

수능완성

과학탐구영역 물리학I



CONTENTS

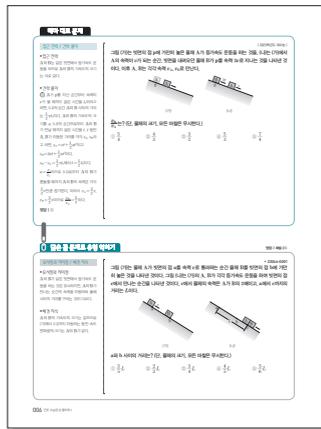
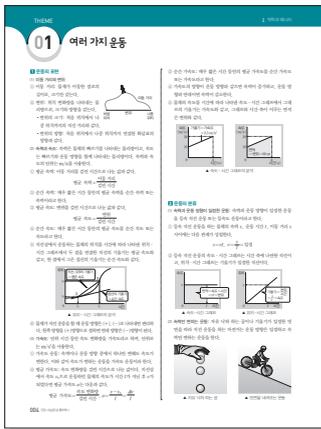
테마	제목	페이지
01	여러 가지 운동	004
02	뉴턴 운동 법칙	013
03	운동량과 충격량	022
04	역학적 에너지 보존	031
05	열역학 법칙	040
06	시간과 공간	047
07	물질의 전기적 특성	054
08	반도체와 다이오드	061
09	전류에 의한 자기장	068
10	물질의 자성과 전자기 유도	076
11	파동의 진행과 굴절	083
12	전반사와 광통신	091
13	전자기파와 파동의 간섭	097
14	빛의 이중성	105
15	물질의 이중성	112
	실전 모의고사 1회	120
	실전 모의고사 2회	125
	실전 모의고사 3회	130
	실전 모의고사 4회	135
	실전 모의고사 5회	140

이 책의 구성과 특징

STRUCTURE

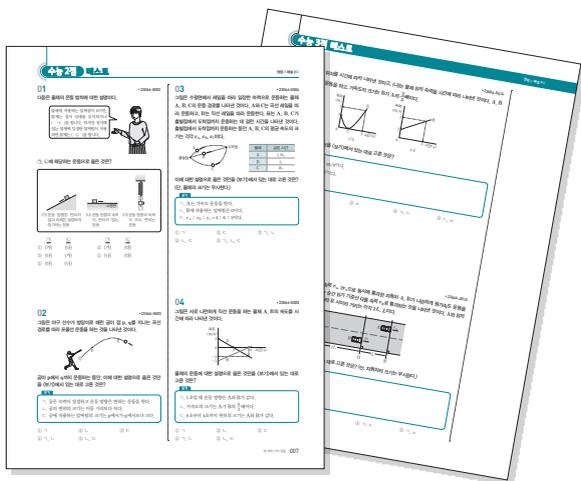
테마별 교과 내용 정리

교과서의 주요 내용을 핵심만 일목요연하게 정리하고, 하단에 THE 알기를 수록하여 심층적인 이해를 도모하였습니다.



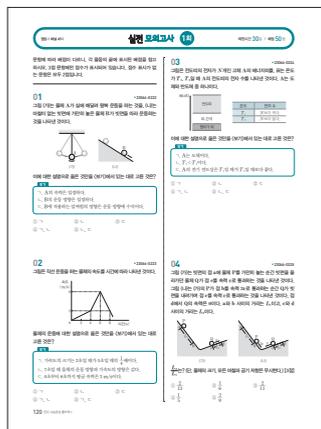
테마 대표 문제

기출문제, 접근 전략, 간략 풀이를 통해 대표 유형을 익힐 수 있고, 함께 실린 닳은 꼴 문제를 스스로 풀며 유형에 대한 적응력을 기를 수 있습니다.



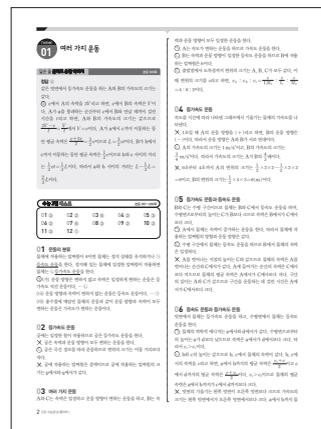
수능 2점 테스트와 수능 3점 테스트

수능 출제 경향 분석에 근거하여 개발한 다양한 유형의 문제들을 수록하였습니다.



실제 모의고사 5회분

실제 수능과 동일한 배점과 난이도의 모의고사를 풀어봄으로써 수능에 대비할 수 있도록 하였습니다.



정답과 해설

정답의 도출 과정과 교과 내용의 연결하여 설명하고, 오답을 찾아 분석함으로써 유사 문제 및 응용 문제에 대한 대비가 가능하도록 하였습니다.



학생 EBS 교재 문제 검색
EBS 단주에서 문항코드나 사진으로 문제를 검색하면 푸러핏이 해설 영상을 제공합니다.



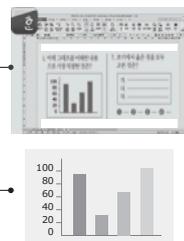
※ EBS 사이트 및 모바일에서 이용이 가능합니다.
※ 사진 검색은 EBSi 고교강의 앱에서만 이용하실 수 있습니다.



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

교재 자료실

- 한글다운로드
- 교재이미지 활용
- 강의활용자료



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

01

여러 가지 운동

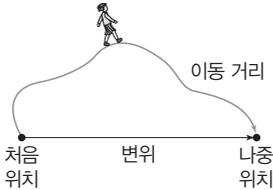
1 운동의 표현

(1) 이동 거리와 변위

① 이동 거리: 물체가 이동한 경로의 길이로, 크기만 갖는다.

② 변위: 위치 변화량을 나타내는 물리량으로, 크기와 방향을 갖는다.

- 변위의 크기: 처음 위치에서 나중 위치까지의 직선 거리와 같다.
- 변위의 방향: 처음 위치에서 나중 위치까지 연결한 화살표의 방향과 같다.



(2) 속력과 속도: 속력은 물체의 빠르기를 나타내는 물리량이고, 속도는 빠르기와 운동 방향을 함께 나타내는 물리량이다. 속력과 속도의 단위는 m/s를 사용한다.

① 평균 속도: 이동 거리를 걸린 시간으로 나눈 값과 같다.

$$\text{평균 속도} = \frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}$$

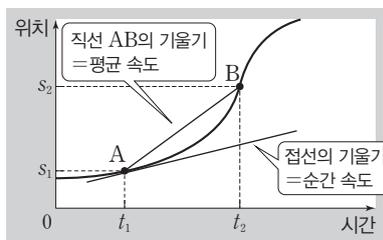
② 순간 속도: 매우 짧은 시간 동안의 평균 속력을 순간 속도 또는 속력이라고 한다.

③ 평균 속도: 변위를 걸린 시간으로 나눈 값과 같다.

$$\text{평균 속도} = \frac{\text{변위}}{\text{걸린 시간}}$$

④ 순간 속도: 매우 짧은 시간 동안의 평균 속도를 순간 속도 또는 속도라고 한다.

⑤ 직선상에서 운동하는 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 위치-시간 그래프에서 두 점을 연결한 직선의 기울기는 평균 속도와 같고, 한 점에서 그은 접선의 기울기는 순간 속도와 같다.



▲ 위치-시간 그래프의 분석

⑥ 물체가 직선 운동을 할 때 운동 방향은 (+), (-)로 나타내면 편리하다. 한쪽 방향을 (+)방향으로 정하면 반대 방향은 (-)방향이 된다.

(3) 가속도: 단위 시간 동안 속도 변화량을 가속도라고 하며, 단위는 m/s^2 을 사용한다.

① 가속도 운동: 속력이나 운동 방향 중에서 하나만 변해도 속도가 변한다. 이와 같이 속도가 변하는 운동을 가속도 운동이라 한다.

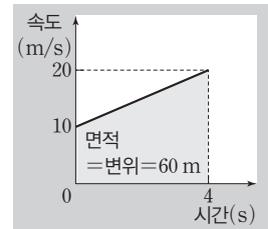
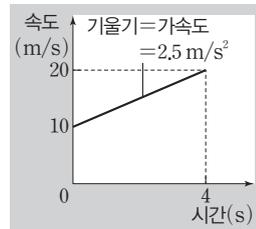
② 평균 가속도: 속도 변화량을 걸린 시간으로 나눈 값이다. 직선상에서 속도 v_0 로 운동하던 물체의 속도가 시간 t 가 지난 후 v 가 되었다면 평균 가속도 a 는 다음과 같다.

$$\text{평균 가속도} = \frac{\text{속도 변화량}}{\text{걸린 시간}}, a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{\Delta v}{t}$$

③ 순간 가속도: 매우 짧은 시간 동안의 평균 가속도를 순간 가속도 또는 가속도라고 한다.

④ 가속도의 방향이 운동 방향과 같으면 속력이 증가하고, 운동 방향과 반대이면 속력이 감소한다.

⑤ 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도와 같고, 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 변위와 같다.



▲ 속도-시간 그래프의 분석

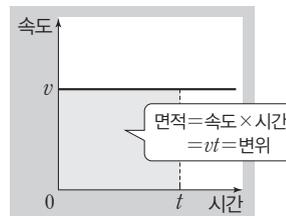
2 운동의 분류

(1) 속력과 운동 방향이 일정한 운동: 속력과 운동 방향이 일정한 운동을 등속 직선 운동 또는 등속도 운동이라고 한다.

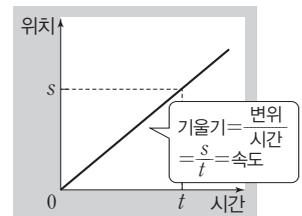
① 등속 직선 운동을 하는 물체의 속력 v , 운동 시간 t , 이동 거리 s 사이에는 다음 관계가 성립한다.

$$s = vt, v = \frac{s}{t} = \text{일정}$$

② 등속 직선 운동의 속도-시간 그래프는 시간 축에 나란한 직선이고, 위치-시간 그래프는 기울기가 일정한 직선이다.

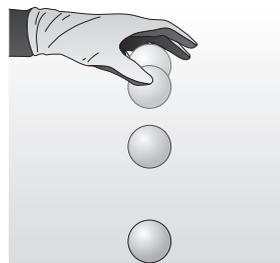


▲ 속도-시간 그래프



▲ 위치-시간 그래프

(2) 속력만 변하는 운동: 자유 낙하 하는 공이나 기울기가 일정한 빗면을 따라 직선 운동을 하는 자전거는 운동 방향은 일정하고 속력만 변하는 운동을 한다.



▲ 자유 낙하 하는 공



▲ 빗면을 내려오는 운동

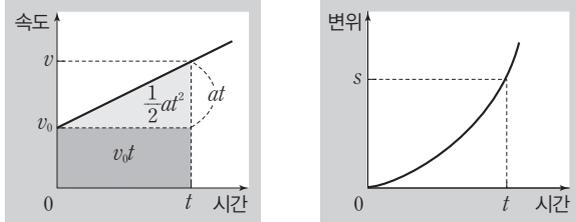
① 등가속도 직선 운동: 직선상에서 가속도가 일정한 운동으로, 같은 시간 동안 증가하거나 감소하는 속도 변화량이 일정하다.

② 가속도 a 로 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 처음 속도가 v_0 이면 시간 t 일 때의 속도 v 는 $a = \frac{v-v_0}{t}$ 에서 다음과 같다.

$$v = v_0 + at$$

③ 변위는 속도-시간 그래프 아래의 면적과 같으므로, 시간 t 까지 변위 s 는 다음과 같다.

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



▲ 등가속도 직선 운동의 그래프

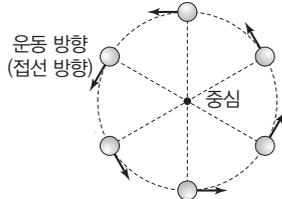
④ $v = v_0 + at$ 와 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ 에서 t 를 소거하여 정리하면 다음 관계가 성립한다.

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

⑤ 등가속도 직선 운동의 평균 속도: 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 평균 속도는 처음 속도와 나중 속도의 중간값과 같다.

$$v_{\text{평균}} = \frac{v_0 + v}{2}$$

(3) 운동 방향만 변하는 운동: 원궤도를 따라 일정한 속력으로 회전하는 등속 원운동은 운동 방향만 변하는 운동이다.

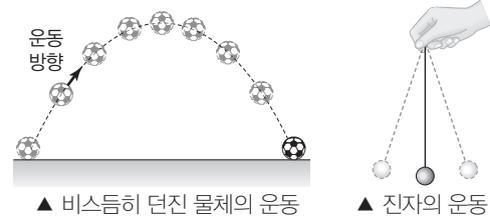


① 등속 원운동 하는 물체의 운동 방향은 운동 경로의 접선 방향과 같다.

▲ 등속 원운동

② 등속 원운동은 속력은 일정하고 운동 방향만 변하는 가속도 운동이다.

(4) 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동: 비스듬히 던진 물체나 진자의 운동은 속력과 운동 방향이 모두 변하는 가속도 운동이다.



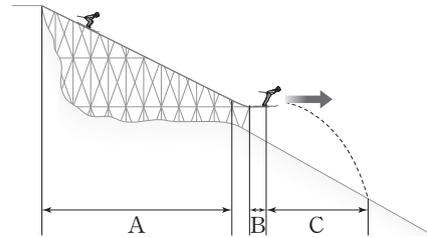
▲ 비스듬히 던진 물체의 운동

▲ 진자의 운동

① 비스듬히 던진 물체는 공기 저항을 무시할 때 포물선 경로를 따라 운동한다.

② 비스듬히 던진 물체, 진자는 내려가는 동안에는 속력이 증가하고, 올라가는 동안에는 속력이 감소한다.

(5) 스키점프에서 여러 가지 운동: 마찰과 공기 저항을 무시하면, 경기에 참가한 선수의 운동은 대략적으로 다음과 같이 구분할 수 있다.

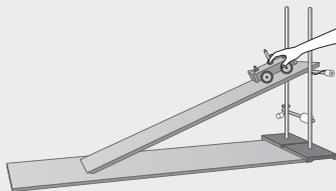


- A 구간: 기울기가 일정한 A 구간에서는 운동 방향은 일정하고 속력만 변하는 운동을 한다.
- B 구간: 수평인 B 구간에서는 속력과 운동 방향이 모두 일정한 운동을 한다.
- C 구간: 도약한 후 착지할 때까지, 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동을 한다.

THE 알기 빛면을 따라 내려가는 물체의 운동

[실험 과정]

빛면에 역학 수레를 가만히 놓고, 수레의 운동을 기록하여 분석한다.

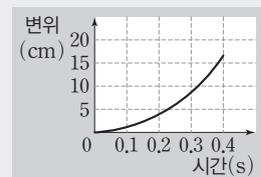
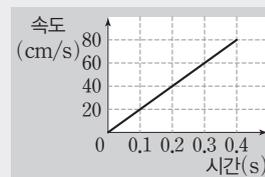


[정리]

- ① 수레의 속도가 시간에 따라 일정하게 증가한다.
- ② 수레의 속도가 일정하게 변하므로 수레의 가속도는 일정하다.
- ③ 속도-시간 그래프의 기울기가 $\frac{0.8 \text{ m/s}}{0.4 \text{ s}} = 2 \text{ m/s}^2$ 이므로 수레의 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.

[실험 결과]

• 수레의 속도-시간 그래프와 변위-시간 그래프



테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

A와 B는 같은 빗면에서 등가속도 운동을 하므로 A와 B의 가속도의 크기는 서로 같다.

▶ 간략 풀이

④ A가 p를 지난 순간부터 속력이 v 가 될 때까지 걸린 시간을 t_0 이라고 하면, (나)의 순간 A와 B 사이의 거리는 $\frac{1}{2}vt_0$ 이다. A와 B의 가속도의 크기를 a , (나)의 순간으로부터 A와 B가 만날 때까지 걸린 시간을 t , t 동안 A, B가 이동한 거리를 각각 s_A , s_B 라고 하면, $s_A = vt + \frac{1}{2}at^2$ 이고

$$s_B = 2vt + \frac{1}{2}at^2 \text{이다.}$$

$$s_B - s_A = \frac{1}{2}vt_0 \text{에서 } t = \frac{1}{2}t_0 \text{이다.}$$

$$a = \frac{v}{t_0} \text{이므로 (나)로부터 A와 B가}$$

충돌할 때까지 A와 B의 속력은 각각

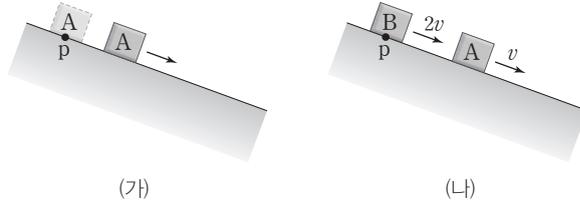
$$\frac{1}{2}v \text{만큼 증가한다. 따라서 } v_A = \frac{3}{2}v.$$

$$v_B = \frac{5}{2}v \text{이므로 } \frac{v_B}{v_A} = \frac{5}{3} \text{이다.}$$

정답 | ④

| 2023학년도 대수능 |

그림 (가)는 빗면의 점 p에 가만히 놓은 물체 A가 등가속도 운동을 하는 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 마찰은 무시한다.)

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

0 짧은 끝 문제로 유형 익히기

정답과 해설 2쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

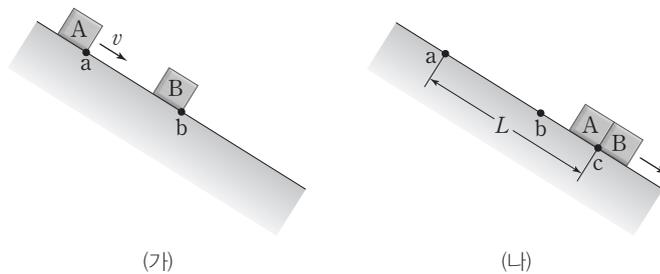
A와 B가 같은 빗면에서 등가속도 운동을 하는 것은 유사하지만, A와 B가 만나는 순간의 속력을 이용하여 물체 사이의 거리를 구하는 것이 다르다.

▶ 배경 지식

A와 B의 가속도의 크기는 같으므로 (가)에서 (나)까지 이동하는 동안 속도 변화량의 크기는 A와 B가 같다.

▶ 23066-0001

그림 (가)는 물체 A가 빗면의 점 a를 속력 v 로 통과하는 순간 물체 B를 빗면의 점 b에 가만히 놓은 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 A, B가 각각 등가속도 운동을 하여 빗면의 점 c에서 만나는 순간을 나타낸 것이다. c에서 물체의 속력은 A가 B의 2배이고, a에서 c까지의 거리는 L 이다.



a와 b 사이의 거리는? (단, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

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

01

▶23066-0002

다음은 물체의 운동 법칙에 대한 설명이다.

물체에 작용하는 알짜힘이 0이면, 물체는 정지 상태를 유지하거나 (㉠)을 합니다. 하지만 정지해 있는 물체에 일정한 알짜힘이 작용하면 물체는 (㉡)을 합니다.



㉠, ㉡에 해당하는 운동으로 옳은 것은?

(가) 운동 방향은 변하지 않고 속력은 일정하게 증가하는 운동

(나) 운동 방향과 속력이 변하지 않는 운동

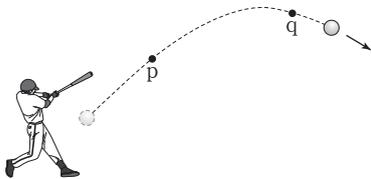
(다) 운동 방향과 속력이 모두 변하는 운동

- | | | | |
|-------|-----|-------|-----|
| ㉠ | ㉡ | ㉠ | ㉡ |
| ① (가) | (나) | ② (가) | (다) |
| ③ (나) | (가) | ④ (나) | (다) |
| ⑤ (다) | (나) | | |

02

▶23066-0003

그림은 야구 선수가 방망이로 때린 공이 점 p, q를 지나는 곡선 경로를 따라 포물선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다.



공이 p에서 q까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

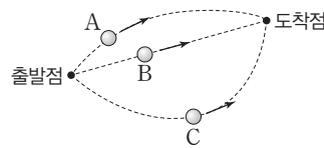
- ㄱ. 공은 속력이 일정하고 운동 방향은 변하는 운동을 한다.
- ㄴ. 공의 변위의 크기는 이동 거리보다 작다.
- ㄷ. 공에 작용하는 알짜힘의 크기는 p에서 q에서보다 크다.

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

03

▶23066-0004

그림은 수평면에서 레일을 따라 일정한 속력으로 운동하는 물체 A, B, C의 운동 경로를 나타낸 것이다. A와 C는 곡선 레일을 따라 운동하고, B는 직선 레일을 따라 운동한다. 표는 A, B, C가 출발점에서 도착점까지 운동하는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다. 출발점에서 도착점까지 운동하는 동안 A, B, C의 평균 속도의 크기는 각각 v_A, v_B, v_C 이다.



물체	걸린 시간
A	$1.5t_0$
B	t_0
C	$2t_0$

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

보기

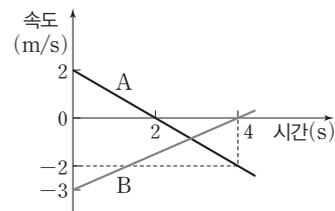
- ㄱ. A는 가속도 운동을 한다.
- ㄴ. B에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄷ. $v_A : v_B : v_C = 4 : 6 : 3$ 이다.

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

04

▶23066-0005

그림은 서로 나란하게 직선 운동을 하는 물체 A, B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

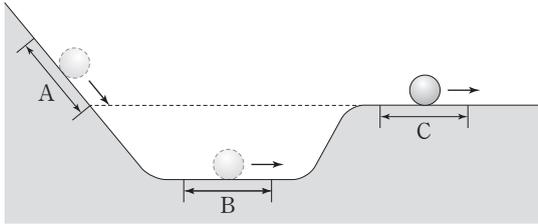
- ㄱ. 1초일 때 운동 방향은 A와 B가 같다.
- ㄴ. 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{4}{3}$ 배이다.
- ㄷ. 0초부터 4초까지 변위의 크기는 A와 B가 같다.

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

05

▶23066-0006

그림은 물체가 직선 구간 A, B, C를 지나며 운동하는 것을 나타낸 것이다. A는 경사각이 일정한 빗면 구간이고, B와 C는 수평 구간이다. A, B, C의 길이는 같다.



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

보기

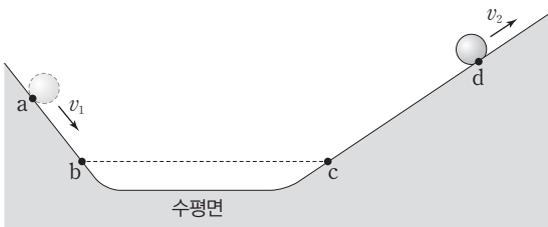
- ㄱ. A에서 물체에 작용하는 알짜힘의 방향과 운동 방향은 같다.
- ㄴ. B에서 속력이 일정한 운동을 한다.
- ㄷ. 구간을 운동하는 데 걸린 시간은 A에서와 C에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0007

그림은 빗면을 따라 내려간 물체가 수평면을 지나 빗면을 따라 올라가는 것을 나타낸 것이다. 점 a, b, c, d는 빗면상의 점이며, 수평면으로부터의 높이는 a가 d보다 낮고, b와 c가 같다. a, d에서 물체의 속력은 각각 v_1 , v_2 이다. 물체가 a에서 b까지 운동하는 데 걸린 시간은 t_1 이고, c에서 d까지 운동하는 데 걸린 시간은 t_2 이다. a, b가 있는 빗면의 기울기는 c, d가 있는 빗면의 기울기보다 크다.



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

보기

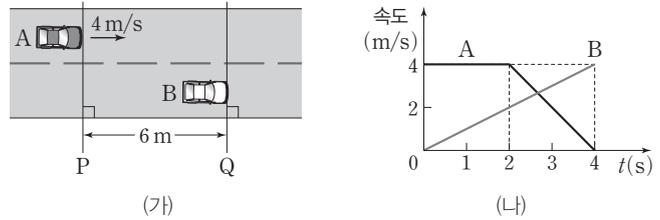
- ㄱ. $v_1 > v_2$ 이다.
- ㄴ. 물체의 평균 속력은 a에서 b까지가 c에서 d까지보다 크다.
- ㄷ. $t_1 > t_2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0008

그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 직선 도로에서 자동차 A가 4 m/s의 속력으로 기준선 P를 통과하고, 정지해 있던 자동차 B가 기준선 Q에서 출발하는 것을 나타낸 것이다. P와 Q 사이의 거리는 6 m이다. 그림 (나)는 A, B의 속도를 t 에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

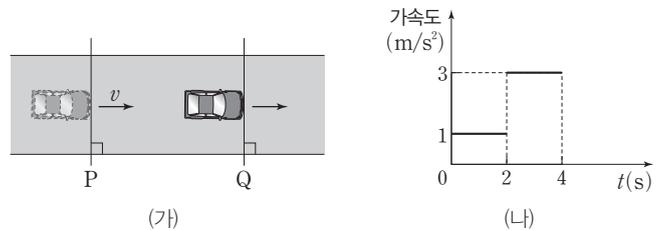
- ㄱ. $t=0$ 부터 $t=4$ 초까지 평균 속도의 크기는 A가 B의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄴ. $t=3$ 초일 때, A가 B를 스쳐 지나간다.
- ㄷ. $t=3$ 초일 때, 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

08

▶23066-0009

그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때 기준선 P를 속력 v 로 통과한 자동차가 직선 운동을 하여 $t=4$ 초일 때 기준선 Q를 지나는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 $t=0$ 부터 $t=4$ 초까지 자동차의 가속도를 t 에 따라 나타낸 것이다. 자동차의 평균 속력은 $t=0$ 부터 $t=2$ 초까지가 $t=2$ 초부터 $t=4$ 초까지의 $\frac{1}{3}$ 배이다.



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

보기

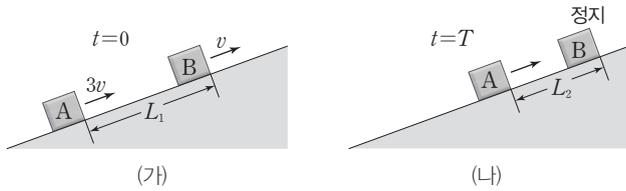
- ㄱ. v 는 $\frac{3}{2}$ m/s이다.
- ㄴ. $t=2$ 초부터 $t=4$ 초까지 이동 거리는 9 m이다.
- ㄷ. P에서 Q까지 이동하는 동안 평균 속력은 4 m/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶23066-0010

그림 (가)는 마찰이 없는 빗면을 따라 등가속도 운동을 하는 물체 A, B가 시간 $t=0$ 일 때 각각 속도 $3v, v$ 로 올라가는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 $t=T$ 일 때 B가 정지한 순간의 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 A와 B 사이의 거리는 각각 L_1, L_2 이다.



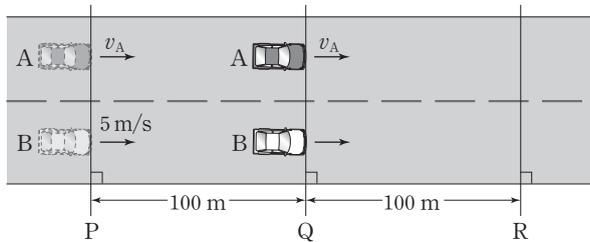
$L_1 - L_2$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

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

10

▶23066-0011

그림은 직선 도로에서 기준선 P를 동시에 통과한 자동차 A, B가 기준선 Q를 동시에 통과하는 것을 나타낸 것이다. P에서 A, B의 속력은 각각 $v_A, 5 \text{ m/s}$ 이다. A, B는 P에서 기준선 R까지 각각 등속도 운동, 속력이 증가하는 등가속도 운동을 한다. P와 Q 사이의 거리, Q와 R 사이의 거리는 100 m 로 같고, B가 P에서 R까지 운동하는 데 걸린 시간은 20 초이다. B가 R를 통과할 때 속력은 v_B 이다.



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

보기

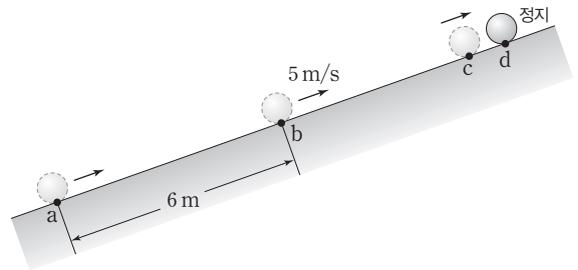
- ㄱ. B의 가속도의 크기는 1 m/s^2 이다.
- ㄴ. $\frac{v_A}{v_B} = \frac{1}{6}$ 이다.
- ㄷ. R에는 B가 A보다 먼저 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶23066-0012

그림은 물체가 빗면에서 등가속도 운동을 하며 점 a, b, c를 지나 점 d에서 속력이 0인 것을 나타낸 것이다. a와 b 사이의 거리는 6 m 이고, b에서 물체의 속력은 5 m/s 이다. 물체가 a에서 b까지 운동하는 데 걸린 시간과 c에서 d까지 운동하는 데 걸린 시간은 1 초로 같다.



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

보기

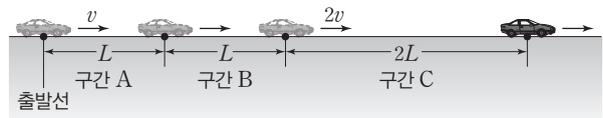
- ㄱ. 물체가 빗면을 따라 올라가는 동안 물체에 작용하는 알짜 힘의 방향은 운동 방향과 반대이다.
- ㄴ. 가속도의 크기는 2 m/s^2 이다.
- ㄷ. b와 c 사이의 거리는 5 m 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23066-0013

그림은 출발선을 v 의 속력으로 통과한 자동차가 직선 경로를 따라 운동하는 것을 나타낸 것이다. 자동차는 구간 A, C에서 각각 등가속도 운동을 하고, 구간 B에서 등속도 운동을 한다. B를 빠져나오는 순간 자동차의 속력은 $2v$ 이다. A, B, C의 길이는 각각 $L, L, 2L$ 이고, A, C에서 자동차가 운동하는 데 걸린 시간은 각각 $2t, t$ 이다.



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

보기

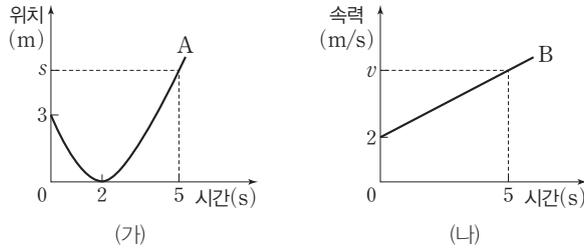
- ㄱ. A에서 평균 속력은 $\frac{3}{2}v$ 이다.
- ㄴ. B에서 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{5}{2}t$ 이다.
- ㄷ. 가속도의 크기는 C에서가 A에서의 12배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

01

▶23066-0014

그림 (가)는 물체 A의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이고, (나)는 물체 B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B는 각각 등가속도 직선 운동을 하고, 가속도의 크기는 B가 A의 $\frac{2}{5}$ 배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

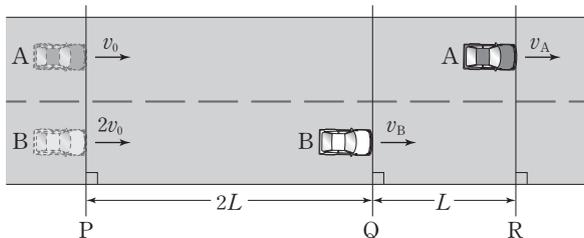
- ㄱ. 5초일 때, A의 속력은 $\frac{9}{2}$ m/s이다.
- ㄴ. B의 가속도 크기는 1 m/s^2 이다.
- ㄷ. $\frac{v}{s} = \frac{2}{5}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0015

그림은 직선 도로에서 기준선 P를 각각 속력 $v_0, 2v_0$ 으로 동시에 통과한 자동차 A, B가 나란하게 등가속도 운동을 하여 A가 기준선 R를 속력 v_A 로 통과하는 순간 B가 기준선 Q를 속력 v_B 로 통과하는 것을 나타낸 것이다. A와 B의 가속도의 크기는 a 로 같다. P와 Q 사이, Q와 R 사이의 거리는 각각 $2L, L$ 이다.



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

보기

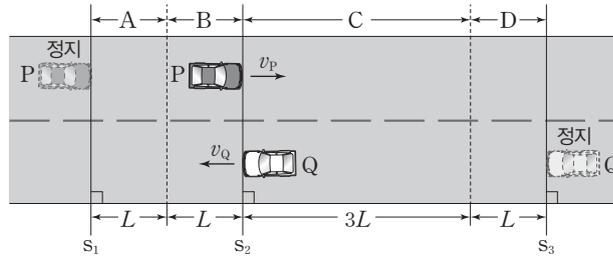
- ㄱ. B의 운동 방향과 가속도 방향은 반대이다.
- ㄴ. $\frac{v_B}{v_A} = \frac{3}{13}$ 이다.
- ㄷ. $a = \frac{v_0^2}{L}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

03

▶ 23066-0016

그림은 기준선 s_1, s_3 에서 각각 정지해 있던 자동차 P, Q가 동시에 출발하여 기준선 s_2 에 동시에 도달하는 것을 나타낸 것이다. P, Q는 각각 구간 A, D에서 등가속도 직선 운동을 하고, 각각 구간 B, C에서 등속도 운동을 한다. A, B, C, D의 길이는 각각 $L, L, 3L, L$ 이다. s_2 에서 P, Q의 속력은 각각 v_P, v_Q 이고, A, D에서 P, Q의 가속도의 크기는 각각 a_P, a_Q 이다.



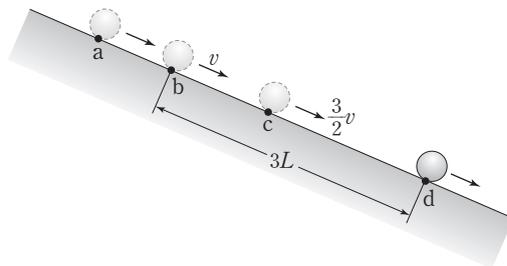
$v_P : v_Q$ 와 $a_P : a_Q$ 로 옳은 것은? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

- | | | | | | |
|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|
| | $v_P : v_Q$ | $a_P : a_Q$ | | $v_P : v_Q$ | $a_P : a_Q$ |
| ① | 3 : 5 | 1 : 3 | ② | 3 : 7 | 1 : 3 |
| ③ | 3 : 5 | 9 : 25 | ④ | 3 : 7 | 9 : 25 |
| ⑤ | 3 : 5 | 11 : 29 | | | |

04

▶ 23066-0017

그림은 빗면에서 등가속도 운동을 하는 물체가 점 a를 통과한 순간부터 물체의 위치를 일정한 시간 간격으로 나타낸 것이다. 점 b, c에서 물체의 속력은 각각 $v, \frac{3}{2}v$ 이다. b와 점 d 사이의 거리는 $3L$ 이다.



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

보기

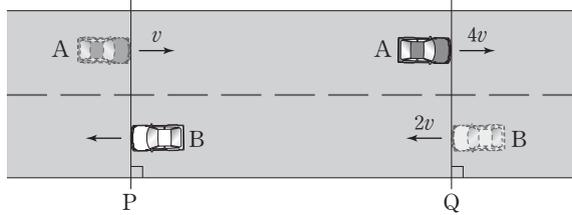
- ㄱ. 물체의 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{2L}$ 이다.
- ㄴ. a와 b 사이의 거리는 $\frac{2}{3}L$ 이다.
- ㄷ. a에서 d까지 운동하는 동안 물체의 평균 속력은 $\frac{5}{4}v$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0018

그림은 자동차 A가 기준선 P를 속도 v 로 통과하는 순간 자동차 B가 기준선 Q를 속도 $2v$ 로 통과하는 모습을 나타낸 것이다. A와 B는 서로 나란하게 각각 등가속도 직선 운동을 하여 A가 Q를 속도 $4v$ 로 통과하는 순간 B가 P를 통과한다. A, B가 각각 P, Q를 통과한 순간부터 A와 B의 속력이 같아질 때까지 A, B가 이동한 거리는 각각 s_A, s_B 이다.



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

보기

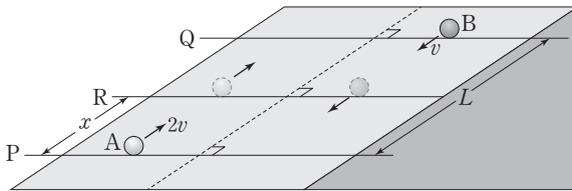
- ㄱ. 가속도의 방향은 A와 B가 같다.
- ㄴ. 가속도의 크기는 A가 B의 3배이다.
- ㄷ. $\frac{s_A}{s_B} = \frac{7}{9}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0019

그림은 마찰이 없는 빗면에서 물체 A가 기준선 P를 속도 $2v$ 로 통과하는 순간 물체 B가 기준선 Q를 속도 v 로 통과하는 것을 나타낸 것이다. A와 B는 빗면에서 등가속도 직선 운동을 하며, 기준선 R를 동시에 지난다. P와 Q 사이의 거리는 L 이고, Q에서 A의 속력은 0이다. A가 P에서 Q까지 운동하는 동안 평균 속력은 v_A 이고, B가 Q에서 P까지 운동하는 동안 평균 속력은 v_B 이다. P, Q, R는 수평면과 나란하다.



P와 R 사이의 거리를 x 라고 할 때, x 와 $\frac{v_B}{v_A}$ 로 옳은 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

- | | | | |
|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| \underline{x} | $\frac{v_B}{v_A}$ | \underline{x} | $\frac{v_B}{v_A}$ |
| ① $\frac{4}{9}L$ | $\frac{1+\sqrt{3}}{2}$ | ② $\frac{4}{9}L$ | $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ |
| ③ $\frac{5}{9}L$ | $\frac{1+\sqrt{3}}{2}$ | ④ $\frac{5}{9}L$ | $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ |
| ⑤ $\frac{2}{3}L$ | $\frac{1+\sqrt{3}}{2}$ | | |

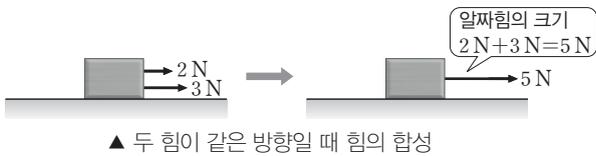
02

뉴턴 운동 법칙

1 힘

(1) 알짜힘

- ① 힘: 물체의 모양이나 운동 상태를 변화시키는 원인이다. 힘의 단위는 N(뉴턴)을 사용하며, 1N은 1kg의 물체를 1m/s²로 가속시키는 힘의 크기이다.
- ② 알짜힘(합력): 한 물체에 여러 힘이 작용할 때, 같은 효과를 갖는 하나의 힘을 알짜힘 또는 합력이라고 한다.
- ③ 힘의 합성: 알짜힘(합력)을 구하는 것을 힘의 합성이라고 한다.
 - 두 힘이 같은 방향으로 작용하면 알짜힘의 크기는 두 힘의 크기를 더한 값과 같고, 알짜힘의 방향은 두 힘의 방향과 같다.
 - 두 힘이 반대 방향으로 작용하면 알짜힘의 크기는 큰 힘에서 작은 힘을 뺀 값과 같고, 알짜힘의 방향은 큰 힘의 방향과 같다.



(2) 힘의 평형

- ① 힘의 평형: 한 물체에 여러 힘이 작용하여 알짜힘이 0이 되면, 이 힘들이 서로 평형을 이룬다고 한다. 이때 물체는 힘의 평형 상태에 있다고 한다.
- ② 물체가 정지해 있거나 등속 직선 운동을 하면 물체에 작용하는 힘들은 평형을 이룬다.

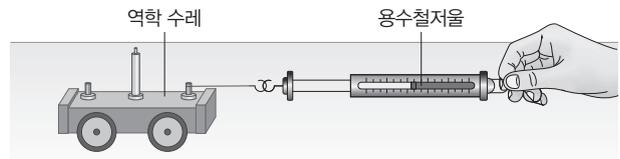
2 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙)

- (1) 관성: 물체가 현재의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질을 말한다.
 - ① 버스가 갑자기 출발하면 버스 안의 사람들이 뒤로 쏠린다.
 - ② 버스가 갑자기 정지하면 버스 안의 사람들은 앞으로 쏠린다.

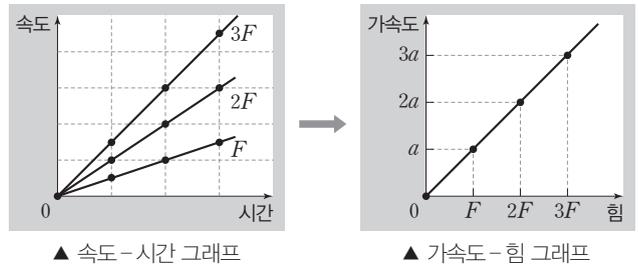
- (2) 뉴턴 운동 제1법칙(관성 법칙): 물체에 작용하는 알짜힘이 0일 때, 정지해 있던 물체는 계속 정지해 있고, 운동하던 물체는 현재의 속도로 등속 직선 운동을 계속한다. 이를 뉴턴 운동 제1법칙 또는 관성 법칙이라고 한다.

3 뉴턴 운동 제2법칙(가속도 법칙)

- (1) 힘과 가속도: 그림과 같이 수레의 질량을 일정하게 유지하고, 수레에 작용하는 힘의 크기를 2배, 3배, ...로 증가시키면, 수레의 가속도의 크기도 2배, 3배, ...로 증가한다.



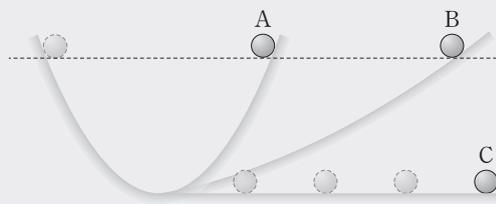
- ① 힘의 크기를 2배, 3배, ...로 증가시키면, 속도-시간 그래프의 기울기가 2배, 3배, ...로 증가한다.
- ② 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도와 같다. 따라서 질량이 일정할 때 가속도의 크기는 작용하는 힘의 크기에 비례한다.



- (2) 질량과 가속도: 수레에 작용하는 힘을 일정하게 유지하고 질량을 2배, 3배, ...로 증가시키면, 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}$ 배, $\frac{1}{3}$ 배, ...로 감소한다.
- ① 질량을 2배, 3배, ...로 증가시키면, 속도-시간 그래프의 기울기가 $\frac{1}{2}$ 배, $\frac{1}{3}$ 배, ...로 감소한다.

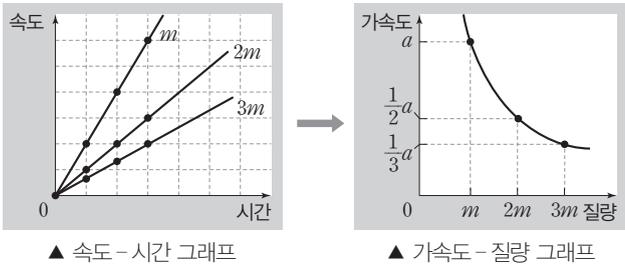
THE 알기 갈릴레이의 사고 실험

갈릴레이는 빗면과 구슬을 이용한 사고 실험을 통해 관성 법칙을 발견하였다.



- A: 빗면에 가만히 놓은 구슬은 반대쪽 빗면을 따라 처음 높이까지 올라간다.
- B: 반대쪽 빗면의 기울기를 완만하게 하여도, 구슬은 처음 높이까지 올라간다.
- C: 반대쪽 빗면을 수평면으로 바꾸면, 구슬은 처음 높이까지 도달할 수 없다. 따라서 등속 직선 운동을 계속할 것이다.

② 힘의 크기가 일정할 때 가속도의 크기는 질량에 반비례한다.



(3) 뉴턴 운동 제2법칙(가속도 법칙): 가속도의 크기(a)는 작용하는 힘의 크기(F)에 비례하고 질량(m)에 반비례하는데, 이를 뉴턴 운동 제2법칙 또는 가속도 법칙이라고 한다.

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

4 뉴턴 운동 제3법칙(작용 반작용 법칙)

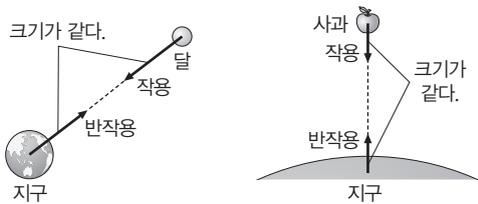
(1) 작용과 반작용

- ① 힘은 반드시 두 물체 사이에서 상호 작용을 한다. 따라서 물체 A가 물체 B에 힘을 가하면 반드시 B도 A에 힘을 가한다.
- ② A가 B에 가하는 힘을 작용이라고 하면 B가 A에 가하는 힘을 반작용이라고 한다.
- (2) 뉴턴 운동 제3법칙(작용 반작용 법칙): 작용과 반작용은 크기가 같고 방향이 반대인데, 이를 뉴턴 운동 제3법칙 또는 작용 반작용 법칙이라고 한다.

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

- F_{AB} : A가 B에 가하는 힘
- F_{BA} : B가 A에 가하는 힘

- ① 지구가 달을 당기는 힘과 달이 지구를 당기는 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다.
- ② 사과에 작용하는 중력과 사과가 지구를 당기는 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다.

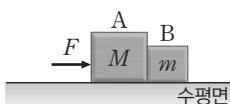


(3) 실생활에서 작용 반작용 법칙

- ① 뒤로 노를 저으면 그 반작용에 의해 배가 앞으로 나아간다.
- ② 로켓은 뒤쪽으로 연료를 분출시켜 그 반작용으로 앞으로 나아간다.

5 뉴턴 운동 법칙의 적용

(1) 접촉 상태로 운동하는 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 M , m 인 물체 A, B를 접촉시켜 마찰이 없는 수평면에 놓고 A에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용한다.



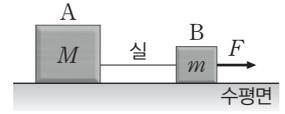
① 전체 질량이 $M+m$ 이고 작용하는 힘의 크기가 F 이므로, 가속도의 크기 a 는 다음과 같다.

$$a = \frac{F}{M+m}$$

② B에 작용하는 알짜힘은 A가 B를 미는 힘과 같다. 따라서 A, B 사이에서 상호 작용을 하는 힘의 크기 F_{AB} 는 다음과 같다.

$$F_{AB} = ma = \frac{m}{M+m}F$$

(2) 실로 연결된 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 M , m 인 물체 A, B를 실로 연결하여



마찰이 없는 수평면에 놓고, B에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용한다.

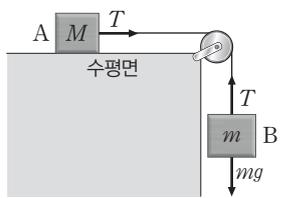
① 전체 질량이 $M+m$ 이고 작용하는 힘의 크기가 F 이므로, 가속도의 크기 a 는 다음과 같다.

$$a = \frac{F}{M+m}$$

② A, B에 작용하는 알짜힘은 각각의 질량에 가속도를 곱한 값과 같다. 따라서 A, B에 작용하는 알짜힘의 크기 F_A , F_B 는 다음과 같다.

$$F_A = Ma = \frac{M}{M+m}F, F_B = ma = \frac{m}{M+m}F$$

(3) 도르래를 통해 1자 모양으로 연결된 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 M , m 인 물체 A, B를 도르래를 통해 실로 연결한 후 가만히 놓는다.



① B에 작용하는 중력이 A, B를 가속시킨다. 따라서 A, B의 가속도의 크기를 a , 실이 A, B를 당기는 힘의 크기를 T 라고 하면 다음과 같이 운동 방정식을 세울 수 있다.

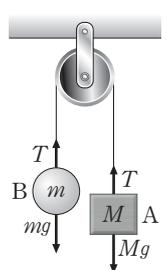
- A: $T = Ma$ ㉠
- B: $mg - T = ma$ ㉡

② ㉠, ㉡을 연립하여 풀면 a 와 T 는 다음과 같다.

$$a = \frac{m}{M+m}g, T = \frac{Mm}{M+m}g$$

- 가속도의 크기는 B에 작용하는 중력을 전체 질량으로 나눈 값과 같다.
- 실이 A, B를 당기는 힘의 크기는 A, B의 위치를 바꿔도 똑같다.

(4) 도르래를 통해 n자 모양으로 연결된 물체에 작용하는 힘과 운동: 그림과 같이 질량이 각각 M , m ($M > m$)인 물체 A, B를 도르래를 통해 실로 연결한 후 가만히 놓는다.



① 실이 A, B를 당기는 힘의 크기를 T 라고 하면 다음과 같이 운동 방정식을 세울 수 있다.

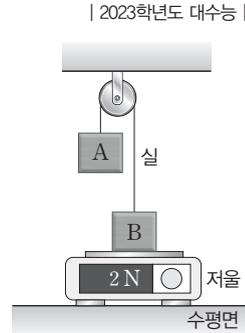
$$Mg - T = Ma, T - mg = ma$$

② 두 식을 연립하여 풀면 가속도의 크기 a 와 T 는 다음과 같다.

$$a = \frac{M-m}{M+m}g, T = \frac{2Mm}{M+m}g$$

테마 대표 문제

그림과 같이 무게가 1 N인 물체 A가 저울 위에 놓인 물체 B와 실로 연결되어 정지해 있다. 저울에 측정된 힘의 크기는 2 N이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)



보기

- ㄱ. 실이 B를 당기는 힘의 크기는 1 N이다.
- ㄴ. B가 저울을 누르는 힘과 저울이 B를 떠받치는 힘은 작용 반작용 관계이다.
- ㄷ. B의 무게는 3 N이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

정지해 있는 A와 B에 작용하는 알짜힘은 각각 0이다. A의 무게는 실이 A를 당기는 힘의 크기와 같고, 실이 B를 당기는 힘의 크기와 저울이 B를 떠받치는 힘의 크기의 합은 B의 무게와 같다.

▶ 간략 풀이

- ㉠ A의 무게는 1 N이므로 실이 A를 당기는 힘의 크기는 1 N이다. 실이 A를 당기는 힘의 크기와 실이 B를 당기는 힘의 크기는 같으므로 실이 B를 당기는 힘의 크기는 1 N이다.
- ㉡ B가 저울을 누르는 힘과 저울이 B를 떠받치는 힘은 두 물체 사이에서 상호 작용 하는 힘의 쌍이므로 작용 반작용 관계이다.
- ㉢ B의 무게 = 실이 B를 당기는 힘의 크기(1 N) + 저울이 B를 떠받치는 힘의 크기(2 N) = 3 N이다.

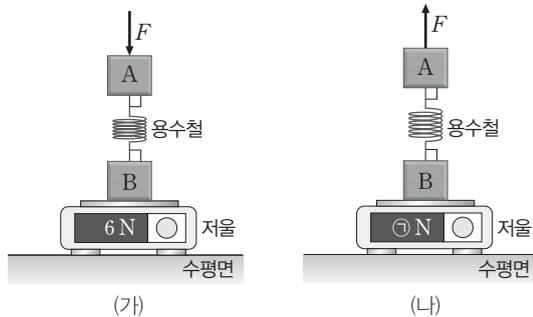
정답 | ⑤

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 6쪽

▶ 23066-0020

그림 (가)는 물체 A를 물체 B와 용수철로 연결하여 B를 저울 위에 올려놓고, A에 연직 아래 방향으로 크기가 F 인 힘을 가했더니 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A에 연직 위 방향으로 크기가 F 인 힘을 가했더니 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 무게는 각각 2 N, 3 N이고, (가)에서 저울에 측정된 힘의 크기는 6 N이다.



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

보기

- ㄱ. F 는 1 N이다.
- ㄴ. ㉠은 4이다.
- ㄷ. 용수철이 B에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 3배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

A와 B가 저울 위에 올려져 정지해 있는 것은 유사하지만, A와 B를 연결한 용수철이 물체에 작용하는 힘의 크기를 구하는 것이 다르다.

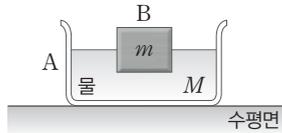
▶ 배경 지식

정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

01

▶23066-0021

그림은 수평면에 놓인 용기 A에 채워진 물에 물체 B가 잠겨서 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 물과 A의 질량의 합은 M 이고, B의 질량은 m 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이다.)

보기

- ㄱ. B에 작용하는 알짜힘은 물이 B에 작용하는 힘이다.
- ㄴ. 물이 B에 작용하는 힘의 크기는 mg 이다.
- ㄷ. 수평면이 연직 위 방향으로 A에 작용하는 힘의 크기는 $(m+M)g$ 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0022

그림 (가)는 수평면에 놓인 물체 A, B를 실로 연결하고 A를 수평 방향으로 크기가 F 인 힘으로 당기는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A 대신 B를 수평 방향으로 크기가 $2F$ 인 힘으로 당기는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m 이다. (가), (나)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 각각 $T_{(가)}$, $T_{(나)}$ 이다.



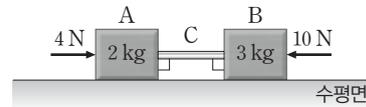
$\frac{T_{(가)}}{T_{(나)}}$ 는? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

03

▶23066-0023

그림은 마찰이 없는 수평면에서 막대 C로 연결된 물체 A, B에 수평면과 나란하게 서로 반대 방향으로 크기가 각각 4 N, 10 N인 힘이 작용하고 있는 것을 나타낸 것이다. A, B, C는 크기가 1 m/s^2 인 가속도로 등가속도 운동을 하며, A, B의 질량은 각각 2 kg, 3 kg이다.



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

보기

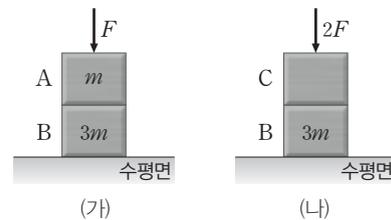
- ㄱ. C의 질량은 1 kg이다.
- ㄴ. A가 C에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기는 4 N이다.
- ㄷ. C가 B에 작용하는 힘의 크기는 B가 C에 작용하는 힘의 크기와 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0024

그림 (가)는 수평면에 놓여 있는 질량이 $3m$ 인 물체 B 위에 질량이 m 인 물체 A를 올려놓은 후 A에 크기가 F 인 힘을 연직 아래 방향으로 가했더니 A, B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 물체 C로 바꾸고 C에 크기가 $2F$ 인 힘을 연직 아래 방향으로 가했더니 B, C가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 수평면이 B에 작용하는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{7}{5}$ 배이고, (나)에서 B가 C에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서 A가 B에 작용하는 힘의 크기의 2배이다.

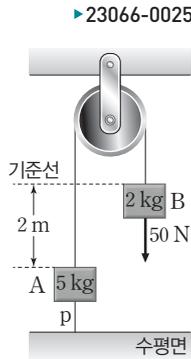


F 는? (단, 중력 가속도는 g 이다.)

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

05

그림은 물체 A, B를 실로 연결하고 B를 연직 아래 방향으로 50 N의 힘으로 당겼더니 A와 B가 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. A는 수평면과 실 p로 연결되어 있고, A로부터 2 m 높이에 기준선이 있다. B를 연직 아래 방향으로 50 N의 힘으로 당긴 채로 p를 끊었더니 A, B는 등가속도 운동을 한다. 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.)



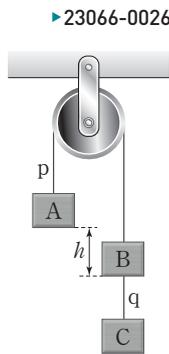
보기

- ㄱ. p를 끊기 전, p가 A를 당기는 힘의 크기는 20 N이다.
- ㄴ. p를 끊은 순간부터 A가 기준선을 통과하는 순간까지 걸린 시간은 $\sqrt{\frac{7}{5}}$ 초이다.
- ㄷ. p를 끊었을 때, A가 기준선을 통과하는 순간의 속력은 $\sqrt{\frac{80}{7}} \text{ m/s}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

그림은 실 p, q로 연결되어 정지해 있는 물체 A, B, C를 나타낸 것이다. A와 B 사이의 높이는 h이다. q를 끊었더니 A와 B는 등가속도 운동을 한다. q를 끊은 순간부터 A와 B가 같은 높이를 지나는 순간까지 걸린 시간은 $\sqrt{\frac{3h}{g}}$ 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)



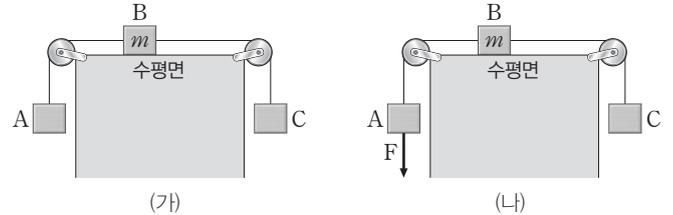
보기

- ㄱ. q를 끊기 전, B에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 q를 끊기 전이 끊은 후의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄷ. 질량은 A가 C의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

그림 (가)는 물체 A, B, C가 실로 연결되어 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. B의 질량은 m이다. 그림 (나)는 (가)에서 A에 연직 아래 방향으로 힘 F를 가했더니 A, B, C가 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. F의 크기가 $2mg$ 일 때, A의 가속도의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 $\frac{1}{3}g$ 로 같다.

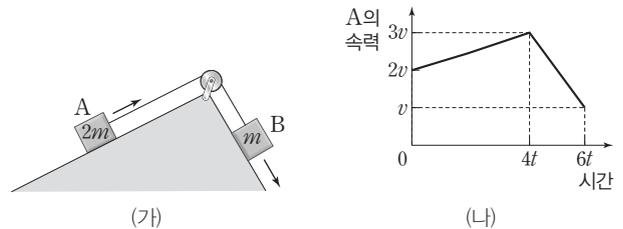


A, C의 질량을 각각 m_A, m_C 라고 할 때, $\frac{m_C}{m_A}$ 는? (단, 중력 가속도는 g이고, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

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

08

그림 (가)는 물체 A, B가 실로 연결되어 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이다. 그림 (나)는 A의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. $4t$ 일 때, A와 B를 연결하는 실이 끊어졌다. $2t$ 일 때 실이 A를 당기는 힘의 크기는 T이고, $6t$ 일 때 B의 속력은 v_B 이다.



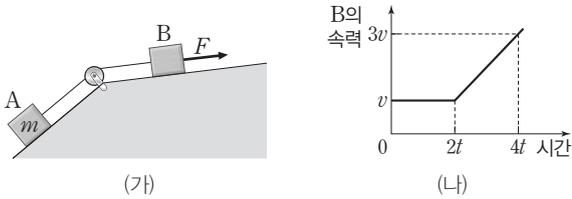
T와 v_B 로 옳은 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{5mv}{2t}$ $\frac{17}{2}v$ ② $\frac{3mv}{t}$ $\frac{17}{2}v$
- ③ $\frac{5mv}{2t}$ 9v ④ $\frac{3mv}{t}$ 9v
- ⑤ $\frac{5mv}{2t}$ $\frac{19}{2}v$

09

▶23066-0029

그림 (가)는 물체 A와 실로 연결된 물체 B에 크기가 F 인 힘이 B가 놓인 빗면과 나란한 방향으로 계속 작용하고 있는 것을 나타낸 것이다. A의 질량은 m 이다. 그림 (나)는 B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. $2t$ 일 때 A와 B를 연결한 실이 끊어졌고, $3t$ 일 때 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다.



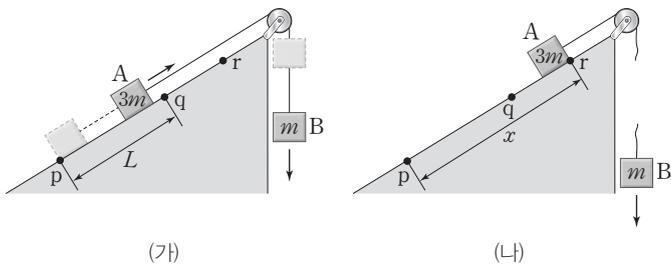
B의 질량은? (단, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

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

10

▶23066-0030

그림 (가)는 질량이 각각 $3m, m$ 인 물체 A, B를 실로 연결한 후 A를 빗면의 점 p에 가만히 놓았더니 A와 B가 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A가 점 q를 지나 는 순간 실이 끊어진 후 A와 B가 각각 등가속도 운동을 하다 점 r에서 A의 속력이 0인 것을 나타낸 것이다. p에서 q까지의 거리는 L 이고, p에서 r까지의 거리는 x 이다. A의 가속도의 크기는 실이 끊어지기 전이 끊어진 후의 $\frac{1}{2}$ 배이다.



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

보기

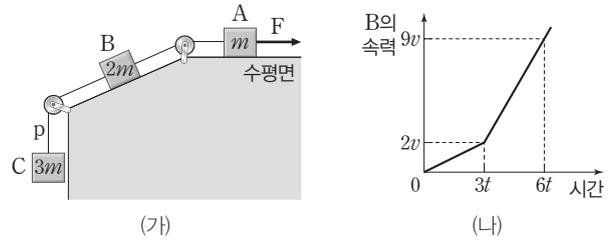
- ㄱ. 실이 끊어지기 전 A의 가속도의 크기는 $\frac{1}{10}g$ 이다.
- ㄴ. x 는 $\frac{4}{3}L$ 이다.
- ㄷ. A가 q에서 r까지 이동하는 데 걸린 시간은 $\sqrt{\frac{9L}{g}}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶23066-0031

그림 (가)는 질량이 각각 $m, 2m, 3m$ 인 물체 A, B, C가 실로 연결되어 있을 때, A에 수평 방향으로 힘 F 가 작용하는 것을 나타낸 것이다. F 의 크기가 F_0 일 때, A, B, C는 정지해 있다. 그림 (나)는 (가)에서 F 의 크기가 $2F_0$ 으로 일정하게 작용할 때, B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. $3t$ 일 때 B와 C를 연결한 실 p가 끊어진다.



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

보기

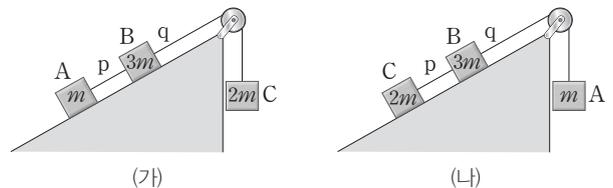
- ㄱ. $v=gt$ 이다.
- ㄴ. $F_0=4mg$ 이다.
- ㄷ. $2t$ 일 때, p가 C를 당기는 힘의 크기는 $\frac{9}{2}mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23066-0032

그림 (가)는 실 p, q로 연결된 물체 A, B, C를, (나)는 (가)에서 A와 C의 위치를 바꿔 p, q로 연결한 것을 나타낸 것이다. (가)에서 A는 정지해 있고, (나)에서 A는 등가속도 운동을 한다. A, B, C의 질량은 각각 $m, 3m, 2m$ 이다.



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

보기

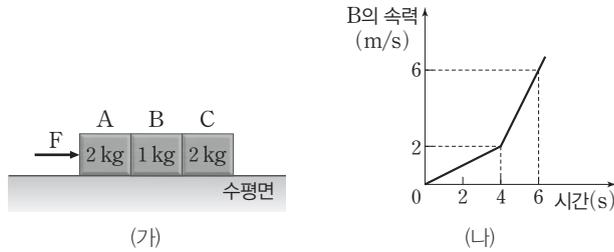
- ㄱ. (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 C를 당기는 힘의 크기의 $\frac{1}{3}$ 배이다.
- ㄴ. (나)에서 A의 가속도 크기는 $\frac{1}{4}g$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 p가 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{3}{5}mg$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶ 23066-0033

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에 물체 A, B, C를 붙여 놓고 A에 수평 방향으로 힘 F를 가하는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 2 kg, 1 kg, 2 kg이다. 그림 (나)는 B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

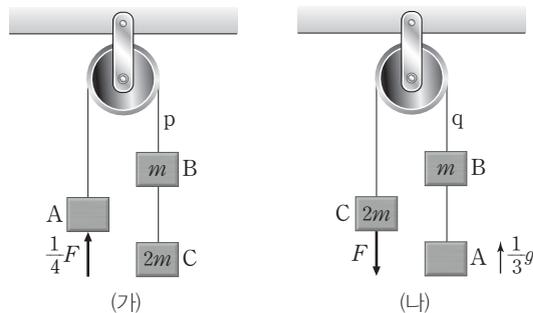
- ㄱ. 2초일 때, F의 크기는 2.5 N이다.
- ㄴ. 2초일 때, A가 B에 작용하는 힘의 크기는 B가 C에 작용하는 힘의 크기의 2배이다.
- ㄷ. C가 B에 작용하는 힘의 크기는 5초일 때가 2초일 때의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶ 23066-0034

그림 (가)는 물체 B, C와 실로 연결되어 있는 물체 A에 연직 위 방향으로 크기가 $\frac{1}{4}F$ 인 힘을 가했더니 A, B, C가 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. B, C의 질량은 각각 $m, 2m$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 C의 위치를 바꿔 연결한 후 C에 연직 아래 방향으로 크기가 F 인 힘을 가했더니 A가 크기가 $\frac{1}{3}g$ 인 가속도로 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. (가)에서 A와 B를 연결한 실 p가 B를 당기는 힘의 크기는 T_p 이고, (나)에서 B와 C를 연결한 실 q가 B를 당기는 힘의 크기는 T_q 이다.



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

보기

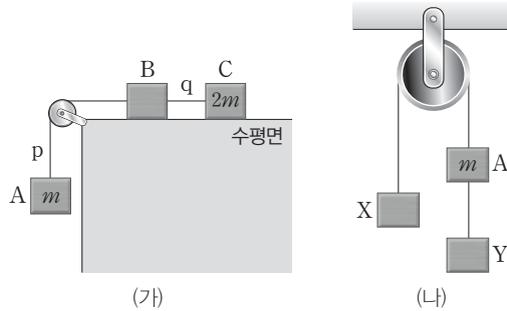
- ㄱ. A의 질량은 $4m$ 이다.
- ㄴ. F 는 $5mg$ 이다.
- ㄷ. $\frac{T_q}{T_p} = \frac{22}{9}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0035

그림 (가)는 실 p, q로 연결된 물체 A, B, C가 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, C의 질량은 각각 m , $2m$ 이다. 그림 (나)는 물체 X, Y와 실로 연결된 A가 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. (가)에서와 (나)에서 A의 가속도 크기는 a 로 같다. X, Y는 B, C를 순서 없이 나타낸 것이며, 질량은 B가 C보다 크다.



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

보기

- ㄱ. (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 C를 당기는 힘의 크기보다 크다.
- ㄴ. X는 C이다.
- ㄷ. $a = \frac{1}{5}g$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

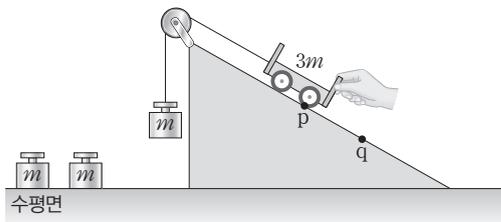
04

▶23066-0036

다음은 등가속도 운동에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 빗면의 점 p에 놓인 질량이 $3m$ 인 수레를 손으로 잡은 채로 질량이 m 인 추와 실로 연결한다.
- (나) 수레를 p에서 가만히 놓은 뒤 수레가 점 q까지 이동하는데 걸린 시간을 측정한다.
- (다) (가)에서 수레에 질량이 m 인 추 1개를 올려놓고 (나)를 수행한다.
- (라) (가)에서 수레에 질량이 m 인 추 2개를 올려놓고 (나)를 수행한다.



