

# 수능완성

과학탐구영역 물리학Ⅱ



## CONTENTS

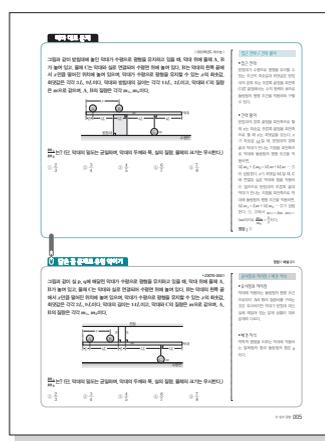
테마	제목	페이지
01	힘과 평형	004
02	물체의 운동(1)	011
03	물체의 운동(2)	020
04	일반 상대성 이론	029
05	일과 에너지	037
06	전기장과 정전기 유도	046
07	저항의 연결과 전기 에너지	054
08	트랜지스터와 축전기	061
09	전류에 의한 자기장	069
10	전자기 유도와 상호유도	076
11	전자기파의 간섭과 회절	085
12	도플러 효과와 전자기파	091
13	볼록 렌즈에 의한 상	099
14	빛과 물질의 이중성	105
15	불확정성 원리	113
	실전 모의고사 1회	120
	실전 모의고사 2회	125
	실전 모의고사 3회	130
	실전 모의고사 4회	135
	실전 모의고사 5회	140

# 이 책의 구성과 특징

# STRUCTURE

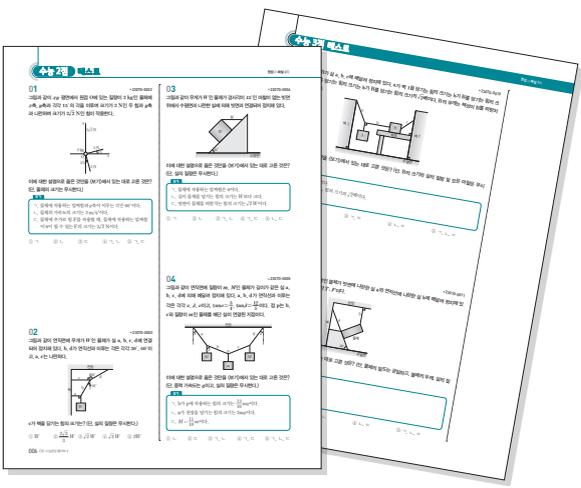
## 테마별 교과 내용 정리

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



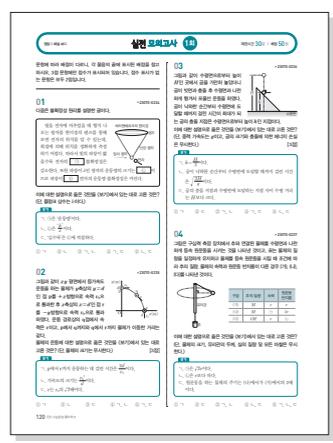
## 테마 대표 문제

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



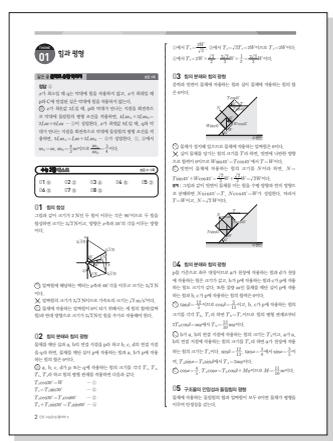
## 수능 2점 테스트와 수능 3점 테스트

수능 출제 경향 분석에 근거하여 개발한 다양한 유형의 문제들을 수록하였습니다.



## 실전 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.

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

**[23070-0001]** 1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

23070-0001

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

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

**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

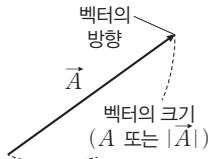
# 01

## 힘과 평형

### 1 힘의 합성과 분해

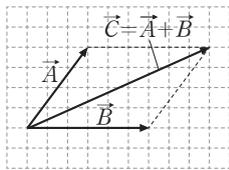
(1) 스칼라량과 벡터량

- ① 스칼라(scalar)량: 길이, 질량, 속도, 에너지 등과 같이 크기만으로 표현할 수 있는 물리량이다.
- ② 벡터(vector)량: 위치, 변위, 속도, 가속도, 힘, 운동량 등과 같이 크기와 방향을 함께 갖는 물리량이다.
  - 벡터량의 표현: 일반적으로  $\vec{A}$ 와 같이 문자 위에 화살표를 붙여 나타낸다.

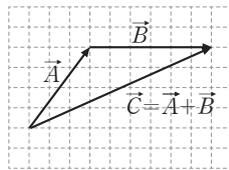


(2) 벡터의 합성

- ① 평행사변형법: 두 벡터  $\vec{A}$ 와  $\vec{B}$ 를 이웃한 두 변으로 하는 평행사변형을 그리면 평행사변형의 대각선  $\vec{C}$ 가 벡터의 합이 된다.
- ② 삼각형법:  $\vec{B}$ 의 시작점을  $\vec{A}$ 의 끝점으로 평행 이동시키면  $\vec{A}$ 의 시작점과  $\vec{B}$ 의 끝점을 연결한 화살표  $\vec{C}$ 가 벡터의 합이 된다.

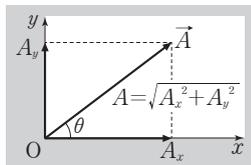


▲ 평행사변형법



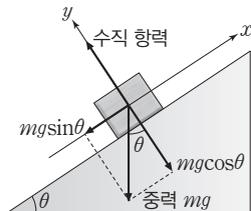
▲ 삼각형법

- (3) 벡터의 분해: 벡터의 합성과는 반대로 하나의 벡터를 두 개 이상의 벡터로 나누는 것을 말한다. 일반적으로 직교 좌표를 이용하여  $\vec{A}$ 를 서로 수직인 벡터  $\vec{A}_x$ 와  $\vec{A}_y$ 로 분해한다.



$A_x = A \cos \theta, A_y = A \sin \theta$

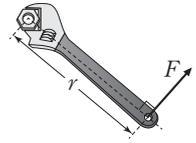
▲ 벡터의 분해



▲ 빗면에서 힘의 분해

### 2 돌림힘

- (1) 돌림힘: 물체의 회전 운동을 변화시키는 원인을 돌림힘 또는 토크( $\tau$ )라고 한다.
- (2) 돌림힘의 크기: 회전 팔의 길이를  $r$ , 회전 팔에 수직으로 작용하는 힘의 크기를  $F$ 라고 하면, 돌림힘의 크기는 다음과 같다.



$\tau = r \times F$  (단위: N·m)

- 지레와 축바퀴

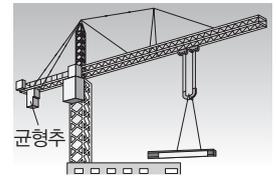
구분	지레	축바퀴
돌림힘의 적용	<p>질량을 무시할 수 있는 막대가 수평으로 평형을 유지하고 있는 동안 막대에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다.</p> <p><math>l_1 mg - l_2 F = 0 \Rightarrow F = \frac{l_1}{l_2} mg</math></p>	<p>추가 정지해 있는 동안 축바퀴에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다.</p> <p><math>amg - bF = 0 \Rightarrow F = \frac{a}{b} mg</math></p>

### 3 물체의 평형

- (1) 평형 상태: 물체의 운동 상태가 변하지 않는 안정한 상태
- (2) 평형 상태의 조건: 다음 두 가지 평형이 모두 이루어져야 한다.
  - ① 힘의 평형: 물체에 작용하는 알짜힘이 0이다.
  - ② 돌림힘의 평형: 물체에 작용하는 돌림힘의 합이 0이다.

### 4 구조물의 안정성

- (1) 무게중심: 물체를 구성하는 입자들의 전체 무게가 한 곳에 작용한다고 볼 수 있는 점이다.
  - ① 무게중심의 위치가 낮을수록 안정한 상태이다.
  - ② 물체의 무게중심에서 지표면에 내린 수선이 물체의 밑면의 범위 안에 들어 있는 경우에는 물체가 안정된 상태를 유지할 수 있다.
- (2) 구조물의 안정성: 들어 올리는 물체의 무게에 의한 돌림힘으로 기중기가 쓰러지는 것을 방지하기 위해 균형추를 둔다.



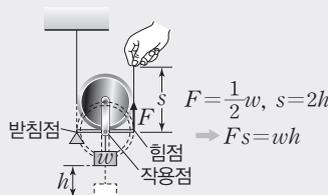
## THE 알기 여러 가지 도구와 일의 원리

• 지레



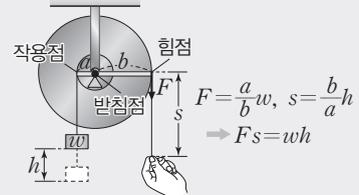
$F = \frac{a}{b} w, s = \frac{b}{a} h$   
 $\Rightarrow Fs = wh$

• 움직 도르레



$F = \frac{1}{2} w, s = 2h$   
 $\Rightarrow Fs = wh$

• 축바퀴

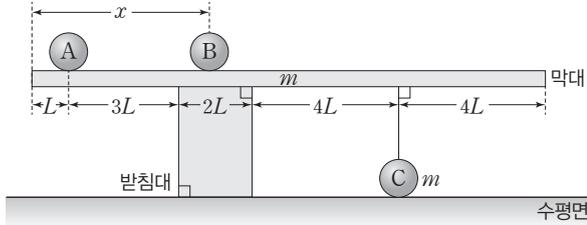


$F = \frac{a}{b} w, s = \frac{b}{a} h$   
 $\Rightarrow Fs = wh$

테마 대표 문제

| 2023학년도 대수능 |

그림과 같이 받침대에 놓인 막대가 수평으로 평형을 유지하고 있을 때, 막대 위에 물체 A, B가 놓여 있고, 물체 C는 막대와 실로 연결되어 수평면 위에 놓여 있다. B는 막대의 왼쪽 끝에서  $x$ 만큼 떨어진 위치에 놓여 있으며, 막대가 수평으로 평형을 유지할 수 있는  $x$ 의 최솟값, 최댓값은 각각  $3L$ ,  $9L$ 이다. 막대와 받침대의 길이는 각각  $14L$ ,  $2L$ 이고, 막대와 C의 질량은  $m$ 으로 같으며, A, B의 질량은 각각  $m_A$ ,  $m_B$ 이다.



$\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량, 물체의 크기는 무시한다.)

- ①  $\frac{2}{3}$
- ②  $\frac{3}{4}$
- ③  $\frac{4}{5}$
- ④  $\frac{6}{7}$
- ⑤  $\frac{7}{8}$

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

받침대가 수평으로 평형을 유지할 수 있는 조건의 최솟값과 최댓값은 받침대의 왼쪽 또는 오른쪽 끝점을 회전축(다른 끝점에서는 수직 항력이 0)으로 돌림힘의 평형 조건을 적용하여 구할 수 있다.

▶ 간략 풀이

받침대의 왼쪽 끝점을 회전축으로 할 때  $x$ 는 최솟값, 오른쪽 끝점을 회전축으로 할 때  $x$ 는 최댓값을 갖는다.  $x$ 가 최솟값  $3L$ 일 때, 받침대의 왼쪽 끝과 막대가 만나는 지점을 회전축으로 막대에 돌림힘의 평형 조건을 적용하면,

$$3Lm_A + Lm_B = 3Lm + 6Lm \dots ①$$

이 성립한다.  $x$ 가 최댓값  $9L$ 일 때, C에 연결된 실은 막대에 힘을 작용하지 않으므로 받침대의 오른쪽 끝과 막대가 만나는 지점을 회전축으로 막대에 돌림힘의 평형 조건을 적용하면,

$$5Lm_A = Lm + 3Lm_B \dots ②$$

가 성립한다. ①, ②에서  $m_A = 2m$ ,  $m_B = 3m$ 이므로  $\frac{m_A}{m_B} = \frac{2}{3}$ 이다.

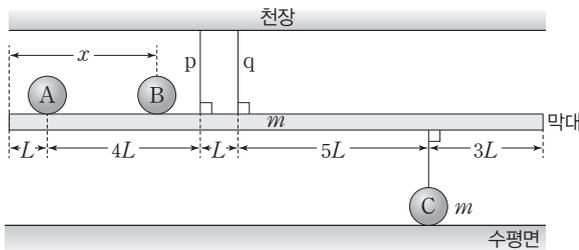
정답 | ①

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 2쪽

▶ 23070-0001

그림과 같이 실 p, q에 매달린 막대가 수평으로 평형을 유지하고 있을 때, 막대 위에 물체 A, B가 놓여 있고, 물체 C는 막대와 실로 연결되어 수평면 위에 놓여 있다. B는 막대의 왼쪽 끝에서  $x$ 만큼 떨어진 위치에 놓여 있으며, 막대가 수평으로 평형을 유지할 수 있는  $x$ 의 최솟값, 최댓값은 각각  $2L$ ,  $9L$ 이다. 막대의 길이는  $14L$ 이고, 막대와 C의 질량은  $m$ 으로 같으며, A, B의 질량은 각각  $m_A$ ,  $m_B$ 이다.



$\frac{m_A}{m_B}$ 는? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량, 물체의 크기는 무시한다.)

- ①  $\frac{2}{3}$
- ②  $\frac{3}{4}$
- ③  $\frac{4}{5}$
- ④  $\frac{6}{7}$
- ⑤  $\frac{7}{8}$

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

막대에 작용하는 돌림힘의 평형 조건으로부터 A와 B의 질량비를 구하는 것은 유사하지만 막대가 받침대 대신 실에 매달려 있는 문제 상황이 대표 문제와 다르다.

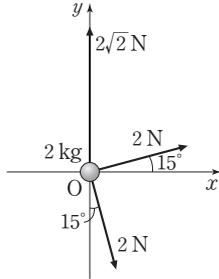
▶ 배경 지식

역학적 평형을 이루는 막대에 작용하는 알짜힘의 합과 돌림힘의 합은 0이다.

01

▶23070-0002

그림과 같이  $xy$  평면에서 원점  $O$ 에 있는 질량이  $2\text{ kg}$ 인 물체에  $x$ 축,  $y$ 축과 각각  $15^\circ$ 의 각을 이루며 크기가  $2\text{ N}$ 인 두 힘과  $y$ 축과 나란하며 크기가  $2\sqrt{2}\text{ N}$ 인 힘이 작용한다.



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

보기

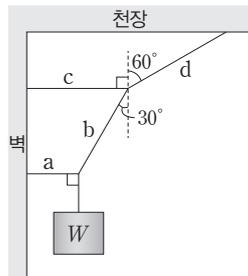
- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘과  $y$ 축이 이루는 각은  $60^\circ$ 이다.
- ㄴ. 물체의 가속도의 크기는  $2\text{ m/s}^2$ 이다.
- ㄷ. 물체에 추가로 힘  $F$ 를 작용할 때, 물체에 작용하는 알짜힘이 0이 될 수 있는  $F$ 의 크기는  $2\sqrt{2}\text{ N}$ 이다.

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

02

▶23070-0003

그림과 같이 연직면에 무게가  $W$ 인 물체가 실  $a, b, c, d$ 에 연결되어 정지해 있다.  $b, d$ 가 연직선과 이루는 각은 각각  $30^\circ, 60^\circ$ 이고,  $a, c$ 는 나란하다.



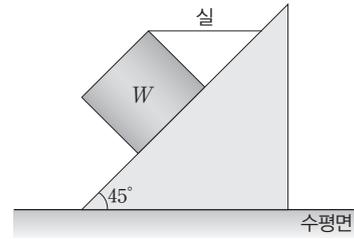
$c$ 가 벽을 당기는 힘의 크기는? (단, 실의 질량은 무시한다.)

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

03

▶23070-0004

그림과 같이 무게가  $W$ 인 물체가 경사각이  $45^\circ$ 인 마찰이 없는 빗면 위에서 수평면과 나란한 실에 의해 빗면과 연결되어 정지해 있다.



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

보기

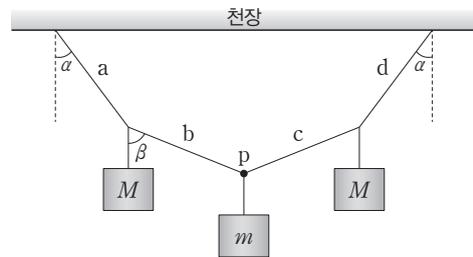
- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는  $W$ 보다 크다.
- ㄷ. 빗면이 물체를 떠받치는 힘의 크기는  $\sqrt{2}W$ 이다.

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

04

▶23070-0005

그림과 같이 연직면에 질량이  $m, M$ 인 물체가 길이가 같은 실  $a, b, c, d$ 에 의해 매달려 정지해 있다.  $a, b, d$ 가 연직선과 이루는 각은 각각  $\alpha, \beta, \alpha$ 이고,  $\tan\alpha = \frac{3}{4}, \tan\beta = \frac{12}{5}$ 이다. 점  $p$ 는  $b, c$ 와 질량이  $m$ 인 물체를 매단 실이 연결된 지점이다.



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

보기

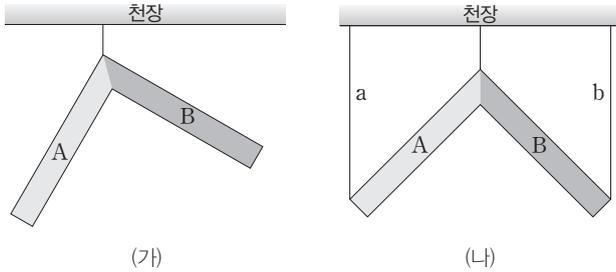
- ㄱ.  $b$ 가  $p$ 에 작용하는 힘의 크기는  $\frac{13}{10}mg$ 이다.
- ㄴ.  $a$ 가 천장을 당기는 힘의 크기는  $2mg$ 이다.
- ㄷ.  $M = \frac{11}{10}m$ 이다.

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

### 05

▶23070-0006

그림 (가)는 길이와 폭이 같은 막대 A, B를 연결하여 만든  $\neg$ 자 모양 막대를 실로 매달았을 때 B보다 A가 연직 아래로 더 내려온 상태로 기울어져 막대가 정지해 있는 모습을, (나)는 (가)의 A, B의 한쪽 끝에 길이가 같은 실 a, b를 연결하여 매달았을 때,  $\neg$ 자 모양 막대가 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

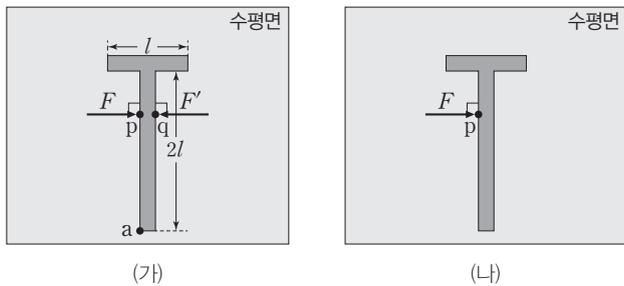
- ㄱ. (가)에서  $\neg$ 자 모양 막대의 무게중심은 막대를 매단 실의 연장선을 기준으로 왼쪽에 있다.
- ㄴ. 질량은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. (나)에서 b를 가위로 자르면  $\neg$ 자 모양 막대는 시계 방향으로 회전한다.

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

### 06

▶23070-0007

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면 위에서 T자 모양의 밀도가 균일한 막대에 수평면과 나란하게 크기가  $F, F'$ 인 힘을 서로 반대 방향으로 작용할 때 막대가 정지해 있는 것을, (나)는 (가)에서 크기가  $F'$ 인 힘을 제거했을 때 막대가 회전하지 않고 수평면과 나란하게 운동하는 것을 나타낸 것이다.



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

**보기**

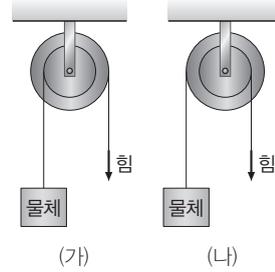
- ㄱ.  $F' = F$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 막대에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다.
- ㄷ. (가)에서 막대의 한쪽 끝점 a를 회전축으로 할 때, 크기가  $F$ 인 힘이 막대에 작용하는 돌림힘의 크기는  $\frac{3}{2}lF$ 이다.

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

### 07

▶23070-0008

그림 (가), (나)는 축바퀴를 이용해 물체를 들어 올리기 위해 물체를 작은 바퀴 또는 큰 바퀴에 매달고 서로 다른 바퀴에 힘을 작용하는 모습을 나타낸 것이다. 표는 (가) 또는 (나)에서 축바퀴의 작은 바퀴 반지름( $r_1$ )과 큰 바퀴 반지름( $r_2$ ), 물체의 질량이 서로 다른 세 가지 경우를 I, II, III으로 나타낸 것이다.



경우	$r_1$	$r_2$	질량	
I	(가)	$r$	$2r$	$2m$
II	(가)	$r$	$3r$	$2m$
III	(나)	$2r$	$3r$	$m$

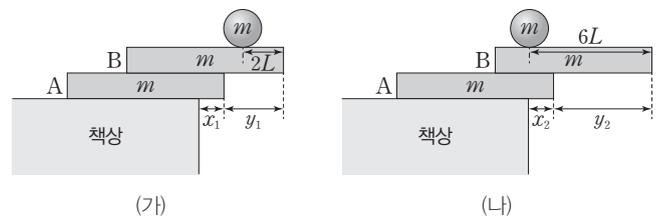
I, II, III에서 물체가 평형 상태를 유지하기 위해 필요한 힘의 크기가 가장 큰 경우부터 가장 작은 경우까지 순서대로 나열한 것은? (단, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시한다.)

- ① I, II, III    ② I, III, II    ③ II, I, III  
 ④ II, III, I    ⑤ III, I, II

### 08

▶23070-0009

그림 (가), (나)는 수평인 책상 위에 질량  $m$ , 길이가  $8L$ 인 동일한 막대 A, B와 B 위에 질량  $m$ 인 물체가 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. B의 오른쪽 끝에서 물체까지 거리는 각각  $2L, 6L$ 이다. 책상 끝에서 A의 오른쪽 끝지점까지 거리와 A의 오른쪽 끝지점에서 B의 오른쪽 끝지점까지 거리는 (가)에서는  $x_1, y_1$ , (나)에서는  $x_2, y_2$ 이다.



(가)와 (나)에서 각각 물체가 정지 상태를 유지하기 위한  $x_1 + y_1$ 과  $x_2 + y_2$ 가 최대일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭은 무시한다.)

**보기**

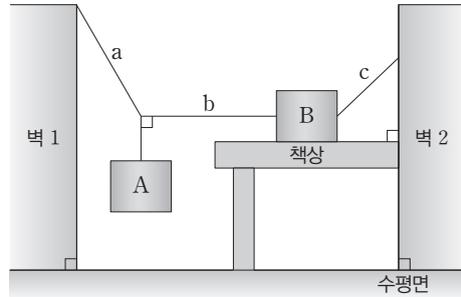
- ㄱ.  $y_2 = 2y_1$ 이다.
- ㄴ.  $x_2 > x_1$ 이다.
- ㄷ.  $x_1 > L$ 이다.

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

01

▶23070-0010

그림과 같이 물체 A, B가 실 a, b, c에 매달려 정지해 있다. a가 벽 1을 당기는 힘의 크기는 b가 B를 당기는 힘의 크기의 2배이고, c가 B를 당기는 힘의 크기는 b가 B를 당기는 힘의 크기의  $\sqrt{2}$ 배이다. B의 무게는 책상이 B를 떠받치는 힘의 크기의 2배이다.



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

보기

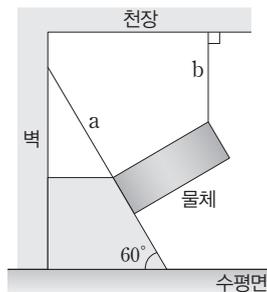
- ㄱ. a와 벽 1 사이의 각은  $30^\circ$ 이다.
- ㄴ. B의 무게는 b가 B를 당기는 힘의 크기의  $\sqrt{2}$ 배이다.
- ㄷ. 질량은 A가 B의  $\sqrt{3}$ 배이다.

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

02

▶23070-0011

그림과 같이 경사각이  $60^\circ$ 인 빗면 위에 놓인 물체가 빗면에 나란한 실 a와 연직선에 나란한 실 b에 매달려 정지해 있다. a, b가 물체를 당기는 힘의 크기는 각각  $T, F$ 이다.



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

보기

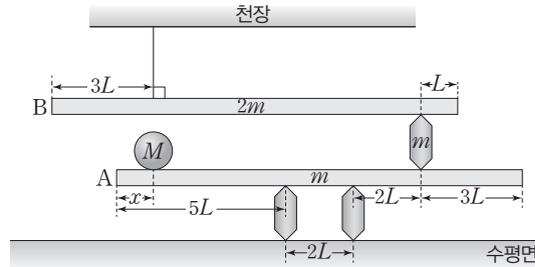
- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ.  $T = \frac{\sqrt{3}}{2}F$ 이다.
- ㄷ. 물체의 무게는  $2F$ 이다.

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

03

▶ 23070-0012

그림과 같이 길이가  $12L$ 인 막대 A, B가 수평을 유지하고 있다. 수평면에 놓인 두 받침대는 A의 왼쪽 끝에서 각각  $5L$ ,  $7L$ 만큼 떨어진 지점에 있고, A의 왼쪽 끝에서  $x$ 만큼 떨어진 지점에는 질량  $M$ 인 물체가, 오른쪽 끝에서  $3L$ 만큼 떨어진 지점에는 질량  $m$ 인 받침대가 놓여 있다. A에 놓인 받침대는 B의 오른쪽 끝에서  $L$ 만큼 떨어진 지점을 받치고 있고, B의 왼쪽 끝에서  $3L$ 만큼 떨어진 지점에 천장에 연결된 실이 B를 매달고 있다. A, B의 질량은 각각  $m$ ,  $2m$ 이다.



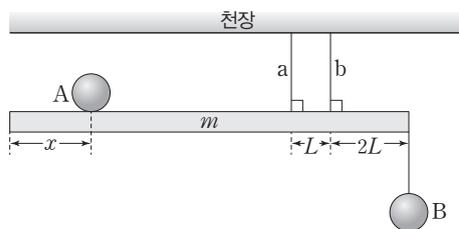
A가 수평 상태를 유지하기 위한  $x$ 의 최솟값이  $L$ 일 때,  $M$ 은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

- ①  $m$
- ②  $1.5m$
- ③  $2m$
- ④  $2.5m$
- ⑤  $3m$

04

▶ 23070-0013

그림과 같이 질량이  $m$ 이고 길이가  $10L$ 인 막대가 막대의 오른쪽 끝에서  $3L$ ,  $2L$ 만큼 떨어진 지점에 연결된 실 a, b에 매달려 수평 상태를 유지하고 있다. 물체 A는 막대의 왼쪽 끝에서  $x$ 만큼 떨어진 지점에 있고, 물체 B는 막대의 오른쪽 끝에 매달려 있다.



막대가 수평 상태를 유지하기 위한  $x$ 의 최솟값과 최댓값이 각각  $L$ ,  $5L$ 일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

**보기**

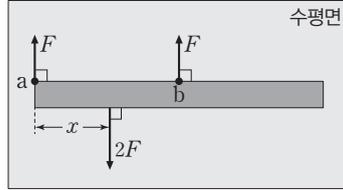
- ㄱ.  $x=L$ 일 때, 실이 막대에 작용하는 힘의 크기는 a가 b보다 크다.
- ㄴ. 질량은 B가 A의 4배이다.
- ㄷ.  $x=3L$ 일 때, 실이 막대에 작용하는 힘의 크기는 a가 b의 3배이다.

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

05

▶23070-0014

그림과 같이 마찰이 없는 수평면 위에 길이가  $L$ 인 막대가 놓여 있을 때, 막대의 왼쪽 끝점 a에 크기가  $F$ 인 힘, 왼쪽 끝에서  $x$ 만큼 떨어진 지점에 크기가  $2F$ 인 힘, 막대 위의 한 점 b에 크기가  $F$ 인 힘을 수평면과 나란하게 막대에 수직으로 작용하였더니 막대가 정지 상태를 유지하였다. b에 작용하는 힘을 제거하면 막대는 회전하지 않고 수평면과 나란하게 운동한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭은 무시한다.)

보기

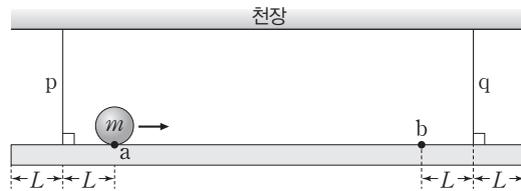
- ㄱ. b에 작용하는 힘을 제거하기 전, 막대에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ.  $x = \frac{L}{3}$ 이다.
- ㄷ. b를 회전축으로 a에 작용하는 힘에 의한 돌림힘의 크기는  $\frac{LF}{2}$ 이다.

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

06

▶23070-0015

그림은 길이가  $10L$ 인 막대가 실 p, q에 매달려 수평을 유지하고 있을 때, 질량  $m$ 인 물체가 막대 위에서 일정한 속력으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. 점 a, b는 막대의 양 끝으로부터  $2L$ 만큼 떨어진 막대 위의 지점이고, 물체가 a에서 b까지 운동하는 동안 막대는 수평을 유지한다. p가 막대를 당기는 힘의 크기는 물체가 a에 있을 때가 b에 있을 때의  $\frac{5}{3}$ 배이다.



물체가 a에서 b까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

보기

- ㄱ. 막대의 질량은  $2m$ 이다.
- ㄴ. 시간에 따른 q가 막대에 작용한 힘의 크기의 증가율은 일정하다.
- ㄷ. 실이 막대를 당기는 힘의 크기가 q가 p의 2배가 되는 지점이 존재한다.

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

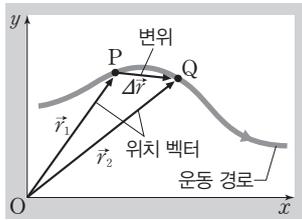
02

물체의 운동(1)

1 속도와 가속도

(1) 위치 벡터와 변위 벡터

- ① 위치 벡터: 물체의 위치를 나타낸 벡터로 기준점에서 물체까지의 직선 거리와 방향으로 나타낸다.
  - $\vec{r}_1, \vec{r}_2$ 는 각각 점 P, Q의 위치 벡터이다.
- ② 변위 벡터: 물체의 위치 변화를 나타낸 벡터로, 물체의 처음 위치와 나중 위치 사이의 직선 거리와 방향으로 나타낸다.
  - P에서 Q까지의 변위는  $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ 이다.



(2) 속도: 단위 시간 동안의 변위로, 크기와 방향을 갖는 벡터량이다.

① 평균 속도: 변위를 걸린 시간으로 나눈 값이다.

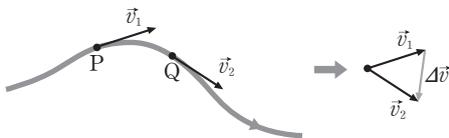
$$\vec{v}_{\text{평균}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

② 순간 속도: 매우 짧은 시간 동안의 평균 속도이다.

(3) 가속도: 단위 시간 동안의 속도 변화량으로, 크기와 방향을 갖는 벡터량이다.

① 속도 변화량: P와 Q에서의 속도가 각각  $\vec{v}_1, \vec{v}_2$ 이면, P에서 Q까지의 속도 변화량  $\Delta\vec{v}$ 는 다음과 같다.

$$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



② 가속도: 속도 변화량을 걸린 시간으로 나눈 값이다.

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

③ 가속도의 방향은 물체에 작용하는 알짜힘의 방향과 같다.

2 등가속도 직선 운동

(1) 등가속도 직선 운동: 물체가 일정한 가속도로 직선을 따라 움직이는 운동이다.

- ① 속도가 일정하게 증가하거나 감소한다.
- ② 직선상에서 가속도  $a$ 로 등가속도 운동을 하는 물체의 처음 속도가  $v_0$ 이면, 시간  $t$ 가 지났을 때의 속도  $v$ 와 변위  $s$ 는 다음과 같다.

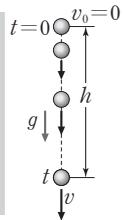
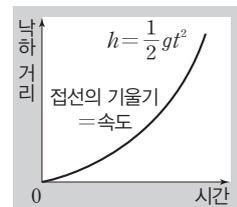
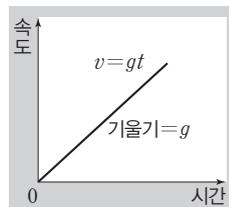
$$v = v_0 + at, s = v_0t + \frac{1}{2}at^2, v^2 - v_0^2 = 2as$$

③ 평균 속도:  $v_{\text{평균}} = \frac{v_0 + v}{2}$

(2) 자유 낙하 운동: 처음 속도 없이 중력의 영향만으로 낙하하는 운동이다.

① 물체를 가만히 놓은 후 시간  $t$ 가 지났을 때의 속도  $v$ , 낙하 거리  $h$ 는 다음과 같다.

$$v = gt, h = \frac{1}{2}gt^2, v^2 = 2gh (g: \text{중력 가속도})$$



▲ 속도-시간 그래프    ▲ 낙하 거리-시간 그래프

(3) 연직 아래로 던진 물체의 운동: 연직 아래 방향을 (+)방향으로 정하고 물체를 던진 속도를  $v_0$ 이라고 하면, 가속도가  $a = g$ 인 등가속도 직선 운동을 한다.

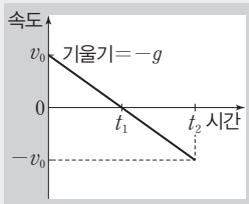
$$v = v_0 + gt, h = v_0t + \frac{1}{2}gt^2, v^2 - v_0^2 = 2gh$$

(4) 연직 위로 던진 물체의 운동: 연직 위 방향을 (+)방향으로 정하고 물체를 던진 속도를  $v_0$ 이라고 하면, 가속도가  $a = -g$ 인 등가속도 직선 운동을 한다.

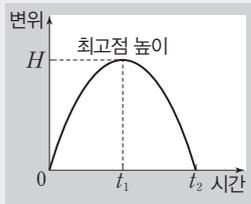
$$v = v_0 - gt, h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2, v^2 - v_0^2 = -2gh$$

THE 알기 연직 위로 던진 물체의 운동 분석

• 연직 위로 던진 물체의 운동 그래프



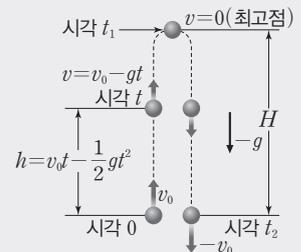
▲ 속도-시간 그래프



▲ 변위-시간 그래프

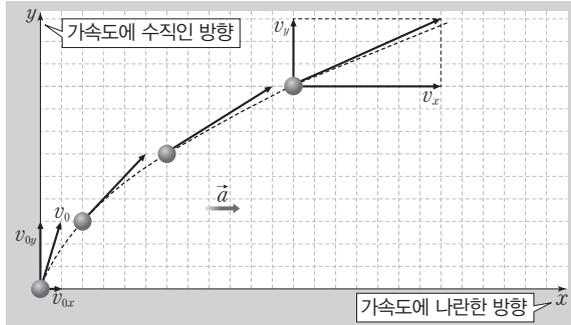
• 최고점에 도달하는 데 걸린 시간  $t_1$ 은  $v = v_0 - gt$ 에서  $v = 0$ 일 때이므로  $t_1 = \frac{v_0}{g}$ 이고, 지면에 도달하는 데 걸리는 시간  $t_2$ 는  $2t_1$ 이다.

• 최고점 높이  $H$ 는  $v^2 - v_0^2 = -2gH$ 에서  $v = 0$ 을 대입하면  $H = \frac{v_0^2}{2g}$ 이다.



**3 평면에서 등가속도 운동**

- (1) 등가속도 운동: 물체의 가속도의 크기와 방향이 일정한 운동으로 물체에 작용하는 알짜힘이 일정하다.
- (2) 평면에서 등가속도 운동 분석
  - ① 가속도에 나란한 방향과 가속도에 수직인 방향으로 분해하면 운동을 쉽게 파악할 수 있다.
  - ② 가속도 방향을  $x$  방향으로 정하면 가속도의  $y$  성분은 0이다. 따라서  $y$  방향으로는 등속도 운동을 하고,  $x$  방향으로는 등가속도 운동을 한다.

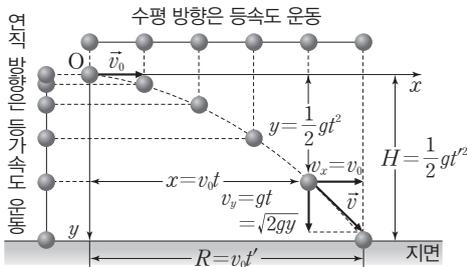


- $x$  방향:  $v_x = v_{0x} + at, x = v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2$
- $y$  방향:  $v_y = v_{0y} = \text{일정}, y = v_{0y}t$

- (3) 평면에서 등가속도 운동의 경로:  $y = v_{0y}t$ 에서  $t = \frac{y}{v_{0y}}$ 이다.  
 $x = v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2$ 에  $t = \frac{y}{v_{0y}}$ 를 대입하면  $x = \frac{v_{0x}}{v_{0y}}y + \frac{a}{2v_{0y}^2}y^2$ 이다.  
 즉, 물체는 포물선 경로를 따라 운동한다.

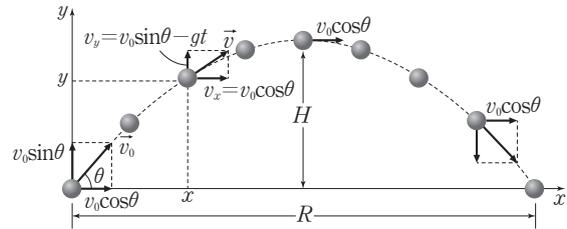
**4 포물선 운동**

- (1) 수평 방향으로 던진 물체의 운동: 물체를 수평 방향으로 던지면 수평 방향으로는 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로는 자유 낙하와 같은 등가속도 운동을 한다.



- ① 수평 방향 운동:  $v_0$ 의 속도로 등속도 운동을 하고,  $t$ 초 후의 속도와 변위는  $v_x = v_0, x = v_0t$ 이다.
- ② 연직 방향 운동: 가속도가  $g$ 인 등가속도 운동을 하고,  $t$ 초 후의 속도와 변위는  $v_y = gt, y = \frac{1}{2}gt^2$ 이다.
- ③ 시간  $t$ 일 때 물체의 속력( $v$ ):  $v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$
- ④ 지면에 도달하는 데 걸린 시간( $t'$ ):  $H = \frac{1}{2}gt'^2 \rightarrow t' = \sqrt{\frac{2H}{g}}$
- ⑤ 수평 도달 거리( $R$ ):  $R = v_0t' = v_0\sqrt{\frac{2H}{g}}$

- (2) 비스듬히 위로 던진 물체의 운동: 물체를 수평면과  $\theta$ 를 이루는 각으로 속력  $v_0$ 으로 던지면 포물선 궤도를 따라 운동하며, 수평 방향으로는 등속도 운동을 하고 연직 방향으로는 연직 위로 던진 물체의 운동과 같은 등가속도 운동을 한다.



- ① 수평 방향 운동: 처음 속도  $v_{0x} = v_0 \cos \theta$ 의 속도로 등속도 운동을 하고,  $t$ 초 후의 속도와 변위는  $v_x = v_0 \cos \theta, x = v_{0x}t = v_0 t \cos \theta$ 이다.
- ② 연직 방향 운동: 처음 속도  $v_{0y} = v_0 \sin \theta$ , 가속도  $a = -g$ 인 등가속도 운동을 하고,  $t$ 초 후의 속도와 변위는  $v_y = v_0 \sin \theta - gt, y = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2$ 이다.
- ③ 최고점에서의 속도( $V$ ):  $V = v_x = v_0 \cos \theta$
- ④ 최고점 도달 시간( $T$ )과 최고점 높이( $H$ ): 최고점에서 연직 방향 속도는 0이다.

- 최고점 도달 시간( $T$ ):  $0 = v_0 \sin \theta - gT \rightarrow T = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$
- 최고점 높이( $H$ ):  $-2gH = 0 - (v_0 \sin \theta)^2 \rightarrow H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$

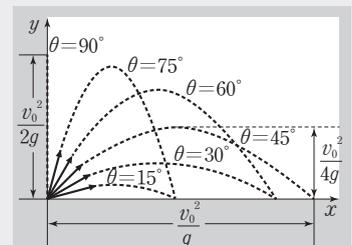
- ⑤ 수평 도달 거리( $R$ ): 수평면 도달 시간( $2T$ ) 동안 수평 방향으로 등속도 운동을 한다.

➔  $R = v_{0x}(2T) = v_0 \cos \theta \times \frac{2v_0 \sin \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$

**THE 알기 포물선 운동**

- 발사각에 따른 최고점 높이와 수평 도달 거리의 최댓값

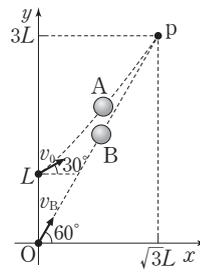
비스듬히 위로 던진 물체의 최고점 높이는  $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$ , 수평 도달 거리는  $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ 이다.  $\theta = 90^\circ$ 일 때  $\sin \theta = 1$ 로 최대이므로 연직 위로 던진 경우에 최고점 높이는  $H = \frac{v_0^2}{2g}$ 으로 최대이다.  $\sin 2\theta = \sin(180^\circ - 2\theta) = \sin 2(90^\circ - \theta)$ 이므로 던지는 각이  $\theta$ 일 때와  $90^\circ - \theta$ 일 때 수평 도달 거리는 같다.  $2\theta = 90^\circ$ 일 때  $\sin 2\theta = 1$ 로 최대가 되므로 발사각  $\theta = 45^\circ$ 일 때 수평 도달 거리는  $R = \frac{v_0^2}{g}$ 으로 최대이다.



## 테마 대표 문제

그림과 같이  $y$ 축상의  $y=L$ 인 점에서 물체 A를  $x$ 축과  $30^\circ$ 의 각을 이루며 속력  $v_0$ 으로, 원점 O에서 물체 B를  $x$ 축과  $60^\circ$ 의 각을 이루며 속력  $v_B$ 로 동시에 발사하였더니 A, B가 같은 가속도로  $xy$  평면에서 각각 등가속도 운동을 하여 점 p에 동시에 도달한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

| 2023학년도 대수능 |



**보기**

ㄱ.  $v_B = \frac{\sqrt{3}v_0}{2}$ 이다.

ㄴ. 발사 순간부터 p에 도달할 때까지 걸린 시간은  $\frac{L}{v_0}$ 이다.

ㄷ. 가속도의 크기는  $\frac{2\sqrt{3}v_0^2}{L}$ 이다.

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

### 접근 전략 / 간략 풀이

#### ▶ 접근 전략

2차원에서 등가속도 운동을 하는 물체의 운동은 속도와 변위를  $x$ 성분과  $y$ 성분으로 각각 나누어 분석한다.

#### ▶ 간략 풀이

✕ A, B의 가속도가 같고 같은 시간 동안 변위의  $x$ 성분이 같으므로 발사 순간 A, B의 속도의  $x$ 성분은 같다. 따라서  $v_0 \cos 30^\circ = v_B \cos 60^\circ$ 에서  $v_B = \sqrt{3}v_0$ 이다.

Ⓒ O에서 p까지 운동하는 데 걸린 시간을  $t$ 라 하면,  $t$  동안 변위의  $y$ 성분의 크기 차는  $L$ 이다. A, B의 가속도의 크기가 같으므로

$$L = (\sqrt{3}v_0 \sin 60^\circ - v_0 \sin 30^\circ)t \text{에서}$$

$$t = \frac{L}{v_0} \text{이다.}$$

Ⓒ 가속도의 크기를  $a$ 라 하면,  $t$  동안 B의 이동 거리는  $2\sqrt{3}L$ 이므로  $2\sqrt{3}L = v_B t + \frac{1}{2}at^2$ 이 성립한다. ㄱ,

ㄴ에서  $v_B = \sqrt{3}v_0$ ,  $t = \frac{L}{v_0}$ 이므로

$$a = \frac{2\sqrt{3}v_0^2}{L} \text{이다.}$$

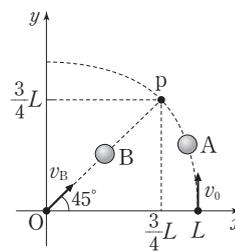
정답 | ④

## 답은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 5쪽

그림과 같이  $x$ 축상의  $x=L$ 인 점에서 물체 A를  $+y$ 방향의 속력  $v_0$ 으로, 원점 O에서 물체 B를  $x$ 축과  $45^\circ$ 의 각을 이루며 속력  $v_B$ 로 동시에 발사하였더니 A, B가 같은 가속도로  $xy$  평면에서 각각 등가속도 운동을 하여 점 p에 동시에 도달한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

▶ 23070-0016



### 유사점과 차이점 / 배경 지식

#### ▶ 유사점과 차이점

A, B의 속력 비교, 가속도의 크기를 묻는 것은 유사하지만 가속도의 부호 가 음수인 것과 A에 대한 B의 속도를 묻는 것이 대표 문제와 다르다.

#### ▶ 배경 지식

직선상에서 가속도  $a$ 로 등가속도 운동을 하는 물체의 처음 속도가  $v_0$ 이면, 시간  $t$ 가 지났을 때의 속도  $v$ 는  $v = v_0 + at$ ,  $t$  동안 변위  $s$ 는  $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 이 성립한다.

**보기**

ㄱ.  $v_B = \sqrt{2}v_0$ 이다.

ㄴ. 발사 순간부터 p에 도달할 때까지 A에 대한 B의 속도의 크기는  $v_0$ 이다.

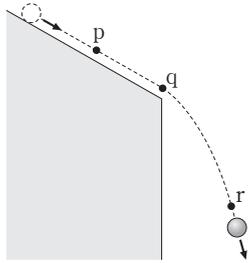
ㄷ. 가속도의 크기는  $\frac{\sqrt{2}v_0^2}{L}$ 이다.

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

01

▶23070-0017

그림은 빗면 위에서 가만히 놓은 물체가 점 p, q, r를 지나는 경로를 따라 운동하는 것을 나타낸 것이다. q는 물체가 빗면을 떠나는 순간의 위치이고, 운동하는 데 걸린 시간은 p에서 q까지와 q에서 r까지가 같다.



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

보기

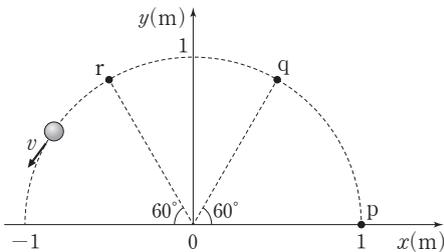
- ㄱ. 평균 속력은 p에서 q까지와 q에서 r까지가 같다.
- ㄴ. 가속도의 크기는 p에서 q까지와 q에서 r까지가 같다.
- ㄷ. q에서 r까지 운동하는 동안 평균 속도의 크기는 평균 속력보다 작다.

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

02

▶23070-0018

그림은  $xy$  평면에서 점 p, q, r를 지나는 반원 궤도를 따라 물체가 일정한 속력  $v$ 로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 반원 궤도의 반지름은 1 m이고, 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 1초이다.



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

보기

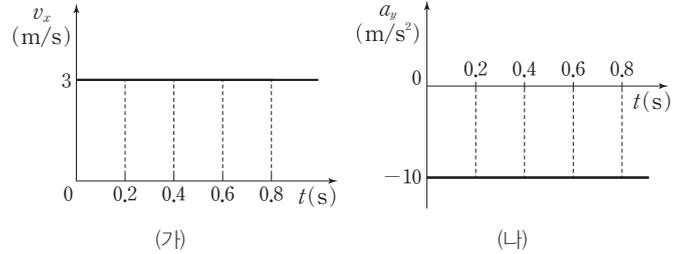
- ㄱ. 변위의 크기는 p에서 r까지가 p에서 q까지의  $\sqrt{3}$ 배이다.
- ㄴ.  $v$ 는 1 m/s이다.
- ㄷ. 평균 가속도는 p에서 q까지와 q에서 r까지가 같다.

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

03

▶23070-0019

그림 (가), (나)는  $xy$  평면에서 운동하는 물체의 속도의  $x$  성분  $v_x$ 와 가속도의  $y$  성분  $a_y$ 를 시간  $t$ 에 따라 각각 나타낸 것이다. 0초일 때 물체의 속도의  $y$  성분은 4 m/s이다.



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

보기

- ㄱ. 속력은 0.2초일 때가 0.4초일 때보다 크다.
- ㄴ. 변위의  $y$  성분의 크기는 0초부터 0.4초까지가 0.4초부터 0.6초까지와 같다.
- ㄷ. 0초부터 속력이 0초일 때와 같아지는 순간까지 변위의  $x$  성분의 크기는 2 m보다 작다.

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

04

▶23070-0020

표는  $t=0$ 인 순간부터  $t=t_0$ 인 순간까지  $xy$  평면에서 등가속도 운동을 하는 질량이 1 kg인 물체의 위치의  $x$  성분  $s_x$ 와  $y$  성분  $s_y$ , 속도의  $x$  성분  $v_x$ 와  $y$  성분  $v_y$ 를 각각 나타낸 것이다.

시간(s)	$s_x$ (m)	$s_y$ (m)	$v_x$ (m/s)	$v_y$ (m/s)
$t=0$	-2	0	0	2
$t=t_0$	0	2	2	0

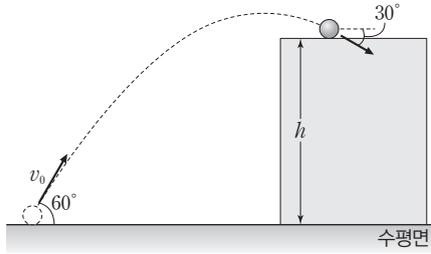
$t = \frac{1}{2}t_0$ 일 때, 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는?

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

05

▶23070-0021

그림과 같이 수평면에서 물체를 수평면에 대해  $60^\circ$ 의 각으로 속력  $v_0$ 으로 던졌더니 물체가 포물선 운동을 하여 높이가  $h$ 인 건물의 뒷면에 도달하였다. 뒷면에 도달하는 순간 물체의 운동 방향과 수평면이 이루는 각은  $30^\circ$ 이다.



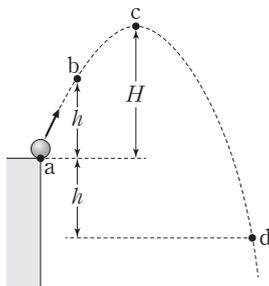
$v_0$ 은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

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

06

▶23070-0022

그림과 같이 물체를 건물 옥상의 점 a에서 비스듬히 던졌더니 물체는 점 b, c, d를 지나는 포물선 경로를 따라 운동한다. b, d는 a로부터 연직 방향으로 각각  $h$ 만큼 떨어진 지점이고, c는 a로부터 연직 방향으로  $H$ 만큼 떨어진 최고점이다. 속도의 연직 성분의 크기는 d에서가 b에서의 2배이다.



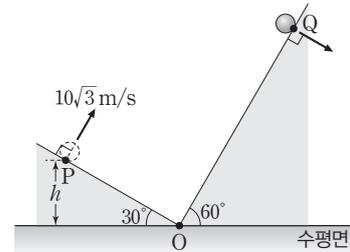
$H$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

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

07

▶23070-0023

그림은 경사각이  $30^\circ$ 인 빗면의 점 P에서 물체를  $10\sqrt{3}$  m/s의 속력으로 빗면에 수직으로 던졌을 때, 물체가 포물선 운동을 하여 경사각이  $60^\circ$ 인 빗면의 점 Q에 빗면에 수직으로 도달하는 것을 나타낸 것이다. 수평면에서 P까지 높이는  $h$ 이고, 두 빗면은 수평면 위의 점 O에서 만난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

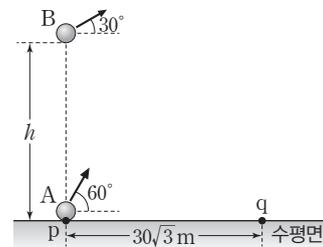
- ㄱ. 물체가 P에서 Q까지 운동하는 데 걸리는 시간은 2초이다.
- ㄴ.  $h$ 는  $5\sqrt{2}$  m이다.
- ㄷ. 물체가 P에서 Q까지 운동하는 동안, P에서 Q까지 변위의 크기는 20 m이다.

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

08

▶23070-0024

그림과 같이 수평면 위의 점 p에서는 물체 A를, p로부터 높이  $h$ 인 지점에서는 물체 B를 수평 방향에 대해 각각  $60^\circ$ ,  $30^\circ$ 의 각으로 동시에 던졌다. A, B는 각각 포물선 운동을 하여 p로부터  $30\sqrt{3}$  m 떨어진 수평면 위의 점 q에 동시에 도달한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

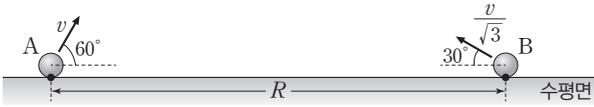
- ㄱ. p에서 A의 속력은 10 m/s이다.
- ㄴ. A가 p에서 q까지 운동하는 데 걸리는 시간은  $\sqrt{6}$ 초이다.
- ㄷ.  $h$ 는 60 m이다.

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

09

▶23070-0025

그림과 같이 물체 A는 수평면에 대해  $60^\circ$ 의 각을 이루며 속도  $v$ 로, 물체 B는 수평면에 대해  $30^\circ$ 의 각을 이루며 속도  $\frac{v}{\sqrt{3}}$ 로 동시에 던졌다. 시간  $t$ 만큼 지난 순간 A와 B 사이의 수평 거리는 0이고, B는 최고점에 도달한다. 던지는 순간 A와 B 사이 거리는  $R$ 이고, 던진 후 A, B는 포물선 운동을 한다.



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

**보기**

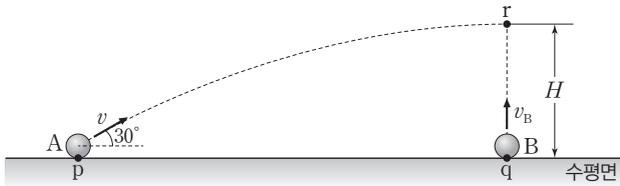
- ㄱ.  $t = \frac{R}{v}$ 이다.
- ㄴ. 최고점 높이는 A가 B의 3배이다.
- ㄷ. A가 최고점에 도달하기 전에 B는 수평면에 도달한다.

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

10

▶23070-0026

그림과 같이 수평면 위의 점 p에서 물체 A를 수평면에 대해  $30^\circ$ 의 각을 이루며 속도  $v$ 로 던지고 동시에 수평면 위의 점 q에서 물체 B를 연직 방향으로 속도  $v_B$ 로 던졌다. A, B는 q로부터 높이가  $H$ 인 A의 최고점 r에 동시에 도달한다.



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

**보기**

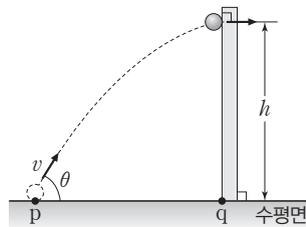
- ㄱ.  $v_B = \frac{v}{2}$ 이다.
- ㄴ. p와 q 사이의 거리는  $4H$ 이다.
- ㄷ. q에서 B의 속력이  $2v_B$ 가 되면 A가 r에 도달한 순간 B도 최고점에 도달한다.

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

11

▶23070-0027

그림은 수평면 위의 점 p에서 비스듬하게 던진 공이 포물선 운동을 하여 p로부터 수평 방향으로 일정한 거리만큼 떨어진 점 q에 연직으로 세워진 막대에 수직으로 충돌하는 모습을 나타낸 것이고, 표는 공이 막대에 수직으로 충돌하기 위한 공의 발사각  $\theta$ 와 던지는 순간 공의 속도  $v$ , 수평면으로부터 공이 충돌한 지점까지 높이  $h$ 를 나타낸 것이다.



$\theta$	$v$	$h$
$\theta_1$	$v_1$	$4H$
$\theta_2$	$v_2$	$9H$

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

**보기**

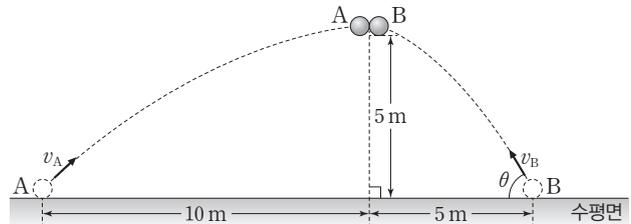
- ㄱ. 공이 발사된 순간부터 막대에 충돌할 때까지 걸리는 시간은 발사각이  $\theta_1$ 일 때와  $\theta_2$ 일 때가 같다.
- ㄴ.  $\tan\theta_1 : \tan\theta_2 = 4 : 9$ 이다.
- ㄷ.  $v_1 : v_2 = 3 : 2$ 이다.

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

12

▶23070-0028

그림은 수평면 위에서 15 m 떨어진 물체 A, B를 각각 속도  $v_A$ ,  $v_B$ 로 던진 직후부터 1초 동안 A, B가 각각 포물선 운동을 하여 최고점에 동시에 도달하는 것을 나타낸 것이다. 수평면으로부터 물체의 최고점 높이는 5 m이다. B는 수평면에 대해  $\theta$ 의 각으로 발사하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

**보기**

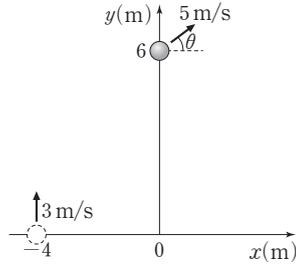
- ㄱ. 최고점에서 속력은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ.  $v_A = 2v_B$ 이다.
- ㄷ.  $\tan\theta = \sqrt{3}$ 이다.

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

01

▶ 23070-0029

그림은 질량이 1 kg인 물체가  $xy$  평면에서 가속도의 방향이  $+x$ 방향인 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 물체는  $x$ 축상의  $x = -4$  m인 지점을  $+y$ 방향으로 3 m/s의 속력으로 통과한 후  $y$ 축상의  $y = 6$  m인 지점을  $x$ 축에 대해  $\theta$ 의 각을 이루며 5 m/s의 속력으로 통과한다.



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

보기

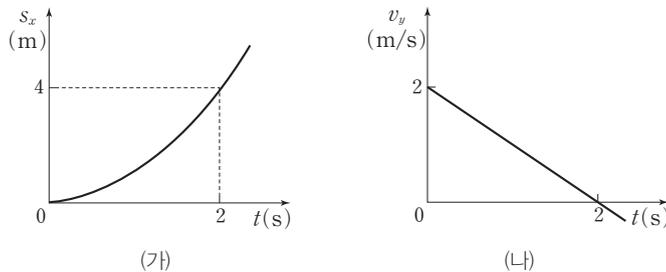
- ㄱ.  $\tan\theta = \frac{3}{4}$ 이다.
- ㄴ.  $x$ 축을 통과한 순간부터  $y$ 축을 통과하는 순간까지 걸리는 시간은 2초이다.
- ㄷ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 2 N이다.

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

02

▶ 23070-0030

그림 (가), (나)는  $xy$  평면에서 등가속도 운동을 하는 물체의 위치의  $x$ 성분  $s_x$ 와 속도의  $y$ 성분  $v_y$ 를 시간  $t$ 에 따라 각각 나타낸 것이다.  $t = 0$ 일 때 물체는  $xy$  평면의 원점을  $+y$ 방향으로 통과한다.



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

보기

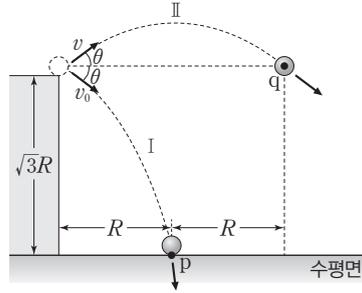
- ㄱ.  $t = 0$ 부터  $t = 2$ 초까지 변위의 크기는  $2\sqrt{5}$  m이다.
- ㄴ. 2초일 때 속도의 크기는 4 m/s이다.
- ㄷ. 가속도의 크기는  $\sqrt{5}$  m/s<sup>2</sup>이다.

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

03

▶23070-0031

그림과 같이 수평면으로부터 높이가  $\sqrt{3}R$ 인 지점에서 물체를 수평면에 대해  $\theta$ 의 각을 이루며 각각 속도  $v_0, v$ 로 던졌을 때 물체는 포물선 경로 I, II를 따라 운동한다. 속도  $v_0$ 로 던진 경우는 물체가 I을 따라 운동하여 던진 지점으로부터 수평 거리  $R$ 만큼 떨어진 수평면 위의 점 p에 도달하고, 속도  $v$ 로 던진 경우는 물체가 II를 따라 운동하여 던진 지점과 높이가 같은 점 q에 도달한다. p에서 q까지 수평 거리는  $R$ 이다. 던진 순간부터 p, q에 도달할 때까지 걸린 시간은  $t$ 로 같다.



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

보기

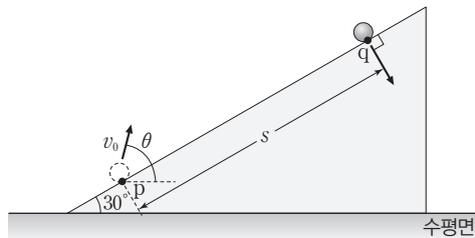
- ㄱ.  $v = \sqrt{2}v_0$ 이다.
- ㄴ.  $\theta = 30^\circ$ 이다.
- ㄷ. 던진 지점과 II의 최고점과의 수평면으로부터 높이차는  $\frac{R}{6}$ 이다.

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

04

▶23070-0032

그림은 경사각이  $30^\circ$ 인 빗면 위의 점 p에서 수평면과  $\theta$ 의 각을 이루는 방향으로  $v_0$ 의 속력으로 던져진 물체가 포물선 운동을 한 뒤 빗면 위의 점 q에 수직으로 도달하는 모습을 나타낸 것이다. p와 q 사이 거리는  $s$ 이다.



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

보기

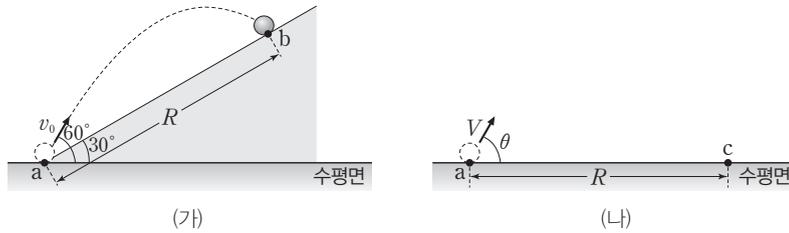
- ㄱ.  $\theta$ 는  $75^\circ$ 보다 크다.
- ㄴ. p에서 q까지 운동하는 데 걸리는 시간은  $\frac{2v_0}{\sqrt{3g}}$ 보다 작다.
- ㄷ.  $s = \frac{4v_0^2}{7g}$ 이다.

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

05

▶ 23070-0033

그림 (가)는 수평면 위의 점 a에서 물체를 수평면에 대해  $60^\circ$ 의 각으로 속력  $v_0$ 으로 발사하였을 때 물체가 포물선 운동을 하여 경사각이  $30^\circ$ 인 빗면 위의 점 b에 도달하는 것을 나타낸 것이고, (나)는 (가)에서 빗면을 제거하고 a에서 물체를 수평면에 대해  $\theta$ 의 각으로 속력  $V$ 로 발사하는 모습을 나타낸 것이다. a와 b 사이의 거리는  $R$ 이고, (나)에서 물체는 a로부터  $R$ 만큼 떨어진 수평면 위의 점 c에 도달하고, 물체의 최고점 높이는  $\frac{R}{3}$ 이다. 물체가 운동하는 데 걸리는 시간은 a에서 b까지가 a에서 c까지의  $\sqrt{3}$ 배이다.



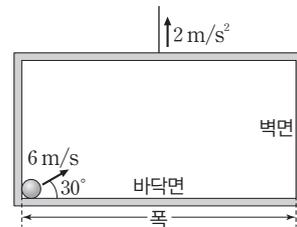
$\frac{v_0}{V}$ 은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

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

06

▶ 23070-0034

그림은 연직 위로 가속도의 크기가  $2 \text{ m/s}^2$ 인 등가속도 직선 운동을 하는 승강기의 수평한 바닥에서 물체를 승강기 바닥면에 대해  $30^\circ$ 의 각을 이루며  $6 \text{ m/s}$ 의 속력으로 던지는 것을 나타낸 것이다. 물체를 던지는 순간 승강기는 연직 위로  $2 \text{ m/s}$ 의 속력으로 운동하고, 물체는 던진 순간부터 시간  $t$  동안 포물선 운동을 하여 승강기 바닥에 도달한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

- ㄱ.  $t=0.5$ 초이다.
- ㄴ. 물체가 승강기 오른쪽 벽면에 충돌하지 않고 바닥에 도달하기 위한 승강기 폭의 최솟값은  $\sqrt{3} \text{ m}$ 이다.
- ㄷ. 승강기의 속력이  $4 \text{ m/s}$ 일 때 물체를 던지면, 발사 순간부터 물체가 승강기 바닥에 도달할 때까지 걸리는 시간은  $2t$ 가 된다.

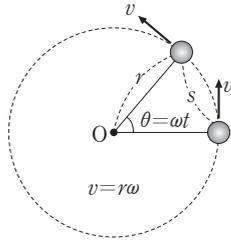
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

# 03

## 물체의 운동(2)

### 1 등속 원운동

(1) 등속 원운동: 물체가 원 궤도를 따라 일정한 속력으로 회전하는 운동으로, 속력은 변하지 않지만 운동 방향이 계속 변하므로 속도가 변하는 가속도 운동이다.



① 주기(T): 물체가 원둘레를 1회전하는데 걸리는 시간이다. 반지름 r, 속력 v로 운동할 때 주기는 다음과 같다.

$$T = \frac{2\pi r}{v} \text{ [단위: s(초)]}$$

② 진동수(f): 단위 시간(1초) 동안 회전하는 횟수이다.

$$f = \frac{1}{T} \text{ [단위: Hz(헤르츠)]}$$

③ 각속도(omega): 단위 시간(1초) 동안 회전한 각이다.

$$\omega = \frac{\theta}{t} \text{ (단위: rad/s), } \theta = \omega t$$

④ 속력(v): 접선 방향의 속도의 크기로 일정하다.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{r\theta}{t} = r\omega \text{ (단위: m/s)}$$

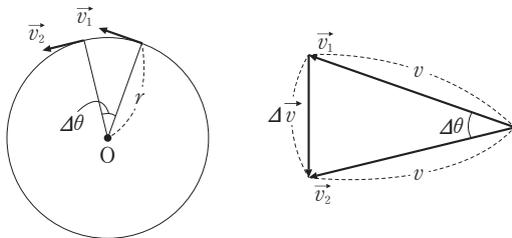
⑤ 물체가 한 바퀴를 회전하면 회전각은 2pi이므로 각속도, 주기, 진동수는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

### 2 구심 가속도와 구심력

(1) 구심 가속도

① 속도 변화량(Delta v)의 방향: Delta theta를 매우 작게 하면 Delta v(=v2-v1)는 v1과 직각을 이루기 때문에 원의 중심을 향하게 된다.

