

수능특강

과학탐구영역 | 물리학I

I 역학과 에너지

01	힘과 운동	06
02	운동량과 충격량	32
03	역학적 에너지 보존	46
04	열역학 법칙	61
05	시간과 공간	77

II 물질과 전자기장

06	물질의 전기적 특성	96
07	물질의 자기적 특성	123

III 파동과 정보 통신

08	파동의 성질과 활용	152
09	빛과 물질의 이중성	183



학생 EBS 교재 문제 검색

EBS 단추에서 문항코드나 사진으로 문제를 검색하면 푸러봇이 해설 영상을 제공합니다.

[23023-0001] 23023-0001

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

1. 2. 3.

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



교사 교사자원센터 교재 자료실

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

교재 자료실

- 한글다운로드
- 교재이미지 활용
- 강의활용자료

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

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

2023학년도 대학수학능력시험 14번

14. 그림 (가)는 빗면의 점 P에 가만히 놓은 물체 A가 등가속도 운동하는 것을, (나)는 (가)에서 A의 속력이 v 가 되는 순간, 빗면을 내려오던 물체 B가 P를 속력 $2v$ 로 지나는 것을 나타낸 것이다. 이후 A, B는 각각 속력 v_A , v_B 로 만난다.



$\frac{v_B}{v_A}$ 는? (단, 물체의 크기, 모든 바깥은 무시한다.)

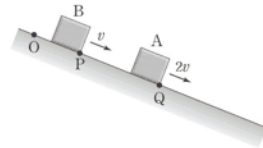
- ① $\frac{5}{4}$ ② $\frac{4}{3}$ ③ $\frac{3}{2}$ ④ $\frac{5}{3}$ ⑤ $\frac{7}{4}$

2023학년도 EBS 수능완성 9쪽 12번

12

▶22066-0013

그림은 빗면에서 점 O에 물체 A를 가만히 놓고, 시간 t_0 후 물체 B를 O에 가만히 놓았을 때, B, A가 각각 점 P, Q를 v , $2v$ 의 속력으로 지나는 순간을 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. A의 가속도의 크기는 $\frac{v}{t_0}$ 이다.
 ㄴ. A와 B 사이의 거리는 일정하다.
 ㄷ. B가 Q를 지나는 속력은 $2v$ 이다.

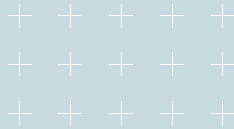
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

연계
분석

수능 14번 문항은 수능완성 9쪽 12번 문항과 연계하여 출제되었다. 빗면에서 물체 A, B가 동일한 가속도로 등가속도 직선 운동을 할 때 두 물체의 속력, 두 물체 사이의 거리 등을 묻는다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능 14번 문항은 A와 B가 점점 가까워져 충돌하는 상황이고, 수능완성 12번 문항은 A가 B에서 점점 멀어지는 상황이 제시되었다는 점에서 차이가 있다. 하지만 두 문항 모두 A, B의 가속도가 같으므로 동일한 시간 동안 속력의 변화량이 같다는 것을 이용하여 문제를 해결한다는 점이 매우 유사하다.

학습
대책

등가속도 직선 운동은 역학 부분의 중요한 개념 중 하나이다. 공식이나 그래프를 이용하여 문제를 해결하기 위해서는 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 시간에 따른 속력, 시간에 따른 변위 개념을 명확하게 알아야 한다. 또한, 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 평균 속력은 처음 속력과 나중 속력의 중간 값임을 적용하여 문제를 해결할 수 있어야 한다. 등가속도 직선 운동 공식만 암기한다고 문제를 해결할 수는 없다. 기출 문제나 연계 교재에 제시된 문제를 분석하면서 등가속도 직선 운동 공식, 그래프, 평균 속력 등 다양한 방법으로 문제를 해결해 보며 개념을 학습해야 한다.



2023학년도 대수능 6월 모의평가 17번

17. 그림과 같이 관찰자 A의 관성계에서 광원 X, Y와 검출기 P, Q가 점 O로부터 각각 같은 거리 L 만큼 떨어져 정지해 있고 X, Y로부터 각각 P, Q를 향해 방출된 빛은 O를 동시에 지난다. 관찰자 B가 탄 우주선은 A에 대해 광속에 가까운 속력 v 로 X와 P를 잇는 직선과 나란하게 운동한다.



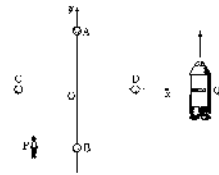
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보 기>
- ㄱ. B의 관성계에서, 빛은 Y에서가 X에서보다 먼저 방출된다.
 - ㄴ. B의 관성계에서, 빛은 P와 Q에 동시에 도달한다.
 - ㄷ. Y에서 방출된 빛이 Q에 도달하는 데 걸리는 시간은 B의 관성계에서가 A의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 91쪽 9번

09 [2023-0-21] 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?



- <보 기>
- ㄱ. P의 관성계에서 O에서 C까지의 거리와 O에서 D까지의 거리가 같다.
 - ㄴ. Q의 관성계에서 빛은 A에서가 B에서보다 먼저 방출되었다.
 - ㄷ. C에서 방출된 빛이 Q까지 이동하는 데 걸리는 시간은 P의 관성계와 Q의 관성계에서 같다.

- ① - ② - ③ - ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

6월 모의평가 17번 문항은 수능특강 91쪽 9번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 O를 중심으로 x 방향, y 방향으로 각각 일정한 간격만큼 떨어진 지점에 광원이나 검출기가 있고, 한 관성계에서 광원에서 방출된 빛이 O에 동시에 도달하는 설명이 문두에 제시되어 있다. 제시된 상황을 바탕으로 빛이 어떤 광원에서 먼저 방출되었는지, 빛이 도달하는 데 걸리는 시간 등을 묻고 있다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 6월 모의평가 17번 문항은 O를 중심으로 광원이나 검출기까지의 고유 길이가 모두 같고, A의 관성계에 대한 설명만 제시되어 있다. 하지만 수능특강 9번 문항은 O를 중심으로 광원이나 검출기까지의 고유 길이가 x 방향과 y 방향으로 같지 않고, P와 Q의 관성계에 대한 설명이 모두 제시되어 있다는 차이가 있다.

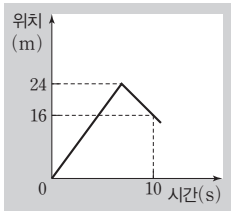
학습 대책

최근 특수 상대성 이론과 관련된 기출 문제를 분석해 보면 한 지점에서의 동시성, 고유 시간의 개념을 정확하게 이해해야 해결할 수 있다. 한 지점에서 동시에 발생한 사건은 다른 관성계에서도 동시에 발생한 사건이고, 고유 시간은 다른 관성계에서 측정할 시간보다 짧다는 것을 이해해야 한다. 특수 상대성 이론은 학생들이 이해하기 가장 어려워하는 개념 중 하나이다. 다양한 문제 상황을 접하면서 스스로 문제를 재구성하며 동시성, 시간 팽창, 길이 수축 등의 개념을 학습하면 많은 도움이 될 것이다.

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 직선상에서 운동하는 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다.



- 0초부터 10초까지 물체의 이동 거리는 (), 변위의 크기는 ()이다.
- 0초부터 10초까지 물체의 평균 속력은 (), 평균 속도의 크기는 ()이다.
- 직선상에서 점 p를 6 m/s의 속력으로 통과한 물체가 등가속도 직선 운동을 하여 점 q를 2 m/s의 속력으로 통과한다. p, q에서 물체의 운동 방향은 서로 반대이고, 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 2초이다. 물체의 가속도의 크기는 ()이다.

정답

- 32 m, 16 m
- 3.2 m/s, 1.6 m/s
- 4 m/s²

1 여러 가지 운동

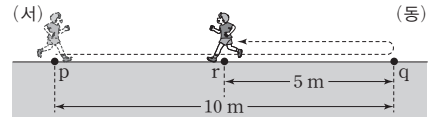
(1) 운동의 표현

- 운동:** 물체의 위치가 시간에 따라 변하는 것을 운동이라고 한다.
- 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 직선상의 점 p에서 점 q를 지나 점 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



- 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.

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

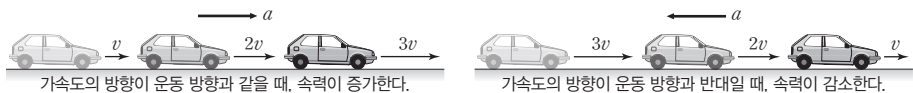
$$\text{속도} = \frac{\text{변위}}{\text{걸린 시간}} \quad [\text{단위: m/s}]$$

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

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

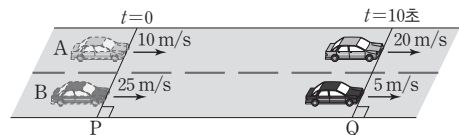
$$\text{가속도} = \frac{\text{속도 변화량}}{\text{걸린 시간}} = \frac{\text{나중 속도} - \text{처음 속도}}{\text{걸린 시간}} \quad [\text{단위: m/s}^2]$$

- 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

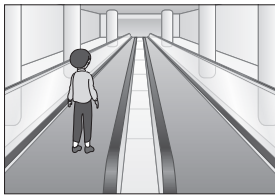
그림은 각각 등가속도 운동을 하는 자동차 A, B가 시간 $t=0$ 일 때 기준선 P를 각각 10 m/s, 25 m/s의 속력으로 동시에 통과한 후, $t=10$ 초일 때 기준선 Q를 각각 20 m/s, 5 m/s의 속력으로 동시에 통과하는 것을 나타낸 것이다.



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 '-'는 가속도의 방향이 운동 방향과 반대 방향임을 의미하며, 가속도의 크기는 B가 A의 2배이지만 B의 가속도의 방향이 운동 방향과 반대이므로 B의 속력은 감소한다.

(2) 운동의 분류

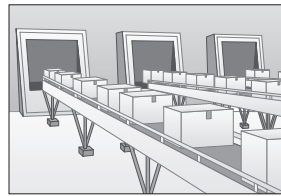
① 등속 직선 운동: 물체의 속도가 일정한 운동을 등속 직선 운동이라고 한다. 물체의 빠르기와 운동 방향은 변하지 않으며, 등속도 운동이라고도 한다.



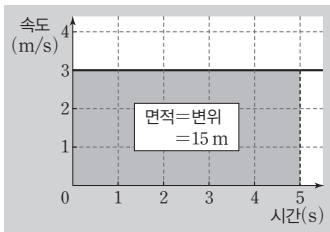
무빙워크



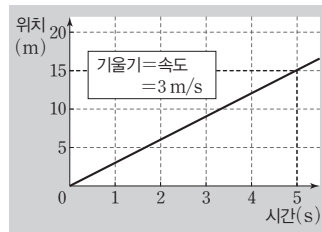
에스컬레이터



컨베이어 벨트

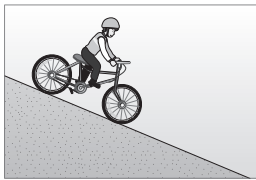


속도-시간 그래프

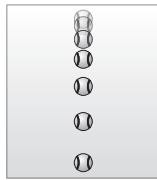


위치-시간 그래프

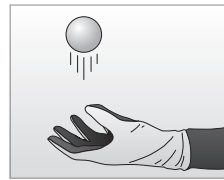
② 속력만 변하는 운동: 물체의 운동 방향은 변하지 않고 빠르기만 변하는 가속도 운동이다.



언덕을 내려오는 자전거



아래로 떨어지는 공



위로 던져 올라가는 공

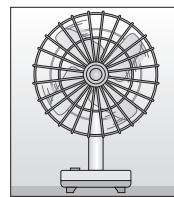
③ 운동 방향만 변하는 운동: 물체의 빠르기는 변하지 않고 운동 방향만 변하는 가속도 운동이다.



회전 관람차



회전 그네

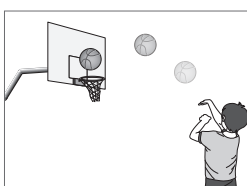


선풍기의 날개

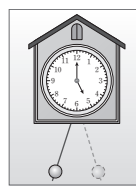
④ 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동: 일상생활에서 보는 대부분의 물체의 운동으로, 속력과 운동 방향이 함께 변하는 가속도 운동이다.



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.

[1~2] 표는 동일 직선상에서 등속 직선 운동을 하는 물체 A, B의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다. (단, 물체의 크기는 무시한다.)

시간(s)	위치(m)	
	A	B
0	3	2
1	6	4
2	9	6
3	12	8
4	15	10

1. A의 속력은 (), B의 속력은 ()이다.
2. 8초일 때 A와 B 사이의 거리는 ()이다.
3. 물체의 운동 방향과 물체에 작용하는 알짜힘의 방향이 같으면 물체의 속력은 (증가, 감소)한다.

정답

1. 3 m/s, 2 m/s
2. 9 m
3. 증가

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. 진자 운동을 하는 물체는 운동 방향이 (일정하고 , 변하고) , 속력이 (일정한 , 변하는) 운동을 한다.

[2~4] 시간 $t = 0$ 일 때 4 m/s 의 속력으로 운동하던 자동차가 가속도의 크기가 2 m/s^2 인 등가속도 직선 운동을 한다. 자동차의 운동 방향과 가속도의 방향은 서로 같다.

2. $t = 4$ 초일 때 자동차의 속력은 ()이다.

3. $t = 0$ 부터 $t = 4$ 초까지 자동차의 이동 거리는 ()이다.

4. $t = 0$ 부터 $t = 4$ 초까지 자동차의 평균 속력은 ()이다.

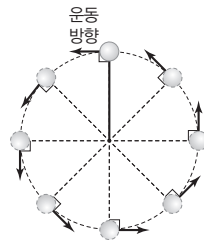
정답

1. 변하고, 변하는
2. 12 m/s
3. 32 m
4. 8 m/s

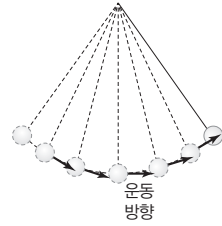


과학 돋보기 | 등속 원운동과 진자 운동

- 등속 원운동을 하는 물체의 운동 방향은 원의 접선 방향으로 매 순간 변하고, 빠르기는 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 0 이고, 진동 중심에서의 속력이 가장 크다.



탐구자료 살펴보기 | 물체의 운동 분류하기

자료

다음은 속도가 일정하지 않은 여러 가지 물체의 운동 사례이다.



(가) 직선 물미끄러움을 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 컨베이어 벨트 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: 마찰이 없는 빗면을 따라 내려가는 물체의 운동과 같이 직선상에서 속도가 일정하게 변하는 운동으로, 가속도가 일정한 직선 운동이다.

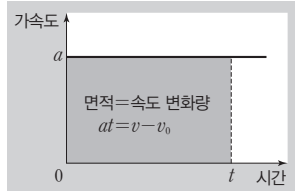
- ① 속도와 시간의 관계: 처음 속도를 v_0 , 나중 속도를 v , 걸린 시간을 t 라고 하면 속도 변화량이 $v - v_0$ 이므로 가속도 a 는 $a = \frac{v - v_0}{t}$ 이다. 따라서 나중 속도 v 는 다음과 같다. $\Rightarrow v = v_0 + at$
- ② 변위와 시간의 관계: 속도-시간 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 면적은 변위이다. 따라서 시간에 따른 변위 s 는 다음과 같다. $\Rightarrow s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

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. $\Rightarrow 2as = v^2 - v_0^2$

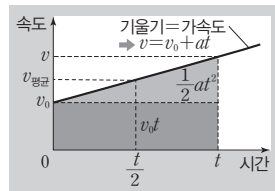
④ 평균 속도: 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 평균 속도는 처음 속도와 나중 속도의 중간값이다.

$$v_{\text{평균}} = \frac{v_0 + v}{2}$$

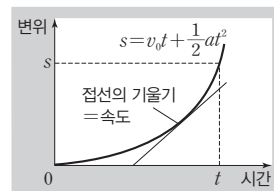
⑤ 등가속도 직선 운동의 그래프



가속도-시간 그래프



속도-시간 그래프

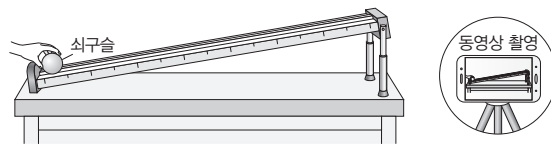


변위-시간 그래프

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.



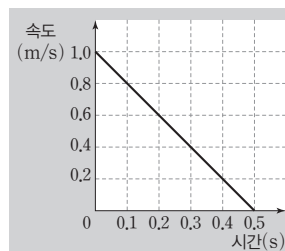
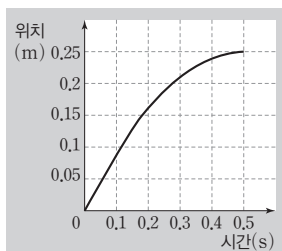
결과

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

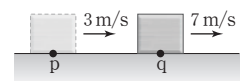
- 쇠구슬이 빗면을 따라 운동하는 동안 속력이 일정하게 감소하는 등가속도 직선 운동을 한다.
- 쇠구슬의 위치-시간 그래프와 속도-시간 그래프는 다음과 같다.



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.

[1~2] 그림과 같이 점 p를 3m/s의 속력으로 통과한 물체가 가속도의 크기가 2 m/s²인 등가속도 직선 운동을 하여 점 q를 7m/s의 속력으로 통과한다. (단, 물체의 크기는 무시한다.)



1. 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 ()이다.
2. p에서 q까지의 거리는 ()이다.

[3~5] 표는 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다.

시간(s)	위치(m)
0	0
1	2
2	8
3	⊙
4	32

3. ⊙은 ()이다.
4. 1초일 때와 2초일 때 물체의 속력은 각각 (), ()이다.
5. 물체의 가속도의 크기는 ()이다.

정답

1. 2초
2. 10 m
3. 18
4. 4 m/s, 8 m/s
5. 4 m/s²

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. 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에 놓인 물체에 크기가 각각 2N, 3N인 두 힘이 같은 방향으로 작용하는 것을, (나)는 (가)에서 두 힘이 서로 반대 방향으로 작용하는 것을 나타낸 것이다. (단, 물체의 크기는 무시한다.)



물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 (가)에서 ()이고, (나)에서 ()이다.

[2~3] 표는 수평면에 놓인 물체에 작용하는 힘 F_1 , F_2 , F_3 의 방향과 크기를 나타낸 것이다. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

힘	방향	크기
F_1	$-x$	3 N
F_2	⊙	4 N
F_3	$-x$	⊙

2. ⊙은 ($+x$, $-x$)이다.

3. ⊙은 ()이다.

정답

- 5 N, 1 N
- $+x$
- 1 N

2 힘

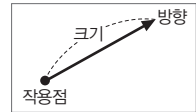
(1) **힘**: 물체의 모양이나 운동 상태를 변화시키는 원인을 힘이라고 한다.

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.

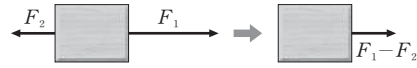
② **힘의 합성**

• 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

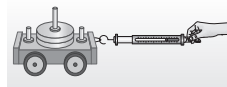
한 물체에 두 힘이 나란하게 작용할 때 합력 구하기

과정

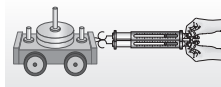
(1) 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 1개의 용수철저울을 수레에 연결하여 용수철저울의 눈금이 1 N인 상태를 유지하며 수레를 수평 방향으로 당기면서 수레의 운동 상태를 관찰한다.

(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.

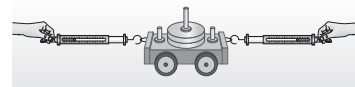
(3) 그림 (다)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 2개의 용수철저울을 수레에 반대 방향으로 연결하여 각 용수철저울의 눈금이 1 N인 상태를 유지하며 수레를 수평 방향으로 당기면서 수레의 운동 상태를 관찰한다.



(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, 두 힘의 크기가 같으면 두 힘은 평형을 이룬다.

3 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙)

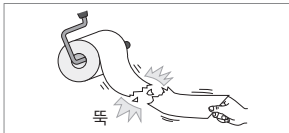
(1) **관성:** 물체가 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질을 말한다.

- 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.

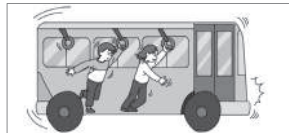
탐구자료 살펴보기 관성에 의한 현상

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.

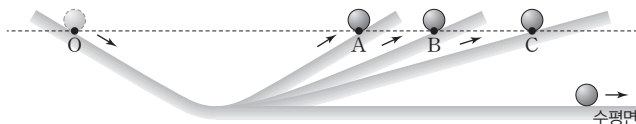
point

- 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 점 O에서 가만히 놓은 물체는 반대편 경사면의 O와 같은 높이의 점 A, B, C까지 올라간다고 생각하였다. 만약 반대편 경사면이 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. 물체가 자신의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질을 ()이라고 한다.

[2~3] 그림은 질량이 1 kg인 물체에 연직 위 방향으로 힘 F를 작용하였더니 물체가 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 10 m/s²이다.)



2. 물체에 작용하는 알짜힘은 ()이다.

3. F의 크기는 ()이다.

정답

1. 관성
2. 0
3. 10 N

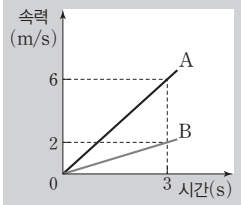
개념 체크

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

[1~2] 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 2 kg 인 물체에 수평면과 나란한 방향으로 크기가 4 N인 힘이 작용하여 물체가 등가속도 직선 운동을 한다.

1. 물체의 가속도의 크기는 ()이다.
2. 5초 후 물체의 속력은 ()이다.

[3~4] 그림은 마찰이 없는 수평면에 놓인 물체 A, B에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘이 각각 작용할 때, 물체의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. A의 질량은 2 kg이다.



3. B의 질량은 ()이다.
4. F 는 ()이다.

정답

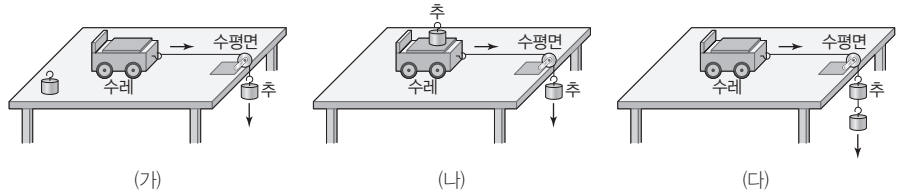
1. 2 m/s^2
2. 10 m/s
3. 6 kg
4. 4 N

4 뉴턴 운동 제2법칙(가속도 법칙)

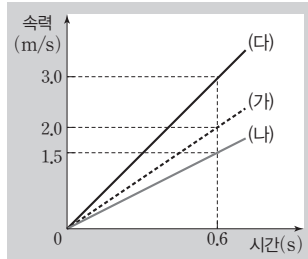
탐구자료 살펴보기 힘, 질량, 가속도 사이의 관계

과정

- (1) 그림 (가)와 같이 질량이 1 kg인 수레와 질량이 0.5 kg인 추를 실로 연결한다.
- (2) 수레를 수평면에 가만히 놓고 수레의 속력을 측정한다.
- (3) 그림 (나)와 같이 수레에 추 1개를 올려놓고 과정 (2)를 반복한다.
- (4) 그림 (다)와 같이 추 2개를 연결하고 과정 (2)를 반복한다.



결과



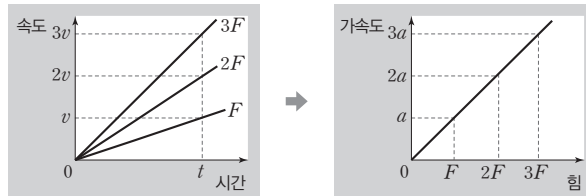
- (가), (나)에서 (수레 + 추)의 질량이 커질수록 가속도의 크기는 감소한다.
- (가), (다)에서 수레에 작용하는 힘의 크기가 커질수록 가속도의 크기는 증가한다.

point

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

(1) 가속도와 힘 및 질량의 관계

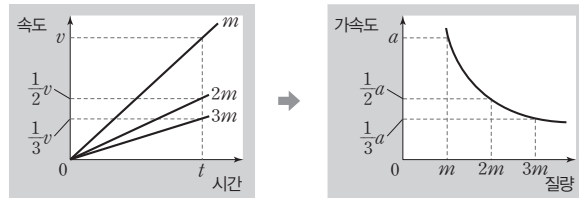
- ① **힘과 가속도의 관계:** 질량을 일정하게 유지하고 알짜힘을 2배, 3배, ...로 증가시키면 속도-시간 그래프의 기울기(가속도)는 2배, 3배, ...로 증가한다.
 ➔ 질량(m)이 일정하면 가속도(a)는 알짜힘(F)에 비례한다. [$a \propto F$ (m : 일정)]



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.

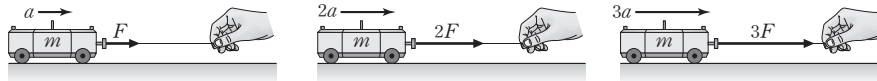
→ 힘(F)이 일정하면 가속도(a)는 질량(m)에 반비례한다. [$a \propto \frac{1}{m}$ (F : 일정)]



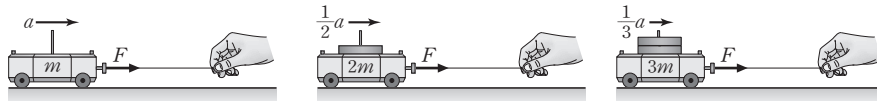
질량과 가속도의 관계 그래프(힘: 일정)

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

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



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



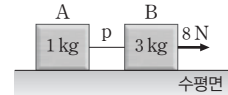
수레에 작용하는 알짜힘이 F 로 일정할 때, 수레의 가속도는 질량에 반비례한다.

개념 체크

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

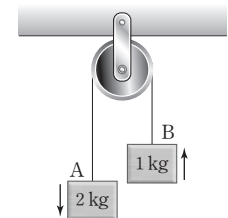
● 힘(F), 질량(m), 가속도(a)의 관계: $F = ma$

[1~2] 그림은 마찰이 없는 수평면에서 물체 A와 실 p로 연결된 물체 B에 수평 방향으로 크기가 8 N인 힘이 작용하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 1 kg, 3 kg이다. (단, 실의 질량과 공기 저항은 무시한다.)



1. A, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각 (), ()이다.
2. p가 A를 당기는 힘의 크기는 ()이다.

[3~4] 그림과 같이 물체 A, B가 실로 연결되어 등가속도 직선 운동을 한다. A, B의 질량은 각각 2 kg, 1 kg이다. (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

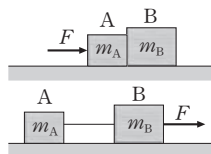


3. A의 가속도의 크기는 ()이다.
4. 실이 B를 당기는 힘의 크기는 ()이다.

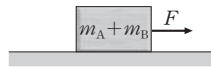
과학 돋보기 | 운동 방정식($F=ma$)의 적용

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

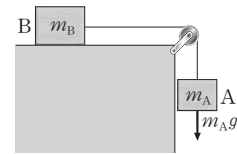
- ① 함께 운동하는 물체들의 질량을 모두 더한다.
- ② 운동하는 물체들에게 작용하는 외력만을 모두 더한다(물체들 사이에 상호 작용하는 힘은 포함시키지 않는다).
- ③ 한 물체처럼 생각하여 가속도는 $\frac{\text{외력의 총합}}{\text{질량의 총합}}$ 으로 구한다.



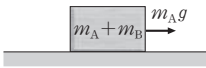
A와 B를 하나의 물체처럼 생각한다.



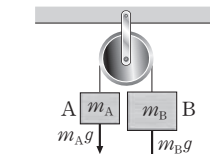
가속도: $a = \frac{F}{m_A + m_B}$



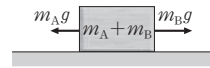
A와 B를 하나의 물체처럼 생각한다.



가속도: $a = \frac{m_A g}{m_A + m_B}$



A와 B를 하나의 물체처럼 생각한다.



가속도: $a = \frac{m_B - m_A}{m_A + m_B} g$

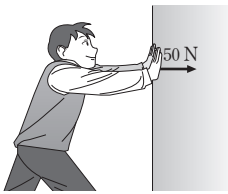
정답

1. 2 N, 6 N 2. 2 N
3. $\frac{10}{3} \text{ m/s}^2$ 4. $\frac{40}{3} \text{ N}$

개념 체크

- **작용 반작용:** 힘은 항상 쌍으로 작용하며, A가 B에게 작용한 힘(F_{AB})을 작용이라 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] 그림은 학생이 크기가 50 N의 힘으로 벽을 밀고 있는 모습을 나타낸 것이다.



1. 학생이 벽을 미는 힘의 반작용은 ()이다.
2. 벽이 학생을 미는 힘의 크기는 ()이다.

[3~4] 그림은 용수철저울 A, B를 연결한 후 A의 눈금이 10 N이 되도록 잡아당겼더니 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.



3. A가 B를 당기는 힘의 방향과 B가 A를 당기는 힘의 방향은 ()이다.
4. B의 눈금이 가리키는 값은 ()이다.

정답

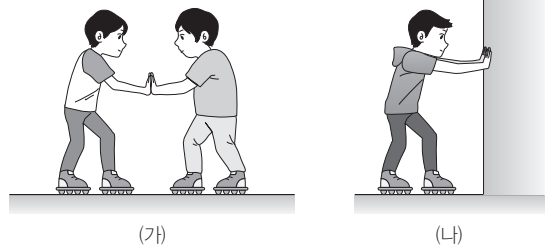
1. 벽이 학생을 미는 힘
2. 50 N
3. 반대
4. 10 N

5 뉴턴 운동 제3법칙(작용 반작용 법칙)

탐구자로 살펴보기 두 물체 사이에 작용하는 힘

과정 1

- (1) 그림 (가)와 같이 두 사람이 인라인스케이트를 신고 손바닥을 맞댄다.
- (2) 한 사람이 다른 사람을 일정한 크기의 힘으로 밀어본다.
- (3) 두 사람이 일정한 크기의 힘으로 동시에 밀어본다.
- (4) 그림 (나)와 같이 인라인스케이트를 신고 벽 앞에 서서 벽을 밀어본다.

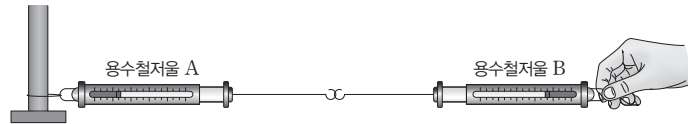


결과

- 과정 (2), (3)에서 두 사람은 모두 서로 반대 방향으로 밀려난다.
- 과정 (4)에서 사람은 벽을 밀 반대 방향으로 밀려난다.

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

- 용수철저울 A의 눈금은 용수철저울 B의 눈금과 같다.
- A가 B를 당기는 힘의 방향과 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 작용하였을 때, A가 B에 작용하는 힘(F_{AB})과 동시에 B가 A에 작용하는 힘(F_{BA})이 있다. 이때 F_{AB} 를 작용이라 하면, F_{BA} 는 반작용이라고 한다. 상호 작용하는 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.

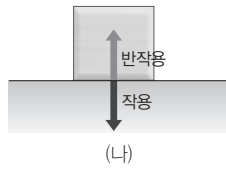
탐구자료 살펴보기 여러 가지 상호 작용

자료

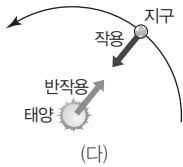
그림 (가)~(라)는 두 물체 사이에 상호 작용하는 힘을 화살표로 표시한 것이다.



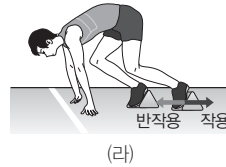
- 작용: 골프채가 공에 작용하는 힘
- 반작용: 공이 골프채에 작용하는 힘



- 작용: 물체가 바닥을 누르는 힘
- 반작용: 바닥이 물체를 떠받치는 힘



- 작용: 태양이 지구를 당기는 힘
- 반작용: 지구가 태양을 당기는 힘



- 작용: 발이 스타팅 블록을 미는 힘
- 반작용: 스타팅 블록이 발을 미는 힘

분석

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

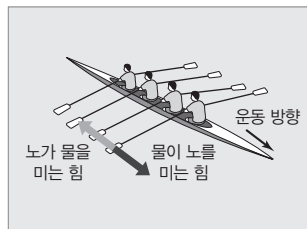
point

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

(3) 작용 반작용의 예



① 로켓이 가스를 분출하며 날아간다.



② 노를 저어 배가 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 서로 다른 물체에 있고, 힘의 평형을 이루는 두 힘은 작용점이 한 물체에 있다.

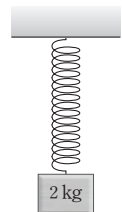
구분	작용 반작용인 두 힘	힘의 평형을 이루는 두 힘
공통점	두 힘의 크기가 같고 방향이 반대이다.	
차이점	<ul style="list-style-type: none"> • 두 힘이 서로 다른 물체에 작용한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 두 힘 모두 한 물체에 작용한다. • 두 힘을 합성하면 일차힘이 0이다.

개념 체크

- ① 작용 반작용의 관계: 두 힘의 작용점은 서로 상호 작용하는 각각의 물체에 있고, 크기는 같고 방향은 반대이다.
- ② 두 힘의 평형 관계: 두 힘의 작용점은 한 물체에 있고, 크기는 같고 방향은 반대이므로 두 힘의 합력은 0이다.

1. 힘의 평형 관계인 두 힘은 ()가 같고, ()이 반대이며, ()이 한 물체에 있다.

[2~3] 그림은 용수철에 매달린 질량이 2 kg인 물체가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 10 m/s²이다.)



- 2. 물체에 작용하는 중력과 용수철이 물체에 작용하는 힘은 () 관계이다.
- 3. 용수철이 물체에 작용하는 힘의 크기는 ()이다.

정답

1. 크기, 방향, 작용점
2. 힘의 평형
3. 20 N

01 표는 물체 A, B, C의 속력 변화와 운동 방향 변화를 나타낸 것이다.

[23023-0001]

물체	속력 변화	운동 방향 변화
A	○	○
B	○	×
C	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A의 운동 방향과 A에 작용하는 알짜힘의 방향은 같다.
- ㄴ. B는 직선 운동을 한다.
- ㄷ. C의 가속도는 0이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 그림은 연직 위 방향으로 던진 물체 P, 수평 방향으로 던진 물체 Q에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.

[23023-0002]

학생 A: P의 속력은 변해.

학생 B: Q의 운동 방향은 일정해.

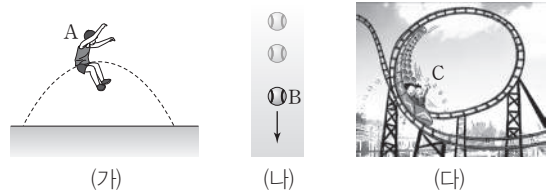
학생 C: P, Q에 작용하는 알짜힘의 방향은 서로 반대야.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 저항은 무시한다.)

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

03 그림 (가)는 멀리 뛰기를 하는 선수 A를, (나)는 연직 아래 방향으로 던져진 공 B를, (다)는 휘어진 레일을 따라 내려가는 롤러코스터 C를 나타낸 것이다.

[23023-0003]

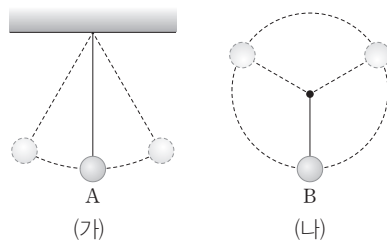


A, B, C 중 속력과 운동 방향이 모두 변하는 것만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

04 그림 (가)는 실에 매달려 왕복 운동을 하는 물체 A를, (나)는 실에 매달려 등속 원운동을 하는 물체 B를 나타낸 것이다.

[23023-0004]



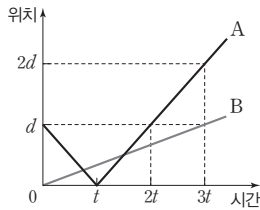
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 가속도 운동을 한다.
- ㄴ. B는 등속도 운동을 한다.
- ㄷ. B의 운동 방향과 가속도의 방향은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [23023-0005] 그림은 직선상에서 운동하는 물체 A, B의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다.

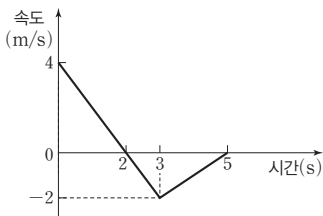


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. t 일 때 A의 운동 방향이 변한다.
 - ㄴ. $2t$ 일 때 속력은 A가 B보다 크다.
 - ㄷ. 0부터 $3t$ 까지 평균 속도의 크기는 A와 B가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [23023-0006] 그림은 직선 운동을 하는 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다.

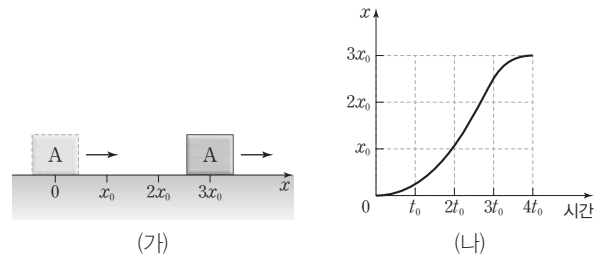


물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 2초일 때 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.
 - ㄴ. 가속도의 방향은 1초일 때와 4초일 때가 같다.
 - ㄷ. 0초부터 5초까지 평균 속력은 $\frac{1}{5} \text{ m/s}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [23023-0007] 그림 (가)는 물체 A가 x 축을 따라 직선 운동을 하는 모습을, (나)는 A의 위치 x 를 시간에 따라 나타낸 것이다.

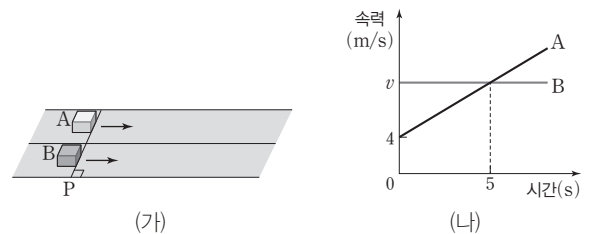


A의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 0부터 $4t_0$ 까지 이동 거리와 변위의 크기는 같다.
 - ㄴ. 속력은 t_0 일 때가 $2t_0$ 일 때보다 크다.
 - ㄷ. $3.5t_0$ 일 때 가속도의 방향은 $-x$ 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [23023-0008] 그림 (가)는 직선 운동을 하는 물체 A, B가 0초일 때 기준 선 P를 동시에 통과하는 모습을, (나)는 A, B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. 5초일 때 P에서 A까지의 거리는 P에서 B까지의 거리보다 15 m만큼 작다.

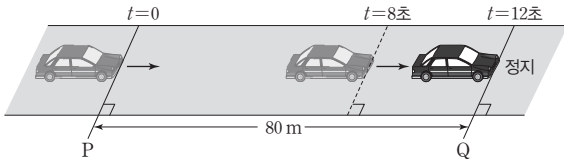


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. v 는 10이다.
 - ㄴ. 3초일 때 A의 가속도의 크기는 1 m/s^2 이다.
 - ㄷ. 5초일 때 P에서 A까지의 거리는 35 m이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [23023-0009] 그림과 같이 직선 도로에서 시간 $t=0$ 일 때 기준선 P를 통과한 자동차가 직선 운동을 하여 $t=12$ 초일 때 기준선 Q에서 정지한다. 자동차는 $t=0$ 부터 $t=8$ 초까지 등속도 운동을, $t=8$ 초부터 $t=12$ 초까지 등가속도 운동을 한다. P에서 Q까지 자동차의 이동 거리는 80 m이다.



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

보기

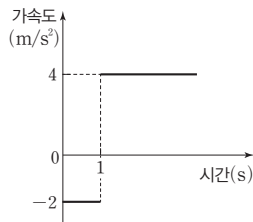
- ㄱ. $t=4$ 초일 때 속력은 8 m/s이다.
- ㄴ. $t=10$ 초일 때 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.
- ㄷ. $t=10$ 초부터 $t=12$ 초까지 이동 거리는 4 m이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23023-0010] 그림 (가)는 자동차가 0초일 때 수평면상의 점 p를 통과한 후 직선 운동을 하여 점 q를 통과하는 모습을 나타낸 것이다. 자동차의 속력은 p, q에서 각각 4 m/s, 10 m/s이다. 그림 (나)는 (가)에서 자동차가 p에서 q까지 운동하는 동안, 자동차의 가속도를 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가)

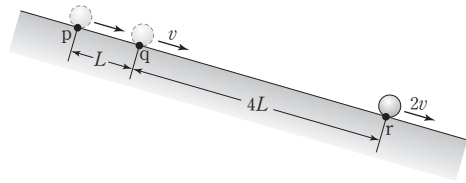


(나)

p와 q 사이의 거리는? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

- ① 12 m ② 15 m ③ 18 m ④ 21 m ⑤ 24 m

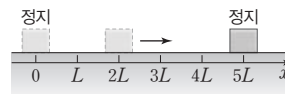
11 [23023-0011] 그림과 같이 빗면에서 물체가 등가속도 직선 운동을 하여 점 p, q, r를 지난다. q, r에서 물체의 속력은 각각 v , $2v$ 이다. p와 q 사이, q와 r 사이의 거리는 각각 L , $4L$ 이다.



물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

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

12 [23023-0012] 그림은 $x=0$ 에서 정지해 있던 물체가 $+x$ 방향으로 운동하다가 $x=5L$ 에서 정지한 모습을 나타낸 것이다. 물체는 $x=0$ 에서 $x=2L$ 까지, $x=2L$ 에서 $x=5L$ 까지 각각 등가속도 직선 운동을 한다. 표는 물체의 가속도의 방향과 크기를 구간에 따라 나타낸 것이다.



구간	가속도	
	방향	크기
$x=0$ 에서 $x=2L$ 까지	$+x$	a
$x=2L$ 에서 $x=5L$ 까지	$-x$	㉠

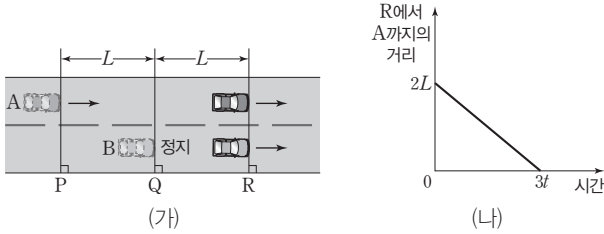
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 $\frac{2}{3}a$ 이다.
- ㄴ. 물체의 속력은 $x=L$ 에서가 $x=4L$ 에서보다 작다.
- ㄷ. 물체가 $x=0$ 에서 $x=5L$ 까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\sqrt{\frac{L}{a}}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [23023-0013] 그림 (가)와 같이 직선 도로에서 자동차 A가 기준선 P를 통과하는 순간, 기준선 Q에 정지해 있던 자동차 B가 출발하여 A, B가 동시에 기준선 R를 통과한다. B는 Q에서 R까지 등가속도 직선 운동을 한다. P와 Q 사이, Q와 R 사이의 거리는 L 로 같다. 그림 (나)는 A가 P에서 R까지 운동하는 동안, R에서 A까지의 거리를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. A는 등속도 운동을 한다.
- ㄴ. t 일 때 B의 가속도의 크기는 $\frac{2L}{9t^2}$ 이다.
- ㄷ. $2t$ 일 때 R에서 A까지의 거리는 R에서 B까지의 거리보다 $\frac{2}{9}L$ 만큼 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [23023-0014] 다음 A~C는 일상생활에서 볼 수 있는 현상을 나타낸 것이다.



A. 휴지를 갑자기 잡아당기면 휴지가 풀리지 않고 끊어진다.



B. 이불을 털면 먼지가 이불에서 떨어진다.



C. 종이를 치면 종이만 튕겨나오고 동전은 컵 안으로 떨어진다.

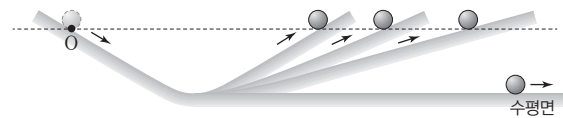
A~C 중 관성과 관련된 현상만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

15 다음은 갈릴레이의 사고 실험에 대한 내용이다.

[23023-0015]

갈릴레이는 물체에 작용하는 마찰이 없다면 점 O에서 가만히 놓은 물체는 반대편 경사면에서 O와 같은 높이까지 올라가고, 반대편 경사면이 수평면이면 물체는 운동을 한다고 생각하였다. 수평면에서 물체가 운동을 하는 것은 물체가 운동 상태를 계속 유지하려는 을/를 가지기 때문이다.



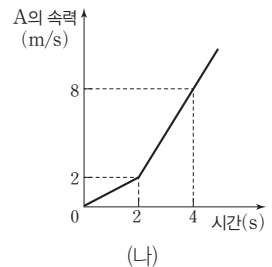
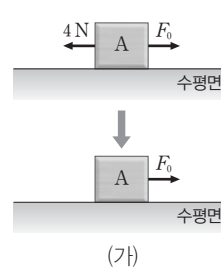
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '등속도'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. '관성'은 ㉡으로 적절하다.
- ㄷ. 물체가 수평면에서 운동하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

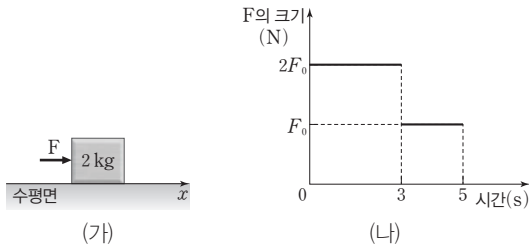
16 [23023-0016] 그림 (가)와 같이 수평면에 정지해 있는 물체 A에 0초부터 크기가 각각 F_0 , 4 N 인 힘이 수평 방향으로 작용하다가 2초부터 크기가 F_0 인 힘만 작용한다. 그림 (나)는 A의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다.



F_0 은? (단, 모든 마찰은 무시한다.)

- ① 4 N ② 6 N ③ 8 N ④ 10 N ⑤ 12 N

17 [23023-0017] 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 2 kg인 물체에 0초부터 $+x$ 방향으로 힘 F 가 작용한다. 그림 (나)는 F 의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다. 5초일 때 물체의 속력은 8 m/s이다.

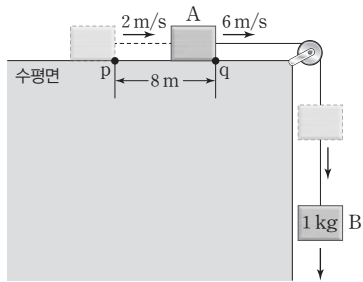


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. F_0 은 2이다.
 - ㄴ. 3초일 때 물체의 속력은 6 m/s이다.
 - ㄷ. 0초부터 5초까지 물체의 이동 거리는 25 m이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [23023-0018] 그림과 같이 물체 A와 질량이 1 kg인 물체 B가 실로 연결되어 등가속도 운동을 한다. A의 속력은 점 p, q에서 각각 2 m/s, 6 m/s이고, p와 q 사이의 거리는 8 m이다.

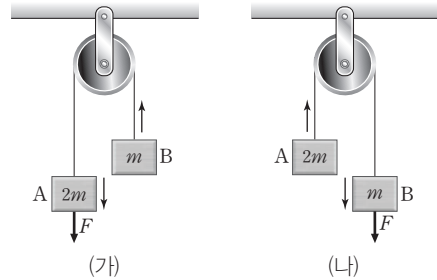


A가 p에서 q까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. A의 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.
 - ㄴ. A의 질량은 4 kg이다.
 - ㄷ. 실이 B를 당기는 힘의 크기는 12 N이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [23023-0019] 그림 (가), (나)와 같이 물체 A, B를 실로 연결한 후 (가)에서는 A에, (나)에서는 B에 연직 아래 방향으로 크기가 F 인 힘을 각각 작용하였더니 A, B가 각각 등가속도 직선 운동을 한다. A의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이다.

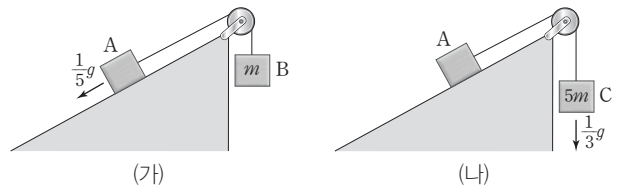


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. $F = 3mg$ 이다.
 - ㄴ. (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{3}{4}g$ 이다.
 - ㄷ. 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

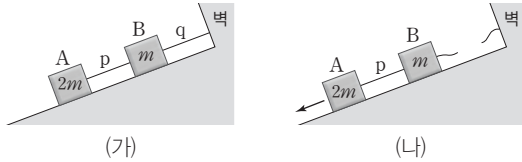
20 [23023-0020] 그림 (가)는 물체 A와 B를 실로 연결한 후, A를 빗면에 가만히 놓았더니 A와 B가 가속도의 크기가 $\frac{1}{5}g$ 인 등가속도 운동을 하는 것을, (나)는 (가)에서 B를 물체 C로 바꾼 후 A를 빗면에 가만히 놓았더니 A와 C가 가속도의 크기가 $\frac{1}{3}g$ 인 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. B, C의 질량은 각각 $m, 5m$ 이다.



A의 질량은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

21 [23023-0021] 그림 (가)는 물체 A, B를 실 p로 연결한 후 벽과 B를 실 q로 연결하였더니 A, B가 빗면에서 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. p가 A를 당기는 힘의 크기는 F 이다. 그림 (나)는 (가)에서 q가 끊어진 후 A, B가 등가속도 직선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이다.



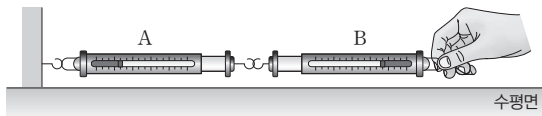
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. (가)에서 q가 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{1}{2}F$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{F}{2m}$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 p가 B를 당기는 힘의 크기는 F 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

22 [23023-0022] 그림과 같이 용수철저울 A, B를 연결한 후 손으로 B를 수평면과 나란하게 당겼더니 A, B가 정지해 있다. 이때 A, B가 측정한 힘의 크기는 F 로 같다.



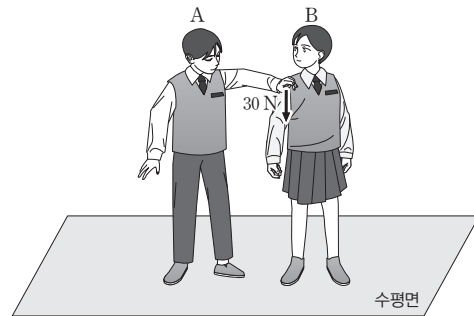
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철저울의 질량은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. A가 B에 작용하는 힘과 B가 A에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이다.
- ㄷ. 손이 B를 당기는 힘의 크기는 $2F$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 [23023-0023] 그림은 학생 A가 연직 아래 방향으로 30 N 의 힘을 학생 B에게 작용하는 모습을 나타낸 것이다. 수평면이 정지해 있는 A, B에 작용하는 힘의 크기는 같다.



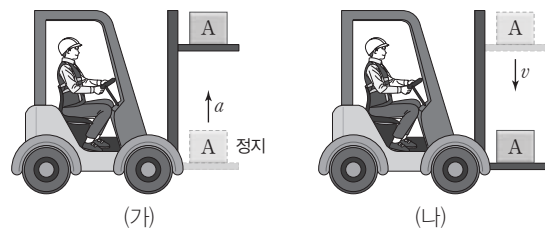
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B가 A에 작용하는 힘의 크기는 30 N 이다.
- ㄴ. 수평면이 B에 작용하는 힘의 크기는 30 N 보다 크다.
- ㄷ. A에 작용하는 중력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 60 N 만큼 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24 [23023-0024] 그림 (가)는 지게차가 정지해 있던 물체 A를 연직 위 방향으로 일정한 가속도 a 로 올리는 것을, (나)는 지게차가 A를 연직 아래 방향으로 일정한 속도 v 로 내리는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

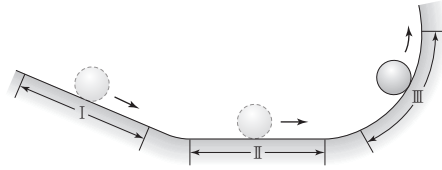
- ㄱ. (가)에서 A에 작용하는 중력과 지게차가 A에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이다.
- ㄴ. (나)에서 A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄷ. 지게차가 A에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

물체의 운동 방향과 물체에 작용하는 알짜힘의 방향이 같으면 물체의 속력은 증가한다.

[23023-0025]

01 그림은 궤도를 따라 운동하는 물체가 빗면 구간 I, 수평 구간 II, 곡선 구간 III을 지나는 것을 나타낸 것이다. 표는 물체가 I, II, III에서 운동하는 동안 물체의 속력 변화와 운동 방향 변화를 나타낸 것이다.



구간	속력 변화	운동 방향 변화
I	○	㉠
II	×	×
III	○	㉡

○: 있음, ×: 없음

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

보기

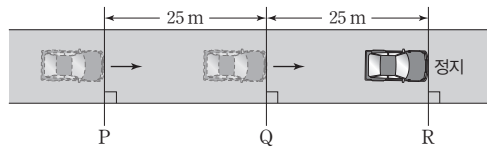
- ㄱ. I에서 물체의 운동 방향과 가속도의 방향은 같다.
- ㄴ. II에서 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡은 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

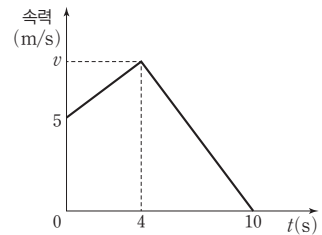
$t=0$ 부터 $t=4$ 초까지, $t=4$ 초부터 $t=10$ 초까지 자동차의 평균 속력은 각각 $\frac{5+v}{2}$, $\frac{v}{2}$ 이다.

[23023-0026]

02 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 기준선 P를 통과한 자동차가 직선 경로를 따라 운동하여 기준선 Q를 지나 $t=10$ 초일 때 기준선 R에서 정지한 것을 나타낸 것이다. P와 Q 사이, Q와 R 사이의 거리는 25 m로 같다. 그림 (나)는 자동차의 속력을 t 에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

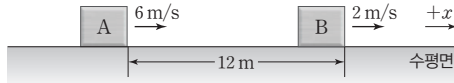
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

보기

- ㄱ. v 는 9이다.
- ㄴ. 자동차의 가속도의 크기는 $t=2$ 초일 때가 $t=6$ 초일 때의 $\frac{9}{16}$ 배이다.
- ㄷ. $t=4$ 초일 때 자동차는 Q를 지난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

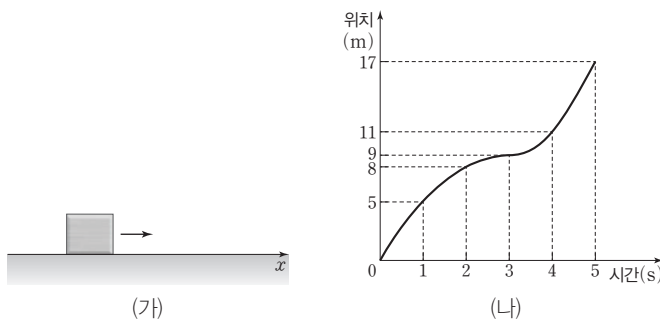
03 [23023-0027] 그림은 수평면에서 $+x$ 방향으로 각각 등가속도 직선 운동을 하는 물체 A, B의 속력이 각각 6 m/s , 2 m/s 일 때, A와 B 사이의 거리가 12 m 인 모습을 나타낸 것이다. A, B의 가속도의 방향은 $+x$ 방향으로 같고, A, B의 가속도의 크기는 각각 1 m/s^2 , 2 m/s^2 이다.



A와 B 사이의 거리의 최솟값은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

- ① 2 m ② 4 m ③ 6 m ④ 8 m ⑤ 10 m

04 [23023-0028] 그림 (가)는 물체가 $+x$ 방향으로 직선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다. 물체는 0초부터 3초까지, 3초부터 5초까지 각각 등가속도 운동을 한다.



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

보기

- ㄱ. 1초일 때 가속도의 방향은 $-x$ 방향이다.
 ㄴ. 2초일 때 속력은 2 m/s 이다.
 ㄷ. 가속도의 크기는 1초일 때가 4초일 때보다 작다.

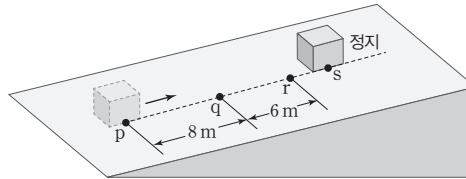
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A와 B 사이의 거리가 12 m 인 순간으로부터 4초 후 A, B의 속력은 10 m/s 로 같다.

물체가 등가속도 운동을 할 때, t_1 부터 t_2 까지 물체의 평균 속력은 $\frac{t_1+t_2}{2}$ 일 때의 물체의 속력과 같다.

물체가 p에서 q까지, q에서 r까지 운동하는 동안 평균 속력은 각각 4 m/s, 2 m/s이다.

05 [23023-0029] 그림은 마찰이 없는 빗면에서 점 p를 지난 물체가 등가속도 직선 운동을 하여 점 s에서 정지한 순간의 모습을 나타낸 것이다. 물체가 p에서 점 q까지, q에서 점 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 각각 2초, 3초이다. p와 q, q와 r 사이의 거리는 각각 8 m, 6 m이다.



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

보기

- ㄱ. 물체의 가속도의 크기는 0.8 m/s^2 이다.
- ㄴ. r에서 물체의 속력은 1 m/s 이다.
- ㄷ. r와 s 사이의 거리는 0.4 m 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

자동차의 평균 속력은 p~q 구간에서가 q~r 구간에서의 $\frac{9}{4}$ 배이다.

06 [23023-0030] 그림은 수평면상의 점 p를 v의 속력으로 통과한 자동차가 직선 경로를 따라 운동하여 점 q, r를 지나는 것을 나타낸 것이다. 자동차의 속력은 q에서가 r에서보다 크고, p에서 q까지의 거리는 q에서 r까지의 거리의 $\frac{9}{8}$ 배이다. 표는 구간 p~q, q~r에서 각각 등가속도 운동을 하는 자동차의 가속도 크기와 이동하는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다.

구간	가속도 크기	걸린 시간
p~q	$3a$	t
q~r	a	$2t$

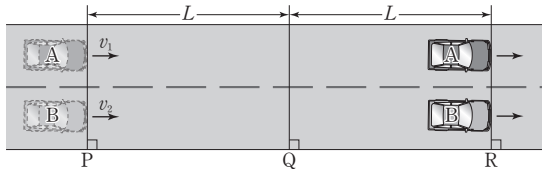
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

보기

- ㄱ. $a = \frac{v}{6t}$ 이다.
- ㄴ. q에서 자동차의 속력은 $\frac{1}{2}v$ 이다.
- ㄷ. p와 r 사이의 거리는 $\frac{17}{12}vt$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [23023-0031] 그림과 같이 직선 도로에서 자동차 A, B가 각각 v_1, v_2 의 속력으로 기준선 P를 동시에 통과한 후, 도로와 나란하게 각각 등가속도 직선 운동을 하여 기준선 R를 동시에 통과한다. 가속도의 방향은 A와 B가 같고, 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다. A가 P에서 기준선 Q까지 운동하는 데 걸린 시간은 Q에서 R까지 운동하는 데 걸린 시간의 2배이다. P와 Q 사이, Q와 R 사이의 거리는 L 로 같다.



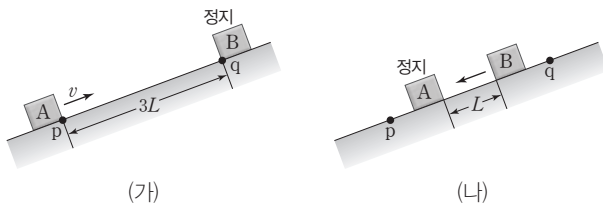
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

보기

- ㄱ. P에서 R까지 운동하는 동안, A의 속력은 감소한다.
- ㄴ. $v_2 = \frac{5}{2}v_1$ 이다.
- ㄷ. A가 Q를 통과하는 순간, B와 R 사이의 거리는 $\frac{7}{6}L$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [23023-0032] 그림 (가)와 같이 빗면을 따라 등가속도 직선 운동을 하는 물체 A가 점 p를 v 의 속력으로 지나는 순간, 물체 B를 가만히 놓는다. A와 B 사이의 거리는 $3L$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 등가속도 직선 운동을 하는 A가 정지한 순간 A와 B 사이의 거리가 L 인 모습을 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{4L}$ 이다.
- ㄴ. A와 B가 충돌하는 순간, B의 속력은 $\frac{3}{2}v$ 이다.
- ㄷ. A와 B가 충돌하는 순간, p에서 A까지의 거리는 $\frac{1}{2}L$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

A가 P에서 Q까지 운동하는 데 걸린 시간은 Q에서 R까지 운동하는 데 걸린 시간의 2배이므로, A의 평균 속력은 P에서 Q까지 운동하는 동안이 Q에서 R까지 운동하는 동안의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

A와 B의 가속도의 크기는 같으므로 같은 시간 동안 속도의 변화량은 같다.

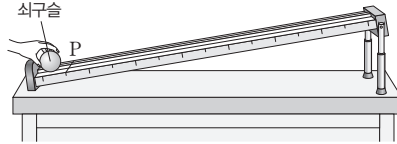
0초부터 0.1초까지, 0.1초부터 0.2초까지 쇠구슬의 평균 속력은 각각 2.1 m/s, 1.5 m/s이다.

[23023-0033]

09 다음은 쇠구슬의 운동을 분석하는 실험이다.

[실험 과정]

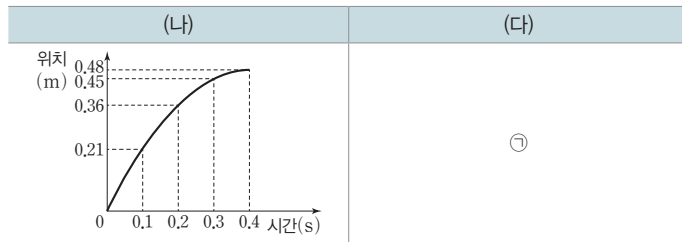
(가) 쇠구슬을 빗면 위 방향으로 밀어준 후 빗면에서 직선 운동을 하는 쇠구슬의 운동을 동영상으로 촬영한다.



(나) 동영상 분석 프로그램을 이용하여 쇠구슬이 기준선 P에서 최고점까지 운동하는 동안 쇠구슬의 위치를 시간에 따라 나타낸다.

(다) (나)의 결과를 이용하여 쇠구슬이 P에서 최고점까지 운동하는 동안 쇠구슬의 속력을 시간에 따라 나타낸다.

[실험 결과]



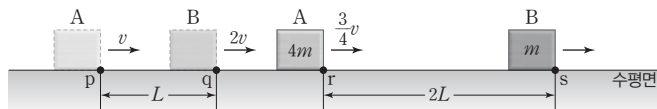
㉠으로 가장 적절한 것은? (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

A가 p에서 r까지 운동하는데 걸린 시간과 B가 q에서 s까지 운동하는데 걸린 시간은 같고, q에서 r까지 운동하는 동안 가속도의 크기는 B가 A의 4배이다.

[23023-0034]

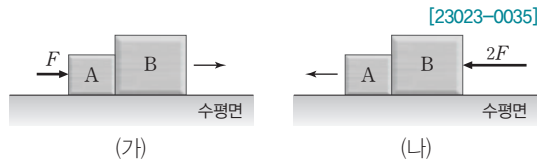
10 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에서 질량이 $4m$ 인 물체 A가 점 p를 v 의 속력으로 통과하는 순간 질량이 m 인 물체 B가 점 q를 $2v$ 의 속력으로 통과한다. A, B는 동일 직선상에서 운동하여 A가 점 r를 $\frac{3}{4}v$ 의 속력으로 통과하는 순간 B는 점 s를 통과한다. A, B는 q에서 r까지 운동하는 동안 크기와 방향이 같은 힘을 받아 각각 등가속도 직선 운동을 한다. p와 q 사이, r와 s 사이의 거리는 각각 $L, 2L$ 이다.



q와 r 사이의 거리는? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시하고, 물체는 q~r 구간 이외에는 힘을 받지 않는다.)

- ① $\frac{1}{4}L$
- ② $\frac{5}{12}L$
- ③ $\frac{1}{2}L$
- ④ $\frac{7}{12}L$
- ⑤ $\frac{2}{3}L$

11 그림 (가)는 물체 A가 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 받아 A, 물체 B가 함께 등가속도 직선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 B가 수평 방향으로 크기가 $2F$ 인 힘을 받아 A, B가 함께 등가속도 직선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A가 B에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서 (나)에서의 2배이다.



[23023-0035]

A, B의 가속도의 크기는 (나)에서 (가)에서의 2배이다.

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

보기

- ㄱ. 질량은 B가 A의 4배이다.
- ㄴ. (가)에서 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $\frac{2}{5}F$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{6}{5}F$ 이다.

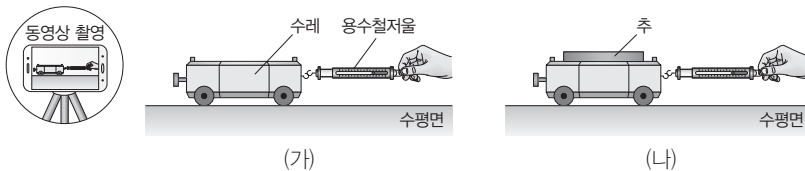
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 힘, 질량, 가속도의 관계에 대한 실험이다.

[23023-0036]

[실험 과정]

- (가) 수평면에 정지해 있는 수레에 용수철저울을 연결한 후 용수철저울의 눈금이 4 N으로 유지되도록 잡아당기면서 수레의 운동을 동영상으로 촬영한다.
- (나) 수레에 추를 고정시킨 후 (가)를 반복한다.
- (다) 동영상 프로그램을 이용하여 (가), (나)에서 수레의 위치를 0.1초 간격으로 기록한다.



[실험 결과]

시간(s)		0	0.1	0.2	0.3	0.4
수레의 위치(cm)	(가)	0	2	⊖	18	32
	(나)	0	1.5	6.0	13.5	24.0

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

보기

- ㄱ. ⊖은 8이다.
- ㄴ. (나)에서 수레의 가속도의 크기는 1 m/s^2 이다.
- ㄷ. 질량은 수레가 추의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

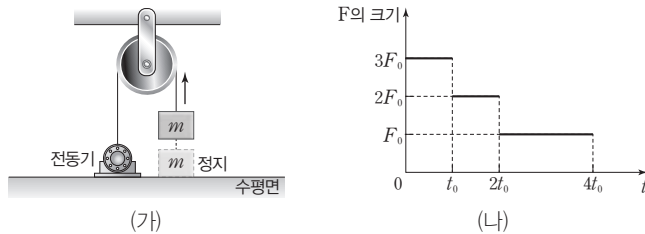
물체에 작용하는 알짜힘이 일정할 때, 물체의 질량이 클수록 물체의 가속도의 크기는 감소한다. 물체의 질량이 일정할 때, 물체에 작용하는 알짜힘이 클수록 물체의 가속도의 크기는 증가한다.