[실험 결과]

과정	(나)	(다)	(라)
걸린 시간	$4t_0$	㉠	$2\sqrt{2}t_0$

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

보기

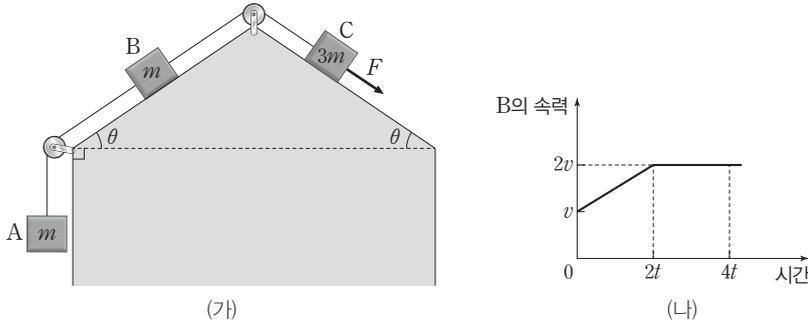
- ㄱ. 수레의 가속도 크기는 (나)에서가 (다)에서보다 크다.
- ㄴ. ㉠은 $\sqrt{10}t_0$ 이다.
- ㄷ. 수레가 q를 지나는 순간의 속력은 (다)에서가 (라)에서의 $\sqrt{\frac{4}{5}}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶ 23066-0037

그림 (가)는 물체 A, B, C를 실로 연결하고 C에 빗면과 나란한 아래 방향으로 크기가 F 인 힘을 가하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것으로, 0부터 $2t$ 까지 C에 크기가 F 인 힘이 작용하며, $2t$ 일 때 C에 작용하는 크기가 F 인 힘을 제거한다. A, B, C의 질량은 각각 $m, m, 3m$ 이고, B, C가 각각 운동하는 빗면의 경사각 θ 는 같다.



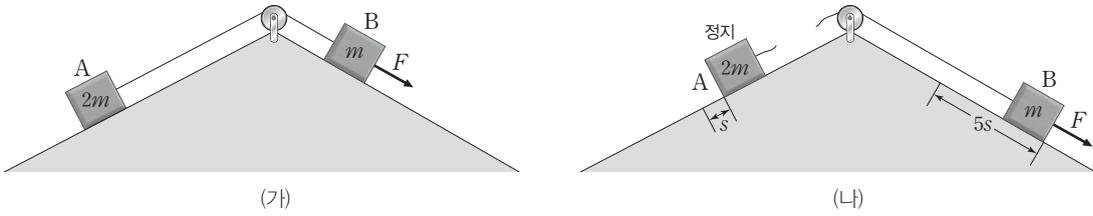
$t, 3t$ 일 때, C에 연결된 실이 B를 당기는 힘의 크기를 각각 T_1, T_2 라고 하면, $\frac{T_1}{T_2}$ 은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

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

06

▶ 23066-0038

그림 (가)는 질량이 각각 $2m, m$ 인 물체 A와 B를 실로 연결하고 B에 빗면과 나란한 아래 방향으로 크기가 F 인 힘을 가했더니 A, B가 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 B를 연결한 실이 끊어진 순간부터 A가 정지할 때까지 A, B가 각각 등가속도 운동을 하여 이동한 거리가 각각 $s, 5s$ 인 것을 나타낸 것이다. (나)에서 실이 끊어진 순간 A의 속력은 v 이다.



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

보기

- ㄱ. (나)에서 A가 정지한 순간 B의 속력은 $3v$ 이다.
- ㄴ. A의 가속도 크기는 (나)에서가 (가)에서의 3배이다.
- ㄷ. F 는 $\frac{3mv^2}{2s}$ 이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

03

운동량과 충격량

1 운동량 보존 법칙

(1) 운동량: 물체의 운동 정도를 나타내는 물리량으로, 질량과 속도를 곱한 값이다. 운동량의 단위로는 $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 를 사용한다.

① 질량이 m 인 물체의 속도가 v 이면 운동량 p 는 다음과 같다.

$$p = mv$$

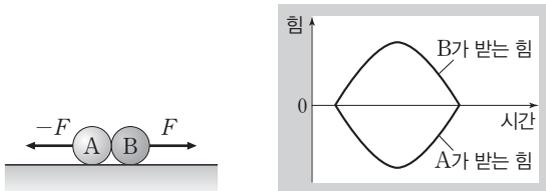
- 질량이 같으면 속도의 크기가 클수록 운동량의 크기가 크다.
- 속도의 크기가 같으면 질량이 클수록 운동량의 크기가 크다.
- 운동량의 방향은 속도의 방향과 같다.

② 운동량과 힘: 시간에 따른 운동량의 변화율은 물체에 작용하는 알짜힘과 같다.

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

(2) 충돌과 운동량 보존

① 두 물체 A, B가 충돌할 때, A가 B에 가한 힘을 F 라고 하면 작용 반작용 법칙에 따라 B가 A에 가한 힘은 $-F$ 이다.



② A, B의 질량이 각각 m_A, m_B 이고, 충돌 전 속도가 각각 v_A, v_B , 충돌 후 속도가 각각 v_A', v_B' , A, B가 충돌한 시간을 Δt 라고 하면 다음 관계가 성립한다.

$$F = m_B \frac{v_B' - v_B}{\Delta t} \dots \text{㉠} \quad -F = m_A \frac{v_A' - v_A}{\Delta t} \dots \text{㉡}$$

③ 식 ㉠, ㉡을 더하여 정리하면 다음과 같다.

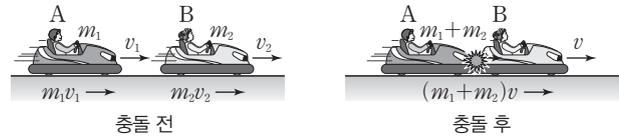
$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

④ 충돌 전후 A, B 각각의 운동량은 변하지만, A, B의 운동량의 합은 변하지 않는다.

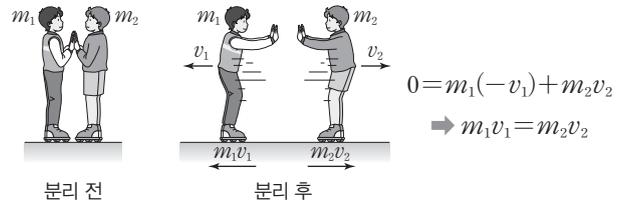
(3) 운동량 보존 법칙: 외력이 작용하지 않으면 운동량의 총합이 일정하게 보존되는데, 이를 운동량 보존 법칙이라고 한다.

① 운동량이 각각 $p_1 = m_1 v_1, p_2 = m_2 v_2$ 인 두 물체 A, B가 충돌하여 한 덩어리가 되어 운동하면 충돌 후 속도 v 는 다음과 같다.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v \Rightarrow v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

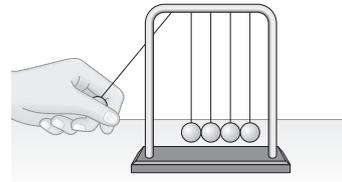


② 인라인스케이트를 신은 두 학생이 정지 상태에서 서로 밀어 분리되는 경우, 처음 운동량이 모두 0이므로 분리된 후 운동량의 합도 0이다. 따라서 두 학생은 서로 반대 방향으로 운동하며, 질량이 작은 학생의 속력이 더 크다.



(4) 금속구 실험

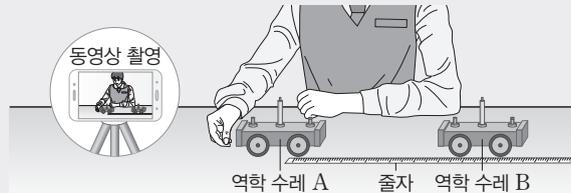
- ① 금속구 실험 장치의 왼쪽에 있는 금속구 하나를 들었다가 놓으면 반대쪽 끝에 있던 금속구 하나가 오른쪽으로 튕겨 나간다.
- ② 금속구 2개, 3개를 들었다가 놓으면 충돌 직후 반대쪽에 있던 금속구가 각각 2개, 3개 튕겨 나간다.



THE 알기 충돌과 운동량 보존 실험

[실험 과정]

- (1) 그림과 같이 역학 수레 A를 정지해 있던 역학 수레 B에 정면으로 충돌시키는 장면을 동영상으로 촬영한 후, A, B의 운동을 분석한다.
- (2) A, B의 질량을 변화시켜 과정 (1)을 반복한다.



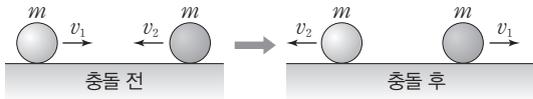
[실험 결과]

질량		충돌 전 A의 속도(v_A)	충돌 후 속도		충돌 전 운동량	충돌 후 운동량의 합
A(m_A)	B(m_B)		A(v_A')	B(v_B')		
1 kg	1 kg	6 m/s	0	6 m/s	$6 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$	$6 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
1 kg	2 kg	6 m/s	-2 m/s	4 m/s	$6 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$	$6 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
2 kg	1 kg	6 m/s	2 m/s	8 m/s	$12 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$	$12 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$

→ $m_A v_A = m_A v_A' + m_B v_B'$ 이므로 충돌 전 운동량의 총합과 충돌 후 운동량의 총합이 같다.

(5) 여러 가지 충돌과 운동 에너지: 충돌할 때 운동량은 일정하게 보존되지만 운동 에너지는 감소할 수 있으며, 운동 에너지가 어떻게 변하는지에 따라 충돌을 분류한다.

① 탄성 충돌: 충돌 전후 운동 에너지가 변하지 않는 충돌이다. 특히 질량이 같은 두 물체가 정면으로 탄성 충돌을 하면 두 물체의 속도가 교환된다.



② 비탄성 충돌: 충돌 과정에서 운동 에너지가 감소하는 충돌이다. 운동 에너지의 일부가 물체의 모양을 찌그러뜨리는 일이나 열 등으로 전환된다.

• 완전 비탄성 충돌: 충돌한 후 두 물체가 한 덩어리가 되는 충돌이다.



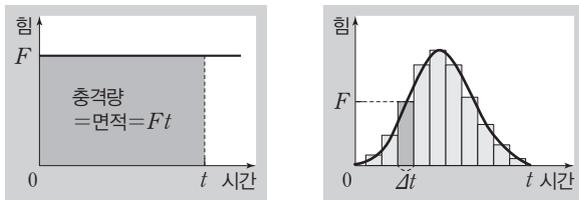
2 충격량과 운동량

(1) 충격량: 물체가 받은 충격의 정도를 나타내는 물리량으로, 물체에 작용한 힘과 힘이 작용한 시간을 곱한 값을 충격량이라고 한다. 충격량의 단위로는 N·s를 사용한다.

① 힘 F 를 시간 Δt 동안 작용하면, 물체가 받은 충격량 I 는 다음과 같다.

$$I = F\Delta t$$

② 힘-시간 그래프 아래의 면적은 충격량과 같다.



- 그림 (가)에서 그래프 아래의 면적은 Ft 이므로 충격량과 같다.
- 그림 (나)에서 짙게 색칠한 직사각형의 면적은 매우 짧은 시간 Δt 동안 받은 충격량과 같다. 그런데 직사각형의 면적을 모두 더하면 그래프 아래의 면적과 같다. 따라서 그래프 아래의 면적은 충격량과 같다.

(2) 운동량과 충격량의 관계

① $\frac{\Delta p}{\Delta t} = F$ 에서 $F\Delta t = \Delta p$ 이다. 따라서 충격량은 운동량의 변화량과 같다.

$$I = F\Delta t = \Delta p = mv - mv_0$$

② 운동량과 충격량의 단위: 힘의 단위는 질량의 단위와 가속도의 단위를 곱한 것과 같으므로 $N = kg \cdot m/s^2$ 이다. 따라서 $N \cdot s = kg \cdot m/s$ 이다. 즉, 운동량의 단위인 $kg \cdot m/s$ 와 충격량의 단위인 $N \cdot s$ 는 같은 단위이다.

(3) 실생활에서의 운동량과 충격량: $\Delta p = F\Delta t$ 이므로 힘을 더 크게 하거나 힘을 작용하는 시간을 길게 하면 물체의 운동량 변화량이 크므로, 물체를 더 빠른 속도로 출발시킬 수 있다.

① 팔로스루(Follow Through): 스포츠 경기에서 공을 치거나 던진 이후, 스윙을 끝까지 연결하는 자세를 팔로스루라고 한다. 팔로스루는 공에 힘을 작용하는 시간을 증가시켜 공을 더 빠른 속도로 보낼 수 있다.



▲ 테니스

② 포신의 길이가 길수록 포탄이 힘을 받는 시간이 증가한다. 따라서 포탄이 더 멀리까지 날아갈 수 있다.

3 충격력을 감소시키는 방법

(1) 충격력: 충격량이 가해질 때 받는 힘을 충격력이라고 한다.

① 물체가 충돌 과정에서 받은 충격량의 크기가 I 이고, 힘을 받은 시간이 Δt 이면 충격력 F 는 다음과 같다.

$$I = F\Delta t \rightarrow F = \frac{I}{\Delta t}$$

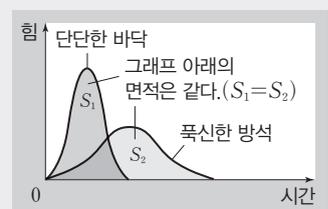
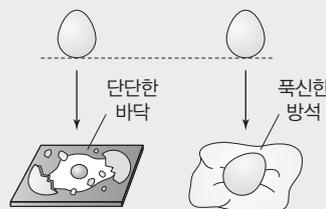
② 충돌과 충격량: 물체가 받은 충격량은 운동량의 변화량과 같으므로, 크기가 p 인 운동량으로 운동하던 물체가 충돌한 후 정지하면 물체가 받은 충격량의 크기는 p 로 정해진다. 따라서 에어백과 같이 충격을 감소시키는 장치를 사용하더라도 사람이 받는 충격량의 크기를 줄이지 못한다.

③ 충돌이 일어날 때 힘을 받는 시간을 증가시키면 충격량은 변화시킬 수 없지만 충격력을 줄일 수 있다.

(2) 충격력을 감소시키는 방법: 충돌 사고에서 사람이 부상을 당하는 정도는 충격력과 밀접한 관계가 있다. 따라서 힘을 받는 시간을 증가시켜 충격력을 줄이면 충격에 의한 피해를 감소시킬 수 있다.

THE 알기 충격을 감소시키는 원리

- 달걀을 단단한 바닥에 떨어뜨리면 힘을 받는 시간이 짧으므로 큰 충격력을 받아 달걀이 깨지지만, 달걀을 푹신한 방식에 떨어뜨리면 힘을 받는 시간이 길어서 충격력이 작으므로 달걀이 깨지지 않는다.
- 이 관계를 힘과 시간의 그래프로 나타내면 그림과 같다.



접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

(가)에서 P를 지난 후 A의 속력이 증가했으므로 P에서 물체가 받는 알짜힘의 방향은 운동 방향과 같은 $+x$ 방향이다. 물체가 받은 충격량의 크기는 P에서 물체가 받는 알짜힘의 크기와 P를 통과하는 데 걸린 시간의 곱이다.

▶ 간략 풀이

㉠ A와 B의 질량은 같고, P에서 받은 힘의 크기도 같으므로 P에서 A와 B의 가속도의 크기는 같다. P를 지나서 평균 속력은 A가 B보다 작으므로 P를 지나는데 걸린 시간은 A가 B보다 크다.

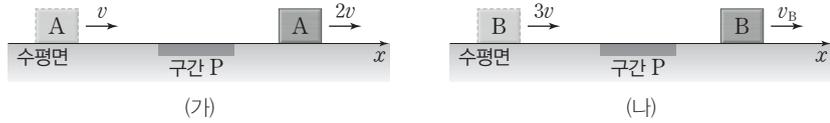
㉡ A와 B의 질량은 같고, P에서 A와 B의 가속도의 크기도 같으므로 P에서 A와 B가 받은 알짜힘의 크기는 같다. P를 지나는데 걸리는 시간은 A가 B보다 크므로 물체가 받은 충격량의 크기는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

✕ P에서 A, B의 가속도의 크기를 a , P의 길이를 L 이라고 하면 A와 B는 등가속도 운동을 하므로 (가)에서는 $4v^2 - v^2 = 2aL$ 에서 $a = \frac{3v^2}{2L}$ 이다.

(나)에서는 $v_B^2 - (3v)^2 = 2\left(\frac{3v^2}{2L}\right)L$ 이므로 $v_B = 2\sqrt{3}v$ 이다.

정답 | ㉢

그림 (가)는 $+x$ 방향으로 속력 v 로 등속도 운동을 하던 물체 A가 구간 P를 지난 후 속력 $2v$ 로 등속도 운동을 하는 것을, (나)는 $+x$ 방향으로 속력 $3v$ 로 등속도 운동을 하던 물체 B가 P를 지난 후 속력 v_B 로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B는 질량이 같고, P에서 같은 크기의 일정한 힘을 $+x$ 방향으로 받는다.



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

보기

- ㄱ. P를 지나는데 걸리는 시간은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 물체가 받은 충격량의 크기는 (가)에서 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. $v_B = 4v$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0 **답은 끝 문제로 유형 익히기**

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

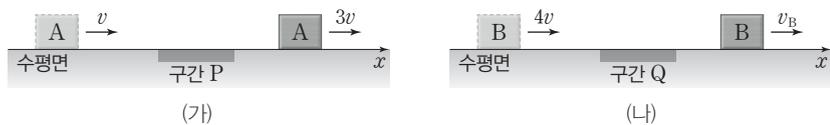
수평면에서 운동하는 물체가 받은 힘에 의한 충격량을 구하는 것은 유사하지만, 물체에 힘이 작용하는 방향이 동일하지 않다는 것이 다르다.

▶ 배경 지식

물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같다.

▶ 23066-0039

그림 (가)는 $+x$ 방향으로 속력 v 로 등속도 운동을 하던 물체 A가 구간 P를 지난 후 속력 $3v$ 로 등속도 운동을 하는 것을, (나)는 $+x$ 방향으로 속력 $4v$ 로 등속도 운동을 하던 물체 B가 구간 Q를 지난 후 속력 v_B 로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B는 질량이 같고, P, Q에서 x 축과 나란한 방향의 같은 크기의 일정한 힘을 서로 반대 방향으로 받는다. P, Q의 길이는 같다.



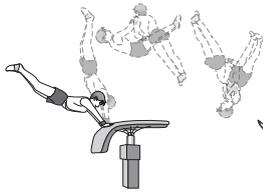
A, B가 각각 P, Q에서 받은 충격량의 크기를 I_A, I_B 라고 할 때, $\frac{I_B}{I_A}$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

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

01

▶23066-0040

그림은 운동 경기를 보며 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



체조 선수가 착지할 때 무릎을 굽힘



테니스 선수가 공을 치면서 팔을 끝까지 휘두름

체조 선수가 착지할 때 무릎을 굽히는 것은 선수가 받는 충격력의 크기를 감소시키기 위함이야.

테니스 선수가 팔을 끝까지 휘두르는 것은 공의 속력을 증가시키기 위함이야.

두 선수 모두 힘이 작용하는 시간을 길게 하기 위한 동작을 하고 있어.



학생 A



학생 B



학생 C

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▶23066-0041

그림 (가), (나), (다)는 충격량과 관련된 예를 나타낸 것이다.



(가) 야구 선수가 글러브를 몸 쪽으로 이동시키며 공을 잡는다.



(나) 자동차가 충돌할 때 에어백이 작동한다.



(다) 빨대를 불어 빨대 속 구슬을 날린다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 글러브를 몸 쪽으로 더 많이 이동시키면서 공을 잡으면 공이 글러브에 작용하는 평균 힘의 크기가 증가한다.
- ㄴ. (나)에서 에어백은 운전자가 충격력을 받는 시간을 길게 해준다.
- ㄷ. (다)에서 같은 세기로 불 때, 더 긴 빨대를 사용하면 구슬이 빨대를 벗어나는 순간 구슬의 운동량의 크기가 커진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0042

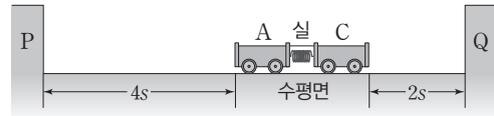
다음은 운동량 보존에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 수평면에서 수레 A, B에 접촉되어 있는 용수철을 원래 길이에서 x 만큼 압축시킨 후 실로 고정한다.
- (나) 연결한 실을 끊은 순간부터 A, B가 각각 $3s$ 만큼 떨어진 벽 P, Q에 도달하는 데까지 걸린 시간을 측정한다.



- (다) (가)에서 B를 수레 C로 바꾸고 위치를 변화시킨 후 연결한 실을 끊은 순간부터 A, C가 각각 $4s$, $2s$ 만큼 떨어진 벽 P, Q에 도달하는 데까지 걸린 시간을 측정한다.



[실험 결과]

과정	P에 도달 시간	Q에 도달 시간
(나)	t_1	t_1
(다)	$2t_2$	$3t_2$

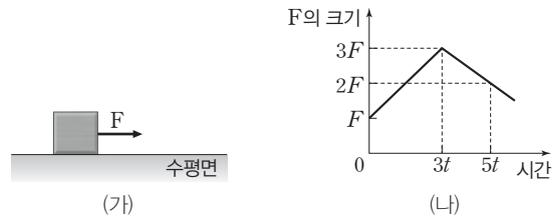
B, C의 질량을 각각 m_B , m_C 라고 할 때, $\frac{m_C}{m_B}$ 는? (단, 수레의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

04

▶23066-0043

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에 정지해 있던 물체에 힘 F가 수평면과 나란한 방향으로 작용하는 것을, (나)는 물체에 F가 작용한 순간부터 F의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

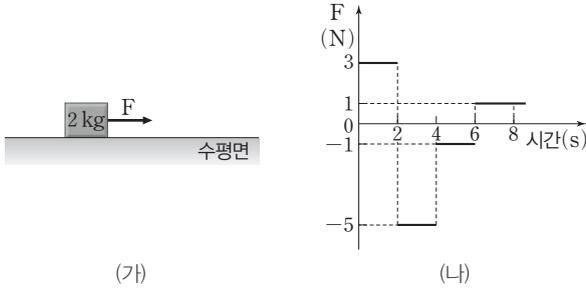
- ㄱ. 가속도의 크기는 $2t$ 일 때가 $5t$ 일 때보다 크다.
- ㄴ. 속력은 t 일 때가 $4t$ 일 때보다 작다.
- ㄷ. $5t$ 일 때 운동량의 크기는 $10Ft$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0044

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에 정지해 있는 질량이 2 kg인 물체에 수평 방향으로 힘 F가 작용하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 F를 시간에 따라 나타낸 것이다.



물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 일직선상에서 운동하며, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.)

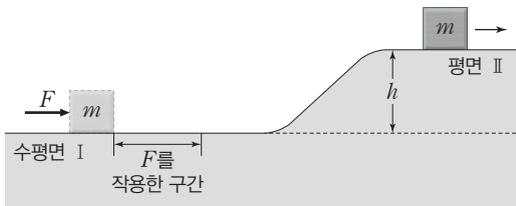
- 보기**
- ㄱ. 0초부터 2초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 $6 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.
 - ㄴ. 0초부터 4초까지 물체의 이동 거리는 $\frac{28}{5} \text{ m}$ 이다.
 - ㄷ. 운동 방향은 2초일 때와 8초일 때가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0045

그림은 수평면 I에 정지해 있던 질량이 m 인 물체에 수평 방향으로 크기가 F 인 힘을 시간 t 동안 가했더니 물체가 빗면을 지나 평면 II에서 운동하는 것을 나타낸 것이다. I과 II의 높이차는 h 이고, II에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 $\frac{3}{2}$ 배이다.



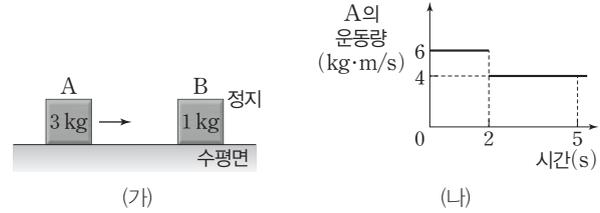
t 는? (단, I에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 중력 가속도는 g 이며, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\sqrt{\frac{8m^2gh}{3F^2}}$ ② $\sqrt{\frac{10m^2gh}{3F^2}}$ ③ $\sqrt{\frac{4m^2gh}{F^2}}$
- ④ $\sqrt{\frac{14m^2gh}{3F^2}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{16m^2gh}{3F^2}}$

07

▶23066-0046

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 3 kg, 1 kg이다. 그림 (나)는 A의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

- 보기**
- ㄱ. 1초일 때, A의 속력은 2 m/s이다.
 - ㄴ. 충돌 과정에서 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 $3 \text{ N} \cdot \text{s}$ 이다.
 - ㄷ. 3초일 때, B의 속력은 $\frac{5}{2} \text{ m/s}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0047

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, B가 각각 $2v$, v 의 속력으로 서로 반대 방향으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $3m$, m 이다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 B가 충돌 후 같은 방향으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. 충돌 후 A의 속력은 v 이다.



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

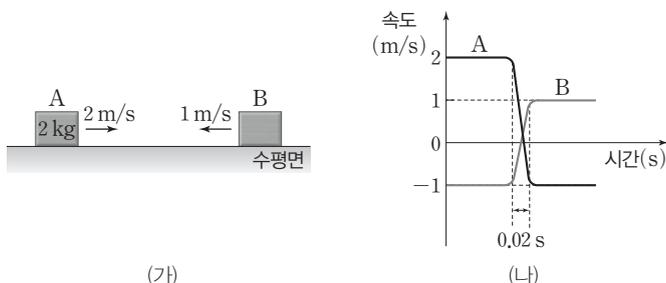
- 보기**
- ㄱ. (가)에서 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.
 - ㄴ. A와 B의 충돌 과정에서 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 $3mv$ 이다.
 - ㄷ. (나)에서 B의 속력은 $2v$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶23066-0048

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, B가 서로를 향해 각각 2 m/s, 1 m/s의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B의 충돌 시간은 0.02초이고, A의 질량은 2 kg이다.



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

보기

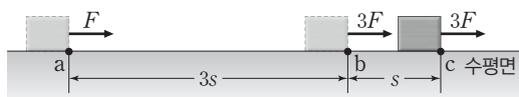
- ㄱ. 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 2 N·s이다.
- ㄴ. B의 질량은 3 kg이다.
- ㄷ. 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 평균 힘의 크기는 300 N이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

10

▶23066-0049

그림은 마찰이 없는 수평면의 점 a에 정지해 있는 물체에 수평 방향으로 힘을 가했더니 점 b, c를 차례로 지나는 것을 나타낸 것이다. 물체에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기는 a에서 b까지가 F이고, b에서 c까지가 3F이다. a와 b 사이의 거리는 3s이고, b와 c 사이의 거리는 s이다. 물체가 a에서 b까지 운동하는 동안 물체가 받은 충격량의 크기는 I₁이고, b에서 c까지 운동하는 동안 물체가 받은 충격량의 크기는 I₂이다.



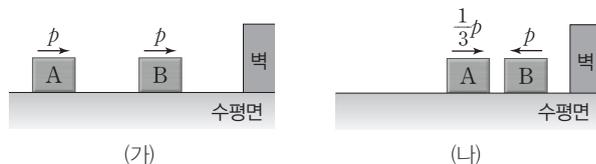
I₂/I₁는? (단, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.)

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

11

▶23066-0050

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, B가 같은 크기의 운동량 p로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. B는 A와 충돌한 후 벽과 충돌한다. 그림 (나)는 B가 벽과 충돌한 후 A와 B가 서로 반대 방향으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것으로, A, B의 운동량의 크기는 각각 $\frac{1}{3}p$, p이다.



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

보기

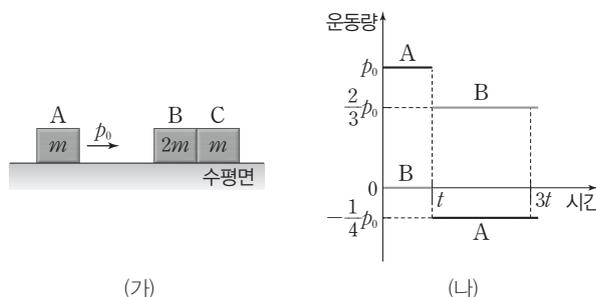
- ㄱ. 질량은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. B의 속력은 벽에 충돌하기 직전이 충돌한 직후의 $\frac{5}{3}$ 배이다.
- ㄷ. 벽에 충돌하는 과정에서 B가 벽으로부터 받은 충격량의 크기는 2p이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

12

▶23066-0051

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 접촉해서 정지해 있는 물체 B, C를 향해 크기가 p₀인 운동량으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 m, 2m, m이다. 그림 (나)는 A, B의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것으로, t일 때 A와 B가 충돌한다. t를 전후로 A, B, C의 속도 변화량의 크기는 각각 v_A, v_B, v_C이다.



v_A:v_B:v_C는? (단, A, B, C는 동일 직선상에서 운동한다.)

- ① 7 : 3 : 5 ② 10 : 9 : 7 ③ 12 : 9 : 5
- ④ 15 : 4 : 7 ⑤ 17 : 9 : 11

01

▶23066-0052

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A, B가 크기가 각각 $2p_0, 3p_0$ 인 운동량으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A, B가 충돌한 후 한 덩어리가 되어 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 질량은 B가 A의 3배이다.



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

보기

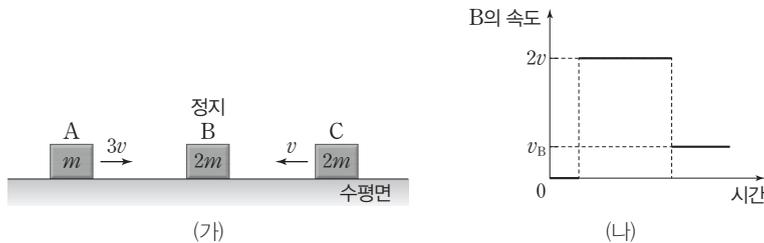
- ㄱ. A의 속력은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{9}{4}$ 배이다.
- ㄴ. (나)에서 A의 운동량의 크기는 $\frac{5}{4}p_0$ 이다.
- ㄷ. B의 운동 에너지는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{16}{25}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0053

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 정지해 있는 물체 B를 향해 물체 A, C가 각각 $3v, v$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $m, 2m, 2m$ 이다. 그림 (나)는 (가)의 순간부터 B가 A, C와 충돌하는 과정에서 B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 정지해 있던 B는 C보다 A와 먼저 충돌하고, A와 충돌한 B는 C와 충돌한 후 한 덩어리가 되어 운동한다.



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

보기

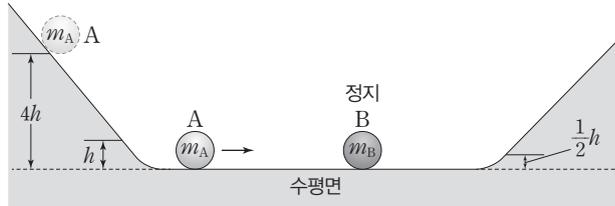
- ㄱ. A가 B와 충돌하기 전 운동량의 크기는 A가 C의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄴ. $v_B = \frac{1}{2}v$ 이다.
- ㄷ. A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 C가 B로부터 받은 충격량의 크기의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶ 23066-0054

그림은 수평면으로부터 높이가 $4h$ 인 빗면에 가만히 놓은 물체 A가 수평면에서 정지해 있는 물체 B를 향해 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m_A, m_B 이다. A와 B는 충돌한 후 서로 반대 방향으로 운동하여 각각 최고 높이가 $h, \frac{1}{2}h$ 인 지점까지 올라간다.



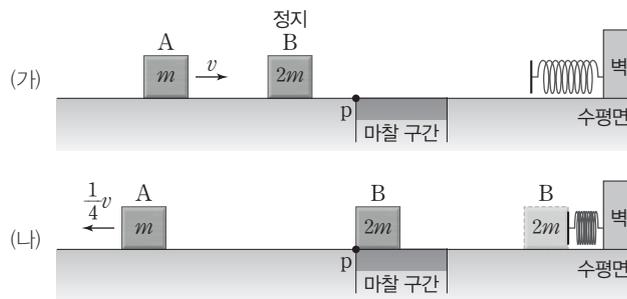
$\frac{m_B}{m_A}$ 는? (단, A와 B는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

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

04

▶ 23066-0055

그림 (가)는 수평면에서 물체 A가 속력 v 로 정지해 있는 물체 B를 향해 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 B가 충돌한 후, A는 충돌 전과 반대 방향으로 속력 $\frac{1}{4}v$ 로 등속도 운동을 하고 B는 운동 방향과 반대 방향으로 일정한 크기의 힘이 작용하는 마찰 구간을 지나 용수철과 충돌한 후 용수철에서 튕겨 나와 마찰 구간의 왼쪽 끝 점 p에 정지한 것을 나타낸 것이다. A와 B의 질량은 각각 $m, 2m$ 이고, A가 B와 충돌하는 과정에서 A가 받은 충격량의 크기는 I_A 이며, A와 충돌한 B가 용수철을 향해 운동하는 동안 마찰 구간에서 받은 충격량의 크기는 I_B 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 동일 직선상에서 운동하며, 물체의 크기, 용수철의 질량, 공기 저항, 마찰 구간을 제외한 모든 마찰은 무시한다.)

보기

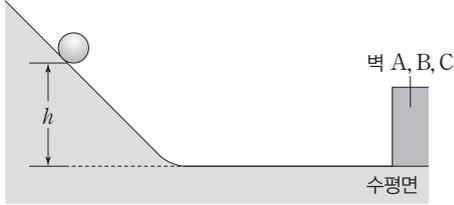
- ㄱ. 마찰 구간을 1회 통과할 때, B의 역학적 에너지 감소량은 $\frac{25}{128}mv^2$ 이다.
- ㄴ. B가 용수철을 향해 운동할 때, B의 속력은 마찰 구간을 통과하기 전이 통과한 후의 $\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄷ. $\frac{I_B}{I_A} = \frac{2-\sqrt{2}}{3}$ 이다.

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

05

▶23066-0056

그림은 빗면에 물체를 가만히 놓고, 수평면의 벽을 A, B, C로 바꿔가며 충돌시키는 것을 나타낸 것이다. 표는 물체를 가만히 놓은 지점의 높이를 h 로 일정하게 하고 각각 A, B, C와 충돌한 후 물체가 다시 올라간 빗면의 최고 높이와 벽과 물체의 충돌 시간을 나타낸 것이다.



구분	벽	최고 높이	충돌 시간
(가)	A	$\frac{1}{4}h$	$\frac{2}{3}t_0$
(나)	B	$\frac{2}{5}h$	t_0
(다)	C	$\frac{1}{3}h$	$2t_0$

물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 동일 직선상에서 운동하고, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

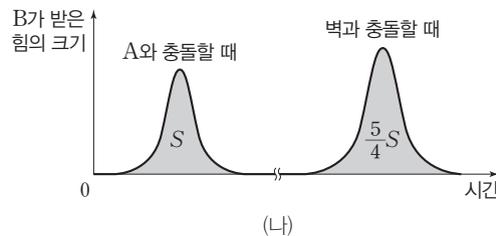
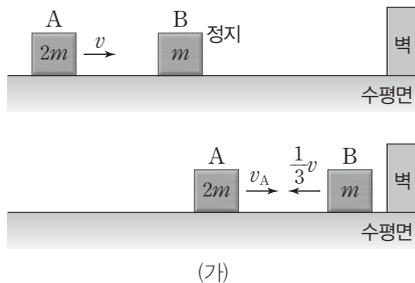
- ㄱ. 벽과 충돌한 후 수평면에서 속력은 (가)에서 (다)에서보다 작다.
- ㄴ. 충돌하는 동안 벽으로부터 받은 충격량의 크기는 (나)에서 (가)에서보다 크다.
- ㄷ. 충돌하는 동안 벽으로부터 받은 평균 힘의 크기는 (나)에서 (다)에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0057

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 등속도 운동을 하는 물체 A와 정지해 있던 물체 B가 충돌하기 전과, A와 충돌한 B가 벽과 충돌한 후 A와 B가 서로를 향해 등속도 운동을 하는 것을 각각 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이다. B와 충돌하기 전 A의 속력은 v 이고, B가 벽과 충돌한 후 A, B의 속력은 각각 $v_A, \frac{1}{3}v$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 B가 충돌하는 순간부터 B가 받은 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다. B가 A와 충돌할 때와 B가 벽과 충돌할 때 B가 받은 힘과 시간 축이 이루는 면적은 각각 $S, \frac{5}{4}S$ 이다.



S 와 v_A 로 옳은 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.)

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

04

역학적 에너지 보존

1 일

(1) 일(W): 물체가 이동한 거리(s)와 이동 방향으로 물체에 작용한 힘의 크기($F\cos\theta$)를 곱한 값을 힘이 물체에 한 일이라고 한다.

→ $W = F s \cos\theta$ (θ : F 와 s 가 이루는 각) (단위: J)

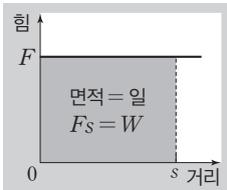
① 일의 부호

구분	$W > 0$	$W = 0$	$W < 0$
θ 의 범위	$0 \leq \theta < 90^\circ$	$\theta = 90^\circ$	$90^\circ < \theta \leq 180^\circ$

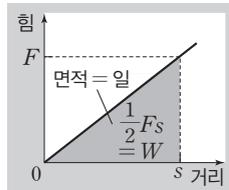
② $W=0$ 인 경우

$F=0$	물체에 힘이 작용하지 않는 경우
$s=0$	물체에 힘이 작용해도 물체가 움직이지 않는 경우
$\theta=90^\circ$	힘의 방향과 물체의 이동 방향이 수직인 경우

(2) 힘 - 거리 그래프



▲ 힘의 크기가 일정할 때



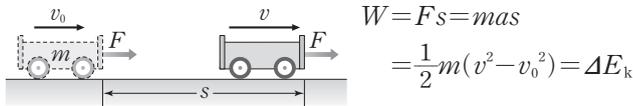
▲ 힘의 크기가 일정하게 증가할 때

2 역학적 에너지: 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 합이다.

(1) 운동 에너지(E_k): 운동하는 물체가 가진 에너지로, 속력의 제곱과 질량에 각각 비례한다.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} \quad (\text{단위: J})$$

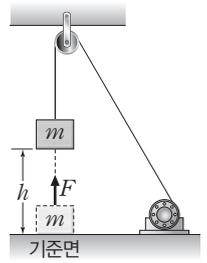
(2) 일·운동 에너지 정리: 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.



• 알짜힘이 한 일이 (+)인 경우($W > 0$): 운동 에너지 증가

- 알짜힘이 한 일이 (-)인 경우($W < 0$): 운동 에너지 감소
- 알짜힘이 한 일이 0인 경우($W = 0$): 운동 에너지 일정

(3) 중력 퍼텐셜 에너지(E_p): 기준면과 다른 높이에 있는 물체가 가지는 에너지로, 물체를 기준면에서 지정된 높이까지 일정한 속력으로 들어 올리는 동안 물체를 들어 올리는 힘이 물체에 한 일과 같다.



① 질량이 m 인 물체가 기준면으로부터 높이가 h 인 곳에 있을 때 물체가 갖는 중력 퍼텐셜 에너지는 $E_p = mgh$ (단위: J)이다.

② 기준면보다 낮은 위치에 있는 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 (-) 값을 갖는다.

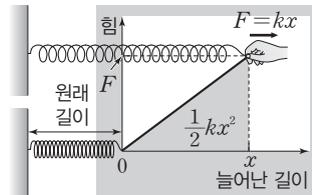
③ 기준면이 달라지면 물체의 중력 퍼텐셜 에너지도 달라진다.

④ 두 지점 사이에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 차는 기준면과 관계가 없다.

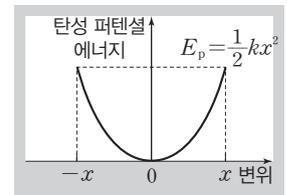
(4) 탄성 퍼텐셜 에너지(E_p): 용수철과 같은 탄성체가 변형되었을 때 가지는 에너지이다.

① 용수철을 당기는 동안 힘은 일정하게 증가하며($F = kx$, k : 용수철 상수), 평형 위치로부터 x 만큼 당기는 동안 물체를 당기는 힘이 한 일 W 는 힘-늘어난 길이 그래프 아래의 삼각형 면적과 같으므로 $W = \frac{1}{2}Fx = \frac{1}{2}kx^2$ 이다.

② 용수철을 당기는 힘이 용수철에 한 일은 $\frac{1}{2}kx^2$ 이므로, 평형 위치로부터 용수철의 늘어난 길이 또는 압축된 길이가 x 일 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ (단위: J)이다.



▲ 용수철을 당길 때 하는 일



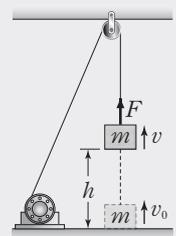
▲ 탄성 퍼텐셜 에너지 - 변위 그래프

THE 알기 여러 가지 힘이 한 일

연직 방향으로 크기가 F 인 외력이 작용하여 물체가 운동할 때 물체에 작용하는 힘이 한 일은 다음과 같다.

- 외력이 한 일: $W_F = Fh$
- 중력 mg 가 한 일: $W_{mg} = -mgh$
- 물체에 작용한 알짜힘의 크기: $F_N = F - mg$
- 알짜힘 F_N 이 한 일: $W_{F_N} = F_N h = (F - mg)h = Fh - mgh = W_F + W_{mg} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

→ 외력이 물체에 한 일은 물체의 역학적 에너지 변화량과 같고, 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.



3 역학적 에너지 보존

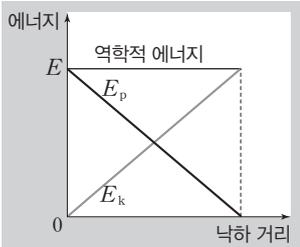
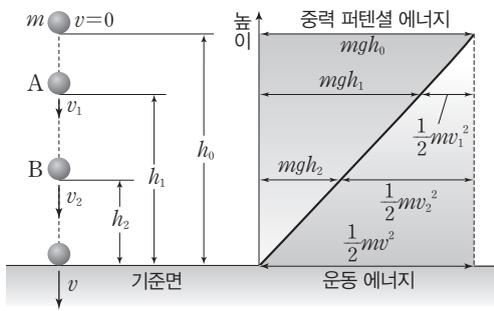
(1) 중력에 의한 역학적 에너지 보존

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

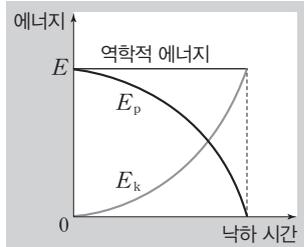
- 물체의 운동 에너지 변화량과 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량의 합은 0이다.
- 물체의 운동 에너지가 증가하면 그만큼 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 감소하고, 물체의 운동 에너지가 감소하면 그만큼 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 증가한다.

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.

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



▲ 낙하 거리와 에너지의 관계



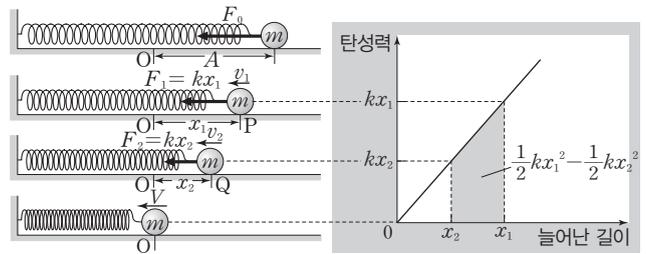
▲ 낙하 시간과 에너지의 관계

(2) 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

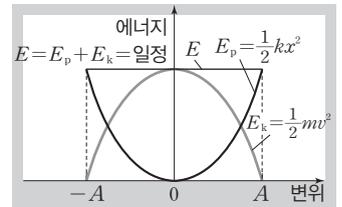
① 탄성력 이외의 힘(마찰력, 공기 저항력 등)이 일을 하지 않으면 물체의 운동 에너지와 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지의 합은 일정하게 보존된다. $\Rightarrow E_k + E_p = \text{일정}$

② 마찰과 공기 저항이 없을 때, 물체를 용수철에 연결하여 A만큼 당겼다가 놓으면 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 위치로부터의 위치가 각각 x_1, x_2 인 두 지점 P, Q를 지날 때의 속력을 각각 v_1, v_2 라 하면, P에서 Q까지 탄성력이 물체에 한 일은 $W = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2$ 이다. 탄성력이 한 일이 물체의 운동 에너지 증가량과 같으므로 $\frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ 이며, 이 식을 정리하면 $\frac{1}{2}kx_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$ 으로 P와 Q에서 역학적 에너지가 같다. 진폭이 A이고 평형 위치에서의 속력이 V이면 역학적 에너지는 다음과 같다.

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



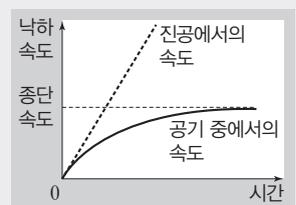
③ 용수철에서의 에너지 전환 그래프: 마찰과 공기 저항이 없을 때, 용수철에 연결된 물체가 진동하는 경우 탄성 퍼텐셜 에너지가 증가하면 물체의 운동 에너지는 감소하고, 탄성 퍼텐셜 에너지가 감소하면 물체의 운동 에너지는 증가한다. 그러나 탄성 퍼텐셜 에너지와 물체의 운동 에너지를 합한 역학적 에너지는 일정하다.



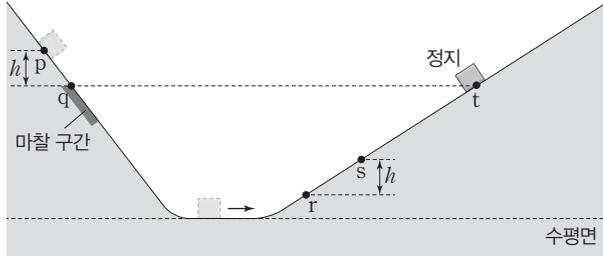
(3) 역학적 에너지가 보존되지 않는 경우: 마찰력, 공기 저항력이 물체에 일을 하면 물체의 역학적 에너지는 열, 소리, 빛 등과 같은 다른 에너지로 전환되어 물체의 역학적 에너지는 감소하게 된다. 하지만 에너지는 새로 생성되거나 소멸하지 않으므로 전환 전의 에너지의 총량과 전환 후의 에너지의 총량은 같다.

THE 알기 공기 저항에 따른 물체의 역학적 에너지

물체가 진공에서 자유 낙하를 하면 시간에 따라 속력이 일정하게 증가하는 등가속도 운동을 하게 된다. 반면 물체가 공기 중에서 낙하를 하면 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 되므로 비를 맞아도 사람들이 다치지 않게 된다. 빗방울의 속력은 일정하므로 운동 에너지는 일정하고, 낙하하는 빗방울의 중력 퍼텐셜 에너지는 감소한다. 따라서 빗방울의 역학적 에너지는 감소한다.



그림은 빗면의 점 p에 가만히 놓은 물체가 점 q, r, s를 지나 빗면의 점 t에서 속력이 0인 순간을 나타낸 것이다. 물체는 p와 q 사이에서 가속도의 크기 $3a$ 로 등가속도 운동을, 빗면의 마찰 구간에서 등속도 운동을, r와 t 사이에서 가속도의 크기 $2a$ 로 등가속도 운동을 한다. 물체가 마찰 구간을 지나는데 걸린 시간과 r에서 s까지 지나는데 걸린 시간은 같다. p와 q 사이, s와 r 사이의 높이차는 h 로 같고, t는 마찰 구간의 최고점 q와 높이가 같다.



t와 s 사이의 높이차는? (단, 물체의 크기, 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{16}{9}h$ ② $2h$ ③ $\frac{20}{9}h$ ④ $\frac{7}{3}h$ ⑤ $\frac{8}{3}h$

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

p~q 구간에서는 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 증가하고, r~s 구간에서는 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일만큼 물체의 운동 에너지가 감소한다.

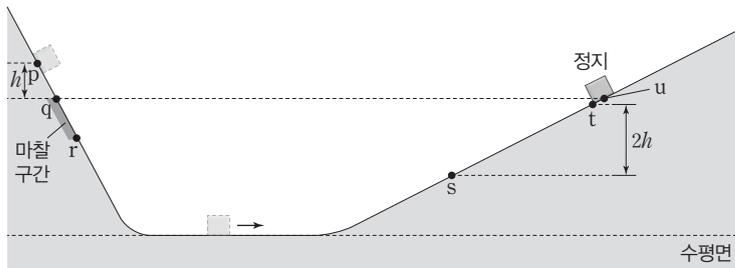
▶ 간략 풀이

① 물체의 질량을 m , q, r, s를 지나는 순간 물체의 속력을 각각 v, v_1, v_2 , p~q 구간과 r~s 구간의 길이를 각각 L_1, L_2 , 중력 가속도를 g 라고 하면, $mgh = 3maL_1 = \frac{1}{2}mv^2 \dots$ ①, $-mgh = -2maL_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \dots$ ②의 식이 성립하고, 물체가 마찰 구간과 r~s 구간을 지나는데 걸린 시간에 대해 $\frac{L_1}{v} = \frac{2L_2}{v_1+v_2} \dots$ ③의 식이 성립한다. 따라서 $L_2 = \frac{3}{2}L_1$, $v^2 = v_1^2 - v_2^2$, $v_1 + v_2 = 3v$ 이므로 $v_2 = \frac{4}{3}v$ 이다. t와 s 사이의 높이차를 H 라고 하면 s와 t에서의 역학적 에너지에 대해 $\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{4}{3}v\right)^2 = mg\left(\frac{16}{9}h\right) = mgH$ 의 식이 성립하므로 $H = \frac{16}{9}h$ 이다.

정답 | ①

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

그림은 빗면의 점 p에 가만히 놓은 물체가 점 q, r, s, t를 지나 빗면의 점 u에서 속력이 0인 순간을 나타낸 것이다. 물체는 p와 q 사이에서 가속도의 크기 $2a$ 로 등가속도 운동을, 최고점과 최저점이 각각 q, r인 빗면의 마찰 구간에서 등속도 운동을, s와 u 사이에서 가속도의 크기 a 로 등가속도 운동을 한다. 물체가 s에서 t까지 지나는데 걸린 시간은 마찰 구간을 지나는데 걸린 시간의 4배이다. p와 q 사이의 높이차와 t와 s 사이의 높이차는 각각 $h, 2h$ 이고, u는 마찰 구간의 최고점 q와 높이가 같다.



r와 s 사이의 높이차는? (단, 물체의 크기, 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.)

- ① h ② $\frac{9}{8}h$ ③ $\frac{5}{4}h$ ④ $\frac{11}{8}h$ ⑤ $\frac{3}{2}h$

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

물체가 빗면의 마찰 구간을 지나 운동하는 상황은 유사하나 빗면에서 물체의 가속도의 크기가 다르고, 마찰 구간의 최저점 r와 s 사이의 높이차를 묻는 점이 다르다.

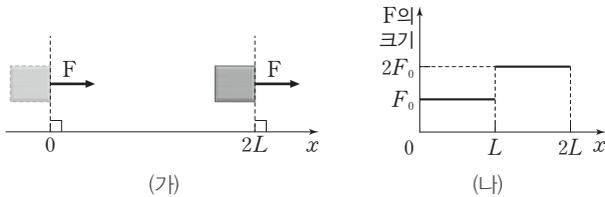
▶ 배경 지식

- 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.
- 중력만을 받으며 운동하는 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

01

▶23066-0059

그림 (가)는 마찰이 없는 평면에서 $x=0$ 에 정지해 있던 물체가 $+x$ 방향으로 운동하여 $x=2L$ 을 지나는 모습을 나타낸 것이다. $x=0$ 에서 $x=2L$ 까지 물체가 운동하는 동안 물체에는 $+x$ 방향으로 알짜힘 F 가 작용한다. 그림 (나)는 F 의 크기를 물체의 위치 x 에 따라 나타낸 것이다. $x=\frac{1}{2}L, \frac{3}{2}L$ 에서 물체의 속력은 각각 v_1, v_2 이다.



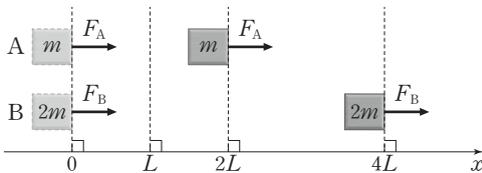
$\frac{v_2}{v_1}$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

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

02

▶23066-0060

그림은 마찰이 없는 평면에서 $x=0$ 에 정지해 있던 물체 A, B에 $+x$ 방향으로 크기가 각각 F_A, F_B 인 알짜힘이 동시에 작용하는 모습을 나타낸 것이다. A, B는 $+x$ 방향으로 등가속도 직선 운동을 하여 $x=2L$ 과 $x=4L$ 을 동시에 지난다. A, B의 질량은 각각 $m, 2m$ 이다.



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

보기

- ㄱ. B가 $x=0$ 에서 $x=4L$ 까지 운동하는 동안 B의 평균 속도의 크기는 A가 $x=0$ 에서 $x=2L$ 까지 운동하는 동안 A의 평균 속도의 크기의 2배이다.
- ㄴ. $F_B=4F_A$ 이다.
- ㄷ. 물체가 $x=L$ 을 각각 지날 때의 속력은 B가 A의 $\sqrt{2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0061

그림은 자동차가 등가속도 직선 운동을 하여 점 a, b, c를 차례로 지나는 모습을 나타낸 것이다. a와 b, b와 c 사이의 거리는 각각 $L, 6L$ 이다. b와 c에서 자동차의 운동 에너지는 각각 $E_0, 2E_0$ 이다.



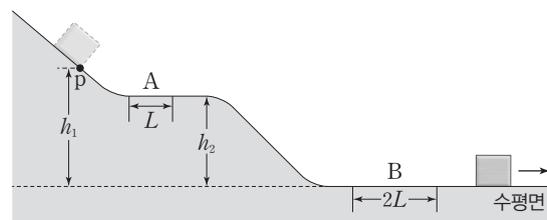
a에서 자동차의 운동 에너지는? (단, 자동차의 크기는 무시한다.)

- ① $\frac{1}{6}E_0$ ② $\frac{1}{3}E_0$ ③ $\frac{1}{2}E_0$
- ④ $\frac{2}{3}E_0$ ⑤ $\frac{5}{6}E_0$

04

▶23066-0062

그림과 같이 빗면의 점 p에 가만히 놓은 물체가 빗면과 평면을 따라 운동한 뒤 수평면에서 운동한다. p와 평면의 높이는 각각 h_1, h_2 이고 평면의 구간 A와 수평면의 구간 B의 길이는 각각 $L, 2L$ 이다. 물체가 A, B를 통과하는 데 걸리는 시간은 서로 같다.



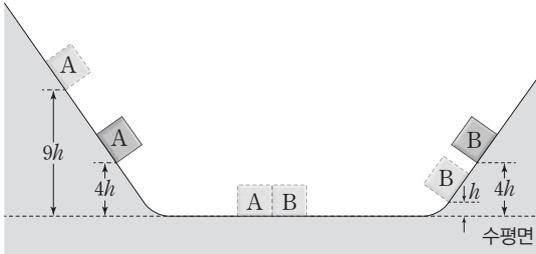
$\frac{h_1}{h_2}$ 은? (단, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

05

▶23066-0063

그림과 같이 물체 A, B를 각각 서로 다른 빗면의 높이 $9h$, $4h$ 인 지점에 가만히 놓았다. A와 B는 수평면에서 충돌하였고, 충돌 전의 운동 방향과 반대로 운동하여 각각 높이 $4h$ 인 지점에서 속력이 0이 되었다. A, B의 질량은 각각 m_A , m_B 이다.



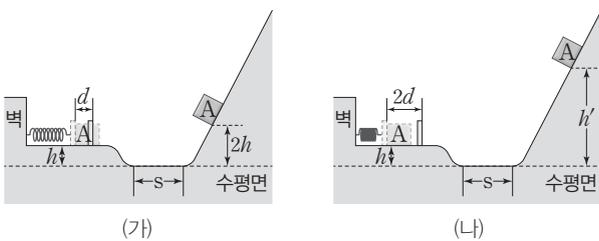
$\frac{m_B}{m_A}$ 는? (단, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

06

▶23066-0064

그림 (가)와 같이 높이 h 인 평면에서 물체 A로 용수철을 원래 길이에서 d 만큼 압축시킨 후 가만히 놓으면 A가 면을 따라 이동하여 높이 $2h$ 인 지점에서 속력이 0이 된다. 그림 (나)는 (가)에서 A로 용수철을 원래 길이에서 $2d$ 만큼 압축시킨 후 가만히 놓았을 때 A가 면을 따라 이동하여 높이 h' 인 지점에서 속력이 0이 된 모습을 나타낸 것이다. A의 질량은 m 이고, 용수철 상수는 k 이다.



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

보기

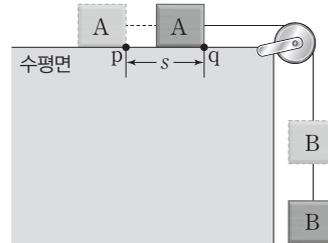
- ㄱ. $k = \frac{2mgh}{d^2}$ 이다.
- ㄴ. $h' = 5h$ 이다.
- ㄷ. A가 수평면의 구간 s 를 처음으로 통과하는 데 걸리는 시간은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{2}{5}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0065

그림과 같이 물체 A를 물체 B와 실로 연결한 뒤 수평면의 점 p에 가만히 놓았더니 A가 등가속도 운동을 하여 점 q를 지난다. p에서 q까지의 거리는 s 이다. q를 지날 때 A의 속력은 $\sqrt{\frac{gs}{2}}$ 이고, A, B의 질량은 각각 m_A , m_B 이다.



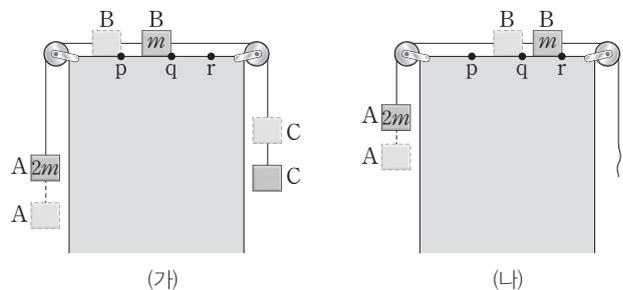
$\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

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

08

▶23066-0066

그림 (가)와 같이 물체 A, C와 실로 연결한 물체 B를 점 p에 가만히 놓았더니 B가 p에서 점 q까지 등가속도 운동을 하였다. B가 p에서 q까지 운동하는 동안 C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 E 이다. 그림 (나)는 (가)에서 B가 q를 지나는 순간 C에 연결된 실이 끊어진 후 B가 q에서 점 r까지 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. p, q, r는 수평인 평면의 점이고, q를 지날 때와 r에서 B의 운동 에너지는 각각 E_0 , 0이다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m 이고, p에서 q까지의 거리는 q에서 r까지의 거리의 $\frac{4}{3}$ 배이다.



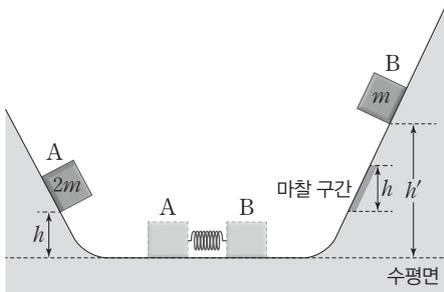
E 는? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $12E_0$ ② $14E_0$ ③ $16E_0$
- ④ $18E_0$ ⑤ $20E_0$

09

▶23066-0067

그림과 같이 수평면에서 물체 A, B를 용수철의 양 끝에 접촉하여 용수철을 압축시킨 후 동시에 가만히 놓으면, A, B는 각각 높이 h, h' 인 지점에서 속력이 0이 된다. A, B의 질량은 각각 $2m, m$ 이고, B가 올라가는 빗면의 일부에는 높이차가 h 인 마찰 구간이 있으며, 마찰 구간에서 B의 역학적 에너지는 mgh 만큼 감소한다.



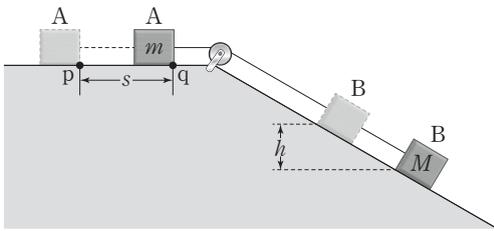
h' 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 용수철의 질량, 물체의 크기, 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.)

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

10

▶23066-0068

그림은 물체 B와 실로 연결한 뒤 수평인 평면의 점 p에 가만히 놓은 물체 A가 등가속도 운동을 하여 평면의 점 q를 지날 때의 모습을 나타낸 것이다. p에서 q까지의 거리는 s 이고, A가 p에서 q까지 이동하는 동안 B의 높이는 h 만큼 낮아진다. q에서 A의 속력은 $\frac{\sqrt{6gs}}{3}$ 이고, A가 p에서 q까지 이동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량은 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량의 $\frac{1}{3}$ 배이다. A, B의 질량은 각각 m, M 이다.



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

보기

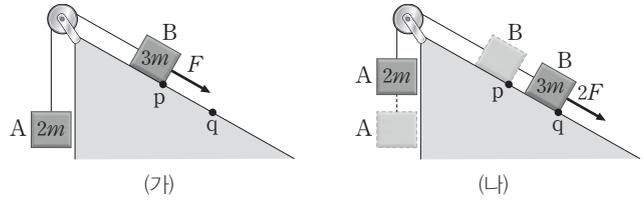
- ㄱ. p에서 q까지 이동하는 동안 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $\frac{1}{2}mg$ 이다.
- ㄴ. $M=2m$ 이다.
- ㄷ. $\frac{s}{h}=2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶23066-0069

그림 (가)는 물체 A와 실로 연결한 물체 B를 빗면의 점 p에 가만히 놓고 B에 빗면과 나란한 방향으로 크기가 F 인 힘을 작용하였더니 B가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 B에 빗면과 나란한 방향으로 크기가 $2F$ 인 힘을 작용하여 빗면을 따라 점 q까지 이동시킨 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $2m, 3m$ 이고, p에서 q까지 B가 이동하는 동안 B의 운동 에너지 증가량은 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 $\frac{3}{20}$ 배이다.



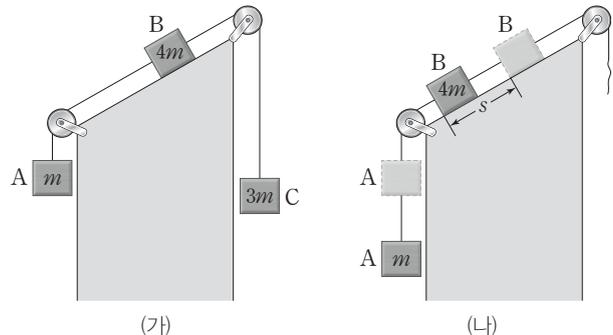
F 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① $\frac{3}{10}mg$ ② $\frac{2}{5}mg$ ③ $\frac{1}{2}mg$
- ④ $\frac{3}{5}mg$ ⑤ $\frac{7}{10}mg$

12

▶23066-0070

그림 (가)는 물체 A, C와 실로 연결한 물체 B가 빗면에 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 B와 C를 연결한 실이 끊어진 후 B가 빗면을 따라 등가속도 운동을 하여 s 만큼 이동한 순간의 모습을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $m, 4m, 3m$ 이다.



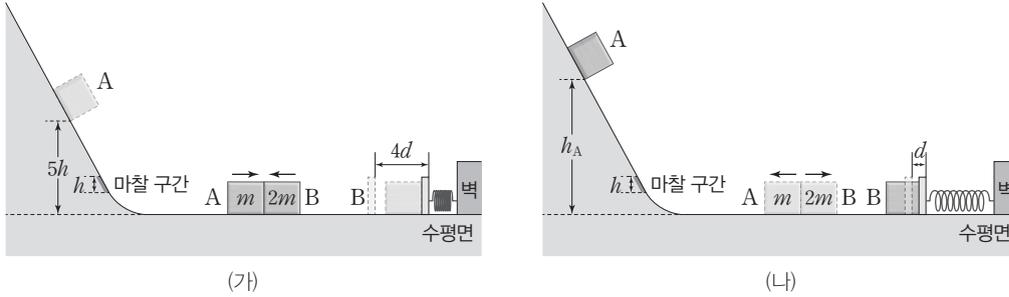
(나)에서 B가 s 만큼 이동하는 동안 감소한 B의 중력 퍼텐셜 에너지는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

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

01

▶ 23066-0071

그림 (가)와 같이 빗면의 높이 $5h$ 인 지점에서 물체 A를 가만히 놓고, 수평면에서 물체 B로 용수철을 원래 길이에서 $4d$ 만큼 압축시킨 후 가만히 놓으면, A와 B는 수평면에서 서로 같은 속력으로 충돌한다. 충돌 후 그림 (나)와 같이 A는 빗면의 높이 h_A 인 지점에서 속력이 0이 되고, B는 용수철을 원래 길이에서 최대 d 만큼 압축시킨다. A, B의 질량은 각각 $m, 2m$ 이고, A와 B는 면을 따라 운동한다. A는 빗면을 내려갈 때 높이차가 h 인 마찰 구간에서 등속도 운동을 하고, 마찰 구간을 올라갈 때 손실된 역학적 에너지는 내려갈 때와 같다.



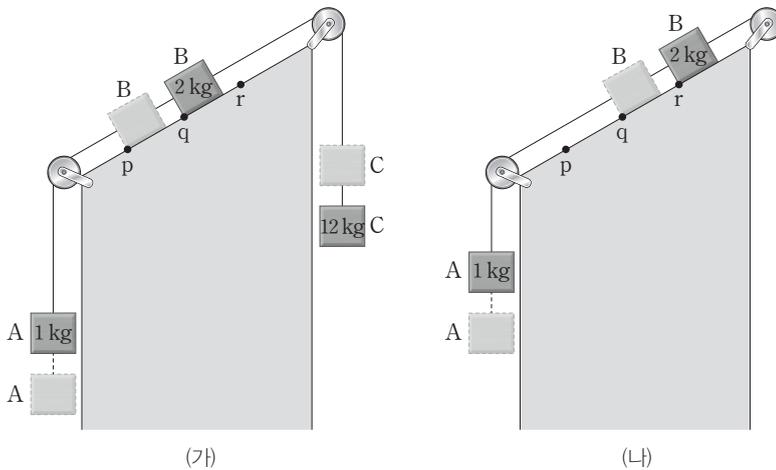
h_A 는? (단, 용수철의 질량, 물체의 크기, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{31}{4}h$
- ② $8h$
- ③ $\frac{33}{4}h$
- ④ $\frac{17}{2}h$
- ⑤ $\frac{35}{4}h$

02

▶ 23066-0072

그림 (가)와 같이 물체 A, C와 실로 연결한 물체 B를 0초일 때 점 p에 가만히 놓았더니 B가 등가속도 운동을 하여 2초일 때 점 q를 지난다. 그림 (나)는 (가)에서 2초일 때 C에 연결된 실이 끊어진 후 B가 2초부터 4초까지 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것으로, 4초일 때 B는 점 r에서 속력이 0이 된다. A, B, C의 질량은 각각 1 kg, 2 kg, 12 kg이고, p, q, r는 빗면의 점이다. 4초일 때 A와 B를 연결한 실이 끊어진다.