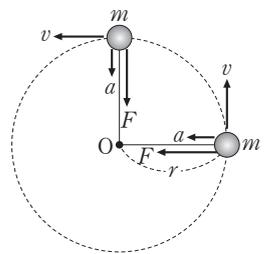


② 구심 가속도(a)의 방향: 가속도가 a = Delta v / Delta t 이므로 가속도 a의 방향은 속도 변화량 Delta v의 방향과 같다. 따라서 구심 가속도 a의 방향은 원의 중심을 향한다.

③ 구심 가속도(a)의 크기: 속도 변화량 Delta v의 크기는 |Delta v| = v Delta theta 이다. 물체가 원운동 하는 시간 Delta t를 매우 짧게 하면, 구심 가속도의 크기는 a = |Delta v| / Delta t = v Delta theta / Delta t 이다. Delta theta / Delta t = omega 이고, v = r\*omega 이므로 등속 원운동 하는 물체의 구심 가속도의 크기는 a = v\*omega = v^2 / r = r\*omega^2 이다.

(2) 구심력

① 구심력: 등속 원운동 하는 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은 가속도의 방향과 같이 원의 중심을 향한다. 이와 같이 원의 중심 방향을 향하는 힘을 구심력이라고 한다.



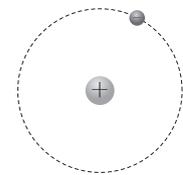
• 크기:  $F = ma = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2$

• 방향: 원운동의 중심 방향

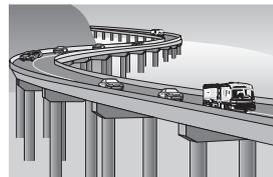
② 여러 가지 구심력



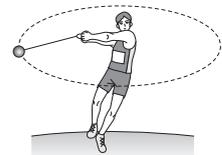
▲ 지구 주위를 도는 인공위성에 작용하는 중력



▲ 원자 내의 전자에 작용하는 전기력



▲ 수평인 원형 도로에서 자동차의 진행 방향에 수직으로 작용하는 마찰력

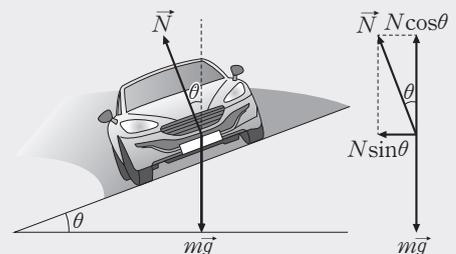


▲ 수평면과 나란하게 원운동 하는 해머에 작용하는 줄에 의한 힘과 중력의 합력

### THE 알기 곡선 도로에서 자동차의 속력

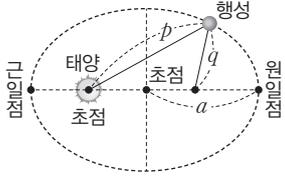
대부분의 곡선 도로는 안쪽보다 바깥쪽이 약간 높게 기울어져 있다. 그림과 같이 수평면과 이루는 각이 theta 인 곡선 도로에서 자동차가 달릴 때, 자동차의 진행 방향에 수직인 방향의 마찰을 무시하면 자동차에 작용하는 중력(mg)과 도로가 자동차를 접촉면에 수직으로 떠받치는 힘(N)의 합력이 자동차가 곡선 도로를 달리며 회전할 때의 구심력이 되어 자동차는 등속 원운동을 할 수 있다. 자동차의 회전 반지름을 r, 속력을 v라고 하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$N \sin \theta = \frac{mv^2}{r}, N \cos \theta = mg \Rightarrow \tan \theta = \frac{v^2}{gr} \text{ 이므로 자동차의 속력은 } v = \sqrt{gr \tan \theta} \text{ 이다.}$$



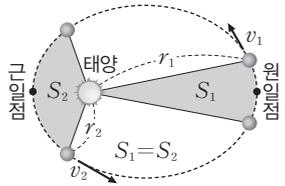
### 3 케플러 법칙

- (1) 타원 궤도 법칙(케플러 제1법칙): 태양계 내의 모든 행성들은 태양을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 공전한다( $p+q=2a$ ).



- 근일점과 원일점: 행성이 태양과 가장 가까운 지점을 근일점, 행성이 태양과 가장 먼 지점을 원일점이라고 한다.

- (2) 면적 속도 일정 법칙(케플러 제2법칙): 행성과 태양을 연결하는 선분이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 일정하다( $S_1=S_2$ ).

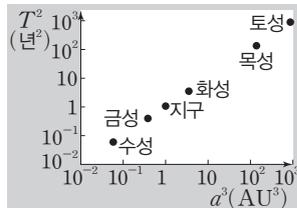
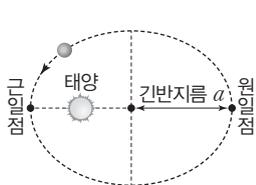


→  $r_1 > r_2$ 이면  $v_1 < v_2$ 이다.

- ① 행성이 태양으로부터 가까울 때는 속력이 빠르고, 멀 때는 속력이 느리다. 따라서 행성의 속력은 근일점에서 최대이고, 원일점에서 최소이다.
- ② 행성이 원일점에서 근일점으로 이동하는 동안에는 행성의 속력이 증가하고, 근일점에서 원일점으로 이동하는 동안에는 행성의 속력이 감소한다.

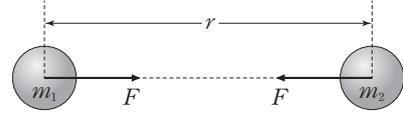
- (3) 조화 법칙(케플러 제3법칙): 행성의 공전 주기( $T$ )의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름( $a$ )의 세제곱에 비례한다. →  $T^2 \propto a^3$

- 공전 궤도 긴반지름이 길수록 공전 주기가 길다.



### 4 중력 법칙

- (1) 뉴턴 중력 법칙: 두 물체 사이에 작용하는 중력은 질량의 곱에 비례하고 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 그림과 같이 질량이 각각  $m_1, m_2$ 이고, 떨어진 거리가  $r$ 인 두 물체 사이에 작용하는 중력의 크기  $F$ 는 다음과 같다.



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (G: \text{중력 상수})$$

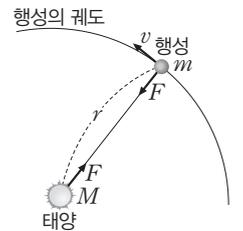
- 중력은 항상 서로 당기는 방향으로 작용한다.

- (2) 중력 가속도: 물체에 작용하는 중력에 의한 가속도이다. 일반적으로  $g$ 로 표시하며, 질량이  $m$ 인 물체에 작용하는 중력은  $mg$ 이다.

- ① 지표면에서 중력 가속도: 물체에 작용하는 중력이  $mg$ 이므로 지구의 반지름을  $R$ , 질량을  $M$ 이라고 하면  $\frac{GMm}{R^2} = mg$ 에서 중력 가속도는  $g = \frac{GM}{R^2}$ 이다.

- ② 지표면으로부터 높이  $h$ 인 곳에서 중력 가속도는  $g' = \frac{GM}{(R+h)^2}$ 이다.

- (3) 케플러 법칙과 중력 법칙: 태양계의 행성들은 원 궤도에 가까운 타원 궤도를 따라 운동한다. 따라서 태양이 행성에 작용하는 중력이 행성을 원운동 하게 하는 구심력이라고 가정하면 케플러 제3법칙을 유도할 수 있다. 질량이  $M$ 인 태양을 중심으로 반지름이  $r$ 인 원 궤도를 공전하는 주기  $T$ , 질량  $m$ 인 행성에 작용하는 구심력의 크기는  $F = \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ 이고,  $v = \frac{2\pi r}{T}$ 이므로  $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$ 이다. 따라서  $T^2 \propto r^3$ 이다.



## THE 알기 정지궤도 인공위성

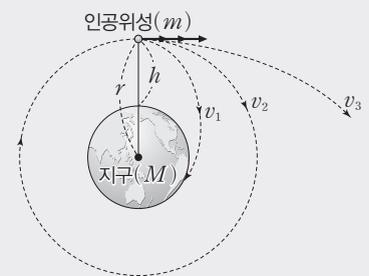
그림과 같이 지구 중심으로부터  $r$ 만큼 떨어진 지점에서 물체를 수평 방향으로 던질 때 물체의 속력이 특정한 조건(중력=구심력)을 만족하면 물체는 지구 주위를 일정한 속력으로 계속 돌게 된다( $v_1 < v_2 < v_3$ ).

- 인공위성의 운동: 지구 주위를 등속 원운동 하는 인공위성에는 지구의 중력이 구심력으로 작용한다.

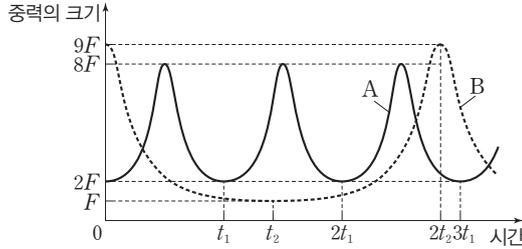
$$\rightarrow \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

- 인공위성의 속력( $v$ )과 주기( $T$ ):  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ,  $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

- 정지궤도 인공위성의 고도( $h$ ): 지구의 자전 주기와 인공위성의 공전 주기가 같으면 지표면에서 관찰할 때 인공위성은 항상 같은 위치에 정지해 있는 것으로 보인다. 정지궤도 인공위성의 공전 궤도 반지름이 약 42000 km이므로 지표면으로부터 고도  $h$ 는 약 35800 km 정도이다.



그림은 위성 A와 B가 동일한 행성을 한 초점으로 하는 각각의 타원 궤도를 따라 운동할 때, A와 B에 작용하는 중력의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이고,  $t_2 = \sqrt{2}t_1$ 이다. 행성 중심으로부터 A, B의 궤도상의 점까지의 거리는 각각  $r_A, r_B$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

**보기**

- ㄱ. 타원 궤도의 긴반지름은 B가 A의 2배이다.
- ㄴ.  $r_B$ 의 최솟값은  $r_A$ 의 최댓값보다 크다.
- ㄷ. 질량은 B가 A의  $\frac{81}{32}$  배이다.

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

**접근 전략 / 간략 풀이**

▶ 접근 전략

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성이 행성으로부터 가장 가까운 지점에 있을 때 최대, 가장 먼 지점에 있을 때 최소이다.

▶ 간략 풀이

㉠ A의 공전 주기는  $t_1$ , B의 공전 주기는  $2t_2 = 2\sqrt{2}t_1$ 이다. A, B의 타원 궤도의 긴반지름을 각각  $a_A, a_B$ 라 하면

$$\frac{t_1^2}{a_A^3} = \frac{(2\sqrt{2}t_1)^2}{a_B^3} \text{에서 } a_B = 2a_A \text{이다.}$$

✕ 위성에 작용하는 중력의 크기의 최솟값에 대한 최댓값의 비는  $A$ 는  $\frac{8F}{2F}$

$$= 4, B \text{는 } \frac{9F}{F} = 9 \text{이므로 } r_A, r_B \text{의}$$

최솟값을 각각  $r_0, r_0'$ 라 하면,  $r_A, r_B$ 의 최댓값은 각각  $2r_0, 3r_0'$ 이다.

$$a_A = \frac{r_0 + 2r_0}{2}, a_B = \frac{r_0' + 3r_0'}{2} \text{이고}$$

$$a_B = 2a_A \text{이므로 } r_0' = \frac{3}{2}r_0 \text{이다. 따라}$$

서  $r_B$ 의 최솟값  $r_0' = \frac{3}{2}r_0$ 은  $r_A$ 의 최댓값  $2r_0$ 보다 작다.

㉡ A, B에 작용하는 중력의 크기의 최댓값의 비가 8 : 9이므로 A, B의 질량을 각각  $m_A, m_B$ 라 하면

$$\frac{m_A}{r_0^2} : \frac{m_B}{r_0'^2} = 8 : 9 \text{가 성립하고,}$$

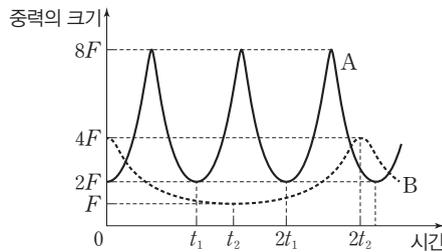
$$r_0' = \frac{3}{2}r_0 \text{이므로 } \frac{m_B}{m_A} = \frac{81}{32} \text{이다.}$$

정답 | ③

**0** **짧은 풀이 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 8쪽

그림은 위성 A와 B가 동일한 행성을 한 초점으로 하는 각각의 타원 궤도를 따라 운동할 때, A와 B에 작용하는 중력의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이다. 질량은 B가 A의 2배이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)



▶ 23070-0035

**유사점과 차이점 / 배경 지식**

▶ 유사점과 차이점

그래프에서 A, B의 중력의 크기의 최솟값과 최댓값 및 주기를 비교하는 것은 유사하지만 A와 B의 질량 관계를 제시하여 공전 주기의 관계를 유추하는 것이 대표 문제와 다르다.

▶ 배경 지식

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 행성으로부터 위성까지 거리의 최솟값과 최댓값을 각각  $r_{\min}, r_{\max}$ 라 하면 공전 궤도의 긴반지름은  $\frac{r_{\min} + r_{\max}}{2}$ 이다.

**보기**

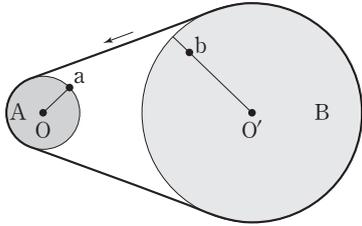
- ㄱ. 타원 궤도의 긴반지름은 B가 A의 2배이다.
- ㄴ.  $t_2 = \sqrt{2}t_1$ 이다.
- ㄷ.  $t_1$ 일 때 행성 중심에서 A의 중심까지의 거리와  $2t_2$ 일 때 행성 중심에서 B의 중심까지의 거리는 같다.

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

01

▶23070-0036

그림과 같이 바퀴 A, B가 벨트로 연결되어 각각의 회전축 O, O'를 중심으로 함께 등속 원운동을 한다. 반지름은 B가 A의 3배이다. 점 a는 A의 가장자리에 고정된 지점이고, 점 b는 B에 고정된 지점이다. 가속도의 크기는 a가 b의 4배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 벨트는 바퀴에서 미끄러지지 않는다.)

보기

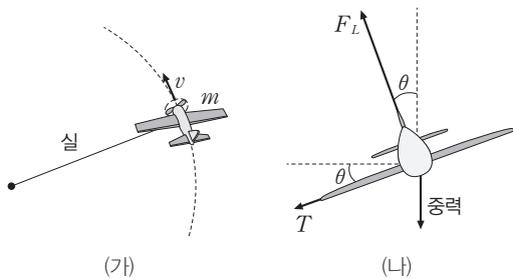
- ㄱ. 가속도는 a가 b의 3배이다.
- ㄴ. b의 원운동 반지름은 A의 반지름의 2배이다.
- ㄷ. 속력은 a와 b가 같다.

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

02

▶23070-0037

그림 (가)는 실에 연결된 질량이  $m$ 인 장난감 비행기가 수평면과 나란한 원 궤도를 따라 일정한 속력  $v$ 로 운동하는 모습을, (나)는 (가)의 비행기가 등속 원운동을 할 때 비행기에 작용하는 힘들을 나타낸 것이다. 비행기와 연결된 실이 비행기를 당기는 힘은  $T$ , 비행기 날개면에 수직으로 작용하는 힘은  $F_L$ 이고, 비행기가 수평면과 이루는 각은  $\theta$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 비행기의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

보기

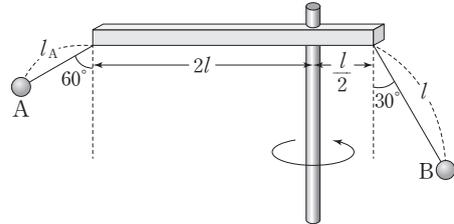
- ㄱ. 구심력의 크기는  $F_L \sin\theta + T \cos\theta$ 의 크기와 같다.
- ㄴ.  $F_L, T$ , 중력의 합력은 0이다.
- ㄷ. 비행기의 원운동 반지름은  $\frac{v^2}{g \tan\theta}$ 이다.

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

03

▶23070-0038

그림은 수평한 막대 끝에 연결된 길이가 각각  $l_A, l$ 인 가는 철사에 물체 A, B를 매달고 A, B를 수평면과 나란하게 일정한 각속도로 원운동을 시키는 것을 나타낸 것이다. 회전축으로부터 막대의 양 끝까지 거리는 각각  $2l, \frac{l}{2}$ 이고, A, B를 매단 철사가 연직선과 이루는 각은 각각  $60^\circ, 30^\circ$ 이다. 질량은 B가 A의 3배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대와 철사는 같은 연직면 위에 있고, 철사의 질량, 물체의 크기, 막대의 두께와 폭, 회전축의 두께는 무시한다.)

보기

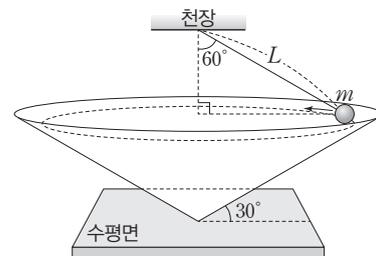
- ㄱ. 철사가 물체를 당기는 힘의 크기는 A가 B의 3배이다.
- ㄴ.  $l_A$ 는  $l$ 의  $\frac{1}{3}$ 배이다.
- ㄷ. 구심력의 크기는 A와 B가 같다.

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

04

▶23070-0039

그림과 같이 질량이  $m$ 인 물체가 천장에 실로 연결되어 수평면과 이루는 각이  $30^\circ$ 인 원뿔면 위에서 등속 원운동을 한다. 실의 길이는  $L$ , 실과 연직 방향이 이루는 각은  $60^\circ$ 이다. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 원뿔면이 물체를 떠받치는 힘의 크기의  $\sqrt{3}$ 배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.)

보기

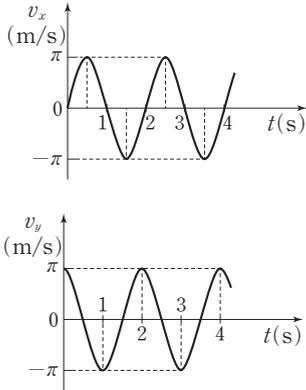
- ㄱ. 원뿔면이 물체를 떠받치는 힘의 크기는  $\frac{mg}{\sqrt{3}}$ 이다.
- ㄴ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는  $2mg$ 이다.
- ㄷ. 원운동 주기는  $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$ 이다.

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

05

▶23070-0040

그림은  $xy$  평면에서 원점을 중심으로 등속 원운동을 하는 물체의 속도의  $x$ 성분  $v_x$ 와  $y$ 성분  $v_y$ 를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

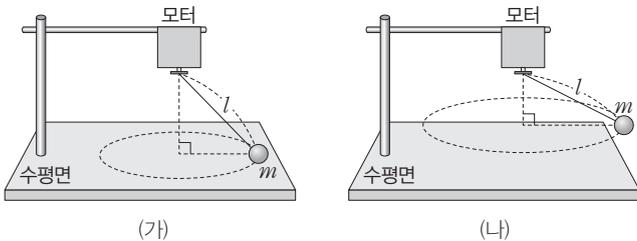
- ㄱ.  $t=0$ 일 때 물체의 좌표는  $(x, y)=(0, 1)$  m인 위치에 있다.
- ㄴ. 물체의 각속도는  $\pi$  rad/s이다.
- ㄷ.  $t=1$ 초일 때 물체의 가속도의 방향은  $-x$ 방향이다.

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

06

▶23070-0041

그림 (가)는 원운동 실험 장치에서 길이  $l$ 인 실에 연결된 질량  $m$ 인 물체가 마찰이 없는 수평면에서 등속 원운동을 하는 것을, (나)는 (가)에서 한 가지 조건을 바꾸었을 때 물체가 수평면에 닿지 않은 상태로 수평면과 나란하게 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. (가)에서 실이 물체를 당기는 힘의 크기는  $F$ 이다.



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

**보기**

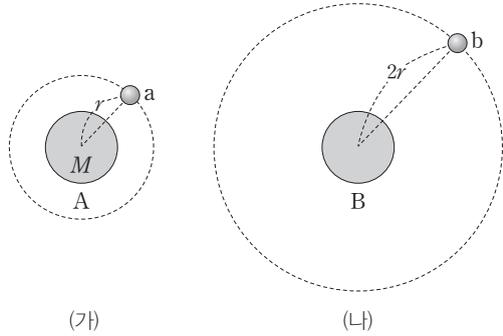
- ㄱ. (나)에서 실이 물체를 당기는 힘의 크기는  $F$ 보다 크다.
- ㄴ. 각속도는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. 물체의 속력은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

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

07

▶23070-0042

그림 (가)는 위성 a가 질량  $M$ 인 행성 A를 중심으로 반지름이  $r$ 인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 하는 것을, (나)는 위성 b가 행성 B를 중심으로 반지름이  $2r$ 인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 공전 주기는 b가 a의 2배이다.



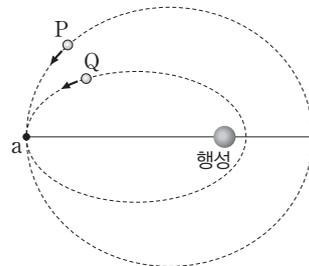
B의 질량은?

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

08

▶23070-0043

그림은 위성 P, Q가 각각 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하는 것을 나타낸 것이다. 점 a는 P, Q가 행성으로부터 가장 멀리 떨어진 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P, Q에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

**보기**

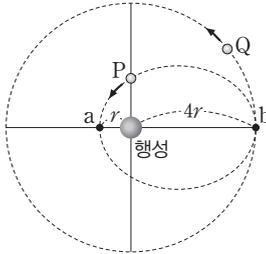
- ㄱ. a에서 속력은 P가 Q보다 크다.
- ㄴ. 가속도의 크기의 최솟값은 Q가 P보다 작다.
- ㄷ. 공전 주기는 P가 Q보다 작다.

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

### 09

▶23070-0044

그림과 같이 위성 P는 행성을 한 초점으로 하는 타원 운동을, 위성 Q는 행성을 중심으로 반지름  $4r$ 인 등속 원운동을 한다. 점 a는 P가 행성과 가장 가까운 지점이고, 점 b는 P가 행성과 가장 먼 지점으로 두 궤도가 만나는 점이다. a와 행성 중심까지의 거리는  $r$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P, Q에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

**보기**

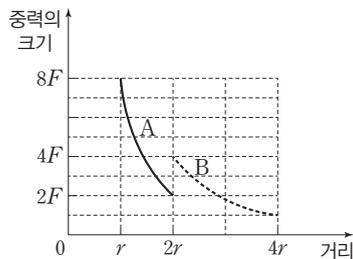
- ㄱ. P의 가속도의 크기는 a에서가 b에서의 4배이다.
- ㄴ. b에서 속력은 Q가 P보다 크다.
- ㄷ. 공전 주기는 Q가 P의  $\frac{25}{16}$ 배이다.

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

### 10

▶23070-0045

그림은 위성 A, B가 동일한 행성을 한 초점으로 하는 각각의 타원 궤도를 따라 한 주기 동안 운동할 때, A, B에 작용하는 중력의 크기를 행성의 중심으로부터 A, B 중심까지의 거리에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

**보기**

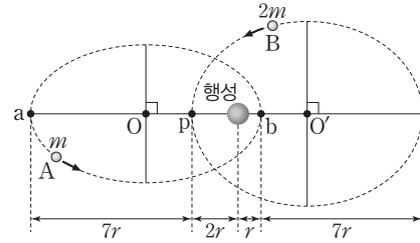
- ㄱ. 질량은 B가 A의 2배이다.
- ㄴ. 행성과 위성 사이의 거리가  $2r$ 인 지점에서 속력은 A와 B가 같다.
- ㄷ. 공전 주기는 B가 A의 4배이다.

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

### 11

▶23070-0046

그림과 같이 질량이 각각  $m$ ,  $2m$ 인 위성 A, B가 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하고 있다. 점 a, b는 A의 궤도상의 점들이고, 점 p는 B의 궤도상의 점이다. B의 공전 주기는  $T$ 이고, 점 O와 O'는 각 타원 궤도의 중심이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

**보기**

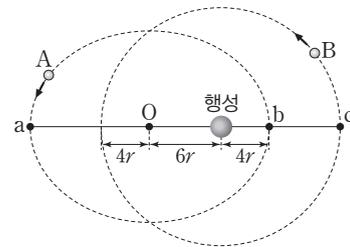
- ㄱ. A의 속력은 a에서가 b에서보다 크다.
- ㄴ. b에서 A의 가속도의 크기는 p에서 B의 가속도의 크기의 4배이다.
- ㄷ. A가 a에서 b까지 운동하는 데 걸리는 시간은  $\frac{T}{2}$ 이다.

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

### 12

▶23070-0047

그림과 같이 위성 A는 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를, 위성 B는 행성을 중심으로 하는 원 궤도를 따라 운동하고 있다. 점 a, b는 각각 A가 행성으로부터 가장 먼 지점과 가장 가까운 지점이고, 점 c는 B의 궤도상의 점이다. 점 O는 타원 궤도의 중심이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

**보기**

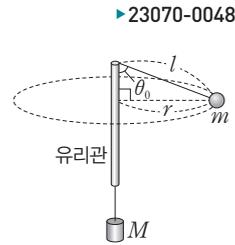
- ㄱ. A의 속력은 a에서가 b에서보다 작다.
- ㄴ. b에서 A의 가속도의 크기는 c에서 B의 가속도의 크기보다 크다.
- ㄷ. 공전 주기는 A와 B가 같다.

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

01

그림은 질량  $M$ 인 추와 실로 연결된 질량  $m$ 인 물체가 수평면과 나란하게 반지름이  $r$ 인 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 유리관 끝에서 물체까지 실의 길이는  $l$ , 실과 유리관이 이루는 각도는  $\theta_0$ 이다.

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



▶23070-0048

보기

- ㄱ. 물체의 속력을 증가시키면 실과 유리관이 이루는 각은  $\theta_0$ 보다 작아진다.
- ㄴ. 물체의 각속도를 2배로 하면  $l$ 의 값은  $\frac{1}{2}$ 배가 된다.
- ㄷ. 원운동 반지름이  $\frac{r}{4}$ 가 되도록 하려면 물체의 속력이  $\frac{1}{2}$ 배가 되어야 한다.

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

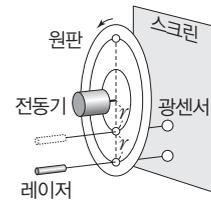
02

다음은 원판의 각속도를 측정하는 실험이다.

▶23070-0049

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 중심으로부터 거리가  $r$ (m)인 곳에 구멍 1개, 중심에 대해 서로 대칭이 되도록 거리가  $2r$ 인 곳에 구멍 2개가 뚫려 있는 원판을 전동기의 회전축에 고정하고, 원판이 스크린에 나란하게 놓이도록 장치한다.
- (나) 원판을 일정한 각속도로 회전시키면서 레이저 빛을 중심으로부터 거리가  $r$ 인 구멍에 비춘다.
- (다) 원판이 회전하는 동안 스크린의 광센서에서 빛이 감지되는 시간 사이 간격을 측정한다.
- (라) 레이저를 중심으로부터 거리가  $2r$ 인 구멍에 비추면서 (다)를 반복한다.



[실험 결과]

과정	빛 감지 시간 간격(s)
(다)	$t_1$
(라)	$t_2$

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

보기

- ㄱ. 원판의 진동수는  $\frac{2}{t_2}$ (Hz)이다.
- ㄴ. 원판의 각속도는  $\frac{2\pi}{t_2}$ (rad/s)이다.
- ㄷ. 중심으로부터 거리가  $2r$ 인 위치에 있는 구멍의 가속도의 크기는  $\frac{8\pi^2 r}{t_1^2}$ (m/s<sup>2</sup>)이다.

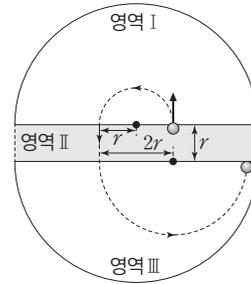
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ                      ④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

### 03

▶ 23070-0050

그림은 수평면 위의 영역 I, II, III에서 입자의 운동 경로를 나타낸 것이다. 입자는 I에서 반지름  $r$ 인 등속 원운동, II에서 등가속도 직선 운동을 한다. 반원 궤도를 따라 운동하는 데 걸리는 시간은 I, III에서 서로 같다.

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



**보기**

- ㄱ. 속력은 III에서가 I에서의 2배이다.
- ㄴ. 가속도의 크기는 III에서가 II에서의 2배이다.
- ㄷ. 각 영역에 진입하여 빠져나올 때까지 걸리는 시간은 III에서가 II에서의 3π배이다.

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

### 04

▶ 23070-0051

표 (가), (나)는 동일한 행성을 한 초점으로 타원 궤도를 따라 운동하는 위성 P, Q의 중심이 행성 중심으로부터 가장 가까운 지점과 가장 먼 지점에 있을 때의 물리량을 각각 나타낸 것이다.

위성	행성으로부터 위성까지 거리	행성이 위성에 작용하는 중력의 크기
P	$3r$	$16F$
Q	$r$	㉠

(가) 행성으로부터 가장 가까운 지점에 있을 때

위성	행성으로부터 위성까지 거리	행성이 위성에 작용하는 중력의 크기
P	$6r$	㉡
Q	$2r$	$9F$

(나) 행성으로부터 가장 먼 지점에 있을 때

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

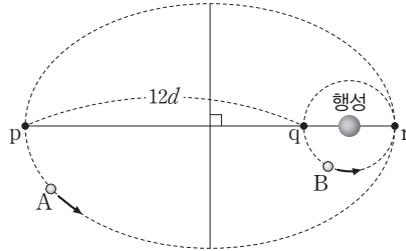
- ㄱ.  $\frac{㉠}{㉡} = 9$ 이다.
- ㄴ. Q의 속력은 행성으로부터 거리가  $r$ 인 지점에서가  $2r$ 인 지점에서보다 크다.
- ㄷ. 공전 주기는 P가 Q의 4배이다.

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

05

▶23070-0052

그림은 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하는 위성 A와 행성을 중심으로 원운동을 하는 위성 B를 나타낸 것이다. 점 p는 A가 행성으로부터 가장 먼 지점, 점 q는 p와 행성을 잇는 선분상에 있는 B의 궤도상의 한 점이다. A가 행성으로부터 가장 가까운 지점 r에서 A, B의 궤도가 접한다. p와 q 사이의 거리는  $12d$ 이고, A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸리는 시간은 B가 q에서 r까지 운동하는 데 걸리는 시간의 8배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.)

보기

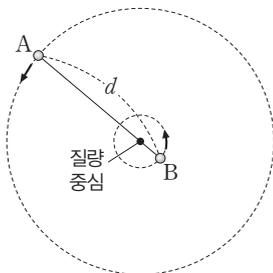
- ㄱ. A의 속력은 p에서가 r에서보다 작다.
- ㄴ. r에서 가속도의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. B의 원운동 반지름은  $3d$ 이다.

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

06

▶23070-0053

그림은 쌍성계를 구성하는 거리가  $d$ 만큼 떨어진 두 별 A, B가 질량 중심을 축으로 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이고, 표는 A, B의 질량과 공전 주기를 나타낸 것이다. 질량 중심에서 A, B까지 거리의 비는 질량의 역수의 비와 같다.



구분	질량	공전 주기
A	$M$	$\textcircled{1}$
B	$4M$	$8T$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 구심력의 크기는 A와 B가 같다.
- ㄴ.  $\textcircled{1}$ 은  $T$ 이다.
- ㄷ. 속력은 A가 B의 4배이다.

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

# 04

## 일반 상대성 이론

### 1 가속 좌표계와 관성력

(1) 가속 좌표계

- ① 관성 좌표계: 정지 또는 등속도 운동을 하고 있는 관찰자를 기준으로 하는 좌표계
- ② 가속 좌표계: 가속도 운동을 하는 관찰자를 기준으로 하는 좌표계

(2) 관성력

- ① 가속 좌표계에서 뉴턴 운동 제2법칙을 도입하기 위한 가상의 힘
- ② 가속도가  $\vec{a}$ 인 가속 좌표계에서 질량이  $m$ 인 물체에 작용하는 관성력  $\vec{F}_{\text{관}}$ 의 크기는  $ma$ 이고 방향은 계의 가속도와 반대 방향이다.

$$\vec{F}_{\text{관}} = -m\vec{a}$$

(3) 관성력의 예

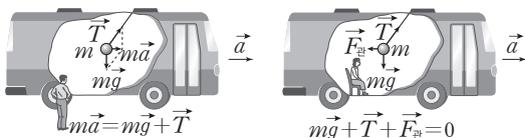
① 지면에 대해 가속도  $\vec{a}$ 로 가속도 운동을 하는 버스

- 버스 밖의 정지 상태인 관찰자: 그림 (가)에서 추에 작용하는 알짜힘은  $m\vec{a}$ 이고 추에는 중력  $m\vec{g}$ 와 줄이 추를 당기는 힘  $\vec{T}$ 가 작용한다고 관측한다.

$$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$$

- 버스 안의 정지 상태인 관찰자: 그림 (나)에서 추에 작용하는 알짜힘은 0이고, 추에는 중력  $m\vec{g}$ , 줄이 추를 당기는 힘  $\vec{T}$ , 추에 작용하는 관성력  $\vec{F}_{\text{관}}$ 이 작용한다고 관측한다.

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{관}} = 0$$



(가) 지면에 서 있는 사람이 본 추에 작용하는 힘 (나) 버스 안에 정지한 사람이 본 추에 작용하는 힘의 평형

② 원운동을 하는 버스

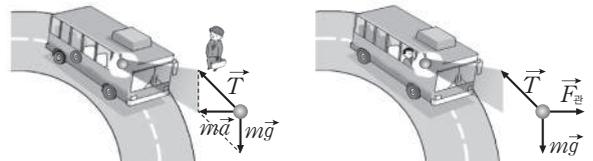
- 버스 밖의 정지 상태인 관찰자: 그림 (가)에서 추에 작용하는 알짜힘은  $m\vec{a}$ , 추에는 중력  $m\vec{g}$ 와 줄이 추를 당기는 힘  $\vec{T}$ 가 작용한다고 관측한다.

$$m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$$

- 버스 안에 정지 상태인 관찰자: 그림 (나)에서 추에 작용하는 알짜힘은 0이고, 추에 작용하는 힘은 중력  $m\vec{g}$ , 줄이 추를 당기는 힘  $\vec{T}$ , 추에 작용하는 관성력  $\vec{F}_{\text{관}}$ 이 작용한다고 관측한다.

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{관}} = 0$$

- 원심력: 원운동을 하는 좌표계에서 중심에서 멀어지는 방향으로 나타나는 관성력

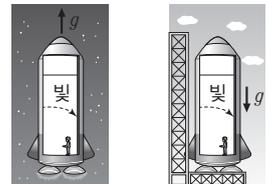


(가) 지면에 정지해 있는 사람이 본 추에 작용하는 힘 (나) 버스 안에 정지한 사람이 본 추에 작용하는 힘의 평형

### 2 등가 원리와 일반 상대성 이론

(1) 등가 원리

- ① 등가 원리: 관성력과 중력은 근본적으로 구분할 수 없다는 원리이다.
- ② 우주선 밖을 볼 수 없는 우주선 안의 관찰자는 포물선 경로를 따라 운동하는 물체의 운동이 중력 때문인지 관성력 때문인지 구분할 수 없다.
- ③ 우주선의 한쪽 벽면에서 방출된 빛은 그림 (가)와 같이 가속도 운동을 하는 우주선 안의 관찰자가 볼 때 휘어져 진행하며, 등가 원리에 의해 (나)와 같이 지구 표면에 정지해 있는 우주선 안의 관찰자가 볼 때도 휘어져 진행한다.



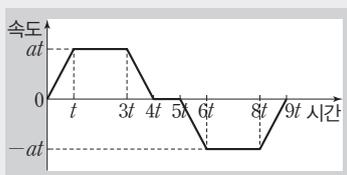
(가) (나)

(2) 관성 질량과 중력 질량

- ① 관성 질량: 운동 법칙  $F = ma$ 의 관계에서 나타나는 질량
- ② 중력 질량: 중력  $F = G\frac{m_1m_2}{r^2}$ 의 관계에서 나타나는 질량
- ③ 중력 질량과 관성 질량은 같다.

### THE 알기 승강기의 운동 상태에 따른 무게 변화

- 승강기의 속도-시간 그래프(연직 위: +)



- 승강기에 타고 있는 질량  $m$ 인 물체에 작용하는 관성력 및 무게

(중력 가속도의 크기:  $g$ )

운동 구간	0~t	t~3t	3t~4t	4t~5t	5t~6t	6t~8t	8t~9t
가속도	a	0	-a	0	-a	0	a
관성력	-ma	0	ma	0	ma	0	-ma
무게	$m(g+a)$	mg	$m(g-a)$	mg	$m(g-a)$	mg	$m(g+a)$

(3) 일반 상대성 이론

- ① 1915년 아인슈타인은 등가 원리를 바탕으로 새로운 중력 이론인 일반 상대성 이론을 완성하였다.
- ② 시공간의 휘어짐: 질량에 의해 시공간이 휘어진다.
- ③ 시간 지연: 시공간이 많이 휘어질수록 시간이 느리게 간다.
- ④ 중력파: 초신성 폭발과 같은 현상으로 시공간이 요동을 치게 되어 파동의 형태로 퍼져 나가는 것을 중력파라고 한다.

**3 일반 상대성 이론의 증거**

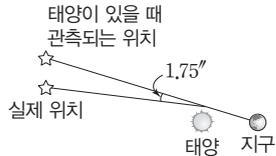
(1) 수성의 세차 운동 설명

- ① 수성의 세차 운동: 뉴턴 중력 법칙을 적용하면 수성의 근일점의 세차 운동의 예측값과 관측값이 100년에 약 43"의 오차가 나타난다.
  - ② 태양의 질량에 의해 시공간이 휘어져 있다는 일반 상대성 이론을 적용하여 오차를 설명할 수 있다.
- (2) GPS 위성의 시간 보정: 지표면보다 위성이 있는 곳의 중력이 작아 시간이 빠르게 가기 때문에 시간의 차이를 보정해 주어야 한다.

(3) 시공간의 휘어짐

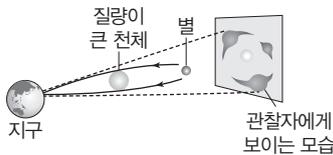
- ① 태양 주위의 시공간이 휘어져 있다면 태양 근처를 지나가는 빛도 휘어진다.

→ 1919년 영국의 과학자 에딩턴은 일식이 일어날 때 태양 주위에서 관측한 별의 위치와 실제 위치가 차이가 있음을 발견하여 일반 상대성 이론의 예측이 옳음을 증명하였다.



- ② 중력 렌즈 효과: 먼 곳에 있는 밝은 별에서 나온 빛이 지구에 도달할 때 중간에 질량이 매우 큰 천체가 있으면 빛이 휘어져 별의 상이 여러 개로 보일 수 있다. 이처럼 중력이 렌즈처럼 빛을 휘게 하는 것을 중력 렌즈라고 한다.

예 아인슈타인의 십자가, 아인슈타인의 고리



**4 블랙홀**

(1) 탈출 속도

- ① 탈출 속도: 물체가 천체의 중력을 벗어나 무한히 먼 곳까지 가기 위한 최소한의 속도
- ② 질량이  $M$ 이고 반지름이  $R$ 인 천체 표면에서의 탈출 속도는  $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$  ( $G$ : 중력 상수)이다.
- ③ 탈출 속도가 빛의 속도보다 큰 천체에서는 빛조차 천체의 중력을 벗어날 수 없다.

(2) 블랙홀

- ① 블랙홀: 질량이 아주 큰 별이 진화의 마지막 단계에서 자체 중력이 매우 커서 스스로 붕괴되어 빛조차도 탈출할 수 없는 천체를 블랙홀이라고 한다.
- ② 사건의 지평선: 중력이 클수록 시간이 느리게 가며, 블랙홀의 어떤 경계에서는 시간이 멈춘 것처럼 보인다.
- ③ 항성의 밀도에 따른 시공간의 휘어짐: 일반 상대성 이론에 따르면 질량이 큰 천체일수록 주변의 시공간을 휘게 하는 정도가 크며, 중력에 의한 수축으로 극도로 밀도가 큰 천체는 시공간을 극단적으로 휘게 만든다.



- ④ 별의 질량에 따른 블랙홀의 형성: 태양 정도의 별이 붕괴하면 백색 왜성이 되고, 별이 핵융합 과정을 끝내고 초신성 폭발 이후 남은 질량이 태양 질량의 1.4배보다 큰 별은 중성자별이 되며, 태양 질량의 3배보다 큰 별은 블랙홀이 될 수 있다.
- ⑤ 블랙홀의 발견: 블랙홀 주변의 물질이 블랙홀로 빨려 들어갈 때 매우 높은 온도로 가열되어 X선을 방출하는데, 이 X선을 관측하여 블랙홀을 발견할 수 있다.

**THE 알기** 탈출 속도

- 천체로부터 무한히 먼 곳에서 물체의 퍼텐셜 에너지  $U=0$
- 반지름이  $R$ , 질량이  $M$ 인 천체의 중심에서  $r$ 만큼 떨어진 곳에 있는 질량이  $m$ 인 물체의 퍼텐셜 에너지  $U = -G\frac{Mm}{r}$
- 천체 중심으로부터  $r$ 만큼 떨어진 곳에서 속력  $v$ 로 운동하는 물체의 역학적 에너지

$$E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{Mm}{r}$$

- 천체 표면에서 속도의 크기  $v_0$ 로 발사된 물체의 역학적 에너지

$$E = K + U = \frac{1}{2}mv_0^2 - G\frac{Mm}{R}$$

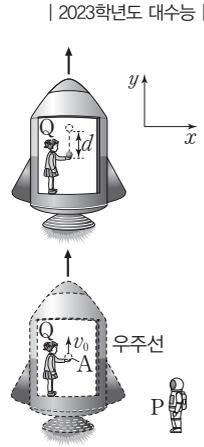
- 물체가 천체로부터 탈출하기 위해서는 무한히 먼 곳에서의 역학적 에너지가  $E \geq 0$ 가 되어야 한다.
- 천체 표면에서 발사된 물체의 역학적 에너지가  $E=0$ 이 되도록 하는 물체의 발사 속도의 크기를 탈출 속도라 한다.
- 탈출 속도( $v_e$ )

$$E = \frac{1}{2}mv_e^2 - G\frac{Mm}{R} = 0, v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

테마 대표 문제

그림과 같이 텅 빈 우주 공간에서 정지한 관찰자 P에 대해 정지해 있던 우주선이  $+y$  방향으로 직선 운동하며, 우주선의 가속도는 일정하다. 우주선에 탄 관찰자 Q는 질량이  $m$ 인 물체 A를 던졌다가 받았다. Q가 관측할 때, A는  $+y$  방향으로  $v_0$ 의 속력으로 던져져 등가속도 직선 운동하여 던진 위치로부터  $d$ 만큼 떨어진 최고점까지 도달했다가 던진 위치로 돌아왔다.

Q가 A를 던진 순간부터 받은 순간까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A의 크기는 무시한다.)



보기

- ㄱ. P가 관측할 때, A는 등속 직선 운동한다.
- ㄴ. Q가 관측할 때, A에 작용하는 관성력의 방향은  $+y$  방향이다.
- ㄷ. Q가 관측할 때, A에 작용하는 관성력의 크기는  $\frac{mv_0^2}{2d}$ 이다.

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

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

텅 빈 우주 공간에서 우주선에 탄 관찰자가 관측할 때, 던져진 물체에 관성력이 한 일의 양과 물체의 운동 에너지 변화량이 같다는 개념을 이용하여 관성력을 구할 수 있다.

▶ 간략 풀이

㉠ P가 관측할 때, 텅 빈 우주 공간에서 A에 작용하는 힘은 0이다. 따라서 P가 관측할 때, A는 등속 직선 운동한다.

✕ Q가 관측할 때, A에 작용하는 관성력의 방향은 A의 가속도 방향과 같다. 따라서 Q가 관측할 때, A에 작용하는 관성력의 방향은  $-y$  방향이다.

㉡ Q가 관측할 때, A에 작용하는 관성력의 크기를  $F$ 라 할 때 A가 던져진 순간부터 최고점에 도달할 때까지 관성력이 한 일은  $-Fd$ 이고, A의 운동 에너지 변화량은  $-\frac{1}{2}mv_0^2$ 이다. 따라서 Q가 관측할 때, A에 작용하는 관성력의 크기  $F$ 는  $\frac{mv_0^2}{2d}$ 이다.

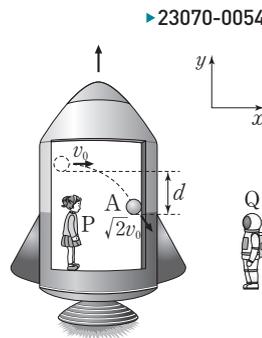
정답 | ③

0 짧은 풀이 문제로 유형 익히기

정답과 해설 12쪽

그림과 같이 텅 빈 우주 공간에서 정지한 관찰자 Q에 대해  $+y$  방향으로 운동하고 있는 우주선에 탄 관찰자 P가 관측할 때, 질량이  $m$ 인 물체 A가 우주선의 벽면에 대해 수직으로  $v_0$ 의 속력으로 던져져 포물선 경로를 따라 운동한 후 반대쪽 벽면에  $\sqrt{2}v_0$ 의 속력으로 도달한다. P가 관측할 때, A가 던져진 순간부터 반대쪽 벽면에 도달할 때까지 A의 변위의  $y$ 축 방향 성분의 크기는  $d$ 이다.

A가 던져진 순간부터 반대쪽 벽면에 도달할 때까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A의 크기는 무시한다.)



보기

- ㄱ. Q가 관측할 때, A는 직선 경로를 따라 운동한다.
- ㄴ. P가 관측할 때, A에 작용하는 관성력의 크기는  $\frac{mv_0^2}{2d}$ 이다.
- ㄷ. P가 관측할 때, A의 변위의  $x$ 축 방향 성분의 크기는  $2d$ 이다.

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

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

가속 좌표계를 다루고 있는 점은 유사하나 가속 좌표계의 가속도 방향과 물체의 운동 방향이 나란하지 않다는 점에 차이가 있다.

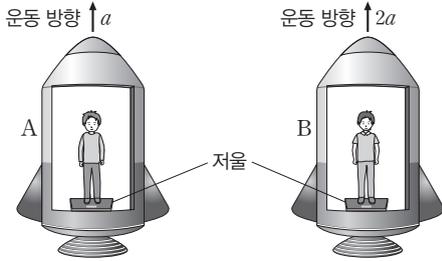
▶ 배경 지식

정지한 물체에 일정한 힘이 작용하여 이동 거리가  $d$ 가 되는 순간 물체의 속도의 크기가  $v_0$ 일 때, 물체의 가속도의 크기는  $\frac{v_0^2}{2d}$ 이다.

01

▶23070-0055

그림과 같이 텅 빈 우주 공간에서 질량이 같은 학생이 탑승한 우주선 A, B가 등가속도 직선 운동을 하고 있다. A와 B의 가속도의 크기는 각각  $a, 2a$ 이고, 가속도의 방향은 운동 방향과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

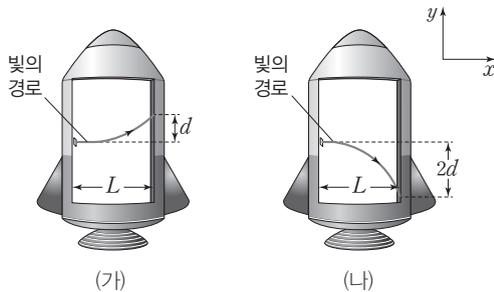
- ㄱ. 우주선 안에서 학생이 경험하는 관성력의 방향은 운동 방향과 반대이다.
- ㄴ. 우주선 안에서 저울로 측정한 학생의 무게는 A에서가 B에서의  $\frac{1}{2}$ 배이다.
- ㄷ. 우주선 안에서 가만히 놓은 물체의 우주선 바닥에 대한 가속도의 크기는 A에서가 B에서의 2배이다.

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

02

▶23070-0056

그림 (가)와 (나)는 텅 빈 우주 공간에서  $y$ 축과 나란한 방향으로 등가속도로 운동하고 있는 우주선 내부에 있는 사람이 관측할 때  $y$ 축 방향과 나란한 한쪽 벽면에서 벽면에 수직으로 발사한 빛이  $L$ 만큼 떨어져 있는 반대쪽 벽면에 도달할 때까지의 빛의 경로를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 빛이 발사된 직후부터 반대쪽 벽면에 도달할 때까지 빛이 이동한  $y$ 축 방향의 변위의 크기는 각각  $d, 2d$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

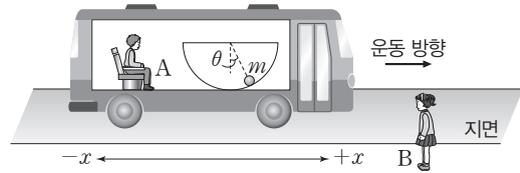
- ㄱ. 우주선의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄴ. (가)의 우주선 안에 있는 사람이 물체를 가만히 놓았을 때, 물체의 가속도 방향은  $+y$ 방향이다.
- ㄷ. (나)에서 우주선의 가속도 방향은  $+y$ 방향이다.

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

03

▶23070-0057

그림은 수평한 지면에 대해 크기가  $g$ 인 일정한 가속도로  $+x$ 방향으로 운동하고 있는 버스를 나타낸 것으로, 지면 위에 정지해 있는 사람 B가 관측하였을 때 버스에 고정된 반구 안에 놓인 질량이  $m$ 인 구슬이 반구의 중심으로부터 연직선과 이루는 각도가  $\theta$ 인 직선과 일치하는 위치에 정지해 있다. 사람 A는 버스에 대해 정지 상태이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 반구와 구슬 사이의 마찰은 무시하고, B의 좌표계에서 중력 가속도는  $g$ 이다.)

보기

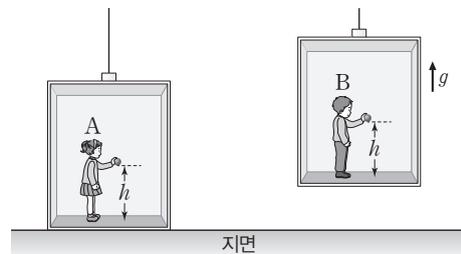
- ㄱ. A의 좌표계에서 구슬의 가속도 방향은  $+x$ 방향이다.
- ㄴ. B의 좌표계에서 버스의 가속도 방향은  $-x$ 방향이다.
- ㄷ. 반구가 구슬에 작용하는 힘의 크기는  $2mg$ 이다.

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

04

▶23070-0058

그림은 지면에 정지해 있는 승강기 안에 있는 사람 A가 관측할 때 사람 B가 타고 있는 승강기가 연직 위 방향이고 크기가  $g$ 인 일정한 가속도로 운동하고 있는 것을 나타낸 것이다.



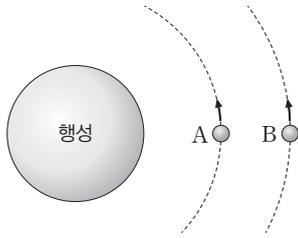
A와 B가 승강기의 바닥으로부터 높이  $h$ 인 곳에서 들고 있던 공을 정지 상태로 가만히 놓았을 때, 승강기 바닥에 도달하는 데 걸린 시간은 각각  $t_A, t_B$ 이다.  $t_A : t_B$ 는? (단, 공기 저항은 무시하고, 중력 가속도는  $g$ 이다.)

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

05

▶23070-0059

그림은 행성 주위를 원운동 하고 있는 위성 A와 B를 나타낸 것이다. 행성으로부터 위성까지의 거리는 A가 B보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

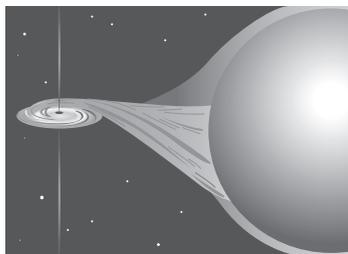
- ㄱ. 속도의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 일반 상대성 이론에 의한 시간은 A에서가 B에서보다 빠르게 간다.
- ㄷ. 행성에 의한 시공간의 휘어짐은 A가 있는 곳이 B가 있는 곳보다 작다.

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

06

▶23070-0060

그림은 별을 빨아들이며 X선을 방출하고 있는 블랙홀의 모습이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 블랙홀 주변 시공간은 휘어져 있다.
- ㄴ. 블랙홀에 가까울수록 시공간의 휘어짐은 감소한다.
- ㄷ. 블랙홀에 가까이 갈수록 시간은 느리게 간다.

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

07

▶23070-0061

질량이 각각  $M$ ,  $2M$ 이고 반지름이 같은 행성 A, B가 있다. A와 B의 표면에서의 물리량에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

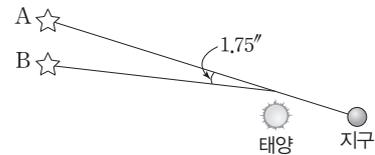
- ㄱ. 시간은 A에서가 B에서보다 빠르게 간다.
- ㄴ. 탈출 속도의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄷ. 시공간의 휘어짐은 A에서가 B에서보다 크다.

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

08

▶23070-0062

그림은 영국의 과학자 에딩턴이 일식이 일어날 때 태양 주위에서 관측한 별의 위치와 실제 위치가 차이가 있음을 발견한 내용을 나타내는 모식도이다. A와 B 두 개 중 하나는 관측한 별의 위치이고, 나머지는 별의 실제 위치이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. A는 태양이 없을 때 별의 관측 위치이다.
- ㄴ. 관측 결과는 일반 상대성 이론으로 예측할 수 있다.
- ㄷ. 별에서 나온 빛의 진행 경로가 휘어진 정도는 태양에 가까울수록 증가한다.

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

01

▶23070-0063

그림은 지구 주위를 원운동 하고 있는 GPS 위성 A와 정지 위성 B를 나타낸 것이다. 지구 중심으로부터 위성까지의 거리는 A가 B보다 작다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

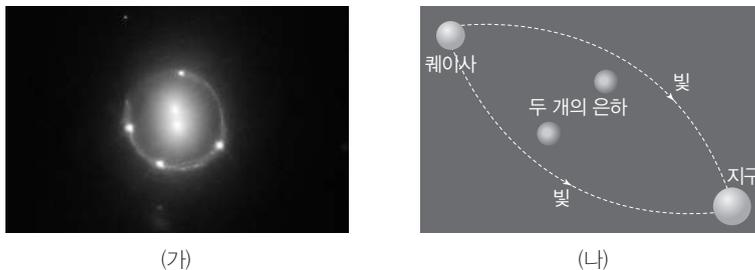
- ㄱ. 가속도의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 일반 상대성 이론에 의한 시간은 A에서가 B에서보다 빠르게 간다.
- ㄷ. A가 지구 주위를 한 바퀴 도는 데 걸린 시간은 지구 자전 주기보다 크다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▶23070-0064

그림 (가)는 허블 망원경이 찍은 천체 사진을 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 현상을 설명하기 위해 모식적으로 나타낸 것이다. (가)에는 중앙에 2개의 밝은 점이 있고, 원형의 고리에는 4개의 밝은 점이 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

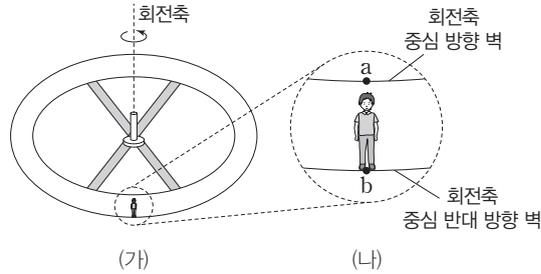
- ㄱ. 2개의 은하에 가까이 갈수록 시공간의 휘어진 정도는 증가한다.
- ㄴ. (가)의 원형 고리에 있는 4개의 점은 하나의 퀘이사에서 나온 빛이다.
- ㄷ. 2개의 은하의 질량만 증가하면 (가)의 원형 고리의 반지름은 증가한다.

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

03

▶ 23070-0065

그림 (가)는 텅 빈 우주 공간에서 회전축을 중심으로 일정한 각속도로 회전하고 있는 원형 도넛 모양의 미래의 우주 도시를 나타낸 것이고, (나)는 우주 도시에서 사람이 사는 공간을 나타낸 것으로 a, b는 각각 회전축 중심 방향과 회전축 중심 반대 방향 벽에 있는 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

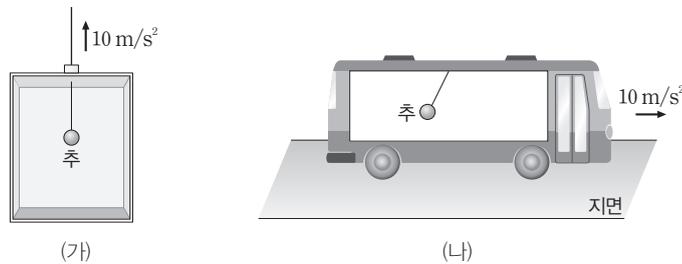
- ㄱ. (나)에서 사람에게 작용하는 관성력의 방향은 회전축에서 멀어지는 방향이다.
- ㄴ. (가)에서 우주 도시의 각속도가 증가하면 우주 도시의 사람이 사는 공간에서 경험하는 중력의 크기가 증가한다.
- ㄷ. (나)에서 a, b에 동일한 질량의 물체를 놓았을 때 물체에 작용하는 관성력의 크기는 a에서가 b에서보다 크다.

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

04

▶ 23070-0066

그림 (가)는 지면 근처에서 연직 위 방향이고 크기가  $10 \text{ m/s}^2$ 인 일정한 가속도로 운동하는 승강기를 나타낸 것이고, (나)는 수평한 지면과 나란한 방향으로 크기가  $10 \text{ m/s}^2$ 인 일정한 가속도로 운동하고 있는 버스를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 질량을 무시할 수 있는 실에 질량이 같은 추가 매달려 있고, 실이 연직선과 이루는 각은 일정하게 유지된다.



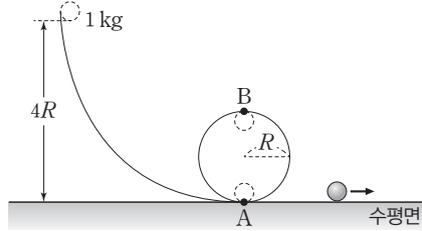
(가)와 (나)에서 실이 추를 당기는 힘의 크기를 각각  $T_{(가)}$ ,  $T_{(나)}$ 라 할 때,  $T_{(가)} : T_{(나)}$ 는? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이다.)

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

05

▶23070-0067

그림은 수평면으로부터 높이  $4R$ 인 위치에서 정지 상태로 가만히 놓은 질량이  $1\text{ kg}$ 인 물체가 곡선 경로의 레일과 반지름이  $R$ 인 원형 경로의 레일 위의 점 A, B를 순서대로 지나 수평면에서 운동하고 있는 것을 나타낸 것이다. A, B는 각각 원형 레일의 가장 낮은 지점과 가장 높은 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10\text{ m/s}^2$ 이고, 공기 저항, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

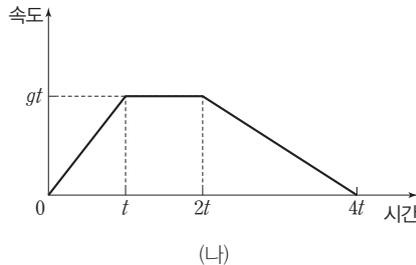
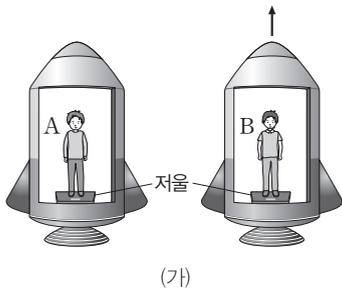
- ㄱ. 물체에 고정된 좌표계에서 물체에 작용하는 관성력의 방향은 A에서와 B에서가 서로 반대이다.
- ㄴ. 물체에 고정된 좌표계에서 물체에 작용하는 관성력의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.
- ㄷ. 레일이 물체에 작용하는 힘의 크기는 A에서가 B에서의 2배이다.

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

06

▶23070-0068

그림 (가)는 질량이  $m$ 으로 같은 두 사람 A, B가 각자의 우주선에 타고 있는 것을 나타낸 것으로 저울이 A에 작용하는 힘의 크기는  $mg$ 이다. 그림 (나)는 A의 좌표계에서 본 B가 타고 있는 우주선의 속도를 시간에 따라 나타낸 것으로  $t$ 일 때 우주선의 운동 방향은 화살표 방향이다.



$0\sim t$ 일 때와  $2t\sim 4t$ 일 때 저울이 B에 작용하는 힘의 크기는 각각  $F_{0\sim t}$ ,  $F_{2t\sim 4t}$ 이다.  $F_{0\sim t} : F_{2t\sim 4t}$ 는?

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

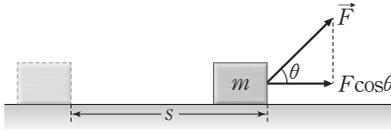
# 05

## 일과 에너지

### 1 일과 운동 에너지

(1) 일: 물체가 일직선을 따라 거리  $s$ 만큼 움직이는 동안 크기가  $F$ 인 일정한 힘을 운동 방향과  $\theta$ 의 각을 이루며 물체에 작용했을 때, 그 힘이 물체에 한 일  $W$ 는 다음과 같다.

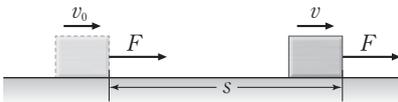
$$W = F s \cos\theta \quad [\text{단위: N} \cdot \text{m} = \text{J}(\text{줄})]$$



(2) 일·운동 에너지 정리

① 일·운동 에너지 정리: 질량  $m$ 인 물체에 일정한 알짜힘(합력)  $F$ 를 작용하여 거리  $s$ 만큼 이동시킬 때, 알짜힘(합력)  $F$ 가 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량( $\Delta E_k$ )과 같다. 이를 일·운동 에너지 정리라고 한다.

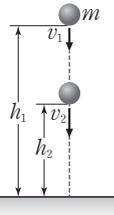
$$W = F s = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = \Delta E_k$$



② 물체에 작용한 알짜힘(합력)의 방향이 물체의 운동 방향과 같으면 물체의 운동 에너지는 증가하고, 알짜힘의 방향이 물체의 운동 방향과 반대이면 물체의 운동 에너지는 감소한다.

③ 자유 낙하 하는 물체에 중력이 한 일: 자유 낙하 하는 물체의 높이가  $h_1, h_2$ 일 때 속력을 각각  $v_1, v_2$ 라고 하면, 중력이 한 일과 운동 에너지의 관계는 다음과 같다.

$$W = mg(h_1 - h_2) = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = \Delta E_k$$



④ 마찰력이 물체에 한 일: 수평면에서 속도  $v_0$ 로 운동하던 질량  $m$ 인 물체에 크기가  $f$ 로 일정한 마찰력이 작용하여 물체가 거리  $s$ 만큼 이동한 순간 물체의 속력이  $v$ 가 되었을 때, 마찰력이 한 일과 운동 에너지의 관계는 다음과 같다.

$$W = -f s = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = \Delta E_k \quad (v < v_0, \Delta E_k < 0)$$

### 2 포물선 운동과 역학적 에너지

공기 저항을 무시하고 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지를 0이라 할 때, 수평면에서 수평면과  $\theta$ 의 각을 이루는 방향으로 속도  $\vec{v}_0$ 로 비스듬히 던진 질량이  $m$ 인 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

(1) 물체가 던져진 수평면에서 물체의 역학적 에너지

① 중력 퍼텐셜 에너지: 0

② 운동 에너지:  $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m (v_{0x}^2 + v_{0y}^2)$

③ 역학적 에너지:  $E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m (v_{0x}^2 + v_{0y}^2)$

(2) 임의의 시간  $t$ 에서 물체의 역학적 에너지

① 중력 퍼텐셜 에너지:  $mg(v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2)$

② 운동 에너지:  $\frac{1}{2} m \{v_{0x}^2 + (v_{0y} - gt)^2\}$

③ 역학적 에너지:  $mg(v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2) + \frac{1}{2} m \{v_{0x}^2 + (v_{0y} - gt)^2\}$   
 $= \frac{1}{2} m (v_{0x}^2 + v_{0y}^2) = E_0$

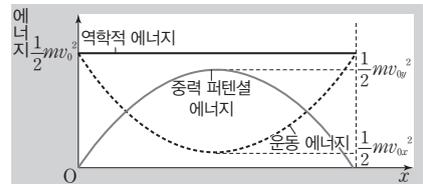
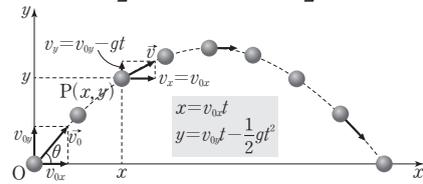
➔ 포물선 운동에서 역학적 에너지는 보존된다.

(3) 임의의 높이  $y$ 에서 물체의 역학적 에너지

$$E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v^2 + mgy = \frac{1}{2} m (v_{0x}^2 + v_y^2) + mgy$$

(4) 최고 높이  $H$ 에서 물체의 역학적 에너지

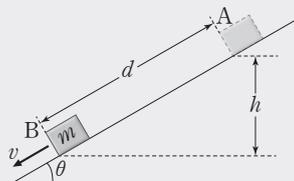
$$E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 = mgH + \frac{1}{2} m v_{0x}^2$$



▲ 비스듬히 던진 물체의 역학적 에너지

### THE 알기 마찰이 있는 빗면에서 중력, 수직 항력, 마찰력이 운동하는 물체에 한 일

경사각이  $\theta$ 인 빗면에서 정지 상태로 가만히 놓은 질량  $m$ 인 물체가 빗면을 따라 A에서 B까지 거리  $d$ 만큼 내려가는 동안 물체의 높이는  $h$ 만큼 감소한다. (중력 가속도의 크기:  $g$ )



• 물체에 작용하는 각각의 힘이 물체에 한 일

힘의 종류	힘의 크기	힘의 방향으로 변위의 크기	힘이 물체에 한 일
중력	$mg$	$h (= d \sin\theta)$	$mgh$
수직 항력	$mg \cos\theta$	0	0
마찰력	$f$	$d$	$-fd$

• 물체가  $d$ 만큼 내려가는 동안 운동 에너지의 변화량은 물체에 작용한 알짜힘이 한 일과 같다. ➔  $\frac{1}{2} m v^2 = mgh - fd = (mg \sin\theta - f)d$

**3 단진자와 역학적 에너지**

(1) 단진자 운동과 역학적 에너지: 질량을 무시할 수 있는 줄에 작은 물체를 매달아 작은 진폭에서 놓으면 물체는 연직면에서 왕복 운동하는데, 이를 단진자 운동이라고 한다.

