2027학년도 수능 연계교재

수능완성

과학탐구영역

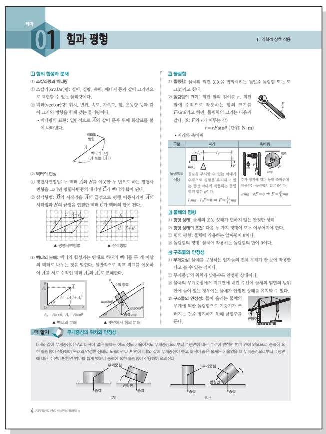
물리학 Ⅱ

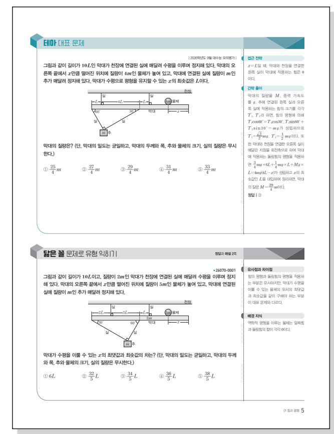
이 책의 차례 CONTENTS

이 책의 **구성과 특징** STRUCTURE

테마별 교과 내용 정리

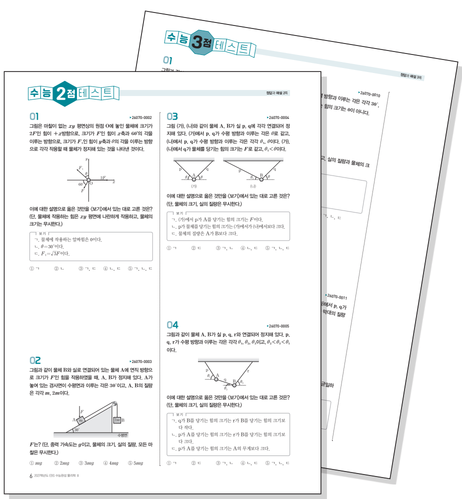
교과서의 주요 내용을 핵심만 일목요연하게 정리하고, 하단에 더 알기를 수록하여 심층적인 이해를 도모하였습니다.





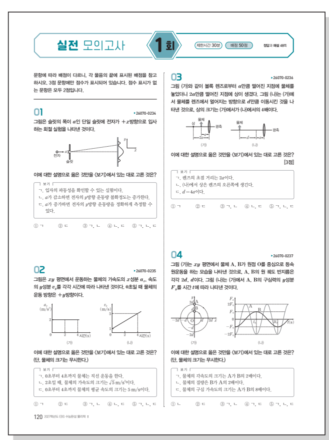
테마 대표 문제

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



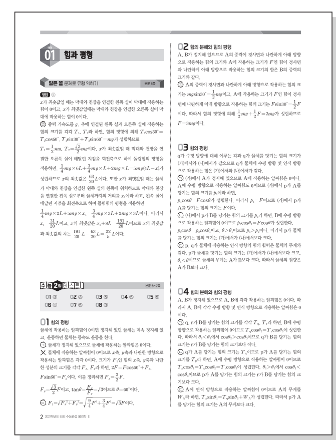
수능 2점 테스트와 수능 3점 테스트

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 교과의 내용을 연결하여 설명하고, 오답을 찾아 분석함으로써 유사 문제 및 응용 문제에 대한 대비가 가능하도록 하였습니다.

학생

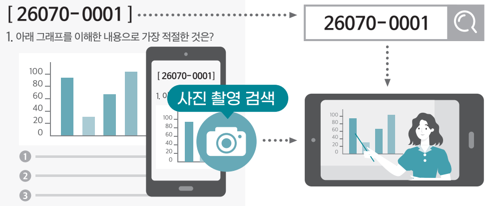
인공지능 DANCHOQ
푸리봇 문|제|검|색

EBS*i* 사이트와 **EBS*i* 고교강의 APP** 하단의 **AI 학습도우미 푸리봇**을 통해 문항코드를 검색하면 푸리봇이 해당 문제의 해설과 해설 강의를 찾아 줍니다. **사진 촬영으로도 검색**할 수 있습니다.

문제별 문항코드 확인 — 문항코드 검색

[26070-0001] ········ 26070-0001

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?



선생님

EBS 교사지원센터
교재 관련 자|료|제|공

교재의 문항 한글(HWP) 파일과 교재이미지, 강의자료를 무료로 제공합니다.

한글다운로드 | 교재이미지 | 강의자료

- 교사지원센터(teacher.ebsi.co.kr)에서 '교사인증' 이후 이용하실 수 있습니다.
- 교사지원센터에서 제공하는 자료는 교재별로 다를 수 있습니다.

힘과 평형

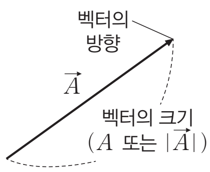
1 힘의 합성과 분해

(1) 스칼라량과 벡터량

① 스칼라(scalar)량: 길이, 질량, 속력, 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.

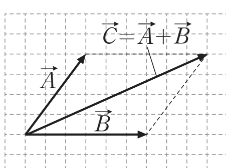
• 벡터량의 표현: 일반적으로 $\vec{A}$와 같이 문자 위에 화살표를 붙여 나타낸다.



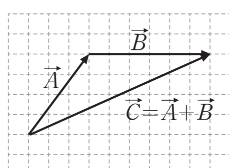
(2) 벡터의 합성

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 벡터 $\vec{C}$가 벡터의 합이 된다.

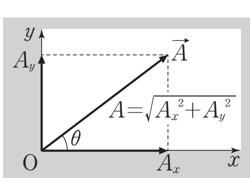


▲ 평행사변형법



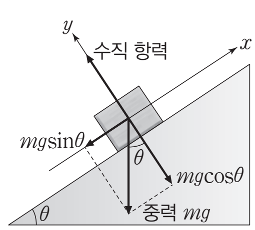
▲ 삼각형법

(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

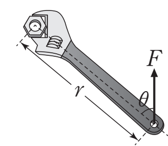


▲ 빗면에서 힘의 분해

2 돌림힘

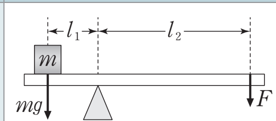
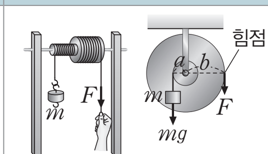
(1) 돌림힘: 물체의 회전 운동을 변화시키는 원인을 돌림힘 또는 토크(τ)라고 한다.

(2) 돌림힘의 크기: 회전 팔의 길이를 r, 회전 팔에 수직으로 작용하는 힘의 크기를 $F\sin\theta$라고 하면, 돌림힘의 크기는 다음과 같다. (θ: F와 r가 이루는 각)



$$\tau=rF\sin\theta\ (\text{단위: N}\cdot\text{m})$$

• 지레와 축바퀴

구분	지레	축바퀴
돌림힘의 적용	 질량을 무시할 수 있는 막대가 수평으로 평형을 유지하고 있는 동안 막대에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다. $l_1mg-l_2F=0 \Rightarrow F=\frac{l_1}{l_2}mg$	 추가 정지해 있는 동안 축바퀴에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다. $amg-bF=0 \Rightarrow F=\frac{a}{b}mg$

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.

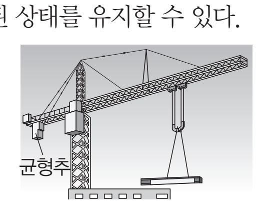
4 구조물의 안정성

(1) 무게중심: 물체를 구성하는 입자들의 전체 무게가 한 곳에 작용한다고 볼 수 있는 점이다.

① 무게중심의 위치가 낮을수록 안정한 상태이다.

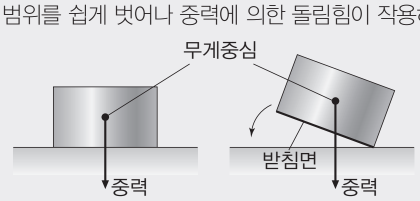
② 물체의 무게중심에서 지표면에 내린 수선이 물체의 밑면의 범위 안에 들어 있는 경우에는 물체가 안정된 상태를 유지할 수 있다.

(2) 구조물의 안정성: 들어 올리는 물체의 무게에 의한 돌림힘으로 기중기가 쓰러지는 것을 방지하기 위해 균형추를 둔다.

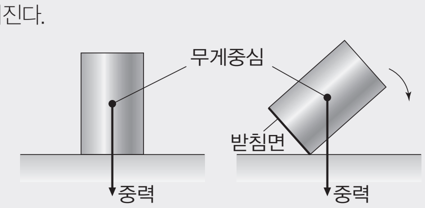


더 알기 무게중심의 위치와 안정성

(가)와 같이 무게중심이 낮고 바닥이 넓은 물체는 어느 정도 기울어져도 무게중심으로부터 수평면에 내린 수선이 받침면 범위 안에 있으므로, 중력에 의한 돌림힘이 작용하여 원래의 안정한 상태로 되돌아간다. 반면에 (나)와 같이 무게중심이 높고 바닥이 좁은 물체는 기울였을 때 무게중심으로부터 수평면에 내린 수선이 받침면 범위를 쉽게 벗어나 중력에 의한 돌림힘이 작용하여 쓰러진다.



(가)

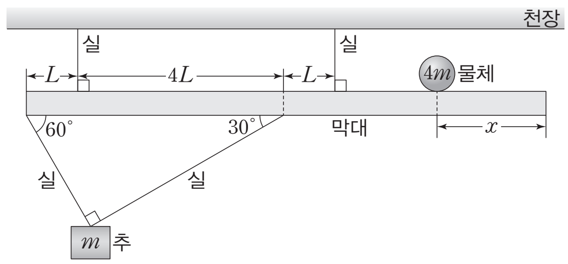


(나)

테마 대표 문제

| 2026학년도 9월 대수능 모의평가 |

그림과 같이 길이가 $10L$인 막대가 천장에 연결된 실에 매달려 수평을 이루며 정지해 있다. 막대의 오른쪽 끝에서 x만큼 떨어진 위치에 질량이 $4m$인 물체가 놓여 있고, 막대에 연결된 실에 질량이 m인 추가 매달려 정지해 있다. 막대가 수평으로 평형을 유지할 수 있는 x의 최솟값은 L이다.



막대의 질량은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 추와 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

① $\frac{25}{4}m$ ② $\frac{27}{4}m$ ③ $\frac{29}{4}m$ ④ $\frac{31}{4}m$ ⑤ $\frac{33}{4}m$

접근 전략

$x=L$일 때, 막대와 천장을 연결한 왼쪽 실이 막대에 작용하는 힘은 0이다.

간략 풀이

막대의 질량을 M, 중력 가속도를 g, 추에 연결된 왼쪽 실과 오른쪽 실에 작용하는 힘의 크기를 각각 T_1, T_2라 하면, 힘의 평형에 의해 $T_1\cos60^\circ=T_2\cos30^\circ$, $T_1\sin60^\circ+T_2\sin30^\circ=mg$가 성립하므로 $T_1=\frac{\sqrt{3}}{2}mg$, $T_2=\frac{1}{2}mg$이다. 또한 막대와 천장을 연결한 오른쪽 실이 매달린 지점을 회전축으로 하여 막대에 작용하는 돌림힘의 평형을 적용하면 $\frac{3}{4}mg\times6L+\frac{1}{4}mg\times L+Mg\times L=4mg(4L-x)$가 성립하고 x의 최솟값인 L을 대입하여 정리하면, 막대의 질량 $M=\frac{29}{4}m$이다.

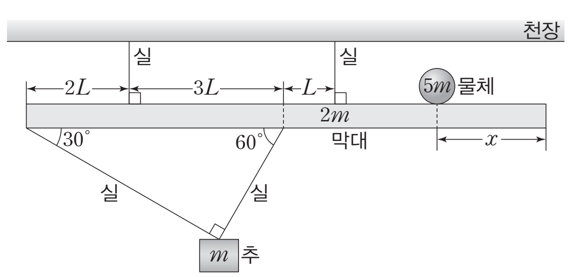
정답 | ③

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 2쪽

▸26070-0001

그림과 같이 길이가 $10L$이고, 질량이 $2m$인 막대가 천장에 연결된 실에 매달려 수평을 이루며 정지해 있다. 막대의 오른쪽 끝에서 x만큼 떨어진 위치에 질량이 $5m$인 물체가 놓여 있고, 막대에 연결된 실에 질량이 m인 추가 매달려 정지해 있다.



막대가 수평을 이룰 수 있는 x의 최댓값과 최솟값의 차는? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 추와 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

① $6L$ ② $\frac{32}{5}L$ ③ $\frac{34}{5}L$ ④ $\frac{36}{5}L$ ⑤ $\frac{38}{5}L$

유사점과 차이점

힘의 평형과 돌림힘의 평형을 적용하는 부분은 유사하지만, 막대가 수평을 이룰 수 있는 물체의 위치의 최댓값과 최솟값을 같이 구해야 하는 부분이 대표 문제와 다르다.

배경 지식

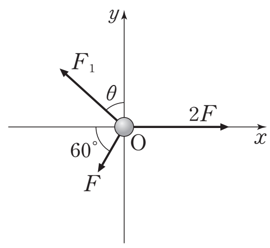
역학적 평형을 이루는 물체는 알짜힘과 돌림힘의 합이 각각 0이다.

수능 2점 테스트

01

▸26070-0002

그림은 마찰이 없는 xy 평면상의 원점 O에 놓인 물체에 크기가 $2F$인 힘이 $+x$방향으로, 크기가 F인 힘이 x축과 $60°$의 각을 이루는 방향으로, 크기가 F_1인 힘이 y축과 θ의 각을 이루는 방향으로 각각 작용할 때 물체가 정지해 있는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체에 작용하는 힘은 xy 평면에 나란하게 작용하고, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

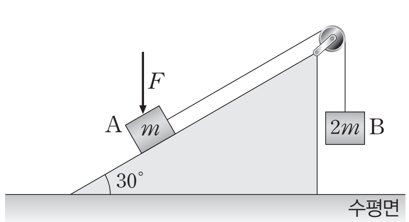
ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
ㄴ. $\theta=30°$이다.
ㄷ. $F_1=\sqrt{3}F$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0003

그림과 같이 물체 B와 실로 연결되어 있는 물체 A에 연직 방향으로 크기가 F인 힘을 작용하였을 때, A, B가 정지해 있다. A가 놓여 있는 경사면이 수평면과 이루는 각은 $30°$이고, A, B의 질량은 각각 m, $2m$이다.



