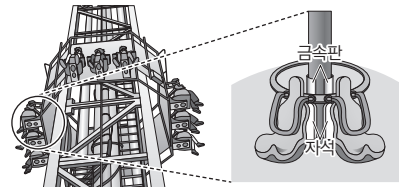
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 원형 도선이 a 방향으로 운동할 때 원형 도선을 통과하는 자석에 의한 자기 선속은 감소한다.
 - ㄴ. 자석의 P는 S극이다.
 - ㄷ. 원형 도선을 b 방향으로 운동시킬 때, 수평면이 자석을 떠받치는 힘의 크기는 자석의 무게보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22023-0184] 다음은 낙하하는 놀이 기구에 적용된 전자기 유도 현상에 대한 설명이다.

의자가 기둥의 상단부를 지날 때는 의자의 속력이 증가하지만, 의자가 기둥의 하단부에 부착된 금속판에 가까워질 때는 ㉠ 의자 뒤에 부착된 자석과 ㉡ 기둥에 부착된 금속판 사이에 작용하는 자기력에 의해 의자의 속력이 감소하게 된다.



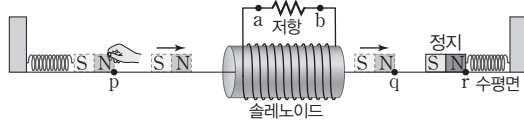
<낙하하는 놀이 기구>

의자가 기둥의 하단부에 부착된 금속판에 가까워지는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠에 의해 ㉡을 통과하는 자기 선속은 변하지 않는다.
 - ㄴ. ㉡에는 유도 전류가 흐른다.
 - ㄷ. ㉠과 ㉡ 사이에 작용하는 자기력의 방향은 서로 당기는 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

17 [22023-0185] 그림은 압축된 용수철에 연결되어 점 p에 정지한 막대자석을 가만히 놓았을 때 막대자석이 마찰이 없는 수평면을 따라 점 q를 지나 점 r에서 용수철을 압축시켜 정지한 순간의 모습을 나타낸 것이다. p, q, r는 솔레노이드의 중심축상의 점이다.



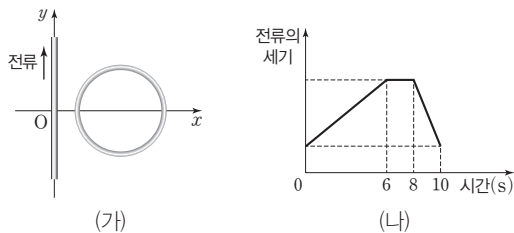
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철에 작용하는 자기력과 막대자석의 크기, 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 막대자석이 p에 정지해 있을 때 솔레노이드에는 유도 전류가 흐르지 않는다.
- ㄴ. 막대자석이 q를 지날 때, 유도 전류는 b → 저항 → a 방향으로 흐른다.
- ㄷ. 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 막대자석의 위치가 p일 때가 r일 때보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

18 [22023-0186] 그림 (가)와 같이 +y 방향으로 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선이 y축에 고정되어 있고, 원형 도선이 xy 평면에 고정되어 있다. 그림 (나)는 직선 도선에 흐르는 전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



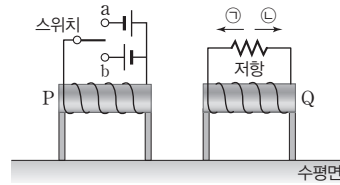
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 3초일 때, 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㄴ. 7초일 때, 원형 도선에는 유도 전류가 흐르지 않는다.
- ㄷ. 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 3초일 때가 9초일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

19 [22023-0187] 그림과 같이 두 전원과 연결된 솔레노이드 P와 저항이 연결된 솔레노이드 Q가 각각 수평면에 고정되어 있다.

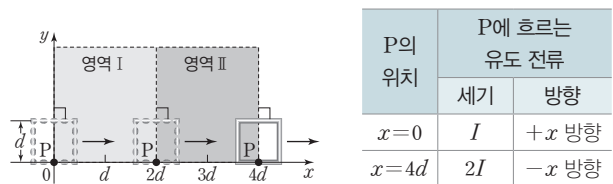


스위치를 a에 연결하는 순간 저항에 흐르는 전류의 방향과 스위치를 b에 연결하는 순간 P와 Q 사이에 작용하는 자기력의 방향으로 옳은 것은? (단, P, Q의 중심축은 동일 직선상에 놓여 있다.)

스위치를 a에 연결하는 순간 스위치를 b에 연결하는 순간
저항에 흐르는 전류의 방향 P와 Q 사이에 작용하는 자기력

- ① ⊖ 방향 자기력이 작용하지 않음
- ② ⊖ 방향 서로 당기는 방향
- ③ ⊖ 방향 서로 밀어내는 방향
- ④ ⊕ 방향 서로 당기는 방향
- ⑤ ⊕ 방향 서로 밀어내는 방향

20 [22023-0188] 그림과 같이 한 변의 길이가 d인 정사각형 금속 고리가 xy 평면에서 +x 방향으로 자기장 영역 I, II를 일정한 속력으로 통과한다. I, II에서 자기장의 세기는 각각 균일하고 방향은 모두 xy 평면에 수직인 방향이다. 표는 금속 고리의 한 점 P의 위치에 따른 P에서의 유도 전류의 세기와 방향을 나타낸 것이다.



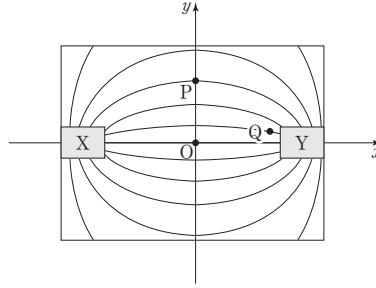
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. II에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. 자기장의 세기는 I에서가 II에서보다 크다.
- ㄷ. P가 $x=2d$ 를 지날 때, P에 흐르는 유도 전류의 세기는 I 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01 [22023-0189] 그림은 xy 평면에서 원점 O로부터 같은 거리만큼 떨어져 x 축상에 고정되어 있는 두 막대자석의 극 X, Y가 만드는 자기력선의 일부를 방향 표시 없이 나타낸 것이다. X, Y는 각각 막대자석의 N극과 S극 중 하나이고, y 축상의 점 P에서 X와 Y에 의한 자기장의 방향은 $-x$ 방향이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

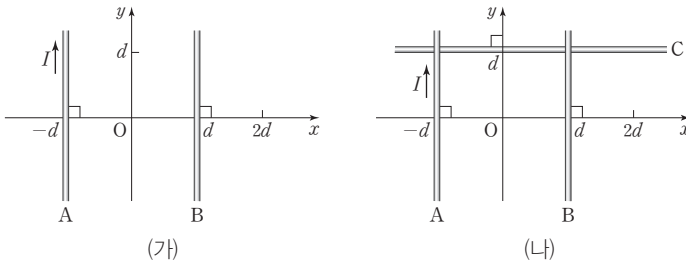


P에서 그은 접선 방향이 P에서 자기장의 방향이다.

- 보기
- ㄱ. X는 N극이다.
 - ㄴ. X와 Y는 서로 당기는 자기력이 작용한다.
 - ㄷ. 자기장의 세기는 Q에서가 P에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0190] 그림 (가)와 같이 xy 평면에서 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 y 축과 나란하게 각각 $x = -d, x = d$ 에 고정되어 있다. A에 흐르는 전류의 방향은 $+y$ 방향이고 세기는 I 이며, $x = 2d$ 에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 C가 x 축과 나란하게 $y = d$ 에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. (나)의 원점 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.



(가)의 $x = 2d$ 에서 자기장이 0이면 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.

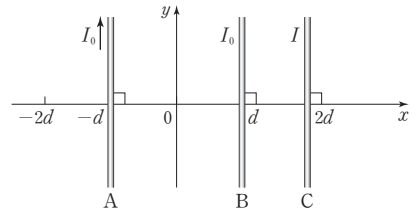
C에 흐르는 전류의 방향과 세기로 옳은 것은?

- | 전류의 방향 | 전류의 세기 | 전류의 방향 | 전류의 세기 |
|-----------|----------------|-----------|----------------|
| ① $+x$ 방향 | $\frac{3}{4}I$ | ② $+x$ 방향 | $\frac{4}{3}I$ |
| ③ $-x$ 방향 | $\frac{3}{4}I$ | ④ $-x$ 방향 | $\frac{4}{3}I$ |
| ⑤ $-x$ 방향 | $\frac{5}{3}I$ | | |

$x=0$ 에서 A, B까지 떨어진 거리가 같고 A, B에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 A, B에 흐르는 전류의 방향은 반대 방향이어야 한다.

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 도선의 왼쪽에서는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고 도선의 오른쪽에서는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

03 [22023-0191] 그림과 같이 xy 평면에서 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 y 축과 나란하게 각각 $x=-d$, $x=d$, $x=2d$ 인 지점에 고정되어 있다. A에는 세기가 I_0 으로 일정한 전류가 $+y$ 방향으로 흐르고 B, C에는 각각 세기가 I_0 , I 로 일정한 전류가 흐른다. $x=0$ 에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.



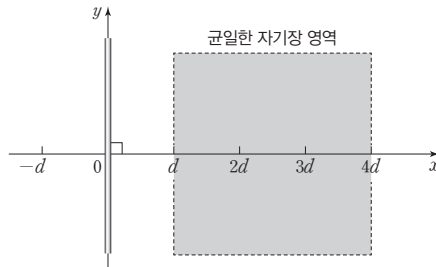
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은 $-y$ 방향이다.
- ㄴ. $I=2I_0$ 이다.
- ㄷ. $x=-2d$ 에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22023-0192] 그림과 같이 xy 평면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역 주위에 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선이 y 축에 고정되어 있다. $x=-d$ 에서와 $x=2d$ 에서 자기장의 세기는 B_0 으로 같고, 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 같다.

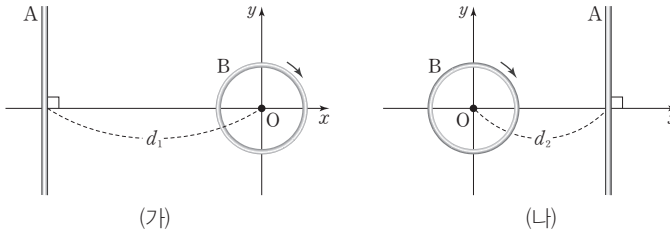


$x=3d$ 에서 자기장의 세기와 방향으로 옳은 것은? (단, 지구 자기장은 무시한다.)

- | 자기장의 세기 | 자기장의 방향 |
|---------------------|-----------------------|
| ① $\frac{7}{6}B_0$ | xy 평면에서 수직으로 나오는 방향 |
| ② $\frac{7}{6}B_0$ | xy 평면에 수직으로 들어가는 방향 |
| ③ $\frac{9}{6}B_0$ | xy 평면에서 수직으로 나오는 방향 |
| ④ $\frac{11}{6}B_0$ | xy 평면에서 수직으로 나오는 방향 |
| ⑤ $\frac{11}{6}B_0$ | xy 평면에 수직으로 들어가는 방향 |

05 [2023-0193]

그림 (가)와 같이 시계 방향으로 일정한 세기의 전류가 흐르는 원점 O 가 중심인 원형 도선 B 가 xy 평면에 고정되어 있고, O 로부터 $-x$ 방향으로 d_1 만큼 떨어진 지점에 세기와 방향이 일정한 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A 가 y 축과 나란하게 고정되어 있다. 그림 (나)는 (가)에서 A 를 O 로부터 $+x$ 방향으로 d_2 만큼 떨어진 지점으로 이동하여 y 축과 나란하게 고정시킨 모습을 나타낸 것이다. $d_1 > d_2$ 이고, O 에서 A, B 에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

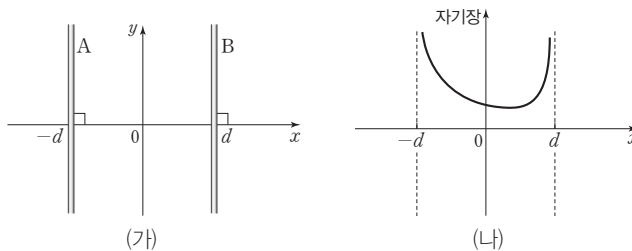
보기

- ㄱ. (가)의 O 에서 A, B 에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄴ. A 에 흐르는 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.
- ㄷ. (나)의 O 에서 A 에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 B 에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [2023-0194]

그림 (가)와 같이 xy 평면에서 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B 가 $x = -d, x = d$ 에 각각 고정되어 있다. 그림 (나)는 $-d < x < d$ 영역에서 A, B 에 흐르는 전류에 의한 자기장에 따라 나타낸 것이다. 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이 (+)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A 에 흐르는 전류의 방향은 $-y$ 방향이다.
- ㄴ. 직선 도선에 흐르는 전류의 세기는 A 에서가 B 에서보다 작다.
- ㄷ. A, B 에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 지점은 $x < -d$ 영역에 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

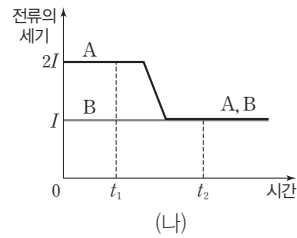
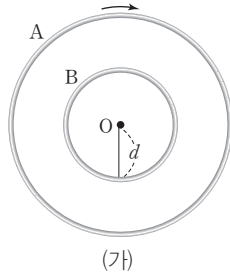
O 에서 A, B 에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 같으려면 (가)에서는 A, B 각각에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같은 방향이어야 하고, (나)에서는 A, B 각각에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 반대 방향이어야 한다.

A, B 에 흐르는 전류의 방향이 서로 반대이면 A, B 에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 지점은 두 도선의 바깥쪽에 위치한다.

t_1 일 때 O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이므로, A, B 각각에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 서로 반대이다.

07 [22023-0195]

그림 (가)와 같이 중심이 O로 같은 원형 도선 A, B가 종이면에 고정되어 있다. A에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이고, B의 반지름은 d 이다. 그림 (나)는 A, B에 흐르는 전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다. B에 흐르는 전류의 방향은 일정하고 t_1 일 때, O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

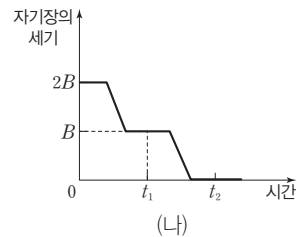
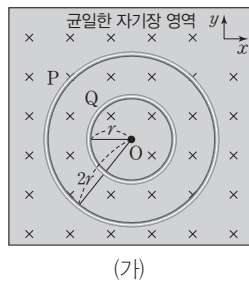
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.
- ㄴ. A의 반지름은 $2d$ 이다.
- ㄷ. t_2 일 때, O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 원형 도선의 반지름에 반비례하므로, O에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기보다 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 크다.

08 [22023-0196]

그림 (가)와 같이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역에 중심이 O로 같은 원형 도선 P, Q가 xy 평면에 고정되어 있다. P, Q에 흐르는 전류의 방향은 반대이고 전류의 세기는 같다. 그림 (나)는 균일한 자기장 영역의 자기장의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다. t_1 일 때, O에서 자기장은 0이다.



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

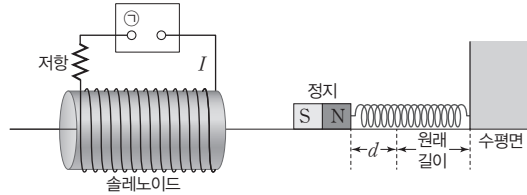
보기

- ㄱ. P에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㄴ. t_1 일 때, O에서 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B$ 이다.
- ㄷ. O에서 자기장의 세기는 시간이 0일 때와 t_2 일 때가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [2023-0197]

그림과 같이 고정된 솔레노이드에 일정한 세기의 전류 I 를 흘려 주었더니, 막대자석이 연결된 용수철이 원래 길이에서 수평 방향으로 d 만큼 늘어나 정지하였다.



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

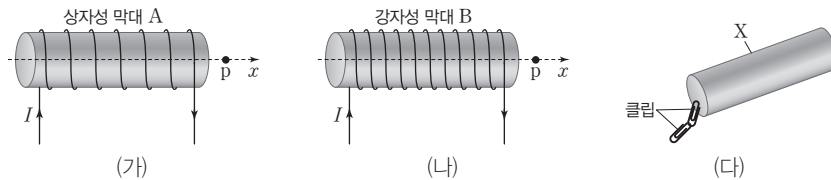
보기

- ㄱ. 솔레노이드와 막대자석 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.
- ㄴ. 전원 단자의 \ominus 은 (+)극이다.
- ㄷ. 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 $2I$ 일 때, 용수철이 늘어난 길이는 d 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

10 [2023-0198]

그림 (가), (나)와 같이 모양이 같고 자기화되지 않은 상자성 막대 A와 강자성 막대 B를 일정한 세기의 전류 I 가 흐르는 솔레노이드에 넣고 자기화시켰다. 솔레노이드의 단위 길이당 도선이 감긴 수는 (가)에서가 (나)에서보다 작고, A, B의 중심축은 x 축이며 x 축상의 점 p가 A, B로부터 떨어진 거리는 같다. 그림 (다)와 같이 자기화되지 않은 클립에 막대 X를 가까이하였더니 클립이 달라붙었다. X는 A와 B 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 p에서 자기장의 방향은 $-x$ 방향이다.
- ㄴ. p에서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ㄷ. X는 A이다.

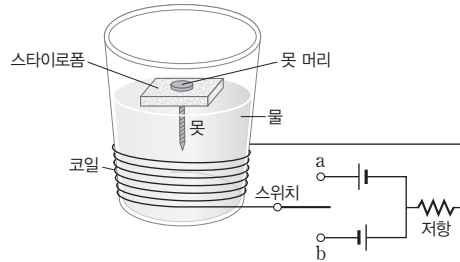
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 네 손가락을 감아칠 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.

솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 같을 때, 단위 길이당 도선의 감은 수가 클수록 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 크다.

스위치를 a에 연결할 때 못과 코일 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.

11 [22023-0199] 그림은 물이 담긴 컵에 코일을 감고 물 위에 자기화되지 않은 못이 고정된 스타이로폼이 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 스위치를 a에 연결하였다니 스타이로폼이 가라앉았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자기력은 코일과 못 사이에만 작용한다.)

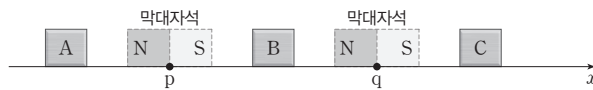
보기

- ㄱ. 못은 반자성체이다.
- ㄴ. 스위치를 a에 연결하면, 못 머리는 S극으로 자기화된다.
- ㄷ. 못이 자기화되지 않은 상태에서 스위치를 b에 연결하면, 스타이로폼이 위로 떠오른다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

막대자석의 위치가 p일 때 A, B는 막대자석과 서로 당기는 자기력이 작용하여 운동한다.

12 [22023-0200] 그림과 같이 자기화되지 않은 물체 A, B, C가 x 축상에 놓여 정지해 있다. 표는 막대자석의 S극을 $+x$ 방향으로 향하게 하여 막대자석을 x 축상의 점 p 또는 점 q에 고정시킬 때 A, B, C의 운동 방향을 나타낸 것이다. B는 강자성체이고 A, C는 반자성체, 상자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



막대자석의 위치	운동 방향		
	A	B	C
p	$+x$	$-x$	$+x$
q	㉠	$+x$	㉡

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

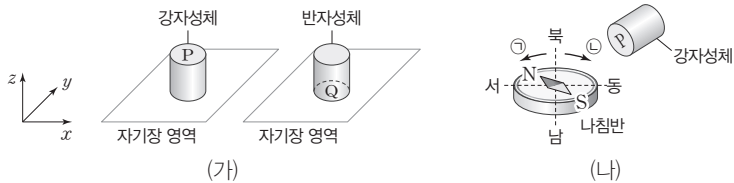
보기

- ㄱ. A는 상자성체이다.
- ㄴ. ㉠과 ㉡은 같은 방향이다.
- ㄷ. 막대자석의 N극을 $+x$ 방향으로 하여 막대자석을 q에 고정시킬 때, C의 운동 방향은 $+x$ 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [22023-0201]

그림 (가)와 같이 z 축과 나란한 방향의 동일한 자기장 영역에 강자성체, 반자성체를 각각 넣어 자기화시켰다. 그림 (나)와 같이 (가)의 강자성체를 균일한 자기장 영역에서 꺼내어 P면이 나침반을 향하게 하여 나침반에 가까이하였더니 나침반의 N극이 ㉠ 방향으로 회전하여 정지하였다.



(나)에서 강자성체와 나침반의 N극은 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

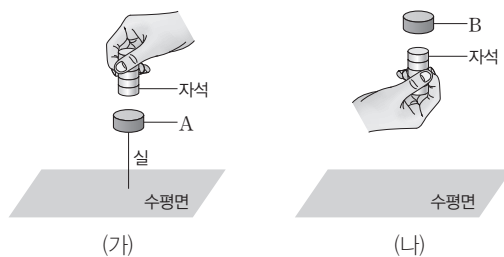
보기

- ㄱ. (가)에서 균일한 자기장의 방향은 $+z$ 방향이다.
- ㄴ. (가)에서 반자성체의 Q면은 N극으로 자기화된다.
- ㄷ. (나)에서 (가)의 반자성체의 Q면이 나침반을 향하게 하여 나침반에 가까이하면 나침반의 N극은 ㉡ 방향으로 회전한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22023-0202]

그림 (가), (나)는 물체 A, B가 자기장의 세기가 큰 자석에 의해 공중에 떠 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B는 강자성체와 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



(가)에서 자석과 A 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용하고, (나)에서 자석과 B 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

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

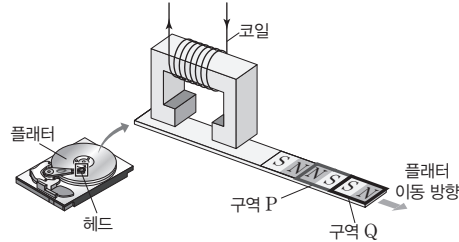
보기

- ㄱ. A는 자석의 자기장 방향으로 자기화된다.
- ㄴ. (가)에서 A에 작용하는 자석에 의한 자기력의 방향은 (나)에서 B에 작용하는 자석에 의한 자기력의 방향과 반대이다.
- ㄷ. B는 하드 디스크의 정보 저장 물질로 사용될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

하드 디스크는 플래터의 표면에 입혀진 강자성체에 이용하여 정보를 기록한다.

15 [22023-0203] 그림은 하드 디스크에서 헤드의 코일에 흐르는 전류를 이용하여 플래터의 표면에 입혀진 물질에 정보를 기록하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 플래터의 표면에 입혀진 물질은 외부 자기장이 사라져도 자성이 오래 유지된다.
 - ㄴ. 구역 P와 구역 Q가 기록될 때 코일에 흐르는 전류의 방향은 반대이다.
 - ㄷ. 코일에 전류가 흐를 때, 플래터의 이동 방향이 반대 방향이 되어도 정보를 기록할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

버스의 내부 코일을 통과하는 자기장(자기 선속)이 시간에 따라 변하면 내부 코일에는 유도 전류가 흐른다.

16 [22023-0204] 다음은 무선으로 충전되는 버스에 대한 설명이다.

시간에 따라 크기와 방향이 변하는 자기장을 발생시키는 전력 공급 장치가 매설된 도로에 버스가 정차나 주차하였을 때 버스 내부의 코일에 유도 전류가 흘러 충전이 이루어진다. 그림과 같이 어느 순간 전력 공급 장치에서 발생한 자기장이 위 방향이고 버스 내부 코일을 통과하는 자기 선속이 \ominus 하고 있으면, 버스 내부 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 a 방향이다.

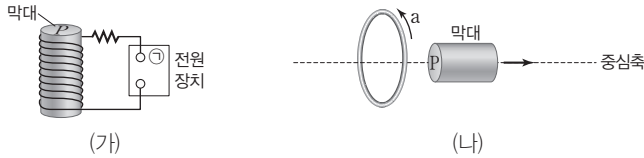
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 무선 충전은 전자기 유도 현상을 이용한다.
 - ㄴ. \ominus 은 '증가'가 적절하다.
 - ㄷ. 내부 코일에 a 방향으로 유도 전류가 흐를 때, 버스 내부 코일과 전력 공급 장치 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 [22023-0205]

그림 (가)와 같이 막대를 솔레노이드에 넣어 자기화시켰다. 그림 (나)와 같이 (가)의 막대가 원형 도선의 중심축을 따라 원형 도선으로부터 멀어지는 동안 원형 도선에는 a 방향으로 유도 전류가 흐른다. 막대는 강자성체, 반자성체, 상자성체 중 하나이다.



(나)에서 원형 도선으로부터 막대가 멀어지면 원형 도선과 막대 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

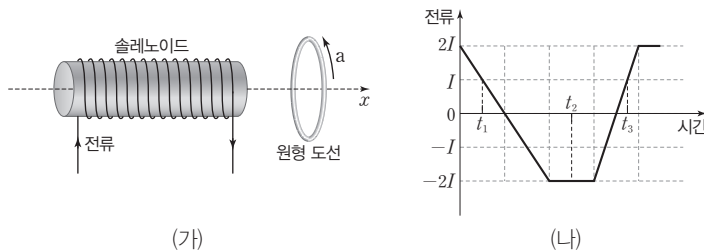
보기

- ㄱ. 막대는 상자성체이다.
- ㄴ. (가)에서 막대의 P면은 N극으로 자기화된다.
- ㄷ. 전원 단자의 ⊕은 (+)극이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [22023-0206]

그림 (가)는 중심축이 x 축인 솔레노이드와 중심이 x 축상에 있는 원형 도선이 각각 x 축에 고정되어 있고, t_1 일 때 솔레노이드에 화살표 방향으로 전류가 흐르는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 솔레노이드에 흐르는 전류를 시간에 따라 나타낸 것이다.



단위 시간당 솔레노이드에 흐르는 전류의 변화율이 클수록 원형 도선을 통과하는 솔레노이드에 의한 자기장(자기 선속)의 변화율이 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

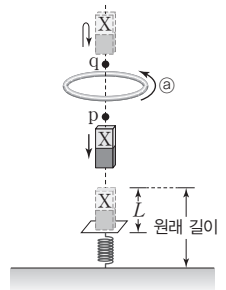
- ㄱ. t_1 일 때, 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 a 방향이다.
- ㄴ. t_2 일 때, 원형 도선에는 유도 전류가 흐르지 않는다.
- ㄷ. 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

원형 도선을 통과하는 막대자석에 의한 자기 선속이 감소하면 원형 도선에는 감소하는 자기 선속을 증가시키는 방향으로 유도 전류가 흐른다.

스위치를 연결하는 순간 Q를 통과하는 P에 흐르는 전류에 의한 자기 선속은 증가한다.

19 [22023-0207] 그림과 같이 막대자석이 놓인 용수철을 원래 길이로부터 L 만큼 압축시켰다가 놓았더니 막대자석이 점 p를 통과한 후 고정된 원형 도선과 점 q를 지나 올라갔다 다시 내려온다. p, q는 원형 도선의 중심축상의 점이고, 막대자석이 연직 아래로 p를 통과할 때 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 ㉠ 방향이다.