① 역학적 에너지 보존

• 진자가 출발점에서 진동의 중심을 향해 운동할 때

→ 중력 퍼텐셜 에너지 감소량 = 운동 에너지 증가량

• 진동의 중심을 지나 위로 운동할 때

→ 운동 에너지 감소량 = 중력 퍼텐셜 에너지 증가량

② 진동의 중심(최저점): 복원력과 접선 방향으로의 가속도가 0이고, 속력은 최대이다. 운동 에너지는 최대이고 중력 퍼텐셜 에너지는 최소이다.

③ 진동의 양 끝(최고점): 복원력과 접선 방향으로의 가속도의 크기가 최대이고, 속력은 0이다. 운동 에너지는 0이고, 중력 퍼텐셜 에너지는 최대이다.

(2) 단진자의 주기

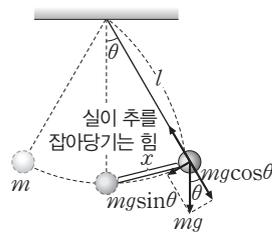
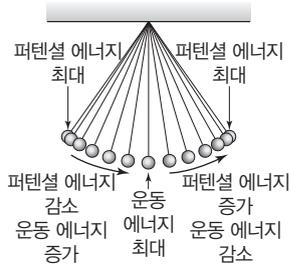
① 추에 작용하는 접선 방향의 힘( $\theta$ 는 매우 작다.)

$$\rightarrow F = -mgsin\theta = -\frac{mg}{l}x$$

② 진자의 주기

$$\rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

③ 진자의 등시성: 단진자의 주기는 추의 질량에 관계없이 진자의 길이에만 관계된다.



**4 열과 일의 전환**

(1) 온도와 열

① 온도: 물체의 차고 따뜻한 정도를 수치로 나타낸 물리량

• 물체를 구성하고 있는 분자들의 평균 운동 에너지가 클수록 물체의 온도가 높다.

② 열: 에너지의 한 형태로, 물체 사이의 온도 차에 의해 이동하는 에너지

• 열은 자연적으로 고온에서 저온으로 이동한다.  
• 열량의 단위는 kcal 또는 J을 사용한다.

③ 비열과 열용량

- 비열( $c$ ): 어떤 물질 1kg의 온도를 1K 높이는 데 필요한 열에너지(단위: J/kg·K, J/kg·°C, kcal/kg·K, kcal/kg·°C)
- 열용량( $C$ ): 어떤 물체의 온도를 1K 높이는 데 필요한 열에너지(단위: J/K, J/°C, kcal/K, kcal/°C)

④ 열평형

- 열평형 상태: 온도가 서로 다른 물체 A, B를 접촉시켜 놓았을 때, 시간이 지나 A, B의 온도가 같아진 상태
- 열량 보존 법칙: 열평형 상태에 도달할 때까지 고온의 물체가 잃은 열량은 저온의 물체가 얻은 열량과 같다.

(2) 열과 일의 전환

① 열이 일로 전환되는 예

- 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물속에 넣으면 탁구공이 원래 모양으로 퍼진다.
- 증기 기관, 자동차, 제트기의 엔진과 같은 열기관

② 일이 열로 전환되는 예

- 사포로 물체를 문지를 때 열이 발생한다.
- 모래가 들어 있는 통을 여러 번 흔들면 모래의 온도가 올라간다.

(3) 열역학 제1법칙

① 내부 에너지( $U$ ): 물체를 구성하는 입자들의 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지의 총합

② 열역학 제1법칙: 외부에서 계에 가해 준 열량( $Q$ )은 계의 내부 에너지의 변화량( $\Delta U$ )과 계가 외부에 해 준 일( $W$ )의 합과 같다.

$$Q = \Delta U + W$$

**5 열의 일당량**

(1) 줄의 실험 장치: 영국의 물리학자인 줄(Joule)은 단열된 용기에 있는 물에 역학적으로 일을 해 주었을 때 물의 온도가 변하는 것을 보여줌으로써 열이 에너지의 한 형태라는 것을 증명하였다.

(2) 열의 일당량( $J$ ): 추가 낙하하는 동안 중력이 추에 한 일  $W$ 가 모두 열량계에서 회전 날개와 물의 마찰로 발생한 열량  $Q$ 로 전환될 때 다음 관계가 성립한다.

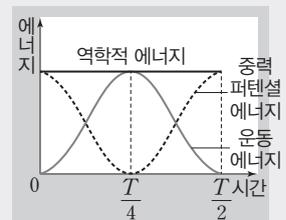
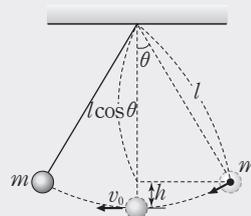
$$W = JQ$$

→ 비례 상수  $J$ 를 열의 일당량이라고 한다.

$$J = 4.2 \times 10^3 \text{ J/kcal}$$

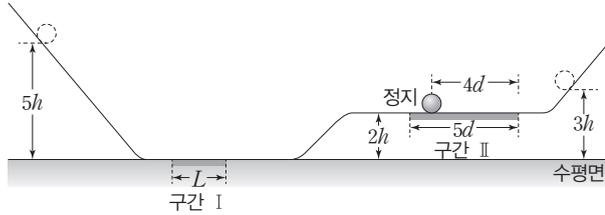
**THE 알기** 단진자와 역학적 에너지

- 최저점에서 중력 퍼텐셜 에너지: 0
- 최저점에서 운동 에너지:  $\frac{1}{2}mv_0^2$
- 최고점에서 중력 퍼텐셜 에너지:  $mgh = mgl(1 - \cos\theta)$
- 최고점에서 운동 에너지: 0
- 역학적 에너지 보존:  $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgl(1 - \cos\theta)$
- 최저점에서 속력:  $v_0 = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta)}$



▲ 단진자와 역학적 에너지

그림과 같이 높이  $5h$ 인 점에서 가만히 놓은 물체가 궤도를 따라 운동하여 수평 구간 I, II를 지나 높이  $3h$ 인 지점에서 속력이 0이 된 후, 다시 내려와 II에서  $4d$ 만큼 이동하여 정지하였다. I과 II의 길이는 각각  $L$ ,  $5d$ 이고, 높이차는  $2h$ 이다. I, II에서 물체가 운동하는 동안 물체에 크기가  $F_0$ 인 일정한 힘이 운동 방향과 반대 방향으로 작용한다.



$L$ 은? (단, 물체는 동일 연직면에서 운동하고, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

$F_0$ 이 물체에 한 일은 물체의 역학적 에너지 변화량과 같다는 개념을 이용하여 푼다.

▶ 간략 풀이

높이  $5h$ 인 점에서 가만히 놓은 물체가  $3h$ 인 지점에 도달할 때까지 잃은 역학적 에너지는 다음과 같다.

$$F_0L + 5F_0d = 2mgh \dots ①$$

높이  $3h$ 인 점에서 정지할 때까지 잃은 역학적 에너지는 다음과 같다.

$$4F_0d = mgh \dots ②$$

①식과 ②식으로부터  $L = 3d$ 이다.

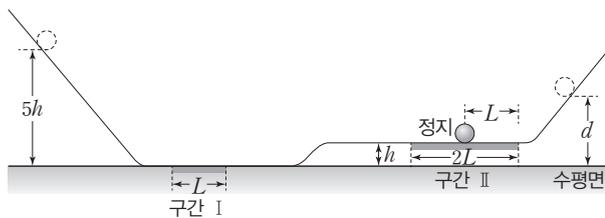
정답 | ④

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 14쪽

▶ 23070-0069

그림과 같이 높이  $5h$ 인 점에서 가만히 놓은 물체가 궤도를 따라 운동하여 수평 구간 I, II를 지나 높이  $d$ 인 지점에서 속력이 0이 된 후, 다시 내려와 II에서  $L$ 만큼 이동하여 정지하였다. I과 II의 길이는 각각  $L$ ,  $2L$ 이고, 높이차는  $h$ 이다. I, II에서 물체가 운동하는 동안 물체에 크기가  $F_0$ 인 일정한 힘이 운동 방향과 반대 방향으로 작용한다.



$d$ 는? (단, 물체는 동일 연직면에서 운동하고, 물체의 크기, 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

일·에너지 정리를 이용하여 문제를 푸는 것은 유사하나 빗면에서 놓은 물체가 반대쪽 빗면으로 올라간 최고점의 높이를 구하는 것이 다르다.

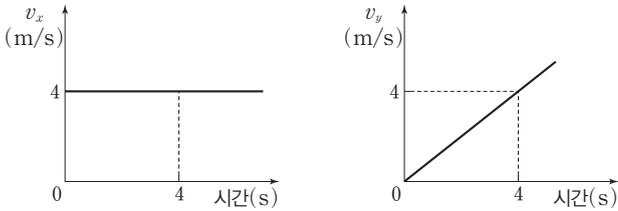
▶ 배경 지식

알짜힘의 방향이 운동 방향과 반대이면 알짜힘이 물체에 한 일은 운동 에너지 감소량과 같다.

01

▶23070-0070

그림은  $xy$  평면에서 운동하는 질량이 2 kg인 물체의 속도의  $x$  성분  $v_x$ 와  $y$  성분  $v_y$ 를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

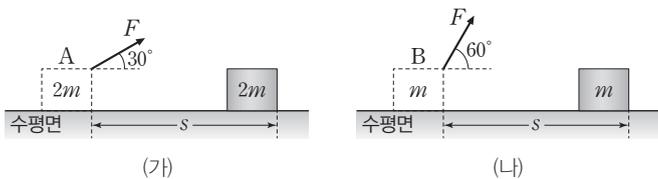
- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 2 N이다.
- ㄴ. 4초일 때 물체의 운동 에너지는 32 J이다.
- ㄷ. 0초부터 4초까지 알짜힘이 물체에 한 일은 32 J이다.

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

02

▶23070-0071

그림 (가), (나)와 같이 마찰이 없는 수평면에 정지 상태로 놓인 물체 A, B에 크기가  $F$ 인 일정한 힘이 수평면에 대해 각각  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ 로 작용하여 A, B가 거리  $s$ 만큼 이동하였다. A와 B의 질량은 각각  $2m$ ,  $m$ 이고 운동 방향은 수평 방향이다.



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

보기

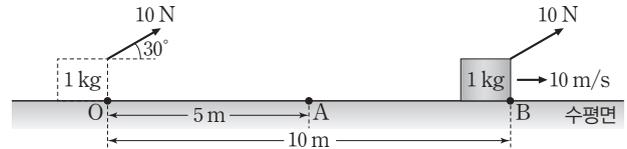
- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 A가 B의  $\sqrt{3}$ 배이다.
- ㄴ. 정지 상태에서  $s$ 만큼 이동하였을 때 물체의 운동 에너지는 A가 B의  $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 배이다.
- ㄷ. 정지 상태에서  $s$ 만큼 이동하였을 때 물체의 속도의 크기는 A가 B의  $\sqrt{3}$ 배이다.

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

03

▶23070-0072

그림은 일정한 크기의 마찰력이 작용하는 수평면의 점 O에 정지해 있던 질량이 1 kg인 물체에 크기가 10 N인 일정한 힘이 수평면에 대해  $30^\circ$ 의 각을 이루며 작용하고 있는 것을 나타낸 것이다. 수평면의 점 A, B는 O로부터 거리가 각각 5 m, 10 m인 지점이다.



B에서 물체의 속도의 크기가 10 m/s일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기 저항은 무시한다.)

보기

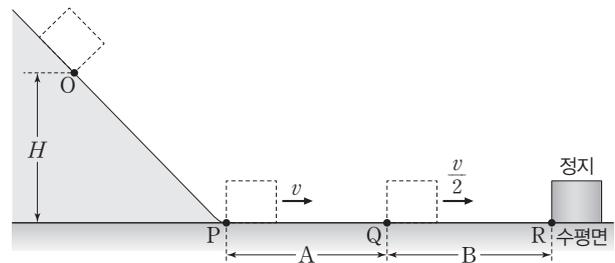
- ㄱ. 물체가 운동하는 동안, 물체에 작용하는 마찰력의 크기는 5 N이다.
- ㄴ. A에서 물체의 속도의 크기는 5 m/s이다.
- ㄷ. 물체가 O에서 B까지 이동하는 데 걸린 시간은 2초이다.

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

04

▶23070-0073

그림은 수평면으로부터 높이  $H$ 인 빗면 위의 점 O에서 물체를 가만히 놓았더니 물체가 빗면과 수평면의 경계인 점 P와 구간 A, B를 지나 수평면 위의 점 R에 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 점 Q는 P와 R의 중간 지점이고, P와 Q에서 물체의 속도의 크기는 각각  $v$ ,  $\frac{v}{2}$ 이다. 빗면에는 마찰이 작용하지 않고, A와 B 구간에서 마찰력의 크기는 서로 다르게 작용하며 각 구간에서 마찰력의 크기는 일정하다.



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

보기

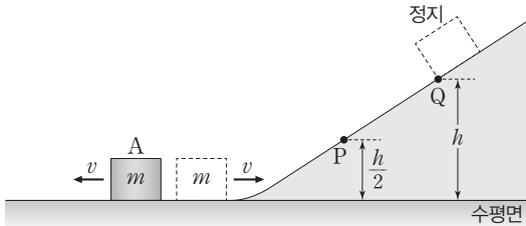
- ㄱ. P에서 물체의 속도의 크기는  $\sqrt{2gH}$ 이다.
- ㄴ. 마찰력이 물체에 한 일은 A에서가 B에서의  $\frac{1}{3}$ 배이다.
- ㄷ. 물체에 작용한 마찰력의 크기는 A에서가 B에서보다 작다.

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

05

▶23070-0074

그림은 수평면에서 크기가  $v$ 인 속도로 운동하던 질량이  $m$ 인 물체 A가 빗면 위의 점 P를 지나 최고점 Q까지 빗면을 따라 올라간 후 되돌아 내려와 수평면에서 크기가  $v$ 인 속도로 운동하고 있는 것을 나타낸 것이다. 수평면으로부터 P, Q의 높이는 각각  $\frac{h}{2}$ ,  $h$ 이다.



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

보기

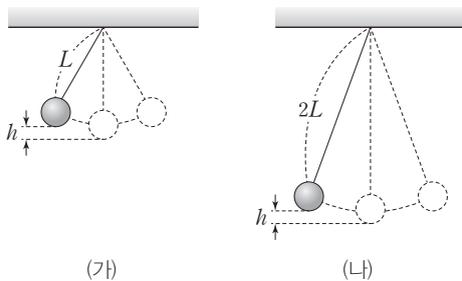
- ㄱ.  $h$ 는  $\frac{v^2}{g}$ 이다.
- ㄴ. P에서 A의 속도의 크기는  $\frac{v}{2}$ 이다.
- ㄷ. A가 Q에서 P까지 내려오는 동안 물체에 작용하는 알짜힘이 물체에 한 일은  $\frac{1}{4}mv^2$ 이다.

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

06

▶23070-0075

그림 (가)와 (나)는 최저점으로부터 높이가  $h$ 인 지점에서 가만히 놓은 길이가 각각  $L$ ,  $2L$ 인 실에 매달린 질량이 같은 추가 단진동 운동하고 있는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)에서 추의 최저점에서의 중력 퍼텐셜 에너지는 각각 0이고, 추의 크기와 실의 질량은 무시한다.)

보기

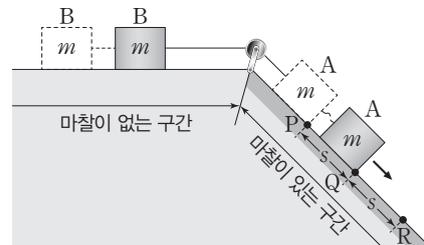
- ㄱ. 진자의 주기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄴ. 추의 역학적 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ㄷ. 최저점에서의 추의 운동 에너지는 (가)와 (나)에서 같다.

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

07

▶23070-0076

그림은 크기가 일정한 마찰력이 작용하는 빗면에 놓인 물체 A가 마찰이 없는 수평면에 놓인 물체 B와 실로 연결되어 운동하고 있는 것을 나타낸 것으로 A는 빗면 위의 점 P에서 정지 상태로 출발하여 빗면 위의 점 Q와 R을 지난다. P, Q, R 사이의 간격은  $s$ 로 같고, A가 Q를 지나는 순간 A와 B를 연결한 실이 끊어졌다. A, B의 질량은  $m$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 크기와 실의 질량, 공기 저항, 도르래의 마찰은 무시한다.)

보기

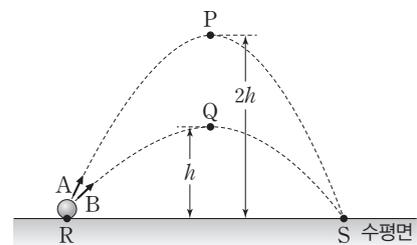
- ㄱ. A가 P와 Q 사이를 운동하는 동안 A와 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 같다.
- ㄴ. A의 가속도의 크기는 Q와 R 사이를 운동할 때가 P와 Q 사이를 운동할 때보다 크다.
- ㄷ. A의 운동 에너지는 R에서가 Q에서의 2배이다.

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

08

▶23070-0077

그림은 수평면의 점 R에서 비스듬히 던진 질량이 같은 물체 A, B가 최고점 높이가 각각  $2h$ ,  $h$ 인 점 P, Q를 지난 후 수평면의 점 S에 도달하는 포물선 경로를 나타낸 것이다.



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

보기

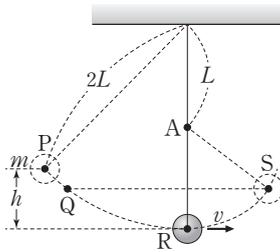
- ㄱ. R에서 S까지 이동하는 데 걸린 시간은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 최고점에서 운동 에너지는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 최고점에서의 역학적 에너지는 A가 B의 2배이다.

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

09

▶23070-0078

그림은 길이가  $2L$ 인 실에 연결된 질량이  $m$ 인 추를 점 P에서 가만히 놓았을 때 추가 최저점인 점 R를 지나고 있는 것을 나타낸 것이다. P에서 출발한 진자는 실이 연직선과 나란해지는 순간부터 점 A에 고정된 못에 의해 실의 길이가  $L$ 인 진자 운동을 한다. P와 R 사이의 높이차는  $h$ 이고 진자의 운동 경로에 있는 점 Q와 S는 같은 높이에 있다.



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

보기

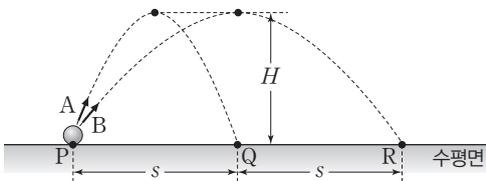
- ㄱ. 추의 역학적 에너지는 P에서가 Q에서보다 크다.
- ㄴ. 추의 속도의 크기는 Q에서와 S에서가 같다.
- ㄷ. R에서 추의 속도의 크기는  $\sqrt{gh}$ 이다.

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

10

▶23070-0079

그림은 수평면의 점 P에서 비스듬히 던진 질량이 같은 물체 A, B가 수평면의 점 Q, R에 도달하는 포물선 경로를 나타낸 것이다. 두 경로의 수평면으로부터 최고점까지의 높이는  $H$ 로 같다. P와 Q 사이의 거리와 Q와 R 사이의 거리는  $s$ 로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 물체가 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B의  $\frac{1}{2}$ 배이다.
- ㄴ. 역학적 에너지는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 최고점에서 운동 에너지는 A가 B의  $\frac{1}{4}$ 배이다.

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

11

▶23070-0080

수평면에 대해 동일한 각도로 비스듬히 던진 물체의 운동 에너지가 각각  $E, 2E$ 인 질량이 같은 물체 A, B가 포물선 경로를 따라 운동한 후 수평면에 도달한다. A와 B의 수평면으로부터 포물선 경로의 최고점까지의 높이가 각각  $H_A, H_B$ 이고, A와 B가 던져진 지점으로부터 수평면에 도달한 지점까지 거리가 각각  $S_A, S_B$ 이다.

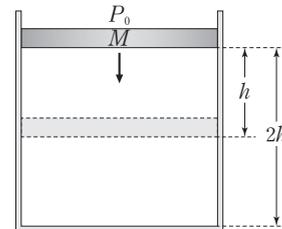
$H_A : H_B$ 와  $S_A : S_B$ 로 옳은 것은?

- |  |                              |                                  |
|--|------------------------------|----------------------------------|
|  | $\frac{H_A : H_B}{\text{①}}$ | $\frac{S_A : S_B}{1 : \sqrt{2}}$ |
|  | $1 : 2$                      | $1 : 2$                          |
|  | $1 : 2$                      | $1 : 4$                          |
|  | $1 : 4$                      | $1 : 2$                          |
|  | $1 : 4$                      | $1 : 4$                          |

12

▶23070-0081

그림은 실린더와 질량이  $M$ 인 피스톤에 의해 밀폐된 공간에 이상 기체가 들어있는 것을 나타낸 것이다. 대기압은  $P_0$ 으로 일정하고 실린더의 바닥으로부터  $2h$  높이에 있던 피스톤은 일정한 속력으로  $h$ 만큼 내려간다.



피스톤이  $h$ 만큼 일정한 속력으로 내려가는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

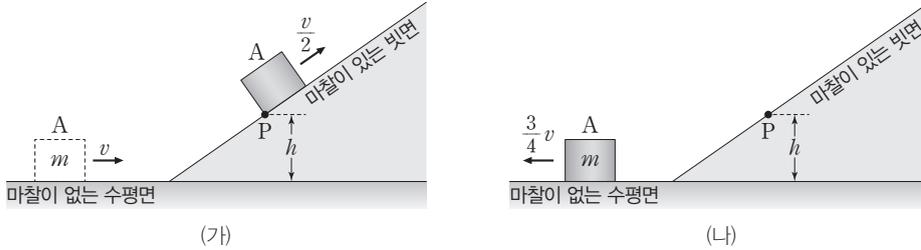
- ㄱ. 피스톤이 기체에 한 일은  $Mgh$ 이다.
- ㄴ. 기체의 내부 에너지는 감소한다.
- ㄷ. 기체로부터 방출된 에너지는  $Mgh$ 이다.

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

01

▶ 23070-0082

그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 크기가  $v$ 인 일정한 속도로 운동하던 물체 A가 일정한 크기의 마찰력이 작용하는 빗면을 따라 운동하고 있는 것을 나타낸 것이고, (나)는 빗면을 따라 올라갔다 내려온 A가 수평면에서 크기가  $\frac{3}{4}v$ 인 일정한 속도로 운동하고 있는 것을 나타낸 것이다. A가 빗면을 올라갈 때 수평면으로부터 높이가  $h$ 인 점 P에서 A의 속도의 크기는  $\frac{v}{2}$ 이다.



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

보기

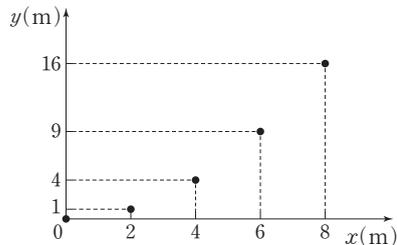
- ㄱ. A가 빗면을 따라 올라간 최고점의 수평면으로부터 높이는  $2h$ 이다.
- ㄴ. A가 빗면을 따라 내려올 때, P에서 A의 속도의 크기는  $\frac{v}{2}$ 보다 작다.
- ㄷ. A가 빗면을 올라가기 시작하여 수평면에 도달할 때까지 마찰력이 A에 한 일은  $\frac{1}{32}mv^2$ 이다.

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

02

▶ 23070-0083

그림은  $xy$  평면에서 등가속도 운동을 하는 질량이 2 kg인 물체가 0초일 때 원점을 지나는 순간부터 물체의 위치를 1초 간격으로 표시한 것이다.



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

보기

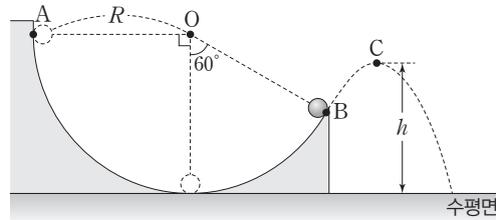
- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘의 방향은  $+y$ 방향이다.
- ㄴ. 속도의 크기는 2초일 때가 4초일 때의  $\frac{1}{2}$ 배이다.
- ㄷ. 0초부터 4초까지 알짜힘이 물체에 한 일은 64 J이다.

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

03

▶23070-0084

그림과 같이 수평면에 놓인 반지름이  $R$ 인 마찰이 없는 호 모양의 경사면 위의 점 A에 물체를 놓았더니 물체가 경사면을 따라 운동한 후, 호의 중심 O로부터 물체에 이은 선이  $60^\circ$ 인 점 B에서 물체가 경사면을 벗어나 포물선 경로를 따라 운동하였다. 경사면의 최저점은 수평면의 높이와 같고 A는 수평면으로부터 높이가  $R$ 이며, 물체가 지나간 경로는 동일 연직면에 있다. 포물선 경로의 점 C는 물체가 지나는 포물선 경로에서 가장 높은 곳이다.



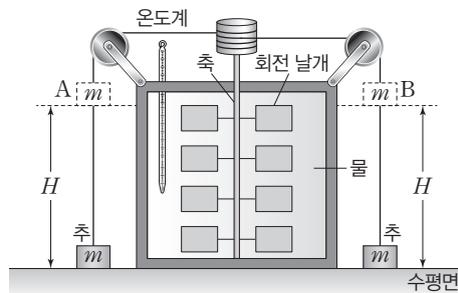
수평면으로부터 C까지의 높이  $h$ 는? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.)

- ①  $\frac{5}{8}R$
- ②  $\frac{11}{16}R$
- ③  $\frac{6}{8}R$
- ④  $\frac{13}{16}R$
- ⑤  $\frac{7}{8}R$

04

▶23070-0085

그림은 질량  $m$ 인 2개의 추 A, B가 낙하하면서 물이 담긴 단열 용기 안의 회전 날개를 회전시켜 물의 온도 변화를 측정하는 장치이다. A와 B를 수평면으로부터 높이  $H$ 인 지점에서 동시에 가만히 놓았더니 A와 B가 일정한 속력으로 서서히 운동하여 수평면에 동시에 도달하였다.



추가 출발하여 수평면에 도달할 때까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ , 열의 일당량은  $J$ 이고, 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 모두 물의 온도 변화에만 사용된다.)

보기

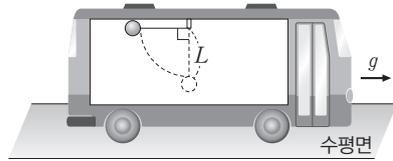
- ㄱ. A에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ. 중력이 B에 한 일은  $mgH$ 이다.
- ㄷ. 물이 얻은 열량은  $\frac{2mgH}{J}$ 이다.

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

05

▶ 23070-0086

그림은 수평면에서 크기가  $g$ 인 일정한 가속도로 운동하는 버스 안에서 길이가  $L$ 인 실에 매달린 추를 실이 수평면과 나란한 상태로 가만히 놓았을 때 추가 진동하고 있는 모습을 나타낸 것이다.



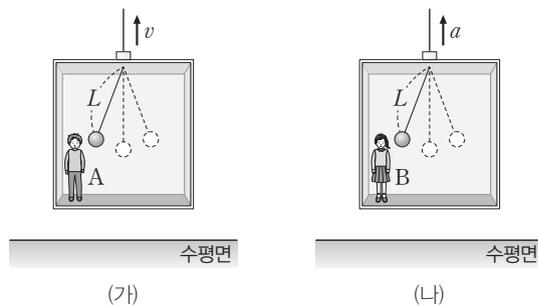
버스 바닥면에 대한 추의 속력의 최댓값은? (단, 수평면에서 중력 가속도는  $g$ 이고, 추의 크기는 무시한다.)

- ①  $\sqrt{2gL}$
- ②  $\sqrt{(2-\sqrt{2})gL}$
- ③  $\sqrt{2\sqrt{2}gL}$
- ④  $\sqrt{(2\sqrt{2}-2)gL}$
- ⑤  $2\sqrt{gL}$

06

▶ 23070-0087

그림 (가)는 크기가  $v$ 인 일정한 속도로, (나)는 크기가  $a$ 인 일정한 가속도로 연직 위로 운동하고 있는 엘리베이터를 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 엘리베이터 바닥면에 사람 A와 B가 정지해 있다. 수평면에 대해 (가)에서 속도의 방향과 (나)에서 가속도의 방향은 모두 연직 위이고, (가)와 (나)에서 진자의 길이는  $L$ 로 같다.



(가)와 (나)에서 진자의 진폭이 같을 때, A와 B가 측정한 진자의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, A와 B 기준에서 추의 엘리베이터 바닥면에 대한 최저점에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.)

**보기**

- ㄱ. 주기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
- ㄴ. 역학적 에너지는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄷ. 최대 운동 에너지는 (나)에서가 (가)에서의  $\frac{g+a}{g}$  배이다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

06

# 전기장과 정전기 유도

## 1 전기장과 전기력선

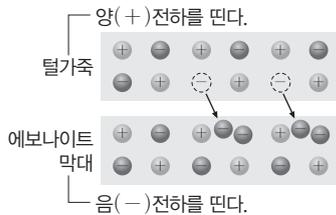
### (1) 쿨롱 법칙

- ① 대전과 대전체: 물체가 전기를 띠는 현상을 대전, 전기를 띤 물체를 대전체라고 한다.
- ② 전하: 모든 전기 현상의 근원을 전하라고 하며, 그 양을 전하량이라고 한다.

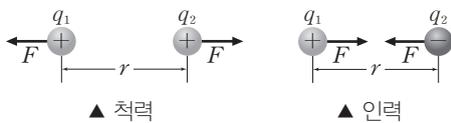
예 기본 전하량( $e$ ):  $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

- ③ 전하의 종류: 양(+), 음(-) 전하
- ④ 마찰 전기: 서로 다른 두 물체의 마찰에 의한 전자의 이동으로 형성된 전기를 마찰 전기라고 한다.

예 털가죽과 에보나이트 막대를 마찰시켰을 때 털가죽은 양(+), 전하를, 에보나이트 막대는 음(-) 전하를 띤다.



- ⑤ 전기력: 전하들 사이에 작용하는 힘을 전기력이라고 한다. 같은 종류의 전하 사이에는 미는 힘(척력), 다른 종류의 전하 사이에는 당기는 힘(인력)이 작용한다.



- ⑥ 쿨롱 법칙: 두 점전하 사이의 전기력의 크기는 각 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하며, 두 전하를 잇는 직선상에서 작용한다. 거리  $r$ 만큼 떨어져 있는 전하량  $q_1, q_2$ 인 두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 이다.  $k$ 는 쿨롱 상수로,  $k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 이다.

- (2) 전기장: 전하 주위에는 전기장이 형성되어 다른 전하에 전기력이 작용한다. 전기장의 세기와 방향은 단위 양전하(+1 C)를 놓아 측정할 수 있다.

- ① 전기장의 세기: 전기장 내의 한 점에 단위 양전하(+1C)를 놓았을 때 이 단위 양전하에 작용하는 전기력의 크기를 그 점에서의 전기장의 세기라 하고, 기호  $E$ 로 표시한다. 전기장의 세기가  $E$ 인 지점에 전하량이  $q$ 인 전하를 놓았을 때 전하에 작용하는 전기력의 크기를  $F$ 라고 하면 전기장의 세기  $E$ 는 다음과 같다.

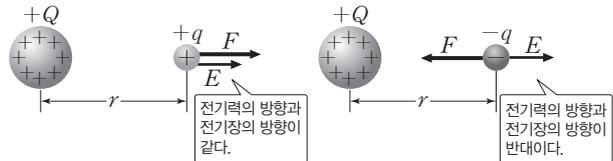
$$E = \frac{F}{q} \quad (\text{단위: N/C})$$

- ② 전기장의 방향: 전기장 내의 한 지점에 놓여 있는 양(+), 전하에 작용하는 전기력의 방향이다.

예 양(+), 전하 주위에서의 전기장의 방향은 양(+), 전하에서 멀어지는 쪽을 향하고, 음(-), 전하 주위에서의 전기장의 방향은 음(-), 전하를 향한다.

- ③ 점전하 주위의 전기장: 전하량이  $Q$ 인 점전하로부터 떨어진 거리가  $r$ 인 곳에서 전하량이  $q$ 인 점전하에 작용하는 전기력의 크기를  $F$ 라 하면 전하량이  $Q$ 인 점전하로부터 떨어진 거리가  $r$ 인 곳에서의 전기장의 세기  $E$ 는 다음과 같다.

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2}$$



### (3) 전기력선

- ① 전기력선: 양(+), 전하에 작용하는 전기력의 방향을 연속적으로 연결한 선이다.

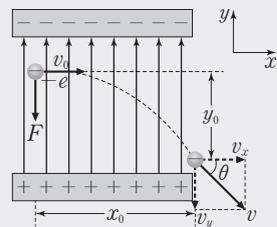
#### ② 전기력선의 특징

- 양(+), 전하에서 나오는 방향, 음(-), 전하로 들어가는 방향이다.
- 서로 교차하거나 분리되거나 끊어지지 않는다.
- 전기력선 위의 한 점에서 그은 접선의 방향이 그 점에서 전기장의 방향이다.
- 전기력선의 밀도(전기장에 수직인 단위 면적을 지나는 전기력선의 수)가 클수록 전기장의 세기가 큰 곳이다.

## THE 알기 균일한 전기장에 수직으로 입사한 전자의 운동

- ① 균일한 전기장에서 운동하는 전자는 전기장의 방향과 반대 방향으로 일정한 크기의 전기력을 받아 등가속도 운동을 한다. 세기가  $E$ 로 균일한 전기장에서 전하량이  $-e$ , 질량이  $m$ 인 전자가 운동할 때 받는 전기력의 크기는  $F = eE = ma$ 이다.
- ② 전자는  $+y$  방향으로 형성된 전기장에 수직인  $x$  방향으로는 전기력을 받지 않으므로 등속도 운동을,  $y$  방향으로는 가속도의 크기가  $\frac{eE}{m}$ 인 등가속도 운동을 한다. 즉, 전자는 포물선 운동을 한다.
- ③  $v_0$ 의 속력으로 전기장에 수직으로 입사한 전자의  $t$ 초 후  $x, y$  방향의 속력과 변위의 크기는 다음과 같다.

$$v_x = v_0, v_y = at = \frac{eEt}{m}, x_0 = v_0 t, y_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{eE}{m} \right) t^2$$



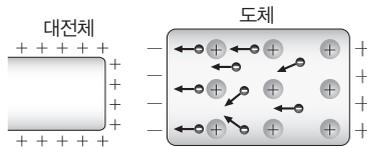
## 2 정전기 유도과 유전 분극

### (1) 도체와 절연체

- ① 도체: 비저항이 작아 전류가 잘 흐르는 물질을 도체라고 한다.
- 예) 구리, 알루미늄, 금과 같은 금속, 탄소 막대, 전해질 수용액 등
- 도체 내부에서 전기장은 0이다.
  - 도체가 대전되면 전하는 표면에만 분포한다.
  - 도체에는 특정 원자에 속박되지 않고 여러 원자 사이를 자유롭게 이동할 수 있는 자유 전자가 많다.
- ② 절연체: 비저항이 커서 전류가 잘 흐르지 못하는 물질을 절연체 또는 부도체라고 한다.
- 예) 유리, 종이, 고무, 나무, 순수한 물(중성수) 등
- 절연체의 전자들은 대부분 원자에 구속되어 있으며, 자유 전자가 없다.
  - 절연체에도 열 또는 강한 전기장을 가하거나 불순물을 첨가하면 전류를 흐르게 할 수 있다.

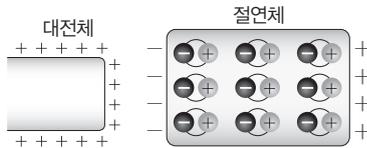
### (2) 정전기 유도와 유전 분극

- ① 도체에서의 정전기 유도: 대전되지 않은 도체에 대전체를 가까이 하면 도체 내의 자유 전자가 이동하여 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가, 먼 쪽에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도되는 현상이다.



▲ 도체에서의 정전기 유도

- ② 절연체에서의 정전기 유도(유전 분극): 절연체 내부에는 자유 전자가 없기 때문에 도체와 같은 전자의 이동에 의한 정전기 유도 현상은 일어나지 않지만 분자나 원자 내부에서 전기력에 의하여 분극이 일어난다. 따라서 절연체에 대전체를 가까이 하면 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가, 먼 쪽에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다.

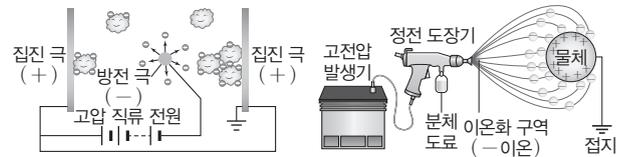


▲ 절연체에서의 정전기 유도(유전 분극)

- (3) 검전기: 도체에서의 정전기 유도 현상을 이용하여 대전 유무, 대전된 전하량의 대소 관계, 전하의 종류를 알아보는 기구이다.

### (4) 정전기 유도 현상의 이용

- ① 전기 집진기: 먼지 제거 기구이다. 집진기 내에 대전된 극판을 배열시키고 방전 극과 집진 극 사이에 높은 전압을 걸어 주면 방전 극에서 발생한 전자에 의해 먼지가 음(-)전하로 대전되어 (+)극인 집진 극으로 끌려가 모인다.
- ② 정전 도장: 물체를 접시시키고 페인트를 뿌리는 분무 장치에 강한 (-)극을 걸어 페인트 입자를 음(-)전하로 대전시키면 음(-)전하로 대전된 페인트의 정전기 유도 효과로 접지된 물체는 양(+전하로 대전되고 둘 사이에 전기적 인력이 작용하여 페인트가 물체에 달라붙는다.



▲ 전기 집진기

▲ 정전 도장

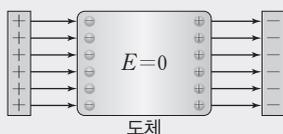
- ③ 음식물 포장 랩: 랩을 분리할 때 대전된 랩이 그릇이나 다른 랩에 유전 분극에 의한 표면 전하를 유도하여 랩끼리 또는 랩과 그릇을 서로 잘 달라붙게 한다.
- ④ 복사기의 복사 원리: 종이에서 반사된 빛이 양(+전하로 대전된 드럼을 비추면 빛이 닿은 부분은 전하를 띠지 않고 빛이 닿지 않은 부분은 그대로 양(+전하를 띤다. 드럼이 회전하면 음(-)전하를 띤 토너가 드럼의 양(+전하로 대전된 부분에 붙는다.

### (5) 방전과 접지

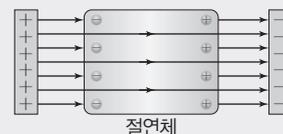
- ① 방전: 대전된 물체가 전하를 잃고 전기적으로 중성이 되거나, 기체 등의 절연체가 전기장으로 인해 절연성을 잃고 전류가 흐르는 현상이다. 번개는 대전된 구름과 지표 사이의 방전 현상이다.
- ② 접지: 감전, 정전기에 의한 화재나 고장 등을 방지할 목적으로 전기 기기를 지면과 도선으로 연결하는 것이다. 접지된 피뢰침을 이용하여 번개에 의한 건물의 피해를 예방하고, 주유기를 접지하여 방전에 의한 화재를 예방한다.

## THE 알기 전기장 영역에서 도체와 절연체 내부의 전기장

전기장에 도체가 놓여 있을 때 도체에서는 정전기 유도가 일어나 외부 전기장과 반대 방향으로 도체 내부에 전기장이 형성된다. 이때 외부 전기장과 내부 전기장의 합이 0이 될 때까지 자유 전자가 이동한다. 따라서 도체 내부의 알짜 전기장은 0이다.



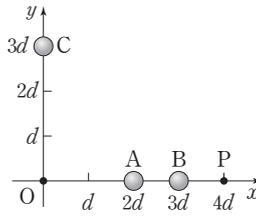
전기장에 절연체가 놓여 있을 때 절연체에서는 유전 분극이 일어나 외부 전기장과 반대 방향으로 절연체 내부에 전기장이 형성된다. 이때 절연체 내부 전기장의 세기는 외부 전기장의 세기보다 작으므로 절연체에서는 내부의 알짜 전기장이 0이 되지는 않는다.



테마 대표 문제

| 2023학년도 대수능 |

그림과 같이 점전하 A, B, C가  $xy$  평면에서 각각  $x$ 축상의  $x=2d$ ,  $x=3d$ 와  $y$ 축상의  $y=3d$ 에 고정되어 있다. 원점 O와  $x$ 축상의  $x=4d$ 인 점 P에서 전기장의 방향은  $+y$ 방향으로 같고, A의 전하량의 크기는  $q$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 음(-)전하이다.
- ㄴ. C의 전하량의 크기는  $\frac{125}{2}q$ 이다.
- ㄷ. 전기장의 세기는 O에서가 P에서의  $\frac{125}{27}$ 배이다.

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

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

O에서 전기장의 방향이  $+y$ 방향이므로 O에서 A, B에 의한 전기장은 0이다.

▶ 간략 풀이

O에서 A, B에 의한 전기장이 0이므로, A, B는 서로 다른 종류의 전하이므로 전하량의 크기는 B가 A의  $\frac{9}{4}$ 배이다.

㉠ O에서 A, B에 의한 전기장은 0이고, P에서 A, B에 의한 전기장의 방향은  $+x$ 방향이므로, A는 음(-)전하이므로 B는 양(+전하)이다.

㉡ C의 전하량의 크기를  $q_c$ 라고 하면 P에서 전기장의  $x$ 성분이 0이므로,

$$-\frac{q}{(2d)^2} + \frac{9q}{4d^2} - \frac{q_c}{(5d)^2} \times \frac{4}{5} = 0$$

에서  $q_c = \frac{125}{2}q$ 이다.

㉢ O와 P에서 전기장의 세기의 비는  $\frac{q_c}{(3d)^2} : \frac{q_c}{(5d)^2} \times \frac{3}{5} = 125 : 27$ 이다. 따라서 전기장의 세기는 O에서가 P에서의  $\frac{125}{27}$ 배이다.

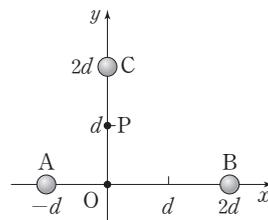
정답 | ⑤

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 18쪽

그림과 같이 점전하 A, B, C가  $xy$  평면에서 각각  $x$ 축상의  $x=-d$ ,  $x=2d$ 와  $y$ 축상의  $y=2d$ 에 고정되어 있다.  $y$ 축상의  $y=d$ 인 점 P에서 전기장은 0이고, A의 전하량은  $+q$ 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

▶ 23070-0088



유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

$xy$  평면에서 세 점전하에 의한 전기장을 다룬다는 점에서 대표 문제와 유사하지만 P에서 전기장이 0인 조건을 이용해 C의 전하량의 크기를 구한다는 점에서 대표 문제와 다르다.

▶ 배경 지식

점전하로부터 거리가 2배가 되면 점전하에 의한 전기장의 세기는  $\frac{1}{4}$ 배가 된다.

보기

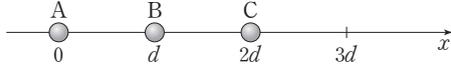
- ㄱ. B는 양(+전하)이다.
- ㄴ. 원점 O에서 전기장의 방향은  $-y$ 방향이다.
- ㄷ. C의 전하량의 크기는  $\frac{3\sqrt{2}}{8}q$ 이다.

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

01

▶23070-0089

그림과 같이  $x$ 축상의  $x=0, x=d, x=2d$ 에 점전하 A, B, C가 고정되어 있다. A에 작용하는 전기력은 0이고,  $x$ 축상의  $x=3d$ 에서 전기장은 0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

보기

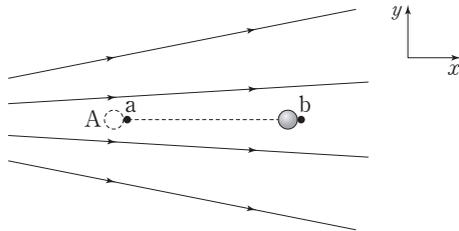
- ㄱ. B와 C는 같은 종류의 전하이다.
- ㄴ. 전하량의 크기는 C가 B의 2배이다.
- ㄷ. 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.

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

02

▶23070-0090

그림은  $xy$  평면에서의 전기력선을 나타낸 것으로 점 a, b는  $xy$  평면상의 점이다. a에 점전하 A를 가만히 놓았더니 A가  $x$ 축과 나란한 직선 경로를 따라 운동하며 b에 도달하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, A에는 전기장에 의한 전기력만 작용한다.)

보기

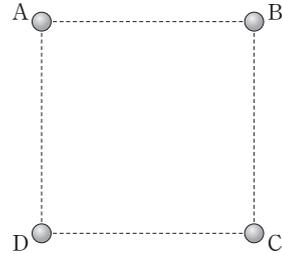
- ㄱ. A는 양(+전하)이다.
- ㄴ. 전기장의 세기는 a에서가 b에서보다 크다.
- ㄷ. A의 가속도의 크기는 b에서가 a에서보다 크다.

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

03

▶23070-0091

그림과 같이 점전하 A, B, C, D가 정사각형의 꼭짓점에 각각 고정되어 있다. C에 작용하는 전기력은 0이다.



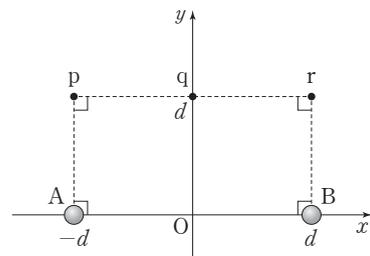
A가 B에 작용하는 전기력의 크기를  $F$ 라 할 때, D가 B에 작용하는 전기력의 크기는?

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

04

▶23070-0092

그림과 같이  $xy$  평면에 점전하 A, B가  $x$ 축상의  $x=-d, x=d$ 인 점에 각각 고정되어 있다. 원점 O와  $y$ 축상의  $y=d$ 인 점 q에서 전기장의 방향은 같다. 점 p, r는  $xy$  평면상의 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

보기

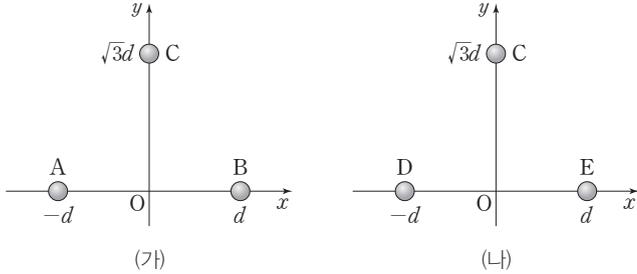
- ㄱ.  $-d < x < d$ 인  $x$ 축상에는 전기장이 0인 지점이 있다.
- ㄴ. A와 B의 전하량의 크기는 같다.
- ㄷ. p와 r에서 전기장의 방향은 같다.

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

05

▶23070-0093

그림 (가), (나)와 같이 전하량의 크기가 같은 점전하 A, B, C, D, E가  $x$ 축과  $y$ 축에 각각 고정되어 있다. (가)에서 C에는  $-y$ 방향으로, (나)에서 C에는  $+y$ 방향으로 전기력이 작용한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

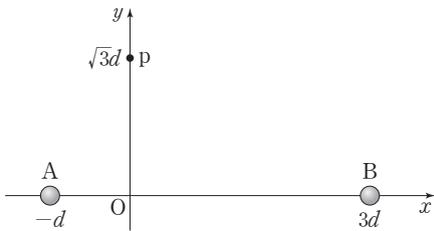
- 보기**
- ㄱ. C에 작용하는 전기력의 크기는 (가)와 (나)에서 같다.
  - ㄴ. A와 D에 작용하는 전기력의 크기는 같다.
  - ㄷ. 원점 O에서 전기장의 세기는 (가)와 (나)에서 같다.

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

06

▶23070-0094

그림과 같이 점전하 A, B가  $x = -d$ ,  $x = 3d$ 인  $x$ 축상의 점에 고정되어 있다.  $y = \sqrt{3}d$ 인  $y$ 축상의 점 p에서 A와 B에 의한 전기장의 방향은  $+y$ 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

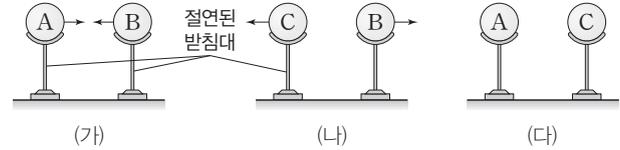
- 보기**
- ㄱ. A는 양(+전하)이다.
  - ㄴ. 전하량의 크기는 B가 A의 3배이다.
  - ㄷ. 원점 O에서 전기장은 0이다.

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

07

▶23070-0095

그림 (가)는 도체구 A, B 사이에 서로 당기는 전기력이 작용하는 것을, (나)는 도체구 B, C 사이에 서로 미는 전기력이 작용하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (다)는 도체구 A와 C를 서로 가까이 고정시킨 것을 나타낸 것이다. A, B, C 중 두 도체구는 대전되어 있고 한 도체구는 대전되어 있지 않다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

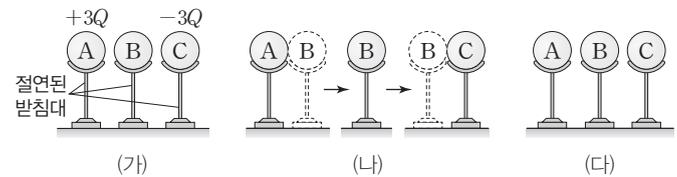
- 보기**
- ㄱ. (가)에서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 B가 A에 작용하는 전기력의 크기보다 작다.
  - ㄴ. 대전되지 않은 도체구는 A이다.
  - ㄷ. (다)에서 A와 C 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

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

08

▶23070-0096

그림 (가)는 동일한 크기의 대전된 도체구 A, B, C를 나타낸 것으로 A, C는 각각 전하량  $+3Q$ ,  $-3Q$ 로 대전되어 있다. 그림 (다)는 (나)와 같이 (가)에서 B를 A에 접촉시켰다 떼어낸 후 A와 B의 전하량이 같은 상태에서 다시 B를 C에 접촉시켰다 떼어내어 B와 C의 전하량이 같아진 것을 나타낸 것이다. (가)와 (다)에서 B의 전하량은 같다.



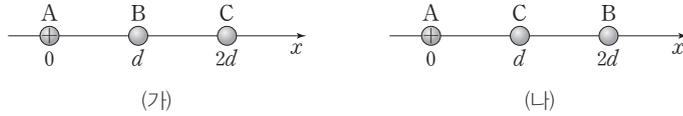
(다)에서 A의 전하량은?

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

01

▶ 23070-0097

그림 (가), (나)와 같이  $x$ 축상에 점전하 A, B, C를 같은 간격으로 고정하였다. C에 작용하는 전기력의 크기는 (가)와 (나)에서 같고, A는 양(+)  
전하이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

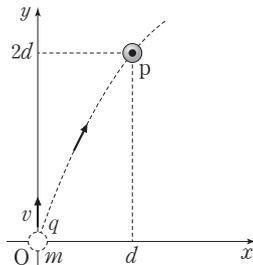
- ㄱ. B는 양(+)  
전하이다.
- ㄴ. C에 작용하는 전기력의 방향은 (가)와 (나)에서 반대이다.
- ㄷ. 전하량의 크기는 A가 B의  $\frac{8}{3}$ 배이다.

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

02

▶ 23070-0098

그림과 같이 세기가  $E$ 인 균일한 전기장이 형성되어 있는  $xy$  평면의 원점 O에서 질량이  $m$ , 전하량이  $q$ 인 입자를 속력  $v$ 로  $+y$ 방향으로 발사하였더니 등가속도 운동을 하며  $(d, 2d)$ 인 p점을 통과하였다. 전기장의 방향은  $+x$ 방향이며, 입자에는 균일한 전기장에 의한 전기력만 작용한다.



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

**보기**

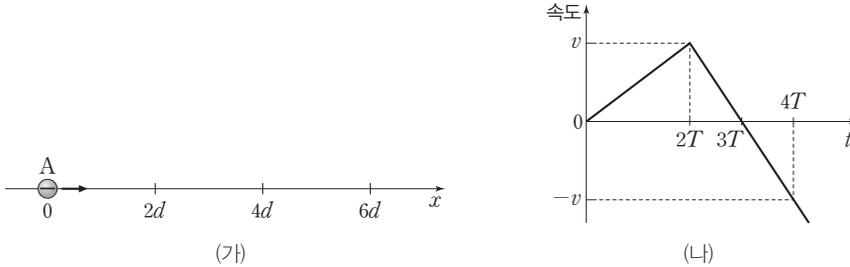
- ㄱ. 입자는 양(+)  
전하이다.
- ㄴ. p에서 입자의 속력은  $\sqrt{2}v$ 이다.
- ㄷ.  $E = \frac{mv^2}{2qd}$ 이다.

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

03

▶23070-0099

그림 (가)는 시간  $t=0$ 일 때, 음(-)전하를 띤 입자 A를  $x=0$ 인  $x$ 축상의 점에 가만히 놓는 것을 나타낸 것이고, (나)는 (가) 이후 A가  $x$ 축을 따라 운동하는 동안 A의 속도를  $t$ 에 따라 나타낸 것이다.  $t=4T$ 일 때 A는  $x=4d$ 인  $x$ 축상의 점을 지난다. A에는 전기장에 의한 전기력만 작용한다.



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

**보기**

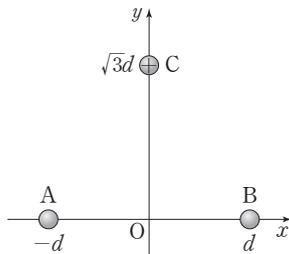
- ㄱ. 전위는  $x$ 축상의  $x=2d$ 인 점에서  $x=3d$ 인 점에서보다 높다.
- ㄴ. 전기장의 세기는  $x$ 축상의  $x=6d$ 인 점에서  $x=2d$ 인 점에서보다 크다.
- ㄷ. A가  $x$ 축상의  $x=6d$ 인 점에 있을 때, A에 작용하는 전기력은 0이다.

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

04

▶23070-0100

그림과 같이 점전하 A, B, C가  $x$ 축과  $y$ 축에 각각 고정되어 있다. A, B, C 사이의 간격은  $2d$ 로 같고, A, B, C에 작용하는 전기력의 크기도 서로 같다. C는 양(+전하)이고, C에는  $-y$ 방향으로 전기력이 작용한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. A는 음(-)전하이다.
- ㄴ. 원점 O에서 전기장의 방향은  $-y$ 방향이다.
- ㄷ. B와 C의 전하량의 크기는 같다.

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

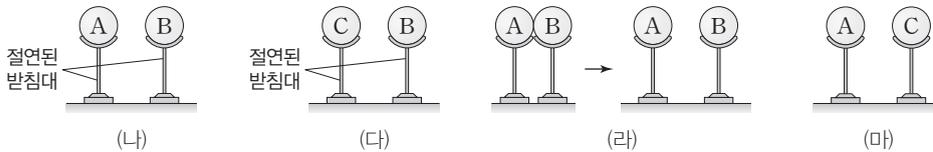
### 05

▶ 23070-0101

다음은 정전기 유도 현상에 대한 실험이다.

**[실험 과정]**

- (가) 같은 크기의 대전된 도체구 A, B, C를 준비한다.
- (나) A와 B를 가까이 하며 둘 사이에 작용하는 전기력을 관찰한다.
- (다) A를 치우고 A대신 C를 B 가까이 하며 둘 사이에 작용하는 전기력을 관찰한다.
- (라) A와 B를 접촉시킨 후 떼어낸다.
- (마) A와 C를 가까이 하며 둘 사이에 작용하는 전기력을 관찰한다.



**[실험 결과]**

(나)의 결과	(다)의 결과	(마)의 결과
A와 B 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용함.	C와 B 사이에는 서로 미는 전기력이 작용함.	A와 C 사이에는 서로 미는 전기력이 작용함.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

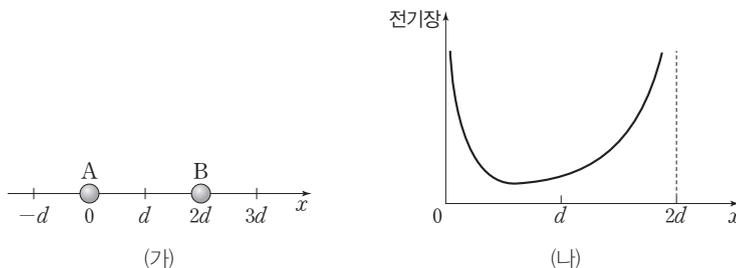
- ㄱ. (나)에서 전하량의 크기는 A와 B가 같다.
- ㄴ. (라)에서 A와 B는 같은 종류의 전하로 대전된다.
- ㄷ. (나)의 A와 (마)의 A는 같은 종류의 전하로 대전되어 있다.

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

### 06

▶ 23070-0102

그림 (가)와 같이  $x$ 축상의  $x=0, x=2d$ 에 두 점전하 A, B가 각각 고정되어 있다. 그림 (나)는  $x$ 축상의  $0 < x < 2d$ 인 구간에서 A와 B에 의한 전기장을  $x$ 에 따라 나타낸 것이다. 전기장의 방향은  $+x$ 방향이 양(+ )이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄴ.  $x$ 축상의  $x < 0$ 인 구간에서 전기장이 0인 점이 있다.
- ㄷ.  $x$ 축상의  $x=3d$ 인 점에서 전기장의 방향은  $+x$ 방향이다.

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

07

# 저항의 연결과 전기 에너지

## 1 전압(전위차)과 전류

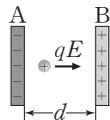
(1) 전위: 단위 양전하(+1 C)를 전기장 내의 기준점으로부터 어떤 점까지 이동시키는 데 필요한 일로, 그 단위 양전하(+1 C)가 가지는 전기력에 의한 퍼텐셜 에너지를 나타낸다.

- ① 전위의 대소 관계: 양(+)전하 주위는 음(-)전하 주위보다 전위가 높다. 저항이 없는 도체 내부는 전위가 모두 같다.
- ② 전위차: 두 지점 사이의 전위의 차를 전위차 또는 전압이라고 한다. 전하량이 +q인 전하를 전기장 내의 한 점 A에서 다른 점 B까지 이동시키는 데 필요한 일을 W라고 하면, 두 지점 사이의 전위차 V는 다음과 같다.

$$V = V_B - V_A = \frac{W}{q} \quad [\text{단위: J/C 또는 V}]$$

(2) 균일한 전기장에서의 일: 균일한 전기장(E)에서 전하량이 +q인 전하를 극판 A에서 d만큼 떨어진 극판 B까지 옮기는 데 필요한 일 W는 다음과 같다.

$$W = Fd = qEd = qV, \quad V = Ed$$



- (3) 전류: 전하를 띤 입자의 흐름이다.
- ① 전류의 방향: 양(+)전하가 이동하는 방향으로 정한다. 음(-)전하인 전자가 이동하는 방향의 반대 방향이다.
- ② 전류의 세기(I): 단위 시간(1초) 동안 도선의 단면을 통과하는 전하량이다. 도선의 단면을 t초 동안 통과한 전하량을 Q라고 하면 전류의 세기 I는 다음과 같다.

$$I = \frac{Q}{t} \quad [\text{단위: A(암페어) 또는 C/s}]$$

- (4) 전기 저항과 옴의 법칙
- ① 전기 저항(R): 전류의 흐름을 방해하는 정도를 수치로 나타낸 값이다.

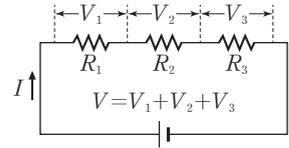
$$R = \rho \frac{l}{S} \quad [\text{단위: } \Omega(\text{옴}), \rho: \text{비저항}, l: \text{길이}, S: \text{단면적}]$$

- ② 옴의 법칙: 저항에 흐르는 전류의 세기 I는 저항에 걸린 전압 V에 비례하고, 저항의 저항값 R에 반비례한다.

$$I = \frac{V}{R}$$

## 2 저항의 연결

- (1) 직렬연결
- ① 전자가 한 개의 닫힌 회로를 따라 이동하므로 전하량 보존 법칙에 따라 각각의 저항에 흐르는 전류의 세기 I는 같다.



- ② 전체 전압 V는 각 저항에 걸리는 전압의 합과 같다.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

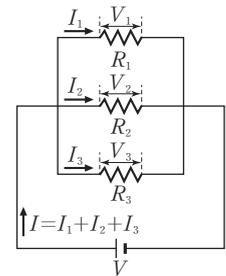
- ③ 합성 저항값 R는  $R = R_1 + R_2 + R_3$ 이다.
- ④ 각 저항에 걸리는 전압의 비는 각 저항값의 비와 같다.
- ⑤ 전기 저항의 직렬연결은 저항의 길이가 길어지는 효과이므로 합성 저항값은 저항값이 가장 큰 저항의 저항값보다 크다.

- (2) 병렬연결
- ① 각 저항의 양단이 전원에 직접 연결되어 있으므로 각 저항에 걸리는 전압이 같다.

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

- ② 전하량 보존 법칙에 따라 전체 전류는 각 저항에 흐르는 전류의 합과 같다.

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$



- ③ 합성 저항값 R는  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ 이다.
- ④ 전기 저항의 병렬연결은 저항의 단면적이 커지는 효과이므로 합성 저항값은 저항값이 가장 작은 저항의 저항값보다 작다.
- ⑤ 전기 에너지: 저항에 세기가 I인 전류가 시간 t 동안 흐르면 이동한 전하량은  $q = It$ 가 되므로 이 전하가 받은 일은 다음과 같다.

$$W = qV = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t \quad [\text{단위: J}]$$

- (4) 전력: 단위 시간(1초) 동안에 소비하거나 공급되는 전기 에너지
- ① 저항값이 R인 저항에 걸린 전압이 V일 때 저항에 세기가 I인 전류가 시간 t 동안 흐른다면 전력 P는 다음과 같다.

$$P = \frac{W}{t} = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad [\text{단위: J/s=W}]$$

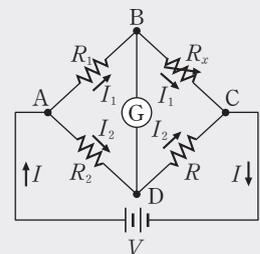
- ② 전류의 열작용: 저항에 전류가 흐르면 전기 에너지가 열에너지로 전환된다.

### THE 알기 미지의 저항의 저항값을 측정하는 휘트스톤 브리지

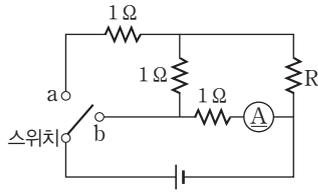
휘트스톤 브리지는 4개의 저항을 대칭으로 연결하여 미지의 저항의 저항값을 측정할 수 있는 회로이다. 저항값을 알고 있는 저항의 저항값을 각각  $R_1, R_2$ , 가변 저항의 저항값을  $R_x$ , 미지의 저항의 저항값을 R라고 하자. 그림과 같이 4개의 저항과 검류계를 전원에 연결한 후 가변 저항을 조절하여 검류계에 전류가 흐르지 않도록 한다.

검류계에 전류가 흐르지 않는다는 것은 점 B와 D의 전위가 같다는 것을 의미한다. 즉, 저항값이 각각  $R_1, R_2$ 인 저항 양단에 걸리는 전위차가 같다. 저항값이 각각  $R_1, R_2$ 인 저항에 흐르는 전류의 세기를 각각  $I_1, I_2$ 라고 하면  $I_1R_1 = I_2R_2$ 이다. 마찬가지로 가변 저항과 미지의 저항 양단에 걸리는 전위차도 같으므로  $I_1R_x = I_2R$ 이다. 이를 정리하면

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R}{R_x} \quad \text{이므로} \quad R = \frac{R_2R_x}{R_1}$$



그림과 같이 저항값이  $1\ \Omega$ 인 저항 3개, 저항  $R$ , 전류계, 스위치를 전압이 일정한 직류 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. 전류계에 흐르는 전류의 세기는 스위치를 b에 연결했을 때가 스위치를 a에 연결했을 때의 7배이다.



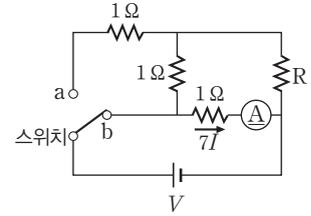
R의 저항값은?

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

접근 전략 / 간략 풀이

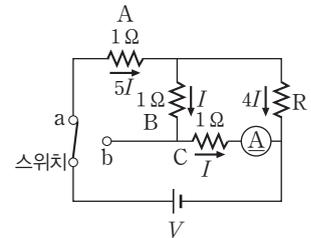
▶ 접근 전략

스위치가 a에 연결되었을 때 전류계에 흐르는 전류의 세기를  $I$ 라고 하면 스위치가 b에 연결되었을 때 전류계에는 세기가  $7I$ 인 전류가 흐르므로 전원의 전압  $V$ 는  $7I(1\ \Omega)$ 이다.



▶ 간략 풀이

스위치가 a에 연결되었을 때, 저항 B와 C에 걸리는 전압의 합이  $2I(1\ \Omega)$ 이므로 이때 저항 A에 걸리는 전압은  $5I(1\ \Omega)$ 이고, A에 흐르는 전류의 세기는  $5I$ 이다. 따라서 저항 R에 흐르는 전류의 세기는  $4I$ 이고 이때 R에 걸리는 전압은  $2I(1\ \Omega)$ 이므로 R의 저항값은  $\frac{1}{2}\ \Omega$ 이다.



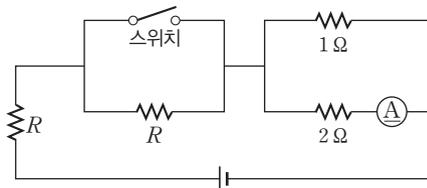
정답 | ②

0️⃣ 짧은 풀 문제로 유형 익히기

정답과 해설 21쪽

▶ 23070-0103

그림과 같이 저항값이 각각  $1\ \Omega$ ,  $2\ \Omega$ ,  $R$ ,  $R$ 인 저항 4개와 전류계, 스위치를 전압이 일정한 직류 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. 전류계에 흐르는 전류의 세기는 스위치를 닫았을 때가 열었을 때의  $\frac{4}{3}$ 배이다.



R는?

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

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

스위치를 열고 닫았을 때 회로에 흐르는 전류의 변화를 다룬다는 점에서 대표 문제와 유사하지만 병렬연결되어 있는 두 저항에 흐르는 전류의 비가 일정한 것을 이용한다는 점에서 대표 문제와 다르다.

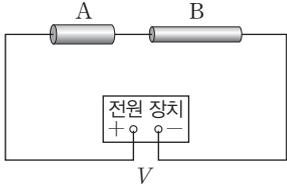
▶ 배경 지식

- 병렬연결된 저항에 걸리는 전압은 서로 같다.
- 병렬연결된 저항에 흐르는 전류의 세기 비는 저항값의 역수에 비례한다.

01

▶23070-0104

그림과 같이 원기둥 모양의 금속 막대 A, B를 전압이  $V$ 로 일정한 전원 장치에 연결하였다. 표는 A, B의 비저항, 길이, 단면적을 나타낸 것이다. A의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{1}{3}V$ 이다.