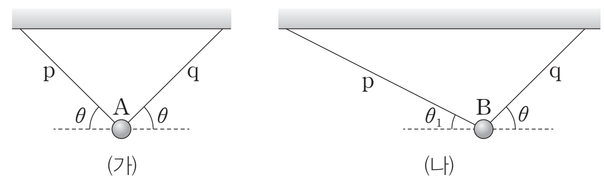
F는? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

① mg ② $2mg$ ③ $3mg$ ④ $4mg$ ⑤ $5mg$

03

▸26070-0004

그림 (가), (나)와 같이 물체 A, B가 실 p, q에 각각 연결되어 정지해 있다. (가)에서 p, q가 수평 방향과 이루는 각은 θ로 같고, (나)에서 p, q가 수평 방향과 이루는 각은 각각 θ_1, θ이다. (가), (나)에서 q가 물체를 당기는 힘의 크기는 F로 같고, $\theta_1<\theta$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

보기

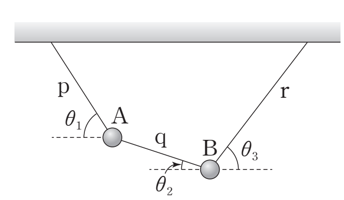
ㄱ. (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 F이다.
ㄴ. p가 물체를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
ㄷ. 물체의 질량은 A가 B보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0005

그림과 같이 물체 A, B가 실 p, q, r와 연결되어 정지해 있다. p, q, r가 수평 방향과 이루는 각은 각각 θ_1, θ_2, θ_3이고, $\theta_2<\theta_3<\theta_1$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

보기

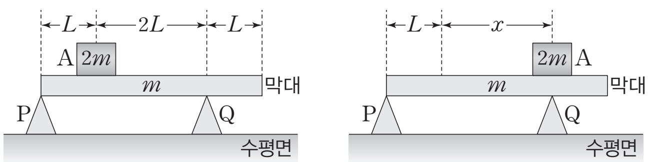
ㄱ. q가 B를 당기는 힘의 크기는 r가 B를 당기는 힘의 크기보다 작다.
ㄴ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 r가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다.
ㄷ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 A의 무게보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0006

그림 (가)와 같이 길이가 $4L$이고 질량이 m인 막대가 받침대 P, Q 위에 놓여 수평을 이루며 정지해 있다. P는 막대의 왼쪽 끝에, Q는 막대의 왼쪽 끝으로부터 $3L$만큼 떨어져 있고, 막대의 왼쪽 끝으로부터 L만큼 떨어진 지점에 질량이 $2m$인 물체 A가 정지해 있다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 오른쪽으로 x만큼 이동시켰을 때, 막대가 수평을 이루며 정지해 있는 것을 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. (가)에서 P, Q가 막대를 떠받치는 힘의 크기의 합은 $3mg$이다.

ㄴ. (가)에서 P가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 Q가 막대를 떠받치는 힘의 크기의 $\frac{5}{4}$배이다.

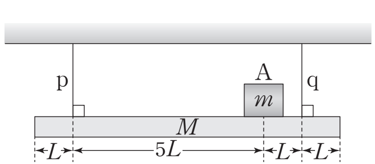
ㄷ. (나)에서 x의 최댓값은 $\frac{5}{2}L$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0007

그림과 같이 질량이 M이고 길이가 $8L$인 막대가 실 p, q에 매달려 수평을 이루며 정지해 있다. p, q는 각각 막대의 왼쪽과 오른쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점에 연결되어 있고, 질량이 m인 물체 A가 p로부터 오른쪽으로 $5L$만큼 떨어진 지점에 정지해 있다. q가 막대를 당기는 힘의 크기는 p가 막대를 당기는 힘의 크기의 2배이다.



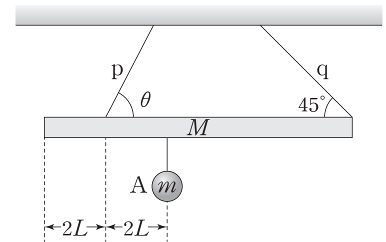
$\frac{M}{m}$은? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

07

▸26070-0008

그림과 같이 길이가 $10L$이고, 질량이 M인 막대가 실 p, q에 매달려 수평을 이루며 정지해 있다. p는 막대의 왼쪽 끝에서 $2L$만큼 떨어진 지점에, q는 막대의 오른쪽 끝에 연결되어 있고, p, q가 수평 방향과 이루는 각은 각각 θ, 45°이다. 막대의 왼쪽 끝에서 $4L$만큼 떨어진 지점에 질량이 m인 물체 A가 실에 매달려 있고, $\tan\theta=2$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

보기

ㄱ. p가 막대를 당기는 힘의 크기는 q가 막대를 당기는 힘의 크기보다 크다.

ㄴ. $M=2m$이다.

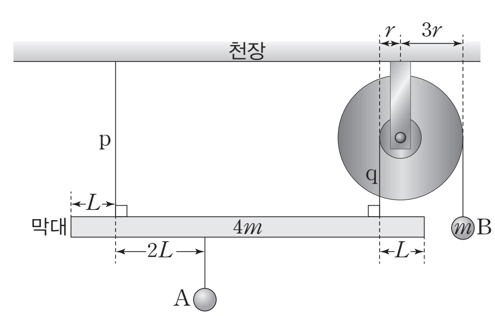
ㄷ. q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{2}mg$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0009

그림과 같이 길이가 $8L$이고, 질량이 $4m$인 막대가 천장과 축바퀴에 각각 실 p, q로 연결되어 수평을 이루며 정지해 있다. p는 막대의 왼쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점에, q는 막대의 오른쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점에 연결되어 있다. 물체 A는 p에서 오른쪽으로 $2L$만큼 떨어진 지점에 매달려 있고, 질량이 m인 물체 B는 축바퀴의 큰 바퀴에 매달려 있다. 축바퀴의 작은 바퀴와 큰 바퀴의 반지름은 각각 r, $3r$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 축바퀴의 두께, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $3mg$이다.

ㄴ. A의 질량은 $3m$이다.

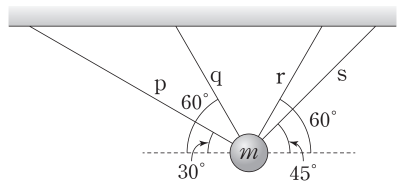
ㄷ. p가 막대를 당기는 힘의 크기는 $5mg$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▸26070-0010

그림과 같이 질량이 m인 물체가 실 p, q, r, s에 매달려 정지해 있다. p, q, r, s가 수평 방향과 이루는 각은 각각 30°, 60°, 60°, 45°이다. q와 r가 물체를 당기는 힘의 크기는 $\frac{1}{2}mg$로 같고, p, s에 작용하는 힘의 크기는 0이 아니다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 실의 질량과 물체의 크기는 무시한다.)

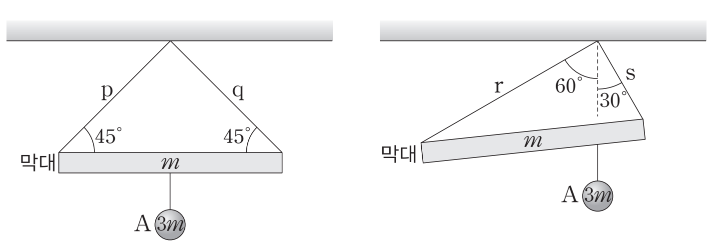
보기
ㄱ. p가 물체를 당기는 힘의 크기는 s가 물체를 당기는 힘의 크기보다 크다.
ㄴ. p, q, r, s가 물체를 당기는 힘의 합력의 크기는 mg이다.
ㄷ. p가 물체를 당기는 힘의 크기는 $\frac{3\sqrt{3}-5}{2}mg$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0011

그림 (가), (나)와 같이 물체 A가 매달려 있는 막대가 각각 실 p, q와 실 r, s에 연결되어 정지해 있다. (가)에서 p, q가 수평 방향과 이루는 각은 45°로 같고, (나)에서 r, s가 연직 방향과 이루는 각은 각각 60°, 30°이다. A와 막대의 질량은 각각 $3m$, m이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

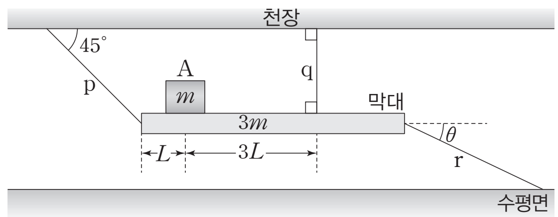
보기
ㄱ. (가)에서 p가 막대를 당기는 힘의 크기와 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 같다.
ㄴ. p가 막대를 당기는 힘의 크기는 r가 막대를 당기는 힘의 크기의 $\sqrt{2}$배이다.
ㄷ. (나)에서 s가 막대를 당기는 힘의 크기는 $2\sqrt{3}mg$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0012

그림과 같이 질량이 $3m$이고, 길이가 $6L$인 막대가 실 p, q, r에 연결되어 수평을 이루며 정지해 있다. p, r는 각각 막대의 왼쪽과 오른쪽 끝에 연결되어 있고, q는 막대의 왼쪽 끝에서 $4L$만큼 떨어진 지점에 연결되어 있으며, 막대의 왼쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점에 질량이 m인 물체 A가 정지해 있다. p, q가 천장과 이루는 각은 각각 45°, 90°이고, r가 수평 방향과 이루는 각은 θ이다. q가 막대를 당기는 힘의 크기는 p가 막대를 당기는 힘의 크기의 $\sqrt{2}$배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. $\tan\theta=\frac{1}{7}$이다.

ㄴ. p가 막대를 당기는 힘의 크기는 r가 막대를 당기는 힘의 크기의 $\frac{7}{5}$배이다.

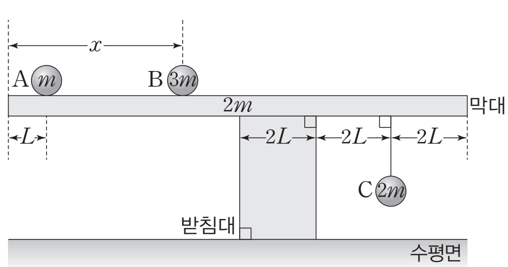
ㄷ. q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\frac{14}{5}mg$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0013

그림과 같이 길이가 $12L$인 막대가 폭이 $2L$인 받침대 위에 놓여 수평을 이루며 정지해 있다. 물체 A, B가 막대의 왼쪽 끝으로부터 각각 L, x만큼 떨어진 지점에 놓여 있으며, 물체 C는 막대의 오른쪽 끝으로부터 $2L$만큼 떨어진 위치에 실에 매달려 있다. A, B, C의 질량은 각각 m, $3m$, $2m$이고, 막대의 질량은 $2m$이다.



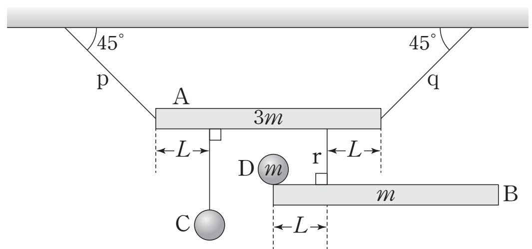
막대가 수평으로 평형을 유지할 수 있는 x의 최댓값과 최솟값의 차는? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량, 물체의 크기는 무시한다.)

① $5L$ ② $\frac{16}{3}L$ ③ $\frac{17}{3}L$ ④ $6L$ ⑤ $\frac{19}{3}L$

05

▸26070-0014

그림과 같이 길이가 $4L$로 같고, 질량이 각각 $3m$, m인 막대 A, B가 수평을 이루며 정지해 있다. A의 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에는 실 p, q가 각각 연직 방향과 45°를 이루며 연결되어 있다. A의 왼쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점에는 물체 C가 실에 매달려 있고, B의 왼쪽 끝에는 질량이 m인 물체 D가 놓여 있다. A의 오른쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점과 B의 왼쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점이 실 r로 연결되어 있다.



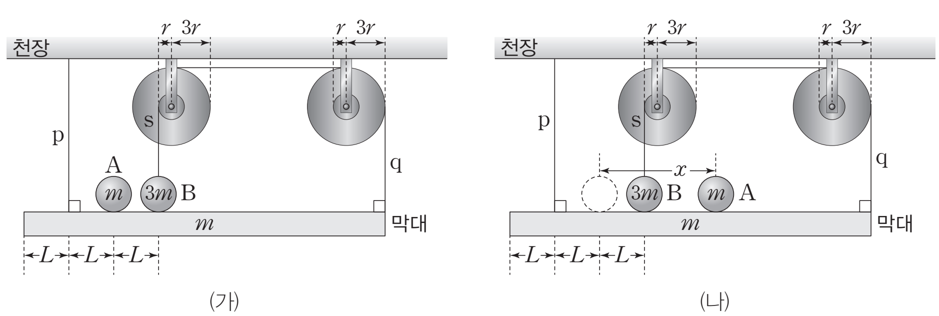
C의 질량은? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

① m ② $2m$ ③ $3m$ ④ $4m$ ⑤ $5m$

06

▸26070-0015

그림 (가)와 같이 길이가 $8L$, 질량이 m인 막대가 실 p, q에 연결되어 수평을 이루며 정지해 있다. p는 막대의 왼쪽 끝에서 L만큼 떨어진 지점에 연결되어 있고, q는 막대의 오른쪽 끝에서 축바퀴의 큰 바퀴와 연결되어 있다. 물체 A, B는 막대의 왼쪽 끝으로부터 각각 $2L$, $3L$만큼 떨어진 지점에 놓여 있으며, B는 축바퀴의 작은 바퀴와 실 s로 연결되어 있다. A, B의 질량은 각각 m, $3m$이고, 축바퀴의 작은 바퀴와 큰 바퀴의 반지름은 각각 r, $3r$이다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 오른쪽으로 막대가 수평을 유지할 수 있는 최대 거리인 x만큼 옮겼을 때 막대가 수평을 이루며 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하며 막대의 두께와 폭, 축바퀴의 두께, 실의 질량, A, B의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. (가)에서 p가 막대를 당기는 힘의 크기는 q가 막대를 당기는 힘의 크기의 2배이다.
ㄴ. q가 막대를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
ㄷ. $x=3L$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

테마

02 물체의 운동 (1)

1 속도와 가속도

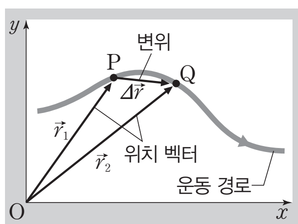
(1) 위치 벡터와 변위

① 위치 벡터: 물체의 위치를 나타내는 벡터로 기준점에서 물체까지의 직선 거리와 방향으로 나타낸다.

• $\vec{r_1}$, $\vec{r_2}$는 각각 점 P, Q의 위치 벡터이다.

② 변위: 물체의 위치 변화를 나타내는 벡터량으로, 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.

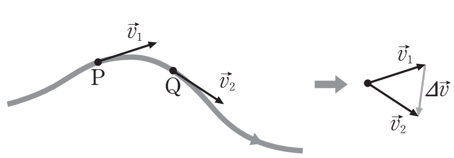
① 평균 속도: 변위를 걸린 시간으로 나눈 값이다.

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

② 순간 속도: Δt가 거의 0일 때의 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 $\Delta\vec{v}=\vec{v_2}-\vec{v_1}$이다.



② 평균 가속도: 속도 변화량을 걸린 시간으로 나눈 값이다.

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

③ 순간 가속도: Δt가 거의 0일 때의 평균 가속도이다.

④ 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 a로 등가속도 운동을 하는 물체의 처음 속도가 v_0이면, 시간 t가 지났을 때의 속도 v와 변위 s는 다음과 같다.