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

보기

ㄱ. 막대자석의 X는 N극이다.
 ㄴ. 막대자석이 연직 위로 q를 지날 때 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 ㉠ 방향이다.
 ㄷ. 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 막대자석이 연직 위로 q를 지날 때가 연직 아래로 q를 지날 때보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 [22023-0208] 다음은 전자기 유도에 대한 실험 과정과 실험 결과의 일부이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 전원 장치가 연결된 솔레노이드 P를 책상에 고정하고 검류계가 연결된 솔레노이드 Q를 P에 가까이하여 P의 중심축상에 고정한다.

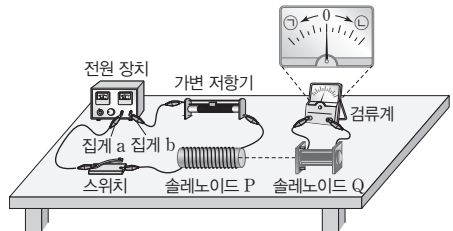
(나) 스위치를 연결하는 순간 검류계의 바늘이 회전하는 방향과 바늘이 회전한 각도의 최댓값을 측정한다.

(다) (가)에서 집게 a, b의 위치만을 서로 바꾸고 스위치를 연결하는 순간 검류계의 바늘이 회전하는 방향을 측정한다.

(라) (가)에서 P의 단위 길이당 도선의 감은 수만 2배로 바꾸고 스위치를 연결하는 순간 검류계의 바늘이 회전하는 각도의 최댓값을 측정한다.

[실험 결과]

과정	검류계 바늘이 회전하는 방향	검류계 바늘이 회전하는 각도의 최댓값
(나)	㉠ 방향	θ



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

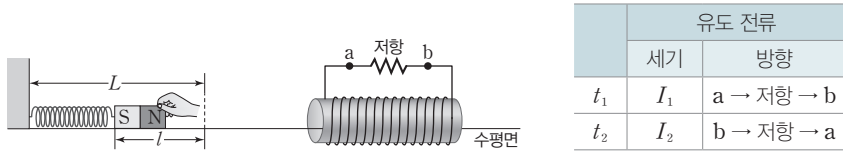
보기

ㄱ. (나)에서 스위치를 연결하는 순간 P와 Q 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
 ㄴ. (다)의 결과 검류계 바늘이 회전하는 방향은 ㉡ 방향이다.
 ㄷ. (라)의 결과 검류계 바늘이 회전하는 각도의 최댓값은 θ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

21 [22023-0209]

그림과 같이 원래 길이 L 에서 l 만큼 압축된 용수철에 막대자석이 연결되어 수평면에 정지해 있다. 표는 막대자석을 가만히 놓아 막대자석이 진동하는 동안 t_1 일 때와 t_2 일 때 솔레노이드에 흐르는 유도 전류의 세기와 방향을 나타낸 것이다. t_1, t_2 일 때 용수철의 길이는 L 이고, $t_1 < t_2$ 이다.



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

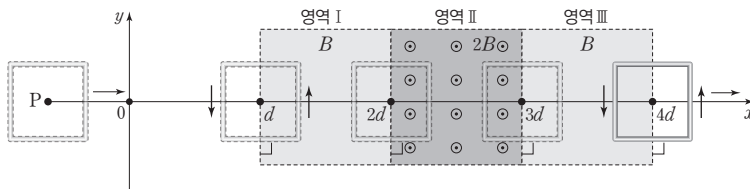
보기

- ㄱ. $I_1 > I_2$ 이다.
- ㄴ. t_1 일 때, 막대자석은 솔레노이드와 멀어지는 방향으로 운동한다.
- ㄷ. t_2 일 때, 솔레노이드를 통과하는 막대자석에 의한 자기 선속은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

22 [22023-0210]

그림과 같이 정사각형 금속 고리가 xy 평면에서 $+x$ 방향으로 자기장 영역 I, II, III을 일정한 속력으로 통과한다. I, II, III에서 자기장의 세기는 각각 $B, 2B, B$ 로 균일하고, I, III에서 자기장의 방향은 모두 xy 평면에 수직인 방향이며, II에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 금속 고리의 중심 P가 각각 $x=d, x=4d$ 를 지날 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. I에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄴ. P가 $x=2d$ 를 지날 때, 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㄷ. 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 P가 $x=2d$ 를 지날 때가 $x=3d$ 를 지날 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

솔레노이드에 흐르는 유도 전류에 의한 자기장의 방향은 유도 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 네 손가락을 감아칠 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.

금속 고리가 자기장 영역에 진입할 때 자기장(자기 선속)의 변화를 방해하는 방향으로 금속 고리에는 유도 전류가 흐른다.

III

파동과 정보 통신

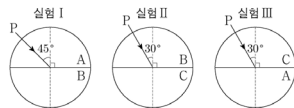
2022학년도 대학수학능력시험 11번

11. 다음은 빛의 성질을 알아보는 실험이다.

[실험 과정]

(가) 반원형 매질 A, B, C를 준비한다.

(나) 그림과 같이 반원형 매질을 서로 붙여 놓고 단색광 P를 입사시켜 입사각과 굴절각을 측정한다.



[실험 결과]

실험	입사각	굴절각
I	45°	30°
II	30°	25°
III	30°	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 45°보다 크다.
- ㄴ. P의 파장은 A에서 B에서보다 짧다.
- ㄷ. 입계각은 P가 B에서 A로 진행할 때가 C에서 A로 진행할 때보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 170쪽 06번

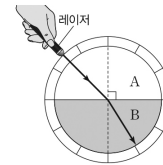
[21023-0216]

06 다음은 빛의 굴절 현상에 대해 탐구한 내용이다.

DATE, 2021년 ○월 ○일

[탐구 내용]

- 그림과 같이 매질 A에서 매질 B 쪽으로 레이저의 단색광을 입사각이 각각 45°, 60°가 되도록 입사시키고 단색광의 굴절각을 측정한다.



실험	입사각	굴절각
I	45°	32°
II	60°	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보 기]

- ㄱ. 굴절률은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. $60^\circ > \text{㉠} > 32^\circ$ 이다.
- ㄷ. 단색광의 속력은 A에서 B에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 11번 문항은 수능특강 170쪽 6번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 반원형 매질에서 단색광을 입사시켜 측정된 입사각과 굴절각을 실험 결과로 제시하고 파동의 굴절에 대한 내용을 묻는다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능특강 6번 문항에서는 2개의 매질 A, B의 굴절률, 단색광의 속력, 매질에 따른 입사각과 굴절각의 관계에 대한 개념의 이해 정도를 물어보고 있으나, 수능 11번 문항에서는 매질에 따른 입사각과 굴절각의 관계뿐만 아니라 매질 A, B, C의 실험 결과로 A, B, C의 굴절률을 비교하여 굴절률의 차이에 따른 입계각의 크기를 비교한다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

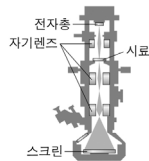
매질 A, B를 제시한 수능특강 170쪽 6번 문항과 달리 수능 11번 문항에서는 매질 A, B, C를 제시하여 파동의 굴절 관계뿐만 아니라 A, B, C의 굴절률의 차이를 이용한 입계각의 크기 비교까지 묻고 있다. 따라서 연계 교재를 학습할 때, 단순히 답을 찾는 데 그치지 않고 각 단원에서 제시하는 개념들의 연관 관계에 대해서도 깊이 있게 학습하는 자세가 필요하다. 또한 소리의 굴절, 신기루, 렌즈, 수심이 얇아 보이는 현상과 같은 생활 속 굴절 현상의 문항에 대해서도 철저히 대비할 필요가 있다.

수능 _ EBS 교재 연계 사례

2022학년도 대수능 6월 모의평가 04번

4. 그림은 투과 전자 현미경(TEM)의 구조를 나타낸 것이다. 전자총에서 방출된 전자의 운동 에너지가 E_0 이면 물질파 파장은 λ_0 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]



<보기>

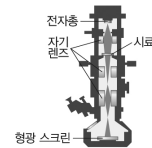
- ㄱ. 시료를 투과하는 전자기파에 의해 스크린에 상이 만들어진다.
 ㄴ. 자기렌즈는 자기장을 이용하여 전자의 진행 경로를 바꾼다.
 ㄷ. 운동 에너지가 $2E_0$ 인 전자의 물질파 파장은 $\frac{1}{2}\lambda_0$ 이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 201쪽 16번

- [21023-0282]
 16 그림은 투과 전자 현미경(TEM)의 구조를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

- ㄱ. 전자가 시료를 통과할 때 산란되는 정도가 달라지는 현상을 이용한다.
 ㄴ. 시료를 두껍게 만들수록 내부 구조를 더욱 선명하게 관찰할 수 있다.
 ㄷ. 시료 표면의 3차원적 구조를 관찰하는 데 주로 사용된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

연계 분석

6월 모의평가 4번 문항은 수능특강 201쪽 16번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 제시된 투과 전자 현미경(TEM)의 원리에 대해서 묻는다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능특강 201쪽 16번 문항에서는 투과 전자 현미경의 원리와 분해능에 대해서 물어보고 있으나, 6월 모의평가 4번 문항은 투과 전자 현미경의 원리뿐만 아니라 전자총에서 방출된 전자의 운동 에너지와 물질파 파장의 관계를 정량적으로 물어보았다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

빛과 물질의 이중성 단원은 광전 효과와 물질파 파장의 개념 이해 정도를 명확하게 물어보는 지식형 문항이 다수 출제된다. 따라서 연계 교재의 문항을 풀 때, 그 문항의 보기뿐만 아니라 추가로 물어볼 수 있는 내용들을 더 생각해보는 습관을 길러 연계 교재 내용을 변형시킨 문항에 대해서도 철저히 대비할 필요가 있다. 그리고 6월 모의평가 4번 문항처럼 전자의 운동 에너지와 물질파 파장의 관계를 정량적인 관계로 물어보는 문제들이 출제될 수 있으므로 물질파 파장과 운동 에너지의 관계를 나타내는 수식의 암기도 필요하다.

개념 체크

- 파동: 공간이나 물질의 한 지점에서 발생한 진동이 주위로 퍼져 나가는 현상이다.
- 파장: 이웃한 마루와 마루 또는 골과 골 사이의 거리이다.
- 파동의 진행 속도: $v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$

1. 종파는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 (수직인, 나란한) 파동이다.
2. 매질의 한 점이 1초 동안 진동하는 횟수를 () 라고 한다.
3. 파동의 속도, 주기, 파장 중에서 매질이 달라져도 변하지 않는 물리량은 ()이다.
4. 파동의 파장이 0.2 m이고, 진동수가 10 Hz이면 파동의 진행 속력은 () m/s이다.
5. ()은 매질의 각 점들의 위치와 진동 상태를 나타내는 물리량이다. 한 파동에 있는 마루와 골은 ()이 서로 (같다, 반대)이다.

정답


1. 나란한
2. 진동수
3. 주기
4. 2
5. 위상, 위상, 반대이다

1 파동의 진행과 굴절

(1) 파동의 특성

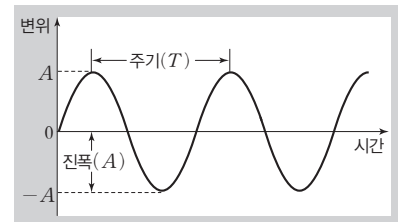
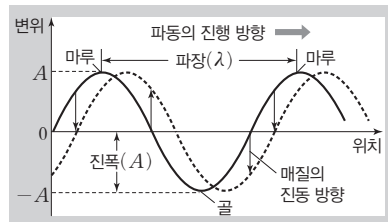
- ① 파동: 공간이나 물질의 한 지점에서 발생한 진동이 주위로 퍼져 나가는 현상이다.
 - 매질: 용수철이나 물과 같이 파동을 전달해 주는 물질로, 파동이 전파될 때 매질은 제자리에서 진동만 할 뿐 파동과 함께 이동하지 않는다.
 - 전자기파는 매질이 없는 공간에서도 전기장과 자기장의 진동으로 전파된다.

② 파동의 종류

횡파	종파
파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 수직인 파동	파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 나란한 파동
	
예) 지진파의 S파, 전자기파 등	예) 지진파의 P파, 소리(초음파) 등

③ 파동의 표현

- 파장(λ): 매질의 각 점이 한 번 진동하는 동안 파동이 진행한 거리, 즉 이웃한 마루와 마루 또는 골과 골 사이의 거리
- 진폭(A): 매질의 최대 변위의 크기, 즉 매질의 진동 중심으로부터 마루 또는 골까지의 수직 거리
- 주기(T): 매질의 각 점이 한 번 진동하는 데 걸리는 시간, 즉 파동이 진행할 때 매질의 한 점이 마루가 되고 다음 마루가 되는 데까지 걸리는 시간 [단위: s]
- 진동수(f): 매질의 한 점이 1초 동안 진동하는 횟수 [단위: Hz] $\Rightarrow f = \frac{1}{T}$ 또는 $T = \frac{1}{f}$
- 위상: 매질의 각 점들의 위치와 진동(운동) 상태를 나타내는 물리량으로, 한 파동에 있는 마루들은 위상이 서로 같고, 마루와 골은 위상이 서로 반대이다.
- 주기와 진동수는 파동을 발생시키는 파원에서 결정된다. 즉, 매질이 달라져도 주기와 진동수는 변하지 않는다.



- ④ 파동의 진행 속도: 파동은 한 주기(T) 동안 한 파장(λ)만큼 진행하므로 파동의 진행 속력은 파장(λ)을 주기(T)로 나눈 값이다.

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

• 줄에서의 속력

① 줄의 재질과 굵기가 같을 때



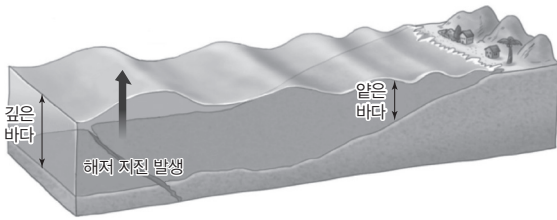
매질이 같으므로 파동의 속력이 같고, 속력이 같으므로 진동수가 증가하면 파장이 짧아진다.

② 줄의 재질은 같고 굵기가 다를 때



굵은 줄에서 가는 줄로 진행할 때, 파동의 진동수는 변하지 않고 속력은 빨라지고 파장은 길어진다.

• 물결파의 속력



물결파는 수심이 깊을수록 속력이 빠르다. 해저 지진으로 발생한 지진 해일이 육지 쪽으로 진행하면 수심이 얕아지므로 속력은 느려지고 파장은 짧아진다.

• 소리의 속력

- ① 기체에서의 속력: 소리는 기체의 한 부분에서의 압력 변화가 주위로 전파되는 것으로, 이때 기체의 온도가 높을수록 소리의 속력이 빠르다. $\Rightarrow v_{\text{고온}} > v_{\text{저온}}$
- ② 매질의 상태에 따른 속력: 매질의 상태에 따라 소리의 속력이 다른데, 소리의 속력은 고체에서 가장 빠르고 기체에서 가장 느리다. $\Rightarrow v_{\text{고체}} > v_{\text{액체}} > v_{\text{기체}}$

기체에서 소리의 속력(m/s)			액체에서 소리의 속력(m/s)			고체에서 소리의 속력(m/s)		
공기 (0°C)	산소 (0°C)	헬륨 (0°C)	물	메탄올	바닷물	알루미늄	구리	철
331	317	972	1490	1140	1530	5100	3560	5130

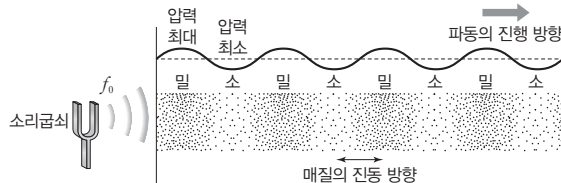
개념 체크

- **깊이에 따른 물결파의 속력:** 물결파는 수심이 깊을수록 속력이 빠르다.
- **기체의 온도에 따른 소리의 속력:** 온도가 높을수록 소리의 속력이 빠르다. $\Rightarrow v_{\text{고온}} > v_{\text{저온}}$
- **매질에 따른 소리의 속력:** 소리의 속력은 고체에서 가장 빠르고, 기체에서 가장 느리다. $\Rightarrow v_{\text{고체}} > v_{\text{액체}} > v_{\text{기체}}$
- **파동의 굴절:** 파동이 진행하다가 속력이 다른 매질을 만나면 매질의 경계면에서 파동의 진행 방향이 꺾이는 현상이다.

1. 재질이 같고 굵기가 다른 두 줄이 연결되어 있을 때 (굵은, 가는) 줄에서 (굵은, 가는) 줄로 진행할 때 파장은 길어진다.
2. 물결파는 수심이 깊을수록 속력이 (빠르다, 느리다).
3. 소리의 속력은 (고체, 액체, 기체)에서 가장 빠르다.

과학 돋보기 소리의 발생과 표현

- 소리의 발생: 그림과 같이 소리굽쇠가 진동을 하면 소리굽쇠 주변의 매질(공기)도 함께 진동하게 되고, 매질을 통해 소리가 전달된다. \Rightarrow 소리굽쇠의 진동수(f_0) = 공기의 진동수 = 사람이 듣게 되는 소리의 진동수
- 소리의 표현: 소리는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 종파이다. \Rightarrow 매질에 작용하는 압력과 위치를 이용하면 소리(종파)를 사인파로 분석할 수 있다.



(2) **파동의 굴절:** 파동이 진행할 때 속력이 다른 매질의 경계면에서 진행 방향이 변하는 현상이다.

- ① **굴절의 원인:** 매질의 종류와 상태에 따라 파동의 진행 속력이 변하기 때문이다.
 - 법선: 두 매질의 경계면에 수직인 직선
 - 입사각(i): 입사한 파동과 법선이 이루는 각

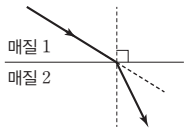
정답

1. 굵은, 가는
2. 빠르다
3. 고체

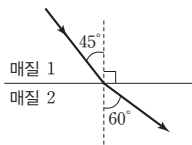
개념 체크

● 굴절 법칙(스넬 법칙): 굴절률이 n_1 인 매질 A에서 파동의 속력이 v_1 , 파장이 λ_1 이고, 굴절률이 n_2 인 매질 B에서 파동의 속력이 v_2 , 파장이 λ_2 이면, A에서 B로 진행하는 빛의 입사각과 굴절각이 각각 i , r 일 때 $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 이다.

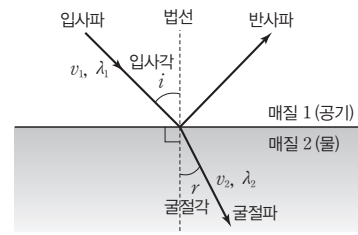
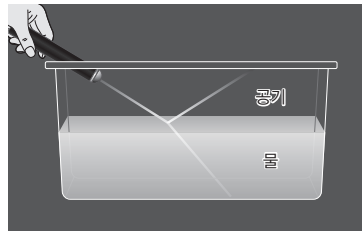
1. 파동이 속력이 느린 매질에서 속력이 빠른 매질로 입사할 때, 입사각은 굴절각보다 (크다 , 작다).
2. 진공에서 빛의 속력을 c , 매질에서 빛의 속력을 v 라고 할 때 매질의 굴절률은 ()이다.
3. 그림과 같이 파동이 매질 1에서 매질 2로 진행할 때, 매질의 굴절률은 1이 2보다 (작다 , 크다).



4. 그림과 같이 파동이 매질 1에서 속력 v_1 , 매질 2에서 속력 v_2 로 진행할 때, $\frac{v_1}{v_2}$ 는 ()이다.



- 굴절각(r): 굴절한 파동과 법선이 이루는 각
- 파동의 속력이 빠른 매질에서 느린 매질로 진행할 때 입사각(i)이 굴절각(r)보다 크고, 파동의 속력이 느린 매질에서 빠른 매질로 진행할 때 입사각(i)이 굴절각(r)보다 작다.



② 굴절 법칙(스넬 법칙)

- 굴절률(n): 매질에서 빛의 속력 v 에 대한 진공에서 빛의 속력 c 의 비

$$n = \frac{c}{v}$$

물질	진공	공기	물	에탄올	글리세린	유리	다이아몬드
굴절률	1.00	1.0003	1.33	1.36	1.47	1.5~1.9	2.42

[온도] 공기: 0 °C, 액체: 20 °C, 고체: 상온, [파장] 589.29 nm

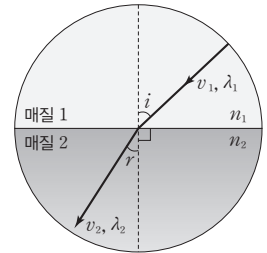
- 상대 굴절률: 매질 1의 굴절률이 n_1 , 매질 2의 굴절률이 n_2 일 때, 매질 1의 굴절률에 대한 매질 2의 굴절률(n_{12})

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

- 굴절 법칙: 매질 1에서 매질 2로 빛이 진행할 때, 매질 1의 굴절률이 n_1 , 매질 2의 굴절률이 n_2 이면 다음 관계가 성립한다.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}(\text{일정})$$

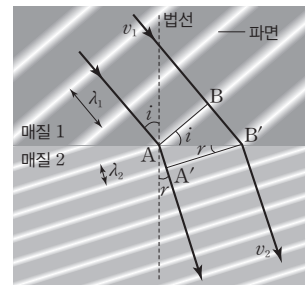
$$n_1 \sin i = n_2 \sin r: \text{굴절 법칙}$$



과학 돋보기 굴절 법칙

그림은 매질 1에서 매질 2로 진행하는 파동이 굴절하는 것을 나타낸 것으로, 같은 시간(t) 동안 파면 AB가 진행할 때 매질 2에서는 A에서 A'까지 진행하고, 매질 1에서는 B에서 B'까지 진행한다.

매질 1에서 파동의 속력과 파장이 각각 v_1, λ_1 , 매질 2에서 파동의 속력과 파장이 각각 v_2, λ_2 라면 굴절 과정에서 파동의 진동수 f 는 변하지 않으므로 $\overline{BB'} = v_1 t, v_1 = f \lambda_1, \overline{AA'} = v_2 t, v_2 = f \lambda_2$ 이다. $\overline{BB'} = \overline{AB'} \sin i$ 이고, $\overline{AA'} = \overline{AB'} \sin r$ 이므로 $\frac{\overline{BB'}}{\overline{AA'}} = \frac{v_1 t}{v_2 t} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{f \lambda_1}{f \lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin i}{\sin r}$ 이다. 따라서 $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 이다.



정답

1. 작다
2. $\frac{c}{v}$
3. 작다
4. $\sqrt{\frac{2}{3}}$

탐구자료 살펴보기 **빛이 굴절할 때의 규칙성 찾기**

과정

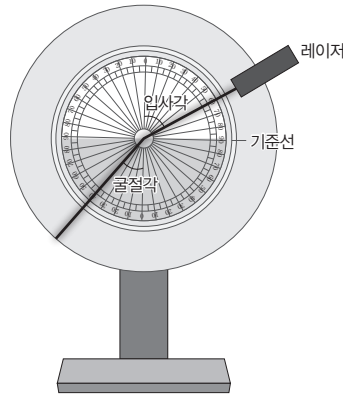
- (1) 그림과 같이 굴절 실험 장치의 물통에 물을 기준선까지 넣는다.
- (2) 입사각이 30°가 되도록 물통의 중심을 향해 레이저 빛을 비추고 빛의 진행 경로를 관찰하여 굴절각을 측정한다.
- (3) 입사각을 45°, 60°로 바꾸어 굴절각을 측정한다.

결과

입사각(°)	굴절각(°)	sin(입사각)	sin(굴절각)
30	22.1	0.5000	0.3762
45	32.1	0.7071	0.5314
60	40.6	0.8660	0.6508

point

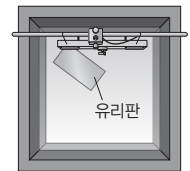
- 입사각이 증가하면 굴절각도 증가한다.
- 공기에 대한 물의 굴절률은 입사각에 관계없이 $\frac{\sin(\text{입사각})}{\sin(\text{굴절각})} \approx 1.33$ 으로 일정하다.



개념 체크

● 파동의 굴절 원인: 매질에 따라 파동의 속력이 달라지기 때문이다.

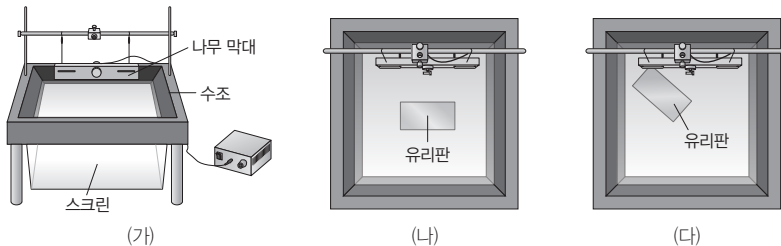
1. 빛을 공기에서 물로 입사시킬 때, 굴절각은 입사각보다 (작다 , 크다).
2. 빛을 공기에서 물로 입사시킬 때, 입사각이 변하면 공기에 대한 물의 굴절률은 (변한다 , 변하지 않는다).
3. 그림과 같이 유리판이 완전히 잠겨 있는 물결파 투영 장치에서 물결파가 유리판이 없는 곳에서 유리판이 있는 곳으로 굴절할 때 입사각은 굴절각보다 (작다 , 크다).



탐구자료 살펴보기 **물결파의 진행 방향 관찰하기**

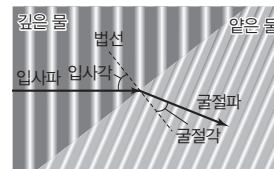
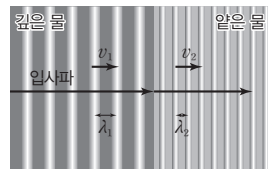
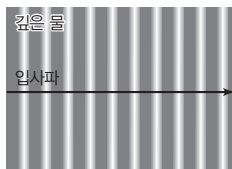
과정

- (1) 그림 (가)와 같이 물결파 투영 장치에 물을 채우고 물결파를 발생시켜 스크린에 투영된 물결파의 파면을 관찰한다.
- (2) 그림 (나)와 같이 수조 안에 유리판을 넣어 물의 깊이가 얇은 곳을 만들고 물결파를 발생시켜 스크린에 투영된 물결파의 파면을 관찰한다.
- (3) 그림 (다)와 같이 수조 안에 유리판을 비스듬히 놓고 물결파를 발생시켜 스크린에 투영된 물결파의 파면을 관찰한다.



결과

- 과정 (1)의 결과: 물결파의 파장이 일정하다.
- 과정 (2)의 결과: 물결파의 파장은 깊은 곳에서 얇은 곳에서는보다 길다.
- 과정 (3)의 결과: 물결파는 깊은 곳과 얇은 곳의 경계면에서 굴절한다.



point

- 물의 깊이가 변하지 않을 때 물결파의 속력은 일정하다.
- 물결파의 진동수는 일정하므로 물결파의 속력은 깊은 곳에서 얇은 곳에서는보다 크다. ($v_1 > v_2$, $\lambda_1 > \lambda_2$)
- 물결파는 깊은 곳에서 얇은 곳으로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크다.