물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $|F$ 의 크기 $-mg$ 이다.

(가), (나)에서 A와 B 전체 질량에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각 $F - mg$, $F + mg$ 이다.

[23023-0037]

13 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 수평면에 정지해 있던 질량이 m 인 물체에 전동기로 힘 F 를 작용하여 물체가 운동하고 있는 것을, (나)는 (가)에서 F 의 크기를 t 에 따라 나타낸 것이다. $t=4t_0$ 일 때, 물체의 속력은 0이다.



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

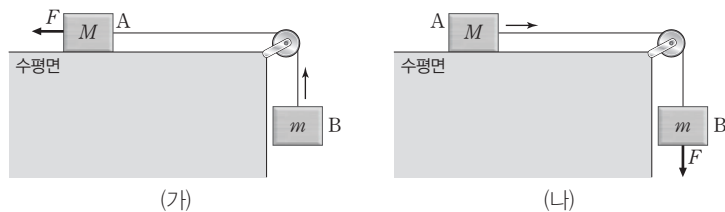
보기

- ㄱ. $F_0 = \frac{4}{7}mg$ 이다.
- ㄴ. 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 $t = \frac{3}{2}t_0$ 일 때와 $t = 3t_0$ 일 때가 같다.
- ㄷ. $t=0$ 부터 $t=4t_0$ 까지, 물체의 평균 속력은 $\frac{1}{2}gt_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0038]

14 그림 (가)는 물체 A, B를 실로 연결한 후 A를 수평 방향으로 크기가 F 인 힘으로 잡아당겼더니 A, B가 등가속도 운동을 하는 것을, (나)는 B를 연직 아래 방향으로 크기가 F 인 힘으로 잡아당겼더니 A, B가 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A의 가속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 3배이고, 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. A, B의 질량은 각각 M , m 이다.



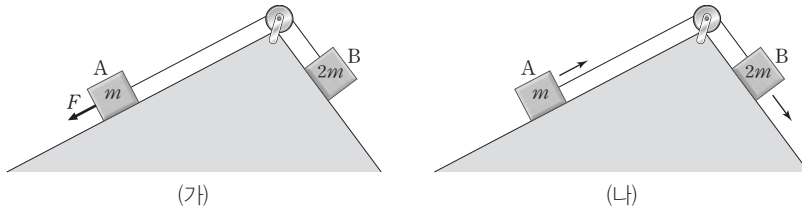
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. $M = 4m$ 이다.
- ㄴ. (가)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{F}{10m}$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{6}{5}F$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23023-0039] 그림 (가)는 물체 A, B를 실로 연결한 후 A에 빗면과 나란한 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용하였다. A, B가 정지한 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m , $2m$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 A에 작용하는 힘을 제거하였더니 A, B가 함께 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 실이 B에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서 (나)에서의 2배이다.



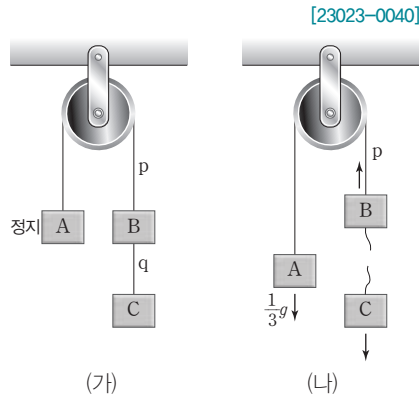
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. (가)에서 A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
 ㄴ. (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\frac{F}{3m}$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{2}{3}F$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림 (가)와 같이 물체 A, B, C가 실 p, q로 연결되어 정지해 있다. 그림 (나)는 (가)에서 q를 끊었더니 A, B가 가속도의 크기 $\frac{1}{3}g$ 로 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



A, B의 질량을 각각 m_A , m_B , (나)에서 A, B의 가속도의 크기를 a 라고 할 때 $(m_A - m_B)g = (m_A + m_B)a$ 이다.

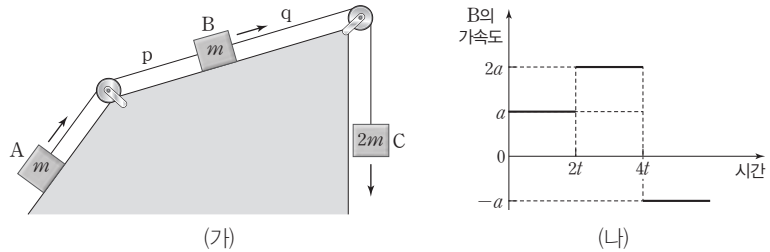
보기

ㄱ. (가)에서 p가 A를 당기는 힘과 A에 작용하는 중력은 힘의 평형 관계이다.
 ㄴ. 질량은 A가 C의 3배이다.
 ㄷ. p가 B를 당기는 힘의 크기는 (가)에서 (나)에서의 $\frac{3}{4}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A, B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기를 각각 f_A, f_B 라고 하면, t 일 때 $2mg - f_A - f_B = 4ma$ 이다.

17 그림 (가)는 물체 A, B, C가 실 p, q로 연결되어 등가속도 운동을 하고 있는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $m, m, 2m$ 이다. 그림 (나)는 B의 가속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. $2t$ 일 때 p가, $4t$ 일 때 q가 끊어졌다.



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

보기

ㄱ. $a = \frac{2}{7}g$ 이다.

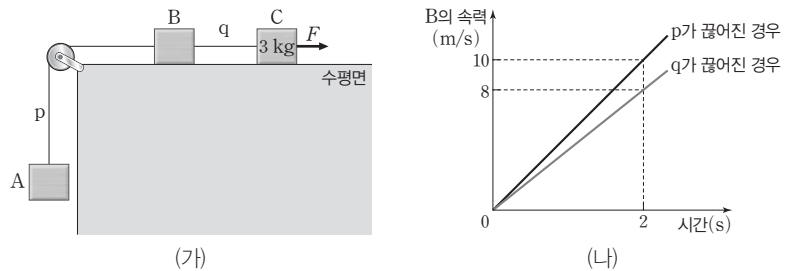
ㄴ. q가 B에 작용하는 힘의 크기는 t 일 때가 $3t$ 일 때의 $\frac{5}{3}$ 배이다.

ㄷ. $3t$ 일 때 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $\frac{4}{7}mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A의 질량을 m 이라고 할 때, $F = 10m$ 이다.

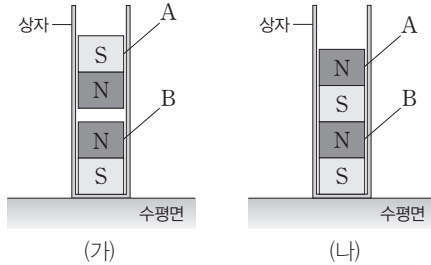
18 그림 (가)는 물체 A, B, C를 실 p, q로 연결한 후 C에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용하였더니 A, B, C가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. C의 질량은 3 kg 이다. 그림 (나)는 (가)에서 p, q 중 하나를 끊었을 때, B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. p를 끊었을 때, C에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘이 계속 작용한다.



A, B의 질량으로 옳은 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- | | | | |
|--------|---------|--------|--------|
| ① 2 kg | ② 6 kg | ③ 6 kg | ④ 9 kg |
| ② 3 kg | ③ 12 kg | ④ 9 kg | ⑤ 6 kg |
| ③ 6 kg | ④ 12 kg | | |
| ④ 9 kg | ⑤ 12 kg | | |

19 [23023-0043] 그림 (가)는 수평면에 놓인 플라스틱 상자 안에 자석 A, B를 같은 극끼리 마주 보게 놓았더니 A, B가 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A, B를 서로 다른 극끼리 마주 보게 놓았더니 A, B가 접촉하여 정지해 있는 것을 나타낸 것이다.



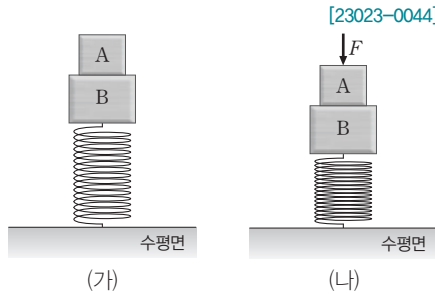
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. (가)에서 A에 작용하는 중력과 B가 A에 작용하는 자기력은 작용 반작용 관계이다.
 ㄴ. (가)에서 상자가 B를 받치는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 크다.
 ㄷ. 수평면이 상자에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림 (가)는 수평면에 고정된 용수철에 물체 A, B를 가만히 놓았더니 용수철이 원래 길이에서 x_0 만큼 압축되어 정지해 있는 것을, (나)는 (가)에서 A에 연직 아래 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용하였더니 용수철이 원래 길이에서 $2x_0$ 만큼 압축되어 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. B가 A에 작용하는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.



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

보기

ㄱ. 질량은 B가 A의 2배이다.
 ㄴ. (가)에서 용수철이 B에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{2}{3}F$ 이다.
 ㄷ. (나)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{4}{3}F$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A가 B에 작용하는 자기력과 B가 A에 작용하는 자기력은 크기가 같고, 방향은 반대이다. A, B는 정지해 있으므로 A, B에 작용하는 알짜힘은 0이다.

용수철이 B에 작용하는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

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. 물체가 등속도 운동을 할 때, 물체의 질량이 (클수록, 작을수록) 물체의 운동량의 크기는 크다.
2. 등속도 운동을 하는 물체의 질량이 일정할 때, 물체의 속도의 크기가 (클수록, 작을수록) 물체의 운동량의 크기는 크다.
3. 질량이 2 kg인 물체가 3 m/s의 속력으로 등속도 운동을 할 때, 물체의 운동량의 크기는 ()이다.
4. 그림과 같이 수평면에서 질량이 3 kg인 수레가 6 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하여 벽과 충돌한 후 반대 방향으로 2 m/s의 속력으로 등속도 운동을 한다.



벽과 충돌하는 동안 수레의 운동량 변화량의 크기는 ()이다.

정답

1. 클수록
2. 클수록
3. $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
4. $24 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

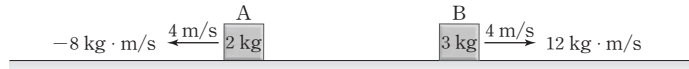
1 운동량

(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.

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

- 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.

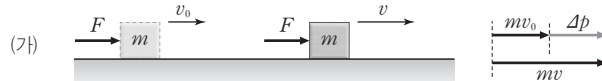
$$\Delta p = mv - mv_0 \quad [\text{단위: } \text{kg} \cdot \text{m/s}]$$

- 운동량 변화량의 방향은 물체에 작용하는 힘의 방향과 같다.



과학 돋보기 | 운동량 변화량

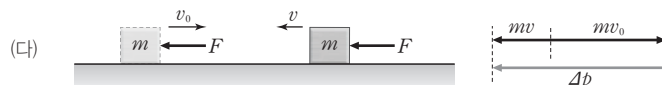
- 그림 (가)와 같이 직선상에서 운동하는 물체에 처음 운동 방향과 같은 방향으로 힘이 작용하여 운동량이 증가하는 경우, 물체의 운동량 변화량의 크기는 $\Delta p = mv - mv_0$ 이다.



- 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.



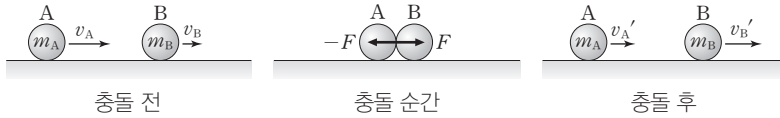
- 그림 (다)와 같이 직선상에서 운동하는 물체에 처음 운동 방향과 반대 방향으로 힘이 작용하여 운동량의 방향이 반대 방향으로 변하는 경우, 물체의 운동량 변화량의 크기는 $\Delta p = mv_0 + mv$ 이다.



2 운동량 보존 법칙

(1) 운동량 보존 법칙

- ① 물체에 힘이 작용하지 않으면 물체의 속도가 변하지 않으므로 운동량도 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' 가 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. 따라서 A, B에 뉴턴 운동 제2법칙을 적용하면 다음과 같다.

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

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

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

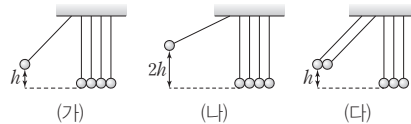
- ③ 운동량 보존 법칙: 물체가 충돌할 때 외부에서 힘이 작용하지 않으면 충돌 전과 충돌 후 물체들의 운동량의 합은 일정하게 보존된다. 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다.
 - 충돌하는 물체들의 운동량 변화량의 총합은 0이다. 즉, $\Delta p_A + \Delta p_B = 0$ 이다.
 - 운동량 보존 법칙은 상호 작용하는 힘의 종류나 물체의 크기에 관계없이 성립한다.

탐구자료 살펴보기

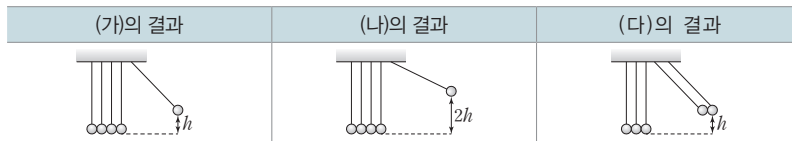
탄성구의 운동량 보존

과정

- (1) 질량이 동일한 탄성구를 이용하여 실험 장치를 준비한다.
- (2) 그림 (가)와 같이 1개의 탄성구를 높이 h 에서 가만히 놓고, 충돌 후 운동하는 탄성구의 수와 높이의 최댓값을 측정한다.
- (3) 그림 (나)와 같이 1개의 탄성구를 높이 $2h$ 에서 가만히 놓고, 충돌 후 운동하는 탄성구의 수와 높이의 최댓값을 측정한다.
- (4) 그림 (다)와 같이 2개의 탄성구를 높이 h 에서 가만히 놓고, 충돌 후 운동하는 탄성구의 수와 높이의 최댓값을 측정한다.



결과



point

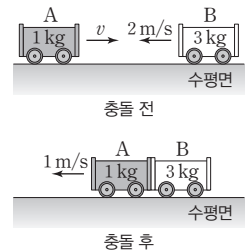
충돌 전 운동한 탄성구의 수는 충돌 후 운동한 탄성구의 수와 같고, 충돌 전 탄성구의 최대 높이는 충돌 후 탄성구의 최대 높이와 같다. ➔ 충돌 직전 탄성구의 운동량의 크기는 충돌 직후 탄성구의 운동량의 크기와 같고, 충돌 전과 후 탄성구의 역학적 에너지는 보존된다.

개념 체크

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

1. 물체 A와 B가 충돌할 때 외부에서 힘이 작용하지 않으면 충돌 전 A와 B의 운동량의 합의 크기는 충돌 후 A와 B의 운동량의 합의 크기와 같다. (○, ×)

[2~4] 그림과 같이 수평면에서 질량이 각각 1 kg, 3 kg인 수레 A, B가 각각 v , 2 m/s의 속력으로 서로를 향해 등속도 운동을 하여 충돌한 후 한 덩어리가 되어 1 m/s의 속력으로 등속도 운동을 한다. (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)



2. 충돌 후 A와 B의 운동량의 합의 크기는 ()이다.
3. v 는 ()이다.
4. 충돌 전과 후 A의 운동량 변화량의 크기는 ()이다.

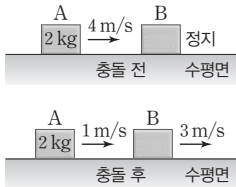
정답

1. ○
2. 4 kg·m/s
3. 2 m/s
4. 3 kg·m/s

개념 체크

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

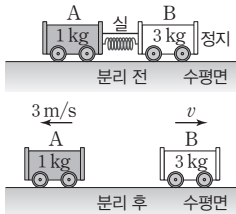
[1~2] 그림과 같이 수평면에서 질량이 2 kg인 물체 A가 4 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하여 정지해 있는 물체 B와 충돌한 후 A는 1 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하고, B는 3 m/s의 속력으로 등속도 운동을 한다. (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)



1. 충돌 전 A와 B의 운동량의 합의 크기는 ()이다.

2. B의 질량은 ()이다.

[3~4] 그림과 같이 질량이 각각 1 kg, 3 kg인 수레 A, B가 압축된 용수철과 실로 연결되어 정지해 있다가 실이 끊어져 분리된 후 A는 3 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하고, B는 A와 반대 방향으로 v의 속력으로 등속도 운동을 한다. (단, 실과 용수철의 질량은 무시한다.)



3. 분리 전 A와 B의 운동량의 합의 크기는 ()이다.

4. v는 ()이다.

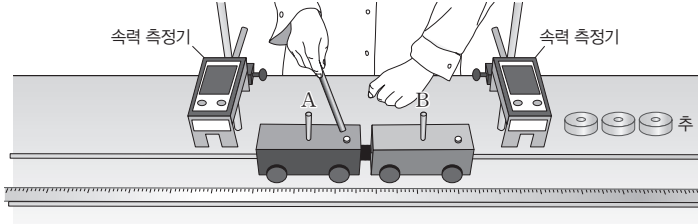
정답

1. 8 kg·m/s 2. 2 kg
3. 0 4. 1 m/s

탐구자로 살펴보기 역학 수레를 이용한 운동량 보존 실험

과정

(1) 역학 수레 A, B의 질량과 추의 질량을 측정 후, 그림과 같이 수평한 실험대 위에서 A의 용수철을 압축하여, 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 A의 용수철을 압축하고 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

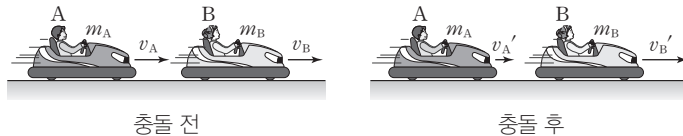
- 분리된 수레의 속력은 질량이 작은 수레가 더 크다.
- 분리된 후 수레의 질량과 속도의 크기의 곱은 A와 B가 서로 같다.
- B에 올려놓은 추의 수가 많을수록 분리된 후 B의 속력은 작아지고, A의 속력은 커진다.
- 분리되기 전 A, B의 운동량은 0이고, 분리된 후 A, B의 운동 방향은 반대이고 A, B의 운동량의 크기는 같다.

point

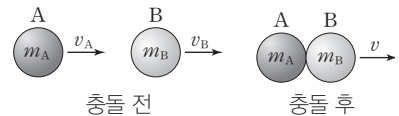
- 분리될 때 A가 B를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다.
- 분리되기 전 A, B의 운동량의 합과 분리된 후 A, B의 운동량의 합은 0으로 같다.
- ➔ 분리되기 전과 후에 A, B의 운동량의 합은 보존된다.

(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($v_A > v_A'$, $v_B < v_B'$).

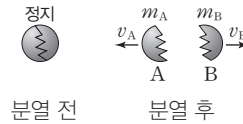


② 한 덩어리가 될 때의 충돌: 그림과 같이 두 물체 A, B가 충돌하여 충돌 후 한 덩어리가 되어 운동할 때, 운동량이 보존되므로 충돌 후 한 덩어리가 된



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

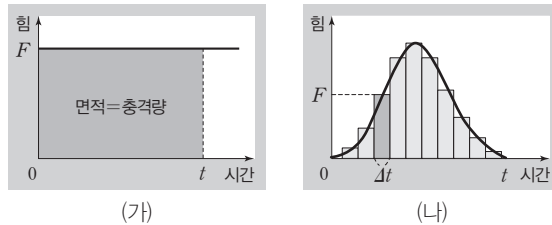
(1) 충격량

- 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.

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

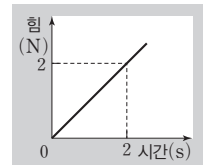
③ 힘-시간 그래프

- 힘의 크기가 일정할 때: 그림 (가)에서 그래프가 시간 축과 이루는 사각형의 면적은 Ft 이므로 충격량을 나타낸다.
- 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. 수평면에 정지해 있던 물체에 수평 방향으로 크기가 3 N인 힘이 2초 동안 작용했을 때 물체가 힘으로부터 받는 충격량의 크기는 ()이다.
2. 공기 저항이 없고 마찰이 없는 수평면에서 물체가 수평 방향으로 힘을 받을 때, 물체가 받는 충격량의 크기는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같다. (○, ×)

[3~4] 그림은 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 1 kg인 물체가 수평 방향으로 힘을 받을 때, 물체가 받는 힘을 시간에 따라 나타낸 것이다. (단, 공기 저항은 무시한다.)

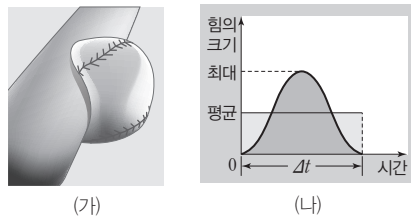


3. 0초부터 2초까지 물체가 받는 충격량의 크기는 ()이다.
4. 2초일 때 물체의 속력은 ()이다.



과학 돋보기 | 운동량의 변화와 충격량

그림 (가)는 날아오는 야구공을 야구 배트로 치는 모습을 나타낸 것이고, (나)는 야구공이 야구 배트에 부딪히는 동안 야구 배트가 야구공에 작용하는 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다. 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 운동량 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.

$$I = \Delta p$$

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

정답

1. 6 N·s
2. ○
3. 2 N·s
4. 2 m/s

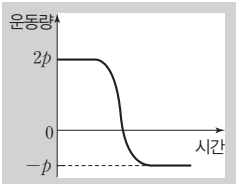
개념 체크

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

1. 물체가 충돌하는 동안 물체가 받는 힘의 크기가 일정할 때, 물체에 힘이 작용하는 시간이 (길수록, 짧을수록) 물체가 받는 충격량의 크기는 크다.

2. 물체가 충돌하는 동안 물체에 힘이 작용하는 시간이 일정할 때, 물체가 받는 힘의 크기가 (클수록, 작을수록) 물체가 받는 충격량의 크기는 크다.

[3~4] 그림은 마찰이 없는 수평면에서 운동하던 물체가 벽과 충돌하였을 때, 충돌 전부터 충돌 후까지 물체의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것이다. (단, 공기 저항은 무시한다.)



3. 물체의 속도의 크기는 충돌 전이 충돌 후의 2배이다. (O, X)

4. 벽과 충돌하는 동안, 물체가 받는 충격량의 크기는 ()이다.

정답

- 1. 길수록 2. 클수록
- 3. O 4. 3p

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.

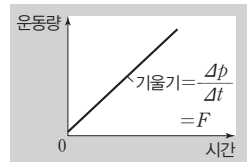
point

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



과학 돋보기 | 운동량-시간 그래프

힘-시간 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 면적이 물체가 받는 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.

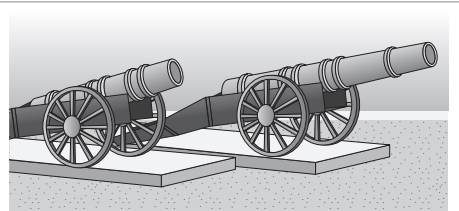
$$I \propto \Delta t \quad (F: \text{일정})$$

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 하고, 포신의 길이를 길게 하여 포탄이 힘을 오랫동안 받도록 한다.

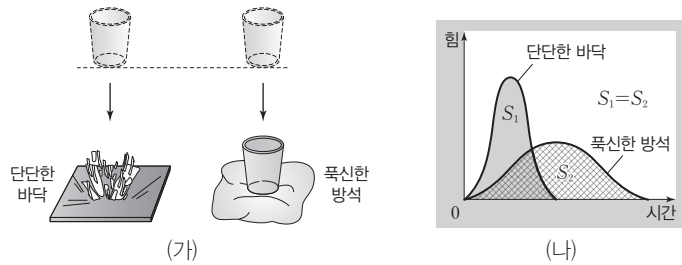
(4) 충돌과 안전장치

① 충격력: 물체가 충돌할 때 받는 힘을 충격력이라고 한다.

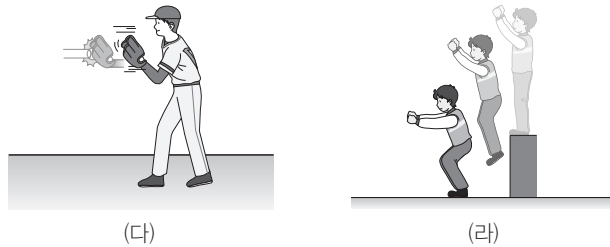
② 충격력과 시간의 관계: 물체가 받는 충격량이 일정할 때 힘을 받는 시간이 길수록 물체에 작용하는 충격력의 크기는 작다. $\Rightarrow F \propto \frac{1}{\Delta t} \quad (I: \text{일정})$

③ 충격력 줄이기

- 그림 (가)의 왼쪽은 유리잔이 단단한 바닥에, 오른쪽은 폭신한 방석에 떨어지는 경우를 나타낸 것으로, 유리잔이 받는 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 힘의 크기가 작다. 이와 같이 충돌할 때 충돌 시간을 길게 하면 충격력의 크기가 작아진다.

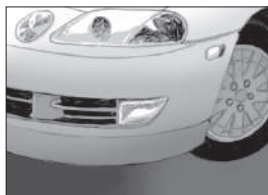


- 그림 (다)와 같이 날아오는 야구공을 받을 때 글러브를 뒤로 빼면서 받으면 충격력을 감소시킬 수 있다.
- 그림 (라)와 같이 높은 곳에서 뛰어내릴 때 무릎을 살짝 굽히면 충격력을 감소시킬 수 있다.

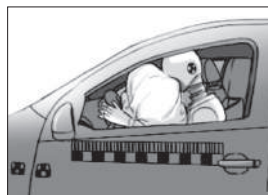


④ 여러 가지 안전장치: 일상생활에서 충돌할 때 충돌 시간을 길게 하여 충격력을 감소시킨다.

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



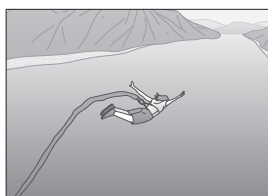
자동차의 범퍼



자동차의 에어백



선박의 충돌 피해 감소용 타이어



번지 점프의 줄



포수의 글러브와 얼굴 보호대



구조용 에어 매트

개념 체크

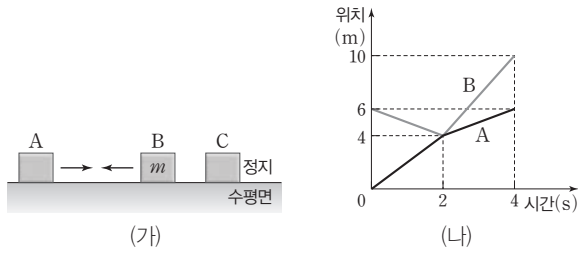
- 충격력과 시간: 같은 충격량을 받더라도 힘을 받는 시간이 길수록 충격력의 크기가 작다.
- 여러 가지 안전장치: 범퍼, 에어백, 번지 점프의 줄, 에어 매트 등은 충돌 시간을 길게 하여 충격력의 크기를 감소시킨다.

1. 물체가 받는 충격량이 일정할 때, 물체가 힘을 받는 시간이 길수록 물체에 작용하는 평균 힘의 크기는 (크다, 작다).
2. 같은 높이에서 동일한 질량의 유리잔 A, B를 떨어뜨릴 때, 단단한 바닥에 떨어진 A는 깨지고 폭신한 바닥에 떨어진 B는 깨지지 않았다. 이때 충돌하는 동안 바닥으로부터 유리잔이 받는 평균 힘의 크기는 A가 B보다 (크다, 작다).
3. 포수의 글러브는 공이 글러브에 충돌할 때, 충돌 시간을 (길게, 짧게) 하여 평균 힘의 크기를 감소시킨다.

정답

1. 작다
2. 크다
3. 길게

01 [23023-0045] 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, B가 서로를 향해 운동한다. B는 A와 충돌한 후 정지해 있는 물체 C와 충돌하여 한 덩어리가 되어 운동한다. 그림 (나)는 B가 C와 충돌하기 전까지 A, B의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다. A와 B는 2초일 때 충돌하고, B와 C는 4초일 때 충돌한다. A, C의 질량은 같고, B의 질량은 m 이다.



B와 C가 충돌한 후, C의 속력은? (단, A, B, C는 동일 직선상에서 운동하고, A, B, C의 크기는 무시한다.)

- ① $\frac{1}{2}$ m/s ② $\frac{3}{5}$ m/s ③ $\frac{5}{7}$ m/s
 ④ $\frac{3}{4}$ m/s ⑤ $\frac{4}{5}$ m/s

02 [23023-0046] 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 등속도 운동을 하는 모습을, (나)는 A와 B가 충돌한 후 한 덩어리가 되어 크기가 p 인 운동량으로 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m , $3m$ 이다.



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

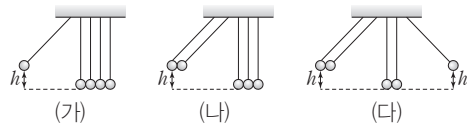
- 보기
- ㄱ. (가)에서 A의 운동량의 크기는 p 이다.
 - ㄴ. A의 속력은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.
 - ㄷ. B가 A로부터 받는 충격량의 크기는 $\frac{3}{4}p$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

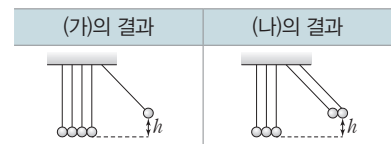
03 [23023-0047] 다음은 실에 매달린 질량이 동일한 탄성구를 이용하여 운동량 보존 법칙을 알아보는 실험이다.

[실험 과정]

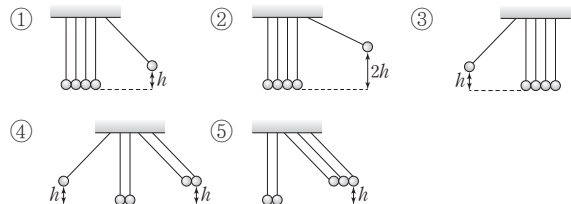
- (가) 1개의 탄성구를 높이 h 에서 가만히 놓고, 충돌 후 운동하는 탄성구의 수와 높이의 최댓값을 측정한다.
- (나) 2개의 탄성구를 높이 h 에서 가만히 놓고, 충돌 후 운동하는 탄성구의 수와 높이의 최댓값을 측정한다.
- (다) 한쪽은 2개의 탄성구를, 다른 한쪽은 1개의 탄성구를 각각 높이 h 에서 동시에 가만히 놓고, 충돌 후 운동하는 탄성구의 수와 높이의 최댓값을 측정한다.



[실험 결과]



(다)의 결과로 옳은 것은? (단, 탄성구의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



04 [23023-0048] 그림은 컬링 선수가 정지해 있던 컬링 스톤에 수평 방향으로 힘을 가하는



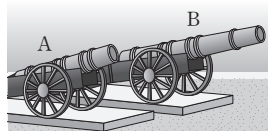
모습을 나타낸 것이다. 선수가 컬링 스톤에 수평 방향으로 가한 평균 힘의 크기는 F 이고, 힘이 컬링 스톤에 작용한 시간은 t 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 선수가 컬링 스톤으로부터 받는 평균 힘의 크기는 F 이다.
- ㄴ. 컬링 스톤이 선수로부터 받는 충격량의 크기는 Ft 이다.
- ㄷ. F 가 일정할 때, t 가 클수록 선수를 떠나는 순간 컬링 스톤의 속력은 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 화약이 폭발할 때 발생하는 힘으로 포탄을 발사하는 포 A, B를 나타낸 것이다. 포신의 길이는 A가 B보다 짧다.



[23023-0049]

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에 사용하는 화약과 포탄의 종류는 동일하고, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A에서 화약의 양이 많을수록 포탄이 A로부터 받는 평균 힘의 크기는 크다.
- ㄴ. B에서 포탄이 발사될 때, B가 포탄으로부터 받는 충격량의 크기는 포탄이 B로부터 받는 충격량의 크기와 같다.
- ㄷ. 화약의 양과 포탄의 질량이 같을 때, 포신을 떠나는 순간 포탄의 운동량의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 정지해 있는 공을 막대를 이용하여 수평 방향으로 치는 모습을, 표는 막대로 공을 치는 (가), (나), (다)의 경우 공이 막대로부터 받는 평균 힘의 크기 F 와 공이 막대로부터 받는 충격량의 크기 I 를 나타낸 것이다.



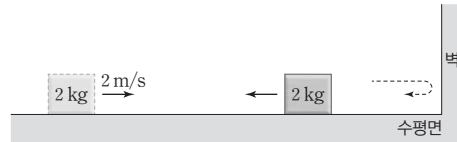
구분	F	I
(가)	F_0	I_0
(나)	F_0	$2I_0$
(다)	$2F_0$	I_0

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

- ㄱ. 막대로 공을 친 직후 공의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄴ. 공이 막대로부터 힘을 받는 시간은 (나)에서가 (다)에서보다 길다.
- ㄷ. (가)와 (다)를 이용하여 자동차에 설치된 에어백에서 평균 힘의 크기를 줄이는 원리를 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

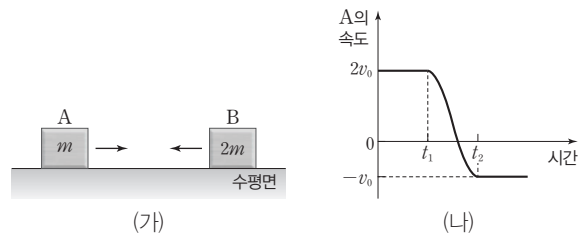
07 그림과 같이 질량이 2 kg인 물체가 2 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하다가 벽과 0.2초 동안 충돌한 후 반대 방향으로 등속도 운동을 한다. 물체의 운동 에너지는 벽과 충돌하기 전이 충돌한 후의 4배이다.



물체가 벽과 충돌하는 동안, 물체가 벽으로부터 받은 평균 힘의 크기는? (단, 물체는 동일 직선상에서 운동한다.)

- ① 15 N ② 20 N ③ 25 N ④ 30 N ⑤ 35 N

08 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 질량이 각각 m , $2m$ 인 물체 A, B가 서로를 향해 각각 등속도 운동을 한다. 그림 (나)는 A의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. A와 B는 t_1 부터 t_2 까지 충돌하고, 충돌 전 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.



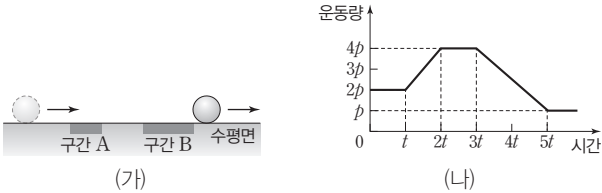
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)

- ㄱ. A가 B와 충돌하는 동안, B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 $2mv_0$ 이다.
- ㄴ. A가 B와 충돌하는 동안, A가 B로부터 받는 평균 힘의 크기는 $\frac{3mv_0}{t_2-t_1}$ 이다.
- ㄷ. B의 속력은 충돌 후가 충돌 전의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0053]

09 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 운동하던 물체가 구간 A, B를 지난다. 물체는 A, B에서 운동 방향과 나란한 방향으로 각각 크기가 F_A , F_B 인 일정한 힘을 받는다. 그림 (나)는 물체의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것이다.



물체가 F_A 와 F_B 로부터 받는 충격량의 크기를 각각 I_A , I_B 라고 할 때, $F_A : F_B$ 와 $I_A : I_B$ 로 옳은 것은?

- | | $F_A : F_B$ | $I_A : I_B$ |
|---|-------------|-------------|
| ① | 1 : 2 | 4 : 3 |
| ② | 2 : 3 | 4 : 3 |
| ③ | 2 : 3 | 2 : 3 |
| ④ | 4 : 3 | 2 : 3 |
| ⑤ | 4 : 3 | 2 : 1 |

10 그림은 충격을 완화하여 사람을 안전하게 구조하기 위해 낙하 지점에 설치된 에어 매트에서 사람이 낙하하는 모습을 나타낸 것이다.



에어 매트와 원리가 적용된 충격 완화 장치의 예를 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

가.	나.	다.
자동차의 범퍼	번지 점프의 줄	포수의 글러브

- ① 가 ② 나 ③ 가, 다 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

11 다음은 선박에 부착된 충격 완화 타이어에 대한 설명이다.

선박에 부착된 타이어는 ㉠선박이 부두에 도달하는 순간부터 선박이 정지할 때까지 걸리는 시간을 (가) 시킨다. 따라서 ㉡선박이 부두로부터 받는 평균 힘의 크기가 감소하여 충격을 완화한다.



선박에 부착된 충격 완화 타이어

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

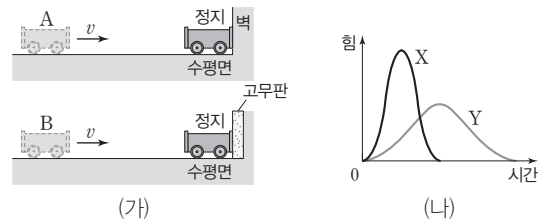
보기

가. (가)는 '감소'가 적절하다.
 나. ㉠과 ㉡의 곱은 선박이 부두로부터 받는 충격량의 크기와 같다.
 다. ㉡은 부두가 선박으로부터 받는 평균 힘의 크기와 같다.

- ① 가 ② 나 ③ 다 ④ 가, 나 ⑤ 나, 다

[23023-0056]

12 그림 (가)는 동일한 질량의 수레 A, B가 v 의 속력으로 등속도 운동을 하여 각각 단단한 벽과 폭신한 고무판에 충돌한 후 정지한 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)의 X, Y는 A, B가 충돌하는 동안 벽과 고무판으로부터 받는 힘을 시간에 따라 순서 없이 나타낸 것이다.



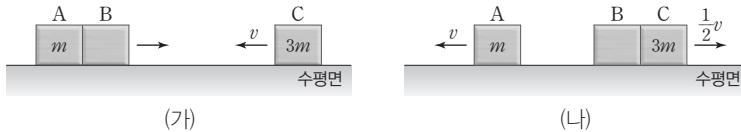
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

가. 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 X와 Y가 같다.
 나. X는 B에 해당한다.
 다. A와 B가 각각 충돌하는 동안, 수레에 작용하는 평균 힘의 크기는 A가 B보다 작다.

- ① 가 ② 나 ③ 다 ④ 가, 나 ⑤ 나, 다

01 [23023-0057] 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 한 덩어리인 물체 A, B와 물체 C가 서로를 향해 각각 등속도 운동을 한다. C의 속력은 v 이다. 그림 (나)와 같이 B와 C가 충돌한 후 A는 v 의 속력으로 등속도 운동을 하고, B와 C는 한 덩어리가 되어 $\frac{1}{2}v$ 의 속력으로 등속도 운동을 한다. (가)에서 A와 B의 운동량 크기의 합은 (나)에서 B와 C의 운동량 크기의 합의 2배이고, A, C의 질량은 각각 m , $3m$ 이다.



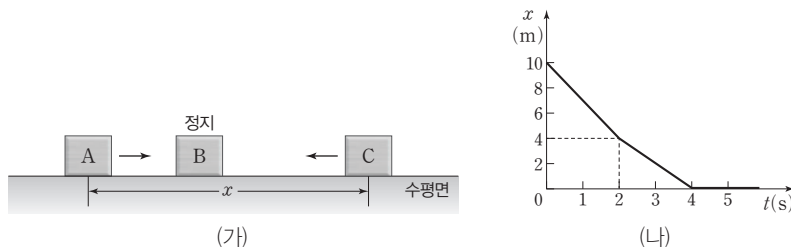
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C는 동일 직선상에서 운동한다.)

보기

- ㄱ. B의 질량은 m 이다.
- ㄴ. (가)에서 속력은 A가 C의 2배이다.
- ㄷ. 충돌하는 동안, B가 받는 충격량의 크기는 C가 받는 충격량의 크기의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23023-0058] 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, C가 정지해 있는 물체 B를 향해 동일 직선상에서 각각 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. B는 A와 충돌한 후 한 덩어리가 되어 운동하다가 C와 충돌한 후 다시 A, B, C가 한 덩어리가 되어 운동한다. 0초일 때 A와 C 사이의 거리는 10 m이고, A, B, C의 질량은 같다. 그림 (나)는 A와 C 사이의 거리 x 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다. 2초일 때 A와 B가 충돌하고, 4초일 때 한 덩어리가 된 A와 B는 C와 충돌한다.



5초일 때 C의 속력은? (단, A, B, C의 크기는 무시한다.)

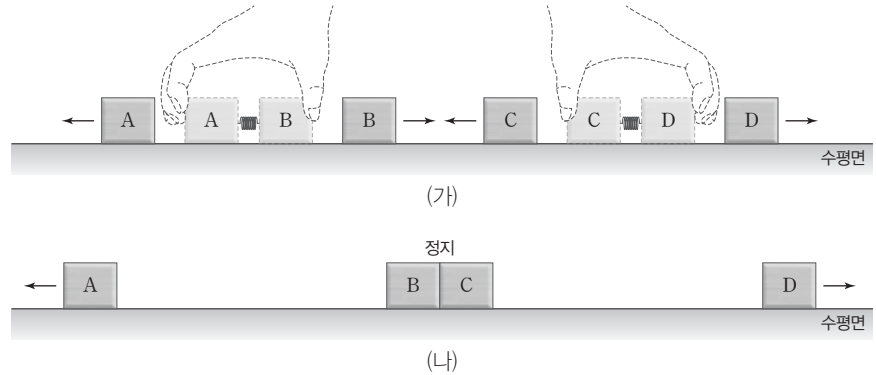
- ① $\frac{1}{6}$ m/s ② $\frac{1}{5}$ m/s ③ $\frac{1}{4}$ m/s ④ $\frac{1}{3}$ m/s ⑤ $\frac{1}{2}$ m/s

(가)에서 A, B, C의 운동량의 크기의 합은 (나)에서 A, B, C의 운동량의 크기의 합과 같고, 물체가 받는 충격량의 크기는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같다.

그래프의 기울기는 A에 대한 C의 속도이므로 0초부터 2초까지 A에 대한 C의 속도의 크기는 3 m/s이고, 2초부터 4초까지 A에 대한 C의 속도의 크기는 2 m/s이다.

운동량 보존에 따라 (가)에서 A와 B의 운동량의 크기는 같고, C와 D의 운동량의 크기도 같다. 또한, (나)에서 B와 C가 충돌 후 정지하였으므로 충돌 전 운동량의 크기는 B와 C가 같다.

03 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 물체 A와 B 사이, 물체 C와 D 사이에 용수철을 넣어 압축시킨 후, 동시에 가만히 놓았더니 A, B, C, D가 각각 용수철에서 분리된 후 등속도 운동을 한다. 그림 (나)는 B와 C가 충돌하여 정지한 모습을 나타낸 것이다. (나)에서 물체의 운동 에너지는 A가 D의 3배이며, 질량은 A와 C가 같고 B와 D가 같다.



(가)에서 등속도 운동을 하는 B와 C의 속력을 각각 v_B, v_C 라고 할 때, $v_B : v_C$ 는? (단, A, B, C, D는 동일 직선상에서 운동하고, 용수철의 질량은 무시한다.)

- ① 1 : 1
- ② 1 : 2
- ③ 1 : 3
- ④ 2 : 3
- ⑤ 2 : 5

충격량의 크기는 충돌할 때 물체가 받는 평균 힘의 크기와 충돌 시간의 곱과 같고, 물체의 운동량 변화량의 크기와 같다.

04 그림과 같이 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향하여 $3v$ 의 속력으로 등속도 운동을 한다. A와 충돌한 B는 벽과 충돌한다. 표는 A와 B가 충돌하는 동안 B가 받는 충격량의 크기와 충돌 시간, A와 충돌한 B가 벽과 충돌하는 동안 벽이 받는 충격량의 크기와 충돌 시간을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $m, 2m$ 이다.

물체	충격량의 크기	충돌 시간
B	$2mv$	t
벽	$3mv$	$2t$

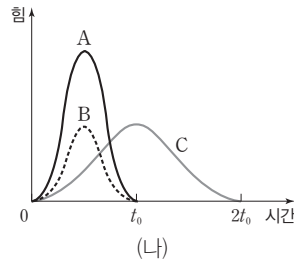
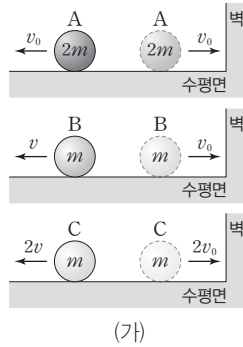
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)

보기

- ㄱ. A와 B가 충돌한 후 A와 B는 한 덩어리가 되어 운동한다.
- ㄴ. 벽과 충돌하는 동안 B가 받는 충격량의 크기는 $2mv$ 이다.
- ㄷ. A가 정지해 있던 B와 충돌하는 동안 A가 받는 평균 힘의 크기는 벽이 B와 충돌하는 동안 벽이 받는 평균 힘의 크기의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

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

05 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, B, C가 각각 v_0 , v_0 , $2v_0$ 의 속력으로 등속도 운동을 하여 벽과 충돌한 후, 충돌하기 전 운동 방향과 반대 방향으로 튕겨 나와 각각 v_0 , v , $2v$ 의 속력으로 등속도 운동을 한다. A, B, C의 질량은 각각 $2m$, m , m 이다. 그림 (나)는 A, B, C가 각각 벽과 충돌하는 동안 A, B, C가 벽으로부터 받는 힘을 시간에 따라 나타낸 것이다. 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 A가 B의 2배이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



[23023-0061]

힘-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 물체의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 운동량 변화량의 크기는 A가 B의 2배이다.

보기

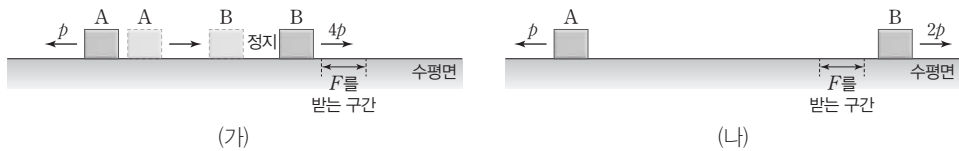
ㄱ. $v = \frac{1}{2}v_0$ 이다.

ㄴ. C의 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 $4mv$ 이다.

ㄷ. A와 C가 각각 벽과 충돌하는 동안 벽으로부터 받는 평균 힘의 크기는 A가 C의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 등속도 운동을 하여 충돌한 후, A와 B가 각각 크기가 p , $4p$ 인 운동량으로 서로 반대 방향으로 운동한다. 그림 (나)는 A와 충돌한 B가 운동 방향과 나란한 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘을 받는 구간을 통과하여 크기가 $2p$ 인 운동량으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. B가 힘을 받는 구간을 통과하는 시간은 t 이고, 질량은 B가 A의 4배이다.



[23023-0062]

(가)에서 A의 운동량 변화량의 크기는 B의 운동량 변화량의 크기와 같고, (나)에서 B의 운동량 변화량의 크기는 B가 받는 충격량의 크기와 같다.

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

보기

ㄱ. (가)에서 충돌 전 A의 운동량 크기는 $5p$ 이다.

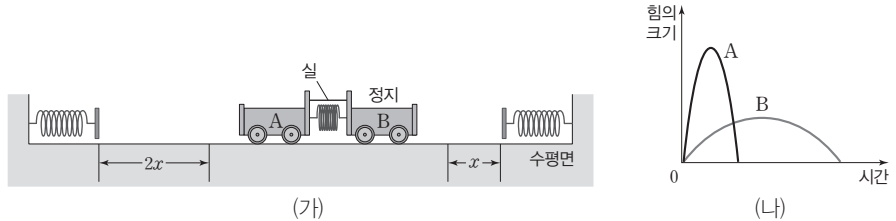
ㄴ. (나)에서 속력은 A가 B의 2배이다.

ㄷ. $F = \frac{p}{2t}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

실을 끊어 용수철에서 분리된 이후 운동량의 크기는 A와 B가 같고, 같은 시간 동안 이동한 거리가 A가 B의 2배이므로 속력은 A가 B의 2배이다.

07 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 수레 A와 B 사이에 용수철을 압축시켜 실로 고정된 모습을 나타낸 것이다. 실을 끊으면 용수철에서 분리된 A와 B는 서로 반대 방향으로 각각 $2x$, x 만큼 운동하여 동시에 용수철에 닿는다. 그림 (나)는 A, B가 용수철과 충돌하는 순간부터 용수철로부터 A, B가 각각 받는 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. 실을 끊어 용수철에서 분리된 A, B가 등속도 운동을 하는 동안 속력은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 질량은 A가 B의 2배이다.
- ㄷ. (나)에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 A와 B가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

A가 B, C로부터 각각 받는 충격량의 크기가 같으므로 B가 A로부터 받는 충격량의 크기와 C가 A로부터 받는 충격량의 크기는 같다.

08 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 $2v$ 의 속력으로 등속도 운동을 하던 물체 A가 정지해 있는 물체 B와 충돌한 후 A는 정지하고 B는 v 의 속력으로 등속도 운동을 하는 모습을, (나)는 마찰이 없는 수평면에서 등속도 운동을 하던 A가 정지해 있는 물체 C와 충돌한 후 한 덩어리가 되어 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 A가 B, C로부터 각각 받는 충격량의 크기는 같고, B와 C의 질량은 같다.



(나)에서 충돌 전 A의 속력은? (단, A와 B, A와 C는 동일 직선상에서 운동한다.)

- ① v ② $2v$ ③ $3v$ ④ $4v$ ⑤ $5v$

09 다음은 충격량에 대한 설명이다.

[23023-0065]

정지해 있는 물체에 힘을 가해 물체를 운동시킬 때 물체가 받는 힘의 크기가 일정한 경우 물체가 힘을 받는 시간을 ㉠시키거나, 물체가 힘을 받는 시간이 일정한 경우 물체가 받는 평균 힘의 크기를 ㉡시키면 물체가 받는 충격량의 크기가 커져 물체의 속력이 커진다. 그러나 물체의 운동량 변화량의 크기가 ㉢한 경우 물체가 받는 (가)충격량의 크기가 일정하므로 물체가 힘을 받는 시간이 길어질수록 물체가 받는 평균 힘의 크기는 감소한다.



물체의 운동량 변화량의 크기가 일정하면 물체가 받는 충격량의 크기가 일정하다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

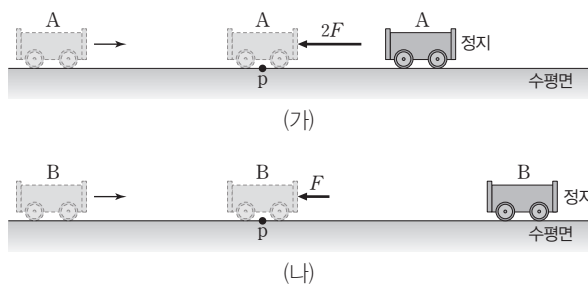
보기

- ㄱ. '증가'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. '일정'은 ㉢으로 적절하다.
- ㄷ. 높은 곳에서 뛰어내릴 때 무릎을 굽히는 까닭은 (가)로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림 (가), (나)는 마찰이 없는 수평면에서 수레 A, B가 각각 등속도 운동을 하여 점 p를 지나는 순간 운동 방향과 반대 방향으로 각각 크기가 $2F$, F 인 일정한 힘을 받아 정지한 모습을 나타낸 것이다. 질량은 A가 B의 2배이고, A, B가 각각 p를 지난 순간부터 정지할 때까지 힘을 받는 시간은 B가 A의 2배이다.

[23023-0066]



p를 지나는 순간부터 정지할 때까지 받는 힘의 크기는 A가 B의 2배이고, 힘을 받는 시간은 B가 A의 2배이므로 A와 B가 받는 충격량의 크기는 같다.

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

보기

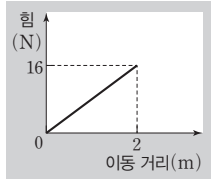
- ㄱ. 힘을 받는 동안, A와 B가 받는 충격량의 크기는 같다.
- ㄴ. p에서 운동량의 크기는 A와 B가 같다.
- ㄷ. 등속도 운동을 하는 동안, 속력은 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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. 물체의 이동 방향과 나란하게 작용한 힘의 크기와 물체가 이동한 거리를 곱한 값을 ()이라고 한다.
2. 물체에 힘이 작용하였을 때 물체가 이동한 거리가 0이면 힘이 물체에 한 일은 ()이다.
3. 물체에 작용한 힘의 방향과 물체의 이동 방향이 수직이면 힘이 물체에 한 일은 ()이다.
4. 그림은 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 물체에 수평 방향으로 힘이 작용할 때, 물체에 작용하는 힘을 이동 거리에 따라 나타낸 것이다.



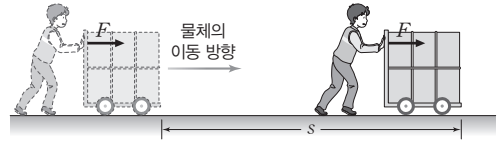
물체가 정지 상태에서 2 m 이동하는 동안 힘이 물체에 한 일은 ()이다.

정답

1. 일
2. 0
3. 0
4. 16 J

1 일

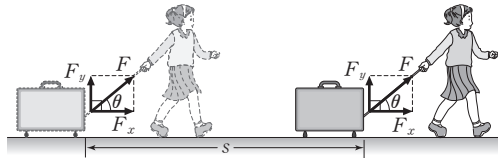
(1) 일: 물체의 이동 방향과 나란하게 작용한 힘의 크기와 물체가 이동한 거리를 곱한 값을 힘이 물체에 한 일이라고 한다.



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

$$\rightarrow W = Fs \text{ [단위: N} \cdot \text{m} = \text{J(줄)]}$$

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.



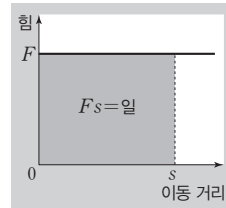
• F_y 방향으로 이동한 거리가 0이므로 F_y 가 물체에 한 일은 0이다.

• 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.

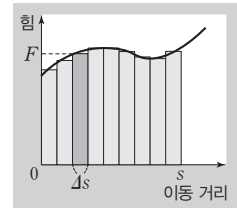
(2) 힘-이동 거리 그래프와 일: 물체에 작용한 힘의 방향과 물체의 이동 방향이 같을 때, 힘-이동 거리 그래프에서 그래프가 이동 거리 축과 이루는 면적은 힘이 물체에 한 일과 같다.

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



(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 일을 나타낸다.



(나)

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.

2 일과 에너지

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

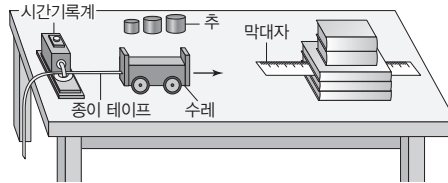
① 질량이 m 인 물체가 v 의 속력으로 운동할 때(운동량의 크기 $p=mv$), 물체의 운동 에너지는

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

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.



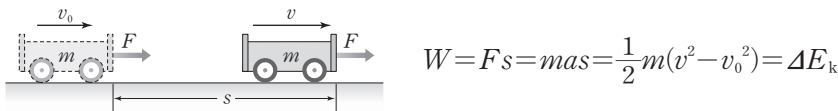
결과

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

point

- 막대자가 밀려들어간 거리는 수레의 운동 에너지에 비례한다.
- 수레의 운동 에너지(E_k)는 수레의 질량(m)과 속력(v)의 제곱에 각각 비례한다. $\Rightarrow E_k = \frac{1}{2}mv^2$

② **일·운동 에너지 정리**: 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 수평면상에서 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.



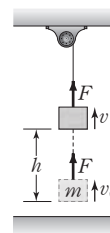
- 알짜힘이 수레에 한 일이 (+)인 경우($W > 0$): 수레의 운동 에너지 증가
- 알짜힘이 수레에 한 일이 (-)인 경우($W < 0$): 수레의 운동 에너지 감소
- 알짜힘이 수레에 한 일이 0인 경우($W = 0$): 수레의 운동 에너지 일정

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. (단, 중력 가속도는 g 이다.)

- 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: $W = F_N s = (F - mg)h = Fh - mgh = W_F + W_{mg} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

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



개념 체크

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

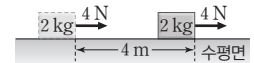
● **일·운동 에너지 정리**: 물체에 작용하는 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

$$W = \Delta E_k$$

1. 질량이 2 kg인 물체가 5 m/s의 속력으로 등속도 운동을 할 때 물체의 운동 에너지는 ()이다.

2. 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. (○, ×)

[3~4] 그림은 수평면에 정지해 있는 질량이 2 kg인 물체에 수평 방향으로 4 N의 힘이 작용하여 물체가 4 m 이동한 모습을 나타낸 것이다. (단, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



3. 물체가 4 m 이동하였을 때 물체의 운동 에너지는 ()이다.

4. 물체가 4 m 이동하였을 때 물체의 속력은 ()이다.

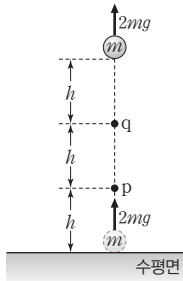
정답

1. 25 J
2. ○
3. 16 J
4. 4 m/s

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.

[1~4] 그림과 같이 수평면에 정지해 있는 질량이 m 인 물체에 연직 위 방향으로 크기가 $2mg$ 인 일정한 힘을 작용하여 점 p, q를 지나 $3h$ 만큼 이동시켰다. p, q의 높이는 각각 $h, 2h$ 이다. (단, 중력 가속도는 g 이고, 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이며, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.)



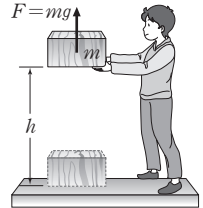
1. 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 물체의 위치가 q일 때가 p일 때의 ()배이다.
2. 물체가 $3h$ 만큼 이동하는 동안 크기가 $2mg$ 인 힘이 물체에 한 일은 ()이다.
3. 물체의 높이가 $3h$ 일 때 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 ()이다.
4. 물체의 높이가 $3h$ 일 때 물체의 운동 에너지는 ()이다.

정답

1. 2
2. $6mgh$
3. $3mgh$
4. $3mgh$

(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.

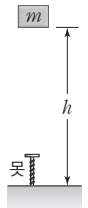


- ① 기준점이 달라지면 물체의 중력 퍼텐셜 에너지도 달라진다.
- ② 두 지점 사이에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 차는 기준점에 관계없이 일정하다.
- ③ 기준점보다 낮은 위치에서는 물체의 중력 퍼텐셜 에너지가 (-)값을 갖는다.

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

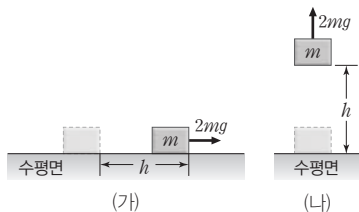
• 물체의 높이가 높을수록, 물체의 질량이 클수록 못이 박히는 거리가 크다.

point

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

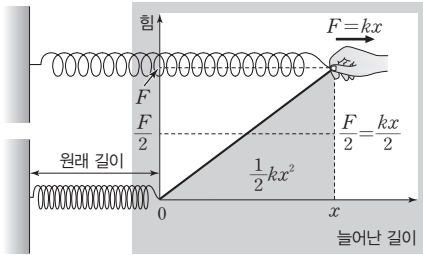
과학 돋보기 | 일과 에너지 변화

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 크기가 $2mg$ 인 힘이 물체에 한 일은 표와 같다. (단, 중력 가속도는 g 이다.)

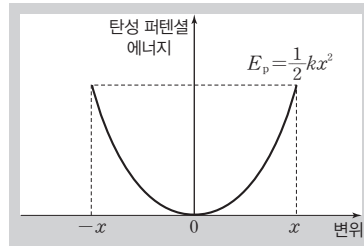


구분	(가)	(나)
알짜힘이 물체에 한 일	$2mgh$	mgh
물체의 운동 에너지 변화량	$2mgh$	mgh
$2mg$ 인 힘이 물체에 한 일	$2mgh$	$2mgh$

(4) 탄성 퍼텐셜 에너지(탄성력에 의한 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 면적과 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

개념 체크

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

1. 용수철에 외력이 작용하여 용수철이 원래 길이로부터 x 만큼 늘어났을 때, 용수철의 탄성력의 방향은 외력의 방향과 (같은, 반대) 방향이고, 탄성력의 크기는 x 에 (비례, 반비례)한다.

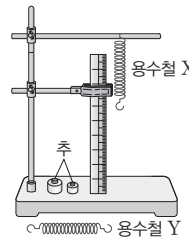
2. 용수철이 원래 길이로부터 x 만큼 압축되었을 때 탄성 퍼텐셜 에너지는 용수철이 원래 길이로부터 x 만큼 늘어났을 때 탄성 퍼텐셜 에너지와 같다. (○, ×)

3. 용수철 상수가 100 N/m 인 용수철이 용수철의 원래 길이로부터 0.2 m 늘어난 때, 탄성 퍼텐셜 에너지는 ()이다.

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

과학 돋보기 | 탄성 퍼텐셜 에너지가 이용된 예

- 태엽 장난감은 열쇠를 돌리면 태엽에 탄성 퍼텐셜 에너지가 저장되고, 열쇠를 놓으면 탄성 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지로 전환되어 장난감에 동력을 공급한다.
- 다이빙 선수가 다이빙 보드를 압축시킬 때 다이빙 보드에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지가 다이빙 선수의 역학적 에너지로 전환되어 점프하는 데 도움을 준다.



태엽 장난감



다이빙 보드

정답

1. 반대, 비례
2. ○
3. 2 J

개념 체크

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

1. 자유 낙하 하는 물체의 어느 순간 운동 에너지가 E 이고 중력 퍼텐셜 에너지가 $2E$ 이면, 역학적 에너지는 ()이다. (단, 공기 저항은 무시한다.)
2. 물체가 자유 낙하 하는 동안 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 (증가, 감소)하고 물체의 운동 에너지는 (증가, 감소)한다. (단, 공기 저항은 무시한다.)
3. 자유 낙하 하는 물체의 역학적 에너지는 일정하게 보존된다. (단, 공기 저항은 무시한다.) (○, ×)

과학 돋보기 | 전기력에 의한 퍼텐셜 에너지

전기력에 의한 퍼텐셜 에너지는 두 개 이상의 전하가 놓여 있을 때 전하의 위치에 대응하는 전기적 상호 작용 에너지로, 전기 위치 에너지 또는 전기적 위치 에너지라고도 한다. 각 전하는 주변 전하로부터 전기력을 받기 때문에 위치가 변하면 일을 할 수 있다.



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 탑승자가 짜릿한 기분을 즐길 수 있게 해 준다.



레일을 따라 운동하는 열차



진자 운동을 하는 배



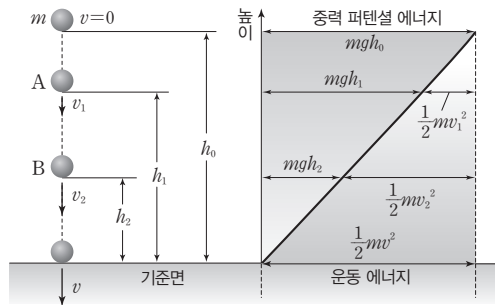
수직 낙하를 하는 기구

- 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.

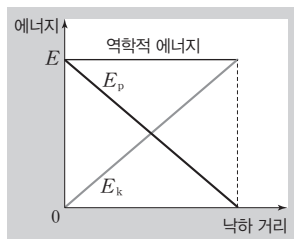
정답

1. $3E$
2. 감소, 증가
3. ○

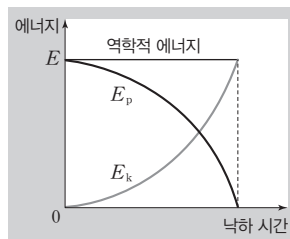
이 식을 정리하면 $mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$ 이므로, A와 B에서의 역학적 에너지는 같다.



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

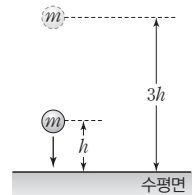


낙하 시간과 에너지의 관계

개념 체크

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

[1~4] 그림은 수평면으로부터 높이가 $3h$ 인 지점에서 질량이 m 인 물체를 가만히 놓았을 때, 물체가 수평면으로부터 높이가 h 인 지점을 통과하는 모습을 나타낸 것이다. (단, 중력 가속도는 g 이고, 수평면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이며, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.)

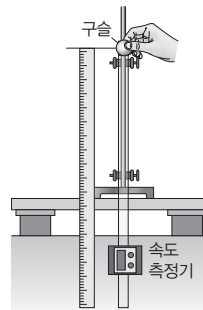


1. 높이가 $3h$ 인 지점에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 ()이다.
2. 물체의 역학적 에너지는 ()이다.
3. 물체를 가만히 놓은 순간부터 물체가 높이가 h 인 지점을 통과하는 순간까지 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 ()이다.
4. 높이가 h 인 지점을 통과하는 순간 물체의 운동 에너지는 ()이다.

탐구자로 살펴보기 중력에 의한 역학적 에너지 보존

과정

- (1) 그림과 같이 수평면으로부터 5 m 높이에서 질량이 200 g인 구슬을 가만히 놓고, 0.1초 간격으로 구슬의 속력을 속도 측정기로 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	4.8	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

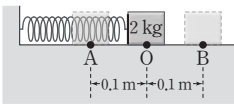
1. $3mgh$
2. $3mgh$
3. $2mgh$
4. $2mgh$

개념 체크

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

1. 물체에 용수철의 탄성력만 작용하여 운동할 때, 물체의 운동 에너지와 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 합은 일정하게 보존된다. (○, ×)

[2~3] 그림은 마찰이 없는 수평면에서 용수철 상수가 200 N/m인 용수철에 연결된 질량이 2 kg인 물체가 평형점 O를 중심으로 점 A와 점 B 사이를 진동하는 모습을 나타낸 것이다. (단, 물체의 크기, 용수철의 질량, 공기 저항은 무시한다.)



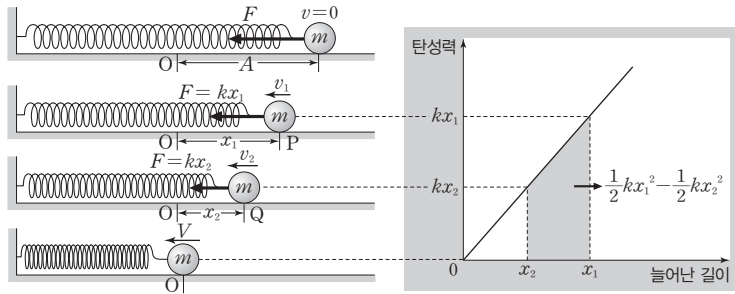
2. A에서 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 ()이다.
3. O에서 물체의 속력은 ()이다.

(3) 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

- ① 탄성력 이외의 힘(마찰력, 공기 저항력 등)이 일을 하지 않으면 물체의 운동 에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 합은 일정하게 보존된다. $\rightarrow E_k + E_p = \text{일정}$
- ② 마찰과 공기 저항이 없을 때, 물체를 용수철에 연결하여 A만큼 당겼다가 놓으면 물체는 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 에너지는 증가한다.

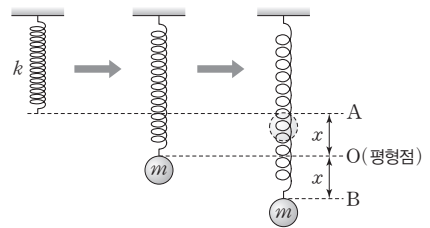
그림에서 평형 위치 O로부터의 위치가 각각 x_1, x_2 인 두 지점 P, Q를 지날 때 물체의 속력을 각각 v_1, v_2 라고 하면, P에서 Q까지 이동하는 동안 탄성력이 한 일은 $W = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2$ 이다. 탄성력이 한 일이 물체의 운동 에너지 증가량과 같으므로 $\frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 이며, 이 식을 정리하면 $\frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2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

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



과학 돋보기 | 연직면에서 진동하는 물체의 역학적 에너지 보존

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 같다. 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.