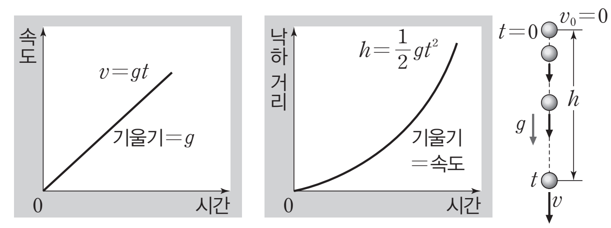
$$v=v_0+at,\ s=v_0t+\frac{1}{2}at^2,\ v^2-v_0^2=2as$$

③ 평균 속도: $v_{평균}=\frac{v_0+v}{2}$

(2) 자유 낙하 운동: 중력의 영향만으로 낙하하는 운동이다.

① 물체를 가만히 놓은 후 시간 t가 지났을 때의 속도 v, 낙하 거리 h는 다음과 같다.

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



▲ 속도-시간 그래프 ▲ 낙하 거리-시간 그래프

② 연직 아래로 던진 물체의 운동: 연직 아래 방향을 (+)방향으로 정하고 물체를 던진 속도를 v_0이라고 하면, 가속도가 $a=g$인 등가속도 직선 운동을 한다.

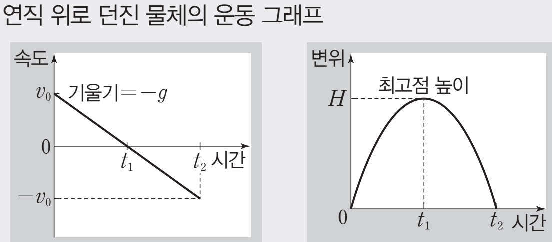
$$v=v_0+gt,\ h=v_0t+\frac{1}{2}gt^2,\ v^2-v_0^2=2gh$$

③ 연직 위로 던진 물체의 운동: 연직 위 방향을 (+)방향으로 정하고 물체를 던진 속도를 v_0이라고 하면, 가속도가 $a=-g$인 등가속도 직선 운동을 한다.

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

더 알기 연직 위로 던진 물체의 운동 분석

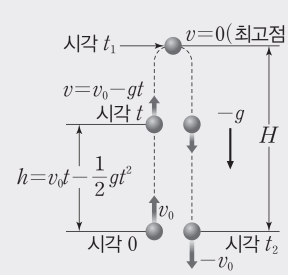
• 연직 위로 던진 물체의 운동 그래프



▲ 속도-시간 그래프 ▲ 변위-시간 그래프

• 최고점에 도달하는 데 걸린 시간 t_1은 $v=v_0-gt$에서 $v=0$일 때이므로 $t_1=\frac{v_0}{g}$이고, 지면에 도달하는 데 걸리는 시간 t_2는 $2t_1$이다.

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



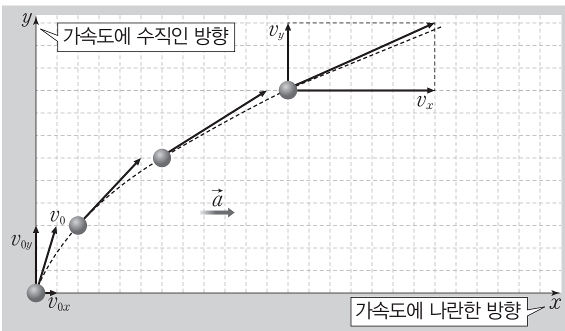
3 평면에서 등가속도 운동

(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 x방향으로 정하면 가속도의 y성분은 0이다. 따라서 y방향으로는 등속도 운동을 하고, x방향으로는 등가속도 운동을 한다.



• x방향: $v_x=v_{0x}+at$, $x=v_{0x}t+\frac{1}{2}at^2$

• y방향: $v_y=v_{0y}=$일정, $y=v_{0y}t$

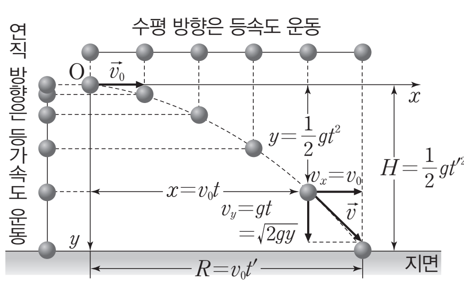
(3) 평면에서 등가속도 운동의 경로: $y=v_{0y}t$에서 $t=\frac{y}{v_{0y}}$이다.

$x=v_{0x}t+\frac{1}{2}at^2$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_0의 속도로 등속도 운동을 하고, t초 후의 속도와 변위는 $v_x=v_0$, $x=v_0t$이다.

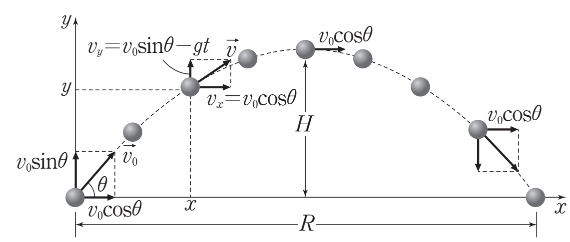
② 연직 방향 운동: 가속도가 g인 등가속도 운동을 하고, t초 후의 속도와 변위는 $v_y=gt$, $y=\frac{1}{2}gt^2$이다.

③ 시간 t일 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 θ를 이루는 각으로 속력 v_0으로 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, t초 후의 속도와 변위는 $v_x=v_0\cos\theta$, $x=v_{0x}t=v_0t\cos\theta$이다.

② 연직 방향 운동: 처음 속도 $v_{0y}=v_0\sin\theta$, 가속도 $a=-g$인 등가속도 운동을 하고, t초 후의 속도와 변위는 $v_y=v_0\sin\theta-gt$, $y=v_0t\sin\theta-\frac{1}{2}gt^2$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): $-2gH=0-(v_0\sin\theta)^2 \rightarrow H=\frac{v_0^{\ 2}\sin^2\theta}{2g}$

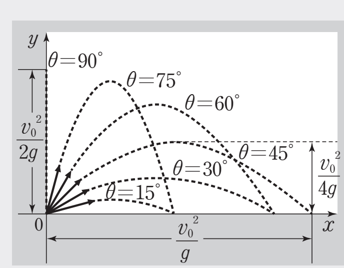
⑤ 수평 도달 거리(R): 수평면 도달 시간($2T$) 동안 수평 방향으로 등속도 운동을 한다.

➡ $R=v_{0x}(2T)=v_0\cos\theta\times\frac{2v_0\sin\theta}{g}=\frac{v_0^{\ 2}\sin2\theta}{g}$

더 알기 포물선 운동

• 발사각에 따른 최고점 높이와 수평 도달 거리의 최댓값

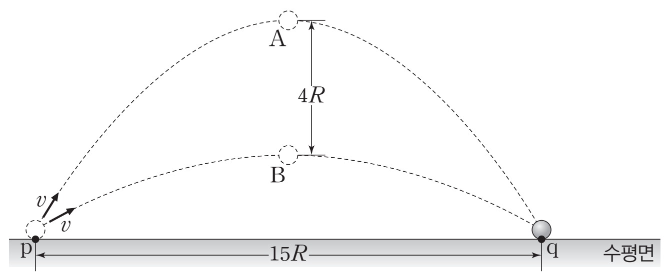
비스듬히 위로 던진 물체의 최고점 높이는 $H=\frac{v_0^{\ 2}\sin^2\theta}{2g}$, 수평 도달 거리는 $R=\frac{v_0^{\ 2}\sin2\theta}{g}$이다. $\theta=90°$일 때 $\sin\theta=1$이므로 연직 위로 던진 경우와 같은 경우로 최고점 높이는 $H=\frac{v_0^{\ 2}}{2g}$이다. $\sin2\theta=\sin(180°-2\theta)=\sin2(90°-\theta)$이므로 던지는 각이 θ일 때와 $90°-\theta$일 때 수평 도달 거리는 같다. $2\theta=90°$일 때 $\sin2\theta=1$이므로 발사각 $\theta=45°$일 때 수평 도달 거리는 $R=\frac{v_0^{\ 2}}{g}$으로 최댓값을 가진다.



테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 수평면상의 점 p에서 물체 A, B를 속력 v로 던졌더니 A, B가 각각 포물선 운동을 하여 수평면상의 점 q에 도달하였다. A, B의 최고점 높이의 차는 $4R$이고, p와 q 사이의 거리는 $15R$이다. A, B가 p에서 q까지 가는 데 걸린 시간은 각각 t_A, t_B이다.



$\frac{t_A}{t_B}$는? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기는 무시한다.)

① $\frac{13}{12}$ ② $\frac{6}{5}$ ③ $\frac{5}{4}$ ④ $\frac{8}{5}$ ⑤ $\frac{5}{3}$

접근 전략

물체가 수평면에서 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간은 물체를 던진 순간의 연직 방향의 속력에 비례한다. 또한 같은 속력으로 던진 두 물체의 수평 도달 거리가 같을 때, 두 물체가 각각 수평면과 이루는 각의 합은 90°이다.

간략 풀이

A가 수평면과 이루는 각을 $45^\circ+\theta$라 하면, B가 수평면과 이루는 각은 $45^\circ-\theta$이다. 또한 A를 던진 순간의 수평 방향과 연직 방향의 속력을 각각 v_x, v_y라 하면,

$15R=v_xt_A=v_yt_B$ ⋯ ①,

$\frac{v_y}{2}\frac{t_A}{2}-\frac{v_x}{2}\frac{t_B}{2}=4R$ ⋯ ②

가 성립한다. 따라서 ①, ②를 연립하여 정리하면 $\frac{t_A}{t_B}=\frac{5}{3}$이다.

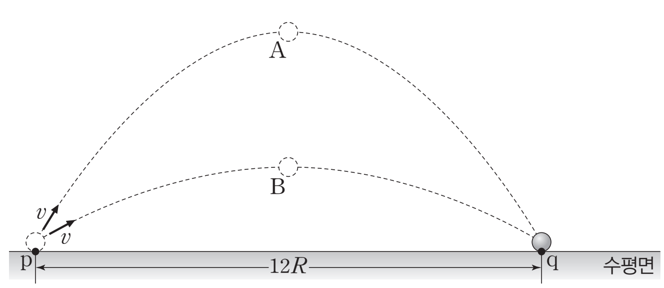
정답 | ⑤

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 5쪽

▸26070-0016

그림과 같이 수평면상의 점 p에서 물체 A, B를 속력 v로 던졌더니 A, B가 각각 포물선 운동을 하여 수평면상의 점 q에 도달하였다. 수평면으로부터 최고점까지의 높이는 A가 B의 4배이고, p와 q 사이의 거리는 $12R$이다. A, B가 p에서 q까지 가는 데 걸린 시간은 각각 t_A, t_B이다.



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

보기

ㄱ. $t_A=2t_B$이다.

ㄴ. A의 수평면으로부터 최고점까지의 높이는 $6R$이다.

ㄷ. p에서 B의 수평 방향 속력은 $\frac{2\sqrt{5}}{5}v$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

두 물체가 포물선 운동을 하는 부분은 대표 문제와 유사하지만, 수평면으로부터 최고점까지의 높이가 주어진 부분이 대표 문제와 다르다.

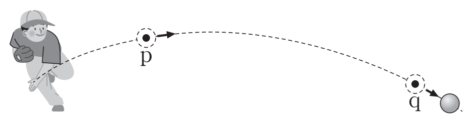
배경 지식

수평면으로부터 최고점까지 도달하는 데 걸리는 시간은 A가 B의 2배이다.

01

▸26070-0017

그림은 야구 선수가 던진 공이 점 p, q를 지나며 포물선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다.



야구공이 p에서 q까지 운동하는 동안, 야구공에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 야구공의 크기는 무시한다.)

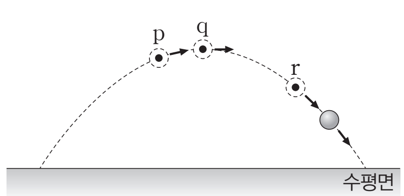
보기
ㄱ. 등속도 운동을 한다.
ㄴ. 가속도의 방향은 일정하다.
ㄷ. 평균 속도의 크기는 평균 속력보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0018

그림은 수평면에서 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 포물선 궤도상의 점 p, q, r를 지나는 모습을 나타낸 것이다. q는 최고점이고, 수평면으로부터 높이는 p에서가 r에서보다 높다.



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

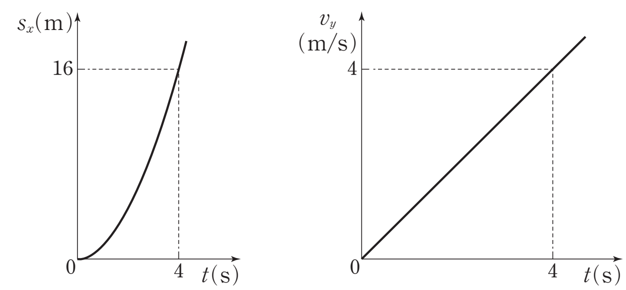
보기
ㄱ. q에서 물체의 속도의 크기는 0이다.
ㄴ. 물체가 운동하는 데 걸린 시간은 p에서 q까지가 q에서 r까지보다 작다.
ㄷ. 물체의 속도 변화량의 크기는 p에서 q까지가 q에서 r까지보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0019

그림 (가), (나)는 xy 평면에서 등가속도 운동을 하는 물체의 변위의 x성분 s_x와 속도의 y성분 v_y를 시간 t에 따라 각각 나타낸 것이다. $t=0$일 때, 물체는 원점에 정지해 있다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

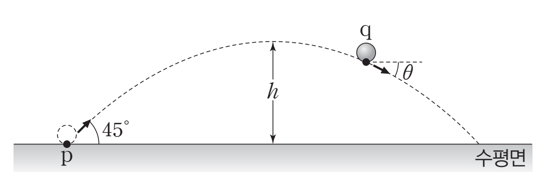
보기
ㄱ. 0초부터 4초까지 물체의 변위의 크기는 $8\sqrt{5}$ m이다.
ㄴ. 4초일 때, 물체의 가속도의 크기는 $\sqrt{5}$ m/s^{2}이다.
ㄷ. 물체는 직선 경로를 따라 운동을 한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0020

그림과 같이 수평면상의 점 p에서 수평면과 45°의 각을 이루며 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 점 q를 지난다. q에서 물체의 운동 방향은 수평 방향과 θ의 각을 이루며, $\tan\theta=\frac{1}{2}$이다. 물체의 최고점의 높이는 h이다.



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

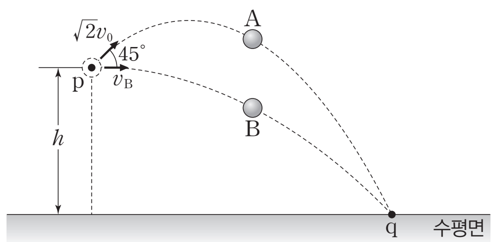
보기
ㄱ. 물체가 p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간은 최고점에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간의 2배이다.
ㄴ. q의 높이는 $\frac{3}{4}h$이다.
ㄷ. 물체의 수평 도달 거리는 $4h$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0021

그림과 같이 수평면으로부터 높이가 h인 점 p에서 물체 A는 수평 방향과 45°의 각을 이루며 $\sqrt{2}v_0$의 속력으로, 물체 B는 수평 방향으로 v_B의 속력으로 동시에 던졌더니 A, B가 각각 포물선 운동을 하여 수평면상의 점 q에 도달한다. 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 A가 B의 2배이다.



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

보기

ㄱ. $v_B = v_0$이다.

ㄴ. p에서 q까지 수평 거리는 $3h$이다.