정답

1. 작다
2. 변하지 않는다
3. 크다

개념 체크

- 소리의 굴절: 공기 중에서 소리는 속력이 느린(온도가 낮은) 쪽으로 굴절한다.
- 신기루: 공기의 온도에 따른 밀도의 변화로 빛의 진행 방향이 바뀌어 물체의 실제 위치가 아닌 곳에서 물체가 보이는 현상이다.

1. 공기 중에서 소리는 속력이 () 쪽으로 굴절한다.
2. 지표면이 뜨거운 사막 지역에서는 지표면 근처의 속력이 (작아져서, 커져서) 신기루에 의한 상이 (바닥, 공중)에 생긴다.
3. 빛을 모이게 하는 렌즈는 () 렌즈이고, 빛을 퍼지게 하는 렌즈는 () 렌즈이다.
4. 수심이 얇아 보이는 현상은 빛이 물속에서 공기 중으로 나올 때 굴절각이 입사각보다 (작아져서, 커져서) 생긴다.

③ 생활 속 굴절 현상

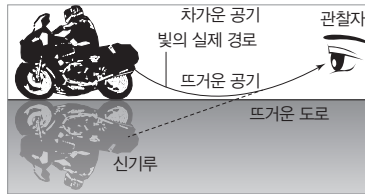
- 소리의 굴절: 공기 중에서 소리는 속력이 느린(온도가 낮은) 쪽으로 굴절한다.
- ➔ 낮에는 높이 올라갈수록 기온이 낮아지므로 소리가 위로 휘어지고, 밤에는 높이 올라갈수록 기온이 높아지므로 소리가 아래로 휘어진다.



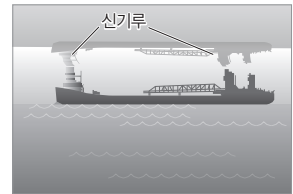
- 신기루: 공기의 온도에 따른 밀도의 변화로 빛의 진행 방향이 바뀌어 물체의 실제 위치가 아닌 곳에서 물체가 보이는 현상이다.
- ➔ 지표면이 뜨거워지면 상대적으로 위쪽 공기보다 지표면 근처의 공기 밀도가 작아지고 빛의 속력이 커져서 아래로 향하던 빛이 위로 휘어져 사람의 눈에 들어오기 때문에 바닥에서도 물체가 보이고, 추운 지방에서는 온도 변화가 반대로 나타나므로 공중을 향하던 빛이 아래로 휘어져 사람의 눈에 들어오기 때문에 공중에서도 물체가 보인다.



뜨거운 도로 위 신기루



뜨거운 도로 위 신기루의 원리

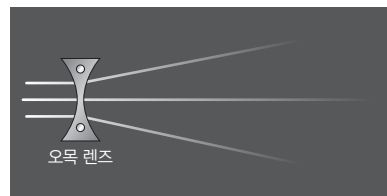


추운 지방의 공중에 생기는 신기루

- 렌즈: 빛의 굴절을 이용하여 빛을 모으거나 퍼지게 할 수 있도록 만든 광학 기구로, 안경, 망원경, 현미경, 사진기 등에 이용된다.
- ➔ 볼록 렌즈는 빛을 모으고, 오목 렌즈는 빛을 퍼지게 한다.

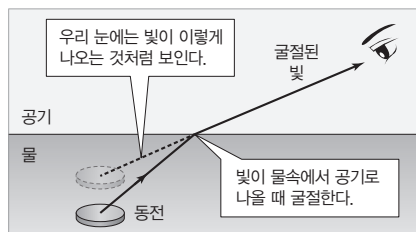


볼록 렌즈에서 빛의 굴절



오목 렌즈에서 빛의 굴절

- 수심이 얇아 보이는 현상: 빛이 물속에서 공기 중으로 나올 때 굴절각이 입사각보다 크고, 이때 굴절된 광선의 연장선이 만나는 지점에 물체가 있는 것으로 보인다.



정답

1. 느린
2. 커져서, 바닥
3. 볼록, 오목
4. 커져서

탐구자료 살펴보기 서로 다른 매질에서 소리의 굴절 확인하기

과정

- (1) 그림과 같이 신호 발생기를 스피커와 연결하여 소리의 세기가 일정하고 진동수가 500 Hz인 소리를 발생시킨다.
- (2) 스피커에서 나는 소리를 직접 들어본다.
- (3) 스피커 앞에 이산화 탄소 기체를 넣은 풍선을 두고 소리를 들어본다.
- (4) 스피커 앞에 헬륨 기체를 넣은 풍선을 두고 소리를 들어본다.



결과

구분	이산화 탄소 풍선	헬륨 풍선
소리의 세기	(2)에서보다 소리의 세기가 크다.	(2)에서보다 소리의 세기가 작다.
소리의 진동수	(2)에서와 같다.	(2)에서와 같다.

point

- 이산화 탄소는 공기보다 무거운 기체이므로 소리의 속력은 공기에서보다 작아지고, 이산화 탄소가 들어 있는 풍선을 통과하면서 굴절한 소리가 모이므로 소리의 세기가 크게 들린다. 헬륨은 공기보다 가벼운 기체이므로 소리의 속력은 공기에서보다 커지고, 헬륨이 들어 있는 풍선을 통과하면서 굴절한 소리가 흩어지므로 소리의 세기가 작게 들린다.
- 소리의 진동수는 매질에는 관계없고, 음원에서 결정된다.

2 전반사와 광통신

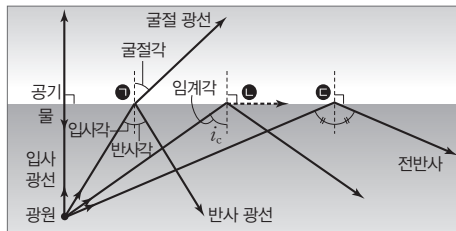
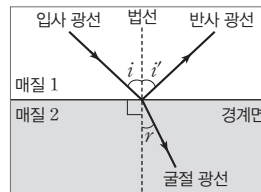
(1) 전반사

- ① 빛의 반사: 빛이 진행하다가 서로 다른 매질의 경계면에서 원래 매질로 되돌아 나오는 현상으로, 입사각과 반사각의 크기는 항상 같다. $\Rightarrow i = i'$

• 입사각이 증가하면 반사각과 굴절각도 증가한다.

- ② 빛의 전반사: 빛이 매질의 경계면에서 전부 반사되는 현상이다.

• 그림과 같이 물에서 공기로 빛을 입사시키면 입사각보다 굴절각이 크다. 입사각을 증가시키면 굴절각도 증가하게 되고, 특정한 입사각에서 굴절각은 90°가 된다. 이때의 입사각을 임계각(i_c)이라 한다. 임계각보다 큰 각으로 입사된 빛은 매질의 경계면에서 전부 반사된다.



- **(A)**의 경우: 입사각 < 임계각
 \Rightarrow 빛의 일부는 반사하고, 일부는 굴절한다.
- **(B)**의 경우: 입사각 = 임계각
 \Rightarrow 굴절각이 90°이다.
- **(C)**의 경우: 입사각 > 임계각
 \Rightarrow 빛은 전반사한다.

• 임계각(i_c): 빛이 굴절률이 큰 매질(n_1)에서 굴절률이 작은 매질(n_2)로 진행할 때 굴절각이 90°일 때의 입사각이다. $\frac{n_2}{n_1}$ 의 값이 작을수록 임계각이 작다.

• 빛이 굴절률이 n_1 인 매질에서 n_2 인 매질($n_1 > n_2$)로 진행할 때 임계각 i_c 는 다음과 같다.

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

개념 체크

- **전반사:** 빛이 매질의 경계면에서 전부 반사되는 현상으로, 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행하고 입사각이 임계각보다 클 때 나타나는 현상이다.
- **임계각:** 빛이 굴절률이 n_1 인 매질에서 n_2 인 매질($n_1 > n_2$)로 진행할 때 임계각 i_c 는 다음과 같다.

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

1. 매질 1에서 매질 2로 진행할 때 입사각이 커지면 굴절각이 (커진다, 작아진다).
2. ()은 빛이 밀한 매질에서소한 매질로 진행할 때 굴절각이 ()일 때의 입사각이다.
3. 빛이 굴절률이 n 인 물에서 굴절률이 1인 공기로 진행할 때 임계각이 i_c 이면 $\sin i_c = ()$ 이다.

정답

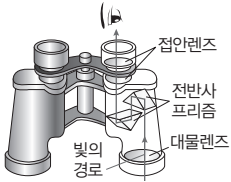
1. 커진다
2. 임계각, 90°
3. $\frac{1}{n}$

개념 체크

- 전반사 조건: 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행할 때, 입사각이 임계각보다 커야 한다.
- 전반사의 이용: 빛의 전반사 현상은 광통신, 쌍안경, 내시경 등에 이용된다.

1. 빛이 소한 매질에서 밀한 매질로 진행할 때 매질의 경계면에서 전반사가 될 수 (있다, 없다).

[2~4] 그림은 쌍안경의 구조와 빛의 경로를 모식적으로 나타낸 것이다.



2. 프리즘 내부에서의 () 현상을 이용하여 빛의 진행 경로를 바꾼다.

3. 빛의 속력은 프리즘에서 공기 중에서도 (빠르다, 느리다).

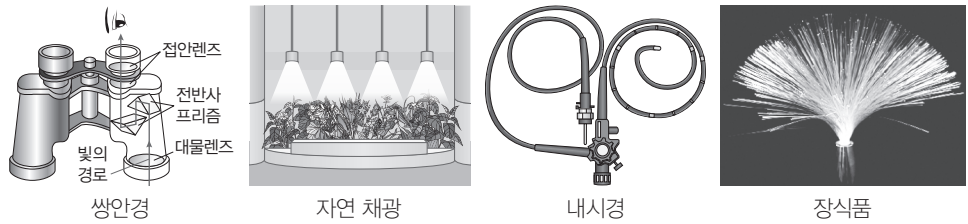
4. 대물렌즈를 통과한 빛의 진동수는 (감소한다, 일정하다).

- 정답
1. 없다
 2. 전반사
 3. 느리다
 4. 일정하다

- 전반사 조건: 빛이 굴절률이 큰 매질(밀한 매질, 느린 매질)에서 굴절률이 작은 매질(소한 매질, 빠른 매질)로 진행하면서 입사각이 임계각보다 큰 경우에 전반사가 일어난다.
- 전반사의 이용: 전반사를 이용하여 빛에너지의 손실 없이 신호를 멀리까지 전송할 수 있으며, 전반사 현상은 광섬유를 이용한 광통신, 의료에서의 내시경, 카메라, 쌍안경 등에 이용된다.

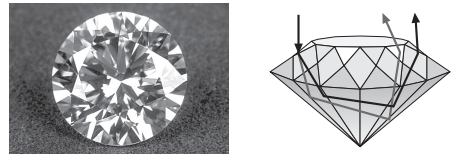
③ 생활 속 전반사의 이용

- 쌍안경: 프리즘 내부에서의 전반사를 이용하여 빛의 진행 경로를 바꾸고, 렌즈를 사용하면 먼 곳의 물체를 확대하여 볼 수 있다.
- 자연 채광: 태양을 추적하는 집광기로 모은 빛을 광섬유를 묶어서 만든 광케이블을 사용해 지하로 이동시켜 어두운 지하를 밝게 한다.
- 내시경: 쉽게 휘어지도록 가늘게 만든 광섬유 다발을 연결한 소형 카메라를 사용해 인체 내부 장기의 모습을 살펴볼 수 있다.
- 장식품: 광섬유를 사용하여 예술품이나 장식품을 만들 수 있다.
- 다이아몬드: 거의 모든 방향의 입사 광선을 전반사시키고, 다이아몬드 내부에서 여러 번 전반사되기 때문에 무지갯빛 광채를 낸다.



과학 돋보기 다이아몬드에 적용된 전반사 원리

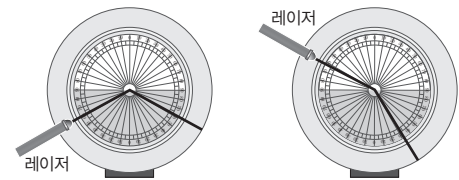
스스로 빛을 내지 않는 다이아몬드가 다른 보석들보다 더 반짝여 보이는 비밀은 전반사에 있다. 다이아몬드의 굴절률은 2.42로 매우 크다. 임계각이 불과 24.4°이기 때문에 전반사가 잘 일어난다. 따라서 외부에서 들어온 빛이 전반사를 통해 대부분 되돌아 나오기 때문에 다른 보석보다 더 많이 빛나 보인다. 다이아몬드를 다듬는 세공사는 다이아몬드의 원석을 가공할 때 전반사가 잘 일어나도록 각도를 조절하여 작업한다.



탐구자료 살펴보기 여러 가지 전반사 현상 관찰하기

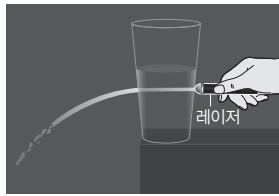
과정

- (1) 광학용 물통에 물을 절반 가량 채운다.
- (2) 그림 (가)와 같이 레이저 빛을 물통의 둥근 부분 쪽에서 중심을 향해 비추어 빛이 물에서 공기로 진행할 때, 입사각을 변화시키면서 전반사 현상이 일어나는지를 관찰한다.
- (3) 그림 (나)와 같이 빛이 공기에서 물로 진행할 때 입사각을 변화시키면서 전반사 현상이 일어나는지를 관찰한다.

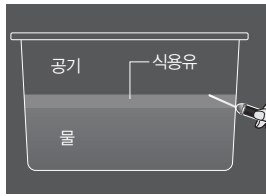


(가) 빛이 물 → 공기로 진행 (나) 빛이 공기 → 물로 진행

- (4) 그림 (다)와 같이 구멍이 뚫린 플라스틱 컵에서 나오는 물줄기에 레이저 포인터로 빛을 비춘다.
 (5) 그림 (라)와 같이 투명 아크릴 통에 물과 식용유를 차례로 넣고 식용유에서 공기 쪽으로 레이저 포인터를 비춘다.



(다)



(라)

결과

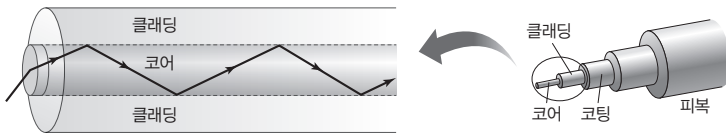
- (가)에서 레이저 빛이 물에서 공기로 진행할 때, 입사각이 특정한 각보다 크면 전반사 현상이 나타난다.
- (나)에서 레이저 빛이 공기에서 물로 진행할 때, 입사각에 관계없이 전반사 현상이 나타나지 않는다.
- (다)에서 레이저 빛은 물줄기를 따라 전반사한다.
- (라)에서 레이저 빛은 식용유 안에서 전반사하며 진행한다.

point

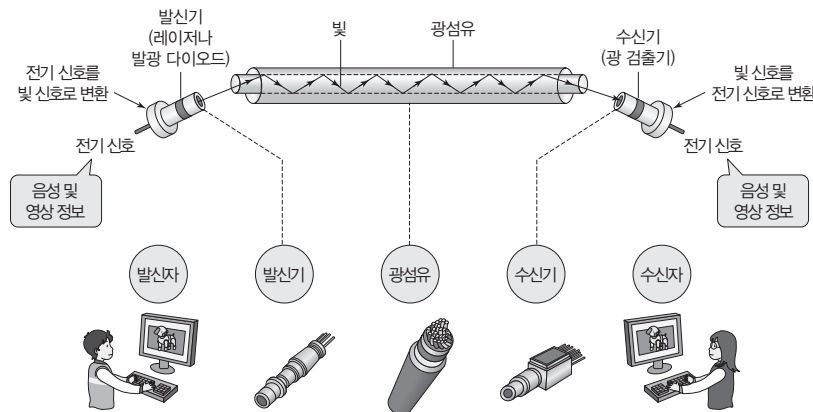
- 전반사 현상은 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행하고 입사각이 임계각보다 클 때 나타나고, 빛은 굴절률이 큰 매질 안에서 전반사하여 진행한다.
- 전반사 현상은 빛이 굴절률이 작은 매질에서 굴절률이 큰 매질로 진행할 때에는 나타나지 않는다.

(2) 광통신

- ① 광섬유의 구조: 빛을 전송시킬 수 있는 투명한 유리 또는 플라스틱 섬유로, 중앙의 코어를 클래딩이 감싸고 있는 이중 원기둥 모양이다. 굴절률은 코어가 클래딩보다 크므로 코어와 클래딩의 경계면에서 입사각이 임계각보다 클 때 빛은 전반사하면서 코어를 따라 진행한다.



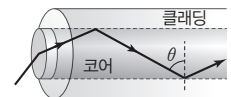
- ② 광통신: 음성, 영상 등의 정보를 담은 전기 신호를 빛 신호로 변환하여 빛을 통해 정보를 주고받는 통신 방식이다.
 ③ 광통신 과정: 음성, 영상 등과 같은 신호를 전기 신호로 변환한 후 레이저나 발광 다이오드를 사용하여 빛 신호로 변환하고, 빛 신호가 광섬유를 통해서 멀리까지 전달되면 수신기의 광 검출기에서 전기 신호로 변환하여 음성, 영상 등을 재생한다.



개념 체크

- 광섬유: 광섬유를 이루고 있는 코어의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 크다.
- 광통신: 음성, 영상 등의 정보를 담은 전기 신호를 빛으로 변환하여 빛을 통해 정보를 주고받는 통신 방식이다.

1. 전반사는 굴절률이 (작은 , 큰) 매질에서 굴절률이 (작은 , 큰) 매질로 진행할 때, 빛은 굴절률이 (작은 , 큰) 매질 안에서 진행한다.
2. 그림과 같이 빛이 광섬유 내부에서 전반사하여 진행할 때 θ 는 임계각보다 (작다 , 크다).



3. 광통신에서 발신기의 레이저나 발광 다이오드는 () 신호를 () 신호로 변환한다.

정답

1. 큰, 작은, 큰
2. 크다
3. 전기, 빛

개념 체크

- **광통신의 장점:** 도선을 이용한 통신에 비해 더 많은 양의 정보를 보내고, 외부 전파에 의한 간섭이나 혼선이 없다.
- **전자기파:** 전기장과 자기장이 서로를 유도하며 진행하는 파동이다.

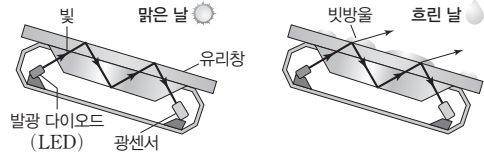
1. 전자기파는 (횡파 , 종파) 이고, 같은 매질에서 ()가 클수록 에너지가 크다.
2. 전자기파는 간섭, 회절과 같은 ()성과 광전 효과와 같은 ()성을 모두 나타낸다.
3. 전자기파가 공기에서 물로 진행할 때 속력은 (느려진다 , 빨라진다) .
4. 적외선, 자외선, 마이크로파를 파장이 짧은 것부터 순서대로 나열하시오.

④ 광통신의 장단점

- **장점:** 도선을 이용한 통신에 비해 더 많은 양의 정보를 보낼 수 있다. 또한 외부 전파에 의한 간섭이나 혼선이 없고, 도청을 할 수 없다.
- **단점:** 연결 부위에 작은 먼지가 끼거나 틈이 생기면 광통신이 불가능해지기도 하고, 한번 끊어지면 연결하기가 어렵다.

과학 돋보기 비 오는 양에 따라 조절되는 자동차의 와이퍼

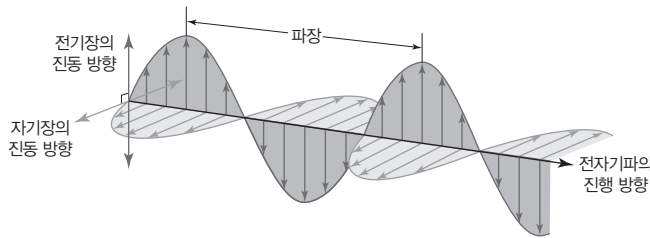
자동차의 와이퍼는 비나 눈이 내리면 앞 유리의 물기를 닦아 주어 운전자의 안전 운전을 돕는다. 최근에는 내리는 비의 양에 따라 와이퍼의 속력을 자동으로 조절하는 기술이 나왔는데, 이 기술의 작동 원리에도 전반사가 이용된다. 맑은 날에 발광 다이오드(LED)에서 나온 빛은 유리창에서 전반사되어 모두 광센서로 들어오지만, 유리창에 빗방울이 닿으면 일부 빛이 빗방울을 통해 외부로 굴절되어 나가기 때문에 도달하는 빛의 양이 줄어들게 된다. 이로부터 비의 양을 판단해 와이퍼의 속력을 조절한다.



3 전자기파의 종류 및 활용

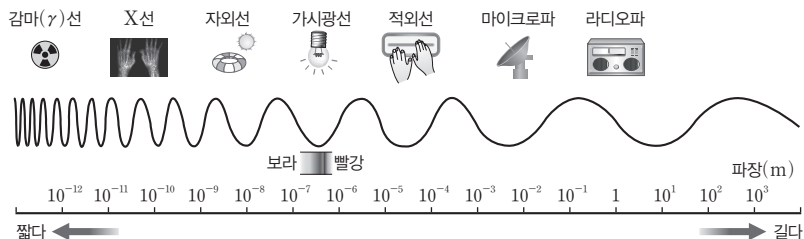
(1) **전자기파:** 전기장과 자기장이 서로를 유도하며 진행하는 파동이다.

- ① 전자기파의 전기장과 자기장의 진동 방향은 서로 수직이고, 이때 전자기파는 전기장과 자기장의 진동 방향에 수직인 방향으로 진행하므로 횡파이다.



- ② 전자기파는 매질이 없어도 진행하며, 진공에서 전자기파의 속력은 파장에 관계없이 약 3×10^8 m/s이다.
- ③ 같은 매질에서 진동수가 클수록(파장이 짧을수록) 에너지가 크다.
- ④ 전자기파는 파동의 일반적인 성질인 간섭, 회절 현상과 같은 파동성을 나타내고, 광전 효과와 같은 입자성도 나타낸다.

(2) **전자기파의 종류와 이용:** 전자기파는 비슷한 성질을 가진 파장의 구간을 정하여 구분한다.

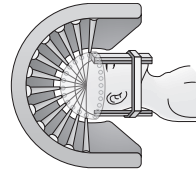


정답

1. 횡파, 진동수
2. 파동, 입자
3. 느려진다
4. 자외선—적외선—마이크로파

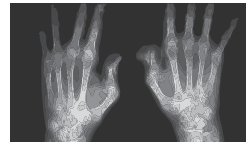
① 감마(γ)선

- X선보다 파장이 짧고, 전자기파 중에서 에너지가 가장 크다.
- 불안정한 원자핵이 붕괴하면서 방출하며, 투과력과 에너지가 매우 크고, 화학, 암 유발, 유전자 변형을 일으키기도 한다.
- 의료에서는 암을 치료하는 데 이용된다.

감마(γ)선 치료

② X선

- 자외선보다 파장이 짧고, 감마(γ)선보다 파장이 긴 전자기파이다.
- 감마(γ)선을 제외한 다른 전자기파보다 에너지가 크고 투과력이 강해 인체 내부의 골격 사진을 찍을 때 이용되고, 공항에서 수하물 내의 물품을 검색할 때와 물질의 특성을 파악하는 데도 이용된다.



X선 촬영

③ 자외선

- 가시광선의 보라색보다 파장이 짧고, X선보다 파장이 긴 전자기파이다.
- 세균의 단백질 합성을 방해하여 살균 작용을 한다.
- 태양에서 오는 자외선은 피부 노화의 원인이 되기도 하고, 피부에서 비타민 D의 생성, 위조지폐 감별 등에 이용된다.



자외선 소독기

④ 가시광선

- 사람의 눈으로 관찰할 수 있는 전자기파이다.
- 파장은 대략 380 nm ~ 750 nm 정도이다.
- 사람의 눈은 파장에 따라 반응 정도가 다르며, 가시광선을 이용하여 물체를 볼 수 있으므로 광학 기구에 이용된다.



빛의 삼원색과 합성

⑤ 적외선

- 가시광선의 빨간색보다 파장이 길고 마이크로파보다 파장이 짧은 전자기파로, 적외선 진동이 열을 발생시켜 열선이라고도 한다.
- 적외선 열화상 카메라, 적외선 온도계, 물리치료기, 리모컨, 야간 투시경과 같은 기구 등에 이용된다.



리모컨

⑥ 마이크로파

- 적외선보다 파장이 길고, 라디오파보다 파장이 짧은 전자기파이다.
- 마이크로파의 진동수에 따라 전자레인지, 휴대 전화, 레이더, 위성 통신 등에 이용된다.



전자레인지

⑦ 라디오파

- 라디오파는 마이크로파보다 파장이 긴 전자기파이다.
- 파장의 길이에 따라 TV 방송, FM 라디오, 경찰 라디오, 항공기 라디오, AM 라디오 등에 이용된다.



라디오

개념 체크

- **감마(γ)선:** X선보다 파장이 짧고, 전자기파 중에서 에너지가 가장 크다.
- **X선:** 투과력이 매우 커서 골격 사진을 찍을 때 이용된다.
- **자외선:** 살균 작용을 할 수 있다.
- **적외선:** 열 감지, 리모컨 등에 이용된다.
- **마이크로파:** 전자레인지에서 음식을 데우는 데 이용된다.

1. X선보다 파장이 짧고, 투과력과 에너지가 매우 큰 전자기파는 ()이다.
2. 자외선은 마이크로파보다 파장이 (짧고, 길고) 감마(γ)선보다 파장이 (짧고, 긴) 전자기파이다.
3. 다음은 전자기파 P에 대한 설명이다.

- P는 라디오파보다 파장이 짧다.
- P는 파장에 따라 전자레인지, 휴대 전화, 레이더, 위성 통신에 이용된다.

P는 ()이다.

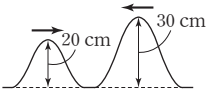
정답

1. 감마(γ)선
2. 짧고, 긴
3. 마이크로파

개념 체크

- **중첩 원리:** 두 파동이 겹칠 때 합성파의 변위는 각 파동의 변위의 합과 같다.
- **파동의 독립성:** 두 파동은 중첩 이후에 서로 다른 파동에 아무런 영향을 주지 않고 본래의 특성을 그대로 유지하면서 진행한다.
- **보강 간섭:** 중첩되기 전보다 진폭이 커지는 간섭이다.
- **상쇄 간섭:** 중첩되기 전보다 진폭이 작아지는 간섭이다.

1. 그림과 같이 두 파동이 서로 반대 방향으로 진행하고 있다.