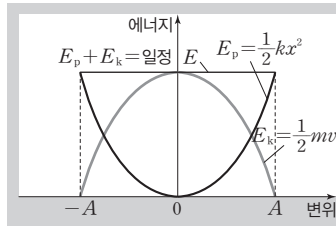
위치	중력 퍼텐셜 에너지	운동 에너지	탄성 퍼텐셜 에너지	역학적 에너지
A	0	0	0	0
O	$-mgx$	$\frac{1}{2}mv^2$	$\frac{1}{2}kx^2$	$-mgx + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$
B	$-mg(2x)$	0	$\frac{1}{2}k(2x)^2$	$-mg(2x) + \frac{1}{2}k(2x)^2$

따라서 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.

정답

1. ○
2. 1 J
3. 1 m/s

- 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.

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 물체를 연결하고 용수철의 원래 길이로부터 x 만큼 압축시켰다가 놓아 물체가 처음으로 용수철의 원래 길이가 될 때까지 운동하는 동안, 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 (증가, 감소)하고 물체의 운동 에너지는 (증가, 감소)한다.

2. 물체가 운동하는 동안 마찰력이나 공기 저항력 등이 작용하여 물체에 일을 하면 물체의 역학적 에너지는 보존되지 않는다. (○, ×)

3. 낙하하는 물체에 공기 저항력이 작용하여 낙하하는 동안 물체의 운동 에너지가 일정한 경우, 감소한 물체의 중력 퍼텐셜 에너지만큼 물체의 역학적 에너지는 감소한다. (○, ×)

탐구자료 살펴보기 | 마찰력에 의한 물체의 역학적 에너지 감소 비교

과정

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



결과

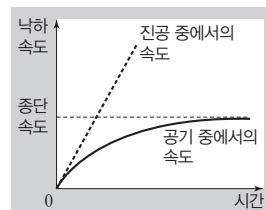
- 물체가 정지하는 데 걸린 시간은 사포 위에서 유리판 위에서보다 짧다.

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. 감소, 증가
2. ○
3. ○

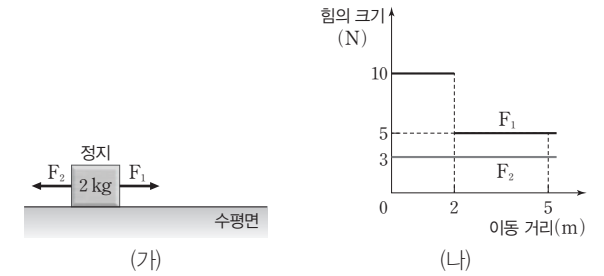
01 [23023-0067] 그림 (가)는 수평면에 놓여 정지한 물체에 수평 방향의 힘 F_1 을 가했지만 물체가 계속 정지해 있는 모습을, (나)는 (가)에서 수평 방향의 힘 F_2 를 가해 물체를 수평 방향으로 x 만큼 이동시킨 모습을 나타낸 것이다.



힘이 한 일이 0인 경우만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. F_1 이 물체에 한 일
 - ㄴ. F_2 가 물체에 한 일
 - ㄷ. 물체에 작용하는 중력이 물체에 한 일
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

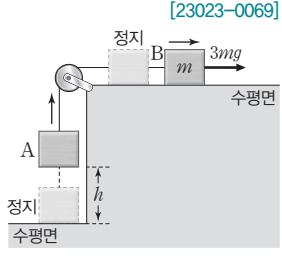
02 [23023-0068] 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에 정지해 있던 질량이 2 kg인 물체에 수평 방향으로 힘 F_1 , F_2 가 서로 반대 방향으로 작용하는 모습을, (나)는 (가)에서 물체에 작용한 힘의 크기를 물체의 이동 거리에 따라 나타낸 것이다.



물체의 이동 거리가 5 m인 순간, 물체의 속력은? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

- ① $2\sqrt{3}$ m/s ② $2\sqrt{5}$ m/s ③ $3\sqrt{5}$ m/s
 ④ $2\sqrt{6}$ m/s ⑤ $3\sqrt{6}$ m/s

03 [23023-0069] 그림과 같이 수평면에 정지해 있는 물체 A와 실로 연결되어 정지해 있는 질량이 m 인 물체 B에 수평 방향으로 크기가 $3mg$ 인 힘이 작용하여 A, B가 등가속도 운동을 한다. A의 높이가 h 일 때, 물체의 운동 에너지는 A가 B의 2배이다.

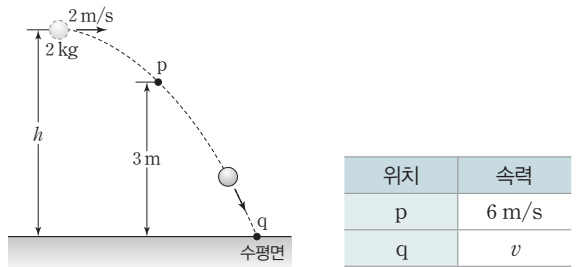


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, A, B의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. A의 질량은 $2m$ 이다.
 - ㄴ. A의 높이가 h 일 때, B의 운동 에너지는 $\frac{2}{3}mgh$ 이다.
 - ㄷ. A의 높이가 h 가 될 때까지, A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 B의 운동 에너지 증가량의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

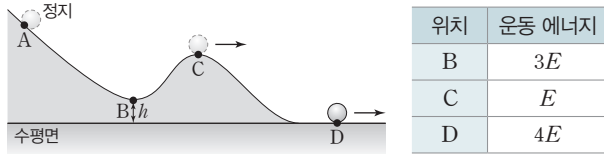
04 [23023-0070] 그림은 수평면으로부터 높이가 h 인 지점에서 수평 방향으로 2 m/s의 속력으로 던져진 질량이 2 kg인 물체가 포물선 운동을 하는 경로를 나타낸 것이다. 물체는 높이가 3 m인 점 p를 지나 수평면상의 점 q에 도달한다. 표는 p, q에서 물체의 속력을 나타낸 것이다.



h 와 v 로 옳은 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s²이고, 물체의 크기는 무시한다.)

- ① 4.2 m $4\sqrt{3}$ m/s ② 4.2 m $4\sqrt{6}$ m/s
 ③ 4.6 m $4\sqrt{3}$ m/s ④ 4.6 m $4\sqrt{6}$ m/s
 ⑤ 4.6 m $4\sqrt{10}$ m/s

05 [23023-0071] 그림과 같이 점 A에 가만히 놓은 물체가 궤도를 따라 운동하여 궤도상의 점 B, C를 통과하여 수평면상의 점 D를 지난다. B의 높이는 h 이다. 표는 B, C, D에서 물체의 운동 에너지이다.



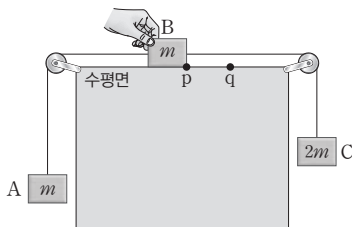
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수평면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 물체의 속력은 C에서가 D에서의 $\frac{1}{2}$ 배이다.
- ㄴ. B에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 E 이다.
- ㄷ. A의 높이는 $4h$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [23023-0072] 그림은 질량이 각각 $m, m, 2m$ 인 물체 A, B, C를 실로 연결하고, B를 점 p에 정지시킨 모습을 나타낸 것이다. B를 가만히 놓았더니 B는 등가속도 운동을 하여 점 q를 지난다.



B가 p에서 q까지 이동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C의 크기와 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. A의 역학적 에너지는 증가한다.
- ㄴ. A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 B의 운동 에너지 증가량의 2배이다.
- ㄷ. A의 역학적 에너지 증가량은 C의 역학적 에너지 감소량의 $\frac{5}{6}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 다음은 역학적 에너지 보존에 대한 실험이다. [23023-0073]

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 용수철 A에 수레를 고정한다.
- (나) A를 원래 길이로부터 4 cm, ㉠만큼 각각 압축하여 가만히 놓은 후 수레의 최대 속력을 각각 측정한다.
- (다) (가)에서 A를 용수철 B로 바꾸어 (나)를 반복한다.



[실험 결과]

용수철	수레의 최대 속력	
	4 cm만큼 압축	㉠만큼 압축
A	40 cm/s	80 cm/s
B	80 cm/s	㉡

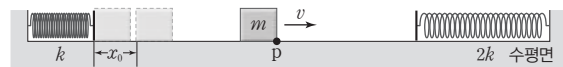
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 16 cm이다.
- ㄴ. ㉡은 120 cm/s이다.
- ㄷ. 용수철 상수는 A가 B의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [23023-0074] 그림은 마찰이 없는 수평면에서 질량이 m 인 물체로 용수철 상수가 k 인 용수철을 원래 길이로부터 x_0 만큼 압축시켰다 놓았더니 물체가 v 의 속력으로 등속도 운동을 하여 점 p를 지나는 모습을 나타낸 것이다. p를 지난 물체는 용수철 상수가 $2k$ 인 용수철을 압축시킨다.

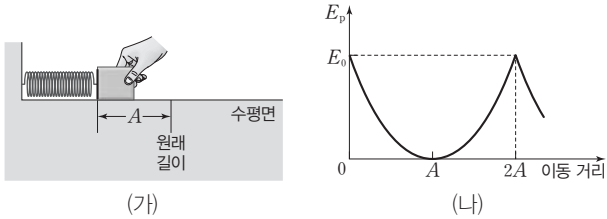


물체가 용수철 상수가 $2k$ 인 용수철을 최대로 압축시키는 길이를 x 라고 할 때, v 와 x 는? (단, 물체의 크기, 용수철의 질량은 무시한다.)

- ① $\sqrt{\frac{k}{2m}}x_0$ $\frac{1}{\sqrt{2}}x_0$ ② $\sqrt{\frac{k}{m}}x_0$ $\frac{1}{\sqrt{2}}x_0$
- ③ $\sqrt{\frac{k}{m}}x_0$ $\frac{1}{\sqrt{3}}x_0$ ④ $\sqrt{\frac{2k}{m}}x_0$ $\frac{1}{\sqrt{3}}x_0$
- ⑤ $\sqrt{\frac{2k}{m}}x_0$ $\frac{1}{2}x_0$

[23023-0075]

09 그림 (가)는 용수철에 물체를 연결하고 용수철의 원래 길이로부터 A 만큼 압축시킨 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 물체를 가만히 놓아 물체가 운동할 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지 E_p 를 물체의 이동 거리에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. 물체의 이동 거리가 A 일 때, 물체의 역학적 에너지는 E_0 이다.

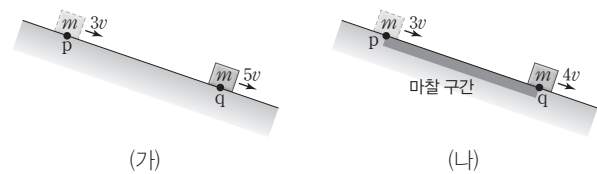
ㄴ. 용수철 상수는 $\frac{E_0}{A^2}$ 이다.

ㄷ. 물체의 이동 거리가 $\frac{A}{2}$ 일 때, 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{4}E_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0076]

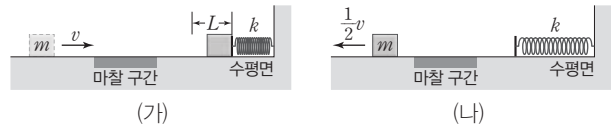
10 그림 (가)는 질량 m 인 물체가 마찰이 없는 빗면을 따라 등가속도 직선 운동을 하여 점 p 를 $3v$ 의 속력으로 지나 점 q 를 $5v$ 의 속력으로 통과하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 p 에서 q 까지가 마찰 구간일 때, 물체가 p 를 $3v$ 의 속력으로 지나 q 를 $4v$ 의 속력으로 통과하는 모습을 나타낸 것이다.



(나)에서 물체가 마찰 구간을 지나는 동안, 감소한 물체의 역학적 에너지는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

- ① $2mv^2$ ② $\frac{5}{2}mv^2$ ③ $3mv^2$ ④ $\frac{9}{2}mv^2$ ⑤ $5mv^2$

11 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 v 의 속력으로 등속도 운동을 하던 질량이 m 인 물체가 마찰 구간을 지나 용수철 상수가 k 인 용수철을 원래 길이로부터 L 만큼 압축시켰을 때 물체의 속력이 0이 된 순간의 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 용수철로부터 분리된 물체가 다시 마찰 구간을 지나 $\frac{1}{2}v$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 물체가 각각 마찰 구간을 지날 때 역학적 에너지 감소량은 같다.

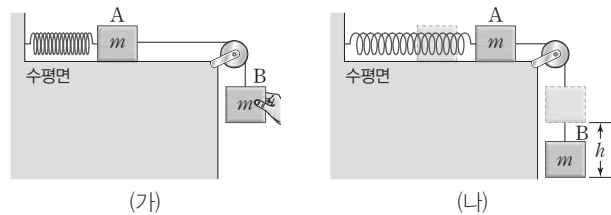


L 은? (단, 물체는 동일 직선상에서 운동하고, 용수철의 질량은 무시한다.)

- ① $v\sqrt{\frac{m}{8k}}$ ② $v\sqrt{\frac{3m}{5k}}$ ③ $v\sqrt{\frac{5m}{8k}}$ ④ $v\sqrt{\frac{m}{k}}$ ⑤ $v\sqrt{\frac{7m}{5k}}$

[23023-0078]

12 그림 (가)는 용수철에 연결된 물체 A에 실을 이용하여 물체 B를 연결한 후 용수철의 원래 길이가 유지되도록 B를 손으로 잡고 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 가만히 놓아 B가 h 만큼 이동하였을 때 B의 속력이 0이 된 순간의 모습을 나타낸 것이다. A와 B의 질량은 m 으로 같다.



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

보기

ㄱ. (나)에서 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 mgh 이다.

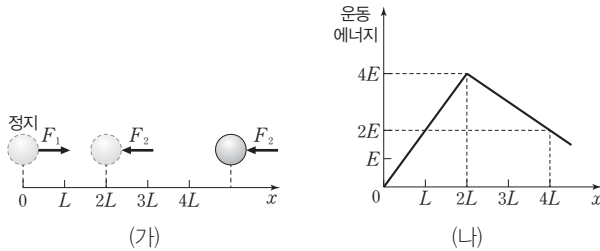
ㄴ. 용수철 상수는 $\frac{2mg}{h}$ 이다.

ㄷ. B가 h 만큼 이동하는 동안 A의 최대 속력은 $\frac{\sqrt{gh}}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 $x=0$ 에 정지해 있던 물체가 $x=0$ 에서 $x=2L$ 까지 $+x$ 방향으로 크기가 F_1 인 일정한 힘을, $x=2L$ 을 지나는 순간부터 $-x$ 방향으로 크기가 F_2 인 일정한 힘을 받아 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 물체의 운동 에너지를 물체의 위치 x 에 따라 나타낸 것이다.

[23023-0079]



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

보기

ㄱ. 물체가 $x=0$ 에서 $x=4L$ 까지 운동하는 동안 크기가 F_1 인 힘이 물체에 한 일은 크기가 F_2 인 힘이 물체에 한 일의 2배이다.

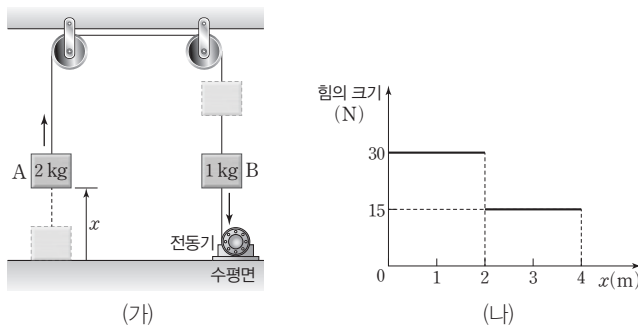
ㄴ. $\frac{F_1}{F_2}=2$ 이다.

ㄷ. 물체의 운동량의 크기는 $x=2L$ 에서가 $x=4L$ 에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림 (가)는 수평면에 놓인 물체 A와 실로 연결되어 정지해 있던 물체 B를 전동기가 연직 방향의 힘으로 당기고 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A가 이동하는 동안 전동기가 B를 당기는 힘의 크기를 A의 높이 x 에 따라 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 2 kg, 1 kg이다.

[23023-0080]



$x=4$ m일 때, A의 속력은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, A, B의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같고, 운동 에너지는 운동량의 크기의 제곱에 비례한다.

$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$

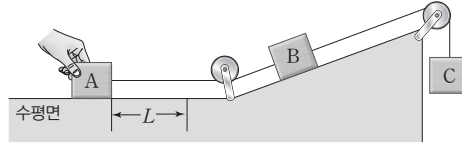
물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

역학적 에너지 보존에 따라 C의 역학적 에너지 감소량은 A와 B의 역학적 에너지 증가량의 합과 같다.

물체의 역학적 에너지 감소량은 물체를 가만히 놓는 지점에서의 물체의 역학적 에너지와 물체의 속력이 0이 된 지점에서의 물체의 역학적 에너지의 차와 같다.

[23023-0081]

03 그림은 물체 A, B, C를 실로 연결하여 A를 손으로 잡아 정지시킨 모습을 나타낸 것이다. A를 가만히 놓아 A가 등가속도 운동을 하여 L 만큼 이동하는 동안, C의 역학적 에너지 감소량은 C의 운동 에너지 증가량의 4배이다. 질량은 A가 B의 2배이며, B와 C는 질량이 같다.



A가 L 만큼 이동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C의 크기와 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

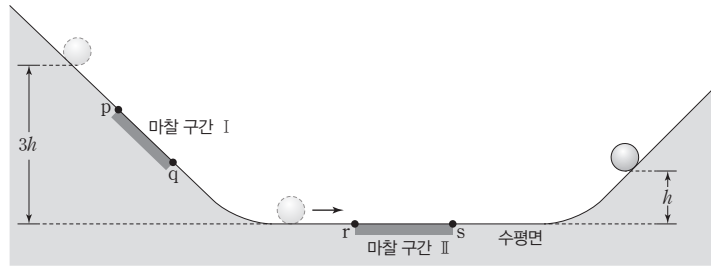
보기

- ㄱ. A의 운동 에너지 증가량은 A의 역학적 에너지 증가량과 같다.
- ㄴ. B의 운동 에너지 증가량은 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량보다 크다.
- ㄷ. C의 역학적 에너지 감소량은 A, B, C의 운동 에너지 증가량의 합과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0082]

04 그림과 같이 빗면의 높이가 $3h$ 인 지점에 물체를 가만히 놓았더니 물체가 마찰 구간 I과 II를 지나 높이가 h 인 지점에서 속력이 0이 되었다. 물체는 면을 따라 운동하고 점 p, q는 I에서의 양 끝점이며 점 r, s는 II에서의 양 끝점이다. I에서 물체는 등속도 운동을 하고, I과 II에서 물체의 역학적 에너지 감소량은 같으며, 물체의 속력은 p에서와 s에서가 같다.



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

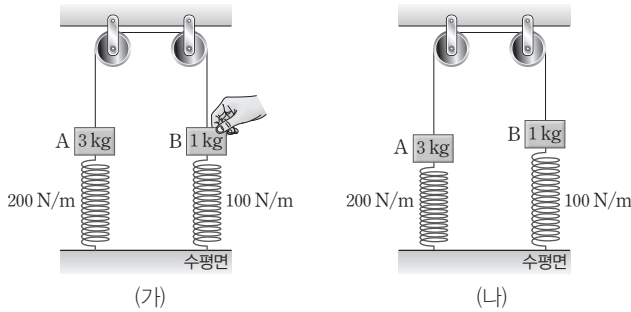
보기

- ㄱ. p와 q의 높이 차는 h 이다.
- ㄴ. q의 높이는 $\frac{3}{2}h$ 이다.
- ㄷ. 물체의 속력은 q에서가 r에서의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림 (가)는 실로 연결된 질량이 각각 3 kg, 1 kg인 물체 A, B를 용수철 상수가 각각 200 N/m, 100 N/m인 용수철에 연결하여 잡고 있는 모습을 나타낸 것이다. 두 용수철은 수평면에 연직으로 연결되어 있고, A와 연결된 용수철은 원래 길이에서 0.1 m만큼 늘어나 있으며, B와 연결된 용수철은 원래 길이를 유지하고 있다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 가만히 놓아 A, B가 연직선상에서 운동하여 B와 연결된 용수철이 원래 길이에서 0.1 m만큼 늘어난 순간의 모습을 나타낸 것이다.

[23023-0083]

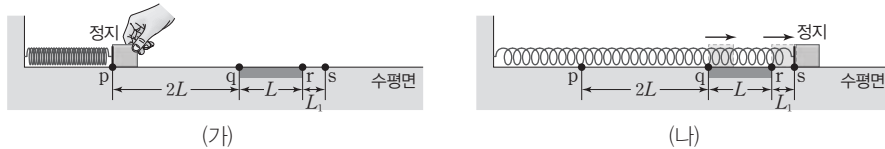


(나)에서 A의 속력은? (단, 중력 가속도는 10m/s^2 이고, 실과 용수철의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

06 그림 (가)는 수평면에서 물체와 연결된 용수철을 원래 길이에서 $2L$ 만큼 압축하여 물체를 점 p에 정지시킨 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 물체를 가만히 놓았더니 물체가 운동하여 점 q에서 점 r까지 마찰이 있는 구간을 통과하여 점 s에서 속력이 0이 된 순간의 모습을 나타낸 것이다. p와 q 사이, q와 r 사이, r와 s 사이의 거리는 각각 $2L$, L , L_1 이고, 물체의 위치가 r일 때, 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지와 물체의 운동 에너지는 같다.

[23023-0084]



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

보기

- ㄱ. 물체의 운동 에너지는 물체의 위치가 q일 때가 r일 때의 4배이다.
- ㄴ. 물체가 q에서 r까지 운동하는 동안 물체의 역학적 에너지 감소량은 물체의 위치가 p일 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 $\frac{1}{2}$ 배이다.
- ㄷ. $L_1 = (\sqrt{2} - 1)L$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

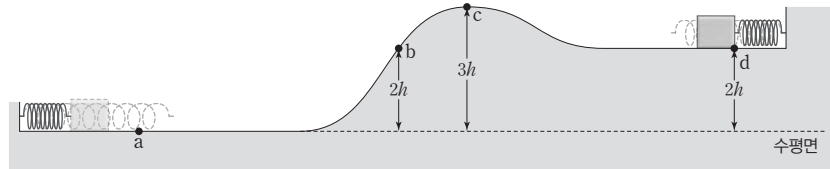
(가)에서 (나)로 변하는 동안 역학적 에너지는 일정하게 보존된다.

물체의 위치가 p일 때 역학적 에너지는 물체의 위치가 q일 때 역학적 에너지와 같고, 물체의 위치가 r일 때 역학적 에너지는 물체의 위치가 s일 때 역학적 에너지와 같다.

역학적 에너지 보존에 따라 a, b, c, d에서 역학적 에너지는 모두 같다.

역학적 에너지 보존에 따라 a, b, c, d에서 역학적 에너지는 같다. 또한, d에서 e까지 알짜 힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

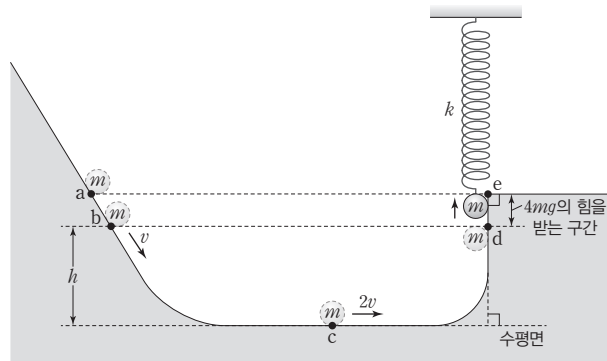
07 그림은 수평면에서 물체로 용수철을 압축시킨 후 가만히 놓았더니 물체가 점 a, b, c를 지나 평면의 점 d에서 용수철을 최대로 압축시키고 속력이 0이 된 순간의 모습을 나타낸 것이다. 물체의 위치가 a일 때와 d일 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 같고, 물체의 운동 에너지는 a에서 c에서의 2배이다. b, c, d의 높이는 각각 $2h$, $3h$, $2h$ 이다.



b, c에서 물체의 속력을 각각 v_b , v_c 라고 할 때, $v_b : v_c$ 는? (단, 물체의 크기, 용수철의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\sqrt{2} : 1$ ② $\sqrt{3} : 1$ ③ $2 : 1$ ④ $\sqrt{5} : 1$ ⑤ $\sqrt{6} : 1$

08 그림과 같이 점 a에 질량이 m 인 물체를 가만히 놓았더니 물체가 점 b, c, d, e를 통과하여 용수철 상수가 k 인 용수철을 압축시킨다. 물체는 수직 구간인 d에서 e까지 운동 방향으로 크기가 $4mg$ 인 일정한 힘을 받고 e에서부터 용수철을 압축시킨다. 물체가 용수철을 압축하여 속력이 0이 된 순간, 용수철이 원래 길이로부터 압축된 길이는 h 이다. a와 e의 높이는 같고, b와 d의 높이는 h 이며, b와 c에서 물체의 속력은 각각 v , $2v$ 이다.



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

보기

ㄱ. a와 b 사이의 높이 차는 $\frac{1}{3}h$ 이다.

ㄴ. e에서 물체의 속력은 $2v$ 이다.

ㄷ. $k = \frac{2mv^2}{h^2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1 열역학 제1법칙

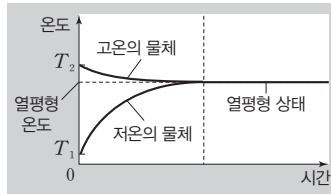
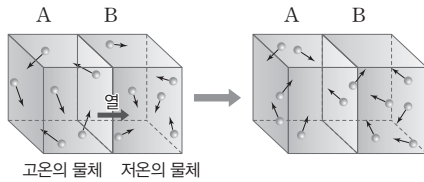
(1) 온도: 물체의 차갑고 뜨거운 정도를 수치로 나타낸 물리량이다.

- 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 열역학적 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: 온도가 다른 두 물체 사이에 열이 이동하여 온도가 같아져 더 이상 온도가 변하지 않는 상태이다.



분자 운동과 열의 이동

열의 이동과 열평형

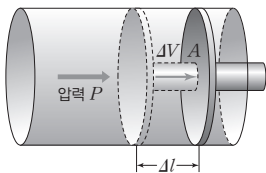
(2) 기체가 하는 일

- 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.

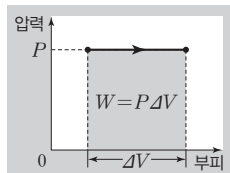
$$\text{압력} = \frac{\text{힘}}{\text{면적}}, P = \frac{F}{A} \text{ [단위: Pa(파스칼), } 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2\text{]}$$

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.



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



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. $\Rightarrow W < 0$

개념 체크

- 열평형 상태: 두 물체의 온도가 같아져 더 이상 온도가 변하지 않는 상태이다.
- 이상 기체: 분자의 부피를 무시할 수 있으며, 분자들 사이에 충돌 이외의 다른 상호 작용을 하지 않는 기체이다. 일정량의 이상 기체에 대하여 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 가 일정하게 유지된다.

1. 온도의 국제표준단위는 절대 온도의 단위인 () 을 사용한다.
2. 이상 기체 분자들의 평균 운동 에너지는 ()에 비례한다.
3. 접촉해 있는 물체들의 온도가 같아져서 더 이상 열의 이동이 없는 상태를 () 상태라고 한다.
4. 분자의 부피를 무시할 수 있으며, 분자들 사이에 충돌 이외의 다른 상호 작용을 하지 않는 기체를 ()라고 한다.
5. ()은 단위 면적에 수직으로 작용하는 힘의 크기이다.

정답

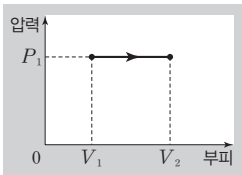
1. K(켈빈)
2. 절대 온도
3. 열평형
4. 이상 기체
5. 압력

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.

● **압력-부피 그래프와 일:** 압력-부피 그래프에서 그래프 아래의 면적은 기체가 외부에 한 일, 또는 외부로부터 받은 일과 같다.

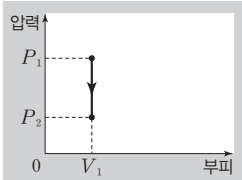
[1~2] 그림은 일정량의 이상 기체의 상태 변화를 압력과 부피로 나타낸 것이다.



1. 이상 기체의 온도가 (내려간다, 일정하다, 올라간다).

2. 이상 기체가 외부에 한 일은 ()이다.

[3~4] 그림은 일정량의 이상 기체의 상태 변화를 압력과 부피로 나타낸 것이다.



3. 이상 기체의 온도가 (내려간다, 일정하다, 올라간다).

4. 이상 기체가 외부에 한 일은 ()이다.

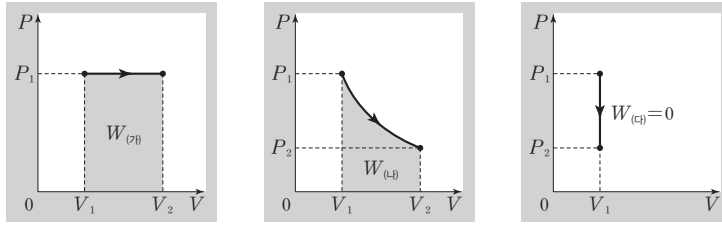
정답

1. 올라간다
2. $P_1(V_2 - V_1)$
3. 내려간다
4. 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.



과학 돋보기 | 압력(P)-부피(V) 그래프에서 기체가 한 일

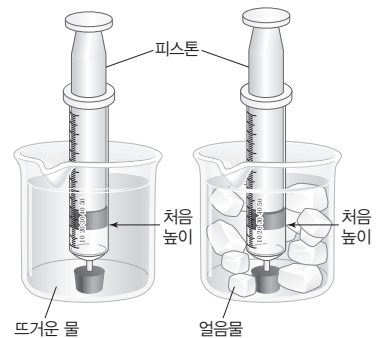


- (가) 과정: 압력이 P_1 로 일정하고 부피가 V_1 에서 V_2 로 증가한 경우, 기체가 한 일은 그래프의 아래 면적인 $W_{(가)} = P_1(V_2 - V_1)$ 이다.
- (나) 과정: 압력이 P_1 에서 P_2 로 감소하고 부피가 V_1 에서 V_2 로 증가한 경우, 기체가 한 일은 그래프의 아래 면적인 $W_{(나)}$ 이다.
- (다) 과정: 부피가 V_1 로 일정하고 압력이 P_1 에서 P_2 로 변하는 경우, 기체의 부피 변화가 없으므로 기체가 한 일은 $W_{(다)} = 0$ 이다.
- 기체가 한 일을 비교하면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



결과

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

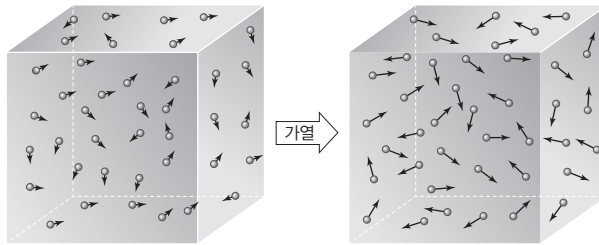
point

- 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.

(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 기체 분자 1개의 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.

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



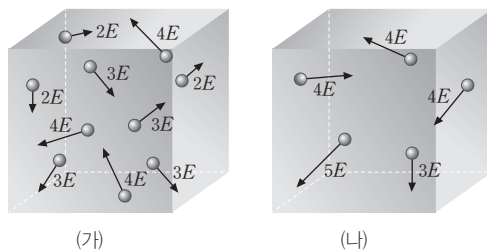
온도가 낮은 기체를 가열하여 온도가 높은 기체로 변화시키면 기체의 내부 에너지는 증가한다.

- 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 0 K일 때 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

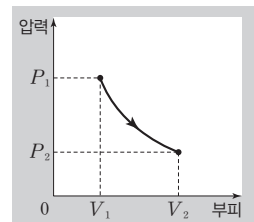
- 기체의 내부 에너지는 (가)에서 (나)에서보다 크고, 기체 분자의 평균 운동 에너지는 (나)에서 (가)에서보다 크다.
- 이상 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하므로, 절대 온도는 (나)에서 (가)에서보다 높다.

개념 체크

- **기체의 내부 에너지:** 기체 분자들이 가지는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 총합이다.
- **이상 기체의 내부 에너지:** 분자들이 충돌 이외의 상호 작용을 하지 않으므로 퍼텐셜 에너지가 0이다. 따라서 이상 기체의 내부 에너지는 분자들의 운동 에너지의 총합과 같다.
- **이상 기체의 내부 에너지와 절대 온도:** 일정량의 이상 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례한다.

1. 일정량의 이상 기체의 내부 에너지는 ()에 비례한다.

[2~3] 그림은 일정량의 이상 기체가 등온 팽창하는 것을 압력과 부피로 나타낸 것이다.



2. 이상 기체의 내부 에너지는 (감소한다, 일정하다, 증가한다).

3. 이상 기체는 (외부에, 외부로부터) 일을 (한다, 받는다).

정답

1. 절대 온도
2. 일정하다
3. 외부에, 한다

개념 체크

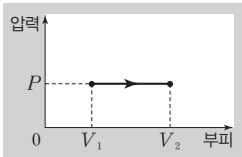
● **열역학 제1법칙:** 기체의 내부 에너지 증가량은 기체가 외부로부터 흡수한 열량에서 외부에 한 일을 뺀 값과 같다.

$$\Delta U = Q - W, Q = \Delta U + W$$

● **제1종 영구 기관:** 에너지를 공급하지 않아도 계속 작동하는 열기관으로, 열역학 제1법칙에 위배되므로 제작이 불가능하다.

1. 기체가 외부로부터 10 J의 열량을 흡수하면서 외부에 4 J의 일을 하면, 기체의 내부 에너지 증가량은 ()이다.

[2~4] 그림은 일정량의 이상 기체의 상태 변화를 압력과 부피로 나타낸 것이다.



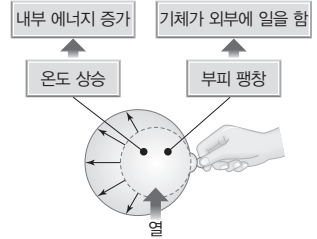
2. 이상 기체가 외부에 한 일은 0보다 () .
3. 이상 기체의 내부 에너지는 ()한다.
4. 이상 기체는 (외부에 , 외부로부터) 열을 (방출한다 , 흡수한다) .

정답

1. 6 J
2. 크다
3. 증가
4. 외부로부터, 흡수한다

(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 형태에서 다른 형태로 전환될 수 있지만 에너지의 총량은 변하지 않는다는 것을 뜻하므로 에너지 보존 법칙을 의미한다.
- 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

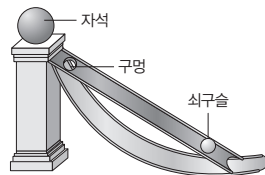
④ **제1종 영구 기관:** 외부에서 에너지를 공급받지 않아도 계속 작동하는 열기관을 제1종 영구 기관이라고 한다. 제1종 영구 기관은 열역학 제1법칙, 즉 에너지 보존 법칙에 어긋나므로 만들 수 없다.

탐구자료 살펴보기 제1종 영구 기관

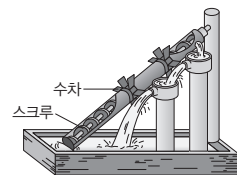
자료

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.



(가)



(나)

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.

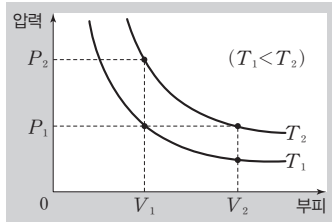
point

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

(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 기체의 내부 에너지 증가량과 기체가 외부에 한 일의 합과 같다.

$$Q = \Delta U + W$$

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

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.

$$Q = \Delta U$$

개념 체크

- **등압 팽창:** 압력이 일정한 상태로 부피가 증가하는 열역학 과정이다. 부피가 팽창하므로 외부에 일을 하며, 기체 분자의 운동이 활발해지므로 내부 에너지가 증가한다.
- **보일-샤를 법칙:** 일정량의 이상 기체에 대하여 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 가 일정하게 유지된다.

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

1. 기체가 등압 팽창을 하면 기체의 내부 에너지 증가량은 외부로부터 흡수한 열량(과 같다, 보다 작다, 보다 크다).
2. () 과정에서 기체가 외부에 한 일은 0이다.
3. 기체의 부피가 일정한 상태에서 온도가 올라가면, 기체의 내부 에너지 증가량은 외부로부터 흡수한 열량(과 같다, 보다 작다, 보다 크다).

정답

1. 보다 작다
2. 등적
3. 과 같다

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.
- **등온 팽창:** 기체의 온도가 일정하므로 내부 에너지가 일정하다. 따라서 외부에 한 일만큼 외부로부터 열을 흡수한다.

1. 이상 기체가 () 압축을 하면 외부로부터 받은 일만큼 외부로 열을 방출한다.
2. 등온 팽창을 하면 이상 기체의 압력과 부피를 곱한 값이 (증가한다, 일정하다, 감소한다).
3. 단열 팽창을 하면 이상 기체의 내부 에너지가 (증가한다, 일정하다, 감소한다).

- 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.

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.

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

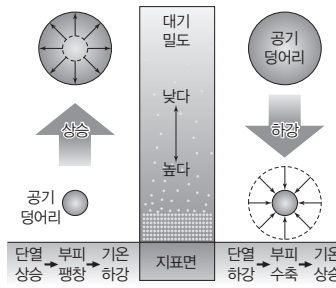
- 기체가 흡수 또는 방출한 열량이 0이므로 기체가 외부에 한 일은 기체의 내부 에너지 감소량과 같고, 기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.
$$\Delta U = -W$$
- 기체의 부피가 증가하면 기체의 온도는 내려간다($\Delta V > 0 \Rightarrow \Delta T < 0$).

정답

1. 등온
2. 일정하다
3. 감소한다

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.

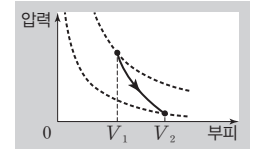
- 단열 팽창과 구름의 생성: 두터운 공기층 사이에서는 열의 이동이 느리게 일어나므로, 수증기를 포함하는 공기가 갑자기 상승하면 기압이 낮아져 공기 덩어리가 단열 팽창을 한다. 따라서 공기의 온도가 내려가고, 수증기가 응결하여 구름이 생성된다.
- 눈새바람: 우리나라의 동해로부터 불어온 공기 덩어리가 태백산맥을 넘어 서쪽으로 불면 고온 건조한 바람이 되는데, 이것을 눈새바람이라고 한다. 공기 덩어리가 산을 타고 상승할 때는 단열 팽창을 하면서 온도가 내려가고, 공기 덩어리가 산을 넘어서 내려올 때는 단열 압축을 하면서 온도가 올라간다.



개념 체크

- 단열 팽창: $Q = \Delta U + W = 0$ 에서 $\Delta U = -W$ 이다. 따라서 외부에 한 일만큼 내부 에너지가 감소한다.
- 구름 생성과 단열 팽창: 공기 덩어리가 상승하면 압력이 낮아지므로 부피가 팽창한다. 이때 공기 덩어리의 부피가 매우 크므로 단위 부피당 표면적이 매우 작아 열 출입을 무시할 수 있다. 따라서 공기 덩어리가 상승하면서 구름이 생성되는 것은 단열 팽창으로 설명할 수 있다.
- 단열 팽창과 단열 압축: 단열 팽창을 하면 외부에 한 일만큼 내부 에너지가 감소하고, 단열 압축을 하면 외부로부터 받은 일만큼 내부 에너지가 증가한다.

[1~2] 그림은 일정량의 이상 기체가 단열 팽창하는 것을 압력과 부피로 나타낸 것이다.

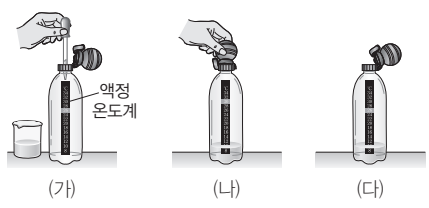


1. 이상 기체의 내부 에너지가 ()한다.
2. 이상 기체가 외부에 한 일은 0보다 ()한다.
3. 공기 덩어리가 상승하면서 구름이 생성되는 까닭은 ()으로 설명할 수 있다.

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. 감소
2. 크다
3. 단열 팽창

개념 체크

● **비가역 현상:** 한쪽 방향으로의 변화는 자발적으로 일어나지만, 반대 방향으로의 변화는 자발적으로 일어나지 않는 현상

· 열은 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 자발적으로 이동하지만, 온도가 낮은 물체에서 온도가 높은 물체로는 자발적으로 이동하지 않는다.

· 일은 100% 열로 전환될 수 있지만, 열은 100% 일로 전환될 수 없다.

● **열역학 제2법칙:** 고립계에서 자연 현상은 항상 확률이 높은 쪽으로 변화가 일어난다.

1. 단진자 운동은 () 현상이다.
2. 진자가 공기 저항을 받아 진폭이 점점 감소하는 현상은 () 현상이다.
3. 온도가 낮은 물체에서 온도가 높은 물체로 열이 자발적으로 이동하지 않는 까닭은 열역학 제() 법칙으로 설명할 수 있다.

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

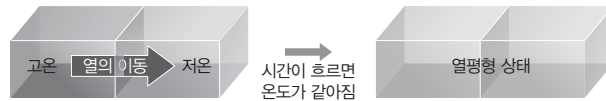
② **비가역 현상:** 어떤 현상이 한쪽 방향으로만 저절로(자발적으로) 일어나지만, 그 반대 방향으로 저절로 일어나지 않는 현상이다. 가역 현상은 마찰이나 공기 저항이 없는 매우 이상적인 상황에서만 가능하기 때문에 자연 현상은 대부분 한쪽 방향으로만 일어나는 비가역 현상이다.

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



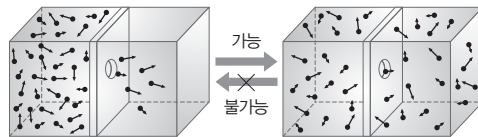
(2) 열역학 제2법칙

- 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.



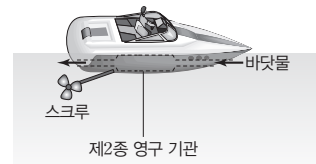
⑤ 고립계에서 자발적으로 일어나는 자연 현상은 항상 확률이 높은 방향으로 진행된다.

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 움직이는 '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 바닷물에서 고온의 엔진으로 열은 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 열만으로 엔진을 작동시키는 선박은 만들 수 없다.



정답

1. 가역
2. 비가역
3. 2

3 열기관과 열효율

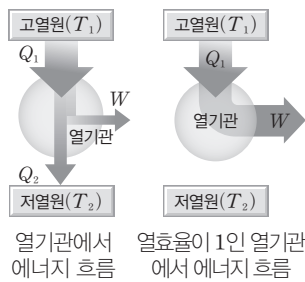
(1) **열기관**: 반복되는 순환 과정을 거쳐 열을 일로 바꾸는 장치이다.

(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, 스팀링 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 ($\Delta U=0$).

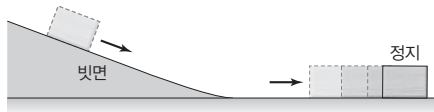


- ② **열기관의 열효율(e)**: 열기관의 열효율은 고온의 열원에서 흡수한 열량 Q_1 에 대하여 외부에 한 일 W 의 비로 정의한다.
 - ➔ 열효율을 높이려면 일반적으로 고온부의 온도(T_1)는 높게, 저온부의 온도(T_2)는 낮게 해야 한다.

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

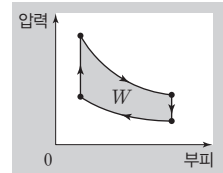
- ③ **열효율이 1(100%)인 열기관($Q_2=0$)은 만들 수 없다**: 열역학 제2법칙에 의하면 열기관이 일을 하는 과정에서 열은 주변에 존재하는 더 낮은 온도의 계로 저절로 흘러가 버리기 때문이다.

- 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.



개념 체크

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

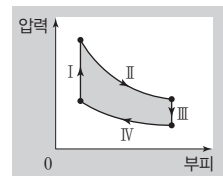


● **열기관**: 고열원과 저열원 사이의 온도 차를 이용해 열을 일로 전환하는 장치이다.
 ● **열효율**: 고열원에서 Q_1 의 열량을 흡수하여 W 만큼 일을 하고 저열원으로 Q_2 의 열량을 방출하는 열기관의 열효율 e 는 다음과 같다.

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

- 1. ()은 열을 일로 전환하는 장치이다.

[2~3] 그림은 이상 기체로 작동하는 열기관이 한 번 순환하는 동안 열기관 내부의 상태를 압력과 부피로 나타낸 것이다. 과정 I, III에서는 부피가 일정하고, 과정 II, IV에서는 온도가 일정하다.



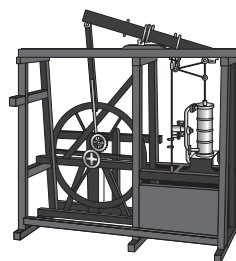
- 2. 열을 흡수하는 과정은 (I , II , III , IV)이다.
- 3. 열기관이 한 번 순환하는 동안 외부에 하는 일은 그래프 내부의 ()과 같다.

정답

- 1. 열기관 2. I, II
- 3. 면적

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 퍼내는 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.



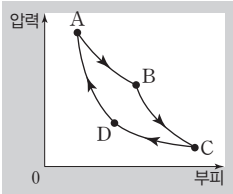
개념 체크

● 카르노 기관: 열역학 제2법칙을 적용하여 알아낸 최대의 열효율을 가질 수 있는 열기관이다. 고열원과 저열원의 온도가 각각 T_1 , T_2 일 때, 카르노 기관의 열효율 e_k 는 다음과 같다.

$$e_k = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

1. 고열원과 저열원의 온도가 각각 T_1 , T_2 일 때, 열기관의 열효율은 반드시 $1 - \frac{T_2}{T_1}$ 보다 (작거나, 크거나) 같다.

[2~3] 그림은 이상 기체로 작동하는 카르노 기관이 한 번 순환하는 동안 이상 기체의 상태를 압력과 부피로 나타낸 것이다. A → B와 C → D는 등온 과정이고, B → C와 D → A는 단열 과정이다.



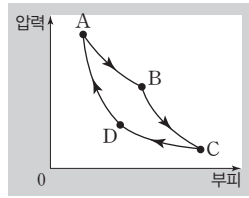
- A → B 과정에서는 열을 ()하고, C → D 과정에서는 열을 ()한다.
- B일 때 온도는 C일 때 온도보다 (높다, 낮다).

정답

- 작거나
- 흡수, 방출
- 높다

(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_k)은 다음과 같다.

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

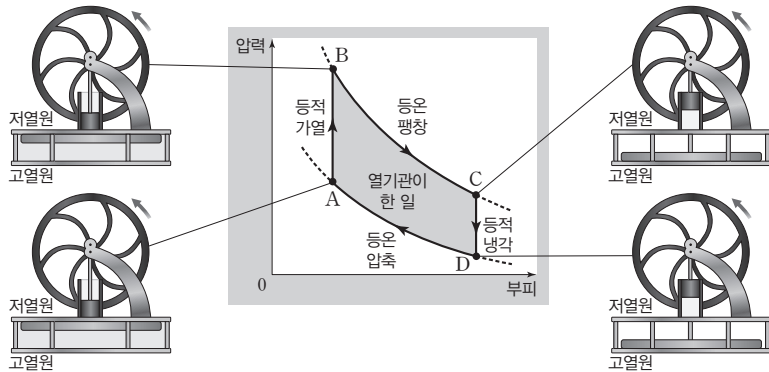
(5) 실제 열기관의 열효율

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

탐구자료 살펴보기 스텔링 엔진

자료

그림은 스텔링 엔진의 작동 과정을 나타낸 것이다.



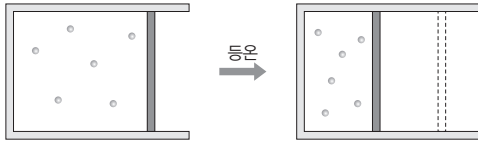
분석

- 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.

01 [23023-0087] 그림과 같이 실린더에 일정량의 이상 기체를 넣고, 온도를 일정하게 유지하면서 부피를 $\frac{1}{2}$ 배로 감소시킨다.

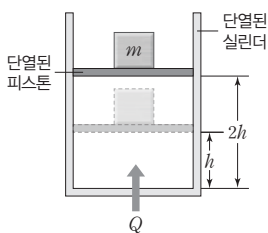


이상 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 외부로부터 일을 받는다.
 - ㄴ. 내부 에너지가 감소한다.
 - ㄷ. 외부에 열을 방출한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 [23023-0088] 그림과 같이 실린더에 일정량의 이상 기체를 넣고 피스톤 위에 질량이 m 인 물체를 올려놓은 후, 열량 Q 를 서서히 공급하였더니 실린더 바닥과 피스톤 사이의 높이가 h 에서 $2h$ 로 증가하였다. 실린더와 피스톤은 단열되어 있다.

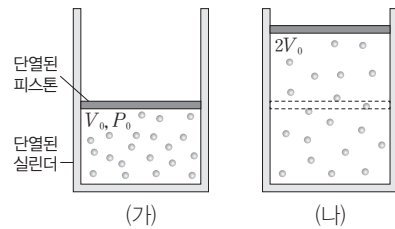


이상 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 대기압은 일정하고 중력 가속도는 g 이며, 피스톤의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. 압력이 증가한다.
 - ㄴ. 외부에 한 일은 mgh 이다.
 - ㄷ. 내부 에너지 증가량은 Q 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 [23023-0089] 그림 (가)는 단열된 실린더에 일정량의 이상 기체가 들어 있는 것을 나타낸 것이다. 이상 기체의 부피는 V_0 이고 압력은 P_0 이다. 그림 (나)는 (가)의 상태에서 이상 기체의 부피가 $2V_0$ 이 되도록 단열 팽창시킨 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (나)에서 이상 기체의 압력은 $0.5P_0$ 이다.
 - ㄴ. (가) → (나) 과정에서 이상 기체는 외부에 일을 한다.
 - ㄷ. 이상 기체의 내부 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

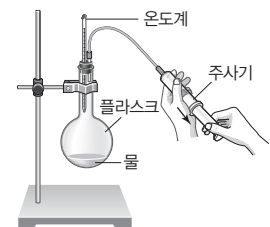
04 [23023-0090] 다음은 구름이 만들어지는 원리를 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

그림과 같이 장치하고 ㉠주사기의 피스톤을 손으로 빠르게 당긴다.

[실험 결과]

㉡플라스크 내부가 뿌옇게 흐려졌다.



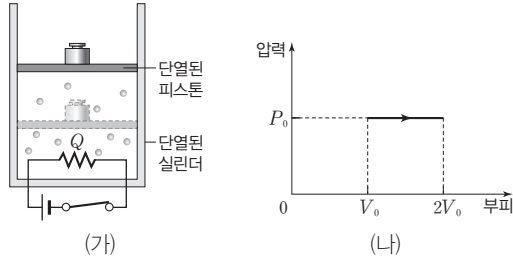
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠에 의해 플라스크 내부 공기의 압력이 감소한다.
 - ㄴ. ㉠에서 플라스크 내부 공기는 외부에 일을 하지 않는다.
 - ㄷ. ㉡은 플라스크 내부 공기의 온도가 올라가기 때문에 나타나는 현상이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0091]

05 그림 (가)는 일정량의 이상 기체에 열량 Q 를 서서히 공급하는 것을, (나)는 (가)에서 이상 기체의 상태 변화를 압력과 부피로 나타낸 것이다.

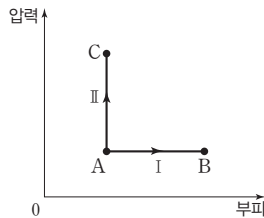


부피가 V_0 에서 $2V_0$ 까지 증가하는 동안, 이상 기체의 내부 에너지 변화량은? (단, 실린더와 피스톤 사이의 마찰은 무시한다.)

- ① Q ② P_0V_0 ③ $Q + P_0V$
- ④ $Q - P_0V_0$ ⑤ $Q - 2P_0V_0$

[23023-0092]

06 그림은 일정량의 이상 기체의 상태를 A에서 각각 B, C로 변화시키는 과정 I, II를 압력과 부피로 나타낸 것이다. I에서는 압력이, II에서는 부피가 일정하며, I, II에서 이상 기체가 흡수한 열량은 Q 로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

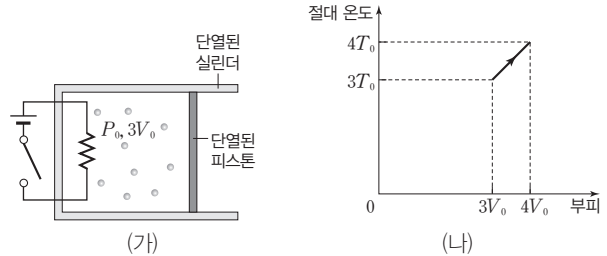
보기

- ㄱ. B와 C에서 이상 기체의 온도는 같다.
- ㄴ. II에서 이상 기체의 내부 에너지 증가량은 Q 이다.
- ㄷ. 이상 기체가 외부에 한 일은 I에서가 II에서보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0093]

07 그림 (가)와 같이 단열된 실린더 속에 압력이 P_0 이고 부피가 $3V_0$ 인 일정량의 이상 기체가 들어 있다. 그림 (나)는 (가)의 상태에서 스위치를 닫아 이상 기체의 상태를 화살표 방향으로 변화시키는 것을 절대 온도와 부피로 나타낸 것이다.



이상 기체의 절대 온도가 $3T_0$ 에서 $4T_0$ 으로 올라가는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

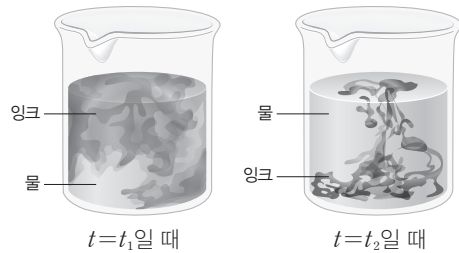
보기

- ㄱ. 이상 기체의 압력이 증가한다.
- ㄴ. 이상 기체가 외부에 한 일은 P_0V_0 이다.
- ㄷ. 이상 기체의 내부 에너지는 $\frac{4}{3}$ 배로 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0094]

08 그림은 물에 잉크 방울을 떨어뜨리고 경과한 시간 t 가 각각 $t=t_1$, $t=t_2$ 일 때의 모습을 나타낸 것이다.



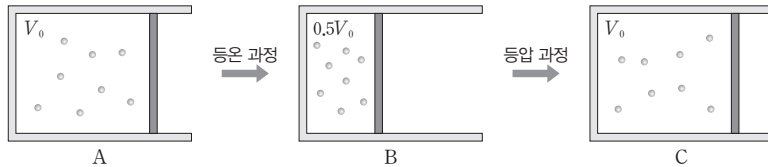
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $t_2 > t_1$ 이다.
- ㄴ. 무질서도는 $t=t_1$ 일 때가 $t=t_2$ 일 때보다 크다.
- ㄷ. 변화가 일어나는 방향은 열역학 제1법칙으로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01 [23023-0095] 그림은 실린더에 들어 있는 일정량의 이상 기체의 상태를 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 로 변화시키는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 부피는 각각 $V_0, 0.5V_0, V_0$ 이고, $A \rightarrow B$ 과정은 등온 과정, $B \rightarrow C$ 과정은 등압 과정이다.



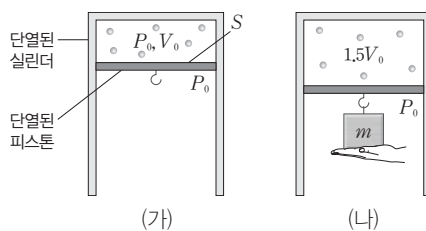
이상 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $A \rightarrow B$ 과정에서 내부 에너지가 감소한다.
- ㄴ. 절대 온도는 C일 때가 A일 때의 2배이다.
- ㄷ. $B \rightarrow C$ 과정에서 흡수한 열량이 $A \rightarrow B$ 과정에서 방출한 열량보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 [23023-0096] 그림 (가)와 같이 단열된 실린더 내부에 압력이 P_0 이고 부피가 V_0 인 일정량의 이상 기체가 들어 있다. 피스톤의 단면적은 S 이고, 실린더 외부 기압은 P_0 으로 일정하다. 그림 (나)는 (가)의 피스톤 고리에 질량이 m 인 물체를 매달고 손으로 받치면서 서서히 내려 손이 물체를 받치는 힘이 0일 때, 이상 기체의 부피가 $1.5V_0$ 인 상태로 피스톤이 정지해 있는 것을 나타낸 것이다.



이상 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 피스톤과 고리의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

- ㄱ. (나)에서 압력은 $P_0 - \frac{mg}{S}$ 이다.
- ㄴ. (가) \rightarrow (나) 과정에서 외부에 일을 한다.
- ㄷ. (가) \rightarrow (나) 과정에서 감소한 내부 에너지는 $\frac{1}{2}P_0V_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이상 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례하며, 일정량의 이상 기체의 상태가 변하여도 $\text{압력} \times \text{부피}$ 는 변하지 않고 절대 온도는 일정하다.

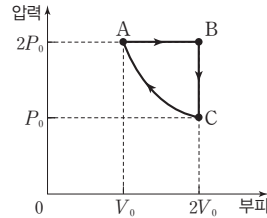
(가) \rightarrow (나) 과정은 실린더와 피스톤이 단열된 상태로 팽창하는 과정이다. 이상 기체의 부피가 팽창하면 기체는 외부에 일을 한다.

등압 과정은 기체의 압력이 일정하게 유지되면서 기체의 부피와 온도가 변하는 과정이고, 등적 과정은 기체의 부피가 일정하게 유지되면서 기체의 압력과 온도가 변하는 과정이며, 등온 과정은 기체의 온도가 일정하게 유지되면서 기체의 부피와 압력이 변하는 과정이다.

(가)의 I은 단열 팽창 과정으로 외부에 한 일만큼 기체의 내부 에너지가 감소하고, (나)의 II는 등온 팽창 과정으로 내부 에너지는 변하지 않는다.

[23023-0097]

03 그림은 일정량의 이상 기체의 상태가 A → B → C → A로 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → B 과정은 등압 과정, B → C 과정은 등적 과정, C → A 과정은 등온 과정이다.



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

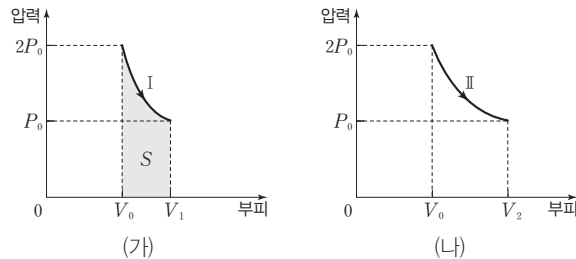
보기

- ㄱ. A → B 과정에서 외부에 한 일은 $2P_0V_0$ 이다.
- ㄴ. C → A 과정에서 외부로부터 열을 흡수한다.
- ㄷ. A → B 과정에서 증가한 내부 에너지는 B → C 과정에서 감소한 내부 에너지보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0098]

04 그림 (가), (나)는 압력이 $2P_0$ 이고 부피가 V_0 인 일정량의 이상 기체의 상태가 압력이 P_0 인 상태로 변하는 단열 과정 I과 등온 과정 II를 압력과 부피로 나타낸 것이다. I에서 그래프가 부피 축과 이루는 면적은 S이다.



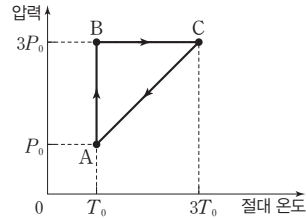
이상 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. I에서 온도가 내려간다.
- ㄴ. I에서 외부에 한 일은 S이다.
- ㄷ. II에서 흡수한 열량은 I에서 감소한 내부 에너지보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 일정량의 이상 기체의 상태가 A → B → C → A를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 절대 온도를 나타낸 것이다. A에서 기체의 부피는 V_0 이다.



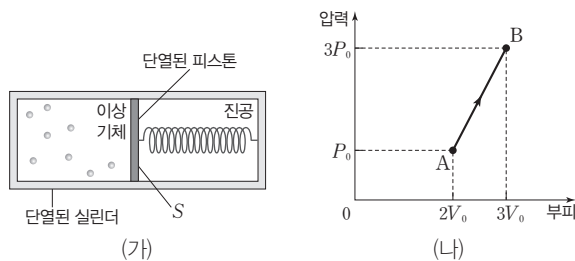
이상 기체에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 부피는 C에서가 A에서보다 크다.
- ㄴ. 내부 에너지는 B에서가 A에서보다 크다.
- ㄷ. A → B 과정에서 외부로부터 받은 일은 $\frac{4}{3}P_0V_0$ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림 (가)와 같이 단열된 피스톤으로 분리된 단열된 실린더의 한쪽에는 이상 기체가 들어 있고, 진공인 다른 쪽에는 실린더와 피스톤 사이에 용수철이 끼워져 정지해 있다. 피스톤의 단면적은 S 이다. 그림 (나)는 (가)의 이상 기체에 서서히 열을 가할 때, 이상 기체의 상태가 A에서 B로 변하는 것을 압력과 부피로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, B에서 피스톤은 정지해 있고, 실린더와 피스톤 사이의 마찰, 피스톤의 질량은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 용수철 상수는 $\frac{4P_0S^2}{V_0}$ 이다.
- ㄴ. 이상 기체가 외부에 한 일은 $2P_0V_0$ 이다.
- ㄷ. A → B 과정에서 탄성 퍼텐셜 에너지 증가량은 P_0V_0 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

일정량의 이상 기체는

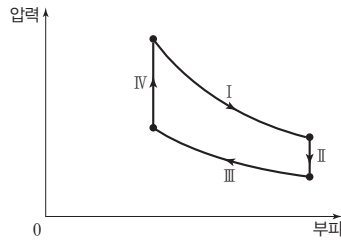
압력 × 부피가 일정하게 유지
절대 온도가 일정하면
되므로 절대 온도가 일정하면
기체의 부피는 압력에 반비례
하고, 압력이 일정하면 기체의
부피는 절대 온도에 비례한다.

이상 기체가 외부에 한 일은
압력 - 부피 그래프 아래의 면
적과 같다.

열기관은 한 번 순환하는 동안 고열원으로부터 열을 흡수하여 일을 하고 저열원으로 열을 방출한다.

열기관이 한 번 순환하는 동안 외부에 한 일은 압력-부피 그래프 내부의 면적과 같고, 열기관의 열효율은 외부에 한 일 흡수한 열이다.

07 그림은 이상 기체로 작동하는 열기관이 한 번 순환하는 동안 이상 기체의 상태 변화를 압력과 부피로 나타낸 것이다. 표는 과정 I, II, III, IV에서 이상 기체가 외부에 한 일 W 의 크기와 내부 에너지 변화량 ΔU 의 크기를 나타낸 것이다.



과정	I	II	III	IV
W 의 크기	$4E_0$	0	$2E_0$	0
ΔU 의 크기	0	$3E_0$	0	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, I, III은 등온 과정이다.)

보기

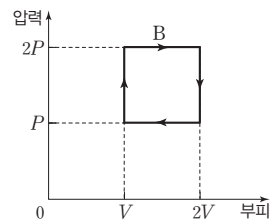
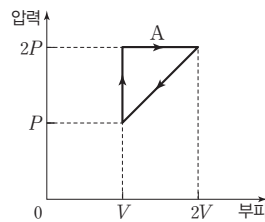
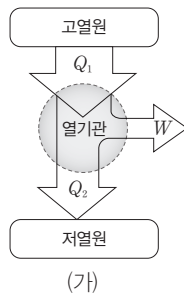
ㄱ. ㉠은 $3E_0$ 이다.

ㄴ. 이상 기체의 절대 온도는 I에서가 III에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

ㄷ. 열기관의 열효율은 $\frac{2}{7}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림 (가)는 한 번 순환하는 동안 고열원으로부터 열량 Q_1 을 흡수하여 W 의 일을 하고 저열원으로 열량 Q_2 를 방출하는 열기관을, (나)는 같은 양의 동일한 이상 기체로 작동하는 열기관 A, B 내부의 압력을 부피에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. Q_1 은 A에서가 B에서보다 크다.

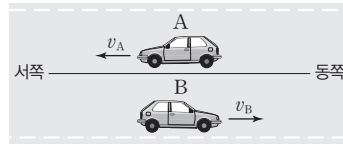
ㄴ. Q_2 는 B에서가 A에서보다 크다.

ㄷ. 열효율은 B가 A의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

1 특수 상대성 이론

(1) **고전 역학에서의 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.

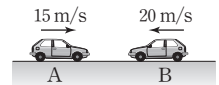
$$v_{AB} = v_B - v_A \quad (\text{단, } v_A, v_B \text{는 빛의 속도 } c \text{보다 매우 작음})$$

- 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.

개념 체크

● **관성 좌표계**: 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙)이 성립하는 좌표계이다. 관성 좌표계에서는 모든 방향으로 빛이 휘지 않으며, 어떤 관성 좌표계에 대해 등속도 운동을 하는 좌표계는 모두 관성 좌표계이다.

1. 관성 법칙이 성립하는 좌표계를 ()라고 한다.
2. 그림과 같이 직선 도로에 대하여 15 m/s의 속력으로 운동하는 자동차 A의 관성계에서 도로에 대하여 반대 방향으로 20 m/s의 속력으로 운동하는 자동차 B의 속력을 측정하면 ()이다.

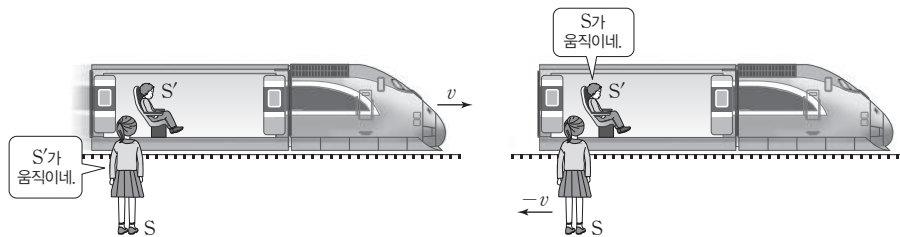


과학 돋보기 | 상대 속도

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'가 v 의 속도로 운동한다고 생각한다.

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

정답

1. 관성 좌표계
2. 35 m/s

개념 체크

● **마이컬슨·몰리 실험:** 진공에서 빛의 속력 c 를 '에테르'라는 매질에 대한 속력으로 가정하고, '에테르'의 존재를 증명하려던 실험이다. 결과적으로 에테르의 존재를 증명하지 못하였다.