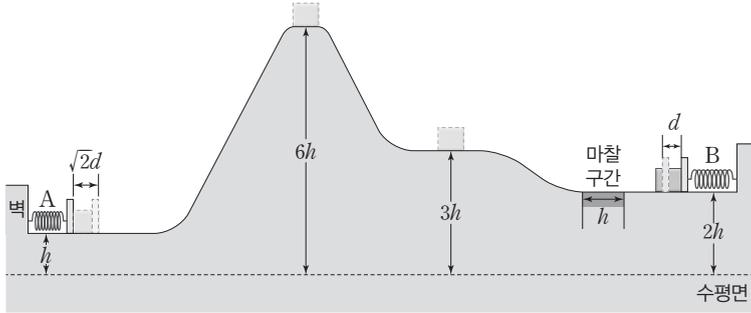
B가 p를 다시 지날 때 B의 운동 에너지는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

- ① 250 J
- ② $\frac{800}{3}$ J
- ③ $\frac{850}{3}$ J
- ④ 300 J
- ⑤ $\frac{950}{3}$ J

03

▶23066-0073

그림과 같이 높이 h 인 평면에서 질량이 m 인 물체로 용수철 A를 원래 길이에서 $\sqrt{2}d$ 만큼 압축시킨 후 가만히 놓았더니 물체가 높이가 각각 $6h, 3h$ 인 평면의 수평 구간을 지나 높이 $2h$ 인 평면의 용수철 B를 원래 길이에서 최대 d 만큼 압축시킨다. 물체의 속력은 높이 $3h$ 인 평면에서가 높이 $6h$ 인 평면에서의 2배이고, 물체가 높이 $2h$ 인 평면에서 폭 h 의 마찰 구간을 지나는 동안 물체에는 운동 방향과 반대 방향으로 크기가 F 인 일정한 힘이 작용한다. A, B의 용수철 상수는 같다.



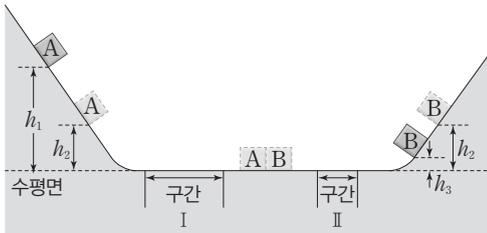
F 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기, 용수철의 질량, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.)

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

04

▶23066-0074

그림과 같이 높이가 h_2 로 같은 빗면의 지점에 가만히 놓은 물체 A, B가 수평면에서 충돌한 후 높이가 각각 h_1, h_3 인 지점에서 속력이 0이 되었다. A, B의 질량은 각각 m_A, m_B 이다. 표는 A, B가 각각 수평인 구간 I, II를 충돌 전후 통과하는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다.



구분	A가 구간 I을 통과하는 데 걸린 시간	B가 구간 II를 통과하는 데 걸린 시간
충돌 전	$2t$	t
충돌 후	$\frac{4}{3}t$	$2t$

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

보기

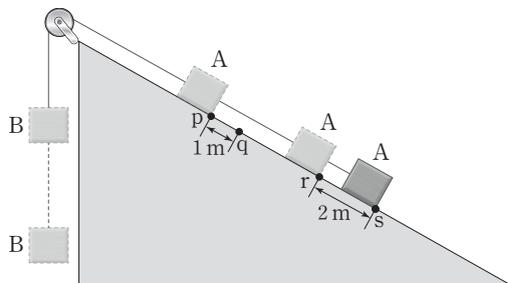
- ㄱ. 구간의 길이는 I이 II의 2배이다.
- ㄴ. $h_1 = 9h_3$ 이다.
- ㄷ. $\frac{m_B}{m_A} = \frac{5}{3}$ 이다.

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

05

▶ 23066-0075

그림과 같이 물체 A를 물체 B와 실로 연결한 뒤 빗면의 점 p에 가만히 놓았더니 A가 빗면의 점 q, r, s를 차례로 지난다. r를 지날 때 A와 B를 연결한 실이 끊어졌고, q, r, s를 지날 때 A의 속력은 각각 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s이다. p에서 q까지와 r에서 s까지의 거리는 각각 1 m, 2 m이다.



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

보기

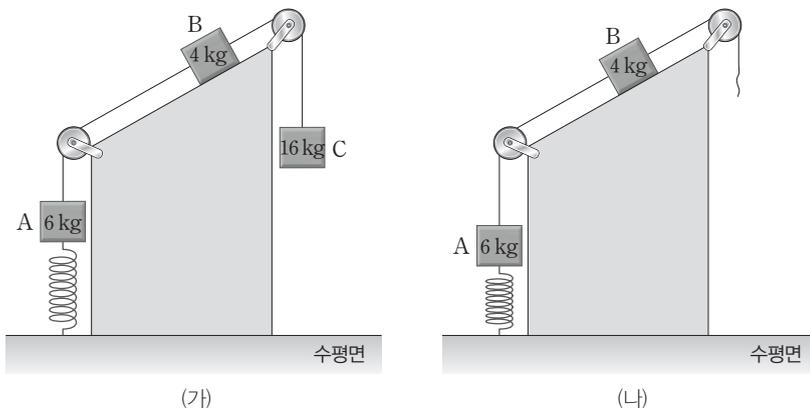
- ㄱ. q에서 r까지의 거리는 3 m이다.
- ㄴ. r에서 s까지 이동하는 동안 A의 가속도의 크기는 5 m/s^2 이다.
- ㄷ. 질량은 A가 B의 4배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶ 23066-0076

그림 (가)와 같이 물체 A, C와 실로 연결된 물체 B가 마찰이 없는 빗면에 놓여 정지해 있다. A, B, C의 질량은 각각 6 kg, 4 kg, 16 kg이고, A는 용수철 상수가 200 N/m 인 용수철과 연결되어 있으며 수평면에 연결된 용수철은 원래 길이에서 0.4 m만큼 늘어나 있다. A에 연결된 실이 B에 작용하는 힘의 크기는 140 N이다. 그림 (나)는 (가)에 연결된 실이 끊어진 후, 용수철이 원래 길이에서 0.1 m만큼 압축된 순간의 모습을 나타낸 것이다.



(나)에서 B의 운동 에너지는 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 몇 배인가? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, 실과 용수철의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

- ① 5배 ② 12배 ③ 17배 ④ 22배 ⑤ 27배

05

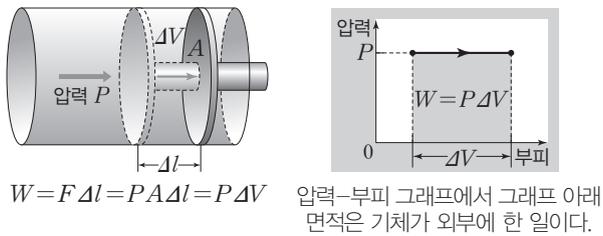
열역학 법칙

1 온도와 열

- (1) 온도: 물체의 뜨겁고 차가운 정도를 나타내는 물리량이다.
- (2) 열: 온도가 다른 두 물체 사이에서 이동하는 에너지이다.
- (3) 열평형 상태: 온도가 다른 두 물체 사이에 열이 이동하여 온도가 같아져 더 이상 온도가 변하지 않는 상태이다.

2 열역학 제1법칙

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



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

- (2) 기체의 내부 에너지(U): 기체 분자의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 총합이다.

- ① 이상 기체는 분자 사이의 인력이 없으므로 퍼텐셜 에너지가 없다. 따라서 이상 기체의 내부 에너지는 이상 기체의 운동 에너지만의 총합으로 나타난다.
- ② 이상 기체의 내부 에너지(U)는 기체의 평균 운동 에너지($\overline{E_k}$)에 비례하고, 기체의 평균 운동 에너지는 절대 온도(T)에 비례한다. $\Rightarrow U \propto \overline{E_k} \propto T$

- (3) 열역학 제1법칙: 기체의 내부 에너지 증가량(ΔU)은 외부에서 기체가 흡수한 열량(Q)에서 기체가 외부에 한 일(W)을 뺀 값과 같다.

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

구분	(+)부호의 의미	(-)부호의 의미
Q	기체가 외부로부터 열을 흡수함	기체가 외부로 열을 방출함
ΔU	기체의 내부 에너지가 증가함 (기체의 온도가 올라감)	기체의 내부 에너지가 감소함 (기체의 온도가 내려감)
W	기체가 외부에 일을 함 (기체의 부피가 증가함)	기체가 외부로부터 일을 받음 (기체의 부피가 감소함)

- 제1종 영구 기관: 외부에서 에너지를 공급받지 않아도 계속 작동하는 열기관으로, 열역학 제1법칙, 즉 에너지 보존 법칙에 어긋나므로 만들 수 없다.

(4) 열역학 과정

- ① 등압 과정: 기체의 압력이 일정하게 유지되면서 기체의 부피와 온도가 변하는 과정이다. ($\Delta P = 0$)

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. \Rightarrow 기체의 부피, 내부 에너지, 절대 온도는 각각 증가한다.	기체가 방출한 열량은 기체가 외부로부터 받은 일과 기체의 내부 에너지 감소량의 합과 같다. \Rightarrow 기체의 부피, 내부 에너지, 절대 온도는 각각 감소한다.

- ② 등적 과정: 기체의 부피가 일정하게 유지되면서 기체의 압력과 온도가 변하는 과정이다. ($\Delta V = 0, W = 0$)

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. \Rightarrow 기체의 압력, 내부 에너지, 절대 온도는 각각 증가한다.	기체가 방출한 열량은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다. \Rightarrow 기체의 압력, 내부 에너지, 절대 온도는 각각 감소한다.

THE 알기 열역학 제1법칙

에너지는 한 형태에서 다른 형태로 전환될 수 있지만 에너지의 총량은 변하지 않는다는 것을 의미하므로 에너지 보존 법칙이라고도 한다. 즉, 하나의 계에 들어가거나 계에서 나온 열의 일과 내부 에너지로 전환되어 전체 에너지의 양은 변하지 않는다는 것이다.



③ 등온 과정: 기체의 온도가 일정하게 유지되면서 기체의 압력과 부피가 변하는 과정이다. ($\Delta T=0, \Delta U=0$)

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 그래프 아래의 면적은 기체가 흡수한 열량 또는 기체가 외부에 한 일과 같다.	기체가 방출한 열량은 기체가 외부로부터 받은 일과 같다. 기체의 부피는 감소하고, 압력은 증가한다. 압력-부피 그래프 아래의 면적은 기체가 방출한 열량 또는 기체가 외부로부터 받은 일과 같다.

④ 단열 과정: 기체가 외부와의 열 출입이 없는 상태에서 압력, 부피, 온도가 변하는 과정이다. ($Q=0$)

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, 압력과 온도는 감소한다. 압력-부피 그래프 아래의 면적은 기체가 외부에 한 일 또는 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.	기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다. 기체의 부피는 감소하고, 압력과 온도는 증가한다. 압력-부피 그래프 아래의 면적은 기체가 외부로부터 받은 일 또는 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.

3 열역학 제2법칙

(1) 가역 현상과 비가역 현상

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

예) 역학적 에너지가 보존되는 용수철의 진동, 마찰이 없는 진공 중에서 운동하는 전자

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

예) 공기 중에서 용수철의 진동 또는 단진자의 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 작용을 없애 줄 때 그 계는 더욱더 불규칙한 상태로 변하며, 그 반대 현상은 자발적으로 일어나지 않는다.

③ 역학적 에너지는 전부 열에너지로 전환될 수 있으나(마찰열), 열에너지는 전부 역학적 에너지로 전환될 수는 없다.

④ 열은 항상 고온에서 저온으로 저절로 이동한다.

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

⑥ 제2종 영구 기관: 열에너지를 모두 일로 바꾸는 기관으로, 열역학 제2법칙에 위배되어 만들 수 없는 열기관이다.

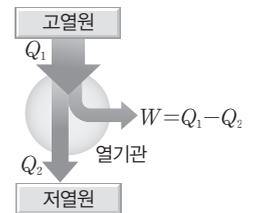
4 열기관과 열효율

(1) 열기관: 열에너지를 일로 바꾸는 기관이다.

(2) 열기관의 열효율(e)

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

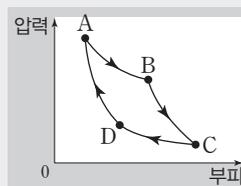
→ 열기관의 열효율 e 는 항상 1보다 작다.



THE 알기 카르노 기관

- 카르노 기관은 열효율이 최대인 이상적인 열기관이다.
- 순환 과정: 등온 팽창(A→B)→단열 팽창(B→C)→등온 압축(C→D)→단열 압축(D→A)
- 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 열효율은 다음과 같다.

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



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	-	+

(열역학 제1법칙: $Q = \Delta U + W$)

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

열기관의 열효율을 e , $A \rightarrow B$ 과정에서 기체가 흡수한 열량을 Q 라고 할 때 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 과정에서 기체가 한 일 W 는 $W=eQ$ 이다.

▶ 간략 풀이

㉠ $B \rightarrow C$ 는 단열 팽창 과정이므로 기체의 온도가 내려간다.

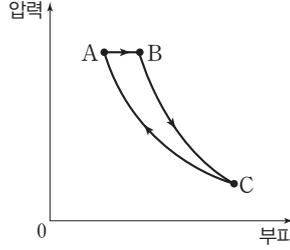
㉡ 기체의 내부 에너지는 $A \rightarrow B$ 과정에서는 증가하고, $B \rightarrow C$ 과정에서는 감소하며, $C \rightarrow A$ 과정에서는 일정하다. 따라서 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 과정에서 기체의 내부 에너지 변화량이 0이므로 $A \rightarrow B$ 과정에서 기체가 흡수한 열량을 Q 라고 하면, $Q - 60\text{J} - 90\text{J} = 0$ 에서 $Q = 150\text{J}$ 이다.

㉢ $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 과정에서 기체가 한 일 $W = 0.2 \times 150\text{J} = 30\text{J}$ 이다. $A \rightarrow B \rightarrow C$ 과정에서 기체는 외부에 일을 하고 $C \rightarrow A$ 과정에서 기체는 외부로부터 일을 받아 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 과정에서 기체가 한 일 에 대해 $60\text{J} + 90\text{J} - \text{㉠} = 30\text{J}$ 의 식이 성립하므로 ㉠은 $120(\text{J})$ 이다.

정답 | ㉤

| 2023학년도 대수능 |

그림은 열효율이 0.2인 열기관에서 일정량의 이상 기체가 상태 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B$ 과정은 압력이 일정한 과정, $B \rightarrow C$ 과정은 단열 과정, $C \rightarrow A$ 과정은 등온 과정이다. 표는 각 과정에서 기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일을 나타낸 것이다.



과정	기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일(J)
$A \rightarrow B$	60
$B \rightarrow C$	90
$C \rightarrow A$	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 기체의 온도는 B에서가 C에서보다 높다.
- ㄴ. $A \rightarrow B$ 과정에서 기체가 흡수한 열량은 150J 이다.
- ㄷ. ㉠은 120 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0️ ⓪ 낮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 18쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

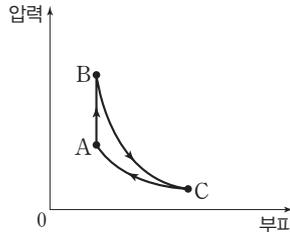
열역학 과정에서 기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일이 주어진 상황은 유사하나 $A \rightarrow B$ 과정이 부피가 일정한 과정임이 다르다.

▶ 배경 지식

- 기체가 외부로부터 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일과 기체의 내부 에너지 증가량의 합과 같다.
- 단열 팽창 과정에서는 기체의 내부 에너지 감소량과 기체가 외부에 한 일이 같으며, 등온 압축 과정에서는 기체가 외부로부터 받은 일과 기체가 방출한 열량이 같다.

▶ 23066-0077

그림은 열효율이 0.2인 열기관에서 일정량의 이상 기체가 상태 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B$ 과정은 부피가 일정한 과정, $B \rightarrow C$ 과정은 단열 과정, $C \rightarrow A$ 과정은 등온 과정이다. 표는 각 과정에서 기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일을 나타낸 것이다.



과정	기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일(J)
$A \rightarrow B$	0
$B \rightarrow C$	300
$C \rightarrow A$	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

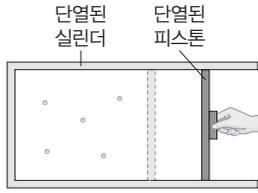
- ㄱ. $A \rightarrow B$ 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량은 기체가 흡수한 열량보다 작다.
- ㄴ. $B \rightarrow C$ 과정에서 기체의 내부 에너지는 300J 만큼 감소한다.
- ㄷ. ㉠은 240 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0078

그림과 같이 피스톤에 힘을 작용하여 실린더 안의 이상 기체를 단열 팽창시켰다.



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

보기

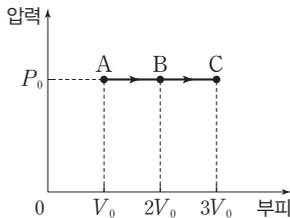
- ㄱ. 기체의 온도는 내려간다.
- ㄴ. 기체는 외부에 일을 한다.
- ㄷ. 기체의 압력은 일정하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0079

그림은 일정량의 이상 기체가 상태 A → B → C를 따라 변하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. A, B, C에서 기체의 온도는 각각 T_A, T_B, T_C 이다.



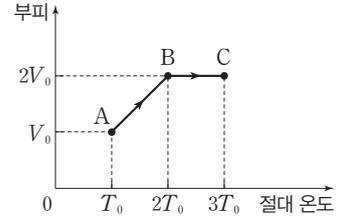
T_A, T_B, T_C 를 옳게 비교한 것은?

- ① $T_A < T_B < T_C$ ② $T_A < T_C < T_B$
- ③ $T_B < T_A < T_C$ ④ $T_B < T_C < T_A$
- ⑤ $T_C < T_A < T_B$

03

▶23066-0080

그림은 일정량의 이상 기체가 상태 A → B → C를 따라 변하는 동안 기체의 부피와 절대 온도를 나타낸 것이다. A, B, C에서 기체의 압력은 각각 P_A, P_B, P_C 이다.



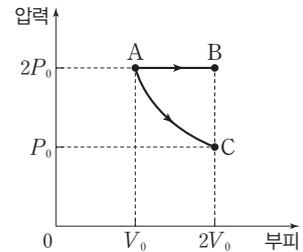
P_A, P_B, P_C 를 옳게 비교한 것은?

- ① $P_A < P_B < P_C$ ② $P_A = P_B < P_C$
- ③ $P_B < P_A < P_C$ ④ $P_B < P_A = P_C$
- ⑤ $P_C < P_A < P_B$

04

▶23066-0081

그림은 동일한 양의 이상 기체의 상태가 각각 A → B, A → C를 따라 변하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → B 과정에서는 기체의 압력이 일정하고, A → C 과정에서는 기체의 온도가 일정하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

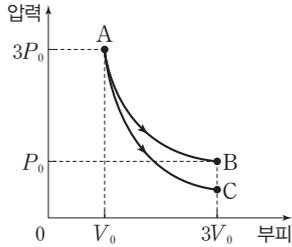
- ㄱ. 기체의 내부 에너지는 B에서가 C에서보다 크다.
- ㄴ. 기체가 외부에 한 일은 A → B 과정에서가 A → C 과정에서보다 크다.
- ㄷ. 기체가 흡수한 열량은 A → B 과정에서가 A → C 과정에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0082

그림은 동일한 양의 이상 기체의 상태가 각각 A → B, A → C를 따라 변하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → B 과정과 A → C 과정은 각각 등온 과정과 단열 과정을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

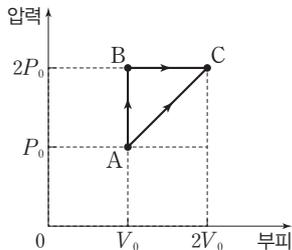
- ㄱ. A → B 과정은 단열 과정이다.
- ㄴ. A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일과 같다.
- ㄷ. A → C 과정에서 기체가 외부에 한 일은 기체의 내부 에너지 감소량과 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0083

그림은 동일한 양의 이상 기체의 상태가 각각 A → B → C, A → C를 따라 변하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → B 과정은 부피가 일정한 과정, B → C 과정은 압력이 일정한 과정이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

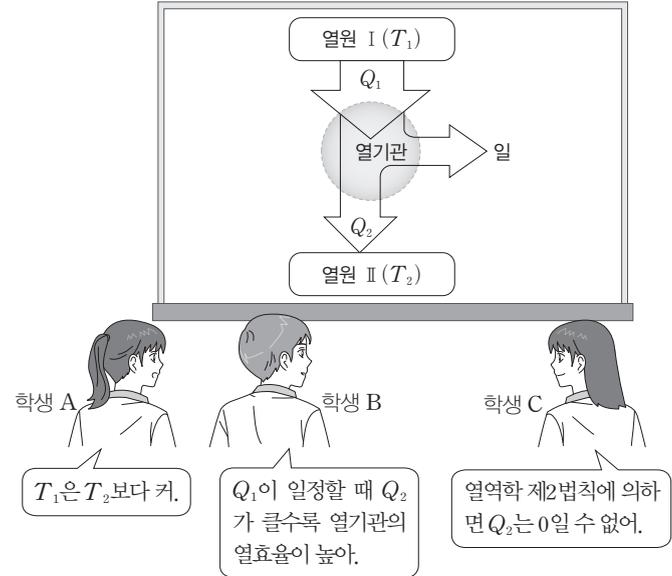
- ㄱ. A → B 과정에서 기체는 외부에 일을 한다.
- ㄴ. 기체의 내부 에너지 변화량은 A → B → C 과정에서가 A → C 과정에서보다 크다.
- ㄷ. 기체가 흡수한 열량은 A → B 과정에서가 A → C 과정에서보다 작다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0084

그림은 열원 I에서 Q_1 의 열량을 흡수하여 일을 하고 열원 II로 Q_2 의 열량을 방출하는 열기관에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다. I의 온도는 T_1 이고, II의 온도는 T_2 이다.



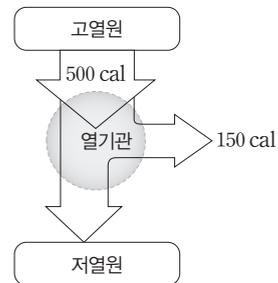
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ A, C ⑤ B, C

08

▶23066-0085

그림은 열효율이 e 인 열기관이 고열원으로부터 500 cal의 열량을 흡수하여 150 cal의 일을 한 후 저열원으로 열량을 방출하는 모습을 나타낸 것이다.



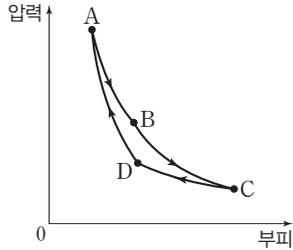
e 는?

- ① 0.2 ② 0.25 ③ 0.3
- ④ 0.35 ⑤ 0.4

01

▶ 23066-0086

그림은 어떤 열기관에서 일정량의 이상 기체가 상태 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B, C \rightarrow D$ 과정은 등온 과정, $B \rightarrow C, D \rightarrow A$ 과정은 단열 과정이다. 표는 각 과정에서 기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일을 나타낸 것이다.



과정	외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일
$A \rightarrow B$	W_1
$B \rightarrow C$	W_2
$C \rightarrow D$	W_3
$D \rightarrow A$	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

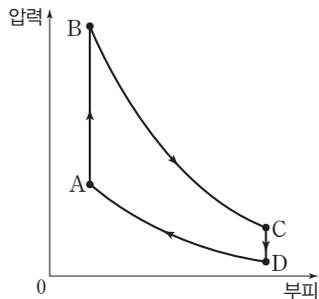
- ㄱ. ㉠은 W_2 이다.
- ㄴ. 열기관의 열효율은 $\frac{W_1 - W_3}{W_1}$ 이다.
- ㄷ. $D \rightarrow A$ 과정에서 기체의 온도가 내려간다.

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

02

▶ 23066-0087

그림은 어떤 열기관에서 일정량의 이상 기체가 상태 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B, C \rightarrow D$ 과정은 부피가 일정한 과정, $B \rightarrow C, D \rightarrow A$ 과정은 등온 과정이다. 표는 각 과정에서 기체가 흡수 또는 방출한 열량을 나타낸 것이다.



과정	기체가 흡수 또는 방출한 열량
$A \rightarrow B$	Q_1
$B \rightarrow C$	Q_2
$C \rightarrow D$	㉠
$D \rightarrow A$	Q_3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

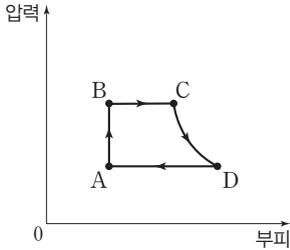
- ㄱ. ㉠은 Q_1 이다.
- ㄴ. 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 $Q_2 - Q_3$ 이다.
- ㄷ. 열기관의 열효율은 $\frac{Q_2 - Q_3}{Q_1 + Q_2}$ 이다.

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

03

▶23066-0088

그림은 일정량의 이상 기체가 상태 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B$ 과정은 부피가 일정한 과정, $B \rightarrow C, D \rightarrow A$ 과정은 압력이 일정한 과정, $C \rightarrow D$ 과정은 단열 과정이다. 표는 각 과정에서 기체가 흡수 또는 방출한 열량과 기체의 내부 에너지 증가량 또는 감소량을 나타낸 것이다.



과정	기체가 흡수 또는 방출한 열량	기체의 내부 에너지 증가량 또는 감소량
$A \rightarrow B$	Q_1	㉠
$B \rightarrow C$	Q_2	U_1
$C \rightarrow D$	0	U_2
$D \rightarrow A$	Q_3	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

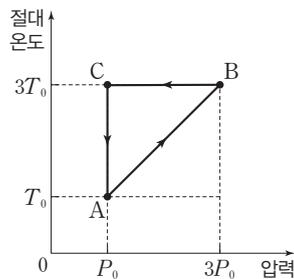
- ㄱ. ㉠은 Q_1 이다.
- ㄴ. ㉡은 $Q_1 + U_1 - U_2$ 이다.
- ㄷ. 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 $Q_1 + Q_2 - Q_3$ 이다.

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

04

▶23066-0089

그림은 일정량의 이상 기체가 상태 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 절대 온도와 압력을 나타낸 것이다. $A \rightarrow B$ 과정에서 기체의 부피는 V_0 로 일정하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $A \rightarrow B$ 과정에서 기체는 외부에 일을 한다.
- ㄴ. $B \rightarrow C$ 과정에서 기체가 외부로부터 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일보다 작다.
- ㄷ. 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 $2P_0V_0$ 보다 작다.

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

06

시간과 공간

1 특수 상대성 이론

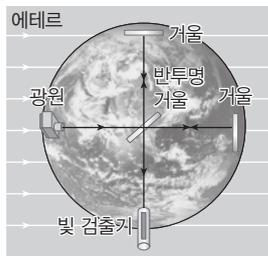
(1) 상대 속도: 물체의 운동 상태는 관찰자의 운동 상태에 따라 다르게 관찰된다. 즉, 상대방의 속도는 관찰자가 정지해 있을 때와 운동할 때가 다르게 나타나는데, 운동하는 관찰자가 측정하는 상대방의 속도를 상대 속도라고 한다.

(2) 관성계(관성 좌표계): 정지해 있거나 등속도 운동을 하는 관찰자를 기준으로 한 좌표계로, 관성 법칙이 성립하는 좌표계이다. 한 관성계에 대하여 일정한 속도로 움직이는(상대 속도가 일정한) 좌표계는 모두 관성계이다.

(3) 특수 상대성 이론의 배경

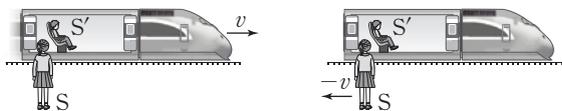
① 에테르: 19세기 과학자들이 생각한 빛을 전파시키는 가상의 매질이다. 빛이 파동이므로 빛은 '에테르'라는 가상의 매질을 통해 전달된다고 생각하였다.

② 마이컬슨·몰리 실험: 빛의 매질인 에테르가 움직이면 빛의 속력 차가 발생하는 것을 이용하여 에테르의 존재를 확인하고자 한 실험이다. 실험 결과 에테르가 존재하지 않는다는 것이 밝혀졌다.



(4) 특수 상대성 이론의 두 가지 가정

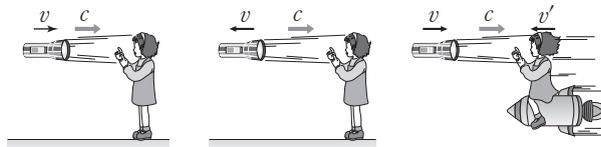
① 상대성 원리: 모든 관성계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다. 따라서 관성계가 정지 상태인지 등속도 운동을 하고 있는 상태인지 구분할 수 없다.



S는 자신이 정지해 있고 S'가 v의 속도로 운동한다고 관측한다.

기차에 타고 있는 S'는 자신이 정지해 있고 S가 -v의 속도로 운동한다고 관측한다.

② 광속 불변 원리: 모든 관성계에서 진공 속을 진행하는 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속력에 관계없이 광속 c로 일정하다.



▲ 광원이 관찰자 쪽으로 다가올 때

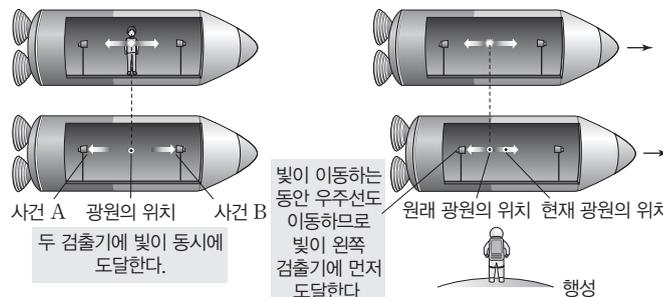
▲ 광원이 관찰자로부터 멀어질 때

▲ 광원과 관찰자가 서로 다가갈 때

(5) 특수 상대성 이론에 의한 현상

① 사건의 측정: 물리적 현상의 발생을 사건이라고 하며, 사건을 측정한다는 것은 그 사건이 발생한 좌표와 시간을 측정한다는 것이다.

② 동시성의 상대성: 한 관성계에서 동시에 일어난 사건이 다른 관성계에서는 동시에 일어난 사건이 아닐 수 있다.



▲ 우주선에서 관찰

▲ 행성에서 관찰

③ 시간 지연(시간 팽창): 관찰자에 대해 운동하고 있는 시계의 시간이 느리게 가므로 여러 다른 관성계에서 측정된 시간은 고유 시간보다 크다. 이것을 시간 지연이라고 한다.

• 고유 시간: 관찰자에 대해 정지해 있는 시계로 측정된 동일한 장소에서 일어난 두 사건 사이의 시간 간격을 고유 시간이라고 한다.

④ 길이 수축: 관찰자에 대해 운동하고 있는 물체는 관찰자에게 운동 방향과 나란한 방향으로 그 길이가 줄어든 것으로 보인다. 이것을 길이 수축이라고 한다.

THE 알기 시간 지연

[분석]

(가) 우주선 안의 관찰자: (가)와 같이 빛이 위아래로 왕복하는 것으로 본다. 따라서 우주선 안의 시계로 측정된 시간 간격은 $\frac{2L}{c}$ 이고, 이 시간이 고유 시간(t_0)이다.

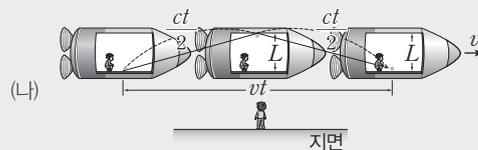
(나) 지면에 있는 관찰자: (나)와 같이 빛이 위아래로 왕복하는 동안 우주선이 오른쪽으로 이동한 거리는 vt 이고, 빛이 이동한 거리는 ct 이다. $ct = 2\sqrt{\left(\frac{vt}{2}\right)^2 + L^2} = 2\sqrt{\left(\frac{vt}{2}\right)^2 + \left(\frac{ct_0}{2}\right)^2}$

이므로 $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ 이다. 따라서 $t > t_0$ 이다.



(가)

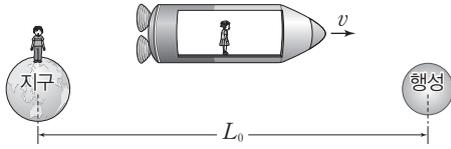
지면



(나)

지면

- 고유 길이: 관찰자에 대해 정지해 있는 물체의 길이 또는 한 관성계에 대하여 고정된 두 지점 사이의 길이를 고유 길이라고 한다.

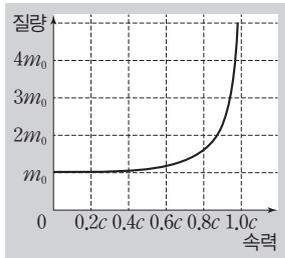


지구의 관찰자가 측정한 지구에서 지구에 대해 정지해 있는 행성까지의 거리는 고유 길이(L_0)이다. 우주선의 관찰자가 측정한 지구에서 행성까지의 거리는 고유 길이(L_0)보다 짧다.

2 질량과 에너지

(1) 질량 에너지 동등성

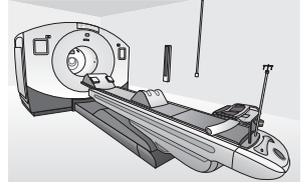
- ① 정지 질량과 상대론적 질량: 관성계에 대해 정지해 있는 물체의 질량을 정지 질량(m_0)이라고 하고, 운동하는 물체의 질량을 상대론적 질량(m)이라고 하며, 물체의 속력이 증가하면 상대론적 질량도 증가한다.



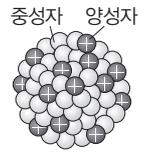
▲ 상대론적 질량

- ② 질량 에너지 동등성: 질량 m 을 에너지 E 로 환산하면 $E=mc^2$ 이다. 즉, 질량은 에너지로 전환될 수 있고, 반대로 에너지는 질량으로 전환될 수 있다. 정지 질량이 m_0 인 물체가 정지해 있을 때 $E=m_0c^2$ 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 전환 예
 - 태양에서의 수소 핵융합처럼 가벼운 원소들의 원자핵이 결합해서 무거운 원소가 되는 핵융합과 원자력 발전소에서처럼 무거운 원소의 원자핵이 분열해서 가벼운 원소가 되는 핵분열은 질량이 에너지로 변환되는 현상이다.

- 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.



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

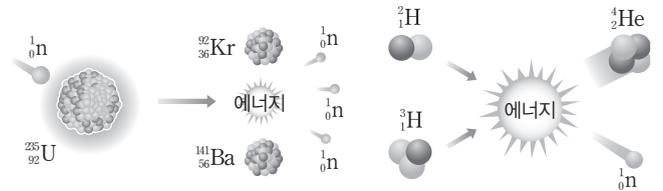
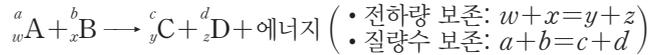


질량수 - A
원자 번호 - Z X

- ① 원자핵의 표현
 - 원자 번호(Z): 원자핵 속에 들어 있는 양성자수
 - 질량수(A): 원자핵 속 양성자수(Z)와 중성자수(N)의 합
- ② 동위 원소: 양성자수는 같지만 중성자수가 다른 원소로, 화학적 성질은 같으나 물리적 성질은 다르다.

예 수소(H)의 동위 원소에는 중수소(^2H), 삼중수소(^3H)가 있다.

- (3) 핵반응: 원자핵이 분열하거나 융합하는 것을 말하며, 핵반응을 하는 동안 반응 전후 전하량과 질량수는 보존되고, 분열하거나 융합하는 과정에서 반응 전 질량의 총합보다 반응 후 질량의 총합이 작아진다. 이때 핵반응 후 줄어든 질량을 질량 결손이라고 하며, 질량 결손에 해당하는 에너지가 방출된다.



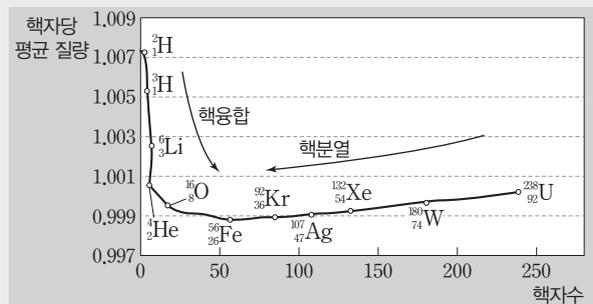
▲ 핵분열

▲ 핵융합

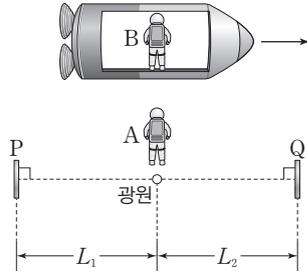
핵분열과 핵융합 과정에서 발생하는 질량 결손에 해당하는 만큼 에너지가 방출된다.

THE 알기 원자핵의 안정성

핵자당 평균 질량이 가장 작은 원자핵은 철(${}^{56}_{26}\text{Fe}$) 원자핵이다. 우라늄과 같이 철보다 질량수가 큰 원자핵은 핵분열을 할 때 핵자당 평균 질량이 감소하므로 에너지를 방출하여 더욱 안정해진다. 반대로 수소나 헬륨과 같이 철보다 질량수가 작은 원자핵은 핵융합을 할 때 핵자당 평균 질량이 감소하므로 에너지를 방출하여 더욱 안정해진다.



그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 광원과 거울 P, Q를 잇는 직선과 나란하게 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 한다. A의 관성계에서, P와 Q는 광원으로부터 각각 거리 L_1 , L_2 만큼 떨어져 정지해 있고, 빛은 광원으로부터 각각 P, Q를 향해 동시에 방출된다. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 P, Q에 도달하는 데 걸리는 시간은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $L_1 > L_2$ 이다.
- ㄴ. A의 관성계에서, 빛은 P에서가 Q에서보다 먼저 반사된다.
- ㄷ. 빛이 광원과 Q 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

B의 관성계에서 관찰할 때 A, P, Q, 광원은 모두 A의 관성계에서 관측한 B의 운동 방향의 반대 방향으로 운동한다.

▶ 간략 풀이

✗ B의 관성계에서 측정할 때 광원에서 P, Q까지의 거리가 A의 관성계에서 측정할 때에 비해 동일한 비율로 짧아지고, 광원에서 방출된 빛이 P, Q까지 이동하는 동안 P, Q는 각각 A의 관성계에서 관측한 B의 운동 방향의 반대 방향으로 이동한다. 따라서 B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 P, Q에 도달하는 데 걸리는 시간이 같으므로 $L_1 < L_2$ 이다.

○ $L_1 < L_2$ 이므로 A의 관성계에서 광원에서 방출된 빛은 Q보다 P에 먼저 도달한다. 따라서 A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛은 P에서가 Q에서보다 먼저 반사된다.

✗ 빛이 광원과 Q 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간은 광원에 대해 정지해 있는 A의 관성계에서 측정할 시간이 고유 시간으로 가장 작다. 따라서 빛이 광원과 Q 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 작다.

정답 | ②

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 20쪽

그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 광원과 거울 P, Q를 잇는 직선과 나란하게 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 한다. A의 관성계에서, 광원과 P, Q는 정지해 있고, 광원에서 P, Q를 향해 동시에 방출된 빛은 동시에 P, Q에 도달한다.

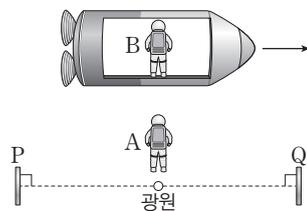
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B의 관성계에서, 광원에서 P, Q를 향해 동시에 방출된 빛은 동시에 광원으로 되돌아온다.
- ㄴ. 광원에서 방출된 빛의 속력은 A의 관성계에서 측정할 때와 B의 관성계에서 측정할 때가 서로 같다.
- ㄷ. Q에서 반사된 빛이 광원에 되돌아오는 데 걸리는 시간은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

▶ 23066-0090



유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

문제에 주어진 상황은 유사하나 광원에서 P, Q를 향해 동시에 방출된 빛이 B의 관성계에서가 아닌 A의 관성계에서 P, Q에 동시에 도달하는 것이 다르다.

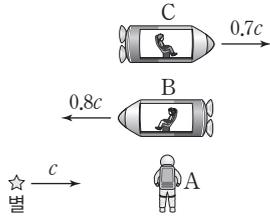
▶ 배경 지식

- 모든 관성계에서 진공 속을 진행하는 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속력에 관계없이 일정하다.
- 어떤 관성계에서 관찰할 때 한 지점에서 동시에 발생한 사건은 다른 관성계에서도 동시에 발생한 사건으로 관찰된다.

01

▶23066-0091

그림과 같이 관찰자 A에 대해 별이 정지해 있고, 관찰자 B, C가 탄 우주선이 각각 $0.8c$, $0.7c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하고 있다. A의 관성계에서 측정할 때, B, C가 A를 스쳐 지나가는 순간 별이 빛을 내며 폭발한다. A, B, C의 관성계에서 측정했을 때, 별이 폭발하며 방출한 빛의 속력은 각각 c , c_B , c_C 이다.



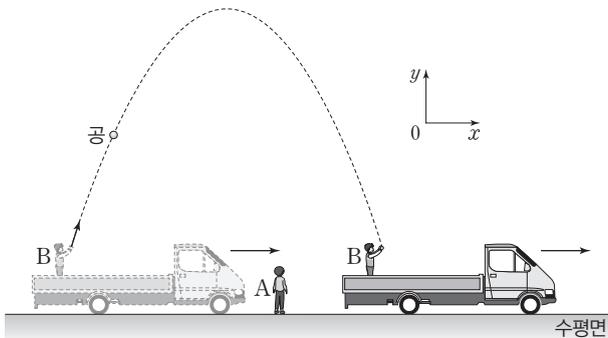
c , c_B , c_C 를 옳게 비교한 것은? (단, 빛의 속력은 c 이다.)

- ① $c < c_B < c_C$ ② $c < c_C < c_B$ ③ $c = c_B = c_C$
- ④ $c_C < c < c_B$ ⑤ $c_C < c_B < c$

02

▶23066-0092

그림은 수평면에 정지해 있는 관찰자 A에 대해 $+x$ 방향으로 등속도 운동을 하고 있는 트럭 위의 관찰자 B가 B에 대해 $+y$ 방향으로 던진 공의 모습을 나타낸 것이다. A가 관측할 때 B가 던진 공은 포물선 경로를 따라 운동한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

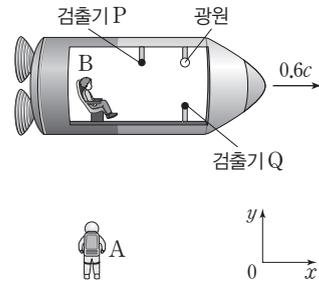
- ㄱ. B의 손을 떠난 공이 다시 B의 손에 도달할 때까지 공의 이동 거리는 A가 측정할 때가 B가 측정할 때보다 크다.
- ㄴ. 최고점에서 공에 작용하는 알짜힘의 크기는 A가 측정할 때와 B가 측정할 때가 서로 같다.
- ㄷ. 최고점에서 공의 속력은 A가 측정할 때가 B가 측정할 때보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0093

그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 $+x$ 방향으로 $0.6c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하고 있는 모습을 나타낸 것이다. B의 관성계에서 빛은 광원으로부터 각각 $-x$ 방향, $-y$ 방향으로 동시에 방출된 후 검출기 P, Q에 동시에 도달한다.



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

보기

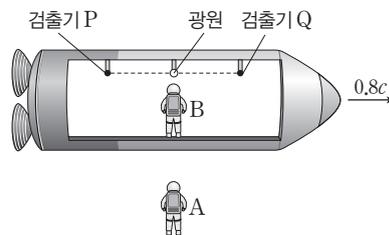
- ㄱ. B의 시간은 A의 시간보다 느리게 간다.
- ㄴ. 광원에서 P까지의 거리는 광원에서 Q까지의 거리보다 크다.
- ㄷ. 광원에서 방출된 빛은 P보다 Q에 먼저 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0094

그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 $0.8c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하고 있다. 우주선의 운동 방향은 검출기 P, 광원, 검출기 Q를 잇는 직선과 나란하다. B의 관성계에서 A가 B를 스쳐 지나가는 순간 광원에서 방출된 빛은 각각 이동하여 P, Q에 동시에 도달한다.



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

보기

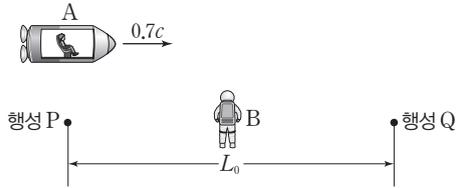
- ㄱ. B의 관성계에서 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.
- ㄴ. A의 관성계에서 측정할 때, 광원에서 P까지의 거리는 광원에서 Q까지의 거리와 같다.
- ㄷ. A의 관성계에서 측정할 때, 광원에서 방출된 빛은 Q보다 P에 먼저 도달한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0095

그림과 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해 $0.7c$ 의 속력으로 행성 P와 Q를 잇는 직선과 나란하게 등속도 운동을 하고 있다. P, Q는 B에 대해 정지해 있다. A의 관성계에서 측정할 때, P가 A를 스쳐 지나가는 순간부터 Q가 A를 스쳐 지나가는 순간까지 걸리는 시간은 t_0 이다. B의 관성계에서 측정할 때, P와 Q 사이의 거리는 L_0 이다.



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

보기

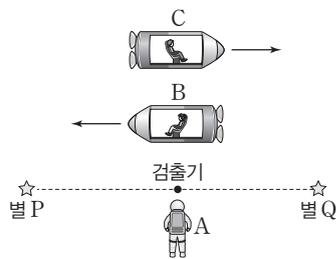
- ㄱ. B의 관성계에서 측정할 때, A가 P를 스쳐 지나가는 순간부터 A가 Q를 스쳐 지나가는 순간까지 걸린 시간은 t_0 보다 작다.
- ㄴ. A의 관성계에서 측정할 때, P와 Q 사이의 거리는 $0.7ct_0$ 이다.
- ㄷ. A의 관성계에서 측정할 때, P와 Q 사이의 거리는 L_0 보다 길다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0096

그림과 같이 관찰자 A에 대해 별 P, Q가 검출기에서 같은 거리만큼 떨어져 정지해 있고, 관찰자 B, C가 탄 우주선이 각각 광속에 가까운 일정한 속력으로 P, 검출기, Q를 잇는 직선과 나란하게 서로 반대 방향으로 운동하고 있다. A의 관성계에서 측정할 때, B, C가 A를 동시에 스쳐 지나가는 순간 P, Q가 빛을 내며 폭발한다. 우주선의 고유 길이는 B가 탄 우주선보다 길고, A의 관성계에서 측정할 때, B가 탄 우주선과 C가 탄 우주선의 길이는 같다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



보기

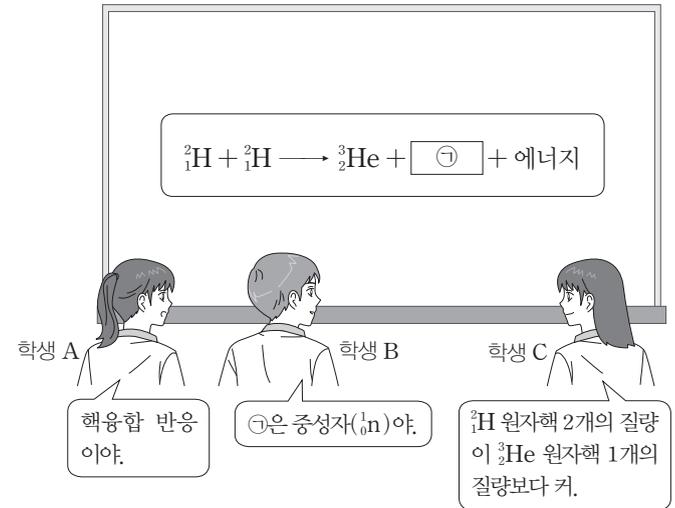
- ㄱ. A의 관성계에서 측정할 때, B의 시간은 C의 시간보다 느리게 간다.
- ㄴ. C의 관성계에서 측정할 때, Q가 P보다 먼저 폭발한다.
- ㄷ. Q가 폭발할 때 발생한 빛이 검출기에 도달하는 데 걸린 시간은 B의 관성계에서 측정할 때와 C의 관성계에서 측정할 때가 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0097

그림은 주어진 핵반응에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



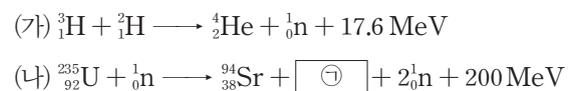
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
 ④ B, C ⑤ A, B, C

08

▶23066-0098

다음은 두 가지 핵반응이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

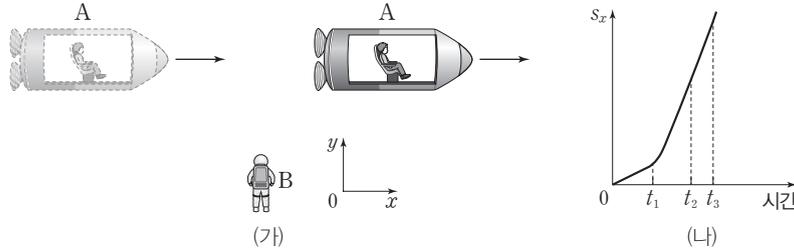
- ㄱ. (나)는 핵분열 반응이다.
- ㄴ. ㉠의 중성자수는 140이다.
- ㄷ. 질량 결손은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0099

그림 (가)와 같이 관찰자 A가 탄 우주선이 관찰자 B에 대해 광속에 가까운 속력으로 $+x$ 방향으로 운동한다. 그림 (나)는 B의 관성계에서 측정한 A의 위치의 x 성분 s_x 를 시간에 따라 나타낸 것이다. B의 관성계에서 측정할 때, A는 0부터 t_1 까지와 t_2 부터 t_3 까지는 등속도 운동을 하고, t_1 부터 t_2 까지는 등가속도 운동을 한다.



B의 관성계에서 측정할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

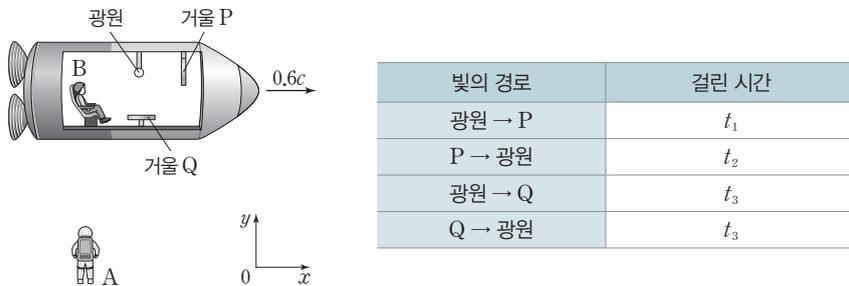
- ㄱ. A의 시간은 0부터 t_1 까지가 t_2 부터 t_3 까지보다 느리게 간다.
- ㄴ. A가 탄 우주선의 x 방향의 길이는 0부터 t_1 까지가 t_2 부터 t_3 까지보다 길다.
- ㄷ. A가 탄 우주선의 y 방향의 길이는 0부터 t_1 까지가 t_2 부터 t_3 까지보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0100

그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 $0.6c$ 의 일정한 속력으로 $+x$ 방향으로 운동하고 있다. B의 관성계에서 빛은 광원에서부터 각각 $+x$ 방향, $-y$ 방향으로 동시에 방출된 후 거울 P, Q에서 반사되어 광원에 동시에 도달한다. B의 관성계에서 측정할 때, 빛이 광원에서 P까지 가는 데 걸리는 시간은 t_0 이다. A의 관성계에서 측정할 때, 빛이 광원에서 P까지, P에서 광원까지, 광원에서 Q까지, Q에서 광원까지 가는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다.



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

보기

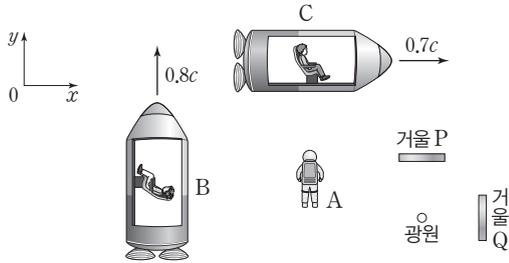
- ㄱ. $t_1 > t_3$ 이다.
- ㄴ. $2t_0 > t_1 + t_2$ 이다.
- ㄷ. $t_1 > t_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶ 23066-0101

그림과 같이 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 우주선이 각각 $+y$ 방향으로 $0.8c$, $+x$ 방향으로 $0.7c$ 의 속력으로 등속도 운동을 하고 있다. A의 관성계에서 측정할 때, 정지한 광원으로부터 각각 $+y$ 방향, $+x$ 방향으로 동시에 방출된 빛은 A에 대해 정지해 있는 거울 P, Q에서 반사되어 광원으로 동시에 되돌아온다. 표는 B, C의 관성계에서 측정할 때, 빛이 광원에서 P까지, P에서 광원까지, 광원에서 Q까지, Q에서 광원까지 가는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다.



빛의 경로	B의 관성계에서 측정한 걸린 시간	C의 관성계에서 측정한 걸린 시간
광원 → P	t_1	t_4
P → 광원	t_2	t_4
광원 → Q	t_3	t_5
Q → 광원	t_3	t_6

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

보기

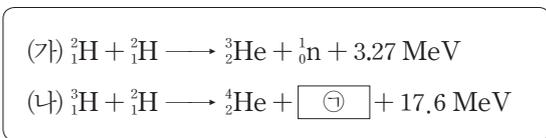
- ㄱ. B의 관성계에서 측정한 광원에서 Q까지의 거리와 C의 관성계에서 측정한 광원에서 P까지의 거리는 서로 같다.
- ㄴ. B의 관성계에서 측정한 광원에서 P까지의 거리는 C의 관성계에서 측정한 광원에서 Q까지의 거리보다 길다.
- ㄷ. $t_1 + t_2 > t_5 + t_6$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶ 23066-0102

다음은 두 가지 핵반응식이다. 표는 (가), (나)와 관련된 원자핵의 질량을 나타낸 것이다.



원자핵	질량
${}^2_1\text{H}$	M_1
${}^3_1\text{H}$	M_2
${}^3_2\text{He}$	M_3
${}^4_2\text{He}$	M_4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. \ominus 은 중성자(${}^1_0\text{n}$)이다.
- ㄴ. 삼중 수소(${}^3_1\text{H}$) 원자핵과 헬륨(${}^4_2\text{He}$) 원자핵의 중성자수는 서로 같다.
- ㄷ. $M_1 + M_4 > M_2 + M_3$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

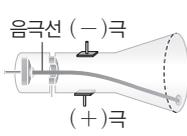
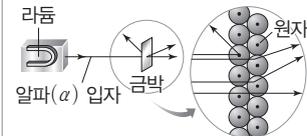
07

물질의 전기적 특성

1 원자와 전기력

(1) 원자의 구성 입자

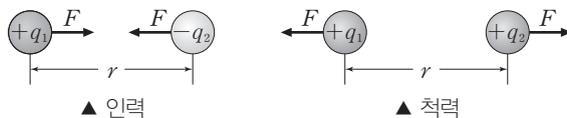
- 전자: 톰슨이 음극선 실험으로 발견하였다.
 - 전자의 전하량: 음(-)전하를 띠며 크기는 $e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (기본 전하량)이다.
- 원자핵: 러더퍼드가 알파(α) 입자 산란 실험으로 발견하였다.
 - 원자핵의 크기와 질량: 크기는 원자에 비해 매우 작으며, 질량은 원자 질량의 대부분을 차지한다.
 - 원자핵의 전하량: 양(+)전하를 띠며 기본 전하량의 정수배이다.

톰슨의 음극선 실험	러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험
 <p>음극선이 (+)극판 쪽으로 휘어진다. ▶ 음극선은 음(-)전하를 띤 입자의 흐름이다.</p>	 <p>소수의 알파(α) 입자가 큰 각도로 산란된다. ▶ 원자 중심에 양(+)전하를 띤 입자가 집중되어 있다.</p>

(2) 전기력

- 전기력: 전하 사이에 작용하는 힘
 - 같은 종류의 전하 사이에는 서로 미는 전기력이, 다른 종류의 전하 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.
- 전기력의 크기(쿨롱 법칙): 두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기 F 는 두 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 점전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

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

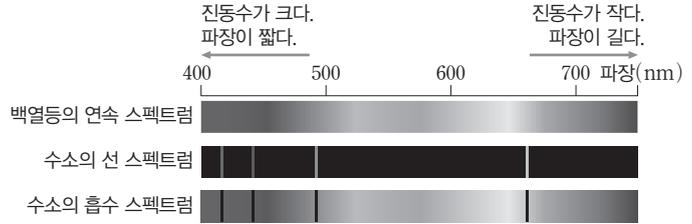


- 원자에 속박된 전자: 원자핵은 양(+)전하를 띠고 전자는 음(-)전하를 띠므로, 전자와 원자핵 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다. 따라서 전자가 원자핵 주위를 벗어나지 않고 운동한다.

2 원자와 스펙트럼

- 스펙트럼: 빛이 파장에 따라 분리되어 나타나는 색의 띠
 - 연속 스펙트럼: 색의 띠가 모든 파장에서 연속적으로 나타나는 스펙트럼 **예** 햇빛, 백열등 빛
 - 선 스펙트럼: 특정 위치에 밝은 색의 선이 띄엄띄엄 나타나는 스펙트럼 **예** 수소, 네온 등과 같은 기체 방전관의 빛
 - 원소의 종류에 따라 선의 위치와 개수가 다르다.
 - 선 스펙트럼을 분석하여 원소의 종류를 알 수 있다.

- 흡수 스펙트럼: 기체가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 연속 스펙트럼에 검은 선이 나타나는 스펙트럼

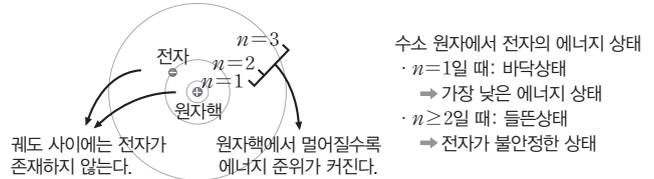


- 빛의 에너지 E 가 클수록 진동수 f 가 크고 파장 λ 가 짧다.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (h: \text{플랑크 상수}, c: \text{진공에서 빛의 속도})$$

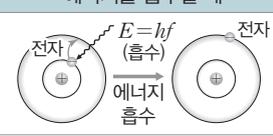
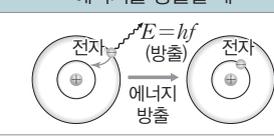
(2) 원자의 에너지 준위

- 보어의 원자 모형: 원자핵을 중심으로 전자가 특정 궤도에서 원운동을 한다. 이때 전자는 전자기파를 방출하지 않고 안정한 상태로 존재한다.
- 원자핵에서 가장 가까운 궤도부터 $n=1, 2, 3, \dots$ 인 궤도라고 부르며, n 을 양자수라고 한다.
 - 에너지 양자화: 전자는 양자수와 관련된 특정한 에너지 값만을 갖는다.
- 에너지 준위: 원자 내 전자가 갖는 에너지 값 또는 에너지 상태
 - 양자수 n 이 클수록 에너지 준위도 크다.



(3) 전자의 전이와 선 스펙트럼

- 전자가 에너지 준위 사이에서 전이할 때 에너지를 흡수하거나 방출한다.

에너지를 흡수할 때	에너지를 방출할 때
 <p>전자가 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이한다. ▶ 전자가 바깥쪽 궤도로 이동한다.</p>	 <p>전자가 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이한다. ▶ 전자가 안쪽 궤도로 이동한다.</p>

- 원자의 에너지 준위가 불연속적이므로 원자에서 방출되는 빛의 에너지가 불연속적이고, 선 스펙트럼이 나타난다.
 - 선 스펙트럼은 원자의 에너지 준위가 양자화되었음을 의미한다.
- 광양자설: 빛은 진동수 f 에 비례하는 에너지 $E = hf$ 를 갖는 광자의 흐름이다.
- 양자수 m (에너지 준위 E_m), 양자수 n (에너지 준위 E_n) 사이를 전이할 때 흡수 또는 방출하는 빛의 진동수 f 와 파장 λ 는 다음과 같다.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{|E_m - E_n|}{h}$$

(4) 수소 원자의 선 스펙트럼

- ① 수소 원자의 에너지 준위: $E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$ (단, $n=1, 2, 3, \dots$)
- ② 에너지 준위가 불연속적이므로 수소 원자에서 방출되는 빛은 선 스펙트럼으로 나타난다.

3 에너지띠 이론

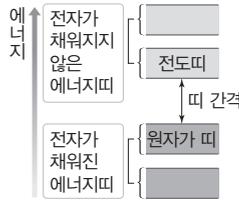
(1) 고체의 에너지띠

- ① 기체 원자: 원자들이 멀리 떨어져 있어 원자의 에너지 준위가 독립적이다.
- ② 고체 원자: 원자 사이의 거리가 매우 가까워 인접한 원자들의 에너지 준위가 겹친다.
 - 에너지띠: 전자의 에너지 준위가 매우 가까워 연속적인 것으로 취급할 수 있는 에너지 준위 영역



(2) 에너지띠 구조

- ① 허용된 띠: 전자가 존재할 수 있는 영역
 - 원자가 띠: 원자의 가장 바깥쪽에 있는 원자가 전자가 차지하는 에너지 띠로, 전자가 채워져 있다.
 - 전도띠: 원자가 띠 위에 있는 에너지 띠로, 원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하면 전도띠로 전이할 수 있다.
- ② 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격에는 전자가 존재할 수 없다.



4 물질의 전기 전도성

- (1) 고체의 전기 전도성: 물질 내에서 전류가 얼마나 잘 흐르는지를 나타내는 성질로, 에너지띠의 구조에 따라 달라진다.
- ① 전자가 모두 채워져 있는 원자가 띠에 있는 전자는 자유롭게 움직이지 못하지만 전도띠로 전이한 전자는 자유롭게 움직일 수 있다.

- ② 자유 전자: 전도띠로 전이한 전자로, 작은 에너지만 주어져도 자유롭게 움직인다.
 - ③ 양공: 원자가 띠에 전자가 채워질 수 있는 빈 자리로, 이웃한 전자가 채워지면서 움직일 수 있기 때문에 양(+)-전하를 띤 입자와 같은 역할을 한다.
- (2) 전기 전도성과 에너지띠

구분	도체	절연체(부도체)	반도체
정의	전기가 잘 통하는 물질	전기가 잘 통하지 않는 물질	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			
전자의 이동	전자가 비어 있는 에너지 준위로 쉽게 이동할 수 있으므로 전류가 잘 흐른다.	전류가 흐르기 위해서는 원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 얻어 전도띠로 전이해야 한다.	띠 간격이 커서 상온에서 전도띠로 전자의 전이가 거의 일어나지 않는다.

- (3) 전기 전도도: 고체에서 전류가 잘 흐르는 정도를 나타내는 물리량
- ① 비저항(ρ): 일정한 온도에서 물체의 저항 R 는 길이 l 에 비례하고 단면적 A 에 반비례한다. 이때 비례 상수를 비저항(ρ)이라고 한다. 비저항의 단위는 $\Omega \cdot \text{m}$ 이다. $\Rightarrow R = \rho \frac{l}{A}$
- ② 전기 전도도(σ): 비저항의 역수와 같다. $\Rightarrow \sigma = \frac{1}{\rho}$ (단위: $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)

THE 알기 점전하 3개가 나란히 있고, 한 점전하에 작용하는 전기력이 0일 때 나머지 두 점전하에 대한 정보

- ① 가장 자리에 있는 점전하에 작용하는 전기력이 0인 경우
 - 나머지 두 점전하의 전하의 종류가 다르다.
 - 전하량의 크기는 나머지 두 점전하 중 멀리 떨어져 있는 점전하가 가까이 있는 점전하보다 크다.
 - 예 A에 작용하는 전기력이 0일 때
 - B와 C의 전하의 종류가 다르다.
 - 전하량의 크기는 C가 B보다 크다.
- ② 사이에 있는 점전하에 작용하는 전기력이 0인 경우
 - 나머지 두 점전하의 전하의 종류가 같다.
 - 이웃하는 점전하 사이의 간격이 동일하면, 나머지 두 점전하의 전하량의 크기는 서로 같다.
 - 이웃하는 점전하 사이의 간격이 다르면, 나머지 두 점전하 중 멀리 떨어져 있는 점전하가 가까이 있는 점전하보다 전하량의 크기가 크다.
 - 예 점전하 사이의 간격이 동일하고, B에 작용하는 전기력이 0일 때
 - A와 C의 전하의 종류가 같고, 전하량의 크기도 같다.

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

같은 종류의 전하 사이에는 서로 미치는 전기력이, 다른 종류의 전하 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

▶ 간략 풀이

㉠ (나)에서 A와 C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이다. 따라서 (가)에서 A, B에 작용하는 전기력의 방향이 모두 $-x$ 방향이므로 C에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

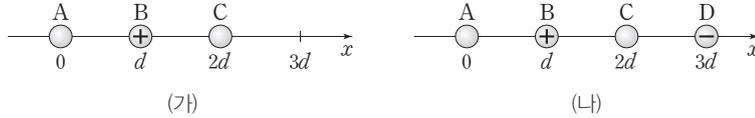
㉡ C에 작용하는 전기력의 크기가 (가)에서 (나)에서보다 크므로 C는 음(-)전하이다. 따라서 (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향이 $-x$ 방향이므로 A는 음(-)전하이다.

㉢ (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향이 $-x$ 방향이므로 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.