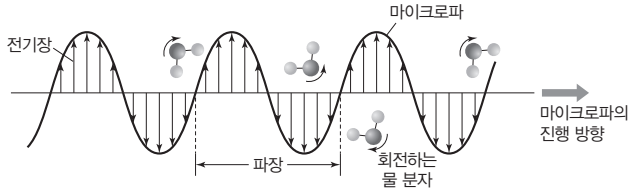


두 파동이 중첩될 때 합성파의 최대 변위의 크기는 () cm이다.

2. 두 파동의 마루와 (⊕) 가 만나 진폭이 커지는 간섭을 (⊕) 간섭이라고 하고, 두 파동의 골과 (⊖) 가 만나 진폭이 작아지는 간섭을 (⊖) 간섭이라고 한다.

과학 돋보기 전자레인지의 원리

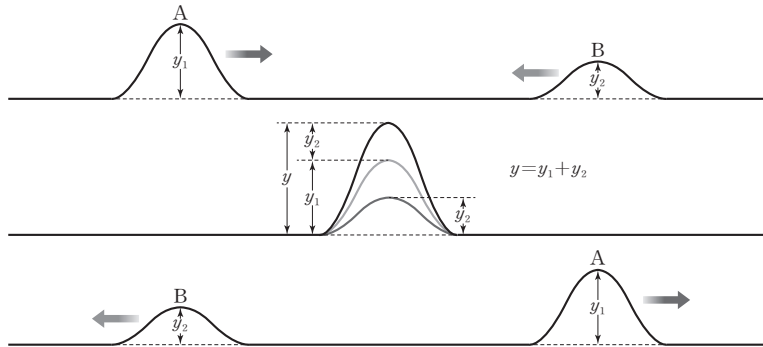
- 전자레인지에서 사용하는 마이크로파는 진동수가 약 2.45 GHz이고, 파장이 약 12.5 cm이다. 이 마이크로파는 음식물 속에 들어 있는 물 분자에서 잘 흡수된다.
- 그림과 같이 마이크로파의 전기장에 의해 음식물 속의 극성 분자인 물 분자가 운동하고 주위의 분자와 충돌하게 되면서 음식물이 데워진다.



4 파동의 간섭

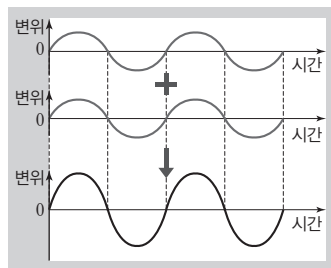
(1) 파동의 중첩

- ① **중첩 원리:** 두 파동이 겹칠 때 합성파의 변위는 각 파동의 변위의 합과 같다.
- ② **파동의 독립성:** 두 파동은 중첩 이후에 서로 다른 파동에 아무런 영향을 주지 않고 본래의 특성을 그대로 유지하면서 진행한다.
- ③ **합성파:** 두 개 이상의 파동이 중첩된 결과 만들어지는 파동이다.

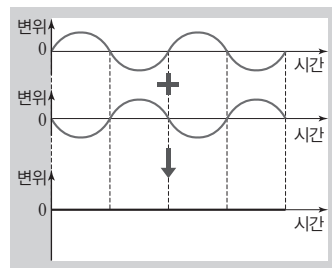


(2) **간섭:** 두 파동이 중첩되어 진폭이 커지거나 작아지는 현상이다.

- ① **보강 간섭:** 간섭하는 두 파동의 변위의 방향이 같아서 중첩되기 전보다 진폭이 커지는 간섭이다.
- ② **상쇄 간섭:** 간섭하는 두 파동의 변위의 방향이 반대여서 중첩되기 전보다 진폭이 작아지는 간섭이다.



보강 간섭

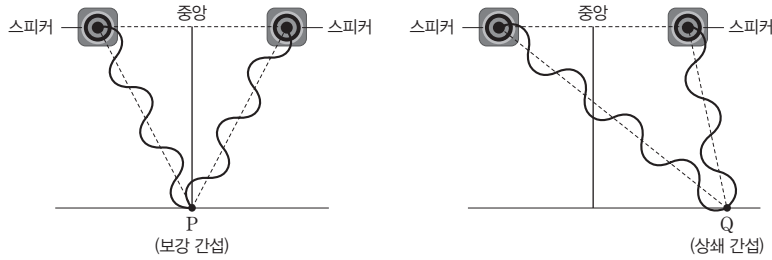


상쇄 간섭

정답

1. 50
2. ⊕ 마루, ⊖ 보강, ⊖ 상쇄

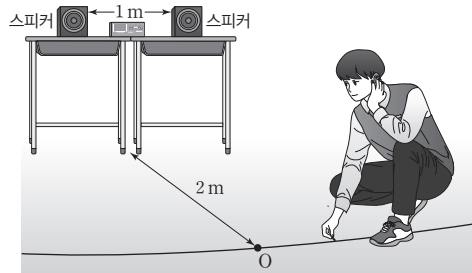
(3) 소리의 간섭: 두 스피커에서 발생하는 소리가 크게 들리는 지점(P)에서는 보강 간섭이 일어나고, 작게 들리는 지점(Q)에서는 상쇄 간섭이 일어난다.



탐구자료 살펴보기 2개의 스피커를 이용한 소리의 간섭

과정

- (1) 그림과 같이 책상 위에 스피커 2개를 1 m 간격으로 놓고 함수 발생기를 연결한 후, 스피커의 중앙에서 2 m 떨어진 지점을 선으로 표시한다.
- (2) 양쪽 스피커에서 500 Hz의 동일한 소리가 나오도록 한다.
- (3) 선을 따라 이동하면서 스피커의 소리가 크게 들리는 곳과 작게 들리는 곳을 바닥에 표시한다.
- (4) 소리의 진동수만을 1000 Hz로 바꾼 후 과정 (3)을 반복한다.



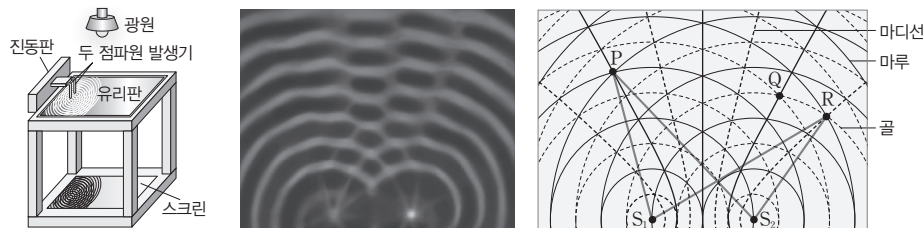
결과

- 두 스피커로부터 떨어진 거리가 같은 선의 중앙 지점 O에서 큰 소리가 발생하였다.
- 소리의 진동수를 바꾸었을 때 크게 들리는 곳과 작게 들리는 곳의 위치가 변한다.

point

- 소리의 진동수가 클수록 파장이 짧아서 O로부터 가까운 지점에서 첫 번째 상쇄 간섭이 일어나고, 소리의 진동수가 작을수록 파장이 길어서 O로부터 멀리 떨어진 지점에서 첫 번째 상쇄 간섭이 일어난다.
- 큰 소리가 나는 지점에서는 보강 간섭이 일어난다.
- 상쇄 간섭은 소음 제거의 원리로 이용할 수 있다.

(4) 물결파의 간섭: 물결파 투영 장치의 두 파원에서 파장과 진폭이 같은 물결파를 같은 위상으로 발생시킬 때 나타나는 무늬는 다음과 같다.



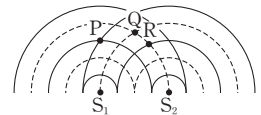
- ① 보강 간섭 지점: 수면의 높이가 계속 변하므로 무늬의 밝기가 변한다.(P, Q 지점)
- ② 상쇄 간섭 지점: 수면이 거의 진동하지 않으므로 무늬의 밝기가 변하지 않는다.(마디선, R 지점)

개념 체크

- 소리의 간섭: 소리도 파동이므로 보강 간섭과 상쇄 간섭을 한다.
- 물결파의 간섭: 두 파원에서 발생한 동일한 물결파가 상쇄 간섭하는 지점에서는 마디가 나타난다.

1. 두 스피커에서 발생한 소리가 크게 들리는 지점에서는 () 간섭이 일어나고, () 간섭은 소음 제거 원리로 이용할 수 있다.

[2~3] 그림은 두 파원 S₁, S₂에서 같은 진폭, 위상, 주기로 발생시킨 두 물결파의 모습을 나타낸 것이다. 두 물결파의 주기는 T이고, 실선과 점선은 각각 마루와 골을 나타낸다.



2. P, Q, R 중 보강 간섭이 일어나는 지점은? ()
3. 그림의 순간부터 $\frac{T}{2}$ 가 지난 후 P, Q, R 중 수면의 높이가 가장 낮은 곳은 ()이다.

정답

1. 보강, 상쇄
2. P, Q
3. P

개념 체크

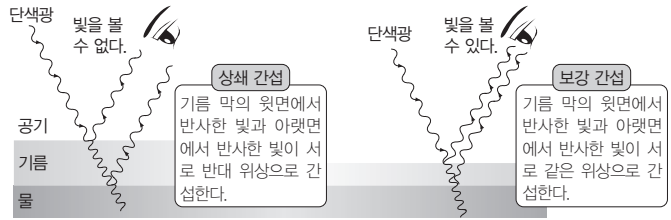
- **빛의 간섭:** 빛은 보강 간섭을 하면 밝기가 밝아지고, 상쇄 간섭을 하면 밝기가 어두워진다.
- **상쇄 간섭의 이용:** 소리의 상쇄 간섭 현상은 소음 제거 원리로 이용할 수 있다.

1. 기름 막에 의한 간섭에서 어두운 곳은 빛의 () 간섭이 일어나는 곳이고, 색깔이 있는 곳은 그 색깔의 빛이 () 간섭이 일어나는 곳이다.
2. 렌즈 코팅 막의 윗면과 아래면에서 반사된 두 빛이 상쇄 간섭을 할 때 두 빛의 위상은 서로 (같다 , 반대 이다).
3. 지폐 위조 방지는 잉크 속에 포함된 입자의 윗면과 아래면에서 반사된 빛 중에서 () 간섭을 하는 빛의 색깔이 잘 보이는 원리를 이용한다.

(5) **빛의 간섭:** 빛은 보강 간섭을 하면 밝기가 밝아지고, 상쇄 간섭을 하면 밝기가 어두워지므로 보강 간섭이 일어나면 그 색깔의 빛이 더 밝게 보이고, 상쇄 간섭이 일어나면 검게 보인다.



기름 막에 의한 간섭무늬

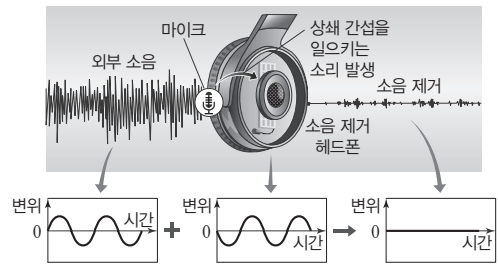


기름 막에 의한 빛의 간섭 원리

(6) 파동의 간섭의 이용

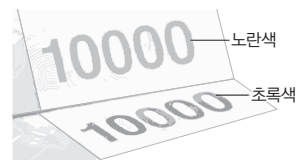
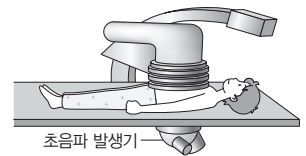
① 상쇄 간섭의 이용

- **소음 제거 헤드폰:** 헤드폰에 달린 마이크로 외부 소음이 입력되면 소음과 상쇄 간섭을 일으킬 수 있는 소리를 발생시켜서 마이크로 입력된 소음과 헤드폰에서 발생시킨 소리가 서로 상쇄되어 소음이 줄어든다. 이 원리는 자동차나 항공기 엔진의 소음을 제거하는 기술로 발전하여 다양한 분야에 이용되고 있다.
- **렌즈 코팅:** 안경 렌즈, 카메라 렌즈, 망원경 렌즈 등의 렌즈 표면에 적당한 두께의 얇은 막을 코팅하면 코팅 막의 윗면에서 반사된 빛과 아래면에서 반사된 빛이 상쇄 간섭을 일으켜 선명한 시야를 얻을 수 있다.



② 보강 간섭의 이용

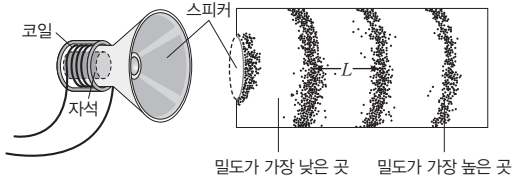
- **악기:** 현악기는 줄에서, 관악기는 공기 기둥에서, 타악기는 판에서 진동이 발생한다. 현악기의 줄에서, 관악기의 관 내부의 공기에서, 타악기의 울림통에서 보강 간섭이 일어나면 크고 선명하며 일정한 음파를 만든다.
- **초음파 충격:** 초음파 발생기에서 발생한 초음파가 결석이 있는 위치에서 보강 간섭을 하여 결석을 깨뜨린다. 신체 내부의 다른 조직을 통과할 때 파동의 세기가 약하여 다른 조직에 손상을 주는 것을 최소화하면서 필요한 부위에서 파동의 세기를 강하게 할 수 있다.
- **지폐 위조 방지:** 잉크 속에 포함된 미세한 입자들의 모양이 비대칭이어서 입자의 윗면과 아래면에서 반사된 빛 중에서 보강 간섭을 하는 빛의 색깔이 잘 보이게 된다. 따라서 고성능 컬러 프린트로도 복사할 수 없기 때문에 지폐의 위조를 방지할 수 있다.



정답

1. 상쇄, 보강
2. 반대이다
3. 보강

01 [22023-0211] 그림은 시간 $t=0$ 일 때, 스피커에서 발생하여 공기 중으로 진행하는 소리에 의한 공기의 밀도 분포를 나타낸 것이다. 소리의 주기는 T 이고, 이웃한 공기의 밀도가 가장 높은 곳 사이의 거리는 L 이다.



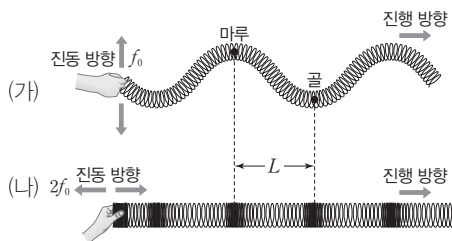
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기에서 소리의 속력은 일정하다.)

보기

- ㄱ. 스피커는 전자기 유도 현상을 이용한다.
- ㄴ. $t=0$ 일 때 공기의 밀도가 가장 높은 곳은 $t=T$ 일 때 공기의 밀도가 가장 낮은 곳이 된다.
- ㄷ. 스피커에서 발생하는 소리의 진동수가 증가하면 L 은 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0212] 그림 (가), (나)와 같이 진동 방향이 서로 수직인 두 용수철에서의 파동이 나란하게 진행하고 있다. (가)와 (나)에서 파동의 진동수는 각각 f_0 , $2f_0$ 이다. (가)의 마루에서 이웃한 골까지의 수평 거리와 (나)의 가장 밀한 곳에서 이웃한 가장 밀한 곳까지의 거리는 L 로 같다.



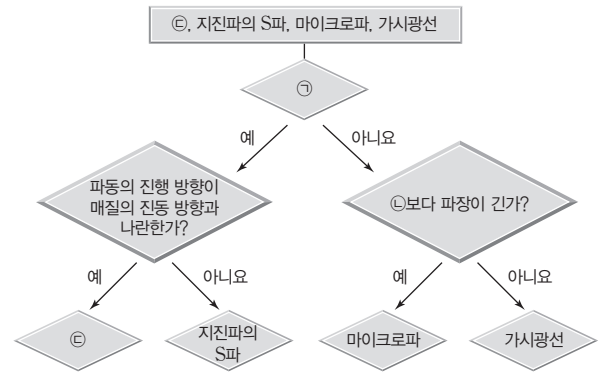
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 횡파이다.
- ㄴ. (나)에서 파동의 속력은 $2f_0L$ 이다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 파동의 속력은 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22023-0213] 그림은 4가지 파동을 특성에 따라 분류한 것으로, ㉔은 소리와 라디오파 중 하나이다.



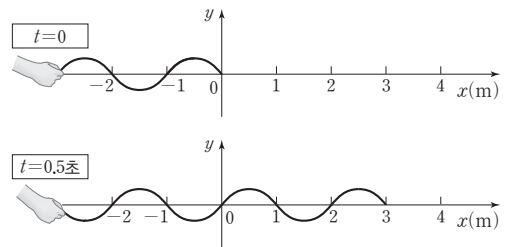
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉔은 '매질이 필요한가?'가 적절하다.
- ㄴ. ㉔은 '자외선'이다.
- ㄷ. ㉔은 소리이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 [22023-0214] 그림은 xy 평면에서 연속적으로 발생하여 x 축과 나란한 방향으로 진행하는 파동의 시간 $t=0$, $t=0.5$ 초인 순간의 모습을 각각 나타낸 것이다.



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

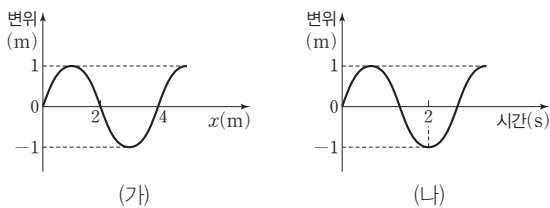
보기

- ㄱ. 진동수는 3 Hz이다.
- ㄴ. 진행 속력은 6 m/s이다.
- ㄷ. $x=3$ m인 지점이 마루가 되는 순간 $x=0$ 인 지점은 골이 된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2점 수능 테스트

05 [2023-0215] 그림 (가)는 x 축을 따라 진행하는 파동의 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 순간부터 $x=2\text{ m}$ 지점의 변위를 시간에 따라 나타낸 것이다.



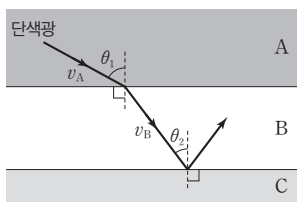
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 파동의 진행 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㄴ. 파동의 진행 속력은 1 m/s 이다.
- ㄷ. $x=2\text{ m}$ 지점에 있던 매질이 $\frac{4}{3}$ 초 동안 이동한 거리는 진폭과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 [2023-0216] 그림은 단색광이 매질 A, B의 경계면에 입사각 θ_1 로 입사한 후, B와 매질 C의 경계면에 입사각 θ_2 로 입사하여 전반사하는 것을 나타낸 것이다. $\theta_1 > \theta_2$ 이고, A와 B에서 단색광의 속력은 v_A, v_B 이다.



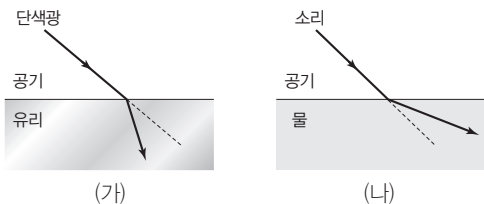
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $v_A > v_B$ 이다.
- ㄴ. 굴절률은 A가 C보다 크다.
- ㄷ. 단색광이 A에서 B로 입사각 $\frac{1}{2}\theta_1$ 로 입사하면 굴절각은 $\frac{1}{2}\theta_2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 [2023-0217] 그림 (가)는 단색광이 공기에서 유리로 진행할 때의 모습을, (나)는 소리가 공기에서 물로 진행할 때의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

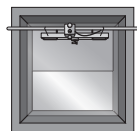
- ㄱ. 단색광의 속력은 유리에서가 공기에서보다 크다.
- ㄴ. 소리의 진동수는 공기에서가 물에서보다 크다.
- ㄷ. (가)에서 유리의 굴절률은 공기의 굴절률보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [2023-0218] 다음은 물결파 발생 장치를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 수조 안에 유리판을 넣어 물의 깊이가 깊은 곳과 얇은 곳을 만들고, 진동수가 일정한 물결파를 발생시킨다.



(나) 수조 밑 스크린에 투영된 두 곳에서의 무늬를 관찰하고, 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격을 측정한다.

[실험 결과]

영역	㉠	㉡
이웃한 밝은 무늬 사이의 간격	d_1	d_2
	$d_1 < d_2$	

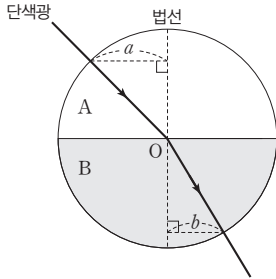
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 물결파의 진행 속력은 ㉠에서가 ㉡에서보다 크다.
- ㄴ. ㉠에 대한 ㉡의 굴절률은 $\frac{d_1}{d_2}$ 이다.
- ㄷ. (가)에서 물결과 발생 장치의 진동수를 증가시키면 ㉠의 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [2023-0219] 그림은 반원형 모양의 매질 A에서 매질 B로 입사한 단색광의 진행 경로를 나타낸 것이다. 광선과 원의 교점에서 법선까지의 거리는 각각 a, b 이고, $a > b$ 이다. O는 원의 중심이다.

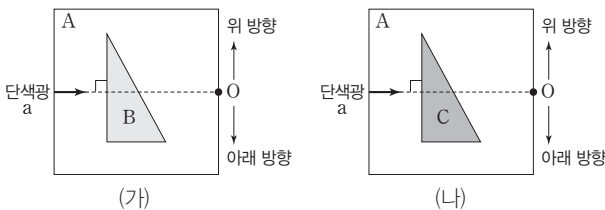


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 굴절률은 A가 B보다 크다.
 - ㄴ. 단색광의 속력은 B에서가 A에서의 $\frac{b}{a}$ 배이다.
 - ㄷ. 단색광이 A에서 B로 진행할 때 입사각을 크게 하면 $\frac{a}{b}$ 도 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 [2023-0220] 그림 (가), (나)와 같이 단색광 a가 매질 A에서 모양이 같은 매질 B, C에 각각 수직으로 입사하고 있다. (가)에서 a는 점 O의 위에 도달하고, (나)에서 a는 O의 아래에 도달한다.



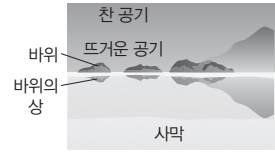
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. a의 속력은 B에서가 A에서보다 크다.
 - ㄴ. a의 진동수는 C에서가 B에서보다 크다.
 - ㄷ. A, B, C 중 C의 굴절률이 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [2023-0221] 다음은 신기루에 대한 설명이다.

사막에서 지표면에 ㉠뜨거운 공기층, 지표 상공에 ㉡찬 공기층이 형성되어 바위의 상이 보이는 신기루 현상이 나타난다.



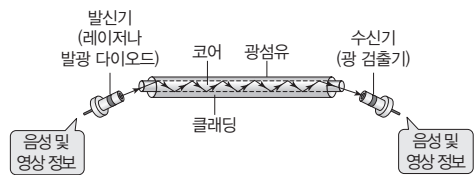
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 신기루는 빛의 굴절 때문에 생기는 현상이다.
 - ㄴ. 빛의 속력은 ㉠에서가 ㉡에서보다 크다.
 - ㄷ. 신기루가 생기는 원리로 비눗방울에서 다양한 색깔의 무늬가 나타나는 현상을 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [2023-0222] 다음은 광통신의 원리를 설명한 것이다.

그림과 같이 전화의 음성이나 텔레비전의 영상 정보가 레이저나 ㉠발광 다이오드에 입력된다. 발신기에서 방출된 빛 신호는 ㉡코어와 ㉢클래딩으로 구성된 광섬유에서 코어를 따라 전반사하여 진행하며, 수신기에서는 발신기에서와 반대의 과정을 거쳐 음성 및 영상 정보를 수신하게 된다.

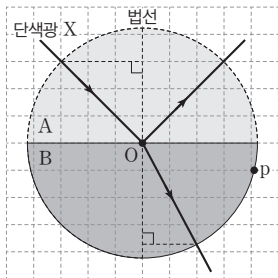


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠에서 빛이 방출될 때, 전도띠에 있는 전자가 원자가 띠의 양공으로 전이한다.
 - ㄴ. 굴절률은 ㉡이 ㉢보다 크다.
 - ㄷ. ㉡에서 ㉢으로 입사한 빛이 전반사할 때, 반사각은 임계각보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

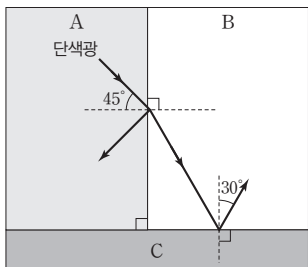
13 [22023-0223] 그림은 단색광 X가 매질 A에서 반원통 모양의 매질 B로 진행하여 원의 중심점 O에서 일부는 반사하고 일부는 굴절되는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모눈 간격은 일정하다.)



- 보기
- ㄱ. X의 속력은 A에서가 B에서보다 크다.
 - ㄴ. 굴절률은 A가 B보다 크다.
 - ㄷ. X를 점 p에서 O로 비추었을 때 전반사가 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

14 [22023-0224] 그림과 같이 단색광을 매질 A, B의 경계면에 입사각 45° 로 입사시켰더니, 단색광의 일부가 B로 굴절하여 B와 매질 C의 경계면에서 반사각 30° 로 전반사하였다.

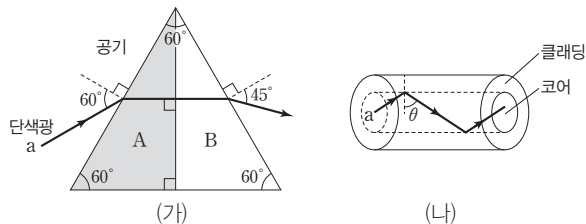


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 단색광이 A에서 B로 입사할 때 임계각은 45° 보다 작다.
 - ㄴ. 단색광의 속력은 B에서가 A에서의 $\frac{\sqrt{6}}{2}$ 배이다.
 - ㄷ. A와 C를 사용하여 광섬유를 만든다면, C를 코어로 사용해야 한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22023-0225] 그림 (가)와 같이 단색광 a가 공기 중에서 매질 A에 입사각 60° 로 입사하여 매질 B에서 공기 중으로 굴절각 45° 로 진행한다. 그림 (나)는 (가)의 A와 B로 만든 광섬유의 코어와 클래딩의 경계면에서 a가 전반사하는 모습을 나타낸 것으로, 반사각은 θ 이다.

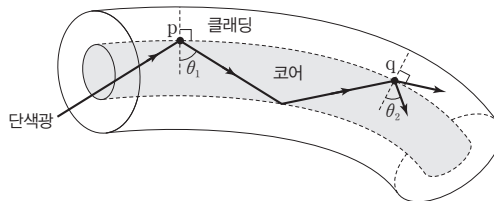


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

- 보기
- ㄱ. A의 굴절률은 $\sqrt{3}$ 이다.
 - ㄴ. (나)에서 코어는 B이다.
 - ㄷ. $\sin\theta > \sqrt{\frac{2}{3}}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

16 [22023-0226] 그림은 광섬유에서 단색광이 진행하는 모습을 나타낸 것이다. 점 p에서 단색광은 전반사하여 코어 내에서 진행하다가 점 q에서 일부는 반사하여 코어 내에서 진행하고 일부는 굴절하여 클래딩으로 진행한다. 코어와 클래딩의 경계면의 점 p, q에서 반사각은 각각 θ_1, θ_2 이다.