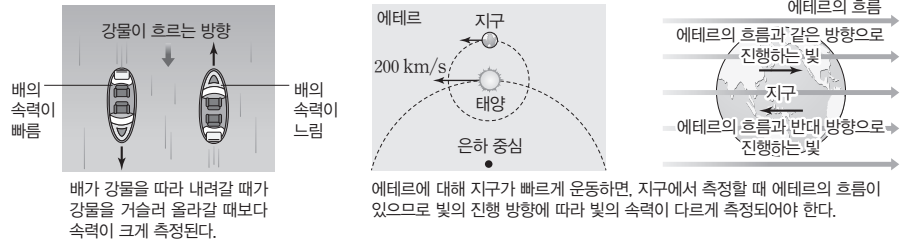
● **상대성 원리:** 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

1. 마이컬슨과 몰리는 실험을 통해 에테르의 존재를 입증하였다. (○, ×)

2. 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립하는데, 이를 ()라고 한다.

(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.

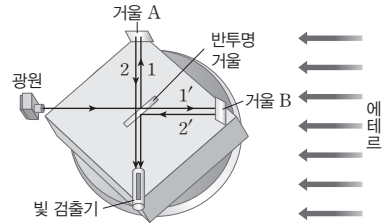


② 마이컬슨·몰리 실험: 빛의 매질인 에테르가 움직이면 빛의 속력 차가 나는 것을 이용하여 에테르의 존재를 증명하고자 하였으나, 에테르의 존재를 증명하지 못하였다.

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 투과하여 빛 검출기로 향하고, 나머지 50%는 반투명 거울을 투과하여 경로 1'를 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

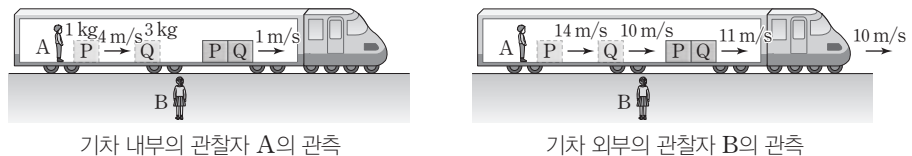
• 1 → A → 2 → 빛 검출기 경로의 빛과 1' → B → 2' → 빛 검출기 경로의 빛이 빛 검출기에 동시에 도달한다.

point

• 두 경로에서 빛의 속력 차가 측정되지 않아 에테르의 존재를 증명하지 못하였으며, 이후 모든 관성계에서 진공 속의 진행하는 빛의 속력이 같다는 '광속 불변 원리'의 실험적 증거가 되었다.

(4) 특수 상대성 이론의 두 가지 가정

① 상대성 원리: 모든 관성계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다.



- 기차 내부의 관찰자 A가 관측할 때: 물체 P가 4 m/s의 속력으로 정지해 있던 물체 Q에 정면으로 충돌한 후, P, Q가 한 덩어리가 되어 1 m/s의 속력으로 운동한다.
- 기차 외부의 관찰자 B가 관측할 때: 기차가 10 m/s의 속력으로 운동하고 있으므로, 물체 P, Q가 각각 14 m/s, 10 m/s의 속력으로 운동하다가 정면으로 충돌한 후 한 덩어리가 되어 11 m/s의 속력으로 운동한다.

정답

- 1. ×
- 2. 상대성 원리

- A, B의 측정값은 서로 다르지만, 두 경우 모두 운동량이 보존된다. 이와 같이 서로 다른 관성계에서 측정한 각각의 물리량은 서로 다를 수 있지만, 이들 사이의 관계인 물리 법칙은 동일하게 성립한다.

개념 체크

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

탐구자료 살펴보기 빛의 속력에 대한 사고 실험

자료

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



- (1) 거울을 통해서 A는 자신의 모습을 볼 수 있는가?
- (2) B에 대한 A의 속도의 크기는 얼마인가?
- (3) 거울을 통해서 B는 자신의 모습을 볼 수 있는가?

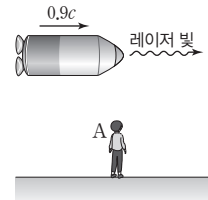
분석

- ① 거울을 통해서 A는 자신의 모습을 볼 수 있다. 정지해 있는 A의 얼굴에서 출발한 빛이 거울에 반사되어 눈으로 들어오기 때문이다.
- ② 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.
- ③ 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.

[1~3] 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대해 $0.9c$ 의 속력으로 직선 운동을 하는 우주선에서 운동 방향으로 레이저 빛을 발사하였다. (단, c 는 빛의 속력이다.)



1. 우주선을 기준으로 하는 좌표계는 관성 좌표계이다. (○, ×)
2. A의 관성계에서 측정할 때, 레이저 빛의 속력은 ()이다.
3. 우주선의 관성계에서 측정할 때, 레이저 빛의 속력은 ()이다.
4. 모든 관성계에서 빛의 속력은 같은데, 이를 ()라고 한다.

- ② 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.

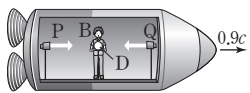
정답

1. ○
2. c
3. c
4. 광속 불변 원리

개념 체크

- **동시성의 상대성:** 한 관성계의 서로 다른 위치에서 동시에 발생한 두 사건을 다른 관성계에서 측정하면, 두 사건이 동시에 발생한 사건이 아닐 수 있다.
- 한 관성계에서 측정할 때 두 사건이 같은 장소에서 동시에 발생했다면, 어떤 관성계에서 측정해도 두 사건은 같은 장소에서 동시에 발생한 사건이다.

[1~3] 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대하여 $0.9c$ 의 속력으로 직선 운동을 하는 우주선 내부에 관찰자 B가 정지해 있다. B의 관성계에서 측정할 때, 광원 P, Q에서 동시에 방출된 빛이 검출기 D에 동시에 도달했다. (단, c 는 빛의 속력이다.)



1. A의 관성계에서 측정할 때, P에서 Q에서보다 빛이 () 방출되었다.
2. A의 관성계에서 측정할 때, P, Q에서 방출된 빛은 D에 () 도달했다.
3. A의 관성계에서 측정할 때, D에 도달할 때까지 이동한 거리는 P에서 방출된 빛이 Q에서 방출된 빛보다 () .

정답

1. 먼저
2. 동시에
3. 크다

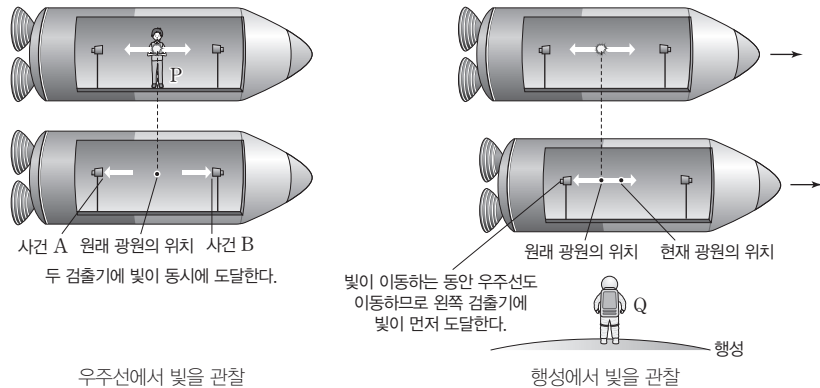
(5) 특수 상대성 이론에 의한 현상

- 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 관측한다. 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.

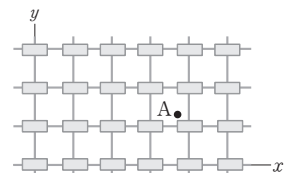
point

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



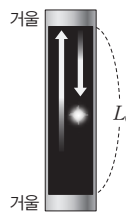
과학 돋보기 | 사건의 측정

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.



(6) 시간 팽창(시간 지연): 임의의 관성계 S에서 측정할 때, S에 대하여 빠르게 운동하는 관성계일수록 시간이 느리게 흐른다. 이것을 시간 팽창(시간 지연)이라고 한다.

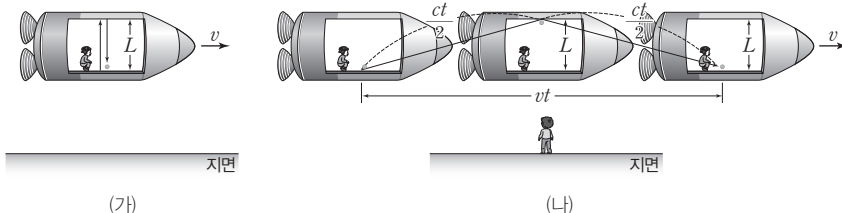
- ① **고유 시간:** 한 장소에서 두 사건이 일어났을 때 일어난 장소에 대해 정지해 있는 관찰자가 측정한 두 사건 사이의 시간 간격을 고유 시간이라고 한다. 두 사건 사이의 시간 간격을 측정할 때, 고유 시간이 가장 짧다.
- ② **빛 시계:** 빛 시계는 거리가 L_0 만큼 떨어진 양쪽의 거울 사이를 빛이 왕복하는 주기를 이용하여 시간을 측정한다.



탐구자료 살펴보기 **시간 팽창에 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 거울에서 반사한 뒤 되돌아오게 한다. 빛이 바닥에서 출발하여 다시 바닥으로 되돌아오는데 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)의 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 팽창(시간 지연)이라고 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.

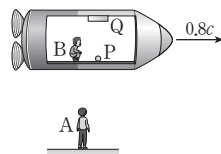
개념 체크

- **고유 시간:** 어떤 관성계에서 측정할 때 두 사건이 같은 위치에서 발생했다면, 그 관성계에서 측정한 두 사건의 시간 차가 고유 시간이다.
- **시간 팽창:** 두 사건의 고유 시간이 t_0 이면 임의의 관성계에서 측정한 시간 t 는 다음과 같다.

$$t = \gamma t_0 \left(\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right)$$

- $\gamma \geq 1$ 이므로 $t \geq t_0$ 이다. 따라서 두 사건 사이의 시간은 고유 시간이 가장 짧다.
- 어떤 관성계의 관찰자가 측정할 때, 빠르게 운동하는 물체의 시간은 느리게 간다.

[1~3] 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대해 $0.8c$ 의 속력으로 직선 운동을 하는 우주선 내부에 관찰자 B가 정지해 있다. B의 관성계에서 측정할 때, 광원 P에서 방출된 빛이 거울 Q에 반사한 후 다시 P에 되돌아올 때까지 걸린 시간이 t 이다. (단, c 는 빛의 속력이다.)



- 1. 빛이 P에서 P까지 왕복하는 데 걸린 고유 시간은 ()이다.
- 2. A의 관성계에서 측정할 때, P에서 방출된 빛이 다시 P에 도달할 때까지 걸린 시간은 t 보다 ()이다.
- 3. B의 관성계에서 측정할 때, B의 시간은 A의 시간보다 ()간다.

정답

- 1. t 2. 같다
- 3. 빠르게

개념 체크

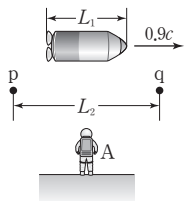
● **고유 길이:** 어떤 관성계에서 측정할 때 두 점이 정지해 있으면, 그 좌표계에서 측정한 두 점 사이의 길이가 고유 길이이다.

● **길이 수축:** 두 지점 사이의 고유 길이가 L_0 이면, 임의의 관성계에서 측정한 두 지점 사이의 길이는 L 은 다음과 같다.

$$L = \frac{L_0}{\gamma} \left(\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right)$$

- $\gamma \geq 1$ 이므로 $L \leq L_0$ 이다. 따라서 두 지점 사이의 길이는 고유 길이가 가장 길다.
- 어떤 관성계의 관찰자가 측정할 때, 물체의 속력이 빠를수록 길이가 짧다.

[1~3] 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대하여 $0.9c$ 의 속력으로 우주선이 등속도 운동을 하고 있다. A의 관성계에서 측정한 우주선의 길이는 L_1 이고, A에 대하여 고정된 점 p, q 사이의 거리는 L_2 이다. (단, c 는 빛의 속력이다.)

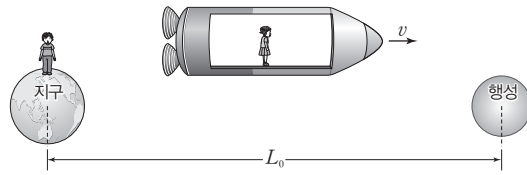


1. 우주선의 고유 길이는 L_1 ()이다. 보다 짧다, 보다 길다.
2. p와 q 사이의 고유 길이는 ()이다.
3. 우주선의 관성계에서 측정할 때, p와 q 사이의 길이는 L_2 보다 ()이다.

정답

1. 보다 길다
2. L_2
3. 짧다

② 지구에 정지해 있는 관찰자에 대해 일정한 속도 v 로 행성을 향해 운동하는 우주선이 있다.



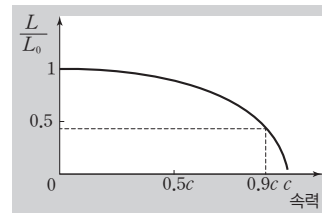
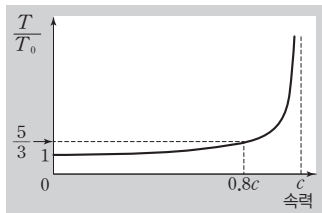
- 지구에 있는 관찰자 입장: 지구에 정지해 있는 관찰자가 지구에서 지구에 대해 정지해 있는 행성까지 측정한 거리를 L_0 이라고 하면, 이 거리가 고유 길이이다. 지구에 있는 관찰자에 대해 속도 v 로 운동하는 우주선이 지구에서 행성까지 가는 데 걸리는 시간 $t = \frac{L_0}{v}$ 이다.
- 우주선에 있는 관찰자 입장: 우주선에 있는 관찰자가 지구에서 행성까지 측정한 거리를 L 이라고 하면, 지구와 행성이 자신에 대해 속도 v 로 운동하므로 지구와 행성이 자신을 지나가는 데 걸리는 시간 $t_0 = \frac{L}{v}$ 이 된다. 이 시간이 고유 시간이다. 따라서 시간 팽창에 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

- ① 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($t_0 < t$).
- ② 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 팽창과 길이 수축

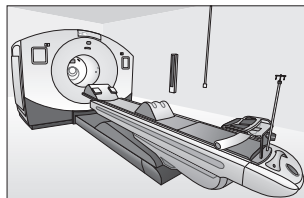


- 고유 시간 T_0 에 대한 팽창된 시간 T 의 값(시간 팽창 효과)은 관찰 대상의 상대적 속력이 클수록 크게 나타난다.
 - ➔ 빛의 속력에 가깝게 빠르게 등속도 운동을 하는 시계가 느리게 등속도 운동을 하는 시계에 비해 시간 팽창 효과가 더 크게 나타난다.
- L_0 은 고유 길이, L 은 수축된 길이이다.
 - ➔ 길이 수축 효과는 관찰 대상의 상대적 속력이 클수록 크게 나타난다.

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 에너지도 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 핵발전소에서처럼 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 양(+)-전하를 띠는 양전자와 전자가 만나면 함께 소멸하며 그 질량이 모두 에너지로 변환되어 한 쌍의 감마(γ)선을 생성한다.



개념 체크

● 질량 에너지 동등성: 질량과 에너지는 서로 변환될 수 있으므로 근본적으로 동등하며, 상대론적 질량이 m 인 물체의 에너지 E 는 다음과 같다.
 $E=mc^2$ (c : 진공에서 빛의 속도)

1. 정지해 있는 물체의 질량을 () 질량이라 하고, 정지해 있는 물체의 에너지를 () 에너지라고 한다.
2. 입자의 속력이 빠를수록 상대론적 질량이 () .
3. 질량과 에너지는 서로 변환될 수 있으므로 근본적으로 동등한데, 이를 ()이라고 한다.
4. 핵반응이 일어나면서 에너지가 방출되면 질량은 ()한다.

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	1.0073 u
	융합된 수소 원자핵의 개수	4개
충돌 후	헬륨 원자핵(${}^4\text{He}$) 1개의 질량	4.0015 u
	생성된 헬륨 원자핵의 개수	1개

(1 u = 1.66×10^{-27} kg)

분석

- 충돌 과정에서 결손된 질량은 $\Delta m = 4 \times 1.0073 \text{ u} - 4.0015 \text{ u} = 0.0277 \text{ u} = 4.60 \times 10^{-29} \text{ kg}$ 이다.
- 한 번의 핵융합으로 방출되는 에너지는 약 $4.14 \times 10^{-12} \text{ J}$ 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. 정지, 정지
2. 크다
3. 질량 에너지 동등성
4. 감소

개념 체크

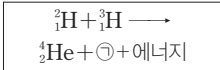
● **질량 결손**: 핵반응이 일어날 때 질량이 감소하면서 에너지가 방출된다. 이때 감소한 질량을 질량 결손이라고 한다.

● **질량 결손과 에너지**: 핵반응에 의한 질량 결손이 Δm 일 때, 방출되는 에너지 ΔE 는 다음과 같다.

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

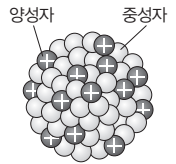
- 가벼운 원자핵이 융합하여 무거운 원자핵이 되는 핵반응을 ()이라고 한다.
- 무거운 원자핵이 2개 이상의 가벼운 원자핵으로 분열되는 핵반응을 ()이라고 한다.

[3~4] 다음은 중수소 원자핵(${}^2_1\text{H}$)과 삼중수소 원자핵(${}^3_1\text{H}$)이 결합하여 헬륨 원자핵(${}^4_2\text{He}$)이 만들어지는 핵반응을 나타낸 식이다.



- ${}^1_0\text{n}$ 은 질량수가 ()이고 양성자수가 ()인 ()이다.
- ${}^2_1\text{H}$ 와 ${}^3_1\text{H}$ 의 질량을 더한 값은 ${}^4_2\text{He}$ 와 ${}^1_0\text{n}$ 의 질량을 더한 값보다 ().

(2) **원자핵**: 원자에서 매우 작은 부피를 차지하고 있으며, 크기는 10^{-15}m 정도이다. 또한, 핵을 구성하는 입자를 핵자라고 하며, 이 핵자에는 양성자와 중성자가 있다.



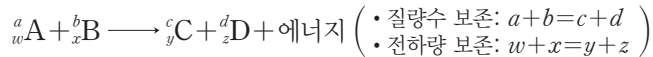
- 원자핵의 표현**
 - 원자 번호(Z): 원자핵 속에 들어 있는 양성자수
 - 질량수(A): 원자핵 속 양성자수(Z)와 중성자수(N)의 합
- 동위 원소**: 양성자수는 같지만 중성자수가 다른 원소로, 화학적 성질은 같으나 물리적 성질은 다르다.



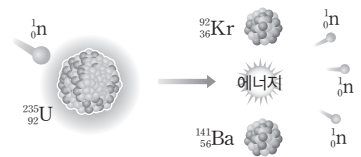
예 수소(${}^1_1\text{H}$)의 동위 원소에는 중수소(${}^2_1\text{H}$), 삼중수소(${}^3_1\text{H}$)가 있다.

(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.

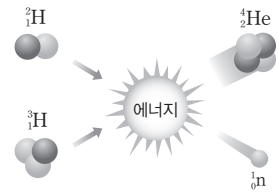


② **핵분열**: 질량수가 큰 원자핵이 크기가 비슷한 2개의 원자핵으로 쪼개지는 현상으로, 핵발전소의 원자로에서 일어나는 우라늄(${}^{235}_{92}\text{U}$)의 핵분열 반응이 대표적이다.



- 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: ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3{}^1_0\text{n} + 200\text{MeV}$

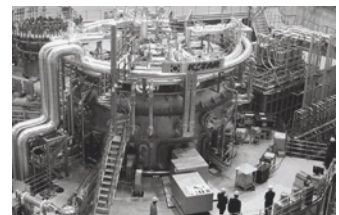
③ **핵융합**: 질량수가 작은 원자핵이 융합하여 질량수가 큰 원자핵으로 되는 현상으로, 중수소 원자핵과 삼중수소 원자핵이 융합하여 헬륨 원자핵이 되는 것이 그 예이다.



- 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: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 17.6\text{MeV}$

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

- 핵융합
- 핵분열
- 1, 0, 중성자
- 크다

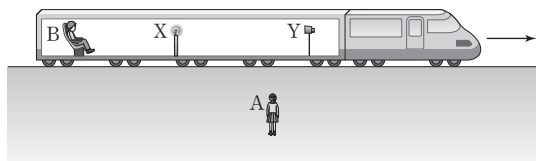
01 그림은 특수 상대성 이론에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C ④ A, B ⑤ B, C

02 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 타고 있는 기차가 화살표 방향으로 광속에 가까운 속력으로 등속 직선 운동을 한다. 기차에는 광원 X와 빛 검출기 Y가 고정되어 있고, X에서 방출한 빛을 Y에서 검출한다. 표는 X에서 방출된 빛이 Y에 도달할 때까지 걸린 시간 t , 빛이 이동한 거리 L , 빛의 속력 v 를 A, B가 측정한 자료이다.



관찰자	t	L	v
A	t_A	L_A	v_A
B	t_B	L_B	v_B

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $v_A = \frac{L_A}{t_A}$ 이다.

ㄴ. $t_A > t_B$ 이다.

ㄷ. $\frac{L_A}{t_A} > \frac{L_B}{t_B}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03 그림과 같이 관성계의 관찰자 A가 측정할 때, A에 대해 $+x$ 방향으로 $0.9c$ 의 일정한 속도로 운동하는 우주선에서 $+x$ 방향으로 레이저 빛을 발사한다.



우주선의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

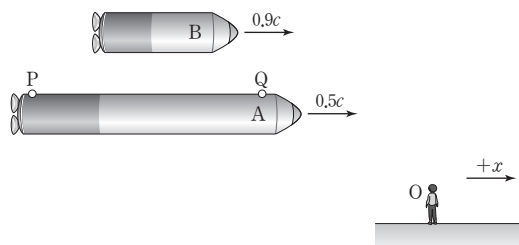
ㄱ. A의 속력은 $0.9c$ 이다.

ㄴ. A의 속력이 레이저 빛의 속력보다 크다.

ㄷ. A의 시간이 우주선의 시간보다 빠르게 간다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

04 그림과 같이 고유 길이가 같은 우주선 A, B가 관성계의 관찰자 O에 대해 $+x$ 방향으로 각각 $0.5c$, $0.9c$ 의 속력으로 운동한다. A의 관성계에서 측정할 때, 표시등 P와 Q에서 동시에 빛이 반짝였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

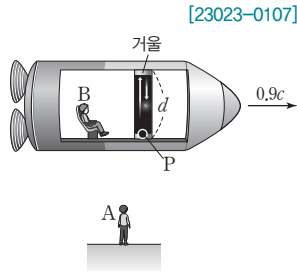
ㄱ. O의 관성계에서 측정할 때, P에서 Q에서보다 빛이 먼저 반짝였다.

ㄴ. B의 관성계에서 측정할 때, A의 길이가 B의 길이보다 길다.

ㄷ. B의 관성계에서 측정할 때, Q에서 P에서보다 빛이 먼저 반짝였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

05 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대해 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 직선 운동을 하는 우주선 내부의 관찰자 B가 빛 시계를 이용하여 시간을 측정한다. B의 관성계에서 점 P에서 발사된 빛이 거울에 반사된 후, 다시 P에 돌아올 때까지 걸린 시간은 t 이며, P와 거울 사이의 거리는 d 이다.



[23023-0107]

A의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A가 측정할 때 거울면은 우주선의 운동 방향과 나란하고, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
- ㄱ. 빛이 이동한 거리는 ct 이다.
 - ㄴ. P와 거울 사이의 간격은 d 보다 작다.
 - ㄷ. 빛이 P에 되돌아올 때까지 걸린 시간은 t 보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대해 일정한 속력으로 직선 운동을 하는 우주선 내부에 관찰자 B가 있다. 표는 우주선이 A에 대해 고정된 점 P에서 Q까지 이동하는 동안, 걸린 시간 t 와 이동한 거리 s 를 A, B가 각각 측정한 자료이다.



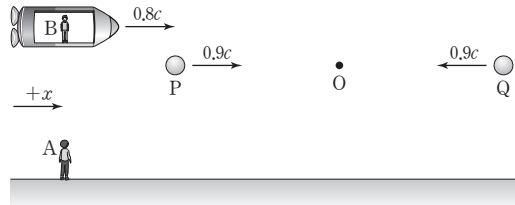
[23023-0108]

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $t_A > t_B$ 이다.
 - ㄴ. P와 Q 사이의 고유 길이는 s_A 이다.
 - ㄷ. B가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 빠르게 간다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림과 같이 A의 관성계에서 측정할 때, 묶은 P, Q가 동시에 발생하여 각각 $+x$ 방향과 $-x$ 방향으로 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 운동하다가 점 O에서 동시에 소멸한다. 관찰자 B는 A에 대해 $+x$ 방향으로 $0.8c$ 의 일정한 속력으로 운동한다.



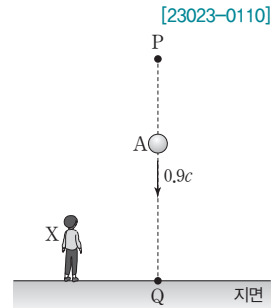
[23023-0109]

B의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

- 보기
- ㄱ. Q가 P보다 먼저 발생한다.
 - ㄴ. Q가 P보다 먼저 소멸한다.
 - ㄷ. 발생하여 소멸할 때까지 이동한 거리는 Q가 P보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림과 같이 지면에 정지해 있는 관찰자 X가 측정할 때, 대기권의 점 P에서 발생한 입자 A가 연직 아래 방향으로 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 운동하여 지면의 점 Q에 도달한다. X의 관성계에서 측정할 A가 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 1.0×10^{-5} 초이다.



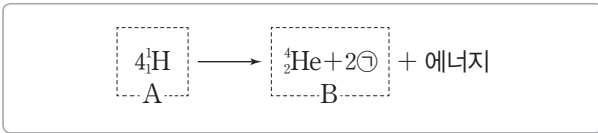
[23023-0110]

A의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $c = 3.0 \times 10^8$ m/s이다.)

- 보기
- ㄱ. X의 시간이 A의 시간보다 빠르게 간다.
 - ㄴ. A가 P에서 Q까지 이동한 거리는 2700 m이다.
 - ㄷ. A가 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 1.0×10^{-5} 초보다 짧다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 태양 내부에서 일어나는 핵반응을 나타낸 식이다. [23023-0111]



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

- 보기
- ㄱ. e^- 은 전자이다.
 - ㄴ. 핵분열 반응이다.
 - ㄷ. A의 질량은 B의 질량보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 다음은 핵발전소의 구조와 핵연료에서 일어나는 핵반응의 일부를 나타낸 식이다. [23023-0112]

• 핵발전소의 구조

• 핵반응식

$$\boxed{\begin{matrix} 235 \\ 92 \\ \text{A} \end{matrix}} \text{U} + \text{e}^- \longrightarrow \boxed{\begin{matrix} 92 \\ 36 \\ \text{B} \end{matrix}} \text{Kr} + \boxed{\begin{matrix} 141 \\ 56 \\ \text{B} \end{matrix}} \text{Ba} + 3\text{e}^- + \text{에너지}$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 핵발전은 핵분열을 이용한다.
 - ㄴ. A의 질량과 B의 질량은 같다.
 - ㄷ. e^- 과 전자 사이에는 당기는 방향으로 전기력이 작용한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

11 다음은 핵발전과 관련된 자료이다. [23023-0113]

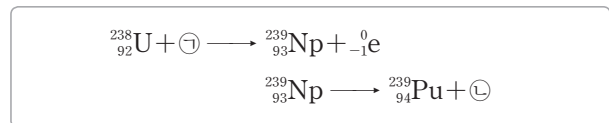
- 핵발전소 A에서 1초 동안 생산할 수 있는 전기 에너지는 $1.4 \times 10^9 \text{ J}$ 이다.
 - 핵반응에 의해 1g의 e^- 이 생길 때 발생하는 에너지 E는 다음과 같다.
- $$E = (1 \times 10^{-3} \text{ kg}) \times (\text{㉠} 3 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. '질량 결손'은 e^- 으로 적절하다.
 - ㄴ. ㉠은 진공에서 빛의 속력이다.
 - ㄷ. A에서 1시간 동안 생산할 수 있는 전기 에너지는 E보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 플루토늄 원자폭탄의 원료인 플루토늄($^{239}_{94}\text{Pu}$)이 만들어지는 핵반응을 나타낸 식이다. [23023-0114]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 질량수는 $^{239}_{93}\text{Np}$ 가 $^{238}_{92}\text{U}$ 보다 크다.
 - ㄴ. 중성자수는 $^{239}_{93}\text{Np}$ 가 $^{239}_{94}\text{Pu}$ 보다 크다.
 - ㄷ. 물질을 구성하는 모든 원자에는 e^- 과 e^+ 이 포함되어 있다.

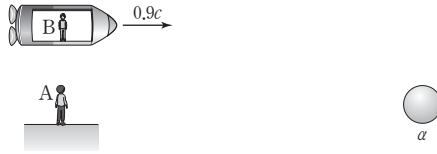
- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A의 관성계에서 측정할 때 B가 α 를 스치는 순간 A, B는 초시계를 멈춘다. 따라서 A가 초시계를 멈추는 사건, B가 초시계를 멈추는 사건, B가 α 를 스치는 사건은 모두 동시에 일어난 사건이다.

A의 관성계에서 측정할 때 우주선은 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 A에서 B까지 t 동안 운동하므로 A와 B 사이의 거리는 $0.9ct$ 이다.

[23023-0115]

01 그림과 같이 관성계의 관찰자 B가 타고 있는 우주선이 관찰자 A에 대해 $0.9c$ 의 일정한 속도로 행성 α 를 향해 운동한다. 우주선이 A를 스치는 순간, A와 B는 자신의 초시계를 작동시키고, 각자를 기준으로 우주선이 α 를 스치는 순간 자신의 초시계를 멈춘다.



B의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, α 는 A에 대해 정지해 있고, c 는 진공에서 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. A, B는 동시에 초시계를 멈춘다.
- ㄴ. A의 초시계가 B의 초시계보다 느리게 간다.
- ㄷ. A의 초시계의 측정값이 B의 초시계의 측정값보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0116]

02 그림과 같이 행성 A를 스친 우주선이 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 직선 운동을 하여 행성 B를 스친다. A의 관성계에서 측정할 때, 우주선이 A를 스치는 순간 A의 시계와 우주선의 시계는 0을 가리키고, 우주선이 B를 스치는 순간 A의 시계는 t 를 가리키며, 이때 B에서 화산이 폭발한다.



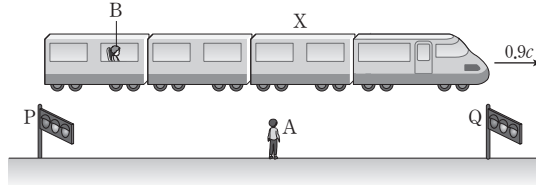
우주선의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, B는 A에 대해 정지해 있고, c 는 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. A와 B 사이의 거리는 $0.9ct$ 보다 크다.
- ㄴ. A에서 B까지 우주선이 이동하는 데 걸린 시간은 t 보다 짧다.
- ㄷ. B에서 화산이 폭발하는 순간, A의 시계가 가리키는 값은 t 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대하여 관찰자 B가 타고 있는 고유 길이가 L_0 인 은하 열차 X가 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 직선 운동을 한다. A의 관성계에서 측정할 때, X의 앞이 신호등 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 t 이고, X의 앞이 Q를 통과하는 순간 X의 뒤가 P를 통과한다.



B의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P, Q는 A에 대해 정지해 있고, c 는 빛의 속력이다.)

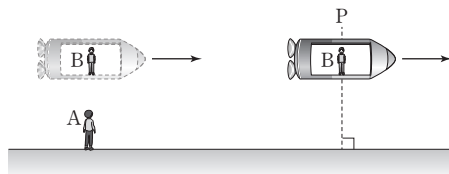
보기

- ㄱ. $L_0 > 0.9ct$ 이다.
- ㄴ. P와 Q 사이의 간격은 L_0 보다 작다.
- ㄷ. X의 앞이 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 t 보다 길다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B의 관성계에서 측정할 때 X의 앞이 P를 지나는 사건과 X의 앞이 Q를 지나는 사건은 같은 위치에서 발생한 사건이다. 따라서 X의 앞이 P에서 Q까지 이동하는 데 걸린 시간은 B의 관성계에서 측정할 값이 고유 시간이다.

04 그림과 같이 관찰자 B가 탄 우주선이 일정한 속력으로 직선 운동을 하여 관찰자 A를 스친 후, A에 대해 고정된 기준선 P를 통과한다. 우주선이 A를 스치는 순간, A의 시계와 B의 시계를 0으로 맞추었다. 표는 우주선이 P를 지나는 순간 A, B의 시계가 가리키는 값을 A, B가 각각 측정한 자료이다.



관찰자	시계가 가리키는 값	
	A의 시계	B의 시계
A	$8t$	㉠
B	㉡	$4t$

㉠, ㉡로 옳은 것은? (단, A, B는 관성계의 관찰자이고, 우주선의 크기는 무시한다.)

- ㉠ ㉡ ㉠ ㉡
- ① $4t$ $2t$ ② $4t$ $8t$
- ③ $6t$ $3t$ ④ $6t$ $8t$
- ⑤ $8t$ $4t$

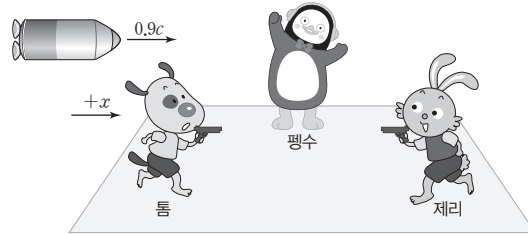
A의 관성계에서 측정할 때와 B의 관성계에서 측정할 때 모두 B가 P를 지나는 사건과 B의 시계가 $4t$ 를 가리키는 사건은 같은 장소에서 발생한 동시 사건이다.

팽수의 관성계에서 측정할 때 각각 톰과 제리의 위치에서 동시에 발생한 두 사건 A, B가 있다. 이 두 사건을 우주선의 관성계에서 측정하면 우주선이 오른쪽으로 운동하고 있으므로 제리의 위치에서 B가 발생한 후 톰의 위치에서 A가 발생한다.

A가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 A의 관성계에서 측정된 값이 고유 시간이고, 두 사건 사이의 시간은 고유 시간이 가장 짧다.

[23023-0119]

05 그림은 팽수에 대하여 정지해 있는 톰과 제리가 레이저 총으로 결투하는 장면과 팽수에 대하여 $+x$ 방향으로 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 직선 운동을 하는 우주선을 나타낸 것이다. 팽수의 관성계에서 측정할 때, 톰과 제리는 동시에 레이저 빛을 발사하고 동시에 레이저 빛에 맞는다.



우주선의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 레이저 빛의 진행 방향은 x 방향에 나란하고, c 는 빛의 속력이다.)

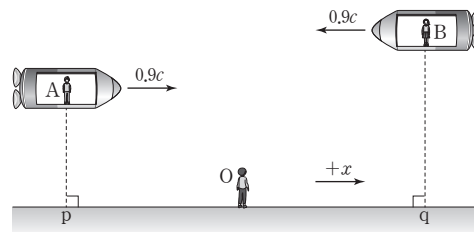
보기

- ㄱ. 제리가 톰보다 먼저 레이저 빛에 맞는다.
- ㄴ. 팽수의 시간이 우주선의 시간보다 느리게 간다.
- ㄷ. 제리가 레이저 빛을 발사하는 순간부터 제리가 레이저 빛에 맞는 순간까지 걸린 시간은 팽수의 측정값보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0120]

06 그림과 같이 우주선 A, B가 관찰자 O에 대하여 $0.9c$ 의 일정한 속력으로 각각 기준선 p, q를 동시에 통과한 후, 각각 $+x$ 방향과 $-x$ 방향으로 등속도 운동을 한다. O의 관성계에서 측정할 때, A가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 t 이다.



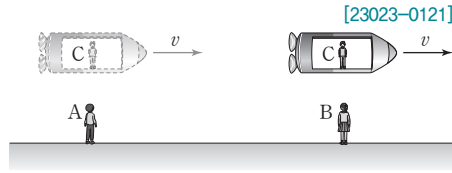
A의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. A가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간은 t 보다 작다.
- ㄴ. B가 q에서 p까지 이동하는 데 걸린 시간은 t 보다 크다.
- ㄷ. A가 q를 통과한 후 B가 p를 통과한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림과 같이 관성계의 관찰자 A에 대해 관찰자 C가 탄 우주선이 일정한 속도 v 로 운동한다. 관찰자 B는 A에 대해 정지해 있고, A, B, C는 각자의 시계 a, b, c를 가지고 있으며, 우주선이 A를 스치는 순간 a, c를 0으로 맞추었다. 표는 우주선이 B를 스치는 순간, A, C가 측정한 a, b, c의 값이다.



[23023-0121]

	a	b	c
A가 측정한 값	t	㉠	$\frac{1}{3}t$
C가 측정한 값	㉡	t	㉢

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 $\frac{1}{2}t$ 이다.
- ㄴ. ㉡ = $\frac{1}{3} \times$ ㉢이다.
- ㄷ. C의 관성계에서 측정할 때, 우주선이 A를 스치는 순간 b는 $\frac{8}{9}t$ 를 가리킨다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 관성계의 관찰자 A와 A에 대해 등속도 운동을 하는 우주선 내부의 관찰자 B가 관찰한 현상이다. A, B는 각자의 시계 a, b를 가지고 있다.

[23023-0122]

- 그림 (가)와 같이 ㉠ 우주선이 A를 스치는 순간 a, b를 0으로 맞춘다.
- 그림 (나)와 같이 a가 t 인 순간 A가 우주선을 향해 레이저 빛을 발사한다.
- b가 $2t$ 인 순간 ㉡ 레이저 빛이 우주선에 도달한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c는 빛의 속력이다.)

보기

- ㄱ. A의 관성계에서 측정할 때, 우주선의 속력은 $0.5c$ 이다.
- ㄴ. A의 관성계에서 측정할 때, 레이저 빛의 이동 거리는 ct 보다 크다.
- ㄷ. ㉠에서 ㉡까지 고유 시간은 $2t$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

우주선이 B를 스치는 사건, c가 $\frac{1}{3}t$ 를 가리키는 사건, b가 t 를 가리키는 사건은 모두 같은 장소에서 발생한 동시 사건이다.

두 사건이 발생한 위치의 좌표 값이 같으면 두 사건이 발생한 시간 차가 고유 시간이다. 따라서 우주선이 A를 스치는 순간부터 레이저 빛을 발사하는 순간까지 고유 시간은 A의 관성계에서 측정한 값이 고유 시간이다.

핵반응이 일어날 때 질량 결손이 발생하며, 질량 에너지 동등성에 의해 질량 결손에 해당하는 만큼 에너지가 발생한다.

핵반응 전후 질량은 보존되지 않지만 질량수와 전하량은 보존된다.

[23023-0123]

09 다음은 리튬 원자핵(Li)에 수소 원자핵(H)을 충돌시킬 때 헬륨 원자핵(He) 2개가 만들어지는 인공 핵변환에 대한 자료이다.

[핵반응식]

$${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \longrightarrow 2{}^4_2\text{He} + \ominus \text{에너지}$$

[반응 입자와 생성 입자의 정지 질량]

입자	${}^6_3\text{Li}$	${}^1_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$
정지 질량	m_1	m_2	m_3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이다.)

보기

ㄱ. $\ominus - \omin� = 5$ 이다.
 ㄴ. $\omin� = (m_1 + m_2 - 2m_3) \times c^2$ 이다.
 ㄷ. 에너지가 질량으로 전환하는 반응이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0124]

10 다음은 탄소-13(${}^{13}_6\text{C}$) 원자핵이 산소-15(${}^{15}_8\text{O}$) 원자핵으로 변하는 과정을 핵반응식으로 나타낸 것이다.

$${}^{13}_6\text{C} + \omin� \longrightarrow {}^{14}_7\text{N} + \text{에너지}$$

$${}^{14}_7\text{N} + \omin� \longrightarrow {}^{15}_8\text{O} + \text{에너지}$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 중성자수는 ${}^{15}_8\text{O}$ 가 ${}^{13}_6\text{C}$ 보다 크다.
 ㄴ. 원자 내에서 $\omin�$ 과 전자 사이에는 끌어당기는 방향으로 전기력이 작용한다.
 ㄷ. $\omin�$ 의 정지 질량은 ${}^{15}_8\text{O}$ 의 정지 질량에서 ${}^{14}_7\text{N}$ 의 정지 질량을 뺀 값보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 다음은 달 탐사에 대한 신문 기사의 일부와 관련 자료이다.

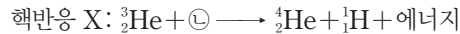
[23023-0125]

[신문 기사]

수십 년 동안 무관심하던 달 탐사에 세계 각국의 관심이 집중되고 있다. 달에 풍부하게 존재하는 ㉠ 헬륨-3(${}^3_2\text{He}$)을 확보하기 위한 목적이다.

[관련 자료]

${}^3_2\text{He}$ 가 입자 ㉡과 반응하는 핵반응 X를 통해 막대한 에너지가 발생한다.



질량수가 큰 원자핵이 크기가 비슷한 2개의 원자핵으로 쪼개지는 현상이 핵분열 반응이고, 질량수가 작은 원자핵이 융합하여 질량수가 큰 원자핵으로 되는 현상이 핵융합 반응이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. ㉠은 핵분열을 이용한 발전의 원료로 사용될 수 있다.
 ㄴ. ㉡의 질량수는 ${}^3_2\text{He}$ 의 질량수보다 작다.
 ㄷ. X에서 에너지가 질량으로 전환된다.

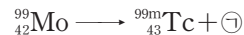
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 다음은 의료용으로 사용되는 테크네튬-99m(${}^{99m}_{43}\text{Tc}$)의 생산과 이용에 대한 설명이다.

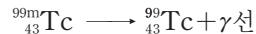
[23023-0126]

[${}^{99m}_{43}\text{Tc}$ 의 생산]

원자로 내에서 몰리브데넘-99(${}^{99}_{42}\text{Mo}$)가 테크네튬-99m(${}^{99m}_{43}\text{Tc}$)으로 바뀌면서 입자 ㉠을 방출한다.

[${}^{99m}_{43}\text{Tc}$ 의 이용]

테크네튬-99m(${}^{99m}_{43}\text{Tc}$)이 테크네튬-99(${}^{99}_{43}\text{Tc}$)로 붕괴하면서 방출하는 ㉡감마(γ)선을 이용하여 의료용 영상을 얻는다.



* ${}^{99m}_{43}\text{Tc}$ 는 ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ 의 들뜬상태로, 질량수와 원자 번호는 ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ 와 같다.

핵반응 과정에서 반응 전후 질량수와 전하량은 보존된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. ㉠은 전자이다.
 ㄴ. 질량은 ${}^{99m}_{43}\text{Tc}$ 가 ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ 보다 크다.
 ㄷ. 진공에서 ㉡의 속력은 가시광선의 속력보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

II

물질과 전자기장

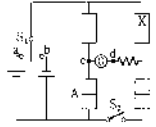
2023학년도 대학수학능력시험 15번

15. 다음은 p-n 접합 다이오드의 특성을 알아보는 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 식류 전원 2개, 스위치 S_1, S_2 , p-n 접합 다이오드 A, A의 동일한 다이오드 3개 저항, 검류계로 회로를 구성한다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.

(나) S_1 을 a 또는 b에 연결하고, S_2 를 열고 닫으며 검류계값 관찰한다.



[실험 결과]

S_1	S_2	전류 흐름
닫기	열기	흐르지 않는다.
열기	닫기	a → X → A로 흐른다.
열기	열기	c → X → A로 흐른다.
닫기	열기	c → X → A로 흐른다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

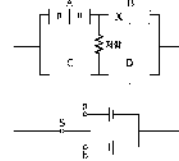
- ㉠. X는 n형 반도체이다.
- ㉡. 'b'에 연결'은 (가)에 해당한다.
- ㉢. S_1 을 a에 연결하고 S_2 를 닫으면 A에는 순방향 전압이 걸린다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

2023학년도 EBS 수능특강 124쪽 21번

21

그림은 저항, 동일한 p-n 접합 다이오드 A, B, C, D, 스위치 X, 전원 장치를 사용하여 구성된 회로를 나타낸 것이다. 유동 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?

<보 기>

- ㉠. S_1 을 열었을 때 흐르는 전류의 방향은 A → 저항 → I) 방향이다.
- ㉡. X는 n형 반도체이다.
- ㉢. S_2 를 열었을 때 I)의 p형 반도체에 있는 양공은 p-n 접합된 쪽으로 이동한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

연계 분석

수능 15번 문항은 수능특강 124쪽 21번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 전원 장치 2개, 다이오드 4개, 저항으로 연결된 회로가 제시되었고, 스위치의 연결에 따른 전류의 방향을 통해 반도체 X의 종류를 찾고 다이오드에 순방향 전압이 걸려 있는지를 묻는다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능특강 21번 문항은 다이오드에 순방향 전압이 걸릴 때, 전원 장치와 다이오드가 어떻게 연결되어 있는지를 이해하고 있으면 문제를 해결할 수 있다. 하지만 수능 15번 문항은 스위치 2개가 연결되어 있고, 스위치 S_2 를 닫을 때 또는 열 때 스위치 S_1 이 어떤 단자에 연결되어 있는지를 찾아야 한다는 점에서 차이가 있다.

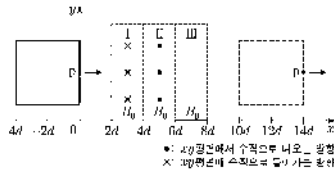
학습 대책

다이오드와 관련된 문제는 전원 장치, 다이오드, 스위치, 저항이 연결된 회로에서 스위치 연결에 따른 전류의 방향이 제시된다. 이를 통해 반도체가 p형 또는 n형 반도체인지를 묻거나 다이오드에 순방향 또는 역방향 전압이 걸리는지를 묻고 있다. 최근 기출 문제에서는 회로에 연결된 다이오드의 개수가 점점 많아지고 있으며, 다이오드에 교류 전원이나 솔레노이드가 연결된 복잡한 회로가 제시되고 있다. 다이오드에서는 p형 반도체에서 n형 반도체로 전류가 흐른다는 것을 이용하면 복잡한 회로가 제시되어도 문제를 쉽게 해결할 수 있다.



2023학년도 대학수학능력시험 10번

10. 그림과 같이 한 변의 길이가 $4d$ 인 정사각형 금속 고리가 xy 평면에서 x 방향으로 등속도 운동하며 자기장의 세기가 B_0 으로 같은 균일한 자기장 영역 I, II, III을 지난다. 금속 고리의 점 P 가 $x=7d$ 를 지날 때, P 에는 유도 전류가 흐르지 않는다. III에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

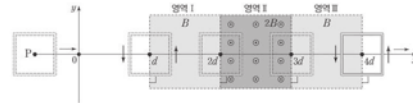
<보 기>

- ㄱ. 자기장의 방향은 I에서와 III에서가 같다.
- ㄴ. P 가 $x=3d$ 를 지날 때, P 에 흐르는 유도 전류의 방향은 y 방향이다.
- ㄷ. P 에 흐르는 유도 전류의 세기는 P 가 $x=5d$ 를 지날 때가 $x=3d$ 를 지날 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 153쪽 22번

22 [2023-0210] 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, II에서 자기장의 방향은 모두 xy 평면에 수직인 방향이며, II에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 금속 고리의 중심 P 가 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?

- 1 보기 I
 ㄱ. I에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
 ㄴ. P 가 $x=2d$ 를 지날 때, 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
 ㄷ. 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 P 가 $x=2d$ 를 지날 때가 $x=3d$ 를 지날 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 10번 문항은 수능특강 153쪽 22번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 금속 고리가 균일한 자기장 영역 I, II, III을 통과할 때 고리에 흐르는 유도 전류가 제시되었고, 이를 통해 자기장 영역의 자기장 방향, 고리에 흐르는 유도 전류의 방향과 세기를 묻는다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능 10번 문항은 P 가 $x=6d$ 에서 $x=8d$ 까지 운동할 때, 고리를 통과하는 자기 선속의 변화가 0이라는 것을 통해 III에서의 자기장의 방향을 찾아야 한다. I에 의한 고리를 통과하는 자기 선속의 감소량과 III에 의한 고리를 통과하는 자기 선속의 증가량이 같다는 것을 통해 III에서의 자기장의 방향을 알 수 있다. 하지만 수능 특강 22번 문항은 P 가 $x=d, x=4d$ 를 지날 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향만으로 I, III에서의 자기장의 방향을 찾을 수 있다는 차이가 있다.

학습 대책

전자기 유도와 관련된 문제는 전자기 유도를 활용한 예를 설명하거나 코일을 통과하는 자기장 변화에 따른 유도 전류에 대해 묻고 있다. 코일을 통과하는 자기장의 세기가 변하거나 또는 자기장 영역을 통과하는 코일의 면적이 변하는 다양한 상황에서 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 통해 유도 전류의 방향이나 세기 변화를 분석해 보면 많은 도움이 될 것이다.

개념 체크

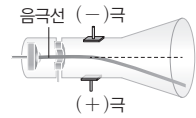
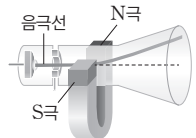
- **원자의 구조:** 원자는 양(+)
전하를 띠는 원자핵과 음(-)전하를 띠는 전자로 이루어져 있으며, 원자핵은 양(+)
전하를 띠는 양성자와 전하를 띠지 않는 중성자로 구성되어 있다.
- **전자의 발견:** 톰슨은 음극선 실험을 통해 음극선이 음(-)전하를 띠고 있는 입자의 흐름이라는 것을 알아내었다.
- **원자핵의 발견:** 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 해석하여 원자의 중심에는 원자 질량의 대부분을 차지하고 양(+)
전하를 띠고 있는 원자핵이 존재한다는 것을 알아내었다.

1. 음극선에 전기장을 걸어 주면 전기력에 의해 음극선은 ()극 쪽으로 휘어진다.
2. 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 원자의 중심에 ()이 있다는 것을 알아내었다.
3. 원자 질량의 대부분은 ()의 질량이고, 원자는 전기적으로 ()이다.

1 원자와 전기력

(1) **원자의 구성 입자:** 원자는 전자와 원자핵으로 이루어져 있다.

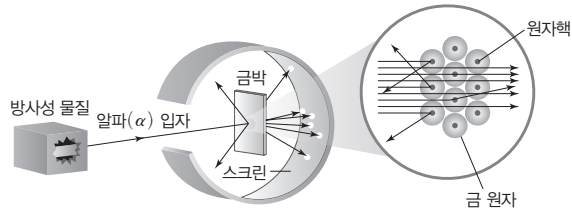
- ① **전자:** 톰슨은 음극선이 전기장과 자기장에 의해서 휘어지는 현상으로부터 음극선이 음(-) 전하를 띤 입자의 흐름이라는 것을 알아내었다. 이 입자를 전자라고 한다.
 - 톰슨의 음극선 실험 결과: 음극선은 전기력과 자기력의 영향을 모두 받는다.

전기장을 걸어 준 경우	자기장을 걸어 준 경우
 <p>음극선 (-)극 (+)극</p> <p>음극선에 전기장을 걸어 주면 음극선은 전기력에 의해 (+)극 쪽으로 휘어진다. → 전기력을 받기 때문이다.</p>	 <p>음극선 N극 S극</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

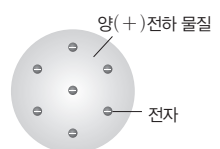
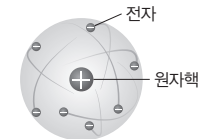
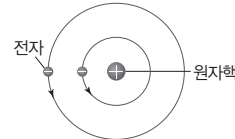


- 대부분의 알파(α) 입자는 금박을 통과하여 직진한다. → 원자 내부가 거의 빈 공간이다.
- 소수의 알파(α) 입자가 큰 각도로 휘어지거나 입사 방향의 거의 정반대 방향으로 되돌아 나온다. → 원자의 중심에 양(+)
전하를 띤 입자가 좁은 공간에 존재한다.



과학 돋보기 | 원자 모형의 변천

원자 모형은 원자의 존재를 알게 된 이후부터 계속 변천되어 왔다.

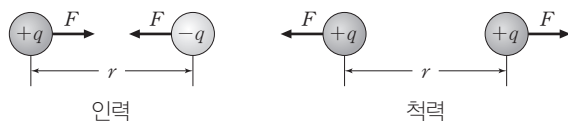
톰슨 원자 모형(1904년)	러더퍼드 원자 모형(1911년)	보어 원자 모형(1913년)
 <p>양(+) 전하 물질 전자</p>	 <p>전자 원자핵</p>	 <p>전자 원자핵</p>
원자가 양(+) 전하를 띤 물질로 채워져 있고, 그 속에 전자들이 떠엄떠엄 박혀 있다.	전자가 원자핵을 중심으로 임의의 궤도에서 원운동을 한다.	전자가 원자핵을 중심으로 특정한 궤도에서 원운동을 한다.

정답

1. (+)
2. 원자핵
3. 원자핵, 중성

(2) 전기력: 전하 사이에 작용하는 힘이다.

- ① 전기력의 종류: 인력과 척력 두 종류가 있다. 다른 종류의 전하 사이에는 인력(서로 끌어당기는 힘)이 작용하고, 같은 종류의 전하 사이에는 척력(서로 밀어내는 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.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{진공 중에서 쿨롱 상수 } k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)$$

개념 체크

- **전기력의 종류:** 다른 종류의 전하 사이에는 인력이, 같은 종류의 전하 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.

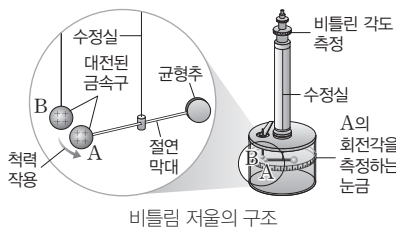


과학 돋보기 | 쿨롱 실험

쿨롱은 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기를 측정하기 위해 그림과 같은 비틀림 저울을 이용하였다.

분석 1

대전된 두 금속구 A와 B를 서로 가까이하면 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 탄성력의 크기는 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.

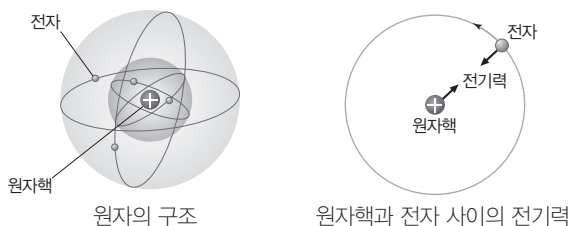
point

- 두 금속구가 같은 종류의 전하를 띠면 척력이 작용하여 밀려나고, 다른 종류의 전하를 띠면 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.

1. 전기력에는 두 종류가 있는데, () 종류의 전하 사이에는 인력이 작용하고, () 종류의 전하 사이에는 척력이 작용한다.
2. 전하량이 각각 $+q, -q$ 인 점전하 A와 B가 r 만큼 떨어져 있을 때 A와 B 각각에 작용하는 전기력의 크기는 ()으로 같고, 전기력의 종류는 ()이다. (단, k 는 쿨롱 상수이다.)
3. 쿨롱은 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기를 측정하기 위해 ()을 이용하였다.

(3) 원자에 속박된 전자

- ① 원자핵과 전자 사이에 작용하는 전기력: 원자의 중심에는 양(+)-전하를 띠는 무거운 원자핵이 있고, 그 주위를 음(-)-전하를 띠는 전자가 돌고 있다. 원자핵은 양(+)-전하를 띠고, 전자는 음(-)-전하를 띠고 있으므로 원자핵과 전자 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용하여 전자가 원자핵 주위를 벗어나지 않고 돌 수 있다.



정답

1. 다른, 같은
2. $k \frac{q^2}{r^2}$, 인력
3. 비틀림 저울

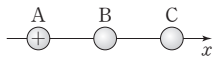
개념 체크

● **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.

1. 대전되지 않은 털가죽과 빨대를 서로 마찰시켜서 빨대가 음(-)전하로 대전되었다면 털가죽은 () 전하로 대전되었다.

2. 대전되지 않은 두 물체를 마찰시켰을 때 전자를 얻은 물체는 ()전하로 대전되고, 전자를 잃은 물체는 ()전하로 대전된다.

3. 그림과 같이 점전하 A, B, C가 x축상에 고정되어 있다.



A는 양(+)전하이고, C에 작용하는 전기력이 0일 때 B의 전하의 종류는 ()전하이고, 전하량의 크기는 A가 B보다 ()

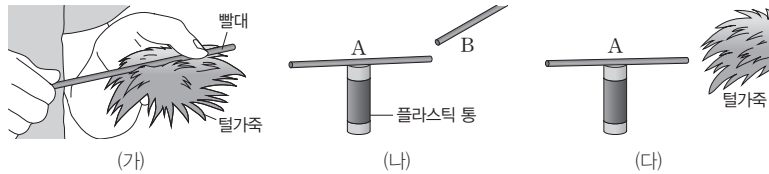
정답

1. 양(+)
2. 음(-), 양(+)
3. 음(-), 크다

탐구자로 살펴보기 전기력의 종류

과정

- (1) 그림 (가)와 같이 털가죽으로 동일한 플라스틱 빨대 A, B를 각각 여러 번 문지른다.
- (2) 그림 (나)와 같이 A를 플라스틱 통 위에 놓고, B를 A의 한쪽 끝에 가까이 가져가면서 A의 움직임을 관찰한다.
- (3) 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

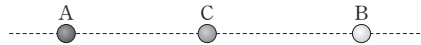
- 털가죽으로 A, B를 각각 여러 번 문지르면 A, B는 같은 종류의 전하로 대전되고, 털가죽은 A, B와 다른 종류의 전하로 대전된다.
- 같은 종류의 전하로 대전된 물체들 사이에는 서로 밀어내는 전기력(척력)이 작용한다.
- 다른 종류의 전하로 대전된 물체들 사이에는 서로 끌어당기는 전기력(인력)이 작용한다.



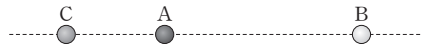
과학 돋보기 | 두 점전하로부터 받는 전기력이 0인 지점 찾기

① 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.



② 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.



③ 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

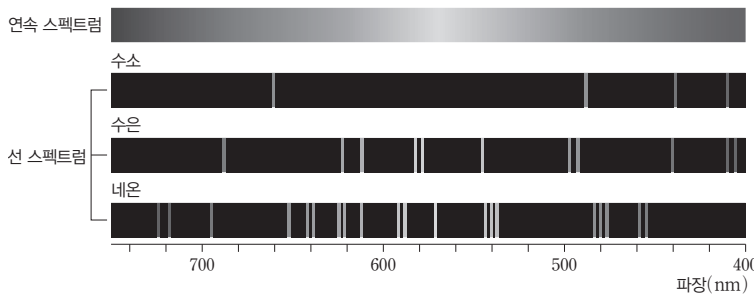
② **선 스펙트럼**: 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 특정한 위치에 파장이 다른 밝은 선이 띄엄띄엄 나타나는 스펙트럼이다.

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.

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. 햇빛, 백열등과 같은 높은 온도의 물체에서 나오는 빛의 스펙트럼은 () 스펙트럼이다.

2. 선 스펙트럼이 나타나는 까닭은 원자 내의 전자의 에너지가 (연속, 불연속) 적이기 때문이다.

3. 연속 스펙트럼을 나타내는 빛을 온도가 낮은 기체에 통과시켰을 때 연속 스펙트럼에 나타나는 검은 선은 기체를 이루는 원자 내의 전자가 에너지를 (흡수, 방출)하였기 때문에 나타난다.

탐구자료 살펴보기 여러 가지 기체 방전관의 스펙트럼 관찰하기

과정

- (1) 햇빛의 스펙트럼을 간이 분광기로 관찰한다.
- (2) 수소, 헬륨, 네온 등 다양한 기체의 방전관에서 나오는 빛을 간이 분광기로 관찰한다.

결과

햇빛	수소	헬륨	네온
→ 파장 증가	→ 파장 증가	→ 파장 증가	→ 파장 증가

point

- 햇빛의 스펙트럼은 모든 색깔의 빛이 연속적으로 나타나는 연속 스펙트럼이고, 기체 방전관의 스펙트럼은 특정한 색깔의 빛이 띄엄띄엄 나타나는 선 스펙트럼이다.
- 기체의 종류에 따라 선의 개수, 위치, 굵기, 간격 등이 다른 까닭은 기체마다 원자 구조와 전자 배치가 달라서 원자가 방출하는 빛의 파장이 다르기 때문이다.

정답

1. 연속
2. 불연속
3. 흡수

개념 체크

- **에너지 준위:** 원자 내 전자가 가지는 에너지 값 또는 에너지 상태를 말한다. 양자수 n 의 값에 따라 불연속적인 값을 가지며, n 이 커질수록 에너지 준위도 높아진다.
- **광자의 에너지:** 진동수가 f , 파장이 λ 인 광자 1개의 에너지 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ (h : 플랑크 상수)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. 원자의 중심에 원자핵이 있고, 전자가 특정 궤도에서 전자기파를 방출하지 않고 원자핵 주위를 돌고 있는 원자 모형은 ()의 원자 모형이다.

2. 전자가 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이할 때 전자는 에너지를 (흡수, 방출)한다.

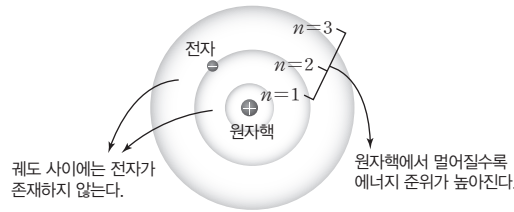
3. 전자가 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이할 때 두 에너지 준위의 차가 클수록 방출하는 빛의 파장이 (짧다, 길다)이다.

4. 원자의 에너지 준위가 (연속적, 불연속적)이므로 원자에서 방출되는 전자기파의 스펙트럼은 선이 띄엄띄엄 나타나는 () 스펙트럼이다.

5. 에너지가 E_1 인 에너지 준위에서 에너지가 E_2 인 에너지 준위로 전자가 전이할 때 방출 또는 흡수하는 빛의 진동수는 ()이다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)

(4) 원자의 에너지 준위

- 보어의 원자 모형: 원자의 중심에 있는 원자핵 주위를 전자가 돌고 있으며, 전자는 특정 궤도에서 원운동을 한다.
 - ➔ 전자가 전자기파를 방출하지 않고 안정하게 존재한다.
- 궤도와 양자수: 원자핵에서 가장 가까운 궤도부터 $n=1, n=2, n=3, \dots$ 인 궤도라고 부르며, $n=1, 2, 3, \dots$ 을 양자수라고 한다.
- 에너지의 양자화: 전자는 양자수와 관련된 특정한 에너지 값만을 가질 수 있다.
- 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.

- 전자의 이동: 전자는 두 에너지 준위의 차에 해당하는 에너지를 흡수하거나 방출하여 에너지 준위 사이를 이동한다.
 - ➔ 방출하는 빛의 에너지가 클수록 진동수가 크고, 파장은 짧다.



- 원자의 선 스펙트럼: 원자의 에너지 준위가 불연속적이므로 원자에서 방출되는 전자기파의 스펙트럼은 밝은 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 에너지를 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.

정답

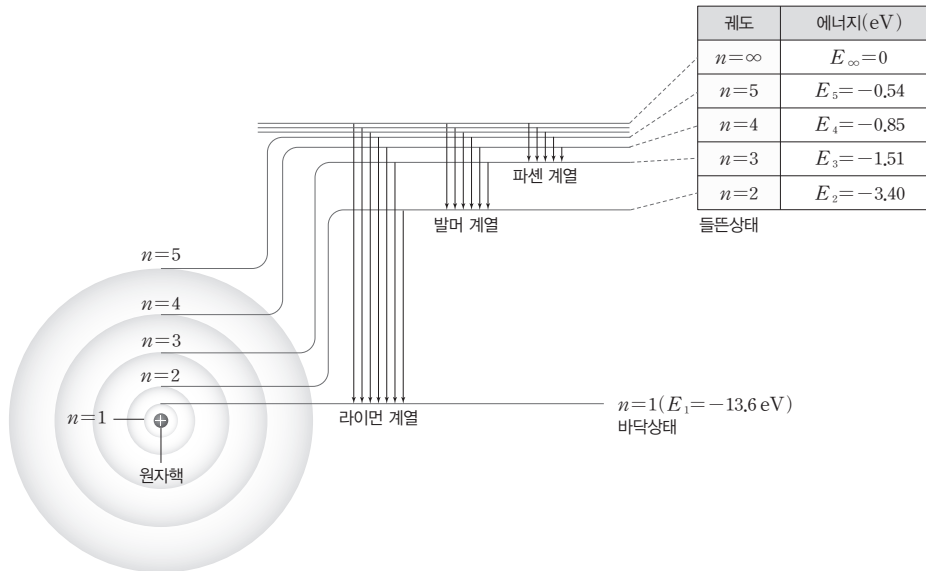
- 보어 2. 흡수
- 짧다 4. 불연속적 선
- $\frac{|E_2 - E_1|}{h}$

(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

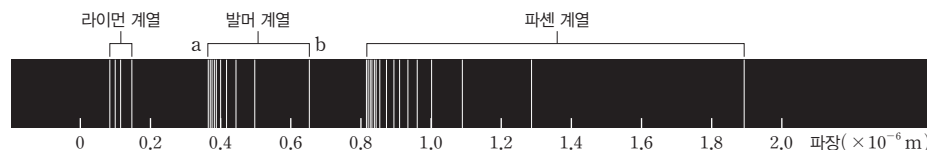
개념 체크

- 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. 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 $n=1$ 일 때 전자의 에너지가 -13.6 eV 이므로 양자수 n 에 따른 전자의 에너지 $E_n = (\quad) \text{ eV}$ 이다.
2. 전자가 양자수 $n \geq 2$ 에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출되는 선 스펙트럼 계열은 (\quad) 계열이며, (\quad) 영역의 빛이다.
3. 라이먼 계열, 발머 계열, 파셴 계열에서 각각 방출되는 빛을 파장에 따라 나열하면 (\quad) 계열 $>$ (\quad) 계열 $>$ (\quad) 계열이다.

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 전이할 때 방출하는 빛이고, 파장이 가장 긴 b는 양자수 $n=3$ 에서 양자수 $n=2$ 인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛이다.

정답

1. $-\frac{13.6}{n^2}$
2. 라이먼, 자외선
3. 파셴, 발머, 라이먼

개념 체크

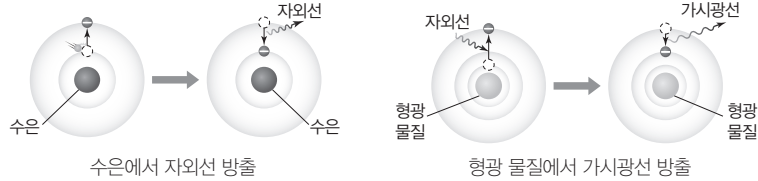
- **고체의 에너지띠:** 고체에서 전자의 에너지 준위가 매우 가깝게 존재하여 연속적인 것으로 취급할 수 있는 에너지 준위의 영역으로, 고체 내의 전자들은 에너지띠가 있는 영역의 에너지만 가질 수 있다.
- **원자가 띠:** 원자의 가장 바깥쪽에 원자가 전자가 차지하는 에너지 띠이다.
- **전도띠:** 원자가 띠 위에 있는 에너지 띠이다.