정답 | ⑤

| 2023학년도 대수능 |

그림 (가)는 점전하 A, B, C를 x 축상에 고정시킨 것으로, A, B에 작용하는 전기력의 방향은 같고, B는 양(+)전하이다. 그림 (나)는 (가)에서 $x=3d$ 에 음(-)전하인 점전하 D를 고정시킨 것으로, B에 작용하는 전기력은 0이다. C에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서 (나)에서보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 C에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.
- ㄴ. A는 음(-)전하이다.
- ㄷ. 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0 많은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 22쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

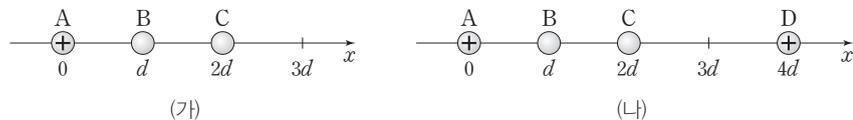
점전하를 추가로 고정하는 상황에서 전기력의 방향과 크기를 분석하는 것은 유사하지만, 점전하 4개를 고정시킨 (나)의 상황을 이용하여 전하량의 크기를 비교하는 것이 다르다.

▶ 배경 지식

A가 B에 작용하는 전기력 F_{AB} 와 B가 A에 작용하는 전기력 F_{BA} 는 크기는 같고 방향은 서로 반대 방향이다. 따라서 A와 B를 하나의 물체로 생각하여 F_{AB} 와 F_{BA} 를 합성하면 0이다. 이와 유사하게 (가)에서 각각 A와 B 사이에, B와 C 사이에, C와 A 사이에 작용하는 두 전기력이 작용 반작용 관계이므로 'A, B, C 전체'를 하나의 물체로 생각하면 'A, B, C 전체'에 작용하는 전기력은 0이다.

▶ 23066-0103

그림 (가)는 점전하 A, B, C를 x 축상에 고정시킨 것으로, B와 C에 작용하는 전기력의 방향은 같고, A는 양(+)전하이다. 그림 (나)는 (가)에서 $x=4d$ 에 양(+)전하인 점전하 D를 고정시킨 것으로, C에 작용하는 전기력은 0이다. A에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서 (가)에서보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

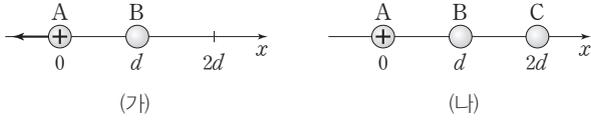
- ㄱ. (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이다.
- ㄴ. B는 음(-)전하이다.
- ㄷ. 전하량의 크기는 A가 D보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0104

그림 (가)는 점전하 A, B를 x 축상에 고정시킨 것을, (나)는 (가)에서 점전하 C를 x 축상의 $x=2d$ 에 고정시킨 것을 나타낸 것이다. (가)에서 A에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이고, (가)와 (나)에서 A에 작용하는 전기력의 크기는 같다. A는 양(+)
전하이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

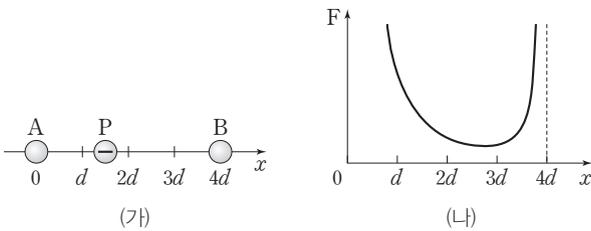
- ㄱ. B는 양(+)
전하이다.
- ㄴ. 전하량의 크기는 C가 B보다 작다.
- ㄷ. (가)에서 A에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서 C에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▶23066-0105

그림 (가)와 같이 x 축상에 점전하 A, B를 고정하고 음(-)
전하인 점전하 P를 x 축상에서 움직이며 고정한다. 그림 (나)는 P의 위치 x 가 $0 < x < 4d$ 인 구간에서 P에 작용하는 전기력 F를 x 에 따라 나타낸 것으로, F의 방향은 $+x$ 방향이 양(+)
이다. $x > 4d$ 인 구간에서 P에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$ 방향인 위치가 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

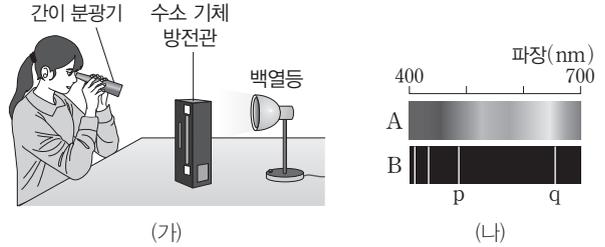
- ㄱ. A는 음(-)
전하이다.
- ㄴ. 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. $x < 0$ 인 구간에서 P에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$ 방향인 위치가 없다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0106

그림 (가)는 수소 기체 방전관에서 나오는 빛과 백열등 빛의 스펙트럼을 각각 관찰하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)의 A, B는 (가)에서 관찰한 결과를 순서 없이 나타낸 것으로, 스펙트럼선 p, q에 해당하는 빛의 진동수는 각각 f_p, f_q 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

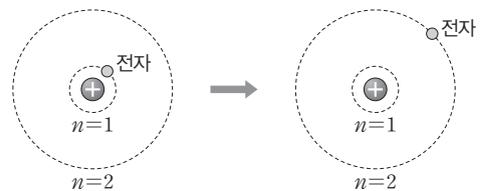
- ㄱ. A는 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼이다.
- ㄴ. 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.
- ㄷ. $f_p < f_q$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0107

그림은 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 양자수 $n=1$ 인 상태에서 $n=2$ 인 상태로 전이하는 것을 나타낸 것이다. $n=1, n=2$ 인 상태일 때, 전자의 에너지는 각각 E_1, E_2 이고 전자에 작용하는 전기력의 크기는 각각 F_1, F_2 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

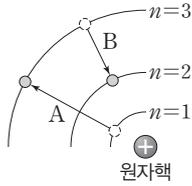
- ㄱ. 전이 과정에서 빛을 방출한다.
- ㄴ. 전이 과정에서 흡수 또는 방출한 에너지는 $|E_1 - E_2|$ 이다.
- ㄷ. $F_1 > F_2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0108

그림은 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 전자 궤도 일부와 전자의 전이 A, B를 나타낸 것이다. A, B에서 방출 또는 흡수하는 빛의 진동수는 각각 f_A, f_B 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

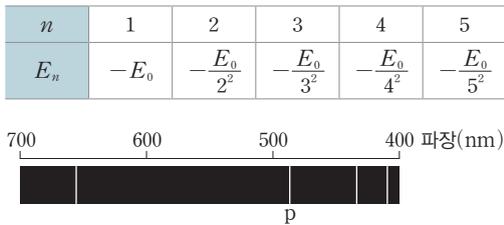
- ㄱ. A에서 전자는 빛을 흡수한다.
- ㄴ. $f_A > f_B$ 이다.
- ㄷ. $n=2$ 인 상태의 전자가 $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 진동수는 f_B 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0109

표는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위 E_n 을 나타낸 것이다. 그림은 수소 원자에서 전자가 $n=2$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 선 스펙트럼 중 파장이 가장 긴 것부터 차례대로 4개를 나타낸 것이다. 스펙트럼선 p에 해당하는 빛의 진동수는 f_0 이다.



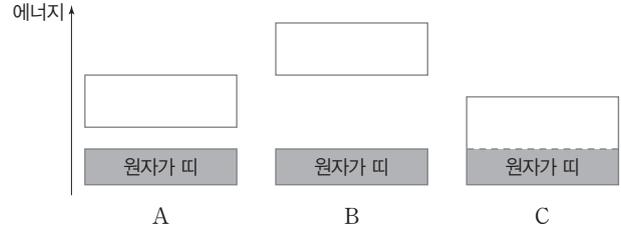
전자가 $n=2$ 인 상태에서 $n=1$ 인 상태로 전이할 때 방출하는 빛의 파장은? (단, 빛의 속력은 c 이다.)

- ① $\frac{c}{16f_0}$ ② $\frac{c}{4f_0}$ ③ $\frac{c}{2f_0}$
- ④ $\frac{2c}{f_0}$ ⑤ $\frac{4c}{f_0}$

07

▶23066-0110

그림은 고체 A, B, C의 에너지띠 구조를 나타낸 것으로 색깔된 부분까지 전자가 채워져 있다. 표는 고체 A, B, C에 대한 자료이다. A, B, C는 도체, 반도체, 절연체를 순서 없이 나타낸 것이다.



특징	A	B	C
상온에서 전도띠에 전자가 있다.	⊖	×	○
온도가 낮을수록 전기 전도성이 좋다.	⊖		

○: 예, ×: 아니요

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

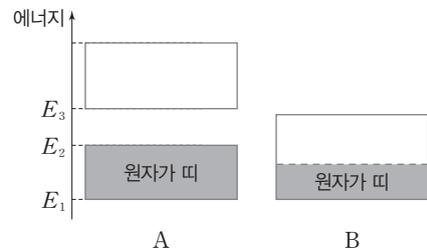
- ㄱ. B는 절연체이다.
- ㄴ. ⊖은 '○'이다.
- ㄷ. ⊖은 '○'이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0111

그림은 고체 A, B의 에너지띠 구조를 나타낸 것으로 색깔된 부분까지 전자가 채워져 있다. A, B는 도체, 반도체를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

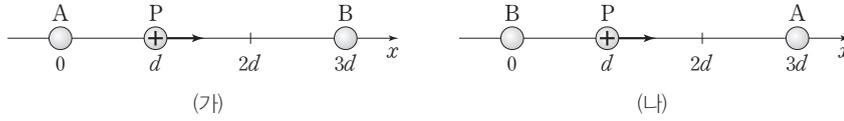
- ㄱ. 전기 전도도는 B가 A보다 크다.
- ㄴ. A의 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 모두 같다.
- ㄷ. 절연체의 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격은 $|E_3 - E_2|$ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶ 23066-0112

그림 (가), (나)와 같이 점전하 A, B와 양(+)전하인 점전하 P를 x 축상에 고정시켰다. (가), (나)에서 P에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

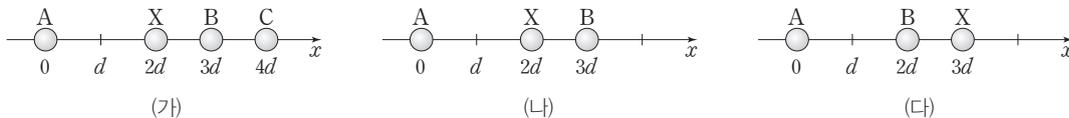
- ㄱ. A는 양(+)전하이다.
- ㄴ. (가)에서 A에 작용하는 전기력의 크기는 P에 작용하는 전기력의 크기보다 작다.
- ㄷ. B에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶ 23066-0113

그림 (가)와 같이 점전하 A, B, C, X를 x 축상에 고정시켰을 때 X에 작용하는 전기력의 크기가 F 이다. 그림 (나)와 같이 (가)에서 C만을 제거하였을 때에도 X에 작용하는 전기력의 크기가 F 이고, (다)와 같이 (나)에서 B와 X의 위치만을 서로 바꾸어 고정하였을 때에도 X에 작용하는 전기력의 크기는 F 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

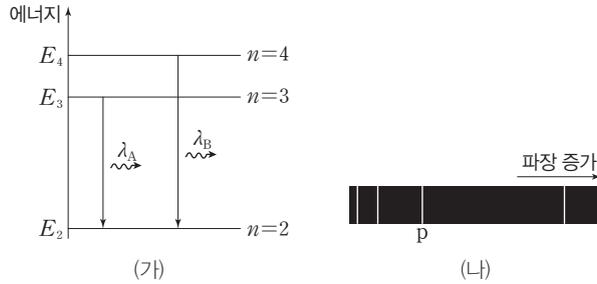
- ㄱ. (나)에서 A가 X에 작용하는 전기력의 크기는 F 보다 크다.
- ㄴ. X에 작용하는 전기력의 방향은 (나)에서와 (다)에서가 서로 반대 방향이다.
- ㄷ. A와 C는 다른 종류의 전하이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0114

그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 파장이 각각 λ_A, λ_B 인 빛을 방출하는 전이 과정을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 수소 원자에서 방출하는 가시광선 영역의 선 스펙트럼을 파장에 따라 모두 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수는 h 이고, 빛의 속력은 c 이다.)

보기

- ㄱ. 스펙트럼선 p에 해당하는 빛의 파장은 λ_B 이다.
- ㄴ. $\lambda_A = \frac{hc}{E_3 - E_2}$ 이다.
- ㄷ. $n=3$ 인 상태의 전자는 진동수가 $\frac{(\lambda_A - \lambda_B)c}{\lambda_A \lambda_B}$ 인 빛을 흡수할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0115

다음은 전기 전도도에 대한 실험이다.

[자료 조사]

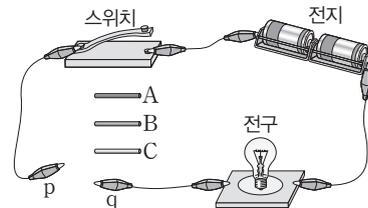
- 모양과 크기가 같은 고체 막대 A, B, C의 전기 전도도

구분	A	B	C
전기 전도도($1/\Omega \cdot m$)	2.7	㉠	1.0×10^{-14}

* A, B, C는 도체, 절연체, 반도체를 순서 없이 나타낸 것이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 전구, 스위치, 전지를 이용하여 실험 장치를 구성한다.
- (나) 집게 p, q를 A~C 중 어느 하나의 양 끝에 연결한 후, 스위치를 닫고 전구를 관찰한다.



[실험 결과]

p, q를 연결한 막대	A	B	C
전구의 상태	켜지지 않음	켜짐	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 2.7보다 크다.
- ㄴ. '켜지지 않음'은 ㉡에 해당한다.
- ㄷ. C는 반도체이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

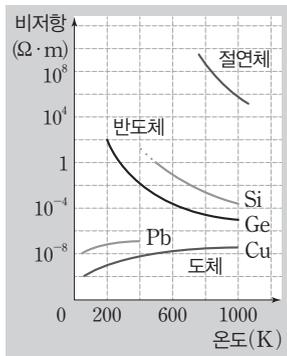
08

반도체와 다이오드

1 반도체

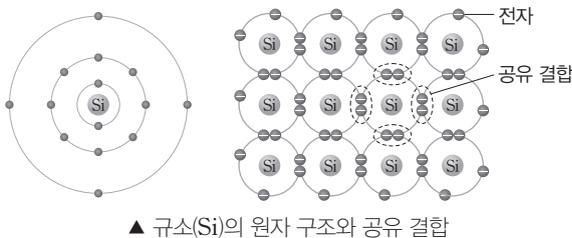
(1) 반도체의 특성

- ① 띠 간격이 1.14 eV(Si), 0.67 eV(Ge) 정도여서 전기 전도성이 도체와 절연체의 중간 정도이다.
- ② 낮은 온도에서는 양공이나 자유 전자가 거의 없어 절연체에 가깝다.
- ③ 온도가 높아질수록 원자가 띠에서 전도띠로 전이하는 전자가 많아진다.
 - 반도체는 온도가 높아질수록 전기 전도성이 좋아진다.



(2) 고유 반도체(순수 반도체)

- ① 불순물이 없는 완벽한 결정 구조를 갖는 반도체
- ② 원자가 전자가 4개인 규소(Si), 저마늄(Ge) 등
 - 4개의 원자가 전자가 모두 공유 결합을 한다.



▲ 규소(Si)의 원자 구조와 공유 결합

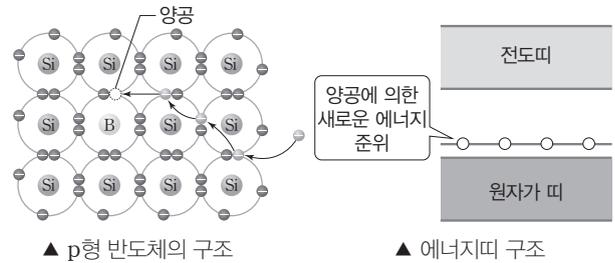
(3) 불순물 반도체: 고유 반도체에 불순물을 첨가한 반도체

- ① 도핑: 고유 반도체에 불순물을 첨가하여 반도체의 성질을 바꾸는 기술
 - 주로 원자가 전자가 3개인 13족 원소나 원자가 전자가 5개인 15족 원소를 도핑한다.
- ② 종류: p형 반도체, n형 반도체

13족	14족	15족
5 B 붕소		
13 Al 알루미늄	14 Si 규소	15 P 인
31 Ga 갈륨	32 Ge 저마늄	33 As 비소
49 In 인듐		51 Sb 안티모니

(4) p형 반도체

- ① 고유 반도체에 원자가 전자가 3개인 붕소(B), 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 인듐(In) 등을 첨가한 반도체이다.
- ② 원자가 띠 바로 위에 양공에 의한 새로운 에너지 준위가 생겨 원자가 띠의 전자가 작은 에너지를 흡수하여 전이할 수 있다.
- ③ 원자가 띠에 양공(전자가 빈 자리)이 생긴다.
 - 주변의 전자가 양공을 채우면서 이동한다.
 - 양공이 주로 전하를 운반한다.

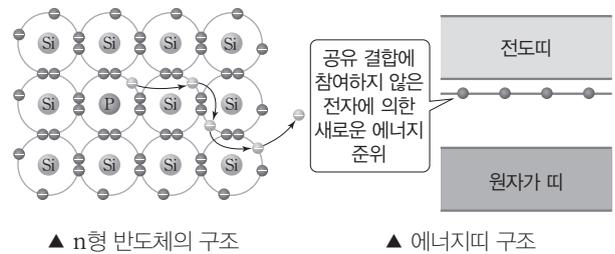


▲ p형 반도체의 구조

▲ 에너지띠 구조

(5) n형 반도체

- ① 고유 반도체에 원자가 전자가 5개인 인(P), 비소(As), 안티모니(Sb) 등을 첨가한 반도체이다.
- ② 전도띠 바로 아래에 결합에 참여하지 않는 전자에 의한 새로운 에너지 준위가 생겨 전자가 작은 에너지를 흡수하여 전이할 수 있다.
- ③ 전도띠에 자유 전자가 생긴다.
 - 공유 결합에 참여하지 않는 전자가 자유롭게 이동이 가능하다.
 - 전자가 주로 전하를 운반한다.



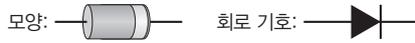
▲ n형 반도체의 구조

▲ 에너지띠 구조

p형 반도체	n형 반도체
<ul style="list-style-type: none"> • 양공: 불순물에 의해 생김 + 전도띠로 전자가 전이한 빈 자리 • 자유 전자: 전도띠로 전자가 전이하여 생김 • 양공의 수 > 자유 전자의 수 • 양공이 주요 전하 운반자 	<ul style="list-style-type: none"> • 양공: 전도띠로 전자가 전이한 빈 자리 • 자유 전자: 불순물에 의해 생김 + 전도띠로 전자가 전이하여 생김 • 자유 전자의 수 > 양공의 수 • 전자가 주요 전하 운반자

2 다이오드

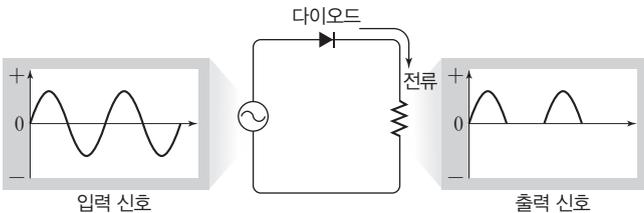
(1) p-n 접합 다이오드: p형 반도체와 n형 반도체를 접합하여 양 끝에 전극을 붙인 것이다.



(2) 순방향 전압과 역방향 전압

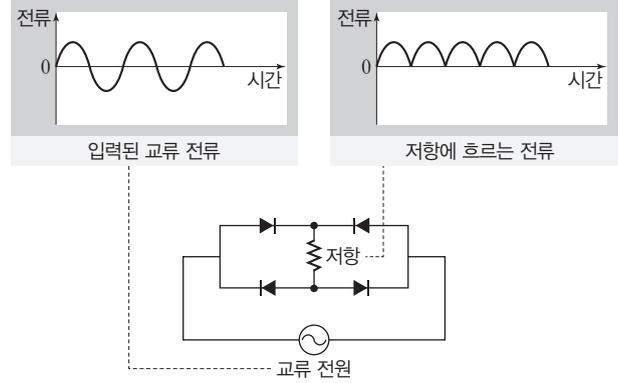
구분	특성
순방향 전압	<ul style="list-style-type: none"> p형 반도체에 전원의 (+)극을, n형 반도체에 전원의 (-)극을 연결한다. <ul style="list-style-type: none"> 양공과 전자가 접합면으로 이동하여 결합하고, 전원에 의해 양공과 전자가 계속 공급되어 전류가 흐른다.
역방향 전압	<ul style="list-style-type: none"> p형 반도체에 전원의 (-)극을, n형 반도체에 전원의 (+)극을 연결한다. <ul style="list-style-type: none"> p형 반도체의 양공은 (-)극 쪽으로, n형 반도체의 전자는 (+)극 쪽으로 모여 전류가 흐르지 않는다.

(3) 다이오드의 정류 작용: 다이오드는 순방향 전압일 때에만 전류를 흐르게 한다. ➔ 한쪽 방향으로만 전류가 흐른다.

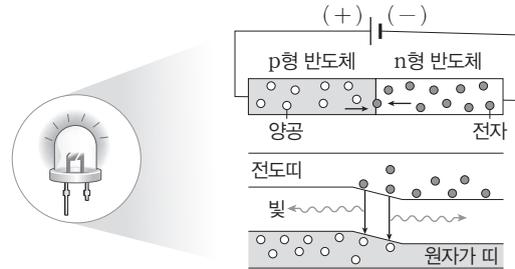


(4) 다이오드의 이용

- ① 정류 회로: 다이오드가 한쪽 방향으로만 전류를 흐르게 하는 특성을 이용한다.
 - 가정에 공급되는 교류를 전기 기구에 필요한 직류로 변환한다.
 - 4개의 다이오드를 이용하면 전체 교류를 직류로 변환이 가능하다.



- ② 발광 다이오드(LED): 전류가 흐를 때 빛을 방출하는 다이오드
 - 원리: 전류가 흐를 때 전도띠의 전자가 원자가 띠로 전이하며 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출한다. 띠 간격이 클수록 파장이 짧은 빛을 방출한다.
 - 특징: 소모 전력이 작고 수명이 길며 소형으로 제작할 수 있다.
 - 이용: 영상 표시 장치, 리모컨, 조명 장치 등



- ③ 광 다이오드: 빛을 전기 신호로 변환하는 다이오드
 - 원리: 접합면 부근에서 빛이 흡수되면 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하여 양공과 자유 전자가 생긴다.
 - 이용: 광센서, 화재 감지기, 조도계, 광통신 등

THE 알기 p-n 접합 발광 다이오드(LED)의 전기적 특성

[실험 과정]

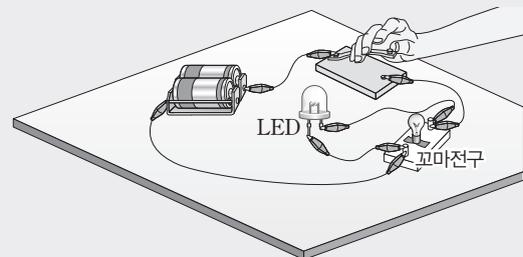
- (1) 전지에 LED와 꼬마전구를 병렬로 연결하고 스위치를 연결한다.
- (2) 스위치를 닫고 LED와 꼬마전구에 불이 켜지는지 관찰한다.
- (3) 스위치를 열고 전지의 (+)극과 (-)극을 반대로 연결한 후 과정 (2)를 반복한다.

[실험 결과]

	LED	꼬마전구
과정 (2)	○	○
과정 (3)	×	○

(○: 켜짐, ×: 켜지지 않음)

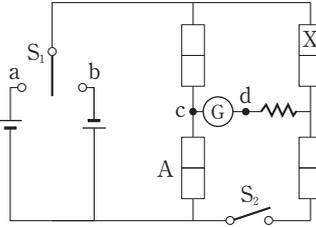
➔ p-n 접합 발광 다이오드(LED)는 순방향 전압이 걸릴 때에만 켜진다.



다음은 p-n 접합 다이오드의 특성을 알아보는 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 직류 전원 2개, 스위치 S_1 , S_2 , p-n 접합 다이오드 A, A와 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 검류계를 관찰한다.



[실험 결과]

S_1	S_2	전류 흐름
㉠	열기	흐르지 않는다.
	닫기	c → ㉡ → d로 흐른다.
㉡	열기	c → ㉡ → d로 흐른다.
	닫기	c → ㉡ → d로 흐른다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

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

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

p-n 접합 다이오드의 p형 반도체에 전원의 (+)극을, n형 반도체에 전원의 (-)극을 연결하면 다이오드에 순방향 전압이 걸려 전류가 흐른다.

▶ 간략 풀이

㉠ S_1 을 b에 연결하고 S_2 를 닫으면 A → ㉡ → X 방향으로 전류가 흐르므로 X는 n형 반도체이다.

✕ S_1 을 a에 연결하고 S_2 를 닫으면 c → ㉡ → d → S_2 방향으로 전류가 흐르므로 S_2 를 열면 전류가 흐르지 않는다. 따라서 'a에 연결'이 ㉠에 해당한다.

✕ S_1 을 b에 연결하면 A에 순방향 전압이 걸리고 A → ㉡ → X 방향으로 전류가 흐르므로, S_1 을 a에 연결하고 S_2 를 닫으면 A에는 역방향 전압이 걸린다.

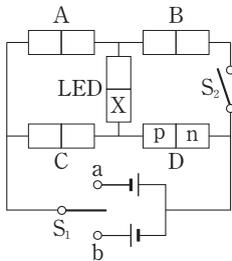
정답 | ①

0 닦은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 25쪽

▶ 23066-0116

그림은 동일한 p-n 접합 다이오드 A~D와 p-n 접합 발광 다이오드(LED)를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것으로, X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. 표는 스위치 S_1 , S_2 를 연결한 방법에 따라 LED의 상태를 나타낸 것으로 ㉠과 ㉡은 a와 b를 순서 없이 나타낸 것이다.



S_1	S_2	LED의 상태
㉠에 연결	열림	(가)
	닫힘	빛을 방출함
㉡에 연결	열림	빛을 방출 안 함
	닫힘	빛을 방출함

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 b이다.
 ㄴ. '빛을 방출 안 함'은 (가)에 해당한다.
 ㄷ. S_1 을 a에 연결하고 S_2 를 닫았을 때, X 내부의 전자는 p-n 접합면에 가까워지는 방향으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

다이오드를 이용하여 구성된 정류 회로에서 전류의 흐름을 파악하는 것은 유사하지만, p형 반도체와 n형 반도체의 위치로부터 전류의 방향을 파악하는 것과 불순물 반도체에서 전자의 이동 방향을 질문하는 것이 다르다.

▶ 배경 지식

p-n 접합 다이오드 4개를 이용하면 입력 전류의 방향에 관계없이 한쪽 방향으로만 전류가 흐르는 정류 회로를 만들 수 있다. 이 문제에서는 S_2 를 닫았을 때, S_1 을 연결한 단자와 관계 없이 LED에 전류가 흐르고 빛이 방출된다.

01

▶23066-0117

그림은 반도체와 다이오드에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



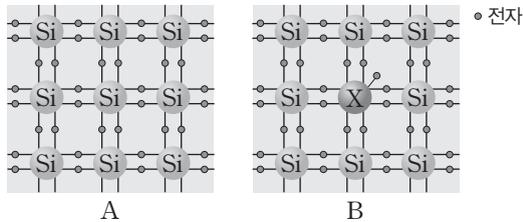
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C
- ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▶23066-0118

그림은 규소(Si)로만 구성된 고유 반도체 A와 규소(Si)에 원소 X를 첨가한 불순물 반도체 B의 원자가 전자의 배열을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

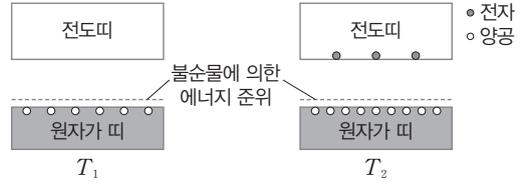
- ㄱ. 원자가 전자는 X가 규소(Si)보다 많다.
- ㄴ. 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.
- ㄷ. B는 n형 반도체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03

▶23066-0119

그림은 불순물 반도체 X의 온도가 T_1, T_2 일 때의 에너지띠 구조를 각각 나타낸 것이다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

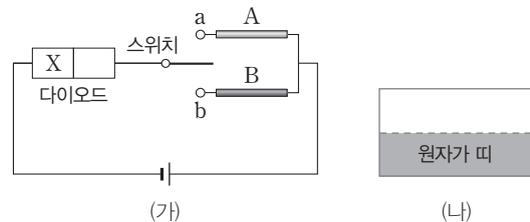
- ㄱ. $T_1 < T_2$ 이다.
- ㄴ. X는 n형 반도체이다.
- ㄷ. X는 주로 양공이 전하 운반자 역할을 하는 반도체이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0120

그림 (가)는 p-n 접합 다이오드, 고체 막대 A, B를 직류 전원에 연결한 회로를 나타낸 것이다. 스위치를 a에 연결하면 회로에 전류가 흐르고, b에 연결하면 전류가 흐르지 않는다. 그림 (나)는 A 또는 B의 에너지띠 구조를 나타낸 것으로, 색칠된 부분까지 전자가 채워져 있다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이고, A와 B는 도체와 절연체를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

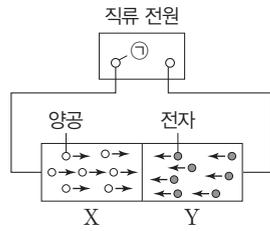
- ㄱ. X는 p형 반도체이다.
- ㄴ. (나)는 A의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다.
- ㄷ. 전기 전도도는 B가 X보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0121

그림은 불순물 반도체 X, Y를 접합하여 만든 다이오드를 직류 전원에 연결하였을 때, X와 Y 내부의 양공과 전자의 이동 방향을 나타낸 것이다. X에서는 양공이, Y에서는 전자가 주로 전하 운반자 역할을 한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 n형 반도체이다.
- ㄴ. 다이오드에는 순방향 전압이 걸려 있다.
- ㄷ. ⊕은 전원의 (+)극이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

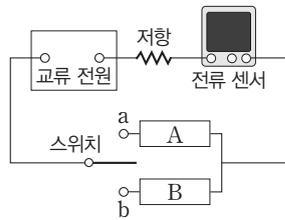
06

▶23066-0122

다음은 다이오드의 특성을 알아보는 실험이다.

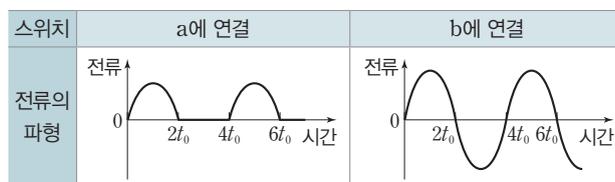
[실험 과정]

(가) 그림과 같이 교류 전원, 저항, 전류 센서, p-n 접합 다이오드, 금속 막대, 스위치로 회로를 구성한다. A와 B는 p-n 접합 다이오드와 금속 막대를 순서 없이 나타낸 것이다.



(나) 스위치를 a 또는 b에 연결한 후, 전류 센서로 전류의 파형을 관찰한다.

[실험 결과]



• p-n 접합 다이오드는 ⊕을 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

보기

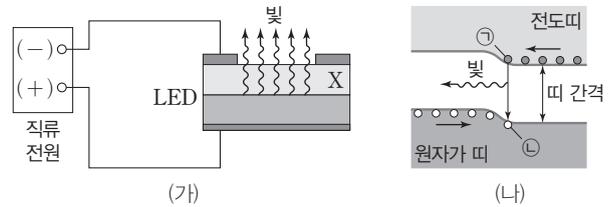
- ㄱ. A는 금속 막대이다.
- ㄴ. '정류 작용'은 ⊕에 해당한다.
- ㄷ. p-n 접합 다이오드에 전류가 흐를 때, p-n 접합 다이오드의 p형 반도체 내부의 양공은 p-n 접합면에서 멀어지는 방향으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0123

그림 (가)는 p-n 접합 발광 다이오드(LED)를 직류 전원에 연결하였을 때 빛이 방출되는 것을 나타낸 것이다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. 그림 (나)는 (가)의 LED의 원리를 나타낸 것으로, 전도띠에서 이동한 ⊕이 원자가 띠에서 이동한 ⊖과 결합하면서 빛이 방출된다. ⊕과 ⊖은 전자와 양공을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

보기

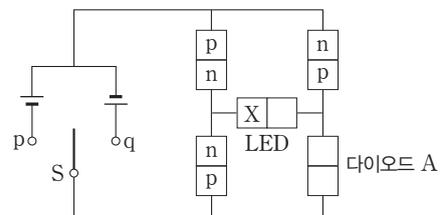
- ㄱ. ⊕은 전자이다.
- ㄴ. X에서는 주로 ⊖이 전하 운반자 역할을 한다.
- ㄷ. LED의 띠 간격이 클수록 LED에서 방출되는 빛의 진동수가 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0124

그림은 p-n 접합 다이오드 A, A와 동일한 다이오드 3개, p-n 접합 발광 다이오드(LED)를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. 스위치 S를 p에 연결하면 LED에서 빛이 방출된다. X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

보기

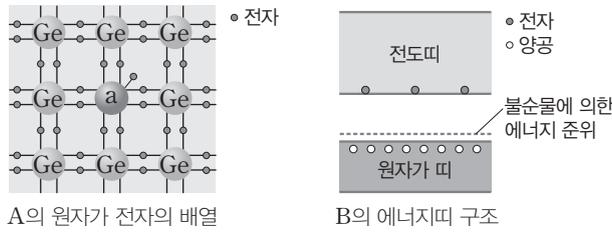
- ㄱ. S를 p에 연결하였을 때 A에는 순방향 전압이 걸린다.
- ㄴ. X는 p형 반도체이다.
- ㄷ. S를 q에 연결하면 LED에서 빛이 방출되지 않는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0125

그림은 고유 반도체 X에 원소 a를 첨가하여 만든 불순물 반도체 A의 원자가 전자의 배열과 X에 원소 b를 첨가하여 만든 불순물 반도체 B의 에너지띠 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

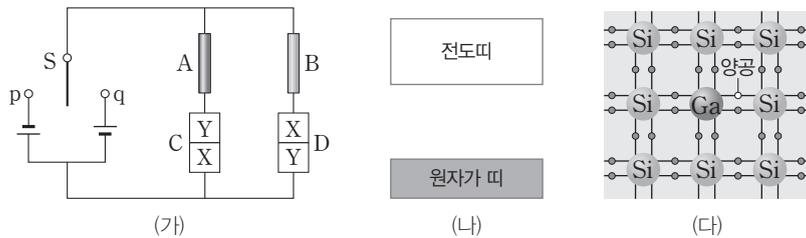
- ㄱ. 원자가 전자는 a가 b보다 많다.
- ㄴ. 전기 전도도는 A가 X보다 크다.
- ㄷ. B에 전류가 흐를 때 주로 양공이 전하 운반자 역할을 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0126

그림 (가)는 모양과 크기가 같은 막대 A와 B, 동일한 p-n 접합 발광 다이오드(LED) C와 D로 구성된 회로를 나타낸 것으로, 스위치 S를 p에 연결하면 1개의 LED에서만 빛이 방출된다. A와 B는 도체와 절연체를 순서 없이 나타낸 것이고, X와 Y는 각각 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. 그림 (나)는 A의 에너지띠 구조를, (다)는 X와 Y 중 하나의 원자가 전자의 배열을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

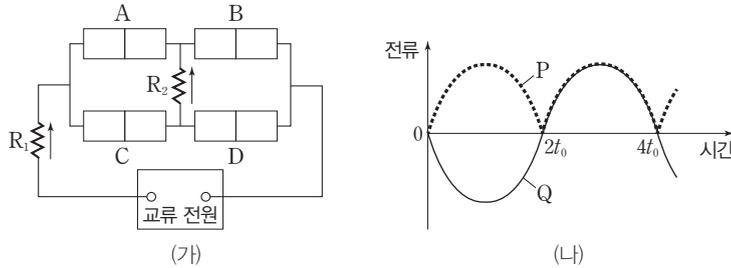
- ㄱ. S를 p에 연결하면 C에서 빛이 방출된다.
- ㄴ. (다)는 Y의 원자가 전자의 배열을 나타낸 것이다.
- ㄷ. S를 q에 연결하면 D의 n형 반도체의 전자와 p형 반도체의 양공이 접합면에서 결합한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0127

그림 (가)는 동일한 p-n 접합 다이오드 A~D와 저항 R_1, R_2 를 교류 전원에 연결한 회로를 나타낸 것이다. 그림 (나)의 P, Q는 R_1, R_2 에 시간에 따라 흐르는 전류를 순서 없이 나타낸 것이다. R_1, R_2 에 흐르는 전류의 방향은 각각 화살표 방향이 양(+)이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

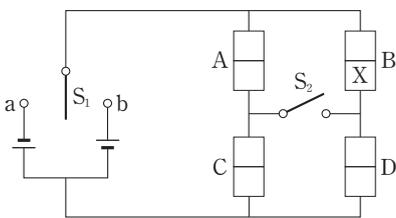
- ㄱ. P는 R_1 에 흐르는 전류를 나타낸 것이다.
- ㄴ. t_0 일 때, 'D → R_2 → A' 방향으로 전류가 흐른다.
- ㄷ. $3t_0$ 일 때, B의 p형 반도체에 있는 양공은 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0128

그림은 동일한 p-n 접합 다이오드 A~D를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것으로, X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. 표는 A, B에서 전류의 흐름을 스위치 S_1, S_2 의 연결 방법에 따라 나타낸 것이다.



상황	S_1	S_2	전류의 흐름	
			A	B
I	a에 연결	열림	흐르지 않음	흐르지 않음
II	a에 연결	닫힘	흐름	
III	b에 연결	열림	흐르지 않음	흐르지 않음
IV	b에 연결	닫힘	㉠	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '흐르지 않음'은 ㉠에 해당한다.
- ㄴ. X는 p형 반도체이다.
- ㄷ. IV의 경우 C에 전류가 흐른다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

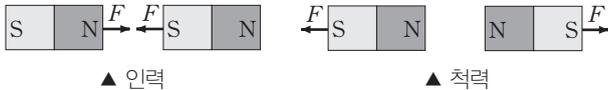
전류에 의한 자기장

1 자기장의 일반적인 특징

(1) 자기력과 자기장

① 자기력: 자석 사이에 작용하는 힘을 자기력이라고 한다.

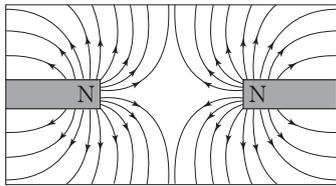
- 자석의 N극과 S극 사이에는 서로 당기는 방향으로 자기력(인력)이 작용한다.
- 자석의 N극과 N극, S극과 S극 사이에는 서로 미는 방향으로 자기력(척력)이 작용한다.



② 자기장: 자석이나 전류 주위에 자기력이 작용하는 공간을 자기장이라고 한다.

- 자기장의 세기: 자석의 자극에 가까울수록 자기력선의 밀도가 커서 자기장의 세기가 세다.
- 자석 주변에서 자기장의 방향: N극에서 나와서 S극으로 들어가는 방향이다.

③ 자기력선: 자기장 내에서 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 연결한 선이다.



▲ N극과 N극 사이의 자기력선

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 수가 많을수록 자기장의 세기가 세다.

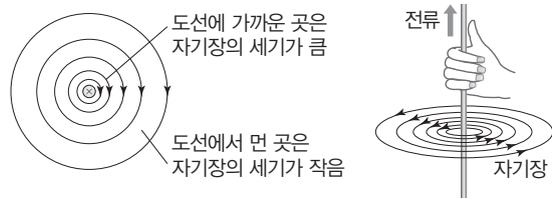
2 직선 전류에 의한 자기장

(1) 자기장의 형태: 직선 도선에 전류가 흐르면 도선 주위에 도선을 중심으로 하는 동심원의 자기장이 형성된다.



▲ 직선 도선 주변의 자기장

(2) 자기장의 방향: 직선 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 하면 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다. 앙페르 법칙은 오른나사의 진행 방향을 전류의 방향으로 할 때 자기장의 방향이 오른나사가 회전하는 방향과 같으므로 오른나사 법칙이라고도 한다.

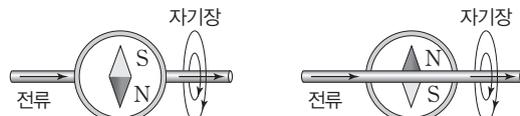


▲ 직선 전류 주변 자기장의 세기 ▲ 전류와 자기장의 방향

(3) 자기장의 세기: 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다.

$$\text{자기장의 세기} \propto \frac{\text{전류의 세기}}{\text{직선 도선으로부터의 거리}}$$

(4) 나침반과 전류: 전류가 흐르는 도선 주위에 나침반을 두면 자기장의 방향으로 자침이 회전하는데, 자침의 N극이 가리키는 방향이 자기장의 방향이다. (지구 자기장은 무시함)



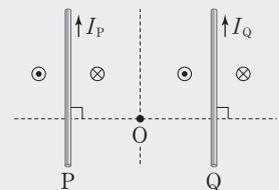
▲ 도선 위의 나침반 ▲ 도선 아래의 나침반

THE 알기 직선 전류에 의한 자기장

• 지구 자기장과 전류에 의한 자기장

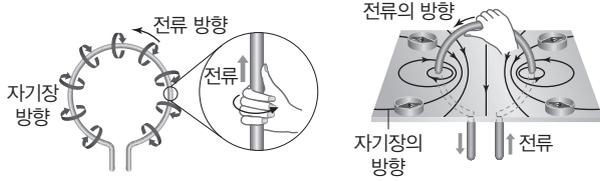


• 나란한 두 직선 전류에 의한 자기장의 방향: 무한히 길고 나란한 두 직선 도선 P, Q에 각각 세기가 I_P, I_Q 인 전류가 같은 방향으로 흐르면, P의 왼쪽은 \odot (종이면에서 수직으로 나오는 방향), Q의 오른쪽은 \otimes (종이면에 수직으로 들어가는 방향)이다. 만약 $I_P = I_Q$ 이면 P와 O(P, Q의 가운데 지점) 사이는 \otimes 이고, O와 Q 사이는 \odot 이다.



3 원형 전류에 의한 자기장

- (1) 원형 전류에 의한 자기장: 원형 도선에 흐르는 전류가 만드는 자기장은 작은 직선 도선이 만드는 자기장의 합으로 생각해 볼 수 있다. 전류의 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 하면 자기장의 방향은 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다.



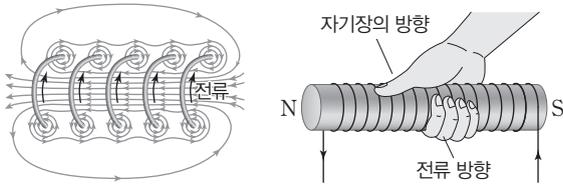
▲ 원형 도선에 흐르는 전류와 자기장의 방향

- (2) 원형 전류 중심에서 자기장의 방향: 오른손 네 손가락을 전류의 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.
 (3) 원형 전류 중심에서 자기장의 세기: 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다.

$$\text{자기장의 세기} \propto \frac{\text{전류의 세기}}{\text{원형 도선의 반지름}}$$

4 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장

- (1) 솔레노이드: 긴 원통에 도선을 촘촘하게 감은 것을 솔레노이드라고 한다.
 (2) 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향: 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이다.



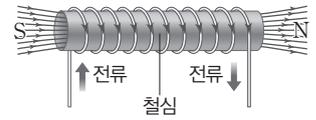
▲ 솔레노이드에 의한 자기장

▲ 전류와 자기장의 방향

- (3) 솔레노이드 내부에서 자기장의 세기: 전류의 세기에 비례하고, 단위 길이당 도선의 감은 수에 비례하며, 이때 솔레노이드 내부에는 균일한 세기의 자기장이 형성된다.
 자기장의 세기 \propto (전류의 세기) \times (단위 길이당 도선의 감은 수)

5 전류의 자기 작용

- (1) 전자석: 코일 내부에 철심을 넣어 코일에 전류가 흐를 때 자석의 성질을 갖게 한 것을 말한다.



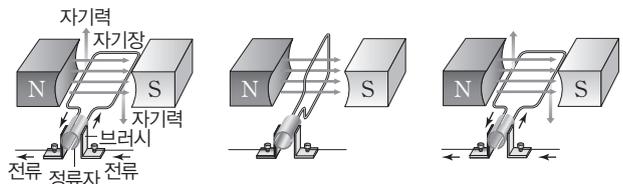
① 특징

- 영구 자석과 달리 전류의 세기를 조절하여 자기장의 세기를 조절할 수 있다.
- 전류의 방향을 반대 방향으로 하면 자석의 극을 바꿀 수 있다.
- 센 전자석을 만들려면 센 전류를 흘려보내야 하고, 코일을 촘촘히 감아야 한다.

- ② 이용: 전자석 기증기, 스피커, 자기 부상 열차, 초인종, 도난 경보 장치 등

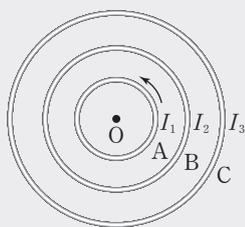
전자석 기증기	스피커	자기 부상 열차
전류가 흐르면 자석의 성질이 나타나 철제품이 달라붙고, 전류가 흐르지 않으면 자석의 성질이 사라지는 전자석의 성질을 이용하여 고철을 옮긴다.	전류의 방향이 바뀌면 전자석의 극이 바뀌어 자기력에 의해 영구 자석과 같은 극끼리는 서로 밀고, 다른 극끼리는 서로 당겨 진동판이 진동하여 소리가 발생한다.	코일에 전류를 흐르게 하면 전자석이 레일의 자석과 서로 밀거나 끌어당겨 차량이 떠서 움직이게 한다.

- (2) 전동기: 도선에 전류를 흘려주면 도선 주변에 형성되는 자기장과 외부 자기장의 상호 작용에 의해 도선이 자기력을 받게 되는데, 이러한 힘을 이용하여 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환할 수 있다.



THE 알기 여러 원형 전류에 의한 자기장

그림과 같이 중심이 점 O로 같은 세 원형 도선 A, B, C가 종이면에 고정되어 있다. 표는 A, B, C에 흐르는 전류의 세기와 O에서 자기장의 세기와 방향을 나타낸 것이다. A에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.



상황	전류의 세기			O에서 자기장	
	A	B	C	세기	방향
(가)	I_1	0	0	B	•
(나)	I_1	I_2	0	$0.5B$	×
(다)	I_1	I_2	I_3	B	•

(×: 종이면에 수직으로 들어가는 방향, •: 종이면에서 수직으로 나오는 방향)

[자료 분석 결과]

- ① B에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이고, $I_2 > I_1$ 이다.
 ② C에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이고, $I_3 > I_2$ 이다.

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

p에서 B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서 D의 전류에 의한 자기장의 세기와 같다.

▶ 간략 풀이

㉠ p에서 B, C, D의 전류에 의한 자기장이 0이다. 따라서 A에 흐르는 전류의 세기가 I_0 이고 방향이 $-y$ 방향일 때 p에서 A~D의 전류에 의한 자기장의 세기가 B_0 임을 통해 ㉠은 B_0 임을 알 수 있다.

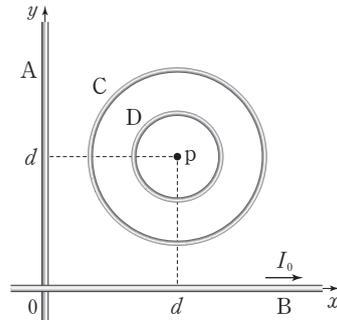
㉡ p에서 C의 전류에 의한 자기장은 B의 전류에 의한 자기장과 같다. 따라서 p에서 C의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

㉢ p에서 D의 전류에 의한 자기장의 세기는 B의 전류에 의한 자기장의 세기의 2배이다.

정답 | ㉢

| 2023학년도 대수능 |

그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B와 점 p를 중심으로 하는 원형 도선 C, D가 xy 평면에 고정되어 있다. C, D에는 같은 세기의 전류가 일정하게 흐르고, B에는 세기가 I_0 인 전류가 $+x$ 방향으로 흐른다. p에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0 이다. 표는 p에서 A~D의 전류에 의한 자기장의 세기를 A에 흐르는 전류에 따라 나타낸 것이다.



A에 흐르는 전류		p에서 A~D의 전류에 의한 자기장의 세기
세기	방향	
0	해당 없음	0
I_0	$+y$	㉠
I_0	$-y$	B_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 B_0 이다.
- ㄴ. p에서 C의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄷ. p에서 D의 전류에 의한 자기장의 세기는 B의 전류에 의한 자기장의 세기보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 27쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

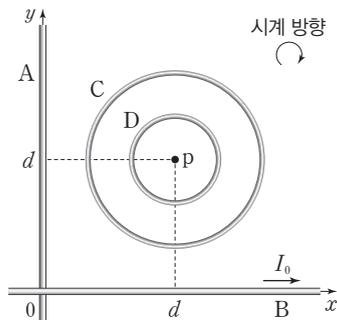
전류가 흐르는 도선 A~D를 이용한다는 점은 유사하지만 표에 주어진 조건이 서로 다르다.

▶ 배경 지식

- 무한히 긴 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다.
- 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 원형 도선 중심에서의 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다.

▶ 23066-0129

그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B와 점 p를 중심으로 하는 원형 도선 C, D가 xy 평면에 고정되어 있다. C, D에 흐르는 전류의 세기는 C에서 D에서보다 작고, B에는 세기가 I_0 인 전류가 $+x$ 방향으로 흐른다. p에서 B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0 로 같다. 표는 p에서 A~D의 전류에 의한 자기장의 세기를 A에 흐르는 전류에 따라 나타낸 것이다.



A에 흐르는 전류		p에서 A~D의 전류에 의한 자기장의 세기
세기	방향	
0	해당 없음	B_0
I_0	$+y$	$2B_0$
I_0	$-y$	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

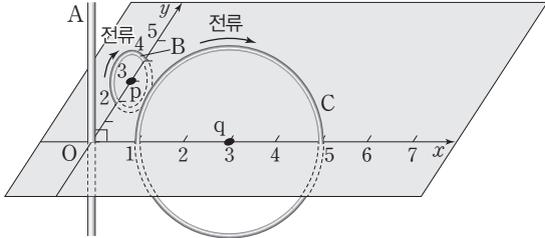
- ㄱ. p에서 D의 전류에 의한 자기장의 세기는 $3B_0$ 이다.
- ㄴ. ㉠은 0이다.
- ㄷ. C에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0130

그림과 같이 원점 O에 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A가 xy 평면에 수직으로 고정되어 있고, 중심이 각각 점 p, q인 일정한 세기의 전류가 흐르는 원형 도선 B, C가 xy 평면에 수직으로 고정되어 있다. B, C에는 각각 화살표 방향으로 전류가 흐르고, p에서 A, B의 전류에 의한 자기장은 0이다. 전류의 세기는 B에서 C에서의 2배이고, 반지름은 C가 B의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, B, C가 이루는 면은 각각 y 축, x 축과 나란하다.)

보기

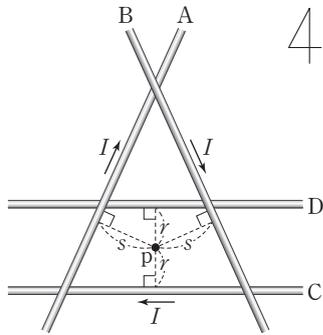
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄴ. p에서 B의 전류에 의한 자기장의 세기는 q에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기의 4배이다.
- ㄷ. q에서 A, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$ 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0131

그림과 같이 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C, D가 종이면에 고정되어 있다. 종이면의 동서 방향과 나란하게 놓인 C, D에 대해 A, B가 삼각형 모양을 이루며 놓여 있고 A, B, C에는 세기가 I 인 전류가 각각 화살표 방향으로 흐르며, 종이면의 점 p는 A, B와는 s 만큼, C, D와는 r 만큼 각각 떨어진 지점이다. $s > r$ 이며, p에서 C, D의 전류에 의한 자기장은 0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

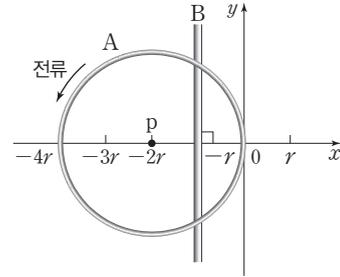
- ㄱ. p에서 A, B의 전류에 의한 자기장은 0이다.
- ㄴ. D에 흐르는 전류의 방향은 동쪽 방향이다.
- ㄷ. p에서 A, D의 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0132

그림과 같이 시계 반대 방향으로 일정한 세기의 전류가 흐르고 중심이 점 p인 원형 도선 A와 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 B가 xy 평면에 고정되어 있다. B는 y 축과 나란하게 $x = -r$ 인 지점에 고정되어 있고, p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0 , A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 $4B_0$ 이고, p에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

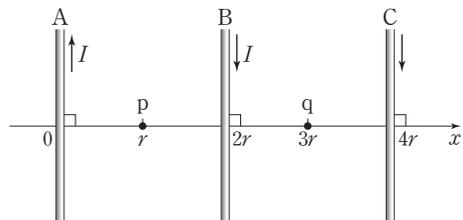
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.
- ㄴ. p에서 B의 전류에 의한 자기장의 세기는 $5B_0$ 이다.
- ㄷ. B만 $x=r$ 로 이동시킨 경우 p에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{2}{3}B_0$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0133

그림과 같이 $x=0$, $x=2r$, $x=4r$ 인 지점을 각각 지나고 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 x 축에 수직으로 종이면에 고정되어 있다. A, B에 흐르는 전류의 세기는 I 이며, A, B, C에는 각각 화살표 방향으로 전류가 흐른다. 점 p, q는 각각 x 축상의 $x=r$, $x=3r$ 인 지점이며, A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 p와 q에서 같고, 자기장의 세기는 p에서 q에서의 2배이다.



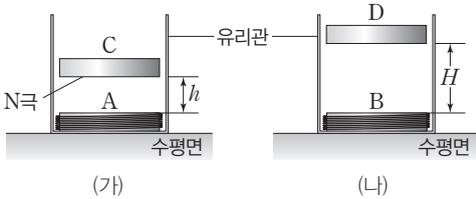
C에 흐르는 전류의 세기는?

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

05

▶23066-0134

그림 (가), (나)와 같이 도선의 감은 수가 다른 동일한 모양의 솔레노이드 A, B를 각각 수평면에 놓인 유리관의 바닥에 고정시킨 뒤, A, B 위에 질량이 같은 동일한 자석 C, D를 가만히 놓았더니 C, D는 A, B 윗면으로부터 높이가 각각 h , H 인 지점에서 가만히 정지하였다. A, B에는 세기와 방향이 같은 전류가 흐르고 $h < H$ 이며, C의 A를 향하는 방향의 자석의 극은 N극이다.



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

보기

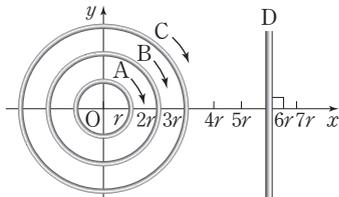
- ㄱ. 도선의 감은 수는 A가 B보다 적다.
- ㄴ. D가 B의 윗면으로부터 h 만큼 떨어진 지점에 있는 순간 B가 D에 작용하는 힘의 크기는 D에 작용하는 중력의 크기보다 작다.
- ㄷ. A 내부의 중심에서 A의 전류에 의한 자기장의 방향은 수평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0135

그림과 같이 중심이 원점 O인 원형 도선 A, B, C가 xy 평면에 고정되어 있다. A~C의 반지름은 각각 r , $2r$, $3r$ 이고 동일한 세기의 전류가 시계 방향으로 흐른다. 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 D는 $x=6r$ 에서 xy 평면에 y 축과 나란한 방향으로 고정되어 있다. O에서 A, B, C, D의 전류에 의한 자기장은 0이다. D만 x 축을 따라 이동시켰을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



보기

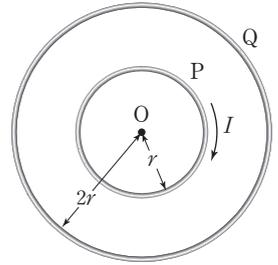
- ㄱ. O에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 D가 $x=6r$ 인 지점에 고정되어 있을 때 D의 전류에 의한 자기장의 세기의 2배이다.
- ㄴ. D를 $x=4r$ 인 지점에 이동시켜 고정했을 때, O에서 A, B, C, D의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄷ. O에서 A, B, C, D의 전류에 의한 자기장의 세기는 D를 $x=5r$ 인 지점에 이동시켜 고정했을 때보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0136

그림은 시계 방향으로 세기가 I 인 전류가 흐르는 원형 도선 P와 전류가 흐르는 원형 도선 Q가 중심을 점 O로 하여 종이면에 고정된 모습을 나타낸 것이다. P, Q의 반지름은 각각 r , $2r$ 이다. 표는 Q에 흐르는 전류의 세기가 다를 때, O에서 P, Q의 전류에 의한 자기장을 나타낸 것이다. Q에 시계 반대 방향으로 세기가 I 인 전류가 흐를 때 O에서 Q의 전류에 의한 자기장은 세기가 B이고, 방향은 (+)방향이다.



조건	I	II	III	IV
자기장	$-B$	$+B$	$-\frac{1}{2}B$	$+\frac{1}{4}B$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

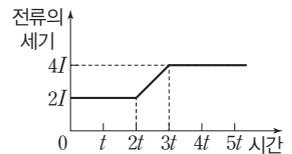
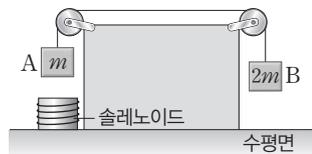
- ㄱ. I일 때 Q에 흐르는 전류의 세기는 $2I$ 이다.
- ㄴ. O에서 Q의 전류에 의한 자기장의 세기는 II일 때가 III일 때의 2배이다.
- ㄷ. O에서 P의 전류에 의한 자기장의 세기는 IV일 때 O에서 Q의 전류에 의한 자기장의 세기의 $\frac{8}{9}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0137

그림 (가)는 수평면에 고정되어 있는 세기가 $2I$ 인 전류가 흐르는 솔레노이드 위에 질량이 m 인 자석 A와 A에 실로 연결된 질량이 $2m$ 인 물체 B가 각각 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다. 솔레노이드에 전류가 흐르는 동안 전류의 방향은 변하지 않으며, $4t$ 이후 A와 솔레노이드는 서로 붙어 정지해 있다.



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

보기

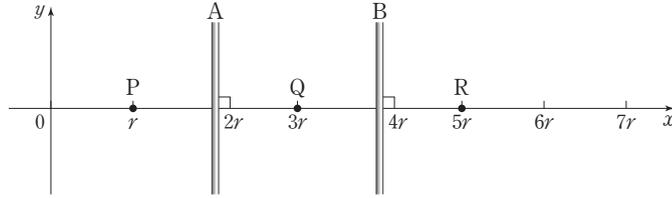
- ㄱ. 솔레노이드와 A 사이에는 서로 미는 힘이 작용한다.
- ㄴ. t 일 때 솔레노이드가 A에 작용하는 힘의 크기는 $2mg$ 이다.
- ㄷ. 실이 A에 작용하는 힘의 크기는 t 일 때와 $5t$ 일 때가 같다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0138

그림과 같이 각각 $x=2r, x=4r$ 인 지점을 지나는 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 xy 평면에 y 축과 나란한 방향으로 고정되어 있다. 점 P, Q, R는 각각 x 축상의 $x=r, x=3r, x=5r$ 인 지점이고, A, B에 흐르는 전류의 방향은 같으며 전류의 세기는 A에서 B에서의 3배이다.



A, B의 전류에 의한 자기장에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

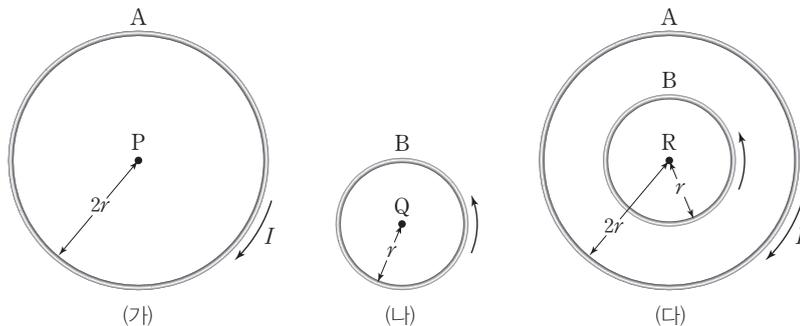
- ㄱ. x 축상에서 자기장이 0인 지점은 A와 Q 사이에 위치한다.
- ㄴ. 자기장의 세기는 P에서 R에서의 $\frac{5}{3}$ 배이다.
- ㄷ. Q와 R에서 자기장의 방향은 같다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0139

그림 (가), (나)는 중심이 각각 점 P, Q인 일정한 세기의 전류가 시계 방향과 시계 반대 방향으로 흐르는 원형 도선 A, B가 종이면에 고정된 모습을 나타낸 것이다. A, B의 반지름은 각각 $2r, r$ 이다. 그림 (다)는 (가), (나)의 A, B가 점 R를 중심으로 동일한 종이면에 고정된 모습을 나타낸 것이다. A에 흐르는 전류의 세기는 I 이며, P에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 Q에서 B의 전류에 의한 자기장의 세기의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

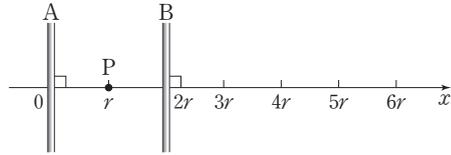
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{1}{2}I$ 이다.
- ㄴ. R에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄷ. R에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기와 Q에서 B의 전류에 의한 자기장의 세기는 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0140

그림과 같이 각각 $x=0$ 과 $x=2r$ 인 지점을 지나는 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 x 축에 대해 수직인 방향으로 서로 나란하게 종이면에 고정되어 있다. 표는 B의 위치만 $+x$ 방향으로 이동시켜 각각 $x=4r$, $x=6r$ 인 지점에 고정했을 때, 점 P에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기를 나타낸 것이다.



B가 고정된 x 축상의 위치	$2r$	$4r$	$6r$
P에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기	0	B	\ominus

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

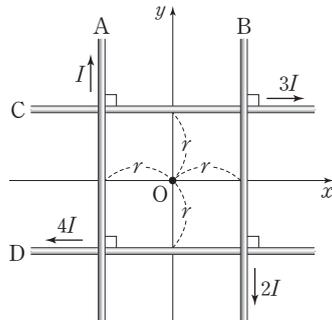
- ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 같다.
- ㄴ. 전류의 세기는 A에서와 B에서의 2배이다.
- ㄷ. \ominus 은 $\frac{2}{3}B$ 이다.

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

04

▶23066-0141

그림은 세기가 각각 $I, 2I, 3I, 4I$ 인 전류가 화살표 방향으로 흐르고 있는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C, D가 각각 원점 O로부터 r 만큼 떨어진 곳에서 xy 평면에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B는 y 축 방향으로, C, D는 x 축 방향으로 서로 나란하게 놓여 있다.



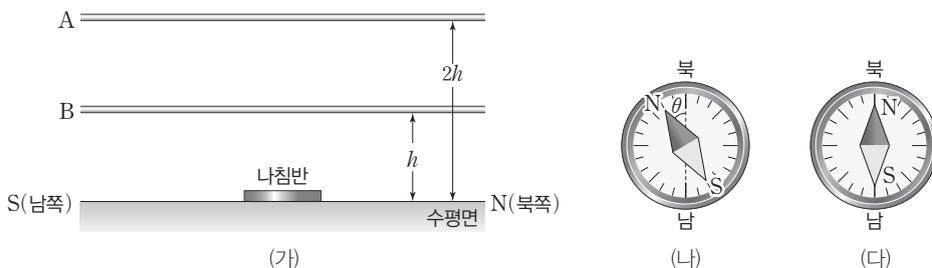
O에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기를 B , xy 평면에서 수직으로 나오는 방향을 (+)방향이라고 할 때, O에서 A, B, C, D의 전류에 의한 자기장의 세기와 방향으로 옳은 것은?

- | | 자기장의 세기 | 자기장의 방향 |
|---|-----------------|---------|
| ① | $\frac{4}{3}B$ | (-) |
| ② | $\frac{4}{3}B$ | (+) |
| ③ | $\frac{10}{3}B$ | (-) |
| ④ | $\frac{10}{3}B$ | (+) |
| ⑤ | $4B$ | (+) |

05

▶23066-0142

그림 (가)는 수평면으로부터 높이가 각각 $2h$, h 인 곳에 남북 방향과 나란한 방향으로 놓은 무한히 긴 직선 도선 A, B 의 바로 아래의 수평면에 나침반이 놓여 있는 모습을, (나)는 (가)의 A에만 일정한 세기의 전류가 흘렀을 때 나침반 자침의 N극이 시계 반대 방향으로 θ 만큼 회전하여 정지한 모습을, (다)는 (가)의 A, B에 모두 일정한 세기의 전류가 흘렀을 때 나침반 자침의 N극이 북쪽을 향하는 모습을 나타낸 것이다. (나), (다)에서 A에 흐르는 전류의 세기와 방향은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, 나침반은 동일 연직면에 있고, 나침반과 도선의 두께, 마찰은 무시한다.)

보기

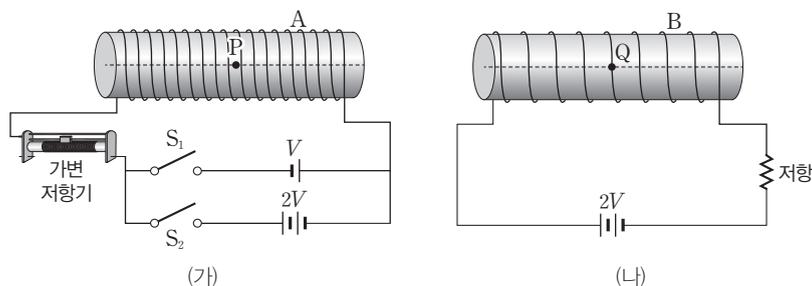
- ㄱ. (다)에서 B에 흐르는 전류의 세기는 A에 흐르는 전류의 세기보다 크다.
- ㄴ. (다)에서 B에 흐르는 전류의 방향은 A에 흐르는 전류의 방향과 반대 방향이다.
- ㄷ. (다)에서 A에 흐르는 전류를 차단하고 B에만 전류를 흐르게 할 경우 나침반 자침의 N극은 시계 방향으로 2θ 만큼 회전한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0143

그림 (가)는 솔레노이드 A, 가변 저항기, 스위치 S_1 , S_2 , 전압이 V , $2V$ 인 직류 전원을 연결한 전기 회로의 모습을, (나)는 솔레노이드 B, 저항, 전압이 $2V$ 인 직류 전원을 연결한 전기 회로의 모습을 나타낸 것이다. A, B의 길이는 같고 도선의 굵은 수는 A가 B의 2배이며, 점 P, Q는 A, B 내부 중심의 지점이다. (가)에서 회로 전체의 초기 저항값은 (나)에서 회로 전체의 저항값과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P와 Q에는 솔레노이드의 전류에 의한 자기장만 형성된다.)