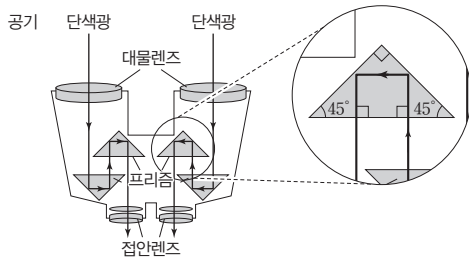


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 단색광의 속력은 코어에서가 클래딩에서보다 크다.
 - ㄴ. 코어와 클래딩 사이의 임계각은 θ_1 보다 크다.
 - ㄷ. $\theta_1 > \theta_2$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

- 17 [22023-0227] 그림은 대물렌즈로 들어온 단색광이 두 개의 직각 프리즘에서 전반사하여 접안렌즈를 통과하는 모습을 나타낸 것이다.



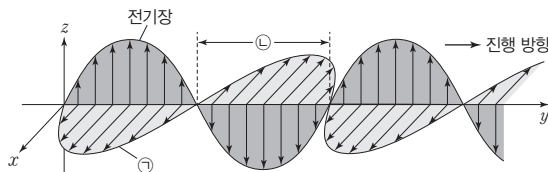
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이고, 렌즈와 프리즘을 제외한 부분은 공기이다.)

보기

- ㄱ. 단색광의 속력은 프리즘에서가 공기 중에서보다 작다.
 ㄴ. 프리즘의 굴절률은 $\sqrt{2}$ 보다 작다.
 ㄷ. 단색광의 진동수는 접안렌즈를 통과할 때가 대물렌즈를 통과할 때보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

- 18 [22023-0228] 그림과 같이 전자기파가 진공 중에서 $+y$ 방향으로 진행하고 있다. 전자기파의 전기장과 ㉠은 각각 z 축과 x 축에 나란하게 진동한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 자기장이다.
 ㄴ. 진동수가 커질수록 ㉠은 길어진다.
 ㄷ. 전자기파는 매질이 없어도 진행할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

- 19 [22023-0229] 다음은 파동의 종류에 따른 낱말 맞추기를 나타낸 것이다.

		적		
		외		
㉠		선		초
				음
㉡				파

<가로 열쇠>

- ㉠ 피부에 비타민 D의 생성, 위조지폐 감별에 이용되는 전자기파
 ㉡ 전자레인지에서 음식을 데울 때 이용되는 전자기파

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 적외선은 횡파이고, 초음파는 종파이다.
 ㄴ. ㉠은 ㉡보다 파장이 길다.
 ㄷ. 진공에서 속력은 ㉠이 ㉡보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

- 20 [22023-0230] 다음은 전자기파의 이용에 대한 설명이다.

열을 내는 물체에 가까이 가면 피부로 온도를 느낄 수 있는 것은 ㉠ 적외선 때문이다. 또한 [㉡]은/는 세균의 단백질 합성을 방해하는 살균 기능이 있어 식기 소독기에 이용되며, 불안정한 원자핵이 붕괴하면서 방출되는 ㉢ 감마(γ)선은 인체 내부의 뼈도 투과할 정도로 투과력이 매우 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 진동수는 ㉠이 ㉡보다 크다.
 ㄴ. ㉡은 자외선이다.
 ㄷ. ㉢은 암치료와 같은 방사선 치료에 사용된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

2점 수능 테스트

21 [22023-0231] 다음은 파동 A, B, C가 이용되는 예를 나타낸 것으로, A, B, C는 가시광선, 자외선, 적외선을 순서 없이 나타낸 것이다.



A, B, C에 해당하는 전자기파의 파장을 각각 λ_A , λ_B , λ_C 라고 할 때, 파장을 비교한 것으로 옳은 것은?

- ① $\lambda_A > \lambda_B > \lambda_C$ ② $\lambda_A > \lambda_C > \lambda_B$ ③ $\lambda_B > \lambda_A > \lambda_C$
④ $\lambda_B > \lambda_C > \lambda_A$ ⑤ $\lambda_C > \lambda_A > \lambda_B$

22 [22023-0232] 다음 (가), (나)는 보강 간섭과 상쇄 간섭이 일어나는 현상을 순서 없이 나타낸 것이다.

(가) 무반사 코팅 안경: 코팅막의 윗면에서 반사된 빛과 아랫면에서 반사된 빛이 간섭을 일으켜 반사광을 제거한다.

(나) 홀로그램: 지폐를 바라보는 각도에 따라 ㉠ 간섭에 의해 또렷하게 보이는 빛의 파장이 달라져 다른 색깔이나 다른 문양이 나타나게 한다.

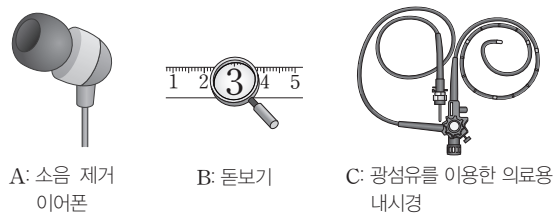
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 코팅막의 윗면과 아랫면에서 반사된 빛은 반대 위상으로 간섭한다.
ㄴ. ㉠은 '보강'이다.
ㄷ. (나)의 간섭 원리로 악기의 울림통에서 큰 소리가 나는 이유를 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 [22023-0233] 그림 A, B, C는 파동의 성질을 활용한 예를 나타낸 것이다.



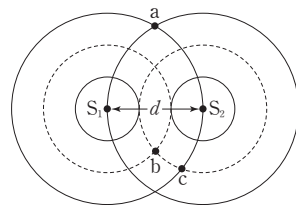
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 파동이 간섭하여 파동의 세기가 감소하는 현상을 이용한 것이다.
ㄴ. B는 돋보기의 렌즈를 통과하는 빛이 굴절하기 때문에 생기는 현상이다.
ㄷ. C에 사용되는 원리로 안경의 반사 방지막 코팅의 원리를 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

24 [22023-0234] 그림은 간격이 d 만큼 떨어진 두 파원 S_1 , S_2 에서 주기, 진폭, 속력이 같은 물결파를 같은 위상으로 발생시킬 때, 물결파의 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. 물결파의 주기는 T 이고, 실선과 점선은 각각 물결파의 마루와 골을 나타낸다. 점 a, b, c는 평면상에 고정된 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 물결파의 속력은 $\frac{2d}{3T}$ 이다.
ㄴ. b에서 수면의 높이는 시간이 지나도 변하지 않는다.
ㄷ. 이 순간으로부터 $\frac{T}{2}$ 가 지나면 수면의 높이는 a에서 가 c에서보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

25 [2023-0235] 그림은 학생 A, B, C가 선생님의 설명에 대해 대화를 나누는 모습을 나타낸 것이다.

그림은 두 파원 S_1, S_2 에서 진동수와 진폭이 같은 물결파를 같은 위상으로 발생시켰을 때, 물결파가 중첩되어 생긴 간섭무늬를 나타낸 것입니다. 점 P, Q, R은 보강 간섭 또는 상쇄 간섭이 일어나는 지점입니다.

P와 R은 보강 간섭이 일어나는 지점이야.

S_1, S_2 에서 P까지 경로차는 Q까지의 경로차보다 커.

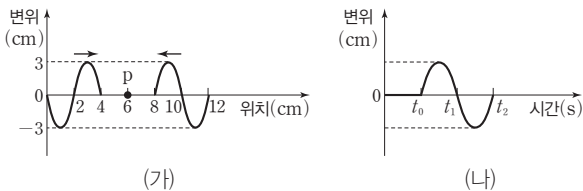
수면의 최대 높이는 R에서가 Q에서보다 작아.

학생 A, 학생 B, 학생 C

옳은 내용을 제시한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C
 ④ A, B ⑤ A, B, C

26 [2023-0236] 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 서로 반대 방향으로 2 cm/s 의 속력으로 진행하는 두 파동의 변위를 위치에 따라 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 순간부터 점 p의 변위를 시간에 따라 나타낸 것이다.

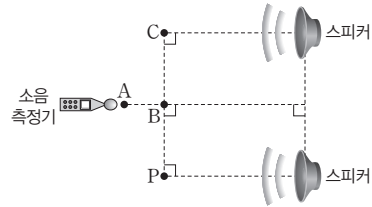


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 파동의 진동수는 0.25 Hz 이다.
 ㄴ. t_1 은 2초이다.
 ㄷ. t_2 일 때 $x=8\text{ cm}$ 지점의 변위는 6 cm 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

27 [2023-0237] 그림과 같이 두 스피커에서 파장, 진동수, 진폭이 동일한 소리를 같은 위상으로 발생시키고 소음 측정기를 사용하여 점 A, B, C에서 소리의 세기를 측정한다. A와 두 스피커 사이의 거리는 같고, 점 P에서는 보강 간섭이 일어난다.

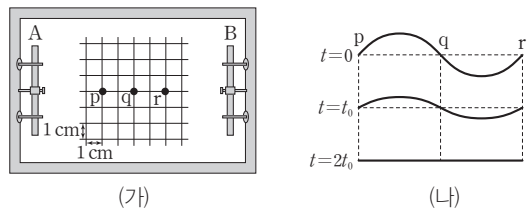


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 중에서 소리의 속력은 일정하고, 스피커의 크기는 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A에서 보강 간섭이 일어난다.
 ㄴ. A와 B 사이에 상쇄 간섭이 일어나는 지점이 있다.
 ㄷ. 두 스피커에서 발생하는 소리의 진동수를 2배로 하면, C에서 상쇄 간섭이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

28 [2023-0238] 그림 (가)는 물결파 발생 장치 A, B와 평면상의 점 p, q, r를 나타낸 것이다. q는 A, B로부터 같은 거리만큼 떨어져 있다. 그림 (나)는 A와 B에서 속력이 1 cm/s 이고, 진폭이 같은 물결파가 발생하여 중첩되었을 때 p와 r 사이의 변위를 시간 t 에 따라 나타낸 것으로, 중첩된 물결파의 변위는 $t=0$ 일 때 최댓값을 나타낸다.



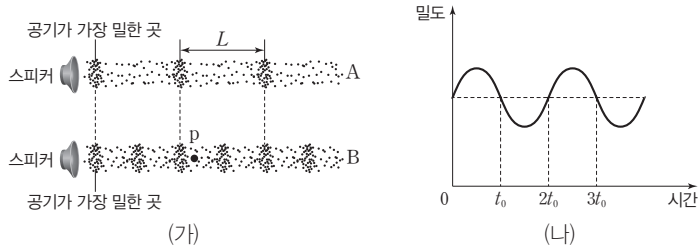
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A와 B에서 발생한 물결파의 위상은 같다.
 ㄴ. t_0 은 0.5 초 이다.
 ㄷ. B에서 발생한 물결파의 위상을 반대로 하면 r에서는 보강 간섭이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

소리의 공기 분자가 가장 밀집된 곳 사이의 거리가 파장이므로 A의 파장은 L 이고 B의 파장은 $\frac{L}{2}$ 이다.

01 [22023-0239] 그림 (가)는 스피커에서 일정한 진동수의 소리 A와 B가 발생할 때 어느 순간 공기 분자의 분포를 나타낸 것으로, A의 이웃한 공기 분자가 가장 밀집된 곳 사이의 거리는 L 이다. 그림 (나)는 B의 소리가 발생하는 스피커 앞의 점 p에서 공기의 밀도를 시간에 따라 나타낸 것이다.



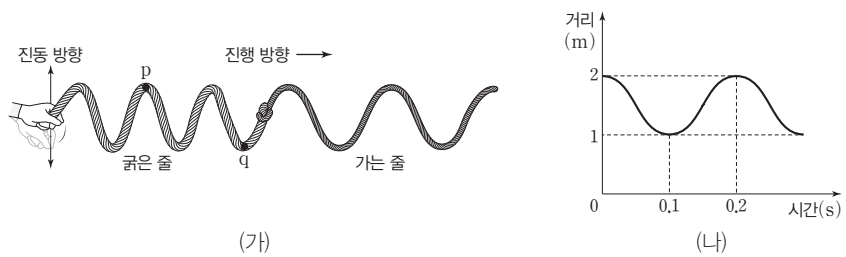
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기에서 소리의 속력은 일정하다.)

- 보기
- ㄱ. 소리는 종파이다.
 - ㄴ. $2t_0$ 동안 A가 진행한 거리는 L 이다.
 - ㄷ. B의 소리가 발생하는 스피커의 진동수를 증가시키면 B의 속력이 빨라진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

p와 q 사이의 직선 거리의 최솟값인 1m는 파동이 굵은 줄에서 진행하는 동안 파장의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

02 [22023-0240] 그림 (가)는 같은 재질의 굵은 줄과 가는 줄을 연결하여 굵은 줄을 일정한 진동수로 진동시킬 때 파동이 진행하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 매질에 고정된 점 p에서 q까지의 직선 거리를 시간에 따라 나타낸 것이다.



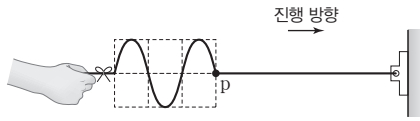
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 굵은 줄과 가는 줄 사이의 반사파는 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 0.1초인 순간, p와 q의 운동 방향은 같다.
 - ㄴ. 굵은 줄에서 파동의 전파 속력은 $\frac{5}{3}$ m/s이다.
 - ㄷ. 가는 줄에서 파동의 진동수는 5 Hz이다.

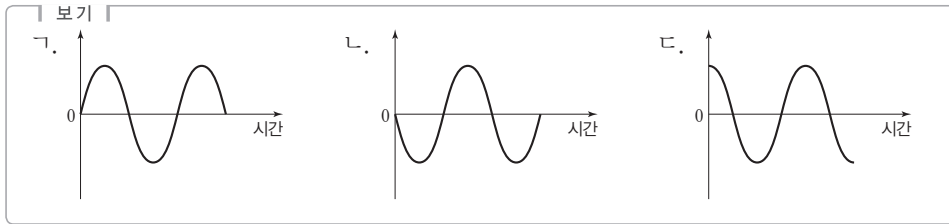
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[2023-0241]

03 그림은 줄을 따라 오른쪽으로 진행하는 횡파의 어느 순간의 모습을 나타낸 것이며, 점 p는 매질 위의 한 점이다.



이 순간부터 p의 변위와 속도를 각각 시간에 따라 나타낸 그래프로 가장 적절한 것을 <보기>에서 고른 것은? (단, 속도는 p가 위 방향으로 운동할 때를 (+)으로 한다.)

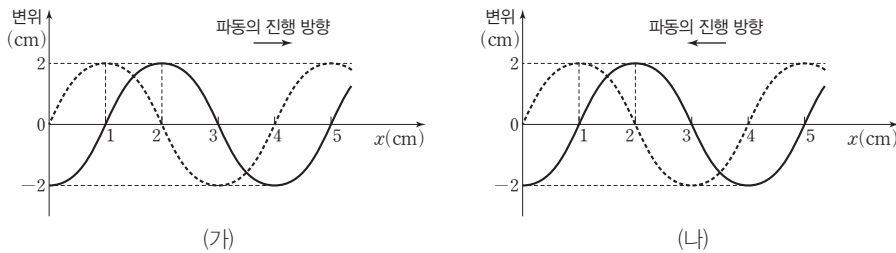


- | | 변위 - 시간 | 속도 - 시간 | | 변위 - 시간 | 속도 - 시간 |
|---|---------|---------|---|---------|---------|
| ① | 가 | ㄴ | ② | 가 | ㄷ |
| ③ | ㄴ | 가 | ④ | ㄴ | ㄷ |
| ⑤ | ㄷ | 가 | | | |

파동의 진행 방향이 오른쪽이므로 시간이 지나면 점 p의 왼쪽에 있는 파동이 p로 전달되므로, p에서 (+)방향의 속력이 최대이고 시간이 지날수록 (+)방향의 속력이 감소한다.

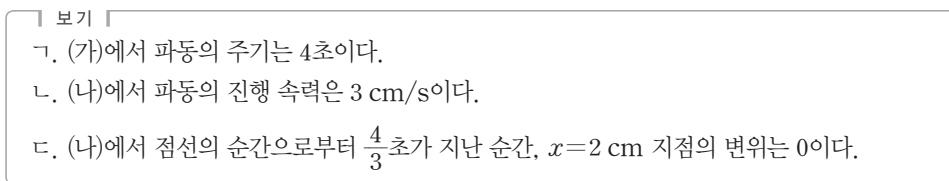
[2023-0242]

04 그림 (가), (나)는 각각 +x 방향, -x 방향으로 진행하는 파동의 변위를 위치 x에 따라 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 실선은 점선으로부터 1초가 지나는 순간 처음으로 나타나는 파동의 모습이고, (가) 또는 (나)의 파동 중 하나의 주기는 4초이다.



(가)에서 파동의 주기는 4초이고, (나)에서 파동의 주기는 $\frac{4}{3}$ 초이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

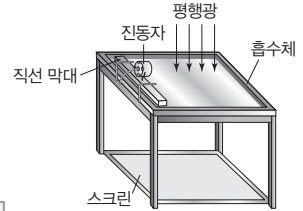
물결파에서 물의 깊이가 달라
저도 진동수는 일정하고, B에
서 C로 진행할 때 속력이 빨
라지므로 입사각이 굴절각보
다 작다.

동전이 실제 위치보다 떠 보이
는 이유는 빛이 물에서 공기로
진행할 때 입사각보다 굴절각
이 크기 때문이다.

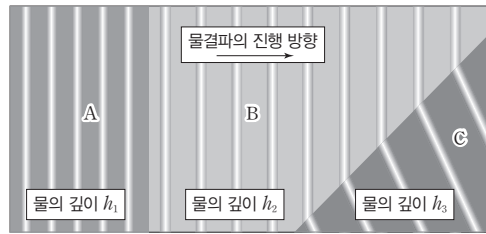
05 [22023-0243]
다음은 물결파 투영 장치를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 물의 깊이가 각각 h_1, h_2, h_3 로 일정한 영역 A, B, C를 만들고, 직선 막대가 연결된 진동자의 진동수를 f 로 하여 물결파를 발생시킨다.
- (나) 평행광에 의해 스크린에 투영된 물결파의 모습을 관찰한다.



[실험 결과]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $h_1 < h_2$ 이다.
- ㄴ. C에서 진동수는 f 보다 작다.
- ㄷ. 물결파가 B에서 C로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 [22023-0244]
다음은 소리와 빛의 굴절에 의한 현상이다.

(가)	(나)
<p>자동차의 경적 소리가 낮에는 더 높은 곳까 지 들린다.</p>	<p>떠 보이는 동전 실제 동전</p> <p>물속에 있는 동전을 관찰하면 실제 위치보 다 떠 보인다.</p>

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

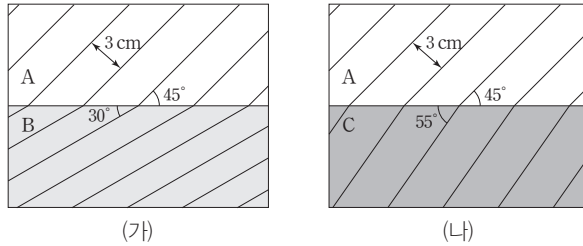
보기

- ㄱ. (가)에서 높은 곳으로 올라갈수록 소리의 속력은 빨라진다.
- ㄴ. (나)에서 빛이 물에서 공기로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 작다.
- ㄷ. (나)에서 물보다 굴절률이 큰 액체를 같은 양만큼 넣었을 때 실제 동전과 떠 보이는 동전 사이의 간격은 작아진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 [22023-0245]

그림 (가), (나)는 진동수가 20 Hz인 파동이 매질 A에서 매질 B, A에서 매질 C로 진행할 때 파면을 나타낸 것이다. A에서 이웃한 파면과 파면 사이의 거리는 3 cm이다.



파동이 A에서 B로 진행할 때 입사각과 굴절각은 각각 45° , 30° 이다. 파동이 A에서 C로 진행할 때 입사각과 굴절각은 각각 45° , 55° 이다.

B, C에서 파동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

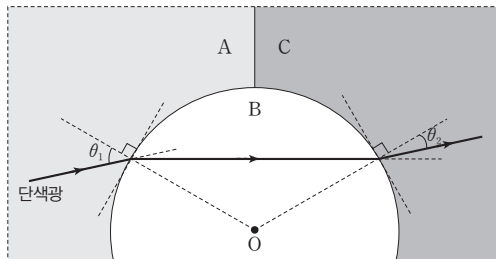
보기

- ㄱ. B에서 진동수는 $10\sqrt{2}$ Hz이다.
- ㄴ. B에서의 파장은 $\frac{3\sqrt{2}}{2}$ cm이다.
- ㄷ. C에서 전파 속력은 $30\sqrt{2}$ cm/s보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [22023-0246]

그림과 같이 매질 A에서 중심이 O인 원형 매질 B로 입사각 θ_1 로 입사한 단색광이 B와 매질 C의 경계면에서 굴절각 θ_2 로 굴절하여 진행한다. $\theta_1 > \theta_2$ 이고, A, B, C의 굴절률은 각각 n_A , n_B , n_C 이다.



입사각과 굴절각을 비교할 때 각이 작은 쪽의 매질에서 빛의 속력이 느리다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

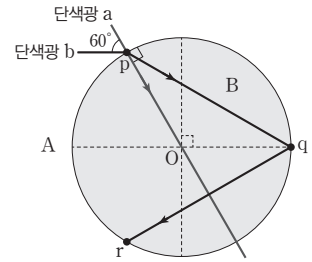
보기

- ㄱ. 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄴ. 단색광의 파장은 B에서가 C에서보다 길다.
- ㄷ. $n_C > n_B > n_A$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

p에서 b의 입사각이 60° 이고 굴절각이 30° 이다. A에 대한 B의 굴절률은 $\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$ 이다.

09 [22023-0247] 그림과 같이 동일한 단색광 a, b가 매질 A에서 원형 매질 B로 점 p에 입사한다. p에 수직으로 입사한 a는 B의 중심 O를 지나 그대로 직진하고, b는 점 q에서 일부는 굴절하고 일부는 반사하여 점 r에 도달한다. p, q, r는 A와 B의 경계면상의 점이고, p에서 a와 b가 이루는 각은 60° 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

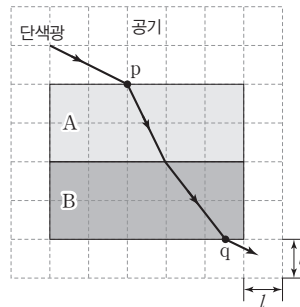


- 보기
- ㄱ. a의 속력은 A에서가 B에서의 $\sqrt{3}$ 배이다.
 - ㄴ. q에서 b의 굴절각은 45° 이다.
 - ㄷ. b는 r에서 전반사한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

단색광이 공기에서 A로 입사할 때 입사각을 i , 굴절각을 r 라고 하면, $\sin i = \frac{2}{\sqrt{5}}$, $\sin r = \frac{1}{\sqrt{5}}$ 이다.

10 [22023-0248] 그림과 같이 단색광이 공기와 매질 A의 경계면상의 점 p로 입사하여 매질 B와 공기의 경계면상의 점 q에서 굴절한다.



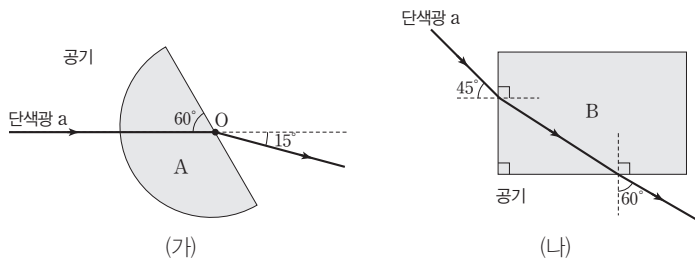
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 단색광의 속력은 A에서가 공기 중에서의 $\frac{1}{2}$ 배이다.
 - ㄴ. p에서 단색광의 입사각은 q에서 단색광의 굴절각보다 크다.
 - ㄷ. A, B로 광섬유를 만들면 A가 클래딩, B가 코어이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [22023-0249]

그림 (가)는 공기에서 반원형 매질 A로 입사되어 중심 O를 공기와의 경계면과 이루는 각이 60° 가 되도록 통과한 단색광 a가 진행 방향에 대해서 15° 아래쪽으로 굴절하여 진행하는 모습을, (나)는 a가 공기에서 직사각형 매질 B에 45° 의 각으로 입사한 후 공기 중으로 60° 의 각으로 굴절하여 진행하는 모습을 나타낸 것이다.

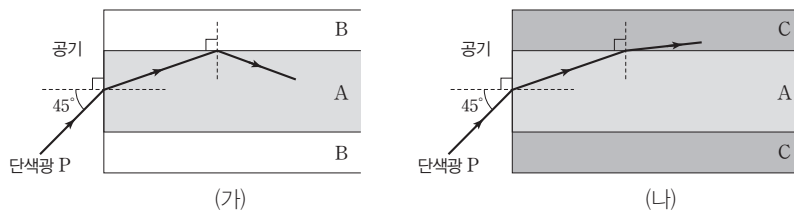


A, B에서 a의 속력을 각각 v_A , v_B 라고 할 때, $\frac{v_B}{v_A}$ 는?

- ① $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ② $\frac{\sqrt{10}}{5}$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ④ $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ ⑤ $\frac{2\sqrt{10}}{5}$

12 [22023-0250]

그림 (가)는 단색광 P를 공기에서 매질 A로 입사각 45° 로 입사시켰을 때 A와 매질 B의 경계면에서 P가 전반사하여 진행하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 매질 C로 바꾸었을 때, P가 A와 C의 경계면에서 굴절하는 모습을 나타낸 것이다. A의 굴절률은 $\sqrt{2}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

보기

- ㄱ. P의 속력은 B에서가 C에서보다 크다.
 ㄴ. A와 C의 임계각은 60° 보다 작다.
 ㄷ. (가)에서 P를 공기에서 A로 입사각 30° 로 입사시켰을 때, A와 B의 경계면에서 전반사가 일어나지 않는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

a가 공기에서 B로 입사할 때 굴절각이 θ 라고 하면, a가 B에서 공기로 빠져나갈 때 입사각과 굴절각은 각각 $90^\circ - \theta$, 60° 이므로 $\frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin(90^\circ - \theta)}$ 이다.

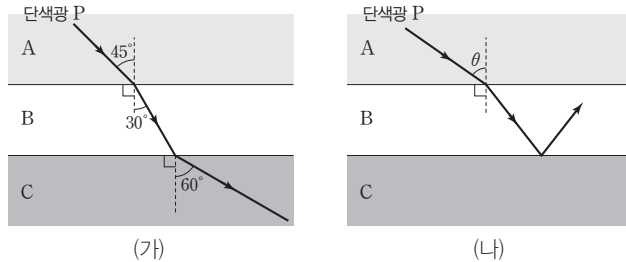
전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 빛이 진행하고, 입사각이 임계각보다 큰 경우에 일어난다.

(나)에서 B와 C에서 전반사가 일어나므로 A와 B의 입사각 θ 는 B와 C의 임계각보다 크다.