금속 막대	비저항	길이	단면적
A	$\frac{1}{\rho}$	$2l$	$2S$
B	$\rho$	$3l$	$S$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

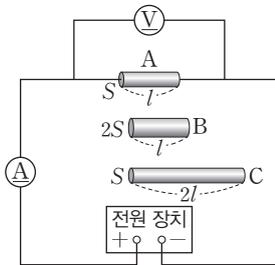
- ㄱ. B의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{2}{3}V$ 이다.
- ㄴ. 저항값은 B가 A의 2배이다.
- ㄷ.  $\frac{1}{\rho}$ 은  $2\rho$ 이다.

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

02

▶23070-0105

그림 (가)와 같이 전원 장치에 비저항이 동일한 원통형 금속 막대 A, B, C를 번갈아 연결하며 전류계와 전압계로 회로에 흐르는 전류와 전압을 측정한다. A, B, C의 단면적은 각각  $S, 2S, S$ 이고, 길이는 각각  $l, l, 2l$ 이다. 그림 (나)의 점 a, b, c는 (가)에서 전원 장치의 전압이  $V$ 이고, A, B, C 중 하나가 회로에 연결되어 있을 때의 전압계와 전류계의 측정값을 순서 없이 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

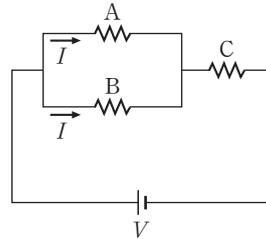
- ㄱ. 저항값은 B와 C가 같다.
- ㄴ. a는 B가 연결되어 있을 때의 측정값이다.
- ㄷ. 전원 장치의 전압이  $2V$ 이고 회로에 C가 연결되어 있을 때 전류계의 측정값은  $2I$ 이다.

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

03

▶23070-0106

그림과 같이 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 저항 A, B, C를 연결하였다. A, B에는 세기가  $I$ 인 전류가 흐르고, C의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{V}{2}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

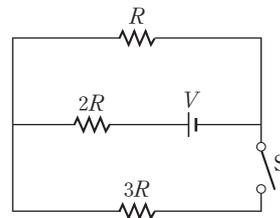
- ㄱ. A의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{V}{4}$ 이다.
- ㄴ. C에 흐르는 전류의 세기는  $2I$ 이다.
- ㄷ. 저항값은 A와 C가 서로 같다.

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

04

▶23070-0107

그림은 전압이  $V$ 로 일정한 전원과 저항값이 각각  $R, 2R, 3R$ 인 저항, 스위치 S로 구성된 회로를 나타낸 것이다. S는 열려 있고 저항값이  $2R$ 인 저항에서의 소비 전력은  $P$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

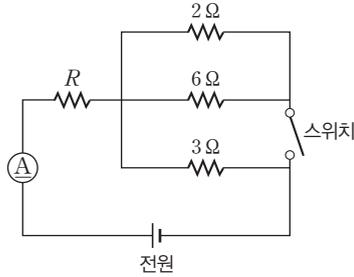
- ㄱ. 저항값이  $R$ 인 저항의 양단에 걸린 전압은  $\frac{V}{3}$ 이다.
- ㄴ. 저항값이  $R$ 인 저항에서의 소비 전력은  $0.5P$ 이다.
- ㄷ. S를 닫으면 저항값이  $2R$ 인 저항에서의 소비 전력은  $1.5P$ 가 된다.

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

05

▶23070-0108

그림과 같이 저항값이  $R$ ,  $2\Omega$ ,  $6\Omega$ ,  $3\Omega$ 인 저항 4개와 스위치, 전류계를 전압이 일정한 전원에 연결하였다. 스위치를 닫기 전과 닫은 후 전류계에 흐르는 전류의 세기는 각각  $I$ ,  $2I$ 이다.



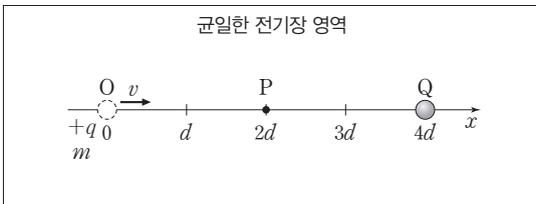
$R$ 는?

- ①  $1\Omega$     ②  $2\Omega$     ③  $3\Omega$     ④  $4\Omega$     ⑤  $5\Omega$

06

▶23070-0109

그림과 같이 균일한 전기장 영역에서 전하량이  $+q$ , 질량이  $m$ 인 입자를 원점 O에서 속도  $v$ 로  $+x$ 방향으로 발사하였더니 입자는  $x$ 축을 따라 등가속도 직선 운동을 하여  $x=4d$ 인  $x$ 축상의 점 Q에서 정지하였다. 점 P는  $x=2d$ 인  $x$ 축상의 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은? (단, 전자기파의 발생과 입자의 크기는 무시하고, 입자에는 균일한 전기장에 의한 전기력만 작용한다.)

보기

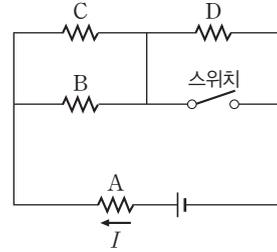
- ㄱ. 전위는 P에서가 Q에서보다 높다.
- ㄴ. P에서 입자의 속력은  $\frac{1}{2}v$ 이다.
- ㄷ. O와 Q 사이의 전위차는  $\frac{mv^2}{2q}$ 이다.

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

07

▶23070-0110

그림은 전압이 일정한 전원에 저항값이 같은 저항 A, B, C, D, 스위치를 이용해 구성한 회로를 나타낸 것이다. 스위치는 열려 있고 A에 흐르는 전류의 세기는  $I$ , A의 소비 전력은  $P$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

보기

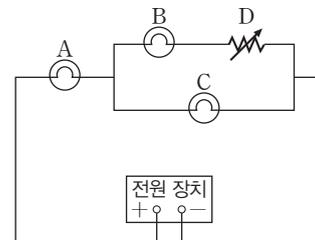
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 세기는  $\frac{I}{2}$ 이다.
- ㄴ. C의 소비 전력은  $\frac{P}{2}$ 이다.
- ㄷ. 스위치를 닫으면 A의 소비 전력은  $P$ 보다 커진다.

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

08

▶23070-0111

그림과 같이 전압이 일정한 전원 장치에 전구 A, B, C와 가변 저항 D를 연결하였다.



D의 저항값을 서서히 증가시킬 때, 소비 전력이 커지는 전구만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② C    ③ A, B    ④ B, C    ⑤ A, B, C

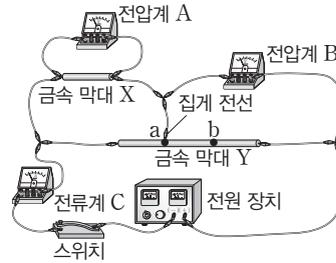
01

▶23070-0112

다음은 막대의 길이에 따른 저항값에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 전압계 A, B, 전류계 C, 균일한 재질의 원기둥 모양의 금속 막대 X, Y, 스위치, 전압이 일정한 전원 장치를 이용해 회로를 구성한다.
- (나) Y와 연결된 집게 전선이 Y의 a점에 연결된 상태에서 스위치를 닫아 A, B, C의 측정값을 기록한다.
- (다) Y와 연결된 집게 전선을 Y의 b점에 연결한 후 스위치를 닫아 A, B, C의 측정값을 기록한다.



[실험 결과]

과정	A의 측정값	B의 측정값	C의 측정값
(나)	$V_0$	$\ominus$	$I_0$
(다)	$\omin�$	$3V_0$	$1.5I_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

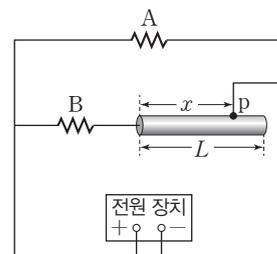
- ㄱ.  $\omin�$ 은  $3V_0$ 보다 크다.
- ㄴ.  $\omin�$ 은  $V_0$ 보다 크다.
- ㄷ. 회로의 전체 합성 저항값은 (나)와 (다)에서 같다.

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

02

▶23070-0113

그림은 저항 A, B와 길이가  $L$ 인 균일한 재질의 원기둥 모양 금속 막대를 전압이 일정한 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. 점 p는 도선과 금속 막대의 접점이고, 금속 막대의 왼쪽 끝과 p까지의 거리는  $x$ 이다.  $x=L$ 일 때 A, B에서의 소비 전력은  $P$ 로 같고,  $x=\frac{L}{2}$ 일 때 B에서의 소비 전력은  $\frac{16}{9}P$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

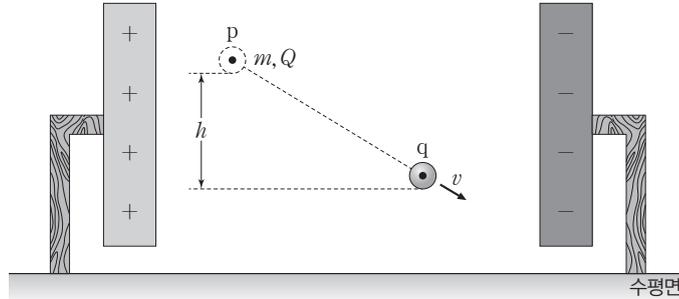
- ㄱ.  $x=L$ 일 때 금속 막대의 저항값은 B의 저항값과 같다.
- ㄴ. 저항값은 A가 B의 2배이다.
- ㄷ.  $x=\frac{L}{2}$ 일 때 A에서의 소비 전력은  $P$ 이다.

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

03

▶ 23070-0114

그림은 수평면과 나란한 방향의 균일한 전기장이 형성된 영역에 질량이  $m$ 이고, 전하량이  $Q$ 인 입자를 점  $p$ 에서 가만히 놓았더니 입자가 등가속도 직선 운동을 하며 점  $q$ 를 속력  $v$ 로 지나가는 것을 나타낸 것이다. 전기장의 세기는  $E$ 이고,  $p$ 와  $q$ 의 높이차는  $h$ 이다.



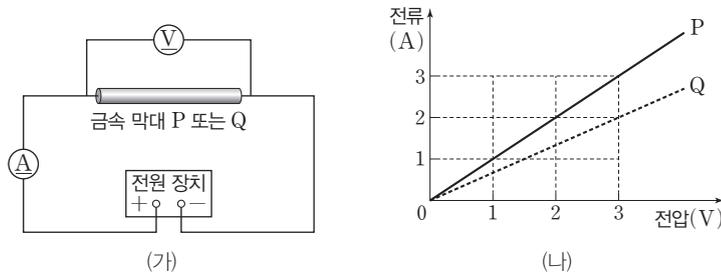
입자가  $p$ 에서  $q$ 까지 운동하는 동안 전기력이 입자에 한 일이 중력이 입자에 한 일의 4배일 때,  $v$ 는? (단, 전자기파의 발생은 무시하고, 입자에는 중력과 균일한 전기장에 의한 전기력만 작용한다.)

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

04

▶ 23070-0115

그림 (가)는 균질한 물질로 이루어진 원기둥 모양의 금속 막대 P 또는 Q를 전원 장치에 연결한 후 전원 장치의 전압을 바꿔주며 금속 막대에 흐르는 전류와 전압을 측정하는 것을 나타낸 것이다. 단면적은 P가 Q의 2배이고, 길이는 Q가 P의 2배이다. 그림 (나)는 (가)에서의 측정값을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

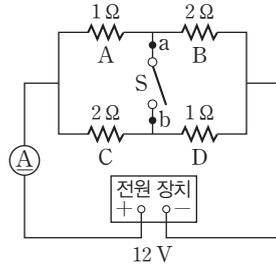
- ㄱ. P의 저항값은  $1\ \Omega$ 이다.
- ㄴ. 비저항은 P를 이루는 물질이 Q를 이루는 물질의 6배이다.
- ㄷ. P에서의 소비 전력은 P에 걸리는 전압이  $2\ V$ 일 때가  $1\ V$ 일 때의 2배이다.

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

05

▶23070-0116

그림은 저항 A, B, C, D, 스위치 S, 전류계를 전압이 12 V로 일정한 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. A, B, C, D의 저항값은 각각 1 Ω, 2 Ω, 2 Ω, 1 Ω이다. 점 a, b는 S의 양쪽 끝 회로 위의 점이고 S는 열려 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

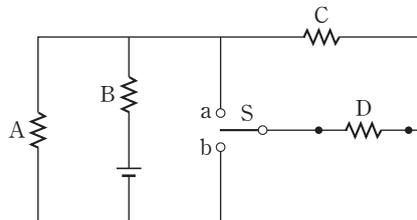
- ㄱ. 전위는 a에서가 b에서보다 4 V만큼 높다.
- ㄴ. A와 D의 소비 전력은 같다.
- ㄷ. S를 닫으면 S를 닫기 전보다 전류계에 흐르는 전류의 세기는 증가한다.

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

06

▶23070-0117

그림과 같이 저항값이 동일한 저항 A, B, C, D, 스위치 S를 전압이 일정한 전원에 연결하였다.



S가 각각 a, b에 연결될 때 C에서 1초 동안 소비되는 전기 에너지를  $E_a, E_b$ 라고 하면  $\frac{E_a}{E_b}$ 는?

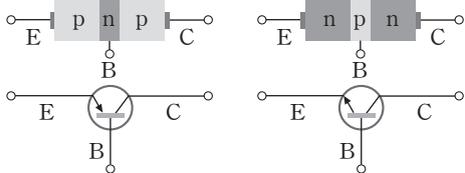
- ①  $\frac{4}{9}$                       ②  $\frac{9}{16}$                       ③  $\frac{4}{3}$                       ④  $\frac{16}{9}$                       ⑤  $\frac{9}{4}$

08

# 트랜지스터와 축전기

## 1 트랜지스터

(1) 트랜지스터: p-n 접합 반도체에 p형 반도체나 n형 반도체를 추가하여 만든 반도체 소자이다.



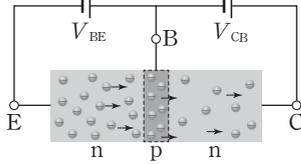
▲ p-n-p형

▲ n-p-n형

① 구조: 이미터(E), 베이스(B), 컬렉터(C)의 세 개의 단자가 있고 이미터와 컬렉터 사이의 베이스는 두께가 수  $\mu\text{m}$  정도로 매우 얇게 제작된다.

② 역할: 트랜지스터는 회로에서 증폭 작용과 스위칭 작용을 한다.

(2) 트랜지스터의 작동 원리: 그림과 같이 n-p-n형 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에 순방향 전압  $V_{BE}$ 를 걸고 컬렉터와 베이스 사이에 역방향 전압  $V_{CB}$ 를 걸면 베이스에서 이미터로 전류가 흐른다. 이미터에서 베이스로 이동하는 전자의 대부분이 얇은 베이스를 지나 컬렉터로 이동하여 컬렉터에도 전류가 흐르게 된다. 이미터와 베이스에 역방향 전압을 걸어 베이스에 전류가 흐르지 않으면 컬렉터에 흐르는 전류도 0이 된다. 이처럼 트랜지스터는 베이스에 흐르는 전류를 이용하여 컬렉터에 흐르는 전류를 조절할 수 있다.



이미터에 흐르는 전류의 세기  $I_E$ 는 베이스에 흐르는 전류의 세기  $I_B$ 와 컬렉터에 흐르는 전류의 세기  $I_C$ 의 합이다.

• 이미터에 흐르는 전류의 세기  $I_E$ 는 베이스에 흐르는 전류의 세기  $I_B$ 와 컬렉터에 흐르는 전류의 세기  $I_C$ 의 합이다.

→  $I_E = I_B + I_C$

(3) 증폭 작용: 트랜지스터의 베이스가 매우 얇고,  $V_{BE} \ll V_{CB}$ 이므로 이미터에서 이동한 전자의 대부분은 베이스를 지나 컬렉터로 흐른다. 따라서  $I_B \ll I_C$ 이고,  $I_B$ 의 작은 변화가  $I_C$ 의 큰 변화를 유도하여 베이스에 흐르는 작은 교류 신호를 컬렉터에서 크게 증폭할 수 있다.

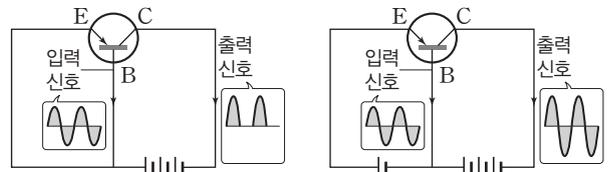
• 전류 증폭률( $\beta$ ):  $I_B$ 에 대한  $I_C$ 의 비이다. →  $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

(4) 스위칭 작용: 베이스에 전류가 흐르면 컬렉터에도 전류가 흐르고, 베이스에 전류가 흐르지 않으면 컬렉터에도 전류가 흐르지 않는다. 이처럼 트랜지스터를 이용해 회로의 전류 흐름 여부를 조절하는 것을 스위칭 작용이라고 한다. 디지털 논리 회로에서 스위칭 작용을 이용해 회로의 전류 흐름 여부를 제어할 수 있다.

(5) 바이어스 전압: 트랜지스터를 원활하게 작동시키기 위해서는 이미터와 베이스, 베이스와 컬렉터 사이에 적절한 전압을 걸어 주어야 하는데, 이 전압을 바이어스 전압이라고 한다.

① 바이어스 전압을 걸지 않았을 때: p-n-p형 트랜지스터에서 이미터와 베이스 단자에 바이어스 전압이 걸려 있지 않은 상태에서는 입력된 교류 신호의 (+)쪽 신호(순방향 전압)에만 반응하여 컬렉터 전류가 흐르고, (-)쪽 신호(역방향 전압)에는 컬렉터 전류가 흐르지 않는다.

② 바이어스 전압을 걸었을 때: 베이스에 공급되는 신호 전압의 진폭이 0.1 V라고 할 때 이미터와 베이스 사이에 바이어스 전압을 1.0 V 걸어 주면 (+)쪽은 바이어스 전압과 신호 전압이 더한 값인 1.1 V가 되고, (-)쪽은 바이어스 전압에서 신호 전압을 빼 값인 0.9 V가 되므로 모든 신호가 증폭되어 출력된다.



▲ 바이어스 전압을 걸지 않았을 때

▲ 바이어스 전압을 걸었을 때

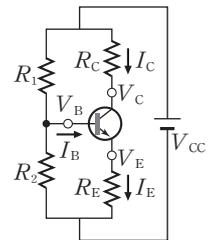
③ 증폭 회로에서 바이어스 전압: n-p-n형 트랜지스터를 전원에 연결하여 일정한 전류 증폭률로 작동시킬 때 베이스와 이미터 사이의 일정한 전압을  $V_{BE}$ 로, 컬렉터와 이미터 사이의 일정한 전압을  $V_{CE}$ 로 정해 놓고 이때 이미터 단자 전위를  $V_E$ 로 정하면, 베이스 단자 전위는  $V_B = V_E + V_{BE}$ 이고 컬렉터 단자 전위는  $V_C = V_E + V_{CE}$ 이다.

④ 전압 분할로 바이어스 전압 결정하기: 그림과 같은 회로에서  $I_B$ 가 매우 작다면,  $V_{CC}$ 를 두 저항  $R_1 : R_2$ 로 분할하여

$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$ 가 되도록 하는  $R_1$ 과

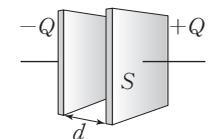
$R_2$ 를 선택한다. 또  $R_E = \frac{V_E}{I_E} \approx \frac{V_E}{I_C}$ ,

$R_C = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C}$ 가 되도록  $R_E, R_C$ 를 선택한다. 이처럼 트랜지스터의 각 단자에 적절한 저항을 추가하는 방법으로  $V_{CC}$ 를 분할하여 바이어스 전압을 결정할 수 있다.



## 2 축전기

(1) 평행판 축전기: 평행한 두 금속판 사이에 전하를 모아 전기 에너지를 저장할 수 있는 장치로, 전하를 모으는 충전 과정과 전하를 방출하는 방전 과정이 있다.



① 전기 용량(C): 축전기에 충전되는 전하량 Q는 두 극판 사이의 전위차 V에 비례한다. →  $Q = CV$  (C: 전기 용량)

• 전기 용량 C는 극판의 면적 S에 비례하고, 극판 사이의 간격 d에 반비례한다.

→  $C = \epsilon \frac{S}{d}$  ( $\epsilon$ : 유전율)

② 축전기의 전기장: 극판 간격이  $d$ 인 평행판 축전기에 전원을 연결하면 두 금속판에는 전원의 전압과 같은 전위차( $V$ )가 형성될 때까지 양(+), 음(-) 전하가 저장되고, 완전히 충전된 후에는 전류가 흐르지 않는다. 이때 두 금속판 사이에는 균일한 전기장( $E$ )이 형성된다.  $\Rightarrow V = Ed$

(2) 유전체의 역할

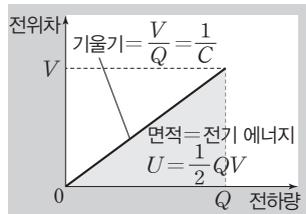
- ① 유전체: 유리, 종이, 나무, 플라스틱과 같은 부도체
- ② 축전기 속에 유전체를 넣으면 유전체의 유전 분극에 의해 축전기에 전하를 더 많이 모을 수 있다.
- ③ 유전체와 전기 용량: 유전율이  $\epsilon$ 인 유전체를 축전기 속에 넣으면 전기 용량은 진공 상태일 때의  $\epsilon_0$  배가 된다.

(3) 평행판 축전기에서 극판 간격이 변하는 경우

스위치를 열고 축전기의 극판 간격을 증가시킨 경우	스위치를 닫고 축전기의 극판 간격을 증가시킨 경우
축전기에 충전된 전하량이 일정 $\rightarrow$ 극판 사이 전기장의 세기 일정 $\rightarrow$ 극판 간격 증가 $\rightarrow$ 극판 사이 전위차 증가	극판 사이 전위차 일정 $\rightarrow$ 극판 간격 증가 $\rightarrow$ 극판 사이 전기장의 세기 감소 $\rightarrow$ 축전기에 충전된 전하량 감소

(4) 축전기의 전기 에너지

① 충전 과정: 전기 용량이  $C$ 인 축전기에 전압이 일정한 전원을 연결하면 전하가 축전기 극판의 양단에 모이는 동안 전하량  $Q$ 와 축전기 양 극판의 전위차  $V$ 가 비례하여 충전된다.



② 전기 에너지: 전위차-전하량 그래프 아래의 면적과 같다.

$$U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

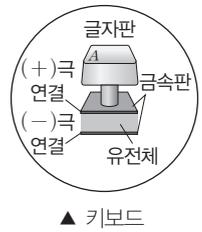
(5) 축전기의 이용

① 에너지 저장 장치로 축전기를 활용한 사례

- 카메라 플래시: 축전기에 저장된 전기 에너지를 이용하여 짧은 시간 동안 강한 빛을 낼 수 있다.
- 자동 제세동기(심장 충격기): 축전기에 저장된 전기 에너지를 순간적으로 한꺼번에 방전시켜 심장 부근에 강한 전류를 흘려 심장 기능을 회복한다.

② 전기 용량의 변화를 활용한 사례

- 키보드: 컴퓨터 키보드의 글자판에는 글자판과 연결된 금속판과 고정된 금속판이 연결되어 나란하게 배치되어 있어서 글자판을 누르면 두 금속판 사이의 간격이 줄어 전기 용량이 증가하고 전류의 변화를 인식하여 글자를 입력한다.



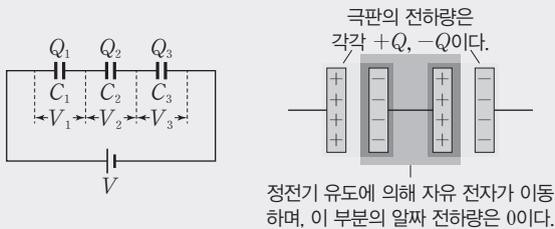
▲ 키보드

- 콘덴서 마이크: 전지에 연결된 두 금속판이 나란하게 배치되어 있어 소리에 의해 얇은 금속판이 진동할 때 두 금속판 사이의 간격이 달라지면 전기 용량이 변하게 된다.
- 터치스크린: 유리 한쪽 표면의 전도성을 높게 만든 후 작은 전위차를 걸어 주어 균일한 전기장을 만들고 손가락과 같은 도체가 유리 표면에 닿으면 유리 표면의 전하량이 변하여 유리 사이에 형성된 균일한 전기장이 변한다. 이때 유리판의 네 모서리에 있는 센서가 전기장의 변화를 감지하여 손가락의 위치를 인식한다.

THE 알기 축전기의 직렬연결과 합성 전기 용량

• 축전기의 직렬연결

① 축전기를 직렬연결하면 전원에 의해 양 끝에 있는 극판에 전하가 충전된다. 이때 중간에 있는 극판 사이에는 정전기 유도에 의해 전하가 유도되어 충전된다. 중간 부분은 전원에서 떨어져 있으므로 알짜 전하량은 0이다.



② 전체 전하량은 하나의 축전기에 충전된 전하량과 같다.

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

③ 각 축전기에 걸리는 전압은 전기 용량에 반비례한다.

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}, V_2 = \frac{Q}{C_2}, V_3 = \frac{Q}{C_3}$$

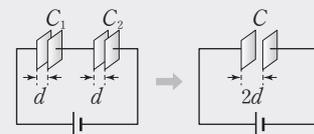
• 직렬연결된 축전기의 합성 전기 용량과 전기 에너지

①  $V = V_1 + V_2 + V_3$ 이므로 이 식을 대입하면 합성 전기 용량  $C$ 는 다음과 같다.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

이때 합성 전기 용량  $C$ 는  $C_1, C_2, C_3$  중 가장 작은 것보다 작다.

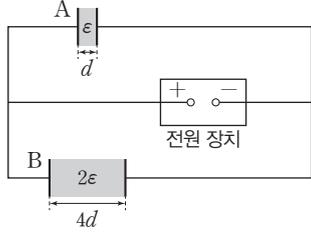
② 축전기를 직렬연결하면 두 극판 사이의 간격이 증가하는 것과 같은 효과를 낸다.



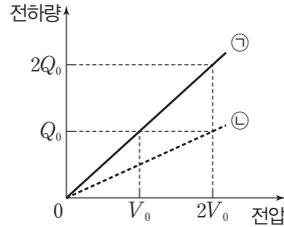
③ 축전기에 저장된 전기 에너지는 각 축전기에 저장되는 전기 에너지의 합이다.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = \frac{1}{2} Q^2 \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

그림 (가)는 극판의 면적이 같은 평행판 축전기 A, B를 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. A, B는 극판 사이의 간격이 각각  $d, 4d$ 이고, 유전율이 각각  $\epsilon, 2\epsilon$ 인 유전체로 완전히 채워져 있다. 그림 (나)는 전원 장치의 전압에 따라 A, B에 충전된 전하량을 나타낸 것이다. ㉠, ㉡은 각각 A, B 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 전기 용량은 B가 A의 2배이다.
- ㄴ. ㉠은 A이다.
- ㄷ. 전압이  $V_0$ 일 때, A에 저장된 전기 에너지는  $Q_0V_0$ 이다.

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

**접근 전략 / 간략 풀이**

▶ 접근 전략

축전기에 걸리는 전압에 대한 축전기에 충전된 전하량 그래프에서 그래프의 기울기는 축전기의 전기 용량을 의미한다.

▶ 간략 풀이

A와 B는 병렬연결되어 있으므로 두 축전기에 걸리는 전압은 항상 같다.

✕ 축전기의 전기 용량은 극판 사이의 간격에 반비례하고 유전체의 유전율에 비례하므로 전기 용량은 A가 B의 2배이다.

㉠ 그래프의 기울기가 ㉠이 ㉡의 2배이므로 ㉠은 A이다.

✕ 전압이  $V_0$ 일 때, A에 걸리는 전압도  $V_0$ 이므로 이때 A에 저장된 전기 에너지는  $\frac{1}{2}Q_0V_0$ 이다.

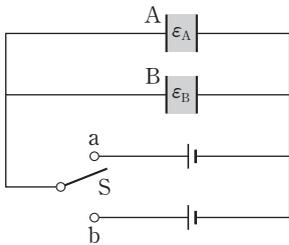
정답 | ②

**0** **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 24쪽

▶ 23070-0118

그림은 극판 사이의 간격과 극판의 면적이 서로 같은 평행판 축전기 A, B와 전압이 각각 일정한 두 전원, 스위치 S를 이용해 구성된 회로를 나타낸 것이다. A, B는 유전율이 각각  $\epsilon_A, \epsilon_B$ 인 유전체로 완전히 채워져 있다. 표는 S를 a 또는 b에 연결하여 A, B가 완전히 충전되었을 때 A, B에 각각 저장된 전기 에너지를 나타낸 것이다.



	S를 a에 연결	S를 b에 연결
A에 저장된 전기 에너지	$E$	$2E$
B에 저장된 전기 에너지	㉠	$4E$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ.  $\epsilon_B = 2\epsilon_A$ 이다.
- ㄴ. A에 충전된 전하량은 S가 b에 연결되었을 때가 S가 a에 연결되었을 때의 2배이다.
- ㄷ. ㉠은  $2E$ 이다.

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

**유사점과 차이점 / 배경 지식**

▶ 유사점과 차이점

축전기의 전기 용량과 축전기에 저장된 전기 에너지를 다룬다는 점에서 대표 문제와 유사하지만 표로 축전기에 걸리는 전압과 전기 에너지의 관계를 나타냈다는 점에서 대표 문제와 다르다.

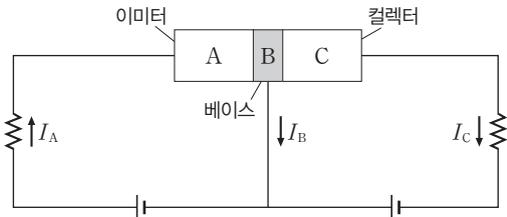
▶ 배경 지식

- 축전기의 전기 용량은 유전체의 유전율에 비례한다.
- 축전기에 걸리는 전압이 같을 때 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기의 전기 용량에 비례한다.

01

▶23070-0119

그림과 같이 반도체 A, B, C를 접합하여 만든 트랜지스터가 전류를 증폭하고 있다. A, B, C가 연결된 도선에는 각각 세기가  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ 인 전류가 화살표 방향으로 흐르고 있다. A, B, C는 각각 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

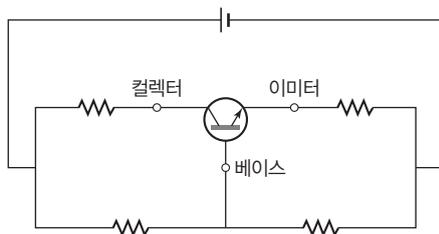
- ㄱ.  $I_A > I_B$ 이다.
- ㄴ. A는 p형 반도체이다.
- ㄷ. 베이스와 컬렉터 사이에는 순방향 전압이 걸려 있다.

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

02

▶23070-0120

그림과 같이 트랜지스터, 저항, 전압이 일정한 전원을 연결하여 전류 증폭 회로를 구성하였다. 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기가 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

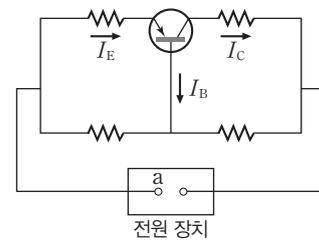
- ㄱ. 컬렉터는 n형 반도체이다.
- ㄴ. 베이스와 컬렉터 사이에는 순방향 전압이 걸린다.
- ㄷ. 베이스 단자의 전위와 이미터 단자의 전위는 같다.

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

03

▶23070-0121

그림과 같이 트랜지스터, 저항, 전압이 일정한 전원 장치를 연결하여 전류 증폭 회로를 구성하였다. 이미터, 베이스, 컬렉터가 각각 연결된 도선에는 각각 세기가  $I_E$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ 인 전류가 화살표 방향으로 흐르고 있다. a는 전원 장치의 전극 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

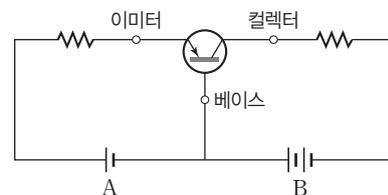
- ㄱ.  $I_E = I_B + I_C$ 이다.
- ㄴ. 베이스는 p형 반도체이다.
- ㄷ. a는 (+)극이다.

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

04

▶23070-0122

그림과 같이 트랜지스터, 저항, 전원 A, B를 연결하여 전류 증폭 회로를 구성하였다. 트랜지스터에서는 전류의 증폭 작용이 일어나고 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

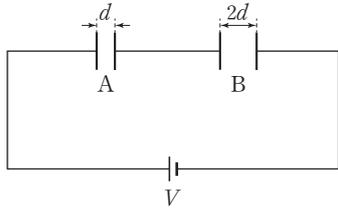
- ㄱ. 트랜지스터는 p-n-p형이다.
- ㄴ. 이미터 단자의 전위는 베이스 단자의 전위보다 높다.
- ㄷ. A의 전압을 증가시키면 컬렉터에 흐르는 전류의 세기가 증가한다.

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

05

▶23070-0123

그림은 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 극판의 면적은 같고, 극판 사이의 간격이 각각  $d, 2d$ 인 평행판 축전기 A, B를 연결하여 A, B를 완전히 충전한 것을 나타낸 것이다.



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

보기

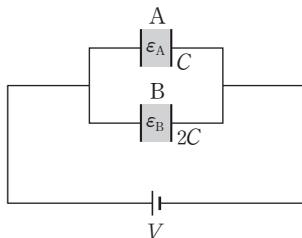
- ㄱ. 전기 용량은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 충전된 전하량은 A가 B의 2배이다.
- ㄷ. A의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{V}{2}$ 이다.

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

06

▶23070-0124

그림은 극판의 면적, 극판 사이의 간격이 같은 평행판 축전기 A, B가 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 연결되어 완전히 충전된 모습을 나타낸 것이다. A, B 내부에는 유전율이 각각  $\epsilon_A, \epsilon_B$ 인 유전체가 채워져 있고, A, B의 전기 용량은 각각  $C, 2C$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

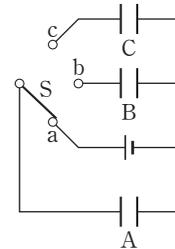
- ㄱ.  $\epsilon_B = 2\epsilon_A$ 이다.
- ㄴ. A에 충전된 전하량은  $CV$ 이다.
- ㄷ. B에 저장된 전기 에너지는 A에 저장된 전기 에너지의 2배이다.

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

07

▶23070-0125

그림과 같이 평행판 축전기 A와 충전되어 있지 않은 축전기 B, C, 스위치 S, 전압이 일정한 전원을 이용하여 회로를 구성하였다. S를 a, b, c에 차례로 연결하며 A, B, C를 완전히 충전시킨다. S가 c에 연결되어 있을 때, A, B, C에 저장된 전기 에너지는 모두 같다.



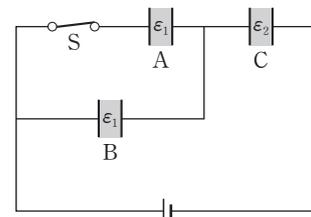
A의 전기 용량이 C일 때, B의 전기 용량은?

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

08

▶23070-0126

그림은 극판의 면적, 극판 사이의 간격이 같은 평행판 축전기 A, B, C, 스위치 S를 전압이 일정한 전원에 연결한 것을 나타낸 것이다. S가 닫힌 상태로 A, B, C가 완전히 충전되어 있고, 이때 A와 C에 저장된 전기 에너지는  $E$ 로 같다. A와 B의 내부에는 유전율이  $\epsilon_1$ 인 유전체가, C의 내부에는 유전율이  $\epsilon_2$ 인 유전체가 채워져 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

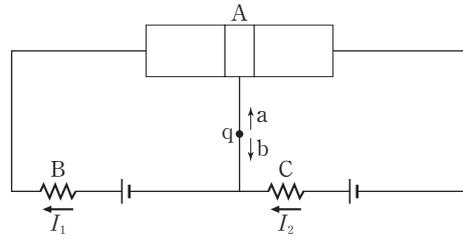
- ㄱ. C에 충전된 전하량은 A에 충전된 전하량의 2배이다.
- ㄴ.  $\epsilon_2 = 4\epsilon_1$ 이다.
- ㄷ. S를 열어 B와 C가 완전히 충전되었을 때, B에 저장된 전기 에너지는  $\frac{36}{25}E$ 이다.

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

01

▶23070-0127

그림과 같이 p형 반도체와 n형 반도체를 접합해 만든 트랜지스터 A가 전류를 증폭하고 있다. 저항 B, C에는 각각 세기가  $I_1, I_2$ 인 전류가 화살표 방향으로 흐르고 있으며  $I_2 > I_1$ 이다. 점 q는 베이스와 연결된 도선의 한 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

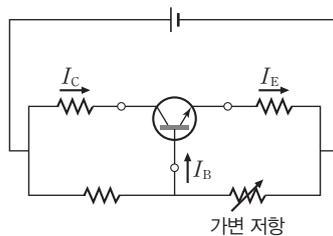
- ㄱ. A는 n-p-n형 트랜지스터이다.
- ㄴ. q에는 a 방향으로 전류가 흐른다.
- ㄷ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸린다.

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

02

▶23070-0128

그림은 트랜지스터, 저항, 가변 저항, 전압이 일정한 전원을 이용하여 구성한 전류 증폭 회로를 나타낸 것이다. 이미터, 베이스, 컬렉터 단자에 연결된 도선에는 각각 세기가  $I_E, I_B, I_C$ 인 전류가 화살표 방향으로 흐르고 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

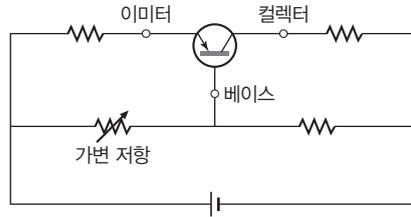
- ㄱ. 이미터는 p형 반도체이다.
- ㄴ. 컬렉터 단자의 전위는 이미터 단자의 전위보다 높다.
- ㄷ. 가변 저항의 저항값을 감소시키면  $I_B$ 는 증가한다.

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

### 03

▶ 23070-0129

그림과 같이 트랜지스터, 가변 저항, 저항, 전압이 일정한 전원을 연결하여 회로를 구성하였다. 트랜지스터에서는 전류의 증폭 작용이 일어나고 있고 전류 증폭률은 일정하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

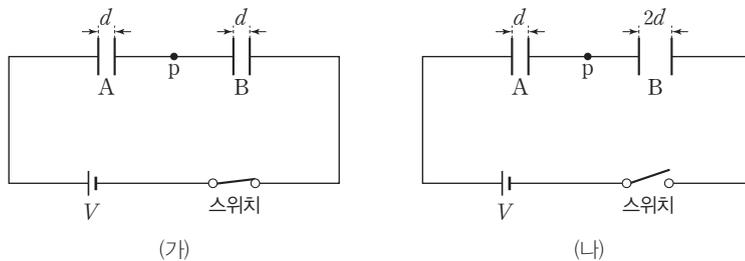
- ㄱ. 베이스는 n형 반도체이다.
- ㄴ. 이미터 단자의 전위는 베이스 단자의 전위보다 높다.
- ㄷ. 가변 저항의 저항값을 증가시키면 단위 시간당 이미터에서 컬렉터로 이동하는 양공의 수가 증가한다.

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

### 04

▶ 23070-0130

그림 (가)는 극판 면적이 같고, 극판 간격이  $d$ 인 평행판 축전기 A, B를 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 연결한 후 스위치를 닫아 A, B를 완전히 충전한 모습을 나타낸 것이다. 점 p는 A와 B 사이 도선상의 점이다. 그림 (나)는 (가)에서 스위치를 연 후 B의 극판 사이의 간격을  $2d$ 로 서서히 증가시켜, A, B가 완전히 충전된 상태를 나타낸 것이다.



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

**보기**

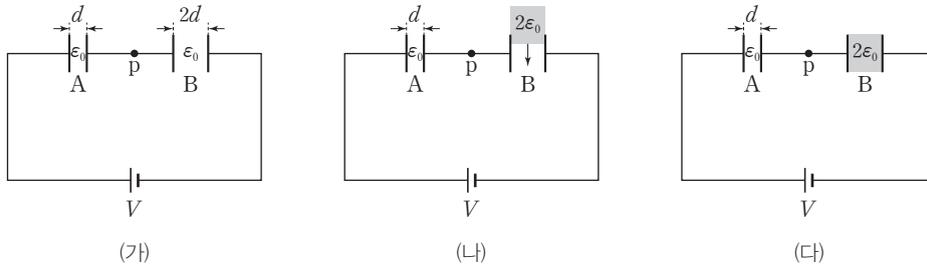
- ㄱ. A에 충전된 전하량은 (가)와 (나)에서 같다.
- ㄴ. B에 저장된 전기 에너지는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- ㄷ. (가) → (나) 과정에서 p에는 B에서 A 방향으로 전류가 흐른다.

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

05

▶23070-0131

그림 (가)는 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 극판의 면적은 같고 극판 간격이 각각  $d, 2d$ 인 평행판 축전기 A, B가 연결되어 완전히 충전되어 있는 모습을, (나)는 (가)에서 유전율이  $2\epsilon_0$ 인 직육면체 모양의 유전체를 B에 서서히 채우고 있는 모습을, (다)는 (나)에서 유전체가 B에 완전히 채워진 후 A, B가 완전히 충전된 모습을 나타낸 것이다. 점 p는 A와 B 사이 도선상의 점이고, (가)에서 A에 저장된 전기 에너지는  $E$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $\epsilon_0$ 은 진공의 유전율이다.)

보기

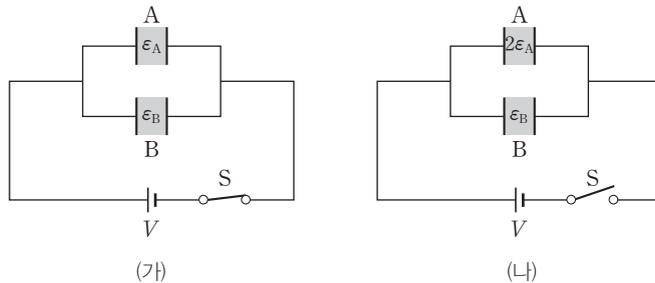
- ㄱ. (가)에서 A의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{1}{3}V$ 이다.
- ㄴ. (나)의 p에는 A에서 B 방향으로 전류가 흐른다.
- ㄷ. (다)에서 B에 저장된 전기 에너지는  $\frac{9}{4}E$ 이다.

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

06

▶23070-0132

그림 (가)는 극판의 면적, 극판 사이의 간격이 같은 평행판 축전기 A, B를 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 연결한 후, 스위치 S를 닫아 A, B를 완전히 충전한 것을 나타낸 것이다. A, B 내부에는 유전율이  $\epsilon_A, \epsilon_B$ 인 유전체가 각각 채워져 있다. 그림 (나)는 (가)에서 S를 연 후 A의 내부에 유전체를 유전율이  $2\epsilon_A$ 인 유전체로 바꾸어 채웠을 때 A, B가 완전히 충전된 것을 나타낸 것이다. (나)에서 A와 B에 충전된 전하량은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 B에 충전된 전하량은 A에 충전된 전하량의 2배이다.
- ㄴ. (나)에서 B의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{3}{4}V$ 이다.
- ㄷ. (가) → (나) 과정에서 A에 저장된 전기 에너지 증가량은 B에 저장된 전기 에너지 감소량과 같다.

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

09

# 전류에 의한 자기장

## 1 자기장과 자기력선

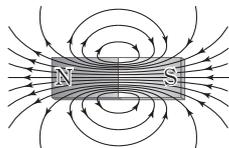
(1) 자기장

- ① 자기력: 자석 주위에 쇠붙이나 다른 자석을 가까이 하면 서로 당기거나 미는 힘이 작용하는데, 이렇게 자석이 다른 물체와 상호 작용 하는 힘을 자기력이라 한다.
- ② 자기장: 자기력이 미치는 공간을 자기장이라 한다.



▲ 막대자석 주위의 자기장

- (2) 자기력선: 막대자석 주위에 철가루를 뿌렸을 때, 자석 주위에 배열된 철가루의 모양으로 자기력선을 관찰할 수 있다. 자기력선은 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향을 연

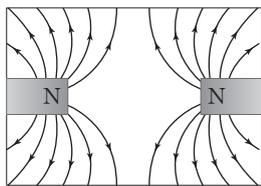


▲ 막대자석에 의한 자기력선

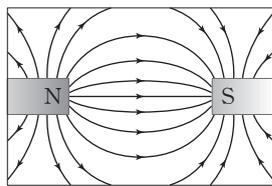
속적으로 이은 선으로 자기력선이 조밀한 곳일수록 자기장의 세기가 크다.

(3) 자기력선의 특징

- ① 자석의 N극에서 나와서 S극으로 들어가는 폐곡선이다.
- ② 서로 교차하거나 도중에 갈라지거나 끊어지지 않는다.
- ③ 자기력선 위의 한 점에서 그은 접선 방향이 그 점에서 자기장의 방향이다.
- ④ 같은 극과 다른 극 사이에서의 자기력선: 같은 극 사이에는 서로 밀어내는 방향의 자기력이 작용하고, 다른 극 사이에는 서로 당기는 방향의 자기력이 작용한다. 이때 자석 주위에서 자기력선의 모양은 그림과 같다.



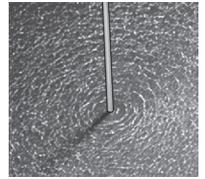
▲ 같은 극 사이의 자기력선



▲ 다른 극 사이의 자기력선

## 2 직선 전류에 의한 자기장

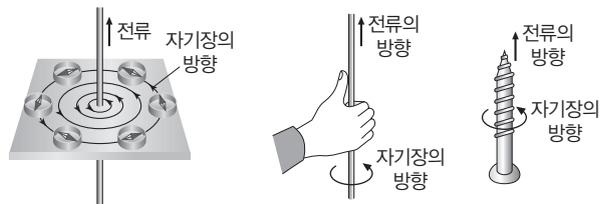
- (1) 전류의 자기 작용: 전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 형성되며, 이와 같이 전류에 의해 자기장이 형성되는 것을 전류의 자기 작용이라 한다.



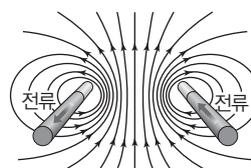
- (2) 자기장의 세기: 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 주위에 만들어진 자기장의 세기  $B$ 는 전류의 세기  $I$ 에 비례하고, 도선으로부터의 거리  $r$ 에 반비례한다.

$$B = k \frac{I}{r} \quad (\text{단위: T, N/A} \cdot \text{m, } k = 2 \times 10^{-7} \text{ N/A}^2)$$

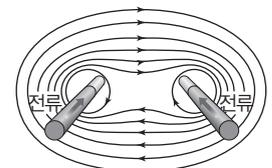
- (3) 자기장의 방향: 무한히 긴 직선 도선에 전류가 흐르면 도선을 중심으로 동심원 모양의 자기장이 만들어진다. 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락으로 감아쥐는 방향이다. 이는 오른나사가 전류의 방향으로 진행할 때 나사가 회전하는 방향과 일치한다.



- (4) 나란한 두 직선 도선에 전류가 흐를 때 자기력선의 모양: 전류가 흐르는 두 직선 도선이 같은 방향으로 나란하게 놓여 있는 경우 각각의 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장이 서로 중첩된다. 이때 도선 주위에서 자기력선의 모양은 그림과 같다.



▲ 서로 반대 방향으로 전류가 흐를 때

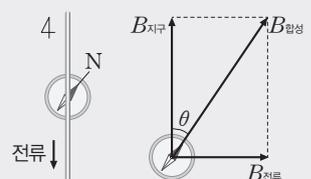


▲ 서로 같은 방향으로 전류가 흐를 때

### THE 알기 무한히 긴 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기( $B_{\text{전류}}$ )와 지구 자기장의 세기( $B_{\text{지구}}$ )의 관계

지구 자기장은 북쪽을 향하고, 직선 도선을 남북 방향으로 놓으면 전류에 의한 자기장은 동쪽 또는 서쪽을 향한다. 도선 주위에 형성되는 자기장은 지구 자기장과 전류에 의한 자기장의 벡터 합으로 구할 수 있고 나침반의 자침은 이러한 합성 자기장의 방향을 가리킨다.

그림에서 자침이 회전한 각도가  $\theta$ 이면  $\tan\theta = \frac{B_{\text{전류}}}{B_{\text{지구}}}$ 이므로 직선 전류에 의한 자기장의 세기는  $B_{\text{전류}} = B_{\text{지구}} \tan\theta$ 이다. 그런데  $B_{\text{지구}}$ 가 일정하므로  $B_{\text{전류}}$ 는  $\tan\theta$ 에 비례하고,  $B_{\text{전류}} = k \frac{I}{r}$ 이므로  $\tan\theta \propto \frac{I}{r}$ 이다.



**3 원형 전류에 의한 자기장**

(1) 자기장의 모양

① 원형 도선을 매우 작게 자르면 각각의 조각들은 직선 도선에 가깝다. 이 때문에 원형 도선에 전류를 흐르게 하면 이러한 작은 직선 도선에 흐르는 전류에 의해 만들어진 각각의 자기장들이 합성된 자기장이 원형 도선 주위에 생긴다.

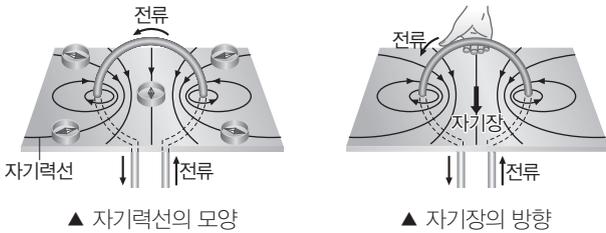


② 원형 도선을 이루는 직선 도선 근처에서 자기장의 모양은 원 모양이지만 도선에서 멀어지면 타원 모양이 되다가 원형 도선의 중심에서는 직선 모양이 된다.

(2) 자기장의 세기: 원형 도선 중심에서 자기장의 세기  $B$ 는 전류의 세기  $I$ 에 비례하고, 도선이 만드는 원의 반지름  $r$ 에 반비례한다.

$$B = k' \frac{I}{r} \quad (\text{단위: T, N/A} \cdot \text{m}, k' = 2\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2)$$

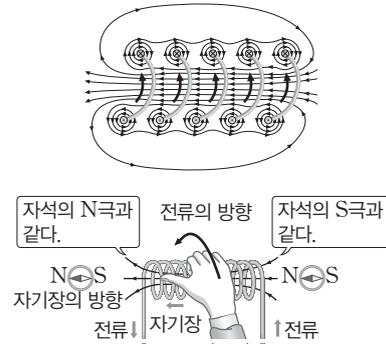
(3) 자기장의 방향: 원형 도선에 전류가 흐를 때 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 하고 나머지 네 손가락으로 도선을 감아줄 때 네 손가락이 감아주는 방향으로 원형 도선 주위에 회전하는 모양의 자기장이 형성된다. 이때 원형 도선 중심에서 자기장의 방향은 엄지손가락을 제외한 네 손가락이 가리키는 방향이다.



(2) 자기장의 세기: 솔레노이드가 충분히 길 경우, 그 내부에서는 방향과 세기가 일정한 균일한 자기장이 생긴다. 이때 내부에서 자기장의 세기  $B$ 는 전류의 세기  $I$ 에 비례하고, 단위 길이당 도선의 감은 수  $n$ 에 비례한다.

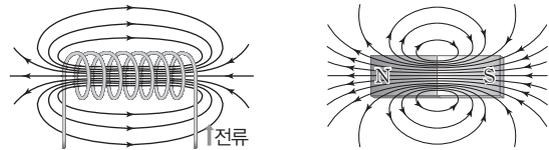
$$B = k'' n I \quad (\text{단위: T, N/A} \cdot \text{m}, k'' = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2)$$

(3) 자기장의 방향: 오른손의 네 손가락으로 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향으로 코일을 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 솔레노이드 내부에서의 자기장의 방향이다.



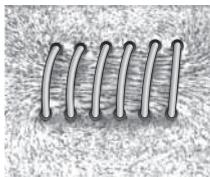
(4) 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 특징

- ① 막대자석에 의한 자기장과 모양이 비슷하다.
- ② 내부에 균일한 자기장이 만들어진다.

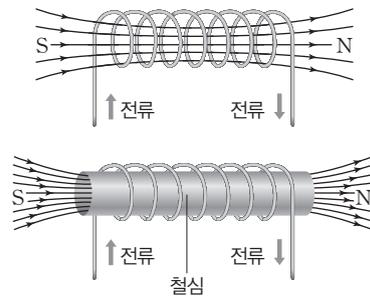


**4 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장**

(1) 솔레노이드에서의 자기장: 긴 원통에 원형 도선을 촘촘하게 감은 것을 솔레노이드라고 한다. 솔레노이드 내부에서는 솔레노이드의 중심축에 나란하고 균일한 자기장이 형성되고, 솔레노이드 외부에서는 막대자석이 만드는 자기장과 비슷한 모양의 자기장이 형성된다.

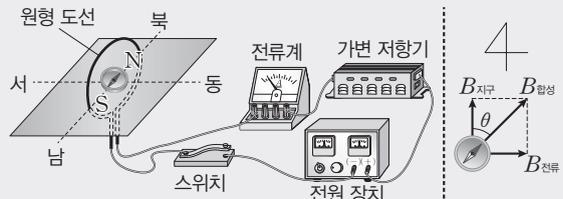


(5) 전자석의 자기장: 솔레노이드 속에 철, 니켈 등과 같은 강자성체로 만들어진 심을 넣으면 심을 넣기 전 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장보다 훨씬 강한 자기장이 생기며 이것이 우리가 생활에서 사용하는 전자석이다.

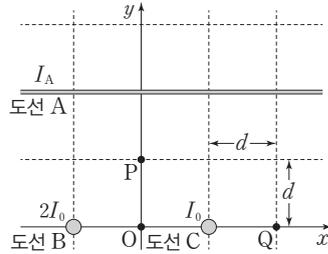


**THE 알기** 전류가 흐르는 원형 도선 주위의 자기장 실험

- 원형 도선의 중심축과 동서를 연결하는 선을 일치시켜 전기 회로를 구성하고 원형 도선의 중심에 나침반을 놓은 후, 스위치를 닫고 가변 저항기의 저항값을 조절하여 전류의 세기를 변화시키면서 나침반 자침의 회전각을 측정한다.
- 전류가 증가함에 따라 나침반 자침의 회전각이 북쪽에서 동쪽 방향으로 점점 증가한다. 자침의 N극이 가리키는 방향은 지구에 의한 자기장  $B_{지구}$ 와 전류에 의한 자기장  $B_{전류}$ 의 벡터 합 방향이다.



그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 세기가 각각  $I_A$ ,  $2I_0$ ,  $I_0$ 인 전류가 흐른다. A는  $xy$  평면에서  $x$ 축에 나란하게, B와 C는  $xy$  평면에 수직으로 고정되어 있다. P는  $y$ 축상의 점, Q는  $x$ 축상의 점이다. A, B, C에 의한 자기장의 세기는 원점 O와 P에서 서로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. B, C에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.
- ㄴ. A, B, C에 의한 자기장의 세기는 Q에서 P에서보다 작다.
- ㄷ.  $I_A$ 는  $3I_0$ 보다 작다.

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

**접근 전략 / 간략 풀이**

▶ 접근 전략

$xy$  평면상에 놓인 도선과  $xy$  평면에 수직으로 놓인 도선에 각각 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 수직이다.

▶ 간략 풀이

P에서 A에 의한 자기장의 세기를  $B_A$ , O에서 C에 의한 자기장의 세기를  $B_C$ 라고 하면, P에서 A, B, C에 의한 자기장의 세기  $B_P$ 는 다음과 같다.

$$B_P = \sqrt{B_A^2 + (\sqrt{2}B_C)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}B_C\right)^2}$$

㉠ O에서 A, B, C에 의한 자기장의 세기  $B_O$ 는 B, C에 흐르는 전류의 방향이 같을 때는  $\sqrt{\left(\frac{1}{2}B_A\right)^2 + B_C^2}$ .

반대일 때는  $\sqrt{\left(\frac{1}{2}B_A\right)^2 + (3B_C)^2}$ 이다.

$B_O = B_P$ 가 성립하기 위해서, B와 C에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.

㉡ Q에서 A에 의한 자기장의 세기는 O에서와 같고, B와 C에 의한 자기장의 세기는 O에서보다 작다. 따라서 A, B, C에 의한 자기장의 세기는 Q에서 O에서와 P에서보다 작다.

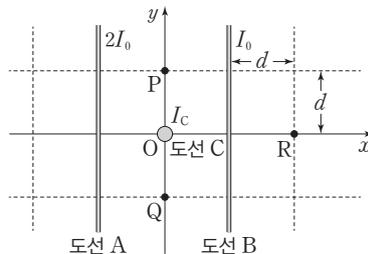
㉢  $B_O^2 = B_P^2$ 이므로,  $\frac{1}{4}B_A^2 + 9B_C^2 = B_A^2 + \frac{5}{2}B_C^2$ 에서  $B_A^2 = \frac{26}{3}B_C^2$ 이다.  $\frac{26}{3} < 3^2$ 이므로  $I_A < 3I_0$ 이다.

정답 | ⑤

**0** **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 26쪽

그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 세기가 각각  $2I_0$ ,  $I_0$ ,  $I_C$ 인 전류가 흐른다. A, B는  $xy$  평면에서  $y$ 축에 나란하게, C는  $xy$  평면에 수직으로 고정되어 있다. P, Q는  $y$ 축상의 점, R는  $x$ 축상의 점이다. A, B, C에 의한 자기장의 세기는 P와 R에서 서로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. A, B, C에 의한 자기장의 세기는 Q와 R에서 서로 같다.
- ㄴ. A, B에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.
- ㄷ.  $I_C$ 는  $\sqrt{3}I_0$ 보다 작다.

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

▶ 23070-0133

**유사점과 차이점 / 배경 지식**

▶ 유사점과 차이점

도선이  $xy$  평면상에 놓인 것과  $xy$  평면에 수직으로 고정된 것이 혼재되어 있는 상황은 대표 문제와 유사하지만 도선의 배치가 다른 조건에서 문제를 해결한다는 점에서 차이가 있다.

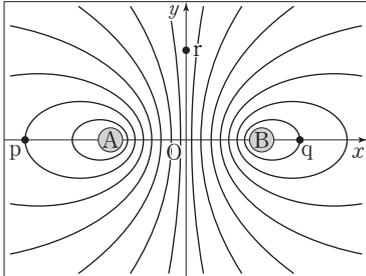
▶ 배경 지식

무한히 긴 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

01

▶23070-0134

그림은  $xy$  평면에 수직으로  $x$ 축상에 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B에 같은 세기의 전류가 각각 흐를 때 도선 주위의 자기력선을 방향 표시 없이 나타낸 것이다. 점 p, q는  $x$ 축상의 점, 점 r는  $y$ 축상의 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

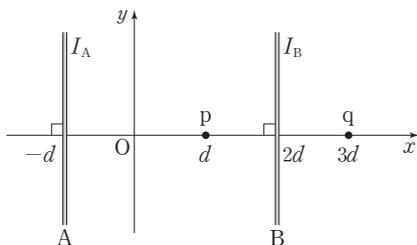
- ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 같다.
- ㄴ. 자기장의 세기는 원점 O에서가 r에서보다 크다.
- ㄷ. 자기장의 방향은 p에서와 q에서가 같다.

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

02

▶23070-0135

그림과 같이  $xy$  평면에 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B에 세기가 각각  $I_A, I_B$ 로 일정한 전류가 흐르고 있다.  $x$ 축상의 점 p, q에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 방향은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

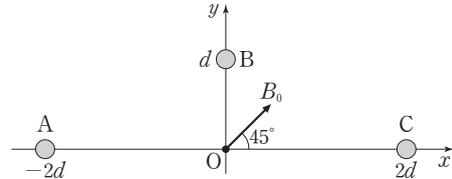
- ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 같다.
- ㄴ.  $I_A = 8I_B$ 이다.
- ㄷ. A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 원점 O에서와 p에서가 같다.

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

03

▶23070-0136

그림은 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가  $xy$  평면에 수직으로 고정된 것을 나타낸 것이다. A, B, C에 흐르는 전류의 방향은 서로 같고, B, C에 흐르는 전류의 세기는  $I_0$ 이다. 원점 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 방향이  $x$ 축과  $45^\circ$ 의 각을 이루고, 세기가  $B_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

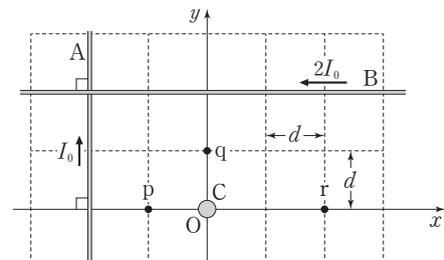
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. O에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $\frac{\sqrt{2}}{2}B_0$ 이다.
- ㄷ. A에 흐르는 전류의 세기는  $3I_0$ 이다.

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

04

▶23070-0137

그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 일정한 세기의 전류가 흐른다. A, B는  $xy$  평면에서 각각  $y$ 축,  $x$ 축에 나란하게, C는  $xy$  평면에 수직으로 고정되어 있다. A, B에 흐르는 전류는 세기가 각각  $I_0, 2I_0$ 이고, 방향은 각각  $+y$ 방향,  $-x$ 방향이다. A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $x$ 축상의 점 p에서  $B_0$ ,  $y$ 축상의 점 q에서  $\sqrt{2}B_0$ 이다. 점 r는  $x$ 축상의 점이다.



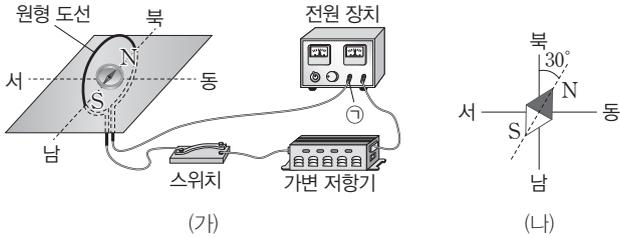
r에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는?

- ①  $\frac{1}{2}B_0$     ②  $\frac{\sqrt{2}}{2}B_0$     ③  $B_0$     ④  $\sqrt{2}B_0$     ⑤  $\sqrt{5}B_0$

05

▶23070-0138

그림 (가)는 중심축이 동서 방향인 원형 도선의 중심에 나침반을 놓고 실험 장치를 구성한 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 스위치를 닫았을 때 나침반 자침의 회전각이 30°인 것을 나타낸 것이다.



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

보기

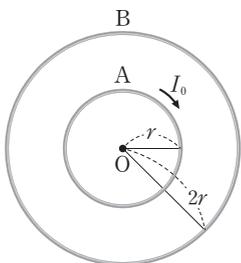
- ㄱ. 전원 장치의 단자 ㉠은 (+)극이다.
- ㄴ. 원형 도선의 반지름만 2배가 되면, 자침의 회전각은 60°가 된다.
- ㄷ. 가변 저항기의 저항값만  $\frac{1}{2}$ 배가 되면, 자침의 회전각은 60°가 된다.

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

06

▶23070-0139

그림은 중심이 점 O이고 반지름이 각각  $r, 2r$ 인 원형 도선 A, B가 종이면에 고정된 것을 나타낸 것이다. A에는 시계 방향으로 세기가  $I_0$ 인 전류가 흐른다. 표는 B에 흐르는 전류에 따른 O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장을 나타낸 것이다. O에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이 양(+)이다.



B에 흐르는 전류		O에서 자기장	
세기	방향	세기	방향
㉠	시계	$3B_0$	(-)
	시계 반대	$B_0$	(-)
㉡	시계	$3B_1$	(-)
	시계 반대	$B_1$	(+)

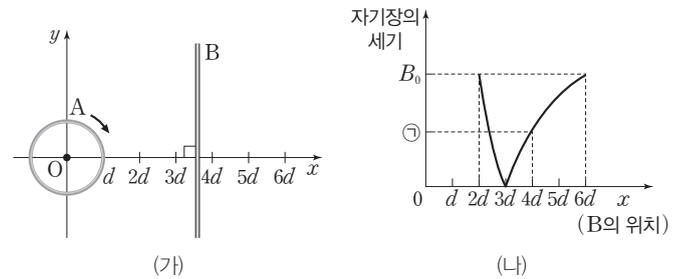
㉡은?

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

07

▶23070-0140

그림 (가)와 같이 중심이 원점 O이고 반지름이  $d$ 인 원형 도선 A와 무한히 긴 직선 도선 B가  $xy$  평면에 있고, A, B에는 일정한 세기의 전류가 흐른다. A는 고정되어 있고, A에 흐르는 전류의 방향은 화살표 방향과 같다. 그림 (나)는 B를  $x=2d$ 와  $x=6d$  사이의 위치에 놓을 때, O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 B의 위치  $x$ 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

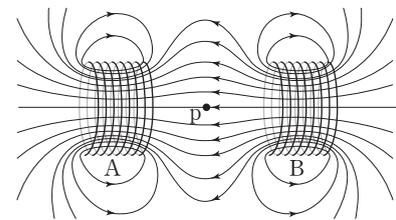
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은 +y방향이다.
- ㄴ. B의 위치가  $x=2d$ 일 때, O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄷ. ㉠은  $\frac{1}{2}B_0$ 이다.

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

08

▶23070-0141

그림은 중심축이 일치하도록 고정된 동일한 솔레노이드 A, B에 세기가  $I_0$ 인 전류가 각각 일정하게 흐를 때, A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기력선을 나타낸 것이다. 점 p는 A와 B의 중심축상의 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

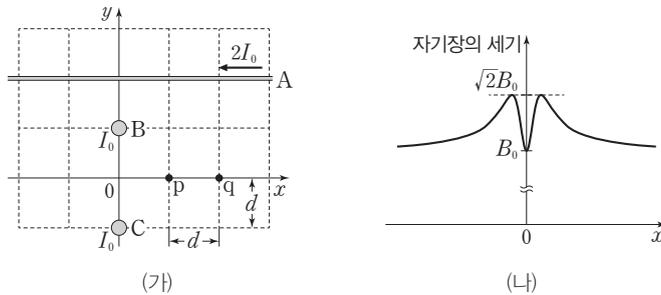
- ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 같다.
- ㄴ. A와 B 사이에는 서로 미는 자기력이 작용한다.
- ㄷ. B에 흐르는 전류의 방향만 반대로 하면, p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 커진다.

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

01

▶23070-0142

그림 (가)와 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 세기가 각각  $2I_0, I_0, I_0$ 인 전류가 흐른다. A에 흐르는 전류의 방향은  $-x$ 방향이다. A는  $xy$  평면에서  $x$ 축에 나란하게, B와 C는  $xy$  평면에 수직으로 고정되어 있다. 점 p, q는  $x$ 축상의 점이다. 그림 (나)는 (가)의  $x$ 축상에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 위치  $x$ 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

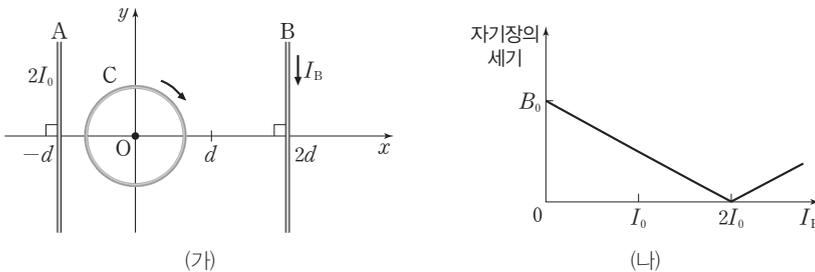
- ㄱ. 전류의 방향은 B에서와 C에서가 같다.
- ㄴ. p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장이  $xy$  평면과 이루는 각은  $45^\circ$ 이다.
- ㄷ. q에서 B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $\frac{4}{5}B_0$ 이다.