보기

- ㄱ. S_1 만 닫았을 때 P에서 A에 의한 자기장의 방향은 S_2 만 닫았을 때 P에서 A에 의한 자기장의 방향과 서로 반대 방향이다.
- ㄴ. 가변 저항기의 저항값이 초기 저항값인 상태에서 S_2 만 닫았을 때 P에서 A에 의한 자기장의 세기는 Q에서 B에 의한 자기장의 세기보다 크다.
- ㄷ. S_1 만 닫고 가변 저항기의 저항값을 증가시키면 P에서 A에 의한 자기장의 세기는 가변 저항기의 저항값을 증가시키기 전보다 작아진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

물질의 자성과 전자기 유도

1 물질의 자성

(1) 자성과 자기화(자화)

- ① 자성: 물질이 나타내는 자기적인 성질
- ② 자기화: 외부 자기장에 의해 물질 내의 원자가 나타내는 자기장의 배열이 바뀌어 물질이 자석의 성질을 갖게 되는 현상

(2) 자성체

- ① 강자성체: 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되는 비율이 높은 물질로, 외부 자기장이 제거되어도 자성을 오래 유지한다.

예 철, 니켈, 코발트 등

외부 자기장이 없을 때	외부 자기장을 걸 때	외부 자기장을 제거할 때
자기 구역의 자기장 방향이 다양하게 분포한다.	자기 구역이 외부 자기장과 같은 방향으로 강하게 자기화된다.	자기화된 상태를 오래 유지한다.

- ② 상자성체: 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되는 비율이 낮은 물질로, 외부 자기장을 제거하면 자성이 바로 사라진다.

예 알루미늄, 산소, 마그네슘, 종이 등

외부 자기장이 없을 때	외부 자기장을 걸 때	외부 자기장을 제거할 때
원자들의 자기장 방향이 불규칙하게 분포되어 자성을 나타내지 않는다.	외부 자기장과 같은 방향으로 약하게 자기화된다.	원자들의 자기장 방향이 흐트러져 자기화된 상태가 바로 사라진다.

- ③ 반자성체: 자성을 갖는 원자가 없어 외부 자기장을 걸어 줄 때에만 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다. 예 유리, 구리, 물 등

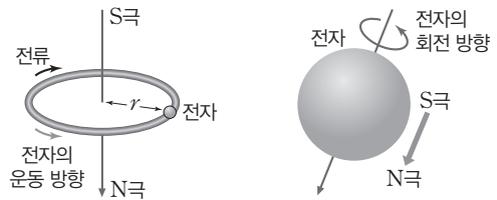
외부 자기장이 없을 때	외부 자기장을 걸 때	외부 자기장을 제거할 때
자성을 갖는 원자가 없어 자기장을 갖지 않는다.	외부 자기장과 반대 방향으로 약하게 자기화된다.	자기화된 상태가 바로 사라진다.

(3) 자성체의 이용

전자석	고무 자석
전류가 흐르는 코일 안에 강자성체를 넣으면 강자성체가 전류에 의한 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로 매우 강한 자석이 된다.	강자성체 분말을 고무에 섞어 만든 고무 자석은 제작 단가가 낮고, 사용이 편리하기 때문에 냉장고 문, 메모지 고정, 광고 전단지 등에 많이 사용된다.
액체 자석	하드 디스크
지폐의 위조 방지를 위해 지폐의 숫자 부분에 액체 자석 잉크가 사용되고 있으며, 장기 내부를 살펴보는 MRI 조영제로 활용하기 위한 연구도 진행되고 있다.	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.

(4) 자성의 원인

- ① 전자의 궤도 운동: 원자 내의 전자의 궤도 운동에 의해 전류가 흘러 원형 고리에 흐르는 전류가 만드는 것과 같은 자기장을 형성한다.
- ② 전자의 스핀: 전자의 고유한 성질로 전자가 자기장을 형성한다.
- ③ 원자는 전자의 궤도 운동과 스핀에 의해 하나의 매우 작은 원자 자석으로 생각할 수 있다.
- ④ 물질의 자성: 반자성은 원자 내의 전자들이 모두 짝을 이루어 물질을 구성하는 각 원자들의 총 자기장이 0이 될 때 나타나며, 강자성과 상자성은 짝을 이루지 않는 전자가 있을 때 나타난다.



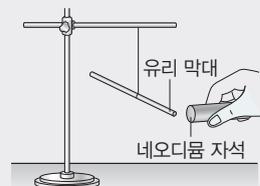
▲ 전자의 궤도 운동 ▲ 전자 스핀의 고전 물리학적 모형

THE 알기 여러 가지 물질의 자성 탐구

- [과정] (1) 그림과 같이 유리 막대를 실에 매달고 스탠드에 고정된 다음 네오디뮴 자석을 가까이 가져간다.
 (2) 유리 막대를 철 막대, 알루미늄 막대, 종이 막대, 니켈 막대, 구리 막대로 각각 바꾸어 과정 (1)을 반복한다.

[결과]

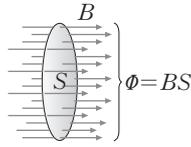
자성체의 종류	강자성체	상자성체	반자성체
자석에 반응하는 정도	강하게 끌려온다.	약하게 끌려온다.	약하게 밀려난다.
물체	철 막대, 니켈 막대	알루미늄 막대, 종이 막대	유리 막대, 구리 막대



2 전자기 유도

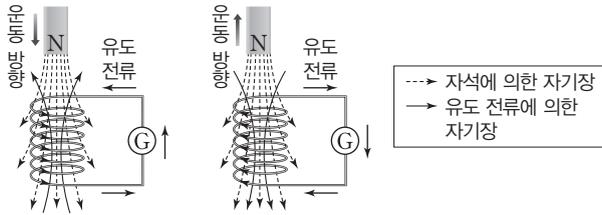
- (1) 자기 선속(Φ): 자기장(B)에 수직인 단면(S)을 지나가는 자기력선의 수를 말하며, 자기력선속이라고도 한다.

$$\Phi = BS \text{ (단위: Wb)}$$



(2) 전자기 유도

- ① 전자기 유도: 자석과 코일의 상대적인 운동에 의해 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 변할 때 코일에 유도 기전력이 발생하여 유도 전류가 흐르는 현상이다.
- ② 렌츠 법칙: 전자기 유도가 일어날 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 자기장이 형성되도록 유도 전류가 흐른다.



▲ 유도 전류의 방향

- ③ 패러데이 법칙: 유도 기전력(V)은 코일의 감은 수(N)가 많을수록 크고, 자기 선속의 단위 시간당 변화율($\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$)이 클수록 크다.

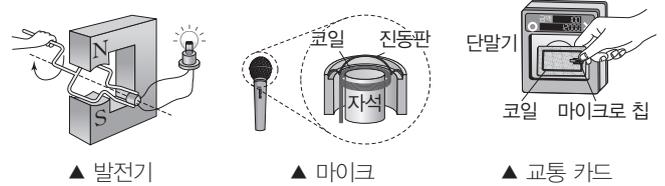
$$V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ (단위: V)}$$

(-)부호는 유도 기전력에 의한 전류의 방향이 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이라는 의미이다.

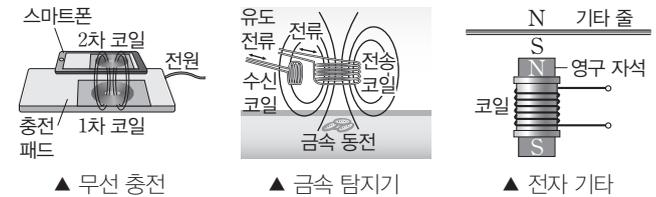
(3) 전자기 유도 이용

- ① 발전기: 자석 사이에 놓인 코일을 회전시키면 자기장에 수직 방향인 코일의 단면적이 변하면서 코일 내부를 통과하는 자기 선속이 계속 변해 유도 전류가 흐른다.
- ② 마이크: 소리가 진동판을 울리면 코일이 진동하고, 코일을 통과하는 자기 선속이 변해 유도 전류가 흐른다.

- ③ 교통 카드: 카드 내부 가장자리에는 코일이 들어 있어 단말기 주변의 변하는 자기장 근처에 가져가면 코일을 지나는 자기 선속이 변해 유도 전류가 흐른다.



- ④ 무선 충전: 충전 패드의 1차 코일에 변하는 전류가 흘러 스마트폰 내부의 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 시간에 따라 변하여 2차 코일에 유도 전류가 흘러 스마트폰이 충전된다.
- ⑤ 금속 탐지기: 금속 탐지기의 전송 코일에서 발생한 자기장이 금속에 닿으면 자기장이 변하고, 이를 금속 탐지기의 수신 코일이 감지하여 유도 전류가 발생해 금속을 탐지한다.
- ⑥ 전자 기타: 영구 자석에 의해 자기화된 기타 줄이 진동하면 기타 줄 아래에 있는 코일을 통과하는 자기 선속이 변하여 코일에 유도 전류가 흐르게 된다.



- ⑦ 발광 바퀴: 바퀴가 회전하면서 코일을 감은 철심이 바퀴의 축에 고정된 영구 자석 주위를 회전하면, 코일을 통과하는 자기 선속에 변화가 생겨 유도 전류가 흘러 발광 다이오드가 켜진다.



- ⑧ 도난 방지 장치: 출입구 기둥 속에 코일이 들어 있어 자성을 제거하지 않은 채 물건을 가지고 통과하면 코일에 유도 전류가 흘러 경고음이 발생한다.

THE 알기 균일한 자기장 영역을 일정한 속도로 지나는 사각형 도선에서의 전자기 유도

	균일한 자기장 영역으로 들어갈 때	균일한 자기장 영역 내에서 이동할 때	균일한 자기장 영역에서 빠져나갈 때
도선의 이동			
자기 선속	사각형 도선 내부를 통과하는 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속 증가	일정	사각형 도선 내부를 통과하는 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	흐르지 않음	시계 방향

테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

p가 $x=7d$ 를 지날 때 p에 유도 전류가 흐르지 않으므로, 이때 금속 고리 면을 수직으로 통과하는 자기 선속의 단위 시간당 변화율은 0이다.

▶ 간략 풀이

㉠ p가 $x=7d$ 를 지날 때 p에는 유도 전류가 흐르지 않으므로 Ⅲ에서의 자기장의 방향은 I에서와 같다.

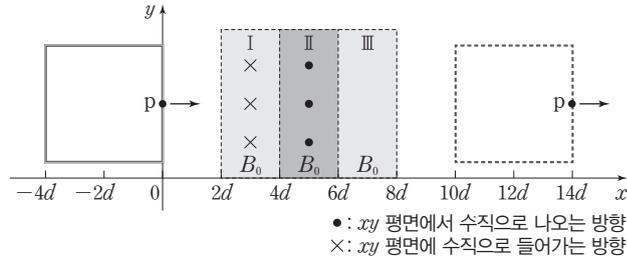
㉡ p가 $x=3d$ 를 지날 때 금속 고리 면을 수직으로 통과하는 자기 선속의 단위 시간당 변화율은 B_0 에 비례하고, xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장에 의한 자기 선속이 증가한다. 따라서 p에는 이를 방해하는 방향인 $+y$ 방향으로 유도 전류가 흐른다.

㉢ p가 $x=3d$ 와 $x=5d$ 를 지날 때 금속 고리 면을 수직으로 통과하는 자기 선속의 단위 시간당 변화율은 서로 같으므로, 이때 p에 흐르는 유도 전류의 세기도 서로 같다.

정답 | ㉢

| 2023학년도 대수능 |

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



•: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향
×: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

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

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 30쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

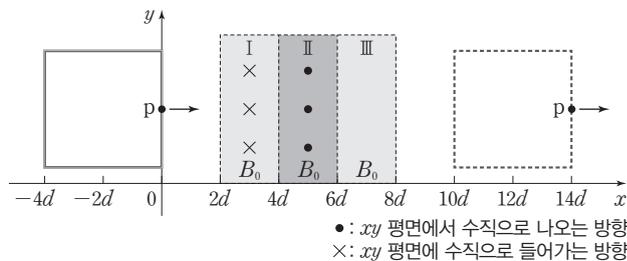
금속 고리가 자기장의 방향이 서로 다르거나 같은 균일한 자기장 영역을 등속도로 지나는 것은 유사하나, 금속 고리의 위치를 지점이 아닌 시간으로 표현한 부분이 다르다.

▶ 배경 지식

- 패러데이 법칙에 의해 금속 고리 면을 수직으로 통과하는 자기 선속의 단위 시간당 변화율이 클수록 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다.
- 유도 전류는 자기 선속의 단위 시간당 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.

▶ 23066-0144

그림과 같이 한 변의 길이가 $4d$ 인 정사각형 금속 고리가 xy 평면에서 $+x$ 방향으로 등속도 운동을 하며 자기장의 세기가 B_0 으로 같은 균일한 자기장 영역 I, II, III을 지난다. 0초일 때 금속 고리의 점 p의 위치는 $x=0$ 이며, 14초일 때 p의 위치는 $x=14d$ 이다. 3초일 때와 7초일 때 p에 흐르는 유도 전류의 방향은 반대이고, 세기는 3초일 때가 7초일 때의 $\frac{1}{2}$ 배이다. III에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이다.



•: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향
×: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

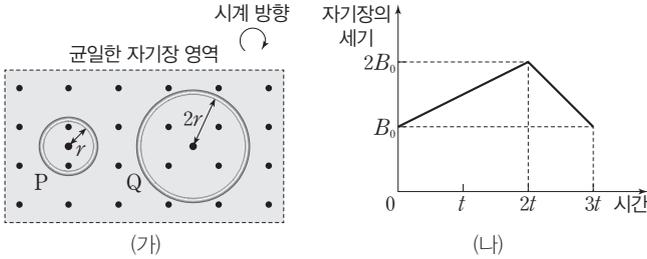
- ㄱ. 자기장의 방향은 I에서와 III에서가 같다.
- ㄴ. p에 흐르는 유도 전류의 세기는 3초일 때가 5초일 때의 2배이다.
- ㄷ. 11초일 때 p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0145

그림 (가)는 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 균일한 자기장 영역에 반지름이 각각 r , $2r$ 인 금속 고리 P, Q가 고정되어 있는 모습을, (나)는 (가)에서 균일한 자기장 영역의 자기장의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P, Q의 저항값은 같고, P, Q 사이의 상호 작용은 무시한다.)

보기

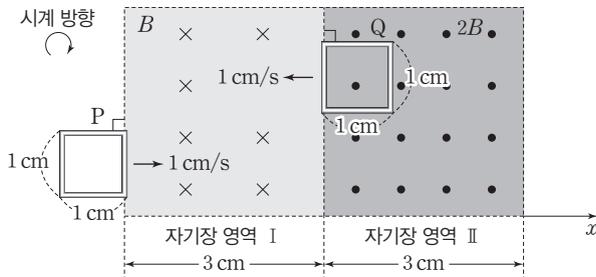
- ㄱ. t 일 때 P에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㄴ. t 일 때 유도 전류의 세기는 Q에서가 P에서보다 크다.
- ㄷ. Q에 흐르는 유도 전류의 세기는 t 일 때가 $\frac{5}{2}t$ 일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0146

그림은 한 변의 길이가 1 cm인 동일한 정사각형 금속 고리 P, Q가 자기장이 0인 영역에서와 자기장의 세기가 $2B$ 로 균일한 자기장 영역 II에서 $+x$ 방향과 $-x$ 방향으로 각각 1 cm/s의 속력으로 등속도 운동을 하며 자기장의 세기가 B 로 균일한 자기장 영역 I에 들어가는 순간의 모습을 나타낸 것이다.



×: 종이면에 수직으로 들어가는 방향
 •: 종이면에서 수직으로 나오는 방향

P, Q가 I에 들어가는 순간을 0초로 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

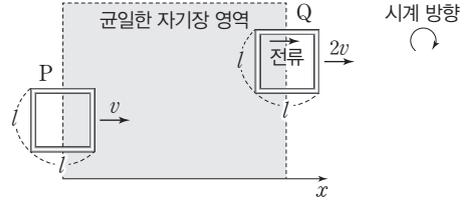
- ㄱ. 0.5초일 때 P, Q에 흐르는 유도 전류의 세기는 같다.
- ㄴ. 2초일 때 Q에 흐르는 유도 전류는 0이다.
- ㄷ. 3.5초일 때 P에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0147

그림은 한 변의 길이가 l 인 동일한 정사각형 금속 고리 P, Q가 종이면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역에서 $+x$ 방향으로 각각 속력 v , $2v$ 로 등속도 운동을 하는 순간의 모습을 나타낸 것이다. 이 순간 Q에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

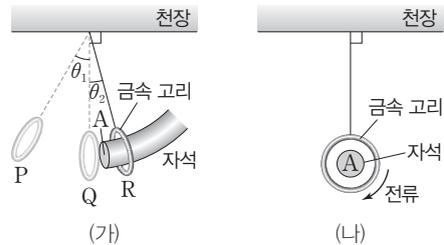
- ㄱ. 균일한 자기장 영역의 자기장 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. P에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㄷ. 유도 전류의 세기는 P에서가 Q에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0148

그림 (가)는 천장에 연결된 절연된 실에 금속 고리를 매달고 연직 방향과 실이 이루는 각이 θ_1 인 P에서 금속 고리를 가만히 놓았을 때, 금속 고리가 Q를 지나 곡선 모양의 자석을 통과하여 R까지 이동한 뒤 R에서 금속 고리의 속력이 0인 순간의 모습을 나타낸 것이다. R에서 연직 방향과 실이 이루는 각은 θ_2 이며, $\theta_1 > \theta_2$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 자석의 N극 또는 S극인 A를 향해 바라볼 때 금속 고리가 Q를 지나는 순간 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향을 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. R에 도달한 금속 고리는 다시 Q를 지나 P에 도달한다.
- ㄴ. A는 N극이다.
- ㄷ. R에 도달한 금속 고리가 다시 Q를 지나는 순간 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 (나)에서 유도 전류의 방향과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0149

그림 (가), (나)와 같이 각각 스위치가 연결된 수평면에 놓인 동일한 솔레노이드 앞에 자기화되지 않은 강자성체 또는 반자성체인 물체 A, B가 놓여 있다. (가), (나)에서 스위치를 닫았을 때 A는 솔레노이드와 가까워지는 방향으로 이동하고, B는 솔레노이드와 멀어지는 방향으로 이동한다.



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

보기

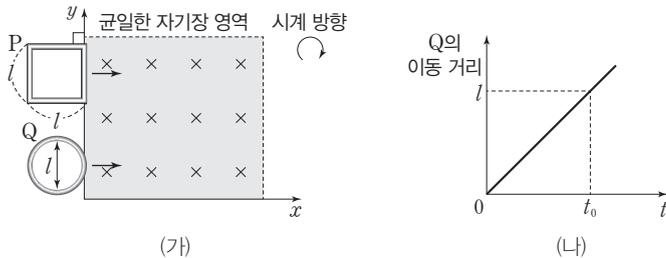
- ㄱ. A는 강자성체이다.
- ㄴ. (가)에서 스위치를 다시 열었을 때 A의 자기화된 상태는 즉시 사라진다.
- ㄷ. (나)에서 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향을 반대로 하였을 때 B는 솔레노이드에 가까워지는 방향으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0150

그림 (가)는 xy 평면에서 한 변의 길이가 l 인 정사각형 금속 고리 P와 지름이 l 인 원형 금속 고리 Q가 $+x$ 방향으로 동일한 속력으로 등속도 운동을 하며, xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역에 들어가는 시간 $t=0$ 인 순간의 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 Q의 이동 거리를 t 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Q는 회전하지 않으며, P, Q 사이의 상호 작용은 무시한다.)

보기

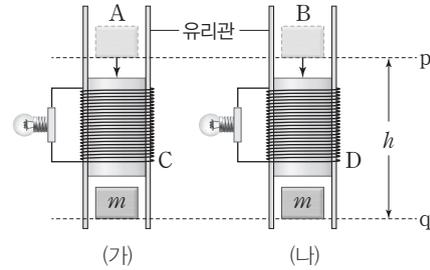
- ㄱ. $t = \frac{t_0}{4}$ 일 때, P에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.
- ㄴ. $t=0$ 부터 $t = \frac{t_0}{4}$ 까지 P, Q에 흐르는 유도 전류의 세기는 P에서가 Q에서보다 크다.
- ㄷ. $t = \frac{t_0}{2}$ 부터 $t = t_0$ 까지 Q에 흐르는 유도 전류의 세기는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0151

그림 (가), (나)는 유리관에 고정된 길이가 같고 도선의 감은 수가 같은 솔레노이드 C, D로부터 같은 거리만큼 떨어진 기준선 p에 질량이 m 으로 같은 물체 A, B를 동시에 가만히 놓았을 때, A, B가 기준선 q를 각각 서로 다른 시간에 지나는 모습을 나타낸 것이다. A, B는 플라스틱 상자와 자석을 순서 없이 나타낸 것이다. C, D에는 각각 동일한 전구가 연결되어 있고, p, q 사이 거리는 h 이다. A, B가 연직 방향으로 가속도 운동을 하며 p에서 q까지 이동하는 동안 D에 연결된 전구만 불이 켜진다.



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

보기

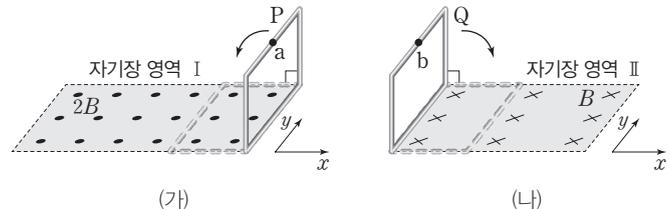
- ㄱ. A는 플라스틱 상자이다.
- ㄴ. q에서 물체의 속력은 A가 B보다 작다.
- ㄷ. q에서 B의 운동 에너지는 mgh 보다 작다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0152

그림 (가), (나)는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향과 들어가는 방향으로 세기가 각각 $2B$, B 인 균일한 자기장 영역 I, II에 대해 수직으로 세워진 동일한 금속 고리 P, Q를 y 축을 회전축으로 하여 각각 화살표 방향으로 90° 회전시키는 모습을 나타낸 것이다. 점 a, b는 각각 P, Q에 고정된 지점이다.



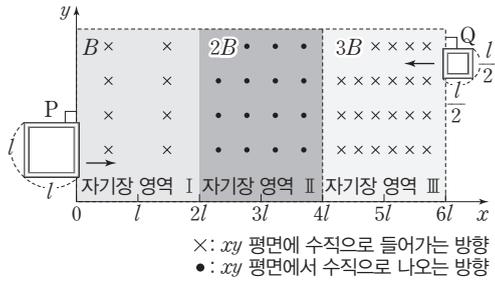
P, Q를 같은 속력으로 45° 회전시켰을 때, a, b에 흐르는 유도 전류의 세기와 방향으로 옳은 것은? (단, 공기 저항은 무시한다.)

- | 유도 전류의 세기 | a에서의 방향 | b에서의 방향 |
|------------------|---------|---------|
| ① a에서가 b에서보다 크다. | $+y$ 방향 | $+y$ 방향 |
| ② a에서가 b에서보다 작다. | $+y$ 방향 | $-y$ 방향 |
| ③ a에서와 b에서가 같다. | $+y$ 방향 | $-y$ 방향 |
| ④ a에서가 b에서보다 크다. | $-y$ 방향 | $+y$ 방향 |
| ⑤ a에서와 b에서가 같다. | $-y$ 방향 | $-y$ 방향 |

01

▶ 23066-0153

그림은 xy 평면에서 한 변의 길이가 l 인 정사각형 금속 고리 P와 $\frac{l}{2}$ 인 정사각형 금속 고리 Q가 $+x$ 방향과 $-x$ 방향으로 각각 1초당 $l, \frac{l}{2}$ 만큼 이동하는 속력으로 등속도 운동을 하며 xy 평면의 자기장 영역 I과 자기장 영역 III에 들어가는 순간의 모습을 나타낸 것이다. x 축 방향을 따라 균일한 자기장 영역 I, II, III의 폭은 $2l$ 로 같고, 자기장의 세기는 각각 $B, 2B, 3B$ 이다.



P, Q가 각각 I, III에 들어가는 순간을 0초로 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 2.5초일 때 P에 흐르는 유도 전류의 방향은 0.5초일 때 Q에 흐르는 유도 전류의 방향과 같다.
- ㄴ. P에 흐르는 유도 전류의 세기는 2.5초일 때가 4.5초일 때보다 크다.
- ㄷ. 10초일 때 P, Q에 흐르는 유도 전류는 0이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

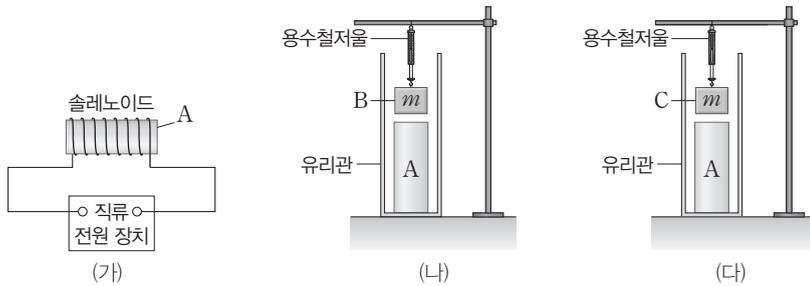
02

▶ 23066-0154

다음은 물체 A, B, C의 자성을 확인하는 실험이다. A, B, C는 각각 자기화되지 않은 강자성체 또는 반자성체 중 하나이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 직류 전원 장치에 연결된 일정한 세기의 전류가 흐르는 솔레노이드에 물체 A를 넣는다.
- (나) (가)의 A를 원통형 유리관에 넣고 스탠드에 연결된 용수철저울에 질량이 m 인 물체 B를 매달아 A 위에 가만히 놓은 후 B에 연결된 용수철저울의 눈금을 읽는다.
- (다) (나)에서 용수철저울에 연결된 B만을 B와 동일한 크기의 질량이 m 인 물체 C로 바꾸어 (나)의 실험 과정을 반복한다.



[실험 결과]

- (나)에서 용수철저울의 눈금은 0보다 크고 B의 무게 mg 보다 작다.
- (다)에서 용수철저울의 눈금은 0보다 크고 C의 무게 mg 보다 크다.

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

보기

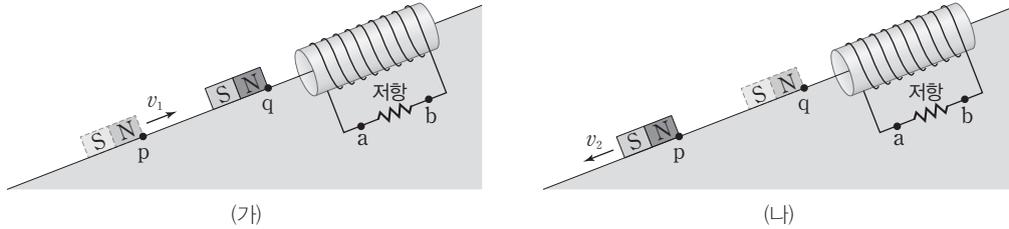
- ㄱ. A는 강자성체이다.
- ㄴ. (나)에서 용수철저울이 B에 작용하는 힘의 크기는 mg 보다 작다.
- ㄷ. (나)에서 A가 B에 작용하는 자기력의 방향은 (다)에서 A가 C에 작용하는 자기력의 방향과 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0155

그림 (가)는 마찰이 없는 빗면에서 자석이 솔레노이드의 중심축을 따라 올라가 빗면의 점 p를 속력 v_1 로 통과한 후 빗면의 점 q에서 속력이 0인 순간의 모습을, (나)는 (가)의 자석이 q에서 빗면을 따라 내려가 p를 속력 v_2 로 통과하는 순간의 모습을 나타낸 것이다.



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

보기

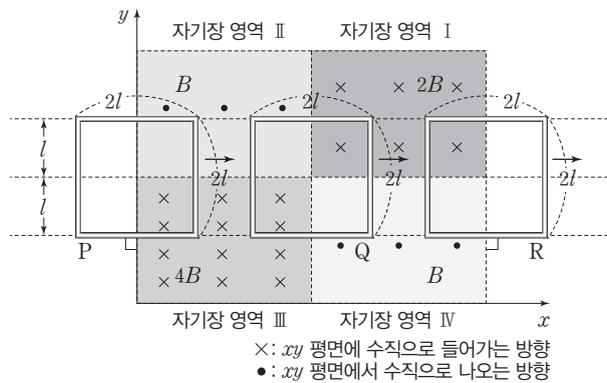
- ㄱ. $v_1 > v_2$ 이다.
- ㄴ. 자석이 운동하는 동안 자석에 작용하는 자기력의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 서로 반대 방향이다.
- ㄷ. (가)에서 자석이 빗면을 따라 올라가는 동안 솔레노이드에 흐르는 유도 전류의 방향은 'a → 저항 → b'이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0156

그림은 xy 평면에서 한 변의 길이가 $2l$ 인 동일한 정사각형 금속 고리 P, Q, R가 균일한 자기장 영역 I, II, III, IV를 $+x$ 방향으로 각각 같은 크기의 속도로 등속도 운동을 하며 지나는 순간의 모습을 나타낸 것이다. I, II, III, IV의 자기장 세기는 각각 $2B, B, 4B, B$ 이다.



P, Q에 흐르는 유도 전류의 방향과 P, R에 흐르는 유도 전류의 세기의 비교로 옳은 것은?

- | | |
|--|--|
| <p><u>P, Q에 흐르는 유도 전류의 방향</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ① 유도 전류의 방향은 서로 같다. ② 유도 전류의 방향은 서로 같다 ③ 유도 전류의 방향은 서로 반대이다. ④ 유도 전류의 방향은 서로 반대이다. ⑤ 유도 전류의 방향은 서로 반대이다. | <p><u>P, R에 흐르는 유도 전류의 세기</u></p> <ul style="list-style-type: none"> P에서와 R에서가 같다. P에서가 R에서보다 크다. P에서와 R에서가 같다. P에서가 R에서보다 작다. P에서가 R에서보다 크다. |
|--|--|

11

파동의 진행과 굴절

1 파동의 진행

(1) 파동의 특성

① 파동: 공간이나 물질의 한 부분에서 발생한 진동이 주위로 퍼져 나가는 현상

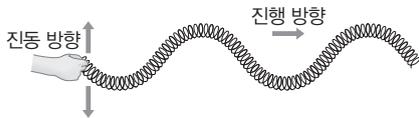
- 파원: 파동이 처음 시작된 곳
- 매질: 용수철이나 물과 같이 파동을 전달하는 물질

② 파동의 전파: 파동이 전파될 때 매질은 제자리에서 진동할 뿐 파동과 함께 이동하지 않고, 에너지가 전달된다.

(2) 매질의 진동 방향에 따른 파동의 종류

① 횡파: 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 수직인 파동

예 지진파의 S파, 전자기파 등



② 종파: 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 서로 나란한 파동

예 지진파의 P파, 소리(초음파) 등



(3) 파동의 표현

① 마루와 골: 횡파에서 파동의 가장 높은 곳이 마루, 가장 낮은 곳이 골

② 파장(λ): 매질의 각 점이 한 번 진동하는 동안 파동이 진행한 거리, 인접한 마루와 마루 또는 인접한 골과 골 사이의 거리

③ 진폭(A): 매질의 최대 변위의 크기, 즉 진동의 중심에서 마루나 골까지의 거리

④ 주기(T): 매질의 각 점이 한 번 진동하는 데 걸린 시간 (단위: s)

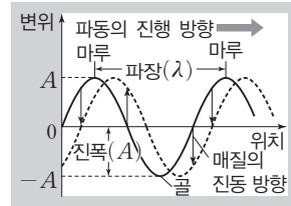
⑤ 진동수(f): 매질의 각 점이 1초 동안 진동하는 횟수로, 주기와 역수 관계 (단위: Hz) $\Rightarrow f = \frac{1}{T}$ 또는 $T = \frac{1}{f}$

⑥ 위상: 매질의 각 점들의 위치와 진동(운동) 상태를 나타내는 물리량

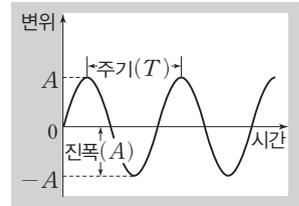
⑦ 주기와 진동수는 파동을 발생시키는 파원에 의해서 결정되며, 매

질이 달라져도 주기와 진동수는 달라지지 않는다.

⑧ 파동 그래프: 파동은 매질의 변위를 위치 또는 시간에 따라 그래프로 나타낼 수 있다.



▲ 변위-위치 그래프



▲ 변위-시간 그래프

(4) 파동의 진행 속도: 파동이 단위 시간 동안 이동한 거리이다. 파동은 한 주기 동안 한 파장만큼 진행하므로 파동의 주기를 T , 파장을 λ , 진동수를 f 라고 하면 파동의 진행 속도 v 는 다음과 같다.

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda \text{ (단위: m/s)}$$

① 줄에서 파동의 속도(줄의 재질이 같을 때)

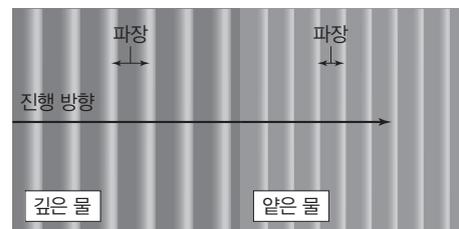


- 굵은 줄에서보다 가는 줄에서 더 빠르다.
- 굵은 줄과 가는 줄에서 진동수는 같다.
- 파동의 속력이 빠를수록 파장이 길다.

② 소리의 속도

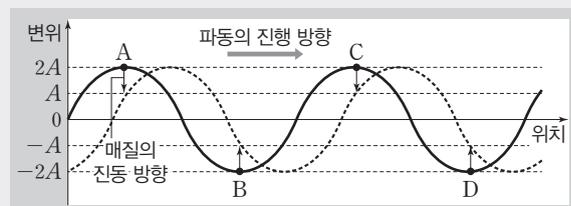
- 기체에서의 속도: 동일한 기체에서는 기체의 온도가 높을수록 소리의 속력이 빠르다. $\Rightarrow v_{\text{고온}} > v_{\text{저온}}$
- 매질의 상태에 따른 속도: 고체에서 가장 빠르고, 기체에서 가장 느리다. $\Rightarrow v_{\text{고체}} > v_{\text{액체}} > v_{\text{기체}}$

③ 물결파의 속도: 물의 깊이가 깊을수록 파장이 길므로 속력이 빠르다.



THE 알기 위상

한 파동에서 매질의 변위와 진동 방향이 모두 같은 점들은 위상이 같다고 하며, 매질의 변위와 진동 방향이 모두 반대인 점들은 위상이 반대이다. 한 파장 간격의 두 점 A와 C 또는 B와 D는 변위와 매질의 진동 방향이 같으므로 위상이 같은 점이다. 그러나 A와 B, B와 C, C와 D는 변위와 진동 방향 모두 반대이므로 위상이 반대인 점이다. 위상이 같은 이웃한 두 점 사이의 거리는 파장, 위상이 반대인 이웃한 두 점 사이의 거리는 파장의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

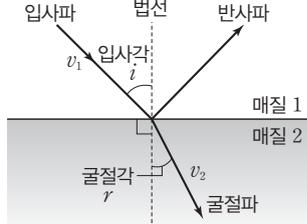


2 파동의 굴절

(1) 파동의 굴절: 파동이 진행할 때 속력이 다른 매질의 경계면에서 진행 방향이 변하는 현상

① 굴절의 원인: 매질의 종류와 상태에 따라서 파동의 진행 속력이 달라지기 때문이다.

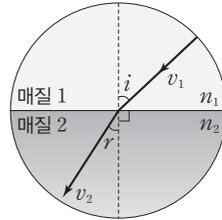
- 법선: 두 매질의 경계면에 수직인 직선
- 입사각(i): 입사파의 진행 방향과 법선이 이루는 각
- 굴절각(r): 굴절파의 진행 방향과 법선이 이루는 각



② 굴절 법칙(스넬 법칙)

• 굴절률(n): 매질에서 빛의 속력 v 에 대한 진공에서 빛의 속력 c 의 비 $\rightarrow n = \frac{c}{v}$

- 상대 굴절률(n_{12}): 매질 1의 굴절률이 n_1 , 매질 2의 굴절률이 n_2 일 때 매질 1의 굴절률에 대한 매질 2의 굴절률 $\rightarrow n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$



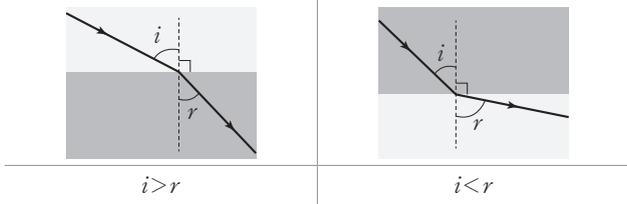
- 굴절 법칙: 매질 1에서 매질 2로 빛이 진행할 때, 매질 1의 굴절률이 n_1 , 매질 2의 굴절률이 n_2 이면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}(\text{일정})$$

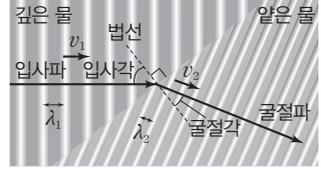
③ 파동의 굴절

- 빛의 굴절

빛의 속력이 빠른 매질 \rightarrow 느린 매질 빛의 속력이 느린 매질 \rightarrow 빠른 매질



- 물결파의 굴절: 깊은 물에서 얇은 물로 진행할 때 이웃한 파면과 파면 사이의 거리(파장)는 짧아지고 물결파의 속력은 느려진다. $\rightarrow v_1 > v_2$

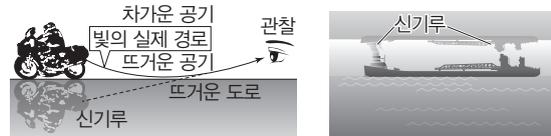


(2) 생활 속 굴절 현상

① 소리의 굴절: 낮에는 높이가 올라갈수록 기온이 낮아지므로 소리가 위로 휘어지고, 밤에는 높이가 올라갈수록 기온이 높아지므로 소리가 아래로 휘어진다.



② 신기루: 공기의 온도에 따른 밀도의 변화로 빛의 진행 방향이 바뀌어 물체의 실제 위치가 아닌 곳에서 물체가 보이는 현상



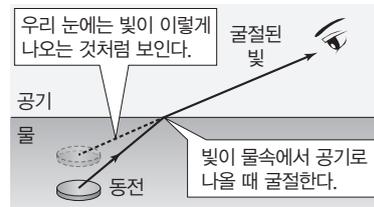
③ 렌즈: 빛을 모으거나 퍼지게 할 수 있도록 만든 광학 기구



▲ 볼록 렌즈

▲ 오목 렌즈

④ 수심이 얇아 보이는 현상: 빛이 물속에서 공기 중으로 나올 때 굴절각이 입사각보다 크고, 이때 굴절된 광선의 연장선이 만나는 지점에 물체가 있는 것으로 보인다.



THE 알기 굴절 법칙(스넬 법칙)

그림은 매질 1에서 매질 2로 진행하는 파동이 굴절하는 것을 파면으로 나타낸 것으로, 같은 파면 위의 두 점 A, B는 같은 시간(t) 동안 A는 매질 2에서 진행하므로 A'까지 진행하고 B는 매질 1에서 진행하므로 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 $BB' = v_1 t, v_1 = f\lambda_1, AA' = v_2 t, v_2 = f\lambda_2$ 이다. $BB' = AB' \sin i$ 이고,

$$\frac{AA'}{AB'} = \frac{v_1 t}{v_2 t} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{f\lambda_1}{f\lambda_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin i}{\sin r} \text{이다.}$$

따라서 $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ 이다.

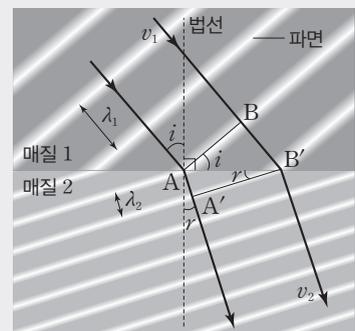
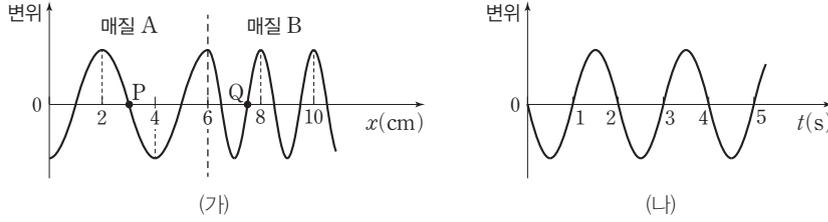


그림 (가)는 시간 $t=0$ 일 때, x 축과 나란하게 매질 A에서 매질 B로 진행하는 파동의 변위를 위치 x 에 따라 나타낸 것이다. 점 P, Q는 x 축상의 지점이다. 그림 (나)는 P, Q 중 한 지점에서 파동의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 파동의 진동수는 2 Hz이다.
- ㄴ. (나)는 Q에서 파동의 변위이다.
- ㄷ. 파동의 진행 속력은 A에서가 B에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

파동이 진행할 때 매질이 달라져도 진동수는 변하지 않는다. 따라서 A와 B에서 파동의 진동수는 같다.

▶ 간략 풀이

✕ 파동의 진동수는 주기의 역수이다. (나)에서 파동의 주기는 2초이므로 파동의 진동수는 $\frac{1}{2}$ Hz이다.

㉠ 파동이 A에서 B로 진행하므로 $t=0$ 일 때 P에서 A의 운동 방향은 위쪽, Q에서 B의 운동 방향은 아래쪽이다. 따라서 (나)는 Q에서 파동의 변위이다.

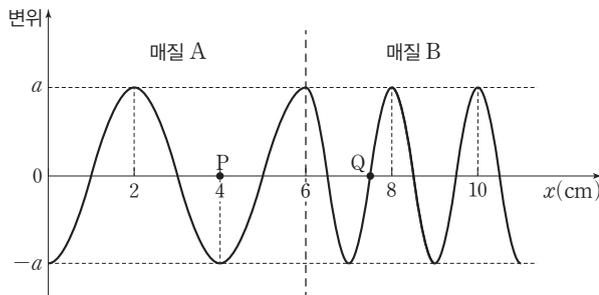
㉡ 파동의 진행 속력은 파장과 진동수의 곱이다. 파동의 진동수는 A에서와 B에서가 같고, 파장은 A에서가 B에서의 2배이므로 파동의 진행 속력은 A에서가 B에서의 2배이다.

정답 | ④

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

▶ 23066-0157

그림은 시간 $t=0$ 일 때, x 축과 나란하게 매질 A에서 매질 B로 진행하는 파동의 변위를 위치 x 에 따라 나타낸 것이다. 점 P, Q는 x 축상의 지점이다. B에서 파동의 주기는 2초이다.



A에서 파동의 진행 속력과 $t=1$ 초일 때 P, Q에서 파동의 변위로 옳은 것은?

	진행 속력(cm/s)	P에서 변위	Q에서 변위
①	1	0	0
②	2	a	0
③	2	0	$-a$
④	4	a	0
⑤	4	0	0

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

파동에서 매질의 변위를 위치에 따라 나타낸 그래프를 이해해야 하는 점은 유사하나 마루와 골의 개념을 이해해야 하는 점은 다르다.

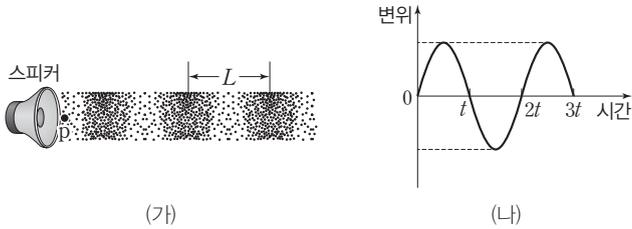
▶ 배경 지식

주기는 매질의 각 점이 한 번 진동하는 데 걸리는 시간이고, 파장은 매질의 각 점이 한 번 진동하는 동안 파동이 진행한 거리이다.

01

▶23066-0158

그림 (가)는 스피커에서 발생한 진동수와 세기가 일정한 소리가 공기 중에서 진행할 때 어느 순간 공기의 밀도를 나타낸 것이다. L 은 이웃한 공기의 밀도가 가장 높은 곳 사이의 거리이다. 그림 (나)는 (가)의 스피커 앞의 점 p 에서 진동하는 공기 입자의 변위를 시간에 따라 나타낸 것이다. 소리의 속력은 v 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

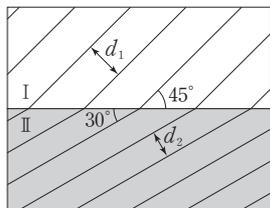
- ㄱ. (가)에서 소리의 진행 방향은 공기의 진동 방향과 나란하다.
- ㄴ. (가)에서 소리의 진동수를 증가시키면 L 은 증가한다.
- ㄷ. $v = \frac{L}{t}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0159

그림은 깊이가 각각 h_1, h_2 인 영역 I, II의 경계로 진행하는 물결파의 파면을 나타낸 것이다. I, II에서 이웃한 파면과 파면 사이의 거리는 각각 d_1, d_2 이고 파면과 경계면이 이루는 각은 각각 $45^\circ, 30^\circ$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

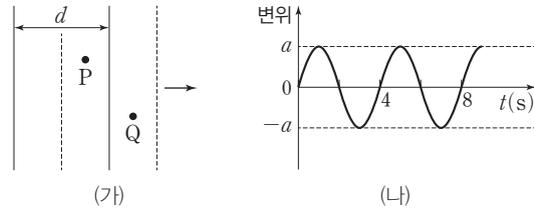
- ㄱ. $h_1 > h_2$ 이다.
- ㄴ. 물결파의 파장은 I에서가 II에서의 $\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄷ. 물결파의 속력은 I에서가 II에서의 $\frac{d_2}{d_1}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0160

그림 (가)는 오른쪽 방향으로 2 cm/s 의 속력으로 진행하는 물결파의 시간 $t=0$ 인 순간의 모습을 평면상에 나타낸 것이다. 실선과 점선은 각각 물결파의 마루와 골이고 P, Q는 평면상에 고정된 점이며, $t=0$ 일 때 P와 Q에서 물결파의 변위는 0이다. 그림 (나)는 P 또는 Q에서 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

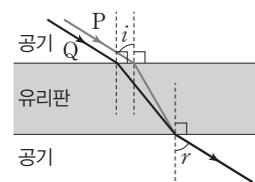
- ㄱ. $d=8 \text{ cm}$ 이다.
- ㄴ. (나)는 Q에서 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.
- ㄷ. $t=5$ 초일 때 물결파의 변위는 P에서와 Q에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0161

그림과 같이 공기 중에서 유리판으로 같은 입사각 i 로 입사한 파장이 다른 단색광 P, Q가 유리판을 지나 유리판과 공기의 경계에서 굴절각 r 로 진행한다. 표의 ㉠, ㉡은 공기와 유리에서 P, Q의 속력을 순서 없이 나타낸 것이다.



구분	단색광의 속력($\times 10^8 \text{ m/s}$)	
	공기	유리
㉠	3.00	1.97
㉡	3.00	1.94

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

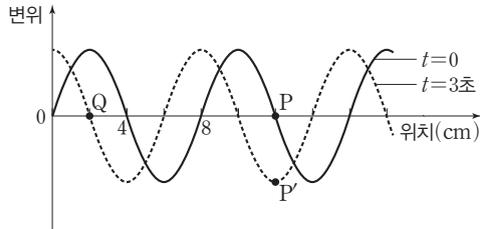
- ㄱ. $i=r$ 이다.
- ㄴ. ㉡은 Q이다.
- ㄷ. P의 진동수는 유리판에서가 공기에서보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0162

그림은 시간 $t=0$ 일 때 오른쪽으로 진행하는 파동의 변위를 위치에 따라 나타낸 것으로, 매질 위의 한 점 P는 $t=3$ 초일 때 처음으로 점 P'로 이동하였다. Q는 매질 위의 한 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

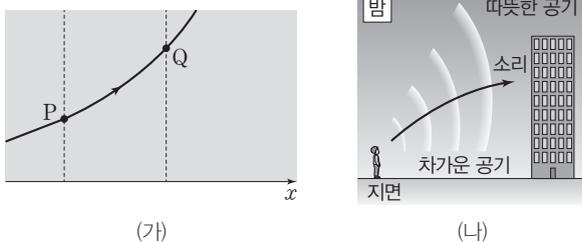
- ㄱ. 파동의 진동수는 0.25 Hz이다.
- ㄴ. $t=3$ 초일 때, Q의 운동 방향은 위쪽이다.
- ㄷ. 파동의 속력은 2 cm/s이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0163

그림 (가)는 매질의 경계면으로부터 거리 x 에 따라 굴절률이 연속적으로 변하는 매질 속에서 진행하는 단색광의 경로를 나타낸 것이다. P와 Q는 각각 매질 속에서 고정된 점이다. 그림 (나)는 밤에 발생한 소리의 진행 방향을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

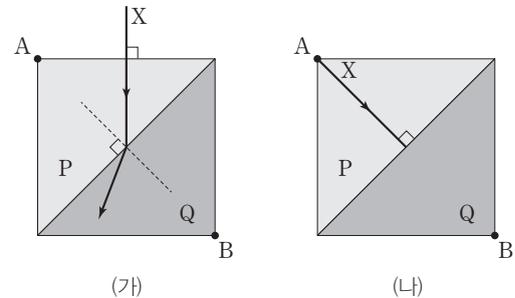
- ㄱ. (가)에서 단색광이 P에서 Q까지 진행하는 동안 매질의 굴절률은 증가한다.
- ㄴ. (가)에서 단색광이 P에서 Q까지 진행하는 동안 단색광의 파장은 길어진다.
- ㄷ. (나)에서 소리의 속력은 차가운 공기에서 따뜻한 공기에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0164

그림 (가)는 이등변 삼각형 모양의 매질 P, Q로 만든 물체에 단색광 X가 수직으로 입사했을 때의 진행 경로를 나타낸 것으로, 점 A, B는 물체상의 한 점이다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 지난 X가 P, Q의 경계면에 수직으로 입사하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

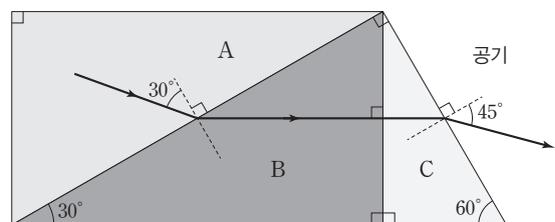
- ㄱ. 굴절률은 P가 Q보다 크다.
- ㄴ. (나)에서 X는 B를 지난다.
- ㄷ. (나)에서 X의 속력은 P에서와 Q에서가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0165

그림은 매질 A에서 입사각 30° 로 매질 B로 입사한 단색광이 매질 C를 지나 굴절각 45° 로 공기 중으로 굴절하여 진행하는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 직각 삼각형 모양이며, B, C에서 단색광은 B, C의 밑변과 평행하게 진행한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

보기

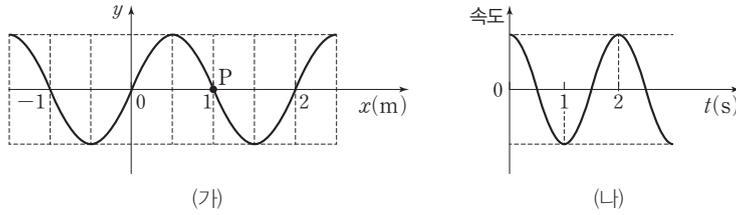
- ㄱ. 단색광의 파장은 B에서 A에서의 $\sqrt{3}$ 배이다.
- ㄴ. 단색광의 속력은 공기에서 C에서보다 크다.
- ㄷ. C의 굴절률은 $\sqrt{2}$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0166

그림 (가)는 줄을 따라 x 축과 나란하게 진행되는 횡파의 시간 $t=0$ 인 순간의 변위 y 를 위치 x 에 따라 나타낸 것으로, 줄 위에 고정된 점 P는 y 축과 나란하게 진동한다. 그림 (나)는 P의 속도를 t 에 따라 나타낸 것이다.

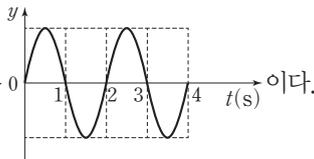


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 매질의 속도가 (+)일 때 매질의 운동 방향은 + y 방향이다.)

보기

- ㄱ. 파동의 진행 방향은 $-x$ 방향이다.
- ㄴ. 파동의 진행 속력은 1 m/s이다.

ㄷ. P의 변위를 t 에 따라 나타낸 그래프는 0



- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

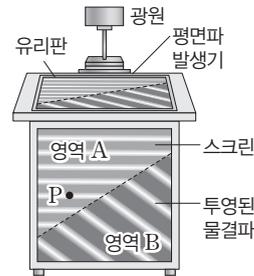
02

▶23066-0167

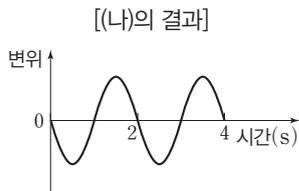
다음은 물결파에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 물결파 투영 장치를 설치하고 유리판을 물속에 넣어 깊이를 다르게 한 후 진동수가 f_0 인 평면파를 발생시켜 스크린에 투영된 모습을 관찰한다.
- (나) 유리판을 넣은 영역 A의 평면상의 한 점 P에서 시간에 따른 물결파의 변위를 측정한다.
- (다) A에서 이웃한 파면과 파면 사이의 간격 d_1 과 입사각 θ_1 을, 영역 B에서 이웃한 파면과 파면 사이의 간격 d_2 와 굴절각 θ_2 를 각각 측정한다.
- (라) (가)에서 진동수를 $2f_0$ 으로 바꾼 후 (다)를 반복한다.



[실험 결과]



[(다), (라)의 결과]

진동수	A		B	
	d_1 (cm)	θ_1 (°)	d_2 (cm)	θ_2 (°)
f_0	2	30	a	θ_B
$2f_0$	1	30	1.5	θ_B

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

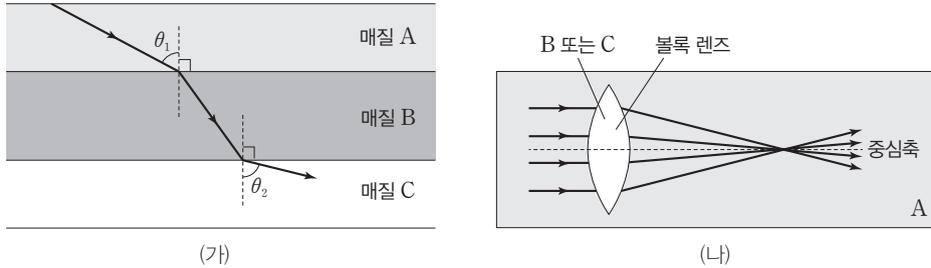
- ㄱ. a 는 2이다.
- ㄴ. $\sin\theta_B = \frac{3}{4}$ 이다.
- ㄷ. 진동수가 f_0 일 때 B에서 물결파의 속력은 1.5 cm/s이다.

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

03

▶23066-0168

그림 (가)는 단색광이 매질 A와 매질 B의 경계면에서 입사각 θ_1 로 입사하여 굴절한 후, B와 매질 C의 경계면에서 굴절각 θ_2 로 굴절하여 진행하는 모습을 나타낸 것이다. $\theta_1 < \theta_2$ 이다. 그림 (나)는 B 또는 C로 이루어진 볼록 렌즈를 A 내부에 고정시키고 (가)에서와 동일한 단색광을 렌즈의 중심축과 나란하게 입사시켰을 때 단색광의 진행 경로를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

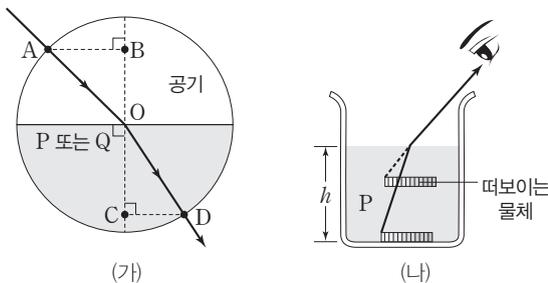
- ㄱ. (가)에서 단색광의 속력은 B에서가 C에서보다 크다.
- ㄴ. (나)에서 볼록 렌즈를 이루는 물질은 B이다.
- ㄷ. (나)에서 단색광의 파장은 볼록 렌즈 내부에서가 A에서보다 길다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0169

그림 (가)는 투명한 액체 P 또는 Q가 들어 있는 얇은 반원통의 중심인 O를 향해 입사한 단색광의 경로를 나타낸 것이다. A와 D는 O로부터 반원통의 반지름과 같은 원을 그렸을 때 단색광의 경로가 원과 만나는 점이고, B, C는 A, D를 O에서의 법선까지 수직으로 연결할 때 법선과 만나는 점이다. 그림 (나)는 불투명한 컵의 바닥에 놓여 있어 관찰자에게 보이지 않던 물체가 액체 P를 채운 높이가 h 가 되었을 때 처음으로 보이기 시작하는 것을 나타낸 것이다. 표는 (가)에서 반원통에 액체 P와 Q를 각각 채웠을 때 \overline{AB} 와 \overline{CD} 의 길이를 나타낸 것이다.



액체	\overline{AB} 의 길이(cm)	\overline{CD} 의 길이(cm)
P	8	6
Q	8	5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

보기

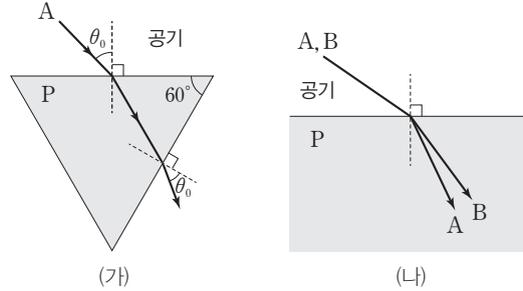
- ㄱ. P의 굴절률은 $\frac{4}{3}$ 이다.
- ㄴ. 단색광의 파장은 P에서가 Q에서의 $\frac{5}{6}$ 배이다.
- ㄷ. (나)에서 액체를 Q로 채울 때 물체가 처음 보이기 시작하는 높이는 h 보다 작다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0170

그림 (가)는 정삼각형 모양의 매질 P에 입사각 θ_0 으로 입사한 단색광 A가 P와 공기의 경계면에서 굴절각 θ_0 으로 굴절하여 진행하는 모습을, (나)는 단색광 A, B가 동일한 입사각으로 P에 입사하여 진행하는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 P의 굴절률은 n_p 이고, (나)에서 단색광의 파장은 B가 A보다 길다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

보기

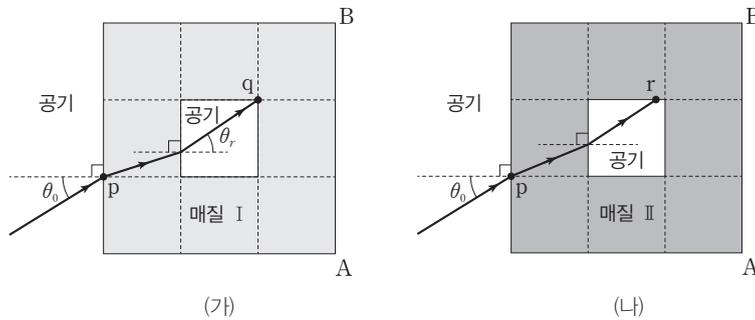
- ㄱ. $n_p = 2\sin\theta_0$ 이다.
- ㄴ. A의 진동수는 공기 중에서의 P에서가 같다.
- ㄷ. (가)에서 단색광만을 B로 바꾸면 P에서 공기로 굴절할 때 굴절각은 θ_0 보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0171

그림 (가)는 정사각형의 중심에 정사각형 모양의 구멍이 뚫려 있는 □ 모양의 매질 I의 점 p에 입사각 θ_0 으로 입사한 단색광이 I와 공기의 경계면에서 굴절각 θ_r 로 굴절하여 매질 위의 점 q를 지나는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 매질만을 I에서 II로 바꾸었을 때 단색광이 p에 입사각 θ_0 으로 입사하여 공기와 II의 경계면 위의 점 r에 도달한 모습을 나타낸 것이다. p에서 I, II로 각각 진행하는 단색광의 굴절각은 (가)에서 (나)에서보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\theta_r = \theta_0$ 이다.
- ㄴ. 단색광의 속력은 II에서가 I에서보다 크다.
- ㄷ. (나)에서 단색광은 선분 AB를 지난다.

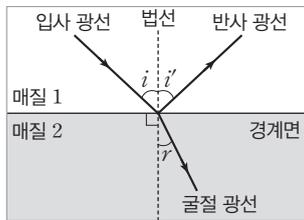
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

전반사와 광통신

1 전반사

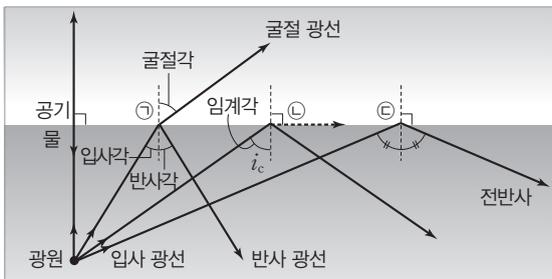
- (1) 빛의 반사: 빛이 진행하다가 서로 다른 매질의 경계면에서 원래 매질로 되돌아오는 현상
- ① 입사각과 반사각의 크기는 항상 같다. ($i=i'$)
 - ② 입사각(i)이 증가하면 반사각(i')과 굴절각(r)도 증가한다.



- (2) 빛의 전반사: 빛이 매질의 경계면에서 전부 반사되는 현상
- ① 임계각(i_c): 빛이 굴절률이 큰 매질(n_1)에서 굴절률이 작은 매질(n_2)로 진행할 때 굴절각이 90° 일 때의 입사각이다.

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (n_1 > n_2)$$

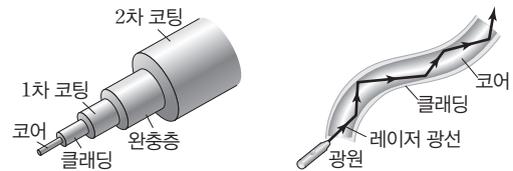
- ② 전반사 조건: 빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행하면서 입사각이 임계각보다 큰 경우에 전반사가 일어난다.



- ㉠의 경우: 입사각 < 임계각
➔ 빛의 일부는 반사하고, 일부는 굴절한다.
- ㉡의 경우: 입사각 = 임계각
➔ 굴절각이 90° 이다.
- ㉢의 경우: 입사각 > 임계각
➔ 빛은 전반사한다.

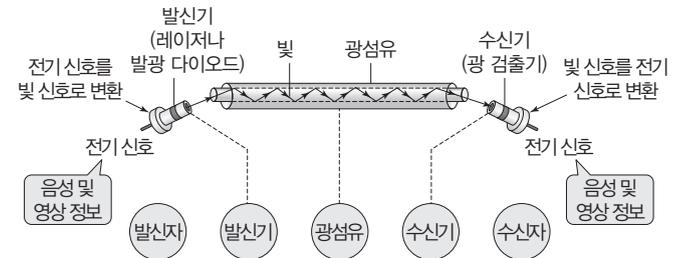
2 광통신

- (1) 광섬유: 빛을 전송시킬 수 있는 유리 섬유와 관
- ① 구조: 굴절률이 큰 중앙의 코어를 굴절률이 작은 클래딩이 감싸고 있는 이중 원기둥 모양이다.
 - ② 광섬유의 코어에서 클래딩으로 임계각보다 큰 입사각으로 입사한 빛은 클래딩으로 굴절되지 못하고 코어를 따라 전반사한다.



(2) 광통신의 원리

- ① 광통신: 음성, 영상 등의 정보를 담은 전기 신호를 빛 신호로 변환하여 빛을 통해 정보를 주고받는 통신 방식이다.
- ② 광통신 과정: 음성, 영상 등과 같은 신호를 전기 신호로 변환한 후 발광 다이오드나 레이저를 이용하여 빛 신호로 변환한다. 빛 신호가 광섬유를 통해서 멀리까지 전달되면 수신기의 광 검출기에서 전기 신호로 변환하여 음성, 영상 등을 재생한다.



▲ 광통신 과정

③ 광통신의 장단점

- 장점: 도선을 이용한 유선 통신에 비해 정보를 대용량으로 전송할 수 있으며, 외부 전파에 의한 간섭이나 혼선이 없다.
- 단점: 광섬유가 한번 끊어지면 연결하기가 어렵다.

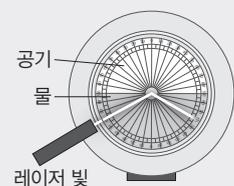
THE 알기 전반사 현상의 관찰

[실험 과정]

- (1) 광학용 물통에 물을 절반 채운다.
- (2) 그림과 같이 물통의 중심을 향해 레이저 빛을 비춰 빛이 물에서 공기로 진행할 때 전반사 현상이 일어나는지 관찰한다.
- (3) 입사각을 변화시키면서 전반사 현상이 일어나는지 관찰한다.

[실험 결과]

- 입사각이 임계각보다 커지면 굴절이 일어나지 않고 모든 빛이 반사된다. ➔ 빛의 전반사



테마 대표 문제

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

단색광이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 굴절각은 입사각보다 크다.

▶ 간략 풀이

㉠ X가 I에서 II로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크므로 굴절률은 I이 II보다 크고, X가 II에서 III로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크므로 굴절률은 II가 III보다 크다. 따라서 I의 굴절률 > II의 굴절률 > III의 굴절률이다.

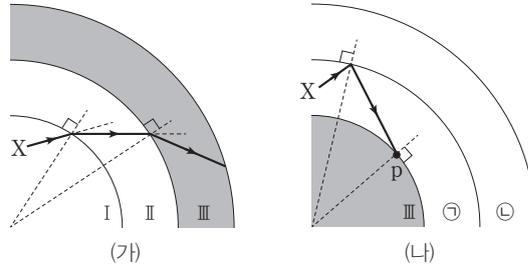
㉡ 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 일어난다. ㉠에서 ㉡으로 진행할 때 임계각으로 입사하였으므로 입사각이 임계각보다 커지면 전반사가 일어난다. 따라서 ㉠은 I, ㉡은 II이다.

㉢ III과 ㉠의 경계면에서 임계각보다 ㉠(I)과 ㉡(II)의 경계면에서 임계각이 더 크다. (나)의 p에서 입사각은 I과 II의 경계면에서 임계각보다 크므로 X는 p에서 전반사한다.