(가)와 (나)에서 굴절각이 같고 입사각이 (나)에서가 크므로 굴절률은 B가 A보다 크다.

13 [22023-0251]

그림 (가)는 단색광 P가 매질 A와 B의 경계면에서 입사각 45° 로 입사하여 굴절각 30° 로 굴절한 후, 매질 B와 C의 경계면에서 굴절각 60° 로 굴절하여 진행하는 모습을, (나)는 (가)에서 A와 B의 경계면에서 입사각을 θ 로 할 때 B와 C의 경계면에서 P가 전반사하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

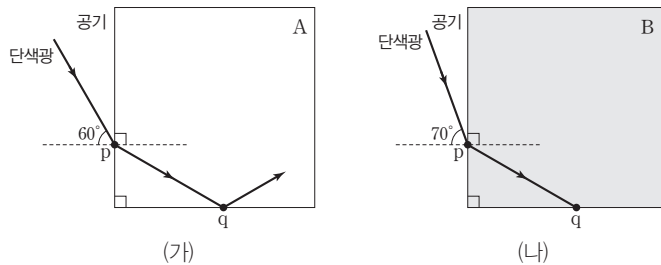
보기

- ㄱ. P의 속력은 A에서가 B에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄴ. P의 파장은 A에서가 C에서의 $\sqrt{\frac{2}{3}}$ 배이다.
- ㄷ. (나)에서 $\sin\theta > \frac{\sqrt{6}}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22023-0252]

그림 (가)와 같이 굴절률이 $\sqrt{3}$ 인 매질 A의 점 p에 입사각 60° 로 단색광을 입사시켰더니 점 q에서 전반사하였다. 그림 (나)는 (가)의 단색광을 A와 동일한 모양의 매질 B의 p에 입사각 70° 로 입사시켰더니 q에 도달하는 모습을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 p, q는 각각 A, B에서 같은 위치의 점들이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

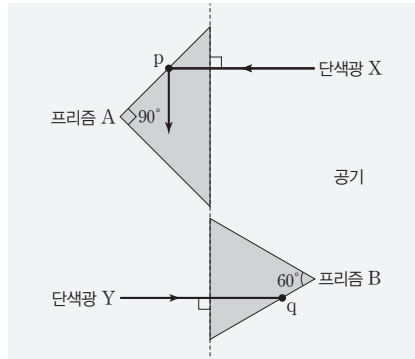
보기

- ㄱ. 단색광의 파장은 A에서가 B에서보다 길다.
- ㄴ. A와 공기 사이의 임계각은 60° 보다 작다.
- ㄷ. (나)의 q에서 단색광은 전반사한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[22023-0253]

15 그림과 같이 동일한 재료로 만들어진 프리즘 A, B에 동일한 단색광 X, Y를 각각 서로 반대 방향으로 수직으로 입사시킨다. A의 점 p에서 X는 전반사한다. A와 B의 프리즘의 모양은 각각 직각이등변 삼각형, 정삼각형이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 동일한 평면상에 있다.)

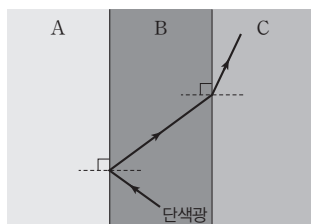
[보기]

- ㄱ. 프리즘에서 공기로 진행할 때 임계각은 45° 보다 크다.
- ㄴ. Y는 점 q에서 전반사한다.
- ㄷ. A와 B에서 빠져나오는 X와 Y가 이루는 각은 60° 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[22023-0254]

16 그림은 매질 B에서 매질 A로 입사한 단색광이 A와 B의 경계면에서 전반사한 후, B와 매질 C의 경계면에서 굴절하는 모습을 나타낸 것이다.



광섬유의 코어와 클래딩을 A, B, C 중 두 가지를 사용하여 만들 때, 코어와 클래딩 사이의 임계각이 가장 작은 경우로 옳은 것은?

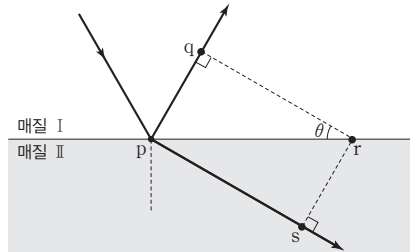
- | | 코어 | 클래딩 | | 코어 | 클래딩 |
|---|----|-----|---|----|-----|
| ① | A | B | ② | A | C |
| ③ | B | A | ④ | C | A |
| ⑤ | C | B | | | |

B에 수직으로 입사한 단색광 Y는 B에서 공기로 진행할 때 입사각이 60° 이므로 임계각보다 크다.

빛이 굴절률이 n_1 인 매질에서 n_2 인 매질로 진행할 때 임계각은 $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$ 이므로, 두 매질의 굴절률의 차이가 클수록 임계각은 작아진다.

파동은 같은 시간 동안 각각 p에서 q까지, p에서 s까지 진행하므로 $\frac{pq}{ps}$ 는 매질 I과 II에서 파동의 속력의 비와 같다.

17 [22023-0255] 그림과 같이 매질 I에서 매질 II로 진행하던 파동이 점 p에서 반사, 굴절되어 각각 점 q와 점 s를 지나고, 파동이 p에서 q까지, p에서 s까지 진행하는 데 걸리는 시간은 같다. 점 r는 I과 II의 경계면에 있는 점이며, θ 는 경계면과 \overline{qr} 가 이루는 각이다.



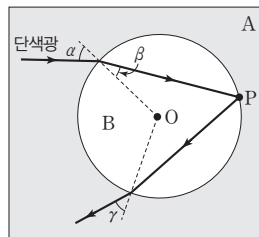
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. p에서 반사각은 θ 보다 크다.
 - ㄴ. 반사된 파동의 진동수는 굴절된 파동의 진동수보다 크다.
 - ㄷ. 파동의 속력은 II에서가 I에서의 $\frac{ps}{pq}$ 배이다.

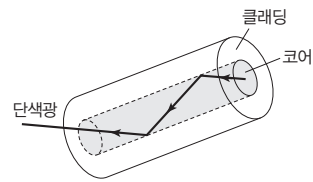
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

단색광이 B에서 A로 진행할 때 입사각이 β 이지만 단색광이 B에서 A로 굴절하므로 임계각은 β 보다 크다.

18 [22023-0256] 그림 (가)와 같이 단색광이 매질 A에서 매질 B로 진행한 후, A와 B의 경계면 위의 한 점 P에서 반사하여 B에서 A로 진행한다. α, β, γ 는 B의 중심 O에서 이은 선과 단색광의 진행 경로가 이루는 각이다. 그림 (나)는 (가)의 A와 B로 만든 광섬유에서 (가)의 단색광이 전반사하는 모습을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

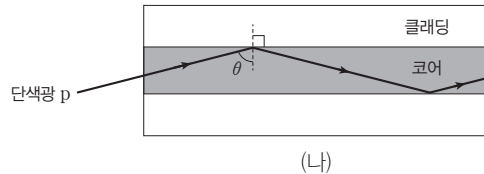
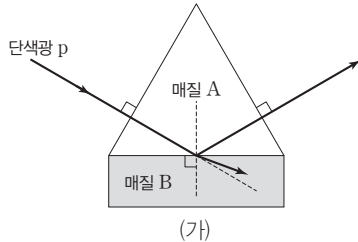
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. α 를 증가시키면 γ 도 증가한다.
 - ㄴ. (나)에서 코어는 B이다.
 - ㄷ. (나)에서 코어와 클래딩의 경계면에서 입사각은 β 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

19 [22023-0257]

그림 (가)는 정삼각형 모양의 매질 A에 수직으로 입사한 단색광 p가 매질 B의 경계면에서 일부는 반사하고 일부는 굴절하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B로 만든 광섬유에서 p가 전반사하여 진행되는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

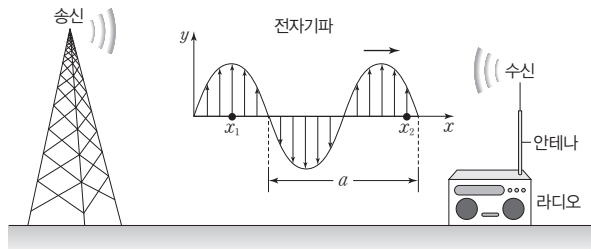
보기

- ㄱ. p의 속력은 B에서가 A에서보다 크다.
- ㄴ. 굴절률은 B가 A보다 크다.
- ㄷ. (나)에서 θ 는 60° 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

20 [22023-0258]

그림은 $+x$ 방향으로 진행되는 전자기파의 전기장을 라디오의 안테나가 수신하는 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. 전기장은 y 축과 나란한 방향으로 진동하고, a 는 전기장이 한 번 진동하는 동안 전자기파가 진행한 거리이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전자기파의 자기장의 세기는 x_1 에서가 x_2 에서보다 크다.
- ㄴ. 송신하는 전자기파의 진동수가 증가하면 a 도 증가한다.
- ㄷ. 라디오가 수신하는 전자기파는 광학 현미경에 사용되는 전자기파보다 파장이 짧다.

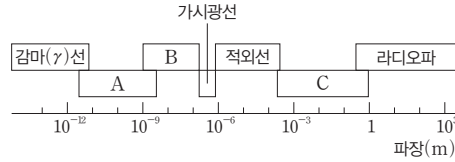
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

A의 모양이 정삼각형이므로 A와 B의 경계면에서 입사각이 60° 이다.

전기장과 자기장은 서로 유도하면서 진행하므로 전기장의 세기가 최대가 되면 자기장의 세기도 최대가 된다.

전자기파의 파장은 라디오파 > 마이크로파 > 적외선 > 가시광선 > 자외선 > X선 > 감마(γ)선 순이다.

21 [22023-0259] 그림 (가)는 전자기파를 파장에 따라 분류한 것을 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 마이크로파, 자외선, X선 중 하나이다. 그림 (나)는 (가)의 A, B, C 중 하나를 이용한 위성 안테나이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 진공에서 속력은 B가 A보다 크다.

ㄴ. (나)는 A를 이용한다.

ㄷ. C는 마이크로파이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A는 가시광선의 보라색보다 파장이 짧고, X선이나 감마(γ)선보다 파장이 긴 자외선이다.

22 [22023-0260] 다음은 전자기파 A에 대한 설명이다.

○ 가시광선의 보라색보다 파장이 짧고, ㉠보다 파장이 긴 전자기파이다.

○ 세균의 단백질 합성을 방해하여 살균 작용을 한다.

○ A는 ㉡에 이용된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠에 마이크로파가 들어갈 수 있다.

ㄴ. ㉡에 위조지폐 감별이 들어갈 수 있다.

ㄷ. A는 야간 투시경에 이용되는 전자기파보다 광자 1개의 에너지가 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

23 [2023-0261]

다음은 파동 A, B, C를 이용한 영상에 대한 설명이다. A, B, C는 각각 적외선, 초음파, X선 중 하나이다.



태아 검진 장치의 영상은 태아에서 반사된 A를 이용한다.



열화상 카메라의 영상은 몸의 온도에 따라 다르게 방출되는 B를 이용한다.



공항 수하물 검색대의 영상은 C의 투과력을 이용한다.

A는 초음파, B는 적외선, C는 X선이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

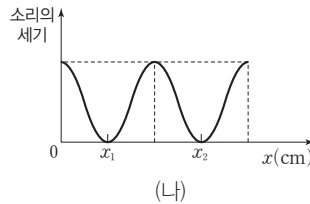
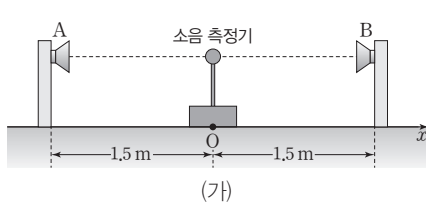
보기

- ㄱ. A는 전자기파이다.
- ㄴ. B는 사람의 눈으로 볼 수 있다.
- ㄷ. 파장은 B가 C보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24 [2023-0262]

그림 (가)와 같이 스피커 A, B와 소음 측정기를 설치한 후, A, B에서 진폭과 진동수가 동일한 소리를 발생시킨다. A와 B에서 발생하는 소리의 진동수는 500 Hz이고, A와 B 사이의 거리는 3 m이다. 그림 (나)는 A와 B를 연결하는 직선의 중심 O로부터 오른쪽으로 떨어진 거리 x 에 따라 소음 측정기가 측정한 소리의 세기를 나타낸 것이다.



$x_2 - x_1$ 은 상쇄 간섭이 일어나는 지점 사이의 거리이므로 반파장에 해당한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력을 350 m/s이고, A, B, 소음 측정기의 크기는 무시한다.)

보기

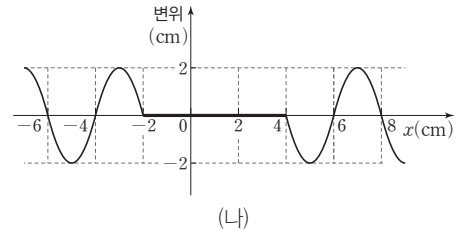
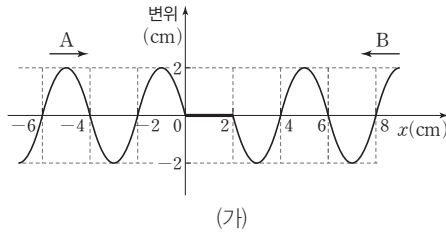
- ㄱ. $x_2 - x_1 = 70$ cm이다.
- ㄴ. $x = 105$ cm인 지점은 A, B에서 발생한 소리가 같은 위상으로 중첩되는 곳이다.
- ㄷ. A와 B 사이에서 보강 간섭이 일어나는 지점은 9개이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(나)는 (가)에서 A, B가 각각 파장의 $\frac{1}{2}$ 배만큼 진행한 파동의 모습이다.

25 [22023-0263]

그림 (가), (나)는 서로 반대 방향으로 진행하는 주기가 같은 두 파동 A, B의 일부가 중첩된 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)보다 2초 후의 모습이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A의 진동수는 0.5 Hz이다.
- ㄴ. B의 진행 속력은 1 cm/s이다.
- ㄷ. (나)에서 2초 후, $x=0$ 에서 변위는 2 cm이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

소리의 세기가 최소가 되는 이웃한 두 지점 사이의 거리 Δx 는 소리의 파장의 $\frac{1}{2}$ 배와 같으므로 소리의 파장은 $0.425 \times 2 = 0.85(\text{m})$ 이다.

26 [22023-0264]

다음은 소리의 간섭 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 2 m 떨어져 있는 두 스피커 A, B에서 세기가 같고 진동수가 400 Hz로 동일한 소리를 같은 위상으로 발생시킨다.

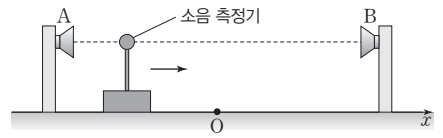
(나) 소음 측정기를 x 축을 따라 $+x$ 방향으로 천천히 이동시켜 소음 측정기가 A와 B의 중간 지점인 O를 지난 이후 소리의 세기가 최소가 되는 이웃한 두 지점 사이의 거리 Δx 를 측정한다.

(다) (가)에서 A, B의 진동수를 로 바꾸어 (나)를 반복한다.

(라) (가)에서 두 스피커 사이의 거리를 2.5 m로 하고 (나)를 반복한다.

[실험 결과]

실험 과정	(나)	(다)	(라)
Δx	0.425 m	0.34 m	㉡



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 일정하고, A, B, 소음 측정기의 크기는 무시한다.)

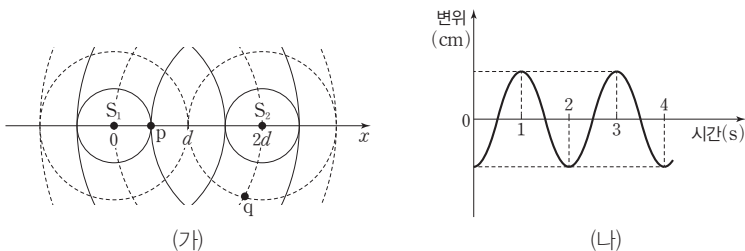
보기

- ㄱ. ㉠은 500 Hz이다.
- ㄴ. ㉡은 0.34 m보다 작다.
- ㄷ. (나)에서 O로부터 0.85 m 떨어진 지점에서는 소리의 세기가 최소가 된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

27 [22023-0265]

그림 (가)는 x 축상에서 거리 $2d$ 만큼 떨어진 파원 S_1, S_2 에서 같은 위상으로 발생시킨 두 물결파의 시간 $t=0$ 일 때의 모습을 나타낸 것이다. 두 물결파의 진동수는 같고, 진폭과 속력은 각각 $1\text{ cm}, 5\text{ cm/s}$ 이다. 점 p, q 는 평면상에 고정된 점이고, 실선과 점선은 각각 물결파의 마루와 골이다. 그림 (나)는 (가)의 순간부터 q 의 변위를 시간에 따라 나타낸 것이다.



마루와 골 사이의 거리는 물결파 파장의 $\frac{1}{2}$ 배와 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

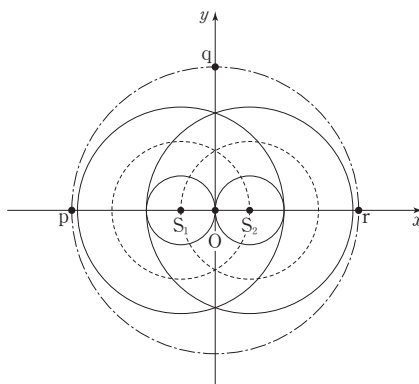
보기

- ㄱ. $d=10\text{ cm}$ 이다.
- ㄴ. 선분 $\overline{S_1S_2}$ 에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 4개이다.
- ㄷ. $t=2$ 초일 때, p 에서 중첩된 물결파의 변위는 0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

28 [22023-0266]

그림은 xy 평면의 원점 O 로부터 같은 거리만큼 떨어져 있는 파원 S_1, S_2 에서 진동수가 f_0 으로 같은 두 물결파를 같은 위상으로 발생시킨 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. 두 물결파의 진폭과 속력은 같고, 실선과 점선은 각각 마루와 골이다. 점 p, q, r 는 원점 O 로부터 같은 거리만큼 떨어져 있는 원 위에 위치한 점들이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



S_1 과 S_2 에서 q 까지 경로차는 0이고, S_1 과 S_2 에서 p 또는 r 까지 경로차는 한 파장이다.

보기

- ㄱ. q 에서 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. p 에서 S_1, S_2 로부터의 경로차는 물결파의 파장과 같다.
- ㄷ. S_1, S_2 에서 발생시킨 물결파의 진동수를 $2f_0$ 으로 하면 q 와 r 를 잇는 원호 위에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 2개이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 체크

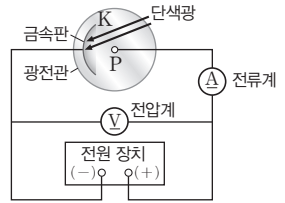
- **광전 효과:** 금속에 특정한 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 금속에서 광전자가 방출되는 현상이다.
- **문턱(한계) 진동수:** 광전 효과가 일어나기 위한 빛의 최소 진동수이다.

1. 빛을 금속에 비출 때 빛에 의해 금속에서 방출되는 전자를 ()라고 한다.
2. 광전 효과는 금속에 특정한 진동수보다 () 진동수의 빛을 비출 때 금속에서 ()가 방출되는 현상이다.
3. 광전 효과가 일어나기 위한 최소한의 진동수를 () 진동수라고 한다.
4. 광전 효과에 의해 광전자가 발생할 때 빛의 세기와 발생하는 ()는 비례한다.

1 빛의 이중성

(1) 광전 효과

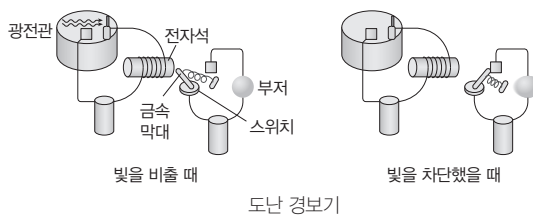
- ① **광전 효과:** 금속에 특정한 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 금속에서 전자(광전자)가 방출되는 현상을 광전 효과라고 한다.
- ② **문턱(한계) 진동수:** 금속에서 전자를 떼어 내기 위한 최소한의 빛의 진동수로, 금속의 종류에 따라 다르다.
- ③ **광전류:** 광전관의 (-)극 K에 빛을 비출 때, 광전자가 방출되어 (+)극 P로 모이므로 광전류가 흐르게 된다.
 - 문턱 진동수(한계 진동수)보다 작은 진동수의 빛으로는 광전자를 방출시키지 못한다.
 - 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 세기와 관계없고, 빛의 진동수와 문턱 진동수에 의해서만 결정된다.
- ④ **광전 효과의 이용:** 도난 경보기, 디지털 카메라, 자동차 등



광전 효과 실험 장치

과학 돋보기 광전 효과의 이용

- 도난 경보기는 빛을 광전관의 (-)극에 비추면 광전류가 발생하고, 광전류가 전자석의 코일에 흐르면 스위치의 금속 막대를 끌어당겨 스위치가 열려 있게 된다. 그러나 침입자가 빛을 차단하게 되면 광전류가 흐르지 않게 되어 스위치의 금속 막대에 연결된 용수철이 금속 막대를 당기므로 스위치가 닫히게 되고, 이때 경보 시스템이 작동하여 경보음이 울리게 된다.
- 화재 경보기는 평소에는 광원에서 방출된 빛이 직진하여 광센서에 도달하지 못하지만, 화재가 발생하여 빛이 연기에 의해 산란되어 광센서에 도달하면 경보가 울린다.



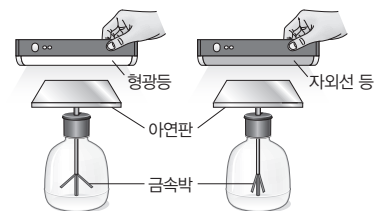
탐구자료 살펴보기 광전 효과 실험

과정

- (1) 그림과 같이 아연판을 검전기 위에 올려놓고 음(-)전하로 대전시킨다.
- (2) 검전기 위의 아연판에 형광등과 자외선 등을 각각 비추고 금속박의 변화를 관찰한다. 빛의 세기를 세게 하여 실험을 반복한다.

결과

	약한 빛	센 빛
형광등	벌어져 있다	벌어져 있다.
자외선 등	천천히 오므라든다.	빨리 오므라든다.



point

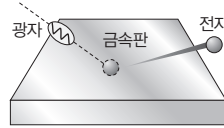
- 금속에 특정 진동수 이상의 빛을 비추면 빛의 세기와 관계없이 금속에서 광전자가 방출된다. 따라서 세기가 약한 자외선을 아연판에 비추어도 자외선의 진동수가 아연의 문턱(한계) 진동수보다 크면 금속박이 오므라든다.
- 광전 효과를 일으키는 빛은 빛의 세기가 셀수록 단위 시간 동안에 방출되는 전자의 수가 많다.

정답

1. 광전자
2. 큰, 광전자
3. 문턱(한계)
4. 광전자 수

(2) 빛의 파동 이론의 한계와 광양자설

- ① 빛이 파동이라면 진동수가 아무리 작아도 그 빛의 세기를 세게 하거나 오랫동안 비추면 금속 내의 전자는 충분한 에너지를 얻어 금속 표면 밖으로 튀어나올 수 있어야 한다. 그러나 문턱 진동수보다 작은 진동수를 갖는 빛으로는 결코 광전자가 방출되지 않는다. 그리고 문턱 진동수가 물질의 종류에 따라 다르다는 것도 파동 이론으로는 설명이 되지 않는다. 따라서 광전 효과를 설명하려면 빛에 대한 다른 이론이 필요하다.
- ② 1905년 아인슈타인은 플랑크가 제안한 양자 가설을 이용하여 '빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광자(광양자)라고 하는 입자들의 흐름이다.'라는 광양자설로 광전 효과를 설명하였다. 광양자설에 의하면 진동수가 f 인 광자 1개가 가지는 에너지는 $E = hf$ 이다. 여기서 h 는 플랑크 상수이고, 그 값은 $h \approx 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 이다.



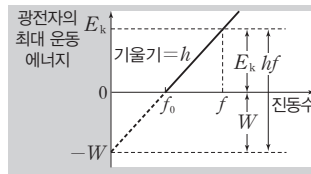
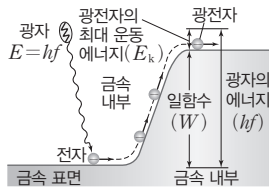
개념 체크

● **광양자설**: 빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광자(광양자)의 흐름이다.

1. 빛이 ()이라면 진동수가 아무리 작아도 금속에 비추는 빛의 세기를 세게 하거나 오랫동안 비추면 금속 내의 전자는 충분한 에너지를 얻어 금속 표면 밖으로 튀어나올 수 있어야 한다.
2. 아인슈타인의 광양자설은 '빛은 ()에 비례하는 에너지를 갖는 광자의 흐름이다.'이다.
3. 광전 효과에서 진동수가 f 인 광자의 에너지가 hf 이고, 광전자의 최대 운동 에너지가 E_k 일 때, 이들의 대소 관계는 E_k () hf 이다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)

과학 돋보기 광양자설에 의한 광전 효과의 해석

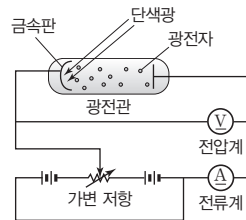
진동수가 f 인 빛을 금속 표면에 비추면 hf 의 에너지를 가진 광자가 금속 내의 한 개의 전자와 충돌하여 전자에 에너지를 준다. 이 에너지가 전자를 금속에서 떼어 내는데 필요한 에너지 W 보다 크면 즉시 광전자가 방출되며, 광전자의 최대 운동 에너지 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = hf - W$ 가 된다. 여기서 W 를 금속의 일함수라고 하고, $E_k = 0$ 이 되는 진동수를 문턱 진동수 f_0 이라고 하면 $W = hf_0$ 이다. 따라서 광전자의 최대 운동 에너지 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = hf - hf_0 = h(f - f_0)$ 과 같이 나타낼 수 있고, 광전자의 최대 운동 에너지-진동수 그래프의 기울기는 플랑크 상수 h 이다.



탐구자료 살펴보기 광전관 실험

과정

- (1) 그림과 같이 회로를 구성한 후, 광전관 내에 금속판 A를 설치한다.
- (2) 광전관 내의 금속판에 단색광을 비추고, 전류계의 값을 읽는다.
- (3) (-)극과 (+)극 사이에 전압을 걸어 주어 전류계의 값이 0이 될 때의 전압을 측정하여 광전자의 최대 운동 에너지를 구한다.
- (4) 단색광의 세기는 일정하게 유지하면서 진동수를 다르게 하여 과정 (2), (3)을 반복한다.
- (5) 금속판 A를 금속판 B로 바꾸어 과정 (2)~(4)를 반복한다.



결과

단색광의 진동수 ($\times 10^{15}$ Hz)	광전자의 최대 운동 에너지(eV)	
	금속판 A	금속판 B
0.50	1	0
0.75	2	1
1.00	3	2

point

- 광전자의 최대 운동 에너지는 단색광의 진동수가 클수록 크다.
- 광전자의 최대 운동 에너지는 금속판의 문턱 진동수가 작을수록 크다.