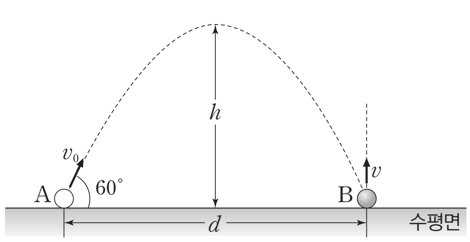
ㄷ. 수평면으로부터 A의 최고점의 높이는 $\frac{25}{16}h$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0022

그림과 같이 수평면에서 물체 A는 수평 방향과 60°의 각을 이루며 v_0의 속력으로, 물체 B는 연직 위 방향으로 v의 속력으로 동시에 던졌더니 A, B가 수평면에 동시에 도착하여 만난다. A의 최고점의 높이는 h이고, A의 수평 이동 거리는 d이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 공기 저항 및 물체의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. $v = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$이다.

ㄴ. $h = \frac{v_0^{\,2}}{2g}$이다.

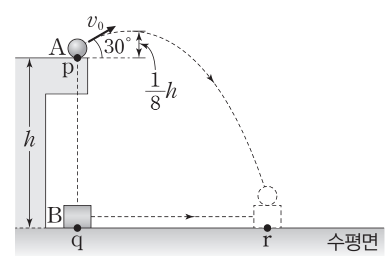
ㄷ. $d = \sqrt{3}h$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0023

그림과 같이 수평면으로부터 높이가 h인 점 p에서 물체 A를 수평 방향과 30°의 각을 이루며 v_0의 속력으로 던진 순간, p의 연직 아래 수평면 위에 정지해 있던 물체 B가 등가속도 운동을 시작하였다. A는 포물선 운동을 하여 수평면 위의 점 r에 B와 동시에 도달하며, A의 최고점의 높이는 $\frac{9}{8}h$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{2v_0}{g}$이다.

ㄴ. A의 수평 도달 거리는 $\sqrt{3}h$이다.

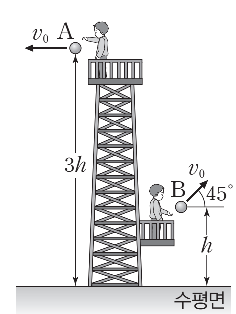
ㄷ. B의 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0024

그림과 같이 물체 A를 수평면으로부터 높이가 $3h$인 지점에서 수평 방향으로 v_0의 속력으로, 물체 B를 수평면으로부터 높이가 h인 지점에서 수평 방향과 45°의 각을 이루며 v_0의 속력으로 동시에 던졌더니 A, B가 각각 포물선 운동을 하여 수평면에 동시에 도달하였다. 수평면으로부터 B의 최고점의 높이는 $\frac{4}{3}h$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. 물체의 수평 이동 거리는 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. $v_0 = \frac{2\sqrt{3gh}}{3}$이다.

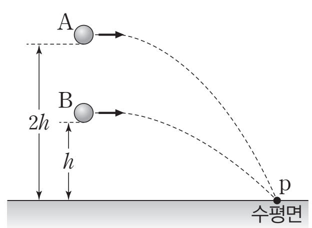
ㄷ. 수평면에 도달하는 순간의 속력은 A가 B의 $\sqrt{\frac{11}{5}}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0025

그림과 같이 동일 연직선상의 높이가 각각 $2h$, h인 지점에서 물체 A, B를 수평 방향으로 동시에 던졌더니 A, B가 각각 포물선 운동을 하여 수평면 위의 점 p에 도달하였다.



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

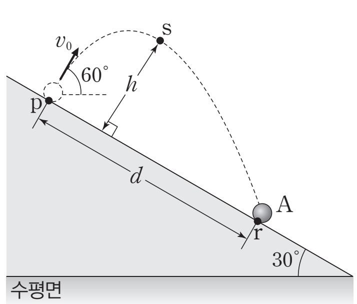
보기
ㄱ. 물체가 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.
ㄴ. 수평 방향으로 던진 순간의 속력은 B가 A의 $\sqrt{2}$배이다.
ㄷ. B가 수평면에 도달할 때, A의 높이는 $\sqrt{2}h$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▸26070-0026

그림과 같이 경사각이 $30°$인 경사면의 점 p에서 물체 A를 수평 방향과 $60°$의 각을 이루며 v_0의 속력으로 던졌더니 물체가 포물선 운동을 하여 경사면으로부터 가장 멀리 떨어진 점 s를 지나 경사면의 점 r에 도달하였다. p에서 r까지의 거리는 d이고, 경사면에서 s까지의 거리는 h이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기는 무시한다.)

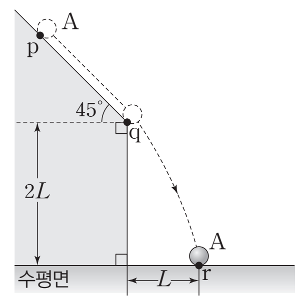
보기
ㄱ. A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{2v_0}{\sqrt{3}g}$이다.
ㄴ. $h=\frac{v_0^2}{\sqrt{3}g}$이다.
ㄷ. $d=\frac{4\sqrt{3}}{3}h$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▸26070-0027

그림과 같이 경사면 위의 점 p에 물체 A를 가만히 놓았더니, A가 경사면을 따라 직선 운동한 후 수평면에서 높이가 $2L$인 지점 q에서부터 포물선 운동을 하여 수평면 위의 점 r에 도달하였다. 경사면이 수평면과 이루는 각은 $45°$이고, A가 포물선 운동을 하는 동안의 수평 이동 거리는 L이다.



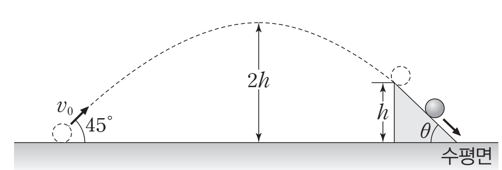
수평면으로부터 p까지의 높이는? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

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

12

▸26070-0028

그림과 같이 수평면에서 수평 방향과 $45°$의 각을 이루며 v_0의 속력으로 던져진 물체가 포물선 운동을 하다가 높이가 h인 곳에서부터 마찰이 없는 경사면을 따라 직선 운동을 한다. 포물선 경로상의 최고점의 높이는 $2h$이고, 경사면이 수평면과 이루는 각은 θ이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기는 무시한다.)

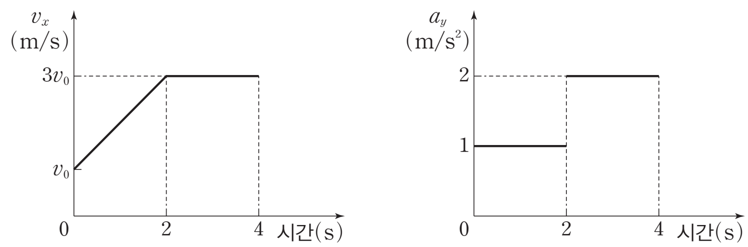
보기
ㄱ. $v_0=2\sqrt{2gh}$이다.
ㄴ. $\tan\theta=\sqrt{2}$이다.
ㄷ. 물체가 수평면에 도달하는 순간, 속도의 연직 성분의 크기는 $\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▸26070-0029

그림은 xy 평면에서 운동하는 물체의 속도의 x성분 v_x와 가속도의 y성분 a_y를 각각 시간에 따라 나타낸 것이다. 0초일 때 물체의 운동 방향은 $+x$방향이고, 물체의 가속도의 크기는 1초일 때와 3초일 때가 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

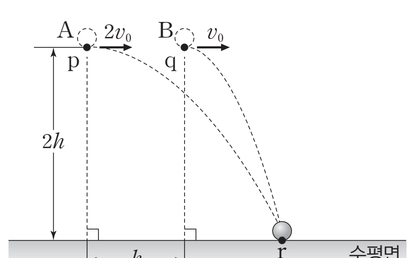
ㄱ. $v_0=\sqrt{3}$ m/s이다.
ㄴ. 1초일 때, 물체의 속력은 $\sqrt{13}$ m/s이다.
ㄷ. 0초부터 4초까지 물체의 변위의 크기는 20 m이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0030

그림과 같이 높이가 $2h$로 같은 점 p, q에서 물체 A, B를 수평 방향으로 각각 $2v_0$, v_0의 속력으로 동시에 던졌더니 A, B가 각각 포물선 운동을 하여 수평면상의 점 r에 도달하였다. p와 q 사이의 거리는 h이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, A, B는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

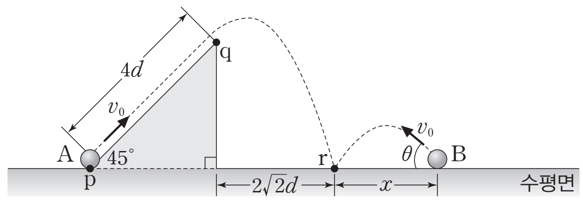
ㄱ. A, B는 r에 동시에 도달한다.
ㄴ. $h=\frac{2{v_0}^2}{g}$이다.
ㄷ. r에 도달하는 순간, A의 속력은 $2\sqrt{5}v_0$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0031

그림과 같이 물체 A가 수평면과 경사각이 45°인 경사면이 만나는 점 p에서 v_0의 속력으로 발사되어 등가속도 직선 운동을 한 후 점 q를 지나 포물선 운동을 시작하는 순간, 물체 B가 수평면에서 수평 방향과 θ의 각을 이루며 v_0의 속력으로 발사되어 포물선 운동을 시작하며, 이후 A와 B는 수평면상의 점 r에 동시에 도달한다. $\tan\theta=\sqrt{\frac{2}{3}}$이다. 경사면에서 A가 운동한 구간의 길이는 $4d$이고, A, B의 포물선 운동에서 수평 이동 거리는 각각 $2\sqrt{2}d$, x이다.



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

보기

ㄱ. q를 지날 때, A의 속력은 $\frac{1}{\sqrt{5}}v_0$이다.

ㄴ. B가 포물선 운동을 하는 데 걸린 시간은 $\frac{4\sqrt{5}d}{v_0}$이다.

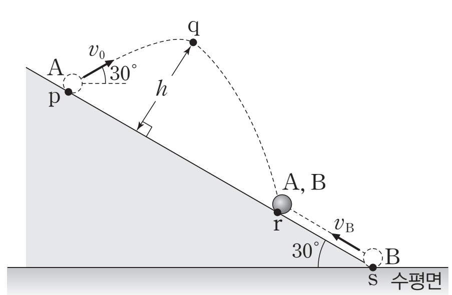
ㄷ. $x=4\sqrt{3}d$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0032

그림과 같이 물체 A를 점 p에서 수평면에 대해 30°의 각으로 v_0의 속력으로 던진 순간, 물체 B를 수평면과 경사각이 30°인 경사면이 만나는 점 s에서 v_B의 속력으로 발사하였다. A, B는 각각 포물선 운동, 등가속도 직선 운동을 하여 경사면 위의 점 r에서 만난다. 점 q는 A가 경사면으로부터 가장 멀리 떨어진 지점이고, 경사면에서 q까지의 거리는 h이며, r에서 B의 속력은 0이다.



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

보기

ㄱ. $h=\frac{\sqrt{3}v_0^2}{4g}$이다.

ㄴ. $v_B=v_0$이다.

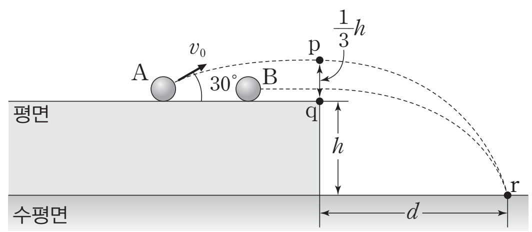
ㄷ. p에서 r까지의 거리는 r에서 s까지의 거리의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0033

그림과 같이 수평면으로부터 높이가 h인 평면에서 물체 A가 30°의 각을 이루며 v_0의 속력으로 던져진 순간, 정지해 있던 물체 B가 수평 방향으로 등가속도 운동을 한다. A는 포물선 운동을 하고, B는 평면에서 일정한 힘을 받아 등가속도 운동을 한 후 점 q에서부터 포물선 운동을 하여 수평면상의 점 r에 동시에 도달한다. A의 최고점 p의 수평면으로부터 높이는 $\frac{4}{3}h$이고, B가 포물선 운동을 하는 동안 수평 방향으로 이동한 거리는 d이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 ⟨보기⟩에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. q를 지날 때, B의 속력은 v_0이다.

ㄴ. $d=\frac{4\sqrt{3}}{3}h$이다.

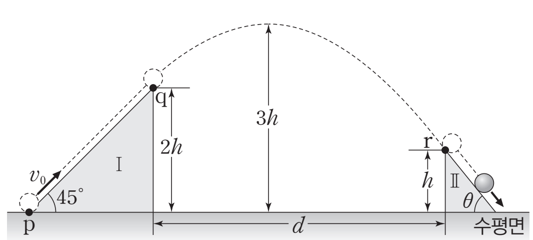
ㄷ. 평면에서 B의 이동 거리는 $\frac{3-\sqrt{3}}{2}d$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0034

그림과 같이 물체가 수평면과 경사각이 45°인 경사면 Ⅰ이 만나는 점 p에서 v_0의 속력으로 발사되어 등가속도 직선 운동을 한 후 수평면으로부터 높이가 $2h$인 점 q를 지나 포물선 운동을 하다가 높이가 h인 점 r에서부터 경사면 Ⅱ를 따라 등가속도 직선 운동을 한다. 물체의 최고점의 높이는 $3h$이고, Ⅱ가 수평면과 이루는 각은 θ이다. q에서 r까지 물체의 수평 이동 거리는 d이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 ⟨보기⟩에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기 및 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. q에서 물체의 속력은 $\frac{1}{2}v_0$이다.

ㄴ. $d=2(1+\sqrt{2})h$이다.

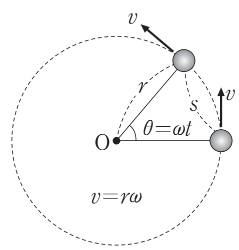
ㄷ. $\tan\theta=\sqrt{2}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

테마 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 1회전하는 데 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(ω): 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.

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

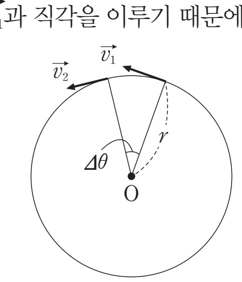
⑤ 물체가 한 바퀴를 회전하면 회전각은 2π이므로 각속도, 주기, 진동수는 다음 관계가 성립한다.

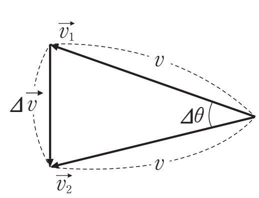
$$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f$$

2 구심 가속도와 구심력

(1) 구심 가속도

① 속도 변화량($\Delta\vec{v}$)의 방향: $\Delta\theta$를 매우 작게 하면 $\Delta\vec{v}(=\vec{v}_2-\vec{v}_1)$는 $\vec{v}_1$과 직각을 이루기 때문에 원의 중심을 향하게 된다.