정답 | ㉤

| 2023학년도 9월 대수능 모의평가 |

그림 (가)는 단색광 X가 매질 I, II, III의 반원형 경계면을 지나는 모습을, (나)는 (가)에서 매질을 바꾸었을 때 X가 매질 ㉠과 ㉡ 사이의 임계각으로 입사하여 점 p에 도달한 모습을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 I과 II 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 굴절률은 I이 가장 크다.
- ㄴ. ㉠은 II이다.
- ㄷ. (나)에서 X는 p에서 전반사한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 36쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

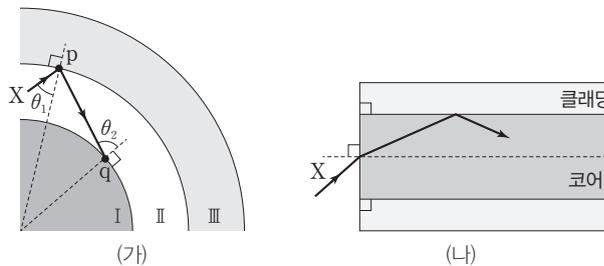
전반사의 조건과 임계각의 크기를 비교하여 매질의 굴절률을 비교해야 하는 점은 유사하나 광섬유의 구성 물질에 대해 이해해야 하는 점은 다르다.

▶ 배경 지식

전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행하는 단색광의 입사각이 임계각보다 클 때 나타난다.

▶ 23066-0172

그림 (가)와 같이 단색광 X가 매질 II에서 매질 III의 경계면의 점 p에 임계각 θ_1 로 입사한 후 II와 매질 I의 경계면의 점 q에 임계각 θ_2 로 입사하며, $\theta_2 > \theta_1$ 이다. 그림 (나)는 코어에 입사한 X가 코어와 클래딩의 경계면에서 전반사하며 진행하는 모습을 나타낸 것이다. 코어와 클래딩의 구성 물질은 각각 I, II, III 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

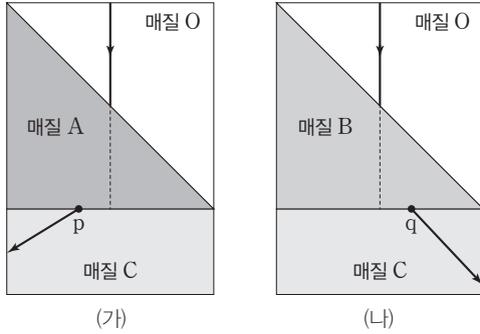
- ㄱ. 굴절률은 II가 가장 크다.
- ㄴ. X의 파장은 I에서가 III에서보다 길다.
- ㄷ. 코어의 구성 물질이 I일 때 클래딩의 구성 물질은 II이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0173

그림 (가), (나)는 매질 O에서 매질 A, B로 입사한 단색광이 각각 점 p, q를 지나 매질 C로 진행하는 모습을 나타낸 것이다. p와 q는 각각 A와 C, B와 C의 경계면에 있는 점이다.



광섬유의 코어와 클래딩을 A, B, C 중 두 가지를 사용하여 만들 때, 코어와 클래딩 사이의 임계각이 가장 작은 경우로 옳은 것은?

- | | | | | | |
|---|----|-----|---|----|-----|
| | 코어 | 클래딩 | | 코어 | 클래딩 |
| ① | A | B | ② | A | C |
| ③ | B | A | ④ | B | C |
| ⑤ | C | A | | | |

02

▶23066-0174

다음은 광섬유에 대한 조사 자료의 일부이다.

• 광섬유: 코어와 클래딩의 이중 구조로 이루어진다.



- 전반사: 코어에 입사한 빛의 입사각 θ 가 (가)보다 클 때 발생한다.
- 이용: ㉠, 광통신

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

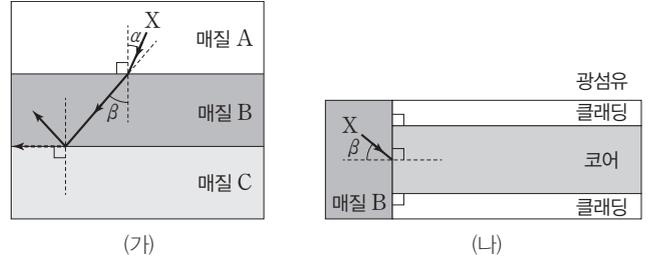
- ㄱ. 굴절률은 코어가 클래딩보다 크다.
- ㄴ. (가)는 임계각이다.
- ㄷ. '의료용 내시경'은 ㉠에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0175

그림 (가)와 같이 매질 A에서 매질 B로 입사각 α 로 입사한 단색광 X가 굴절각 β 로 B를 지나 매질 C와의 경계면에 임계각으로 입사한다. 그림 (나)는 X가 B에서 코어와 클래딩으로 이루어진 광섬유의 코어로 입사각 β 로 입사하는 모습을 나타낸 것이다. 광섬유는 A와 C로 구성되어 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $0 < \beta < 45^\circ$ 이다.)

보기

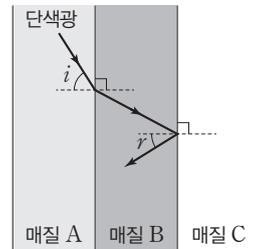
- ㄱ. (가)에서 X의 속력은 B에서가 A에서보다 크다.
- ㄴ. (나)에서 코어의 구성 물질은 C이다.
- ㄷ. (나)에서 X는 코어와 클래딩의 경계면에서 전반사한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0176

그림은 단색광이 매질 A와 B의 경계면에 입사각 i 로 입사하여 B를 지나 B와 매질 C의 경계면에서 전반사하는 것을 나타낸 것이고, $i > r$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

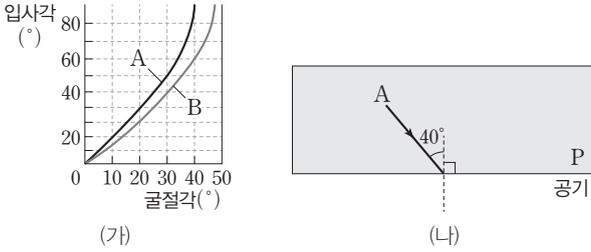
- ㄱ. 단색광의 파장은 B에서가 A에서보다 길다.
- ㄴ. 단색광을 i 보다 큰 입사각으로 A에서 B로 입사시키면 단색광은 A와 B의 경계면에서 전반사할 수 있다.
- ㄷ. 단색광을 i 보다 큰 입사각으로 A에서 B로 입사시키면 단색광은 B와 C의 경계면에서 전반사할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0177

그림 (가)는 공기에서 매질 P로 진행되는 단색광 A와 B의 입사각과 굴절각의 관계를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 A가 P와 공기의 경계면에서 굴절각이 90°가 되는 입사각 40°로 입사하는 모습을 나타낸 것이다. 공기 중에서 A와 B의 속력은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

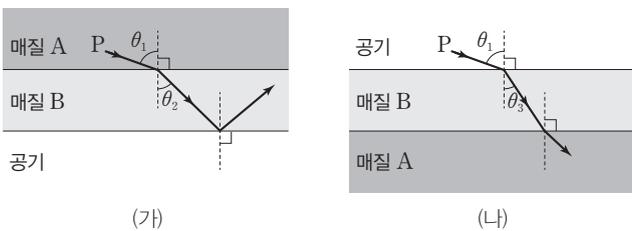
- ㄱ. (나)에서 공기에 대한 P의 굴절률은 A가 진행할 때가 B가 진행할 때보다 크다.
- ㄴ. P에서의 속력은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. (나)에서 B를 P와 공기의 경계면에 입사각 40°로 입사시켰을 때 B는 전반사한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0178

그림 (가)는 단색광 P가 매질 A와 매질 B의 경계면에 입사각 θ_1 로 입사하여 굴절각 θ_2 로 굴절하여 진행한 후 B와 공기의 경계면에서 전반사하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 P가 공기와 B의 경계면에 입사각 θ_1 로 입사하여 굴절각 θ_3 으로 굴절하여 B와 A를 진행하는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 굴절률은 각각 $\frac{4}{3}$, 2이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

보기

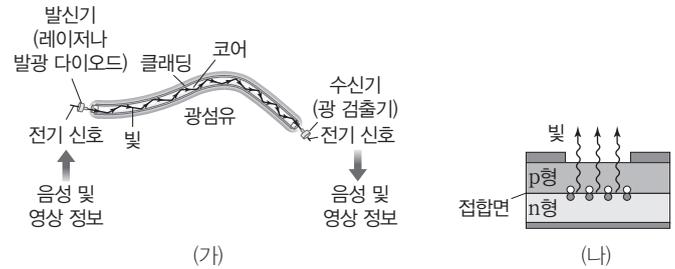
- ㄱ. $\theta_2 > \theta_3$ 이다.
- ㄴ. (가)에서 $\sin\theta_2$ 는 $\frac{1}{2}$ 보다 크고 $\frac{2}{3}$ 보다 작다.
- ㄷ. P의 파장은 A에서 B에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0179

그림 (가)는 광통신 과정을, (나)는 발신기에 사용되는 p-n 접합 발광 다이오드(LED)의 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

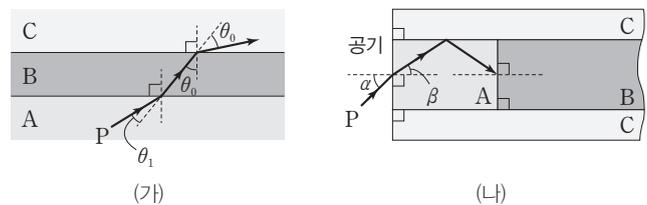
- ㄱ. 발신기에서는 전기 신호를 빛 신호로 변환한다.
- ㄴ. 발광 다이오드에서 빛이 방출될 때, 전도띠에 있는 전자가 원자가 띠의 양공으로 전이한다.
- ㄷ. 광통신은 도선을 이용한 유선 통신에 비해 정보를 대량으로 전송할 수 있는 장점이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0180

그림 (가)는 단색광 P가 매질 A, B, C에서 진행하는 모습을 나타낸 것이고, $\theta_1 < \theta_0$ 이다. 그림 (나)는 P가 공기에서 A로 입사각 α 로 입사하여 굴절각 β 로 굴절한 후 A와 C의 경계면에서 전반사하여 진행한 뒤 B로 입사하는 모습을 나타낸 것이다. (나)에서 P가 A에서 B로 입사할 때 굴절각은 γ 이다.



(나)에서 진행하는 P에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

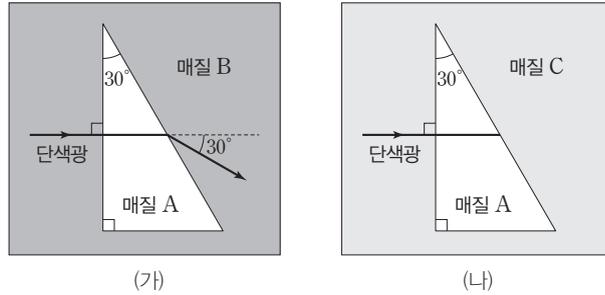
- ㄱ. $\beta > \gamma$ 이다.
- ㄴ. B와 C의 경계면에서 P는 전반사한다.
- ㄷ. P의 진동수는 A에서 B에서보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0181

그림 (가)는 단색광이 매질 B에서 직각 삼각형 모양의 매질 A에 수직으로 입사한 후 B와의 경계면에서 입사한 광선의 진행 방향과 30°의 각으로 굴절하는 경로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서와 동일한 단색광이 A와 매질 C의 경계면에 굴절각이 90°가 되는 입사각으로 입사하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

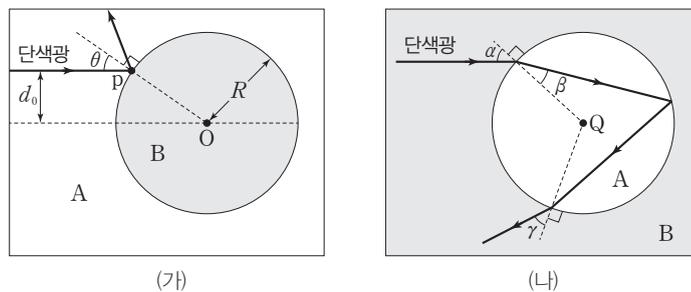
- ㄱ. 단색광의 속력은 B에서가 A에서의 $\sqrt{3}$ 배이다.
- ㄴ. 굴절률은 C가 B의 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 배이다.
- ㄷ. (나)에서 A를 B로 바꾸면 B에서 C로 진행하는 단색광의 입사각은 30°보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0182

그림 (가)와 같이 매질 A와 반지름이 R인 원형의 매질 B의 경계면의 점 p에 단색광이 입사각 θ 로 입사한다. 그림 (나)와 같이 (가)에서와 동일한 단색광이 B에서 원형의 A로 입사하여 A와 B의 경계면에서 반사하여 B로 진행한다. (가)에서 B의 중심 O를 지나는 수평선에서 p까지의 거리는 d_0 이고, (나)에서 α, β, γ 는 각각 A의 중심 Q에서 이은 선과 단색광의 진행 경로가 이루는 각이다. A, B의 굴절률은 각각 n_A, n_B 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

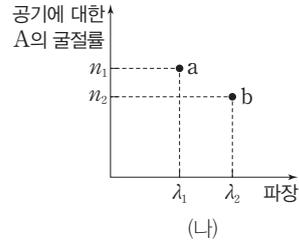
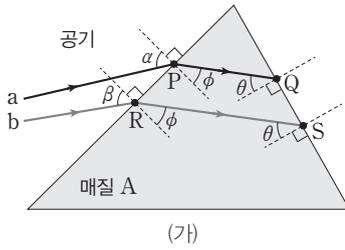
- ㄱ. $\theta = \beta$ 이다.
- ㄴ. $d_0 = \frac{n_B}{n_A} R$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 α 가 증가하면 γ 도 증가한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0183

그림 (가)와 같이 공기 중에서 속력이 같은 단색광 a, b가 공기와 매질 A의 경계면 위의 점 P, R에 각각 입사각 α , β 로 입사하여 굴절각 ϕ 로 굴절한 후 각각 A와 공기의 경계면 위의 점 Q, S에 도달한다. a, b는 A에서 평행하게 진행하여 Q, S에 각각 입사각 θ 로 입사하고 b는 S에서 전반사한다. 그림 (나)는 a, b의 공기 중 파장에 따른 A의 굴절률을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $\beta > \alpha$ 이다.
- ㄴ. a는 Q에서 전반사한다.
- ㄷ. A에서 단색광의 속력은 b가 a의 $\frac{n_1}{n_2}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0184

다음은 빛의 굴절과 전반사 현상에 대한 실험이다.

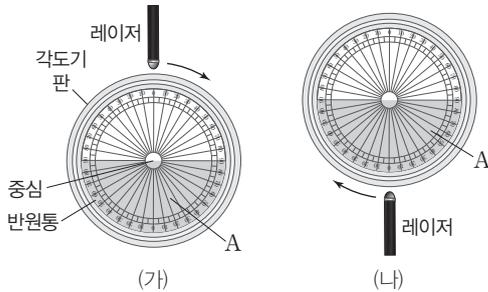
[실험 과정]

(실험 I)

- (1) 그림 (가)와 같이 굴절 실험 장치의 반원통에 액체 A를 채운다.
- (2) 레이저 빛이 공기에서 A로 진행할 때 입사각(i)을 변화시키면서 굴절각(r)을 측정하여 그래프로 나타낸다.
- (3) 반원통에 액체 B를 채우고 과정 (2)를 반복한다.

(실험 II)

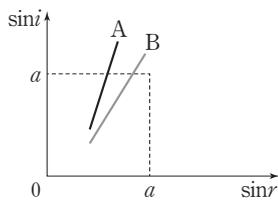
- (1) 그림 (나)와 같이 반원통에 A를 채우고 레이저 빛이 A에서 공기로 진행할 때 전반사가 일어나는 입사각의 최솟값 θ_c 를 측정한다.
- (2) 반원통에 B를 채우고 과정 (1)을 반복한다.



[실험 결과]

(실험 I)

(실험 II)



물질	θ_c
A	㉠
B	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 굴절률은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. ㉠은 ㉡보다 크다.
- ㄷ. 레이저 빛의 파장은 공기 중에서는 A에서보다 길다.

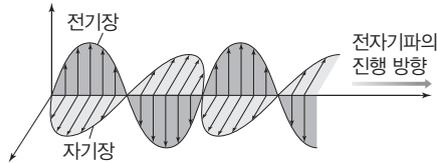
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

전자기파와 파동의 간섭

1 전자기파의 특성과 종류

(1) 전자기파: 전자기파는 전기장과 자기장이 각각 시간에 따라 변하며 서로를 유도하면서 공간을 퍼져 나가는 파동이다.

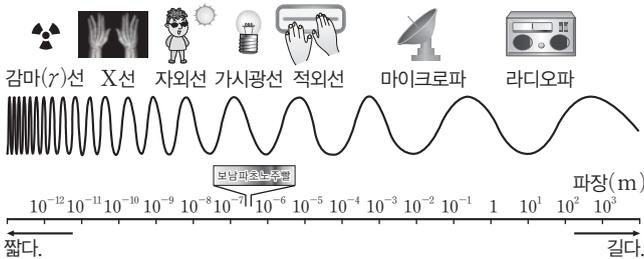


▲ 전자기파의 진행

- ① 전기장과 자기장의 진동 방향이 서로 수직이고, 각각의 진동 방향과 수직인 방향으로 진행하는 횡파이다.
- ② 매질이 없어도 진행하며, 진공에서 전자기파의 속력은 파장에 관계없이 약 3×10^8 m/s이다.
- ③ 간섭, 회절 등의 파동성과 광전 효과와 같은 입자성을 가지고 있다.
- ④ 1864년 영국의 맥스웰이 처음으로 존재를 예언하였고, 독일의 헤르츠가 전자기파의 존재를 실험으로 확인하였다.

(2) 전자기파의 종류와 이용: 전자기파는 파장에 따라 분류할 수 있으며, 우리 눈으로 감지할 수 있는 전자기파를 가시광선이라고 한다.

- ① 가시광선보다 파장이 짧은 전자기파: 감마(γ)선, X선, 자외선
- ② 가시광선보다 파장이 긴 전자기파: 적외선, 마이크로파, 라디오파(극초단파, 초단파, 단파, 중파, 장파)



▲ 파장에 따른 전자기파의 종류

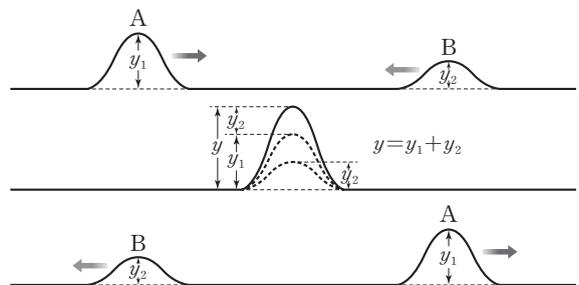
③ 전자기파의 특성과 이용

전자기파의 종류	특성과 이용	
감마(γ)선	투과력과 에너지가 가장 강하고, 암과 같은 질병을 치료하는 데 이용된다.	
X선	투과력이 강해 뼈의 이상, 물질 내부의 구조 조사 및 공항에서 물품을 검사하는 데 이용된다.	
자외선	살균 및 소독기에 이용되며, 형광 물질에 흡수되면 가시광선을 방출하므로 위조지폐 감별에 이용된다.	
가시광선	사람의 눈으로 볼 수 있는 전자기파이다.	
적외선	강한 열작용을 하며, 적외선 온도계, 열화상 카메라, 광통신, 적외선 센서, 리모컨에 이용된다.	
전파	마이크로파	적외선보다 파장이 길며, 레이더와 위성 통신, 전자레인지에서 음식을 데우는 데 이용된다.
	라디오파	마이크로파보다 파장이 긴 전자기파로, 회절이 잘 되며, 방송 및 무선 통신에 이용된다.

2 파동의 간섭

(1) 파동의 중첩

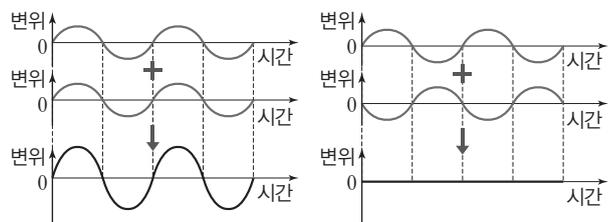
- ① 중첩 원리: 두 파동이 서로 만나 겹쳐지는 현상을 중첩이라고 하며, 이때 만들어진 합성파의 변위는 각각의 파동의 변위의 합과 같다.
- ② 파동의 독립성: 두 파동은 중첩 이후에 서로 다른 파동에 아무런 영향을 주지 않고 본래의 특성(진폭, 파형, 진동수, 주기)을 그대로 유지하면서 진행한다.
- ③ 합성파: 중첩된 결과 만들어진 파동



▲ 파동의 중첩과 독립성

(2) 파동의 간섭: 2개, 혹은 그 이상의 파동이 중첩되어 진폭이 더욱 커지거나 진폭이 작아지는 현상을 파동의 간섭이라고 한다.

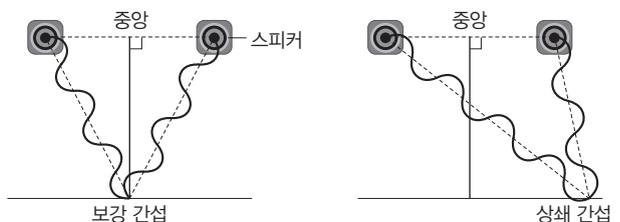
- ① 보강 간섭: 간섭하는 두 파동의 변위의 방향이 같아서 중첩되기 전보다 진폭이 커지는 간섭이다.
- ② 상쇄 간섭: 간섭하는 두 파동의 변위의 방향이 반대여서 중첩되기 전보다 진폭이 작아지는 간섭이다.



▲ 보강 간섭

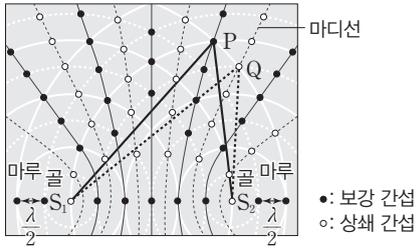
▲ 상쇄 간섭

(3) 소리의 간섭: 두 스피커에서 발생하는 소리가 크게 들리는 지점에서는 보강 간섭이 일어나고, 작게 들리는 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다.



▲ 두 스피커를 이용한 소리의 간섭

(4) 물결파의 간섭: 두 점 S_1, S_2 에서 진동수와 진폭이 같은 물결파를 같은 위상으로 발생시킬 때 나타나는 간섭무늬는 다음과 같다.

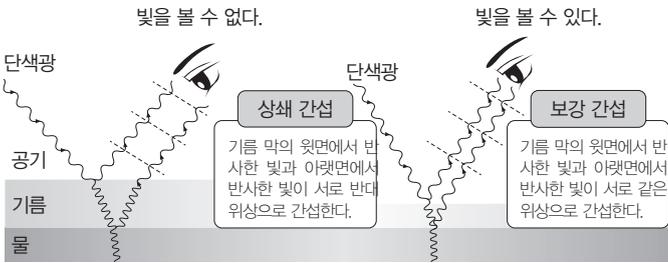


- ① 보강 간섭(P): 수면의 높이가 계속 변하므로 무늬의 밝기가 변한다.
- ② 상쇄 간섭(Q): 수면이 거의 진동하지 않으므로 무늬의 밝기가 변하지 않는다. (마디선)
- ③ S_1, S_2 에서 서로 반대 위상의 파동을 발생시키면 보강 간섭 지점과 상쇄 간섭 지점이 서로 뒤바뀐다.

(5) 빛의 간섭: 빛은 보강 간섭이 되면 밝기가 밝아지고, 상쇄 간섭이 되면 밝기가 어두워진다. 보강 간섭이 일어나면 그 색깔의 빛이 더 밝게 보이고, 상쇄 간섭이 일어나면 검게 보인다.



▲ 기름 막에 의한 간섭무늬

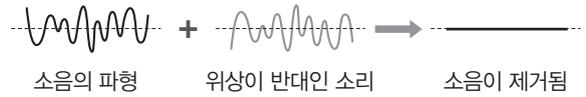


▲ 기름 막에 의한 빛의 간섭 원리

(6) 파동의 간섭 이용

- ① 상쇄 간섭의 이용
 - 소음 제거 헤드폰: 헤드폰에 달린 마이크로 소음이 입력되면

소음과 상쇄 간섭을 일으킬 수 있는 소리를 발생시켜서 마이크로 입력된 소음과 헤드폰에서 발생시킨 소리가 서로 상쇄되어 소음이 줄어든다.

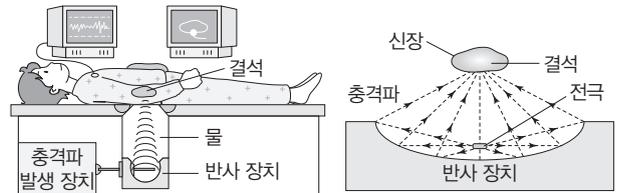


- 안경 코팅: 안경에 얇은 반사 방지막을 코팅하면 반사되는 빛의 세기가 감소하므로 안경을 통과하는 빛의 세기가 증가하여 안경을 착용한 사람이 더 밝은 빛을 볼 수 있다.

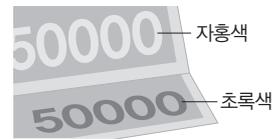


② 보강 간섭의 이용

- 악기: 현악기의 줄, 관악기의 관 내부의 공기 기둥, 타악기의 울림통에서 보강 간섭이 일어나면 크고 선명한 음파를 만든다.
- 초음파 충격: 초음파 발생기에서 발생한 초음파가 결석이 있는 위치에서 보강 간섭을 하여 결석을 깨뜨린다.



- 지폐 위조 방지: 색 변환 잉크 속에 포함된 미세한 입자들의 모양이 비대칭이어서 빛을 비추는 각도에 따라 보강 간섭되는 빛의 파장이 달라져서 숫자의 색깔이 다르게 보인다.



THE 알기 CD, DVD에서 정보의 재생

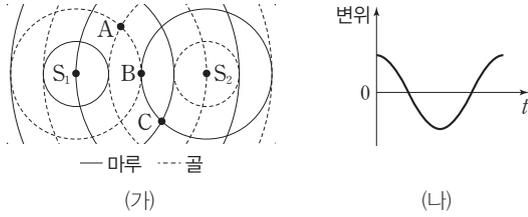
CD와 DVD는 빛을 이용하여 정보를 저장하는 매체이다. CD는 투명한 플라스틱 면 위를 알루미늄 금속막이 덮고 있으며, 보호막과 인쇄 라벨이 있다. 피트와 랜드의 경계에서 반사된 경우에는 상쇄되어 반사광의 세기가 약하고, 랜드와 랜드에서 반사된 경우에는 보강되어 반사광의 세기가 강하다. DVD는 CD와 기본적으로 같은 원리이지만 CD에서는 파장이 약 780 nm인 빛을 이용하고, DVD에서는 파장이 약 650 nm인 빛을 이용한다. DVD에서 이용하는 빛은 CD에서 사용하는 빛의 파장보다 짧기 때문에 동일한 면적에 더 많은 정보를 기록할 수 있다.



▲ CD의 표면 구조

▲ CD의 피트와 랜드에서 빛의 반사

그림 (가)는 두 점 S_1, S_2 에서 진동수와 진폭이 같고 서로 반대의 위상으로 발생시킨 두 물결파의 시간 $t=0$ 일 때의 모습을 나타낸 것이다. 점 A, B, C는 평면상에 고정된 세 지점이고, 두 물결파의 속력은 같다. 그림 (나)는 C에서 중첩된 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.



A, B에서 중첩된 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은?

- | | | | |
|----------|--------|----------|--------|
| A | B | A | B |
| ① 변위
 | 변위
 | ② 변위
 | 변위
 |
| ③ 변위
 | 변위
 | ④ 변위
 | 변위
 |
| ⑤ 변위
 | 변위
 | | |

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

물결파의 마루와 마루가 만나면 진폭이 커지는 보강 간섭이 일어난다.

▶ 간략 풀이

㉓ C에서는 $t=0$ 일 때 물결파의 마루와 마루가 중첩되므로 중첩된 물결파의 변위가 최대이고 양(+)의 값을 갖는다. A에서는 $t=0$ 일 때 물결파의 골과 골이 중첩되어 변위의 크기는 최대이지만 음(-)의 값을 갖는다. B에서는 물결파의 마루와 골이 중첩되므로 상쇄 간섭이 일어나 변위는 시간에 무관하게 0이다. 따라서 A, B에서 중첩된 물결파의 변위로 적절한 것은 ③이다.

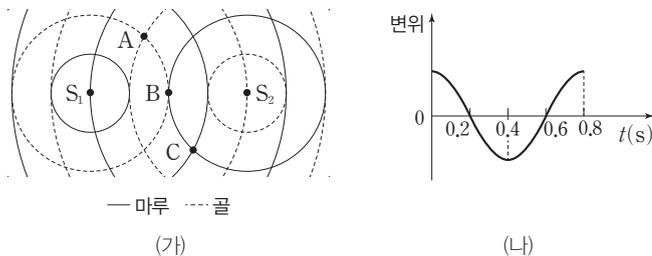
정답 | ③

0 답은 골 문제로 유형 익히기

정답과 해설 39쪽

▶ 23066-0185

그림 (가)는 두 점 S_1, S_2 에서 진동수와 진폭이 같고 서로 반대의 위상으로 발생시킨 두 물결파의 시간 $t=0$ 일 때의 모습을 나타낸 것이다. 점 A, B, C는 평면상에 고정된 세 지점이고, 두 물결파의 속력은 0.4 m/s 로 같다. 그림 (나)는 C에서 중첩된 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 선분 S_1S_2 의 길이는 0.64 m 이다.
- ㄴ. $t=0.4$ 초일 때 A에서 보강 간섭이 일어난다.
- ㄷ. $t=1.2$ 초일 때 B에서 중첩된 물결파의 변위는 0이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

보강 간섭과 상쇄 간섭 조건을 이해해야 하는 점은 유사하나 파동의 주기와 파장을 고려해야 하는 점은 다르다.

▶ 배경 지식

물결파가 보강 간섭하는 지점에서는 수면의 높이가 계속 변하고, 상쇄 간섭하는 지점에서는 수면이 거의 진동하지 않는다.

01

▶23066-0186

다음은 전자기파에 대한 설명이다.

- (가): 투과력이 가시광선보다 강해 공황에서 수하물 검사에 사용된다.
- 적외선: 열작용이 강해 체온계나 ㉠에 사용된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

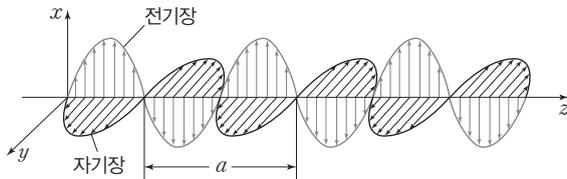
- ㄱ. (가)는 X선이다.
- ㄴ. '열화상 카메라'는 ㉠에 해당한다.
- ㄷ. 파장은 적외선이 (가)보다 짧다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0187

그림은 전기장과 자기장이 진동하며 +z 방향으로 진행하는 전자기파를 모식적으로 나타낸 것이다. a는 전기장 또는 자기장이 한 번 진동하는 동안 전자기파가 진행한 거리이다.



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

보기

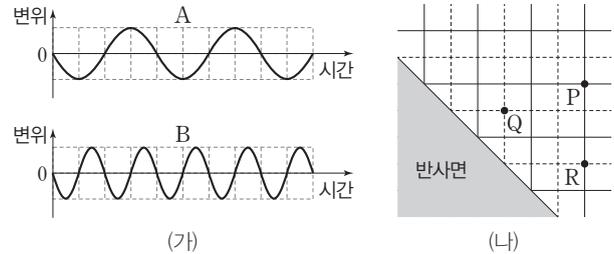
- ㄱ. 전자기파는 횡파이다.
- ㄴ. 진공 중에서 a가 클수록 속력은 증가한다.
- ㄷ. a는 X선이 라디오파보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03

▶23066-0188

그림 (가)는 물결파 실험 장치에서 발생한 물결파 A, B의 어느 한 점에서의 변위를 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B의 속력은 같고 A의 파장은 λ 이다. 그림 (나)는 A와 A가 반사면에서 반사된 물결파가 간섭하는 어느 순간의 모습을 모식적으로 나타낸 것이다. 실선과 점선은 각각 마루와 골을 나타내고 점 P, Q, R는 평면 상에 고정된 지점이다.



(나)에서 파동만을 B로 바꾸어 B가 진행하여 반사될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

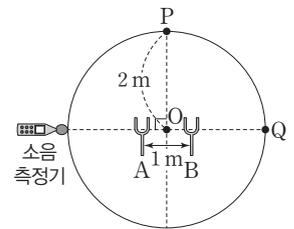
- ㄱ. P에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. 중첩된 물결파 변위의 크기의 최댓값은 Q에서와 R에서가 같다.
- ㄷ. P와 R 사이의 거리는 $\frac{3}{2}\lambda$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0189

그림과 같이 사방으로 균일하게 소리를 발생시키는 소리굽쇠 A, B로 진동수가 680 Hz인 세기가 같은 소리를 발생시키고, 반지름 2 m인 원을 따라 소음 측정기를 이동시키면서 소리의 세기를 측정하였을 때



P에서 보강 간섭이 일어났다. A와 B 사이의 거리는 1 m이다. O는 원의 중심, P와 Q는 원둘레상의 점이고 O와 P에서 A, B까지의 거리는 각각 같다. A, B는 소음 측정기와 Q를 연결하는 직선상에 놓여 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이고, 소리굽쇠의 크기는 무시한다.)

보기

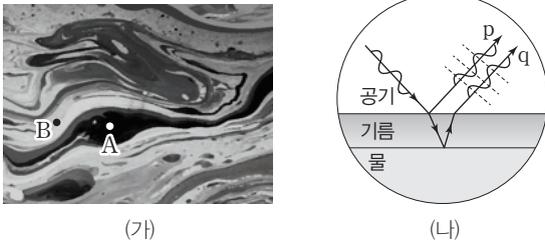
- ㄱ. A, B에서 발생한 소리의 위상은 같다.
- ㄴ. Q에서 상쇄 간섭이 일어난다.
- ㄷ. 소음 측정기가 원을 따라 한 바퀴 도는 동안 상쇄 간섭은 8번 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0190

그림 (가)는 기름 막에 나타난 무늬의 모습으로, A는 검은 부분, B는 밝은 부분을 나타낸다. 그림 (나)는 A 또는 B에서 반사된 두 빛 p, q의 진행 경로를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

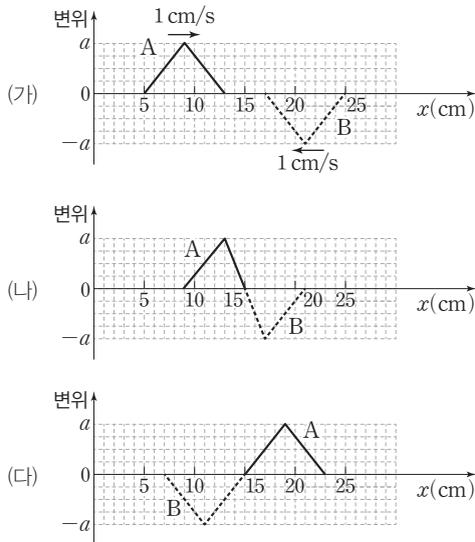
- ㄱ. (가)의 A에서는 상쇄 간섭이 일어난다.
- ㄴ. (나)는 A에서 반사된 빛이 진행하는 모습이다.
- ㄷ. (나)에서 p, q의 위상은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

06

▶23066-0191

그림 (가)는 x 축을 따라 1 cm/s 의 속력으로 서로 반대 방향으로 진행하는 두 펄스 A, B의 시간 $t=0$ 일 때의 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나), (다)는 각각 $t=t_1$, $t=t_2$ 일 때 중첩된 A, B의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

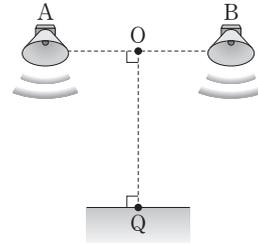
- ㄱ. $t_1=2$ 초이다.
- ㄴ. $t_2=10$ 초이다.
- ㄷ. $t=12$ 초일 때 B는 $-x$ 방향으로 진행한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0192

그림은 스피커 A, B에서 파장이 같은 소리가 발생하는 모습을 나타낸 것이다. A, B를 잇는 직선과 수직인 직선상에 놓인 Q에서는 보강 간섭이 발생하고, 점 O와 Q는 A, B로부터 떨어진 거리가 같다.



Q에서 상쇄 간섭이 발생하는 경우로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. B에서 발생하는 소리의 위상만을 반대로 한다.
- ㄴ. A, B에서 발생하는 소리의 파장을 각각 2배 증가시킨다.
- ㄷ. O와 Q 사이의 거리를 증가시킨다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

08

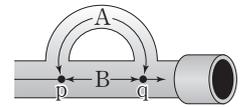
▶23066-0193

다음 (가), (나)는 일상생활에서 간섭 현상을 이용한 예이다.

(가) 모르포 나비의 날개는 색소가 없는데도 파란색을 띤다. 이는 날개의 표면 구조가 여러 개의 얇은 층으로 이루어져 있기 때문이다.



(나) 자동차 엔진에서 발생하는 배기음을 줄이기 위해 소음기를 사용하기도 한다. 그림과 같이 배기구의 한 점 p에서 나누어진 소리가 각각 A, B의 경로를 지난 후 q에서 중첩되면 배기음이 거의 들리지 않게 된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 날개 표면의 얇은 층에서 각각 반사된 빛 중 파란색 빛은 보강 간섭을 한다.
- ㄴ. (나)에서 q에 도달한 두 배기음은 상쇄 간섭을 한다.
- ㄷ. (나)에서 q에 도달한 두 배기음의 위상은 서로 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0194

그림 (가)는 전자기파 A, B를 일상생활 속에서 이용하는 예를 나타낸 것이고, (나)는 대전되지 않은 검전기의 금속판에 B를 비추었을 때 금속박이 벌어진 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

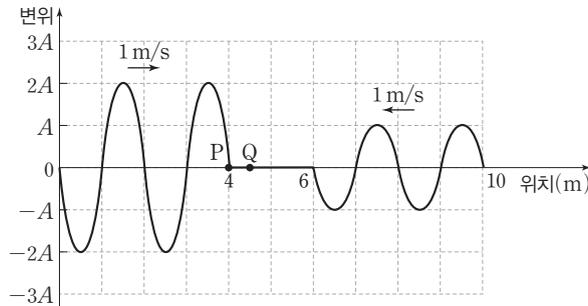
- ㄱ. A는 가시광선이다.
- ㄴ. 진공에서 속력은 A와 B가 같다.
- ㄷ. (나)에서 B의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0195

그림은 줄을 따라 서로 반대 방향으로 진행하는 진폭이 각각 $2A$, A 인 두 파동의 시간 $t=0$ 인 순간의 모습을 나타낸 것이다. 두 파동의 속력은 1 m/s 로 같고 점 P, Q는 위치가 각각 4 m , 4.5 m 인 매질상의 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. $t=1$ 초일 때 P는 아래 방향으로 운동한다.
- ㄴ. $t=2$ 초부터 $t=6$ 초까지 P의 변위의 크기의 최댓값은 A 이다.
- ㄷ. $t=4$ 초일 때 Q의 변위는 $3A$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

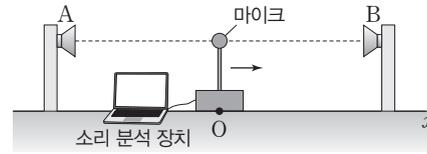
03

▶23066-0196

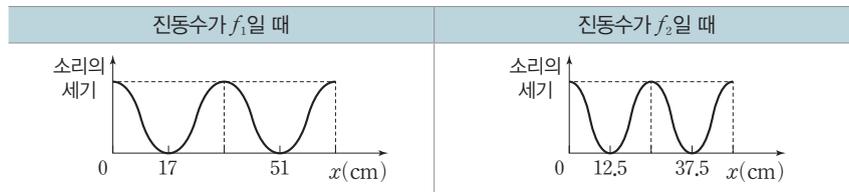
다음은 두 개의 스피커를 이용한 소리의 간섭 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 x 축상에 놓인 두 스피커 A, B에서 세기가 같고 진동수가 f_1 인 동일한 소리를 같은 위상으로 발생시킨다.
- (나) 마이크를 A와 B의 중간 지점인 O에서부터 x 축을 따라 $+x$ 방향으로 이동시키면서 소리 분석 장치를 이용하여 마이크에 입력된 소리의 세기를 측정하여 O로부터 거리 x 에 따라 나타낸다.
- (다) (가)에서 진동수만을 f_2 로 바꾸고 과정 (나)를 반복한다.



[실험 결과]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이고, 스피커와 마이크의 크기는 무시한다.)

보기

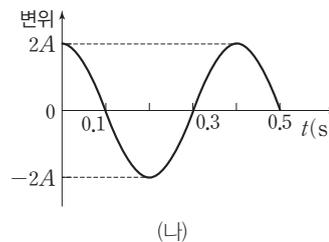
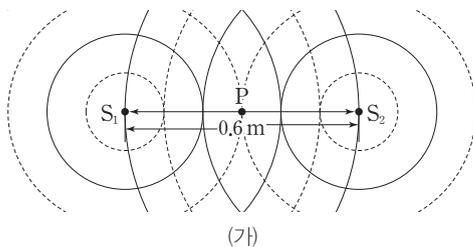
- ㄱ. $f_1 = 500$ Hz이다.
- ㄴ. 진동수가 f_2 인 소리의 파장은 25 cm이다.
- ㄷ. (나)에서 소리의 진동수가 f_1 일 때 $x = 68$ cm에서 보강 간섭을 한다.

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

04

▶23066-0197

그림 (가)는 0.6 m 떨어진 두 점 S_1, S_2 에서 같은 위상으로 발생시킨 두 물결파의 시간 $t = 0$ 일 때의 모습을 평면상에 나타낸 것으로, 실선과 점선은 각각 물결파의 마루와 골을 나타낸다. 두 물결파의 진동수는 같고, 진폭과 속력은 각각 A, v_1 로 같다. 그림 (나)는 (가)에서 물의 깊이만을 변화시켜 속력을 v_2 로 증가시켰을 때, 평면상의 고정된 점 P에서 중첩된 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것으로, $v_2 = \frac{3}{2}v_1$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

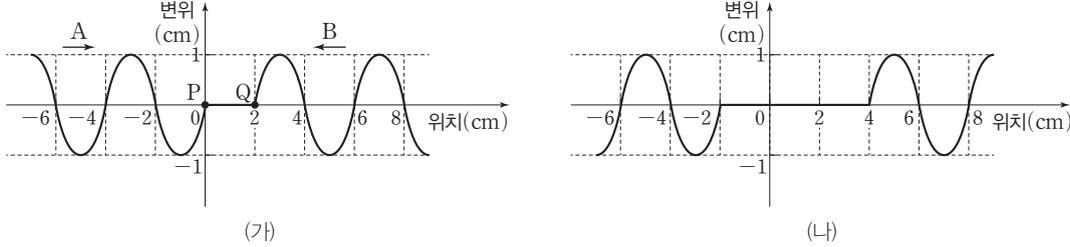
- ㄱ. $v_1 = 0.5$ m/s이다.
- ㄴ. (가)의 P에서 중첩되는 S_1, S_2 에서 발생한 두 물결파의 위상은 같다.
- ㄷ. 속력이 v_2 일 때, 선분 S_1S_2 에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 갯수는 2개이다.

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

05

▶23066-0198

그림 (가), (나)는 줄을 따라 서로 반대 방향으로 진행하는 주기와 진폭이 같은 두 파동 A, B의 일부가 중첩된 모습을 나타낸 것으로, (가)는 시간 $t=0$, (나)는 $t=1$ 초일 때의 모습이다. 점 P, Q는 위치가 각각 0, 2 cm인 매질상의 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

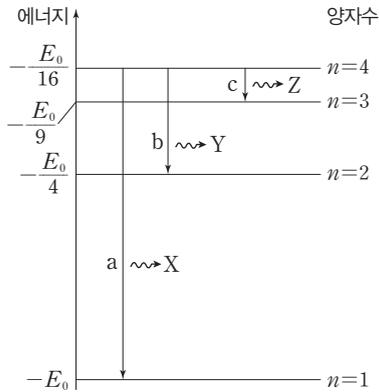
- ㄱ. A, B의 속력은 모두 2 cm/s이다.
- ㄴ. $t=0.5$ 초일 때, P의 변위는 -2 cm이다.
- ㄷ. $t=1.5$ 초일 때, Q에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0199

그림은 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 a, b, c를 나타낸 것이다. a, b, c에서 방출되는 전자기파 X, Y, Z는 각각 적외선, 가시광선, 자외선 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 적외선이다.
- ㄴ. Y는 광학 현미경으로 물체를 볼 때 이용된다.
- ㄷ. 파장은 Y가 Z보다 길다.

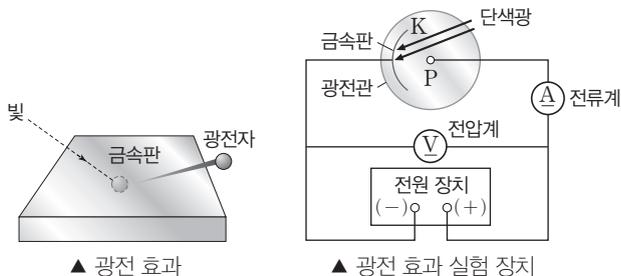
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

14

빛의 이중성

1 광전 효과

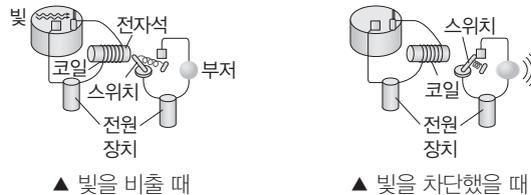
- (1) 광전 효과: 금속에 충분히 큰 진동수의 빛을 비출 때 금속에서 전자(광전자)가 방출되는 현상이다.
- ① 문턱(한계) 진동수: 금속에서 전자를 방출시키기 위한 최소한의 빛의 진동수로, 금속의 종류에 따라 다르다.
- ② 광전류: 광전관의 음극 K에 빛을 비출 때 광전자가 방출되어 양극 P로 이동하므로 광전류가 흐르게 된다.
 - 문턱(한계) 진동수(f_0)보다 진동수가 작은 빛을 비출 때는 빛의 세기를 증가시켜도 광전자가 방출되지 않는다.
 - 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 세기와 관계없고, 빛의 진동수와 금속판의 문턱(한계) 진동수에 의해 결정된다.



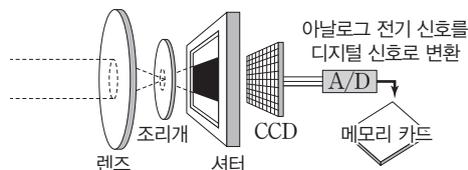
(2) 광전 효과 실험 결과

- ① 광전자를 방출시키려면 금속에 비추는 빛의 진동수가 문턱(한계) 진동수보다 커야 한다.
- ② 문턱(한계) 진동수보다 작은 진동수의 빛을 아무리 세게 오랫동안 비추어도 광전자가 방출되지 않는다. 그러나 문턱(한계) 진동수보다 큰 진동수의 빛은 비추는 빛의 세기에 관계없이 비추는 즉시 광전자가 방출된다.
- ③ 동일한 금속판에서 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수에만 관계된다.
- ④ 동일한 진동수의 빛에 의해 방출되는 광전자의 수, 즉 광전류의 세기는 빛의 세기가 증가할수록 커진다.
- (3) 광전 효과의 이용
- ① 도난 경보기: 광전관의 음극에 빛을 비추면 광전류가 흘러서 스

위치가 열리므로 경보음이 울리지 않고, 빛을 차단하면 광전류가 흐르지 않아서 스위치가 닫히므로 경보음이 울린다.



- ② 디지털카메라: 렌즈를 통해 빛이 전하 결합 소자(CCD)의 광다이오드에 들어오면, 입사되는 광자의 에너지가 띠 간격 이상일 경우 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하면서 전자와 양공의 쌍이 형성된다. 이렇게 빛을 비추었을 때 물질 내의 전자가 에너지를 얻어 들뜨게 되는 광전 효과에 의해 빛이 전기 신호로 변환된다.



2 빛의 파동 이론의 한계와 광양자설

(1) 파동 이론의 한계

- ① 빛이 파동이라면 진동수가 작은 빛이라도 빛의 세기를 증가시키거나 빛을 오랫동안 비추면 금속 내의 전자가 충분한 에너지를 얻어 방출될 수 있어야 한다.
- ② 빛이 파동이라면 광전자의 운동 에너지의 최댓값은 빛의 세기와 관계가 있어야 한다. 그러나 광전자의 운동 에너지의 최댓값은 빛의 진동수에만 관계가 있다.

(2) 광양자설

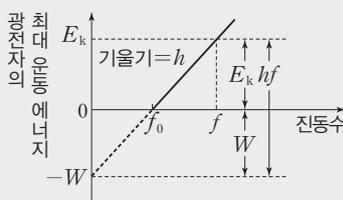
- ① 아인슈타인은 '빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광자(광양자)라고 하는 입자들의 흐름이다.'라는 광양자설로 광전 효과를 설명하였다.
- ② 광양자설에 의하면 진동수가 f 인 광자 1개가 가지는 에너지는 $E=hf$ 이다. h 는 플랑크 상수이고, 값은 약 $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 이다.

THE 알기 광전자의 최대 운동 에너지

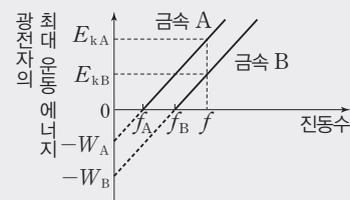
- 문턱(한계) 진동수(f_0)와 일함수(W): 금속에서 전자를 방출시키는 데 필요한 최소의 에너지를 일함수라고 한다.

$$W = hf_0 \quad (h: \text{플랑크 상수})$$
- 광전자의 최대 운동 에너지(E_k): 금속판에 비춘 광자 1개의 에너지에서 일함수를 뺀 값이다.

$$E_k = hf - W \quad (f: \text{빛의 진동수})$$
- 따라서 금속판에서 광전자가 방출될 때, 광전자의 최대 운동 에너지는 금속판에 비춘 빛의 진동수가 클수록, 금속의 일함수(또는 문턱 진동수)가 작을수록 크다.



동일한 금속판에 빛을 비출 때, 비추는 빛의 진동수가 클수록 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.



진동수가 같은 빛을 비출 때, 금속판의 일함수가 작을수록 광전자의 최대 운동 에너지가 크다.

3 빛의 이중성

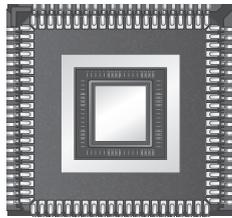
- (1) 빛은 파동성을 측정할 때에는 파동적인 특성만 관찰되고, 입자성을 측정할 때에는 입자적인 특성만 관찰된다.
- (2) 빛의 간섭과 회절 현상은 파동성을 나타낸 것이고, 광전 효과는 입자성을 나타낸 것이다.
- (3) 이처럼 빛은 파동이면서 동시에 입자인 이중적인 본질을 지니고 있다.



4 영상 정보의 기록

(1) 전하 결합 소자(Charge Coupled Device, CCD)

① 빛을 전기 신호로 바꾸어 주는 장치로, 화소라 불리는 일종의 작은 광 다이오드가 평면적으로 배열된 구조를 가지고 있다.

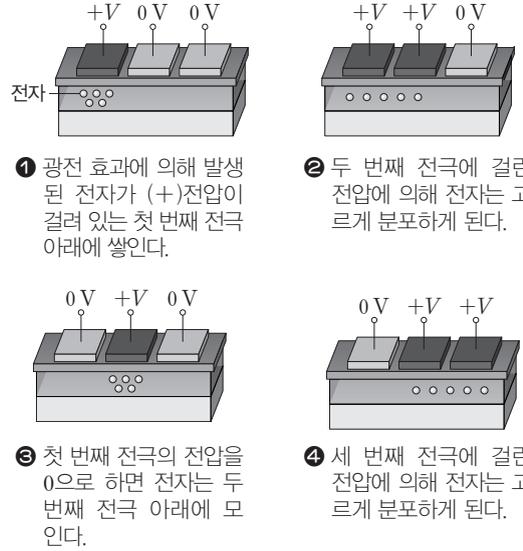


▲ CCD

② 디지털카메라, 광학 스캐너, 비디오 카메라 등에 이용된다.

(2) 영상 정보가 기록되는 원리

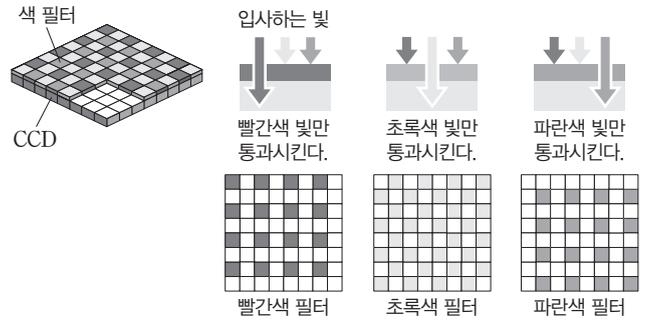
- ① 렌즈를 통과한 빛이 전하 결합 소자 내부로 입사하면 광전 효과로 인해 반도체 내에서 전자와 양공의 쌍이 형성되고, 전자는 (+)전압이 걸려 있는 첫 번째 전극 아래에 쌓이게 된다. 이때 전자의 수는 입사한 빛의 세기에 비례한다.
- ② 인접한 두 번째 전극에 같은 크기의 전압을 걸어 주면 전자는 고르게 분포하게 된다.
- ③ 첫 번째 전극의 전압을 0으로 하면 전자는 두 번째 전극 아래로 이동하여 모이게 된다.
- ④ 다시 인접한 세 번째 전극에 같은 크기의 전압을 걸어 주면 전자는 고르게 분포하게 된다. 이렇게 순차적으로 전극에 전압을 걸어 주어 전자들이 이동하게 된다.



- ⑤ 이와 같은 방식으로 전자는 전하량 측정 장치까지 이동하게 되고, 전하 결합 소자는 각 화소에 도달한 빛의 세기를 측정하여 영상을 기록한다.

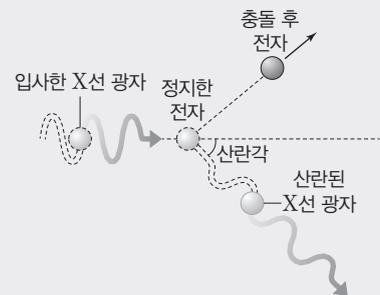
5 컬러 영상을 얻는 원리

- (1) 전하 결합 소자(CCD)는 빛의 세기만 측정하므로, 컬러 영상을 얻기 위해서는 색 필터를 전하 결합 소자 위에 배열해야 한다.
- (2) 빨간색, 초록색, 파란색 필터 아래에 있는 전하 결합 소자의 전극에는 각각 빨간색, 초록색, 파란색 빛의 세기에 비례하는 전자가 쌓이게 되어 원래의 색상 정보가 입력된다.



THE 알기 빛의 입자성을 증명하는 또 다른 실험-콤프턴 산란 실험

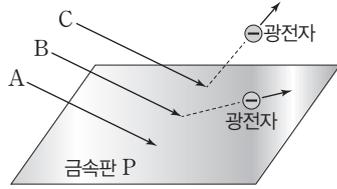
- 콤프턴은 파장이 짧은 X선을 탄소로 된 흑연판에 비추는 실험을 하였다. 고전적인 전자기파 이론에 의하면 산란된 X선의 파장은 입사된 파장과 같아야 하는데, 실험 결과는 산란된 X선의 파장이 더 길게 나타났다. 산란된 각도가 클수록 X선의 파장이 더 길어졌다.
- 콤프턴은 X선을 X선 광자로 가정하고, 광자와 전자 사이의 탄성 충돌로 생각하여 산란된 X선 광자의 에너지가 감소하여 파장이 길어진다는 것을 알아내었다.
- 콤프턴은 이 실험 결과로 빛이 입자라고 하는 아인슈타인의 광양자설이 옳다는 것을 증명하였다.



테마 대표 문제

| 2023학년도 6월 대수능 모의평가 |

그림과 같이 단색광 A를 금속판 P에 비추었을 때 광전자가 방출되지 않고, 단색광 B, C를 각각 P에 비추었을 때 광전자가 방출된다. 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 B를 비추었을 때가 C를 비추었을 때보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A의 세기를 증가시키면 광전자가 방출된다.
- ㄴ. P의 문턱 진동수는 B의 진동수보다 작다.
- ㄷ. 단색광의 진동수는 B가 C보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 비추는 단색광의 진동수가 클수록, 금속판의 문턱(한계) 진동수가 작을수록 크며, 비추는 단색광의 세기와는 무관하다.

▶ 간략 풀이

✕ 금속판에 단색광을 비추었을 때 광전자가 방출되는 것은 단색광의 세기와 무관하다.

○ B를 P에 비추었을 때 광전자가 방출되었으므로 P의 문턱(한계) 진동수는 B의 진동수보다 작다.

○ 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 B를 비추었을 때가 C를 비추었을 때보다 크므로 단색광의 진동수는 B가 C보다 크다.

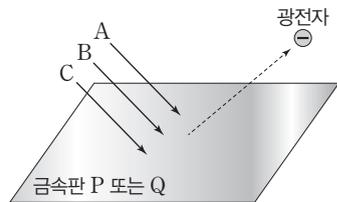
정답 | ④

0 답은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 42쪽

▶ 23066-0200

그림은 금속판 P 또는 Q에 단색광 A, B, C를 각각 비추는 모습을 나타낸 것이다. A를 P에 비추었을 때 광전자가 방출되지 않고, B를 P와 Q에 각각 비추었을 때 P에서만 광전자가 방출되며, C를 Q에 비추었을 때 광전자가 방출된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A의 세기를 증가시켜 Q에 비추면 Q에서 광전자가 방출된다.
- ㄴ. 문턱 진동수는 P가 Q보다 작다.
- ㄷ. P에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 B를 비추었을 때가 C를 비추었을 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

금속판에 진동수가 다른 단색광을 비추었을 때 광전자의 방출 및 최대 운동 에너지를 묻는 부분은 유사하나, 두 종류의 금속판에 단색광을 비추는 부분이 다르다.

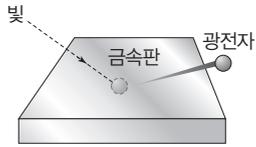
▶ 배경 지식

금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 비추는 단색광의 진동수가 클수록, 금속판의 문턱(한계) 진동수가 작을수록 크며, 비추는 단색광의 세기와는 무관하다.

01

▶23066-0201

그림은 빛을 금속판에 비출 때 광전자가 방출되는 현상을 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

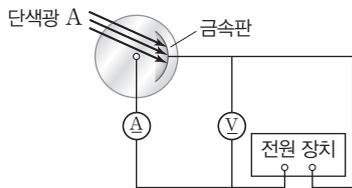
- ㄱ. 빛의 입자성으로 설명할 수 있는 현상이다.
- ㄴ. 비추는 빛의 세기만을 증가시키면 방출되는 광전자의 수가 증가한다.
- ㄷ. 비추는 빛의 진동수만을 증가시키면 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 변하지 않는다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0202

그림은 광전 효과 실험 장치를 모식적으로 나타낸 것으로, 단색광 A의 진동수가 f_0 일 때 금속판에서 광전자가 방출된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 금속판의 문턱 진동수는 f_0 보다 크다.
- ㄴ. A의 세기만을 증가시키면 금속판에서 방출되는 광전자의 수가 증가한다.
- ㄷ. A의 진동수만을 증가시키면 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

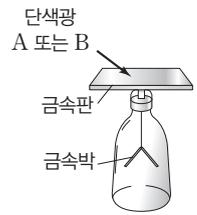
03

▶23066-0203

다음은 광전 효과에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 금속판이 놓인 검전기를 \ominus 전하로 대전시켜 금속박이 벌어져 있도록 한 후, 금속박의 움직임을 관찰한다.
- (나) 그림과 같이 단색광 A를 금속판에 비추어 금속박의 움직임을 관찰한다.
- (다) 단색광만을 B로 바꾸어 과정 (나)를 반복한다.



[실험 결과]

과정	금속박의 움직임
(가)	움직이지 않는다.
(나)	움직이지 않는다.
(다)	오므라든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

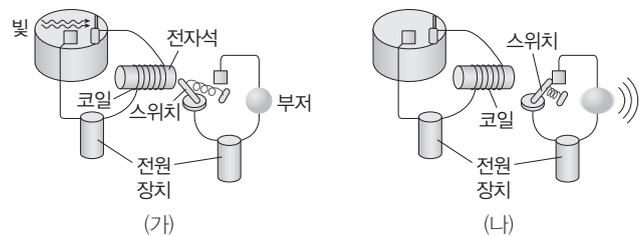
- ㄱ. \ominus 은 음(-)이다.
- ㄴ. 과정 (나)에서 A의 세기를 증가시키면 금속박이 벌어진다.
- ㄷ. 금속판의 문턱 진동수는 B의 진동수보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0204

그림 (가)와 (나)는 도난 경보기를 모식적으로 나타낸 것이다. (가)와 같이 도난 경보기에 빛을 비추면 스위치가 전자석과 가까워져 스위치가 열리고, (나)와 같이 빛을 차단하면 스위치가 닫힌다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

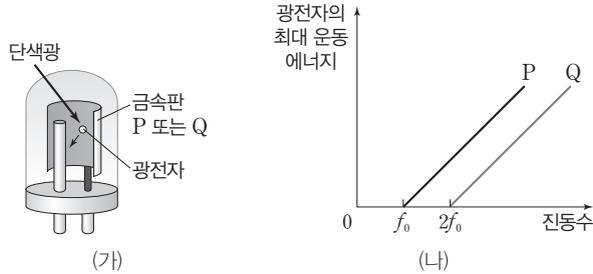
- ㄱ. 도난 경보에 빛을 비출 때 스위치가 열리는 현상은 빛의 입자성을 이용한 것이다.
- ㄴ. (가)에서 코일에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 전자석의 세기가 증가한다.
- ㄷ. (가)에서 도난 경보기에 비추는 빛의 세기를 증가시키면 광전류의 세기가 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0205

그림 (가)는 금속판 P 또는 Q에 단색광을 비출 때 광전자가 방출되는 것을, (나)는 (가)에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 단색광의 진동수와 금속판의 종류에 따라 각각 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

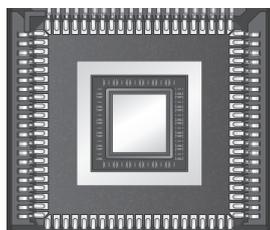
- ㄱ. 문턱 진동수는 P가 Q보다 크다.
- ㄴ. P와 Q에 진동수가 $3f_0$ 인 단색광을 각각 비출 때, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 P에서가 Q에서보다 크다.
- ㄷ. Q에 진동수가 f_0 인 단색광을 비출 때, 단색광의 세기를 증가시키면 광전자가 방출된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0206

그림은 전하 결합 소자(CCD)를 보며 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것으로, 광 다이오드의 띠 간격 이상의 에너지를 가진 빛이 전하 결합 소자 내부에 입사한다.



전하 결합 소자는 빛의 파동성을 이용하는 장치야.

빛이 광 다이오드에 입사하면 전자와 양공의 쌍이 형성돼.

형성되는 전자와 양공의 쌍의 수는 입사한 빛의 세기가 증가할수록 많아.

학생 A

학생 B

학생 C

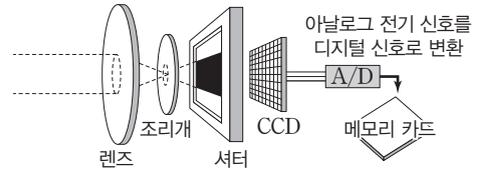
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C
- ④ B, C ⑤ A, B, C

07

▶23066-0207

그림은 전하 결합 소자(CCD)를 사용하는 디지털카메라의 구조와 원리를 나타낸 것으로, 광 다이오드의 띠 간격 이상의 에너지를 가진 빛이 전하 결합 소자 내부에 입사한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

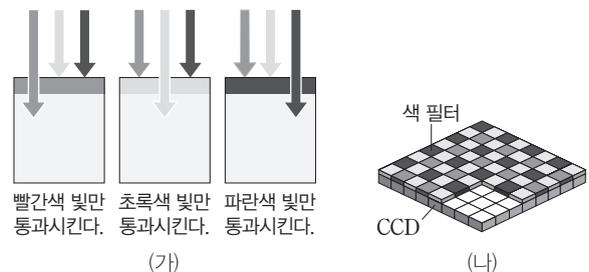
- ㄱ. 전하 결합 소자는 빛의 입사성을 이용한다.
- ㄴ. 디지털카메라에 입사한 빛은 렌즈를 통과하면서 굴절한다.
- ㄷ. 전하 결합 소자에 비추는 빛의 세기만을 증가시키면 전하 결합 소자에서 생성되는 광전자의 수가 증가한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0208

그림 (가)는 특정 파장 영역의 빛만 투과시키는 색 필터의 원리를, (나)는 전하 결합 소자(CCD) 위에 배열된 색 필터를 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

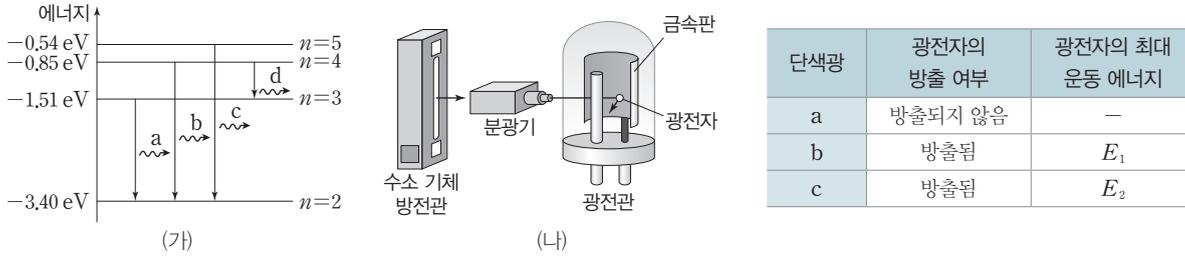
- ㄱ. (가)의 색 필터를 통과한 빛의 세기를 종합적으로 분석하여 빛의 색깔을 알아낼 수 있다.
- ㄴ. (나)의 전하 결합 소자는 빛의 파동성을 이용한다.
- ㄷ. (나)의 색 필터 아래에 놓인 전하 결합 소자는 빛의 세기만을 측정한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0209

그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이를 나타낸 것으로, a, b, c, d는 각각의 전자 전이 과정에서 방출된 단색광이다. 그림 (나)는 분광기를 이용하여 (가)에서 방출되는 단색광을 금속 판에 비추는 광전자가 방출되는 모습을 나타낸 것이다. 표는 a, b, c를 동일한 광전관에 각각 비추었을 때 광전자의 방출 여부와 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. d를 광전관에 비추면 광전자가 방출되지 않는다.
- ㄴ. a의 세기만을 증가시켜 광전관에 비추면 광전자가 방출된다.
- ㄷ. b, c를 광전관에 동시에 비추는 광전자의 최대 운동 에너지는 $E_1 + E_2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0210

그림은 광전 효과 실험 장치를 모식적으로 나타낸 것이고, 표는 금속판에 비추는 단색광 A, B, C의 진동수와 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지, 광전류의 세기를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

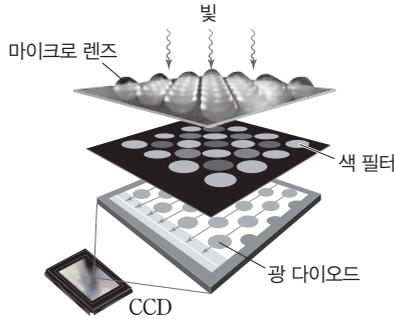
- ㄱ. ㉠은 E_1 이다.
- ㄴ. $E_0 < E_1$ 이다.
- ㄷ. 금속판에 비추는 단색광의 세기는 C가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0211

그림은 전하 결합 소자(CCD)의 구조를 모식적으로 나타낸 것이고, 표는 동일한 빛을 같은 시간 동안 비추었을 때 빨간색, 초록색, 파란색 색 필터 아래에 각각 놓인 광 다이오드에서 같은 시간 동안 발생하는 광전자의 수를 나타낸 것이다.