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

02

▶23070-0143

그림 (가)는 무한히 긴 직선 도선 A, B와 원형 도선 C가  $xy$  평면에 고정된 것을 나타낸 것이다. A, B는  $x = -d$ 와  $x = 2d$ 를 각각 지나며 C의 중심은 원점 O이다. A에는 세기가  $2I_0$ 으로 일정한 전류가 흐르고 C에는 시계 방향으로 일정한 세기의 전류가 흐른다. B에 흐르는 전류의 방향은  $-y$ 방향이다. 그림 (나)는 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 B에 흐르는 전류의 세기  $I_B$ 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

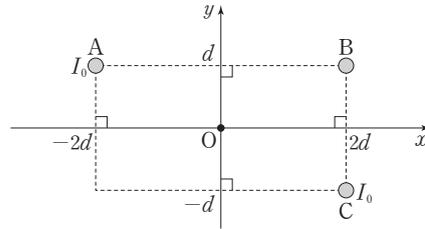
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은  $+y$ 방향이다.
- ㄴ. O에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $B_0$ 이다.
- ㄷ.  $I_B = I_0$ 일 때, O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

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

03

▶ 23070-0144

그림과 같이 일정한 세기의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가  $xy$  평면에 수직으로 고정되어 있다. A, C에 흐르는 전류의 세기는  $I_0$ 으로 같다. 원점 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은  $+x$ 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

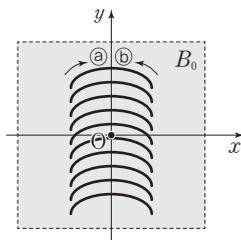
- ㄱ. C에 흐르는 전류의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ. B에 흐르는 전류의 세기는  $2I_0$ 이다.
- ㄷ. B에 흐르는 전류의 방향만 반대로 하면, O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 2배가 된다.

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

04

▶ 23070-0145

그림과 같이 세기가  $B_0$ 이고 방향은  $+x$ 방향인 균일한 자기장 영역에 중심축이  $y$ 축인 솔레노이드가 고정되어 있다. 표의 (가), (나)는 단위 길이당 도선의 감은 수  $n$ 과 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기  $I$ 에 따라 원점 O에서 자기장의 세기를 나타낸 것이다. (가)의 O에서 자기장의  $x$ 성분과  $y$ 성분은 같다.



	$n$	$I$	O에서 자기장의 세기
(가)	$n_0$	$I_0$	㉠
(나)	$2n_0$	$I_0$	$2B_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. (가)에서 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향은 ㉠ 방향이다.
- ㄴ. ㉠은  $\sqrt{2}B_0$ 이다.
- ㄷ. ㉠은  $I_0$ 이다.

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

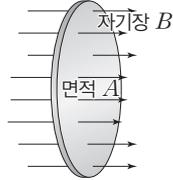
# 10

## 전자기 유도와 상호유도

### 1 전자기 유도

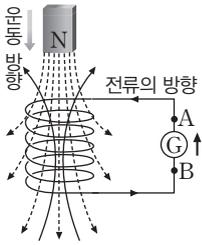
(1) 전자기 유도: 코일을 통과하는 자기 선속(자속)이 변할 때 코일에 전류가 흐르는 현상을 전자기 유도라고 하고, 이때 흐르는 전류를 유도 전류라고 한다. 또한 유도 전류를 흐르게 하는 기전력을 유도 기전력이라고 한다.

(2) 자기 선속(자속): 자기장에 수직인 단면을 지나가는 자기력선의 총 개수를 자기 선속이라고 한다. 자기 선속  $\Phi$ 는 자기장의 세기  $B$ 가 클수록, 자기장이 통과하는 면적  $A$ 가 클수록 크다. 면의 법선과 자기장 방향이 이루는 각이  $\theta$ 일 때 자기 선속은  $\Phi = BA \cos\theta$ 이고,  $\theta=0$ 일 때  $\Phi = BA$  [단위: Wb(웨버)]이다.

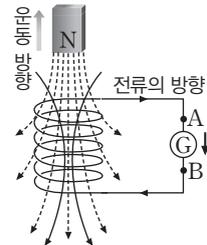


(3) 렌츠 법칙: 렌츠 법칙은 유도 전류의 방향에 대한 법칙이다. 유도 전류는 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐르며, 이를 렌츠 법칙이라고 한다.

(4) 유도 전류의 방향: 그림 (가)와 같이 자석의 N극을 솔레노이드에 가까이 접근시키면 솔레노이드 내부를 지나는 자기 선속이 증가한다. 렌츠 법칙을 적용하면 유도 전류는 자기 선속이 증가하는 것을 방해하기 위해 B → ⊙ → A 방향으로 흐른다. 그림 (나)와 같이 자석의 N극이 솔레노이드에서 멀어지면 솔레노이드 내부를 지나는 자기 선속이 감소한다. 렌츠 법칙을 적용하면 유도 전류는 자기 선속이 감소하는 것을 방해하기 위해 A → ⊙ → B 방향으로 흐른다.



(가) 자기 선속이 증가하는 경우



(나) 자기 선속이 감소하는 경우

(5) 패러데이 법칙: 유도 기전력의 크기에 대한 법칙이다. 유도 기전력  $V$ 는 코일의 감은 수  $N$ 과 자기 선속의 시간에 따른 변화율 (자기 선속의 시간당 변화율)  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 에 비례하고, 유도 기전력의 방

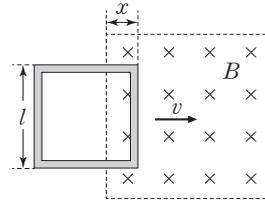
향은 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이다. (-) 부호는 렌츠 법칙을 나타낸다.

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

### 2 전자기 유도의 적용

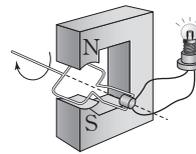
(1) 도선의 운동에 의한 전자기 유도: 한 변의 길이가  $l$ 이고 저항값이  $R$ 인 정사각형 도선이 세기가  $B$ 이고 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역에 들어갈 때 정사각형 도선을 통과하는 자기 선속이 증가하므로 정사각형 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

• 유도 기전력의 크기: 자기장의 세기가  $B$ 이고, 자기장 영역에 포함된 면적은  $A = lx$ 이므로 자기 선속은  $\Phi = BA = Blx$ 이다. 자기장의 세기  $B$ 와 도선의 길이  $l$ 은 일정하므로 자기 선속의 변화는  $\Delta\Phi = Bl\Delta x$ 이다. 따라서 유도 기전력의 크기는  $V = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = Blv$ 이고 정사각형 도선에 흐르는 전류의 세기는  $I = \frac{V}{R} = \frac{Blv}{R}$ 이다.

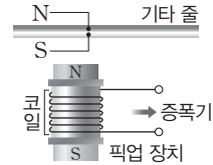


(2) 전자기 유도의 이용

- ① 발전기: 코일을 회전시키면 코일면을 통과하는 자기 선속이 시간에 따라 계속 변하므로 유도 기전력이 발생한다.
- ② 전기 기타: 그림과 같이 픽업 장치의 자석에 의해 자기화된 기타 줄이 진동하면 코일 속을 통과하는 자기 선속이 변하기 때문에 코일에 전류가 유도되어 전기 신호가 발생한다. 이 전기 신호를 증폭하여 스피커를 진동시키면 소리가 발생한다.



▲ 발전기

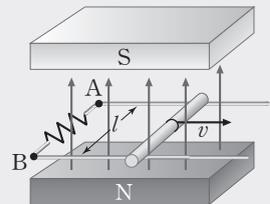


▲ 전기 기타의 원리

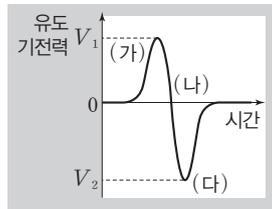
### THE 알기 □자형 도선에서의 전자기 유도

세기가  $B$ 인 균일한 자기장 영역에 수직으로 놓인 저항이 연결된 □자형 도선 위에 올려놓은 금속 막대를 일정한 속력  $v$ 로 화살표 방향으로 운동시킬 때 유도 전류의 방향과 유도 기전력의 크기는 다음과 같다.

- 유도 전류의 방향: 금속 막대를 운동시키면 도선과 금속 막대로 둘러싸인 부분을 통과하는 자기 선속이 증가하므로 렌츠 법칙에 의해 저항에는 B → 저항 → A 방향으로 유도 전류가 흐른다.
- 유도 기전력의 크기: 자기 선속의 시간당 변화율은  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{Blv\Delta t}{\Delta t}$ 이므로 유도 기전력의 크기는  $V = Blv$ 이다.



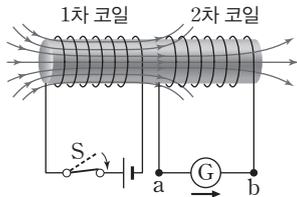
- (3) 자석이 솔레노이드 안을 통과할 때 유도되는 기전력: 그림과 같이 N극이 아래로 향하게 하여 자석을 떨어뜨리면 N극이 솔레노이드에 가까워지면서 솔레노이드에는 자석의 운동을 방해하는 위 방향의 자기장을 유도하는 기전력이 발생한다. 반대로 자석의 S극이 빠져나갈 때는 솔레노이드에는 아래 방향의 자기장을 유도하는 기전력이 발생하여 자석의 운동을 방해한다.



자석이 솔레노이드에 들어갈 때와 나올 때 유도 기전력의 최대값  $V_1$ 과  $V_2$ 가 다른 까닭은 중력과 자기력에 의해 가속된 자석의 속력이 달라 솔레노이드를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율이 다르기 때문이다.

### 3 상호유도

- (1) 상호유도: 인접한 두 코일 사이에 발생하는 전자기 유도로 1차 코일의 전류 변화에 의한 자기 선속의 변화에 의해 2차 코일에 유도 기전력이 발생하는 현상이다.

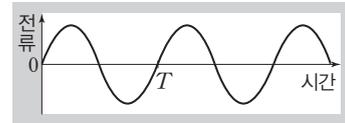


- (2) 상호 인덕턴스( $M$ ): 2차 코일의 감은 수가  $N_2$ 이고  $\Delta t$  동안 1차 코일에 흐르는 전류가  $\Delta I_1$ 만큼 변할 때 2차 코일에 만드는 유도 기전력을  $V$ 라고 하면

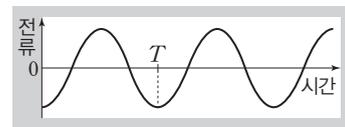
$$V = -N_2 \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} = -N_2 \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta I_1} \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \text{이고,}$$

상호 인덕턴스의 단위는 H(헨리)이다.

- ① 유도 기전력은 상호 인덕턴스와 1차 코일에 흐르는 전류의 시간당 변화율에 비례한다. 이때 상호 인덕턴스는 코일의 모양, 감은 수, 위치, 코일 내부의 물질 등에 의해 결정된다.  
 ② 상호유도 기전력의 방향은 렌츠 법칙에 따라 1차 코일의 전류에 의해 생기는 자기장의 변화를 방해하는 방향(a → ㉠ → b)이다.  
 (3) 교류에 의한 상호유도: 그림과 같이 1차 코일에 교류가 흐르면 1차 코일을 통과하는 자기 선속의 변화가 2차 코일에도 영향을 미쳐 상호유도에 의해 2차 코일에 유도 전류가 흐른다.



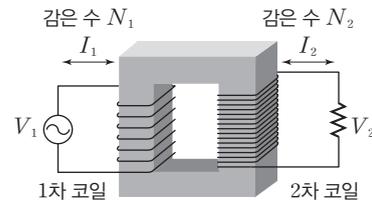
▲ 1차 코일에 흐르는 전류



▲ 2차 코일에 유도된 전류

### 4 변압기

- (1) 변압기: 상호유도를 이용하여 교류 전압을 변화시키는 장치이다. 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비에 따라 전압이 결정된다.



- (2) 유도 기전력: 코일의 감은 수가 각각  $N_1, N_2$ 이고, 1차 코일과 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 변화가 같다고 하면,

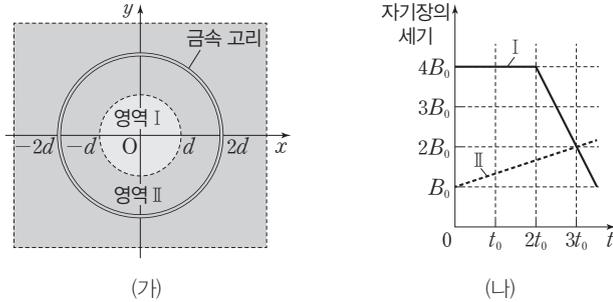
$$V_1 = -N_1 \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t}, V_2 = -N_2 \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} \text{이므로 } \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \text{이다. 1차 코일에 공급된 전력은 } P_1 = V_1 I_1 \text{이고 2차 코일에 상호유도에 의해 전달된 전력은 } P_2 = V_2 I_2 \text{이다. 변압기에서 전기 에너지 손실이 없다면 2차 코일에 전달된 전력은 1차 코일에서 공급된 전력과 같다. 따라서 두 코일의 감은 수와 전류의 관계는 다음과 같다.}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

## THE 알기 상호유도의 이용

- 금속 탐지기: 금속 탐지기에서 1차 코일에 흐르는 교류에 의해 발생한 자기 선속이 코일 아래에 있는 금속 물질에 전류를 유도하고 이 전류에 의해 자기장이 발생한다. 금속 탐지기의 2차 코일이 이 자기장의 변화를 감지하여 금속 물질을 탐지한다.
- 스마트폰 무선 충전기: 충전 패드에 있는 1차 코일에 교류 전원이 연결되면 스마트폰에 있는 2차 코일에서 유도 기전력이 발생하여 충전한다.
- 고압 방전 장치: 자동차에서 연료를 점화하는 데 사용되는 고압 방전 장치는 두 금속 사이에 순간적으로 큰 전압을 걸어 방전이 일어나도록 하는 장치로, 1차 코일에 전류를 흐르게 하다가 갑자기 끊으면 상호유도에 의해 2차 코일에 유도 기전력이 발생한다. 이때 유도 기전력이 충분히 크면 2차 코일에 연결된 두 금속 사이에 불꽃이 튀는 방전 현상이 나타난다.

그림 (가)는  $xy$  평면에 고정된 원형 금속 고리와 균일한 자기장 영역 I, II를 나타낸 것이다. 금속 고리의 반지름은  $2d$ 이다. I은 반지름이  $d$ 인 원모양의 영역이고 I에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다. II는 I을 제외한 영역이고 II에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직이다. 그림 (나)는 I, II에서 자기장의 세기를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다.  $t=t_0$ 일 때와  $t=3t_0$ 일 때 유도 기전력의 크기는  $V_0$ 으로 같다.



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

**보기**

- ㄱ.  $V_0 = \frac{\pi d^2 B_0}{t_0}$ 이다.
- ㄴ. II에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄷ. 유도 전류의 방향은  $t=t_0$ 일 때와  $t=3t_0$ 일 때가 서로 반대이다.

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

**접근 전략 / 간략 풀이**

▶ 접근 전략

유도 기전력의 크기는 고리를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율에 비례한다.

▶ 간략 풀이

㉠  $t_0$ 일 때, I에서는 자기장이 변하지 않으므로 II에서의 자기장 변화만을 고려하면 유도 기전력의 크기는

$$V_0 = (3\pi d^2) \frac{B_0}{3t_0} = \frac{\pi d^2 B_0}{t_0} \text{이다.}$$

㉡  $2t_0$  이후, 자기장의 세기가 I에서는 감소하고 II에서는 증가한다. I과 II에서 자기장의 방향이 서로 반대일 경우 유도 기전력의 크기는  $3t_0$ 일 때가  $t_0$ 일 때보다 크다. 유도 기전력의 크기가  $3t_0$ 일 때와  $t_0$ 일 때가 같으므로, I과 II에서 자기장의 방향은 서로 같다.

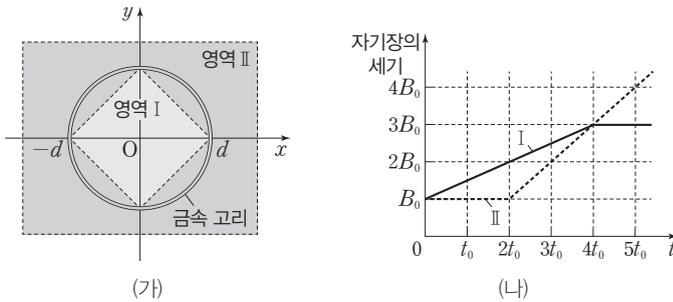
㉢ 금속 고리에는  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 자기장에 의한 자기 선속이 0부터  $2t_0$ 까지는 증가하고 있고,  $2t_0$  이후에는 감소하고 있으므로, 유도 전류의 방향은  $t_0$ 일 때와  $3t_0$ 일 때 서로 반대이다.

정답 | ⑤

**0** **짧은 풀이 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 30쪽

그림 (가)는  $xy$  평면에 고정된 원형 금속 고리와 균일한 자기장 영역 I, II를 나타낸 것이다. 금속 고리의 반지름은  $d$ 이다. I은 고리에 내접한 정사각형 영역이고, II는 I을 제외한 영역이다. I, II에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직이며 서로 반대이다. 그림 (나)는 I, II에서 자기장의 세기를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다.  $t=t_0$ 일 때 유도 기전력의 크기는  $V_0$ 이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고리의 두께와 폭은 무시한다.)



▶ 23070-0146

**유사점과 차이점 / 배경 지식**

▶ 유사점과 차이점

원형 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 변화에 의한 유도 기전력을 다루는 것은 유사하나, 자기 선속의 시간에 따른 변화율을 비교하는 것이 다르다.

▶ 배경 지식

원형 금속 고리를 통과하는 자기장의 방향이 반대이면 자기 선속의 변화 또한 반대이다.

**보기**

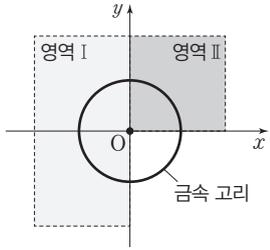
- ㄱ.  $V_0 = \frac{d^2 B_0}{t_0}$ 이다.
- ㄴ.  $t=5t_0$ 일 때 유도 기전력의 크기는  $V_0$ 보다 크다.
- ㄷ. 유도 전류의 방향은  $t=3t_0$ 일 때와  $t=5t_0$ 일 때가 서로 반대이다.

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

01

▶23070-0147

그림은  $xy$  평면에 고정된 원형 금속 고리와 균일한 자기장 영역 I, II를 나타낸 것이다. 고리의 중심은 원점 O이고, I과 II에서 자기장의 방향은 서로 반대이며,  $xy$  평면에 수직이다. 표는 I, II에서 자기장의 세기가 다른 조건 (가), (나)를 나타낸 것이다.



	자기장의 세기	
	영역 I	영역 II
(가)	$B_0$	$B_0$
(나)	$2B_0$	$B_0$

(가)와 (나)에서 고리면을 통과하는 자기 선속의 크기를 각각  $\Phi_{(가)}$ ,  $\Phi_{(나)}$ 라고 할 때,  $\frac{\Phi_{(나)}}{\Phi_{(가)}}$ 는?

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5

02

▶23070-0148

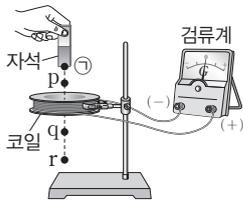
다음은 전자기 유도에 대한 실험이다.

[자료 조사 결과]

- 검류계의 (+)단자에 전류가 들어가는 방향으로 흐르면 검류계의 바늘은 양(+)의 값을, 반대로 (+)단자에서 나오는 방향으로 흐르면 바늘은 음(-)의 값을 가리킨다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 검류계가 연결된 코일의 중심축이 연직 방향이 되도록 고정하고, 자석을 코일의 중심축과 평행하도록 코일 위에 위치시킨다.



(나) 자석을 가만히 놓은 후, 자석의 한쪽 끝점 ㉠이 중심축상의 점 p, q, r를 지나는 순간 검류계의 눈금을 관찰한다.

[실험 결과]

위치	p	q	r
검류계			

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

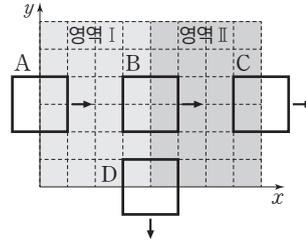
- ㄱ. 자석을 가만히 놓은 후 ㉠이 p에 가까워지는 동안 자석에 의한 자기장이 코일을 통과하는 자기 선속은 증가한다.
- ㄴ. ㉠은 S극이다.
- ㄷ. ㉡은 이다.

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

03

▶23070-0149

그림은 균일한 자기장 영역 I, II에 동일한 크기의 정사각형 도선 A, B, C, D가  $xy$  평면상에서 같은 속력으로 운동하는 순간의 모습을 나타낸 것이다. A, B, C는  $+x$  방향으로, D는  $-y$  방향으로 운동한다. 표는 영역 I, II에서의 자기장의 세기와 방향을 나타낸 것이다.



	영역 I	영역 II
세기	$B_0$	$2B_0$
방향	⊙	⊗

- ⊙:  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향
- ⊗:  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모는 눈금의 간격은 동일하고, A, B, C, D 사이의 상호 작용은 무시한다.)

보기

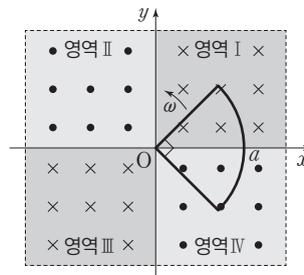
- ㄱ. A와 C에 흐르는 유도 전류의 방향은 같다.
- ㄴ. B에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.
- ㄷ. 유도 기전력의 크기는 B에서가 D에서의 2배이다.

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

04

▶23070-0150

그림은 균일한 자기장 영역 I~IV를 포함한  $xy$  평면상에서 반지름이  $a$ 인 사분원 모양의 도선이 원점 O를 중심으로 시계 반대 방향으로 일정한 각속도  $\omega$ 로 회전할 때, 시간이  $t_0$ 인 순간의 모습을 나타낸 것이다. I~IV에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직이고, 세기는  $B$ 로 같다.



- ⊙:  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향
- ⊗:  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

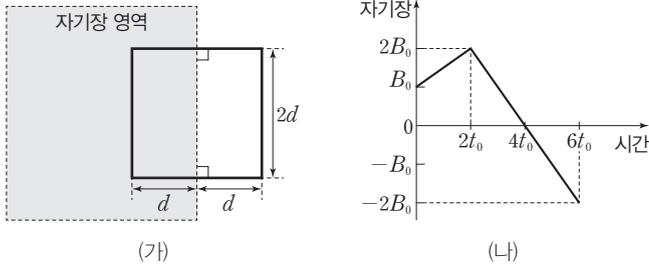
- ㄱ.  $t_0$ 일 때, 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.
- ㄴ.  $t_0$ 일 때, 도선에 유도되는 기전력의 크기는  $Ba^2\omega$ 이다.
- ㄷ.  $t_0$ 부터 한 바퀴 회전하는 동안 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 4번 변한다.

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

05

▶23070-0151

그림 (가)와 같이 종이면에 수직인 균일한 자기장 영역에 고정된 정사각형 도선의 일부가 놓여있다. 그림 (나)는 (가)의 자기장 영역에서의 자기장을 시간에 따라 나타낸 것이다.  $t_0$ 일 때, 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

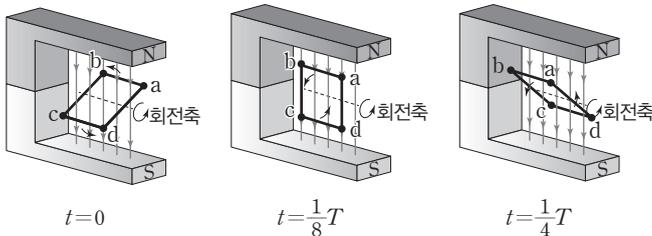
- ㄱ.  $3t_0$ 일 때, 자기장 영역에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ.  $3t_0$ 일 때, 도선에 유도되는 기전력의 크기는  $\frac{2d^2 B_0}{t_0}$ 이다.
- ㄷ.  $5t_0$ 일 때, 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.

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

06

▶23070-0152

그림은 말굽자석 내부에서 회전축을 중심으로 화살표 방향으로 일정한 각속도로 회전을 하는 직사각형 도선의 모습을 시간에 따라 나타낸 것이다. 점 a~d는 직사각형의 네 꼭짓점이며, 도선의 회전 주기는  $T$ 이다. 시간  $t = \frac{1}{8}T$ 인 순간 자기력선은 도선이 이루는 면과 나란하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

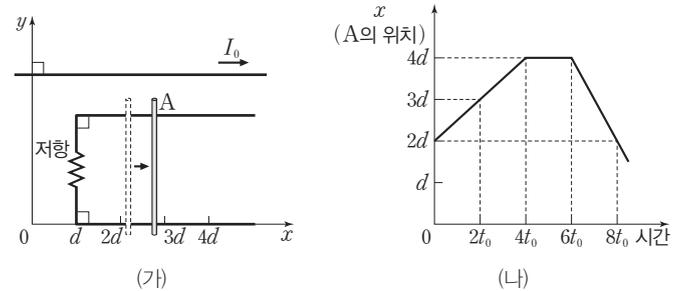
- ㄱ.  $t=0$ 부터  $t = \frac{1}{8}T$ 까지, 도선이 이루는 면을 통과하는 자석의 자기장에 의한 자기 선속의 크기는 증가한다.
- ㄴ. 도선의 한 변  $\overline{ab}$ 에 흐르는 유도 전류의 방향은  $t=0$ 일 때와  $t = \frac{1}{4}T$ 일 때가 같다.
- ㄷ.  $t = \frac{1}{8}T$ 일 때, 도선에 유도되는 기전력은 0이다.

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

07

▶23070-0153

그림 (가)와 같이 세기가  $I_0$ 으로 일정한 전류가  $+x$ 방향으로 흐르는 무한히 긴 직선 도선과 저항이 연결된  $\square$ 자형 도선이  $xy$  평면에 고정되어 있고,  $\square$ 자형 도선 위에서  $y$ 축과 나란한 금속 막대 A가  $x$ 축 방향으로 운동한다. 그림 (나)는 A의 위치  $x$ 를 시간에 따라 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ.  $2t_0$ 일 때, 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은  $+y$ 방향이다.
- ㄴ.  $5t_0$ 일 때, 저항에 걸리는 전압은 0이다.
- ㄷ. 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는  $8t_0$ 일 때가  $2t_0$ 일 때보다 크다.

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

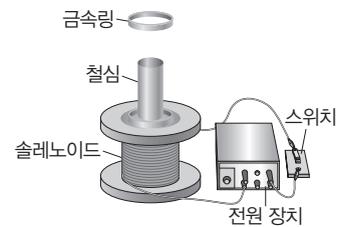
08

▶23070-0154

다음은 과학 체험관에서 톰슨링에 대해 탐구한 내용이다.

- (1) 체험 내용: 스위치를 누르니 금속링이 갑자기 위로 튀어 올랐다.

- (2) 내가 생각한 전시 체험 물의 원리: 스위치를 닫는 순간 솔레노이드에 흐르는 전류가 증가하여 솔레노이드 내부를 통과하는 자기장의 세기가 증가한다. 그러면 금속링을 통과하는 자기 선속이 증가한다. 금속링에는 솔레노이드와  $\text{㉠}$  방향으로 유도 전류가 흘러, 솔레노이드와 금속링 사이에는  $\text{㉡}$ 이 작용한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

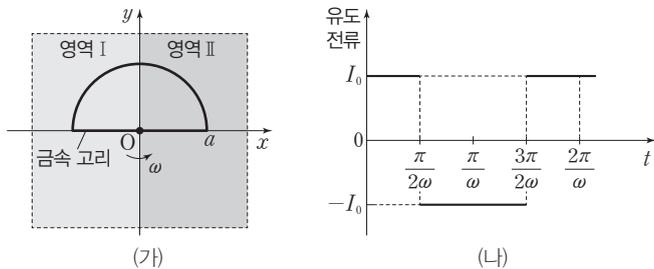
- ㄱ. '같은'은 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. '미는 힘'은 ㉡으로 적절하다.
- ㄷ. 스위치를 닫은 상태에서, 금속링을 다시 넣고 스위치를 열면 스위치를 여는 순간 솔레노이드와 금속링 사이에는 서로 당기는 방향의 자기력이 작용한다.

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

09

▶23070-0155

그림 (가)는  $xy$  평면에서 저항값이  $R$ 이고 반지름이  $a$ 인 원형형 금속 고리가 원점  $O$ 를 중심으로 일정한 각속도  $\omega$ 로 회전할 때, 시간  $t=0$ 인 순간의 모습을 나타낸 것이다. 균일한 자기장 영역 I, II에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직인 방향이고, 자기장의 세기는  $B_0$ 으로 서로 같다. 그림 (나)는 (가)의 고리에 흐르는 유도 전류를  $t$ 에 따라 나타낸 것으로, 전류의 방향은 시계 방향이 양(+)  
이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

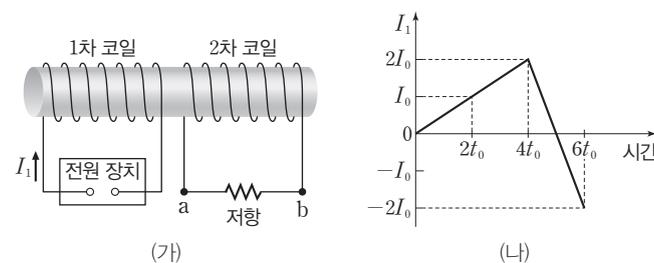
- ㄱ.  $I_0 = \frac{B_0 a^2 \omega}{R}$ 이다.
- ㄴ. I에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄷ. 고리면을 통과하는 자기 선속의 크기는  $t = \frac{\pi}{2\omega}$ 일 때가  $t = \frac{\pi}{\omega}$ 일 때보다 크다.

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

10

▶23070-0156

그림 (가)는 전원 장치에 연결된 1차 코일과 저항이 연결된 2차 코일이 고정되어 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 1차 코일에 흐르는 전류  $I_1$ 를 시간에 따라 나타낸 것으로 전류의 방향은 화살표 방향일 때가 양(+)  
이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

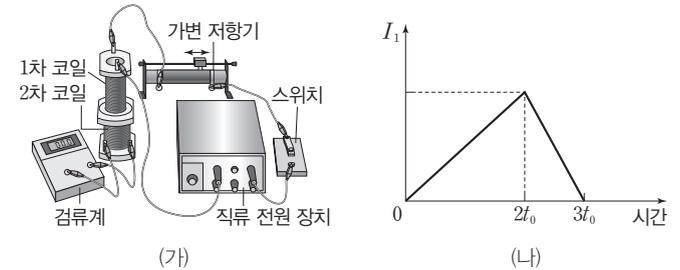
- ㄱ.  $I_1$ 에 의한 자기장이 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는  $3t_0$ 일 때가  $t_0$ 일 때보다 크다.
- ㄴ.  $2t_0$ 일 때, 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → 저항 → b이다.
- ㄷ. 상호유도에 의해 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는  $2t_0$ 일 때가  $5t_0$ 일 때보다 크다.

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

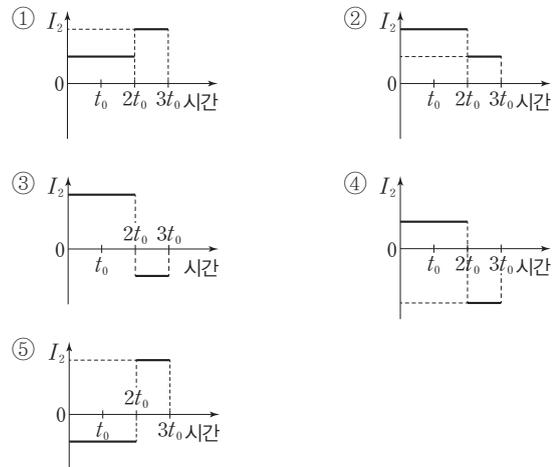
11

▶23070-0157

그림 (가)는 직류 전원 장치, 스위치, 가변 저항기가 연결된 1차 코일을 검류계가 연결된 2차 코일 위에 중심축이 일치하도록 구성한 것을 나타낸 것이다. 1차 코일에 연결된 스위치를 닫는 순간, 검류계에는 양(+)  
의 값이 관찰되었다. 그림 (나)는 (가)의 1차 코일에 흐르는 전류  $I_1$ 를 시간에 따라 나타낸 것이다.



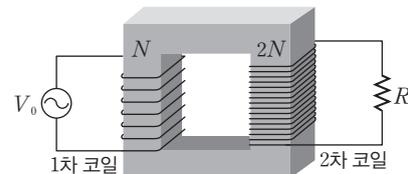
(가)의 검류계에 측정되는 전류  $I_2$ 를 시간에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은?



12

▶23070-0158

그림은 전압의 최댓값이  $V_0$ 으로 일정한 교류 전원과 저항값이  $R$ 인 저항이 연결된 변압기를 나타낸 것이다. 1차 코일과 2차 코일의 감은 수는 각각  $N, 2N$ 이다.



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

보기

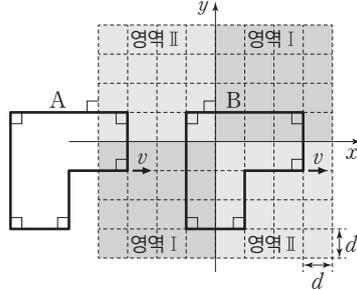
- ㄱ. 저항에 걸린 전압은  $2V_0$ 이다.
- ㄴ. 1차 코일에 흐르는 전류의 세기는  $\frac{2V_0}{R}$ 이다.
- ㄷ. 교류 전원이 1차 코일에 공급해 준 전력은  $\frac{4V_0^2}{R}$ 이다.

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

01

▶23070-0159

그림은  $xy$  평면에 수직이고 세기가  $B_0$ 으로 균일한 자기장 영역 I, II에 □ 모양의 동일한 도선 A, B가 일정한 속력  $v$ 로  $+x$ 방향으로 운동하는 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. 이 순간 A에는 유도 기전력이 발생하지 않으며, 모눈 눈금의 간격은  $d$ 로 동일하다.



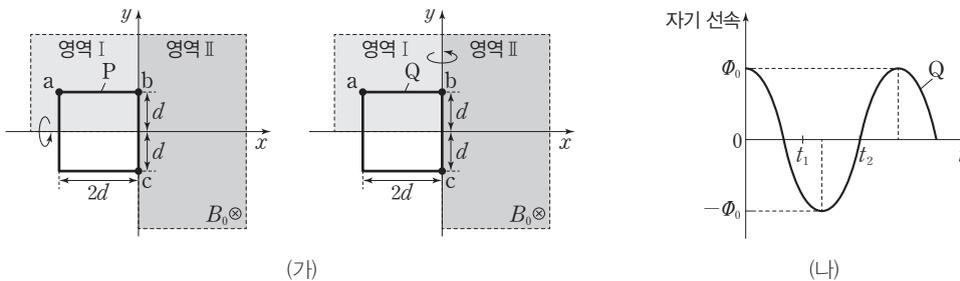
이 순간 B에 유도되는 기전력의 크기는? (단, A, B 사이의 상호 작용은 무시한다.)

- ①  $B_0dv$
- ②  $2B_0dv$
- ③  $3B_0dv$
- ④  $4B_0dv$
- ⑤  $5B_0dv$

02

▶23070-0160

그림 (가)는  $xy$  평면에 수직인 일정한 세기의 균일한 자기장 영역 I, II가 포함된  $xy$  평면에 동일한 정사각형 도선 P, Q를 놓고 동일한 각속도로 회전시킬 때, 시간  $t=0$ 인 순간의 모습을 나타낸 것이다. P, Q는 회전축이 각각  $x$ 축,  $y$ 축이며, 점 a, b, c는 정사각형의 꼭짓점이다. 그림 (나)는 Q를 통과하는 자기 선속을  $t$ 에 따라 나타낸 것이다. II에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향( $\otimes$ )이고 세기는  $B_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

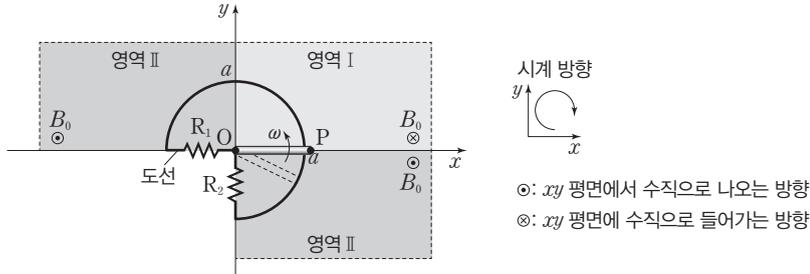
- ㄱ.  $\Phi_0 = 4B_0d^2$ 이다.
- ㄴ.  $t=t_1$ 일 때, P에 흐르는 유도 전류의 방향은  $a \rightarrow b \rightarrow c$ 이다.
- ㄷ.  $t=t_2$ 일 때, Q에 유도되는 기전력은 0이다.

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

03

▶23070-0161

그림은  $xy$  평면상에 고정된  $\frac{3}{4}$ 원 모양의 도선 위에 금속 막대가 원점  $O$ 를 중심으로 시계 반대 방향으로 일정한 각속도  $\omega$ 로 회전할 때, 시간  $t=0$ 인 순간의 모습을 나타낸 것이다. 반지름이  $a$ 인 원호 도선과  $O$  사이에는 저항값이  $R$ 로 동일한 저항  $R_1, R_2$ 가 연결되어 있다. 균일한 자기장 영역 I, II에서 자기장의 세기는  $B_0$ 으로 같고, 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직이다. 점 P는 금속 막대의 한 점이다.



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

보기

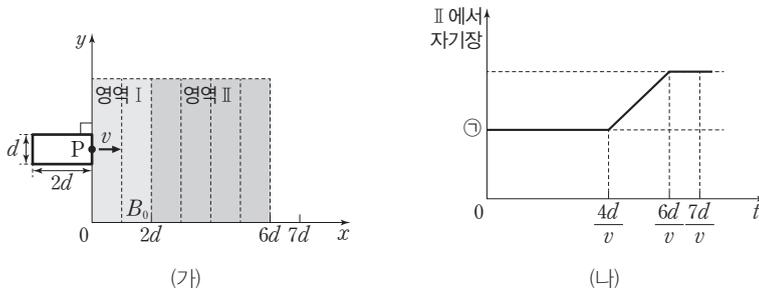
- ㄱ.  $t = \frac{\pi}{4\omega}$ 일 때, 금속 막대에 흐르는 유도 전류의 방향은  $O \rightarrow P$ 이다.
- ㄴ.  $t = \frac{5\pi}{8\omega}$ 일 때, 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는  $R_1$ 에서가  $R_2$ 에서보다 크다.
- ㄷ. 금속 막대가 한 바퀴 회전하는 동안, 두 저항에서 소비되는 전기 에너지는  $\frac{3\pi\omega B_0^2 a^4}{4R}$ 이다.

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

04

▶23070-0162

그림 (가)는  $xy$  평면에 놓인 직사각형 금속 고리가 균일한 자기장 영역 I, II를 향해  $v$ 의 속력으로  $+x$ 방향으로 등속도 운동을 할 때, 시간  $t=0$ 인 순간의 모습을 나타낸 것이다. I에서 자기장의 세기는  $B_0$ 으로 일정하고, I, II에서 자기장의 방향은  $xy$  평면에 수직이다. 그림 (나)는 II에서의 자기장을  $t$ 에 따라 나타낸 것으로, 금속 고리의 한 점 P가  $x=d$ 에서  $x=5d$ 를 지나는 동안 고리에는 세기와 방향이 일정한 유도 전류가 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 고리의 두께와 폭은 무시한다.)

보기

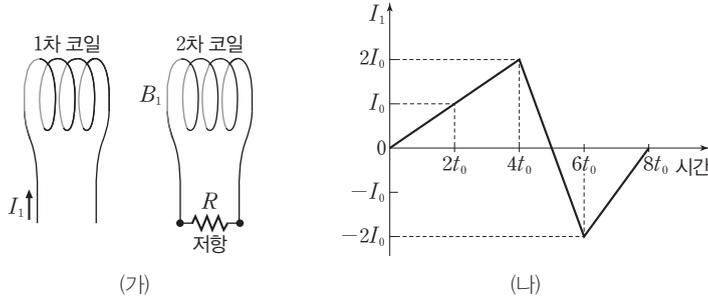
- ㄱ. 자기장의 방향은 I에서와 II에서가 같다.
- ㄴ.  $\ominus$ 은  $2B_0$ 이다.
- ㄷ. 고리에 유도되는 기전력의 크기는 P가  $x=7d$ 를 지날 때가  $x=d$ 를 지날 때의 3배이다.

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

05

▶23070-0163

그림 (가)와 같이 전류  $I_1$ 이 흐르는 1차 코일과 저항값이  $R$ 인 저항이 연결된 2차 코일이 고정되어 있고,  $I_1$ 에 의한 자기장  $B_1$ 이 2차 코일을 통과한다. 그림 (나)는  $I_1$ 을 시간에 따라 나타낸 것으로,  $I_1$ 은 화살표 방향을 양(+)으로 한다. 시간이  $2t_0$ 일 때, 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는  $I_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

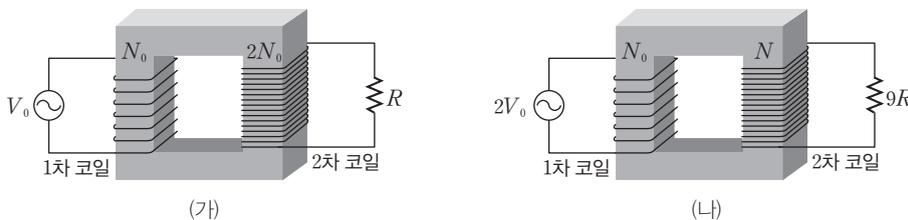
- ㄱ.  $7t_0$ 일 때, 상호유도에 의해 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는  $2I_0$ 이다.
- ㄴ. 상호유도에 의해 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은  $2t_0$ 일 때와  $7t_0$ 일 때가 서로 반대이다.
- ㄷ. 1차 코일과 2차 코일 사이의 상호 인덕턴스는  $Rt_0$ 이다.

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

06

▶23070-0164

그림 (가), (나)는 감은 수가  $N_0$ 인 1차 코일에는 전압의 최댓값이 각각  $V_0, 2V_0$ 으로 일정한 교류 전원을 연결하고, 감은 수가 각각  $2N_0, N$ 인 2차 코일에는 저항값이 각각  $R, 9R$ 인 저항을 연결한 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 교류 전원이 공급하는 전력은 서로 같다.



$N$ 은? (단, 변압기에서의 에너지 손실은 무시한다.)

- ①  $N_0$                       ②  $2N_0$                       ③  $3N_0$                       ④  $6N_0$                       ⑤  $9N_0$

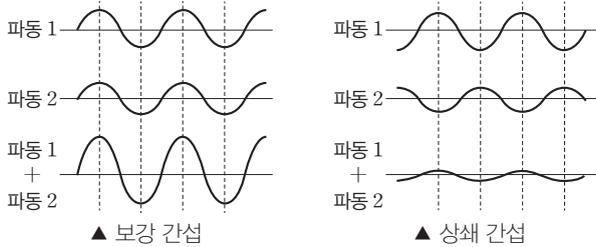
# 11

## 전자기파의 간섭과 회절

### 1 전자기파의 간섭

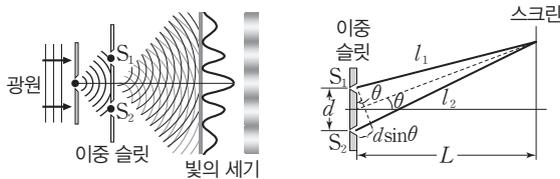
#### (1) 파동의 중첩과 간섭

- ① 파동의 중첩: 두 개 이상의 파동이 만나 겹쳐지며 파동의 변위가 합성되는 현상
- ② 파동의 간섭: 두 개 이상의 파동이 서로 중첩될 때 중첩된 파동의 진폭이 더 커지거나 더 작아지는 현상



#### (2) 전자기파의 간섭

- ① 1801년 영국의 토마스 영(Thomas Young)은 단일 슬릿에서 나온 빛을 이중 슬릿에 통과시키면 스크린에 밝고 어두운 무늬가 생기는 것을 발견하였다. 이 실험은 빛이 파동이라는 것을 밝힌 최초의 실험이다.
- ② 빛이 보강 간섭된 지점에서는 밝은 무늬가, 상쇄 간섭된 지점에서 어두운 무늬가 나타난다.



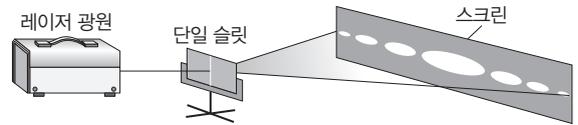
- ③ 보강 간섭 조건: 같은 위상의 빛이 중첩되며, 경로차가 반파장의 짝수 배인 지점  $\Delta = |l_2 - l_1| = d \sin \theta = \frac{\lambda}{2}(2m)$  ( $m=0, 1, 2, \dots$ )
- ④ 상쇄 간섭 조건: 반대 위상의 빛이 중첩되며, 경로차가 반파장의 홀수 배인 지점  $\Delta = |l_2 - l_1| = d \sin \theta = \frac{\lambda}{2}(2m+1)$  ( $m=0, 1, 2, \dots$ )
- ⑤ 빛의 파장이  $\lambda$ , 슬릿 사이의 간격이  $d$ , 슬릿과 스크린 사이의 거리가  $L$ 일 때 이웃한 밝은(어두운) 무늬 사이의 간격은  $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$ 이다.

### 2 전자기파의 회절

- (1) 파동의 회절: 진행하던 파동이 좁은 틈을 통과하여 퍼져 나가거나 장애물의 뒤쪽까지 전파되는 현상

- (2) 단일 슬릿에 의한 회절 무늬의 간격

- ① 슬릿의 폭이 좁을수록 회절 무늬의 간격이 넓어진다.
- ② 파동의 파장이 길수록 회절 무늬의 간격이 넓어진다.
- ③ 전자기파의 회절: 빛이 단일 슬릿을 통과하면 회절하면서 서로 간섭하여 스크린에는 밝은 무늬와 어두운 무늬가 반복해서 나타나는 회절 무늬가 만들어진다.



- ① 간섭무늬와 회절 무늬의 차이: 간섭무늬는 밝은 무늬가 일정한 폭과 간격으로 나타나지만, 회절 무늬는 중앙의 밝은 무늬의 폭이 인접한 밝은 무늬의 폭보다 넓다.



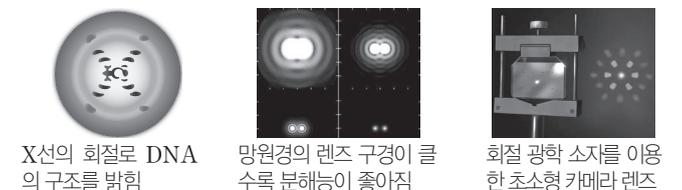
- ② 빛의 파장이 길수록, 슬릿의 폭이 좁을수록 회절이 더 잘 나타난다.  $\rightarrow$  중앙의 밝은 무늬의 폭이 넓어진다.
- ③ 빛의 파장이  $\lambda$ , 슬릿의 폭이  $a$ , 슬릿과 스크린 사이의 거리가  $L$ 일 때 스크린 중앙에서 첫 번째 어두운 지점까지의 거리( $x$ )는  $x = \frac{L\lambda}{a}$ 이다.

### 3 전자기파의 간섭과 회절의 이용

#### (1) 간섭의 이용

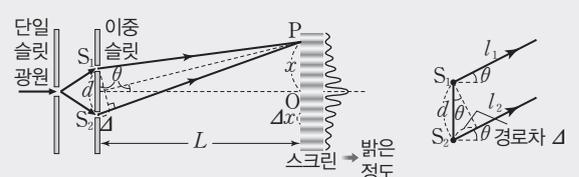
얇은 막에 의한 간섭		미세한 요철에 의한 간섭	
코팅렌즈	뉴턴링 곡률 검사	공작 깃털	CD의 정보 재생
렌즈 표면의 반사광을 상쇄시킴	렌즈의 곡률에 의해 동심원 모양의 간섭무늬가 생김	나노 크기의 규칙적 배열에 의해 간섭이 됨	렌드와 피트에서 반사된 빛이 간섭함

#### (2) 회절의 이용

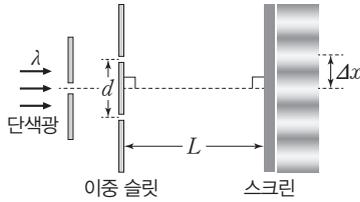


### THE 알기 영의 간섭 실험에서 밝은 무늬 사이의 간격

슬릿으로부터 스크린까지의 거리  $L$ 은 슬릿 사이의 간격  $d$ 보다 매우 크므로  $S_1, S_2$ 에서 나와 스크린의 한 지점 P에서 만나는 두 빛은 거의 평행하다고 할 수 있다. 이때 경로차  $\Delta$ 는  $d \sin \theta$ 이고 각  $\theta$ 가 매우 작을 때에는  $\sin \theta \approx \tan \theta$ 이므로  $\Delta = d \sin \theta \approx d \tan \theta = \frac{dx}{L}$ 이다. 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은  $\Delta x = x_m - x_{m-1} = \frac{\lambda L}{2d}(2m) - \frac{\lambda L}{2d}(2m-2) = \frac{L\lambda}{d}$ 이다.



그림과 같이 간격이  $d$ 인 이중 슬릿에 파장이  $\lambda$ 인 단색광을 비추었더니 슬릿으로부터  $L$ 만큼 떨어진 스크린에 이웃한 밝은 무늬의 간격이  $\Delta x$ 인 간섭무늬가 생겼다. 표는  $\Delta x$ 가 같게 나온 실험 I, II, III에서  $\lambda, d, L$ 을 나타낸 것이다.



	$\lambda(\text{nm})$	$d(\text{mm})$	$L(\text{m})$
I	600	0.20	1.0
II	600	㉠	2.0
III	㉡	0.50	3.0

㉠, ㉡로 가장 적절한 것은?

- |        |     |        |     |
|--------|-----|--------|-----|
| ㉠      | ㉡   | ㉠      | ㉡   |
| ① 0.10 | 500 | ② 0.10 | 600 |
| ③ 0.10 | 700 | ④ 0.40 | 500 |
| ⑤ 0.40 | 700 |        |     |

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

이중 슬릿에 의한 간섭무늬에서 이웃한 밝은 무늬의 간격은 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리에 비례하고, 단색광의 파장에 비례하고, 이중 슬릿의 간격에 반비례한다.

▶ 간략 풀이

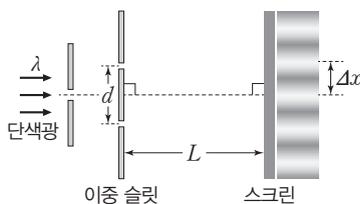
I, II에서  $\Delta x$ 와  $\lambda$ 가 같고,  $L$ 은 II에서 I에서의 2배이므로,  $d$ 도 II에서 I에서의 2배이다. 따라서 ㉠은 0.4이다. 마찬가지로 I, III에서  $\Delta x$ 가 같고,  $L$ 은 III에서 I에서의 3배이고  $d$ 는 III에서 I에서의  $\frac{5}{2}$ 배이므로,  $\lambda$ 는 III에서 I에서의  $\frac{5}{6}$ 배이다. 따라서 ㉡은 500이다.

정답 | ④

0 **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

▶ 23070-0165

그림과 같이 간격이  $d$ 인 이중 슬릿에 단색광을 비추었더니 슬릿으로부터  $L$ 만큼 떨어진 스크린에 이웃한 밝은 무늬의 간격이  $\Delta x$ 인 간섭무늬가 생겼다. 표는 실험 I, II, III에서  $d, L, \Delta x$ 를 나타낸 것으로, I, II, III에서 사용한 단색광의 파장은 각각  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 이다.



	$d(\text{mm})$	$L(\text{m})$	$\Delta x(\text{mm})$
I	0.10	1.0	4.0
II	0.30	2.0	4.0
III	0.20	3.0	7.5

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 의 크기를 비교한 것으로 옳은 것은?

- |                                       |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ | ② $\lambda_1 > \lambda_3 > \lambda_2$ | ③ $\lambda_2 > \lambda_1 > \lambda_3$ |
| ④ $\lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_1$ | ⑤ $\lambda_3 > \lambda_2 > \lambda_1$ |                                       |

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

이중 슬릿의 간섭무늬에서 실험 조건에 따른 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격을 다루는 점은 같으나, 단색광의 파장을 변화시켰을 때 나타나는 다양한 실험 결과를 바탕으로 단색광 파장의 대소 관계를 비교하는 부분이 다르다.

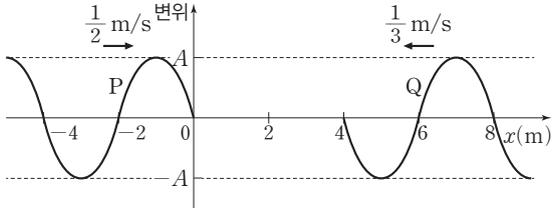
▶ 배경 지식

이중 슬릿에 의한 간섭무늬에서  $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$ 이므로,  $\lambda = \frac{d\Delta x}{L}$ 이다.

01

▶23070-0166

그림은 시간  $t=0$ 일 때  $+x$ 방향으로 진행하는 파동 P와  $-x$ 방향으로 진행하는 파동 Q의 모습을 나타낸 것이다. P, Q의 속력은 각각  $\frac{1}{2}$  m/s,  $\frac{1}{3}$  m/s이고, P, Q의 진폭은 A로 같다.



$x=3$  m인 지점과  $x=7$  m인 지점에서 중첩된 파동의 변위가 2A로 같아지는 최초의 시각은?

- ① 12초    ② 16초    ③ 24초    ④ 36초    ⑤ 48초

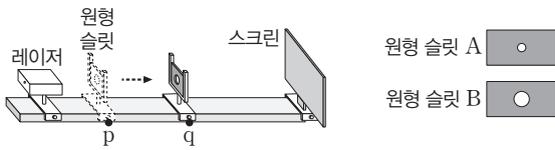
02

▶23070-0167

다음은 레이저를 이용한 회절 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 원형 슬릿 A를 점 p에 위치시키고, 레이저와 스크린을 설치한다.
- (나) 레이저를 슬릿에 비추고 스크린에 나타나는 회절 무늬를 관측한다.
- (다) A의 위치를 점 q로 옮긴 후, (나)를 반복한다.
- (라) A를 원형 슬릿 B로 바꿔서 q의 위치에 놓은 후, (나)를 반복한다.



[실험 결과]

X, Y, Z는 (나), (다), (라)의 결과를 순서 없이 나타낸 것이다.



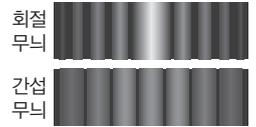
(나), (다), (라)의 결과로 가장 적절한 것은?

- |   |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|
|   | (나) | (다) | (라) |
| ① | X   | Y   | Z   |
| ② | X   | Z   | Y   |
| ③ | Y   | Z   | X   |
| ④ | Z   | X   | Y   |
| ⑤ | Z   | Y   | X   |

03

▶23070-0168

그림은 단색광을 단일 슬릿에 비추었을 때 스크린에 나타난 회절 무늬와 이중 슬릿에 비추었을 때 나타난 간섭무늬를 나타낸 것이다.



회절 무늬와 간섭무늬의 공통점만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

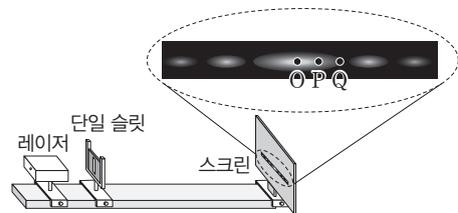
- ㄱ. 빛이 중첩되어 밝고 어두운 무늬가 반복적으로 나타난다.
- ㄴ. 단색광의 파장을 증가시키면 중앙의 밝은 무늬와 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격이 좁아진다.
- ㄷ. 슬릿과 스크린 사이의 거리를 증가시키면 중앙의 밝은 무늬와 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격이 넓어진다.

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

04

▶23070-0169

그림과 같이 레이저를 단일 슬릿에 비추었더니 스크린에 회절 무늬가 나타났다. 점 O는 가장 밝은 무늬의 중심, 점 Q는 O로부터 첫 번째 어두운 무늬가 나타난 지점, 점 P는 O와 Q 사이의 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

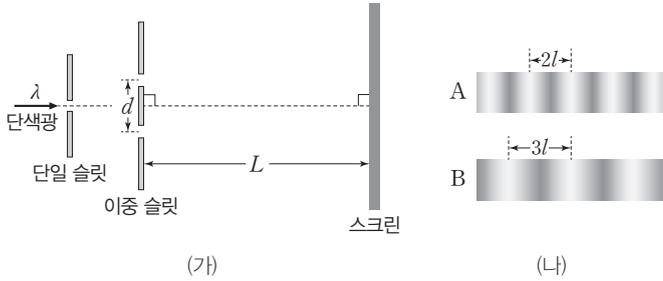
- ㄱ. 레이저의 파장을 증가시키면 P에서 어두운 무늬가 나타날 수 있다.
- ㄴ. 단일 슬릿의 폭을 감소시키면 회절 무늬에서 중앙의 밝은 무늬의 폭이 증가한다.
- ㄷ. 단일 슬릿과 스크린 사이의 거리를 감소시키면 Q에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 나타날 수 있다.

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

05

▶23070-0170

그림 (가)는 파장이  $\lambda$ 인 단색광이 간격이  $d$ 인 이중 슬릿을 통과하여  $L$ 만큼 떨어진 스크린에 간섭무늬를 만드는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 나타난 간섭무늬 A와 (가)의 조건을 변화시켜 얻은 간섭무늬 B를 나타낸 것이다. A, B에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 각각  $2l, 3l$ 이다.



B를 얻기 위한 조건으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

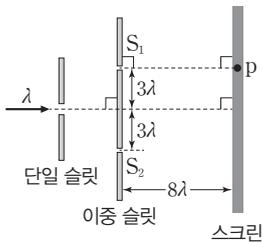
- ㄱ. (가)에서 단색광의 파장만을  $\frac{2}{3}\lambda$ 로 바꾼다.
- ㄴ. (가)에서 이중 슬릿의 간격만을  $\frac{3}{2}d$ 로 바꾼다.
- ㄷ. (가)에서 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리만을  $\frac{3}{2}L$ 로 바꾼다.

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

06

▶23070-0171

그림과 같이 파장이  $\lambda$ 인 마이크로파가 슬릿 간격이  $6\lambda$ 인 이중 슬릿  $S_1$ 과  $S_2$ 를 통과한 후 스크린 위의 점 p에 도달한다. 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리는  $8\lambda$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

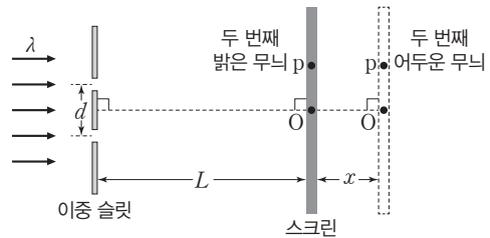
- ㄱ.  $S_1, S_2$ 로부터 p까지의 경로차는  $2\lambda$ 이다.
- ㄴ. p에는 보강 간섭이 일어난다.
- ㄷ. 단색광의 파장만을  $2\lambda$ 로 바꾸면 p에서 보강 간섭이 일어난다.

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

07

▶23070-0172

그림과 같이 파장이  $\lambda$ 인 단색광이 간격이  $d$ 인 이중 슬릿을 통과한 후  $L$ 만큼 떨어진 스크린에 간섭무늬를 만들 때 스크린 위의 점 O에는 중앙의 밝은 무늬의 중심이, 점 p에는 O로부터 두 번째 밝은 무늬가 나타난다. 스크린의 위치만을  $x$ 만큼 뒤로 이동시키면, p에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 나타난다.



$x$ 는? (단,  $d \ll L$ 이다.)

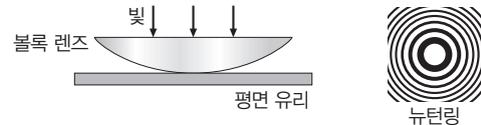
- ①  $\frac{1}{6}L$     ②  $\frac{1}{5}L$     ③  $\frac{1}{4}L$   
 ④  $\frac{1}{3}L$     ⑤  $\frac{1}{2}L$

08

▶23070-0173

다음은 뉴턴링에 대한 설명이다.

한쪽 면이 평면인 볼록 렌즈를 볼록한 면이 아래를 향하도록 평면 유리에 올려놓고 빛을 렌즈에 비추면 ㉠ 렌즈의 밑면에서 반사된 빛과 ㉡ 평면 유리의 윗면에서 반사된 빛이 (가) 하여 밝고 어두운 무늬가 반복적으로 나타나는 뉴턴링을 관찰할 수 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

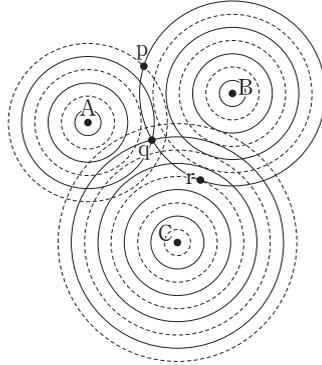
- ㄱ. 밝은 무늬가 나타나는 곳은 ㉠과 ㉡이 같은 위상으로 중첩된다.
- ㄴ. (가)는 '회절'이 적절하다.
- ㄷ. 렌즈의 곡률이 변하면 무늬 간격이 변한다.

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

01

▶ 23070-0174

그림은 세 점파원 A, B, C에서 발생한 속력, 파장, 진폭이 같은 동일한 파동이 시간  $t=0$ 일 때 중첩된 모습을 나타낸 것이다. 실선과 점선은 각각 파동의 마루와 골을 나타내고, 점 p, q, r는 평면상에 고정된 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

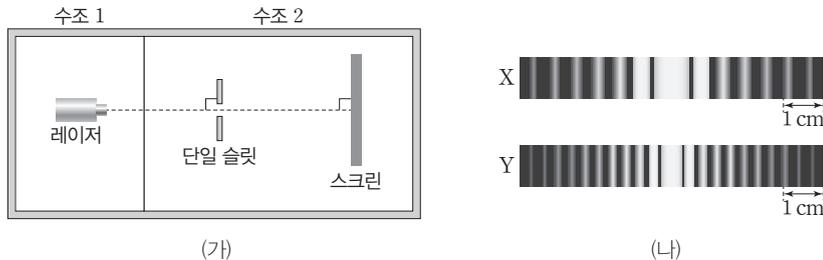
- ㄱ.  $t=0$ 일 때, A, B에서 발생한 파동은 p에서 상쇄 간섭을 한다.
- ㄴ. q는 A, B, C에서 발생한 파동이 보강 간섭을 하는 지점이다.
- ㄷ. r에서의 변위는 항상 0이다.

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

02

▶ 23070-0175

그림 (가)와 같이 수조 1에 레이저를, 수조 2에 단일 슬릿과 스크린을 설치하고, 레이저를 단일 슬릿에 비추었다. 그림 (나)는 수조 1에 액체 A를, 수조 2에 액체 B를 넣었을 때의 회절 무늬 X와 수조 1에 B를, 수조 2에 A를 넣었을 때의 회절 무늬 Y를 각각 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

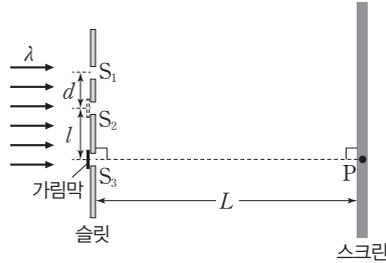
- ㄱ. 단색광의 파장은 A에서 B에서보다 길다.
- ㄴ. (가)에서 수조 1, 2에 모두 B를 넣었을 때 스크린에 나타나는 회절 무늬는 X이다.
- ㄷ. (가)에서 수조 1에는 A가, 수조 2에는 공기만 채워져 있을 때 스크린에는 회절 무늬가 나타나지 않는다.

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

03

▶23070-0176

그림과 같이 슬릿  $S_3$ 을 가림막으로 가린 후 파장이  $\lambda$ 인 단색광을 간격이  $d$ 인 슬릿  $S_1, S_2$ 에 통과시켰더니 스크린 위의 점 P에는 중앙의 밝은 무늬의 중심으로부터 다섯 번째 밝은 무늬가 나타났다. 다른 조건의 변화없이 가림막을  $S_2$ 로 옮긴 후, 파장이  $\lambda$ 인 단색광을 간격이  $d+l$ 인 슬릿  $S_1, S_3$ 에 통과시켰더니 P에는 새로운 중앙의 밝은 무늬의 중심으로부터 아홉 번째 밝은 무늬가 나타났다.



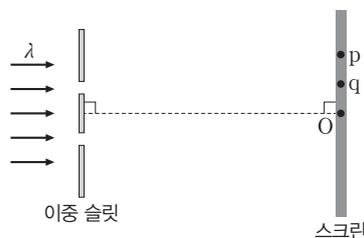
$l$ 은? (단,  $d \ll L$ 이고,  $l \ll L$ 이다.)

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

04

▶23070-0177

그림과 같이 파장이  $\lambda$ 인 단색광이 이중 슬릿을 통과하여 멀리 떨어진 스크린에 도달한다. 스크린 위의 점 p, q에서는 가장 밝은 무늬의 중심 O로부터 각각 세 번째 밝은 무늬, 두 번째 어두운 무늬가 나타난다.



단색광의 파장만을 변화시킬 때, p와 q에서 모두 밝은 무늬가 나타나는 단색광의 파장 중 가장 긴 것은?

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

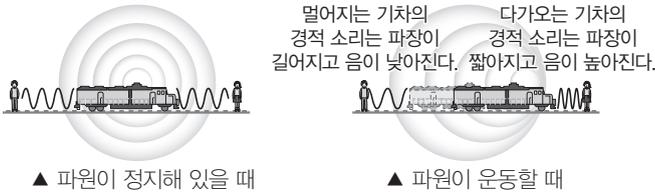
# 12

## 도플러 효과와 전자기파

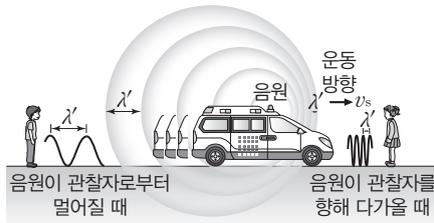
### 1 도플러 효과와 그 이용

#### (1) 도플러 효과

- ① 파동을 발생시키는 파원과 그 파동을 관측하는 관찰자의 운동 상태에 따라 관찰자가 측정하는 파동의 진동수가 달라지는 현상으로, 파원과 관찰자가 가까워지면 파동의 진동수가 증가하고 멀어지면 파동의 진동수가 감소하는 것으로 관측된다.