정답

1. 파동
2. 진동수
3. <

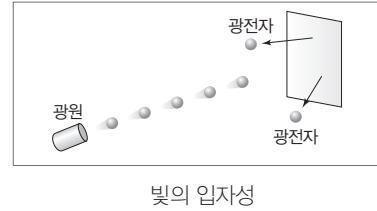
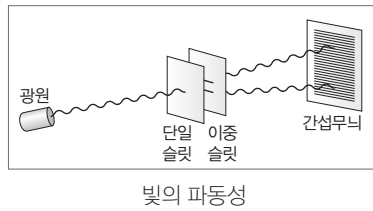
개념 체크

- 빛의 이중성: 빛은 간섭이나 회절과 같은 파동성을 가지는 동시에 입자성을 가지는 동시에 입자성을 가진다.
- 전하 결합 소자(CCD): 빛 신호를 전기 신호로 바꾸어 주는 장치로, 디지털 카메라, 광학 스캐너, 비디오 카메라 등에 이용된다.

1. 빛은 파동성을 가지면서 동시에 입자성을 가지는데, 이를 ()이라고 한다.
2. 빛의 간섭과 회절 현상은 빛의 ()성을 보여 주고, 광전 효과는 빛의 ()성을 보여 준다.
3. 전하 결합 소자는 수백만 개의 집광 장치로 이루어져 있고, 빛을 () 신호로 바꾸는 장치이다.
4. 빛이 렌즈를 통과하여 전하 결합 소자 내부로 입사하면 ()로 인해 반도체 내에서 전자와 양공의 쌍이 생성된다.
5. 빛이 전하 결합 소자 내부로 입사하여 생긴 전자는 ()전압이 걸려 있는 전극 아래에 쌓인다.

(3) 빛의 이중성

- ① 빛은 그 진행 과정에서는 파동의 성질인 간섭과 회절 현상이 나타나고, 광전 효과에서는 입자의 성질이 나타난다. 이와 같이 빛은 어떤 경우에는 파동성을 나타내고, 또 다른 경우에는 입자성을 나타내는데, 이것을 빛의 이중성이라고 한다.
- ② 모든 광학적 현상은 전자기파 이론 또는 파동 이론과 빛의 광양자 이론 중 어느 하나로 설명이 가능하다.
- ③ 빛은 간섭이나 회절 현상에서 알 수 있듯이 파동의 성질을 가지고 있는 것이 분명하다. 그러나 광전 효과에서 보았듯이 빛을 입자라고 생각해야 잘 설명할 수 있는 현상도 있다. 사진 건판에 상이 기록되는 현상은 광자와 사진 건판에 발라진 감광제 입자들의 충돌에 의한 화학 반응의 결과이고, 이것은 빛의 파동성으로 설명하기 어렵다. 그러므로 빛은 파동이면서 동시에 입자인 이중적인 본질을 지니고 있는 것이다.



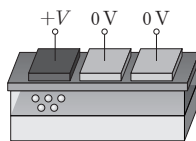
2 영상 정보의 기록

(1) 전하 결합 소자(Charge-Coupled Device, CCD)

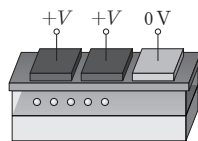
- ① 빛을 전기 신호로 바꾸어 주는 장치로, 수백만 개의 집광 장치로 이루어져 있다.
- ② 구조는 광센서인 광 다이오드가 평면적으로 배열된 형태를 가지고 있고, 주로 규소(Si) 등의 물질이 광센서로 사용되며 각각의 화소를 구성한다. 디지털 카메라, 광학 스캐너, 비디오 카메라 등에 이용된다.

(2) 영상 정보가 기록되는 원리

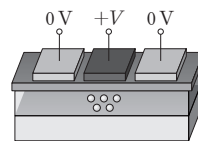
- ① 렌즈를 통과한 빛이 전하 결합 소자 내부로 입사하면 광전 효과로 인해 반도체 내에서 전자와 양공의 쌍이 형성되고, 이때 전자의 수는 입사한 빛의 세기에 비례하며, 전자는 (+)전압이 걸려 있는 첫 번째 전극 아래에 쌓이게 된다.
- ② 인접한 두 번째 전극에 같은 크기의 전압을 걸어 주면 전자는 고르게 분포하게 된다.
- ③ 첫 번째 전극의 전압을 제거하면 전자는 두 번째 전극으로 이동하여 모이게 된다.
- ④ 다시 인접한 세 번째 전극에 같은 크기의 전압을 걸어 주면 전자는 고르게 분포하게 된다. 이렇게 순차적으로 전극에 전압을 걸어 주어 전자들이 이동하게 된다.



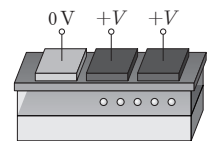
① 광전 효과에 의해 첫 번째 전극 아래에 전자가 쌓인다.



② 두 번째 전극에 걸린 전압에 의해 전자는 고르게 분포하게 된다.



③ 첫 번째 전극의 전압을 제거하면 전자는 다시 두 번째 전극에 모인다.



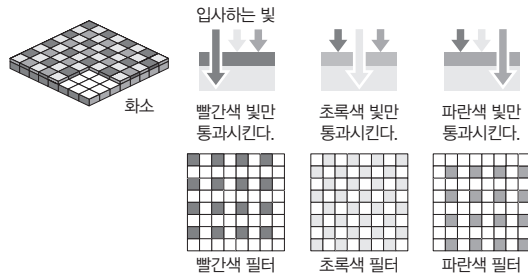
④ 세 번째 전극에 걸린 전압에 의해 전자는 고르게 분포하게 된다.

정답

1. 빛의 이중성
2. 파동, 입자
3. 전기
4. 광전 효과
5. (+)

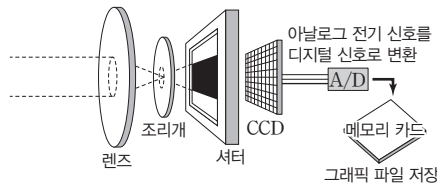
(3) 컬러 영상을 얻는 원리

- ① 일반적으로 전하 결합 소자는 빛의 세기만 측정하기 때문에 흑백 영상만을 얻을 수 있으므로, 컬러 영상을 얻기 위해서 서로 교차된 색 필터를 전하 결합 소자 위에 배열한다.
- ② 빨간색, 초록색, 파란색 필터 아래에 있는 전하 결합 소자에는 각각 빨간색, 초록색, 파란색 빛의 세기에 비례하는 전하가 전극에 쌓이게 되어 원래의 색상 정보가 입력된다.



과학 돋보기 디지털 카메라의 영상 정보 기록

렌즈를 통해 빛이 전하 결합 소자(CCD)의 광 다이오드에 들어오면 광전 효과에 의해 광전자가 방출되어 빛이 전기 신호로 변환되며, 색 필터를 통과한 빛의 세기에 따라 방출되는 광전자의 수가 달라지므로 빛의 세기를 분석하여 천연색 영상 정보를 메모리 카드에 저장한다.



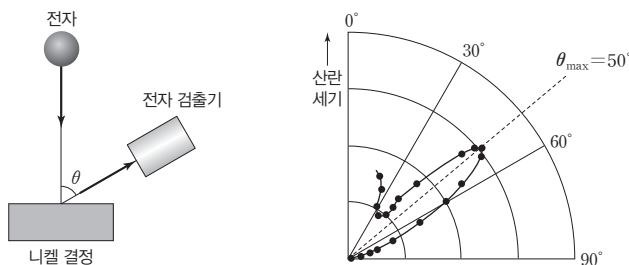
3 물질의 파동성

(1) 물질파

- ① 드브로이의 물질파 이론: 1923년 드브로이는 파동이라고 생각했던 빛이 입자성을 나타낸다면 반대로 전자와 같은 물질 입자도 파동성을 나타낼 수 있을 것이라는 가설을 제안하였다.
- ② 물질파: 물질 입자가 파동성을 나타낼 때 이 파동을 물질파 또는 드브로이파라고 한다.
- ③ 물질파 파장(드브로이 파장): 드브로이는 질량이 m 인 입자가 속력 v 로 운동하여 운동량의 크기가 p 일 때 나타나는 파장 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 로 주어진다고 제안하였다.

(2) 데이비슨-거머 실험

- ① 데이비슨과 거머는 그림과 같이 니켈 결정에 느리게 움직이는 전자의 전자선을 입사시킨 후 입사한 전자선과 튀어나온 전자가 이루는 각에 따른 분포를 알아보기 위해 전자 검출기의 각 θ 를 변화시키면서 각에 따라 검출되는 전자의 수를 측정하였다.



개념 체크

● 물질파: 물질 입자가 파동성을 나타낼 때, 이 파동을 물질파라고 하며, 물질파 파장은 운동량의 크기에 반비례한다.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

1. 일반적으로 전하 결합 소자는 빛의 세기만을 측정하기 때문에 흑백 영상만을 얻는다. 따라서 컬러 영상을 얻기 위해서는 서로 교차된 ()를 전하 결합 소자 위에 배열한다.
2. 같은 속력으로 운동하는 두 물체에서 질량이 큰 물체는 질량이 작은 물체보다 물질파의 파장이 ()다.
3. 물질 입자가 파동성을 나타낼 때 이 파동을 ()라고 한다.

정답

1. 색 필터
2. 짧
3. 물질파 또는 드브로이파

개념 체크

● **톱슨 실험:** 전자선의 회절 무늬는 전자와 같은 물질 입자가 파동성을 갖는다는 것을 확인시켜 주는 것이다.

1. 니켈 결정 표면에 입사한 전자선의 전자가 가장 많이 튀어나오는 각은 파동 이론에서 결정면에서 반사한 파동이 (보강, 상쇄) 간섭되는 조건과 같다.
2. 사진 건판에 상이 기록되는 현상에서 광자와 사진 건판의 감광제 입자들의 충돌은 빛의 ()성으로 설명하기 어렵다.

- ② 실험 결과: 54 V의 전압으로 전자를 가속한 경우 입사한 전자선과 50°의 각을 이루는 곳에서 튀겨 나오는 전자의 수가 가장 많았다.
- ③ 실험 결과에 대한 해석
 - 원자가 반복적으로 배열된 결정 표면에 X선을 비출 때, 결정면에 대하여 특정한 각으로 X선을 입사시킬 경우 결정 표면에서 반사된 빛과 이웃한 결정면에서 반사된 빛이 보강 간섭을 일으킨다. 이는 마치 얇은 막에 의해 빛이 반사될 경우 빛이 얇은 막에 특정한 각으로 입사할 때 반사된 빛이 보강 간섭을 일으킨 것으로 해석할 수 있다.
 - 전자선을 결정 표면에 입사시킬 때, X선을 결정 표면에 비출 경우와 마찬가지로 입사한 전자선과 결정면에서 튀어나온 전자선이 이루는 각이 특정한 각도에서 전자가 많이 검출된다.
 - 실험 결과를 X선 회절 실험으로부터 구한 전자의 파장과 드브로이의 물질파 이론을 적용하여 구한 전자의 파장이 일치한다는 사실로 드브로이의 물질파 이론이 증명되었다.

과학 돋보기 전자의 입자성과 파동성

그림은 전자들을 바람개비에 쏘아 주었을 때 바람개비에 나타나는 변화를 확인할 수 있는 실험 장치이다. 이 장치를 작동시키면 전자들이 쏘여졌을 때 바람개비가 돌아가는데, 이것은 전자가 바람개비에 충돌하여 정지해 있던 바람개비가 회전하는 것이다. 즉, 전자는 바람개비에 충돌하여 운동량을 전달하였으므로, 전자는 질량을 가진 입자임을 알 수 있다.

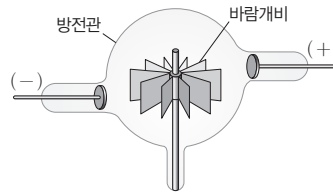
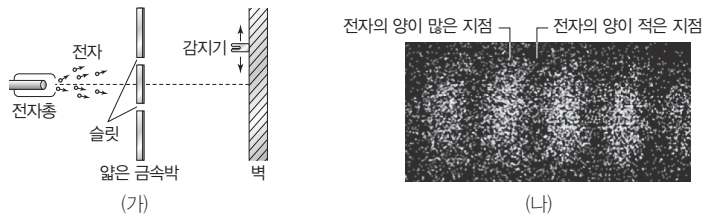


그림 (가)와 같이 2개의 가는 슬릿이 뚫린 얇은 금속막과 벽에 나란하게 움직일 수 있는 감지기를 설치하고, 전자총으로 전자들을 금속막의 가는 슬릿으로 쏘아 주면 전자들이 가는 슬릿을 통과하여 감지기가 있는 벽에 도달한다. 벽에 도달한 전자의 위치를 점으로 나타낸 결과, 그림 (나)와 같이 도달하는 전자의 양이 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 가면서 나타난다.



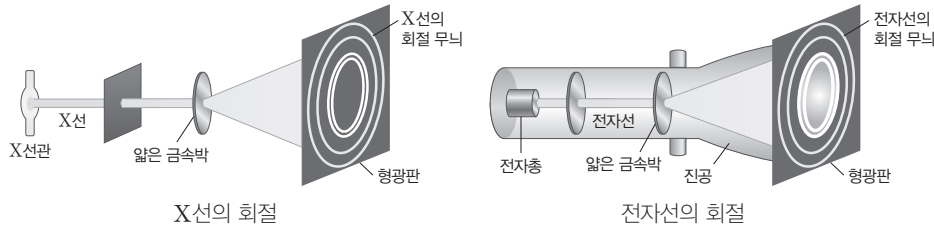
전자가 입자라면 전자의 양이 많은 지점이 두 군데 생겨야 한다. 그러나 전자를 쏘았을 때 전자의 양이 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 가면서 나타나는 간섭무늬가 생겼으므로, 전자는 파동이라고 생각해야 한다. 따라서 전자도 빛과 마찬가지로 입자와 파동의 이중성을 나타낸다.

(3) 톱슨 실험

1928년 톱슨은 얇은 금속막에 전자선을 입사시켜 전자선의 회절 무늬를 얻었는데, 이것은 파장이 매우 짧은 X선을 입사시켰을 때 얻어지는 회절 무늬와 같았다. 전자선의 회절 무늬는 전자와 같은 물질 입자가 파동성을 갖는다는 것을 확인시켜 주는 것이다.

정답

1. 보강
2. 파동



(4) 물질의 이중성

- ① 파동성은 전자뿐만 아니라 원자핵의 구성 입자인 양성자와 중성자, 분자 같은 입자에서도 발견되었다. 이와 같이 미시적인 세계에서는 빛과 마찬가지로 물질 입자도 파동과 입자의 이중적인 성질을 나타내며, 이와 같은 현상을 물질의 이중성이라고 한다.
- ② 공중에 떠다니는 먼지와 같은 크기를 갖는 물질 입자에서도 물질파 파장은 존재하지만, 그 파장이 너무 짧아서 파동성을 관찰할 수 없다. 즉, 물질파 파장 λ 는 플랑크 상수 h 를 물체의 질량과 속력의 곱인 mv 로 나눈 값 $(\frac{h}{mv})$ 인데, 플랑크 상수의 값이 아주 작기 때문에 mv 의 값이 전자와 같이 아주 작지 않으면 검증할 수 있는 파장 λ 의 값을 얻을 수 없는 것이다. 이것이 물질 입자의 파동성이 늦게 발견된 까닭이다.
- ③ 전자의 파동성을 이용하여 전자의 속력을 조절하면 파장이 매우 짧은 물질파의 전자선을 만들 수 있고, 이를 이용해서 분해능이 우수한 현미경을 만들 수 있다. 전자의 파동성을 이용한 현미경이 전자 현미경이며, 전자 현미경을 이용하여 실물 크기의 10만 배 이상으로 물체를 확대시켜 볼 수 있다.

개념 체크

● **물질의 이중성:** 빛과 마찬가지로 물질 입자도 파동과 입자의 이중적인 성질을 나타내며, 이와 같은 현상을 물질의 이중성이라고 한다.

1. 톰슨의 실험 결과 전자선을 얇은 금속박에 입사시킬 때 사진 건판에 나타나는 ()는 전자의 파동성을 나타낸다.
2. 미시적인 세계에서는 빛과 마찬가지로 물질 입자도 파동과 입자의 이중적인 성질을 나타내며, 이를 ()이라고 한다.
3. 전자의 속력을 ()시키면 파장이 매우 짧은 전자선을 만들 수 있고, 이 선을 이용하면 분해능이 우수한 전자 현미경을 제작할 수 있다.

탐구자료 살펴보기 간섭 실험을 통한 물질의 이중성

과정

빛의 간섭 실험	전자선의 간섭 실험
<p>빛을 단일 슬릿과 이중 슬릿에 통과시키면 스크린에 보강 간섭(밝은 무늬)과 상쇄 간섭(어두운 무늬)이 나타난다.</p>	<p>전자의 속력을 조절하여 전자를 단일 슬릿과 이중 슬릿에 통과시키면 형광판에 보강 간섭(밝은 무늬)과 상쇄 간섭(어두운 무늬)이 나타난다.</p>

결과

- 슬릿을 통과한 빛과 전자선은 모두 보강 간섭과 상쇄 간섭을 일으켜 밝은 무늬와 어두운 무늬가 번갈아 가며 나타난다.

point

- 두 실험의 결과로부터 물질 입자인 전자도 파동성을 가진다는 것을 알 수 있다.

정답

1. 회절 무늬
2. 물질의 이중성
3. 증가

개념 체크

● 전자의 물질파 파장: 전자의 속력이 v 일 때 전자의 물질파 파장은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

● 전자 현미경: 전자의 물질파를 이용한 현미경으로, 최대 배율은 수백만 배이다.

1. 질량이 m 인 입자의 물질파 파장이 λ 일 때 입자의 운동 에너지는 ()이다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)

2. 전자의 운동 에너지를 4배로 증가시키면 전자의 물질파 파장은 ()배가 된다.

3. 전자 현미경에서 가속 전압이 클수록 전자의 속력이 크고 전자의 운동 에너지가 (커, 작아)져 전자의 물질파 파장이 (길어, 짧아)진다.

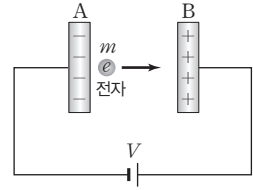
4. 전자 현미경에서 자기장에 의해 전자의 진행 경로가 휘게 하는 것은 코일을 감은 원통형 전자석인 ()이다.

5. 현미경의 최대 배율은 광학 현미경이 전자 현미경보다 ()다.

4 전자 현미경

(1) 전자의 속력과 전자의 물질파 파장

① 가속 전압과 전자의 운동 에너지: 그림과 같이 금속판 A와 B에 전압 V 가 걸려 있을 경우 A에서 정지해 있던 전자는 전기력을 받아 가속되어 매우 빠른 속력으로 B에 도달하게 된다. B에 도달하는 순간 전자의 운동 에너지 E_k 는 전기력이 전자에 해 준 일과 같다.



② 가속 전압에 따른 전자의 물질파 파장: 전기력을 받아 가속된 전자의 속력이 v 일 때 전자의 물질파 파장은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

과학 돋보기 전자의 속력과 물질파 파장

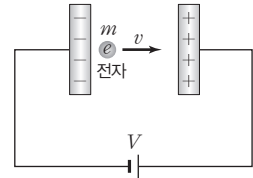
그림과 같이 질량이 m , 전하량이 e 인 전자를 정지 상태에서 전압 V 로 가속시켜서 속력이 v 가 되었다면, 이 전자의 운동 에너지 E_k 는 전기력이 전자에 해 준 일(eV)인 eV 와 같다. 전자의 운동량의 크기를 p 라고 하면, 다음과 같은 식이 성립한다.

$$E_k = eV = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}, p = \sqrt{2meV}$$

(전자의 전하량 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, 전자의 질량 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

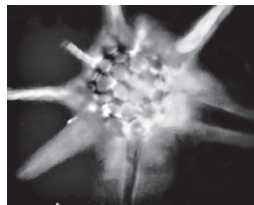
따라서 가속 전압에 따른 전자의 물질파 파장은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

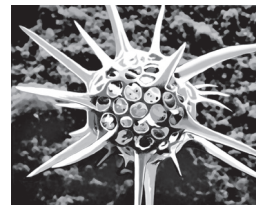


(2) 전자 현미경

- 전자 현미경에서 이용하는 전자의 물질파 파장은 광학 현미경에서 이용하는 가시광선의 파장보다 훨씬 짧아 전자 현미경은 광학 현미경보다 훨씬 높은 배율과 분해능을 얻을 수 있다.
- 광학 현미경에서 최대 배율은 약 2000 배이고, 전자의 물질파 파장이 1.0 nm 이하인 전자 현미경의 최대 배율은 수백만 배이다.
- 전자 현미경은 자기장에 의해 전자의 진행 경로가 휘어지는 현상을 이용하는 것으로, 코일을 감은 원통형 전자석인 자기렌즈는 전자를 초점으로 모으는 역할을 한다. 전자 현미경은 이러한 자기렌즈를 사용하여 광학 현미경처럼 물체를 확대하여 볼 수 있다.
- 전자 현미경은 시료를 진공 속에 넣어야 하기 때문에 살아있는 생명체를 관찰하는 것이 어렵고, 얇은 시료를 만들거나 코팅을 해야 하는 준비 작업을 필요로 하지만, 높은 배율과 분해능을 얻을 수 있는 장점이 있다.



광학 현미경



전자 현미경

정답

- $\frac{h^2}{2m\lambda^2}$
- $\frac{1}{2}$
- 커, 짧아
- 자기렌즈
- 작

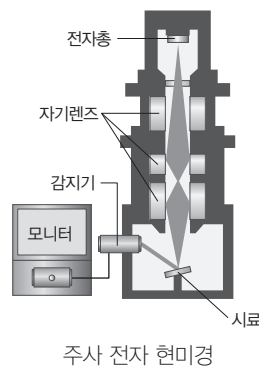
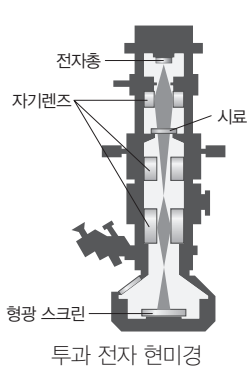
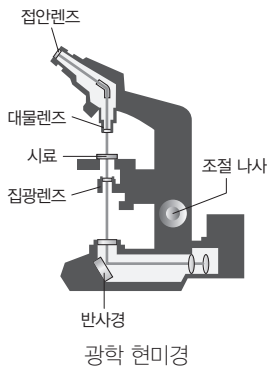
(3) 전자 현미경의 종류

① 투과 전자 현미경(TEM, Transmission Electron Microscope)

- 전자가 특별하게 제작된 얇은 시료를 통과하게 되고, 이때 시료 내부의 물질에 의해 전자가 산란되는 정도가 달라지며 시료를 통과한 전자에 의해 확대된 영상이 만들어진다.
- 전자는 눈에 보이지 않으므로 확대된 영상은 필름이나 형광면에 투사시키면 볼 수 있다.
- 투과 전자 현미경으로 관찰하는 시료는 매우 얇게 만들어져야 한다. 그렇지 않으면 투과하는 동안 전자의 속력이 느려져 전자의 드브로이 파장이 길어지므로 분해능이 떨어져 시료의 영상이 흐려진다.
- 투과 전자 현미경은 전자선이 얇은 시료를 투과하므로 평면 영상을 관찰할 수 있다.

② 주사 전자 현미경(SEM, Scanning Electron Microscope)

- 전자선을 시료의 전체 표면에 차례로 쏘일 때 시료에서 튀어나오는 전자를 측정한다.
- 감지기에서 측정된 신호를 해석하여 상을 재구성한다.
- 주사 전자 현미경으로 관찰하려는 시료는 전기 전도성이 좋아야 한다. 따라서 전기 전도도가 낮은 생물 시료는 금, 백금, 이리듐 등과 같이 전기 전도도가 높은 물질로 얇게 코팅해야 한다.
- 주사 전자 현미경은 투과 전자 현미경보다 배율은 낮지만, 표면의 3차원적 구조를 볼 수 있다는 장점이 있다.



개념 체크

- 투과 전자 현미경(TEM): 전자선이 시료를 투과한 후 확대된 영상을 얻는다.
- 주사 전자 현미경(SEM): 전자선을 쏘일 때 시료에서 튀어나오는 전자를 측정하여 시료의 영상을 얻는다.

1. 전자 현미경 중에서 시료를 매우 얇게 만들어야 분해능이 좋아지는 것은 () 전자 현미경이다.
2. 전자 현미경 중에서 평면 영상을 얻는 것은 () 전자 현미경이다.
3. 투과 전자 현미경과 주사 전자 현미경 중에서 최대 배율이 큰 것은 () 전자 현미경이다.
4. 전자 현미경 중에서 시료의 전기 전도성이 좋아야 명확한 상을 얻을 수 있는 것은 () 전자 현미경이다.

과학 돋보기 광학 현미경과 전자 현미경의 차이점

광학 현미경	차이점	전자 현미경
	<p>광원 광학 현미경은 시료의 상을 얻기 위해 가시광선을 이용하지만, 전자 현미경은 전자의 물질파를 이용한다.</p>	
<p>광학 렌즈</p>	<p>광학 현미경은 유리 등으로 만든 광학 렌즈로 가시광선을 굴절시킨다. 반면 전자 현미경은 자기렌즈로 전자선을 굴절시킨다.</p>	<p>자기렌즈</p>
<p>눈</p>	<p>광학 현미경은 눈으로 상을 관찰할 수 있지만, 전자의 물질파는 눈으로 볼 수 없으므로 전자를 검출하는 장치나 형광 스크린 등의 장치가 필요하다.</p>	<p>형광 스크린</p>

정답

1. 투과
2. 투과
3. 투과
4. 주사

01 [22023-0267] 다음은 빛의 성질을 설명하기 위한 예이다.

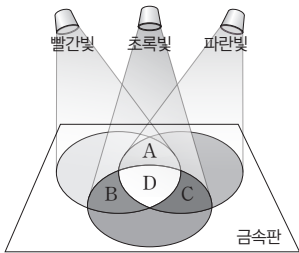
- 빛이 (가) (이)라면, 진동수가 아무리 작아도 세기가 센 빛을 금속에 비추면 광전자가 방출된다.
- 두 당구공이 충돌하면 서로 반발하여 튕겨 나가고, ㉠ 두 파동이 만나면 중첩되어 진폭이 커지는 현상 또는 작아지는 현상이 나타난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 '파동'이다.
 - ㄴ. 외력이 작용하지 않을 때 두 당구공의 운동 에너지 합은 충돌 전에서가 충돌 후에서보다 작다.
 - ㄷ. 위상이 서로 반대인 두 파동이 만날 때 ㉠이 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22023-0268] 그림은 금속판에 세 단색광(빨간빛, 초록빛, 파란빛)을 비추는 것을 나타낸 것으로, A, B, C는 두 가지 단색광이 겹쳐지는 영역이고, D는 세 단색광이 겹쳐지는 영역이다. 표는 A, B, C, D에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 것이다.