구분	색 필터		
	빨간색	초록색	파란색
광전자의 수	$2N_0$	0	N_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전하 결합 소자는 빛의 입자성을 이용한다.
- ㄴ. 모든 색 필터를 제거하고 빛을 비추면 광 다이오드에서 같은 시간 동안 발생하는 광전자의 수는 $2N_0$ 보다 크다.
- ㄷ. 비추는 빛의 세기만을 증가시키면 초록색 색 필터 아래에 놓인 광 다이오드에서 광전자가 발생한다.

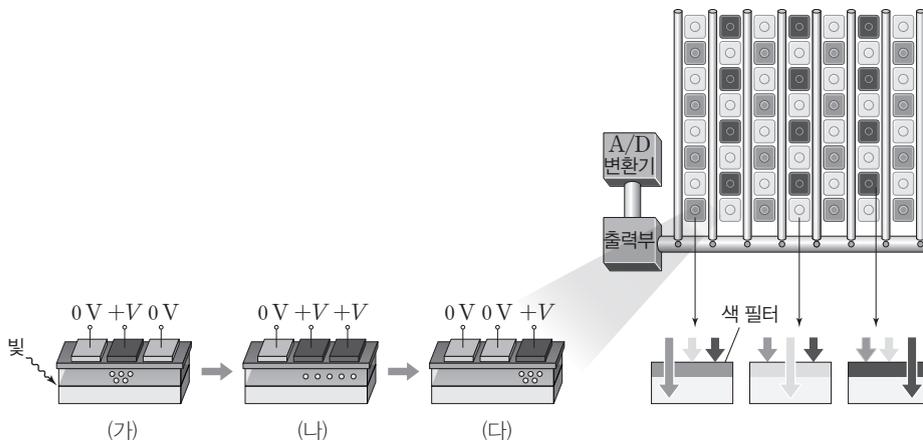
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0212

다음은 디지털카메라에서 사용하는 전하 결합 소자(CCD)에 대한 설명이다.

- 그림 (가)와 같이 전하 결합 소자의 광 다이오드에 빛이 들어오면 광 다이오드에서 발생한 \ominus 이 (+)전압이 걸린 가운데 전극 아래에 모이고, (나), (다)와 같이 전압이 걸린 전극을 오른쪽으로 변화시켜 \ominus 을/를 오른쪽 전극 아래로 이동시킨다.
- 출력부에서는 각각의 화소에 전송되어 온 \ominus 의 양을 측정하여 \ominus 의 양에 비례하는 전압으로 변환하고, 이를 아날로그-디지털 변환기(A/D 변환기)를 거쳐 디지털 신호로 출력한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. \ominus 은 전자이다.
- ㄴ. 색 필터를 통과한 빛을 분석하여 입사한 빛의 색깔을 알아낼 수 있다.
- ㄷ. 광 다이오드에 들어오는 빛의 세기를 증가시키면 전하 결합 소자에서 \ominus 이 더 많이 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

물질의 이중성

1 물질의 이중성

(1) 물질파

- ① 드브로이의 물질파 이론: 드브로이는 '파동이라고 생각했던 빛이 입자성을 나타낸다면 반대로 전자와 같은 물질 입자도 파동성을 나타낼 수 있을 것이다.'라는 가설을 제안하였다.
- ② 물질파: 물질 입자가 파동성을 나타낼 때 이 파동을 물질파 또는 드브로이파라고 한다.
- ③ 물질파 파장(드브로이 파장): 운동량의 크기가 p , 질량이 m , 속력이 v 인 입자의 물질파 파장 λ 는 다음과 같다.

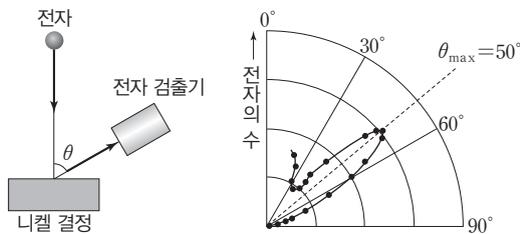
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (h: \text{플랑크 상수})$$

물체	α 입자	골프공	지구
질량	$6.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$	0.05 kg	$6 \times 10^{24} \text{ kg}$
속력	10^7 m/s	75 m/s	$3 \times 10^4 \text{ m/s}$
물질파 파장	약 $1 \times 10^{-14} \text{ m}$	약 $2 \times 10^{-34} \text{ m}$	약 $4 \times 10^{-63} \text{ m}$

▲ 다양한 물체의 물질파 파장

(2) 데이비슨·거머 실험

- ① 데이비슨과 거머는 니켈 결정에 전자선을 입사시킨 후, 입사한 전자선과 튀어나온 전자가 이루는 각에 따른 전자의 분포를 알아 보기 위해 전자와 전자 검출기가 이루는 각 θ 를 변화시키면서 검출되는 전자의 수를 측정하였다.



▲ 물질파 확인 실험과 결과

- ② 실험 결과: 54 V의 전압으로 전자를 가속한 경우 입사한 전자선과 50°의 각을 이루는 곳에서 검출되는 전자의 수가 가장 많았다.

③ 결과에 대한 해석

- X선을 원자가 반복적으로 배열된 결정 표면에 비출 때, 결정면에 대하여 특정한 각으로 입사한 경우에 결정 표면에서 반사된 빛과 이웃한 결정면에서 반사된 빛이 보강 간섭을 일으킨다.
- 전자선을 결정 표면에 입사시킬 때, X선을 비출 때와 마찬가지로 입사한 전자선과 결정 표면에서 튀어나온 전자선이 이루는 각이 특정한 각도에서 전자가 많이 검출된다.
- 드브로이의 물질파 이론으로 구한 전자의 물질파 파장이 X선 회절 실험과 비교하여 구한 전자의 파장과 일치한다는 사실로 드브로이의 물질파 이론이 증명되었다.

(3) 톰슨의 실험

- ① 톰슨은 얇은 금속박에 전자선을 입사시켜 전자선의 회절 무늬를 얻었는데, 이것은 X선을 입사시켰을 때 얻어지는 회절 무늬와 유사하였다.
- ② 전자선의 회절 무늬는 전자와 같은 물질 입자가 파동성을 갖는 것을 확인시켜 주는 것이다.



▲ X선의 회절 무늬

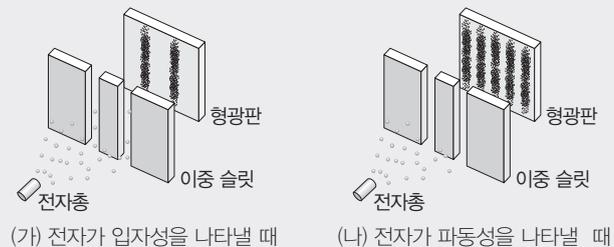
▲ 전자선의 회절 무늬

(4) 물질의 이중성

- ① 물질 입자의 파동성은 전자뿐만 아니라 원자핵의 구성 입자인 양성자와 중성자, 분자 같은 입자에서도 발견되었다. 이와 같이 물질 입자도 파동과 입자의 이중적인 성질을 나타내는 것을 물질의 이중성이라고 한다.
- ② 모든 물질은 파동성을 가지고 있지만 그 파장이 너무 짧아서 파동성을 관찰하기가 쉽지 않다. 즉, 플랑크 상수의 값이 매우 작기 때문에 질량과 속력을 곱한 값이 전자와 같이 매우 작아야 검증할 수 있는 물질파 파장의 값을 얻을 수 있다.

THE 알기 전자의 파동성

- 전자를 이중 슬릿을 향해 쏘면 형광판에 무늬가 나타난다.
- 전자가 입자의 성질만 나타낸다면 그림 (가)와 같이 형광판에는 이중 슬릿과 유사한 모양의 무늬가 나타나야 한다.
- 실제 실험 결과는 그림 (나)와 같이 전자가 많이 도달한 곳(보강 간섭)과 도달하지 않는 곳(상쇄 간섭)이 관찰된다. 이는 빛의 이중 슬릿 실험 결과와 매우 유사하다. 즉, 전자가 파동의 성질을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.



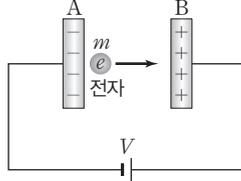
(가) 전자가 입자성을 나타낼 때

(나) 전자가 파동성을 나타낼 때

③ 전자의 속력을 조절하여 파장이 매우 짧은 물질파의 전자선을 만들면, 이를 이용하여 분해능이 우수한 현미경을 만들 수 있다. 전자의 파동성을 이용한 현미경이 전자 현미경이며, 실물 크기의 10만 배 이상으로 물체를 확대시켜 볼 수 있다.

(5) 전자의 속력과 전자의 드브로이 파장

① 가속 전압과 전자의 운동 에너지: 그림과 같이 금속판 A와 B에 전압 V 가 걸려 있을 경우 A에서 정지해 있던 전자는 전기력을 받아 가속된다. B에 도달하는 순간 전자의 운동 에너지 E_k 는 전기력이 전자에 한 일과 같다.



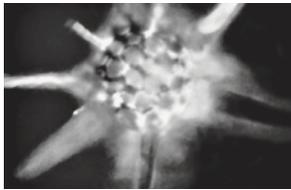
② 전기력을 받아 가속된 전자의 속력이 v 일 때 전자의 드브로이 파장은 다음과 같다.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} \quad (h: \text{플랑크 상수})$$

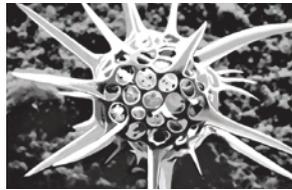
2 전자 현미경

(1) 전자 현미경

- ① 전자 현미경에서 이용하는 전자의 물질파 파장은 광학 현미경에서 이용하는 가시광선의 파장보다 짧아서 광학 현미경보다 높은 배율과 우수한 분해능을 얻을 수 있다.
- ② 전자 현미경의 배율과 분해능은 전자의 물질파 파장이 짧을수록, 즉 전자의 속력이 빠를수록 우수하다.
- ③ 전자 현미경의 자기렌즈는 자기장을 이용하여 전자의 진행 경로를 제어하고 초점을 맞추는 역할을 한다.
- ④ 전자 현미경은 시료를 현미경의 종류에 맞게 준비하는 작업이 필요하다.



▲ 광학 현미경으로 관찰한 모습



▲ 전자 현미경으로 관찰한 모습

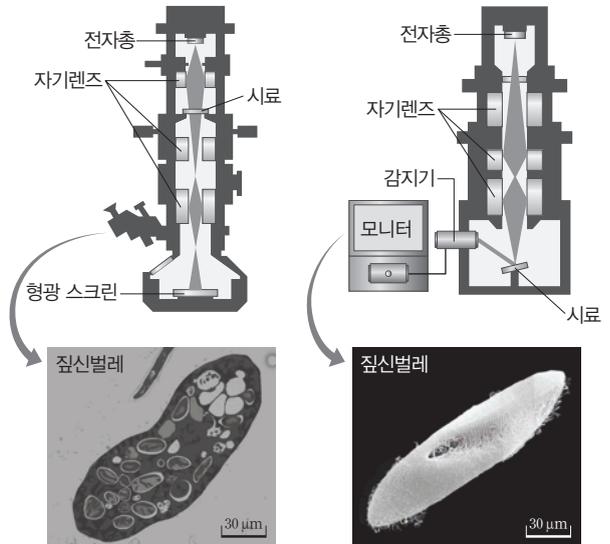
(2) 전자 현미경의 종류

① 투과 전자 현미경(TEM, Transmission Electron Microscope)

- 전자가 얇은 시료를 통과하게 되고, 이때 시료 내부의 물질에 의해 전자가 산란되는 정도가 달라지는 것을 이용한다.
- 시료를 투과한 전자를 형광면에 투사시켜 상을 나타낸다.
- 시료를 얇게 만들어야 한다. 그렇지 않으면 투과하는 동안 전자의 속력이 느려져 드브로이 파장이 길어지므로 분해능이 나빠져 시료의 영상이 흐려진다.
- 전자선이 얇은 시료를 투과하므로 평면 영상을 관찰할 수 있다.

② 주사 전자 현미경(SEM, Scanning Electron Microscope)

- 전자선을 시료 표면에 쪼일 때 시료에서 튀어나오는 전자를 측정한다.
- 감지기에서 측정된 신호를 해석하여 상을 나타낸다.
- 시료는 전기 전도성이 좋아야 하므로, 생물 시료는 전기 전도도가 높은 물질로 얇게 코팅해야 한다.
- 시료에서 튀어나오는 전자를 분석하여 영상을 얻으므로 시료 표면의 3차원적인 구조를 관찰할 수 있다.



▲ 투과 전자 현미경(TEM)

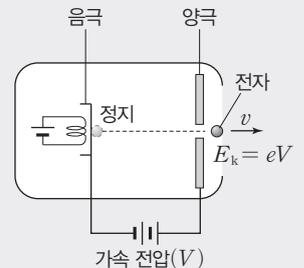
▲ 주사 전자 현미경(SEM)

THE 알기 전자 현미경의 분해능

- 분해능: 서로 떨어져 있는 두 물체를 구별할 수 있는 능력으로, 현미경의 분해능이 좋을수록 미세한 구조까지 선명하게 볼 수 있다.
- 그림 (가)와 같이 인접한 두 점에서 빛을 방출할 때, 파장이 짧은 두 파란색 빛은 구별할 수 있지만, 파장이 긴 두 빨간색 빛은 구별할 수 없다. 즉, 파장이 짧을수록 분해능이 좋다.
- 그림 (나)는 전자 현미경의 전자총의 구조를 나타낸 것이다. 가속 전압 V 가 클수록 전자총에서 방출되는 전자의 운동 에너지 E_k 가 크므로 전자의 물질파 파장은 짧다. 따라서 가속 전압을 높이면 분해능이 좋아진다.



(가) 파장과 분해능



(나) 전자총

접근 전략 / 간략 풀이

| 2023학년도 대수능 |

▶ 접근 전략

물질 입자가 파동과 입자의 이중적인 성질을 나타내는 것을 물질의 이중성이라고 한다.

▶ 간략 풀이

㉠. 전자선의 회절 무늬로 전자와 같은 물질 입자가 파동성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

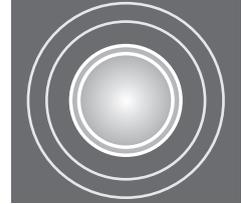
㉡. 전자의 운동량의 크기와 물질파의 파장은 반비례하므로, 전자의 운동량의 크기가 클수록 물질파의 파장은 짧다.

㉢. 전자 현미경에서 이용하는 물질파 파장은 광학 현미경에서 이용하는 가시광선의 파장보다 짧아 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

정답 | ㉡

다음은 물질의 이중성에 대한 설명이다.

- 얇은 금속박에 전자선을 비추면 X선을 비추었을 때와 같이 회절 무늬가 나타난다. 이러한 현상은 전자의 ㉠으로 설명할 수 있다.
- 전자의 운동량의 크기가 클수록 물질파의 파장은 ㉡. 물질파를 이용하는 ㉢ 현미경은 가시광선을 이용하는 현미경보다 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.



㉠, ㉡, ㉢에 들어갈 내용으로 가장 적절한 것은?

- | | | | |
|---|-----|----|----|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① | 파동성 | 길다 | 전자 |
| ② | 파동성 | 짧다 | 전자 |
| ③ | 파동성 | 길다 | 광학 |
| ④ | 입자성 | 짧다 | 전자 |
| ⑤ | 입자성 | 길다 | 광학 |

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 44쪽

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

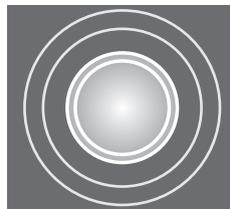
전자선의 회절 무늬 및 현미경을 묻는 부분은 유사하나, 전자의 속력에 따른 분해능을 묻는 부분이 다르다.

▶ 배경 지식

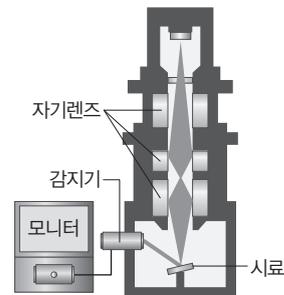
전자 현미경은 전자의 파동성을 이용하여 시료를 높은 배율로 확대하여 관찰하는 장치이다. 전자 현미경에서 이용하는 전자의 속력이 빠를수록 전자의 물질파 파장이 짧아진다.

▶ 23066-0213

그림 (가)는 전자에 의한 회절 무늬를 나타낸 것이고, (나)는 광학 현미경과 전자 현미경 중 하나의 구조를 모식적으로 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 전자의 파동성으로 설명할 수 있다.
- ㄴ. (나)는 전자 현미경의 구조이다.
- ㄷ. 전자 현미경에서 이용하는 전자의 속력이 빠를수록 시료의 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0214

표는 입자 A, B, C의 질량과 물질파 파장을 나타낸 것이다.

입자	질량	물질파 파장
A	m	λ
B	m	2λ
C	$2m$	2λ

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 속력은 B가 C의 2배이다.
- ㄷ. 입자의 운동 에너지는 A가 C의 8배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0215

그림 (가), (나)는 각각 X선과 전자를 금속박에 입사시켰을 때 얻은 회절 무늬를 나타낸 것이다.



(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

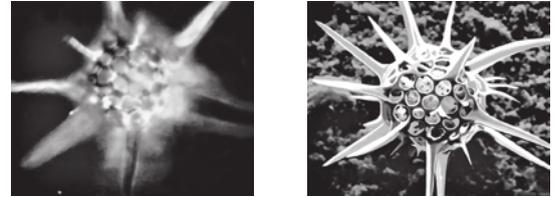
- ㄱ. (가)는 빛의 파동성을 나타낸다.
- ㄴ. (나)는 입자의 파동성을 나타낸다.
- ㄷ. (나)에서 전자의 속력이 증가하면 전자의 물질파 파장은 길어진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0216

다음은 현미경으로 동일한 시료를 관찰한 결과인 그림 (가)와 (나)를 보며 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 광학 현미경과 전자 현미경으로 관찰한 결과를 순서 없이 나타낸 것이고, (나)에서가 (가)에서보다 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.



(가)

(나)

(가)는 광학 현미경으로 관찰한 결과야.



학생 A

관찰 과정에서 이용하는 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 길어.



학생 B

전자 현미경에서 이용하는 전자의 속력이 느릴수록 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있어.



학생 C

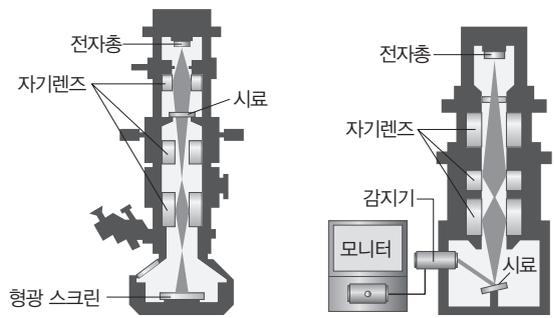
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① B ② C ③ A, B ④ A, C ⑤ A, B, C

04

▶23066-0217

그림 (가)와 (나)는 각각 주사 전자 현미경(SEM)과 투과 전자 현미경(TEM)의 구조를 순서 없이 나타낸 것이다.



(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

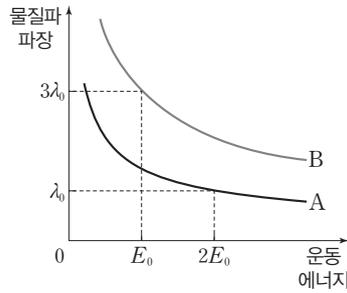
- ㄱ. (가)는 주사 전자 현미경의 구조이다.
- ㄴ. (나)의 현미경은 시료에서 튀어나오는 전자를 분석하여 영상을 얻는다.
- ㄷ. (나)의 현미경을 이용하여 시료 표면의 3차원적인 구조를 관찰할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▶23066-0218

그림은 질량이 각각 m_A, m_B 인 입자 A, B의 물질파 파장을 입자의 운동 에너지에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

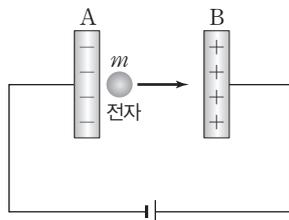
- ㄱ. $m_A : m_B = 9 : 2$ 이다.
- ㄴ. A와 B의 운동 에너지가 E_0 으로 같을 때, 운동량의 크기는 A가 B의 $\frac{3\sqrt{2}}{2}$ 배이다.
- ㄷ. B의 운동 에너지가 $2E_0$ 일 때, B의 물질파 파장은 $\frac{3\sqrt{2}}{2}\lambda_0$ 이다.

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

02

▶23066-0219

그림은 금속판 A와 B에 일정한 전압을 걸어 주었더니 A에서 정지해 있던 질량이 m 인 전자가 전기력만을 받아 운동하는 것을 나타낸 것이다. 전자가 B에 도달하는 순간, 전자의 운동 에너지는 E_k 이다.



전자가 A에서 B까지 운동하는 동안에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수는 h 이다.)

보기

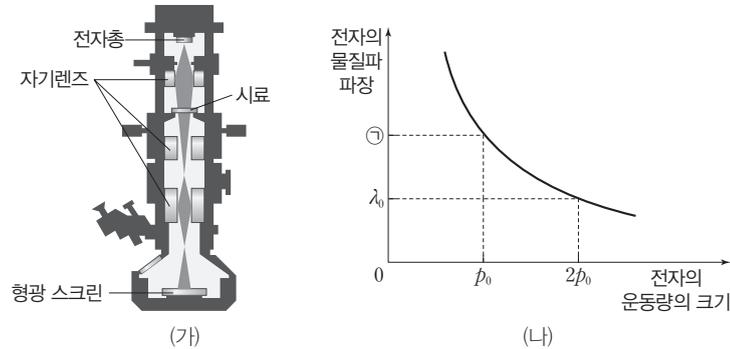
- ㄱ. 전기력이 전자에 한 일은 E_k 이다.
- ㄴ. 전자의 물질파 파장은 길어진다.
- ㄷ. 전자가 B에 도달하는 순간 전자의 물질파 파장은 $\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ 이다.

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

03

▶ 23066-0220

그림 (가)는 주사 전자 현미경(SEM)과 투과 전자 현미경(TEM) 중 하나의 구조를 모식적으로 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 전자총에서 방출되는 전자의 물질파 파장을 전자의 운동량의 크기에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

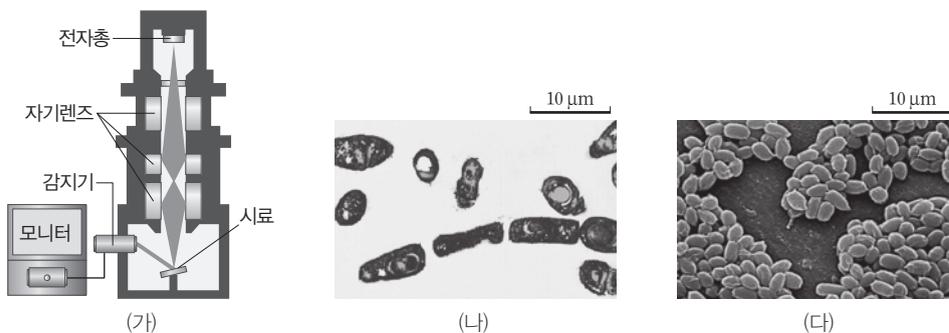
- ㄱ. ㉠은 $2\lambda_0$ 이다.
- ㄴ. (가)의 자기렌즈는 자기장을 이용하여 전자의 진행 경로를 바꿀 수 있다.
- ㄷ. (가)의 현미경은 시료 표면의 입체적인 구조를 관찰할 수 있다.

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

04

▶ 23066-0221

그림 (가)는 주사 전자 현미경(SEM)과 투과 전자 현미경(TEM) 중 하나의 구조를 모식적으로 나타낸 것이다. 그림 (나)와 (다)는 주사 전자 현미경과 투과 전자 현미경을 이용하여 관찰한 시료의 모습을 순서 없이 나타낸 것으로, (나)와 (다) 중 하나는 (가)로 관찰한 것이다. (나)에서는 시료의 평면 구조를, (다)에서는 시료 표면의 입체 구조를 확인할 수 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 주사 전자 현미경의 구조이다.
- ㄴ. (나)에서 시료가 두꺼울수록 시료의 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.
- ㄷ. (다)는 (가)의 현미경으로 관찰한 시료의 모습이다.

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

과학탐구영역

물리학 I



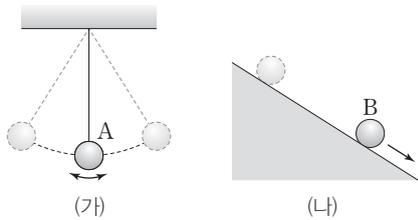
실전 모의고사

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23066-0222

그림 (가)는 물체 A가 실에 매달려 왕복 운동을 하는 것을, (나)는 마찰이 없는 빗면에 가만히 놓은 물체 B가 빗면을 따라 운동하는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

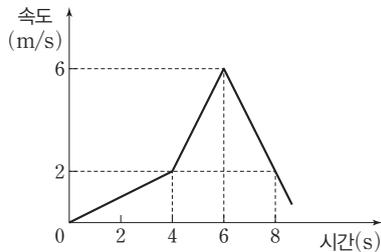
- ㄱ. A의 속력은 일정하다.
- ㄴ. B의 운동 방향은 일정하다.
- ㄷ. B에 작용하는 알짜힘의 방향은 운동 방향에 수직이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0223

그림은 직선 운동을 하는 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

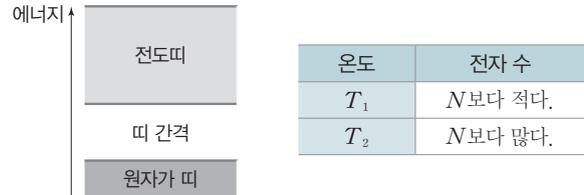
- ㄱ. 가속도의 크기는 2초일 때가 5초일 때의 $\frac{1}{4}$ 배이다.
- ㄴ. 7초일 때 물체의 운동 방향과 가속도의 방향은 같다.
- ㄷ. 0초부터 8초까지 평균 속력은 2 m/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03

▶23066-0224

그림은 전도띠의 전자가 N 개인 고체 A의 에너지띠를, 표는 온도가 T_1, T_2 일 때 A의 전도띠의 전자 수를 나타낸 것이다. A는 도체와 반도체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

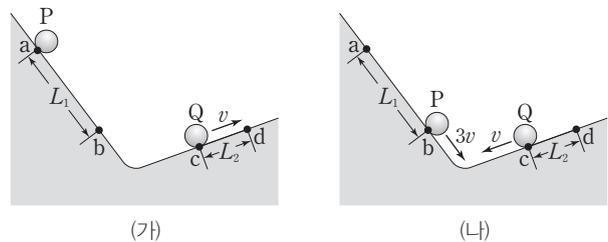
- ㄱ. A는 도체이다.
- ㄴ. $T_1 < T_2$ 이다.
- ㄷ. A의 전기 전도성은 T_1 일 때가 T_2 일 때보다 좋다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0225

그림 (가)는 빗면의 점 a에 물체 P를 가만히 놓는 순간 빗면을 올라가던 물체 Q가 점 c를 속도 v 로 통과하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 P가 점 b를 속도 $3v$ 로 통과하는 순간 Q가 빗면을 내려가며 점 c를 속도 v 로 통과하는 것을 나타낸 것이다. 점 d에서 Q의 속력은 0이다. a와 b 사이의 거리는 L_1 이고, c와 d 사이의 거리는 L_2 이다.



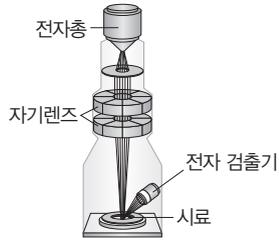
$\frac{L_2}{L_1}$ 는? (단, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

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

05

▶23066-0226

그림은 주사 전자 현미경의 구조를, 표는 전자총에서 방출되는 전자 A, B의 운동 에너지를 나타낸 것이다.



전자	운동 에너지
A	E_0
B	$2E_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 주사 전자 현미경은 파동의 입자성을 이용한다.
- ㄴ. 전자의 운동량의 크기는 A가 B보다 작다.
- ㄷ. 같은 배율로 상을 관찰할 때, A를 시료에 비출 때가 B를 시료에 비출 때보다 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0227

다음은 어떤 학생의 전자기파의 활용에 관한 글이다. ㉠, ㉡, ㉢에 사용되는 전자기파를 순서 없이 나타내면 X선, 마이크로파, 자외선이다.

출출하던 학생은 친구들과의 농구 약속 시간이 얼마 남지 않아 급하게 식사를 해야 했다. 그래서 아침에 먹던 음식을 ㉠전자레인지로 데운 후 식사를 마치고 밖으로 나갔다. 밖은 ㉡피부가 그을릴 정도로 햇살이 뜨거웠다. 농구를 하던 중 넘어져 발목을 다친 학생은 병원에서 ㉢발목의 뼈를 촬영했다. 다행히 심하게 다치지 않아 집으로 귀가하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

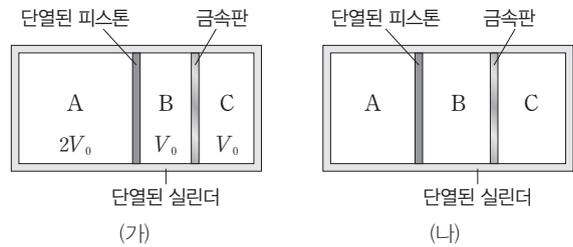
- ㄱ. ㉠에 사용되는 전자기파는 살균 및 소독기에 이용된다.
- ㄴ. ㉠에 사용되는 전자기파의 파장은 ㉡에 사용되는 전자기파의 파장보다 짧다.
- ㄷ. 진공에서 ㉠에 사용되는 전자기파의 속력은 ㉢에 사용되는 전자기파의 속력과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0228

그림 (가)는 단열된 실린더에 단열된 피스톤과 열 전달이 잘 되는 금속판이 힘의 평형을 이루며 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 실린더의 세 부분에는 같은 양의 동일한 이상 기체 A, B, C가 채워져 있고, A, B, C의 부피는 각각 $2V_0, V_0, V_0$ 이다. 그림 (나)는 (가)의 B에 열량 Q 를 가했더니 피스톤과 금속판이 천천히 이동하여 정지한 모습을 나타낸 것이다.



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

보기

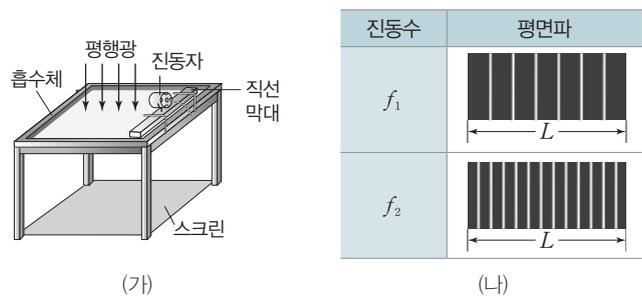
- ㄱ. (가)에서 내부 에너지는 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. C의 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ㄷ. (가) → (나) 과정에서 C가 한 일은 A의 내부 에너지 증가량보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0229

그림 (가)는 물결과 투영 장치에 물을 채우고 평면파를 발생시키는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 진동자의 진동수에 따라 스크린에 나타난 평면파를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

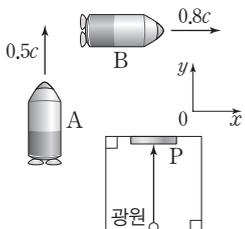
- ㄱ. 평면파의 파장은 진동수가 f_1 일 때가 f_2 일 때보다 길다.
- ㄴ. $f_1 < f_2$ 이다.
- ㄷ. 평면파의 속력은 진동수가 f_1 일 때가 f_2 일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶23066-0230

그림과 같이 정육면체 상자에 대해 우주선 A, B가 각각 $+y$ 방향으로 $0.5c$, $+x$ 방향으로 $0.8c$ 의 일정한 속력으로 직선 운동을 하고 있다. 상자 바닥에 있는 광원에서 거울 P를 향해 $+y$ 방향으로 빛이 방출된다. 표는 A, B의 관성계에서 측정한 광원에서 방출된 빛이 P까지 도달하는 데 걸린 시간을 나타낸 것이다.



관성계	광원에서 방출된 빛이 P까지 도달하는 데 걸린 시간
A	t_A
B	t_B

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속력은 c 이다.) [3점]

보기

- ㄱ. 광원에서 P까지의 거리는 A에서 측정할 때가 B에서 측정할 때보다 크다.
- ㄴ. $t_A < t_B$ 이다.
- ㄷ. 상자의 상대론적 질량은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

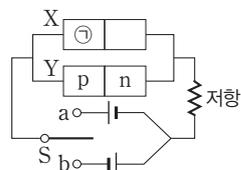
10

▶23066-0231

다음은 p-n 접합 발광 다이오드(LED)의 특성에 대한 실험이다.

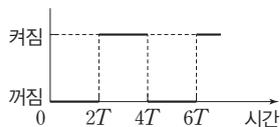
[실험 과정]

(가) 그림과 같이 동일한 p-n 접합 발광 다이오드(LED) X와 Y, 저항, 스위치 S를 전압이 일정한 직류 전원에 연결하여 회로를 구성한다. ㉠은 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



(나) 시간이 0일 때 S를 a에 연결하고 X에 불이 켜지는지를 확인한 후, S를 a 또는 b에 연결하며 X에 불이 켜지는지 확인한다.

[실험 결과]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

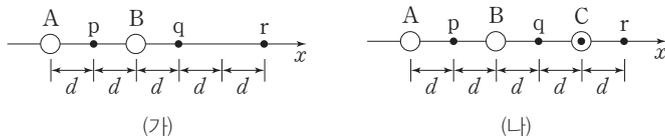
- ㄱ. ㉠은 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
- ㄴ. $3T$ 일 때 X에는 순방향 전압이 걸린다.
- ㄷ. $5T$ 일 때 Y의 p-n 접합면에서 전자와 양공이 결합한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶23066-0232

그림 (가)와 같이 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 종이면에 수직으로 고정되어 있다. 점 p, q, r는 x 축상의 점이며, r에서 A, B의 전류에 의한 자기장은 0이다. 그림 (나)는 (가)에 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 C를 종이면에 고정시킨 것을 나타낸 것이다. (가)의 p에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향은 (나)의 p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향과 반대이다.



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

보기

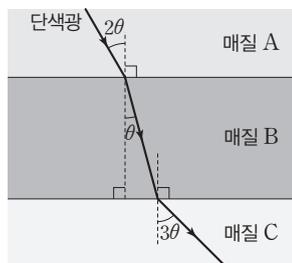
- ㄱ. 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄴ. A에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄷ. (가)의 q에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 (나)의 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23066-0233

그림은 단색광이 매질 A, B, C에서 진행하는 것을 나타낸 것이다. 표는 A, B, C 중 2개의 매질로 만들어진 광섬유 P, Q의 코어, 클래딩, 임계각을 나타낸 것이다. $i_1 < i_2$ 이다.



광섬유	코어	클래딩	임계각
P	㉠	C	i_1
Q	㉡	C	i_2

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

보기

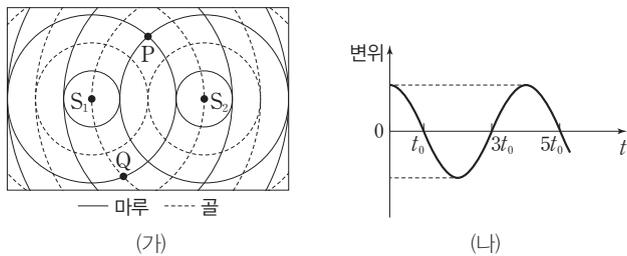
- ㄱ. 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄴ. 굴절률은 A가 C보다 크다.
- ㄷ. ㉠은 B이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶23066-0234

그림 (가)는 두 점 S_1 과 S_2 에서 같은 진폭과 진동수로 발생시킨 두 물결파의 시간 $t=0$ 일 때의 모습을 평면상에 나타낸 것이다. 두 물결파의 속력은 v_0 로 같고, 점 P, Q는 평면상의 고정된 지점이다. 그림 (나)는 (가)의 P와 Q 중 한 지점에서 중첩된 물결파의 변위를 t 에 따라 나타낸 것으로, 중첩된 물결파의 진폭은 한 물결파의 진폭보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 깊이는 일정하다.)

보기

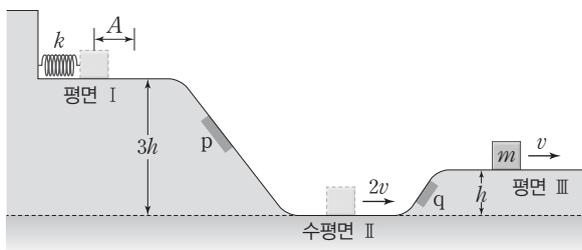
- ㄱ. (나)는 P에서의 변위를 나타낸 것이다.
- ㄴ. 물결파의 파장은 $4v_0t_0$ 이다.
- ㄷ. $t=2t_0$ 일 때, 중첩된 물결파의 변위의 크기는 P에서 Q에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▶23066-0235

그림은 높이가 $3h$ 인 평면 I에서 질량이 m 인 물체로 용수철 상수가 k 인 용수철을 원래 길이에서 A 만큼 압축시킨 후 가만히 놓았더니 마찰 구간 p, 수평면 II, 마찰 구간 q를 지나 높이가 h 인 평면 III에서 속력 v 로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 용수철에서 분리된 후 I에서 물체의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 2배이다. II에서 물체의 속력은 $2v$ 이고, p, q에서 역학적 에너지 감소량은 같다.



A는? (단, II에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 물체의 크기, 용수철의 질량, p와 q 구간을 제외한 모든 마찰은 무시한다.)

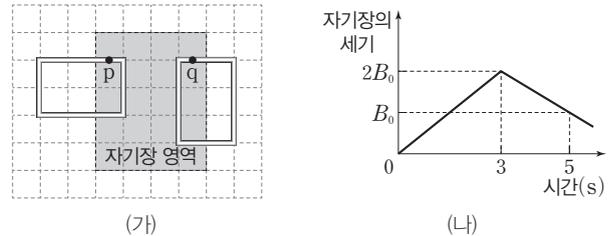
[3점]

- ① $v\sqrt{\frac{19m}{5k}}$ ② $2v\sqrt{\frac{m}{k}}$ ③ $v\sqrt{\frac{21m}{5k}}$
- ④ $v\sqrt{\frac{22m}{5k}}$ ⑤ $v\sqrt{\frac{23m}{5k}}$

15

▶23066-0236

그림 (가)와 같이 종이면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역에 동일한 두 금속 고리가 종이면에 고정되어 있다. 점 p, q는 각각 금속 고리의 한 점이다. 그림 (나)는 (가)의 자기장 영역의 자기장의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모눈의 간격은 일정하다.)

보기

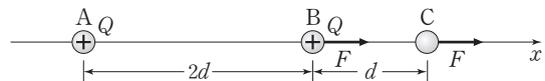
- ㄱ. 2초일 때, 유도 전류의 방향은 p에서와 q에서가 같다.
- ㄴ. 4초일 때, 유도 전류의 세기는 p에서와 q에서가 같다.
- ㄷ. q에 흐르는 유도 전류의 세기는 2초일 때가 4초일 때의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

16

▶23066-0237

그림은 점전하 A, B, C가 x축상에 고정되어 있는 것을 나타낸 것이다. A와 B 사이의 거리는 $2d$ 이고, B와 C 사이의 거리는 d 이다. A와 B는 양(+)전하이므로 전하량의 크기는 Q 로 같다. B, C가 받는 전기력의 크기는 F 로 같고 방향은 +x 방향이다.



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

보기

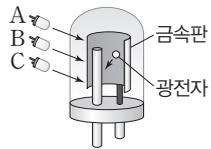
- ㄱ. A와 C 사이에는 서로 미는 방향으로 전기력이 작용한다.
- ㄴ. A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 $\frac{3}{2}F$ 이다.
- ㄷ. C의 전하량의 크기는 $\frac{9}{38}Q$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

17

▶23066-0238

그림은 광전관의 금속판에 단색광 A, B, C를 각각 비추는 모습을 나타낸 것이다. 표는 A, B, C의 진동수와 금속판에 A, B, C를 각각 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 것이다.



단색광	진동수	광전자의 최대 운동 에너지
A	f	방출되지 않음
B	$3f$	\ominus
C	$2f$	E_0

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

보기

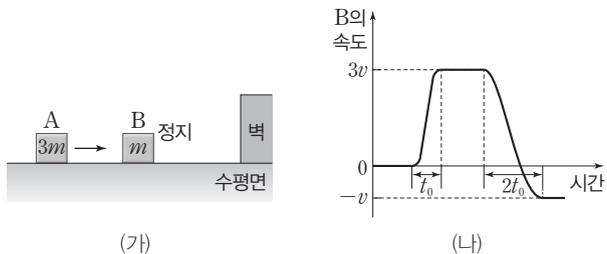
- ㄱ. 금속판의 문턱 진동수는 f 보다 크다.
- ㄴ. $\ominus > E_0$ 이다.
- ㄷ. B와 C를 금속판에 동시에 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 \ominus 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▶23066-0239

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 $3m, m$ 이다. 그림 (나)는 B의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.) [3점]

보기

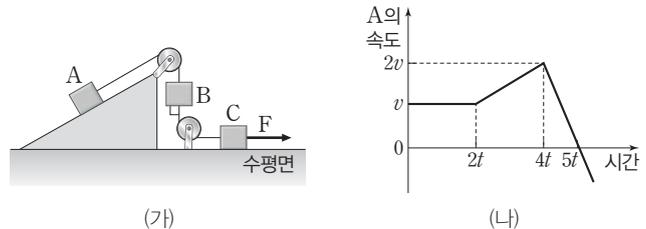
- ㄱ. B가 받은 충격량의 크기는 A와 충돌할 때가 벽과 충돌할 때의 $\frac{3}{4}$ 배이다.
- ㄴ. B가 받은 평균 힘의 크기는 A와 충돌할 때가 벽과 충돌할 때의 $\frac{3}{4}$ 배이다.
- ㄷ. A의 운동 방향은 B와 충돌하기 전과 후가 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

19

▶23066-0240

그림 (가)는 물체 A, B, C를 실로 연결하고 C에 수평면과 나란한 방향으로 힘 F를 작용하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 A의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. $t, 3t$ 일 때 F의 크기는 각각 F_1, F_2 이고, $4t$ 일 때 F를 제거했다. B는 연직선상에서 운동한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

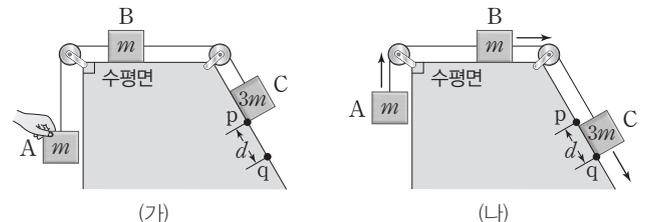
- ㄱ. B의 가속도의 크기는 $5t$ 일 때가 $3t$ 일 때의 4배이다.
- ㄴ. 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $3t$ 일 때가 $5t$ 일 때보다 크다.
- ㄷ. $\frac{F_1}{F_2} = \frac{3}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20

▶23066-0241

그림 (가)는 물체 A, B, C를 실로 연결하고 C가 빗면의 점 p에 위치하도록 A를 가만히 잡고 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 가만히 놓았더니 A, B, C가 등가속도 운동을 하여 C가 점 q를 지나는 것을 나타낸 것이다. C가 p에서 q까지 운동하는 동안, A의 운동 에너지 증가량은 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이고, C의 감소한 중력 퍼텐셜 에너지는 E_0 이다. p와 q 사이의 거리는 d 이고, A, B, C의 질량은 각각 $m, m, 3m$ 이다.



d 는? (단, 중력 가속도는 g 이고, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

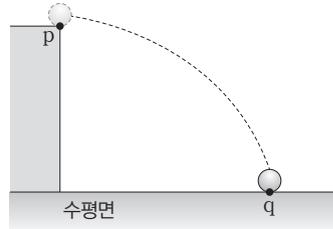
- ① $\frac{2E_0}{7mg}$ ② $\frac{3E_0}{7mg}$ ③ $\frac{4E_0}{7mg}$
- ④ $\frac{5E_0}{7mg}$ ⑤ $\frac{6E_0}{7mg}$

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23066-0242

그림은 점 p에서 수평 방향으로 던진 공이 수평면의 점 q 까지 포물선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다.



공이 p에서 q까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳 은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

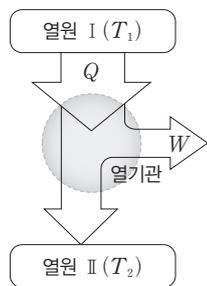
- ㄱ. 공의 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.
- ㄴ. 공의 가속도의 크기는 일정하다.
- ㄷ. 공에 작용하는 힘의 방향은 공의 운동 방향과 나란하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0243

그림은 학생 A, B, C가 열기관 (가), (나), (다)의 제작이 불가능한 까닭에 대해 대화하는 모습을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각 각 온도가 T_1 인 열원 I에서 Q의 열량을 흡수한 후 W의 일을 하 고, 온도가 T_2 인 열원 II로 열량을 방출한다.



열기관	T_1 (°C)	T_2 (°C)	Q (cal)	W (cal)
(가)	400	400	0	100
(나)	500	400	300	300
(다)	400	500	300	100

(가)는 열량을 흡수 하지 않고 일을 하 였으므로 열역학 제 2법칙에 위배되지.



열역학 제2법칙에 의하 면 (나)에서 열기관이 흡 수한 열량과 기체가 외부 에 한 일은 같을 수 없어.



(다)는 저온에서 고온 으로 열이 이동하므 로 열역학 제1법칙에 위배돼.



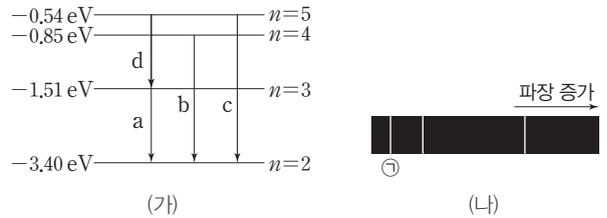
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, B ④ A, C ⑤ B, C

03

▶23066-0244

그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n 에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 a~d를 나타낸 것이다. a, b, c, d에 서 방출되는 빛의 파장은 각각 $\lambda_a, \lambda_b, \lambda_c, \lambda_d$ 이다. 그림 (나)는 (가) 의 a, b, c에서 방출되는 빛의 스펙트럼을 파장에 따라 나타낸 것 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수는 h 이고, 빛의 속력은 c 이다.)

보기

- ㄱ. ㉠의 파장은 λ_c 이다.
- ㄴ. $\frac{hc}{\lambda_b} = 2.55 \text{ eV}$ 이다.
- ㄷ. $\lambda_a + \lambda_d = \lambda_c$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▶23066-0245

그림은 일상생활에서 활용되는 전자기파 A, B, C를 나타낸 것으 로, A, B, C는 X선, 적외선, 마이크로파를 순서 없이 나타낸 것 이다.



(가) 공항에서 수하물 검 사에 활용되는 전자 기파 A (나) TV를 켜는 데 활용 되는 전자기파 B (다) 전자레인지에서 음식을 데우는 데 활 용되는 전자기파 C

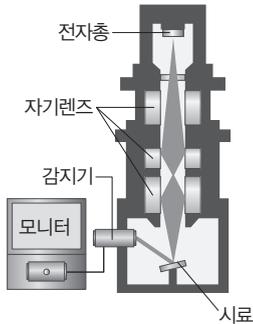
A, B, C의 진동수를 각각 f_A, f_B, f_C 라고 할 때, 진동수를 옳게 비교한 것은?

- ① $f_A < f_B < f_C$ ② $f_B < f_A < f_C$ ③ $f_B < f_C < f_A$
④ $f_C < f_A < f_B$ ⑤ $f_C < f_B < f_A$

05

▶23066-0246

그림은 주사 전자 현미경(SEM)의 구조를, 표는 주사 전자 현미경 A, B에 이용하는 전자의 속력과 전자의 물질파 파장을 나타낸 것이다.



주사 전자 현미경	전자의 속력	전자의 물질파 파장
A	v	λ
B	$2v$	$\frac{\lambda}{2}$

A, B에 이용하는 전자의 속력만 다르다고 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

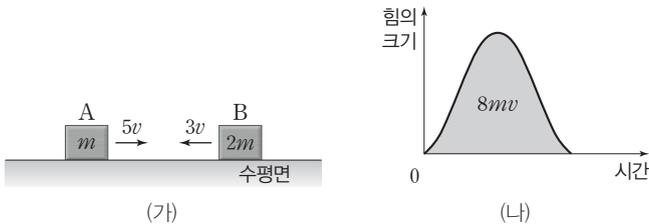
- ㄱ. 주사 전자 현미경을 이용하면 시료 표면의 3차원적인 영상을 관찰할 수 있다.
- ㄴ. ㉠은 2λ 이다.
- ㄷ. B를 이용하면 A를 이용할 때보다 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0247

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 질량이 각각 $m, 2m$ 인 물체 A, B가 서로 반대 방향으로 $5v, 3v$ 의 속력으로 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 A, B가 충돌하는 과정에서 B가 A에 작용하는 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 것으로, 곡선과 시간 축이 이루는 면적은 $8mv$ 이다.



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

보기

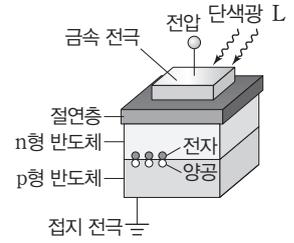
- ㄱ. 충돌 과정에서 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 $8mv$ 이다.
- ㄴ. 충돌 후 A의 속력은 $3v$ 이다.
- ㄷ. 충돌 과정에서 A, B의 운동 에너지의 합은 $\frac{33}{2}mv^2$ 만큼 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0248

그림은 전하 결합 소재(CCD)를 구성하는 광 다이오드에 접합된 금속 전극에 전압을 가하고 p-n 접합면에 단색광 L을 입사시켰을 때, p-n 접합면에서 전자와 양공의 쌍이 형성된 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

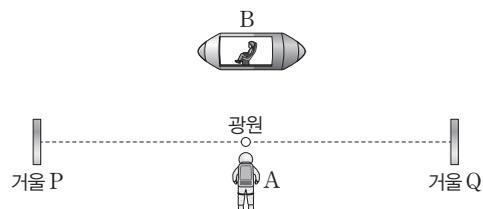
- ㄱ. p-n 접합면에서 전자와 양공의 쌍이 형성되는 현상은 빛의 입자성으로 설명된다.
- ㄴ. 접합면에 입사시키는 L의 세기가 증가할수록 p-n 접합면에 생성되는 전자의 수가 증가한다.
- ㄷ. 광 다이오드의 띠 간격은 p-n 접합면에 입사시킨 L 광자 1개의 에너지보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0249

그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 거울 P, 광원, 거울 Q를 잇는 직선과 나란하게 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 광원과 P, Q는 A에 대해 정지해 있다. A의 관성계에서 측정할 때, 광원으로부터 동시에 방출된 빛은 P, Q에서 각각 반사된 후 동시에 광원에 도달한다. B의 관성계에서 측정할 때, 광원에서 방출된 빛은 Q보다 P에서 먼저 반사된다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[3점]

보기

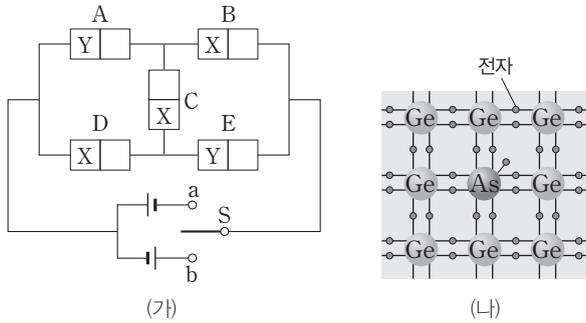
- ㄱ. B의 관성계에서 측정할 때, 광원에서 동시에 방출된 빛은 P, Q에서 각각 반사된 후 동시에 광원에 도달한다.
- ㄴ. Q에서 반사된 빛이 광원에 도달할 때까지 걸리는 시간은 B의 관성계에서가 A의 관성계에서보다 짧다.
- ㄷ. 광원에서 방출된 빛이 P에서 반사된 후 광원에 도달할 때까지 걸리는 시간은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶23066-0250

그림 (가)는 동일한 p-n 접합 다이오드 A, B, C, D, E에 전지 2개, 스위치 S를 연결한 회로를, (나)는 저마늄(Ge)에 비소(As)를 첨가한 반도체 X의 원자의 배열을 나타낸 것이다. X와 Y는 p형 반도체와 n형 반도체를 순서 없이 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. X는 p형 반도체이다.
- ㄴ. (가)에서 S를 a에 연결했을 때 E의 Y에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
- ㄷ. (가)에서 S를 b에 연결했을 때 C에 순방향 전압이 걸린다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10

▶23066-0251

그림은 동일한 금속판에 단색광 P, Q, R를 각각 비추는 모습을, 표는 단색광을 비출 때 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 것이다. 단색광의 진동수는 Q가 R보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

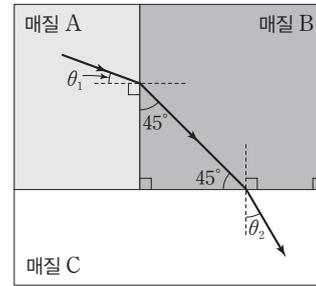
- ㄱ. 단색광의 진동수는 P가 Q보다 작다.
- ㄴ. 금속판에 비추는 P의 세기를 증가시키면 금속판에서 광전자가 방출된다.
- ㄷ. ㉠은 E_0 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

11

▶23066-0252

그림과 같이 단색광이 매질 A에서 매질 B로 입사각 θ_1 로 입사하여 진행하다 매질 C로 굴절각 θ_2 로 굴절한다. $45^\circ > \theta_2 > \theta_1$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

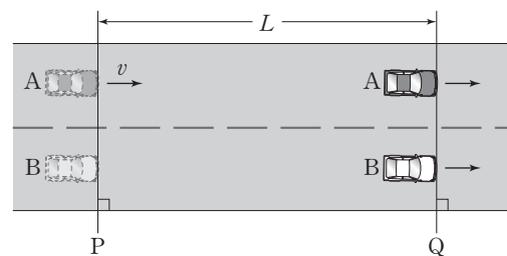
- ㄱ. 굴절률은 C가 A보다 크다.
- ㄴ. 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.
- ㄷ. 단색광의 파장은 B에서가 C에서보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

12

▶23066-0253

그림과 같이 직선 도로에서 자동차 A가 속도 v 로 기준선 P를 지나는 순간 P에 정지해 있던 자동차 B가 출발한다. A, B는 기준선 Q를 동시에 지난다. A, B는 P에서 Q까지 각각 등가속도 운동을 하고, 가속도의 크기는 B가 A의 2배이며, A와 B의 가속도 방향은 서로 같다. P에서 Q까지 A, B의 이동 거리는 L이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

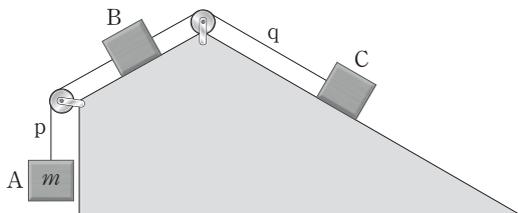
- ㄱ. Q를 지나는 순간 B의 속력은 $4v$ 이다.
- ㄴ. P에서 Q까지 A의 가속도의 크기는 $\frac{4v^2}{L}$ 이다.
- ㄷ. A, B의 속력이 같아지는 순간 A는 B보다 $\frac{1}{8}L$ 만큼 앞서 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶23066-0254

그림과 같이 물체 A, C와 실 p, q를 통해 연결된 물체 B가 빗면에 정지해 있다. p를 끊으면 B는 가속도의 크기가 a_1 인 등가속도 운동을 하고, 이후 q를 끊으면 B는 가속도의 크기가 a_2 인 등가속도 운동을 한다. q를 끊은 후 B와 C의 가속도의 크기는 서로 같다. A의 질량은 m 이고, C의 질량은 B의 질량의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

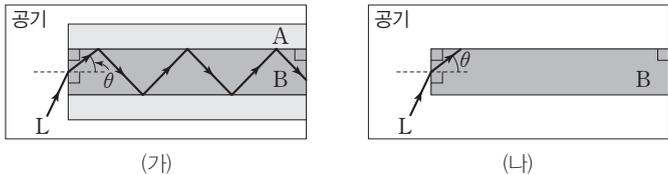
- ㄱ. $a_2 = 3a_1$ 이다.
- ㄴ. p만 끊은 후 q가 C에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{4}{3}mg$ 이다.
- ㄷ. q가 B에 작용하는 힘의 크기는 p를 끊기 전이 p만 끊은 후의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▶23066-0255

그림 (가)는 물질 A와 B를 이용하여 만든 광섬유의 코어 B에 굴절각이 θ 가 되도록 단색광 L을 공기에서 입사시켰을 때 코어 내부에서 L이 전반사하며 진행하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 광섬유의 클래딩 A를 제거한 후 공기에서 B로 굴절각이 θ 가 되도록 L을 입사시킨 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A의 굴절률은 공기의 굴절률보다 크다.) [3점]

보기

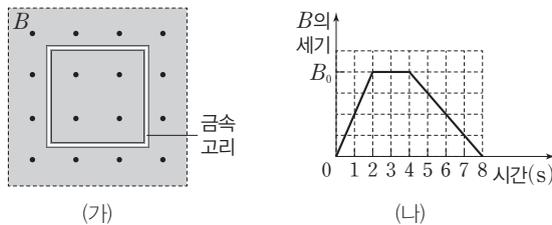
- ㄱ. 굴절률은 B가 A보다 크다.
- ㄴ. $45^\circ > \theta$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 L은 B와 공기의 경계면에서 전반사한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▶23066-0256

그림 (가)는 자기장 B가 균일한 영역에 금속 고리가 고정되어 있는 것을, (나)는 B의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다. B의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

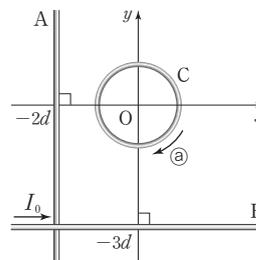
- ㄱ. 3초일 때 유도 전류는 흐르지 않는다.
- ㄴ. 유도 전류의 세기는 1초일 때가 6초일 때보다 크다.
- ㄷ. 유도 전류의 방향은 1초일 때와 6초일 때가 서로 반대이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▶23066-0257

그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B와 중심이 원점 O인 원형 도선 C가 xy 평면에 고정되어 있다. B에는 세기가 I_0 인 전류가 $+x$ 방향으로 흐르고, C에는 세기가 일정한 전류가 흐르고 있다. 표는 O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향과 세기를 A에 흐르는 전류의 세기에 따라 나타낸 것으로, A에 흐르는 전류의 방향은 일정하다. O에서 B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0 이다.



A에 흐르는 전류의 세기	O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향	O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기
I_0	•	$\frac{1}{3}B_0$
$2I_0$	×	$\frac{1}{3}B_0$

- : xy 평면에서 수직으로 나오는 방향
- × : xy 평면에 수직으로 들어가는 방향

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

보기

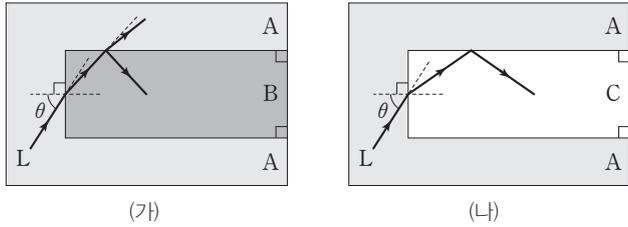
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.
- ㄴ. O에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{2}{3}B_0$ 이다.
- ㄷ. C에는 ㉠ 방향으로 전류가 흐르고 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

17

▶23066-0258

그림 (가)와 같이 매질 A에서 매질 B로 입사각 θ 로 입사한 단색 광 L이 A와 B의 경계면에서 일부는 굴절하고 일부는 반사한다. 그림 (나)는 A에서 매질 C로 입사각 θ 로 입사한 L이 A와 C의 경계면에서 전반사하는 모습을 나타낸 것이다.



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

보기

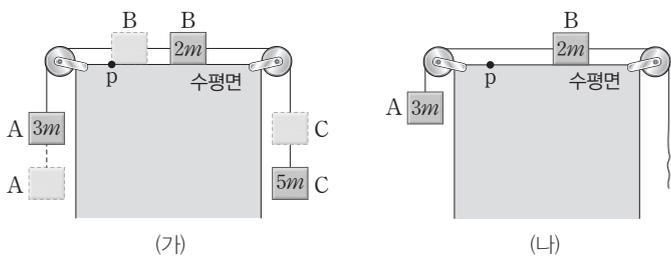
- ㄱ. (나)에서 L의 파장은 A에서가 C에서보다 길다.
- ㄴ. 굴절률은 B가 C보다 크다.
- ㄷ. A와 B 사이의 임계각은 A와 C 사이의 임계각보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

18

▶23066-0259

그림 (가)는 물체 A, C와 실을 통해 연결한 후, 시간 $t=0$ 일 때 수평면의 점 p에 가만히 놓은 물체 B가 등가속도 운동을 하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 $t=T$ 일 때 C와 연결된 실을 끊은 후 B가 등가속도 운동을 하고 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $3m, 2m, 5m$ 이다.



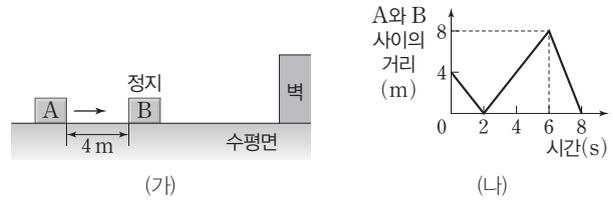
B가 다시 p를 지나는 순간, A의 운동 에너지는? (단, 중력 가속도는 g 이고, A, B, C의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

- ① $\frac{1}{5}mg^2T^2$ ② $\frac{6}{25}mg^2T^2$ ③ $\frac{7}{25}mg^2T^2$
- ④ $\frac{8}{25}mg^2T^2$ ⑤ $\frac{9}{25}mg^2T^2$

19

▶23066-0260

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향하여 등속도 운동을 하는 모습을, (나)는 (가)에서 A와 B 사이의 거리를 시간에 따라 나타낸 것이다. 벽에 충돌 직후 B의 속력은 충돌 직전과 같다. A, B의 질량은 각각 m_A, m_B 이다.



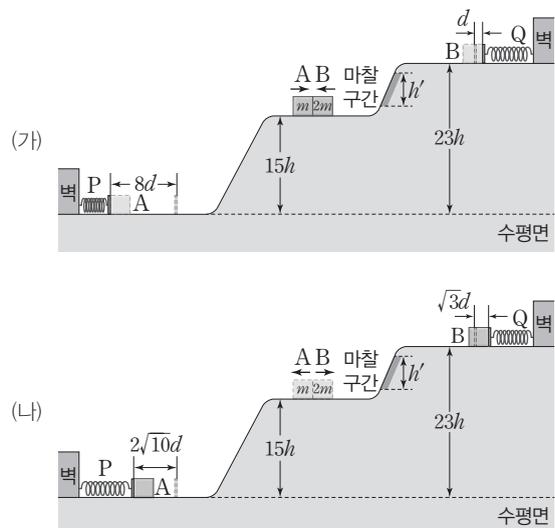
$\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, A, B의 크기는 무시하며, A, B는 동일 직선상에서 운동한다.) [3점]

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

20

▶23066-0261

그림 (가)와 같이 수평면에서 물체 A로 용수철 P를 원래 길이에서 $8d$ 만큼 압축시킨 후 가만히 놓고, 높이 $23h$ 인 평면에서 물체 B로 용수철 Q를 원래 길이에서 d 만큼 압축시킨 후 가만히 놓으면, A와 B는 높이 $15h$ 인 평면에서 충돌한다. 충돌할 때 속력은 A가 B의 $\frac{7}{2}$ 배이다. 충돌 후 그림 (나)와 같이 A, B가 각각 P, Q를 원래 길이에서 최대 $2\sqrt{10}d, \sqrt{3}d$ 만큼 압축시킨다. 충돌 후 높이가 $15h$ 인 평면에서 A의 속력은 충돌 전 A의 속력의 $\frac{5}{7}$ 배이며, A, B는 질량이 각각 $m, 2m$ 이고, 면을 따라 운동한다. B는 빗면을 내려갈 때 높이차가 h '인 마찰 구간에서 등속도 운동을 하고, 마찰 구간을 올라갈 때 손실된 역학적 에너지는 내려갈 때와 같다.



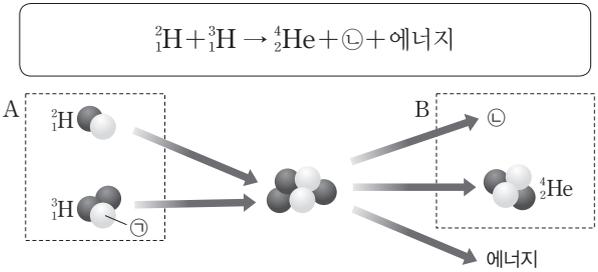
h' 는? (단, A, B의 크기, 용수철의 질량, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

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

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01 ▶23066-0262

그림은 중수소(${}^2_1\text{H}$) 원자핵과 삼중수소(${}^3_1\text{H}$) 원자핵이 핵융합하여 헬륨(${}^4_2\text{He}$) 원자핵과 \ominus 을 생성하고 에너지를 방출하는 핵반응식 과 모습을 나타낸 것이다. \ominus , \ominus 은 핵자 중 하나이며, A는 핵융합 반응 물질들, B는 에너지를 제외한 핵융합 생성 물질들 나타낸다.