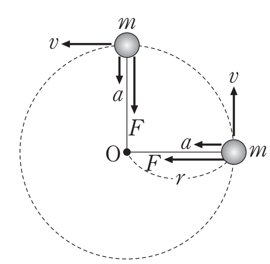


② 구심 가속도($\vec{a}$)의 방향: 가속도가 $\vec{a}=\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$이므로 가속도 $\vec{a}$의 방향은 속도 변화량 $\Delta\vec{v}$의 방향과 같다. 따라서 구심 가속도 $\vec{a}$의 방향은 원의 중심을 향한다.

③ 구심 가속도($\vec{a}$)의 크기: 속도 변화량 $\Delta\vec{v}$의 크기는 $|\Delta\vec{v}|=v\Delta\theta$이다. 물체가 원운동하는 시간 Δt를 매우 짧게 하면, 구심 가속도의 크기는 $a=\frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t}=\frac{v\Delta\theta}{\Delta t}$이다. $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}=\omega$이고, $v=r\omega$이므로 등속 원운동을 하는 물체의 구심 가속도의 크기는 $a=v\omega=\frac{v^2}{r}=r\omega^2$이다.

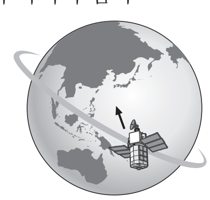
(2) 구심력

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

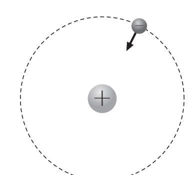


- 크기: $F=ma=\frac{mv^2}{r}=mr\omega^2$
- 방향: 원운동의 중심 방향

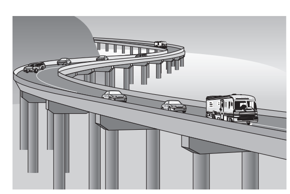
② 여러 가지 구심력



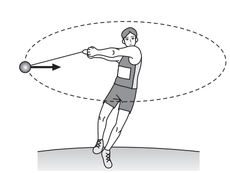
▲ 지구 주위를 도는 인공위성에 작용하는 중력



▲ 원자 내의 전자에 작용하는 전기력



▲ 수평인 원형 도로에서 자동차의 진행 방향에 수직으로 작용하는 마찰력

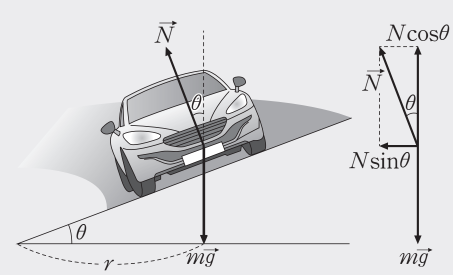


▲ 수평면과 나란하게 원운동하는 해머에 작용하는 줄에 의한 힘과 중력의 합력

더 알기 곡선 도로에서 자동차의 속력

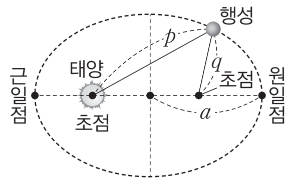
대부분의 곡선 도로는 안쪽보다 바깥쪽이 약간 높게 기울어져 있다. 그림과 같이 수평면과 이루는 각이 θ인 곡선 도로에서 자동차가 달릴 때, 자동차의 진행 방향에 수직인 방향의 마찰을 무시하면 자동차에 작용하는 중력($m\vec{g}$)과 도로가 자동차를 접촉면에 수직으로 떠받치는 힘($\vec{N}$)의 합력이 자동차가 곡선 도로를 달리며 회전할 때의 구심력이 되어 자동차는 등속 원운동을 할 수 있다. 자동차의 회전 반지름을 r, 속력을 v라고 하면 다음 관계가 성립한다.

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



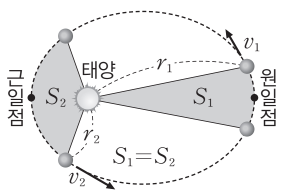
③ 케플러 법칙

(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($S_1=S_2$).



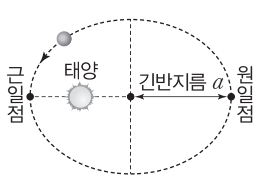
➡ $r_1>r_2$이면 $v_1<v_2$이다.

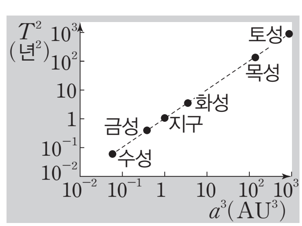
① 행성이 태양으로부터 가까울 때는 속력이 크고, 멀 때는 속력이 작다. 따라서 행성의 속력은 근일점에서 최대이고, 원일점에서 최소이다.

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. ➡ $T^2\propto a^3$

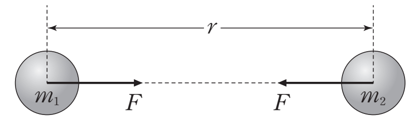
• 공전 궤도 긴반지름이 길수록 공전 주기가 길다.





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_2이고, 떨어진 거리가 r인 두 물체 사이에 작용하는 중력의 크기 F는 다음과 같다.



$$F=G\frac{m_1m_2}{r^2}\ (G:\text{ 중력 상수})$$

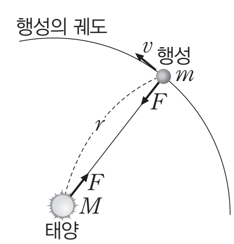
• 중력은 항상 서로 당기는 방향으로 작용한다.

(2) **중력 가속도**: 물체에 작용하는 중력에 의한 가속도이다. 일반적으로 g로 표시하며, 질량이 m인 물체에 작용하는 중력은 mg이다.

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

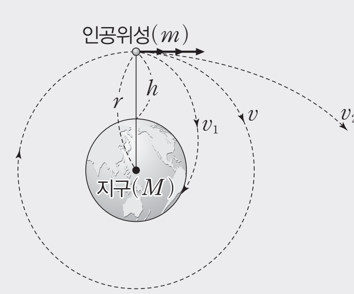
② 지표면으로부터 높이 h인 곳에서 중력 가속도는 $g'=\frac{GM}{(R+h)^2}$이다.

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



더 알기 정지궤도 인공위성

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



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

➡ $\frac{GMm}{r^2}=\frac{mv^2}{r}$

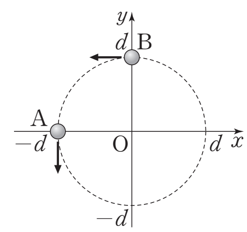
• 인공위성의 속력(v)과 주기(T): $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$, $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

• 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 반지름(r)이 약 42,000 km이므로 지표면으로부터 고도 h는 약 35,800 km 정도이다.

테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 xy 평면에서 물체 A, B가 각각 원점 O를 중심으로 반지름이 d인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 한다. 시간 $t=0$일 때 A, B는 각각 x축상의 $x=-d$인 점, y축상의 $y=d$인 점을 지나고, $t=t_0$일 때 A, B가 처음 만난다. 속력은 A가 B보다 작고, B의 주기는 t_0이다.
$t=0$부터 t_0까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 ⟨보기⟩에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)



보기

ㄱ. 이동 거리는 A가 B보다 작다.
ㄴ. 각속도의 크기는 A가 B보다 작다.
ㄷ. 구심 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{3}{4}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

B의 주기가 t_0이고, $t=t_0$일 때 A와 B가 처음 만나므로 A와 B가 만나는 위치는 y축상의 $y=d$인 점이다.

간략 풀이

ㄱ. $t=0$부터 $t=t_0$까지 A의 이동 거리는 $\frac{3}{4}\times 2\pi d$이고, B의 이동 거리는 $2\pi d$이므로 이동 거리는 A가 B보다 작다.

ㄴ. $t=0$부터 $t=t_0$까지 A, B는 각각 $\frac{3}{2}\pi$, 2π만큼 회전한다. 따라서 각속도의 크기는 A가 B보다 작다.

ㄷ. 반지름이 같을 때, 구심 가속도의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례한다. 각속도의 크기는 A가 B의 $\frac{3}{4}$배이므로 구심 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{9}{16}$배이다.

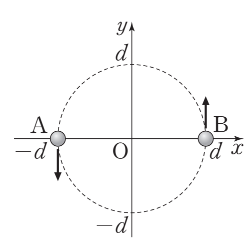
정답 | ③

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 8쪽

▸26070-0035

그림과 같이 xy 평면에서 물체 A, B가 각각 원점 O를 중심으로 반지름이 d인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 한다. 시간 $t=0$일 때 A, B는 각각 x축상의 $x=-d$인 점, x축상의 $x=d$인 점을 지나고, $t=T$일 때 A, B가 처음으로 x축상의 $x=d$인 점에서 만난다. 속력은 A가 B보다 작고, A의 주기는 t_0이다.
$t=0$부터 t_0까지, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 ⟨보기⟩에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)



보기

ㄱ. $T=\frac{1}{2}t_0$이다.
ㄴ. 각속도의 크기는 B가 A의 2배이다.
ㄷ. 구심 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

A, B가 등속 원운동을 하는 부분은 대표 문제와 유사하나, A, B가 처음으로 만나는 시간을 계산해야 하는 부분이 다르다.

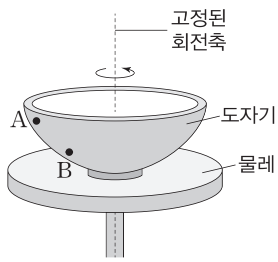
배경 지식

등속 원운동을 하는 물체의 궤도 반지름이 같을 때, 물체의 속력은 물체의 각속도에 비례한다.

01

▸26070-0036

그림과 같이 물레 위의 도자기가 회전하고 있다. 도자기 바깥면의 두 점 A, B는 동일한 주기로 등속 원운동을 하고 있고, 회전축으로부터의 수직 거리는 A가 B보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

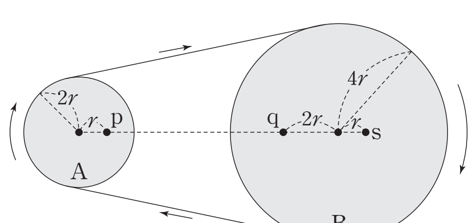
보기
ㄱ. 각속도의 크기는 A에서와 B에서가 같다.
ㄴ. 속력은 A에서가 B에서보다 크다.
ㄷ. 가속도의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0037

그림과 같이 반지름이 각각 $2r$, $4r$인 원판 A, B가 벨트에 연결되어 일정한 속력으로 회전한다. 점 p, q, s는 A, B에 각각 고정된 점이며, p, q, s를 각각 포함하는 원 궤도의 반지름은 각각 r, $2r$, r이다.



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

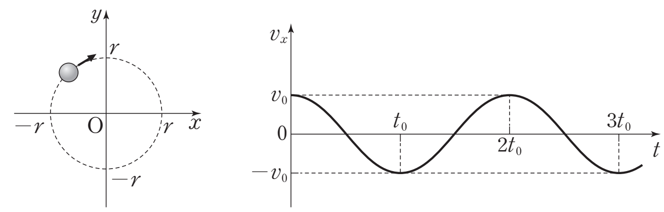
보기
ㄱ. 각속도의 크기는 p에서가 s에서의 2배이다.
ㄴ. 속력은 p에서가 q에서의 2배이다.
ㄷ. 가속도의 크기는 p에서가 s에서의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0038

그림 (가)는 물체가 xy 평면에서 원점 O를 중심으로 일정한 속력으로 반지름이 r인 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 물체의 속도의 x성분 v_x를 시간 t에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

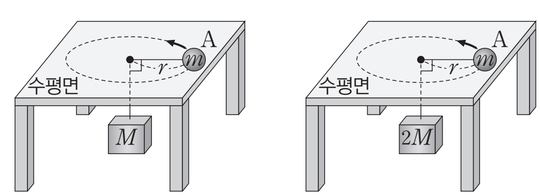
보기
ㄱ. $t=0$일 때, 물체는 y축상의 $y=r$를 지난다.
ㄴ. 물체의 가속도의 크기는 $\frac{\pi^2 r}{t_0^{\,2}}$이다.
ㄷ. $t=t_0$일 때, 물체의 가속도의 방향은 $-y$방향이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0039

그림 (가), (나)는 수평면 위에서 질량이 m인 물체 A가 질량이 각각 M, $2M$인 추에 실로 연결되어 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 원 궤도의 반지름은 (가)에서와 (나)에서가 r로 같다.



(가) (나)

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

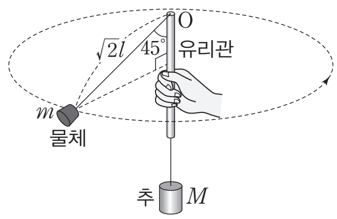
보기
ㄱ. A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
ㄴ. A의 각속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
ㄷ. A의 속력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0040

그림은 실의 한쪽 끝에 질량이 M인 추를 매달고, 유리관 속을 통과시킨 실의 다른 쪽 끝에는 질량이 m인 물체를 달아 등속 원운동 시키는 모습을 나타낸 것이다. 유리관의 끝점 O에서 물체까지의 실의 길이는 $\sqrt{2}l$이고, 실이 연직 방향과 이루는 각은 $45°$이다.



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

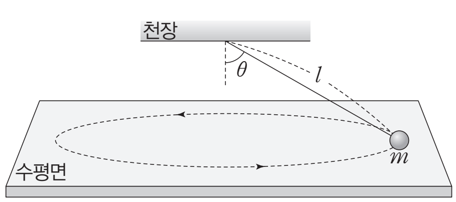
보기
ㄱ. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 Mg이다.
ㄴ. $M=\sqrt{2}m$이다.
ㄷ. 물체의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0041

그림과 같이 질량이 m인 물체가 천장에 실로 연결되어 수평면에서 등속 원운동을 한다. 실의 길이는 l이고, 실과 연직 방향이 이루는 각은 θ이다. 원운동의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이고, $\tan\theta=\frac{4}{3}$이다.



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

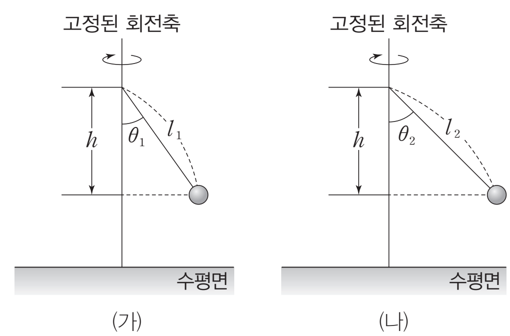
보기
ㄱ. 물체의 각속도의 크기는 $\sqrt{\frac{g}{l}}$이다.
ㄴ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $\frac{4}{5}mg$이다.
ㄷ. 수평면이 물체를 떠받치는 힘의 크기는 $\frac{2}{5}mg$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0042

그림 (가), (나)와 같이 고정된 회전축에 길이가 각각 l_1, l_2이고, 높이 차가 h로 같은 줄에 연결된 동일한 물체가 각각 등속 원운동을 한다. (가), (나)에서 고정된 회전축과 줄이 이루는 각은 각각 θ_1, θ_2이고, $\theta_1<\theta_2$이다.



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

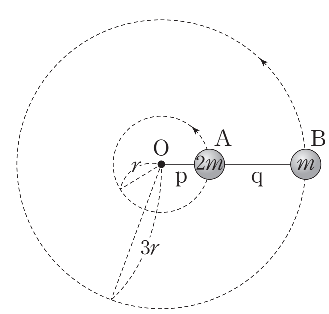
보기
ㄱ. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
ㄴ. 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
ㄷ. 물체의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0043

그림과 같이 물체 A, B가 실 p, q에 연결되어 점 O를 중심으로 같은 각속도로 등속 원운동을 한다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m이고, A, B의 원 궤도의 반지름은 각각 r, $3r$이다.