영역	최대 운동 에너지
A	E_1
B	0
C	㉠
D	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 빨간빛의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다.
 - ㄴ. ㉠은 E_1 이다.
 - ㄷ. ㉡은 E_1 보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22023-0269] 그림과 같이 지폐에 자외선 등을 비추면 가시광선 등을 비출 때 보이지 않던 형광 무늬가 나타난다. 이 형광 무늬는 빛이 형광 물질을 이루는 원자의 전자를 들뜬상태로 만들었을 때 나타난다.

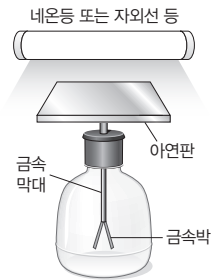


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 빛의 파장은 가시광선이 자외선보다 길다.
 - ㄴ. 자외선 등을 지폐에 비출 때 자외선의 세기만을 감소시키면 형광 무늬의 밝기가 감소한다.
 - ㄷ. 가시광선 등을 지폐에 비출 때 가시광선의 세기를 증가시키면 형광 무늬가 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22023-0270] 그림은 검전기 위에 아연판을 놓고 음(-)전하로 대전된 아연판에 네온등 또는 자외선 등을 비추는 모습을 나타낸 것이다. 네온등을 비출 때는 금속막이 오므라들지 않았지만 자외선 등을 비출 때는 금속막이 오므라들었다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기
- ㄱ. 네온등의 세기만을 증가시켜 비추면 금속막이 오므라들지 않는다.
 - ㄴ. 자외선 등을 비추어 금속막이 오므라드는 동안 전자의 이동 방향은 아연판 → 금속 막대 → 금속박이다.
 - ㄷ. 자외선의 진동수는 아연의 문턱 진동수보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [2023-0271] 다음은 화재 경보기의 구조와 작동 원리에 대한 설명이다.

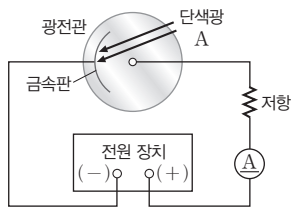
화재가 발생하지 않았을 때는 광원에서 나온 빛이 직진하여 광센서에는 빛이 도달하지 못한다. 화재로 발생한 연기에 산란된 빛이 광센서에 도달하면 광센서에서는 광전 효과에 의해

㉠ 신호가 ㉡ 신호로 바뀌고, 경보기에 전류가 흐르면 경보기에서 소리가 울린다.

㉠과 ㉡에 들어갈 용어로 가장 옳은 것은?

- | | | | |
|------|----|------|----|
| ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ |
| ① 빛 | 소리 | ② 빛 | 전기 |
| ③ 소리 | 빛 | ④ 전기 | 빛 |
| ⑤ 전기 | 소리 | | |

06 [2023-0272] 그림과 같이 문턱 진동수가 f_0 인 광전관의 금속판에 단색광 A를 비추었을 때 저항에 전류가 흘렀다. 표는 단색광 A, B의 진동수와 세기를 나타낸 것이다.



단색광	진동수	세기
A	f	$2I$
B	$2f$	I

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $f_0 > f$ 이다.
- ㄴ. 금속판에서 광전자를 방출시키기 위해 필요한 최소 에너지는 B를 비출 때가 A를 비출 때보다 크다.
- ㄷ. B를 금속판에 비추면 저항에 전류가 흐른다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

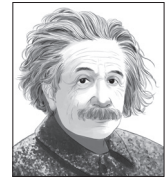
07 [2023-0273] 다음은 빛의 본성에 대해 연구한 물리학과 설명 내용이다.



하위헌스: 빛의 회절 현상을 설명하였다.



영: 빛의 이중 슬릿에 의한 간섭 실험을 설명하였다.

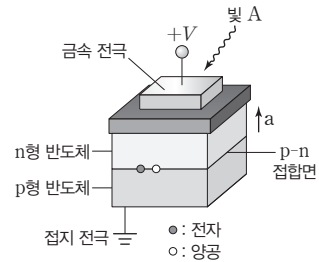


아인슈타인: 광양자설을 제안하여 광전 효과를 설명하였다.

빛의 입자성을 주장한 물리학자만을 있는 대로 고른 것은?

- ① 하위헌스 ② 영 ③ 아인슈타인
④ 하위헌스, 영 ⑤ 영, 아인슈타인

08 [2023-0274] 그림은 전하 결합 소자(CCD)를 구성하는 광 다이오드에 접합된 금속 전극에 $+V$ 의 전압을 가하고 빛 A를 p-n 접합면을 향해 입사시켰을 때, p-n 접합면에서 전자와 양공의 쌍이 형성되는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

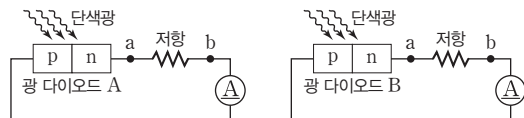
- ㄱ. 광 다이오드는 빛에너지를 전기 에너지로 바꾼다.
- ㄴ. p-n 접합면에 생성된 전자의 이동 방향은 a 방향이다.
- ㄷ. A의 세기를 증가시키면 p-n 접합면에 생성되는 전자의 수가 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22023-0275] 다음은 p-n 접합 광 다이오드에서 발생하는 전류를 측정하는 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 광 다이오드 A 또는 B에 저항을 연결한다.



(나) 단색광의 진동수가 f_0 로 서로 같고 단색광의 세기만 서로 다른 두 단색광을 광 다이오드 A, B에 각각 비추었을 때, 저항에 흐르는 전류의 세기를 측정한다.

[실험 결과]

광 다이오드	단색광의 세기	
	I_0	$2I_0$
A	0	㉠
B	I	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠ > 0이다.
- ㄴ. ㉡ < I 이다.
- ㄷ. ㉡일 때 B의 p-n 접합면에서 전자와 양공 쌍이 생성된다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22023-0276] 그림은 등속 직선 운동을 하는 입자 A, B를 나타낸 것이고, 표는 입자 A, B의 물질파 파장과 운동 에너지를 나타낸 것이다.

A ○ →	B ○ →	
		입자
		A B
		물질파 파장
		λ 2λ
		운동 에너지
		$4E$ E

A, B의 질량을 각각 m_A, m_B 라고 할 때, $m_A : m_B$ 는?

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

11 [22023-0277] 다음은 전자 현미경에 대한 설명이다.

- 전자 현미경은 ㉠ 자기렌즈를 통과한 전자선을 시료에 비추어 상을 얻는다.
- 전자 현미경에서 사용하는 전자선의 물질파 파장이 가시광선의 파장보다 ㉡이다. 따라서 전자 현미경은 광학 현미경보다 더 작은 구조를 관찰할 수 있다.

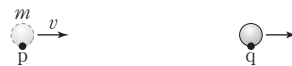
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 자기장을 이용하여 전자의 진행 경로를 바꾼다.
- ㄴ. ㉡은 '길다'이다.
- ㄷ. 전자선의 물질파 파장이 길수록 전자의 운동 에너지는 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

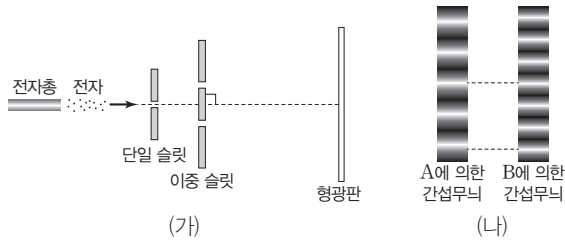
12 [22023-0278] 그림은 질량이 m 인 입자가 v 의 속력으로 점 p를 통과한 순간부터 입자의 운동 방향으로 작용하는 힘에 의해 W 의 일을 받아 점 q를 통과하는 모습을 나타낸 것이다.



q를 지나는 순간 입자의 물질파 파장은? (단, h 는 플랑크 상수이고, 입자의 크기와 공기 저항 및 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{h}{2\sqrt{mW}}$ ② $\frac{h}{\sqrt{mW}}$
- ③ $\frac{h}{\sqrt{2m(W + \frac{1}{2}mv^2)}}$ ④ $\frac{h}{\sqrt{2mW}}$
- ⑤ $\frac{h}{\sqrt{2m(W - \frac{1}{2}mv^2)}}$

13 [22023-0279] 그림 (가)는 전자를 단일 슬릿과 이중 슬릿에 통과시켰더니 전자가 형광판에 도달하는 것을 모식적으로 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 각각 전자 A, B에 의해 형광판에 만들어진 간섭무늬를 나타낸 것이다. 전자의 운동량의 크기는 B가 A보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 간섭무늬는 전자의 입자성으로 설명할 수 있다.
- ㄴ. 속력은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 물질파 파장은 A가 B보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

14 [22023-0280] 표는 두 전자 현미경 (가), (나)에 대한 설명이다. (가)와 (나)는 주사 전자 현미경(SEM)과 투과 전자 현미경(TEM) 중 하나이다.

전자 현미경	(가)	(나)
시료의 가공	얇게 한다.	금속으로 시료를 코팅한다.
상의 특징	㉠	입체 구조를 관찰할 수 있다.
전자총에서 방출되는 전자의 속력	$2v$	v

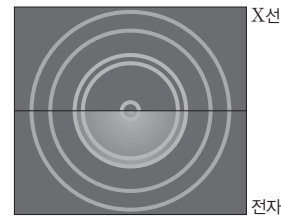
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 투과 전자 현미경(TEM)이다.
- ㄴ. ㉠은 '입체 구조를 관찰할 수 있다.'이다.
- ㄷ. 전자총에서 방출된 전자의 물질파 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 짧다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22023-0281] 그림은 X선과 운동 에너지가 E 인 전자에 의한 회절 무늬를 나타낸 것이다. 전자의 물질파 파장은 λ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전자는 파동의 성질을 가지고 있다.
- ㄴ. 전자의 속력이 클수록 전자의 물질파 파장은 짧아진다.
- ㄷ. 전자의 운동 에너지가 $4E$ 이면 전자의 물질파 파장은 $\frac{1}{2}\lambda$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22023-0282] 그림은 금속판에 단색광을 비추었을 때 광전자가 방출되는 것을 나타낸 것이다. 표는 단색광의 진동수가 각각 f , $2f$ 일 때, 최대 운동 에너지를 갖는 광전자의 물질파 파장을 나타낸 것이다.

단색광의 진동수	광전자의 물질파 파장
f	λ
$2f$	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 단색광의 광자 1개의 에너지와 광전자의 최대 운동 에너지는 같다.
- ㄴ. 단색광의 진동수가 클수록 광전자의 최대 운동 에너지도 크다.
- ㄷ. ㉠은 2λ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 세기와 관계없고, 빛의 진동수와 금속판의 문턱(한계) 진동수에 의해 결정된다.

입자의 운동량의 크기가 p , 질량이 m , 속력이 v 이고, 플랑크 상수가 h 일 때, 입자의 운동 에너지 E_k 는 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$ 이고, 입자의 물질파 파장은 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ 이다.

01 [22023-0283] 표는 금속판 A에 진동수가 각각 $2f_0, 5f_0$ 인 빛을 비출 때와 $2f_0, 5f_0$ 인 빛을 동시에 비출 때 광전자의 최대 운동 에너지와 광전자의 물질파의 최소 파장을 나타낸 것이다.

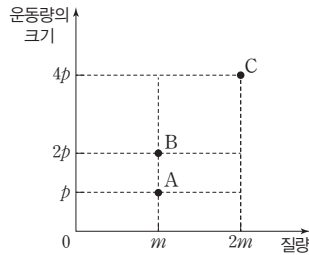
빛의 종류	$2f_0$ 인 빛	$5f_0$ 인 빛	$2f_0$ 인 빛과 $5f_0$ 인 빛
광전자의 최대 운동 에너지	hf_0	㉠	㉡
광전자의 물질파 최소 파장	㉢	㉣	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이다.)

보기
 가. ㉠은 hf_0 보다 크다.
 나. ㉡은 $5hf_0$ 이다.
 다. ㉢은 ㉣보다 크다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 다 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

02 [22023-0284] 그림은 입자 A, B, C의 질량과 운동량의 크기를 나타낸 것이다.



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

보기
 가. 속력은 B가 A의 2배이다.
 나. 운동 에너지는 C가 B의 2배이다.
 다. 물질파 파장은 A가 C의 4배이다.

- ① 가 ② 나 ③ 가, 다 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

03 [22023-0285]

그림은 금속판에 단색광을 비추었을 때 광전자가 방출되는 현상에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



옳은 내용을 제시한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

04 [22023-0286]

다음은 검전기, 금속판 A와 B, 세기가 같은 단색광 P, Q, R를 이용한 광전 효과 실험이다. 단색광의 파장은 Q가 P보다 길다.

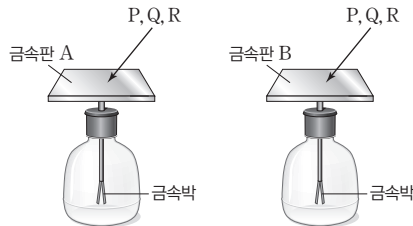
[실험 과정]

(가) 그림과 같이 대전되지 않은 두 개의 검전기에 대전되지 않은 금속판 A, B를 각각 올려 놓는다.

(나) A, B에 P를 비추고 금속박을 관찰한다.

(다) (가)에서 A, B에 Q를 비추고 금속박을 관찰한다.

(라) (가)에서 A, B에 R를 비추고 금속박을 관찰한다.



[실험 결과]

과정	A	B
(나)	㉠	벌어지지 않는다.
(다)	벌어진다.	벌어지지 않는다.
(라)	벌어진다.	벌어진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 '벌어지지 않는다.'이다.
- ㄴ. 금속의 문턱(한계) 진동수는 A가 B보다 작다.
- ㄷ. Q와 R를 각각 A에 비출 때 광전자의 최대 운동량의 크기는 R를 비출 때가 Q를 비출 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

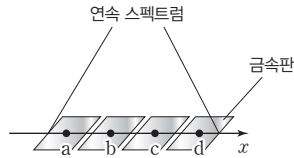
광전 효과에서 광전자가 방출되는 경우는 금속에 비추는 빛의 진동수가 금속의 문턱(한계) 진동수보다 큰 경우이다.

동일한 금속일 때는 금속의 문턱(한계) 진동수가 일정하므로 빛의 진동수가 클수록 광전자의 최대 운동 에너지가 커다. 광전자의 최대 운동 에너지의 제공에 비례한다.

진공에서 빛의 파장과 진동수는 서로 반비례하고, 금속에 비추는 빛의 진동수가 금속의 문턱(한계) 진동수보다 클 때 광전자가 방출된다.

[22023-0287]

05 그림은 백색광을 프리즘에 통과시켜 발생한 가시광선 영역의 연속 스펙트럼을 x 축상에 배열된 동일한 금속판들에 비추는 모습을 나타낸 것이다. 표는 x 축상의 점 a, b, c, d에서 광전자의 방출 여부를 나타낸 것이다.



위치	a	b	c	d
광전자의 방출 여부	○	㉠	○	×

(○: 방출됨, ×: 방출 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

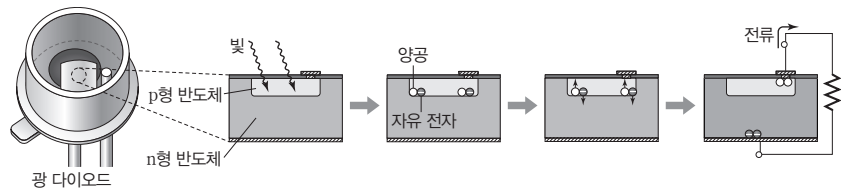
ㄱ. 빛의 파장은 c에 도달한 빛이 d에 도달한 빛보다 짧다.
 ㄴ. ㉠은 '○'이다.
 ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 a에서 방출된 광전자가 c에서 방출된 광전자보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

광 다이오드에 빛이 도달하면 p-n 접합면에 전자와 양공 쌍이 생성되고 전자와 양공은 각각 n형 반도체와 p형 반도체 방향으로 이동한다.

[22023-0288]

06 다음은 광 다이오드에 대한 설명이다.



- 광 다이오드의 p-n 접합면에 빛이 도달한다.
- 광자 1개의 에너지가 반도체의 띠 간격보다 ㉠ 면 원자가 띠의 전자가 빛을 흡수하여 전도띠로 전이하면서 자유 전자와 양공이 각각 생성된다.
- p-n 접합면 부근의 전기력에 의하여 전자는 n형 반도체 쪽으로 이동하고, 양공은 p형 반도체 쪽으로 이동하여 전류가 흐른다.
- 빛의 세기가 ㉡ 수록 광 다이오드에 발생하는 전류의 세기가 증가한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

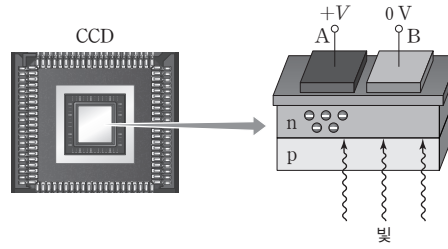
보기

ㄱ. ㉠은 '크'가 적절하다.
 ㄴ. ㉡는 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.
 ㄷ. ㉡은 '약할'이 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 [22023-0289]

그림은 광 다이오드로 구성된 전하 결합 소자 (CCD)를 나타낸 것이다. 광 다이오드에 빛을 비추면 광전자가 방출되고 광 다이오드의 전극 A에만 전압을 걸어 주면 A 아래에 전자들이 모인다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



광 다이오드에 빛을 비추었을 때 형성되는 전자와 양공 쌍의 수로 빛의 세기를 측정하여 영상을 기록하고, 각 전극에 (+)전압을 순차적으로 걸어 주어 전자를 이동시킨다.

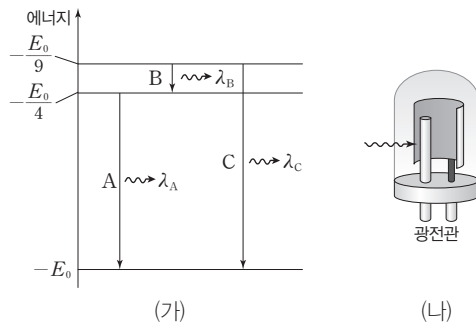
보기

- ㄱ. 광 다이오드에 빛을 비추었을 때 광전자가 방출되는 것은 광전 효과로 설명할 수 있다.
- ㄴ. 빛의 세기가 셀수록 A 아래에 모이는 전자의 수가 증가한다.
- ㄷ. 전극 B에 A와 같은 전압을 걸어 주면 A 아래 전자 중 일부가 B 아래로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22023-0290]

그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 A, B, C를 나타낸 것이다. A, B, C에서 방출되는 빛의 파장은 각각 λ_A , λ_B , λ_C 이다. 그림 (나)는 (가)의 A, B, C에서 나온 빛 중 하나를 광전관에 비추는 모습을 나타낸 것이다. 광전관에 A에서 방출된 빛을 비추었을 때 광전자가 방출되었고, B에서 방출된 빛을 비추었을 때 광전자가 방출되지 않았다.



전자가 높은 에너지 준위 E_h 에서 낮은 에너지 준위 E_l 로 전이할 때 빛을 방출하는데, 이때 방출되는 광자 1개의 에너지는 $E_h - E_l$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

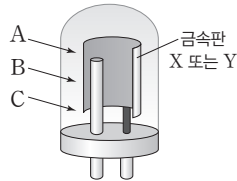
- ㄱ. $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{5}{27}$ 이다.
- ㄴ. B에서 나온 빛의 세기를 증가시켜 (나)의 광전관에 비추면 광전자가 방출된다.
- ㄷ. 파장이 λ_C 인 빛을 (나)의 광전관에 비추었을 때 광전자가 방출된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

광자 1개의 에너지는 금속판에서 광전자를 방출하기 위해 필요한 최소한의 에너지와 광전자의 최대 운동 에너지를 합한 값과 같다.

09 [22023-0291]

그림은 단색광 A, B, C를 광전관의 금속판 X 또는 Y에 각각 비추는 모습을 나타낸 것이다. 표는 금속판 X, Y에 각각 A, B, C를 비출 때 광전자의 방출 여부를 나타낸 것이다. B를 Y에 비출 때와 C를 X에 비출 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 각각 $2E_0$, E_0 이다.



단색광 / 금속판	A	B	C
X	×	⊕	○
Y	×	○	×

(○: 방출됨, ×: 방출 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

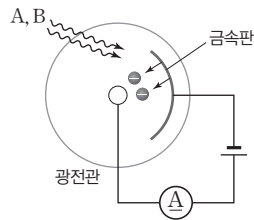
- ㄱ. ⊕은 '×'이다.
- ㄴ. 단색광의 진동수는 C가 A보다 크다.
- ㄷ. B와 C의 광자 1개의 에너지 차는 E_0 보다 크다.

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

아무리 세기가 약한 빛이라도 금속판에 비추는 빛의 진동수가 금속의 문턱(한계) 진동수보다 크면 광전자가 방출된다.

10 [22023-0292]

그림은 금속판에 광원 A와 B에서 방출된 빛을 동시에 비출 때, 금속판에서 방출된 광전자에 의해 회로에 전류가 흐르는 것을 나타낸 것이다. 표는 시간에 따라 A, B에서 방출된 빛의 진동수와 광전자의 방출 여부를 나타낸 것이다.



시간	A	B	광전자의 방출 여부
3초	⊕	비추지 않음	Ⓛ
5초	$2f_0$	$2f_0$	○
8초	비추지 않음	$1.5f_0$	×

(○: 방출됨, ×: 방출 안 됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이다.)

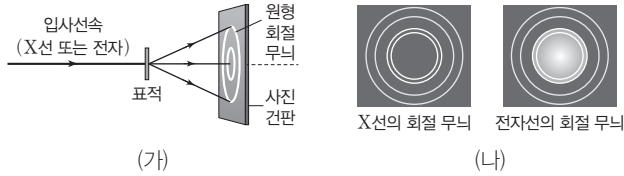
보기

- ㄱ. ⊕이 $2f_0$ 보다 크면 ⊓은 '○'이다.
- ㄴ. 5초일 때 광전자의 최대 운동 에너지는 $2hf_0$ 이다.
- ㄷ. 8초일 때 B에서 방출되는 빛의 세기만을 증가시켜 금속판에 비추면 금속판에서 광전자가 방출된다.

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

11 [2023-0293]

그림 (가)는 얇은 금속 표적에 X선과 전자선을 각각 쏘아 사진 건판에 만들어지는 원형 회절 무늬를 관찰하는 실험을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 X선과 전자선에 의한 원형 회절 무늬를 나타낸 것이다.



툰슨의 전자 회절 실험이 X선의 전자 회절 실험과 같은 결과가 나온 것은 전자의 파동성을 증명한 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

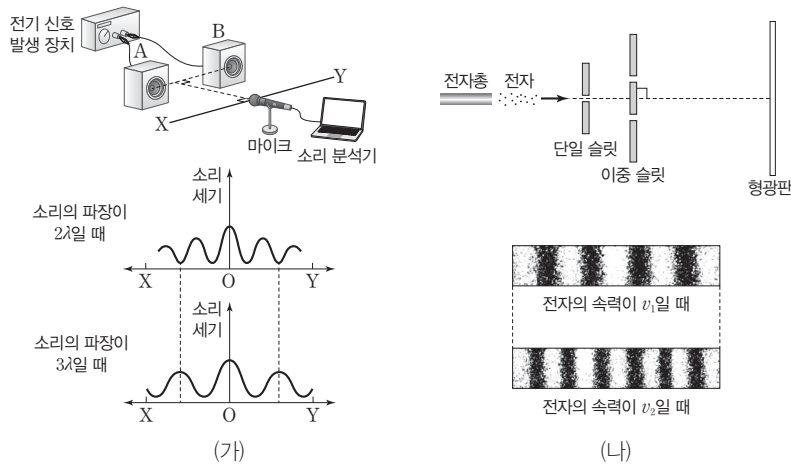
- ㄱ. X선 회절 무늬는 빛의 파동성에 의해 나타난 것이다.
- ㄴ. 전자의 운동량의 크기와 전자의 물질파 파장은 반비례한다.
- ㄷ. 표적에 입사하는 전자의 속력을 증가시키면 전자의 물질파 파장은 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [2023-0294]

그림 (가)는 동일한 소리가 발생하는 동일한 두 스피커 A, B를 설치하고 마이크를 선분 \overline{XY} 를 따라 이동시킬 때 측정된 소리의 세기를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 전자총에서 발생된 전자에 의해 형광판에 나타난 간섭무늬를 나타낸 것이다.

소리(음파)에 의한 간섭 현상은 소리(음파)의 파동성을, 전자에 의한 간섭무늬는 전자의 파동성을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 O에서는 A, B에서 발생한 두 소리가 상쇄 간섭을 일으킨다.
- ㄴ. $v_1 < v_2$ 이다.
- ㄷ. (나)의 간섭무늬는 전자의 입자성을 나타낸다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

입자가 파동성을 나타낼 때 이 파동을 물질파(드브로이 파)라 하고, 물질파 파장은 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 이다.

13 [22023-0295] 표는 세 입자 A, B, C의 질량, 속도, 물질파 파장을 나타낸 것이다.

입자	질량	속력	물질파 파장
A	m	v	λ
B	\ominus	$2v$	$\frac{1}{4}\lambda$
C	$4m$		2λ

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이다.)

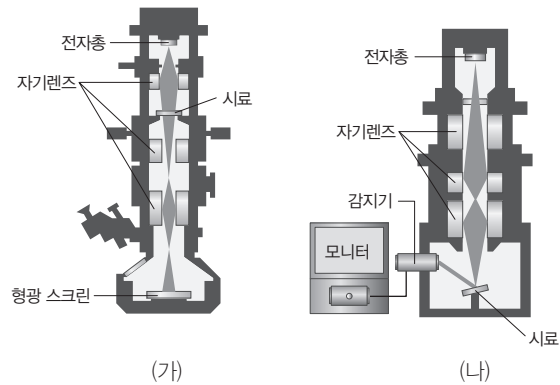
보기

ㄱ. \ominus 은 $2m$ 이다.
 ㄴ. 운동량의 크기는 B가 C의 8배이다.
 ㄷ. C의 운동 에너지는 $\frac{h^2}{16m\lambda^2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

투과 전자 현미경(TEM)은 주사 전자 현미경(SEM)보다 좋은 분해능을 가지고 시료의 단면을 평면 영상으로 관찰할 때 주로 사용하며, 주사 전자 현미경은 시료의 표면의 3차원적 영상을 관찰할 때 주로 사용한다.

14 [22023-0296] 그림 (가), (나)는 투과 전자 현미경(TEM) 또는 주사 전자 현미경(SEM)을 순서 없이 모식적으로 나타낸 것이다. 전자총에서 발사되는 전자의 운동 에너지의 최댓값은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 투과 전자 현미경이다.
 ㄴ. 자기렌즈는 자기장을 이용하여 전자의 이동 경로를 바꾼다.
 ㄷ. 분해능은 (가)에서가 (나)에서보다 좋다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