- ② 음원이 정지해 있는 관찰자에게 다가올 때: 관찰자에 대한 소리의 상대 속도는 음속과 같고, 파장이 짧아진다. 같은 시간 동안 관찰자에 도달하는 파면의 수는 증가하고, 관찰자가 측정하는 소리의 진동수  $f'$ 도 증가한다.



$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{\lambda - \frac{v_s}{f}} = \frac{v}{\frac{v - v_s}{f}} = \frac{v}{v - v_s} f$$

( $v$ 는 음속,  $v_s$ 는 음원의 속력이며 멀어질 때는  $+v_s$ 를 사용)

#### (2) 도플러 효과의 이용

- ① 속력 측정: 포수 후방에 스피드건을 설치하고 날아오는 공을 향해 극초단파를 쏘아 준 뒤, 공에서 반사된 극초단파의 진동수가 증가하는 정도에 따라 투수가 던진 공의 속력을 측정한다.
- ② 천체의 이동 속도 분석: 수소 원자나 헬륨 원자 때문에 나타나는 고유한 흡수 선 스펙트럼을 분석하여 천체의 이동 속도를 측정한다.

- ③ 기상 관측: 라디오파를 대기 중에 쏘아 빗방울이나 얼음 결정과 같이 공기 중의 물체와 충돌 후 반사되어 되돌아오는 라디오파의 진동수 변화를 측정해 구름의 방향 및 속도를 측정한다.

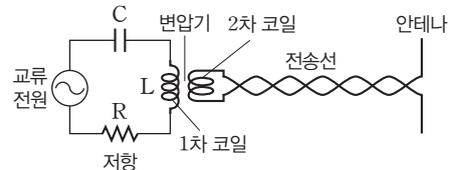
### 2 전자기파의 발생과 수신

#### (1) 전자기파의 발생

- ① 전하가 가속도 운동을 하면 시간에 따라 변하는 전기장은 자기장을 유도하고, 시간에 따라 변하는 자기장은 전기장을 유도하게 되면서 전자기파가 발생하여 주위 공간으로 퍼져 나간다.

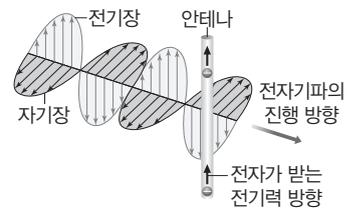


- ② 전자기파의 송신: 코일-축전기 진동 회로와 변압기, 안테나를 붙여서 만든 회로에 특정한 진동수의 교류 전류가 흐르면 1차 코일에서 발생한 자기 선속의 변화는 상호유도에 의해 2차 코일에 변하는 유도 기전력을 만든다.



이 유도 기전력이 안테나의 전자들을 진동시켜 전자기파가 송신된다. 이때 발생하는 전자기파의 진동수는 LC 회로의 공명(고유) 진동수와 같다.

#### (2) 전자기파의 수신: 금속으로



된 안테나에 전파가 도달하면 안테나 속의 전자는 전기장의 방향과 반대 방향으로 전기력을 받으며 진동하여 교류 전류가 흐르게 된다.

### THE 알기 빛의 도플러 효과

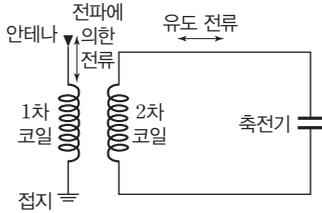
전자기파인 빛은 음파와 달리 관찰자와 광원에 대한 운동을 구분할 수 없다. 또한, 모든 관찰자에게 빛의 속도는 광원의 운동에 관계없이 동일한 값으로 관측된다. 따라서 빛의 경우 도플러 효과는 관찰자와 파원의 상대적인 운동에 의존하여 다른 진동수를 가지며, 하나의 방정식으로 기술된다.

$$f' = f \sqrt{\frac{1 \pm \frac{v}{c}}{1 \mp \frac{v}{c}}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{관찰자와 파원이 서로 가까워질 때 분자는 (+)부호, 분모는 (-)부호가 된다.} \\ \text{관찰자와 파원이 서로 멀어질 때 분자는 (-)부호, 분모는 (+)부호가 된다.} \end{array} \right)$$

허블은 빛의 도플러 효과를 이용하여 우주가 팽창하고 있음을 밝혀냈다. 은하계에서 오는 빛의 스펙트럼을 관측하여 태양이나 별에서 오는 빛의 스펙트럼과 비교한 결과 은하의 스펙트럼에서 별의 스펙트럼과 간격과 구조가 동일한 검은 선들이 위치만 적색 쪽으로 이동한 것을 보았다. 또한 멀리 있는 은하일수록 더 많이 이동한 것을 볼 수 있었다. 허블은 적색으로 편이된 정도를 이용하여 은하의 후퇴 속도를 구하였다. 그 결과 모든 은하들이 서로 멀어지고 있으며, 멀리 있는 은하일수록 멀어지는 속도가 더 빠르다는 것을 밝혀내었다.



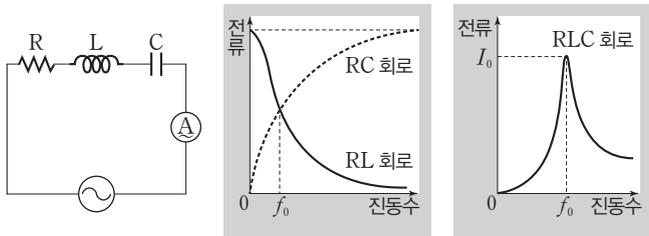
- ① 전자기파의 수신: 안테나에 여러 진동수의 전파가 도달하면 1차 코일에는 전파에 의한 전류가 흐르게 되고, 안테나 옆에 LC 회로를 놓게 되면 회로의 공명(고유) 진동수와 동일한 진동수의 전파에 의한 전류가 가장 세게 흐르게 된다.



- ② 전파 수신기에서는 코일의 자체 유도 계수와 축전기의 전기 용량을 조절하여 사용자가 희망하는 진동수의 전파를 선택할 수 있다.

- ③ 교류 회로에서의 공명(고유) 진동수: 코일과 축전기가 직렬로 연결된 회로에서 코일의 저항 역할은 진동수가 클수록 크고, 축전기의 저항 역할은 진동수가 클수록 작다. 코일과 축전기의 저항 역할이 같을 때 합성 저항 역할이 최소가 되어 전류가 최대로 흐른다. 이때의 진동수  $f_0$ 을 LC 회로의 공명(고유) 진동수라고 한다.

- ① 교류 회로에서 저항만 연결된 경우 교류의 진동수에 관계없이 전류의 세기는 저항에 반비례한다.
- ② 교류 전원에 저항, 코일, 축전기를 모두 연결하면 교류 전원의 진동수에 따라 전류의 세기가 변한다.
- ③ 저항, 코일, 축전기가 연결된 교류 회로에서 전류의 값이 최대가 되는 공명(고유) 진동수는  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 이다.

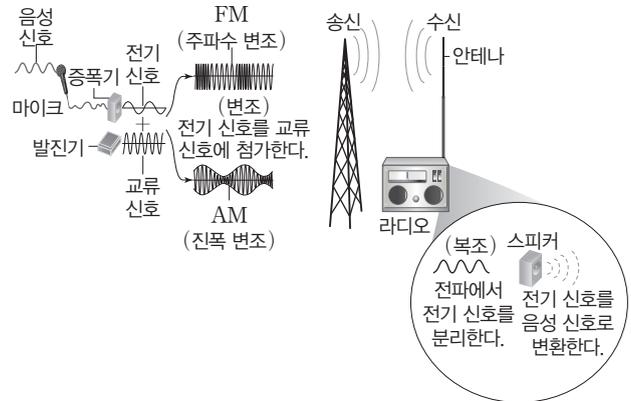


3 전자기파와 정보 통신

- (1) 전자기파의 공명: 전파 발생 회로와 수신 회로의 공명(고유) 진동수가 서로 같을 때 전자기파 공명이 발생하면서 수신 회로에 강한 전류가 흐른다.

- ① 전파 발생 장치의 공명(고유) 진동수와 같은 진동수의 전자기파가 가장 강하게 발생된다.
- ② 전자기파의 진동수와 전파 수신 장치의 공명(고유) 진동수가 같아야 수신 장치에 큰 전류가 흐른다.
- ③ 전파 발생 장치에서 발생된 전자기파는 전파 수신 장치에 교류를 발생시키는 교류 전원의 역할을 한다.

- (2) 정보 통신 과정: 음성 신호를 마이크에 입력하여 나온 전기 신호를 증폭기로 증폭한다. 이 전기 신호를 발진기에서 일정한 진동수로 만든 교류 신호에 첨가하는 과정(변조)을 거쳐 송신 안테나로 보낸다. 라디오 수신 안테나에서 수신한 전파로부터 전기 신호를 분리하는 과정(복조)을 거쳐 분리된 전기 신호는 스피커에서 음성 신호로 변환된다.

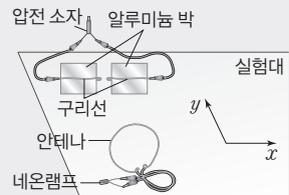


- ① 진폭 변조(AM): 전기 신호의 세기에 따라 일정한 진동수의 교류 신호의 진폭을 변화시킨다.
- ② 주파수 변조(FM): 전기 신호의 세기에 따라 일정한 진폭의 교류 신호의 진동수를 변화시킨다.

THE 알기 헤르츠의 전자기파 실험

[실험 과정]

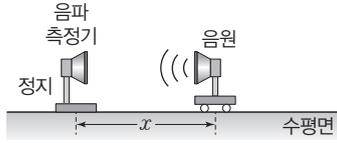
- (가) 그림과 같이 두 장의 알루미늄 박에 구리선을 붙이고 평면에 수직으로 놓은 후 압전 소자를 연결한다.
- (나) 구리선으로 원형 안테나를 만들고 네온램프를 연결하여 알루미늄 박에 가까이 위치시킨다.
- (다) 안테나를 xy 평면에 수직으로 놓은 후 압전 소자를 눌러 네온램프를 관찰한다.
- (라) (다)에서 알루미늄 박과 안테나 사이의 거리만을 변화시키면서 압전 소자를 눌러 네온램프를 관찰한다.
- (마) 안테나를 xy 평면에 나란하게 실험대 위에 놓은 후 압전 소자를 눌러 네온램프를 관찰한다.



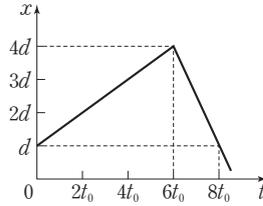
[실험 결과]

- (다)에서 압전 소자를 누를 때 구리선 사이에서 불꽃 방전이 일어나며 네온램프에 불이 켜진다.
- (라)에서 안테나와 알루미늄 박 사이의 거리가 멀수록 네온램프의 불빛은 약해진다.
- (마)에서 네온램프에 불이 켜지지 않는다.

그림 (가)는 수평면에서 정지해 있는 음파 측정기와 진동수가  $f_0$ 인 음파를 발생시키며 직선 운동을 하는 음원을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 음파 측정기와 음원 사이의 거리  $x$ 를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다. 음원이  $t=3t_0$ 일 때와  $t=7t_0$ 일 때 발생시킨 음파를 음파 측정기가 측정한 진동수는 각각  $f_1$ 과  $\frac{25}{21}f_1$ 이다.



(가)



(나)

$\frac{f_1}{f_0}$ 은? (단, 음속은 일정하다.)

- ①  $\frac{24}{25}$
- ②  $\frac{23}{25}$
- ③  $\frac{22}{25}$
- ④  $\frac{21}{25}$
- ⑤  $\frac{4}{5}$

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

진동수가  $f_0$ 인 음파를 발생하는 음원이 속력  $v$ 로 운동할 때, 정지해 있는 관찰자가 측정한 음파의 진동수는  $f = \frac{V}{V \pm v} f_0$  ( $V$ : 음파의 속력)이다.

▶ 간략 풀이

그래프의 기울기가 음원의 속도이므로, 0부터  $6t_0$ 까지 음원이 음파 측정기로부터 멀어지는 속력을  $v$ 라고 하면,  $6t_0$ 부터  $8t_0$ 까지 음원이 음파 측정기에 다가가는 속력은  $3v$ 이다. 음파의 속력을  $V$ , 음원에서 발생시킨 음파의 진동수를  $f_0$ 이라고 하면

$$f_1 = \frac{V}{V+v} f_0, \quad \frac{25}{21} f_1 = \frac{V}{V-3v} f_0$$

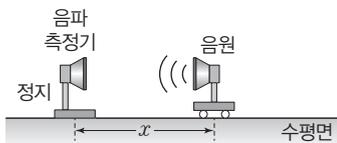
따라서  $v = \frac{1}{24} V$ 이다. 따라서  $\frac{f_1}{f_0} = \frac{24}{25}$ 이다.

정답 | ①

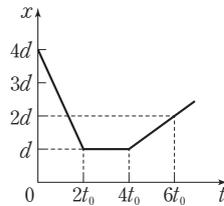
0 닳은 꼴 문제로 유형 익히기

▶ 23070-0178

그림 (가)는 수평면에서 정지해 있는 음파 측정기와 음파를 발생시키며 직선 운동을 하는 음원을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 음파 측정기와 음원 사이의 거리  $x$ 를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다. 음원이  $t=t_0$ 일 때와  $t=5t_0$ 일 때 발생시킨 음파를 음파 측정기가 측정한 진동수는 각각  $f$ 와  $\frac{7}{11}f$ 이다.



(가)



(나)

음원이  $t=3t_0$ 일 때 발생시킨 음파를 음파 측정기가 측정한 진동수는? (단, 음속은 일정하다.)

- ①  $\frac{6}{11}f$
- ②  $\frac{3}{5}f$
- ③  $\frac{7}{11}f$
- ④  $\frac{7}{10}f$
- ⑤  $\frac{4}{5}f$

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

그래프를 통해 음원의 속력을 파악하여 도플러 효과를 분석하는 점은 같으나, 음원이 정지한 상태에서 발생시킨 음파의 진동수를 그래프를 통해 해석하는 부분이 다르다.

▶ 배경 지식

음원이 관찰자를 향해 다가갈 때 정지한 관찰자가 측정하는 진동수는 증가하고, 음원이 관찰자로부터 멀어질 때 정지한 관찰자가 측정하는 진동수는 감소한다.

01

▶23070-0179

다음은 과속 감지 카메라에 대한 설명이다.

카메라에서 발생시킨 진동수  $f$ 의 전파는 자동차에 반사되어 카메라에 도달하기 때문에, 움직이는 자동차는 전파가 발생하는 움직이는 광원으로 볼 수 있다. 따라서 반사되어 돌아오는 전파의 진동수  $f'$ 를 측정하면 자동차의 운동 방향과 속력을 알 수 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

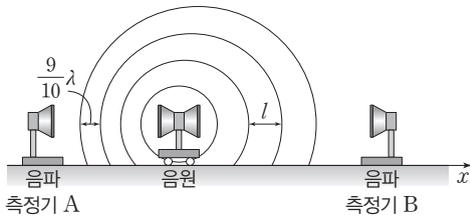
- ㄱ. 과속 감지 카메라는 도플러 효과를 이용한 장치이다.
- ㄴ. 자동차의 운동 방향이 ㉠이면  $f < f'$ 이다.
- ㄷ. 자동차의 속력이 커질수록  $|f' - f|$ 는 증가한다.

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

02

▶23070-0180

그림과 같이 파장이  $\lambda$ 인 음파를 발생시키는 음원이 일정한 속도로  $x$ 축상에서 운동한다. 음파 측정기 A, B는  $x$ 축상에 정지해 있고, 음원으로부터 A, B쪽의 이웃한 파면 사이의 거리는 각각  $\frac{9}{10}\lambda$ ,  $l$ 이다. A가 측정하는 음파의 진동수는  $f$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

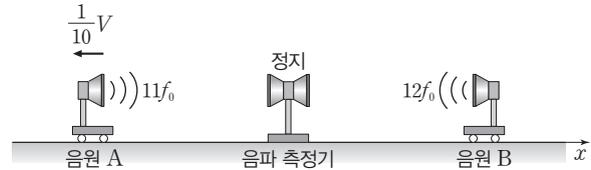
- ㄱ. 음원의 운동 방향은  $-x$ 방향이다.
- ㄴ.  $l = \frac{11}{10}\lambda$ 이다.
- ㄷ. B가 측정하는 음파의 진동수는  $\frac{9}{11}f$ 이다.

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

03

▶23070-0181

그림은 각각 진동수가  $11f_0$ ,  $12f_0$ 인 음파를 발생시키며  $x$ 축상에서 운동하는 음원 A, B와 정지해 있는 음파 측정기를 나타낸 것이다. A는  $-x$ 방향으로  $\frac{1}{10}V$ 의 속력으로 운동하고, 음파 측정기가 측정하는 A, B의 음파의 진동수는 서로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음속은  $V$ 이고, 음원과 음파 측정기는  $x$ 축상에 있다.)

**보기**

- ㄱ. 음파 측정기가 측정하는 A의 음파의 진동수는  $10f_0$ 이다.
- ㄴ. B는  $+x$ 방향으로 운동한다.
- ㄷ. B의 속력은  $\frac{1}{5}V$ 이다.

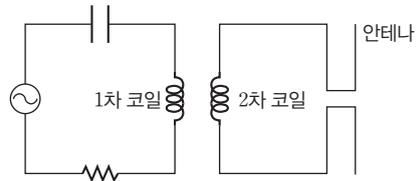
- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▶23070-0182

다음은 안테나에 대한 설명이다.

1차 코일에 흐르는 진동수가  $f$ 인 전류에 의해 ㉠이/가 만들어지면 자기 선속의 변화에 의해 2차 코일에 ㉡ 유도 기전력이 만들어진다. 유도 기전력은 안테나의 전자를 진동시켜 ㉢ 전자기파를 발생시킨다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

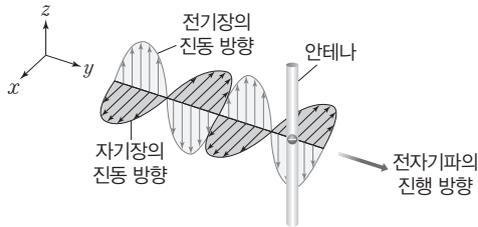
- ㄱ. '전기장'은 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. ㉡의 크기와 방향은 일정하다.
- ㄷ. ㉢의 진동수는  $f$ 이다.

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

05

▶23070-0183

그림은 +y 방향으로 진행하는 전자기파가 시간  $t=0$ 인 순간 안테나를 지나가는 모습을 나타낸 것이다. 전기장과 자기장은 각각 z축, x축과 나란한 방향으로 진동하고, 안테나는 z축과 나란하게 놓여있다. 전기장의 진동 주기는 T이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ.  $t=0$ 인 순간, 안테나 속 전자가 받는 전기력의 방향은 +z 방향이다.
- ㄴ.  $t=\frac{T}{2}$ 일 때, 안테나 속 전자가 받는 전기력은 0이다.
- ㄷ. 전자기파의 진동수는  $\frac{1}{T}$ 이다.

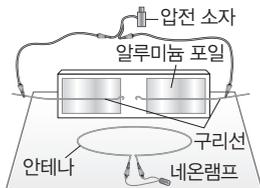
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23070-0184

다음은 압전 소자를 누를 때 네온램프에 불이 켜지는 현상에 대한 설명이다.

압전 소자를 누르면 구리선 사이에서 불꽃 방전이 일어나고 ㉠ 이/가 발생한다. ㉠ 이/가 주변으로 퍼져 나가 안테나에서 수신되면 안테나에서는 세기가 ㉡ 전류가 흐르게 된다. 따라서 안테나와 연결된 네온램프에서 불이 켜진다.



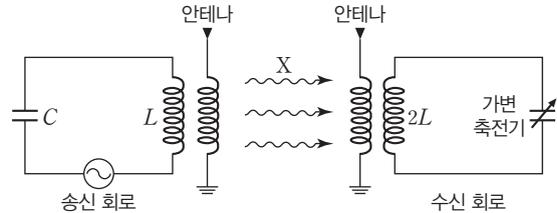
㉠, ㉡에 들어갈 것으로 옳은 것은?

- |               |     |
|---------------|-----|
| ㉠             | ㉡   |
| ① 전자기파        | 변하는 |
| ② 전자기파        | 일정한 |
| ③ 일정한 세기의 전기장 | 일정한 |
| ④ 일정한 세기의 자기장 | 변하는 |
| ⑤ 일정한 세기의 자기장 | 일정한 |

07

▶23070-0185

그림과 같이 진동수가  $f_0$ 이고 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 연결된 송신 회로의 안테나에서 전자기파 X를 송신하면 수신 회로의 안테나에서 X를 수신한다. 송신 회로의 축전기의 전기 용량은 C, 코일의 자체 유도 계수는 L이고, 수신 회로의 코일의 자체 유도 계수는 2L이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

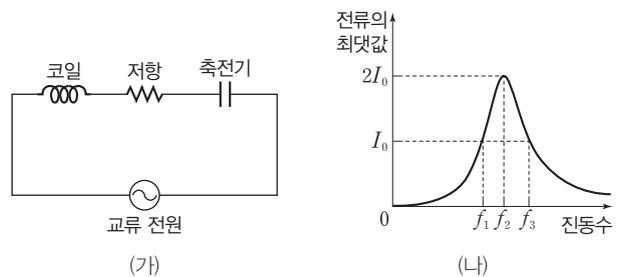
- ㄱ. 수신 회로에는 직류 전류가 흐른다.
- ㄴ. X의 진동수는  $f_0$ 이다.
- ㄷ. 가변 축전기의 전기 용량이 2C일 때, 수신 회로에 흐르는 전류의 세기는 최대가 된다.

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

08

▶23070-0186

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 코일, 저항, 축전기를 직렬로 연결한 회로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 회로에 흐르는 전류의 최댓값을 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

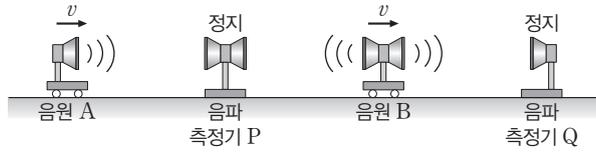
- ㄱ. 회로의 공명 진동수는  $f_2$ 이다.
- ㄴ. 축전기의 저항 역할은 교류 전원의 진동수가  $f_1$ 일 때와  $f_3$ 일 때가 서로 같다.
- ㄷ. 교류 전원의 진동수가  $f_2$ 일 때 코일의 자체 유도 계수만을 증가시키면 회로에 흐르는 전류의 최댓값은  $2I_0$ 보다 작다.

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

01

▶23070-0187

그림과 같이 음원 A, B는  $v$ 의 속력으로 같은 방향으로 운동하고 있고, 음파 측정기 P, Q는 정지해 있다. P가 측정하는 A, B의 음파의 진동수는 서로 같다.



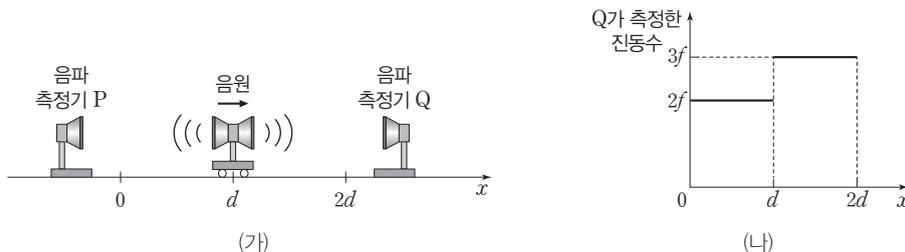
Q가 측정하는 A, B의 음파의 진동수를 각각  $f'_A, f'_B$ 라 할 때,  $\frac{f'_B}{f'_A}$ 는? (단, 음속은  $V$ 이고,  $v < V$ 이다. A, B, P, Q는 동일 직선상에 있다.)

- ①  $\left(\frac{V-v}{V+v}\right)^2$
- ②  $\frac{V-v}{V+v}$
- ③ 1
- ④  $\frac{V+v}{V-v}$
- ⑤  $\left(\frac{V+v}{V-v}\right)^2$

02

▶23070-0188

그림 (가)는 음파를 발생시키며  $x$ 축상에서  $+x$ 방향으로 운동하는 음원과 정지해 있는 음파 측정기 P, Q를 나타낸 것이다. 음원이  $x=0$ 에서  $x=d$ 까지 이동하는 데 걸리는 시간을  $t_1$ ,  $x=d$ 에서  $x=2d$ 까지 이동하는 데 걸리는 시간을  $t_2$ 라 할 때,  $t_1 : t_2 = 4 : 1$ 이다. 그림 (나)는 Q가 측정하는 음파의 진동수를 음원의 위치  $x$ 에 따라 나타낸 것이다.



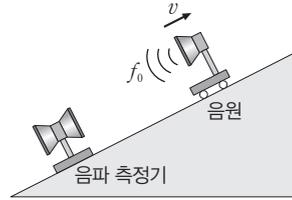
음원이  $x=0$ 에서  $x=d$ 까지 이동하는 동안, P가 측정하는 음원의 음파의 진동수는? (단, 음원의 크기는 무시한다.)

- ①  $\frac{9}{11}f$
- ②  $\frac{9}{10}f$
- ③  $\frac{11}{10}f$
- ④  $\frac{18}{11}f$
- ⑤  $\frac{18}{10}f$

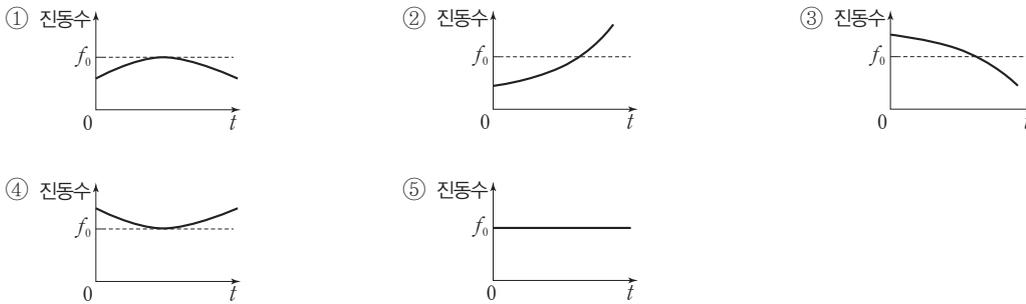
03

▶ 23070-0189

그림은 시간  $t=0$ 인 순간  $v$ 의 속력으로 빗면 위 방향으로 운동하고 있는 음원과 빗면 위에 고정되어 있는 음파 측정기를 나타낸 것이다. 음원은 속력이 감소하다가 멈춘 후 빗면 아래 방향으로 속력이 증가하는 운동을 한다.



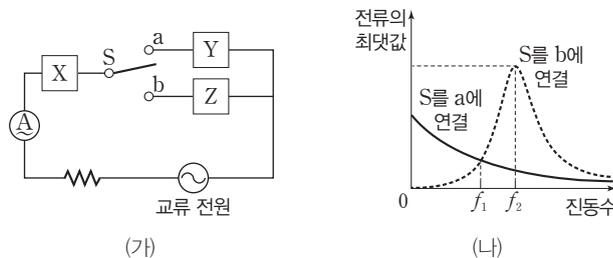
음파 측정기에서 측정된 음파의 진동수를  $t$ 에 따라 나타낸 그래프로 가장 적절한 것은?



04

▶ 23070-0190

그림 (가)와 같이 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 저항과 전기 소자 X, Y, Z, 스위치 S를 연결하였다. X, Y, Z는 각각 저항, 코일, 축전기를 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 S를 각각 a, b에 연결했을 때 회로에 흐르는 전류의 최댓값을 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

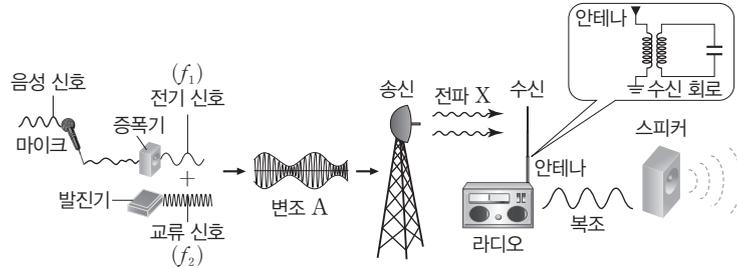
- ㄱ. S를 b에 연결했을 때, 회로의 공명 진동수는  $f_2$ 이다.
- ㄴ. Z는 축전기이다.
- ㄷ. X의 저항 역할은 교류 전원의 진동수가  $f_1$ 일 때가  $f_2$ 일 때보다 크다.

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

05

▶23070-0191

그림은 음성 신호가 진동수  $f_1$ 인 전기 신호로 전환되어 진동수가  $f_2$ 인 교류 신호에 첨가되는 변조 A를 거친 후 전파 X로 송신되는 과정과 라디오에서 X를 수신하여 스피커에서 음성 신호가 출력되는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

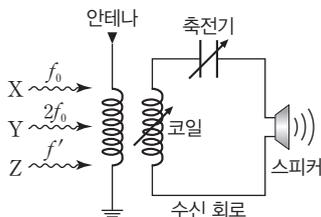
- ㄱ. A는 주파수 변조(FM)이다.
- ㄴ. X의 진동수는  $f_1$ 이다.
- ㄷ. 라디오 수신 회로의 공명 진동수는  $f_2$ 이다.

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

06

▶23070-0192

그림은 안테나 주변으로 지나가는 전파 X, Y, Z 중 하나의 전파를 수신하여 수신 회로에 연결된 스피커에서 음성 신호가 출력되는 모습을 나타낸 것이다. X, Y, Z의 진동수는 각각  $f_0$ ,  $2f_0$ ,  $f'$ 이다. 표는 수신 회로에 연결된 코일의 자체 유도 계수와 축전기의 전기 용량을 변화시켰을 때 수신된 전파를 나타낸 것이다.



자체 유도 계수 \ 전기 용량	$C_0$	$C'$
$L_0$	X를 수신	Y를 수신
$16L_0$		Z를 수신

$f'$ 는?

- ①  $\frac{1}{2}f_0$
- ②  $f_0$
- ③  $2f_0$
- ④  $4f_0$
- ⑤  $8f_0$

# 13

## 볼록 렌즈에 의한 상

### 1 볼록 렌즈에 의한 상

(1) 볼록 렌즈: 가장자리보다 가운데 부분이 더 두꺼워 입사 광선을 광축 방향으로 모으는 렌즈

#### ① 볼록 렌즈의 초점(F)

- 초점에서 퍼져 나가는 빛은 렌즈에서 굴절된 후 광축에 나란하게 진행한다.
- 광축에 나란하게 입사한 빛은 렌즈에서 굴절된 후 초점에 모인다.

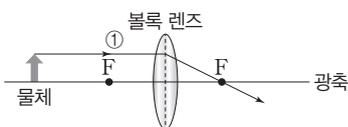
(2) 초점 거리( $f$ ): 렌즈의 중심에서 초점(F)까지의 거리로, 볼록 렌즈의 초점은 렌즈의 양쪽에 같은 초점 거리로 하나씩 있다.



(2) 볼록 렌즈에 의한 광선의 경로(광선 추적)

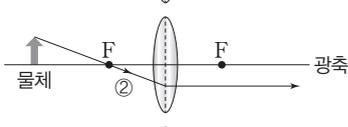
#### ① 광축에 나란하게 입사한

광선은 볼록 렌즈에서 굴절된 후 초점(F)을 지난다.



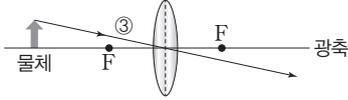
#### ② 초점(F)을 지나 입사한 광선

은 볼록 렌즈에서 굴절된 후 광축과 나란하게 진행한다.



#### ③ 볼록 렌즈의 중심을 지나

는 광선은 직진한다.



(3) 볼록 렌즈에 의한 상(상의 종류)

#### ① 실상과 허상

- 실상: 렌즈에서 굴절된 빛이 실제로 모여서 만들어진 상 → 실상이 있는 지점에 스크린을 놓으면 상이 맺힌다.
- 허상: 렌즈에서 굴절된 광선의 연장선이 모여서 만들어진 상 → 허상이 있는 지점에 스크린을 놓으면 상이 맺히지 않는다.

#### ② 정립상과 도립상

- 정립상: 상의 방향이 물체의 방향과 같은 상
- 도립상: 상의 방향이 물체의 방향과 반대인 상

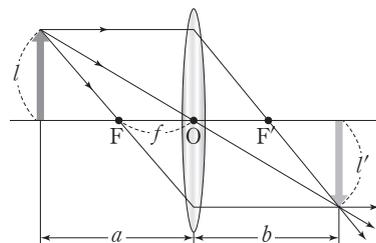
### 2 렌즈 방정식과 배율

(1) 렌즈 방정식: 렌즈와 물체 사이의 거리가  $a$ , 렌즈와 상 사이의 거리가  $b$ , 렌즈의 초점 거리가  $f$ 일 때,  $a, b, f$  사이에는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

( $b > 0$ : 실상,  $b < 0$ : 허상)

(2) 배율( $m$ ): 물체의 크기에 대한 상의 크기의 비율이다.



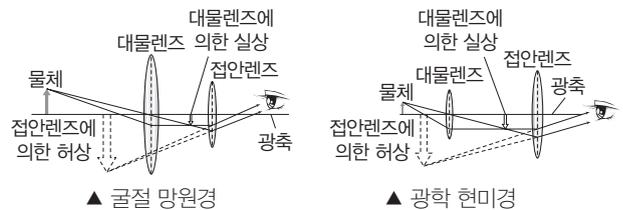
$$m = \frac{l'}{l} = \left| \frac{b}{a} \right|$$

### 3 볼록 렌즈의 이용

(1) 굴절 망원경(케플러 망원경): 두 개의 볼록 렌즈를 이용하여 멀리 있는 물체를 관측하는 장치로, 초점 거리가 긴 대물렌즈는 물체에서 나오는 빛을 모아 실상을 만들고, 이 실상은 초점 거리가 짧은 접안렌즈에 의해 확대된 허상으로 보인다.

(2) 광학 현미경: 두 개의 볼록 렌즈를 이용하여 가까운 곳의 작은 물체를 관측하는 장치로, 대물렌즈에 의해 확대된 실상이, 접안렌즈에 의해 더욱 확대된 허상으로 보인다.

(3) 카메라: 렌즈를 통과하며 굴절된 빛이 필름(또는 CCD)에 도달하여 상이 맺히게 한다.



### THE 알기 물체의 위치에 따른 볼록 렌즈에 의한 상의 변화

- 물체가 볼록 렌즈의 초점 바깥쪽에서 렌즈를 향하여 움직일 때 렌즈에 의한 물체의 상은 렌즈를 중심으로 물체 반대편 초점에서부터 점점 멀어지고 크기는 점점 커진다.
- 물체가 볼록 렌즈의 초점 안쪽에서 렌즈를 향하여 움직일 때 렌즈에 의한 물체의 상은 렌즈를 중심으로 물체와 같은 방향에서 렌즈에 가까워지고 상의 크기는 점점 작아진다.

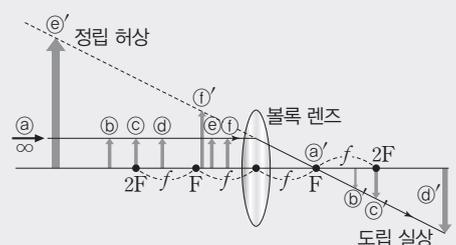
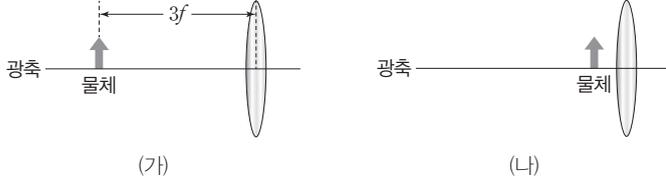


그림 (가)와 같이 초점 거리가  $f$ 인 볼록 렌즈로부터  $3f$ 만큼 떨어진 지점에 물체를 놓았다. 그림 (나)는 (가)에서 물체를 렌즈에 가깝게 이동시킨 것을 나타낸 것이다. (가)에서는 실상이, (나)에서는 허상이 생기고, 상의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. (가)에서 상의 크기는 물체의 크기보다 작다.
- ㄴ. (나)에서 상과 렌즈 사이의 거리는 물체와 렌즈 사이의 거리보다 크다.
- ㄷ. 상과 렌즈 사이의 거리는 (가)에서가 (나)에서의 3배이다.

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

**접근 전략 / 간략 풀이**

▶ 접근 전략

초점 거리가  $f$ 인 볼록 렌즈에서 물체와 렌즈 사이의 거리가  $f$ 보다 크면 실상이,  $f$ 보다 작으면 허상이 생기는 것을 생각하여 문제를 해석할 수 있다.

▶ 간략 풀이

㉠ (가)에서 렌즈와 상 사이의 거리를

$$b \text{라 할 때 } \frac{1}{3f} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \text{이므로}$$

$b = \frac{3}{2}f$ 이다. 렌즈와 물체 사이의 거리가 렌즈와 상 사이의 거리보다 크므로 (가)에서 상의 크기는 물체의 크기보다 작다.

㉡ (나)에서 허상이 생겼으므로 상의 크기가 물체의 크기보다 크고, 상과 렌즈 사이의 거리는 물체와 렌즈 사이의 거리보다 크다.

✕ (가)에서 물체와 렌즈 사이의 거리를  $a$ 라 할 때, 물체와 상의 크기의 비

$$\left| \frac{b}{a} \right| = \frac{\frac{3f}{2}}{3f} = \frac{1}{2} \text{이므로 상의 크기가 물}$$

체의 크기의  $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 (나)에서 상의 크기는 물체의 크기의 2배이다.

$$\text{다. (나)에서 } \frac{1}{a_{(나)}} - \frac{1}{2a_{(나)}} = \frac{1}{f} \text{이므로}$$

$$a_{(나)} = \frac{f}{2} \text{이고, 상과 렌즈 사이의 거리}$$

$$b_{(나)} = 2a_{(나)} = f \text{이므로 상과 렌즈 사이의 거리는 (가)에서가 (나)에서의 } \frac{3}{2} \text{배이다.}$$

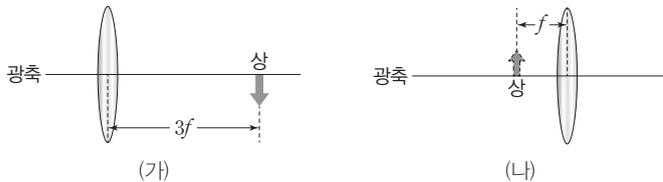
정답 | ③

**0** **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 39쪽

▶ 23070-0193

그림 (가)는 초점 거리가  $f$ 인 볼록 렌즈로부터  $3f$ 만큼 떨어진 지점에 물체의 실상이, (나)는 (가)에서 물체를 렌즈에 가깝게 이동시켰을 때, 렌즈로부터  $f$ 만큼 떨어진 지점에 물체의 허상이 생긴 것을 나타낸 것이다.



(가), (나)에서 물체와 렌즈 사이의 거리를 각각  $a_{(가)}$ ,  $a_{(나)}$ 라 할 때,  $\frac{a_{(가)}}{a_{(나)}}$ 는?

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5

**유사점과 차이점 / 배경 지식**

▶ 유사점과 차이점

렌즈 방정식을 이용하는 것은 유사하지만 물체의 위치가 아닌 상의 위치에 대한 정보가 제공되는 방식이 다르다.

▶ 배경 지식

물체와 렌즈 사이의 거리를  $a$ , 상과 렌즈 사이의 거리를  $b$ , 렌즈의 초점 거리를  $f$ 라 할 때, 렌즈 방정식은

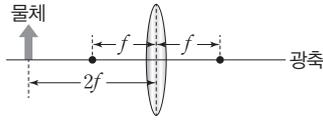
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \text{이다. } b \text{는 실상일 때 양(+)}$$

이고, 허상일 때 음(-)이다.

01

▶23070-0194

그림과 같이 초점 거리가  $f$ 인 볼록 렌즈로부터  $2f$ 만큼 떨어진 광축 위에 물체를 놓았다.



볼록 렌즈를 지나는 광선의 경로로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

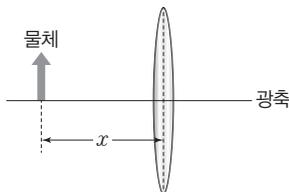
ㄱ. 물체 렌즈 광축  
 ㄴ. 물체 렌즈 광축  
 ㄷ. 물체 렌즈 광축

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

02

▶23070-0195

그림은 볼록 렌즈로부터 거리  $x$ 만큼 떨어진 광축 위에 물체를 놓은 것을, 표는  $x$ 에 따른 물체의 상과 렌즈 사이의 거리를 나타낸 것이다.



$x$	물체의 상과 렌즈 사이의 거리
$\frac{1}{2}d$	$\frac{3}{4}d$
$d$	$3d$
$2d$	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 렌즈의 초점 거리는  $\frac{3}{2}d$ 이다.  
 ㄴ. ㉠은  $6d$ 이다.  
 ㄷ.  $x=2d$ 일 때, 상은 도립상이다.

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

03

▶23070-0196

그림 (가)는 '물리'라는 글씨가 써 있는 종이를, (나)는 (가)의 글씨가 볼록 렌즈에 의해 '물리'라는 글씨의 상이 축소 반전되어 보이는 모습을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

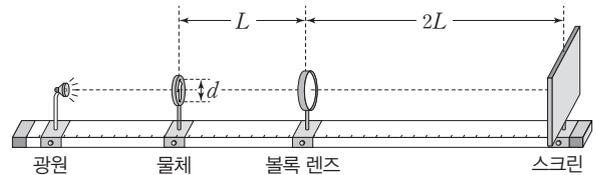
- ㄱ. (나)에서 축소된 상은 실상이다.  
 ㄴ. 렌즈와 종이 사이의 거리는 렌즈와 '물리'라는 글씨의 상 사이의 거리보다 작다.  
 ㄷ. 렌즈가 종이에서 멀어지면 '물리'라는 글씨의 상의 크기는 커진다.

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

04

▶23070-0197

그림과 같이 광학대 위에 광원, 물체, 볼록 렌즈, 스크린을 설치한 후, 볼록 렌즈를 광축을 따라 이동시켰더니 스크린에 물체의 상이 또렷하게 나타났다. 물체의 크기는  $d$ 이고, 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리, 볼록 렌즈와 스크린 사이의 거리는 각각  $L$ ,  $2L$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

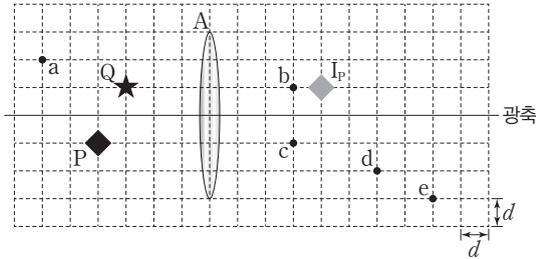
- ㄱ. 상의 크기는  $\frac{1}{2}d$ 이다.  
 ㄴ. 렌즈의 초점 거리는  $\frac{2}{3}L$ 이다.  
 ㄷ. 상은 정립상이다.

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

05

▶23070-0198

그림은 볼록 렌즈 A 앞에 물체 P를 놓았을 때 만들어진 P의 상  $I_p$ 를 나타낸 것이다.



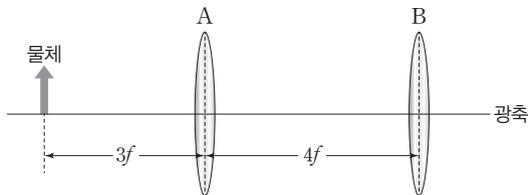
A 앞에 물체 Q를 놓았을 때 만들어진 Q의 상의 위치로 옳은 것은?

- ① a      ② b      ③ c      ④ d      ⑤ e

06

▶23070-0199

그림과 같이 초점 거리가 각각  $f$ ,  $3f$ 인 볼록 렌즈 A, B를 각각 광축이 일치하게 설치하고 A로부터 거리  $3f$ 만큼 떨어진 광축 위에 물체를 놓았다. A, B 사이의 거리는  $4f$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

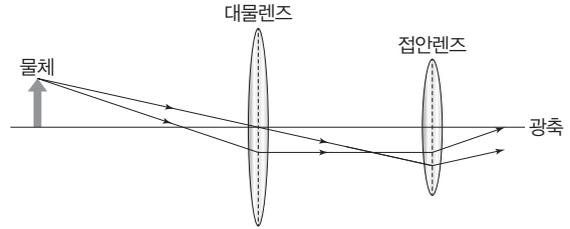
- ㄱ. 최종 상은 물체에 대해 정립상이다.
- ㄴ. B와 최종 상 사이의 거리는  $3f$ 이다.
- ㄷ. 최종 상의 크기는 물체의 크기의 3배이다.

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

07

▶23070-0200

그림은 물체의 한 점에서 나온 빛이 망원경의 대물렌즈와 접안렌즈를 차례대로 통과하여 진행하는 경로를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

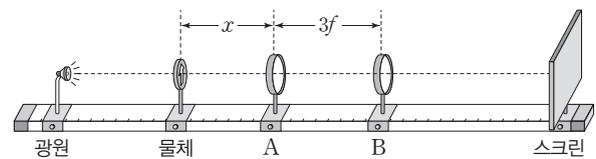
- ㄱ. 대물렌즈에 의한 물체의 상은 도립상이다.
- ㄴ. 접안렌즈에 의한 상은 허상이다.
- ㄷ. 대물렌즈에 의한 상과 접안렌즈 사이의 거리는 접안렌즈의 초점 거리보다 작다.

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

08

▶23070-0201

그림과 같이 초점 거리가  $f$ 로 같은 볼록 렌즈 A, B를 각각 설치하고, A로부터 거리  $x$ 만큼 떨어진 광축 위에 물체를 놓았더니 스크린에 실상이 또렷하게 나타났다. A, B 사이의 거리는  $3f$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A에 의한 상과 B 사이의 거리는  $f$ 보다 크다.
- ㄴ.  $x$ 는  $2f$ 보다 작다.
- ㄷ. 스크린에 보이는 상의 크기는 A에 의한 상의 크기보다 크다.

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

01

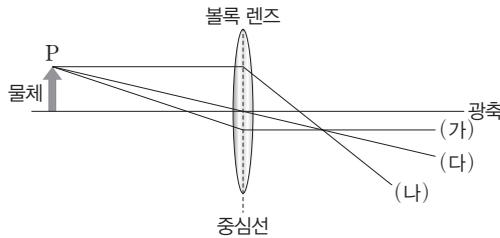
▶ 23070-0202

다음은 볼록 렌즈에 의한 물체의 상을 작도하는 과정과 결과를 나타낸 것이다.

[작도 과정]

- (가) 광축 위에 물체를 그리고 물체의 끝점 P에서  ㉠ 을 지나게 선을 긋고, 그 선이 렌즈의 중심선과 만나는 점에서 광축과 나란하게 선을 긋는다.
- (나) P에서 광축과 나란하게 선을 긋고, 그 선이 렌즈의 중심선과 만나는 점에서 렌즈의 오른쪽  ㉡ 을 지나도록 선을 긋는다.
- (다) P에서 렌즈의 중심선과 광축이 만나는 점까지 선을 긋고, 그 선을 연장하여 직선을 긋는다.

[작도 결과]



- 상의 크기는 물체의 크기보다 작다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

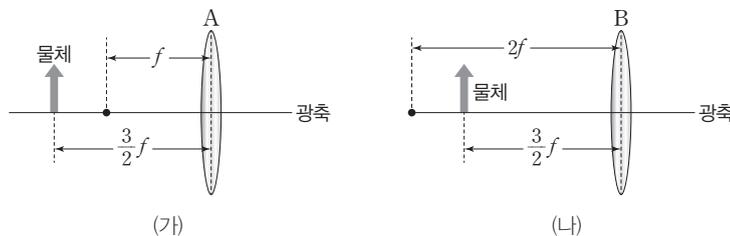
- ㄱ. ㉠은 '초점'이다.
- ㄴ. 물체의 상은 실상이다.
- ㄷ. 볼록 렌즈에서 상까지의 거리는 볼록 렌즈에서 ㉡까지의 거리의 2배보다 크다.

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

02

▶ 23070-0203

그림 (가), (나)는 각각 초점 거리가  $f$ ,  $2f$ 인 볼록 렌즈 A, B에서 같은 거리  $\frac{3}{2}f$ 만큼 떨어진 곳에 크기가 같은 물체를 광축 위에 놓은 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

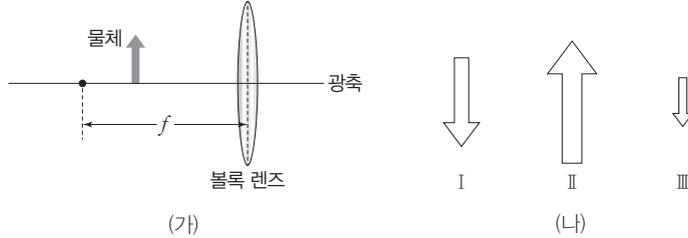
- ㄱ. (가)에서 물체의 상은 도립상이다.
- ㄴ. 상과 렌즈 사이의 거리는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- ㄷ. 상의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.

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

03

▶23070-0204

그림 (가)와 같이 초점 거리가  $f$ 인 볼록 렌즈로부터  $f$ 보다 가까운 광축 위에 물체를 놓았다. 그림 (나)는 물체를 볼록 렌즈로부터 광축을 따라 멀리할 때, 물체의 위치에 따른 상 I, II, III의 모습을 순서 없이 나타낸 것이다. III의 배율은 1이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

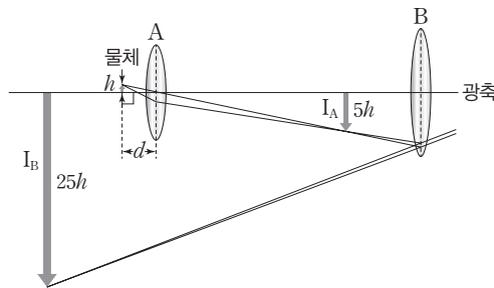
- ㄱ. II는 허상이다.
- ㄴ. III은 물체와 렌즈 사이의 거리가  $2f$ 일 때 보이는 상이다.
- ㄷ. 렌즈와 물체 사이의 거리는 I이 생길 때가 III이 생길 때보다 크다.

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

04

▶23070-0205

그림은 광축 위에 놓은 크기가  $h$ 인 물체의 한 점에서 나온 빛의 일부가 현미경의 대물렌즈 A와 접안렌즈 B를 통과하여 진행되는 경로와 상  $I_A$ ,  $I_B$ 를 나타낸 것이다. B의 초점 거리는  $3d$ 이고, 물체와 A 사이의 거리는  $d$ 이다.  $I_A$ ,  $I_B$ 의 크기는 각각  $5h$ ,  $25h$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ.  $I_A$ 는 실상이다.
- ㄴ. A의 초점 거리는  $\frac{5}{6}d$ 이다.
- ㄷ.  $I_B$ 와 B 사이의 거리는  $12d$ 이다.

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

## 14

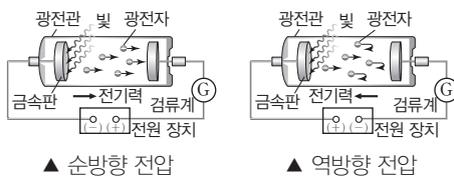
## 빛과 물질의 이중성

## 1 광전 효과

(1) 광전 효과: 금속 표면에 빛을 비추면 전자가 방출되는 현상을 광전 효과라고 하며, 이때 방출되는 전자를 광전자라고 한다.

## (2) 광전 효과 실험

① 광전관의 금속판에 전원의 (-)극을 연결하여 순방향 전압을 걸어 주면 광전자는 (+)극 쪽으로 전기력을 받고, 금속판에 전원의 (+)극을 연결하여 역방향 전압을 걸어 주면 광전자는 (+)극이 연결된 금속판 쪽으로 전기력을 받는다.



## ② 광전류와 광전자

- 광전관의 금속판에 빛을 비추면 금속판에서 광전자가 튀어나와 회로에 전류가 흐르게 된다. 이 전류를 광전류라 하고, 빛에 의해 금속판에서 튀어나온 전자를 광전자라고 한다.
- 순방향 전압을 걸어 주고 금속판에 특정 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비추면 광전자가 튀어나와 회로에 전류가 흐른다. 이때 전압을 증가시켜도 전류의 세기는 거의 변하지 않는다. 하지만 역방향 전압을 걸어 주고 전압을 증가시키면 반대편 금속판에 도달하는 광전자의 수는 줄어들게 되어 광전류의 세기는 감소한다.

③ 광전자의 최대 운동 에너지( $E_k$ )와 정지 전압( $V_s$ ): 광전관에 역방향 전압을 걸어 주어 광전자가 반대편 금속판에 도달하지 못해 광전류가 0이 되는 순간의 전압을 정지 전압( $V_s$ )이라고 하며, 정지 전압은 광전자의 최대 운동 에너지( $E_k$ )에 비례한다.

$$E_k = eV_s \quad (e: \text{기본 전하량})$$

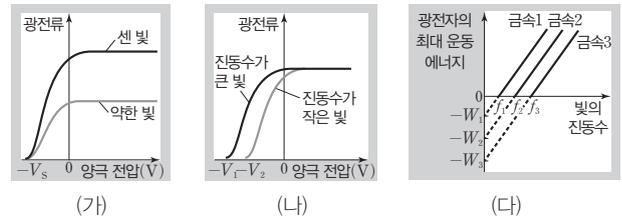
## (3) 광전 효과 실험 결과

- ① 광전자는 특정한 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 방출된다. 이 특정한 진동수를 문턱 진동수라고 하며, 문턱 진동수는 금속의 종류에 따라 다르다.
- ② 문턱 진동수보다 작은 진동수의 빛은 아무리 센 빛을 비춰도 광전류가 흐르지 않는다. 하지만 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛

을 비추는 즉시 광전자가 방출되고, 빛의 세기가 증가할수록 광전류의 세기는 증가한다[그림 (가),  $V_s$ : 정지 전압].

③ 금속 표면에서 방출된 광전자의 최대 운동 에너지( $E_k$ )는 비취진 빛의 세기에는 관계없고 비취진 빛의 진동수에 따라 변한다[그림 (나),  $V_1, V_2$ : 정지 전압].

④ 비취진 빛의 진동수와 광전자의 최대 운동 에너지( $E_k$ )의 관계 그래프의 기울기는 플랑크 상수를 의미하며, 금속의 종류에 관계없이 일정하다[그림 (다)].



## (4) 광양자설에 의한 광전 효과 해석

- ① 문턱 진동수와 일함수: 진동수가  $f$ 인 빛을 금속 표면에 비추면  $hf$ 의 에너지를 가진 광자가 금속 표면의 전자와 충돌하여 광자의 에너지 전부를 전자에 주어 금속 표면의 전자를 외부로 떼어낸다. 이때 금속 표면의 전자를 외부로 떼어내는 데 필요한 최소한의 에너지를 일함수( $W$ )라 하고, 일함수와 같은 에너지를 가진 광자의 진동수를 문턱 진동수( $f_0$ )라고 한다.
- ② 광전자의 최대 운동 에너지와 빛의 진동수: 문턱 진동수가  $f_0$ 인 금속 표면에 진동수가  $f$ 인 빛을 비추면 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지( $E_k$ )는 다음과 같다.

$$E_k = hf - W = h(f - f_0) = h\left(\frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda_0}\right)$$

## 2 아인슈타인의 광양자설

- (1) 광양자설: 1905년 아인슈타인은 플랑크가 제안한 양자설을 이용하여 '빛은 연속적인 파동 에너지의 흐름이 아니라 광자(광양자)라고 부르는 불연속적인 에너지를 가진 입자의 흐름이다.'라는 광양자설로 광전 효과를 설명하였다.
- (2) 광자의 에너지: 광양자설에 의하면 진동수가  $f$ 인 광자 1개의 에너지  $E$ 는 다음과 같다.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

(플랑크 상수  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ , 빛의 속도  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

## THE 알기 빛의 파동 이론의 한계

파동 이론에 의하면 빛의 진동수가 아무리 작아도 빛의 세기를 증가시키거나 오래 비추면 금속 내 전자는 충분한 에너지를 얻기 때문에 금속 표면으로부터 전자가 방출되어야 한다. 하지만 문턱 진동수보다 작은 진동수의 빛은 아무리 세게, 오래 비추어도 금속에서 광전자는 방출되지 않는다. 파동 이론에 의하면 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 세기와 관계가 있어야 한다. 하지만 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수에만 관계가 있다.

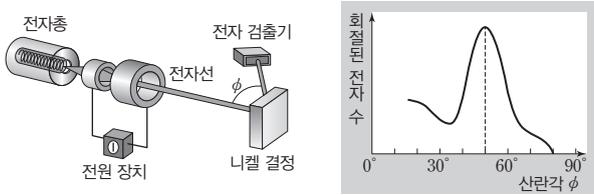
**3 물질파**

(1) 드브로이 물질파

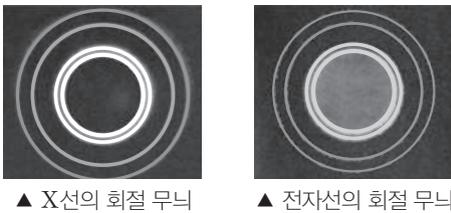
- ① 1924년 드브로이는 파장  $\lambda$ 인 광자의 운동량이  $p = \frac{h}{\lambda}$ 인 것처럼, 속력  $v$ 로 움직이는 질량  $m$ 인 입자의 파장은  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ 를 만족한다고 제안하였다.
- ② 물질인 입자가 파동성을 가질 때 이 파동을 물질파 또는 드브로이파라 하고, 이때 파장을 드브로이 파장이라고 한다.

(2) 물질파의 확인

- ① 데이비슨·거머 실험: 데이비슨과 거머는 니켈 결정에 전자를 입사시킨 후 입사한 전자선과 튀어나온 전자가 이루는 각에 따른 회절된 전자수의 분포를 알아보기 위해 검출기와 입사한 전자선 사이의 각  $\phi$ 를 변화시키면서 각에 따라 검출되는 전자의 수를 측정하였다.
  - 실험 결과의 해석: 실험 결과 전자선 회절 실험으로부터 구한 전자의 파장과 드브로이 물질파 이론을 적용하여 구한 전자의 파장이 일치한다는 사실로 드브로이의 물질파 이론이 증명되었다.



- ② 톰슨의 전자 회절 실험: 톰슨은 X선과 동일한 드브로이 파장을 갖는 전자선을 얇은 금속박에 입사시킬 때 X선에 의한 회절 무늬와 전자선의 회절 무늬가 같다는 것을 보여주어 전자의 물질파 이론을 증명하였다.



**4 보어 원자 모형과 물질파**

- (1) 보어 원자 모형: 러더퍼드 원자 모형에서 원자의 안정성 문제, 선 스펙트럼 문제 등의 한계점을 해결하기 위해 두 가지 가설을 적용하여 새로운 원자 모형을 제시하였다.
  - ① 제1가설(양자 조건): 전자의 질량이  $m$ , 전자의 속력이  $v$ , 전자가 회전하는 원 궤도의 반지름이  $r$ 이면 양자 조건은 다음과 같다.

$$2\pi r m v = n h$$

(양자수  $n=1, 2, 3, \dots$ , 플랑크 상수  $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ )

- ② 제2가설(진동수 조건): 전자가 양자 조건을 만족하는 원 궤도 사이에서 전이할 때는 두 궤도의 에너지 차에 해당하는 에너지를 갖는 전자기파를 방출하거나 흡수한다.

$$E_n - E_m = h f \text{ (양자수 } n, m=1, 2, 3, \dots)$$

(2) 보어 원자 모형과 드브로이 물질파 이론

- ① 보어의 제1가설을 드브로이 파장으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$2\pi r = n \left( \frac{h}{m v} \right) = n \lambda \text{ (} n=1, 2, 3, \dots)$$

- ② 전자가 궤도 운동하는 원의 둘레가 드브로이 파장의 정수배가 되어 정상파를 이룰 때만 안정한 궤도를 이룬다.
- ③ 전자의 물질파가 원 궤도에서 정상파를 이룰 때만 전자가 에너지를 방출하지 않고 정상 상태를 유지하게 된다.
- ④ 전자의 원 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정수배와 일치하지 않는 경우에는 전자가 정상 상태를 유지하지 못하므로 전자의 궤도는 존재할 수 없다.
- ⑤ 보어의 양자 가설을 수소 원자에 적용하여 양자수  $n$ 인 전자 궤도의 반지름을 이론적으로 유도하여 다음과 같은 관계를 얻었다.

$$r_n = a_0 n^2 \text{ (} a_0: \text{보어 반지름)}$$

**THE 알기** 보어 원자 모형과 드브로이 물질파 이론

- ① 전자의 원 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정수배와 일치하는 경우: (가), (나)
  - 정상 상태 유지
- ② 전자의 원 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정수배와 일치하지 않는 경우: (다)
  - 전자의 궤도는 존재할 수 없다.
- ③ 전자의 궤도 반지름은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ④ 전자의 드브로이 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 짧다.

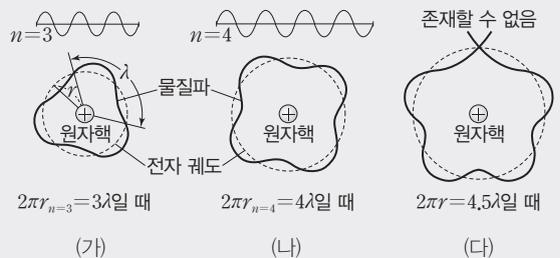
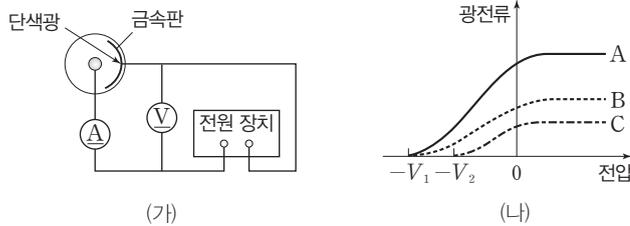


그림 (가)는 광전 효과 실험 장치를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 금속판에 단색광 A, B, C를 각각 비추어 금속판에서 광전자가 방출될 때 광전류를 전압에 따라 나타낸 것이다. A와 B를 각각 비추었을 때 정지 전압은  $V_1$ 로 같고, C를 비추었을 때 정지 전압은  $V_2$ 이다. A, C의 진동수는 각각  $7f_0$ ,  $5f_0$ 이고, 금속판의 문턱 진동수는  $f_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. B의 진동수는  $7f_0$ 이다.
- ㄴ. 단색광의 세기는 A가 B보다 크다.
- ㄷ.  $V_1 = \frac{3}{2}V_2$ 이다.

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

**접근 전략 / 간략 풀이**

▶ 접근 전략

빛의 세기가 커질수록 광전류의 세기는 커지고, 정지 전압에 해당하는 전기 퍼텐셜 에너지는 광전자의 최대 운동 에너지와 같음을 생각하여 문제를 해석할 수 있어야 한다.

▶ 간략 풀이

- ㉠ A를 비추는 때와 B를 비추는 때 정지 전압이 같으므로, A와 B의 진동수는 같다. 따라서 B의 진동수는  $7f_0$ 이다.
- ㉡ A, B의 진동수가 같고, 광전류의 최대값이 A를 비추는 때와 B를 비추는 때보다 크므로 단색광의 세기는 A가 B보다 크다.
- ㉢ 금속판의 문턱 진동수가  $f_0$ 이므로 플랑크 상수를  $h$ 라 할 때, 금속판의 일함수는  $hf_0$ 이다. 전자의 전하량을  $e$ 라 할 때,  
 $eV_1 = 7hf_0 - hf_0 = 6hf_0 \dots ①$   
 $eV_2 = 5hf_0 - hf_0 = 4hf_0 \dots ②$   
 가 성립한다. 따라서 ①, ②에 의해  
 $V_1 = \frac{3}{2}V_2$ 이다.

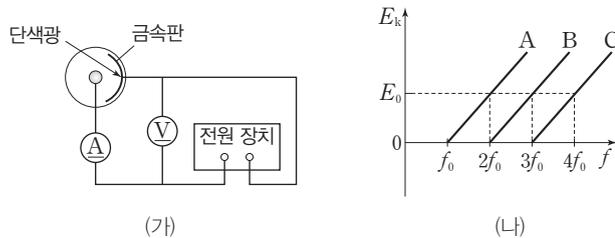
정답 | ⑤

**0** **답은 꼴 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 41쪽

▶ 23070-0206

그림 (가)는 광전관의 금속판에 단색광을 비추어 광전자가 방출되는 광전 효과 실험 장치를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 광전관의 금속판을 A, B, C로 바꾸어 단색광을 비추었을 때 방출된 광전자의 최대 운동 에너지  $E_k$ 를 단색광의 진동수  $f$ 에 따라 나타낸 것이다. 진동수가  $4f_0$ 인 단색광을 A, B에 각각 비추었을 때 정지 전압은 각각  $V_A$ ,  $V_B$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. A의 일함수는  $E_0$ 이다.
- ㄴ. 진동수가  $2f_0$ 인 단색광의 세기를 크게 하여 C에 비추면 광전자가 방출된다.
- ㄷ.  $V_A = \frac{3}{2}V_B$ 이다.

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

**유사점과 차이점 / 배경 지식**

▶ 유사점과 차이점

방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 단색광의 진동수가 커지면 커진다는 것을 파악해야 하는 점은 유사하지만 문턱 진동수가 다른 금속판에 대한 정보가 제공되는 방식이 다르다.

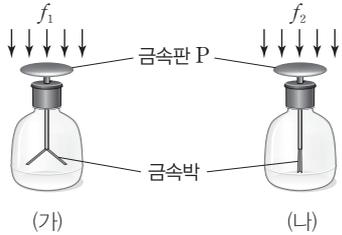
▶ 배경 지식

방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 단색광의 진동수가 커지면 커지고, 금속판의 문턱 진동수보다 큰 진동수의 단색광을 비추었을 때 광전자가 방출된다.

01

▶23070-0207

그림 (가)는 대전되지 않은 검전기에 진동수가  $f_1$ 인 빛을 금속판 P에 비추는 모습을, (나)는 대전되지 않은 검전기에 진동수가  $f_2$ 인 빛을 P에 비추는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서는 금속박이 벌어지고, (나)에서는 벌어지지 않는다.



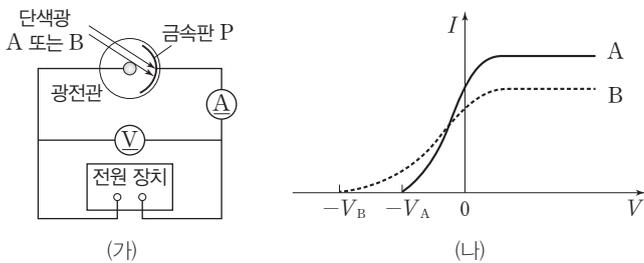
P의 문턱 진동수를  $f_P$ 라 할 때,  $f_1, f_2, f_P$ 를 옳게 비교한 것은?