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

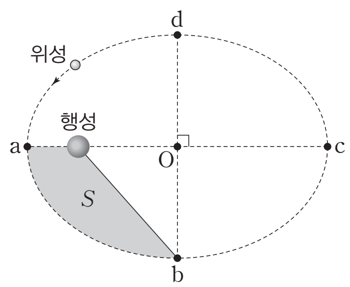
보기
ㄱ. 물체의 속력은 B가 A의 3배이다.
ㄴ. 물체의 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.
ㄷ. p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0044

그림과 같이 위성이 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하여 점 a~d를 지난다. a, c는 각각 위성이 행성의 중심으로부터 가장 가까운 점과 가장 먼 점이고, 행성의 중심으로부터 b, d까지의 거리는 같다. 타원의 면적은 $8S$이고, 위성이 a에서 b까지 운동하는 동안 행성과 위성을 연결한 선분이 쓸고 지나간 면적은 S이다. 점 O는 타원의 중심이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

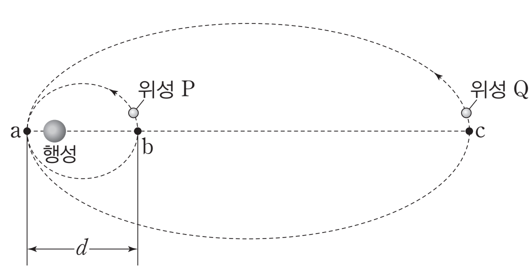
ㄱ. 위성에 작용하는 중력의 크기는 a에서가 b에서보다 크다.
ㄴ. 위성의 가속도의 크기는 b에서와 d에서가 같다.
ㄷ. 위성이 c에서 d까지 운동하는 데 걸린 시간은 d에서 a까지 운동하는 데 걸린 시간의 3배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▸26070-0045

그림과 같이 위성 P와 Q가 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 공전하고 있다. 점 a는 P와 Q가 행성과 가장 가까운 지점이고, 점 b, c는 P와 Q가 각각 행성에서 가장 먼 지점이다. a와 b 사이의 거리는 d이고, 공전 주기는 Q가 P의 8배이다.



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

보기

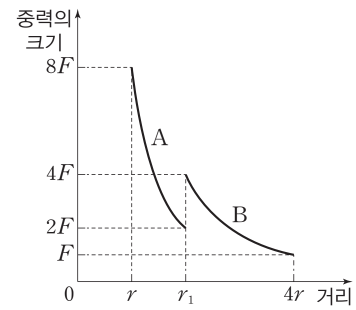
ㄱ. a를 지나는 순간의 가속도의 크기는 P와 Q가 같다.
ㄴ. a를 지나는 순간의 속력은 P와 Q가 같다.
ㄷ. b와 c 사이의 거리는 $3d$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▸26070-0046

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



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

보기

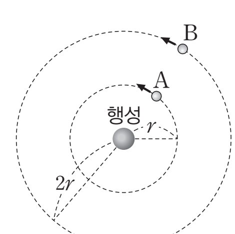
ㄱ. 질량은 A가 B의 2배이다.
ㄴ. $r_1=2r$이다.
ㄷ. 위성의 공전 주기는 B가 A의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▸26070-0047

그림과 같이 위성 A, B가 행성을 중심으로 각각 궤도 반지름이 r, $2r$인 등속 원운동을 한다. A에 작용하는 중력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기의 2배이다.



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

보기

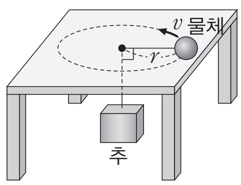
ㄱ. 질량은 A가 B의 2배이다.
ㄴ. 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$배이다.
ㄷ. 속력은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▸26070-0048

그림은 마찰이 없는 수평면에서 추와 연결된 물체를 수평면과 나란하게 등속 원운동을 시키는 것을 나타낸 것이다. 물체의 속력은 v이고, 원 궤도 반지름은 r이다. 표는 실험 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 물체의 질량과 추의 질량, v, r를 나타낸 것이다.



구분	물체의 질량	추의 질량	v	r
Ⅰ	m	M	v_0	r_0
Ⅱ	$2m$	M	v_0	㉠
Ⅲ	m	$2M$	㉡	r_0

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

보기

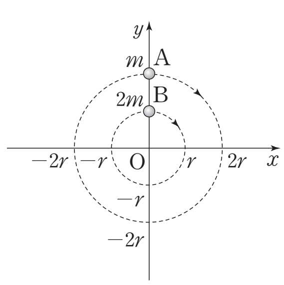
ㄱ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 2배이다.
ㄴ. ㉠은 $2r_0$이다.
ㄷ. ㉡은 $2v_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

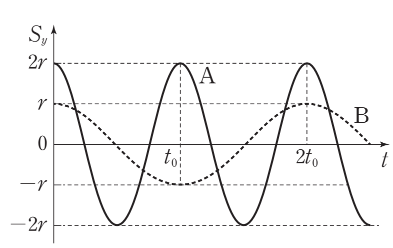
02

▸26070-0049

그림 (가)는 xy 평면에서 질량이 각각 m, $2m$인 물체 A, B가 원점 O를 중심으로 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것으로, A, B의 원 궤도 반지름은 각각 $2r$, r이다. 그림 (나)는 (가)에서 A, B의 위치의 y성분 S_y를 시간 t에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

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

보기

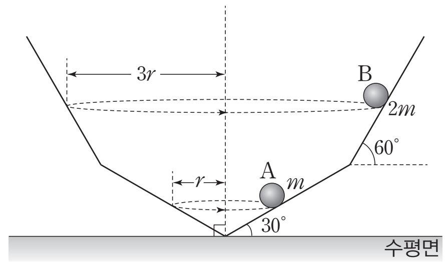
ㄱ. 각속도의 크기는 B가 A의 2배이다.
ㄴ. 속력은 A가 B의 4배이다.
ㄷ. 구심력의 크기는 A가 B의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0050

그림과 같이 물체 A, B가 경사면 안쪽 면에서 수평면과 나란하게 각각 등속 원운동을 한다. A, B가 운동하는 경사면이 수평면과 이루는 각은 각각 30°, 60°이다. A, B의 질량은 각각 m, $2m$이고, 원 궤도의 반지름은 각각 r, $3r$이다.



물체에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 모든 마찰은 무시한다.)

보기

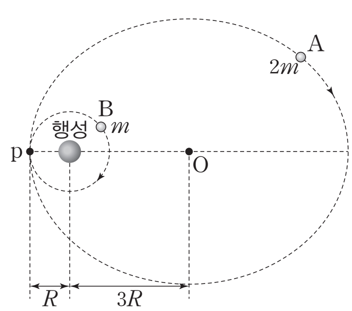
ㄱ. 구심력의 크기는 B가 A의 6배이다.
ㄴ. 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.
ㄷ. 각속도의 크기는 A와 B가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0051

그림과 같이 위성 A는 행성을 한 초점으로 하는 타원 운동을, 위성 B는 행성을 중심으로 반지름이 R이고 공전 주기가 T인 원운동을 한다. 점 p는 A가 행성으로부터 가장 가까운 지점이고, p에서 A와 B의 궤도가 접한다. 행성의 중심으로부터 p까지의 거리는 R이고, 행성의 중심으로부터 타원의 중심 O까지의 거리는 $3R$이다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m이고, 타원의 면적은 S이다.



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

보기

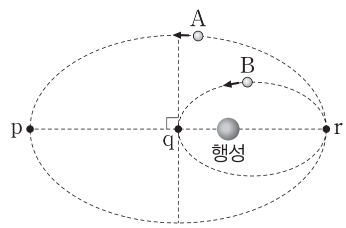
ㄱ. A의 공전 주기는 $8T$이다.
ㄴ. $4T$ 동안, A의 중심과 행성의 중심을 연결한 선분이 쓸고 지나간 면적은 $\frac{1}{2}S$이다.
ㄷ. p에서 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0052

그림과 같이 질량이 같은 위성 A, B가 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 각각 공전하고 있다. 점 p, r는 각각 A, B가 행성으로부터 가장 먼 지점이고, 점 q는 B가 행성으로부터 가장 가까운 지점이면서 A의 타원 궤도의 중심이다. A가 행성으로부터 가장 가까운 r에서 A, B의 궤도가 접하고, B에 작용하는 중력의 크기는 q에서가 r에서의 9배이다.



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

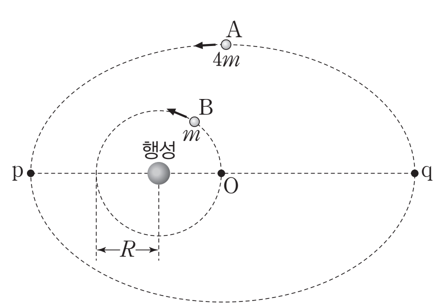
보기
ㄱ. 위성의 공전 주기는 A가 B의 $2\sqrt{2}$배이다.
ㄴ. r에서 위성의 속력은 A와 B가 같다.
ㄷ. q에서 B에 작용하는 중력의 크기는 p에서 A에 작용하는 중력의 크기의 25배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0053

그림과 같이 위성 A는 행성을 한 초점으로 하는 타원 운동을, 위성 B는 행성을 중심으로 반지름이 R인 원운동을 한다. A의 궤도에서 점 p는 행성에서 가장 가까운 지점이고, 점 q는 행성에서 가장 먼 지점이다. A, B의 질량은 각각 $4m$, m이고, B에 작용하는 중력의 크기는 p에서 A에 작용하는 중력의 크기와 같다. 점 O는 A의 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 p에서가 q에서보다 크다.
ㄴ. 위성의 공전 주기는 A가 B의 $3\sqrt{3}$배이다.
ㄷ. A의 가속도의 크기는 p에서가 q에서의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 일반 상대성 이론

1 가속 좌표계와 관성력

(1) 가속 좌표계

① 관성 좌표계: 정지 또는 등속도 운동을 하는 관찰자를 기준으로 하는 좌표계

② 가속 좌표계: 가속도 운동을 하는 관찰자를 기준으로 하는 좌표계

(2) 관성력

① 가속 좌표계에서 뉴턴 운동 제2법칙을 만족하기 위한 가상의 힘

② 가속도가 $\vec{a}$인 가속 좌표계에서 질량이 m인 물체에 작용하는 관성력 $\vec{F}_{관}$의 크기는 ma이고 방향은 계의 가속도와 반대 방향이다.

$$\vec{F}_{관}=-m\vec{a}$$

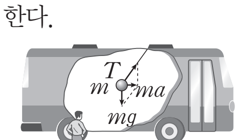
(3) 관성력의 예

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.

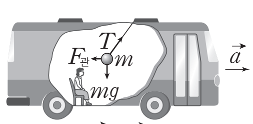
$$m\vec{g}+\vec{T}=m\vec{a}$$

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



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

(가) 지면에 서 있는 사람이 본 추에 작용하는 힘



$m\vec{g}+\vec{T}+\vec{F}_{관}=0$

(나) 버스 안에 정지한 사람이 본 추에 작용하는 힘

② 원운동을 하는 버스

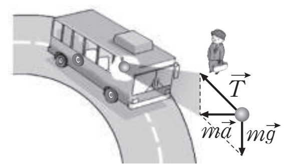
- 버스 밖의 정지 상태인 관찰자: 그림 (가)에서 추에 작용하는 알짜힘은 $m\vec{a}$, 추에는 중력 $m\vec{g}$와 줄이 추를 당기는 힘 $\vec{T}$가 작용한다고 관측한다.

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

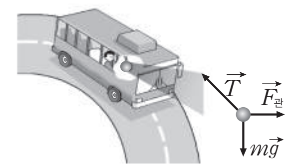
- 버스 안의 정지 상태인 관찰자: 그림 (나)에서 추에 작용하는 알짜힘은 0이고, 추에는 중력 $m\vec{g}$, 줄이 추를 당기는 힘 $\vec{T}$, 관성력 $\vec{F}_{관}$이 작용한다고 관측한다.

$$m\vec{g}+\vec{T}+\vec{F}_{관}=0$$

- 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

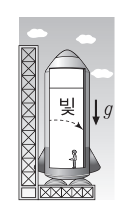
(1) 등가 원리

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

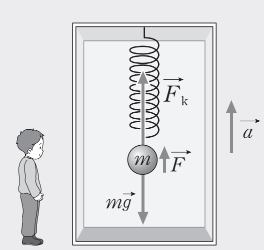
① 관성 질량: 운동 법칙 $F=ma$의 관계에서 나타나는 질량

② 중력 질량: 중력 $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$의 관계에서 나타나는 질량

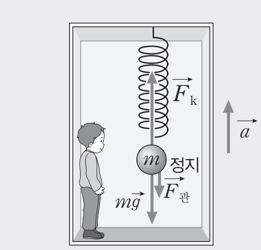
③ 중력 질량과 관성 질량은 같다.

더 알기 가속도 운동을 하는 엘리베이터

- 엘리베이터 밖의 관찰자: 그림 (가)에서 관찰자는 용수철의 탄성력 $\vec{F}_{\mathrm{k}}$와 중력 $m\vec{g}$의 합력 $\vec{F}$에 의해 추가 엘리베이터와 같은 가속도 $\vec{a}$로 운동을 하는 것으로 관측한다. ➡ $m\vec{g}+\vec{F}_{\mathrm{k}}=\vec{F}=m\vec{a}$
- 엘리베이터 안의 관찰자: 그림 (나)에서 관찰자는 용수철의 탄성력 $\vec{F}_{\mathrm{k}}$, 중력 $m\vec{g}$, 엘리베이터의 가속 운동에 의한 관성력 $\vec{F}_{관}$이 평형을 이루어 추가 정지한 것으로 관측한다. ➡ $m\vec{g}+\vec{F}_{\mathrm{k}}+\vec{F}_{관}=0$



(가) 엘리베이터 밖에 정지한 사람이 본 추의 가속도 운동



(나) 엘리베이터 안에 정지한 사람이 본 힘의 평형

(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 근일점 세차 운동의 예측값과 관측값이 100년에 약 43″의 오차가 나타난다.

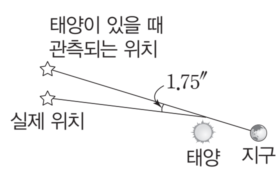
② 태양의 질량에 의해 시공간이 휘어져 있다는 일반 상대성 이론을 적용하여 오차를 설명할 수 있다.

(2) GPS 위성의 시간 보정: 지표면보다 위성이 있는 곳의 중력이 작아 시간이 빠르게 가기 때문에 시간의 차이를 보정해 주어야 한다.

(3) 시공간의 휘어짐

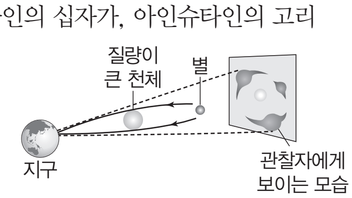
① 태양 주위의 시공간이 휘어져 있다면 태양 근처를 지나는 빛도 휘어진다.