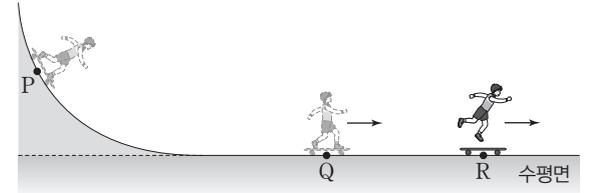
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. \ominus 과 \ominus 의 전하량은 같다. ㄴ. \ominus 의 질량수는 1이다.
 - ㄷ. A의 질량과 B의 질량은 같다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 ▶23066-0263

그림은 곡면의 점 P에 정지해 있던 보드를 탄 학생이 곡면을 따라 이동하여 수평면의 점 Q를 지나 점 R를 지나기 직전 점프하여 보드가 R를 지나는 순간 공중에 떠 있는 모습을 나타낸 것이다. 곡 면과 수평면 모두 마찰이 있고, 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.



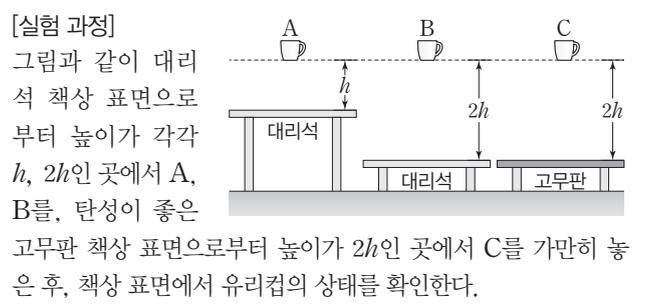
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 학생과 보드의 크기는 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. 학생이 P에서 Q까지 이동하는 동안 변위의 크기는 이동 거리보다 작다.
 - ㄴ. Q에서 보드가 수평면에 연직 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 R에서 보드가 수평면에 연직 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기보다 크다.
 - ㄷ. P에서 보드의 역학적 에너지는 Q에서 보드의 운동 에너지와 같다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 ▶23066-0264

다음은 질량이 같은 동일한 유리컵 A, B, C의 충돌 실험이다.



[실험 결과]

유리컵	A	B	C
상태	깨지지 않고 책상 위에 정지함	깨진 후 책상 위에 정지함	깨지지 않고 책상 위에 정지함

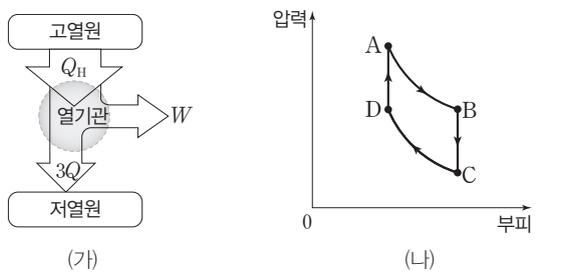
유리컵에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 유리컵의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

- 보기**
- ㄱ. 책상과 충돌 직전 운동량의 크기는 A가 C의 $\frac{1}{2}$ 배이다.
 - ㄴ. 책상과 충돌하는 동안 책상으로부터 받은 충격량의 크기는 B가 C보다 크다.
 - ㄷ. 책상과 충돌하는 동안 걸린 시간은 B가 C보다 짧다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 ▶23066-0265

그림 (가)는 열효율이 0.4인 열기관이 고열원에서 Q_H 의 열량을 흡수하여 W 의 일을 하고 저열원으로 $3Q$ 의 열량을 방출하는 것을, (나)는 (가)의 열기관에서 일정량의 이상 기체의 상태가 A → B → C → D → A를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → B, C → D 과정은 등온 과정이고, B → C, D → A 과정은 부피가 일정한 과정이며, B → C 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 Q 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

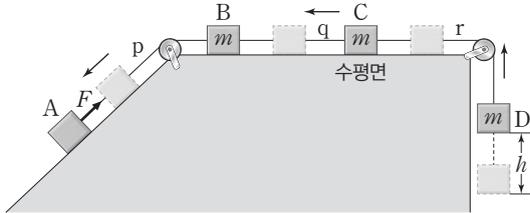
- 보기**
- ㄱ. $Q_H = 4Q$ 이다.
 - ㄴ. D → A 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량은 Q 이다.
 - ㄷ. A → B 과정에서 기체가 한 일은 $2W$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0266

그림은 실 p, q, r에 연결된 물체 A, B, C, D가 등가속도 운동을 하여 h만큼 이동한 순간의 모습을 나타낸 것으로, A의 속력은 점점 증가한다. p가 A에 작용하는 힘의 크기는 F이고, B, C는 수평면상에서 운동하며 B, C, D의 질량은 m으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

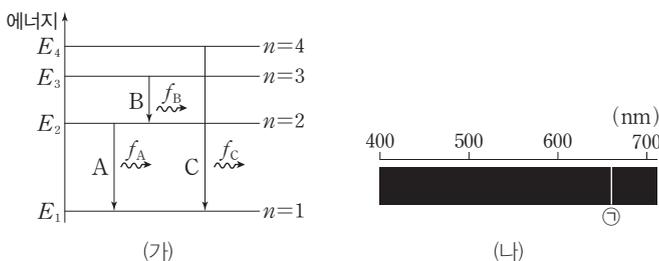
- ㄱ. q가 C에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{2F+mg}{3}$ 이다.
- ㄴ. r가 D에 작용하는 힘의 크기는 $\frac{F+2mg}{3}$ 이다.
- ㄷ. D가 h만큼 이동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량은 D의 운동 에너지 증가량보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0267

그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이 A, B, C를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 가시광선 영역의 빛의 파장에 따른 선 스펙트럼을 나타낸 것으로, ㉠은 (가)의 A, B, C 중 하나에 의한 스펙트럼선이다. A, B, C에 의해 방출되는 빛의 진동수는 각각 f_A, f_B, f_C 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수는 h이다.)

보기

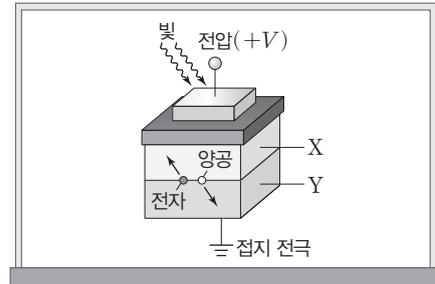
- ㄱ. f_A 는 자외선 영역의 진동수이다.
- ㄴ. $|f_C - f_A - f_B| = \left| \frac{E_4 - E_3}{h} \right|$ 이다.
- ㄷ. ㉠은 C에 의한 스펙트럼선이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0268

그림은 학생 A, B, C가 전하 결합 소재(CCD)의 이미지 센서를 구성하는 광 다이오드 소자에 대해 대화하는 모습을 나타낸 것이다. X와 Y는 p형 반도체와 n형 반도체를 순서 없이 나타낸 것이다.



- 학생 A: 광 다이오드는 빛 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 반도체 소자야.
- 학생 B: 전하 결합 소자는 디지털 카메라나 스캐너에 이용되는 반도체 소자야.
- 학생 C: 전자와 양공의 이동 방향으로 볼 때 불순물로 첨가한 원자의 원자수가 전자수는 X가 Y보다 작아.



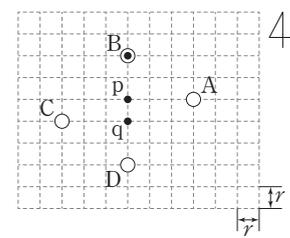
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
④ B, C ⑤ A, B, C

08

▶23066-0269

그림과 같이 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C, D가 한 눈금의 길이가 r인 모눈 면에 수직으로 고정되어 있다. B에 흐르는 전류의 방향은 모눈 면에서 수직으로 나오는 방향이고, 모눈 면의 점 p에서 A의 전류에 의한 자기장의 방향은 남쪽이며, 모눈 면의 점 q에서 B, C, D의 전류에 의한 자기장의 방향은 북쪽이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

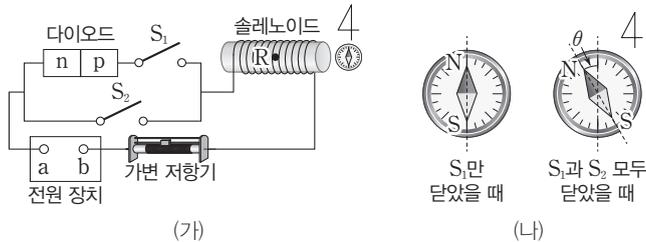
- ㄱ. D에 흐르는 전류의 방향은 모눈 면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. 전류의 세기는 B에서가 D에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄷ. A와 C에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶23066-0270

그림 (가)는 전원 장치에 p-n 접합 다이오드, 가변 저항기, 스위치 S_1 과 S_2 , 솔레노이드를 연결하여 만든 전기 회로의 모습을, (나)는 (가)의 S_1 만 닫았을 때와 S_1 과 S_2 를 모두 닫았을 때 솔레노이드 앞에 놓인 나침반 자침의 모습을 나타낸 것이다. 솔레노이드는 동서 방향으로 고정되어 있고, 점 R은 솔레노이드 내부 중심의 지점이며, θ 는 나침반 자침이 정지해 있을 때 북쪽과 이루는 각이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

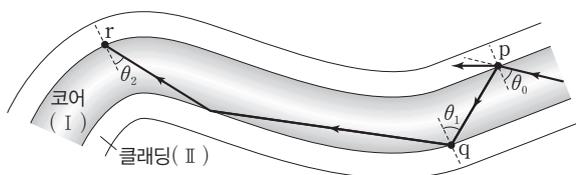
- ㄱ. a는 (-)극이다.
- ㄴ. S_2 만 닫았을 때 R에서 솔레노이드의 전류에 의한 자기장의 방향은 서쪽 방향이다.
- ㄷ. S_1 과 S_2 를 모두 닫고 가변 저항기의 저항값을 처음보다 작게 하면 나침반 자침의 N극이 북쪽과 이루는 각은 θ 보다 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶23066-0271

그림은 광섬유의 코어(I)와 클래딩(II)의 경계면의 점 p에 입사각 θ_0 으로 입사한 단색광이 클래딩과 코어의 경계면에서 굴절과 반사를 하며 진행하는 모습을 나타낸 것이다. 코어에서 반사한 단색광은 점 q에 입사각 θ_1 로 입사하여 전반사하며 진행한 뒤 점 r에 입사각 θ_2 로 입사한다. $\theta_0 > \theta_2$ 이며, 코어와 클래딩의 굴절률은 각각 n_1, n_2 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

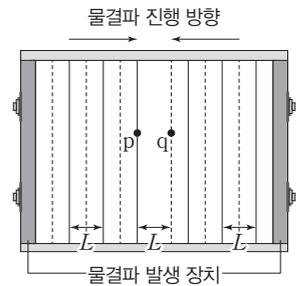
- ㄱ. p에서 굴절한 단색광의 속력은 반사한 단색광의 속력보다 크다.
- ㄴ. 단색광은 r에서 전반사한다.
- ㄷ. $\sin\theta_1 < \frac{n_2}{n_1}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶23066-0272

그림은 서로 마주 보고 동일한 진동수로 진동하는 물결파 발생 장치에 의해 진폭이 같고 1초에 L 만큼 이동하는 두 물결파가 발생하여 점 p, q에 각각 도달한 순간의 모습을 나타낸 것이다. p, q는 수면상에 고정된 지점이고, p와 q 사이의 거리와 마루와 마루 사이의 거리는 L 이다. 실선과 점선은 각각 물결파의 마루와 골이다.



이 순간을 0초로 할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

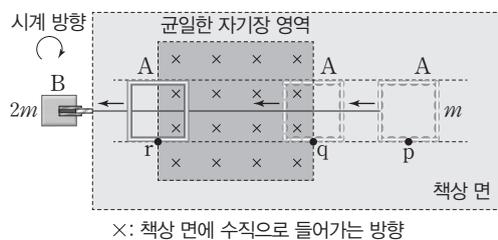
- ㄱ. 1.5초일 때 p에서는 상쇄 간섭이 일어난다.
- ㄴ. 물결파의 진동수는 1 Hz이다.
- ㄷ. 3초일 때 p에서와 q에서 매질의 진동 방향은 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23066-0273

그림과 같이 질량이 m 인 정사각형 금속 고리 A가 중력 방향으로 낙하하는 질량이 $2m$ 인 물체 B와 실로 연결되어 수평한 책상 면의 균일한 자기장 영역을 운동 방향으로 속력이 증가하는 가속도 운동을 하며 통과한다. p, q, r는 책상 면을 따라 A가 운동하는 동안 각각 순간의 위치이고, 책상 면의 균일한 자기장의 방향과 중력의 방향은 책상 면에 수직으로 들어가는 방향이다.



x: 책상 면에 수직으로 들어가는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. A가 p에 위치할 때 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $\frac{1}{3}mg$ 이다.
- ㄴ. A에 흐르는 유도 전류의 세기는 A가 q에 위치할 때가 r에 위치할 때보다 크다.
- ㄷ. A가 r에 위치할 때 A에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

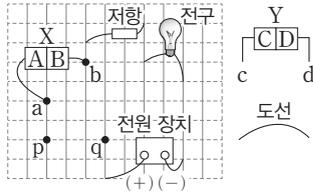
13

▶23066-0274

다음은 전기 회로 연결 판을 이용해 다이오드 연결 방법에 대해 확인하는 실험이다.

[실험 과정]

(가) 세로선(실선)은 서로 연결되어 있고 가로선(점선)은 서로 연결되지 않은 전기 회로 연결 판을 이용해 그림과 같이 다이오드 X, 저항, 전원 장치, 전구를 연결한다.



(나) 연결 판의 점 p, q에 도선을 연결하고 전구가 켜지는지 확인한다.

(다) (나)에서 p, q에 연결된 도선을 빼고 다이오드 Y의 c를 p에, d를 q에 연결하고 전구가 켜지는지 확인한다.

[실험 조건]

- (1) a, b는 X의 양쪽 단자이다.
- (2) A, B, C, D는 각각 n형 반도체와 p형 반도체 중 하나이다.

[실험 결과]

- (나)에서 도선을 연결했을 때 전구가 켜진다.
- (다)에서 Y를 연결했을 때 전구가 켜진다.

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

보기

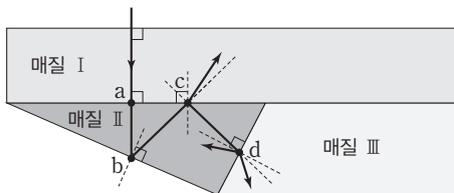
- ㄱ. A와 D는 서로 같은 종류의 반도체이다.
- ㄴ. B에서는 주로 양공이 전하 운반자 역할을 한다.
- ㄷ. (나)에서 Y의 d를 a에, c를 b에 각각 연결하면 전구가 켜진다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▶23066-0275

그림은 매질 I, II의 경계면의 점 a에 수직으로 입사한 단색광이 점 b를 지나 점 c와 점 d에 각각 입사하여 I과 II, II와 매질 III에서 각각 반사와 굴절을 하며 진행하는 모습을 나타낸 것이다.



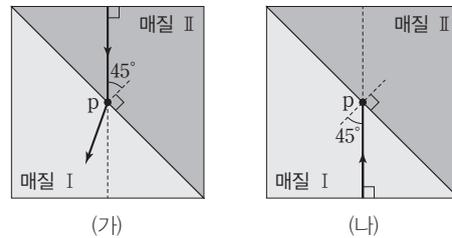
I, II, III의 굴절률을 각각 n_I, n_{II}, n_{III} 이라고 할 때, 굴절률의 크기를 옳게 비교한 것은? [3점]

- ① $n_I > n_{II} > n_{III}$ ② $n_I > n_{III} > n_{II}$ ③ $n_{II} > n_I > n_{III}$
 ④ $n_{III} > n_I > n_{II}$ ⑤ $n_{III} > n_{II} > n_I$

15

▶23066-0276

그림 (가)는 단색광이 매질 II에서 매질 I로 입사각 45° 로 점 p에 입사한 후 굴절하여 진행하는 것을, (나)는 (가)에서와 동일한 단색광이 I에서 II로 입사각 45° 로 p에 입사하는 것을 나타낸 것이다. (가)에서 단색광 파장은 I에서가 II에서의 $\frac{1}{2}$ 배이다.



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

보기

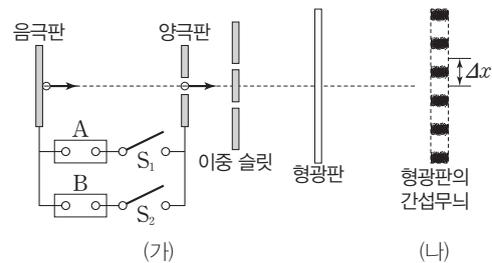
- ㄱ. 매질의 굴절률은 I이 II의 $\frac{1}{2}$ 배이다.
- ㄴ. (가)에서 단색광의 진동수는 I에서가 II에서보다 작다.
- ㄷ. (나)에서 p에 입사한 단색광은 전반사한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▶23066-0277

그림 (가)는 음극판과 양극판에 전원 장치 A 또는 B를 스위치 S_1 또는 S_2 로 연결하였을 때, 음극판에 정지해 있던 전자가 양극판의 틈을 지나 방출되어 이중 슬릿을 통과한 뒤 형광판과 충돌하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 전자에 의해 형광판에 발생한 간섭무늬이며, Δx 는 이웃한 밝은 무늬 사이 간격이다. S_1 만 닫았을 때가 S_2 만 닫았을 때보다 Δx 가 크다.



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

보기

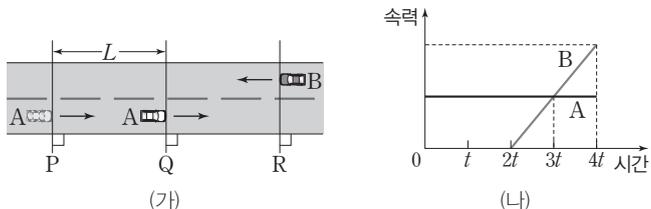
- ㄱ. 전원 장치의 전압은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 간섭무늬는 전자의 파동성으로 설명할 수 있다.
- ㄷ. 전자의 물질파 파장은 S_1 만 닫았을 때가 S_2 만 닫았을 때보다 짧다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▶23066-0278

그림 (가)는 직선 도로에서 자동차 A가 기준선 P를 지나 기준선 Q를 지나는 순간 기준선 R에 정지해 있던 자동차 B가 출발하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A가 P를 지나는 순간부터 A, B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것으로 A는 등속도 운동을, B는 등가속도 운동을 한다. P와 Q 사이의 거리는 L 이며, A는 $4t$ 일 때 R를 지난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

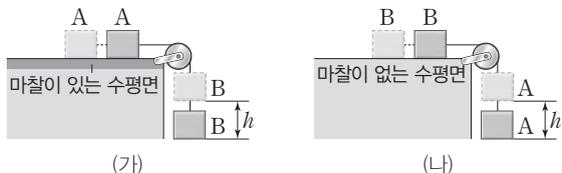
- ㄱ. A의 속력은 $\frac{L}{2t}$ 이다. ㄴ. B의 가속도 크기는 $\frac{L}{4t^2}$ 이다.
- ㄷ. $4t$ 일 때 A와 B 사이의 거리는 L 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▶23066-0279

그림 (가)는 마찰이 있는 수평면에 정지한 물체 A에 물체 B를 실로 연결하여 A를 가만히 놓았을 때 A, B가 h 만큼 이동한 순간의 모습을, (나)는 마찰이 없는 수평면에 정지한 B에 A를 실로 연결하여 B를 가만히 놓았을 때 A, B가 h 만큼 이동한 순간의 모습을 나타낸 것이다. A의 질량은 B의 질량의 $\frac{1}{2}$ 배이고, (가), (나)에서 A, B가 등가속도 운동을 하며 h 만큼 이동하는 동안 (가)에서 B의 운동 에너지 변화량과 (나)에서 A의 운동 에너지 변화량은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량과 A, B의 크기, 마찰이 있는 수평면을 제외한 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

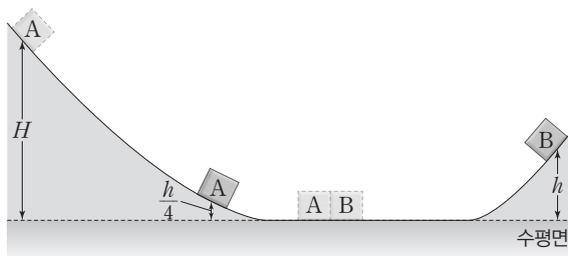
- ㄱ. A가 h 만큼 이동하였을 때 A의 속력은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 배이다.
- ㄴ. B의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{3}$ 배이다.
- ㄷ. (가)에서 B가 h 만큼 이동하는 동안 B의 운동 에너지 증가는 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량의 $\frac{1}{6}$ 배이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶23066-0280

그림과 같이 물체 A를 수평면으로부터 곡면의 높이 H 인 지점에 가만히 놓았더니 A는 곡면을 따라 수평면으로 이동하여 수평면에 정지해 있던 물체 B와 충돌하였다. 충돌 후 A는 수평면으로부터 곡면의 높이 $\frac{h}{4}$ 인 지점에서 속력이 0이 되었고, B는 수평면으로부터 반대편 곡면의 높이 h 인 지점에서 속력이 0이 되었다. 질량은 A가 B의 $\frac{1}{2}$ 배이고, 수평면에서 A, B의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.



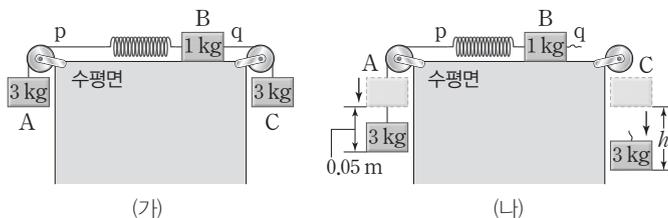
$\frac{h}{H}$ 는? (단, A, B의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

20

▶23066-0281

그림 (가)는 실 p, q에 연결된 질량이 각각 3 kg, 1 kg, 3 kg인 물체 A, B, C와 용수철 상수가 200 N/m인 용수철이 x 만큼 늘어난 상태로 정지해 있는 모습을, (나)는 (가)에서 q가 끊어진 후 A, C가 각각 0.05 m와 h 만큼 낙하한 순간의 모습을 나타낸 것이다. (나)에서 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 22.5 N이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10 m/s^2 이고, h 의 단위는 m이며, 용수철과 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. $x=0.15 \text{ m}$ 이다.
- ㄴ. (가)에서 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지는 (나)에서 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지의 4배이다.
- ㄷ. (가)에서 q가 끊어진 후 A가 0.05 m만큼 낙하하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량의 $\frac{0.05}{h}$ 배이다.

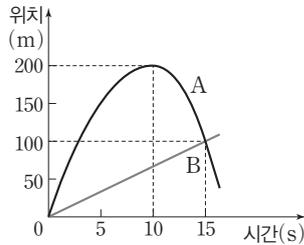
- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23066-0282

그림은 동일한 직선 위에서 운동 하는 물체 A, B의 위치를 시간 에 따라 나타낸 것이다. A, B의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대 로 고른 것은?



보기

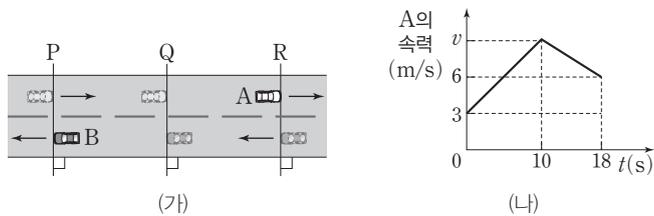
- ㄱ. 11초일 때 운동 방향은 A와 B가 같다.
- ㄴ. 0초부터 15초까지 평균 속력은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 12초일 때 A의 속도의 방향과 가속도의 방향은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▶23066-0283

그림 (가)와 같이 직선 도로에서 서로 반대 방향으로 도로와 나란 하게 운동하는 자동차 A, B가 시간 $t=0$ 일 때 각각 기준선 P, R 를 지나 $t=18$ 초일 때 각각 R, P를 지난다. 그림 (나)는 A의 속 력을 t 에 따라 나타낸 것이다. B는 R에서 Q까지 등속도 운동을, Q에서 P까지 크기가 a_B 인 가속도로 등가속도 운동을 하고, $t=10$ 초일 때 A, B는 기준선 Q를 통과한다. P와 Q, Q와 R 사 이의 거리는 같다.



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

보기

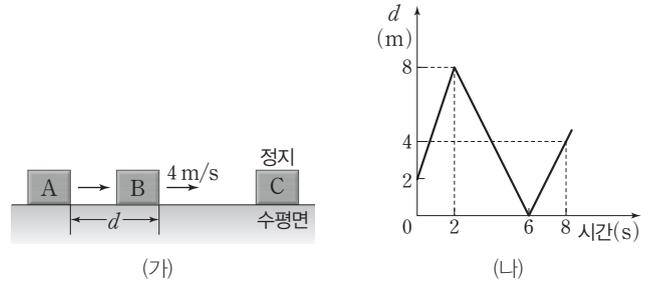
- ㄱ. v 는 9이다.
- ㄴ. A가 Q에서 R까지 운동하는 동안 운동 방향과 가속도의 방향은 같다.
- ㄷ. $a_B = \frac{3}{8} \text{ m/s}^2$ 이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▶23066-0284

그림 (가)는 수평면에서 질량이 같은 물체 A와 B가 정지해 있는 물체 C를 향해 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것으로, B의 속력 은 4 m/s 이다. 그림 (나)는 A와 B 사이의 거리 d 를 시간에 따라 나타낸 것이다. A와 B가 충돌하는 동안 B가 A로부터 받은 충격 량의 크기는 I_1 , B와 C가 충돌하는 동안 C가 B로부터 받은 충격 량의 크기는 I_2 이다.



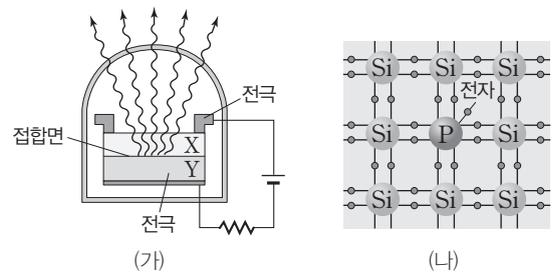
$\frac{I_2}{I_1}$ 는? (단, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)[3점]

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

04

▶23066-0285

그림 (가)와 같이 불순물 반도체 X와 Y를 접합시켜 만든 발광 다이오드(LED)에 전원을 연결하였더니 빛이 방출되었다. 그림 (나) 는 규소(Si)에 인(P)을 첨가한 불순물 반도체의 원자가 전자 배열 을 나타낸 것으로 X와 Y의 원자가 전자 배열 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

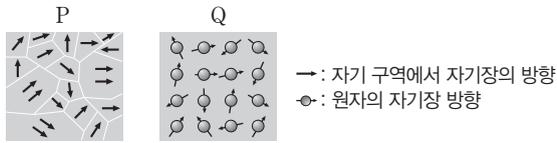
- ㄱ. (가)에서 Y는 n형 반도체이다.
- ㄴ. (나)는 X의 원자가 전자 배열이다.
- ㄷ. (나)에 해당하는 반도체에 전류가 흐를 때 주로 전자가 전하 운반자 역할을 한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0286

그림은 균일한 자기장 속에서 자기화시킨 후 외부 자기장을 제거한 물체 P, Q의 내부 원자 자석 배열을 보고 물질의 자성에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다. P와 Q는 강자성체와 상자성체를 순서 없이 나타낸 것이다.



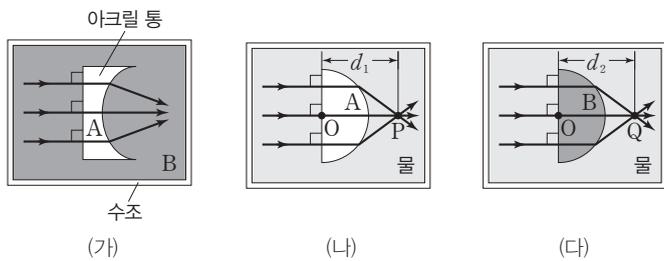
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① B ② C ③ A, B
- ④ A, C ⑤ A, B, C

06

▶23066-0287

그림 (가)는 액체 A가 채워진 아크릴 통을 액체 B가 담긴 수조에 넣은 후 단색광을 비추었을 때 단색광의 경로를 나타낸 것이다. 그림 (나), (다)는 각각 A, B가 채워진 동일한 아크릴 통을 물이 담긴 수조에 넣은 후 (가)와 동일한 단색광을 비추었을 때 단색광의 경로를 나타낸 것이다. (나), (다)에서 d_1 , d_2 는 반원의 중심 O로부터 단색광이 만나는 점 P, Q까지의 거리이며, A, B의 굴절률은 각각 n_A , n_B 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 아크릴 통의 두께는 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. $n_A > n_B$ 이다.
- ㄴ. $d_1 > d_2$ 이다.
- ㄷ. 단색광의 파장은 B에서가 A에서보다 길다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0288

그림은 수평면에 정지해 있던 질량이 각각 $2m$, m 인 물체 A, B에 크기가 각각 F , $2F$ 인 힘을 수평 방향으로 가했을 때 A, B가 거리 d 만큼 등가속도 직선 운동을 하여 각각 점 p, q를 지나는 순간의 모습을 나타낸 것이다. p, q에서 A, B의 운동 에너지는 각각 E_A , E_B 이고 d 만큼 이동하는 동안 크기가 F , $2F$ 인 힘에 의해 A, B가 받은 충격량의 크기는 각각 I_A , I_B 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

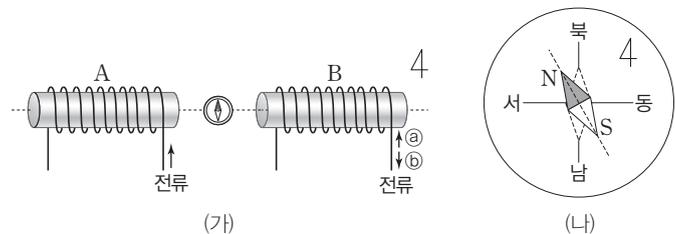
- ㄱ. $E_A = 2E_B$ 이다.
- ㄴ. $I_A = I_B$ 이다.
- ㄷ. A, B가 d 만큼 이동하는 데 걸린 시간은 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0289

그림 (가)와 같이 크기와 재질이 같은 원통에 단위 길이당 같은 수의 도선을 감은 솔레노이드 A, B를 지면에 고정시켰다. A, B에 각각 일정한 세기의 전류가 흐르게 한 후, 솔레노이드의 중심축을 잇는 직선 위의 가운데 지점에 나침반을 놓았더니 A, B의 전류에 의한 자기장에 의해 나침반 자침의 N극이 북쪽을 가리켰다. A에는 화살표 방향으로 전류가 흐르고 있으며, B에는 ㉠ 또는 ㉡ 방향으로 전류가 흐르고 있다. 그림 (나)는 A, B에 흐르는 전류의 세기, 또는 도선의 감은 수를 변화시켰을 때 (가)에서와 같은 위치에 놓인 나침반 자침의 N극이 북서쪽을 가리키는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

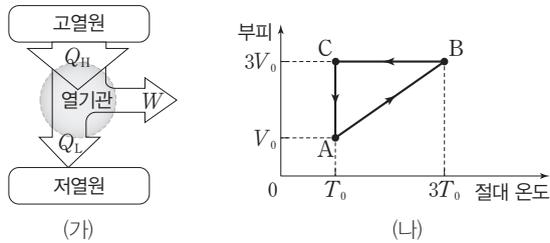
- ㄱ. (가)에서 B에 흐르는 전류의 방향은 ㉠ 방향이다.
- ㄴ. (가)에서 A에 감은 도선의 수만을 증가시키면 나침반 자침의 N극은 (나)와 같은 방향으로 회전한다.
- ㄷ. (가)에서 B에 흐르는 전류의 세기만을 증가시키면 나침반 자침의 N극은 (나)와 같은 방향으로 회전한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09

▶23066-0290

그림 (가)는 1회 순환 과정 시 고열원에서 Q_H 의 열량을 흡수하여 외부에 W 의 일을 하고 저열원으로 Q_L 의 열량을 방출하는 열기관을 모식적으로 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 열기관 안에 있는 일정량의 이상 기체의 상태가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 를 따라 변할 때 절대 온도와 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B$ 과정에서 흡수하는 열량은 Q_1 이고 $B \rightarrow C$ 과정에서 방출하는 열량은 Q_2 이다. $A \rightarrow B$ 과정은 압력이 일정한 과정, $B \rightarrow C$ 과정은 부피가 일정한 과정, $C \rightarrow A$ 과정은 등온 과정이고, A에서 기체의 압력은 $3P_0$ 이다.



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

보기

- ㄱ. $Q_1 - Q_2 = W$ 이다.
- ㄴ. $W = 2P_0V_0$ 이다.
- ㄷ. $B \rightarrow C$ 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 Q_2 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10

▶23066-0291

그림과 같이 멜로디 소자의 전원부에 광전관을 연결하고 출력부에 스피커를 연결하였다. 단색광을 진동수를 증가시키면서 광전관의 금속판에 비추었을 때, 단색광의 진동수가 f_0 일 때는 전류가 흐르지 않았고, 단색광의 진동수가 $1.2f_0$ 일 때는 전류가 흘러 스피커에서 소리가 발생하였다. 표는 광전관의 금속판에 비추는 단색광 A, B, C, D의 진동수와 세기를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

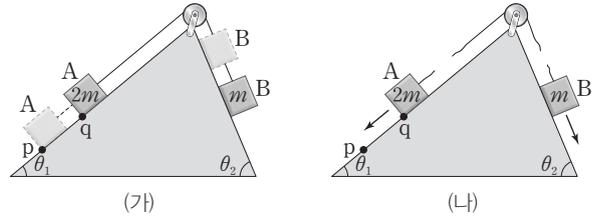
- ㄱ. 금속판에서 방출되는 광전자의 수는 B를 비출 때와 C를 비출 때가 같다.
- ㄴ. A를 비추었을 때 스피커에서 소리가 발생하지 않는다.
- ㄷ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 D를 비추었을 때가 C를 비추었을 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▶23066-0292

그림 (가)는 실로 연결되어 경사각이 다른 빗면에 정지해 있던 질량이 각각 $2m, m$ 인 물체 A, B가 높이가 같아질 때까지 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A가 빗면의 점 p에서 q까지 운동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량과 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 각각 $\frac{1}{2}E_0, E_0$ 이다. (가)에서 A가 q를 지나는 순간 실이 끊어진 후 그림 (나)와 같이 A, B가 각각 등가속도 운동을 한다. A의 가속도의 크기는 (나)에서 (가)에서의 2배이고, 빗면의 경사각은 $\theta_1 < \theta_2$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

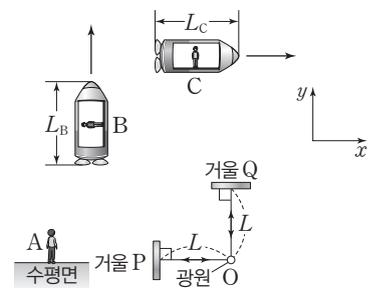
- ㄱ. B에 작용하는 알짜힘의 크기는 (나)에서 (가)에서의 7배이다.
- ㄴ. (가)에서 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $2E_0$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 실이 끊어진 순간부터 A가 p를 통과하는 순간까지 A의 운동 에너지 증가량은 E_0 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▶23066-0293

그림과 같이 수평면에 정지한 관찰자 A에 대해 우주선을 탄 관찰자 B, C가 각각 $+y, +x$ 방향으로 일정한 속도로 운동한다. 우주선의 고유 길이는 C가 탄 우주선이 B가 탄 우주선보다 크고, A의 관성계에서 측정된 B가 탄 우주선의 길이 L_B 는 C가 탄 우주선의 길이 L_C 와 같다. 광원 O와 거울 P, Q는 A에 대해 정지해 있고, O와 P를 잇는 직선과 O와 Q를 잇는 직선은 각각 x 축, y 축과 나란하며, A의 관성계에서 측정된 O에서 각 거울까지의 거리는 L 로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속력은 c 이고, 거울의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

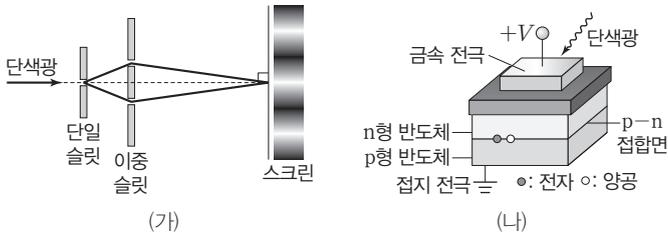
- ㄱ. A의 관성계에서, B의 시간은 자신의 시간보다 느리게 간다.
- ㄴ. P와 Q 사이의 거리는 C의 관성계에서 B의 관성계에서보다 작다.
- ㄷ. C의 관성계에서, O와 Q 사이를 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2L}{c}$ 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▶23066-0294

그림 (가)는 단색광이 단일 슬릿과 이중 슬릿을 통과하여 스크린에 간섭무늬를 만드는 것을, (나)는 전하 결합 소자(CCD)를 구성하는 광 다이오드에 접합된 금속 전극에 $+V$ 의 전압을 가하고 광자 1개의 에너지가 E_0 인 단색광을 p-n 접합면을 향해 입사시켰을 때, 전자와 양공의 쌍이 형성되는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

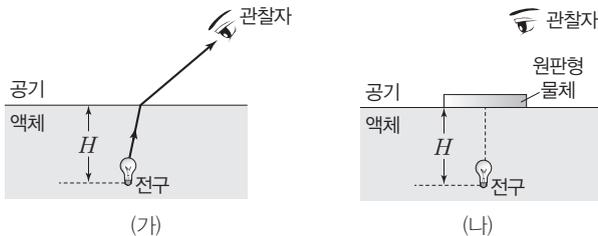
- ㄱ. (가)의 간섭무늬는 빛의 파동성으로 설명할 수 있다.
- ㄴ. (나)에서 광 다이오드의 전도띠와 원자가 띠 사이의 띠 간격은 E_0 보다 크다.
- ㄷ. (나)에서 단색광의 세기를 증가시키면 p-n 접합면에서 생성되는 전자와 양공의 쌍의 개수가 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

14

▶23066-0295

그림 (가)는 굴절률이 $\frac{5}{3}$ 인 투명한 액체 속에 놓인 전구를 관찰할 때 빛의 진행 경로를, (나)는 (가)의 전구에 불이 켜지도록 전원을 연결한 후, 관찰자가 공기 중의 어느 위치에서도 전구의 불빛을 볼 수 없게 액체의 표면을 볼투명한 원판형 물체로 덮은 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 액체 표면에서 전구까지의 거리는 H 이고, (나)에서 볼투명한 원판형 물체의 반지름의 최솟값은 r 이고 원판형 물체의 중심은 전구와 동일 직선상에 놓여 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 굴절률은 1이고, 전구의 크기는 매우 작다.) [3점]

보기

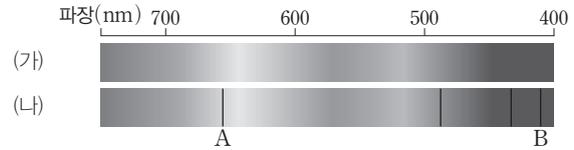
- ㄱ. (가)에서 관찰자가 관찰할 때 액체 표면에서 전구가 보이는 지점까지의 거리는 H 보다 작다.
- ㄴ. (나)에서 $r = \frac{3}{4}H$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 액체를 굴절률이 더 작은 액체로 바꾸면 r 는 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▶23066-0296

그림 (가)는 백열등에서 방출되는 빛의 스펙트럼을, (나)는 백열등에서 방출되는 빛이 차가운 수소 기체를 통과하였을 때의 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다. (나)에서 A는 발머 계열에서 파장이 가장 긴 빛과 같은 진동수의 스펙트럼선이고, B는 양자수 $n=2$ 인 궤도와 $n=6$ 인 궤도 사이에서 전자의 전이에 의한 스펙트럼선이다. 표는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수에 따른 에너지 준위의 일부를 나타낸 것이다.



양자수	1	2	3	6
에너지 준위	$-E_0$	$-\frac{E_0}{4}$	$-\frac{E_0}{9}$	$-\frac{E_0}{36}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

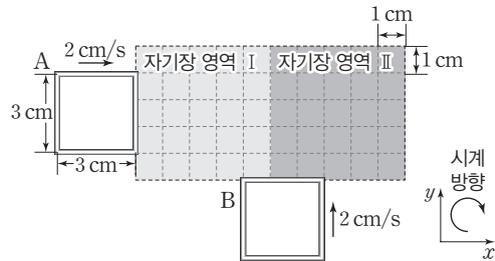
- ㄱ. (가)는 연속 스펙트럼이다.
- ㄴ. (나)에서 B는 $n=2$ 인 궤도에서 $n=6$ 인 궤도로 전자가 전이할 때 흡수되는 광자에 의한 것이다.
- ㄷ. 광자 1개의 에너지는 B에 해당하는 단색광이 A에 해당하는 단색광의 $\frac{8}{5}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▶23066-0297

그림은 시간 $t=0$ 일 때, 한 변의 길이가 3 cm인 정사각형 도선 A, B가 각각 $+x$ 방향, $+y$ 방향으로 균일한 자기장 영역에 들어가는 순간의 모습을 나타낸 것이다. A, B는 2 cm/s의 일정한 속도로 xy 평면에 수직인 방향의 자기장 영역 I, II를 지난다. $t=1$ 초일 때 A에 흐르는 유도 전류의 세기는 I_0 이고, 방향은 시계 반대 방향이며, B에는 유도 전류가 흐르지 않는다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[3점]

보기

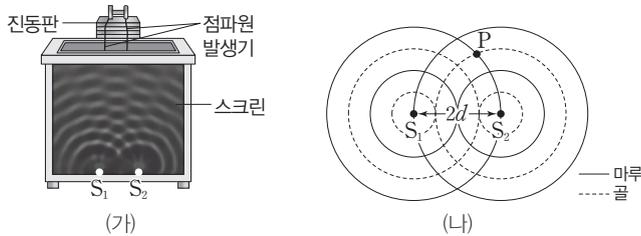
- ㄱ. 자기장의 세기는 II에서가 I에서의 2배이다.
- ㄴ. $t=3$ 초일 때 A에 흐르는 유도 전류의 세기는 I_0 보다 크다.
- ㄷ. $t=6$ 초일 때 A에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▶23066-0298

그림 (가)는 두 점 S_1, S_2 에서 같은 진폭으로 발생시킨 물결파의 간섭을 관찰하기 위한 실험 장치를 나타낸 것이다. 선분 $\overline{S_1S_2}$ 의 길이는 $2d$ 이고 두 물결파의 주기는 T , 속력은 v 로 같다. 그림 (나)는 (가)의 스크린에 나타난 물결파의 모습을 평면상에 모식적으로 나타낸 것으로, 점 P는 평면상에 고정된 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물의 깊이는 일정하다.)

보기

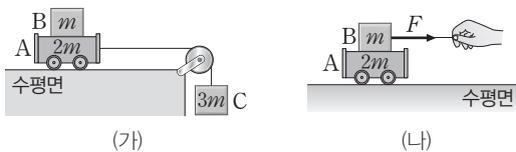
- ㄱ. $v = \frac{2d}{T}$ 이다.
- ㄴ. P에서 스크린에 나타난 무늬의 밝기는 일정하다.
- ㄷ. 두 물결파의 주기만을 $\frac{T}{2}$ 로 변화시켰을 때 선분 $\overline{S_1S_2}$ 에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 4개이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

18

▶23066-0299

그림 (가)와 같이 수레 A를 실로 물체 C에 연결하여 수평인 실험대 위에 놓고 수레 위에 물체 B를 올려놓은 후 가만히 놓았더니 A 위에 놓인 B는 미끄러지지 않고 A와 함께 일정한 가속도로 운동하였다. 그림 (나)와 같이 수평면에서 A 위에 B를 올려놓고 크기가 F 인 힘으로 B를 수평 방향으로 당겼더니 B는 A 위에서 미끄러지지 않고 A와 함께 일정한 가속도로 운동하였다. A, B, C의 질량은 각각 $2m, m, 3m$ 이고, (가)와 (나)에서 A의 가속도의 크기는 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량, 수평면과 A 사이의 마찰, 도르래의 마찰, 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

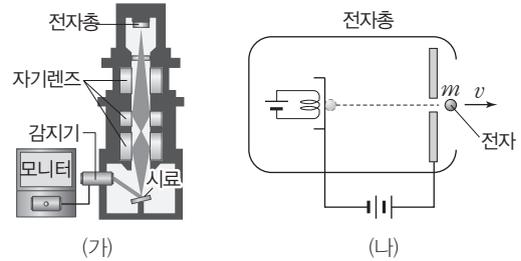
- ㄱ. (가)와 (나)에서 A가 B에 수평 방향으로 작용하는 힘의 방향은 같다.
- ㄴ. F 는 (가)에서 C에 작용하는 중력의 크기와 같다.
- ㄷ. B가 A에 작용하는 힘의 크기는 (나)에서 (가)에서의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶23066-0300

그림 (가)는 주사 전자 현미경(SEM)의 구조를, (나)는 (가)의 현미경의 전자총에서 질량이 m 인 전자가 가속되어 속력 v , 운동 에너지 E 로 슬릿을 통과하는 모습을 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수는 h 이다.)

보기

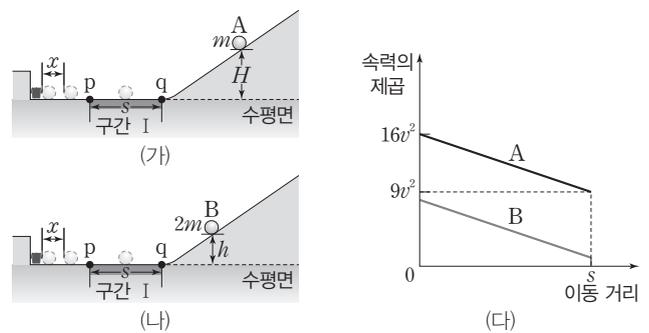
- ㄱ. (가)의 자기렌즈는 자기장을 이용하여 초점을 맞춘다.
- ㄴ. (나)에서 슬릿을 통과하는 전자의 물질파 파장은 $\frac{h}{\sqrt{2mE}}$ 이다.
- ㄷ. (나)에서 v 가 클수록 (가)에서 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20

▶23066-0301

그림 (가), (나)는 수평면에서 질량이 각각 $m, 2m$ 인 물체 A, B로 동일한 용수철을 x 만큼 압축시켰다가 놓았을 때 각각 일정한 힘이 작용하는 구간 I을 지나 빗면을 따라 운동하여 수평면으로부터 높이가 각각 H, h 인 지점에서 정지하는 순간의 모습을 나타낸 것이다. 그림 (다)는 I의 시작점 p에서 끝점 q까지 운동하는 동안 A, B의 속력의 제곱을 이동 거리에 따라 나타낸 것이다. 그래프의 기울기는 같고 p와 q 사이의 거리는 s 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수평면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 용수철의 질량, A, B의 크기, 공기 저항, I 이외의 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

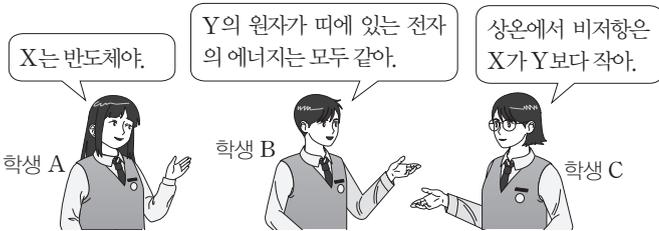
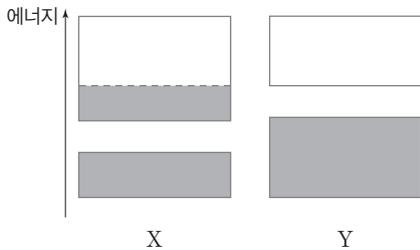
- ㄱ. I에서 물체에 작용하는 힘의 크기는 A와 B가 같다.
- ㄴ. q에서 A의 운동 에너지는 높이 H 인 지점에서 중력 퍼텐셜 에너지와 같다.
- ㄷ. $H : h = 9 : 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01 ▶23066-0302

그림은 고체 X와 Y의 에너지띠 구조를 보며 학생 A, B, C가 대 화하는 모습을 나타낸 것이다. X와 Y는 도체와 반도체를 순서 없이 나타낸 것이고, 색칠된 부분까지 각각 전자가 채워져 있다.

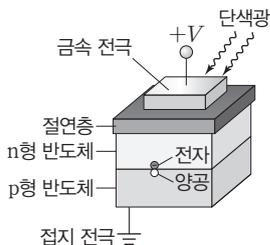


제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

02 ▶23066-0303

그림은 전하 결합 소자(CCD)를 구 성하는 광 다이오드에 접합된 금속 전극에 +V의 전압을 가하고 단색 광을 비추었을 때 전자와 양공의 쌍 이 형성되는 것을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

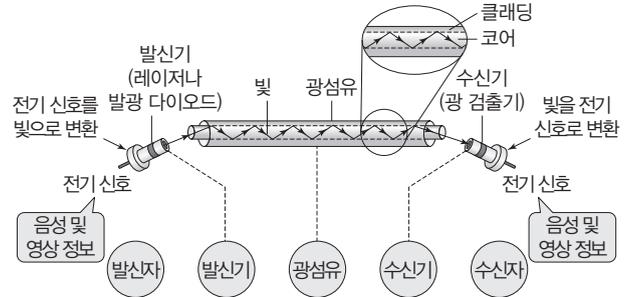


- 보기**
- ㄱ. 전하 결합 소자는 빛의 입자성을 이용한다.
 - ㄴ. 전하 결합 소자에 비추는 단색광의 세기가 증가할수록 형 성되는 전자의 수가 많다.
 - ㄷ. +V에 의해 전자는 금속 전극 쪽으로 이동한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 ▶23066-0304

그림은 광통신 과정을 나타낸 것이다. 광섬유 내에서 빛은 전반사 하며 진행한다.



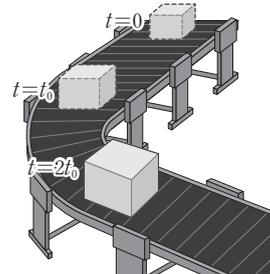
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. 광통신은 도선을 이용한 유선 통신에 비해 정보를 대용량 으로 전송할 수 있다.
 - ㄴ. 광섬유에서 클래딩의 굴절률은 코어의 굴절률보다 크다.
 - ㄷ. 빛이 코어에서 클래딩으로 진행할 때의 입사각은 코어와 클래딩 사이의 임계각보다 크다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 ▶23066-0305

그림은 컨베이어벨트 위에서 일정한 속력으로 운동하는 상자의 모습을 나타낸 것이다. 상자는 시간 $t=0$ 부터 $t=t_0$ 까지 직선 경 로를 따라 거리 L 만큼 이동하고, $t=t_0$ 부터 $t=2t_0$ 까지 곡선 경 로를 따라 운동한다.



$t=t_0$ 부터 $t=2t_0$ 까지, 상자의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- 보기**
- ㄱ. 가속도 운동을 한다.
 - ㄴ. 변위의 크기는 L 이다.
 - ㄷ. 평균 속도의 크기는 $\frac{L}{t_0}$ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23066-0306

다음은 두 가지 핵반응을 나타낸 것이다. A의 질량은 m 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

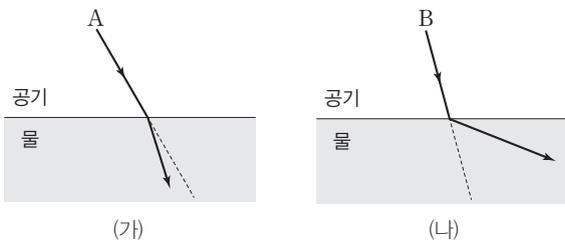
- ㄱ. (가)에서 질량 결손에 의해 에너지가 발생한다.
- ㄴ. A의 양성자수는 1이다.
- ㄷ. ${}^3_2\text{He}$ 과 ${}^1_0\text{n}$ 의 질량의 합은 $2m$ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23066-0307

그림 (가)와 (나)는 파동 A와 B가 각각 공기에서 물로 진행하는 경로를 모식적으로 나타낸 것으로, A와 B는 빛과 소리를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

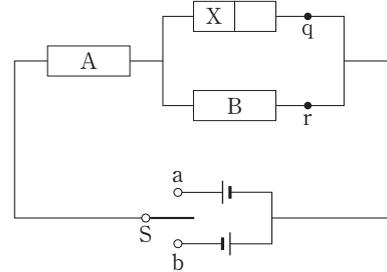
- ㄱ. A는 빛이다.
- ㄴ. A는 매질이 없어도 진행할 수 있다.
- ㄷ. B의 진동수는 공기에서 물에서보다 작다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▶23066-0308

그림은 도체, 절연체, p-n 접합 다이오드, 전압이 같은 두 전원 장치, 스위치 S를 사용하여 구성된 회로를 나타낸 것이다. A와 B는 도체와 절연체를 순서 없이 나타낸 것이고, X는 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. q와 r는 도선상의 점이며 S를 a에 연결했을 때 q에 전류가 흐른다.



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

보기

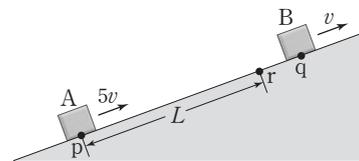
- ㄱ. A는 도체이다.
- ㄴ. X는 p형 반도체이다.
- ㄷ. A와 B를 서로 바꾸어 연결한 후 S를 b에 연결하면 r에 전류가 흐른다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▶23066-0309

그림은 시간 $t=0$ 일 때 물체 A, B가 마찰이 없는 빗면의 점 p, q를 각각 속력 $5v, v$ 로 지나는 것을 나타낸 것으로, A와 B는 각각 등가속도 직선 운동을 하여 $t=t_0$ 일 때 빗면의 점 r에서 같은 속력으로 만난다. p에서 r까지 거리는 L 이다.



$t=0$ 부터 $t=t_0$ 까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

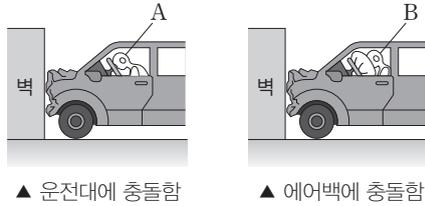
- ㄱ. A의 운동 방향은 변하지 않는다.
- ㄴ. A의 속도 변화량의 크기는 $3v$ 이다.
- ㄷ. B가 이동한 거리는 $\frac{5}{21}L$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▶23066-0310

그림은 자동차 충돌 실험에서 질량이 같은 인형 A, B가 각각 운전대, 에어백에 충돌하여 정지한 모습을 나타낸 것이다. A와 B가 각각 운전대와 에어백에 충돌하기 직전 속력은 서로 같다.



A, B가 각각 운전대와 에어백에 충돌하여 정지할 때까지, A의 물리량이 B의 물리량보다 큰 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

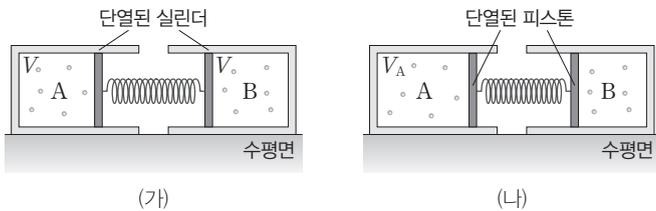
- ㄱ. 운동량 변화량의 크기
- ㄴ. 충격량의 크기
- ㄷ. 평균 힘의 크기

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

10

▶23066-0311

그림 (가)는 동일한 이상 기체 A, B가 각각 들어 있는 단열된 두 실린더가 수평면에 고정되어 있고, 단열된 두 피스톤이 용수철로 연결되어 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 용수철은 원래 길이에서 압축되어 있고, A와 B의 부피는 V 로 같다. 그림 (나)는 (가)에서 A에만 열량 Q 를 공급하였을 때 두 피스톤이 이동한 후 정지해 있는 모습을 나타낸 것으로, A의 부피는 V_A 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

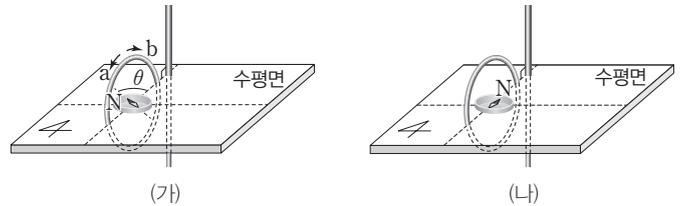
- ㄱ. (나)에서 B의 부피는 $2V - V_A$ 보다 작다.
- ㄴ. (가) → (나) 과정에서 B가 받은 일은 B의 내부 에너지 증가량과 같다.
- ㄷ. (가) → (나) 과정에서 A와 B의 내부 에너지 증가량의 합은 Q 이다.

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

11

▶23066-0312

그림 (가)는 중심축이 수평면상의 동서 방향으로 고정되어 있는 원형 도선과 수평면에 수직으로 놓인 무한히 긴 직선 도선을 나타낸 것으로, 원형 도선의 중심에 나침반을 놓고 원형 도선에만 일정한 세기의 전류를 흘려주었을 때 나침반 자침의 N극은 북쪽에 대해 시계 반대 방향으로 각 θ 만큼 회전한다. 그림 (나)는 (가)에서 직선 도선에도 일정한 세기의 전류를 흘려주었을 때 나침반 자침의 N극이 북쪽을 가리키는 것을 나타낸 것이다.



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

보기

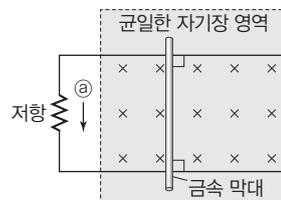
- ㄱ. (가)에서 원형 도선에는 a 방향으로 전류가 흐른다.
- ㄴ. (나)에서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은 수평면에서 연직 위로 나오는 방향이다.
- ㄷ. (나)에서 원형 도선의 반지름만을 증가시키면 나침반 자침의 N극은 북쪽에 대해 시계 반대 방향으로 회전한다.

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

12

▶23066-0313

그림은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 세기가 일정한 균일한 자기장 영역에 놓인 저항이 연결된 \square 자형 도선 위에 금속 막대가 놓여 있는 것을 나타낸 것으로, 저항과 도선은 고정되어 있다. 표는 금속 막대의 이동 방향과 속력을 나타낸 것이다.



과정	이동 방향	속력
I	오른쪽	v
II	왼쪽	$2v$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

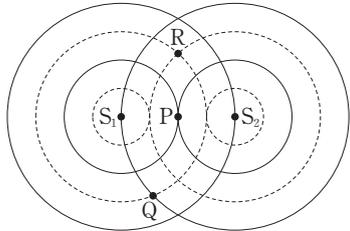
- ㄱ. I에서 \square 자형 도선과 금속 막대로 둘러싸인 면을 통과하는 자기 선속은 증가한다.
- ㄴ. II에서 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 ㉓ 방향이다.
- ㄷ. 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 II에서가 I에서보다 크다.

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

13

▶23066-0314

그림은 두 점파원 S_1, S_2 에서 속력, 주기, 진폭이 같은 물결파를 같은 위상으로 발생시켰을 때 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. P, Q, R는 평면상의 고정된 지점이고, 실선과 점선은 각각 물결파의 마루와 골을 나타낸 것이다. 물결파의 주기는 T 이고, 물결파의 속력은 일정하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

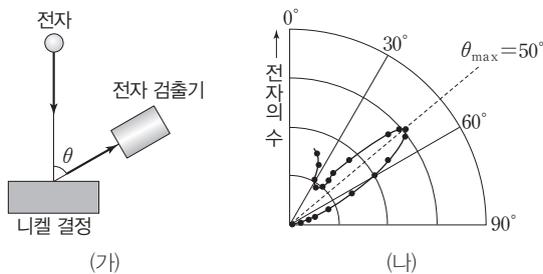
- ㄱ. P에서는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄴ. 이 순간으로부터 $\frac{T}{2}$ 가 지난 후 물결파의 변위의 크기는 P에서 Q에서보다 크다.
- ㄷ. S_1 에서 발생시키는 물결파의 위상만을 반대로 하면 R에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▶23066-0315

다음은 데이버슨-거머 실험을 모식적으로 나타낸 것으로, 그림 (가)는 니켈 결정에 가속된 전자를 입사시켜 산란된 전자의 수를 전자 검출기에서 측정하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 전자 검출기에서 검출되는 전자의 수를 산란각 θ 에 따라 나타낸 것으로 $\theta=50^\circ$ 에서 검출되는 전자의 수가 가장 많았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

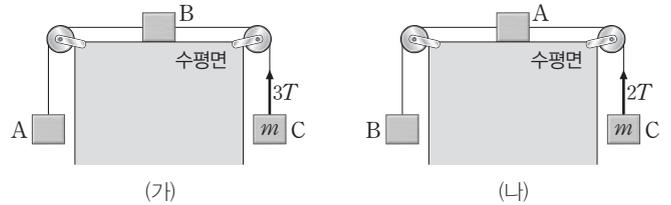
- ㄱ. 전자의 파동성을 확인할 수 있다.
- ㄴ. $\theta=50^\circ$ 로 산란된 전자의 물질파는 보강 간섭을 한다.
- ㄷ. 니켈 결정에 입사하는 전자의 속력이 빠를수록 전자의 물질파 파장은 길어진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▶23066-0316

그림 (가), (나)는 두 실로 연결된 물체 A, B, C가 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 C의 가속도의 크기는 서로 같고, 실이 C를 당기는 힘의 크기는 각각 $3T, 2T$ 이다. C의 질량은 m 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g 이고, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

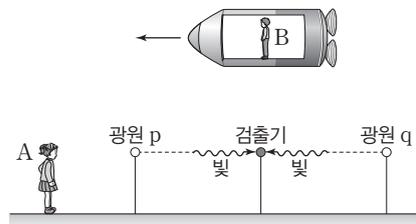
- ㄱ. C의 가속도의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 서로 반대 방향이다.
- ㄴ. $T = \frac{1}{5}mg$ 이다.
- ㄷ. A의 질량은 $\frac{6}{5}m$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▶23066-0317

그림은 관찰자 B가 탄 우주선이 관찰자 A에 대해 정지해 있는 광원 p, q와 검출기를 잇는 직선과 나란한 방향으로 광속에 가까운 속력으로 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. A의 관성계에서, p와 q에서 방출된 빛은 검출기에 동시에 도달한다. B의 관성계에서, 빛이 p에서 검출기까지 이동한 거리와 빛이 q에서 검출기까지 이동한 거리는 L 로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속력은 c 이다.) [3점]

보기

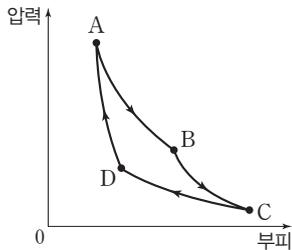
- ㄱ. B의 관성계에서, 빛은 p와 q에서 동시에 방출된다.
- ㄴ. A의 관성계에서, 빛이 p에서 검출기까지 이동하는 데 걸리는 시간은 빛이 q에서 검출기까지 이동하는 데 걸리는 시간보다 크다.
- ㄷ. A의 관성계에서, 빛이 q에서 검출기까지 이동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{L}{c}$ 보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

17

▶23066-0318

그림은 열효율이 0.4인 열기관에서 일정량의 이상 기체의 상태가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. B → C 과정과 D → A 과정은 단열 과정이다. 표는 순환 과정에서 기체가 외부에 한 일 또는 외부로부터 받은 일을 나타낸 것이다.



과정	한 일 또는 받은 일
A → B → C	7W
C → D → A	5W

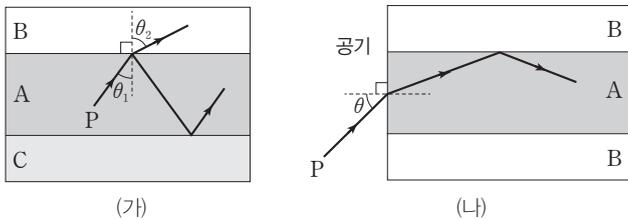
C → D 과정에서 기체가 방출한 열량은?

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

18

▶23066-0319

그림 (가)는 단색광 P가 매질 A에서 매질 B로 입사각 θ_1 로 입사했을 때, 일부는 굴절각 θ_2 로 굴절하고 일부는 반사하여 A와 매질 C의 경계면에서 전반사하는 모습을 나타낸 것으로, $\theta_1 < \theta_2$ 이다. 그림 (나)는 P를 공기에서 A로 입사각 θ 로 입사시켰을 때 A와 B의 경계면에서 P가 전반사하여 진행되는 모습을 나타낸 것이다.



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

보기

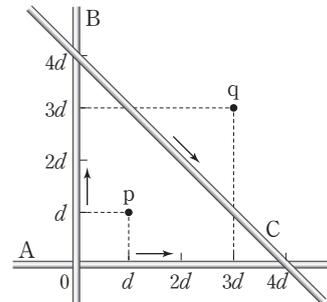
- ㄱ. P의 속력은 C에서 B에서보다 크다.
- ㄴ. (나)에서 P의 입사각만을 θ 보다 작게 하여 입사시키면 A와 B의 경계면에서 P가 전반사한다.
- ㄷ. (나)에서 B를 C로 바꾼 후 P를 공기에서 A로 입사각 θ 로 입사시키면 A와 C의 경계면에서 P가 전반사한다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▶23066-0320

그림과 같이 종이면에 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 각각 화살표 방향으로 같은 세기의 전류가 흐르고 있다. 종이면상의 점 p와 q는 A와 B로부터 각각 $d, 3d$ 만큼 떨어져 있으며, p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0 이다.



A, B, C의 전류에 의한 자기장에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

보기

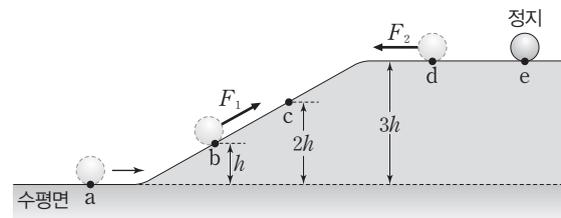
- ㄱ. p에서 자기장의 세기는 $\frac{1}{\sqrt{2}}B_0$ 이다.
- ㄴ. 자기장의 세기는 p에서와 q에서가 같다.
- ㄷ. A에 흐르는 전류의 방향만을 반대로 하면 p에서 자기장의 세기는 B_0 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20

▶23066-0321

그림과 같이 수평면의 점 a를 지난 물체가 빗면의 점 b에서 c까지 등속도 운동을 한 후 높이가 $3h$ 인 평면의 점 d부터 e까지 등가속도 운동을 하여 정지한다. 물체가 b에서 c까지, d에서 e까지 운동하는 동안 물체에는 각각 운동 방향과 나란한 방향으로 크기가 F_1, F_2 인 일정한 힘이 작용한다. 물체의 운동 에너지는 a에서 d에서의 2배이다. 수평면으로부터 b, c의 높이는 각각 $h, 2h$ 이고, b에서 c까지의 거리와 d에서 e까지의 거리는 같다.



$F_1 : F_2$ 는? (단, 물체는 면을 따라 운동하고, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

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