- ①  $f_1 > f_P > f_2$       ②  $f_1 > f_2 > f_P$       ③  $f_2 > f_P > f_1$
- ④  $f_2 > f_1 > f_P$       ⑤  $f_P > f_1 > f_2$

02

▶23070-0208

그림 (가)는 광전관의 금속판 P에 단색광 A, B를 각각 비추는 모습을 나타낸 것이고, (나)는 (가)에서 A, B에 의해 방출되는 광전자에 의한 광전류의 세기  $I$ 를 전원 장치의 전압  $V$ 에 따라 나타낸 것이다. A, B를 각각 비추었을 때 정지 전압은  $V_A, V_B$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

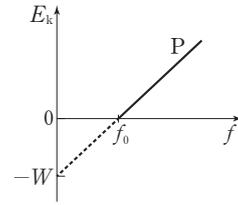
- ㄱ. 단색광의 진동수는 A가 B보다 작다.
- ㄴ. A의 세기를 증가시켜 P에 비추면 A에 의한 정지 전압은  $V_A$ 보다 커진다.
- ㄷ. 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 A를 비추었을 때가 B를 비추었을 때보다 크다.

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

03

▶23070-0209

그림은 금속판 P의 표면에 빛을 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지  $E_k$ 를 빛의 진동수  $f$ 에 따라 나타낸 것이다.



문턱 진동수가 P의 2배인 금속판 Q에 빛을 비추었을 때,  $E_k$ 를  $f$ 에 따라 나타낸 그래프로 옳은 것은?

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

04

▶23070-0210

다음은 물질파에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



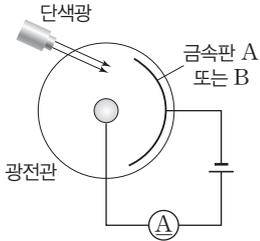
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A      ② C      ③ A, B      ④ B, C      ⑤ A, B, C

05

▶23070-0211

그림은 광전관의 금속판에 단색광을 비추며 광전자의 방출을 측정하는 장치로, 표는 금속판 A, B에 비춘 단색광의 파장, A와 B에서 광전자의 방출 여부를 나타낸 것이다.



단색광의 파장	광전자의 방출 여부	
	A	B
$\lambda_1$	○	⊖
$\lambda_2$	×	○

○: 방출됨, ×: 방출되지 않음

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

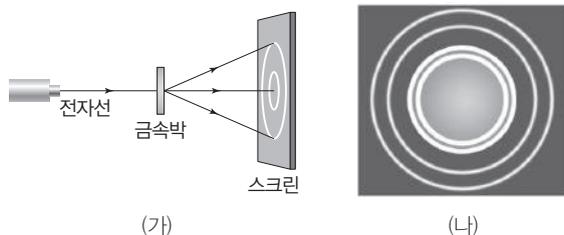
- ㄱ.  $\lambda_1 > \lambda_2$ 이다.
- ㄴ. 문턱 진동수는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. ⊖은 '×'이다.

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

06

▶23070-0212

그림 (가)는 전자총에서 방출된 전자선이 얇은 금속박을 통과하여 스크린에 도달하는 모습을, (나)는 (가)의 전자선이 스크린에 만든 회절 무늬를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 전자의 파동성을 알 수 있다.
- ㄴ. 전자의 속력이 빠를수록 물질파의 파장은 길어진다.
- ㄷ. 전자의 속력이 빠를수록 회절이 잘 일어난다.

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

07

▶23070-0213

그림은 입자 A, B, C가 각각 속력  $v_A, v_B, v_C$ 로 운동하는 것을, 표는 A, B, C의 운동량의 크기와 운동 에너지를 나타낸 것이다.

입자	운동량의 크기	운동 에너지
A	$p$	$E$
B	$p$	$\frac{1}{2}E$
C	$2p$	$2E$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. 물질파의 파장은 A와 B가 같다.
- ㄴ. 질량은 B와 C가 같다.
- ㄷ.  $v_A = v_C$ 이다.

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

08

▶23070-0214

다음은 보어의 수소 원자 모형에 대한 두 가지 가설이다.

- 제1가설(양자 조건): 전자의 질량이  $m$ , 전자의 속력이  $v$ , 전자가 회전하는 원 궤도의 반지름이  $r$ 이면 양자 조건은 다음과 같다.

$$2\pi r m v = n h \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

여기서  $h$ 는 플랑크 상수이고,  $n$ 은 양자수이다.

- 제2가설(진동수 조건): 전자가 양자 조건을 만족하는 원 궤도 사이에서 전이할 때는 두 궤도의 에너지 차에 해당하는 에너지를 갖는 전자기파를 방출하거나 흡수한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

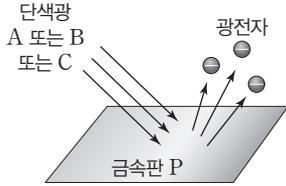
- ㄱ. 수소 원자의 에너지 준위는 연속적이다.
- ㄴ. 전자가 궤도 운동하는 원의 둘레는 드브로이 파장의 정수 배이다.
- ㄷ. 양자수가 클수록 전자 궤도의 반지름은 크다.

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

01

▶23070-0215

그림은 금속판 P에 각각 단색광 A, B, C를 비추었을 때 광전자가 방출되는 모습을 나타낸 것이다. 표는 단색광 A, B, C의 진동수와 최대 운동 에너지를 갖는 광전자의 물질파 파장을 나타낸 것이다.



단색광	단색광의 진동수	광전자의 물질파 파장
A	$f$	$\sqrt{5}\lambda$
B	$2f$	(가)
C	$3f$	$\lambda$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

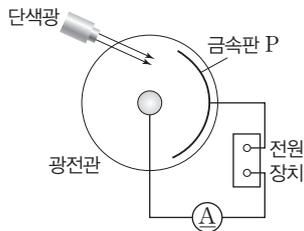
- ㄱ. 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 B를 비출 때가 A를 비출 때의 2배이다.
- ㄴ. P의 문턱 진동수는  $\frac{1}{2}f$ 이다.
- ㄷ. (가)는  $\sqrt{\frac{5}{3}}$   $\lambda$ 이다.

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

02

▶23070-0216

그림은 일함수가  $E_0$ 인 금속판 P에 단색광을 비추는 모습을, 표는 P에 비춘 단색광에 따라 방출된 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 것이다. 단색광 A, B, C의 진동수는 각각  $f, 2f, f_c$ 이다.



단색광	광전자의 최대 운동 에너지
A, B	$3E_0$
B, C	$3E_0$
C	$2E_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $h$ 는 플랑크 상수이다.)

보기

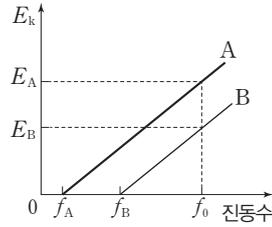
- ㄱ.  $f = \frac{2E_0}{h}$ 이다.
- ㄴ.  $f_c = \frac{3}{2}f$ 이다.
- ㄷ. P에 A, B, C를 모두 비추면 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는  $3E_0$ 이다.

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

## 03

▶ 23070-0217

그림은 금속판 A, B에 빛을 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지  $E_k$ 를 빛의 진동수에 따라 나타낸 것이다.  $f_B$ 는  $f_A$ 의 3배이고, 빛의 진동수가  $f_0$ 일 때 A와 B에서 방출되는 광전자의  $E_k$ 는 각각  $E_A, E_B$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

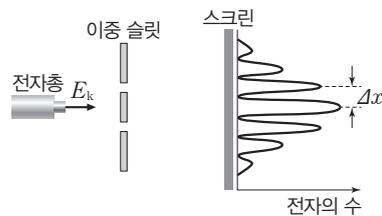
- ㄱ. 금속판의 일함수는 B가 A의 3배이다.
- ㄴ. 진동수가  $f_A$ 보다 작은 빛을 비추었을 때, A에서는 광전자가 방출되지 않는다.
- ㄷ.  $E_A - E_B$ 는 B의 일함수와 같다.

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

## 04

▶ 23070-0218

그림은 전자총에서 방출된 전자가 이중 슬릿을 통과하여 스크린의 각 지점에 일정한 시간 동안 도달하는 전자의 수를 나타낸 것이다.  $E_k$ 는 전자총에서 방출되는 전자의 운동 에너지이고,  $\Delta x$ 는 가장 전자의 수가 많은 인접한 지점 사이의 간격이다.



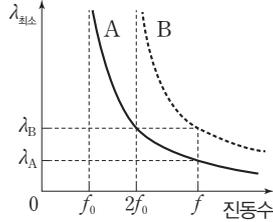
$\Delta x$ 를  $E_k$ 에 따라 나타낸 그래프로 가장 적절한 것은?

- ①                      ②                      ③                      ④                      ⑤

05

▶23070-0219

그림은 금속판 A와 B에 빛을 비추었을 때 방출되는 광전자의 드브로이 파장의 최솟값  $\lambda_{\text{최소}}$ 를 빛의 진동수에 따라 나타낸 것이다. A, B의 문턱 진동수는 각각  $f_0, 2f_0$ 이고, 진동수가  $f$ 인 빛을 각각 A, B에 비추었을 때 방출된 광전자의 드브로이 파장의 최솟값은 각각  $\lambda_A, \lambda_B$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $h$ 는 플랑크 상수이다.)

보기

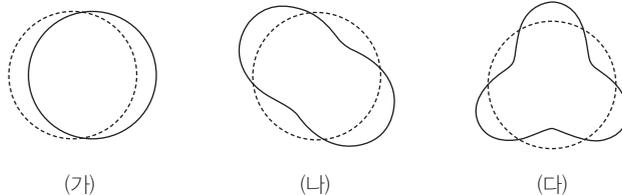
- ㄱ. 진동수가  $2f_0$ 인 빛을 A에 비추었을 때, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $hf_0$ 이다.
- ㄴ.  $f=3f_0$ 이다.
- ㄷ.  $\lambda_B = \sqrt{2}\lambda_A$ 이다.

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

06

▶23070-0220

그림 (가), (나), (다)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수  $n$ 이 서로 다른 전자의 원운동 궤도와 전자가 만든 정상파를 각각 점선과 실선으로 나타낸 것이다. (가), (나), (다)에서 전자의 에너지 준위는 각각  $E_1, E_2, E_3$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (다)에서 전자는 전자기파를 방출한다.
- ㄴ. 전자의 에너지 준위 차는  $E_2 - E_1$ 이  $E_3 - E_2$ 보다 크다.
- ㄷ. 전자의 물질파 파장은 (나)에서가 (다)에서보다 짧다.

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

# 15

## 불확정성 원리

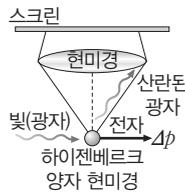
### 1 불확정성 원리

(1) 측정의 정밀성에 대한 문제

- ① 고전 역학: 측정 과정에서 측정 도구가 측정 대상에 미치는 영향을 얼마든지 줄일 수 있다고 생각하여 물리량을 무한히 정밀하게 측정하고 예측할 수 있다고 가정한다.
- ② 양자 역학: 측정 과정에서 측정 도구와 측정 대상의 상호 작용은 측정하려는 대상의 상태를 변화시킨다. 따라서 대상의 물리량을 무한히 정밀하게 측정하는 것은 불가능하다.

(2) 하이젠베르크의 불확정성 원리

- ① 위치 불확정성( $\Delta x$ ): 전자의 위치를 측정하기 위해서는 빛을 전자에 비춰 빛이 산란되는 위치를 현미경을 통해 보아야 하는데, 회절에 의해 상이 흐려지므로 위치를 정확하게 측정하기 어렵다. 빛의 파장이 짧을수록 전자의 위치 불확정성  $\Delta x$ 는 감소한다.



- ② 운동량 불확정성( $\Delta p$ ): 전자에 비춰준 빛은 운동량을 지닌 광자로 생각할 수 있으므로 광자는 전자와 충돌하여 전자의 운동량을 변화시키게 되어 운동량을 정확하게 알기 어렵다. 이때 파장이  $\lambda$ 인 광자의 운동량이  $p = \frac{h}{\lambda}$ 이므로 광자의 파장이 짧을수록 전자의 운동량 불확정성  $\Delta p$ 는 증가한다.

③ 하이젠베르크의 불확정성 원리

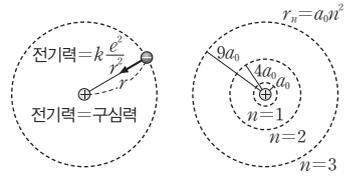
- 짧은 파장의 빛을 이용하면 입자의 위치는 정확하게 측정할 수 있지만 운동량 불확정성은 증가한다. 반대로 긴 파장의 빛을 이용하면 입자의 운동량의 정확성을 높일 수 있지만 입자의 위치 불확정성은 증가한다.
- 불확정성 원리: 입자성과 파동성을 모두 띠고 있는 물체의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정하는 것은 불가능하다. 위치와 운동량의 측정에 대한 불확정성 원리를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \quad (\text{단, } \hbar = \frac{h}{2\pi}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})$$

(3) 불확정성 원리와 보어 원자 모형의 한계

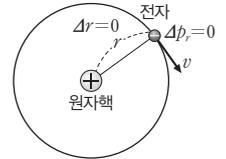
- ① 보어는 양자 가설을 통하여 수소 원자의 전자는 원자핵으로부터

반지름이  $r$ 인 원 궤도를 속력  $v$ 로 운동한다고 유도하였다. 이때 보어의 원자 모형에서는 양자수  $n$ 에 따른 전자 궤도의 반지름이  $r_n = a_0 n^2$ 으로  $n$ 에 따라 정



▲ 전자의 운동에 대한 보어의 가정 ▲ 보어 모형에 따른 전자의 궤도

- ② 보어 원자 모형에 따르면 전자가 원자핵으로부터 떨어진 거리의 불확정성  $\Delta r = 0$ 이고, 중심 방향의 운동량의 불확정성  $\Delta p_r = 0$ 이다. 따라서  $\Delta r \Delta p_r = 0$ 이 되어 하이젠베르크의 불확정성 원리에 위배된다.



▲ 불확정성 원리와 보어 원자 모형

### 2 현대적 원자 모형

(1) 원자의 양자수

- ① 슈뢰딩거 방정식에서 전자의 파동 함수를 결정하는 값으로 3개의 양자수  $n, l, m$ 으로 나타낸다.

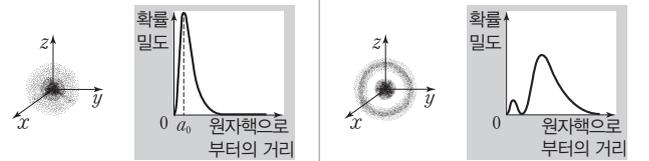
양자수	명칭	허용된 값
$n$	주 양자수 (→ 전자의 에너지를 결정)	1, 2, 3, ..., ∞
$l$	궤도 양자수 (→ 전자의 각운동량의 크기를 결정)	0, 1, 2, ..., $n-1$
$m$	자기 양자수 (→ 각운동량의 한 성분을 결정)	$-l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$

- 주 양자수가 2인 경우 양자수( $n, l, m$ )는 다음과 같다.  
(2, 0, 0), (2, 1, -1), (2, 1, 0), (2, 1, 1)

- ② 원자에서 전자가 만족하는 파동 함수를 궤도 함수 또는 오비탈이라고 한다.

- (2) 현대적 원자 모형: 파동 함수는 전자를 발견할 확률을 알려주는데, 수소 원자에서 전자를 발견할 확률은 보어 모형에서 기술한 것과 다른 3차원으로 분포된 전자구름의 형태를 보인다.

주 양자수가  $n=1$ 일 때 (1, 0, 0)인 상태 주 양자수가  $n=2$ 일 때 (2, 0, 0)인 상태



### THE 알기 파동 함수와 확률 밀도 함수

- 파동 함수( $\psi$ ): 1926년 슈뢰딩거는 드브로이의 물질파 이론을 받아들여 전자와 같은 매우 작은 입자의 운동을 설명할 수 있는 슈뢰딩거 파동 방정식을 제안하였다. 이 방정식의 해를 보통  $\psi$ 로 나타내며 이를 파동 함수라고 한다. 파동 함수는 직접 측정하거나 관찰할 수 없는 양이다.
- 확률 밀도 함수( $|\psi|^2$ ): 전자가 어떤 시간에 특정 위치에서 발견될 확률 정보로  $\psi$ 의 절댓값의 제곱으로 나타낸다. 이 값에 그 주변의 부피를 곱하면 그 공간에서 전자를 발견할 확률이 된다. 실험적으로 어떤 시간에 특정한 영역에서 전자를 발견할 확률은 유한하고 그 값은 0과 1 사이이다. 또한, 전자를 발견할 수 있는 전 구간에 대한 확률 밀도 함수의 합은 1이다.

그림은 보어의 수소 원자 모형에 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

접근 전략 / 간략 풀이

▶ 접근 전략

보어의 수소 원자 모형과 현대적 원자 모형을 비교하고 불확정성 원리를 생각하여 문제를 해석할 수 있어야 한다.

▶ 간략 풀이

Ⓐ 보어의 수소 원자 내에서 전자가  $2\pi r m v = n h (n = 1, 2, 3, \dots)$ 을 만족하는 원 궤도에서만 운동할 수 있다고 제안하였다. 이를 제1가설(양자 가설)이라고 한다.

Ⓑ 전자의 물질파 파장이  $\lambda = \frac{h}{m v}$ 이

므로  $2\pi r m v = n h$ 에서  $2\pi r = \frac{n h}{m v} = n \lambda$ 이다. 따라서 원 궤도의 둘레는 전자의 물질파 파장의 정수배이다.

✕ 보어의 수소 원자 모형에서는 양자수가 정해지면 전자가 운동하는 원 궤도의 반지름과 중심 방향의 운동량이 정확하게 정해진다. 따라서 보어의 수소 원자 모형은 불확정성 원리에 위배된다.

정답 | ③

0 **짧은 풀 문제로 유형 익히기**

정답과 해설 44쪽

▶ 23070-0221

그림은 원자 모형 (가)와 (나)에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)는 각각 보어의 수소 원자 모형과 현대적 원자 모형 중 하나이다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A      ② C      ③ A, B      ④ B, C      ⑤ A, B, C

유사점과 차이점 / 배경 지식

▶ 유사점과 차이점

보어의 수소 원자 모형의 양자 조건을 묻는 점은 유사하지만 현대적 원자 모형에 대한 정보가 제공되는 방식이 다르다.

▶ 배경 지식

수소 원자 모형은 양자 조건과 진동수 조건을 만족하는 원자 모형이고, 현대적 원자 모형은 불확정성 원리를 만족하는 원자 모형이다.

01

▶23070-0222

다음은 하이젠베르크의 양자 현미경에 대한 설명이다.

- 전자의 위치를 측정하기 위해서는 빛을 전자에 비추어 빛이 산란되는 위치를 현미경을 통해 보아야 하는데, 회절에 의해 상이 흐려지므로 위치를 정확하게 측정하기 어렵다.
- 전자에 비추준 빛은 운동량을 지닌 광자로 생각할 수 있으므로 광자는 전자와 충돌하여 전자의 운동량을 변화시키게 되어 운동량을 정확하게 알기 어렵다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 짧은 파장의 빛을 이용할수록 전자의 위치 불확정성은 감소한다.
- ㄴ. 광자의 파장이 짧을수록 전자의 운동량 불확정성이 증가한다.
- ㄷ. 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정할 수 있다.

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

02

▶23070-0223

다음은 하이젠베르크와 슈뢰딩거가 발견한 원리에 대한 설명이다.

- 하이젠베르크는 ‘입자성과 파동성을 모두 띠고 있는 물체의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정하는 것은 불가능하다.’라는 불확정성 원리를 제시하였다.
- 슈뢰딩거는 파동 방정식을 제안하였다. 이 방정식의 해인 파동 함수로부터 어떤 위치에서 입자를 발견할 확률을 알 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 입자의 위치 불확정성이 증가하면 입자의 운동량 불확정성은 감소한다.
- ㄴ. 보어의 원자 모형은 불확정성 원리에 위배된다.
- ㄷ. 파동 방정식은 입자의 파동성을 기술한 것이다.

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

03

▶23070-0224

다음은 전자가 슬릿을 통과하면서 회절하는 현상을 불확정성 원리로 설명한 것이다.

운동량이  $p$ 인 전자가 폭이  $\Delta x$ 인 슬릿을 통과할 때,  $\Delta x$ 가 작아져 슬릿을 지나는 전자의 위치 불확정성이 (가) 하게 되면 슬릿을 통과한 전자의 운동량 불확정성인  $\Delta p$ 는 (나) 하게 된다. 따라서  $\Delta x$ 가 작을수록 슬릿을 지난 전자가 진행하는 범위가 넓어져 회절 무늬의 폭이 (다) 한다.

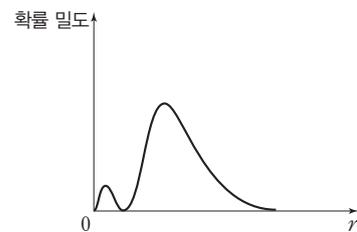
(가), (나), (다)로 가장 적절한 것은?

- |   |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|
|   | (가) | (나) | (다) |
| ① | 증가  | 증가  | 증가  |
| ② | 증가  | 감소  | 증가  |
| ③ | 감소  | 증가  | 증가  |
| ④ | 감소  | 증가  | 감소  |
| ⑤ | 감소  | 감소  | 감소  |

04

▶23070-0225

그림은 수소 원자의 오비탈에서 전자가 발견될 확률 밀도를 원자핵으로부터의 거리  $r$ 에 따라 나타낸 것이다. 궤도 양자수는 0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

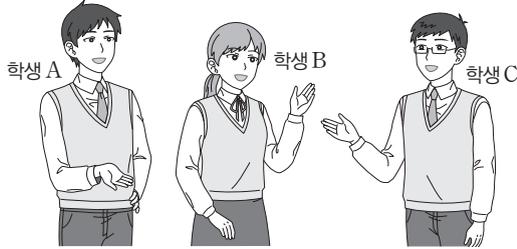
- ㄱ. 주 양자수는 2이다.
- ㄴ. 허용된 자기 양자수는 0이다.
- ㄷ.  $r$ 축과 곡선이 만드는 면적은 1보다 작다.

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

05

▶23070-0226

그림은 양자 역학에서의 파동 함수에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



학생 A  
전자의 파동 함수를 결정하는 값을 2개의 양자수로 나타내.

학생 B  
전자를 발견할 수 있는 전 구간에 대한 확률 밀도 함수의 합은 1이야.

학생 C  
파동 함수는 직접 측정할 수 있어.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② B    ③ A, C    ④ B, C    ⑤ A, B, C

06

▶23070-0227

표는 원자 내에서 전자가 가질 수 있는 양자수의 일부를 나타낸 것이다. ㉠은 자기 양자수 또는 궤도 양자수 중 하나이다.

양자수	기호	허용된 값
주 양자수	$n$	1, 2, 3, ..., $\infty$
㉠	$m$	$-l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

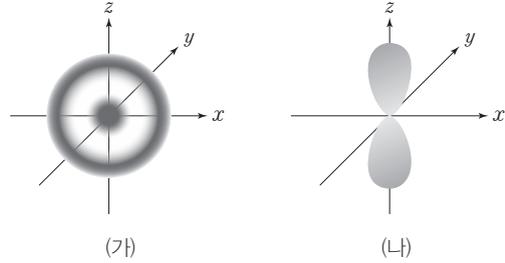
- ㄱ. ㉠은 궤도 양자수이다.
- ㄴ. 주 양자수  $n=3$ 인 원자에서 허용되는 궤도 양자수는 3가지이다.
- ㄷ. 전자의 에너지는 주 양자수  $n=2$ 일 때가 주 양자수  $n=3$ 일 때보다 크다.

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

07

▶23070-0228

그림 (가), (나)는 주 양자수는 같고 궤도 양자수가 다른 수소 원자에서 전자가 발견될 확률 밀도 함수를 각각 3차원상의 전자구름의 형태로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

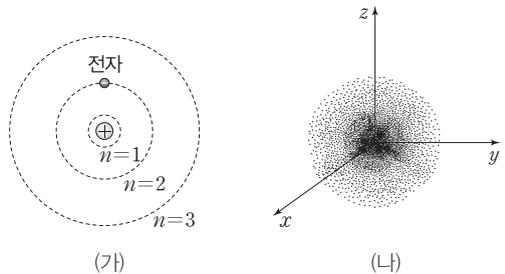
- ㄱ. (가)와 (나)는 주 양자수가 2이다.
- ㄴ. (가)와 (나)는 불확정성 원리에 위배된다.
- ㄷ. 궤도 양자수는 (가)가 (나)보다 크다.

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

08

▶23070-0229

그림 (가), (나)는 각각 보어의 수소 원자 모형과 현대적 수소 원자 모형을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

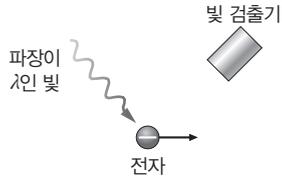
- ㄱ. (가)에서 중심 방향으로 전자의 운동량 불확정성은 0이다.
- ㄴ. (나)에서 전자의 상태는 불확정성 원리를 만족한다.
- ㄷ. (가)에서  $n=2$ 인 상태에 있는 전자의 에너지는 (나)에서 전자의 에너지보다 크다.

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

01

▶ 23070-0230

그림은 파장이  $\lambda$ 인 빛을 이용하여 전자의 위치와 운동량을 측정하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $h$ 는 플랑크 상수이다.)

보기

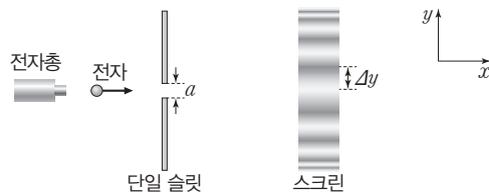
- ㄱ. 파장이  $\lambda$ 인 광자 1개의 운동량의 크기는  $\frac{h}{\lambda}$ 이다.
- ㄴ.  $\lambda$ 보다 긴 파장의 빛으로 측정하면 전자의 위치 불확정성은 작아진다.
- ㄷ. 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정할 수 없는 것은 빛 검출기 기술의 한계이다.

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

02

▶ 23070-0231

그림은 전자가 단일 슬릿을 통과하여 스크린에 회절 무늬가 형성되는 것을 보고 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.  $a$ 는 단일 슬릿의 폭이고,  $\Delta y$ 는 회절 무늬 중심으로부터 첫 번째 어두운 무늬까지의 거리이다.



$a$ 가 작을수록  $\Delta y$ 가 커져.

$a$ 가 작을수록 전자의 위치 불확정성이 작아.

$a$ 가 작을수록 전자의  $y$ 축 방향에 대한 운동량 불확정성이 작아.

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

03

▶23070-0232

다음은 수소 원자의 파동 함수를 결정하는 3가지 양자수에 대한 설명이다.

- 주 양자수는  $n$ 으로 표현하고, 전자의 (가) 을/를 결정하는 양자수로서, 허용된 값은 1, 2, ...,  $\infty$ 이다.
- 궤도 양자수는  $l$ 로 표현하고, 전자의 각운동량의 크기를 결정하는 양자수로서, 허용된 값은 0, 1, 2, ... (나) 이다.
- 자기 양자수는  $m$ 으로 표현하고, 각운동량의 한 성분을 결정하는 양자수로서, 허용된 값은  $-l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

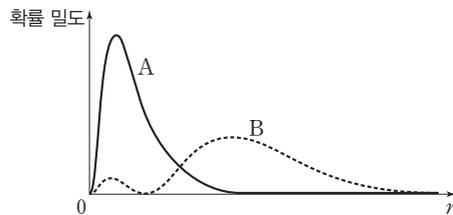
- ㄱ. '에너지'는 (가)에 해당한다.
- ㄴ. ' $n-1$ '은 (나)에 해당한다.
- ㄷ.  $n=2$ 인 경우 가능한 양자수 조합( $n, l, m$ )은 4가지이다.

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

04

▶23070-0233

그림은 수소 원자에서 주 양자수  $n=1, n=2$ 에서 전자가 발견될 확률 밀도를 원자핵으로부터의 거리  $r$ 에 따라 순서 없이 나타낸 것이다. A, B는 각각 주 양자수  $n=1, n=2$ 일 때 중 하나이고, 궤도 양자수는 모두  $l=0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. A는 주 양자수  $n=1$ 에서 전자가 발견될 확률 밀도이다.
- ㄴ. 에너지 준위는 B가 A보다 크다.
- ㄷ.  $r$ 축과 곡선이 만드는 면적은 A와 B가 같다.

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

과학탐구영역

# 물리학 II



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

▶23070-0234

다음은 불확정성 원리를 설명한 글이다.

빛을 전자에 비추었을 때 튕겨 나 오는 광자를 현미경의 렌즈를 통해 보면 전자의 위치를 알 수 있는데, 회절에 의해 위치를 정확하게 측정 하기 어렵다. 따라서 빛의 파장이 짧 을수록 전자의  $\ominus$  불확정성은 감소한다. 또한 파장이  $\lambda$ 인 광자의 운동량의 크기는  $\ominus$  이므로 파장이  $\ominus$  전자의 운동량 불확정성은 커진다.

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

보기

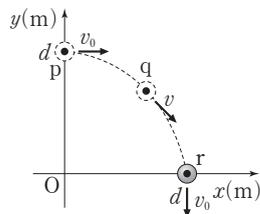
- ㄱ.  $\ominus$ 은 '운동량'이다.
- ㄴ.  $\ominus$ 은  $\frac{h}{\lambda}$ 이다.
- ㄷ. '길수록'은  $\ominus$ 에 적절하다.

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

02

▶23070-0235

그림과 같이  $xy$  평면에서 등가속도 운동을 하는 물체가  $y$ 축상의  $y=d$ 인 점  $p$ 를  $+x$ 방향으로 속력  $v_0$ 으로 통과한 후  $x$ 축상의  $x=d$ 인 점  $r$ 를  $-y$ 방향으로 속력  $v_0$ 으로 통과 하였다. 운동 경로상의  $q$ 점에서 속 력은  $v$ 이고,  $p$ 에서  $q$ 까지와  $q$ 에서  $r$ 까지 물체가 이동한 거리는 같다.



물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

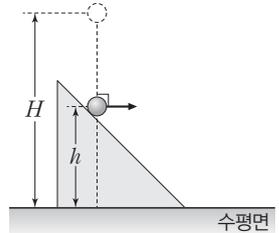
- ㄱ.  $p$ 에서  $r$ 까지 운동하는 데 걸린 시간은  $\frac{2d}{v_0}$ 이다.
- ㄴ. 가속도의 크기는  $\frac{v_0^2}{d}$ 이다.
- ㄷ.  $v$ 는  $v_0$ 의  $\sqrt{2}$ 배이다.

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

03

▶23070-0236

그림과 같이 수평면으로부터 높이  $H$ 인 곳에서 공을 가만히 놓았다더니 공이 빗면과 충돌 후 수평면과 나란 하게 튕겨서 포물선 운동을 하였다. 공이 낙하한 순간부터 수평면에 도 달할 때까지 걸린 시간이 최대가 되 는 공의 충돌 지점은 수평면으로부터 높이  $h$ 인 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 공의 크기와 충돌에 의한 에너지 손실 은 무시한다.) [3점]

보기

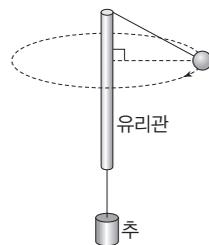
- ㄱ.  $h = \frac{H}{2}$ 이다.
- ㄴ. 공이 낙하한 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간 은  $\sqrt{\frac{2H}{g}}$ 이다.
- ㄷ. 공의 충돌 지점과 수평면에 도달하는 지점 사이 수평 거리 는  $H$ 보다 크다.

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

04

▶23070-0237

그림은 구심력 측정 장치에서 추와 연결된 물체를 수평면과 나란 하게 등속 원운동을 시키는 것을 나타낸 것이고, 표는 물체의 질 량을 일정하게 유지하고 물체를 등속 원운동을 시킬 때 조건에 따 라 추의 질량, 물체의 속력과 원운동 반지름이 다른 경우 (가), (나), (다)를 나타낸 것이다.



구분	추의 질량	속력	원운동 반지름
(가)	$M$	$v$	$r$
(나)	$M$	$\ominus$	$2r$
(다)	$2M$	$v$	$\ominus$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 유리관의 두께, 실의 질량 및 모든 마찰은 무시 한다.)

보기

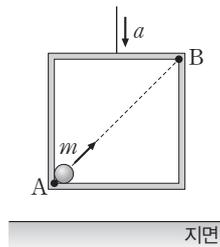
- ㄱ.  $\ominus$ 은  $\sqrt{2}v$ 이다.
- ㄴ.  $\ominus$ 은  $r$ 보다 작다.
- ㄷ. 원운동을 하는 물체의 주기는 (나)에서가 (가)에서의 2배 이다.

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

05

▶23070-0238

그림은 정사각형 모양의 단면을 가진 승강기가 가속도의 방향은 연직 아래이고 크기가  $a$ 인 등가속도 운동을 할 때 바닥과 벽면이 만나는 점 A에 정지해 있던 질량  $m$ 인 물체를 대각선의 끝점 B를 향해 발사하는 것을 나타낸 것이다.



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

보기

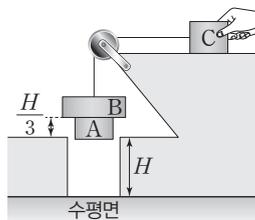
- ㄱ. 물체가 승강기에 대해 정지해 있을 때 승강기에 고정된 좌표계에서 물체에 작용하는 관성력의 방향은 연직 아래 방향이다.
- ㄴ. 물체가 승강기에 대해 정지해 있을 때 승강기 바닥이 물체를 미는 힘의 크기는  $mg$ 이다.
- ㄷ.  $a=g$ 이면 승강기의 좌표계에서 물체는 대각선을 따라 B에 도달한다.

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

06

▶23070-0239

그림과 같이 중심에 구멍이 있는 물체 B의 구멍을 통해 실로 물체 A와 C를 연결하고 C를 정지 상태에서 가만히 놓는다. A와 B가 정지 상태에서  $\frac{H}{3}$ 만큼 내려왔을 때 B는 기둥에 걸려 정지하고, A는  $H$ 만큼 더 내려와 수평면에 도달한다. A, B, C의 질량은  $m$ 으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기와 실의 질량, 모든 마찰 및 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

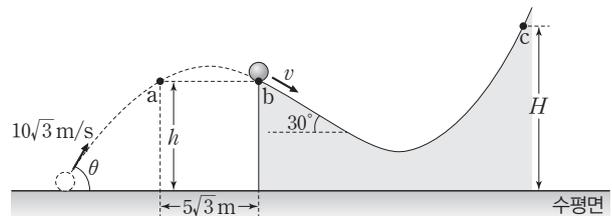
- ㄱ. B가 정지 상태에서  $\frac{H}{3}$ 만큼 내려오는 동안 중력이 B에 한 일은  $\frac{mgH}{3}$ 이다.
- ㄴ. C가 정지 상태에서  $\frac{H}{3}$ 만큼 이동한 순간 C의 속력은  $\frac{2}{3}\sqrt{gH}$ 이다.
- ㄷ. 정지 상태에서 A가 수평면에 도달할 때까지 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 수평면에 도달하는 순간 A의 운동 에너지와 같다.

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

07

▶23070-0240

그림과 같이 수평면 위에서 수평면에 대해  $\theta$ 의 각으로 속력  $10\sqrt{3}$  m/s로 물체를 발사하였더니 점 a를 지나는 포물선 경로를 따라 운동하다가 경사각이  $30^\circ$ 인 빗면의 시작점 b를 빗면에 나란하게 속력  $v$ 로 지나 빗면과 곡면을 따라 운동하였다. 물체는 수평면으로부터 높이  $H$ 인 c점에서 정지한다. 수평면으로부터 a, b의 높이는  $h$ 로 같고, a와 b 사이의 수평 거리는  $5\sqrt{3}$  m이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 물체의 크기와 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

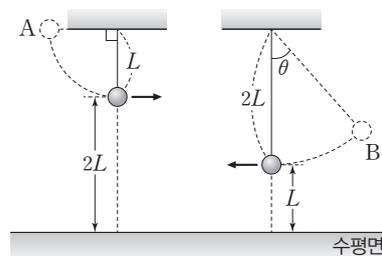
- ㄱ.  $v$ 는  $10 \text{ m/s}$ 이다.
- ㄴ.  $H=1.5h$ 이다.
- ㄷ.  $\theta=45^\circ$ 이다.

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

08

▶23070-0241

그림은 물체 A, B를 길이가 각각  $L, 2L$ 인 실에 매달고, A, B에 연결된 실이 연직선과 이루는 각이 각각  $90^\circ, \theta(0 < \theta \leq 90^\circ)$ 가 되는 지점에서 A, B를 가만히 놓았을 때 A, B가 각각 최저점을 지나는 것을 나타낸 것이다. A의 질량은  $m$ 이다.



A, B가 최저점을 지나는 순간, A, B의 역학적 에너지가 같을 때, B의 질량으로 가능한 값만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 물체의 크기, 실의 질량, 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

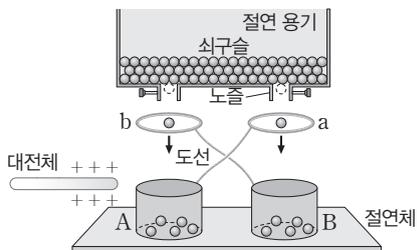
- ㄱ.  $m$                       ㄴ.  $2m$                       ㄷ.  $3m$

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

09

▶23070-0242

그림과 같이 대전되지 않은 쇠구슬이 담겨 있는 절연 용기 아래에 대전되지 않은 금속 고리 a, b와 금속통 A, B를 놓고, 양(+)전하를 띤 대전체를 A에 접촉시켰다가 제거 후 노즐 잠금 장치를 열었더니 쇠구슬이 노즐로 빠져나와 a, b를 통과하였다. A와 a, B와 b는 도선으로 연결되어 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, a, b는 서로 충분히 멀리 있어서 전기적인 영향을 주지 않는다.)

보기

- ㄱ. a는 양(+)전하로 대전되어 있다.
- ㄴ. a를 통과하는 쇠구슬은 음(-)전하로 대전되어 있다.
- ㄷ. a, b를 통과한 쇠구슬이 A, B에 쌓이는 동안, A에 대전된 전하의 종류는 변하지 않는다.

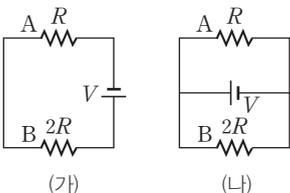
- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▶23070-0243

다음은 전구의 연결 방법에 관한 글이다.

그림 (가), (나)는 저항값이 각각  $R$ ,  $2R$ 인 저항 A, B가 전압이  $V$ 인 전원에 연결될 수 있는 두 가지 회로를 나타낸 것이다.



학생 P는 A의 소비 전력이 최대가 되도록 A, B를 연결해야 한다고 주장하고, 학생 Q는 A와 B의 전체 소비 전력이 최대가 되도록 연결해야 한다고 주장한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

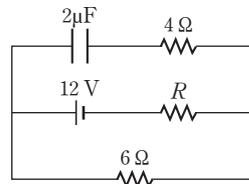
- ㄱ. (가)에서 소비 전력은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. P의 주장대로 연결한 것은 (가)의 회로이다.
- ㄷ. Q의 주장대로 연결한 것은 (나)의 회로이다.

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

11

▶23070-0244

그림과 같이 전기 용량이  $2\mu\text{F}$ 인 축전기와 저항값이 각각  $4\Omega$ ,  $R$ ,  $6\Omega$ 인 저항을 전압이  $12\text{V}$ 인 전지에 연결하였다. 축전기는 완전히 충전되어 있고, 저항값이  $R$ 인 저항에 흐르는 전류의 세기는  $1.5\text{A}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

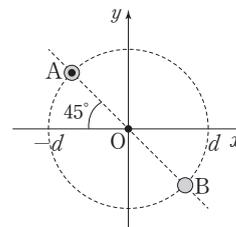
- ㄱ.  $R=2\Omega$ 이다.
- ㄴ. 축전기 양단에 걸리는 전압은 저항값이  $6\Omega$ 인 저항 양단에 걸리는 전압보다 작다.
- ㄷ. 축전기에 충전된 전하량은  $24\mu\text{C}$ 이다.

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

12

▶23070-0245

그림은 세기가  $I$ 로 같은 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A, B가 반지름이  $d$ 인 원의 둘레 위에  $xy$  평면에 수직으로 고정된 것을 나타낸 것이다. A에는  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향으로 전류가 흐른다. 원점 O에서 자기장은 A와 B를 잇는 선분에 수직인 방향이고, O에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는  $B_0$ 이다. A와 B를 잇는 선분과  $x$ 축이 이루는 각은  $45^\circ$ 이다. 원의 둘레 위에  $xy$  평면에 수직으로 세기가  $I$ 인 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 C, D를 추가로 고정시켰더니 O에서 자기장의 방향이  $+x$ 방향이 되었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C, D는 서로 다른 지점에 위치한다.) [3점]

보기

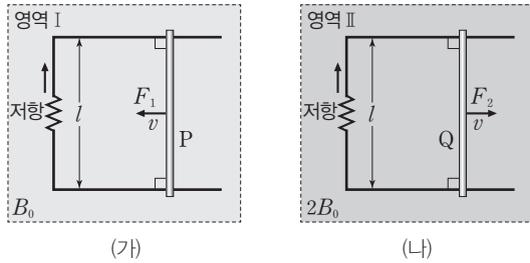
- ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄴ. O에서 A와 B의 전류에 의한 자기장의 세기는 O에서 C와 D의 전류에 의한 자기장의 세기보다 크다.
- ㄷ. O에서 A, B, C, D의 전류에 의한 자기장의 세기는  $2\sqrt{2}B_0$ 이다.

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

### 13

▶23070-0246

그림 (가), (나)는 세기가 각각  $B_0, 2B_0$ 이고 종이면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역 I, II에 놓인 폭이  $l$ 인  $\square$  도선 위에 금속 막대 P, Q를 각각 올려놓고 금속 막대에 크기가 각각  $F_1, F_2$ 인 힘을 작용하는 동안 P, Q가 수평면과 나란하게 동일한 속력  $v$ 로 등속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 저항의 저항값은 같고, 저항에 흐르는 전류의 방향은 화살표 방향으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

**보기**

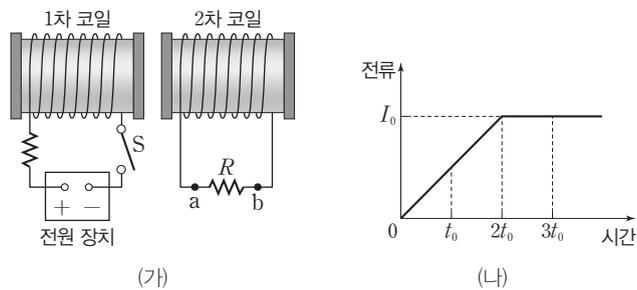
- ㄱ.  $\square$  도선과 금속 막대가 이루는 면을 통과하는 시간에 따른 자기 선속의 변화율은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄴ. I, II에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.
- ㄷ.  $F_2 = 2F_1$ 이다.

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

### 14

▶23070-0247

그림 (가)는 전원 장치에 연결된 1차 코일과 저항값이  $R$ 인 저항이 연결된 2차 코일을 나타낸 것이고, (나)는 스위치 S를 닫는 순간부터 1차 코일에 흐르는 전류를 시간에 따라 나타낸 것이다. 1차 코일과 2차 코일의 상호 인덕턴스는  $M$ 이다.



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

**보기**

- ㄱ.  $t_0$ 일 때 2차 코일에 흐르는 전류의 방향은 a → 저항 → b 방향이다.
- ㄴ.  $t_0$ 일 때 2차 코일에 유도되는 전류의 세기는  $\frac{MI_0}{Rt_0}$ 이다.
- ㄷ.  $3t_0$ 일 때 2차 코일에는 일정한 세기의 전류가 흐른다.

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

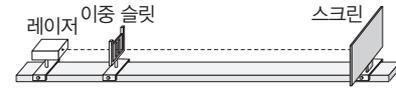
### 15

▶23070-0248

다음은 빛의 간섭 실험이다.

**[실험 과정]**

(가) 그림과 같이 이중 슬릿과 스크린이 레이저의 진행 방향에 수직이 되도록 장치를 구성한다.



(나) 슬릿 간격은  $d$ , 슬릿과 스크린 사이 거리는  $L$ 일 때, 파장이  $\lambda$ 인 레이저를 이중 슬릿에 비추어 스크린에 생긴 가장 밝은 무늬의 중심과 이웃한 밝은 무늬의 중심 사이 거리를 측정한다.

(다) (나)에서 파장만  $\lambda$ 보다 짧은 레이저로 바꾸고 (나)를 반복한다.

(라) (다)에서 간격만  $2d$ 인 슬릿으로 바꾸고 (다)를 반복한다.

(마) (라)에서 슬릿과 스크린 사이 거리만  $1.5L$ 로 하여 (라)를 반복한다.

**[실험 결과]**

과정	슬릿 간격	슬릿과 스크린 사이 거리	레이저 빛의 파장	가장 밝은 무늬 중심과 이웃한 밝은 무늬 중심 사이 거리
(나)	$d$	$L$	$\lambda$	$x_1$
(다)	$d$	$L$	$0.8\lambda$	$x_2$
(라)	$2d$	$L$	$0.8\lambda$	$x_3$
(마)	$2d$	$1.5L$	$0.8\lambda$	$x_4$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

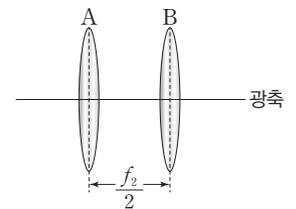
- ㄱ. (나)에서 가장 밝은 무늬에 이웃한 밝은 무늬 중심으로부터 두 슬릿까지의 거리차는  $2\lambda$ 이다.
- ㄴ.  $x_1 > x_3$ 이다.
- ㄷ.  $x_2 < x_4$ 이다.

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

### 16

▶23070-0249

그림은 초점 거리가  $f_1, f_2$ 인 볼록 렌즈 A, B가  $\frac{f_2}{2}$ 만큼 떨어져 있는 것을 나타낸 것이다. 물체를 A의 왼쪽에 A로부터 10 cm 떨어진 곳에 놓으면 A에 의한 상은 허상이 생기고, A, B에 의한 최종 상은 B의 오른쪽에 B로부터  $\frac{50}{3}$  cm 떨어진 위치에 만들어진다. 최종 상의 크기는 물체의 크기의  $\frac{4}{3}$ 배이다.



$\frac{f_1}{f_2}$ 은?

[3점]

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

### 17

▶23070-0250

다음은 도플러 효과에 대한 설명이다.

그림과 같이 지면에 고정된 음파 측정기 P, Q 사이에서 진동수  $f_0$  인 소리를 발생하는 음원이 P → Q 방향으로 일정한 속력  $v_s$  로 운동한다.

시간  $t=0$  일 때 음원에서 파면 ①이 발생하고,  $t=T$  일 때 두 번째 파면 ②가 발생한다고 하면,  $t=0$  부터  $t=T$  까지 ①과 ② 사이 간격  $\lambda$  는  $\text{㉠}$  이고, Q에 ①, ②가 도달하는 시간차를 고려하면 Q에서 측정되는 진동수  $f$  는  $\text{㉡}$  가 된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음속은  $v$  이고,  $v_s < v$  이다.) [3점]

**보기**

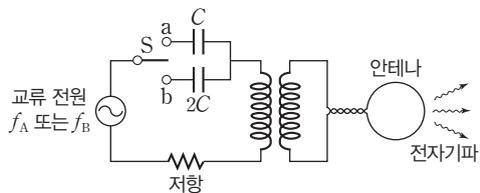
- ㄱ. ㉠은  $(v+v_s)T$  이다.
- ㄴ. ㉡은  $\left(\frac{v}{v-v_s}\right)f_0$  이다.
- ㄷ. P에서 측정된 음원의 진동수는 ㉡보다  $\frac{2vv_s f_0}{v^2 - v_s^2}$  만큼 작다.

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

### 18

▶23070-0251

그림과 같이 교류 전원에 전기 용량이 각각  $C$ ,  $2C$  인 축전기, 저항, 코일이 연결된 회로에서 스위치 S를 a 또는 b에 연결하고 저항에 흐르는 전류가 최대가 되도록 교류 전원의 진동수를  $f_A$  또는  $f_B$  로 하였더니 안테나가 연결된 회로에서 전자기파가 발생하였다.  $f_A > f_B$  이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

- ㄱ. S를 a에 연결할 때, 교류 전원의 진동수는  $f_A$  이다.
- ㄴ. S를 b에 연결할 때, 안테나에서 발생된 전자기파의 진동수는  $f_B$  이다.
- ㄷ. 교류 전원의 진동수는  $f_A$  이고 S를 a에 연결한 경우, 저항의 저항값이 감소하면 안테나에서 발생하는 전자기파의 진동수는  $f_A$  보다 커진다.

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

### 19

▶23070-0252

그림 (가)는 광전 효과 실험 장치와 실험에 관련된 물리량을 나타낸 것이고, (나)는 (가)에서 두 가지 물리량  $x$ ,  $y$  사이의 관계를 그래프로 나타낸 것이다.

(가) 실험 장치 구성 요소: 단색광, 금속판, 광전관, 전원 장치, 전압계, 전류계.

(나) 그래프:  $y$  vs  $x$  선형 관계.

- 단색광의 세기:  $P$
- 단색광의 진동수:  $f$
- 문턱 진동수:  $f_0$
- 광전류의 세기:  $I$
- 광전자의 최대 운동 에너지:  $K_{\max}$

광전 효과가 일어나는 조건에서,  $x$ ,  $y$ 로 가능한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

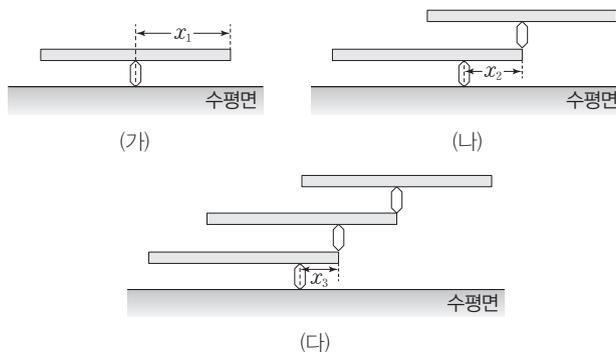
	$x$	$y$
ㄱ.	$f$	$f_0$
ㄴ.	$P$	$I$
ㄷ.	$f$	$K_{\max}$

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

### 20

▶23070-0253

그림 (가), (나), (다)는 길이가  $L$  인 막대를 수평면 위에서 받침대를 이용하여 각각 1개, 2개, 3개 올려놓았을 때 막대가 평형 상태를 유지하는 것을 나타낸 것이다. 막대의 개수가  $n$  일 때, 가장 아래쪽 막대의 오른쪽 끝으로부터 받침대까지 거리는  $x_n$  이다.



$x_n$  은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭 및 받침대의 질량은 무시한다.) [3점]

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

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없 는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23070-0254

표는  $xy$  평면에서 등가속도 운동을 하고 있는 질량이 2 kg인 물 체의 위치의  $x$  성분과  $y$  성분을 시간에 따라 나타낸 것이다.

시간(s)	0	1	2	3	4
$x$ (m)	0	2	4	6	8
$y$ (m)	0	0.5	2	4.5	8

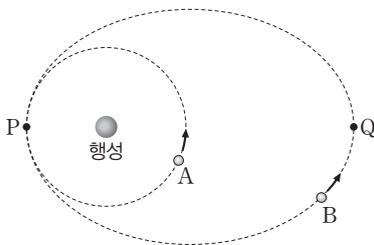
이 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는?

- ① 0      ② 0.5 N      ③ 1 N      ④ 2 N      ⑤ 4 N

02

▶23070-0255

그림은 질량이 같은 위성 A와 B가 각각 원 궤도와 타원 궤도를 따라 행성 주위를 운동하고 있는 것을 나타낸 것이다. 점 P는 B가 행성에 가장 가까운 지점이고, 점 Q는 B가 행성으로부터 가장 먼 지점이다. A와 B 모두 P를 지난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

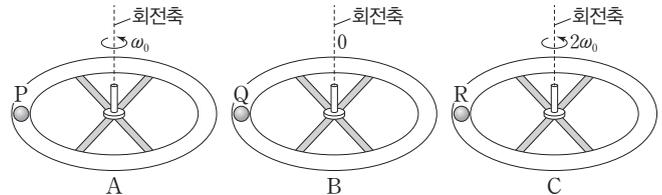
- ㄱ. 주기는 A가 B보다 작다.
- ㄴ. P에서 A의 역학적 에너지는 Q에서 B의 역학적 에너지보다 크다.
- ㄷ. 각 위성에 고정된 좌표계에서 측정할 때, P에서 위성에 작용하는 관성력의 크기는 A가 B보다 크다.

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

03

▶23070-0256

그림의 A, B, C는 텅 빈 우주 공간에 놓여있는 원형 도넛 모양의 공간에 사람이 거주할 수 있는 미래 우주 도시를 나타낸 것이다. 회전축에 대한 A, B, C의 각속도의 크기는 각각  $\omega_0$ , 0,  $2\omega_0$ 이다. 질량이 같은 물체 P, Q, R은 A, B, C의 회전축으로부터 같은 거리만큼 떨어진 지점에서 각 우주 도시에 정지해 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

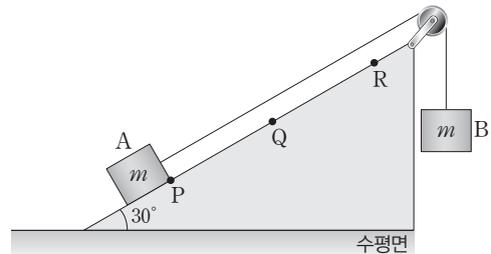
- ㄱ. 각 물체에 고정된 좌표계에서 측정할 때, 물체에 작용하는 관성력의 크기는 P가 R보다 작다.
- ㄴ. A, B, C에서 측정할 각 물체의 무게는  $R > P > Q$  순이다.
- ㄷ. 시간은 P가 있는 곳에서 R가 있는 곳보다 빠르게 간다.

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

04

▶23070-0257

그림은 경사각이  $30^\circ$ 인 빗면 위에 놓인 질량이  $m$ 인 물체 A와 질 량이  $m$ 인 물체 B가 실에 연결되어 있는 것을 나타낸 것이다. 빗 면 위의 점 P에서 A를 정지 상태로 가만히 놓으면 A는 등가속도 로 운동을 하여 빗면 위의 점 Q와 R을 지난다. Q는 P와 R의 중 간 지점이다.



A가 P에서 R까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만 을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모든 마찰과 공기 저항, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

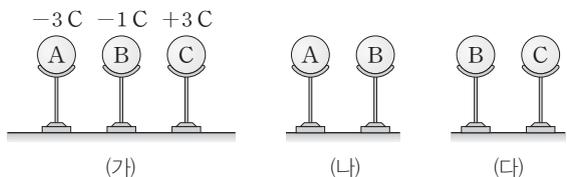
- ㄱ. A의 운동 에너지는 R에서 Q에서의 2배이다.
- ㄴ. B의 역학적 에너지는 감소한다.
- ㄷ. B의 질량만을 2배로 하면 R에서 A의 운동 에너지는 2배 가 된다.

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

05

▶23070-0258

그림 (가)는 일정한 간격으로 고정되어 있는 동일한 도체구 A, B, C가 전하량이 각각  $-3C$ ,  $-1C$ ,  $+3C$ 로 대전되어 있는 것을 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 C를 B와 접촉시킨 후 치운 것을, (다)는 (가)의 A를 B와 접촉시킨 후 치운 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 도체구의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

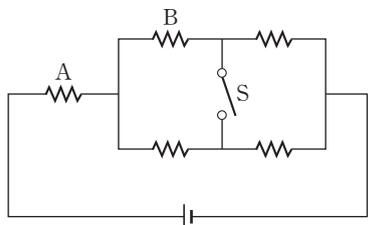
- ㄱ. (가)에서 B가 받는 전기력은 0이다.
- ㄴ. (나)에서 도체구에 작용하는 전기력의 크기는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. B에 작용하는 전기력의 크기는 (다)에서가 (나)에서의 2배이다.

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

06

▶23070-0259

그림과 같이 저항값이 같은 5개의 저항, 스위치 S, 전압이 일정한 전원을 연결하여 회로를 구성하였다. A와 B는 회로에 연결된 5개의 저항 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

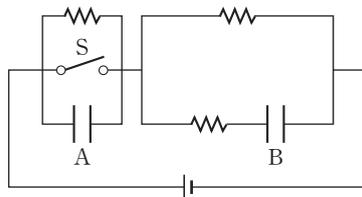
- ㄱ. 저항에 흐르는 전류의 세기는 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. A에 흐르는 전류의 세기는 S를 닫기 전이 닫은 후보다 크다.
- ㄷ. B의 양단에 걸리는 전압은 S를 닫기 전이 닫은 후보다 크다.

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

07

▶23070-0260

그림과 같이 전기 용량이 같은 축전기 A와 B, 저항값이 같은 저항 3개, 스위치 S, 전압이 일정한 전원을 연결하여 회로를 구성하였다. A, B는 완전히 충전되어 있다.



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

보기

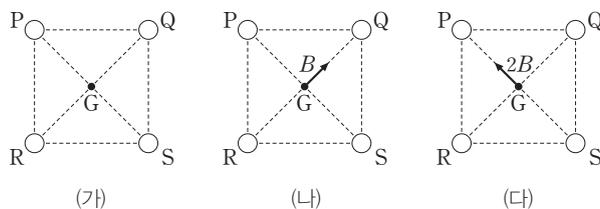
- ㄱ. S를 닫기 전 A와 B에 충전된 전하량은 같다.
- ㄴ. S를 닫으면 A에 저장된 전기 에너지는 증가한다.
- ㄷ. B가 완전히 충전되었을 때, B에 저장된 전기 에너지는 S를 닫았을 때가 S가 열렸을 때의 2배이다.

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

08

▶23070-0261

그림 (가)는 종이면에 수직으로 각각 일정한 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 P, Q, R, S가 종이면의 정사각형 꼭짓점에 고정되어 있는 것을 나타낸 것이다. 정사각형의 중심 G에서 자기장은 0이다. 그림 (나)는 (가)의 P에 흐르는 전류의 세기만을 0으로 하였을 때 G에서 자기장의 세기가 B인 것을 나타낸 것이고, (다)는 (가)의 Q에 흐르는 전류의 세기만을 0으로 하였을 때 G에서 자기장의 세기가 2B인 것을 나타낸 것이다. (나)와 (다)에서 화살표의 방향은 자기장의 방향이다.



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

보기

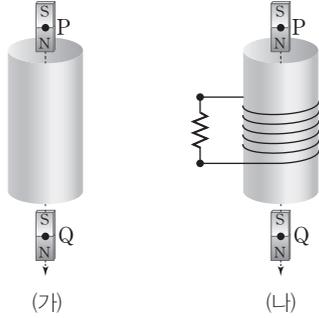
- ㄱ. (가)에서 P와 S에 흐르는 전류의 방향은 같다.
- ㄴ. R에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄷ. 도선에 흐르는 전류의 세기는 R에서가 S에서의 2배이다.

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

09

▶23070-0262

그림 (가)는 중심축이 연직선과 나란한 절연체로 된 원통의 위쪽 중심축상의 점 P에서 N극을 아래로 향하게 하여 자석을 가만히 놓았더니 자석이 원통을 통과하여 중심축상의 점 Q를 통과하고 있는 것을 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 상황에서 원통에 저항이 연결된 코일이 감겨져 있는 것을 나타낸 것이다.



자석이 P에서 Q까지 운동하는 동안, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

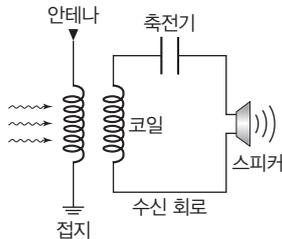
- ㄱ. Q에서 자석의 운동 에너지는 (가)에서 (나)에서보다 크다.
- ㄴ. (나)에서 저항에 흐르는 전류의 방향은 일정하다.
- ㄷ. (나)에서 저항에 흐르는 전류의 세기는 증가한다.

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

10

▶23070-0263

그림은 진동수가 다른 여러 전자기파를 수신하는 라디오의 수신 회로를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 안테나에 수신되는 전파에 의해 안테나에 흐르는 전류의 세기의 최댓값은 전자기파의 진동수에 관계없이 동일하다.)

보기

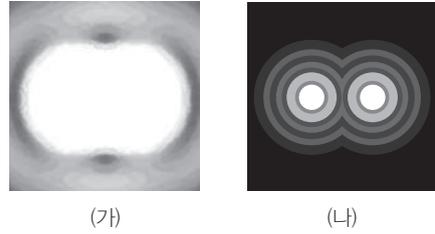
- ㄱ. 수신 회로의 코일에 흐르는 각각의 전자기파에 해당하는 전류의 세기의 최댓값은 전자기파의 진동수에 관계없이 동일하다.
- ㄴ. 축전기의 전기 용량이 증가하면 스피커에서 가장 큰 소리로 나오는 전자기파의 진동수는 감소한다.
- ㄷ. 코일의 자체 유도 계수가 증가하면 스피커에서 가장 큰 소리로 나오는 전자기파의 진동수는 감소한다.

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

11

▶23070-0264

그림 (가)와 (나)는 가까이 있는 두 별을 구경만 다른 망원경 또는 관측에 이용되는 전자기파의 파장만 다른 망원경을 통해서 관측한 사진이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

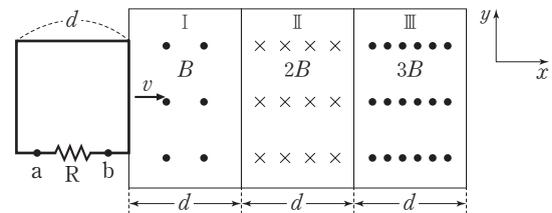
- ㄱ. (가)가 (나)보다 회절이 잘 일어난 사진이다.
- ㄴ. 망원경의 구경만 다르게 한 경우 망원경의 구경은 (가)에서 (나)에서보다 작다.
- ㄷ. 관측에 이용되는 전자기파의 파장만 다른 경우, 전자기파의 파장은 (가)에서 (나)에서보다 길다.

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

12

▶23070-0265

그림은 시간  $t=0$ 일 때 자기장의 방향이  $xy$  평면에 수직인 균일한 자기장 영역 I, II, III에서의 자기장의 세기가 각각  $B, 2B, 3B$ 이고, 각각의 자기장 영역의  $x$ 축 방향의 길이가  $d$ 인 자기장 영역으로 저항  $R$ 가 연결된 한 변의 길이가  $d$ 인 정사각형 도선이 속력  $v$ 로 들어가는 모습을 나타낸 것이다. 정사각형 도선의 운동 방향은  $+x$ 방향이며 자기장 영역을 지나가는 동안 속력은  $v$ 로 일정하다.



- :  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향
- ×:  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[3점]

보기

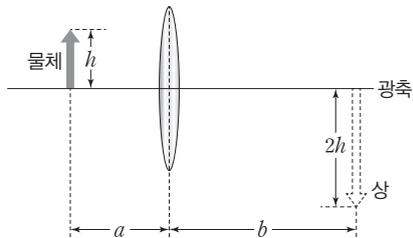
- ㄱ.  $t = \frac{d}{2v}$ 일 때 R에 흐르는 전류의 방향은  $b \rightarrow R \rightarrow a$ 이다.
- ㄴ. R에 흐르는 전류의 방향은  $t = \frac{d}{2v}$ 일 때와  $t = \frac{5d}{2v}$ 일 때가 같다.
- ㄷ. R에 흐르는 전류의 세기는  $t = \frac{5d}{2v}$ 일 때가  $t = \frac{d}{2v}$ 일 때의 3배이다.

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

### 13

▶23070-0266

그림과 같이 볼록 렌즈 앞에 크기가  $h$ 인 물체를 놓았더니 크기가  $2h$ 인 상이 생겼다. 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리는  $a$ 이고 볼록 렌즈와 상 사이의 거리는  $b$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

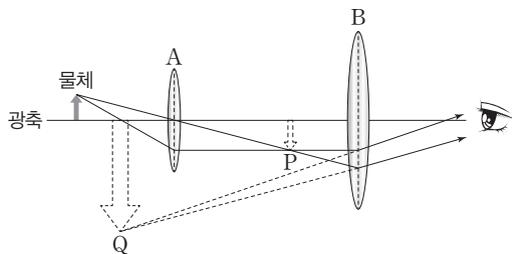
- ㄱ. 물체의 상은 실상이다.
- ㄴ.  $b$ 는  $2a$ 이다.
- ㄷ. 볼록 렌즈의 초점 거리는  $\frac{2}{3}a$ 이다.

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

### 14

▶23070-0267

그림은 광학 현미경의 원리를 설명하는 것으로 A와 B는 각각 대물렌즈와 접안렌즈이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[3점]

**보기**

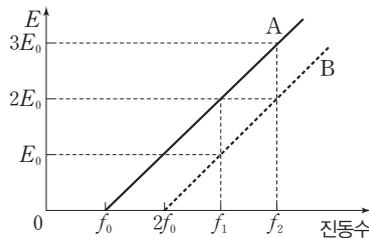
- ㄱ. P는 A에 의한 실상이다.
- ㄴ. Q는 B를 통해 관찰한 물체의 모습으로 허상이다.
- ㄷ. P와 B 사이의 거리는 B의 초점 거리보다 크다.

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

### 15

▶23070-0268

그림은 금속판 A, B에 단색광을 비추었을 때 방출된 광전자의 최대 운동 에너지  $E$ 를 단색광의 진동수에 따라 나타낸 것이다. 금속판 A, B의 문턱 진동수는 각각  $f_0, 2f_0$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[3점]

**보기**

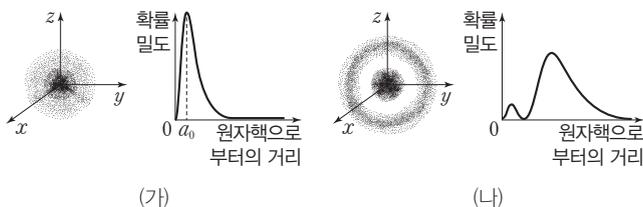
- ㄱ. 일함수는 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. B에서 방출된 광전자의 물질과 파장의 최솟값은 단색광의 진동수가  $f_2$ 일 때가  $f_1$ 일 때보다 크다.
- ㄷ. 단색광의 진동수가  $f_1$ 일 때, 방출된 광전자의 물질과 파장의 최솟값은 B에서가 A에서의  $\sqrt{2}$ 배이다.

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

### 16

▶23070-0269

그림 (가)와 (나)는 수소 원자의 전자구름 모형과 원자핵으로부터의 거리에 따른 확률 밀도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

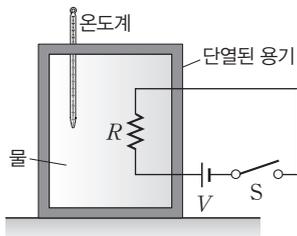
- ㄱ. 전자구름 모형은 보어의 원자 모형으로 설명할 수 있다.
- ㄴ. 전자의 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
- ㄷ. 확률 밀도 그래프가 원자핵으로부터 거리축과 이루는 전체 면적은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

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

17

▶23070-0270

그림은 열용량이  $C(\text{cal}/^\circ\text{C})$ 인 물이 들어있는 단열된 용기에 전압이  $V$ 인 전원 장치와 스위치  $S$ 에 연결된 저항값이  $R$ 인 저항이 들어있는 것을 나타낸 것이다.