1. 고체의 에너지띠는 전자의 에너지 준위가 매우 가깝게 존재하여 (연속, 불연속) 적인 것으로 취급할 수 있는 에너지 준위의 영역이다.
2. () 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 얻으면 () 띠로 전이할 수 있다.
3. 전도띠의 전자는 작은 에너지만 주어도 자유롭게 움직일 수 있으므로, 이런 전자를 ()라고 한다.



과학 돋보기 | 형광등에서의 전자의 전이

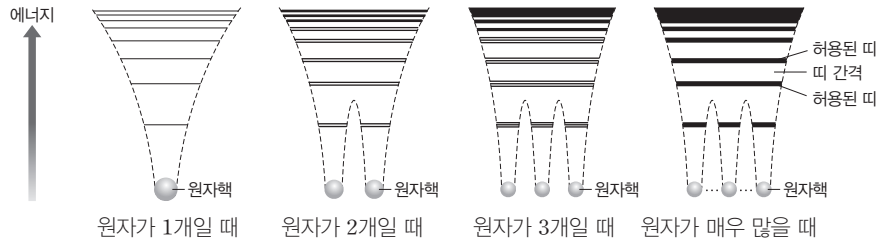
형광등은 진공 상태의 유리관에 아르곤과 수은 기체를 넣고 밀봉한 것으로, 유리관 안쪽 벽에는 형광 물질이 칠해져 있다. 양 끝 전극에 전압을 걸어 주면 열전자가 방출되고, 열전자가 수은 원자와 충돌하면 원자가 열전자의 에너지를 흡수하여 수은 원자의 전자가 들뜬상태로 전이하고, 전자는 자외선을 방출하면서 안정한 상태로 전이한다. 수은에서 방출된 자외선은 형광 물질에 에너지를 전달하여 전자가 들뜬상태로 전이하고, 전자는 낮은 에너지 준위로 전이하면서 가시광선을 방출한다.



3 에너지띠 이론과 물질의 전기 전도성

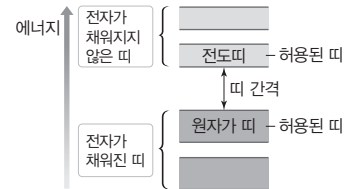
(1) 고체의 에너지띠

- 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 가까워지면 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.



정답

1. 연속
2. 원자가, 전도
3. 자유 전자

(3) 고체의 전기 전도성

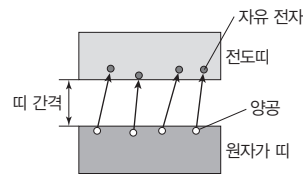
① 고체의 전기 전도성: 전자가 모두 채워져 있는 원자가 띠에 해당하는 에너지를 갖는 전자는 자유롭게 움직이지 못하지만, 비어 있는 전도띠로 전이된 전자는 전류를 흐르게 할 수 있다.

➔ 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 전이하여 자유롭게 움직이는 자유 전자가 된다.

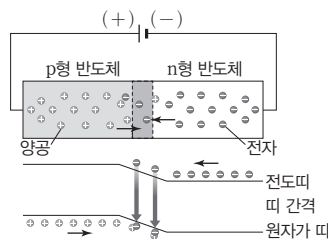
- 양공: 원자가 띠에 전자가 채워질 수 있는 빈자리로, 이웃한 전자가 채워지면서 움직일 수 있기 때문에 양(+)전하를 띤 입자 같은 역할을 한다.



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 전자가 띠 간격 이상의 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. 고체의 에너지띠 구조에서 띠 간격이 넓을수록 고체의 ()이 나빠진다.

2. 원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하면 ()띠로 전이하여 자유 전자가 되고, 전자가 전이한 원자가 띠의 빈자리에는 ()이 생긴다.

3. 띠 간격이 넓어서 상온일 때 원자가 띠에서 전도띠로 전자의 전이가 거의 일어나지 않는 고체를 ()라고 한다.

정답

1. 전기 전도성
2. 전도, 양공
3. 절연체(부도체)

개념 체크

● **전기 전도도**: 물질의 전기 전도성을 정량적으로 나타낸 물리량으로, 외부 전압에 의해 물체에서 전자가 자유롭게 이동할 수 있는 정도를 의미한다.

1. 저항값이 R , 길이가 l , 단면적이 A 인 물체의 비저항은 ()이다.

2. [탐구자료 살펴보기]에서 저마늄, 규소, 유리의 단면적과 길이가 같을 때 전류가 가장 잘 흐르는 물질은 ()이다.

3. 도체, 반도체 중 온도가 올라갈수록 저항이 증가하는 물질은 ()이고, 저항이 감소하는 물질은 ()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.

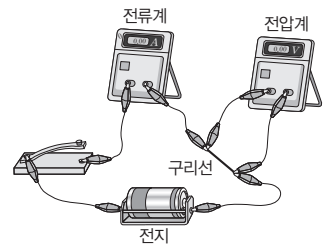
• 비저항(ρ): 일정한 온도에서 물체의 저항값 R 는 물체의 길이 l 에 비례하고, 단면적 A 에 반비례한다. 이때의 비례 상수 ρ 를 비저항이라고 한다. $\rightarrow R = \rho \frac{l}{A}$

• 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

- (1) 그림과 같이 구리선의 양 끝에 전지, 전류계, 전압계를 연결한다.
- (2) 구리선에 흐르는 전류와 구리선 양단의 전압을 측정하여 옴의 법칙 ($V = IR$)으로 저항값을 구한다.
- (3) 구리선의 길이와 단면적을 측정하여 전기 전도도를 계산한다.
- (4) 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}

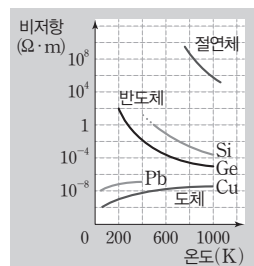
[출처: Serway R. A. Principle of physics, Saunders College]

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.
 - \rightarrow 원자의 운동이 활발해져 전자가 원자 사이를 통과하기 어려워지기 때문이다.
- 반도체: 일반적으로 온도가 높아질수록 비저항이 감소한다. 즉, 온도가 높아질수록 전기 저항이 감소하므로 전기 전도도는 증가한다.
 - \rightarrow 전도띠로 전이한 전자의 수가 증가하기 때문이다.



정답

1. $\frac{RA}{l}$

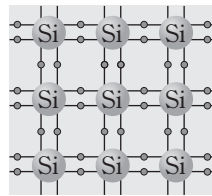
2. 저마늄

3. 도체, 반도체

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)로 이루어진 고유 반도체의 원자가 전자의 배열

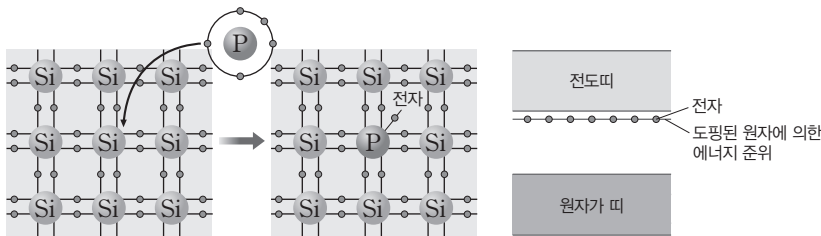
(2) **불순물 반도체**: 불순물의 종류에 따라 p형 반도체와 n형 반도체로 나뉜다.

• 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 전이하여 전류가 흐를 수 있다.

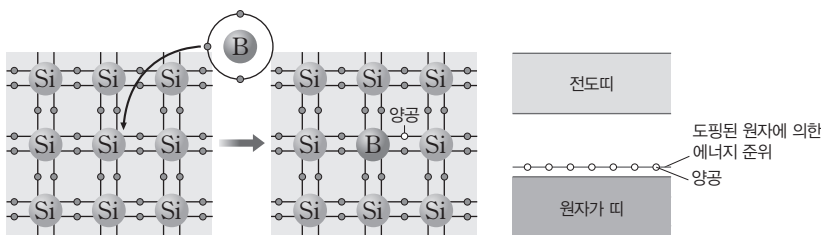


n형 반도체의 원자가 전자의 배열과 에너지띠

- 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 빠져나간 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 전이하여 전류가 흐를 수 있다.



p형 반도체의 원자가 전자의 배열과 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. () 반도체는 전기 전도성이 도체와 절연체의 중간 정도인 물질로, 원자가 전자가 4개인 규소(Si), 저마늄(Ge)과 같은 반도체이다.

2. n형 반도체는 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 ()개인 인(P), 비소(As), 안티모니(Sb) 등을 첨가하여 주된 전하 운반자가 ()인 반도체이다.

3. 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 3개인 붕소(B)를 첨가하면 전자가 비어 있는 (⊕)이 생긴다. 주변의 (⊖)가 (⊕)을 채우면 (⊙)가 빠져나간 자리에 새로운 (⊕)이 생긴다.

정답

1. 고유(순수)
2. 5, 전자
3. ⊕ 양공, ⊖ 전자

개념 체크

● **p-n 접합 다이오드:** p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 양 끝에 전극을 붙인 것으로, 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 정류 작용을 한다.

● **순방향 전압, 역방향 전압**

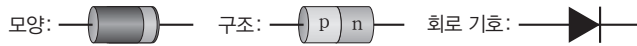
	p형 반도체	n형 반도체
순방향 전압	전원의 (+) 극에 연결	전원의 (-) 극에 연결
역방향 전압	전원의 (-) 극에 연결	전원의 (+) 극에 연결

1. ()는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 양 끝에 전극을 붙인 것으로, 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 특성이 있는 반도체 소자이다.

2. 다이오드의 p형 반도체에 전원의 ()극을, n형 반도체에 전원의 ()극을 연결하면 ()방향 전압이 걸리고, 전류가 지속적으로 흐른다.

3. 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자는 ()쪽으로 이동한다.

(3) **p-n 접합 다이오드:** p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 양 끝에 전극을 붙인 것으로, 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 특성이 있다.

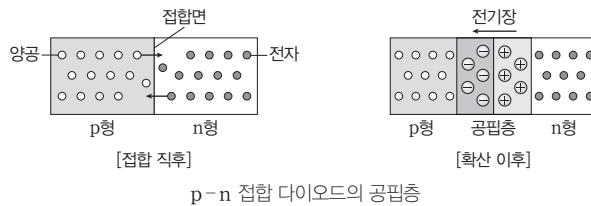


① 순방향 전압과 역방향 전압

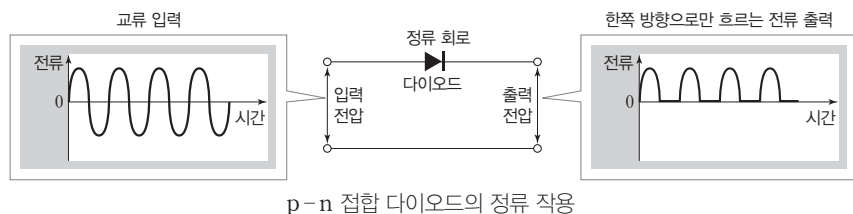
구분	순방향 전압	역방향 전압
전원의 연결	p형 반도체에 전원의 (+)극을, n형 반도체에 전원의 (-)극을 연결한다.	p형 반도체에 전원의 (-)극을, n형 반도체에 전원의 (+)극을 연결한다.
원리	<p>양공과 전자가 접합면을 통과한다.</p> <p>p형 반도체의 양공은 n형 반도체 쪽으로 이동하고, n형 반도체의 전자는 p형 반도체 쪽으로 이동한다. 양공과 전자가 서로 반대 방향으로 이동하므로, 전원에 의해 다이오드의 양 끝에서 양공과 전자가 계속 공급되어 전류가 지속적으로 흐른다.</p>	<p>양공이 (-)극, 전자가 (+)극 쪽으로 모인다. 접합면을 통과할 수 없다.</p> <p>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.</p>

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.



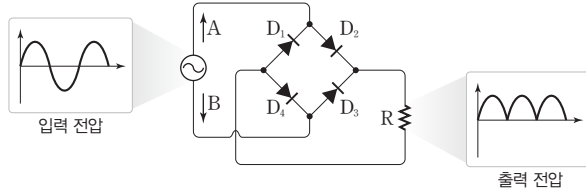
정답

1. p-n 접합 다이오드
2. (+), (-), 순
3. 접합면

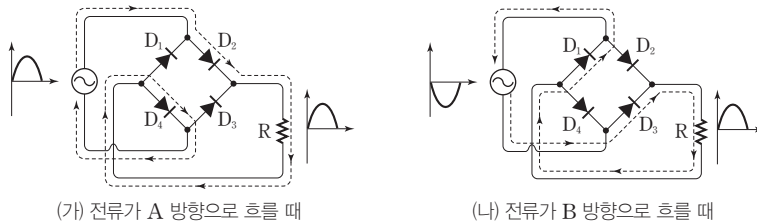
- ③ 가정에서 사용하는 전기 제품 중에서 직류로 작동하는 전기 제품 내부에는 다이오드로 구성된 정류 회로가 들어 있어 가정에 들어오는 교류를 전기 제품에 맞는 직류로 바꾸어 준다.

과학 돋보기 | 다이오드를 이용한 정류 회로

그림과 같이 교류 전원에 p-n 접합 다이오드 D_1, D_2, D_3, D_4 와 저항 R를 연결하면 전류가 A 방향으로 흐를 때와 B 방향으로 흐를 때 모두 직류로 전환할 수 있다.

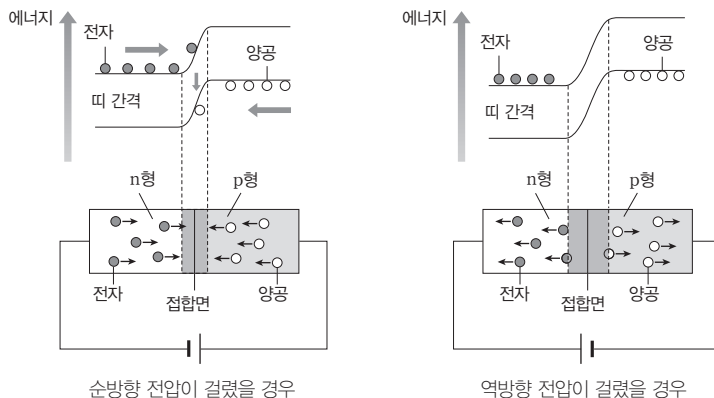


- 그림 (가)와 같이 전류가 A 방향으로 흐르는 경우: D_2 와 D_4 에는 순방향 전압이 걸리고, D_1 과 D_3 에는 역방향 전압이 걸리므로 D_2 와 D_4 에는 전류가 흐르고, D_1 과 D_3 에는 전류가 흐르지 않는다.
- 그림 (나)와 같이 전류가 B 방향으로 흐르는 경우: D_1 과 D_3 에는 순방향 전압이 걸리고, D_2 와 D_4 에는 역방향 전압이 걸리므로 D_1 과 D_3 에는 전류가 흐르고, D_2 와 D_4 에는 전류가 흐르지 않는다.
- 다이오드의 정류 작용: 교류 전원에 의한 전류의 방향은 주기적으로 바뀌지만 R에는 한쪽 방향으로 전류가 흐른다.



과학 돋보기 | 순방향 전압과 역방향 전압

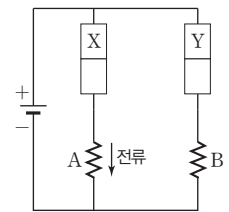
- 순방향 전압: p형 반도체, n형 반도체를 각각 전원의 (+)극, (-)극에 연결한 상태를 말한다. 다이오드가 순방향으로 연결되면 p-n 접합면에 양공과 전자가 공존하는 영역이 생긴다. 따라서 전도띠의 전자가 아래쪽 양공을 채우게 되므로 다이오드의 양 끝에서 양공과 전자를 계속 공급할 수 있게 되어 전류가 지속적으로 흐른다.
- 역방향 전압: p형 반도체, n형 반도체를 각각 전원의 (-)극, (+)극에 연결한 상태를 말한다. 다이오드가 역방향으로 연결되면 양공과 전자가 접합면에서 멀어지게 된다. 따라서 접합면에서 양공의 자리로 전자의 전이가 일어날 수 없게 되어 전류가 흐르지 않는다.



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. 정류 회로는 다이오드의 () 작용을 이용하여 전류의 방향이 주기적으로 바뀌는 ()를 한쪽 방향으로만 흐르게 한다.
2. 그림과 같이 p-n 접합 다이오드 2개, 동일한 저항 A, B를 직류 전원에 연결한 회로에서 A에만 화살표 방향으로 전류가 흐를 때, X는 ()형 반도체이고, Y는 ()형 반도체이다.



정답

1. 정류, 교류
2. p, n

개념 체크

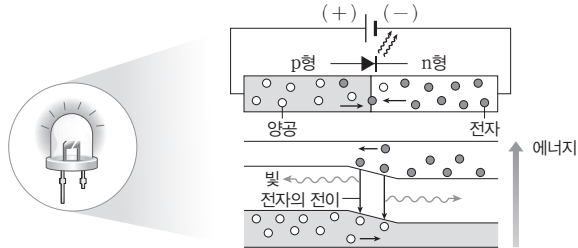
- **발광 다이오드(LED)**: 순방향 전압에 의해 전류가 흐를 때 n형 반도체에서 p형 반도체에 도달한 전자들이 에너지 준위가 낮은 양공의 자리로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출하는 다이오드이다.
- **광 다이오드**: 빛을 전기 신호로 변환하는 반도체 소자이다.

1. p-n 접합 발광 다이오드(LED)에 순방향 전압이 걸리면 n형 반도체의 ()가 p형 반도체의 ()와 결합하면서 ()에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출한다.
2. 발광 다이오드는 (⊕) 에너지를 (⊖) 에너지로 전환하고, 광 다이오드는 (⊖) 에너지를 (⊕) 에너지로 전환한다.

(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 색깔이 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.

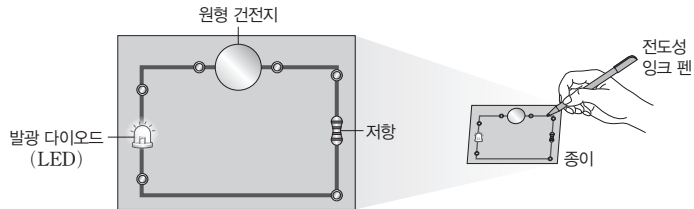
② 광 다이오드: 빛을 전기 신호로 변환하는 반도체 소자이다.

- 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.

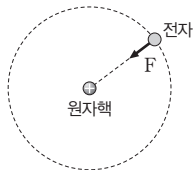
point

- 굳은 전도성 잉크에는 전류가 잘 흐른다.
- 발광 다이오드(LED)에 순방향 전압이 걸리면 불이 켜지고, 역방향 전압이 걸리면 불이 켜지지 않는다.

정답

1. 전자, 양공, 띠 간격
2. ⊕ 전기, ⊖ 빛

01 [23023-0127] 그림은 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 원자핵을 중심으로 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. F는 원자핵이 전자에 작용하는 전기력이다.

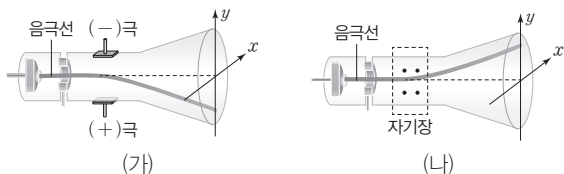


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. F의 크기는 일정하다.
 - ㄴ. F의 방향은 원자핵을 향하는 방향이다.
 - ㄷ. 전자가 원자핵을 당기는 힘의 크기는 F의 크기와 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23023-0128] 그림 (가)는 두 전극에 전압을 걸어 주었을 때 음극선이 $-y$ 방향(+극 쪽)으로 휘어지는 것을, (나)는 음극선에 $-x$ 방향으로 자기장을 걸어 주었을 때 음극선이 $+y$ 방향으로 휘어지는 것을 나타낸 것이다.

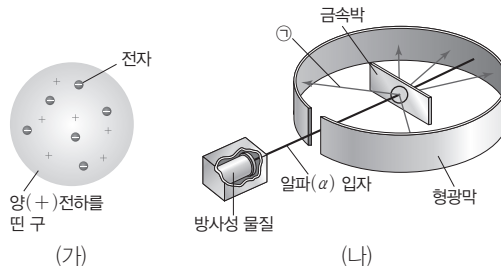


음극선에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 전기력을 받는다.
 - ㄴ. (가)의 결과로 음(-)전하를 띠고 있음을 알 수 있다.
 - ㄷ. (나)에서 자기장의 세기를 크게 하면 $+y$ 방향으로 더 많이 휘어진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [23023-0129] 그림 (가)는 톰슨의 원자 모형, (나)는 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험을 모식적으로 나타낸 것이다. ㉠은 산란각이 매우 큰 알파(α) 입자의 운동 경로 중 하나이다.

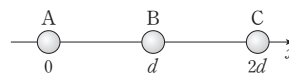


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 원자가 전기적으로 중성인 것을 설명할 수 있다.
 - ㄴ. (나)의 실험 결과로 전자의 존재를 알게 되었다.
 - ㄷ. ㉠은 알파(α) 입자가 금속박을 이루는 원자핵으로부터 밀어내는 전기력을 받기 때문에 나타나는 운동 경로이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23023-0130] 그림은 점전하 A, B, C를 각각 $x=0$, $x=d$, $x=2d$ 에 고정시킨 것을 나타낸 것이다. A와 B의 전하량의 크기는 같고, B와 C가 A로부터 받는 전기력의 크기는 F 로 같다. A와 B 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이, A와 C 사이에는 서로 밀어내는 전기력이 작용한다.

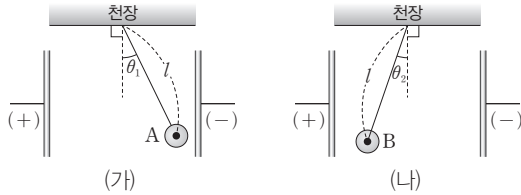


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 전하량의 크기는 C가 A의 2배이다.
 - ㄴ. B와 C 사이에는 서로 끌어당기는 전기력이 작용한다.
 - ㄷ. B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $4F$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [23023-0131] 그림 (가)와 같이 일정한 전압 V 가 걸린 두 극판 사이에서 대전된 도체구 A가 절연된 실에 매달려 정지해 있다. (가)에서 A를 다른 종류의 전하로 대전된 동일한 도체구 B로 바꿨더니 그림 (나)와 같이 B가 정지해 있다. 연직 방향에 대해 실이 기울어진 각은 $\theta_1 > \theta_2$ 이다.



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

보기

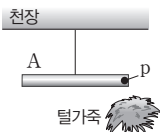
- ㄱ. A는 양(+)전하로 대전되었다.
- ㄴ. 전하량의 크기는 B가 A보다 크다.
- ㄷ. A와 B를 서로 접촉시켰다가 떼면 B는 음(-)전하로 대전된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [23023-0132] 다음은 전기적으로 중성인 털가죽과 빨대를 이용한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 빨대를 A, B로 잘라 A를 절연된 실로 매달고 A를 털가죽으로 문지른 후 털가죽을 A의 한쪽 끝 p에 가까이한다.



(나) B를 털가죽으로 문지른 후 B를 p에 가까이한다.

[실험 결과]

- (가)에서 p는 털가죽과 방향으로 회전한다.
- (나)에서 p는 B와 멀어지는 방향으로 회전한다.

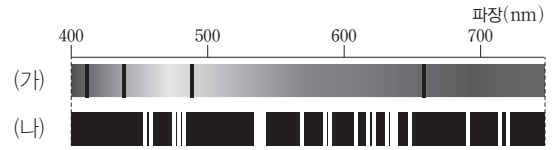
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '가까워지는'은 으로 적절하다.
- ㄴ. A와 B는 서로 다른 종류의 전하로 대전되었다.
- ㄷ. [실험 결과]는 빨대와 털가죽 사이에서 전자가 이동하기 때문에 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [23023-0133] 그림 (가), (나)는 원소 A로 이루어진 기체가 들어 있는 방전관에서 방출되는 빛의 스펙트럼과 백열등에서 방출되는 빛이 원소 B로 이루어진 저온의 기체를 통과한 빛의 스펙트럼을 순서 없이 나타낸 것이다.



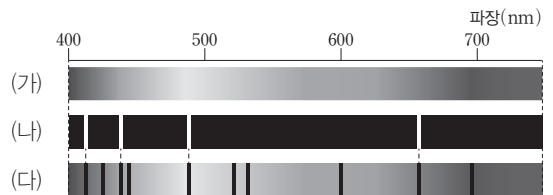
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 A로 이루어진 기체 방전관에서 방출되는 빛에 의한 스펙트럼이다.
- ㄴ. (나)는 흡수 스펙트럼이다.
- ㄷ. A와 B는 서로 다른 종류의 원소이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [23023-0134] 그림 (가)는 백열등에서 방출되는 빛의 스펙트럼을, (나)는 원소 A로 이루어진 기체가 들어 있는 방전관에서 방출되는 빛의 스펙트럼을, (다)는 태양광의 스펙트럼을 나타낸 것이다.



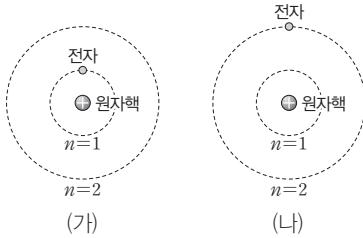
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 연속 스펙트럼이다.
- ㄴ. 태양의 대기에는 A 기체가 포함되어 있다.
- ㄷ. (나)에서 A 원자의 에너지 준위는 연속적임을 알 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 양자수 $n=1$ 인 궤도에 있는 모습을, (나)는 (가)의 전자가 $n=2$ 인 궤도로 전이한 모습을 나타낸 것이다.



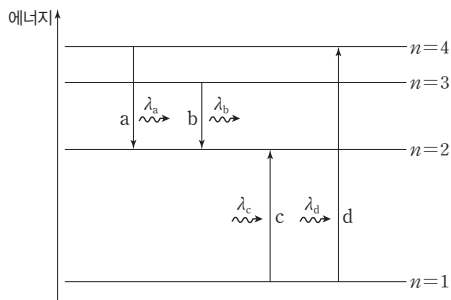
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가) → (나) 과정에서 전자는 에너지를 방출한다.
- ㄴ. 원자핵과 전자 사이에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. 전자는 $n=1$ 인 궤도와 $n=2$ 인 궤도 사이의 에너지를 가질 수 없다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 a, b, c, d를 나타낸 것이다. a, b에서 방출하는 빛의 파장은 각각 λ_a, λ_b 이고, c, d에서 흡수하는 빛의 파장은 각각 λ_c, λ_d 이다.



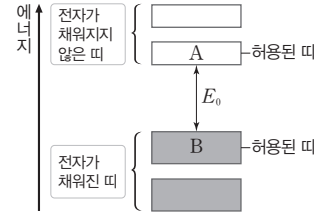
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전자의 에너지는 양자화되어 있다.
- ㄴ. $\lambda_a = \lambda_d - \lambda_c$ 이다.
- ㄷ. λ_b 는 발머 계열에 속하는 빛의 파장이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 어떤 고체의 에너지띠 구조를 나타낸 것으로, 색깔한 부분까지 전자가 채워져 있다. A, B는 허용된 띠이고, E_0 은 A와 B 사이의 띠 간격이다.



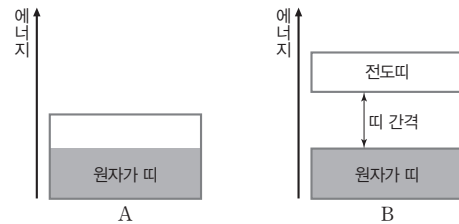
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B에 있는 전자를 자유 전자라고 한다.
- ㄴ. E_0 이 작을수록 고체의 전기 전도성이 좋아진다.
- ㄷ. B에서 A로 전이하는 전자가 흡수하는 최소 에너지는 E_0 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 고체 A, B의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다. A와 B는 도체, 반도체를 순서 없이 나타낸 것이고, 색깔한 부분까지 전자가 채워져 있다.



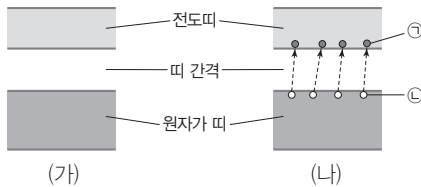
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 도체이다.
- ㄴ. 상온에서 전기 전도성은 A가 B보다 좋지 않다.
- ㄷ. 띠 간격이 작을수록 원자가 띠의 전자가 전도 띠로 전이하기 쉽다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [23023-0139] 그림 (가), (나)는 어떤 고체 A의 온도가 0 K인 상태일 때와 A의 온도가 300 K인 상태일 때의 에너지띠 구조를 순서 없이 나타낸 것으로, (나)는 원자가 띠에 있던 ①이 전도띠로 전이하여 원자가 띠에 ②이 생긴 것을 모식적으로 나타낸 것이다.

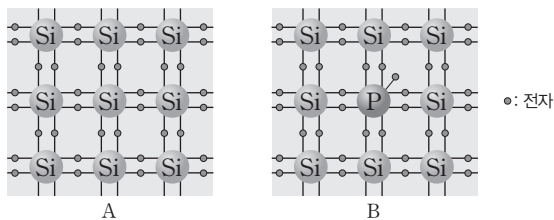


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 A의 온도가 0 K인 상태일 때이다.
 - ㄴ. (나)에서 ①은 원자 사이를 자유롭게 이동할 수 있다.
 - ㄷ. (나)에서 ②은 원자가 띠의 다른 전자가 채울 수 없다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [23023-0140] 그림은 규소(Si)로 이루어진 고유 반도체 A와 불순물 반도체 B를 구성하는 원소와 원자가 전자의 배열을 각각 나타낸 것이다.

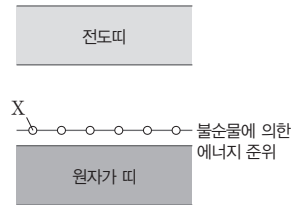


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.
 - ㄴ. B는 p형 반도체이다.
 - ㄷ. B에서 불순물의 농도를 조절하여 전기 전도도를 조절할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23023-0141] 그림은 규소(Si)로 이루어진 고유 반도체에 원자가 전자가 3개인 불순물을 첨가한 불순물 반도체 A의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다. X는 양공과 전자 중 하나이다.

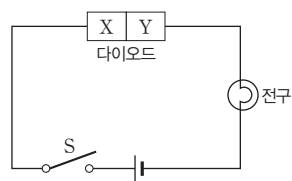


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 p형 반도체이다.
 - ㄴ. X는 양공이다.
 - ㄷ. 원자가 띠의 전자의 에너지 준위는 모두 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [23023-0142] 그림은 p-n 접합 다이오드, 전구, 전원, 스위치 S를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것으로, S를 닫으면 전구에서 불이 켜진다. X와 Y는 각각 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.

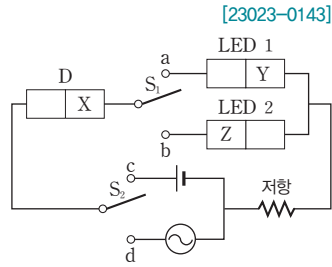


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. X는 p형 반도체이다.
 - ㄴ. Y는 원자가 전자가 3개인 원소로 도핑된 반도체이다.
 - ㄷ. S를 닫으면 Y의 원자가 띠의 전자가 X의 전도띠로 전이한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 그림은 p-n 접합 다이오드 D, p-n 접합 발광 다이오드(LED) 1과 2, 스위치 S₁과 S₂, 저항, 교류 전원을 이용하여 구성된 회로를 나타낸 것이다. S₁을 a에 연결하고 S₂를 c에 연결하면 LED 1에서는 불이 켜지고, S₁을 b에 연결하고 S₂를 c에 연결하면 LED 2에서는 불이 켜지지 않는다. X, Y, Z는 각각 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



[23023-0143]

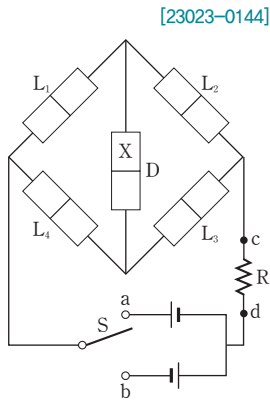
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 p형 반도체이다.
- ㄴ. Y와 Z는 전자가 주된 전하 운반자인 반도체이다.
- ㄷ. S₁을 b에 연결하고 S₂를 d에 연결하면 LED 2에서는 반복적으로 불이 켜지고 꺼진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림은 p-n 접합 다이오드 L₁, L₂, L₃, L₄, D, 저항 R, 동일한 직류 전원 2개, 스위치 S를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. S를 a에 연결할 때 L₁, L₃, D에만 전류가 흐르고, S를 b에 연결할 때 L₂, L₄, D에만 전류가 흐른다. c, d는 도선 위의 점이고, X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



[23023-0144]

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

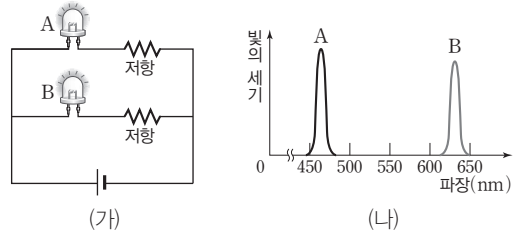
보기

- ㄱ. X는 원자가 전자가 3개인 불순물이 첨가된 반도체이다.
- ㄴ. D에 흐르는 전류의 방향은 S를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때가 같다.
- ㄷ. R에 흐르는 전류의 방향이 c → R → d일 때, L₄에 역방향 전압이 걸린다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 그림 (가)와 같이 p-n 접합 발광 다이오드 A와 B, 저항, 전원을 이용하여 회로를 구성하였더니 A, B에서 불이 켜졌다. 그림 (나)는 A, B에서 방출되는 빛의 세기를 파장에 따라 나타낸 것이다.

[23023-0145]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

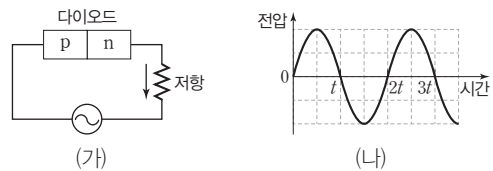
보기

- ㄱ. A에는 순방향 전압이 걸려 있다.
- ㄴ. B에서 n형 반도체의 전자가 p형 반도체로 전이한다.
- ㄷ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격은 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림 (가)는 p-n 접합 다이오드, 저항, 교류 전원을 이용하여 구성한 회로를, (나)는 교류 전원의 전압을 시간에 따라 나타낸 것이다. 시간이 $\frac{1}{2}t$ 일 때 다이오드에 순방향 전압이 걸리고, 저항에는 화살표 방향으로 전류가 흐르며, 이 전류의 방향을 (+)방향으로 한다.

[23023-0146]



저항에 흐르는 전류를 시간에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은?

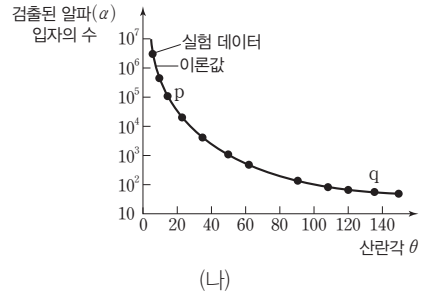
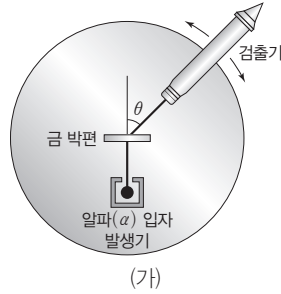
- ① 전류 vs. 시간 그래프: Positive half-cycle from 0 to t, negative half-cycle from t to 2t, positive half-cycle from 2t to 3t.
- ② 전류 vs. 시간 그래프: Positive half-cycle from 0 to t, zero current from t to 2t, positive half-cycle from 2t to 3t.
- ③ 전류 vs. 시간 그래프: Positive half-cycle from 0 to t, zero current from t to 2t, zero current from 2t to 3t.
- ④ 전류 vs. 시간 그래프: Negative half-cycle from 0 to t, zero current from t to 2t, negative half-cycle from 2t to 3t.
- ⑤ 전류 vs. 시간 그래프: Negative half-cycle from 0 to t, positive half-cycle from t to 2t, negative half-cycle from 2t to 3t.

[23023-0147]

러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험에서 양(+)전하인 알파(α) 입자의 일부 산란각이 매우 크다는 것로부터 원자에 양(+)전하를 띠는 원자핵이 존재한다는 것을 알 수 있다.

01 다음은 러더퍼드의 실험에 관한 글이다.

그림 (가)는 러더퍼드 실험실에서 사용된 장치를 위에서 본 것이다. 그림 (나)는 (가)의 실험 결과로, 알파(α) 입자가 금 박편에 입사한 방향을 기준으로 산란각 θ 에 따라 검출된 알파(α) 입자의 수를 나타낸 것이다. 실선은 원자가 작지만 무겁고, 양(+)으로 대전된 원자핵을 가지고 있다는 가정으로 얻은 이론값이고, 점은 실험 데이터이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

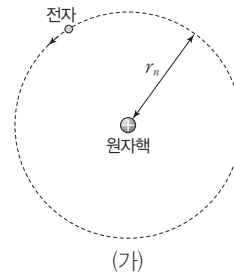
보기

- ㄱ. 원자핵과 알파(α) 입자 사이에는 서로 밀어내는 전기력이 작용한다.
- ㄴ. (나)를 통해 원자의 대부분이 빈 공간임을 알 수 있다.
- ㄷ. 원자핵과 알파(α) 입자 사이에 작용하는 전기력의 크기의 최댓값은 p에서가 q에서보다 크다.

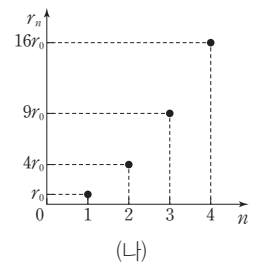
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

전자는 원자핵으로부터 받는 전기력에 의해 구속되어 있고, 원자핵과 전자 사이에 작용하는 전기력의 크기는 원자핵과 전자 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

02 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 원자핵을 중심으로 원운동을 하는 양자수 n 인 원 궤도의 반지름 r_n 을, (나)는 n 에 따른 r_n 을 나타낸 것이다.



[23023-0148]



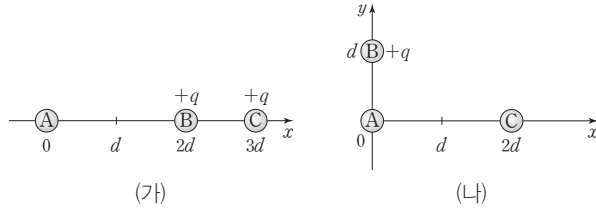
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전자는 반지름이 $7r_0$ 인 궤도에서 원운동을 할 수 있다.
- ㄴ. 전자에 작용하는 전기력의 크기가 작을수록 전자의 에너지 준위가 높다.
- ㄷ. 전자에 작용하는 전기력의 크기는 $n=2$ 일 때가 $n=4$ 일 때의 16배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [23023-0149] 그림 (가)는 대전된 동일한 도체구 A, B, C가 x 축상에 고정되어 있는 것을 나타낸 것으로, B와 C의 전하량은 $+q$ 로 같고, C가 받는 전기력은 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 C를 접촉시켰다가 떼어낸 후 A, B, C를 x 축, y 축상에 각각 고정한 것을 나타낸 것이다.

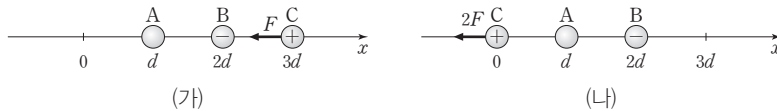


(나)에서 A가 C로부터 받는 전기력의 크기를 F_{AC} , B가 C로부터 받는 전기력의 크기를 F_{BC} 라고 할 때, $\frac{F_{AC}}{F_{BC}}$ 는?

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

대전된 동일한 두 도체구 A, B를 접촉시켰다가 떼어내면 A, B의 전하량의 크기는 같다. 이때 A, B의 접촉 후 전하의 종류는 접촉 전 전하량의 크기가 큰 전하와 같은 종류이다.

04 [23023-0150] 그림 (가), (나)는 점전하 A, B, C가 x 축상의 서로 다른 위치에 각각 고정되어 있는 것을 나타낸 것으로, B는 음(-)전하, C는 양(+)전하이다. (가)에서는 C에 $-x$ 방향으로 크기가 F 인 전기력이 작용하고, (나)에서는 C에 $-x$ 방향으로 크기가 $2F$ 인 전기력이 작용한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 양(+)전하이다.
- ㄴ. 전하량의 크기는 A가 B의 3배이다.
- ㄷ. (가)에서 x 축을 따라 C를 이동시킬 때 C에 작용하는 전기력이 0인 지점은 $x=6d$ 와 $x=7d$ 사이에 위치한다.

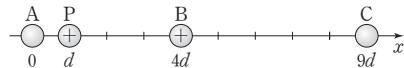
- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(나)에서 C에 작용하는 전기력이 $-x$ 방향이므로 A와 C 사이에는 서로 밀어내는 전기력이 작용한다.

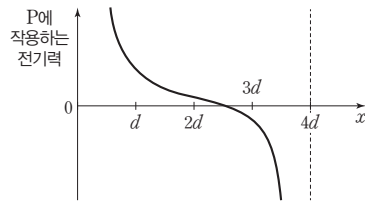
A와 B가 P에 작용하는 전기력이 0인 지점의 위치가 A와 B 사이에 있으면 A와 B는 같은 종류의 전하이다.

A의 전하량은 $+q$, B의 전하량은 $+2q$, C의 전하량은 $+q$, D의 전하량은 $-2q$ 이다.

05 그림 (가)와 같이 x 축상에 점전하 A, B, C를 고정하고 양(+)전하인 점전하 P를 옮기며 고정한다. A, B, C의 전하량의 크기는 각각 $q_0, q_0, 10q_0$ 이고, B는 양(+)전하이다. 그림 (나)는 P의 위치 x 가 $0 < x < 4d$ 인 구간에 있을 때 P에 작용하는 전기력을 나타낸 것이다. 전기력은 $+x$ 방향이 양(+)이다.



(가)



(나)

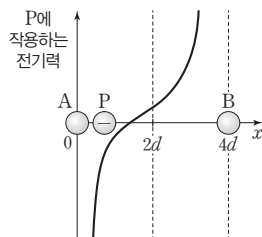
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

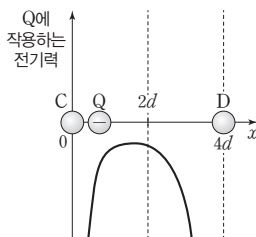
- ㄱ. A와 C는 같은 종류의 전하이다.
- ㄴ. $x=6.5d$ 에서 P가 받는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㄷ. $12d < x < 13d$ 인 구간에서 P에 작용하는 전기력이 0이 되는 위치가 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

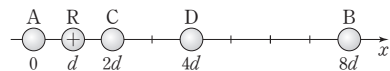
06 그림 (가)는 점전하 A, B를, (나)는 점전하 C, D를 각각 x 축상에 고정한 것을 나타낸 것으로, A~D의 전하량을 순서 없이 나타내면 $+q, +q, +2q, -2q$ 이다. 그림 (가)에서는 음(-)전하 P를 옮기며 x 축에 고정할 때, (나)에서는 음(-)전하 Q를 옮기며 x 축에 고정할 때 각각 P, Q의 위치 x 가 $0 < x < 4d$ 인 구간에서 P, Q에 작용하는 전기력을 나타낸 것이다. 그림 (다)는 A~D를 x 축상에 고정하고 양(+)전하인 점전하 R를 옮기며 고정하는 것을 나타낸 것이다. 전기력은 $+x$ 방향이 양(+)이다.



(가)



(나)



(다)

(다)에서 x 축상의 R의 위치에 따라 R에 작용하는 전기력에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

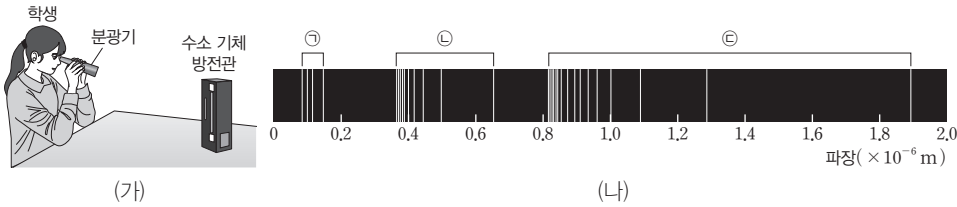
보기

- ㄱ. $x=d$ 에서 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㄴ. 전기력의 크기는 $x=d$ 에서가 $x=3d$ 에서보다 작다.
- ㄷ. $4d < x < 8d$ 에서 R에 작용하는 전기력이 0인 위치가 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0153]

07 그림 (가)는 학생이 분광기로 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼을 관찰하는 모습을, (나)는 수소 원자의 선 스펙트럼을 나타낸 것이다. ㉠, ㉡, ㉢은 라이먼 계열, 발머 계열, 파셴 계열 중 하나이다.



- ㉠은 자외선인 라이먼 계열,
- ㉡은 가시광선인 발머 계열,
- ㉢은 적외선인 파셴 계열이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

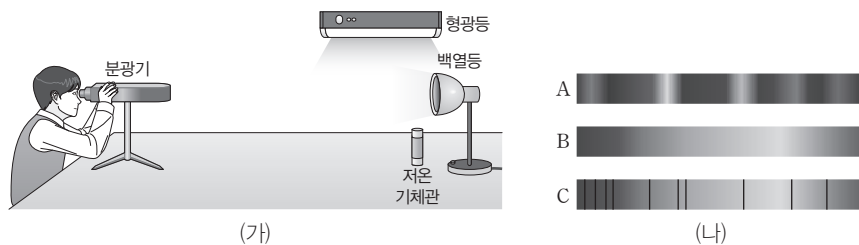
보기

- ㄱ. 학생이 분광기로 관찰하는 계열은 ㉡에 속한다.
- ㄴ. 광자 1개의 에너지는 ㉠에서가 ㉢에서보다 크다.
- ㄷ. ㉢은 수소 원자의 전자가 양자수 $n \geq 4$ 에서 $n=3$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛에 의한 스펙트럼이다.

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

[23023-0154]

08 그림 (가)는 분광기로 저온 기체관을 통과한 백열등 빛, 형광등에서 나오는 빛, 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼을 관찰하는 모습을, (나)의 A, B, C는 (가)의 관찰 결과를 순서 없이 나타낸 것이다. 저온 기체관에는 한 종류의 기체만 들어 있고, 스펙트럼은 가시광선 전체 영역을 나타낸 것이다.



A는 형광등에서 나오는 빛의 스펙트럼, B는 백열등에서 나오는 빛의 스펙트럼, C는 저온 기체관을 통과한 백열등 빛의 스펙트럼이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

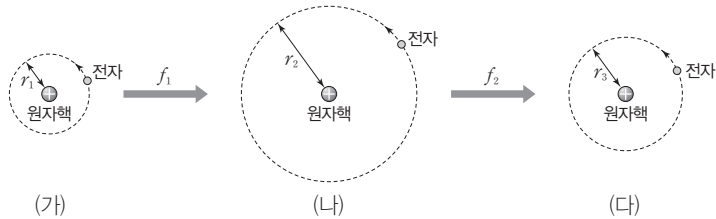
- ㄱ. 형광등에서 나오는 빛의 스펙트럼은 B이다.
- ㄴ. 백열등에서 나오는 빛에 의한 스펙트럼은 연속 스펙트럼이다.
- ㄷ. 저온 기체의 에너지 준위는 불연속적이다.

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

보어의 수소 원자 모형에서 양자수가 클수록 전자의 궤도 반지름이 크고, 전자의 에너지 준위가 높다.

보어의 수소 원자 모형에서 라이먼 계열은 양자수 $n \geq 2$ 에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛이고, 발머 계열은 양자수 $n \geq 3$ 에서 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛이며, 파셴 계열은 양자수 $n \geq 4$ 에서 $n=3$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛이다.

09 [23023-0155] 그림은 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 (가) → (나) → (다)인 상태로 전이하는 것을 나타낸 것이고, f_1, f_2 는 전자의 전이 과정에서 방출 또는 흡수하는 빛의 진동수이다. r_1, r_2, r_3 은 원자핵으로부터 전자가 원자핵 주위를 돌고 있는 특정 궤도까지의 반지름으로 $r_1 < r_3 < r_2$ 이다.



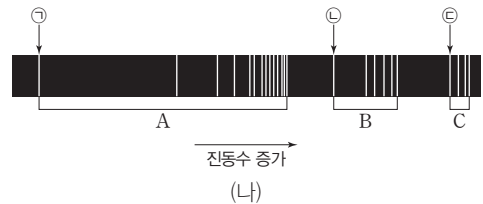
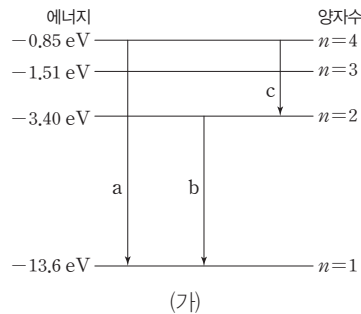
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이다.)

보기

- ㄱ. 전자의 에너지 준위는 (가)에서 (나)에서보다 높다.
- ㄴ. 전자가 받는 전기력의 크기는 (나)에서 (다)에서보다 크다.
- ㄷ. (가)인 상태에서 전자가 $hf_1 - hf_2$ 인 에너지를 흡수하면 (다)인 상태로 전이할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23023-0156] 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 a, b, c를, (나)는 가열된 수소 원자에서 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 선 스펙트럼을 진동수에 따라 나타낸 것이다. A, B, C는 라이먼 계열, 발머 계열, 파셴 계열 중 하나이고, ㉠, ㉡, ㉢은 A, B, C에서 각각 진동수가 가장 작은 빛에 의한 스펙트럼선이다.



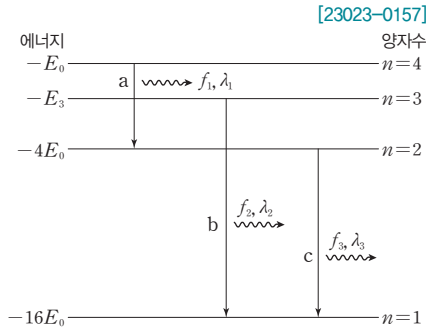
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 광자 1개의 에너지는 ㉠이 ㉢보다 크다.
- ㄴ. ㉡에서 광자 1개의 에너지는 1.89 eV이다.
- ㄷ. c에서 방출된 광자 1개의 에너지는 a에서 방출된 광자 1개의 에너지에서 b에서 방출된 광자 1개의 에너지를 뺀 값과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 a, b, c를 나타낸 것이다. 방출된 빛의 진동수와 파장은 a에서 f_1, λ_1 , b에서 f_2, λ_2 , c에서 f_3, λ_3 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c 는 빛의 속력이고, h 는 플랑크 상수이다.)



양자수 $n=1$ 일 때 에너지는 $-\frac{16}{1^2}E_0$, $n=2$ 일 때 에너지는 $-\frac{16}{2^2}E_0 = -4E_0$, $n=4$ 일 때 에너지는 $-\frac{16}{4^2}E_0 = -E_0$ 이므로 $n=3$ 일 때 에너지는 $-\frac{16}{3^2}E_0 = -\frac{16}{9}E_0$ 이다.

보기

- ㄱ. $\lambda_1 = 4\lambda_3$ 이다.
- ㄴ. $hf_2 = \frac{125}{9}E_0$ 이다.
- ㄷ. $f_1 = \frac{27}{20}c\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_3}\right)$ 이다.

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

12 다음은 물질의 전기 전도도에 대한 실험이다.

[23023-0158]

[실험 과정]

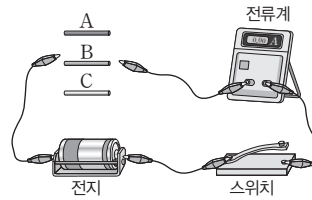
(가) 그림과 같이 구리 막대, 규소 막대, 나무 막대 중 하나인 A, B, C를 연결할 수 있는 전기 회로를 구성한다. A~C의 단면적과 길이는 같다.

(나) 두 집게를 A~C의 양 끝에 각각 연결하고 스위치를 닫은 후 전류계의 눈금을 읽는다.

(다) (나)에서 오른쪽 집게를 A~C의 중간 지점에 연결하여 전류계의 눈금을 읽는다.

[실험 결과]

	A	B	C	전류의 세기
(나)의 결과	I_1	0	I_2	$I_1 > I_2$



구리 막대는 도체, 규소 막대는 반도체, 나무 막대는 절연체이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 전지의 전압은 일정하다.)

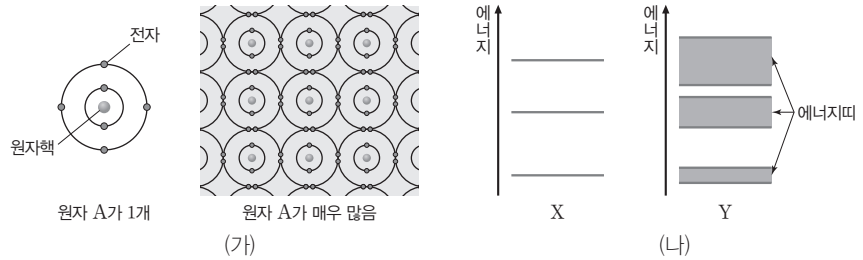
보기

- ㄱ. A는 규소 막대이다.
- ㄴ. 원자가 피와 전도피 사이의 띠 간격은 B가 C보다 크다.
- ㄷ. (다)에서 C의 결과는 I_2 보다 작다.

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

원자 A가 매우 많은 경우, 가까운 원자 내 전자의 에너지 준위가 겹칠 때 에너지 준위가 미세한 차를 두면서 에너지 띠를 이루게 된다.

13 그림 (가)는 원자 A가 1개일 때와 매우 많은 A들이 가까이 있을 때를 나타낸 것이고, (나)의 X는 A 1개의 에너지 준위를, Y는 매우 많은 A들이 가까이 있을 때의 에너지 띠를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

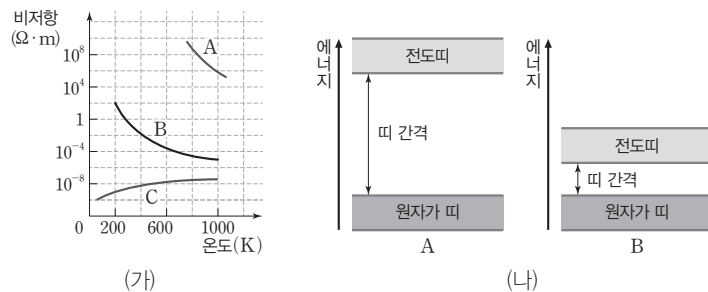
보기

- ㄱ. 1개의 A에서 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.
- ㄴ. 2개의 A가 매우 가까워져서 에너지 준위가 겹치게 되면 미세한 차를 두면서 2개의 에너지 준위로 존재한다.
- ㄷ. Y에서 같은 에너지 띠에 있는 전자들의 에너지 준위는 동일하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A는 비저항이 가장 크므로 절연체, B는 반도체, C는 도체이다.

14 그림 (가)는 고체 A, B, C의 비저항을 온도에 따라 나타낸 것으로, A, B, C는 도체, 반도체, 절연체를 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B의 에너지 띠 구조를 나타낸 것이다.



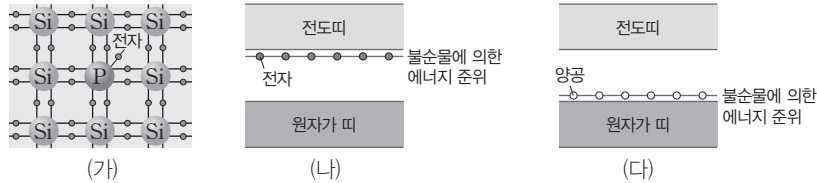
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 800 K에서 전도 띠의 자유 전자 수는 A가 B보다 많다.
- ㄴ. 600 K일 때 전기 전도도는 B가 C보다 크다.
- ㄷ. 도체는 온도가 올라갈수록 전기 전도도가 작아진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림 (가)는 규소(Si)에 인(P)을 첨가한 불순물 반도체의 원자가 전자의 배열을 나타낸 것이고, (나)와 (다)는 규소에 불순물을 첨가한 p형, n형 반도체의 에너지띠 구조를 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (가)는 (나) 또는 (다)에 해당하는 반도체이다.



규소(Si)로만 이루어진 반도체는 고유 반도체로 상온에서 전기 전도성이 매우 낮다. 고유 반도체에 불순물을 첨가하여 p형 반도체, n형 반도체를 만든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 에너지띠 구조는 (나)이다.
 ㄴ. (다)에 첨가한 불순물의 원자가 전자는 5개이다.
 ㄷ. (나)와 (다)의 에너지띠 구조를 가진 반도체를 접합하여 정류 작용을 하는 반도체 소자를 만들 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 다음은 전기력과 p-n 접합 다이오드의 특성에 대한 실험이다.

[23023-0162]

전원 장치의 (+)단자와 (-)단자에 연결된 두 개의 전극을 오일 속에 담근 상태에서 전원을 켜서 털실이 전기력을 받으면 털실은 일정한 모양으로 배열된다.

[실험 과정]

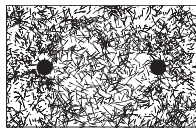
(가) 그림과 같이 페트리 접시에 베이비오일을 넣은 다음 털실을 잘라 오일에 띄운다.

(나) 전원 장치의 (+)단자와 (-)단자에 연결되어 한 쪽에 다이오드가 연결된 두 개의 전극을 오일 속에 담근 상태에서 전원을 켜고, 전원 장치의 전압을 높인 후 털실의 배열을 관찰한다.

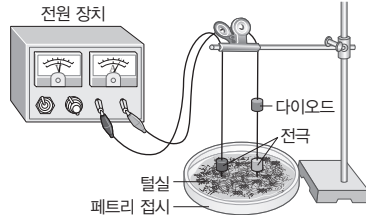
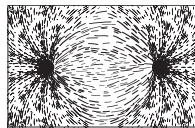
(다) 전원 장치의 (+)단자와 (-)단자를 (나)와 반대로 연결하여 털실의 배열을 관찰한다.

[실험 결과]

• (나)의 결과



• (다)의 결과



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

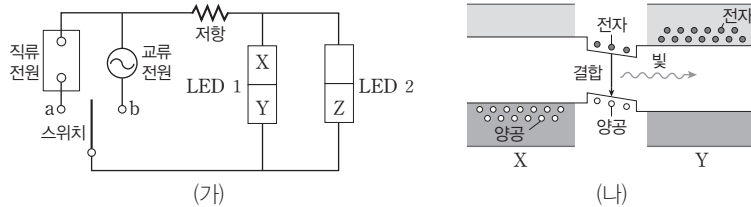
보기

ㄱ. (나)에서 다이오드에는 역방향 전압이 걸린다.
 ㄴ. (나)에서 다이오드를 반대로 연결하면 털실은 (다)의 결과와 유사하게 배열된다.
 ㄷ. (다)의 결과는 털실이 전기력을 받았기 때문이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

p-n 접합 발광 다이오드(LED)에 순방향 전압이 걸리면 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출한다.

17 그림 (가)와 같이 동일한 p-n 접합 발광 다이오드 LED 1과 LED 2, 저항, 직류 전원, 교류 전원, 스위치를 이용하여 회로를 구성하였다. 그림 (나)는 (가)에서 스위치를 직류 전원에 연결할 때 LED 1의 X와 Y의 접합면에서 전자와 양공이 결합하는 현상을 나타낸 것으로, LED 2에서는 이와 같은 현상이 나타나지 않는다. X, Y, Z는 p형 반도체 또는 n형 반도체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

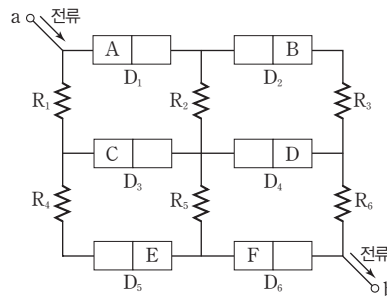
보기

- ㄱ. a는 직류 전원의 (+)극에 연결되어 있다.
- ㄴ. Z는 전도띠에 자유 전자가 더 많도록 도핑된 반도체이다.
- ㄷ. 스위치를 b에 연결하면 LED 2에서는 주기적으로 깜박이며 빛이 방출된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

전류가 a에서 b로 흐를 때 순방향 전압이 걸린 다이오드는 D₁, D₄, D₆이다.

18 그림과 같이 동일한 p-n 접합 다이오드 D₁~D₆과 동일한 저항 R₁~R₆을 이용하여 회로를 구성하였다. 전류는 a에서 R₂, R₅, R₆만을 지나 b로 흐른다. A~F는 p형 반도체 또는 n형 반도체 중 하나이고, a와 b는 전압이 일정한 직류 전원에 연결된 단자이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. C는 주로 전자가 전하 운반자인 반도체이다.
- ㄴ. D₄의 전자와 양공은 p-n 접합면에서 멀어진다.
- ㄷ. A~F에서 p형 반도체의 개수와 n형 반도체의 개수의 비는 1 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

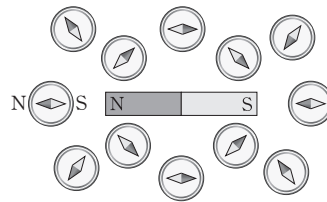
1 전류에 의한 자기장

(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.

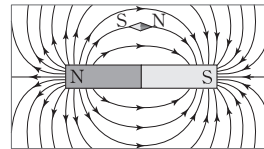
- 자기장의 방향: 자침의 N극이 가리키는 방향이 자침이 놓인 지점에서 자기장의 방향이다.
- 자기장의 세기: 자석의 자극에 가까울수록 자기장의 세기가 세다.



③ 자기력선: 자기장 내에서 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 연결한 선이다.

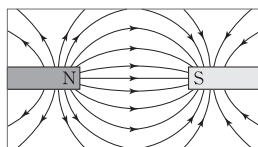
④ 자기력선의 특징

- 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.

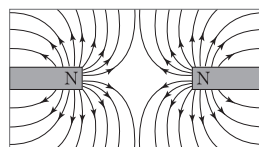


⑤ 자석 주위의 자기력선

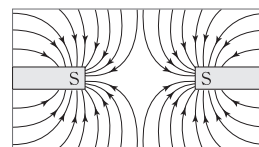
- 다른 극 사이에는 서로 끌어당기는 방향으로 자기력선이 분포하고, 같은 극 사이에는 서로 밀어내는 방향으로 자기력선이 분포한다.
- 자석의 끝부분에서 자기력선의 밀도가 크다.



N극과 S극 사이의 자기력선



N극과 N극 사이의 자기력선



S극과 S극 사이의 자기력선

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 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 연결한 선으로, 자석의 N극에서 나와서 S극으로 들어가는 폐곡선이다.

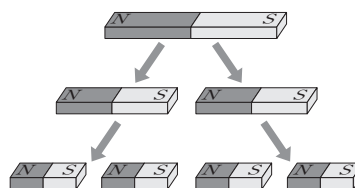
1. 자기장은 크기와 (㉠) 을 함께 나타내는 물리량으로, 자기장의 (㉠) 은 나침반 자침의 (㉡) 이 가리키는 방향이다.

2. () 은 자기장 내에서 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 연결한 선이다.

3. 자기력선은 자석의 (N극, S극) 에서 나오며 (N극, S극) 으로 들어간다.

과학 돋보기 | 자석의 발견과 특징

우리가 주변에서 쉽게 볼 수 있는 자석은 자철석(magnetite)이라는 광석으로부터 얻을 수 있다. 자기(magnet)라는 단어의 어원을 살펴보면 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.



정답

1. ㉠ 방향, ㉡ N극
2. 자기력선
3. N극, S극

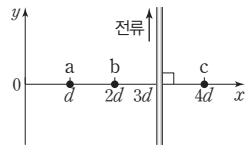
개념 체크

● **직선 전류에 의한 자기장:** 직선 도선 주위에 도선을 중심으로 하는 동심원의 자기장이 형성되며, 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 직선 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

● **앙페르 법칙(오른나사 법칙):** 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 했을 때, 나머지 네 손가락이 도선을 감아쥐는 방향이다.

1. 직선 도선에 전류가 흐르는 방향으로 ()손의 엄지손가락을 향하게 하면 나머지 네 손가락이 도선을 감아쥐는 방향이 ()의 방향이다.

[2~3] 그림은 xy 평면에 고정된 무한히 긴 직선 도선에 화살표 방향으로 일정한 세기의 전류가 흐를 때, x 축상의 점 a, b, c를 나타낸 것이다.



2. 표는 a, b, c에서 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 나타낸 것이다. 표를 완성하시오.

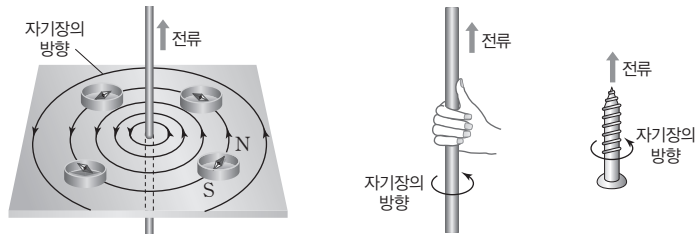
점	자기장의 세기
a	B_0
b	()
c	()

3. 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 a와 b에서는 xy 평면에서 수직으로 () 방향이고, c에서는 xy 평면에 수직으로 () 방향이다.

정답

- 오른, 자기장
- ⊙ $2B_0$, ⊙ $2B_0$
- 나오는, 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.

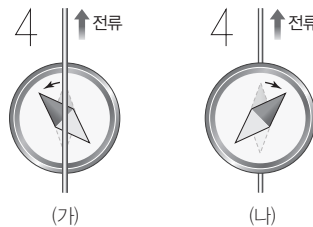
$$\text{자기장의 세기} \propto \frac{\text{전류의 세기}}{\text{직선 도선으로부터의 거리}}$$

② 자기장의 방향: 직선 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 하면 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 나머지 네 손가락이 도선을 감아쥐는 방향이다.

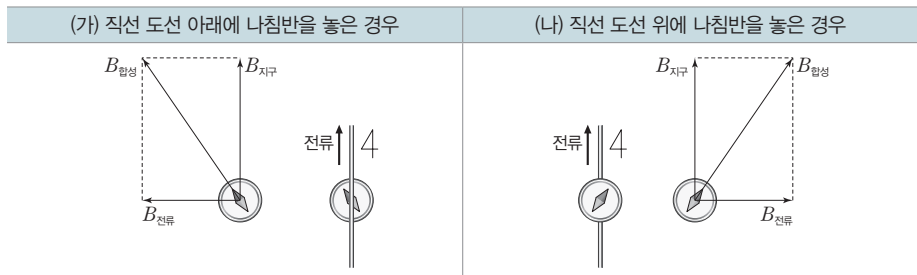
➔ 이를 앙페르 법칙이라고 하며, 앙페르 법칙은 오른나사의 진행 방향을 전류의 방향으로 할 때 자기장의 방향이 나사가 회전하는 방향과 같아 오른나사 법칙이라고 한다. 따라서 앙페르 법칙은 오른나사 법칙과 같은 의미로 사용한다.