➡ 1919년 영국의 과학자 에딩턴은 일식이 일어날 때 태양 주위에서 관측한 별의 위치와 실제 위치에 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 속력

① 탈출 속력: 물체가 천체의 중력을 벗어나 무한히 먼 곳까지 가기 위한 최소한의 속력

② 질량이 M이고 반지름이 R인 천체 표면에서의 탈출 속력은 $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ (G: 중력 상수)이다.

③ 탈출 속력이 빛의 속력보다 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.

더 알기 탈출 속력

- 천체로부터 무한히 먼 곳에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지

$$U=0$$

- 반지름이 R, 질량이 M인 천체의 중심에서 r만큼 떨어진 곳에 있는 질량이 m인 물체의 퍼텐셜 에너지

$$U=-G\frac{Mm}{r}$$

- 천체 중심으로부터 r만큼 떨어진 곳에서 속력 v로 운동하는 물체의 역학적 에너지

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

- 천체 표면에서 속력 v_0으로 발사된 물체의 역학적 에너지

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

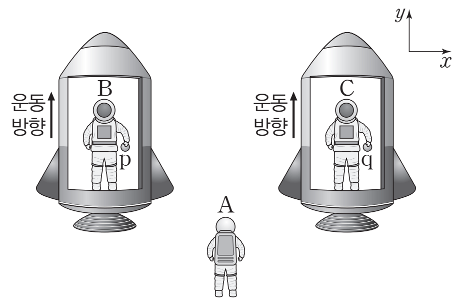
- 물체가 천체로부터 탈출하기 위해서는 역학적 에너지가 $E\geq0$가 되어야 한다.
- 천체 표면에서 발사된 물체의 역학적 에너지가 $E=0$이 되도록 하는 물체의 발사 속도의 크기를 탈출 속력이라고 한다.
- 탈출 속력(v_e)

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

테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 텅 빈 우주 공간에서 정지한 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 우주선이 각각 일정한 가속도로 $+y$방향으로 직선 운동을 한다. B가 관찰할 때 가만히 놓은 물체 p와 C가 관찰할 때 가만히 놓은 물체 q는 각각 $-y$방향으로 운동하며, B가 관찰할 때 p가 거리 h만큼 이동하는 데 걸리는 시간이 C가 관찰할 때 q가 h만큼 이동하는 데 걸리는 시간보다 작다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)



보기
ㄱ. A가 관찰할 때, B의 가속도 방향은 $+y$방향이다.
ㄴ. A가 관찰할 때, 가속도의 크기는 B가 C보다 크다.
ㄷ. B가 관찰할 때, p에 작용하는 관성력의 방향은 $-y$방향이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

$+y$방향으로 가속되는 우주선 안의 물체와 사람에게 $-y$방향으로 관성력이 작용한다.

간략 풀이

물체가 같은 거리를 낙하할 때 가속도가 클수록 낙하 시간이 작다. 따라서 B가 관찰할 때 p의 가속도의 크기는 C가 관찰할 때 q의 가속도의 크기보다 크다.

ㄱ. B가 관찰할 때 p가 $-y$방향으로 운동하므로 우주선의 가속도의 방향은 $+y$방향이다. 따라서 A가 관찰할 때 B의 가속도 방향은 $+y$방향이다.

ㄴ. 우주선 안에 있는 B, C의 가속도의 크기는 관성 좌표계에서 관찰한 우주선의 가속도의 크기와 같다. 따라서 A가 관찰할 때, 가속도의 크기는 B가 C보다 크다.

ㄷ. A가 관찰할 때 B가 탄 우주선이 $+y$방향으로 가속되므로 B가 관찰할 때 p에 작용하는 관성력의 방향은 $-y$방향이다.

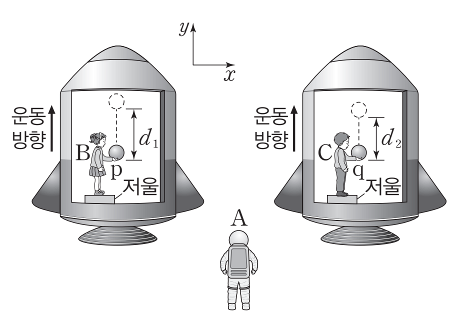
정답 | ⑤

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 11쪽

▸26070-0054

그림과 같이 텅 빈 우주 공간에서 정지한 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 우주선이 각각 일정한 가속도로 $+y$방향으로 직선 운동을 한다. B, C는 질량이 같은 물체 p, q를 각각 같은 속력으로 $+y$방향으로 던졌다가 받았다. B, C가 관찰할 때 p, q는 각각 등가속도 운동을 하여 던진 위치로부터 각각 거리 d_1, d_2만큼 떨어진 최고점까지 도달했다가 던진 위치로 되돌아왔다. B, C의 질량은 같고 $d_1 > d_2$이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)



보기
ㄱ. B가 관찰할 때, p가 $+y$방향으로 운동하는 동안 p에 작용하는 관성력의 방향은 $+y$방향이다.
ㄴ. p, q가 각각 최고점에 도달했을 때 저울에 측정된 힘의 크기는 B가 C보다 크다.
ㄷ. B가 관찰할 때 p가 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간은 C가 관찰할 때 q가 최고점에 도달하는 데 걸린 시간보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

가속되는 좌표계에서 운동하는 물체의 운동을 분석해야 하는 점에서 대표 문제와 유사하지만 관성력의 크기를 분석해야 하는 점에서 대표 문제와 다르다.

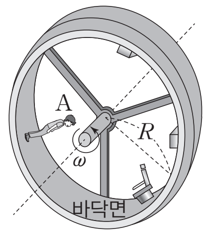
배경 지식

가속 좌표계에서 관찰할 때, 가속 좌표계에 있는 물체에는 좌표계 가속도 방향의 반대 방향으로 관성력이 작용한다.

01

▸26070-0055

그림은 텅 빈 우주 공간에서 일정한 크기의 각속도 ω로 자전하는 원형의 우주 정거장을 모식적으로 나타낸 것이다. 우주 정거장에 서 있는 우주인 A는 반지름이 R인 등속 원운동을 하고, 우주 정거장의 바닥면이 A에 우주 정거장의 중심 방향으로 작용하는 힘의 크기는 지구 표면에서 A에 작용하는 중력의 크기와 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 표면에서 중력 가속도는 g이고, A의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. A의 좌표계에서 A에 작용하는 관성력의 방향은 우주 정거장의 중심 방향이다.

ㄴ. $\omega=\sqrt{\frac{g}{R}}$이다.

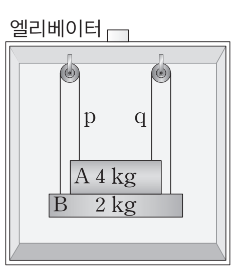
ㄷ. ω가 증가하면 A의 좌표계에서 A에 작용하는 원심력의 크기는 증가한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

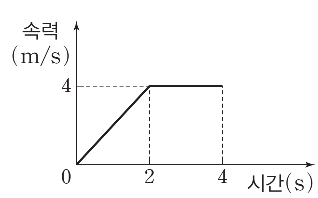
02

▸26070-0056

그림 (가)는 엘리베이터의 천장에 고정된 도르래를 통해 실 p, q로 연결된 물체 A, B가 지표면에 고정된 좌표계에 대해 엘리베이터와 함께 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 엘리베이터가 연직 위 방향으로 운동할 때 지표면에 고정된 좌표계에서 측정한 A의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 4 kg, 2 kg이다. p, q가 A에 작용하는 힘의 크기는 같다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 $10\ m/s^2$이고, p, q는 서로 평행하고 A, B는 엘리베이터의 바닥면과 나란하며, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. 1초일 때 A에 작용하는 관성력의 방향은 엘리베이터의 운동 방향과 같다.

ㄴ. 1초일 때 p가 A를 당기는 힘의 크기는 18 N이다.

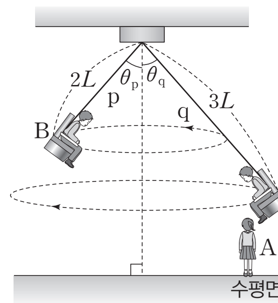
ㄷ. A가 B에 연직 방향으로 작용하는 힘의 크기는 1초일 때가 3초일 때보다 2 N만큼 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0057

그림과 같이 수평면에 정지한 관찰자 A에 대해 질량이 같은 사람 B, C가 길이가 각각 $2L$, $3L$인 줄 p, q에 연결된 동일한 놀이기구의 의자에 앉아 수평면과 나란하게 등속 원운동을 하고 있다. p, q가 연직선과 이루는 각은 각각 θ_p, θ_q로 일정하고, B, C의 각속도의 크기는 같다.



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

보기

ㄱ. $\theta_p<\theta_q$이다.

ㄴ. A의 좌표계에서 B에 작용하는 알짜힘의 방향과 B의 좌표계에서 B에 작용하는 관성력의 방향은 서로 반대이다.

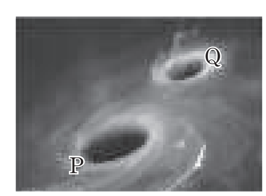
ㄷ. B의 좌표계에서 B에 작용하는 관성력의 크기는 C의 좌표계에서 C에 작용하는 관성력의 크기보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0058

그림은 질량이 각각 태양의 85배, 태양의 65배인 블랙홀 P, Q가 회전하면서 접근하는 모습을 보며 학생 A, B, C가 대화하고 있는 모습을 나타낸 것이다. P, Q가 서로 가까워져 충돌하면 급격한 질량 변화가 일어난다.



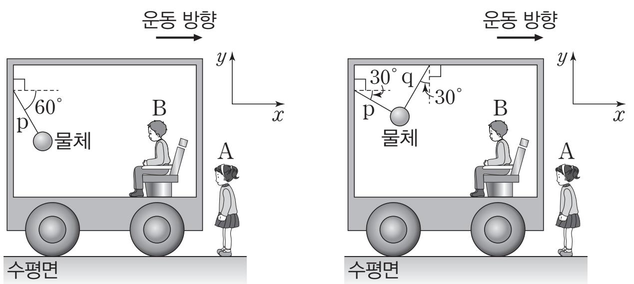
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

05

▸26070-0059

그림 (가)와 같이 수평면에 정지한 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 수레가 $+x$방향으로 등가속도 운동을 하고 있다. 수레의 벽에는 물체가 실 p에 매달려 있다. p가 수평 방향과 이루는 각은 60°로 일정하다. 그림 (나)는 (가)에서 실 q를 추가로 천장에 연결하여 물체에 매달았을 때 p는 수평 방향과, q는 연직 방향과 각각 30°의 일정한 각을 이루는 모습을 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

> 보기
> ㄱ. A의 좌표계에서 수레의 가속도의 방향은 $-x$방향이다.
> ㄴ. (나)에서 q가 물체에 작용하는 힘의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기와 같다.
> ㄷ. (나)에서 p, q를 동시에 끊으면 B의 좌표계에서 물체는 포물선 운동을 한다.

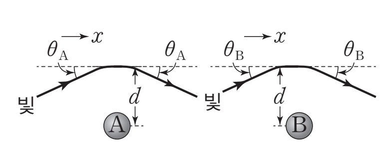
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0060

표는 천체 A, B의 질량, 반지름, 탈출 속력을 나타낸 것이고, 그림은 A, B 주변에서 $+x$방향에 대해 각 θ_A, θ_B로 입사한 빛이 A, B에 의해 $+x$방향에 대해 각 θ_A, θ_B를 이루며 휘는 모습을 나타낸 것이다.

천체	질량	반지름	탈출 속력
A	M	R	v_0
B	㉠	R	$2v_0$



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

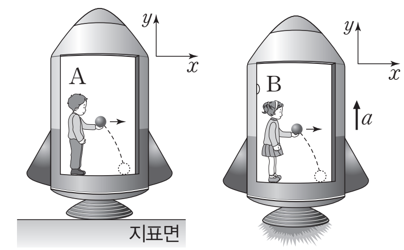
> 보기
> ㄱ. ㉠은 $4M$이다.
> ㄴ. B의 표면에서 속력 v_0으로 연직 위로 발사된 물체는 B의 중력에 의해 B의 표면으로 되돌아온다.
> ㄷ. $\theta_A < \theta_B$이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0061

그림 (가)는 학생 A가 탄 우주선이 지표면에 정지해 있는 모습을, (나)는 학생 B가 탄 우주선이 텅 빈 우주 공간에서 $+y$방향으로 크기가 a인 가속도로 운동하는 모습을 나타낸 것이다.



(가) (나)

A, B가 우주선의 바닥으로부터 같은 높이에서 동일한 물체를 $+x$방향으로 던졌더니 물체가 각각 포물선 운동을 하여 바닥에 도달하였다. 던진 순간부터 바닥에 도달할 때까지 물체의 수평 이동 거리는 A의 좌표계에서가 B의 좌표계에서보다 크고, 걸린 시간은 A의 좌표계에서와 B의 좌표계에서가 같다.

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

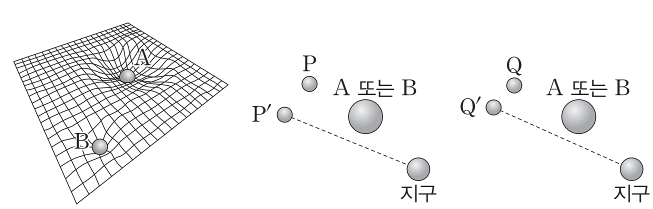
> 보기
> ㄱ. (나)에서 $a=g$이다.
> ㄴ. (나)에서 B는 물체의 운동이 중력에 의한 것인지 관성력에 의한 것인지 구별할 수 없다.
> ㄷ. 바닥에 도달한 순간 물체의 운동 에너지는 A의 좌표계에서와 B의 좌표계에서가 같다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0062

그림 (가)는 반지름이 같은 구형의 두 천체 A, B에 의해 시공간이 휘어진 것을 모식적으로 나타낸 것이고, (나), (다)는 각각 별 P, Q에서 방출된 빛이 A 또는 B에 의해 휘어진 시공간을 진행하여, 각각 P′, Q′에 위치한 것으로 지구에서 관측되는 모습을 나타낸 것이다. (나), (다)에서 천체와 별 사이의 거리는 각각 같고 지구에 대한 천체와 별의 위치도 같다. P와 P′ 사이의 거리는 Q와 Q′ 사이의 거리보다 크다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 별과 천체의 운동은 무시하고, 천체의 밀도는 균일하다.)