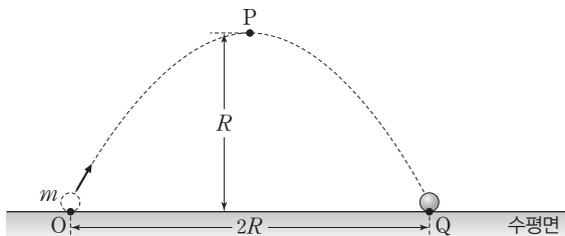
$S$ 를 닫고  $t$ 초의 시간이 지난 후  $S$ 를 열었을 때,  $S$ 를 닫기 전과 후의 물의 온도 변화는? (단, 열의 일당량은  $J(\text{J}/\text{cal})$ 이다.) [3점]

- ①  $\frac{JV^2}{2RC}t$
- ②  $\frac{V^2}{2JRC}t$
- ③  $\frac{V^2}{JRC}t$
- ④  $\frac{2JV^2}{RC}t$
- ⑤  $\frac{2V^2}{JRC}t$

18

▶23070-0271

그림은 수평면상의 점  $O$ 에서  $K$ 의 운동 에너지로 비스듬히 던진 질량이  $m$ 인 물체가 포물선 경로를 따라 운동한 후 수평면상의 점  $Q$ 에 도달한 것을 나타낸 것이다. 수평면으로부터 포물선 경로의 최고점  $P$ 까지의 거리는  $R$ 이고,  $O$ 와  $Q$  사이의 거리는  $2R$ 이다.



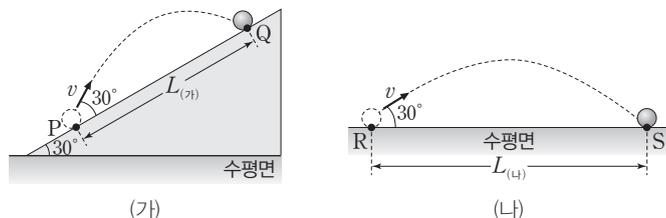
$R$ 는? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기는 무시한다.)

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

19

▶23070-0272

그림 (가)는 경사각이  $30^\circ$ 인 빗면의 점  $P$ 에서 경사면에 대해  $30^\circ$ 의 각으로  $v$ 의 속력으로 비스듬히 던진 물체가 포물선 경로를 따라 운동한 후 빗면 위의 점  $Q$ 에 도달한 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 수평면상의 점  $R$ 에서 수평면에 대해  $30^\circ$ 의 각으로  $v$ 의 속력으로 비스듬히 던진 물체가 포물선 경로를 따라 운동한 후 수평면상의 점  $S$ 에 도달한 것을 나타낸 것이다.



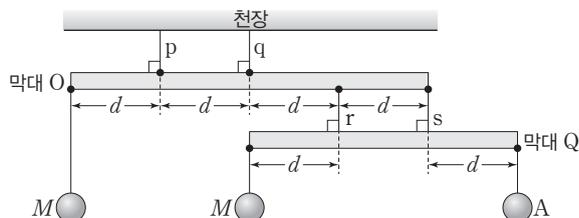
$P$ 와  $Q$  사이의 거리,  $R$ 와  $S$  사이의 거리를 각각  $L_{(가)}$ ,  $L_{(나)}$ 라 할 때,  $L_{(가)} : L_{(나)}$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

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

20

▶23070-0273

그림은 천장에 연결된 두 개의 실  $p$ ,  $q$ 에 막대  $O$ 가 연결되어 있고,  $O$ 에 연결된 두 개의 실  $r$ ,  $s$ 에 막대  $Q$ 가 연결된 것을 나타낸 것이다.  $O$ 의 한쪽 끝에는 질량이  $M$ 인 물체가 연결된 실이,  $Q$ 의 한쪽 끝에는 질량이  $M$ 인 물체가 연결된 실이 연결되어 있고,  $Q$ 의 반대쪽 끝에 연결된 실에는 물체  $A$ 가 연결되어 있다. 각 막대에 연결된 실 사이의 간격은 모두 같다.



$A$ 의 질량이  $O$ 와  $Q$ 가 수평을 유지하고 있을 수 있는 최댓값일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $O$ 의 밀도는 균일하고  $Q$ 와 실의 질량, 막대의 두께와 폭은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ.  $p$ 가  $O$ 에 작용하는 힘의 크기는 0이다.
- ㄴ. 실이  $Q$ 에 작용하는 힘의 크기는  $r$ 가  $s$ 보다 작다.
- ㄷ.  $A$ 의 질량은  $\frac{2}{3}M$ 이다.

- ① ㄱ
- 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

▶23070-0274

다음은 하이젠베르크가 발견한 원리에 대한 설명이다.

그림과 같이 운동량의 크기가  $p$  인 전자가 폭이  $\Delta y$ 인 단일 슬릿을 통과하면서  $y$ 축 방향 운동량 불확 정도  $\Delta p_y$ 가 생긴다. 이는 스크린 에서  $\ominus$  전자의 회절 무늬로 확인할 수 있고, 이를 통해  $\omin�$  입 자의 위치와 운동량은 동시에 정확하게 측정할 수 없음을 알 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ.  $\Delta y$ 가 감소하면  $\Delta p_y$ 는 커진다.
- ㄴ.  $\Delta p_y$ 가 커질수록  $\omin�$ 의 중앙 극대의 폭은 작아진다.
- ㄷ.  $\omin�$ 은 등가 원리에 대한 설명이다.

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

02

▶23070-0275

그림은 볼록 렌즈를 이용해 개미를 확대해서 관찰하는 모습을 나 타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

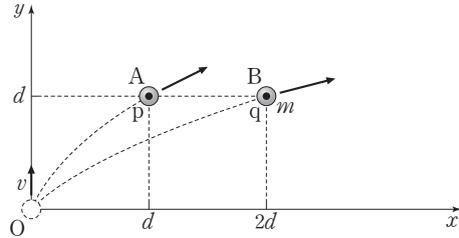
- ㄱ. 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이다.
- ㄴ. 볼록 렌즈와 개미 사이의 거리는 볼록 렌즈의 초점 거리보 다 작다.
- ㄷ. 볼록 렌즈를 개미에 더 가까이 하면 상의 크기는 커진다.

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

03

▶23070-0276

그림과 같이  $xy$  평면의 원점  $O$ 에서  $A, B$ 를 각각  $+y$ 방향으로 속력  $v$ 로 발사하였더니  $A, B$ 가 각각 등가속도 운동을 하며  $xy$  평면상의 점  $p, q$ 를 지나갔다.  $A, B$ 에는 크기가  $F$ 인 힘이  $+x$  방향으로 계속 작용한다.  $B$ 의 질량은  $m$ 이다.



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

보기

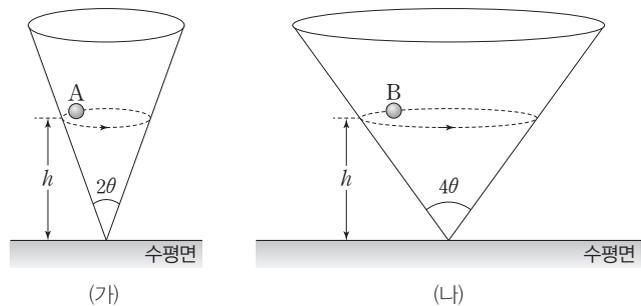
- ㄱ.  $A$ 의 질량은  $2m$ 이다.
- ㄴ.  $p$ 에서  $A$ 의 속력은  $\sqrt{2}v$ 이다.
- ㄷ.  $F = \frac{4mv^2}{d}$ 이다.

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

04

▶23070-0277

그림 (가), (나)와 같이 수평면에 연직으로 세워진 원뿔의 내부 면 에서 질량이 같은 물체  $A, B$ 가 수평면으로부터 높이  $h$ 를 유지하 며 등속 원운동을 하고 있다. (가), (나)에서 연직면과 나란하게 원 뿔의 중심을 지나는 단면의 사잇각은 각각  $2\theta, 4\theta$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. 원뿔면이  $A$ 에 작용하는 힘의 크기는 원뿔면이  $B$ 에 작용 하는 힘의 크기보다 크다.
- ㄴ.  $A$ 의 속력은  $\sqrt{gh}$ 이다.
- ㄷ. 주기는  $A$ 와  $B$ 가 같다.

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

05

▶23070-0278

표는 동일한 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하는 위성 A, B의 여러 가지 물리량을 나타낸 것이다. A의 질량은  $m$ 이다.

위성	행성으로부터 받는 가장 큰 힘의 크기	행성으로부터 받는 가장 작은 힘의 크기	가장 큰 가속도의 크기	가장 작은 가속도의 크기	공전 주기
A	$4F$	$F$	㉠	$a$	$T$
B	$4F$	$F$	$a$	㉡	㉢

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 위성에는 행성에 의한 중력만 작용한다.) [3점]

보기

- ㄱ. ㉠ × ㉡ =  $a^2$ 이다.
- ㄴ. B의 질량은  $2m$ 이다.
- ㄷ. ㉢ =  $2\sqrt{2}T$ 이다.

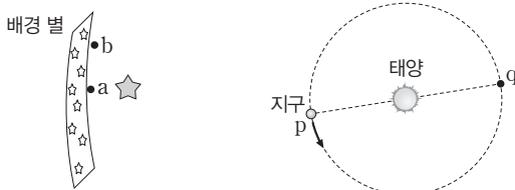
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23070-0279

다음은 지구의 공전에 따라 별의 위치가 달라져 보이는 것에 대한 설명이다.

그림과 같이 지구가 p점에 있을 때 a점에서 관찰되던 별은 6개월 후 지구가 q점에 있을 때는 b점에 있는 것으로 관찰된다. 아인슈타인에 의하면, 이러한 현상은 빛이 ㉠ 중력에 의해 휘는 현상 때문에 일어난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

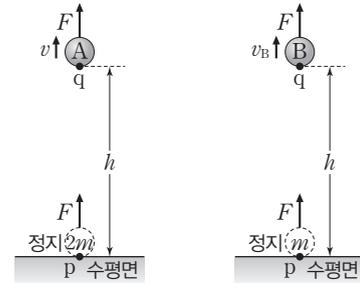
- ㄱ. 블랙홀 주위에서 빛이 빠져나오지 못하는 현상과 관계가 있다.
- ㄴ. ㉠은 질량이 더 큰 천체 주변일수록 크게 일어난다.
- ㄷ. 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

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

07

▶23070-0280

그림과 같이 수평면 위의 p점에 정지해 있던 질량이 각각  $2m, m$ 인 물체 A, B에 연직 위 방향으로 크기가  $F$ 인 힘을 계속 작용하였다. 수평면으로부터 높이  $h$ 인 q점을 각각  $v, v_B$ 의 속력으로 통과하였다. q점에서 A의 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지는 같다.



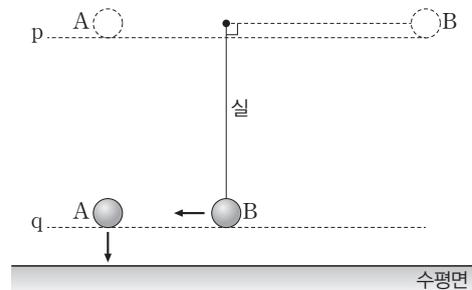
$v_B$ 는? (단, 수평면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 물체의 크기, 공기 저항은 무시한다.) [3점]

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

08

▶23070-0281

그림과 같이 질량이 동일한 물체 A, B를 수평면과 나란한 기준선 p에서 가만히 놓았더니 A는 자유 낙하 운동을 하며 수평면과 나란한 기준선 q를 연직 아래로 통과하였고, B는 실에 매달려 원 궤도를 따라 운동하며 q를 수평 방향으로 운동하며 도달하였다.



A와 B의 물리량이 같은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

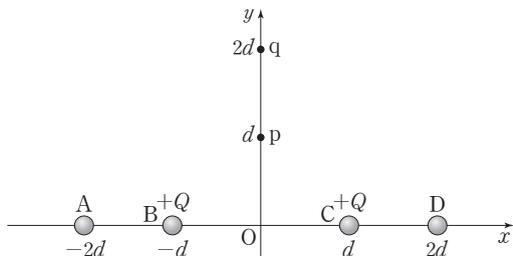
- ㄱ. p에서 q까지 운동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지 감소량
- ㄴ. q에서 속도
- ㄷ. q에서 가속도의 크기

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

09

▶23070-0282

그림과 같이  $xy$  평면의  $x$ 축상에 점전하 A, B, C, D가 고정되어 있다. B, C의 전하량은  $+Q$ 이고, 점 p, q는 각각  $y=d, 2d$ 인  $y$ 축상의 점이며, p에서 A, B, C, D에 의한 전기장은 0이다.



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

**보기**

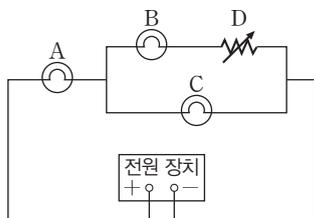
- ㄱ. 원점 O에서 A, B, C, D에 의한 전기장은 0이다.
- ㄴ. A의 전하량은  $-4Q$ 이다.
- ㄷ. q에서 A, B, C, D에 의한 전기장의 방향은  $-y$ 방향이다.

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

10

▶23070-0283

그림은 동일한 전구 A, B, C와 가변 저항 D를 전압이 일정한 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다.



D의 저항값이  $1\Omega$ 일 때가  $2\Omega$ 일 때보다 더 큰 물리량만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

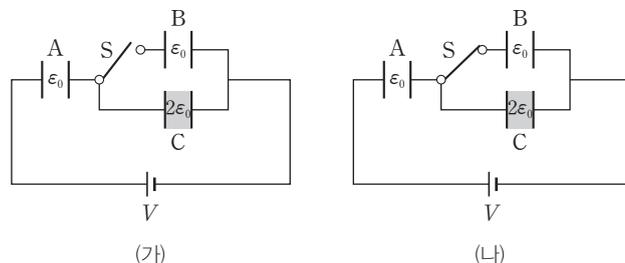
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 세기
- ㄴ. B의 양단에 걸리는 전압
- ㄷ. C에서의 소비 전력

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

11

▶23070-0284

그림 (가)는 극판의 면적, 극판 사이 간격이 같은 평행판 축전기 A, B, C를 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 연결한 후 스위치 S를 연 상태에서 A와 C를 완전히 충전한 것을 나타낸 것이다. A에 저장된 전기 에너지는  $E$ 이다. 그림 (나)는 (가)에서 S를 닫아 A, B, C를 완전히 충전한 것을 나타낸 것이다. A와 B의 내부는 진공이고, C는 유전율이  $2\epsilon_0$ 인 유전체로 채워져 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $\epsilon_0$ 은 진공의 유전율이다.) [3점]

**보기**

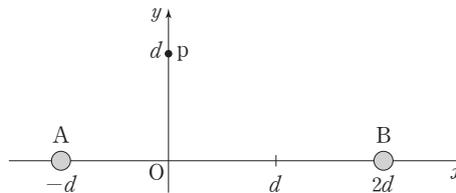
- ㄱ. (가)에서 A의 양단에 걸리는 전압은  $\frac{2}{3}V$ 이다.
- ㄴ. (나)에서 A에 충전된 전하량이 B에 충전된 전하량의 3배이다.
- ㄷ. (나)에서 C에 저장된 전기 에너지는  $\frac{9}{32}E$ 이다.

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

12

▶23070-0285

그림과 같이  $xy$  평면에 수직인 무한히 긴 직선 도선 A, B가 각각  $x=-d, x=2d$ 인  $x$ 축상에 고정되어 있다. 점 p는  $y=d$ 인  $y$ 축상의 점이고, A, B에는 각각 세기가  $I_A, I_B$ 인 일정한 전류가 흐른다. p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은  $+y$  방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

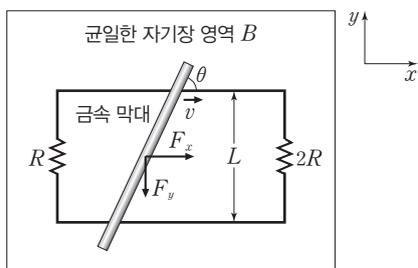
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은  $xy$  평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
- ㄴ.  $I_B = \sqrt{10}I_A$ 이다.
- ㄷ. 자기장의 세기는 원점 O에서  $x=d$ 인  $x$ 축상의 점에서 보다 크다.

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

### 13

▶23070-0286

그림과 같이  $xy$  평면에 수직인 방향이고, 세기가  $B$ 인 균일한 자기장이 형성된 영역에서  $xy$  평면상에 고정되어 있는 한 변의 길이가  $L$ 인 직사각형 도선 위의 금속 막대에  $+x$  방향으로 크기가  $F_x$ 인 힘을,  $-y$  방향으로 크기가  $F_y$ 인 일정한 힘을 계속 작용하였다. 금속 막대가 도선의 한 변과  $\theta$ 의 각을 이루며  $+x$  축 방향으로 일정한 속력  $v$ 로 등속 직선 운동을 하였다. 금속 막대가 등속 직선 운동을 하는 동안 도선에 연결된 저항값이  $R, 2R$ 인 저항에는 각각 일정한 유도 전류가 흐른다.



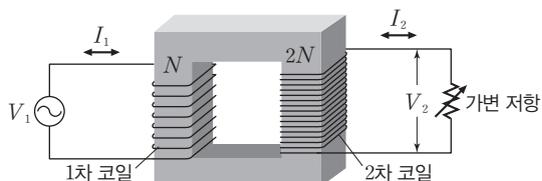
$F_x$ 는? (단, 금속 막대의 전기 저항, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

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

### 14

▶23070-0287

그림은 1차 코일과 2차 코일의 감은 수가 각각  $N, 2N$ 인 변압기를 나타낸 것으로 1차 코일에 전압의 최댓값이  $V_1$ 로 일정한 교류 전원이 연결되어 있고 가변 저항이 연결된 2차 코일에  $V_2$ 인 전압이 유도되고 있다. 1차 코일과 2차 코일에 각각 흐르는 전류의 세기는  $I_1, I_2$ 이다.



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

**보기**

- ㄱ.  $V_2 = 2V_1$ 이다.
- ㄴ.  $I_1 = 2I_2$ 이다.
- ㄷ. 교류 전원의 전압은 변화시키지 않고 가변 저항의 저항값만 감소시키면 1차 코일에 흐르는 전류의 세기는  $I_1$ 보다 커진다.

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

### 15

▶23070-0288

그림과 같이 파장이  $\lambda$ 인 단색광 A와 B가 간격이  $d$ 인 두 슬릿  $S_1, S_2$ 를 각각 통과한 후 스크린에 이웃한 무늬 간격이  $x$ 로 일정한 간섭무늬를 만들었다.  $S_1, S_2$ 로부터 같은 거리에 있는 스크린상의 점 O에서 상쇄 간섭이 일어나고, 스크린상의 고정된 점 P에서는 O로부터 세 번째 상쇄 간섭이 일어난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

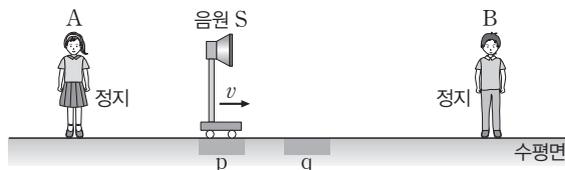
- ㄱ.  $S_1, S_2$ 로부터 O까지의 경로차는  $\frac{\lambda}{2}$ 이다.
- ㄴ. 두 슬릿 사이의 간격만  $d$ 보다 작게 하면 간섭무늬 간격은  $x$ 보다 커진다.
- ㄷ. A, B의 파장만  $\frac{\lambda}{2}$ 로 바꾸면, P에서는 보강 간섭이 일어난다.

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

### 16

▶23070-0289

그림과 같이 각각 정지해 있는 관찰자 A와 B 사이에서 음원 S가 B를 향해 운동하고 있다. S는 진동수가 일정한 음파를 발생시킨다. S가 구간 p, q를 각각 다른 등속도로 차례로 지날 때 발생한 음파의 진동수는 A가 측정했을 때 각각  $f, \frac{10}{9}f$ 이다. p를 지날 때 S의 속력은  $v$ 이고, 음속은  $5v$ 로 일정하다.



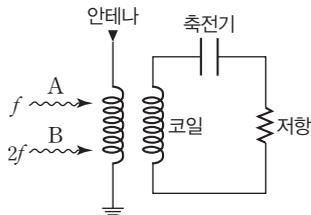
S가 p, q를 지날 때 발생한 음파의 진동수를 B가 측정할 값을 각각  $f_p, f_q$ 라 할 때,  $f_p, f_q$ 로 옳은 것은? (단, S는 A와 B를 잇는 직선상에서 운동한다.) [3점]

- ①  $\frac{3}{2}f$      $\frac{30}{23}f$
- ②  $\frac{3}{2}f$      $\frac{23}{30}f$
- ③  $\frac{30}{23}f$      $\frac{3}{2}f$
- ④  $\frac{30}{23}f$      $\frac{2}{3}f$
- ⑤  $\frac{5}{4}f$      $\frac{6}{5}f$

### 17

▶23070-0290

그림은 진동수가 각각  $f$ ,  $2f$ 인 진폭이 같은 전파 A, B가 안테나에 각각 도달할 때, 축전기, 코일, 저항이 연결된 회로에 전류가 흐르는 것을 나타낸 것이다. 저항에 흐르는 전류의 세기는 B가 안테나에 도달할 때가 A가 안테나에 도달할 때보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

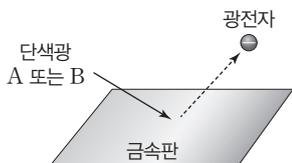
- ㄱ. 저항에 흐르는 전류는 교류이다.
- ㄴ. 회로의 공명 진동수는  $f$ 이다.
- ㄷ. 축전기의 저항 역할은 B가 안테나에 도달할 때가 A가 안테나에 도달할 때보다 크다.

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

### 18

▶23070-0291

그림은 금속판에 진동수가 각각  $f$ ,  $2f$ 인 단색광 A, B를 각각 비추었을 때 광전자가 방출되는 것을 나타낸 것이다. 표는 A, B를 각각 비출 때, 광전자의 드브로이 파장의 최솟값을 나타낸 것이다.



단색광	드브로이 파장의 최솟값
A	$3\lambda$
B	$\lambda$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단,  $h$ 는 플랑크 상수이다.)

**보기**

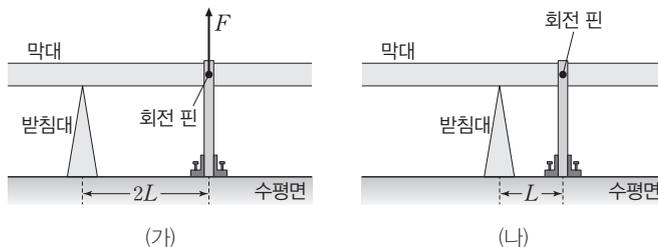
- ㄱ. 금속판에 A를 비출 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $\frac{1}{4}hf$ 이다.
- ㄴ. 금속판의 문턱 진동수는  $\frac{7}{8}f$ 이다.
- ㄷ. A와 B를 동시에 금속판에 비추면 금속판에서 방출되는 광전자의 드브로이 파장의 최솟값은  $\lambda$ 보다 작아진다.

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

### 19

▶23070-0292

그림 (가)는 밀도가 균일한 막대가 회전 핀과 받침대에 의해 수평으로 평형을 유지하고 있는 것을 나타낸 것이다. 이때 막대의 회전 핀이 박힌 지점과 받침대가 막대를 받치는 지점 사이의 거리는  $2L$ 이고, 회전 핀은 막대에 연직 위로 크기가  $F$ 인 힘을 작용하고 있다. 그림 (나)는 (가)에서 받침대를 오른쪽으로  $L$ 만큼 옮겼을 때, 회전 핀이 막대에 연직으로 크기가  $2F$ 인 힘을 작용하며 막대가 수평으로 평형을 유지하고 있는 것을 나타낸 것이다.



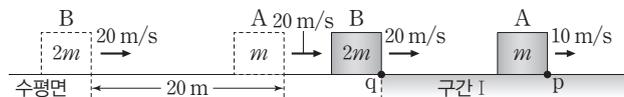
막대의 무게는? (단, 막대의 두께와 폭, 회전 핀과 막대 사이의 마찰은 무시한다.) [3점]

- ①  $F$     ②  $2F$     ③  $3F$     ④  $4F$     ⑤  $5F$

### 20

▶23070-0293

그림과 같이 질량이 각각  $m$ ,  $2m$ 인 물체 A, B가 수평면에서  $20 \text{ m/s}$ 의 속력으로  $20 \text{ m}$  떨어진 채로 등속도 운동을 하다가 운동 반대 방향으로 일정한 힘이 작용하는 구간 I에서 각각 등가속도 직선 운동을 한다. A가 I의 점 p에 속력  $10 \text{ m/s}$ 로 도달하는 순간 B는 I의 시작점 q에  $20 \text{ m/s}$ 의 속력으로 도달한다. I에서 A와 B에 작용하는 힘의 크기는 같다.



B가 p에 도달하는 순간 A와 B 사이의 거리는? (단, A와 B의 크기는 무시한다.) [3점]

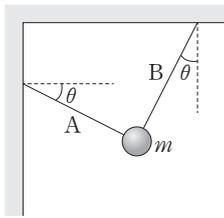
- ①  $(30\sqrt{10}-82) \text{ m}$     ②  $(30\sqrt{10}-84) \text{ m}$     ③  $(30\sqrt{10}-86) \text{ m}$   
 ④  $(30\sqrt{10}-88) \text{ m}$     ⑤  $(30\sqrt{10}-90) \text{ m}$

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23070-0294

그림과 같이 질량이  $m$ 인 물체가 실 A, B와 연결되어 정지해 있다. A가 수평 방향과 이루는 각과 B가 연직 방향과 이루는 각은  $\theta$ 로 같고, A, B가 물체에 작용하는 힘의 크기는  $F_0$ 로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$ 이고, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.)

[3점]

보기

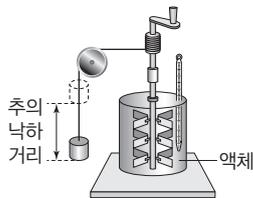
- ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ.  $\theta = 45^\circ$ 이다.
- ㄷ.  $F_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}mg$ 이다.

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

02

▶23070-0295

그림은 추가 잃은 역학적 에너지가 모두 액체의 온도 증가에 이용되는 줄의 실험 장치를 나타낸 것이다. 표는 실험 I, II에서 추의 질량, 등속 운동하는 동안 추의 낙하 거리, 액체의 질량, 액체의 온도 변화를 나타낸 것이다.



실험	추의 질량 (kg)	추의 낙하 거리(m)	액체의 질량(kg)	액체의 온도 변화(°C)
I	3	0.2	1	0.1
II	6	0.3	2	(가)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 열의 일당량은  $4.2 \text{ J/cal}$ 이다.)

보기

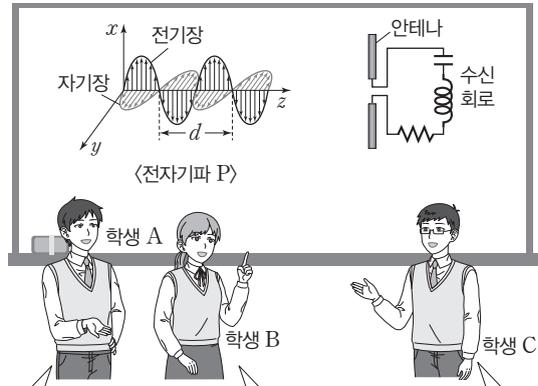
- ㄱ. I에서 액체가 얻은 열량은  $0.7 \text{ cal}$ 이다.
- ㄴ. 액체의 비열은  $60 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ 이다.
- ㄷ. (가)는  $0.15$ 이다.

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

03

▶23070-0296

그림은 금속으로 된 안테나가 진공에서 진행하는 전자기파 P를 수신하는 것에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



- 학생 A: P의 진행 방향은 자기장의 진동 방향과 수직이야.
- 학생 B: 안테나 속의 전자는 전기장의 방향과 같은 방향으로 전기력을 받아.
- 학생 C: P의 파장은  $2d$ 야.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A    ② C    ③ A, B    ④ B, C    ⑤ A, B, C

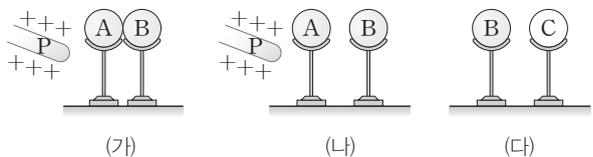
04

▶23070-0297

다음은 정전기 유도에 대한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 절연된 받침대에 놓인 대전되지 않은 금속구 A, B를 접촉시켜 놓은 상태에서 양(+)전하로 대전된 대전체 P를 A의 왼쪽에 가까이한다.
- (나) (가)에서 A와 B를 떼어 놓는다.
- (다) P와 A를 멀리 치운 후 B의 가까이에 절연된 받침대에 놓인 대전되지 않은 절연체구 C를 놓는다.



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

보기

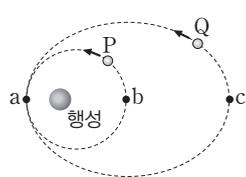
- ㄱ. (가)에서 전자는 A에서 B로 이동한다.
- ㄴ. (나)에서 대전된 전하의 종류는 A와 B가 같다.
- ㄷ. (다)에서 B와 C 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

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

05

▶23070-0298

그림은 위성 P, Q가 행성을 한 초점으로 타원 궤도를 따라 공전하는 모습을 나타낸 것이다. 점 a는 P, Q가 행성의 중심으로부터 가장 가깝게 지나는 지점으로 P, Q의 궤도가 접하는 지점이고, 점 b, c는 P, Q가 행성 중심으로부터 각각 가장 멀리 지나는 지점이다. 표는 행성의 중심으로부터 a, b, c까지의 거리, a에서 P, Q에 작용하는 중력의 크기를 나타낸 것이다.



행성	행성의 중심으로부터 각 지점까지의 거리			a에서 중력의 크기
	a	b	c	
P	$d$	$3d$	-	$F_0$
Q	$d$	-	$7d$	$4F_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P, Q에는 행성에 의한 중력만 작용한다.) [3점]

보기

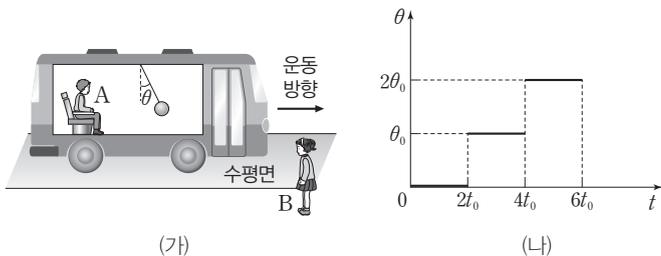
- ㄱ. P에 작용하는 중력 크기의 최솟값은  $\frac{1}{3}F_0$ 이다.
- ㄴ. 공전 주기는 Q가 P의  $3\sqrt{3}$ 배이다.
- ㄷ. 질량은 Q가 P의 4배이다.

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

06

▶23070-0299

그림 (가)는 수평면에서 수평면과 나란한 방향으로 직선 운동을 하는 버스의 천장에 고정된 실에 물체가 매달려 있는 모습을 나타낸 것이다. 운동 방향으로 기울어진 실과 연직선이 이루는 각은  $\theta$ 이다. 학생 A는 버스에 대해, 학생 B는 수평면에 대해 정지해 있다. 그림 (나)는  $\theta$ 를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ.  $t_0$ 일 때, B의 좌표계에서 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
- ㄴ.  $3t_0$ 일 때, A의 좌표계에서 물체에 작용하는 관성력의 방향은 버스의 운동 방향과 같다.
- ㄷ. B의 좌표계에서 버스의 가속도의 크기는  $3t_0$ 일 때가  $5t_0$ 일 때보다 크다.

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

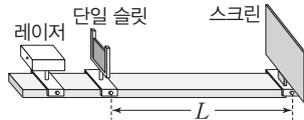
07

▶23070-0300

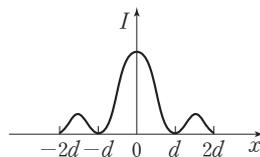
다음은 빛의 회절 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 그림과 같이 스크린을 빨간색 레이저의 진행 방향과 수직이 되도록 설치한 후, 슬릿의 폭이  $a$ 인 단일 슬릿을 스크린으로부터 거리  $L$ 인 위치에 스크린과 나란하게 고정한다.
- (나) 레이저를 단일 슬릿에 비추고 스크린상에 나타난 빛의 세기  $I$ 를 위치  $x$ 에 따라 측정한다.
- (다) (가)의 레이저를 초록색 레이저로 바꾸어 (나)를 반복한다.



[실험 결과]



(나)의 결과

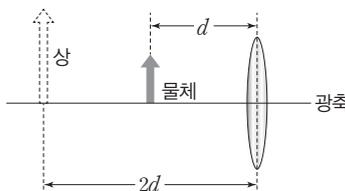
(다)의 결과로 가장 적절한 것은?

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤

08

▶23070-0301

그림과 같이 볼록 렌즈로부터  $d$ 만큼 떨어진 지점에 물체를 놓았더니, 렌즈로부터  $2d$ 만큼 떨어진 지점에 상이 생겼다.



렌즈의 초점 거리는?

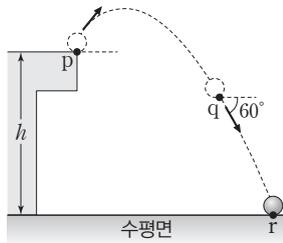
[3점]

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

09

▶23070-0302

그림과 같이 높이가  $h$ 인 점 p에서 비스듬히 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 수평면과  $60^\circ$ 의 각을 이루며 점 q를 지나 수평면상의 점 r에 도달한다. 표는 p, r에서 물체의 속도의 수평 성분에 해당하는 운동 에너지  $E_{수평}$ 과 연직 성분에 해당하는 운동 에너지  $E_{연직}$ 을 나타낸 것이다.



속도의 수평, 연직 성분에 대한 운동 에너지	지점	
	p	r
$E_{수평}$	$E_0$	(가)
$E_{연직}$	$E_0$	$7E_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

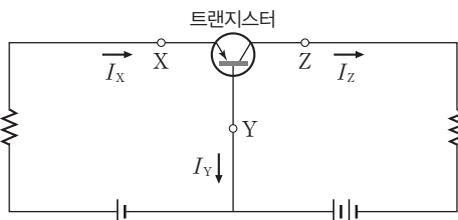
- ㄱ. (가)는  $E_0$ 이다.
- ㄴ. p에서와 r에서의 물체의 중력 퍼텐셜 에너지의 차는  $6E_0$ 이다.
- ㄷ. q의 높이는  $\frac{2}{3}h$ 이다.

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

10

▶23070-0303

그림은 불순물을 첨가한 반도체를 접합하여 만든 트랜지스터, 저항, 전원을 연결하여 구성한 전류 증폭 회로를 나타낸 것이다. 트랜지스터에 연결된 단자 X, Y, Z에는 화살표 방향으로 세기가 각각  $I_X, I_Y, I_Z$ 인 전류가 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

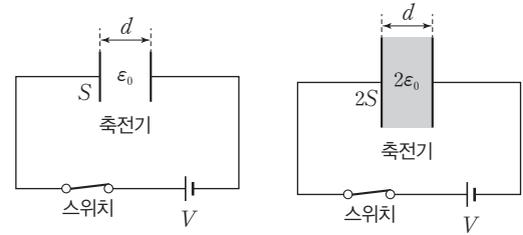
- ㄱ. Y는 n형 반도체에 연결되어 있다.
- ㄴ. 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다.
- ㄷ.  $I_X = I_Y + I_Z$ 이다.

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

11

▶23070-0304

그림 (가)는 극판 사이의 간격이  $d$ , 극판의 면적이  $S$ 이고, 유전율이  $\epsilon_0$ 인 유전체가 채워진 평행판 축전기를 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 연결한 후, 스위치를 닫아 완전히 충전한 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 극판 사이의 간격이  $d$ , 극판의 면적이  $2S$ 이고, 유전율이  $2\epsilon_0$ 인 유전체가 채워진 평행판 축전기를 전압이  $V$ 로 일정한 전원에 연결한 후, 스위치를 닫아 완전히 충전한 것을 나타낸 것이다.



(가)

(나)

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

보기

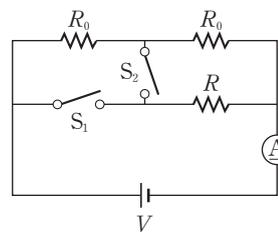
- ㄱ. 극판 사이에서 전기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
- ㄴ. 축전기에 충전된 전하량은 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.
- ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.

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

12

▶23070-0305

그림과 같이 저항값이  $R_0$ 인 저항 2개와 저항값이  $R$ 인 저항, 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ , 전류계, 전압이  $V$ 로 일정한 전원을 연결하여 회로를 구성하였다. 표는  $S_1$ 과  $S_2$ 를 닫는 경우에 따라 전류계에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 것이다.



구분	전류의 세기
$S_1$ 만 닫음	$I_0$
$S_2$ 만 닫음	(가)
$S_1$ 과 $S_2$ 모두 닫음	$\frac{3}{2}I_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

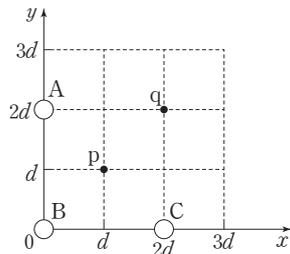
- ㄱ.  $R = 2R_0$ 이다.
- ㄴ.  $V = I_0 R_0$ 이다.
- ㄷ. (가)는  $\frac{3}{5}I_0$ 이다.

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

### 13

▶23070-0306

그림과 같이  $xy$  평면에 수직인 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 각각  $(0, 2d)$ ,  $(0, 0)$ ,  $(2d, 0)$ 인 지점에 고정되어 있다. A, B, C에는 각각 방향과 세기가 일정한 전류가 흐르고 있고, 점 p, q는 각각  $(d, d)$ ,  $(2d, 2d)$ 인 지점이다. p에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $B_0$ 이고, q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.



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

**보기**

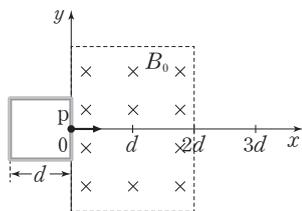
- ㄱ. 전류의 방향은 B에서와 C에서가 같다.
- ㄴ. 전류의 세기는 A에서와 C에서가 같다.
- ㄷ. p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는  $\sqrt{2}B_0$ 이다.

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

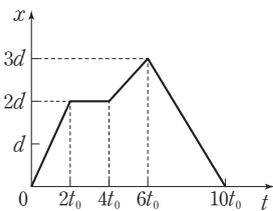
### 14

▶23070-0307

그림 (가)와 같이  $xy$  평면에서 한 변의 길이가  $d$ 인 정사각형 금속 고리의 한 변이  $x$ 축과 수직을 이루고, 금속 고리의 면이  $xy$  평면과 나란하게 운동을 한다. p는 금속 고리상의 한 점이다. 세기가  $B_0$ 으로 균일한 자기장 영역은  $x=0$ 과  $x=2d$  사이에 존재하고, 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 그림 (나)는 p의 위치  $x$ 를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 고리의 두께와 폭은 무시한다.)

**보기**

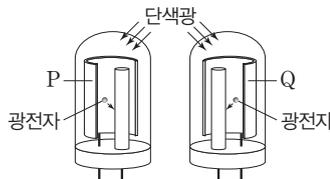
- ㄱ.  $3t_0$ 일 때, 고리에는 유도 전류가 흐르지 않는다.
- ㄴ.  $5t_0$ 일 때, 고리에 유도되는 기전력의 크기는  $\frac{B_0 d^2}{2t_0}$ 이다.
- ㄷ. p에 흐르는 유도 전류의 방향은  $7t_0$ 일 때와  $9t_0$ 일 때가 같다.

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

### 15

▶23070-0308

그림은 광전관의 금속판 P, Q에 단색광을 비추어 광전자가 방출되는 모습을 나타낸 것이다. 표는 실험 I, II에서 단색광의 파장에 따라 P, Q에서 각각 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 나타낸 것이다.



실험	단색광의 파장	최대 운동 에너지	
		P	Q
I	$\lambda$	$E_0$	$2E_0$
II	$0.5\lambda$	$4E_0$	(가)

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

**보기**

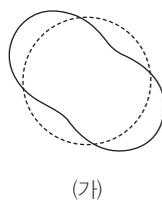
- ㄱ. I에서 단색광의 세기만을 2배로 하면 P에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는  $2E_0$ 이 된다.
- ㄴ. (가)는  $5E_0$ 이다.
- ㄷ. II에서 단색광의 진동수는 P의 문턱 진동수의 3배이다.

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

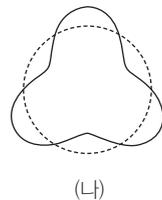
### 16

▶23070-0309

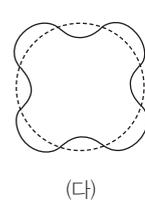
그림 (가), (나), (다)는 보어의 수소 원자 모형에 따른 전자의 원운동 궤도와 전자가 만든 정상파를 각각 점선과 실선으로 나타낸 것이다.



(가)



(나)



(다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

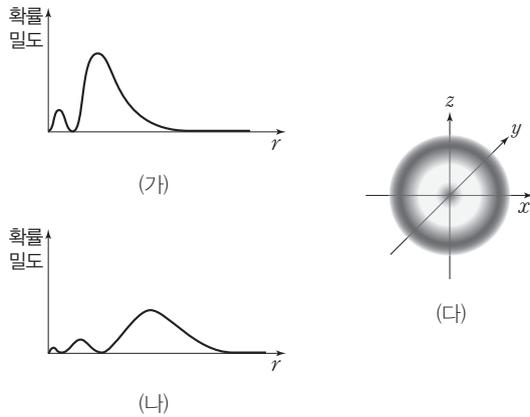
- ㄱ. 전자의 전이 과정에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 (다)에서 (나)로 전이할 때가 (나)에서 (가)로 전이할 때보다 작다.
- ㄴ. 전자의 드브로이 파장은 (가)에서가 (나)에서의  $\frac{3}{2}$ 배이다.
- ㄷ. 전자의 운동 에너지는 (나)에서가 (다)에서의  $\frac{4}{3}$ 배이다.

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

### 17

▶23070-0310

그림 (가), (나)는 주 양자수가 각각  $n=2, n=3$ 인 상태의 전자가 발견될 확률 밀도를 원자핵으로부터의 거리  $r$ 에 따라 나타낸 것이고, (다)는 수소 원자의 현대적 모형인 전자구름의 형태로 나타낸 것으로 (가)와 (나) 중 한 개에 해당한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

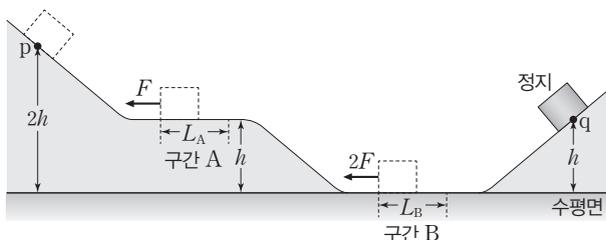
- ㄱ.  $r$ 축과 꼭선이 만드는 면적은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
- ㄴ. (다)의 원자 모형은 불확정성 원리를 위배한다.
- ㄷ. (다)는 (나)의 상태를 전자구름의 형태로 나타낸 것이다.

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

### 18

▶23070-0311

그림은 점 p에서 가만히 놓은 물체가 마찰이 없는 궤도를 따라 운동하여 점 q에서 속력이 0인 것을 나타낸 것이다. 길이가 각각  $L_A, L_B$ 인 수평 구간 A, B에서는 크기가 각각  $F, 2F$ 인 일정한 힘이 물체의 운동 방향과 반대 방향으로 작용한다. 물체가 A, B를 지나는 데 걸린 시간은 각각  $2t, t$ 이다. p, q의 높이는 각각  $2h, h$ 이고, A와 B의 높이차는  $h$ 이다.



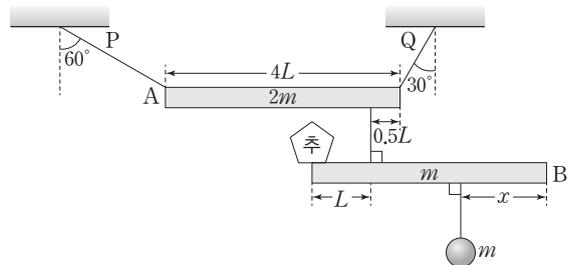
$\frac{L_A}{L_B}$ 는? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다.) [3점]

- ①  $\frac{7}{9}$     ②  $\frac{10}{9}$     ③  $\frac{4}{3}$     ④  $\frac{14}{9}$     ⑤  $\frac{5}{3}$

### 19

▶23070-0312

그림과 같이 길이가  $4L$ 로 같고 질량이 각각  $2m, m$ 인 막대 A, B가 수평을 이루고 평형을 이루며 정지해 있다. A의 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에는 실 P, Q가 각각 연직 방향과  $60^\circ, 30^\circ$ 를 이루며 연결되어 있다. B의 왼쪽 끝에는 추가 고정되어 있고, B의 오른쪽 끝에서  $x$ 만큼 떨어진 지점에는 질량이  $m$ 인 물체가 실에 매달려 있다. A의 오른쪽 끝에서  $0.5L$ 만큼 떨어진 지점과 B의 왼쪽 끝에서  $L$ 만큼 떨어진 지점이 실로 연결되어 있다.



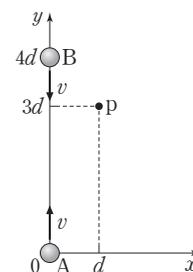
$x$ 는? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 추의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

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

### 20

▶23070-0313

그림과 같이 물체 A는 원점에서  $+y$ 방향으로 속력  $v$ 로, 물체 B는  $y$ 축상에서  $-y$ 방향으로 속력  $v$ 로 동시에 발사되어  $xy$  평면에서 등가속도 운동을 하여 점 p에서 만난다. A, B의 가속도는  $a$ 로 같다. p의  $x, y$  좌표는 각각  $d, 3d$ 이다.



$a$ 의 크기는? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

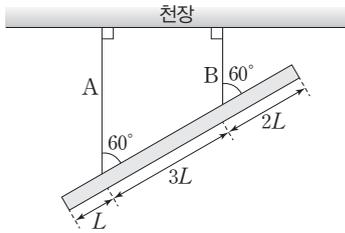
- ①  $\frac{v^2}{2d}$     ②  $\frac{\sqrt{3}v^2}{3d}$     ③  $\frac{\sqrt{2}v^2}{2d}$     ④  $\frac{\sqrt{3}v^2}{2d}$     ⑤  $\frac{v^2}{d}$

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고 하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▶23070-0314

그림과 같이 길이가  $6L$ 인 막대가 실 A, B에 매달려 정지해 있다. A, B가 막대와 이루는 각은  $60^\circ$ 로 같다.



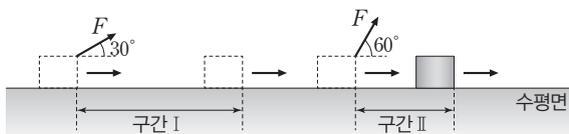
A, B가 막대에 작용하는 힘의 크기가 각각  $T_A, T_B$ 일 때,  $\frac{T_B}{T_A}$ 는?  
(단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

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

02

▶23070-0315

그림과 같이 수평면에서 운동하는 물체가 각각 일정한 힘이 작용하는 구간 I, II를 지난다. I, II에서 작용하는 힘의 크기는  $F$ 로 같고, 힘이 수평면과 이루는 각은 각각  $30^\circ, 60^\circ$ 이다. 구간의 길이는 I이 II의  $\sqrt{3}$ 배이고, 물체의 속력은 II를 빠져나오는 순간이 I에 들어가는 순간의 4배이다.



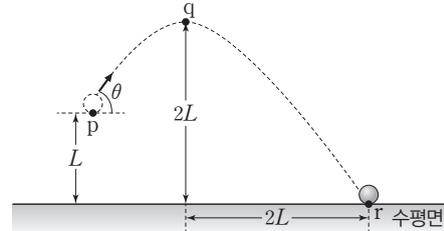
I, II를 통과하는 데 걸린 시간을 각각  $t_I, t_{II}$ 라 할 때,  $\frac{t_{II}}{t_I}$ 는?  
(단, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

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

03

▶23070-0316

그림과 같이 높이  $L$ 인 점 p에서 수평 방향과  $\theta$ 의 각을 이루며 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 높이  $2L$ 인 최고점 q를 지나 수평면상의 점 r에 도달한다. q에서 r까지 물체의 수평 이동 거리는  $2L$ 이다.



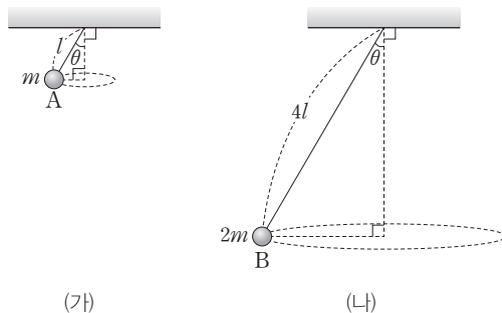
$\tan\theta$ 는? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

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

04

▶23070-0317

그림 (가), (나)와 같이 질량이 각각  $m, 2m$ 인 물체 A, B가 각각 길이  $l, 4l$ 인 실에 연결되어 등속 원운동을 한다. A, B와 연결된 실이 연직 방향과 이루는 각은  $\theta$ 로 같다.



(나)에서가 (가)에서의 2배인 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.) [3점]

보기

- ㄱ. 실이 물체에 작용하는 힘
- ㄴ. 물체의 속력
- ㄷ. 물체의 원운동 주기

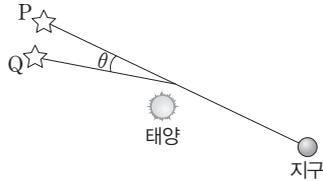
- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▶23070-0318

다음은 중력 렌즈 효과에 대한 설명이다.

별에서 방출된 빛이 ㉠ 태양 근처를 지나며 휘어지기 때문에 별의 겉보기 위치와 ㉡ 별의 실제 위치 사이에  $\theta$ 만큼의 차이가 생긴다. P, Q는 별의 겉보기 위치와 실제 위치를 순서없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 태양 주위의 시공간이 휘어져 있기 때문이다.
- ㄴ. ㉡은 Q이다.
- ㄷ. 태양의 질량이 감소하면  $\theta$ 는 증가한다.

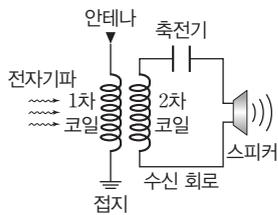
- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▶23070-0319

다음은 전자기파의 수신에 대한 설명이다.

우리 주위에는 여러 방송국에서 보낸 다양한 진동수를 가진 전자기파들이 섞여 있다. 안테나는 모든 진동수의 전파를 수신하지만 수신 회로의 ㉠와/과 동일한 진동수를 갖는 전자기파만이 회로에 큰 전류를 흐르게 하므로, 원하는 방송만을 선택해서 청취할 수 있다. 청취하고자 하는 방송을 바꿀 때는 ㉡을/를 변화시켜서 회로의 ㉠을/를 바꾼다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

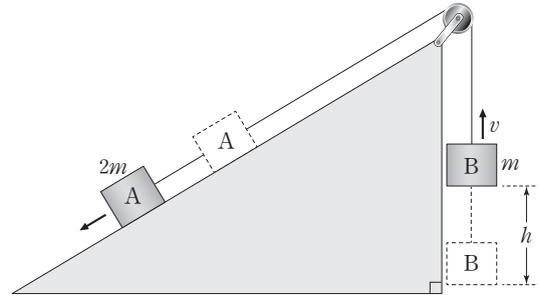
- ㄱ. '공명 진동수'는 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. '스피커의 저항'은 ㉡으로 적절하다.
- ㄷ. 전자기파가 수신될 때, 수신 회로에는 교류 전류가 흐른다.

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

07

▶23070-0320

그림과 같이 실로 연결된 물체 A, B를 가만히 놓았더니 A, B는 각각 등가속도 직선 운동을 한다. B가 높이  $h$ 만큼 올라갔을 때의 속력은  $v$ 이다. A, B의 질량은 각각  $2m, m$ 이다.



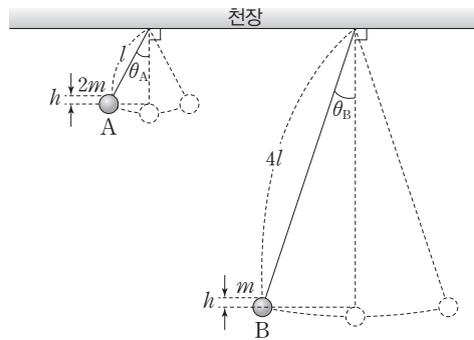
A에 작용하는 알짜힘의 크기는? [3점]

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

08

▶23070-0321

그림과 같이 길이가 각각  $l, 4l$ 인 실에 매달려 단진동을 하는 물체 A, B는 시간  $t=0$ 인 순간 최고점에 도달한다. A, B가 최고점 일 때 실이 연직 방향과 이루는 각은 각각  $\theta_A, \theta_B$ 이다. A, B의 최고점과 최저점의 높이차는  $h$ 로 서로 같고, A, B의 질량은 각각  $2m, m$ 이다. A의 주기는  $T_A$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실의 질량과 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

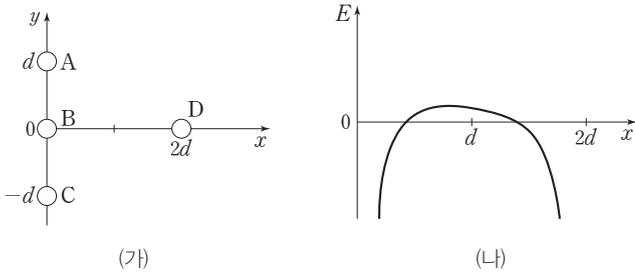
- ㄱ.  $\theta_A = \theta_B$ 이다.
- ㄴ.  $t = \frac{T_A}{2}$ 일 때, A, B의 높이차는  $3l$ 이다.
- ㄷ. 최저점에서 운동 에너지는 A가 B의 2배이다.

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

09

▶23070-0322

그림 (가)와 같이 점전하 A~D가  $xy$  평면의  $(0, d)$ ,  $(0, 0)$ ,  $(0, -d)$ ,  $(2d, 0)$ 인 지점에 각각 고정되어 있다.  $x$ 축상에서 A~D에 의한 전기장  $E$ 의 방향은  $x$ 축과 나란하다. 그림 (나)는  $x$ 축상의  $0 < x < 2d$ 인 구간에서  $E$ 를 위치  $x$ 에 따라 나타낸 것이다.  $E$ 의 방향은  $+x$ 방향이 양(+)이다.



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

보기

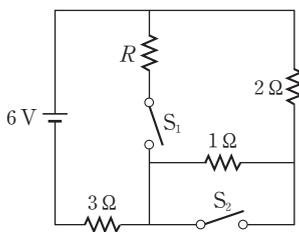
- ㄱ. 전하량의 크기는 A와 C가 같다.
- ㄴ. 전하의 종류는 B와 D가 같다.
- ㄷ. 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

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

10

▶23070-0323

그림과 같이 저항값이 각각  $1\ \Omega$ ,  $2\ \Omega$ ,  $3\ \Omega$ ,  $R$ 인 저항과 스위치  $S_1$ ,  $S_2$ 를 전압이  $6\ \text{V}$ 인 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. 저항값이  $2\ \Omega$ 인 저항의 소비 전력은  $S_1$ 과  $S_2$ 를 모두 열었을 때와 모두 닫았을 때가 서로 같다.



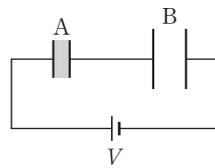
$R$ 는?

- ①  $2\ \Omega$     ②  $3\ \Omega$     ③  $4\ \Omega$     ④  $5\ \Omega$     ⑤  $6\ \Omega$

11

▶23070-0324

그림과 같이 축전기 A, B를 전압이  $V$ 로 일정한 직류 전원에 연결하여 완전히 충전하였다. 표는 A, B의 극판의 면적, 두 극판 사이의 간격, 두 극판 사이에 채워진 물질의 유전율을 나타낸 것이다.



	A	B
극판의 면적	$S_0$	$2S_0$
극판 사이의 간격	$d_0$	$2d_0$
극판 사이에 채워진 물질의 유전율	$2\epsilon_0$	$\epsilon_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

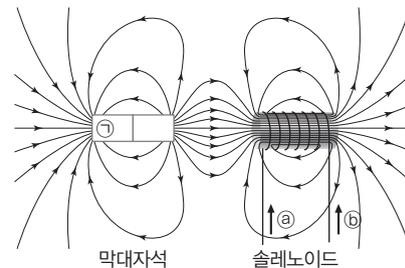
- ㄱ. 전기 용량은 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 축전기 양단에 걸린 전압은 A가 B의 2배이다.
- ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 2배이다.

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

12

▶23070-0325

그림은 종이면에 고정된 막대자석과 일정한 전류가 흐르는 솔레노이드 주위의 자기력선을 나타낸 것이다. ㉠은 자석의 N극과 S극 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

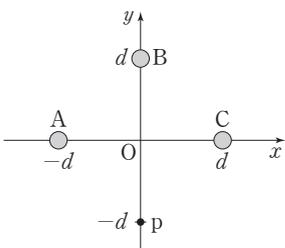
- ㄱ. ㉠은 N극이다.
- ㄴ. 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향은 ㉠ 방향이다.
- ㄷ. 막대자석과 솔레노이드 사이에는 서로 미는 자기력이 작용한다.

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

### 13

▶23070-0326

그림과 같이  $xy$  평면에 수직인 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 각각  $(-d, 0)$ ,  $(0, d)$ ,  $(d, 0)$ 인 지점에 고정되어 있고, 점 p는  $(0, -d)$ 인 지점이다. A, B, C에는 세기가  $I_0$ 으로 일정한 전류가 흐른다. 표는 A, B, C 중에서 B에 흐르는 전류의 방향만 바꾸었을 때 p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 세기를 나타낸 것이다.



실험	B에 흐르는 전류의 방향	p에서 자기장	
		방향	세기
I	•	$-x$ 방향	⊙
II	×	⊙	$B_0$

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

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

**보기**

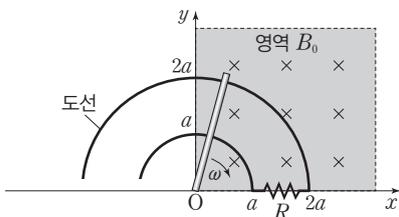
- ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은  $xy$  평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
- ㄴ. ⊙은  $+x$ 방향이다.
- ㄷ. ⊙은  $\frac{1}{3}B_0$ 이다.

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

### 14

▶23070-0327

그림은 세기가  $B_0$ 으로 균일한 자기장 영역을 포함한  $xy$  평면상에 고정된 반지름이 각각  $a$ ,  $2a$ 인 반원형의 도선 위에 금속 막대가 원점 O를 중심으로 시계 방향으로 일정한 각속도  $\omega$ 로 회전할 때, 시간  $t=t_0$ 일 때의 모습을 나타낸 것이다. 두 반원형 도선 사이에는 저항값이  $R$ 인 저항이 연결되어 있다.



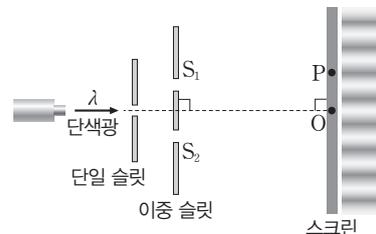
$t=t_0$ 일 때, R에 흐르는 유도 전류의 방향과 세기로 옳은 것은? (단, 금속 막대의 저항과 두께는 무시한다.) [3점]

전류의 방향	전류의 세기	전류의 방향	전류의 세기
① $+x$ 방향	$\frac{a^2 B_0 \omega}{2R}$	② $-x$ 방향	$\frac{a^2 B_0 \omega}{2R}$
③ $+x$ 방향	$\frac{3a^2 B_0 \omega}{2R}$	④ $-x$ 방향	$\frac{3a^2 B_0 \omega}{2R}$
⑤ $+x$ 방향	$\frac{5a^2 B_0 \omega}{2R}$		

### 15

▶23070-0328

그림은 파장이  $\lambda$ 인 단색광이 단일 슬릿과 이중 슬릿의  $S_1, S_2$ 를 통과하여 스크린에 간섭무늬가 나타난 모습을 나타낸 것이다. 스크린상의 점 O는  $S_1, S_2$ 로부터 같은 거리에 있고, 스크린상의 점 P에서는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생겼다.



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

**보기**

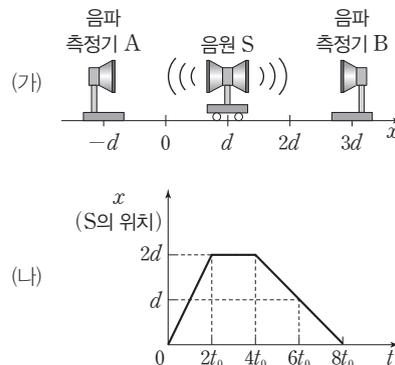
- ㄱ. P에 나타난 어두운 무늬는 빛의 상쇄 간섭의 결과이다.
- ㄴ.  $S_2$ 에서 P까지의 거리는  $S_1$ 에서 P까지의 거리보다  $2\lambda$ 만큼 크다.
- ㄷ. 단색광을 파장이  $3\lambda$ 인 것으로 바꾸면 P에는 O로부터 첫 번째 어두운 무늬가 생긴다.

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

### 16

▶23070-0329

그림 (가)는 정지해 있는 음파 측정기 A와 B 사이에서 진동수가 일정한 음파를 발생시키며 운동하는 음원 S를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 S의 위치  $x$ 를 시간  $t$ 에 따라 나타낸 것이다.  $t=t_0$ 일 때, 음파 측정기가 측정한 음파의 진동수는 B에서가 A에서의  $\frac{3}{2}$ 배이다.



$t=6t_0$ 일 때, A가 측정한 음파의 진동수를  $f_A$ , B가 측정한 음파의 진동수를  $f_B$ 라고 하면,  $\frac{f_B}{f_A}$ 는? (단, 음속은 일정하고 음원과 음파 측정기는  $x$ 축과 나란한 동일 직선상에 있다.)

- ①  $\frac{9}{11}$     ②  $\frac{10}{11}$     ③ 1    ④  $\frac{11}{10}$     ⑤  $\frac{11}{9}$

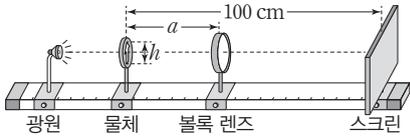
### 17

▶23070-0330

다음은 볼록 렌즈에 의한 물체의 상을 관찰하는 실험이다.

**[실험 과정]**

- (가) 크기가  $h$ 인 물체와 스크린 사이의 거리가 100 cm가 되도록 광학대 위에 광원과 함께 고정한다.
- (나) 물체와 스크린 사이에서 볼록 렌즈 A의 위치를 조절하며 스크린에 선명한 상이 맺히도록 한다.
- (다) 물체에서 A까지의 거리  $a$ 와 상의 크기  $h'$ 를 측정한다.
- (라) 볼록 렌즈 B, C를 사용하여 과정 (나), (다)를 반복한다.



**[실험 결과]**

볼록 렌즈	$a$	$h'$
A	20 cm	⊖
B	40 cm	6 cm
C	80 cm	⊕

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

**보기**

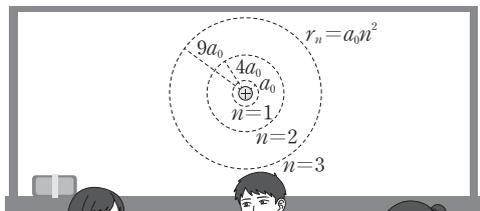
- ㄱ. 볼록 렌즈의 초점 거리는 A와 C가 같다.
- ㄴ.  $h$ 는 4 cm이다.
- ㄷ.  $\frac{\ominus}{\oplus} = 16$ 이다.

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

### 18

▶23070-0331

그림은 보어의 수소 원자 모형에서의 전자에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



학생 A    학생 B    학생 C

- 학생 A: 전자가 원자핵으로부터 떨어진 거리의 불확정성은 0이야.
- 학생 B: 양자수가 동일한 상태에 있는 전자는 운동량의 크기가 일정해.
- 학생 C: 전자의 상태는 불확정성 원리를 만족하지 않아.

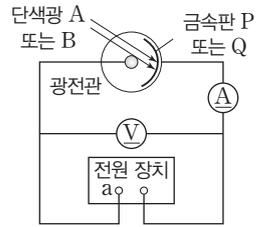
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① B    ② C    ③ A, B    ④ A, C    ⑤ A, B, C

### 19

▶23070-0332

그림은 광전관의 금속판에 단색광을 비추면서 전압을 조절하여 정지 전압을 측정하는 장치를 나타낸 것이다. 표는 금속판 P 또는 Q에 단색광 A 또는 B를 각각 비추었을 때 정지 전압을 나타낸 것이다.



실험	금속판	단색광	정지 전압
I	P	A	$2V_0$
II		B	$4V_0$
III	Q	A	⊖
IV		B	$3V_0$

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

**보기**

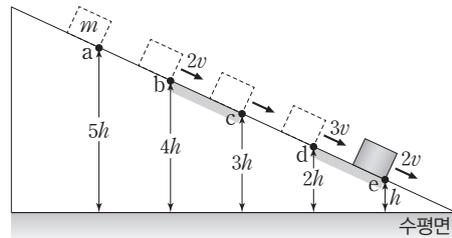
- ㄱ. 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.
- ㄴ. ⊖은  $V_0$ 이다.
- ㄷ. 방출되는 광전자의 드브로이 파장의 최솟값은 I에서 II에서의 2배이다.

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

### 20

▶23070-0333

그림과 같이 점 a에서 가만히 놓은 질량  $m$ 인 물체가 빗면을 따라 점 b, c, d, e를 지난다. 물체는 bc 구간과 de 구간에서 각각 운동 방향에 반대 방향으로 일정한 크기의 힘  $F_{bc}$ ,  $F_{de}$ 를 받는다. b, d, e에서 물체의 속력은 각각  $2v$ ,  $3v$ ,  $2v$ 이고, a, b, c, d, e의 높이는 각각  $5h$ ,  $4h$ ,  $3h$ ,  $2h$ ,  $h$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

**보기**

- ㄱ. c에서 물체의 속력은  $\sqrt{5}v$ 이다.
- ㄴ. a에서 출발한 물체가 e에 도달하는 동안 감소한 역학적 에너지는  $3mgh$ 이다.
- ㄷ.  $F_{de} = 3F_{bc}$ 이다.

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