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.

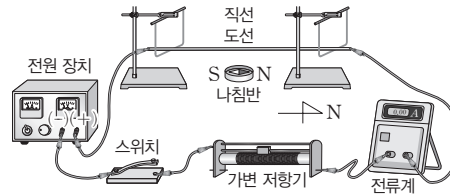


• 직선 도선에 전류가 흐를 때 자침의 N극이 가리키는 방향은 전류에 의한 자기장 $B_{\text{전류}}$ 와 지구에 의한 자기장 $B_{\text{지구}}$ 의 합성 자기장 $B_{\text{합성}}$ 의 방향과 같다.

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.



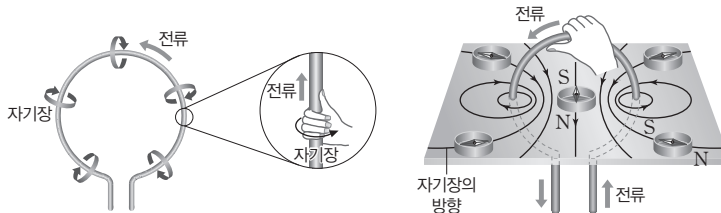
결과

- 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.

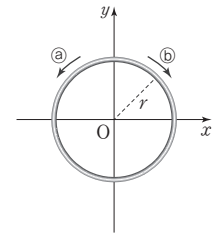
$$\text{자기장의 세기} \propto \frac{\text{전류의 세기}}{\text{원형 도선의 반지름}}$$

② 원형 전류 중심에서 자기장의 방향: 전류의 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 하면 자기장의 방향은 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다.

개념 체크

● 원형 전류에 의한 자기장: 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다.

1. 그림과 같이 xy 평면에 고정된 원형 도선의 중심 O 에서 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 방향을 나타낸 표를 완성하십시오. (단, \times 는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이고, \bullet 는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.)



전류의 세기	I_0	$4I_0$
전류의 방향	ⓐ	ⓑ
원형 도선의 반지름 r	d_0	(㉑)
자기장의 세기	B_0	$2B_0$
자기장의 방향	(㉒)	(㉓)

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: $B_0 (\times)$ • 도선 B: $\frac{1}{2}B_0 (\times)$ • 합성 자기장: $\frac{3}{2}B_0 (\times)$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 도선 A: $B_0 (\bullet)$ • 도선 B: $\frac{1}{2}B_0 (\times)$ • 합성 자기장: $\frac{1}{2}B_0 (\bullet)$

\times : 종이면에 수직으로 들어가는 방향, \bullet : 종이면에서 수직으로 나오는 방향

➔ 두 원형 전류 중심에서의 자기장의 세기는 전류가 같은 방향으로 흐르면 커지고, 반대 방향으로 흐르면 작아진다.

정답

1. ㉑ $2d_0$, ㉒ \bullet , ㉓ \times

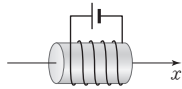
개념 체크

● 솔레노이드 내부에서의 자기장:
솔레노이드 내부에서 자기력선이 평행하고 간격이 일정하므로, 솔레노이드 내부에서 자기장은 균일하다.

1. 솔레노이드 내부에서 전류에 의한 자기장의 세기는 단위 길이당 도선의 감은 수에 (비례, 반비례)하고, 전류의 세기에 (비례, 반비례)한다.

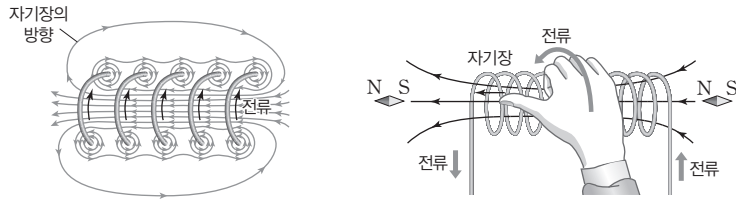
2. 코일에 전류가 흐를 때, 코일의 한쪽은 N극, 다른 한쪽은 S극을 형성하여 코일은 자석의 성질을 갖는다. (○, ×)

3. 그림은 전원 장치가 연결된 솔레노이드를 나타낸 것으로, 솔레노이드 내부에서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 (+x, -x) 방향이다.



4. 스피커에서는 전류가 흐르는 코일과 영구 자석 사이에 ()력이 작용하여 진동판을 진동시킨다.

(4) 솔레노이드에서 전류에 의한 자기장: 도선을 촘촘하고 균일하게 원통형으로 감은 것을 솔레노이드라고 하며, 원형 도선을 여러 개 겹쳐 놓은 것과 같다.



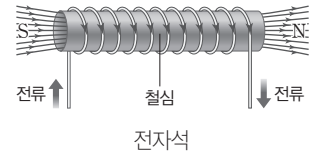
① 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기: 무한히 긴 솔레노이드 내부의 자기장은 균일하며, 전류의 세기가 클수록, 단위 길이당 도선의 감은 수가 많을수록 세다.

$$\text{자기장의 세기} \propto (\text{전류의 세기}) \times (\text{단위 길이당 도선의 감은 수})$$

② 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향: 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아줄 때 엄지 손가락이 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 방향이 바뀌므로 코일은 계속 한 방향으로 회전한다. 또한, 전류의 방향을 바꾸면 코일의 회전 방향도 바뀌게 된다.

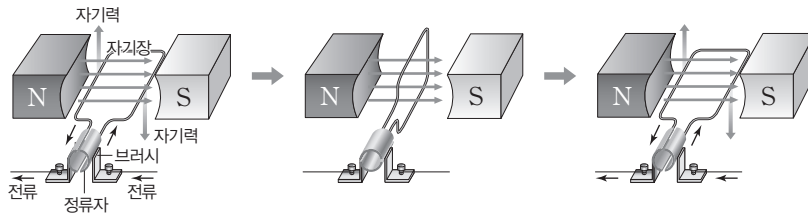
정답

1. 비례, 비례
2. ○
3. +x
4. 자기

개념 체크

● **전동기**: 전류의 자기 작용을 이용하여 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환하는 장치이다.

1. 전동기는 전류의 자기 작용을 이용하여 () 에너지를 () 에너지로 전환한다.
2. 자기 공명 영상(MRI) 장치는 코일에 전류가 흐를 때 생기는 ()을 이용하여 인체 내부의 영상을 얻는다.



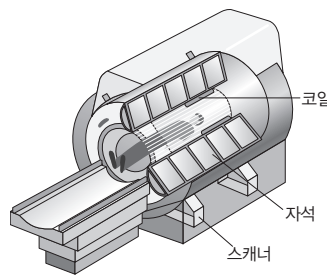
- 자기력의 크기: 코일의 감은 수가 많을수록, 코일에 흐르는 전류의 세기가 클수록 코일이 큰 힘을 받는다.
- 전동기의 이용: 선풍기, 세탁기, 믹서기, 진공청소기, 헤어드라이어, 엘리베이터, 에스컬레이터, 전기 자동차, 전동 열차 등 각종 전기 제품에 기본적인 부품으로 이용된다.

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 플라즈마를 가두어 둔다.

과학 돋보기 | 자기 공명 영상(MRI) 장치

병원에서 사용하는 의료 장비 중 하나인 자기 공명 영상(MRI, Magnetic Resonance Imaging) 장치에는 자기장을 발생시키는 코일이 설치되어 있다. 이 장치에 인체를 넣고 고주파의 자기장을 발생시키면 우리 몸의 약 70%를 차지하는 물 분자의 수소 원자핵이 공명하면서 신호를 발생시킨다. 이 신호의 차이를 측정하고 컴퓨터를 통해 재구성하여 인체 내부를 영상으로 나타낸다. 자기장이 인체에 침투할 수 있도록 코일 안으로 넣어야 하기 때문에 인체 내부에 심장 박동기와 같은 금속이 있거나 이를 소지한 사람은 자기 공명 영상 장치를 이용하기 어렵다.



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. 전기, 역학적(운동)
 2. 자기장

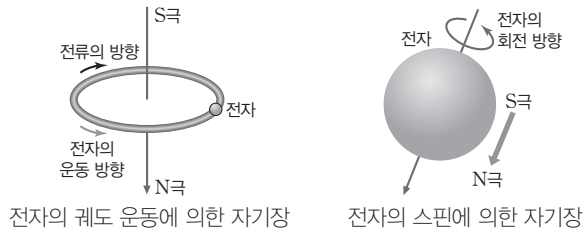
개념 체크

● 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. 물질이 가지는 자기적인 성질인 자성은 원자 내부 전자의 () 운동과 ()에 따라 달라진다.
2. 자기화되어 있지 않은 강자성체에 자석의 한쪽 극을 가까이하면 자석의 자기장 방향과 () 방향으로 자기화되며, 자석과 서로 (당기는 , 밀어내는) 방향으로 자기력이 작용한다.
3. 강자성체는 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 중심에서 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

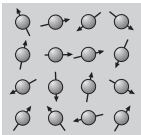
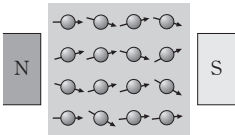
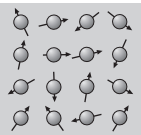
외부 자기장이 없을 때	외부 자기장을 걸어 줄 때	외부 자기장을 제거했을 때
자기 구역의 자기장이 다양하게 분포한다.	자기 구역이 외부 자기장과 같은 방향으로 강하게 자기화된다.	자기화된 상태를 오래 유지한다.

② 상자성체: 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되는 비율이 낮으며, 외부 자기장을 제거하면 자성이 없어지는 물질을 상자성체라고 한다.

정답

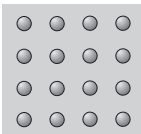
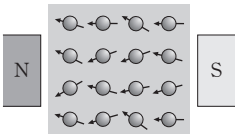
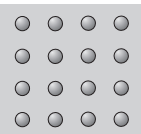
1. 궤도, 스핀
2. 같은, 당기는
3. ○

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.

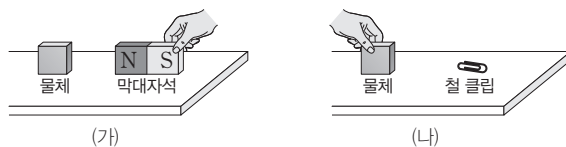
예 구리, 유리, 플라스틱, 금, 수소, 물 등

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.

탐구자료 살펴보기 물질의 자기적 성질 알아보기

과정

- 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.
- 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.

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.

- 상자성체에 자석의 한쪽 극을 가까이하면 자석의 자기장 방향과 () 방향으로 자기화되며, 자석과 서로 (당기는 , 밀어내는) 방향으로 자기력이 작용한다.
- 반자성체에 자석의 한쪽 극을 가까이하면 자석의 자기장 방향과 () 방향으로 자기화되며, 자석과 서로 (당기는 , 밀어내는) 방향으로 자기력이 작용한다.
- 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라진다. (○ , ×)

정답

- 같은, 당기는
- 반대, 밀어내는
-

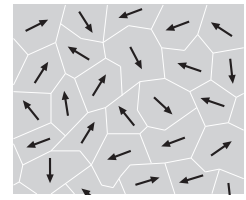
개념 체크

- **자기 구역:** 물질 내에서 자기장의 방향이 같은 원자들이 모여 있는 구역을 말한다.
- **철심을 넣은 전자석:** 강자성체인 철심을 넣어 자기장을 세게 만든 전자석은 강자성체를 이용하는 대표적인 예이다.

1. 전자석은 전류가 흐르는 코일 내부에 ()를 넣어 전류에 의한 자기장과 자성체의 자기장에 의해 강한 자기장을 형성한다.
2. 하드 디스크의 정보 저장 물질에 이용되는 ()는 헤드의 코일에 흐르는 전류의 방향이 변하면 자기화되는 방향이 변한다.
3. 하드 디스크는 외부 자기장을 제거해도 자성을 유지하는 강자성체의 특징을 이용하여 정보를 저장한다. (○, ×)

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.

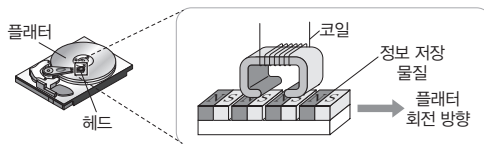


(6) 자성체의 이용

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, 헤드에 전류가 흐르면서 생기는 자기장에 의해 헤드 근처를 지나가는 디스크의 작은 부분들이 자기화되면서 정보를 저장한다.</p>

과학 돋보기 | 하드 디스크(Hard Disk)

하드 디스크는 컴퓨터에서 사용하는 대용량 저장 매체로, 컴퓨터가 꺼져더라도 저장된 정보들이 지워지지 않는 기억 장치 중 하나이며 플래터와 헤드 등으로 구성되어 있다. 플래터는 알루미늄과 같은 상자성체의 표면에 강자성체인 산화 철이 얇게 코팅되어 있으며, 회전하는 플래터 위에서 헤드의 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장을 이용하여 산화 철을 전류에 의한 자기장의 방향으로 자기화시켜 정보를 구분하여 저장한다. 이때 산화 철은 전류에 의한 자기장이 사라져도 자기화된 상태가 유지되므로 저장된 정보가 사라지지 않는다.



정답

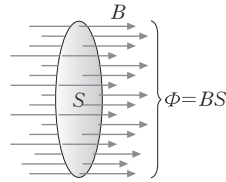
1. 강자성체
2. 강자성체
3. ○

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.

$$B = \frac{\Phi}{S} \text{ [단위: T(테슬라), } 1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2\text{]}$$

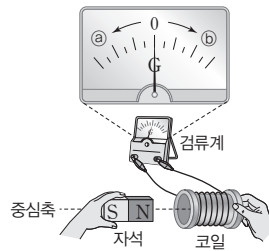


- ③ 전자기 유도: 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 변할 때 코일에 전류가 흐르는 현상이다.
- ④ 유도 기전력: 전자기 유도에 의하여 발생하는 전압이다.
- ⑤ 유도 전류: 전자기 유도에 의하여 흐르는 전류이다.

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.



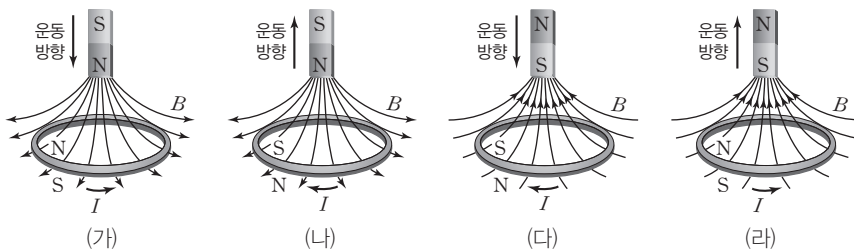
결과

구분	(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.

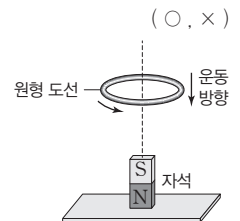
(2) **렌츠 법칙:** 전자기 유도가 일어날 때 자기 선속의 변화에 따른 유도 전류의 방향을 찾는 법칙이다. 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류에 의한 자기장이 형성되도록 유도 전류가 흐른다.



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. 자기장의 세기가 B 이고, 자기장의 방향에 수직이면서 면적이 S 인 단면을 통과하는 자기 선속(Φ)은 ()이다.
2. 전자기 유도는 코일 내부를 통과하는 ()이 변할 때 코일에 전류가 흐르는 현상이다.
3. 그림과 같이 원형 도선이 자석의 S극에 가까워지면 원형 도선에는 화살표 방향으로 유도 전류가 흐른다.



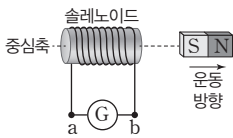
정답

1. BS
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 S극이 솔레노이드로부터 멀어지고 있다.



1. 자석에 작용하는 자기력의 방향은 운동 방향과 () 방향이고, 솔레노이드의 오른쪽 면은 ()극을 띤다.
2. 솔레노이드에 흐르는 유도전류의 방향은 () → ⓐ → ()이다.

- ① 그림 (가): 자석의 N극이 원형 도선에 가까워지면 원형 도선 중심에 아래 방향의 자기 선속이 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. 반대, N
2. b, a

탐구자료 살펴보기 **균일한 자기장 영역을 일정한 속력으로 통과하는 도선**

자료 및 분석

x: 종이면에 수직으로 들어가는 방향

[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

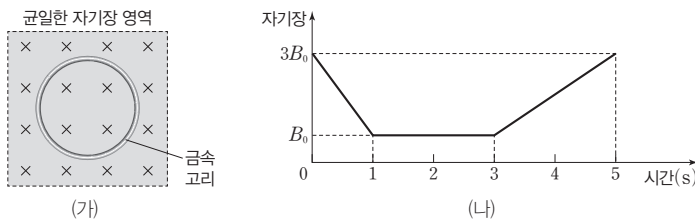
point

• 코일의 단면을 지나는 단위 시간당 자기 선속의 변화량은 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t}$ 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**

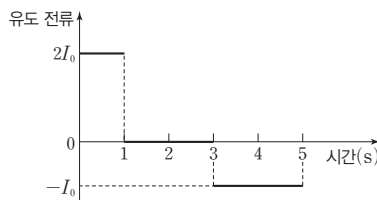
자료

그림 (가)는 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역에 금속 고리가 고정되어 있는 것을, (나)는 (가)의 자기장을 시간에 따라 나타낸 것이다.



분석

시간(s)	0~1	1~3	3~5
금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향	시계 방향	없음	시계 반대 방향
금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기	$2I_0$	0	I_0



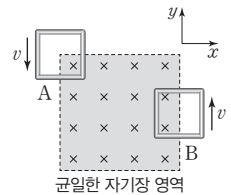
point

• 자기 선속이 통과하는 금속 고리의 면적(S)은 일정하고 자기장의 세기가 변하므로, 단위 시간당 자기 선속의 변화량은 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = S\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 이다. 따라서 (나)에서 기울기의 절댓값은 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기에 비례한다.

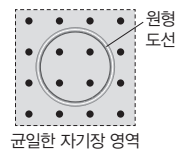
개념 체크

• 유도 전류의 세기: 코일의 단면을 지나는 자기 선속이 빠르게 변할수록 유도 전류의 세기는 커진다.

- 그림과 같이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역에서 정사각형 모양의 도선 A, B가 같은 속력으로 각각 $-y$ 방향, $+y$ 방향으로 이동한다. 이때 ()에는 () 방향으로 유도 전류가 흐르고, ()에는 유도 전류가 흐르지 않는다.



- 그림과 같이 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 균일한 자기장 영역에 원형 도선이 놓여 있다. 자기장의 세기가 증가할 때 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 () 방향이다.



정답

- A, 시계 반대, B
- 시계

개념 체크

- **발전기:** 코일을 회전시키는 역학적 에너지가 전자기 유도에 의해 전기 에너지로 전환된다.
- **마이크:** 전자기 유도를 이용하여 소리를 전기 신호로 변환시키는 장치이다.

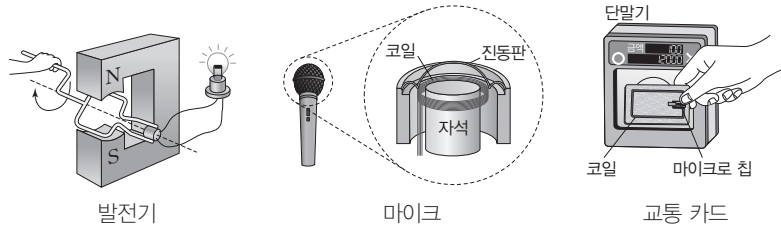
1. 발전기는 ()에 의해 유도 전류가 흐른다.

2. 스마트폰의 무선 충전에서 충전 패드의 1차 코일에 세기와 방향이 일정한 전류가 흐르면 스마트폰 내부의 2차 코일에 유도 전류가 흐른다. (O, X)

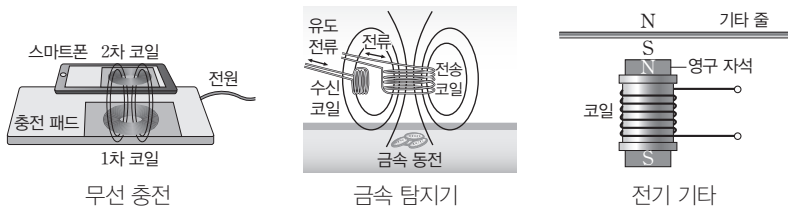
3. 마이크, 교통 카드, 금속 탐지기, 발광 바퀴, 전자펜 등은 ()를 이용한 장치이다.

(4) 전자기 유도의 이용 예

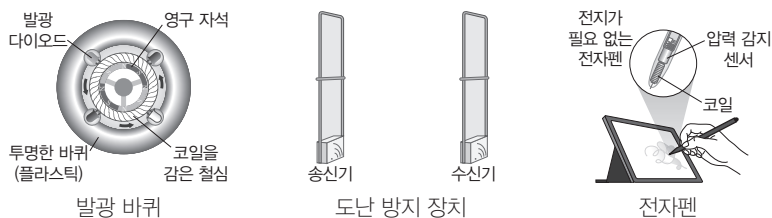
1. **발전기:** 자석 사이에 코일을 넣고 회전시키면 자기장에 수직 방향인 코일의 단면적이 변하므로 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 계속 변하여 코일에 유도 전류가 흐른다.
2. **마이크:** 소리에 의해 진동판이 진동하면 코일이 진동하고, 코일을 통과하는 자기 선속이 변하여 유도 전류가 흐른다.
3. **교통 카드:** 교통 카드 가장자리에는 코일이 감겨 있어 단말기의 변하는 자기장이 교통 카드의 코일에 유도 전류를 흐르게 하고, 이 전류에 의해 마이크로 칩이 작동하여 요금이 계산된다.



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 전류를 발생시켜 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 변화로 유도 전류가 흘러 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.



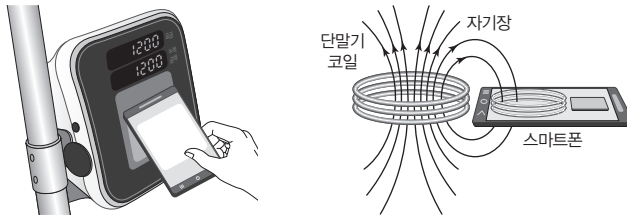
정답

1. 전자기 유도
2. X
3. 전자기 유도



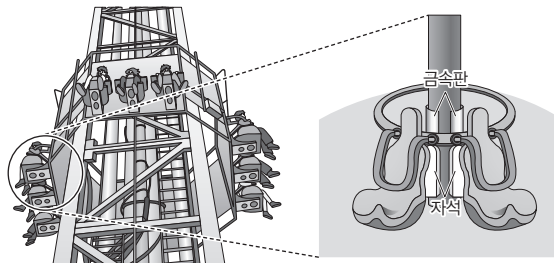
과학 돋보기 | 전자기 유도를 이용한 NFC(Near Field Communication)

근거리 무선 통신(NFC)은 10 cm 이내의 짧은 거리에서 데이터를 전송하는 비접촉식 무선 통신 기술로, 모바일 교통 카드와 ○○ 페이가 NFC를 활용한 간편 결제 서비스를 제공하고 있다. NFC는 스마트폰에 내장된 루프 안테나(코일)와 리더기(단말기)의 코일 사이에서 발생하는 전자기 유도를 이용하여 통신을 진행한다. 스마트폰 속 코일이 단말기로 부터 형성된 자기장에 의해 유도 전류를 공급받아 스마트폰 코일에 교류 전류가 흐르게 되고, 이후 맨체스터 코딩 등 여러 코딩 시스템을 사용하여 스마트폰의 정보를 주고받게 된다.



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.

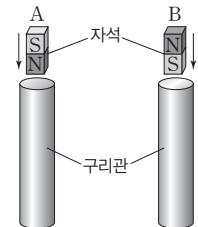


개념 체크

● 자기 브레이크: 영구 자석에 의해 금속에 생기는 유도 전류를 이용한다.

1. 낙하하는 놀이 기구에 사용하는 자기 브레이크는 전자기 유도에 의해 놀이 기구의 역학적 에너지가 () 에너지로 전환되어 속력이 감소한다.

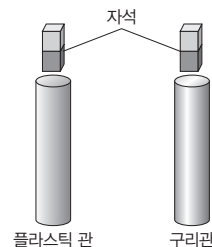
2. 그림과 같이 아랫면이 각각 N극과 S극인 자석 A와 B가 동일한 두 구리관 속으로 낙하할 때, A와 B가 구리관으로부터 받는 자기력의 방향은 반대이다. (○, ×)



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

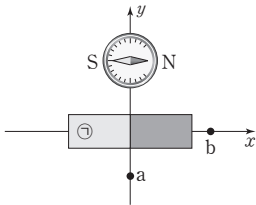
point

- 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. 전기
2. ×

01 그림은 자석의 중심이 xy 평면의 원점에 놓여 있고, y 축상에 놓인 나침반 자침의 N극이 $+x$ 방향을 가리키는 모습을 나타낸 것이다. 점 a , b 는 각각 y 축, x 축상의 지점이고, ㉠은 N극 또는 S극 중 하나이다.

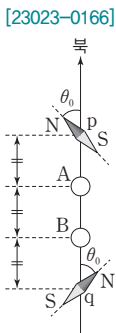


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자기장은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠은 N극이다.
 - ㄴ. a 에 나침반을 놓으면 나침반 자침의 N극은 $+x$ 방향을 가리킨다.
 - ㄷ. 자기장의 세기는 b 에서가 a 에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

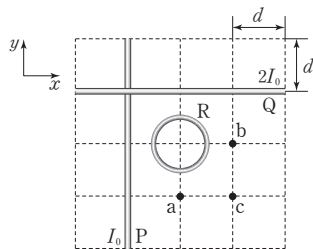
02 그림과 같이 수평면에 수직으로 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B와 자침 p , q 가 같은 간격으로 동일 직선상에 있다. A와 B에는 각각 세기가 일정한 전류가 흐르며, p 와 q 의 N극은 각각 서쪽과 동쪽으로 각도 θ_0 만큼 회전하여 정지해 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자침의 크기는 무시한다.)



- 보기
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은 수평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
 - ㄴ. A와 B에 흐르는 전류의 세기는 같고 방향은 반대이다.
 - ㄷ. B에 흐르는 전류의 세기만을 증가시키면 p 의 N극의 회전각은 θ_0 보다 작아진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 P, Q를 각각 xy 평면의 y 축과 x 축에 나란하게 고정하고, 같은 평면에 원형 도선 R를 놓았다. P, Q, R에는 각각 세기가 일정한 전류가 흐르며, P와 Q에 흐르는 전류의 세기는 각각 I_0 , $2I_0$ 이다. 표는 R의 중심을 점 a , b , c 에 고정시킬 때 R의 중심에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 나타낸 것이다.

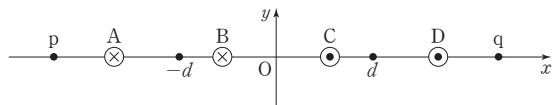


R의 중심	자기장의 세기
a	0
b	B_b
c	B_c

$\frac{B_b}{B_c}$ 는?

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

04 그림과 같이 x 축상에 같은 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C, D가 같은 간격으로 떨어져 고정되어 있다. A와 B에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로, C와 D에는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기가 일정한 전류가 흐른다. B와 C는 원점 O로부터 같은 거리만큼 떨어져 있고, $x=d$ 에서 A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다. p , q 는 x 축상의 점이다.

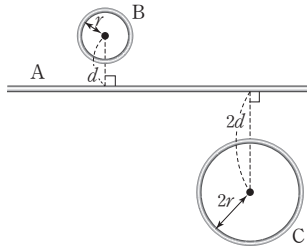


A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. O에서 자기장의 방향은 $-y$ 방향이다.
 - ㄴ. $x = -d$ 에서 자기장은 0이다.
 - ㄷ. p 와 q 에서 자기장의 방향은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

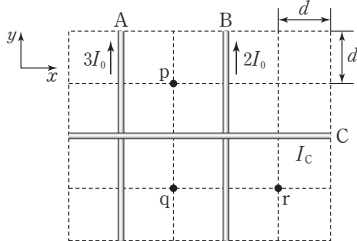
05 그림은 무한히 긴 직선 도선 A와 반지름이 각각 r , $2r$ 인 원형 도선 B, C가 수평면에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C에는 각각 세기가 일정한 전류가 흐르고, B와 C의 중심은 A로부터 각각 d , $2d$ 만큼 떨어져 있다. B의 중심과 C의 중심에서 A와 B, A와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 각각 0이다.



B와 C에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_B , I_C 라고 할 때, $\frac{I_B}{I_C}$ 는?

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

06 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 xy 평면의 y 축, y 축, x 축에 나란하게 각각 고정되어 있다. A, B, C에는 세기가 각각 $3I_0$, $2I_0$, I_C 인 전류가 흐르고 있고, A, B에는 $+y$ 방향으로 전류가 흐른다. 점 p, q, r는 xy 평면상의 점이며, p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.

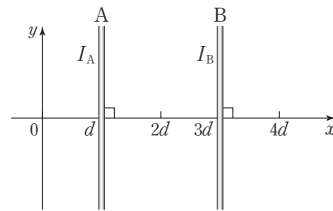


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. C에 흐르는 전류의 방향은 $+x$ 방향이다.
 - ㄴ. q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
 - ㄷ. A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 r에서 q에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림과 같이 세기가 각각 I_A , I_B 인 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 xy 평면에 고정되어 있다. 표는 x 축상의 각각의 위치에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 방향을 나타낸 것이다.



위치	자기장의 세기	자기장의 방향
$x=0$	0	㉠
$x=2d$	B_0	x
$x=4d$	0	없음

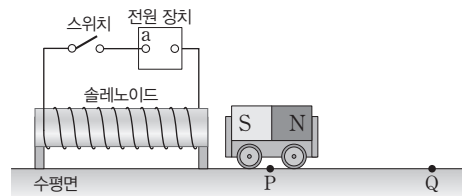
x: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향
 •: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $I_A=3I_B$ 이다.
 - ㄴ. ㉠은 $\frac{2}{3}B_0$ 이다.
 - ㄷ. ㉠은 •이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림과 같이 스위치와 전원 장치가 연결된 솔레노이드를 수평면에 고정시킨 후 자석을 놓은 수레를 수평면상의 점 P에 정지시킨다. 스위치를 닫았을 때 수레는 P에서 수평면상의 점 Q까지 평균 속력 v 로 직선 운동을 한다.

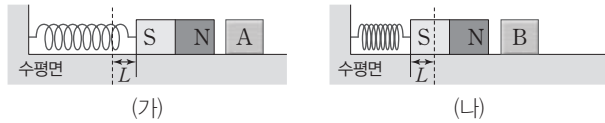


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수레와 자석의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- 보기
- ㄱ. P에서 Q까지 수레는 등가속도 운동을 한다.
 - ㄴ. 전원 장치의 단자 a는 (-)극이다.
 - ㄷ. 전원 장치의 전압을 증가시킨 후 스위치를 닫으면 수레가 P에서 Q까지 이동하는 동안 수레의 평균 속력은 v 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [23023-0173] 그림 (가)와 (나)는 자기화되어 있지 않은 자성체 A와 B를 동일한 용수철이 연결된 자석 앞에 고정시킨 모습을 나타낸 것이다. (가)의 용수철은 원래 길이에서 L 만큼 늘어난 상태로, (나)의 용수철은 원래 길이에서 L 만큼 압축된 상태로 자석이 정지해 있다. A와 B는 상자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



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

- 보기
- ㄱ. A는 상자성체이다.
 - ㄴ. B는 외부의 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.
 - ㄷ. A와 B가 자석으로부터 받는 자기력의 크기는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23023-0174] 그림은 강자성체, 상자성체, 반자성체를 분류 기준 A, B에 따라 나뉜 놓은 모습이다.

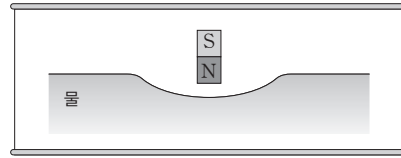


- [분류 기준]
- (가) 자석을 가까이하면 자석과 물체 사이에 서로 당기는 자기력이 작용하는 물체
 - (나) 외부 자기장이 없을 때, 자기장을 갖는 원자가 없는 물체
 - (다) 외부 자기장을 제거하면 자성을 잃는 물체

분류 기준 A, B를 (가), (나), (다) 중에서 골라 옳게 짝 지은 것은?

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| <u>A</u> | <u>B</u> | <u>A</u> | <u>B</u> |
| ① (가) | (나) | ② (가) | (다) |
| ③ (나) | (다) | ④ (다) | (가) |
| ⑤ (다) | (나) | | |

11 [23023-0175] 그림은 물의 표면에 자석의 N극을 가까이 가져갔을 때 물의 표면이 살짝 내려간 모습을 보고 학생들이 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



물과 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용하고 있어.

자석의 아랫면을 S극으로 하여 물에 가까이 가져가면 물의 표면이 올라와.

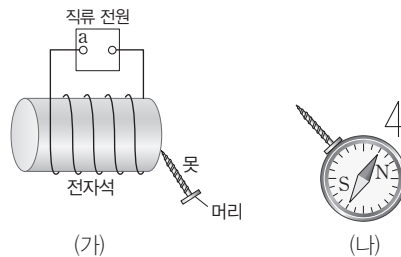
물의 표면은 자석의 자기장과 같은 방향으로 자기화돼.

학생 A 학생 B 학생 C

제시한 의견이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

12 [23023-0176] 그림 (가)는 직류 전원에 연결된 전자석에 못이 달리붙어 있는 모습을, (나)는 (가)의 못을 나침반에 가까이 가져갔더니 자침의 N극이 못 머리에서 밀려난 모습을 나타낸 것이다.

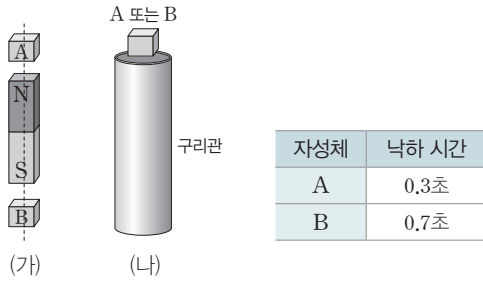


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 못은 반자성체이다.
 - ㄴ. (가)에서 못 머리는 N극을 띤다.
 - ㄷ. 직류 전원의 단자 a는 (-)극이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [23023-0177] 그림 (가)는 자기화되어 있지 않은 자성체 A와 B를 막대자석에 가까이 가져가 고정시킨 모습을, (나)는 (가)를 거친 A와 B를 같은 위치에서 각각 구리관에 낙하시키는 모습을 나타낸 것이다. 표는 (나)에서 A와 B가 구리관을 통과하는 시간(낙하 시간)을 측정한 것이다. A와 B는 강자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



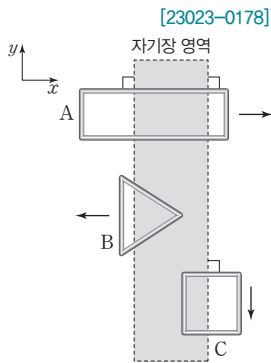
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 반자성체이다.
- ㄴ. (가)에서 A와 B가 자석으로부터 받는 자기력의 방향은 반대 방향이다.
- ㄷ. (가)에서 A와 B는 같은 방향으로 자기화된다.

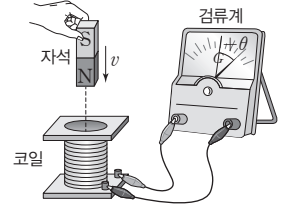
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [23023-0178] 그림은 xy 평면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역에서 직사각형, 정삼각형, 정사각형 모양의 금속 고리 A, B, C가 각각 $+x$, $-x$, $-y$ 방향으로 직선 운동을 하고 있는 순간의 모습을 나타낸 것이다. 유도 전류가 흐르고 있는 고리만을 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C 사이의 상호 작용은 무시한다.)



- ① B ② C ③ A, B ④ A, C ⑤ A, B, C

15 [23023-0179] 그림은 자석의 N극을 아래로 하고, 코일의 중심축을 따라 자석을 일정한 속력 v 로 코일에 가까이 가져갈 때 검류계의 바늘이 $+\theta$ 각도로 기울어지는 순간의 모습을 나타낸 것이다.



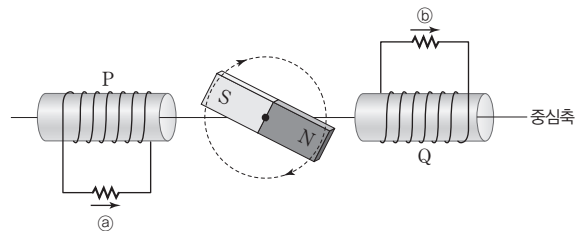
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 코일과 자석 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
- ㄴ. 자석의 N극을 아래로 하여 위치를 고정한 후, 코일을 중심축을 따라 일정한 속력 v 로 위로 이동시키며 자석에 가까이 가져갈 때 검류계의 바늘이 $-\theta$ 각도로 기울어지는 순간을 관찰할 수 있다.
- ㄷ. 자석의 S극을 아래로 하고 코일에 가까이 가져가면 자석과 코일 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [23023-0180] 그림은 저항이 연결된 고정된 솔레노이드 P와 Q 사이에서 중심이 고정된 자석이 시계 방향으로 회전하는 순간의 모습을 나타낸 것이다. P와 Q의 중심축은 일치하며, 중심축상에 자석의 중심이 위치한다.



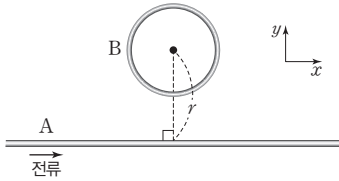
이 순간에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. P를 통과하는 자석에 의한 자기 선속이 감소한다.
- ㄴ. P와 연결된 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 ㉠ 방향이다.
- ㄷ. Q와 연결된 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 ㉡와 반대 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 그림과 같이 xy 평면에 고정된 무한히 긴 직선 도선 A에 세기가 일정한 전류가 $+x$ 방향으로 흐른다. xy 평면에서 원형 도선 B는 중심이 A로부터 r 만큼 떨어진 지점에 놓여 있다.



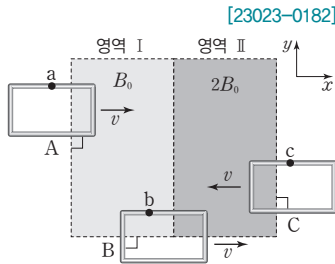
B의 운동 방향에 따른 B에 흐르는 유도 전류에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 유도 전류의 방향은 $+x$ 방향으로 운동할 때와 $-x$ 방향으로 운동할 때가 반대이다.
- ㄴ. $+y$ 방향으로 일정한 속력으로 운동할 때 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㄷ. $+y$ 방향으로 일정한 속력으로 운동할 때 유도 전류의 세기는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림은 동일한 직사각형 금속 고리 A, B, C가 xy 평면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역 I, II를 각각 $+x$, $+x$, $-x$ 방향으로 속력 v 로 등속도 운동을 하고 있는 순간의 모습을 나타낸 것이다. 영역 I과 II에서 자기장의 세기는 각각 B_0 , $2B_0$ 이다. a, b, c는 각각 A, B, C의 한 점이며, a와 b에는 같은 방향으로 유도 전류가 흐른다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

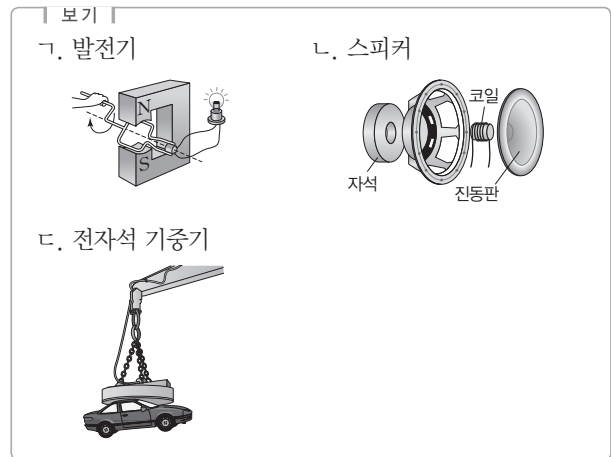


보기

- ㄱ. 자기장의 방향은 I과 II에서 반대이다.
- ㄴ. a와 c에는 같은 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- ㄷ. 유도 전류의 세기는 a에서가 b에서보다 크다.

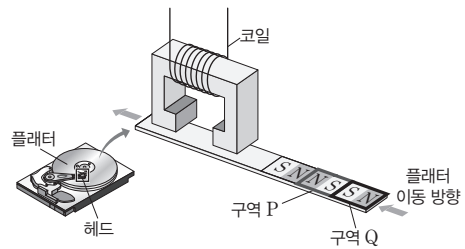
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 전자기 유도를 활용하는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림은 하드 디스크에서 플래터에 저장된 정보를 읽는 모습을 나타낸 것이다. 플래터의 자기화된 정보 저장 물질이 코일이 연결된 헤드를 지날 때 코일에 전류가 흐른다.



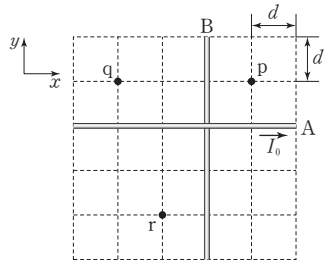
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전자기 유도에 의해 코일에 전류가 흐른다.
- ㄴ. 플래터의 정보 저장 물질은 강자성체이다.
- ㄷ. 구역 P와 구역 Q가 헤드를 통과하는 동안 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 [23023-0185] 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B를 각각 xy 평면의 x 축과 y 축에 나란하게 고정하였다. A와 B에는 세기와 방향이 일정한 전류가 흐르며, A에 흐르는 전류의 방향은 $+x$ 방향이고 세기는 I_0 이다. 표는 점 p, q, r에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 나타낸 것이다.



위치	A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기
p	$4B_0$
q	$5B_0$
r	$5B_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

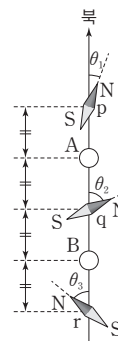
- ㄱ. r에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. B에 흐르는 전류의 세기는 $3I_0$ 이다.
- ㄷ. p와 q에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 반대이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23023-0186] 그림과 같이 수평면에 수직으로 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B와 자침 p, q, r가 같은 간격으로 동일 직선상에 있다. A와 B에는 일정한 세기의 전류가 흐르며, p와 q의 N극은 각각 동쪽으로 각도 θ_1, θ_2 만큼, r의 N극은 서쪽으로 각도 θ_3 만큼 회전하여 정지해 있다. $\theta_1 < \theta_3 < \theta_2$ 이다.

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

[23023-0186]



자침의 N극이 동쪽 또는 서쪽으로 회전한 각도가 클수록 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 크다.

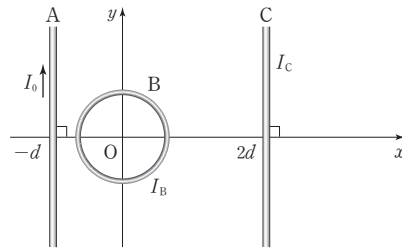
보기

- ㄱ. 전류의 방향은 A와 B에서 같다.
- ㄴ. 전류의 세기는 B에서가 A에서보다 크다.
- ㄷ. A에 흐르는 전류의 세기만을 증가시키면 p의 N극의 회전 각도는 동쪽으로 θ_1 보다 커진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

C에 흐르는 전류의 세기가 $3I_0$ 일 때, O에서의 자기장의 세기 $5B_0$ 은 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 합
의 세기와 같고, B_0 은 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 합
의 세기-C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 같다.

03 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, C와 원형 도선 B가 xy 평면에 고정되어 있다. A에는 세기가 I_0 으로 일정한 전류가 $+y$ 방향으로 흐르고, B에는 세기가 I_B 인 일정한 전류가 흐른다. 표는 C에 흐르는 전류 I_C 의 세기와 방향을 변화시킬 때, I_C 의 세기에 따른 원점 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 나타낸 것이다.



I_C 의 세기	O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기
I_0	$3B_0$
I_0	㉠
$3I_0$	B_0
$3I_0$	$5B_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

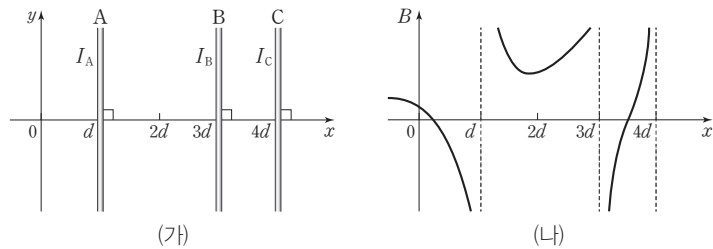
보기

ㄱ. ㉠은 B_0 이다.
 ㄴ. O에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $4B_0$ 이다.
 ㄷ. B에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선으로 부터의 거리에 반비례하고, 전류의 세기에 비례한다. 따라서 도선에 가까울수록 자기장의 세기는 증가한다.

04 그림 (가)와 같이 xy 평면에 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 y 축과 나란한 방향으로 고정되어 있고, 세기가 I_0 또는 $2I_0$ 인 전류 I_A, I_B, I_C 가 각각 일정하게 흐른다. 그림 (나)는 x 축상에서 I_A, I_B, I_C 에 의한 자기장 B 를 나타낸 것으로, B 의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이 양(+)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

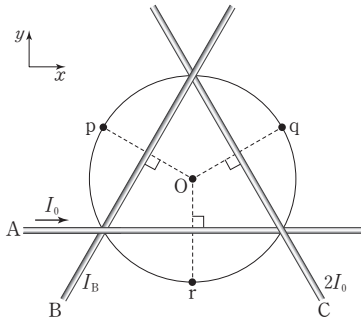
보기

ㄱ. I_A 의 방향은 $-y$ 방향이다.
 ㄴ. $I_A = 2I_0$ 이다.
 ㄷ. $I_B = I_C$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0189]

05 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 xy 평면에 고정되어 있다. A, B, C에는 방향이 일정하고 세기가 각각 $I_0, I_B, 2I_0$ 인 전류가 흐르고 있다. A에 흐르는 전류의 방향은 $+x$ 방향이다. 중심이 점 O인 원은 A, B, C가 만드는 정삼각형의 외접원이고, 원의 점 p, q, r에서 각각 O와 연결한 선은 B, C, A와 수직이다. 표는 p, q, r에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 나타낸 것이다. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0 이다.



위치	A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기
p	$\frac{3}{2}B_0$
q	$3B_0$
r	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

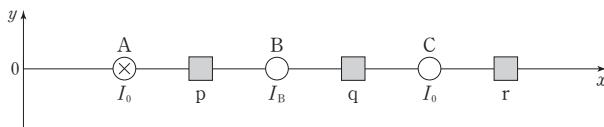
보기

- ㄱ. A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 p에서와 q에서가 같다.
- ㄴ. O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B_0$ 이다.
- ㄷ. ㉠은 $\frac{3}{2}B_0$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0190]

06 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 xy 평면에 수직으로 x 축상에 고정되어 있고, 강자성체 p, 상자성체 q, 반자성체 r가 A, B, C와 같은 간격으로 떨어져 x 축상에 고정되어 있다. A, B, C에 흐르는 전류의 세기는 각각 I_0, I_B, I_0 이고, A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. A, B, C에 흐르는 전류에 의해 p는 자기화되어 있지 않고, q와 r는 자기화되어 있다.



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

보기

- ㄱ. $I_B > I_0$ 이다.
- ㄴ. q가 놓인 지점에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$ 방향이다.
- ㄷ. A, B, C에 흐르는 전류에 의해 q와 r는 같은 방향으로 자기화된다.

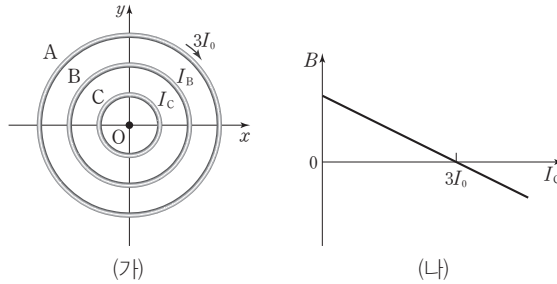
- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A, B, C가 만드는 삼각형이 정삼각형이고, 원이 정삼각형의 외접원이므로 O에서 A, B, C까지의 거리는 모두 같다. 이 거리를 d 라고 할 때, p와 B, q와 C, r과 A 사이의 거리도 d 이다. 또한, p와 A, p와 C, q와 B, q와 A, r와 B, r와 C 사이의 거리는 같고, 이 거리는 $2d$ 이다.

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

원형 도선의 중심에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선의 반지름에 반비례하고 전류의 세기에 비례한다.

07 그림 (가)는 중심이 O이고 반지름의 비가 3 : 2 : 1인 세 원형 도선 A, B, C가 xy 평면에 고정되어 있는 것을 나타낸 것이다. A에는 세기가 $3I_0$ 인 전류가 시계 방향으로 흐르고, B에는 세기가 I_0 인 전류가 일정하게 흐른다. 그림 (나)는 (가)의 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장 B 를 C에 흐르는 전류 I_C 에 따라 나타낸 것으로, B 의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이 양(+)이다.

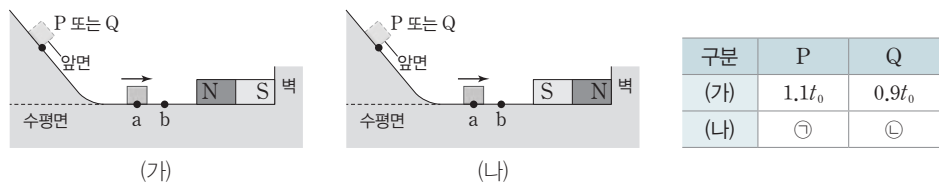


I_B 와 C에 흐르는 전류의 방향으로 옳은 것은?

- | | | | |
|----------|---------------|----------|---------------|
| I_B | C에 흐르는 전류의 방향 | I_B | C에 흐르는 전류의 방향 |
| ① $2I_0$ | 시계 | ② $4I_0$ | 시계 반대 |
| ③ $4I_0$ | 시계 | ④ $8I_0$ | 시계 반대 |
| ⑤ $8I_0$ | 시계 | | |

상자성체는 외부 자기장의 방향으로 자기화되며 자석과 서로 당기는 자기력이 작용하고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화되며 자석과 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

08 그림 (가), (나)는 같은 높이에서 각각 가만히 놓은 물체 P와 Q가 레일을 따라 운동하여 수평면상의 점 a, b를 지나 벽면에 고정된 자석에 다가가는 모습을 나타낸 것이다. 표는 P와 Q가 각각 a에서 b까지 이동하는 데 걸리는 시간을 나타낸 것이다. P와 Q는 상자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



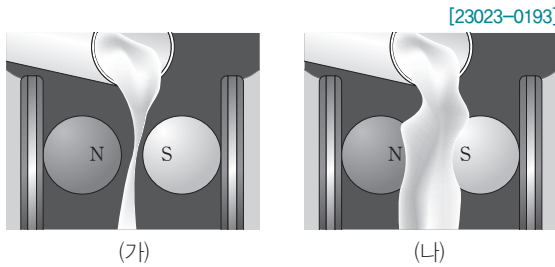
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. P는 상자성체이다.
 ㄴ. (나)에서 Q가 a에서 b로 이동하는 동안 Q의 앞면은 N극을 띤다.
 ㄷ. ㉠은 ㉡보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림 (가)와 (나)는 한쪽은 N극, 반대쪽은 S극을 띠는 자석을 마주 보게 하여 고정시킨 공간에 액체 산소와 액체 질소 중 하나를 흘려 넣는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서는 액체가 자석에서 밀려 나고, (나)에서는 액체가 자석 사이에 모여 있다. 액체 산소는 상자성, 액체 질소는 반자성을 띤다.



[23023-0193]

상자성체는 외부 자기장의 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)의 액체는 액체 산소이다.
- ㄴ. (나)의 액체는 외부 자기장의 방향으로 자기화된다.
- ㄷ. (가)와 (나)의 액체를 자기장이 없는 공간에서 가까이하면 두 액체 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림 (가)는 자기화되어 있지 않은 자성체 A와 B를 연직 방향의 강한 외부 자기장에 넣어 자기화시키는 모습을 나타낸 것으로, A와 B는 강자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)를 거친 A, B를 차례로 실에 매달아 각도 θ 로 가만히 놓아 검류계가 연결된 코일의 중심축상의 점 p를 지나도록 진동시키는 모습을 나타낸 것이다. 표는 (나)에서 A, B를 가만히 놓은 순간부터 정지할 때까지 A, B가 진동하는 시간을 측정한 것이다.

[23023-0194]

강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 유지하고, 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성을 잃는다.

자성체	진동 시간
A	1분 10초
B	2분 30초

(나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B의 질량은 같다.)

보기

- ㄱ. A는 강자성체이다.
- ㄴ. B가 p를 지날 때 코일과 B 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다.
- ㄷ. 검류계에 흐르는 전류의 최댓값은 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

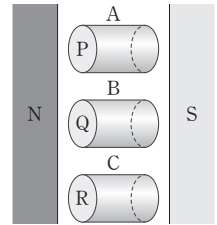
강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 유지하고, 반자성체와 상자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성을 잃는다.

[23023-0195]

11 다음은 상온에서 물체의 자성을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 수평면에서 자석의 N극과 S극을 각각 고정하고, 두 극 사이에 한쪽 면에 P, Q, R가 기록된 자성체 A, B, C를 나란하게 위치시킨다. A, B, C는 강자성체, 상자성체, 반자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



(나) 자석을 제거하고 A, B, C 중 두 물체를 수평면에서 가까이 위치시켜 물체 사이에 작용하는 자기력의 종류를 측정하여 기록한다.

[실험 결과]

물체	자기력	물체	자기력
	척력		없음
	㉠		㉡

인력: 물체 사이에 서로 당기는 자기력, 척력: 물체 사이에 서로 밀어내는 자기력

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

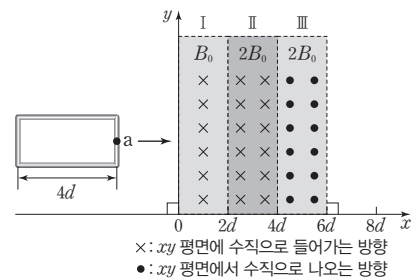
- ㄱ. (가)에서 A의 P는 S극이다.
- ㄴ. (가)에서 B가 자기화되는 방향은 오른쪽 방향이다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

금속 고리가 자기장 영역을 통과할 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 금속 고리에 유도 전류가 흐른다.

[23023-0196]

12 그림과 같이 한 변의 길이가 $4d$ 인 직사각형 금속 고리가 xy 평면에서 $+x$ 방향으로 자기장 영역 I, II, III을 일정한 속력으로 통과한다. I, II, III에서 자기장의 세기는 각각 $B_0, 2B_0, 2B_0$ 으로 균일하고, a 는 금속 고리상의 한 점이다.



a에 흐르는 유도 전류에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

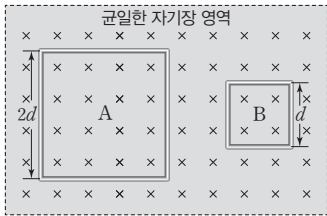
보기

- ㄱ. a가 $x=d$ 와 $x=3d$ 를 지날 때 유도 전류의 방향은 같다.
- ㄴ. a가 $x=5d$ 와 $x=7d$ 를 지날 때 유도 전류의 세기는 같다.
- ㄷ. a가 $x=7d$ 를 지날 때 유도 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.

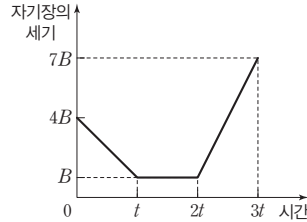
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 그림 (가)는 균일한 자기장 영역에 저항값이 같고 한 변의 길이가 각각 $2d$, d 인 정사각형 도선 A, B가 고정되어 놓여 있는 모습을 나타낸 것이다. 자기장의 방향은 도선이 이루는 면에 수직으로 들어가는 방향이다. 그림 (나)는 (가)에서 자기장의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다.

[23023-0197]



(가)



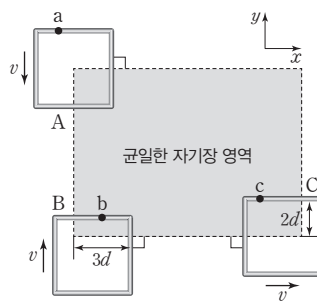
(나)

A, B에 흐르는 유도 전류를 시간에 따라 나타낸 그래프로 가장 적절한 것은? (단, 시계 반대 방향의 전류가 양(+))이고, A와 B의 상호 작용은 무시한다.)

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

14 그림은 xy 평면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역에서 동일한 정사각형 금속 고리 A, B, C가 각각 $-y$, $+y$, $+x$ 방향으로 속력 v 로 등속도 운동을 하고 있는 순간의 모습을 나타낸 것이다. 점 a, b, c는 각각 A, B, C상의 한 점이다. a에서 유도 전류의 방향이 $+x$ 방향일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[23023-0198]



금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량에 비례하고, 방향은 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이다.

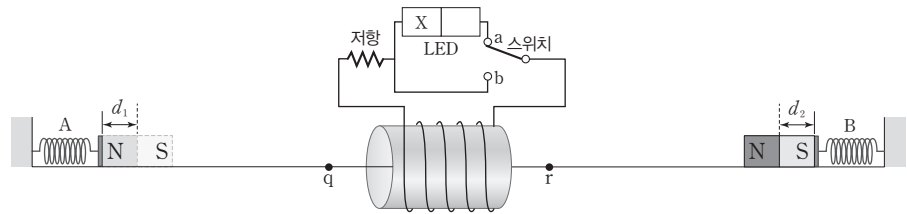
보기

- ㄱ. 자기장 영역에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. b에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㄷ. 유도 전류의 세기는 b에서가 c에서보다 작다.

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

LED에 순방향 전압이 걸리면 LED에서는 p형 반도체에서 n형 반도체 쪽으로 전류가 흐르며 빛이 방출된다.

15 그림과 같이 저항, p-n 접합 발광 다이오드(LED), 스위치가 연결된 솔레노이드의 중심축에 마찰이 없는 수평한 레일이 있다. 스위치를 a에 연결하고, 자석으로 용수철 A를 원래 길이에서 d_1 만큼 압축시킨 후 가만히 놓았더니, 자석은 레일상의 점 q, 솔레노이드, 레일상의 점 r를 지나 용수철 B를 원래 길이에서 최대 d_2 만큼 압축시킨다. B에서 분리된 자석이 A를 향해 운동하며 q를 지날 때 LED에서 빛이 방출된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 q 사이의 거리는 매우 멀고, 공기 저항과 자석의 크기는 무시한다.)

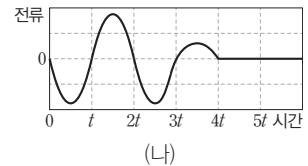
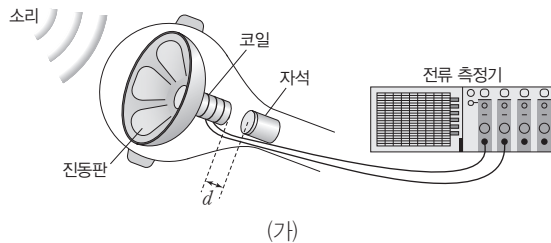
보기

- ㄱ. X는 p형 반도체이다.
- ㄴ. 자석이 처음으로 r를 지날 때, LED에서는 빛이 방출되지 않는다.
- ㄷ. 스위치를 b에 연결하고 자석을 A의 원래 길이에서 d_1 만큼 압축시킨 후 가만히 놓았을 때, B의 최대 압축 길이는 d_2 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

코일과 자석 사이의 거리 변화에 의해 코일에 유도 전류가 흐른다. 코일과 자석 사이의 거리가 가까워질 때와 멀어질 때 유도 전류의 방향은 반대이다.

16 그림 (가)는 마이크의 내부 구조를 나타낸 것으로, 소리의 진동에 의해 진동판에 연결된 코일과 고정된 자석 사이의 거리 d 가 변한다. 그림 (나)는 (가)에서 소리의 진동에 의해 코일에 흐르는 유도 전류를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

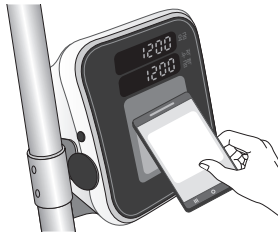
- ㄱ. d 는 t 일 때와 $2t$ 일 때가 같다.
- ㄴ. $3t$ 일 때 코일의 속력은 0이다.
- ㄷ. $4t \sim 5t$ 동안 d 는 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

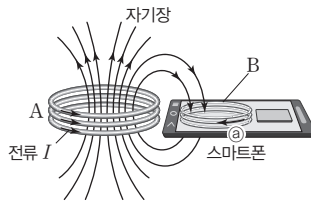
17 다음은 스마트폰의 NFC(Near Field Communication) 작동 원리에 대한 설명이다.

[23023-0201]

그림 (가)와 (나)는 NFC의 작동 과정을 나타낸 것으로, NFC는 스마트폰에 내장된 코일 (B)과 단말기의 코일(A) 사이에 발생하는 $\square \ominus$ 을/를 이용하여 통신을 진행한다. 단말기로부터 형성된 자기장에 의해 스마트폰 속 코일(B)에 교류 전류가 흐르게 되고, 이후 맨체스터 코딩 등 여러 코딩 시스템을 사용하여 스마트폰의 정보를 주고받게 된다. 그림 (나)는 코일 A에 흐르는 전류 I 에 의한 자기장이 코일 B를 통과하는 모습을 나타낸 것으로, B에 유도되는 전류의 방향은 \textcircled{a} 이다.



(가)



(나)

코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 코일에 유도 전류가 흐른다.

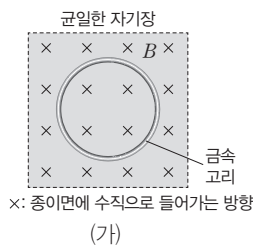
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

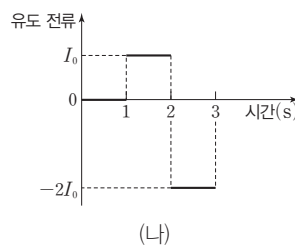
- ㄱ. '전자기 유도'는 \ominus 으로 적절하다.
- ㄴ. B에 유도 전류가 흐르는 동안 A에 흐르는 전류 I 는 변한다.
- ㄷ. (나)에서 A에 흐르는 전류 I 의 세기가 증가하면 B에는 \textcircled{a} 방향으로 유도 전류가 흐른다.

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

18 그림 (가)는 균일한 자기장 B 가 수직으로 통과하는 종이면에 금속 고리가 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 B 의 변화에 따른 금속 고리에 흐르는 유도 전류를 시간에 따라 나타낸 것으로, 고리에 시계 방향으로 흐르는 유도 전류를 양(+)으로 표시한다.



(가)



(나)

균일한 자기장 영역에 고정된 금속 고리의 면적이 일정하므로 단위 시간당 자기 선속의 변화량에 의한 유도 전류의 세기는 $I \propto S \frac{\Delta B}{\Delta t}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 0초부터 1초까지 B 의 세기는 일정하다.
- ㄴ. 1초부터 2초까지 B 의 세기는 증가한다.
- ㄷ. B 의 세기는 3초일 때가 1초일 때보다 크다.

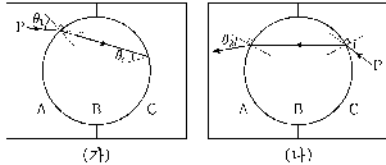
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

III

파동과 정보 통신

2023학년도 대학수학능력시험 11번

11. 그림 (가)는 매질 A에서 원형 매질 B에 입사각 θ_1 로 입사한 단색광 P가 B와 매질 C의 경계면에 입계각 θ_2 로 입사하는 모습을, (나)는 C에서 B로 입사한 P가 B와 A의 경계면에서 굴절각 θ_3 로 진행하는 모습을 나타낸 것이다.



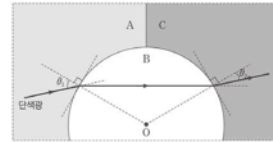
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기>
- ㄱ. P의 파장은 A에서 B에서보다 길다.
 - ㄴ. $\theta_1 < \theta_2$ 이다.
 - ㄷ. A와 B 사이의 임계각은 θ_2 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 179쪽 8번

08 [2023-0246] 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.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기>
- ㄱ. 단색광의 속력은 A에서 B에서보다 크다.
 - ㄴ. 단색광의 파장은 B에서 C에서보다 길다.
 - ㄷ. $n_C > n_B > n_A$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 11번 문항은 수능특강 179쪽 8번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 매질 A, C 사이에 원형 매질 B가 있고 단색광이 A에서 B, C로 굴절할 때, 입사각과 굴절각을 이용하여 A, B, C의 굴절률을 비교해야 한다. 또한, 굴절률의 대소 관계를 이용하여 단색광의 파장, 속력 등을 묻는다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 수능특강 8번 문항은 A, B, C의 굴절률의 대소 관계만을 묻고 있지만, 수능 11번 문항은 A와 B, B와 C 사이의 임계각을 비교해야 한다. 수능 11번 문항은 상대 굴절률이 작을수록 임계각이 작아진다는 것을 이해하고 있어야 문제를 해결할 수 있다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

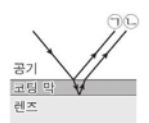
빛의 굴절, 전반사와 관련된 문제는 빛의 굴절에 의해 나타나는 현상(소리의 굴절, 신기루, 렌즈 등)을 설명하거나, 단색광이 서로 다른 매질에서 굴절한 후 전반사할 때 입사각과 굴절각을 이용하여 굴절률의 대소 관계를 찾고 매질 사이의 임계각을 비교하는 것을 묻고 있다. 또한, 입사각의 변화에 따라 전반사가 일어날 수 있는지를 묻고 있다. 빛의 굴절, 전반사 관련된 문제는 굴절 법칙(스넬 법칙)을 정확히 이해하고 있어야 문제를 해결할 수 있다. 기출 문제와 연계 교재를 통해 단색광이 굴절하는 다양한 상황을 분석해 보면서 단색광의 속력에 따른 매질의 굴절률, 매질 사이의 임계각 등을 분석해 보면 많은 도움이 될 것이다.



2023학년도 대수능 6월 모의평가 4번

4. 다음은 파동의 간섭을 활용한 무반사 코팅 렌즈에 대한 내용이다.

무반사 코팅 렌즈는 파동이 ㉠ 간섭하여 빛의 세기가 줄어드는 현상을 활용한 예로 ㉡ 공기와 코팅 막의 경계에서 반사하여 공기로 진행한 빛과 ㉢ 코팅 막과 렌즈의 경계에서 반사하여 공기로 진행한 빛이 ㉣ 간섭한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

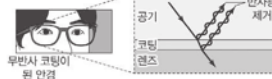
- ㄱ. '상쇄'는 ㉠에 해당한다.
- ㄴ. ㉡과 ㉢은 위상이 같다.
- ㄷ. 파동의 간섭 현상은 소음 제거 이어폰에 활용된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

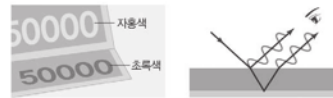
2023학년도 EBS 수능특강 174쪽 22번

22 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?

< 보 기 >

- 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

연계 분석

6월 모의평가 4번 문항은 수능특강 174쪽 22번 문항과 연계하여 출제되었다. 두 문항 모두 무반사 코팅 렌즈에서 코팅 막의 윗면에서 반사된 빛과 아랫면에서 반사된 빛의 경로를 제시하고, 두 빛이 서로 상쇄 간섭하여 반사광을 제거할 때 두 빛의 위상이나 간섭과 관련된 현상에 대해 묻는다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 6월 모의평가 4번 문항은 코팅 막의 윗면에서 반사된 빛과 아랫면에서 반사된 빛을 ㉡, ㉢으로 지정하여 위상 등을 물어보고 있다는 차이가 있다.

학습 대책

파동의 간섭과 관련된 문제는 파동의 간섭에 의한 예(소음 제거 이어폰, 무반사 코팅 렌즈, 지폐의 홀로그램 등)를 제시하고 이에 대한 과학적 원리를 묻거나, 탐구 상황에서 실험 결과를 분석하고 해석하는 것에 대해 묻고 있다. 교과서나 연계 교재에 제시된 간섭에 의한 현상이 나타나는 원리를 설명할 수 있어야 하고, 간섭 실험에서 파장이나 경로차의 변화에 따른 보강 간섭이나 상쇄 간섭이 일어나는 조건에 대해 분석해 보면 많은 도움이 될 것이다.

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. 횡파는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 (나란한 , 수직인) 파동이다.
2. 매질의 한 점이 () 회 진동하는 데 걸리는 시간을 주기라고 한다.
3. 파동의 속도, 진동수, 파장 중에서 매질이 달라져도 변하지 않는 물리량은 ()이다.
4. 이웃한 마루와 마루 또는 이웃한 골과 골 사이의 거리를 ()이라고 한다.
5. 파동의 진행 속력은 ()을 ()로 나눈 값이다.
6. ()은 매질의 각 점들의 위치와 진동 상태를 나타내는 물리량으로, 마루와 ()은 위상이 서로 반대이다.

정답

1. 수직인
2. 1
3. 진동수
4. 파장
5. 파장, 주기
6. 위상, 골

1 파동의 진행과 굴절

(1) 파동의 특성

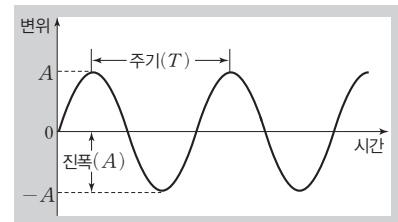
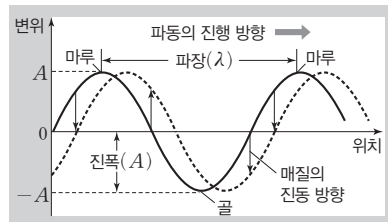
- ① 파동: 공간이나 물질의 한 지점에서 발생한 진동이 주위로 퍼져 나가는 현상이다.
 - 매질: 용수철이나 물과 같이 파동을 전달해 주는 물질로, 파동이 전파될 때 매질은 제자리에서 진동만 할 뿐 파동과 함께 이동하지 않는다.
 - 전자기파는 매질이 없는 공간에서도 전기장과 자기장의 진동으로 전파된다.

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 거리
- 주기(T): 매질의 각 점이 한 번 진동하는 데 걸리는 시간, 즉 파동이 진행할 때 매질의 한 점이 마루가 되는 순간부터 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 속력: 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



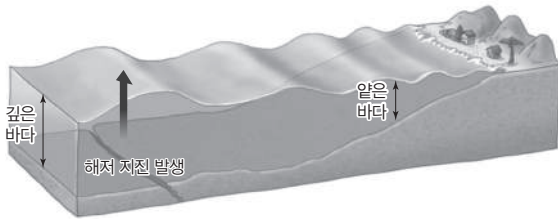
매질이 같으므로 파동의 속력이 같고, 속력이 같으므로 진동수가 증가하면 파장이 짧아진다.

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

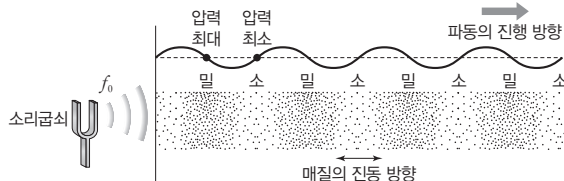
- **깊이에 따른 물결파의 속력:** 물결파는 수심이 깊을수록 속력이 빠르다.
- **기체의 온도에 따른 소리의 속력:** 온도가 높을수록 소리의 속력이 빠르다. $\Rightarrow v_{\text{고온}} > v_{\text{저온}}$
- **매질에 따른 소리의 속력:** 소리의 속력은 고체에서 가장 빠르고, 기체에서 가장 느리다. $\Rightarrow v_{\text{고체}} > v_{\text{액체}} > v_{\text{기체}}$
- **파동의 굴절:** 파동이 진행하다가 속력이 다른 매질을 만나면 매질의 경계면에서 파동의 진행 방향이 꺾이는 현상이다.

1. 재질이 같고 굵기가 다른 두 줄이 연결되어 있을 때, 줄을 따라 이동하는 파동의 속력은 굵은 줄에서가 가는 줄에서보다 (크, 작)다.
2. 물결파는 수심이 (깊, 얕)을수록 속력이 빠르다.
3. 법선은 두 매질의 경계면에 ()인 직선이다.



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): 입사파의 진행 방향과 법선이 이루는 각

정답

1. 작
2. 깊
3. 수직

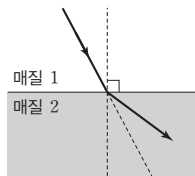
개념 체크

● **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.

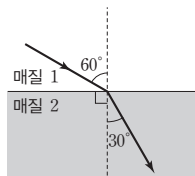
1. 진공에서 빛의 속력을 c , 매질에서 빛의 속력을 v 라고 할 때, 매질의 굴절률은 ()이다.

2. 매질 1의 굴절률을 n_1 , 매질 2의 굴절률을 n_2 라고 할 때, 매질 1에 대한 매질 2의 굴절률은 ()이다.

3. 그림과 같이 파동이 매질 1에서 매질 2로 진행할 때, 파동의 파장은 매질 1에서가 매질 2에서보다 (짧다 , 길다).



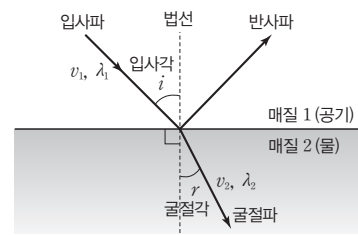
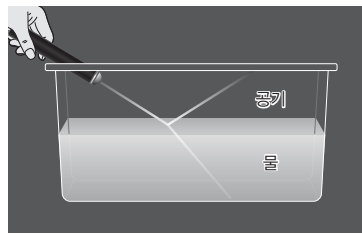
4. 그림과 같이 파동이 매질 1에서 매질 2로 진행할 때, 매질 1에 대한 매질 2의 굴절률은 ()이다.



정답

1. $\frac{c}{v}$
2. $\frac{n_2}{n_1}$
3. 짧다
4. $\sqrt{3}$

- 굴절각(r): 굴절과의 진행 방향과 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

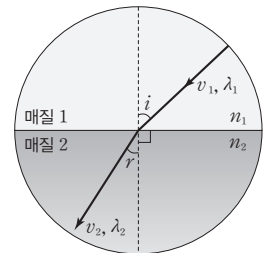
[온도] 공기: 0 °C, 액체: 20 °C, 고체: 상온, [파장] 589.29 nm

- 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.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}(\text{일정})$$



$n_1 \sin i = n_2 \sin r$: 굴절 법칙

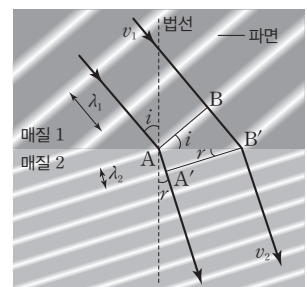
과학 돋보기 | 굴절 법칙

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

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$



탐구자료 살펴보기 빛이 굴절할 때의 규칙성 찾기

과정

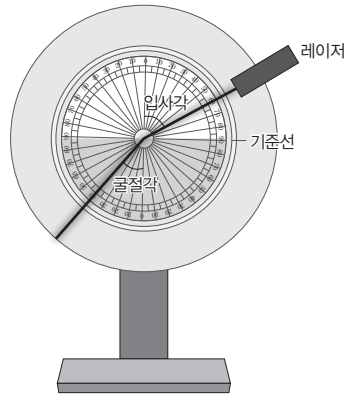
- (1) 그림과 같이 굴절 실험 장치의 물통에 물을 기준선까지 넣는다.
- (2) 입사각이 30°가 되도록 물통의 중심을 향해 레이저 빛을 비추고 빛의 진행 경로를 관찰하여 굴절각을 측정한다.
- (3) 입사각을 45°, 60°로 바꾸어 굴절각을 측정한다.

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

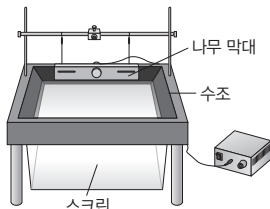
● 파동의 굴절 원인: 매질에 따라 파동의 속력이 달라지기 때문이다.

1. 빛을 공기에서 물로 경계면에서 비스듬하게 입사시킬 때, 입사각은 굴절각보다 () .
2. 빛을 공기에서 물로 입사각을 변화시키면서 입사시킬 때, 공기에 대한 물의 굴절률은 (일정하다 , 변한다) .
3. [탐구자료 살펴보기]에서 물결파의 파장은 유리판이 없는 곳에서가 유리판이 있는 곳에서도 (길다 , 짧다) .

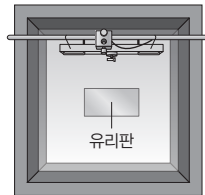
탐구자료 살펴보기 물결파의 진행 방향 관찰하기

과정

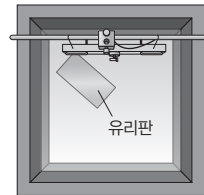
- (1) 그림 (가)와 같이 물결파 투영 장치에 물을 채우고 물결파를 발생시켜 스크린에 투영된 물결파의 파면을 관찰한다.
- (2) 그림 (나)와 같이 수조 안에 유리판을 넣어 물의 깊이가 얇은 곳을 만들고 물결파를 발생시켜 스크린에 투영된 물결파의 파면을 관찰한다.
- (3) 그림 (다)와 같이 수조 안에 유리판을 비스듬히 놓고 물결파를 발생시켜 스크린에 투영된 물결파의 파면을 관찰한다.



(가)



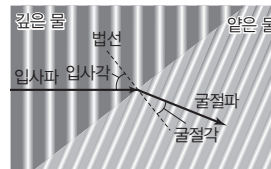
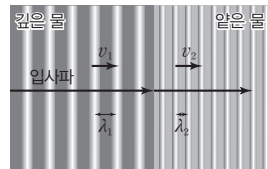
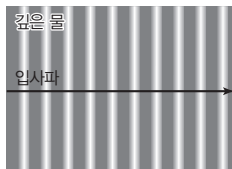
(나)



(다)

결과

- 과정 (1)의 결과: 물결파의 파장이 일정하다.
- 과정 (2)의 결과: 물결파의 파장은 깊은 곳에서가 얇은 곳에서도보다 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 곳에서가 얇은 곳에서도보다 크다 ($v_1 > v_2, \lambda_1 > \lambda_2$).
- 물결파는 깊은 곳에서 얇은 곳으로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크다.

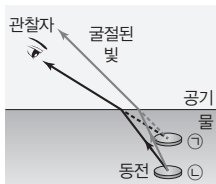
정답

1. 크다
2. 일정하다
3. 길다

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. 지표면이 뜨거운 낮에는 소리가 (위, 아래)로 휘어지고, 지표면이 차가운 밤에는 소리가 (위, 아래)로 휘어진다.
2. 지표면이 차가운 극 지방에서는 신기루에 의한 상이 (바닥, 공중)에 생기고, 지표면이 뜨거운 사막 지역에서는 신기루에 의한 상이 (바닥, 공중)에 생긴다.
3. () 렌즈는 빛을 모으고, () 렌즈는 빛을 퍼지게 한다.
4. 그림과 같이 빛이 물에서 공기로 나올 때 굴절하므로 관찰자에게 보이는 동전의 위치는 (㉠, ㉡)이다.



정답

1. 위, 아래
2. 공중, 바닥
3. 볼록, 오목
4. ㉠

③ 생활 속 굴절 현상

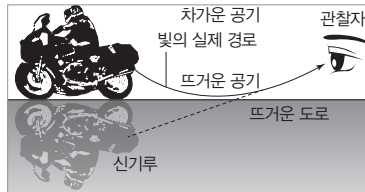
- 소리의 굴절: 공기 중에서 소리는 속력이 느린(온도가 낮은) 쪽으로 굴절한다.
- ➔ 낮에는 높이 올라갈수록 기온이 낮아지므로 소리가 위로 휘어지고, 밤에는 높이 올라갈수록 기온이 높아지므로 소리가 아래로 휘어진다.



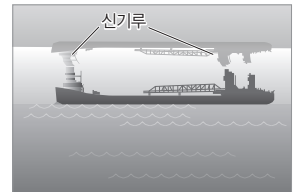
- 신기루: 공기의 온도에 따른 밀도의 변화로 빛의 진행 방향이 바뀌어 물체의 실제 위치가 아닌 곳에서 물체가 보이는 현상이다.
- ➔ 지표면이 뜨거워지면 상대적으로 위쪽 공기보다 지표면 근처의 공기 밀도가 작아지고 빛의 속력이 커져서 아래로 향하던 빛이 위로 휘어져 사람의 눈에 들어오기 때문에 바닥에서도 물체가 보이고, 추운 지방에서는 온도 변화가 반대로 나타나므로 공중을 향하던 빛이 아래로 휘어져 사람의 눈에 들어오기 때문에 공중에서도 물체가 보인다.



뜨거운 도로 위 신기루

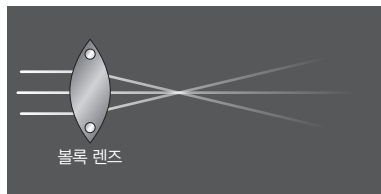


뜨거운 도로 위 신기루의 원리

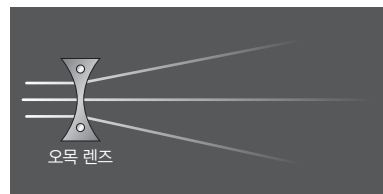


추운 지방의 공중에 생기는 신기루

- 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.

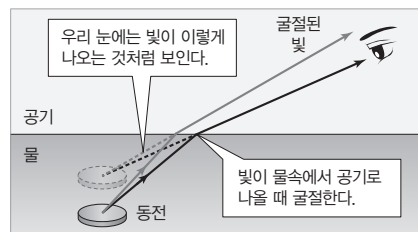


볼록 렌즈에서 빛의 굴절



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.



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 들어보며, 진동수를 측정한다.
- (3) 스피커 앞에 이산화 탄소 기체를 넣은 풍선을 두고 과정 (2)를 반복한다.
- (4) 스피커 앞에 헬륨 기체를 넣은 풍선을 두고 과정 (2)를 반복한다.



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

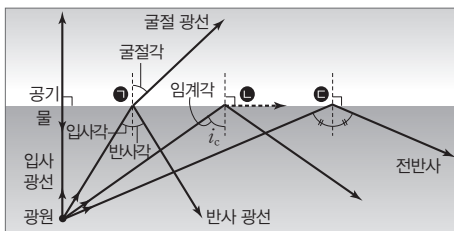
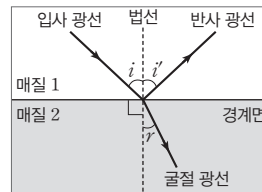
(1) 전반사

- ① 빛의 반사: 빛이 진행하다가 서로 다른 매질의 경계면에서 원래 매질로 되돌아 나오는 현상으로, 입사각(i)과 반사각(i')의 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.



- A의 경우: 입사각 < 임계각
 \Rightarrow 빛의 일부는 반사하고, 일부는 굴절한다.
- B의 경우: 입사각 = 임계각
 \Rightarrow 굴절각이 90° 이다.
- C의 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. ()는 빛이 진행하다가 서로 다른 매질의 경계면에서 원래 매질로 되돌아 나오는 현상이다.
2. 빛이 굴절률이 (큰 , 작은) 매질에서 굴절률이 (큰 , 작은) 매질로 진행할 때, 굴절각이 ()일 때의 입사각을 임계각이라 한다.
3. 빛이 굴절률이 큰 매질(n_1)에서 굴절률이 작은 매질(n_2)로 진행할 때 $\frac{n_2}{n_1}$ 가 (클 , 작을)수록 임계각이 작다.
4. 빛이 공기에서 물로 진행할 때 공기와 물의 경계면에서 전반사할 수 있다. (○ , ×)

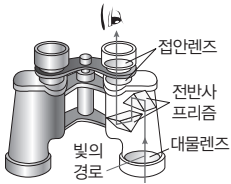
정답

1. 반사
2. 큰, 작은, 90°
3. 작을
4. ×

개념 체크

- **전반사 조건:** 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행하고, 입사각이 임계각보다 커야 한다.
- **전반사의 이용:** 빛의 전반사 현상은 광통신, 쌍안경, 내시경 등에 이용된다.

[1~3] 그림은 쌍안경의 구조와 빛의 경로를 모식적으로 나타낸 것이다.



1. 프리즘 내부에서 () 현상을 이용하여 빛의 경로를 바꾼다.
2. 빛의 속력은 프리즘에서 공기에서보다 (크다, 작다) .
3. 접안렌즈를 통과하는 동안 빛의 진동수는 (일정하다, 증가한다) .
4. 전반사 현상은 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행하고 입사각이 임계각보다 (클, 작을) 때 나타난다.

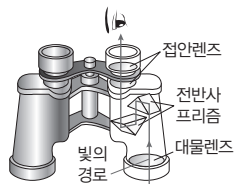
정답

1. 전반사
2. 작다
3. 일정하다
4. 클

- 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

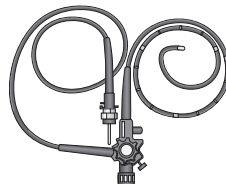
- 쌍안경: 프리즘 내부에서의 전반사를 이용하여 빛의 진행 경로를 바꾸고, 렌즈를 사용하면 곳의 물체를 확대하여 볼 수 있다.
- 자연 채광: 태양을 추적하는 집광기로 모은 빛을 광섬유를 묶어서 만든 광케이블을 사용해 지하로 이동시켜 어두운 지하를 밝게 한다.
- 내시경: 쉽게 휘어지도록 가늘게 만든 광섬유 다발을 연결한 소형 카메라를 사용해 인체 내부 장기의 모습을 살펴볼 수 있다.
- 장식품: 광섬유를 사용하여 예술품이나 장식품을 만들 수 있다.
- 다이아몬드: 거의 모든 방향의 입사 광선을 전반사시키고, 다이아몬드 내부에서 여러 번 전반사되기 때문에 무지갯빛 광채를 낸다.



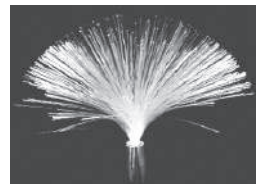
쌍안경



자연 채광



내시경

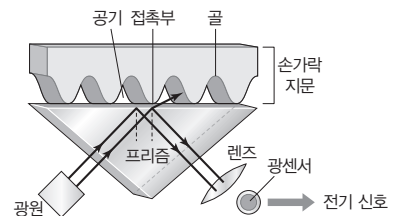


장식품



과학 돋보기 | 광학식 지문 스캐너 기술

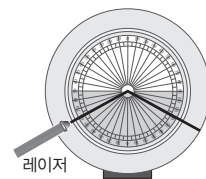
지문은 땀샘이 솟아올라 일정한 모양을 형성한 것으로, 그 모양이 사람마다 다르다. 광학식 지문 인식 센서는 내부에서 프리즘을 통해 지문 쪽으로 빛을 쬐었을 때 반사되어 나오는 빛을 감지하여 지문의 모양을 분석한다. 지문이 접촉되지 않은 골 부분은 공기가 있으므로 이 지점에 도달한 빛은 프리즘 면에서 전반사되어 광센서에 모두 도달한다. 그러나 접촉부에 입사된 빛은 습기나 기름이 있어 이 지점에 도달한 빛은 전반사되지 않고 일부가 굴절되어 나가므로, 광센서에 빛이 도달하지 않거나 일부만 도달한다. 따라서 이렇게 수신되는 빛의 차를 광센서로 감지하여 지문의 모양을 전기 신호로 변환한다.



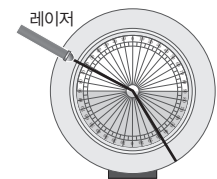
탐구자로 살펴보기 | 여러 가지 전반사 현상 관찰하기

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 일어나는지 관찰한다.

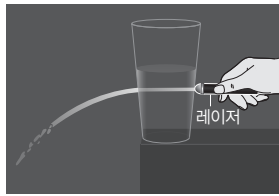


(가) 빛이 물 → 공기로 진행

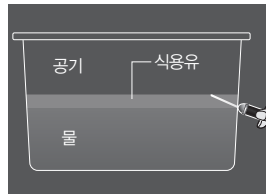


(나) 빛이 공기 → 물로 진행

- (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

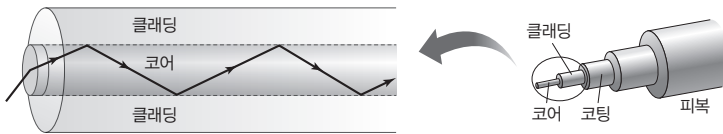
- (가)에서 레이저 빛이 물에서 공기로 진행할 때, 입사각이 특정한 각보다 크면 전반사 현상이 나타난다.
- (나)에서 레이저 빛이 공기에서 물로 진행할 때, 입사각에 관계없이 전반사 현상이 나타나지 않는다.
- (다)에서 레이저 빛은 물줄기를 따라 전반사한다.
- (라)에서 레이저 빛은 식용유 안에서 전반사하며 진행한다.

point

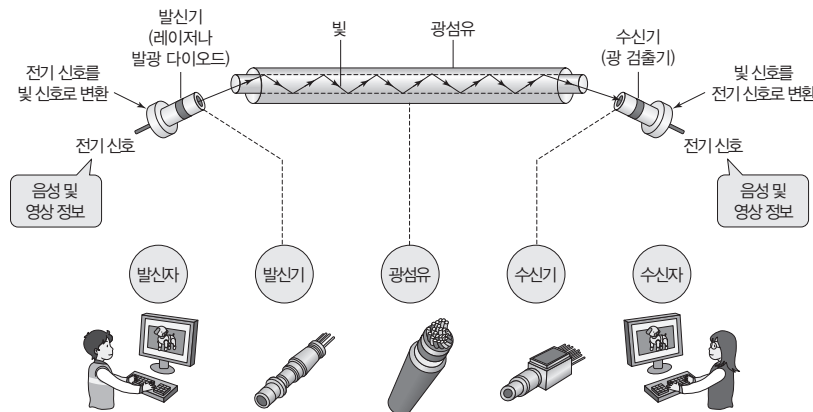
- 전반사 현상은 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행하고 입사각이 임계각보다 클 때 나타나며, 빛은 굴절률이 큰 매질 안에서 전반사하며 진행한다.
- 전반사 현상은 빛이 굴절률이 작은 매질에서 굴절률이 큰 매질로 진행할 때에는 나타나지 않는다.

(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.



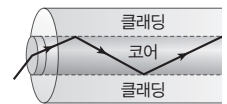
- ② 광통신: 음성, 영상 등의 정보를 담은 전기 신호를 빛 신호로 변환하여 빛을 통해 정보를 주고받는 통신 방식이다.
 ③ 광통신 과정: 음성, 영상 등과 같은 신호를 전기 신호로 변환한 후 레이저나 발광 다이오드를 사용하여 빛 신호로 변환하고, 빛 신호가 광섬유를 통해서 멀리까지 전달되면 수신기의 광 검출기에서 전기 신호로 변환하여 음성, 영상 등을 재생한다.



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. 그림과 같이 빛이 광섬유 내부에서 전반사할 때, 코어의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 () .



2. 광통신 과정에서 발신기의 레이저나 발광 다이오드는 (⊙) 신호를 (⊕) 신호로 변환하고, 수신기에서 광 검출기는 (⊕) 신호를 (⊙) 신호로 변환한다.

정답

1. 크다
2. ⊙ 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. 전자기파의 전기장과 자기장의 진동 방향은 서로 (수직이다 , 나란하다).
2. 전자기파는 같은 매질에서 ()이 짧을수록 에너지가 크다.
3. 전자기파는 반사, 굴절, 회절 현상과 같은 () 성과 광전 효과와 같은 ()성을 모두 나타낸다.
4. 가시광선, 자외선, 적외선을 파장이 짧은 것부터 순서대로 나열하시오.

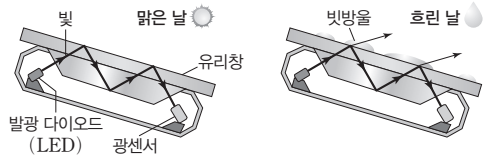
④ 광통신의 장단점

- 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

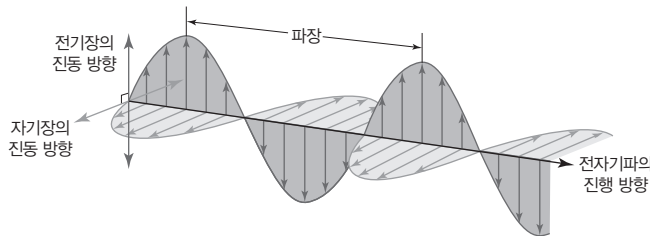
자동차의 와이퍼는 비나 눈이 내리면 앞 유리의 물기를 닦아 주어 운전자의 안전 운전을 돕는다. 최근에는 내리는 비의 양에 따라 와이퍼의 속력을 자동으로 조절하는 기술이 나왔는데, 이 기술의 작동 원리에도 전 반사가 이용된다. 맑은 날에 발광 다이오드(LED)에서 나온 빛은 유리창에서 전반사되어 모두 광센서로 들어오지만, 유리창에 빗방울이 닿으면 일부 빛이 빗방울을 통해 외부로 굴절되어 나가기 때문에 도달하는 빛의 양이 줄어들게 된다. 이로부터 비의 양을 판단해 와이퍼의 속력을 조절한다.



3 전자기파의 종류 및 활용

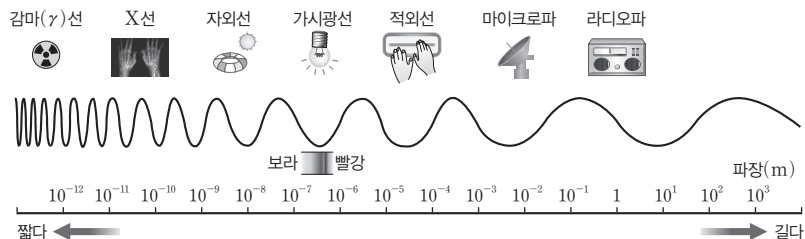
(1) **전자기파:** 전기장과 자기장이 서로를 유도하며 진행하는 파동이다.

- 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.

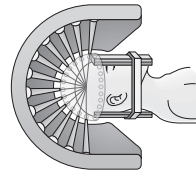


정답

1. 수직이다
2. 파장
3. 파동, 입자
4. 자외선-가시광선-적외선

① 감마(γ)선

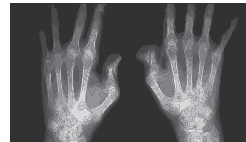
- X선보다 파장이 짧고, 전자기파 중에서 에너지가 가장 크다.
- 불안정한 원자핵이 붕괴하면서 방출하며, 투과력과 에너지가 매우 크고, 화학, 암 유발, 유전자 변형을 일으키기도 한다.
- 의료에서는 암을 치료하는 데 이용된다.



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 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. 감마(γ)선은 X선보다 파장이 (길 , 짧)고, 투과력과 에너지가 (큰 , 작은) 전자기파이다.
2. ()은 사람의 눈으로 관찰할 수 있는 전자기파이다.
3. 전자기파 중 ()은 열화상 카메라, 리모컨, 야간 투시경 등에 이용된다.
4. 다음은 전자기파 P에 대한 설명이다.

• P는 마이크로파보다 파장이 길다.
 • P는 파장에 따라 TV 방송, FM 라디오, AM 라디오 등에 이용된다.

P는 ()이다.

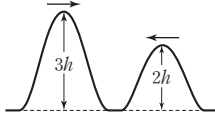
정답

1. 짧, 큰
2. 가시광선
3. 적외선
4. 라디오파

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 진행하여 중첩될 때 합성파의 최대 변위의 크기는 ()이다.



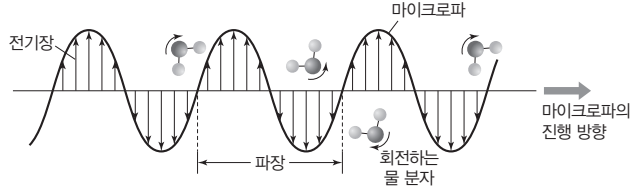
2. 두 파동이 같은 방향의 변위로 중첩되어 합성파의 진폭이 커지는 간섭을 () 간섭이라고 한다.

3. 두 파동의 마루와 골이 만나 진폭이 작아지는 간섭을 () 간섭이라고 한다.



과학 돋보기 | 전자레인지의 원리

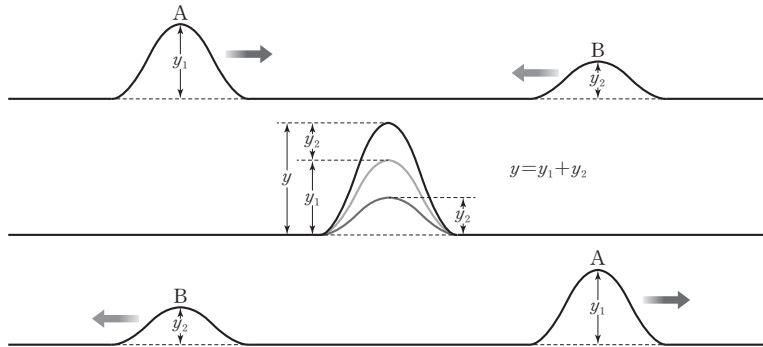
- 전자레인지에서 사용하는 마이크로파는 진동수가 약 2.45 GHz이고, 파장이 약 12.5 cm이다. 이 마이크로파는 음식물 속에 들어 있는 물 분자에서 잘 흡수된다.
- 그림과 같이 마이크로파의 전기장에 의해 음식물 속의 극성 분자인 물 분자가 운동하고 주위의 분자와 충돌하게 되면서 음식물이 데워진다.



4 파동의 간섭

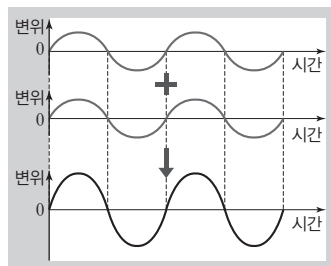
(1) 파동의 중첩

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.

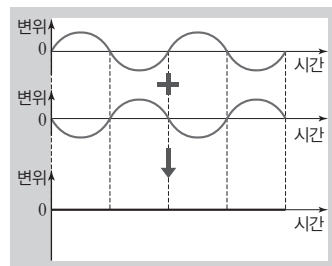


(2) 간섭: 두 파동이 중첩되어 진폭이 커지거나 작아지는 현상이다.

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

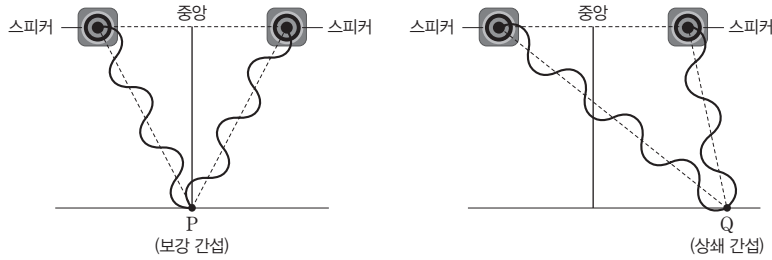


상쇄 간섭

정답

1. 5h
2. 보강
3. 상쇄

(3) **소리의 간섭**: 두 스피커에서 발생하는 소리가 크게 들리는 지점(P)에서는 보강 간섭이 일어나고, 작게 들리는 지점(Q)에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

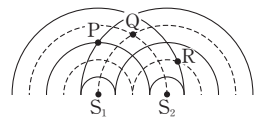


개념 체크

- **소리의 간섭**: 소리가 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 일어난다.
2. () 간섭은 소음 제거 원리에 이용할 수 있다.

[3~5] 그림은 두 점파원 S_1 , S_2 에서 같은 진폭, 위상, 주기로 발생시킨 두 물결파를 나타낸 것이다. 두 물결파의 주기는 T 이고 실선과 점선은 각각 마루와 골을 나타낸다.

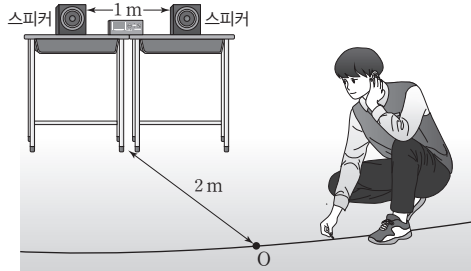


3. 점 P, Q에서는 () 간섭이 일어난다.
4. 점 R에서 물결파의 높이는 (일정하다, 변한다).
5. 그림의 순간부터 $\frac{T}{2}$ 가 지난 후 점 P, Q, R 중 수면의 높이가 가장 높은 곳은 ()이다.

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 진동수를 1000 Hz로 바꾼 후 과정 (3)을 반복한다.



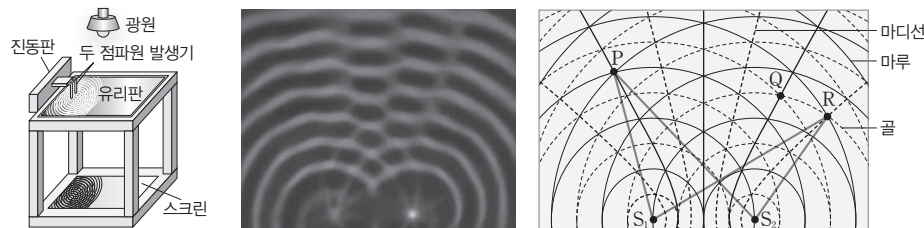
결과

- 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(P, Q 지점): 수면의 높이가 계속 변하므로 무늬의 밝기가 변한다.
- ② 상쇄 간섭 지점(마디선, R 지점): 수면이 거의 진동하지 않으므로 무늬의 밝기가 변하지 않는다.

정답

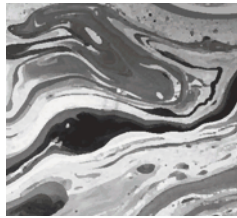
1. 보강
2. 상쇄
3. 보강
4. 일정하다
5. Q

개념 체크

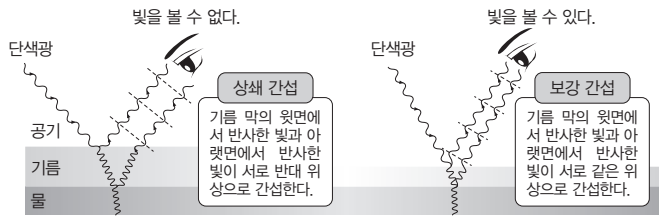
- **빛의 간섭:** 빛은 보강 간섭을 하면 밝기가 밝아지고, 상쇄 간섭을 하면 밝기가 어두워진다.
- **상쇄 간섭의 이용:** 소리의 상쇄 간섭 현상은 소음 제거 원리로 이용할 수 있다.

1. 기름 막의 윗면에서 반사한 빛과 아랫면에서 반사한 빛이 서로 () 위상으로 간섭하면 더 밝아진다.
2. 소음 제거 헤드폰에 달린 마이크로 소음이 입력되면 소음과 위상이 (같은, 반대인) 소리를 발생시켜서 소음을 제거한다.
3. 렌즈 코팅 막의 윗면과 아랫면에서 반사된 두 빛이 상쇄 간섭을 할 때 두 빛의 위상은 서로 (같다, 반대이다).
4. 현악기의 줄에서, 관악기의 관 내부의 공기에서, 타악기의 울림통에서 () 간섭이 일어나면 크고 선명하며 일정한 음파를 만든다.

(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

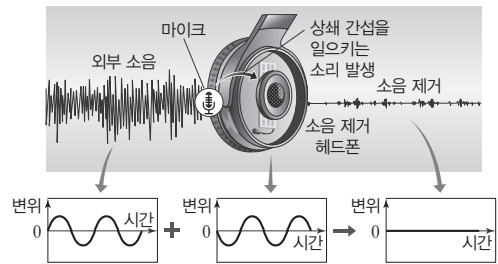


기름 막에 의한 빛의 간섭 원리

(6) 파동의 간섭의 이용

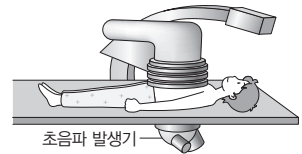
① 상쇄 간섭의 이용

- **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 아랫면에서 반사된 빛이 상쇄 간섭을 일으켜 선명한 시야를 얻을 수 있다.

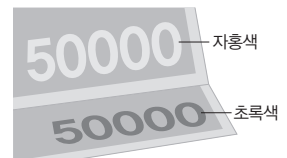


② 보강 간섭의 이용

- **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 아랫면에서 반사된 빛 중에서 보강 간섭을 하는 빛의 색깔이 잘 보이게 된다. 따라서 고성능 컬러 프린트로도 복사할 수 없기 때문에 지폐의 위조를 방지할 수 있다.



초음파 발생기



정답

1. 같은
2. 반대인
3. 반대이다
4. 보강

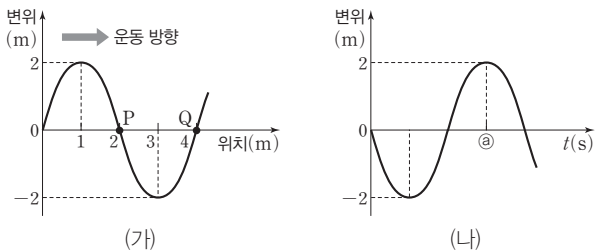
01 [23023-0203] 그림은 파동에 대하여 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

02 [23023-0204] 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 오른쪽 방향으로 10 m/s 의 속력으로 진행하는 파동의 변위를 위치에 따라 나타낸 것이다. 그림 (나)는 $t=0$ 인 순간부터 (가)에서 매질에 고정된 점 P 또는 Q의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.

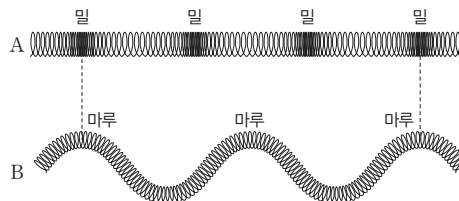


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
 ㄱ. 진폭은 2 m 이다.
 ㄴ. ㉠은 0.3 이다.
 ㄷ. (나)는 Q의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [23023-0205] 그림은 용수철 A, B를 따라 오른쪽으로 진행하는 파동의 어느 순간의 모습을 나타낸 것으로, A에서와 B에서의 진동수는 같다.

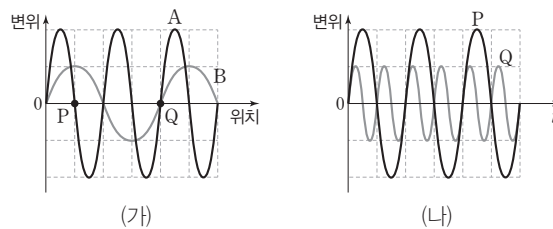


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
 ㄱ. A에서 파동의 진행 방향은 매질의 진동 방향에 나란하다.
 ㄴ. 초음파는 B에서와 같은 파동으로 전달된다.
 ㄷ. 파동의 진행 속력은 A에서가 B에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 [23023-0206] 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 파동 A, B의 변위를 위치에 따라 나타낸 것이고, (나)는 A, B의 매질에 각각 고정된 점 P, Q의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.

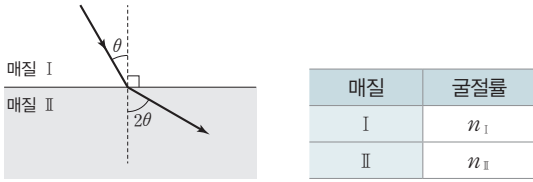


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
 ㄱ. A와 B의 진행 방향은 서로 같다.
 ㄴ. 진동수는 A가 B의 2배이다.
 ㄷ. 파동의 진행 속력은 A가 B의 $\frac{1}{4}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

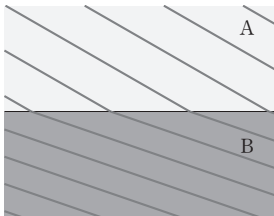
05 [23023-0207] 그림은 단색광이 매질 I, II에서 진행하는 경로를, 표는 매질의 굴절률을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 단색광의 속력은 I에서가 II에서보다 크다.
 - ㄴ. 단색광의 파장은 I에서가 II에서보다 짧다.
 - ㄷ. $n_I < n_{II}$ 이다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

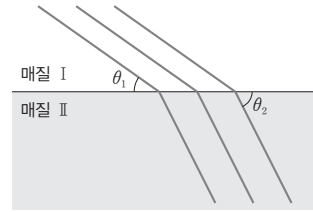
06 [23023-0208] 그림은 매질 A에서 매질 B로 경계면에 비스듬하게 진행하는 파동의 파면을 나타낸 것이다. 이웃한 파면 사이의 거리는 A에서가 B에서보다 크다.



A에서가 B에서보다 큰 물리량만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 매질의 굴절률
 - ㄴ. 파동의 진동수
 - ㄷ. 파동의 진행 속력
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

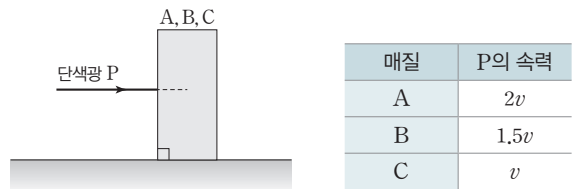
07 [23023-0209] 그림은 매질 I에서 매질 II로 진행하는 파동의 파면을 나타낸 것으로, $\theta_1 < \theta_2$ 이다.



θ_1 을 점점 감소시키면서 파동을 입사시킬 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. θ_2 는 감소한다.
 - ㄴ. II에서 파장이 길어진다.
 - ㄷ. II에서 파동의 진행 속력은 변하지 않는다.
- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

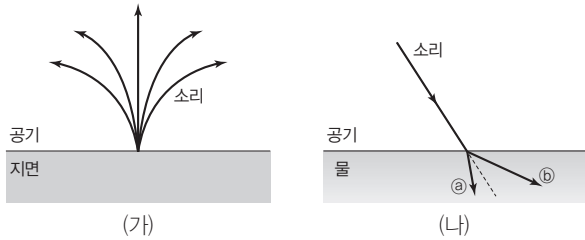
08 [23023-0210] 그림은 단색광 P가 매질을 통과하는 것을 나타낸 것이고, 표는 매질 A, B, C 내에서 P의 속력을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 굴절률은 A가 C보다 크다.
 - ㄴ. B에 대한 C의 굴절률은 1보다 크다.
 - ㄷ. P가 A에서 B로 진행하면 파장은 짧아진다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [23023-0211] 그림 (가)는 지면에서 발생한 소리가 공기 중으로 전파되는 경로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 공기 중에서 물로 들어가는 소리의 경로를 나타낸 것으로, 소리의 진행 경로는 ㉠ 또는 ㉡이다.



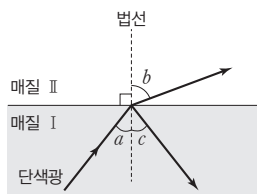
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 지면에서 위로 올라갈수록 소리의 속력은 증가한다.
- ㄴ. (가)에서 지면에서 위로 올라갈수록 공기의 온도는 높아진다.
- ㄷ. (나)에서 소리의 진행 경로는 ㉡이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23023-0212] 그림은 단색광이 매질 I에서 매질 II로 진행할 때의 경로를 나타낸 것으로, a, b, c 는 단색광의 진행 경로와 법선 사이의 각이다.



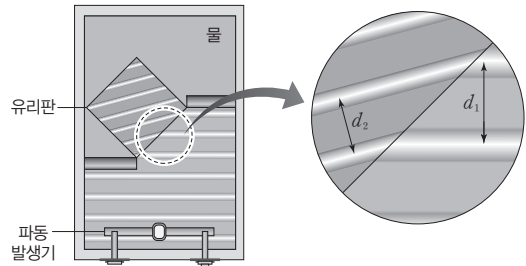
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. a 와 c 는 같다.
- ㄴ. 단색광의 파장은 I에서가 II에서보다 길다.
- ㄷ. a 와 b 가 변해도 $\sin\left(\frac{a}{b}\right)$ 의 값은 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

11 [23023-0213] 그림은 물통의 한쪽에 유리판을 깔고 유리판이 물에 잠기도록 물을 넣고 파동 발생기를 작동시켜 물결파가 진행하는 것을 나타낸 것이다. 유리판이 없는 곳과 유리판이 있는 곳에서 이웃한 파면 사이의 거리는 각각 d_1, d_2 이고, $d_1 > d_2$ 이다.



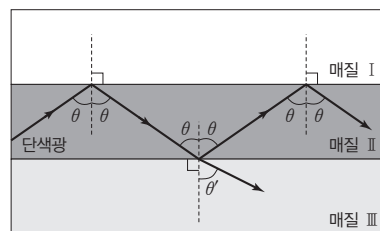
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 물결파의 진행 속력은 깊은 곳에서가 얇은 곳에서도 크다.
- ㄴ. 물결파가 깊은 곳에서 얇은 곳으로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크다.
- ㄷ. 파동 발생기의 진동수가 증가하면 $\frac{d_1}{d_2}$ 은 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

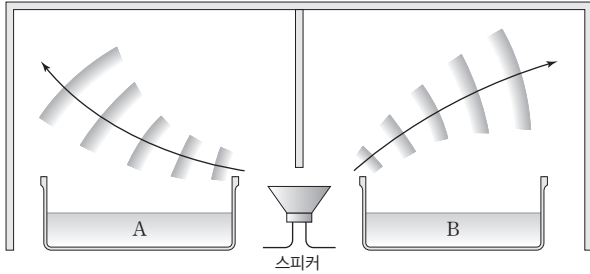
12 [23023-0214] 그림은 단색광이 매질 I, II, III에서 진행하는 모습을 나타낸 것이다. II에서 I과 II의 경계면으로 단색광을 입사각 θ 로 입사시켰더니 경계면에서 단색광은 전반사하고, II와 III의 경계면에서 단색광의 일부는 굴절각 θ' 로 굴절한다. I, II, III의 굴절률은 각각 n_I, n_{II}, n_{III} 이고, $\theta < \theta'$ 이다.



n_I, n_{II}, n_{III} 을 비교한 것으로 옳은 것은?

- ① $n_I > n_{II} > n_{III}$
- ② $n_I > n_{III} > n_{II}$
- ③ $n_{II} > n_I > n_{III}$
- ④ $n_{II} > n_{III} > n_I$
- ⑤ $n_{III} > n_I > n_{II}$

13 [23023-0215] 그림은 온도가 각각 다른 물이 담긴 수조 A, B 사이에 있는 스피커에서 발생한 소리의 진행 방향을 나타낸 것이다. A의 윗공간에서는 소리가 위쪽으로, B의 윗공간에서는 소리가 아래쪽으로 휘어지는 방향으로 진행한다.

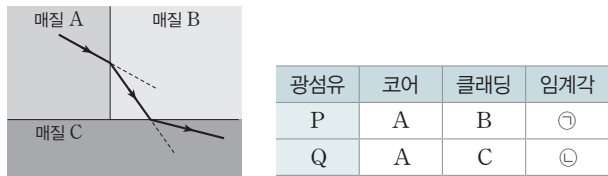


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 물의 온도는 A에서가 B에서보다 높다.
 - ㄴ. 소리의 진동수는 A의 윗공간에서가 B의 윗공간에서보다 크다.
 - ㄷ. 공기의 온도에 따라 소리의 진행 방향이 휘어지는 것은 파동의 굴절로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

14 [23023-0216] 그림은 매질 A, B, C를 진행하는 단색광의 진행 경로를 나타낸 것이고, 표는 A, B, C를 이용해 만든 광섬유 P, Q의 코어와 클래딩의 매질, 코어와 클래딩 사이의 임계각을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.
 - ㄴ. 매질의 굴절률은 B가 C보다 크다.
 - ㄷ. ㉠ < ㉡이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23023-0217] 다음은 광통신의 원리를 설명한 내용이다.

광통신에서는 ㉠ 신호로 전환된 발신자가 보낸 음성 및 영상 정보가 발신기에서 ㉡ 신호로 전환되어 코어와 클래딩의 이중 구조로 된 광섬유를 통해 수신자에게 전달된다. 빛이 코어와 클래딩의 경계면에 입사각 θ 로 입사되어 정보의 손실 없이 멀리까지 전달될 때 θ 는 ㉢보다 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 '전기', ㉡은 '빛'이다.
 - ㄴ. ㉢은 '임계각'이다.
 - ㄷ. 코어의 굴절률이 커질수록 ㉢은 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [23023-0218] 그림은 학생이 적외선 체온계로 체온을 측정하는 모습을 나타낸 것이다.



체온계에 사용되는 적외선에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 진동수는 가시광선보다 크다.
 - ㄴ. 진공에서의 파장은 X선보다 길다.
 - ㄷ. 진공에서의 속력은 자외선보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 다음은 진공에서 전자기파를 파장에 따라 순서대로 나타낸 것이다.

[23023-0219]

감마(γ)선 - A - 가시광선 - B - 라디오파

A와 B에 해당하는 전자기파로 적절한 것은?

- | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|
| | <u>A</u> | <u>B</u> | <u>A</u> | <u>B</u> |
| ① | X선 | 자외선 | ② 자외선 | 적외선 |
| ③ | 적외선 | 자외선 | ④ 적외선 | 마이크로파 |
| ⑤ | 마이크로파 | X선 | | |

18 표는 전자기파의 종류와 이용의 예를 나타낸 것으로, A, B, C는 마이크로파, 라디오파, 감마(γ)선을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23023-0220]

종류	이용의 예
A	암을 치료하는 데 이용된다.
B	TV 방송에 이용된다.
C	전자레인지에서 음식을 데우는 데 이용된다.

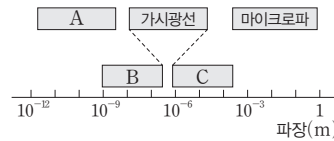
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 감마(γ)선이다.
 - ㄴ. B는 눈으로 볼 수 있다.
 - ㄷ. 진공에서 파장이 가장 긴 전자기파는 C이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

19 그림 (가)는 전자기파를 파장에 따라 분류하여 나타낸 것이고, (나)는 전자기파 P를 이용하여 식기를 살균 소독하는 소독기를 나타낸 것이다.

[23023-0221]



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

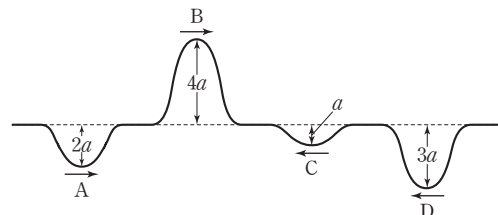
- 보기
- ㄱ. 광자 1개의 에너지는 A가 C보다 크다.
 - ㄴ. P는 B에 속한다.
 - ㄷ. TV 리모컨에 이용되는 전자기파는 C에 속한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 다음은 파동의 성질을 설명한 내용이다.

[23023-0222]

두 파동이 같은 공간에서 만나 겹치는 것을 ㉠ (이)라고 한다. 시간이 흐른 후 ㉠ 되었던 파동은 다시 분리되는데, 두 파동은 서로에 의해 영향을 받지 않고 원래의 모양과 방향으로 계속 진행한다. 이러한 성질을 파동의 ㉡ (이)라고 한다. 그림과 같이 파동 A, B와 C, D가 서로 반대 방향으로 같은 속력으로 진행할 때 합성과 변위 크기의 최댓값은 ㉢ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 '중첩'이 적절하다.
 - ㄴ. ㉡은 '독립성'이다.
 - ㄷ. ㉢은 $3a$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21 다음 A, B, C는 파동의 성질에 의해 나타나는 현상을 나타낸 것이다. [23023-0223]

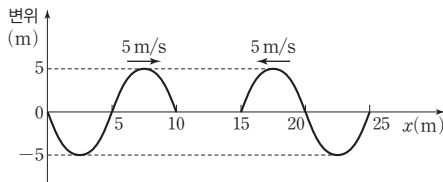


A. 공작 꼬리 깃털의 다양한 색 B. 코팅한 렌즈로 선명한 시야 확보 C. 비눗방울 표면의 다양한 색

A, B, C 중 파동의 간섭 현상에 의해 나타나는 예만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

22 그림은 진폭과 진동수가 같은 두 파동이 5 m/s의 속력으로 x 축을 따라 서로 반대 방향으로 진행할 때 시간 $t=0$ 인 순간을 나타낸 것이다. [23023-0224]

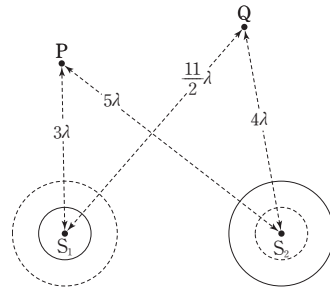


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 두 파동의 진동수는 2 Hz이다.
 - ㄴ. $t = \frac{3}{2}$ 초일 때 합성과 변위의 크기는 $x=10$ m에서와 $x=15$ m에서가 같다.
 - ㄷ. $t=2$ 초일 때 합성과 최대 변위의 크기는 10 m이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 그림과 같이 두 점파원 S_1, S_2 에서 위상이 반대이고 진폭이 A , 파장이 λ 인 파동이 발생한다. S_1, S_2 로부터 떨어진 거리가 점 P는 각각 $3\lambda, 5\lambda$ 이고, 점 Q는 각각 $\frac{11}{2}\lambda, 4\lambda$ 이다. [23023-0225]

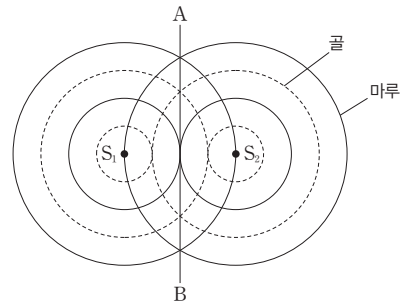


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. S_1 이 마루일 때 S_2 는 골이다.
 - ㄴ. P에서 보강 간섭이 일어난다.
 - ㄷ. S_1 이 골일 때 Q에서 중첩된 파동의 변위의 크기는 $2A$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24 그림은 두 점파원 S_1, S_2 에서 동일한 위상으로 발생한 두 물결파를 나타낸 것이다. 실선은 마루, 점선은 골이다. [23023-0226]



선분 \overline{AB} 에 위치한 매질상의 점들에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. S_1, S_2 로부터의 거리의 차는 0이다.
 - ㄴ. 시간에 따라 매질의 변위는 일정하다.
 - ㄷ. 보강 간섭이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림 (가)는 파동 A를 수신하기 위한 TV 안테나를, (나)는 파동 B를 이용하여 태아의 모습을 영상으로 나타낸 것이다. A, B는 각각 횡파 또는 종파 중 하나이다.

[23023-0227]



(가)



(나)

A, B에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

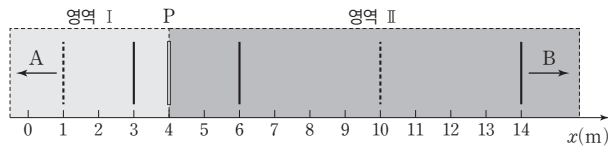
- ㄱ. A는 횡파이다.
- ㄴ. B는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하다.
- ㄷ. B는 매질이 없는 공간에서도 전파된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란한 파동은 종파이고, 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 수직인 파동은 횡파이다.

02 그림은 위치 $x=4\text{ m}$ 인 파원 P에서 만들어진 물결파 A, B가 각각 영역 I, II에서 진행하는 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. I, II에서 물의 깊이는 각각 h_1, h_2 이고, 실선은 마루, 점선은 골이다.

[23023-0228]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

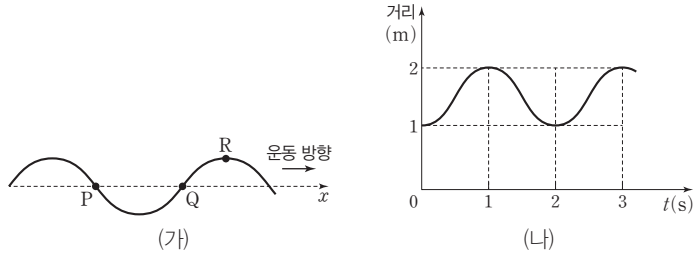
- ㄱ. 진동수는 A가 B보다 크다.
- ㄴ. $h_1 < h_2$ 이다.
- ㄷ. $x=2\text{ m}$ 와 $x=12\text{ m}$ 인 점에서 매질의 이동 방향은 서로 반대이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

물의 깊이를 일정하게 하면 물결파의 속력은 일정하다. 물결파의 속력은 수심이 깊은 곳에서 크고, 얕은 곳에서 작다.

$t=0, 1, 2, 3$ 초일 때 P는 각각 진동 중심, 마루, 진동 중심, 골에 위치해 있다.

03 그림 (가)는 $+x$ 방향으로 진행하는 횡파의 시간 $t=0$ 인 순간의 모습을 위치 x 에 따라 나타낸 것으로, P, Q, R은 매질에 고정된 점이다. 그림 (나)는 (가)에서 P, Q 사이의 직선 거리를 t 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

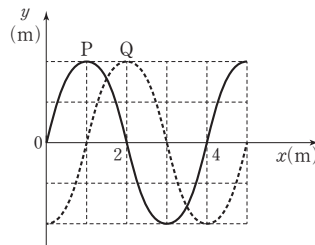
보기

- ㄱ. 파동의 진폭은 1 m이다.
- ㄴ. $t = \frac{5}{2}$ 초일 때 Q와 R의 운동 방향은 같다.
- ㄷ. 파동의 진행 속력은 1 m/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

파동의 주기를 T 라고 할 때 Q → P는 $\frac{1}{4}T$ 후의 모습이고, P → Q는 $\frac{3}{4}T$ 후의 모습이다.

04 그림은 일정한 속력으로 $+x$ 방향 또는 $-x$ 방향으로 진행하는 파동의 위치 x 에 따른 변위 y 를 서로 다른 두 순간 P, Q로 나타낸 것이다. 표는 파동의 모양이 바뀌는 데 걸리는 최소 시간을 나타낸 것이다.



구분	시간
P에서 Q	$\frac{1}{2}$ 초
Q에서 P	$\frac{1}{6}$ 초

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 파동은 $-x$ 방향으로 진행한다.
- ㄴ. 파동의 진동수 3 Hz이다.
- ㄷ. 파동의 진행 속력은 6 m/s이다.

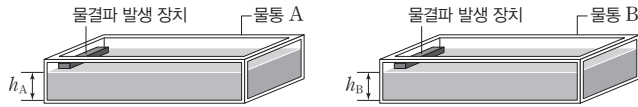
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 물결파의 성질을 알아보기 위한 실험이다.

[23023-0231]

[실험 과정]

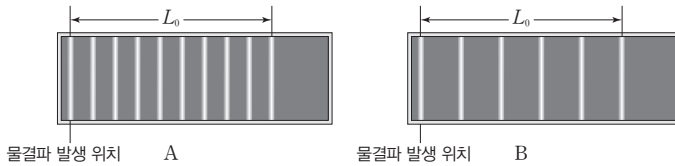
(가) 수평면에 놓인 동일한 물통 A, B에 각각 물을 높이 h_A , h_B 만큼 채워 넣고 왼쪽 끝 수면 위에서 동시에 물결파를 발생시킨다.



(나) 시간 T_0 이 지난 후, A, B에 나타난 물결파를 관찰한다.

[실험 결과]

A, B에서 이동한 거리는 L_0 으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

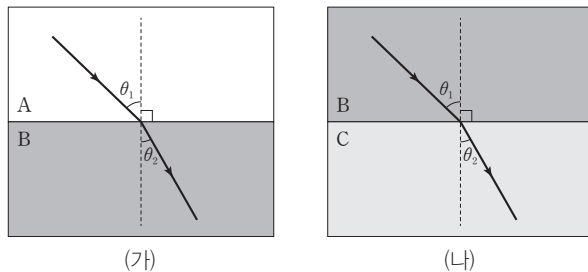
보기

- ㄱ. 물결파의 진동수는 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄴ. 물결파의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.
- ㄷ. $h_A > h_B$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

06 그림 (가)는 매질 A에서 매질 B로 진행하는 단색광의 입사각과 굴절각이 각각 θ_1 , θ_2 인 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 B에서 매질 C로 진행하는 단색광의 입사각과 굴절각이 각각 θ_1 , θ_2 인 것을 나타낸 것이다. A에 대한 B의 굴절률은 $\frac{3}{2}$ 이다.

[23023-0232]



A에 대한 C의 굴절률은?

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

물의 깊이가 일정하면 물결파의 속력이 일정하다.

매질 1의 굴절률에 대한 매질 2의 굴절률 $n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$ 이다.

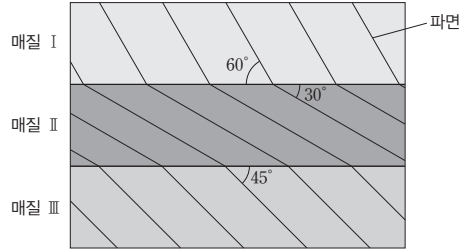
$$n_{I\text{II}} = \frac{n_{\text{II}}}{n_I} = \sqrt{3} \text{이고,}$$

$$n_{\text{III}} = \frac{n_{\text{II}}}{n_{\text{I}}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{이다.}$$

이웃한 마루와 마루, 골과 골 사이의 거리는 파장이다.

[23023-0233]

07 그림은 파동이 매질 I, II, III에서 진행할 때 파면을 나타낸 것이다. I, II, III에서 매질의 굴절률은 각각 $n_I, n_{\text{II}}, n_{\text{III}}$ 이고, 파장은 각각 $\lambda_I, \lambda_{\text{II}}, \lambda_{\text{III}}$ 이다.

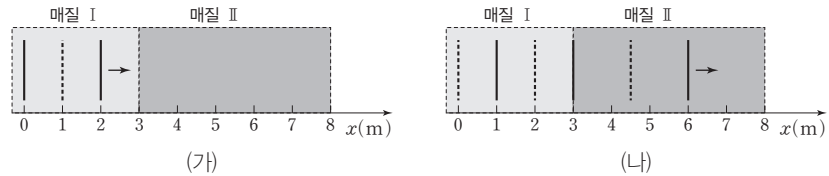


I, II, III에서 굴절률의 비와 파장의 비는?

- | | | |
|---|--|--|
| | $n_I : n_{\text{II}} : n_{\text{III}}$ | $\lambda_I : \lambda_{\text{II}} : \lambda_{\text{III}}$ |
| ① | $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ | $\sqrt{6} : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ |
| ② | $\sqrt{2} : \sqrt{6} : \sqrt{3}$ | $\sqrt{2} : \sqrt{6} : \sqrt{3}$ |
| ③ | $\sqrt{2} : \sqrt{6} : \sqrt{3}$ | $\sqrt{3} : 1 : \sqrt{2}$ |
| ④ | $\sqrt{3} : 1 : \sqrt{2}$ | $\sqrt{2} : \sqrt{6} : \sqrt{3}$ |
| ⑤ | $\sqrt{3} : 1 : \sqrt{2}$ | $\sqrt{6} : \sqrt{3} : \sqrt{2}$ |

[23023-0234]

08 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 매질 I에서 $+x$ 방향으로 매질 II를 향해 진행하는 파동을 나타낸 것으로, 실선과 점선은 각각 마루와 골이다. 그림 (나)는 $t=3$ 초일 때의 파동을 나타낸 것이다.



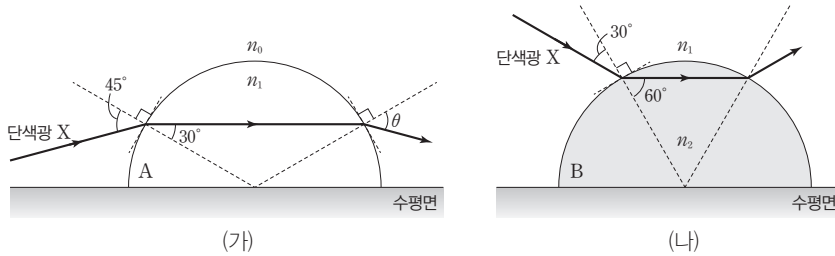
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 파동의 진동수는 0.5 Hz이다.
 - ㄴ. $t=0$ 부터 $t=3$ 초까지 $x=2$ m에서 변위가 0이 되는 경우는 2회이다.
 - ㄷ. II에서 파동의 진행 속력은 2 m/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[23023-0235]

09 그림 (가)는 단색광 X가 굴절률이 n_0 인 매질에서 굴절률이 n_1 인 반원통 모양의 매질 A를 통과하여 진행하는 것을, (나)는 X가 굴절률이 n_1 인 매질에서 굴절률이 n_2 인 반원통 모양의 매질 B를 통과하여 진행하는 것을 나타낸 것이다. (가), (나)의 X는 A, B의 내부에서 수평면과 나란하게 진행한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

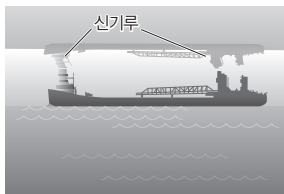
보기

- ㄱ. (가)에서 $\theta > 45^\circ$ 이다.
- ㄴ. $n_0 > n_2$ 이다.
- ㄷ. X의 파장은 A에서 B에서보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23023-0236]

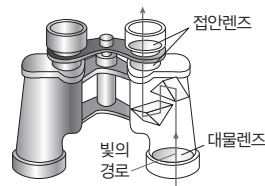
10 다음 A~C는 파동이 전파될 때 일어난 현상들의 예이다.



A. 극지방의 해수면 상공에서 신기루가 보인다.



B. 물에 잠긴 다리가 짧아 보인다.



C. 대물렌즈와 접안렌즈를 사용해 먼 곳의 물체를 확대하여 본다.

A, B, C 중 굴절에 의한 현상이 적용된 예만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

X의 속력은 굴절률이 n_1 인 매질에서가 굴절률이 n_2 인 매질에서보다 작다.

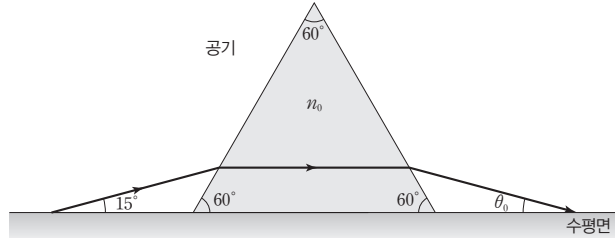
신기루는 공기의 온도에 따른 밀도의 변화로 빛의 진행 방향이 바뀌어 물체의 위치가 실제 위치가 아닌 곳에서 보이는 현상이다.

단색광이 공기에서 물체로 진행할 때 입사각은 굴절각보다 크다.

A의 굴절률이 C의 굴절률보다 작으므로 B와 A 사이의 임계각은 B와 C 사이의 임계각보다 작다.

[23023-0237]

11 그림과 같이 수평면에 굴절률이 n_0 인 정삼각형 모양의 물체를 놓고 물체의 왼쪽에서 수평면에 대해 15° 의 각도로 단색광을 비추었더니 물체를 통과한 단색광이 반대쪽 수평면과 θ_0 의 각을 이루며 수평면에 도달한다. 물체 내부에서 단색광은 수평면과 나란하게 진행한다.

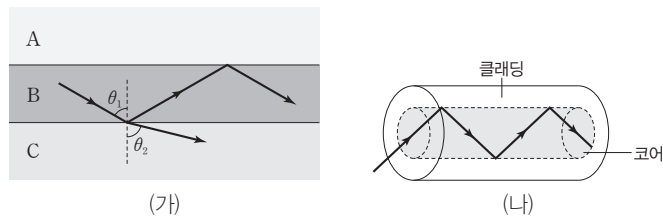


n_0 과 θ_0 은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

- | | | | |
|--------------|------------|--------------|------------|
| n_0 | θ_0 | n_0 | θ_0 |
| ① $\sqrt{2}$ | 15° | ② $\sqrt{2}$ | 30° |
| ③ 2 | 15° | ④ 2 | 30° |
| ⑤ 2 | 45° | | |

[23023-0238]

12 그림 (가)는 단색광이 매질 B와 C의 경계면에서 일부 반사한 후 매질 A와 B의 경계면에서 전반사하는 것을 나타낸 것으로, $\theta_1 < \theta_2$ 이고 A와 B의 경계와 B와 C의 경계는 나란하다. 그림 (나)는 A와 C를 사용하여 만든 광섬유의 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 굴절률은 B가 C보다 크다.
 - ㄴ. 임계각은 A와 B 사이에서가 B와 C 사이에서보다 크다.
 - ㄷ. 클래딩은 A이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 다음은 전반사에 대한 실험이다.

[23023-0239]

[실험 과정]

(가) 굴절률이 n_x 인 액체를 넣은 평평한 수조 바닥에서 수면에 고정된 점 A, B를 향하여 두 개의 단색광을 발사한다.

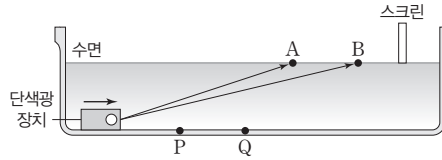
(나) A, B를 향해 단색광을 비추면서 단색광 장치를 바닥에서 수평으로 이동하여 수조 바닥에 고정된 점 P를 통과하기 전후에 스크린을 관찰한다.

(다) 단색광 장치를 수평으로 이동하여 수조 바닥에 고정된 점 Q를 통과하기 전후에 스크린을 관찰한다.

(라) (가)에서 액체를 굴절률이 n_y 인 액체로 바꾸어 수조에 넣고 (나)를 반복한다.

[실험 결과]

(나)	P를 통과한 순간 1개의 빛이 처음 보이기 시작함
(다)	Q를 통과한 순간 2개의 빛이 처음 보이기 시작함
(라)	빛이 보이지 않음



단색광의 입사각은 A를 향한 것이 B를 향한 것보다 작다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

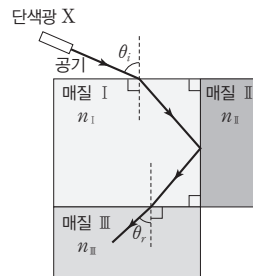
보기

- ㄱ. (나)에서 단색광은 스크린의 위쪽에 먼저 나타난다.
- ㄴ. \overline{AB} 와 \overline{PQ} 의 길이는 같다.
- ㄷ. $n_x < n_y$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림과 같이 공기와 매질 I의 경계면에 입사각 θ_i 로 입사한 단색광 X가 굴절된다. 이때 굴절된 X는 I과 매질 II의 경계면에서 전반사되고, 전반사된 X는 I과 매질 III의 경계면에서 굴절각 θ_r 로 굴절된다. $\theta_i > \theta_r$ 이고, I, II, III의 굴절률은 각각 n_I, n_{II}, n_{III} 이다.

[23023-0240]



전반사는 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행하고 입사각이 임계각보다 큰 경우에 일어난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X의 속력은 공기에서가 I에서보다 크다.
- ㄴ. $n_I > n_{II}$ 이다.
- ㄷ. θ_i 를 증가시키면 I과 III의 경계면에서 전반사가 일어난다.

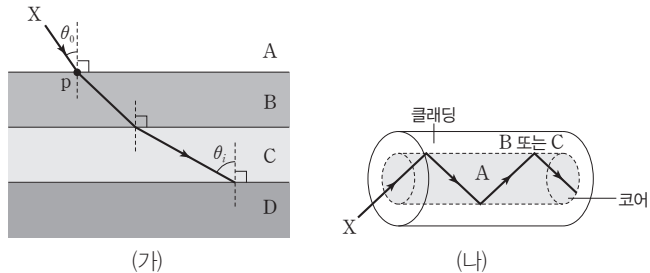
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

클래딩의 굴절률이 작아질수록 코어의 굴절률 임계각은 작아진다.

형광등을 넣고 전자레인지 작동시키면 전자레인지의 마이크로파가 형광등 전극에 있는 전자를 진동시킨다.

[23023-0241]

15 그림 (가)는 단색광 X가 매질 A, B의 경계면의 점 p에 입사각 θ_0 으로 입사하여 매질 B, C를 지나 C와 매질 D의 경계면에 임계각 θ_c 로 입사하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 코어가 A이고, 클래딩이 B 또는 C인 광섬유에서 X가 전반사하며 진행되는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X의 파장은 A에서가 B에서보다 짧다.
- ㄴ. X를 p에 θ_0 보다 작은 입사각으로 입사시키면 C와 D의 경계면에서 X는 전반사한다.
- ㄷ. (나)에서 코어와 클래딩의 경계면에서 임계각은 클래딩이 B일 때가 C일 때보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0242]

16 다음은 전자레인지에서 형광등이 켜지는 원리에 대한 설명이다.

형광등을 넣고 전자레인지를 작동시키면 ㉠전자레인지에서 발생된 전자기파에 의해 형광등 양쪽 전극의 필라멘트가 가열되어 열전자가 방출된다. 방출된 열전자는 유리관 내에 있는 수은 원자와 충돌하여 에너지를 전달하고 수은 원자의 최외각 전자를 들뜨게 한다. 높은 에너지 상태로 전이된 전자는 다시 원래 상태로 전이하면서 ㉡에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 ㉢자외선으로 방출한다. 자외선은 유리관 안쪽에 입혀진 형광 물질과 충돌하여 ㉣가시광선을 방출한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을<보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 마이크로파이다.
- ㄴ. ㉡이 커질수록 파장이 짧은 ㉢이 방출된다.
- ㄷ. 진동수는 ㉢이 ㉣보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 표는 병원의 의료기기에서 이용되는 전자기파를 종류에 따라 분류한 것으로, A, B, C는 X선, 자외선, 가시광선을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23023-0243]

전자기파	A	B	C
의료기기	<p>내시경</p>	<p>의료 기구 소독기</p>	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 가시광선이다.
- ㄴ. B는 피부에서 비타민 D 생성에 이용된다.
- ㄷ. 'CT(컴퓨터 단층 촬영)'는 ㉠으로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

자외선은 피부 노화의 원인이 되기도 하고, 피부에서 비타민 D 생성에 이용되기도 한다.

18 다음은 능동 소음 제거에 대한 내용의 일부이다.

[23023-0244]

마이크를 통해 소음을 인식한 뒤 컨트롤러로 해당 소음을 분석하여, ㉠제어음을 스피커로 내보내 덕트 안의 ㉡소음을 감소시키는 기술을 ㉢능동 소음 제거(Active Noise Control)라고 한다.

소음을 제거할 때 소음과 위상이 반대인 제어음을 발생시킨다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 소리는 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하다.
- ㄴ. ㉠과 ㉡은 서로 반대 위상으로 만난다.
- ㄷ. ㉢은 보강 간섭을 이용한다.

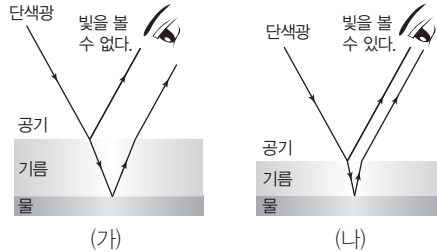
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기름 막의 윗면에서 반사한 빛과 아랫면에서 반사한 빛이 서로 반대 위상으로 간섭하면 빛을 볼 수 없다.

이웃한 마루와 마루, 골과 골 사이의 거리는 물결파의 파장과 같다.

[23023-0245]

19 그림 (가)와 (나)는 물 위에 떨어진 기름 막에 의한 무늬를 관찰하는 것을 나타낸 것으로, (가), (나)에서는 각각 보강 간섭 또는 상쇄 간섭이 일어난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

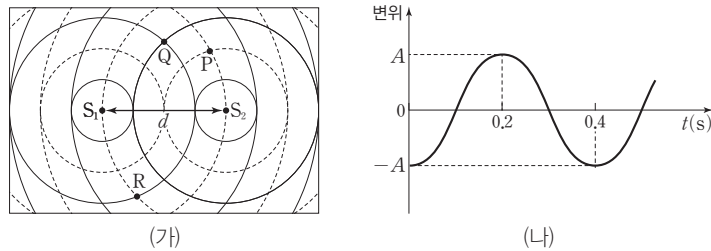
보기

- ㄱ. (가)는 빛의 보강 간섭에 의한 현상이다.
- ㄴ. (나)에서 기름 층의 윗면과 아랫면에서 반사되는 단색광은 같은 위상으로 중첩된다.
- ㄷ. 무반사 코팅 안경은 (가)와 같은 간섭 현상을 활용한 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23023-0246]

20 그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 두 점파원 S_1, S_2 에서 1 m/s 의 속력으로 같은 위상, 진폭, 파장으로 발생시킨 두 물결파를 나타낸 것으로, 실선은 마루, 점선은 골이다. 점 P, Q, R는 수면에 고정된 지점이고, S_1 과 S_2 사이의 거리는 d 이다. 그림 (나)는 $t=0$ 인 순간부터 P, Q, R 중 한 점에서 중첩된 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

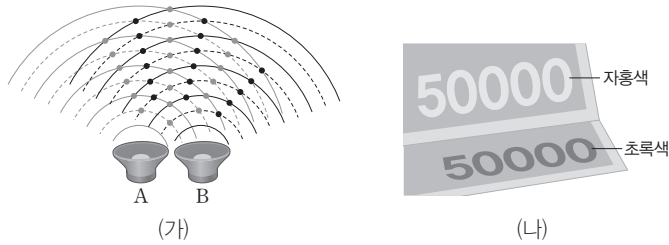
- ㄱ. d 는 0.8 m 이다.
- ㄴ. (나)는 R의 변위를 나타낸 것이다.
- ㄷ. S_1 과 S_2 사이에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 4곳이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21 다음 (가), (나)는 일상생활에서 간섭 현상을 활용한 예이다.

[23023-0247]

- (가) 두 스피커 A, B에서 위상과 진동수, 진폭이 같은 소리가 발생할 때 소리가 작게 들리는 지점이 생긴다.
- (나) 잉크 속에 포함된 비대칭적인 미세한 입자에 의해 입자의 윗면과 아랫면에서 반사된 빛이 간섭하여 보는 각도에 따라 특정 색깔의 빛이 잘 보이게 된다.



두 파동이 반대 위상으로 중첩되어 합성파의 진폭이 작아지는 간섭을 상쇄 간섭이라고 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

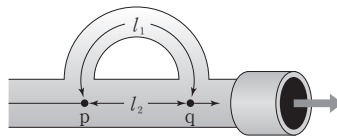
- ㄱ. (가)에서 소리가 작게 들리는 지점은 A, B로부터의 거리 차가 반파장의 짝수 배이다.
- ㄴ. (나)에서 입자의 윗면과 아랫면에서 반사된 빛은 반대 위상으로 간섭한다.
- ㄷ. (나)의 간섭 원리를 적용하여 초음파 발생기로 결석을 깨뜨린다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

22 그림은 자동차의 배기관에서 소음이 배기관을 따라 진행하는 것에 대하여 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다

[23023-0248]

자동차의 배기관 내 한 점 p에서 파장이 λ 인 배기음이 나누어져 각각 길이가 l_1 , l_2 인 경로를 지나 점 q에서 중첩될 때, 배기음은 거의 들리지 않는다.



q에서 중첩되는 두 배기음의 위상은 같아.

학생 A

q에서는 상쇄 간섭이 일어나.

학생 B

배기음이 거의 들리지 않을 때 $l_1 - l_2$ 의 최솟값은 $\frac{1}{2}\lambda$ 야.

학생 C

두 파동이 반대 위상으로 중첩되면 합성파의 진폭이 작아진다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

소리의 파장을 λ 라고 할 때, 소리의 세기가 최대인 이웃한 두 점 사이의 거리는 $\frac{\lambda}{2}$ 이다.

[23023-0249]

23 다음은 소리의 간섭에 대한 실험이다.

[실험 과정]

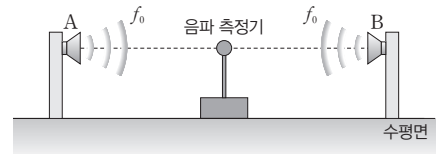
(가) 그림과 같이 수평면에 놓인 스피커 A, B 사이에 음파 측정기를 놓는다.

(나) A, B에서 위상이 같고 진동수가 f_0 인 소리를 발생시킨 후 음파 측정기를 좌우로 이동하면서 ㉠소리의 세기가 최대인 이웃한 두 점 사이의 거리를 측정한다.

(다) 진동수를 f_1 로 바꾸고 (나)를 반복한다.

[실험 결과]

진동수	소리의 세기가 최대인 이웃한 두 점 사이의 거리
f_0	$2d$
f_1	$3d$



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 온도는 일정하다.)

보기

ㄱ. (나)에서 발생한 소리의 파장은 $2d$ 이다.

ㄴ. ㉠ 현상이 나타나는 지점에서는 A와 B에서 발생한 두 소리가 보강 간섭한다.

ㄷ. $\frac{f_0}{f_1} = \frac{2}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

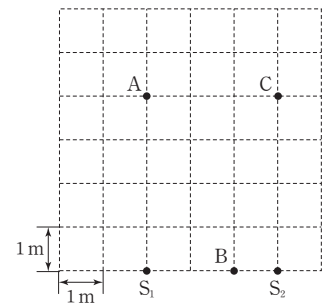
물결파의 파장 $\lambda = \frac{1 \text{ m/s}}{0.5 \text{ Hz}} = 2 \text{ m}$ 이다.

[23023-0250]

24 그림은 두 점파원 S_1, S_2 에서 진동수가 0.5 Hz , 전파 속력이 1 m/s 인 물결파를 같은 위상으로 발생시키는 것을 나타낸 것이다.

A, B, C는 평면상에 고정된 점이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모눈의 간격은 1 m 이다.)



보기

ㄱ. A에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄴ. 두 점파원으로부터 B까지의 거리의 차와 두 점파원으로부터 C까지의 거리의 차는 같다.

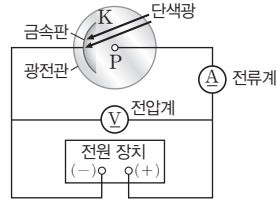
ㄷ. S_1C 에서 보강 간섭하는 지점은 두 곳이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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 전자가 방출되기 위한 최소한의 빛의 진동수로, 금속의 종류에 따라 다르다.
- ③ 광전류: 광전관의 (-)극 K에 문턱 진동수 이상의 빛을 비출 때, 광전자가 방출되어 (+)극 P로 모이므로 광전류가 흐른다.
 - 문턱(한계) 진동수보다 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, 디지털카메라, 자동차 등



광전 효과 실험 장치

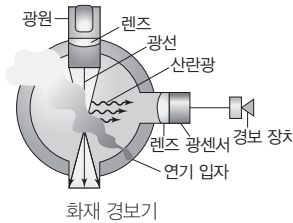
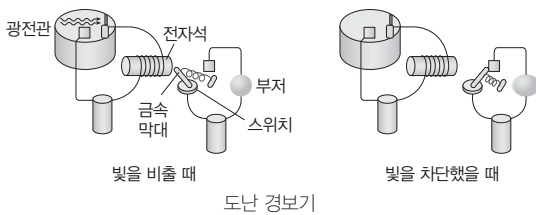
개념 체크

- 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. 금속에 특정한 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 금속에서 광전자가 방출되는 현상을 ()라고 한다.
2. 금속에서 전자가 방출되기 위한 최소한의 빛의 진동수를 ()라고 한다.

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.



3. 금속 A, B에 진동수가 f 인 단색광을 비출 때 A에서는 광전자가 방출되고, B에서는 광전자가 방출되지 않았다면 금속의 문턱 진동수는 B가 A보다 ().
4. 금속에 빛을 비추주었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 (세기, 진동수)에는 관계가 없고 빛의 (세기, 진동수)에만 관계가 있다.

탐구자료 살펴보기 광전 효과 실험

과정

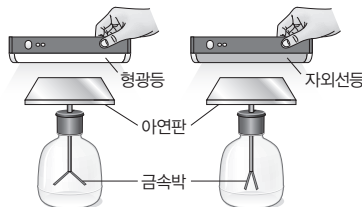
- (1) 그림과 같이 아연판을 검전기 위에 올려놓고 음(-)전하로 대전시킨다.
- (2) 검전기 위의 아연판에 형광등과 자외선등을 각각 비추고 금속박의 변화를 관찰한다. 빛의 세기를 세게 하여 실험을 반복한다.

결과

구분	약한 빛	센 빛
형광등	벌어져 있다.	벌어져 있다.
자외선등	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. 광전 효과
2. 문턱(한계) 진동수
3. 크다
4. 세기, 진동수

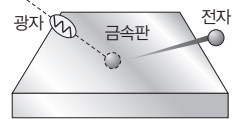
개념 체크

● 광양자설: 빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광자(광양자)의 흐름이다.

1. 광전 효과는 빛의 (입자성, 파동성)을 증명하는 현상이다.
2. 광양자설에 의하면 진동수가 f 인 광자 1개가 가지는 에너지는 ()이다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)
3. 금속의 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛을 금속에 비추출 때 빛의 세기가 증가할수록 방출되는 광전자의 (최대 운동 에너지, 수)는 증가한다.

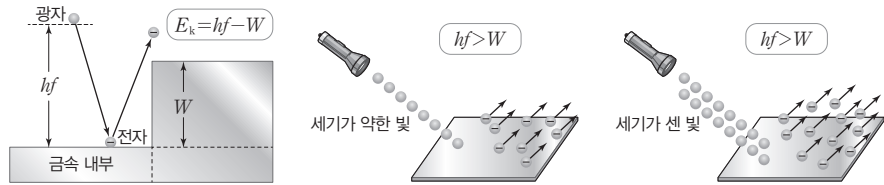
(2) 빛의 파동 이론의 한계와 광양자설

- ① 빛이 파동이라면 진동수가 아무리 작아도 그 빛의 세기를 증가시키거나 오랫동안 비추면 금속 내의 전자는 충분한 에너지를 얻어 금속 표면 밖으로 튀어나올 수 있어야 한다. 그러나 문턱 진동수보다 작은 진동수를 갖는 빛은 비추는 시간에 관계없이 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.



과학 돋보기 | 광전 효과의 해석

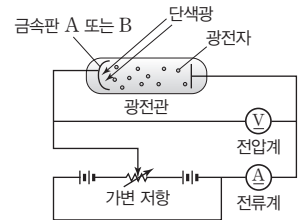
진동수가 f 인 빛을 금속 표면에 비추주면 hf (단, h 는 플랑크 상수)의 에너지를 가진 광자가 금속 내의 1개의 전자와 충돌하여 전자에 에너지를 전달한다. 광자 에너지 hf 가 금속에서 전자를 떼어내는 데 필요한 최소 에너지 W 보다 크면 즉시 광전자가 방출된다. 이때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 $E_k = hf - W$ 이므로 f 가 클수록 광전자의 최대 운동 에너지는 커진다. W 보다 에너지가 큰 빛의 세기가 증가할수록 금속에서 전자를 떼어낼 수 있는 광자의 수가 증가하고, 방출되는 광전자의 수가 증가한다.



탐구자료 살펴보기 | 광전관 실험

과정

- (1) 그림과 같이 회로를 구성한 후, 광전관 내에 금속판 A를 설치한다.
- (2) 광전관 내의 금속판 A에 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 ($\times 10^{15} \text{ Hz}$)	광전자의 최대 운동 에너지(eV)	
	금속판 A	금속판 B
0.50	1	0
0.75	2	1
1.00	3	2

point

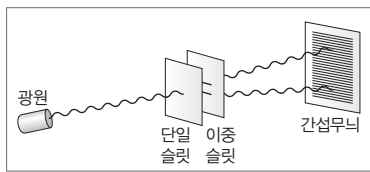
- 광전자의 최대 운동 에너지는 단색광의 진동수가 클수록 크다.
- 광전자의 최대 운동 에너지는 금속판의 문턱 진동수가 작을수록 크다.

정답

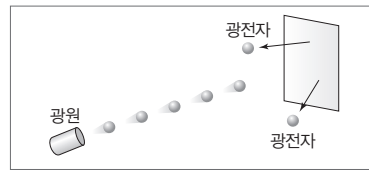
1. 입자성
2. hf
3. 수

(3) 빛의 이중성

- ① 빛은 진행할 때 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.



빛의 파동성



빛의 입자성

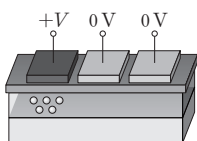
2 영상 정보의 기록

(1) 전하 결합 소자(Charge-Coupled Device, CCD)

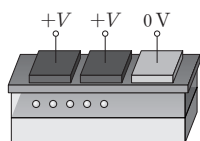
- ① 빛을 전기 신호로 바꾸어 주는 장치로, 수백만 개의 집광 장치로 이루어져 있다.
- ② 구조는 광센서인 광 다이오드가 평면적으로 배열된 형태를 가지고 있고, 주로 규소(Si) 등의 물질이 광센서로 사용되며 각각의 화소를 구성한다. 디지털카메라, 광학 스캐너, 비디오 카메라 등에 이용된다.

(2) 영상 정보가 기록되는 원리

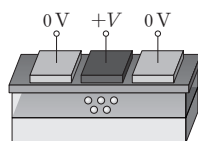
- ① 렌즈를 통과한 빛이 전하 결합 소자 내부로 입사하면 광전 효과로 인해 반도체 내에서 전자와 양공의 쌍이 형성되고, 이때 전자의 수는 입사한 빛의 세기에 비례하며, 전자는 (+)전압이 걸려 있는 첫 번째 전극 아래에 쌓이게 된다.
- ② 인접한 두 번째 전극에 같은 크기의 전압을 걸어 주면 전자는 고르게 분포하게 된다.
- ③ 첫 번째 전극의 전압을 제거하면 전자는 두 번째 전극으로 이동하여 모이게 된다.
- ④ 다시 인접한 세 번째 전극에 같은 크기의 전압을 걸어 주면 전자는 고르게 분포하게 된다. 이렇게 순차적으로 전극에 전압을 걸어 주어 전자들이 이동하게 된다.



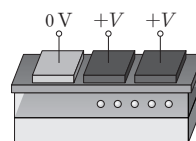
① 광전 효과에 의해 첫 번째 전극 아래에 전자가 쌓인다.



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.

개념 체크

- **빛의 이중성:** 빛은 간섭이나 회절과 같은 파동성을 가지는 동시에 광전 효과와 같은 입자성을 가진다.
- **전하 결합 소자(CCD):** 빛 신호를 전기 신호로 바꾸어 주는 장치로, 디지털카메라, 광학 스캐너, 비디오 카메라 등에 이용된다.

1. 빛은 진행할 때 ()의 성질인 간섭과 회절 현상이 나타나고, 광전 효과에서는 ()의 성질이 나타나는데, 이것을 빛의 이중성이라고 한다.
2. ()는 빛을 전기 신호로 바꾸어 주는 장치로, 수백만 개의 집광 장치로 이루어져 있다.
3. 전하 결합 소자의 구조는 광센서인 ()가 평면적으로 배열된 형태이고, 주로 규소(Si) 등의 물질이 광센서로 사용되며 각각의 화소를 구성한다.
4. 빛이 전하 결합 소자 내부로 입사하면 ()로 인해 반도체 내에서 전자와 양공의 쌍이 형성된다. 이때 전자의 수는 입사한 빛의 ()에 비례한다.

정답

1. 파동, 입자
2. 전하 결합 소자(CCD)
3. 광 다이오드
4. 광전 효과, 세기

개념 체크

● **물질파:** 물질 입자가 파동성을 나타낼 때, 이 파동을 물질파라고 하며, 물질파 파장은 운동량의 크기에 반비례한다.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

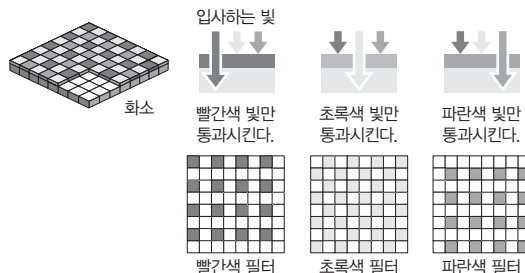
1. 일반적으로 전하 결합 소자는 빛의 세기만 측정하기 때문에 () 영상만을 얻을 수 있으므로 () 영상을 얻기 위해서 색 필터를 전하 결합 소자 위에 배열한다.

2. 드브로이는 파동이라고 생각했던 빛이 입자성을 나타낸다면 반대로 전자와 같은 물질 입자도 () 을 나타낼 수 있을 것이라는 가설을 제안하였다.

3. 드브로이는 질량이 m 인 입자가 속력 v 로 운동할 때 입자의 물질파 파장은 ()로 주어진다고 제안하였다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)

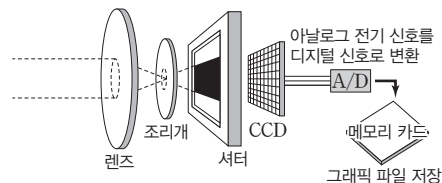
(3) 컬러 영상을 얻는 원리

- 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 전자가 전극에 쌓이게 되어 원래의 색상 정보가 입력된다.



과학 돋보기 | 디지털카메라의 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.



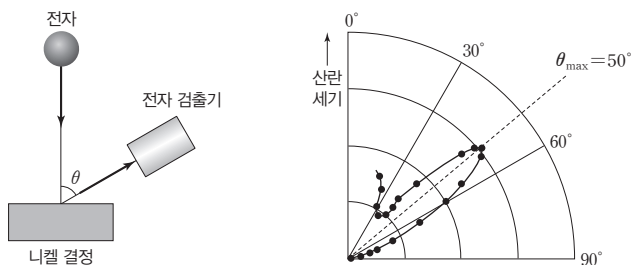
3 물질의 파동성

(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 파장은 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ (h : 플랑크 상수)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.



정답

1. 흑백, 컬러
2. 파동성
3. $\frac{h}{mv}$

- ② 실험 결과: 54 V의 전압으로 전자를 가속한 경우 입사한 전자선과 50°의 각을 이루는 곳에서 튀어나오는 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 결과 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.

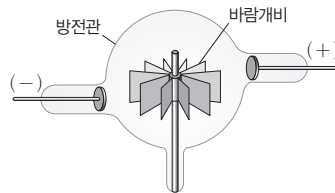
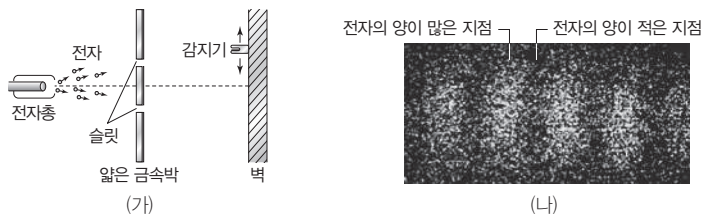


그림 (가)와 같이 2개의 슬릿이 뚫린 얇은 금속막과 벽에 나란하게 움직일 수 있는 감지기를 설치하고, 전자총으로 전자들을 금속막의 슬릿으로 쏘아 주면 전자들이 슬릿을 통과하여 감지기가 있는 벽에 도달한다. 벽에 도달한 전자의 위치를 점으로 나타낸 결과, (나)와 같이 도달하는 전자의 양이 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 가면서 나타난다.



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) **톰슨 실험:** 1928년 톰슨은 얇은 금속막에 전자선을 입사시켜 전자선의 회절 무늬를 얻었는데, 이것은 파장이 매우 짧은 X선을 입사시켰을 때 얻어지는 회절 무늬와 같았다. 따라서 전자선의 회절 무늬로 전자와 같은 물질 입자가 파동성을 갖는다는 것을 확인할 수 있었다.

개념 체크

● **톰슨 실험:** 전자선의 회절 무늬는 전자와 같은 물질 입자가 파동성을 갖는다는 것을 확인시켜 주는 것이다.

1. 데이비슨과 거머는 니켈 결정에 느리게 움직이는 전자선을 입사시켜 각도에 따라 튀어나온 전자의 수를 측정하여 드브로이의 ()을 증명하였다.
2. 바람개비에 전자들을 쏘아 주었을 때 바람개비가 회전하는 것은 전자의 ()을 나타내고, 이중 슬릿에 전자들을 쏘아 주었을 때 이중 슬릿 뒤의 스크린에 간섭무늬가 생기는 것은 전자의 ()을 나타낸다.

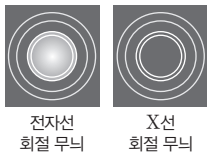
정답

1. 물질파 이론
2. 입자성, 파동성

개념 체크

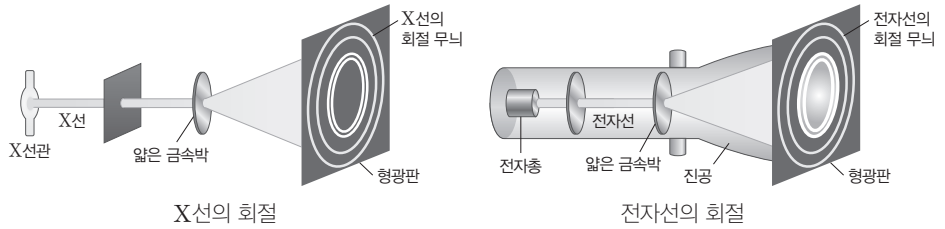
● **물질의 이중성**: 빛과 마찬가지로 입자에서도 파동과 입자의 이중적인 성질이 나타나며, 이와 같은 현상을 물질의 이중성이라고 한다.

1. 그림은 얇은 금속박에 전자선과 X선을 입사시켜서 얻은 회절 무늬이다. 두 회절 무늬가 같은 것으로부터 전자와 같은 물질 입자가 ()을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.



2. 먼지와 같이 작은 크기를 갖는 물질 입자에서도 물질파 파장은 존재하지만 파동성을 관찰할 수 없는 까닭은 입자의 물질파 파장이 너무 (짧기, 길기) 때문이다.

3. 전자의 파동성을 이용한 현미경은 ()이며, 이를 이용하여 실물 크기의 10만 배 이상으로 물체를 확대시켜 볼 수 있다.



(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 성질이 나타나며, 이와 같은 성질을 물질의 이중성이라고 한다.
- ② 공중에 떠다니는 먼지와 같이 작은 크기를 갖는 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.

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.

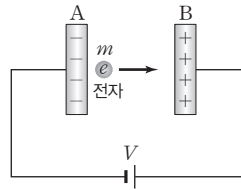
정답

1. 파동성
2. 짧기
3. 전자 현미경

4 전자 현미경

(1) 전자의 속력과 전자의 물질파 파장

- 가속 전압과 전자의 운동 에너지: 그림과 같이 금속판 A와 B에 전압 V 가 걸려 있을 경우 A에 정지해 있던 질량이 m 인 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.
- 가속 전압에 따른 전자의 물질파 파장: 전기력을 받아 가속된 전자의 속력이 v 일 때 전자의 물질파 파장은 다음과 같다.



$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} \quad (h: \text{플랑크 상수})$$

과학 돋보기 | 전자의 속력과 물질파 파장

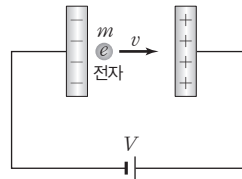
그림과 같이 질량이 m , 전하량이 e 인 전자를 정지 상태에서 전압 V 로 가속시켜서 속력이 v 가 되었다면, 이 전자의 운동 에너지 E_k 는 전기력이 전자에 해 준 일(W)인 eV 와 같다. 전자의 운동량의 크기를 p 라고 하면, 다음과 같은 식이 성립한다.

$$E_k = eV = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}, \quad p = \sqrt{2meV}$$

(전자의 전하량 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, 전자의 질량 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

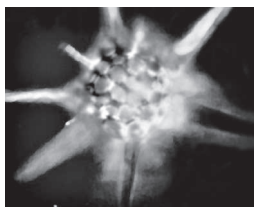
따라서 가속 전압에 따른 전자의 물질파 파장은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$



(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 2000배이고, 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 좋은 분해능을 얻을 수 있는 장점이 있다.



광학 현미경



전자 현미경

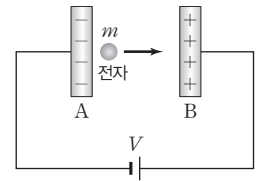
개념 체크

- 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.

[1~3] 그림은 전압 V 가 걸린 금속판 A, B의 A에 정지해 있던 전자가 운동하는 것을 나타낸 것이다. 질량이 m 인 전자가 B에 도달하는 순간 전자의 운동 에너지는 E_k 이다. (단, h 는 플랑크 상수이다.)



- E_k 는 ()이 전자에 해 준 일과 같다.
- 전자가 B에 도달하는 순간 전자의 물질파 파장은 ()이다.
- V 를 크게 할수록 전자가 B에 도달하는 순간 전자의 물질파 파장은 (짧아, 길어)진다.
- 전자 현미경에서 전자의 진행 경로가 휘어지도록 하여 광학 현미경의 렌즈와 같이 전자를 초점으로 모으는 역할을 하는 것은 ()이다.

정답

1. 전기력
2. $\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$
3. 짧아
4. 자기렌즈

개념 체크

● **투과 전자 현미경(TEM):** 전자선이 시료를 투과한 후 확대된 영상을 얻는다.

● **주사 전자 현미경(SEM):** 전자선을 쬐일 때 시료에서 튀어나오는 전자를 측정하여 시료의 영상을 얻는다.

1. () 전자 현미경은 전자선이 얇은 시료를 투과하므로 평면 영상을 관찰할 수 있다.

2. 투과 전자 현미경에서 시료가 두꺼우면 전자가 시료를 통과할 때 전자의 드브로이 파장이 (짧아, 길어)므로 상이 흐려질 수 있다.

3. 주사 전자 현미경에서 사용하는 생물 시료는 ()을 좋게 하기 위해 금, 백금, 이리듐과 같은 물질로 얇게 코팅을 한다.

4. 주사 전자 현미경은 전자선을 시료의 전체 표면에 차례로 쬐일 때 시료에서 튀어나오는 전자를 측정하여 얻은 신호를 해석하여 상을 재구성하므로 표면의 ()차원 구조를 볼 수 있다.

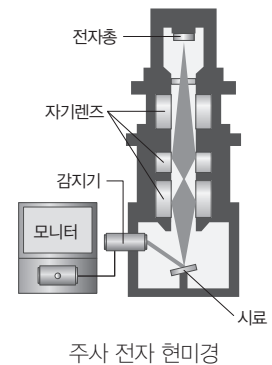
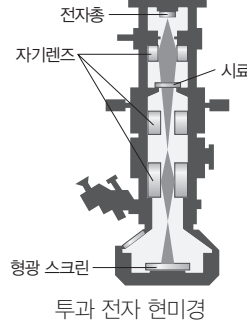
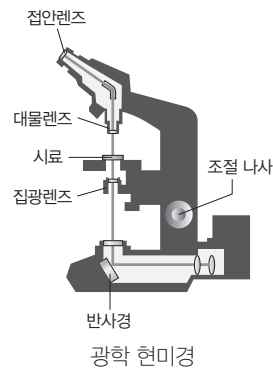
(3) 전자 현미경의 종류

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 쬐일 때 시료에서 튀어나오는 전자를 측정한다.
- 감지기에서 측정된 신호를 해석하여 상을 재구성한다.
- 주사 전자 현미경으로 관찰하려는 대상은 전기 전도성이 좋아야 한다. 따라서 전기 전도도가 낮은 생물과 같은 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.



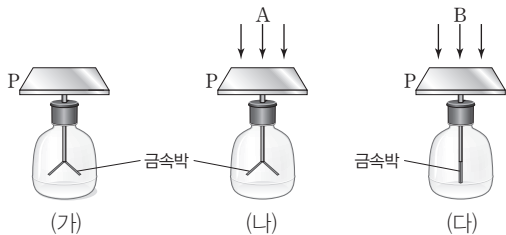
과학 돋보기 | 광학 현미경과 전자 현미경의 차이점

광학 현미경	차이점	전자 현미경
 광원	광학 현미경은 시료의 상을 얻기 위해 가시광선을 이용하지만, 전자 현미경은 전자의 물질파를 이용한다.	 전자총
 광학 렌즈	광학 현미경은 유리 등으로 만든 광학 렌즈로 가시광선을 굴절시킨다. 반면 전자 현미경은 자기렌즈로 전자선을 굴절시킨다.	 자기렌즈
 눈	광학 현미경은 눈으로 상을 관찰할 수 있지만, 전자의 물질파는 눈으로 볼 수 없으므로 전자를 검출하는 장치나 형광 스크린 등의 장치가 필요하다.	 형광 스크린

정답

1. 투과
2. 길어
3. 전기 전도성
4. 3

01 그림 (가)는 금속판 P가 놓인 검전기의 금속박이 대전되어 벌어져 있는 것을, (나)는 (가)의 P에 단색광 A를 비추었더니 금속박이 그대로 벌어져 있는 것을, (다)는 (가)의 P에 단색광 B를 비추었더니 금속박이 오므라드는 것을 나타낸 것이다. A와 B의 세기는 같다.

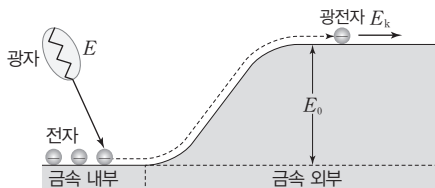


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. (가)에서 금속박은 음(-)전하로 대전되어 있다.
 - ㄴ. A의 진동수는 P의 문턱 진동수보다 크다.
 - ㄷ. (다)의 P에서 광전자가 방출되지 않았다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 금속의 표면에 에너지가 E 인 광자 1개를 비추었을 때 광전자가 방출되는 모습을 모식적으로 나타낸 것이다. E_0 은 금속 표면으로부터 광전자가 방출되기 위한 최소한의 에너지이고, E_k 는 광전자의 최대 운동 에너지이다.

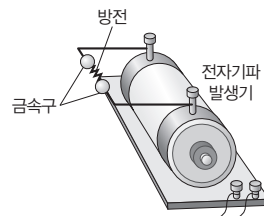


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이다.)

- 보기**
- ㄱ. 광자의 진동수는 $\frac{E}{h}$ 이다.
 - ㄴ. E_0 이 작을수록 E_k 가 커진다.
 - ㄷ. 광자의 진동수가 커지면 E_k 가 작아진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03 그림은 유도 코일의 두 금속 구 사이에서 방전이 일어나는 것을 나타낸 것으로, 이때 금속구에 자외선을 비추면 금속구 사이에서 방전이 잘 일어난다.

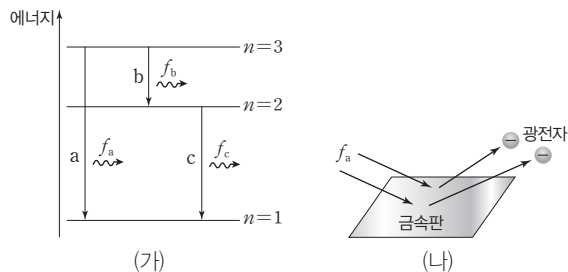


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. 금속구에서는 자외선에 의해 광전 효과가 나타난다.
 - ㄴ. 금속구의 문턱 진동수는 자외선의 진동수보다 크다.
 - ㄷ. 자외선의 세기를 증가시킬수록 방전이 더 잘 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 a, b, c를 나타낸 것이다. a~c에서 방출되는 빛의 진동수는 각각 f_a, f_b, f_c 이다. 그림 (나)는 금속판에 f_a 인 빛을 비추었더니 광전자가 방출되는 것을 나타낸 것이다. 금속판에 f_c 인 빛을 비추는 광전자가 방출되지 않는다.

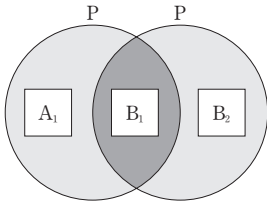


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. f_a 인 빛의 세기를 증가시키면 방출되는 광전자 수가 증가한다.
 - ㄴ. f_b 인 빛을 금속판에 비추면 광전자가 방출되지 않는다.
 - ㄷ. f_c 인 빛의 세기를 증가시키면 광전자가 방출된다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 그림과 같이 같은 세기의 동일한 단색광 P를 비추는 두 영역에 금속판 A₁, 동일한 금속판 B₁, B₂를 놓았다. 표는 A₁, B₁, B₂에서 단위 시간당 방출되는 광전자 수 N, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지 E_k를 나타낸 것이다.



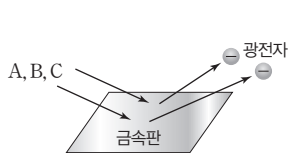
금속판	N	E _k
A ₁	1.5N ₀	E ₀
B ₁	㉠	㉡
B ₂	N ₀	2E ₀

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 문턱 진동수는 A₁이 B₁보다 작다.
 - ㄴ. ㉠은 N₀보다 크다.
 - ㄷ. ㉡은 2E₀보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 금속판에 파장이 서로 다른 단색광 A, B, C를 각각 비추는 것을 나타낸 것이다. 표는 금속판에 A, B, C를 각각 비출 때, 단위 시간당 방출되는 광전자 수 N과 광전자의 물질파 파장의 최솟값 λ_{min}을 나타낸 것이다.



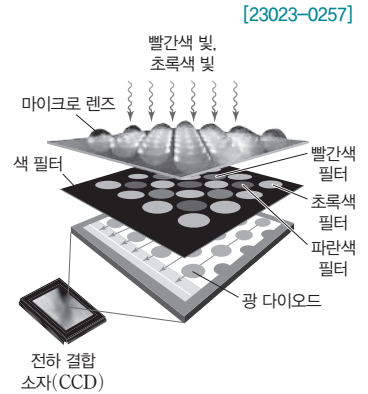
단색광	N	λ _{min}
A	N ₀	3λ ₀
B	3N ₀	2λ ₀
C	2N ₀	λ ₀

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 단색광의 진동수는 A가 C보다 크다.
 - ㄴ. B의 세기를 증가시키면 방출되는 광전자의 수는 3N₀보다 증가한다.
 - ㄷ. 금속판에 A, B, C를 동시에 비췌었을 때 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 2λ₀이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

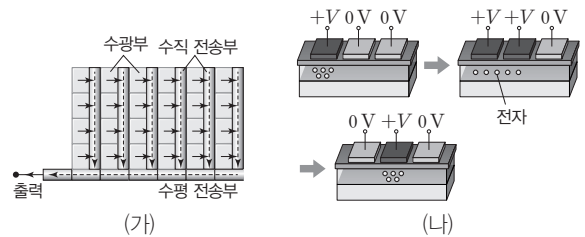
07 그림은 마이크로 렌즈, 색 필터, 광 다이오드로 구성된 전하 결합 소자(CCD)의 구조를 모식적으로 나타낸 것으로, 전하 결합 소자에 빨간색 빛과 초록색 빛만 입사한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기
- ㄱ. 색 필터를 제거해도 광 다이오드로 빛의 색깔에 대한 정보를 얻을 수 있다.
 - ㄴ. 파란색 필터 아래의 광 다이오드에서는 광전 효과가 발생하지 않는다.
 - ㄷ. 빨간색 필터 아래의 광 다이오드에서는 전자와 양공의 쌍이 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림 (가)는 전하 결합 소자(CCD)에서 빛을 감지하는 수광부에 빛이 도달하여 발생한 전자와 양공의 쌍에서 전자가 이동하는 것을, (나)는 전자가 이동하는 원리를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 전자와 양공의 쌍은 광전 효과에 의해 발생한다.
 - ㄴ. 수광부에서는 빛이 전기 신호로 변환된다.
 - ㄷ. 전자를 이동시키기 위해 전기력을 이용한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 다음은 운동하는 전자와 야구공의 입자성과 파동성에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.


[23023-0259]

$\lambda = \frac{h}{mv}$ (λ : 파장, m : 질량, v : 속도, h : 플랑크 상수)	전자 $\ominus \rightarrow$ 질량: 9.1×10^{-31} kg 속도: 1.7×10^8 m/s	야구공 $\circ \rightarrow$ 질량: 0.145 kg 속도: 39 m/s
---	---	---


입자의 속력이 클수록 입자의 물질파 파장은 짧아져.

야구공의 물질파 파장은 야구공의 크기에 비해 매우 길기 때문에 야구공의 파동성을 관찰하기 어려워.


물질파 파장은 전자가 야구공보다 길어.



학생 A



학생 B



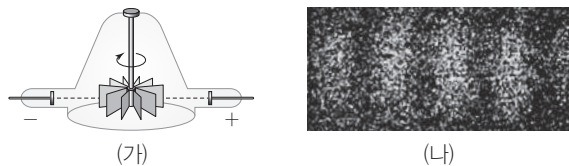
학생 C

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

10 그림 (가)는 전자들을 바람개비에 쏘아 주었더니 전자와 바람개비가 충돌하여 바람개비가 회전하는 것을, (나)는 이중 슬릿을 통과한 전자들이 형광판에 만든 무늬를 나타낸 것이다.

[23023-0260]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 전자와 바람개비의 충돌은 전자의 입자성에 의해 나타나는 현상이다.

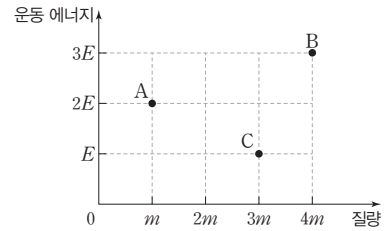
ㄴ. (나)는 전자의 파동성에 의한 것이다.

ㄷ. (가)와 (나)를 통해 전자는 이중성을 나타냄을 알 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 입자 A, B, C가 운동할 때 입자의 질량과 운동 에너지를 나타낸 것이다.

[23023-0261]

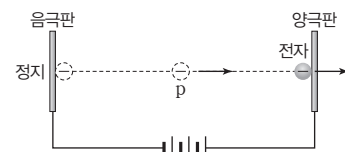


A, B, C의 물질파 파장이 각각 $\lambda_A, \lambda_B, \lambda_C$ 일 때, $\lambda_A : \lambda_B : \lambda_C$ 는?

- ① $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ ② $\sqrt{2} : 1 : \sqrt{3}$ ③ $\sqrt{3} : \sqrt{2} : \sqrt{6}$
 ④ $2 : 1 : \sqrt{6}$ ⑤ $\sqrt{6} : 1 : 2$

12 그림은 전자가 음극판으로부터 정지 상태에서 등가속도 직선 운동을 하여 음극판과 양극판의 중간 지점 p를 지나 양극판에 도달하는 순간을 나타낸 것이다.

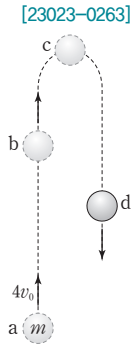
[23023-0262]



전자가 p를 지나는 순간과 양극판에 도달하는 순간 전자의 물질파 파장이 각각 λ_1, λ_2 일 때, $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 은?

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

13 그림은 연직 위 방향으로 $4v_0$ 의 속력으로 던져진 질량이 m 인 물체가 a, b, c, d를 지나 운동하는 모습을 나타낸 것이다. a에서 b까지, b에서 c까지, c에서 d까지 이동하는 데 걸린 시간은 각각 $2t_0$, $2t_0$, $3t_0$ 이고, c는 최고점이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 일직선상에서 운동하고, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

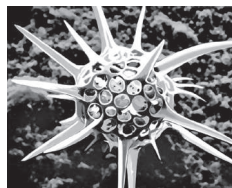


[23023-0263]

- 보기
- ㄱ. a에서 c까지 물체가 운동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지의 증가량은 $8mv_0^2$ 이다.
 - ㄴ. b에서 c까지의 높이는 d에서 c까지의 높이의 $\frac{2}{3}$ 배이다.
 - ㄷ. 물체의 물질과 파장은 d에서가 b에서의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 전자 현미경 A를 이용하여 촬영한 시료 표면의 3차원 영상을 나타낸 것이다. A는 투과 전자 현미경(TEM) 또는 주사 전자 현미경(SEM) 중 하나이다.



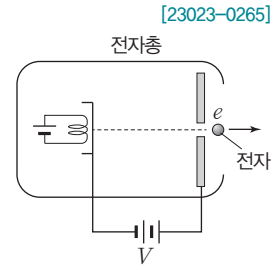
[23023-0264]

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 주사 전자 현미경이다.
 - ㄴ. 관찰 대상은 전기 전도성이 좋아야 한다.
 - ㄷ. 시료 표면에서 튀어나오는 전자를 측정하여 상을 재구성한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 전자 현미경에서 사용하는 전자총의 구조를 모식적으로 나타낸 것이다. 전자의 전하량의 크기가 e , 가속 전압이 V 일 때, 전자총을 빠져나오는 순간 전자의 운동 에너지는 eV 이다.

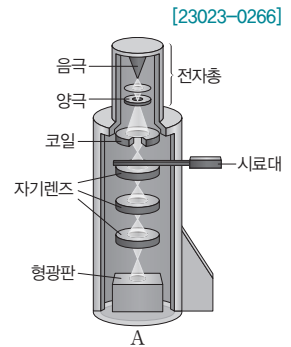


[23023-0265]

전자가 전자총을 빠져나오는 순간 전자의 물질파 파장 λ 를 V 에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은?

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

16 그림은 전자 현미경 A의 구조를 모식적으로 나타낸 것으로, 시료를 통과한 전자선이 형광판에 도달하여 상을 얻는다. A는 투과 전자 현미경(TEM) 또는 주사 전자 현미경(SEM) 중 하나이다.



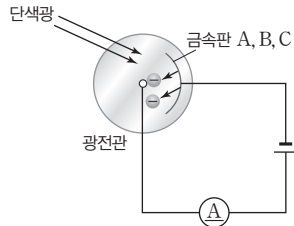
[23023-0266]

A에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 주사 전자 현미경이다.
 - ㄴ. 전자총 내부에서 전자의 속력은 증가한다.
 - ㄷ. 시료의 2차원 영상을 얻을 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림은 광전 효과 실험 장치를 모식적으로 나타낸 것이고, 표는 금속판 A, B, C의 문턱 진동수를 나타낸 것이다. A, B, C에 세기가 일정하고 진동수가 $2.5f_0$ 인 단색광을 각각 비추었다. A에 비추었을 때 광전류의 세기는 I_0 이다.



금속판	문턱 진동수
A	$2f_0$
B	$3f_0$
C	f_0

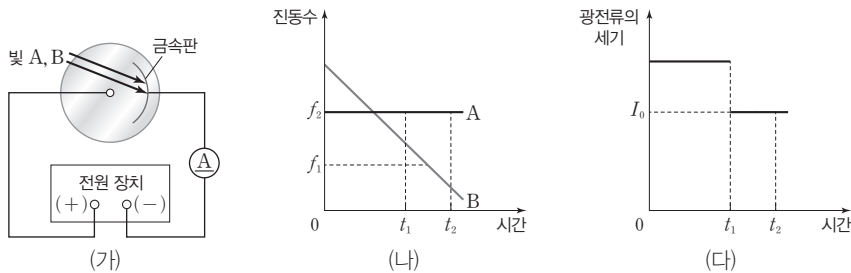
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 금속판이 B일 때 광전 효과가 일어나지 않는다.
- ㄴ. A에 비추는 단색광의 세기를 증가시키면 광전류의 세기는 I_0 보다 커진다.
- ㄷ. 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 A일 때와 C일 때가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림 (가)는 문턱 진동수가 f_0 인 금속판에 빛 A, B를 동시에 비추며 광전류를 측정하는 것을 모식적으로 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A와 B의 진동수를 시간에 따라 나타낸 것이고, (다)는 광전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것으로, 0부터 t_2 까지 A의 세기는 일정하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 광전자의 최대 운동 에너지는 t_1 일 때와 t_2 일 때가 같다.
- ㄴ. $f_0 < f_1$ 이다.
- ㄷ. A에 의한 광전류의 세기는 I_0 이다.

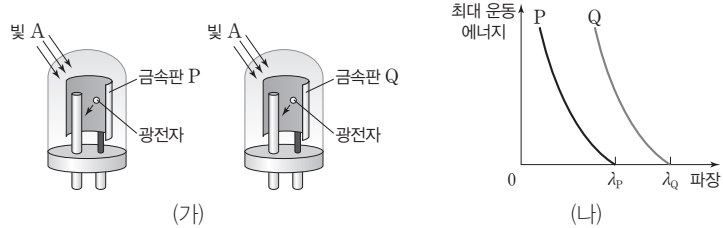
- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

단색광의 진동수가 $2.5f_0$ 이므로 문턱 진동수가 $3f_0$ 인 금속판에 단색광을 비출 때 금속판에서 광전자가 방출되지 않는다.

금속판에 빛을 비추어 광전자가 방출될 때, 빛의 진동수가 클수록 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 크고, 빛의 세기를 증가시킬수록 방출되는 광전자의 수가 증가한다.

금속판에 비추는 광자 1개의 에너지는 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ (h 는 플랑크 상수, c 는 빛의 속도, f 는 빛의 진동수, λ 는 빛의 파장)이다. 금속판의 문턱 진동수가 f 보다 크거나 문턱 파장이 λ 보다 짧으면 금속판에서 광전자가 방출되지 않는다.

03 그림 (가)는 두 금속판 P, Q로 된 광전관에 빛 A를 각각 비추는 것을, (나)는 (가)의 A의 파장에 따라 P와 Q에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 측정한 결과를 나타낸 것이다. λ_P, λ_Q 는 P와 Q에서 광전자의 최대 운동 에너지가 0일 때의 빛의 파장이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h 는 플랑크 상수이고, c 는 빛의 속도이다.)

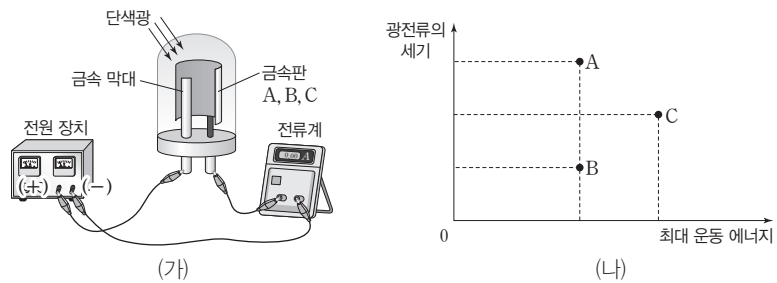
보기

- ㄱ. A의 광자 1개의 에너지가 $\frac{hc}{\lambda_P}$ 보다 크면 P에서 광전자가 방출된다.
- ㄴ. A의 파장이 λ_Q 보다 짧을 때 A의 세기를 증가시키면 Q에서 방출되는 광전자의 수가 증가한다.
- ㄷ. A의 파장이 λ_P 보다 짧을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 P에서가 Q에서보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

A, B에 비출 때 광전자의 최대 운동 에너지가 같으므로 A, B의 문턱 진동수는 같다.

04 그림 (가)는 광전관의 금속판이 각각 A, B, C일 때 같은 진동수의 단색광을 비추는 것을 모식적으로 나타낸 것이고, (나)는 A, B, C일 때 광전류의 세기와 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

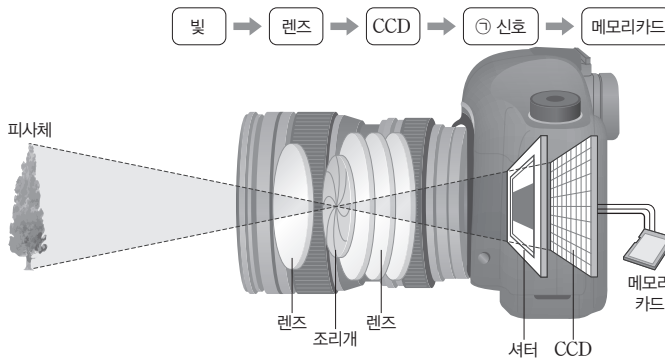
보기

- ㄱ. 금속판의 문턱 진동수는 A가 C보다 크다.
- ㄴ. 단색광의 세기는 A에 비출 때와 B에 비출 때가 같다.
- ㄷ. 단색광의 세기를 증가시키면 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 C에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지보다 커질 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 디지털카메라의 구조를 나타낸 것으로, 빛은 렌즈를 지나 전하 결합 소자(CCD)에 도달하여 빛이 변환된 ㉠ 신호를 통해 메모리카드에 영상 정보를 저장한다.

[23023-0271]



전하 결합 소자(CCD)의 광 다이오드는 빛 신호를 전기 신호로 변환하는 기능을 가진 반도체 소자이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

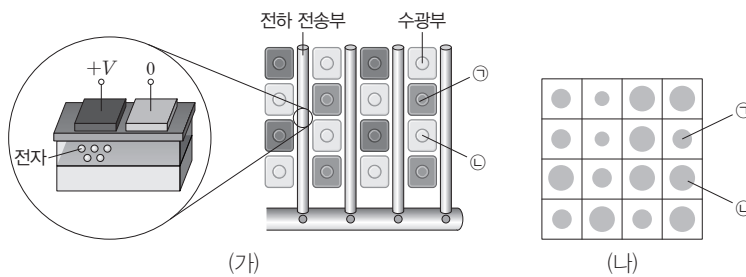
보기

- ㄱ. '전기'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. CCD에 도달하는 광자의 수가 증가하면 생성되는 전자와 양공의 쌍의 개수도 증가한다.
- ㄷ. 렌즈는 굴절 현상을 이용하여 빛의 진행 경로를 바꾸어주는 역할을 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림 (가)는 전하 결합 소자(CCD)의 구조를 모식적으로 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 각 수광부에 도달하는 빛의 세기를 나타낸 것으로, 빛의 세기가 클수록 점의 크기가 크다. 수광부에서는 빛의 세기를 감지한다.

[23023-0272]



전하 전송부는 수광부에서 발생한 전자를 이동시키는 역할을 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

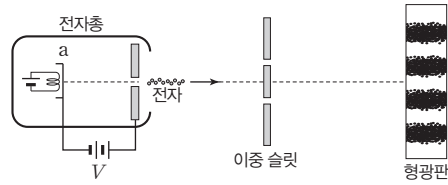
- ㄱ. 수광부는 광 다이오드로 구성되어 있다.
- ㄴ. 수광부에서 발생한 전자의 수는 ㉠에서가 ㉡에서보다 작다.
- ㄷ. 전하 전송부에서는 인접한 전극에 순차적으로 전압을 걸어 각 화소에 모아진 전자를 이동시킨다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

전자총에 걸린 전압 V 가 클수록 전자가 받는 전기력이 커지므로 전자의 속력이 커진다.

07 그림은 전자총에서 음극판 a에 정지해 있던 전자가 전압 V 로 가속되어 이중 슬릿을 통과한 후 형광판에 간섭무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다.

[23023-0273]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

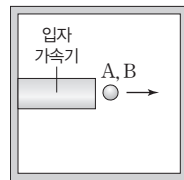
- ㄱ. V 가 클수록 전자의 물질파 파장은 길어진다.
- ㄴ. 형광판의 간섭무늬는 전자의 파동성에 의한 현상이다.
- ㄷ. 형광판의 이웃한 무늬 사이의 간격은 V 에 관계없이 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

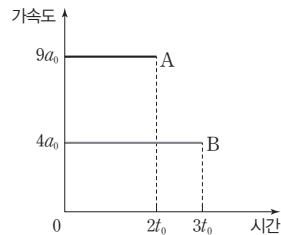
입자 가속기에서 정지해 있던 입자가 시간 t 동안 가속도 크기 a 로 가속된 후 입자 가속기를 빠져나올 때의 속력은 $v=at$ 이다.

08 그림 (가)는 입자 가속기에서 정지해 있던 입자 A, B가 방출되는 모습을, (나)는 A와 B가 정지 상태에서 힘을 받는 순간부터 입자 가속기에서 방출될 때까지 A, B의 가속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $m, 2m$ 이다.

[23023-0274]



(가)



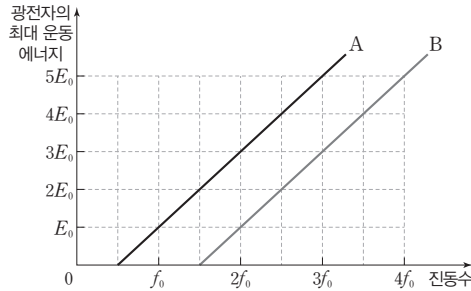
(나)

입자 가속기를 빠져나오는 순간 A의 물질파 파장을 λ_A , B의 물질파 파장을 λ_B 라고 할 때, $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ 는?

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{4}{3}$ ③ $\frac{5}{4}$ ④ $\frac{6}{5}$ ⑤ $\frac{9}{8}$

09 그림은 금속판 A, B에 단색광을 비출 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 빛의 진동수에 따라 나타낸 것이다.

[23023-0275]



광전자가 방출되기 시작하는 진동수는 금속판의 문턱 진동수와 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

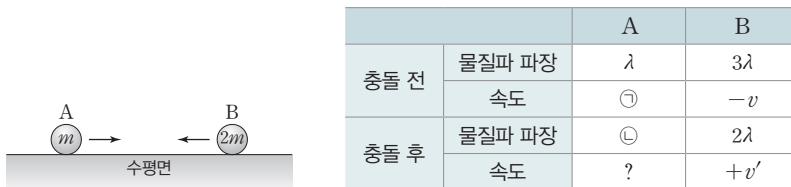
보기

- ㄱ. 광전자의 방출은 빛의 입자성에 의한 현상이다.
- ㄴ. 진동수가 $2f_0$ 인 단색광을 비출 때 방출되는 광전자의 운동량의 최댓값은 A에서 B에서의 $\sqrt{3}$ 배이다.
- ㄷ. 진동수가 $3f_0$ 인 단색광을 비출 때 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 A에서 B에서의 $\sqrt{\frac{3}{5}}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 수평면 위의 일직선을 따라 운동하는 물체 A, B를 나타낸 것이고, 표는 A, B의 충돌 전과 충돌 후의 물질파 파장, 속도를 나타낸 것이다. 충돌 전 A의 운동 방향이 (+)방향이고, A와 B의 질량은 각각 m , $2m$ 이다.

[23023-0276]



A, B의 물질파 파장은 A, B의 운동량의 크기에 반비례한다.

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

보기

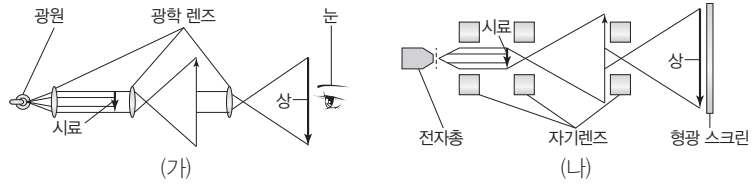
- ㄱ. ⓐ의 크기는 $6v$ 이다.
- ㄴ. ⓑ은 3λ 이다.
- ㄷ. 충돌 전 A와 B의 운동 에너지의 합은 충돌 후 A와 B의 운동 에너지의 합의 7배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

광학 렌즈는 가시광선의 경로를 바꾸어주고, 자기렌즈는 전자의 물질파의 경로를 바꾸어준다.

광학 현미경으로는 바이러스를 관찰할 수 없고, 전자 현미경으로는 바이러스를 관찰할 수 있다.

11 그림 (가)는 광학 현미경의 구조를, (나)는 전자 현미경의 구조를 모식적으로 나타낸 것이다. [23023-0277]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

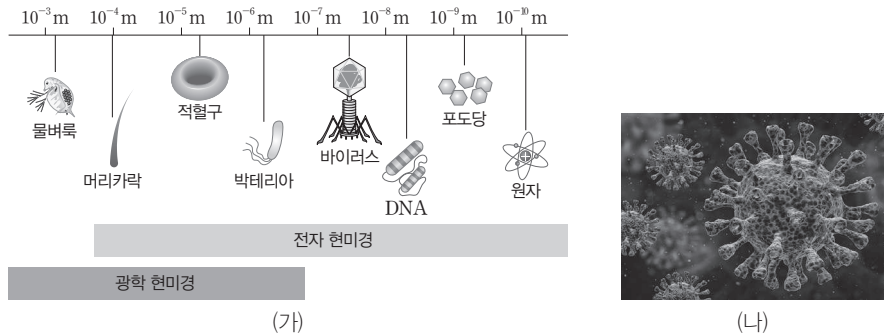
보기

- ㄱ. (가)에서 눈으로 관찰하는 전자기파는 X선이다.
- ㄴ. (나)의 전자의 물질파 파장은 시료를 통과하기 전이 시료를 통과한 후보다 길다.
- ㄷ. (가)의 광학 렌즈와 (나)의 자기렌즈는 각각 사용하는 파동의 진행 경로를 바꾸어주는 역할을 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 현미경과 코로나 바이러스에 관한 내용이다. [23023-0278]

그림 (가)에서와 같이 ㉠광학 현미경으로는 물벼룩 수준의 크기에서 박테리아 수준의 크기까지 관찰할 수 있고, ㉡전자 현미경으로는 ㉢전자의 속력을 크게 하여 nm 수준의 단위까지 관찰할 수 있다. 그림 (나)는 ㉣코로나 바이러스 사진으로, 바이러스 겉부분의 가장자리가 왕관 혹은 태양의 코로나를 연상시키는 모양은 바이러스 표면의 스파이크 단백질에 의한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 분해능은 ㉡이 ㉠보다 좋다.
- ㄴ. ㉢의 결과로 전자의 물질파 파장이 길어진다.
- ㄷ. ㉣은 ㉡에 의한 사진이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