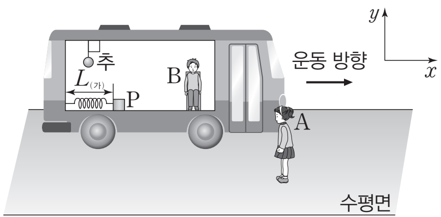
> 보기
> ㄱ. (나)는 A에 의해 관측되는 모습이다.
> ㄴ. 시간은 A의 표면에서보다 B의 표면에서 느리게 간다.
> ㄷ. (다)에서 Q가 Q′에 위치한 것으로 관측되는 것은 중력 렌즈 효과로 설명할 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

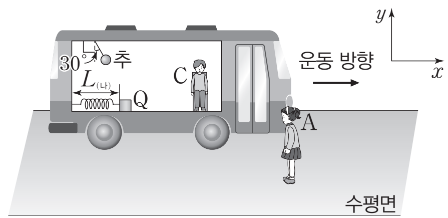
01

▸26070-0063

그림 (가), (나)와 같이 수평면에 정지한 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 버스가 $+x$방향으로 직선 운동을 하고 있다. 버스의 천장에는 추가 각각 실에 매달려 있고, 동일한 용수철에 물체 P, Q가 연결되어 버스의 수평한 바닥에서 B, C에 대해 각각 정지해 있다. (가)에서 추는 실에 연직 방향으로 연결되어 있고, (나)에서 추에 연결된 실과 연직선이 이루는 각은 $30°$로 일정하다. 용수철의 원래 길이는 L_0이고, (가), (나)에서 용수철의 길이는 각각 $L_{(가)}$, $L_{(나)}$로 일정하다. 추와 P, Q의 질량은 모두 같다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 실과 용수철의 질량, 모든 마찰은 무시한다.)

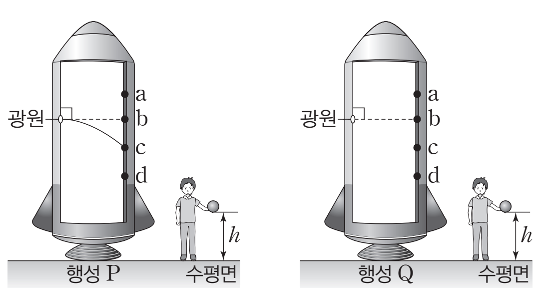
보기
ㄱ. A의 좌표계에서 추에 작용하는 알짜힘은 (가)에서와 (나)에서가 같다.
ㄴ. C의 좌표계에서 Q에 작용하는 관성력의 크기는 Q에 작용하는 중력의 크기보다 작다.
ㄷ. $L_{(가)}=L_0>L_{(나)}$이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0064

그림은 반지름이 같고 밀도가 균일한 행성 P, Q의 표면에 정지해 있는 관측자가 P, Q의 표면에 정지해 있는 동일한 우주선 내부의 광원에서 방출된 빛의 경로를 관측하는 것을 나타낸 것이다. P의 표면의 우주선의 광원에서 맞은편 벽의 점 b를 향해 수평면과 나란하게 발사된 빛은 점 c에 도달한다. P, Q의 표면인 수평면으로부터 높이 h인 곳에서 질량이 같은 물체를 각각 가만히 놓았을 때 물체가 표면에 도달할 때까지 걸린 시간은 P에서가 Q에서의 $\sqrt{2}$배이다. Q의 표면의 우주선의 광원에서 b를 향해 수평면과 나란하게 발사된 빛은 맞은 편 벽의 점 a, b, c, d 중 한 점에 도달한다. a, b, c, d의 간격은 같다.



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

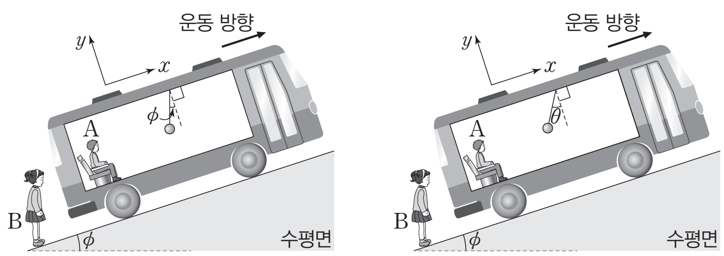
보기
ㄱ. 행성의 질량은 P가 Q보다 크다.
ㄴ. 행성 표면에서의 탈출 속력은 Q에서가 P에서의 $\sqrt{2}$배이다.
ㄷ. Q의 표면의 우주선의 광원에서 b를 향해 수평면과 나란하게 발사된 빛은 d에 도달한다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0065

그림 (가), (나)와 같이 관찰자 A가 탄 버스가 수평면과 이루는 각이 ϕ인 빗면에 정지한 관찰자 B에 대해 빗면 위에서 $+x$방향으로 각각 직선 운동을 하고 있다. 버스의 천장에는 물체가 실로 매달려 있고, 실이 버스 천장에 대해 수직인 y축과 이루는 각은 각각 ϕ, θ로 일정하다. (가), (나)에서 실이 물체에 작용하는 힘의 크기는 각각 T_1, T_2이고, $\theta>\phi$이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 버스의 천장과 빗면은 평행하며, 물체의 크기, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다.)

보기

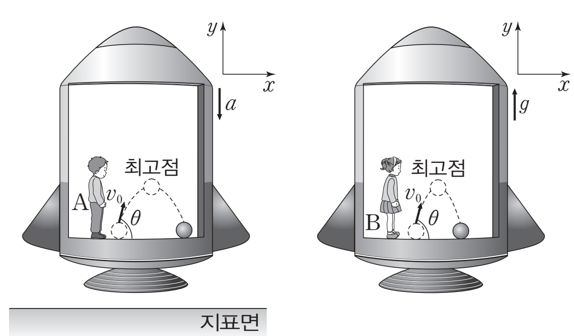
ㄱ. B의 좌표계에서 (가)의 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.
ㄴ. A의 좌표계에서 (나)의 물체에 작용하는 관성력의 방향은 $+x$방향이다.
ㄷ. $T_1 : T_2 = \cos\theta : \cos\phi$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0066

그림 (가)는 지표면 근처에서 연직 아래로 크기가 일정한 가속도 a로 운동하는 우주선의 모습을, (나)는 텅 빈 우주 공간에서 $+y$방향으로 크기가 g인 일정한 가속도로 운동하는 우주선의 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)의 우주선 바닥에서 x축과 θ의 각을 이루며 속력 v_0으로 던져진 물체는 각각 우주선 안의 관찰자 A, B의 좌표계에서 포물선 운동을 하고, 물체가 최고점에 도달할 때까지 수평 방향으로 이동한 거리는 A의 좌표계에서가 B의 좌표계에서의 $\frac{3}{2}$배이다.



(가) (나)

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

보기

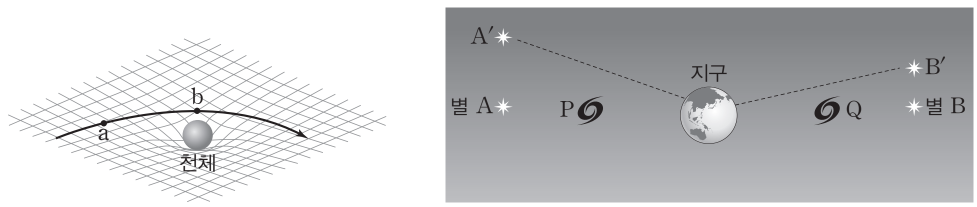
ㄱ. $a=\frac{1}{3}g$이다.
ㄴ. 우주선 바닥에서 물체의 최고점까지의 높이는 A의 좌표계에서가 B의 좌표계에서의 $\frac{3}{2}$배이다.
ㄷ. (가)에서 가속도의 크기가 g가 되면 A의 좌표계에서 물체는 등속 직선 운동을 한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0067

그림 (가)는 질량이 큰 천체 주위의 시공간을 지나는 빛의 경로를 나타낸 것으로 a, b는 빛의 경로상의 점이고 천체의 중심으로부터의 거리는 a가 b보다 크다. 그림 (나)는 지구에서 멀리 떨어져 있는 밝은 별 A, B가 은하 P, Q에 의해 휘어져 각각 A′, B′에 있는 것처럼 보이는 것을 나타낸 것이다. 지구와 P, Q 사이의 거리는 같고, 지구와 P, Q, A, B는 일직선상에 위치한다. P와 A 사이의 거리는 Q와 B 사이의 거리와 같고, A와 A′ 사이의 거리는 B와 B′ 사이의 거리보다 크다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

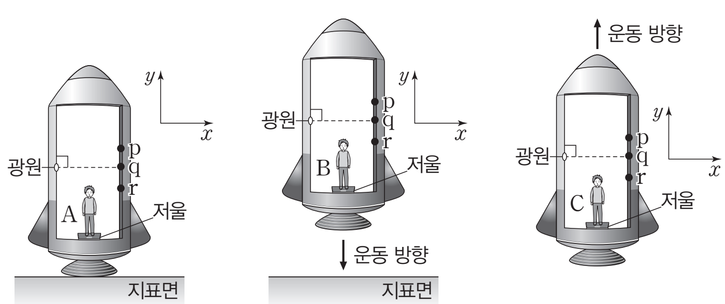
보기
ㄱ. (가)에서 시간은 a에서가 b에서보다 느리게 간다.
ㄴ. 질량은 Q가 P보다 크다.
ㄷ. 은하 주변의 시공간을 휘게 하는 정도는 P가 Q보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

06

▸26070-0068

그림 (가)는 학생 A가 탄 우주선이 지표면에 정지해 있는 것을, (나)는 학생 B가 탄 우주선이 지표면 근처에서 $-y$방향으로 등가속도 직선 운동을 하고 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (다)는 텅 빈 우주 공간에서 학생 C가 탄 우주선이 $+y$방향으로 등가속도 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 같다. A, C가 탄 우주선에서 저울에 측정된 힘의 크기는 같고, B가 탄 우주선에서 저울에 측정된 힘은 0이다. (가)에서 우주선의 광원에서 발사된 빛은 우주선에 고정된 점 q에 도달하고, (나), (다)에서 우주선의 광원에서 발사된 빛은 각각 p, q, r 중 한 점에 도달한다. (가), (나), (다)의 우주선은 동일하고 p, q, r의 간격은 같다. (가), (나), (다)의 A, B, C가 관찰할 때 우주선의 광원에서 발사된 빛의 방향은 같고, 우주선에서 우주선의 바닥으로부터 광원과 q의 높이는 같다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)에서 A가 관찰할 때 q에 도달하는 빛은 광원에서 $+x$방향으로 발사된 빛이다.
ㄴ. (나)에서 B가 관찰할 때 광원에서 발사된 빛은 등속 직선 운동을 하여 p에 도달한다.
ㄷ. (다)에서 C가 관찰할 때 광원에서 발사된 빛은 q에 도달한다.

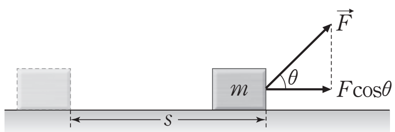
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 일과 에너지

1 일과 운동 에너지

(1) 일: 물체가 일직선을 따라 거리 s만큼 움직이는 동안 크기가 F인 일정한 힘을 운동 방향과 θ의 각을 이루며 물체에 작용했을 때, 그 힘이 물체에 한 일 W는 다음과 같다.

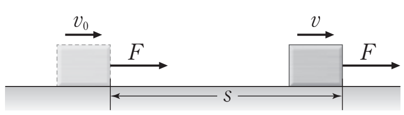
$$W = Fs\cos\theta \text{ [단위: N·m=J(줄)]}$$



(2) 일 · 운동 에너지 정리

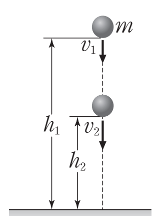
① 일 · 운동 에너지 정리: 질량 m인 물체에 일정한 알짜힘(합력) F를 작용하여 거리 s만큼 이동시킬 때, 알짜힘(합력) F가 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량(ΔE_{k})과 같다.

$$W = Fs = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \Delta E_{\mathrm{k}}$$



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_2일 때 속력을 각각 v_1, v_2라고 하면, 중력이 한 일과 운동 에너지의 관계는 다음과 같다.



$$W = mg(h_1 - h_2) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \Delta E_{\mathrm{k}}$$

④ 마찰력이 물체에 한 일: 수평면에서 속력 v_0으로 운동하던 질량 m인 물체에 크기가 f로 일정한 마찰력이 작용하여 물체가 거리 s만큼 이동한 순간 물체의 속력이 v가 되었을 때, 마찰력이 한 일과 운동 에너지의 관계는 다음과 같다.

$$W = -fs = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \Delta E_{\mathrm{k}} (v < v_0,\ \Delta E_{\mathrm{k}} < 0)$$

2 포물선 운동과 역학적 에너지

공기 저항을 무시하고 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지를 0이라 할 때, 수평면에서 수평면과 θ의 각을 이루는 방향으로 속도 $\vec{v_0}$으로 비스듬히 던진 질량이 m인 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

(1) 물체가 던져진 수평면에서 물체의 역학적 에너지

① 중력 퍼텐셜 에너지: 0

② 운동 에너지: $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2)$

③ 역학적 에너지: $E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2)$

(2) 임의의 시간 t일 때 물체의 역학적 에너지

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

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

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

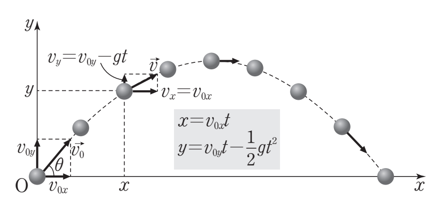
$= \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_{0y}^2) = E_0$ ➡ 역학적 에너지는 보존된다.

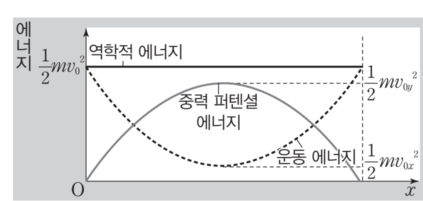
(3) 임의의 높이 y에서 물체의 역학적 에너지

$$E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgy = \frac{1}{2}m(v_{0x}^2 + v_y^2) + mgy$$

(4) 최고 높이 H에서 물체의 역학적 에너지

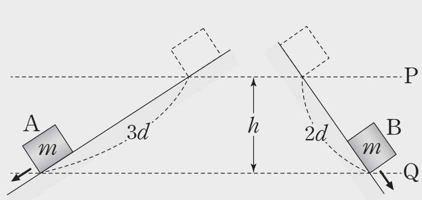
$$E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 = mgH + \frac{1}{2}mv_{0x}^2$$





더 알기 경사각이 다른 두 빗면에서 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일

그림과 같이 경사각이 다른 두 빗면의 기준선 P에 가만히 놓은 질량이 m으로 같은 물체 A, B가 빗면을 따라 각각 $3d$, $2d$만큼 운동하여 기준선 Q를 지난다.



A, B가 P에서 Q까지 운동하는 동안 A, B에 작용하는 알짜힘의 크기, 알짜힘의 방향으로 이동한 직선 거리, 알짜힘이 물체에 한 일, 운동 에너지 변화량은 표와 같다. (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기는 무시한다.)

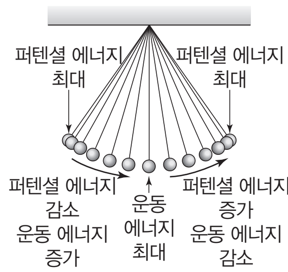
운동		알짜힘의 크기	알짜힘의 방향으로 이동한 직선 거리	알짜힘이 물체에 한 일	운동 에너지 변화량
자유 낙하 할 때		mg	h	mgh	mgh
빗면을 따라 운동할 때	A	F_{A}	$3d$	$3F_{\mathrm{A}}d$	mgh
	B	F_{B}	$2d$	$2F_{\mathrm{B}}d$	mgh

➡ 알짜힘이 A, B에 한 일인 A, B의 운동 에너지 변화량이 서로 같으므로 $F_{\mathrm{A}} : F_{\mathrm{B}} = 2 : 3$이다.

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

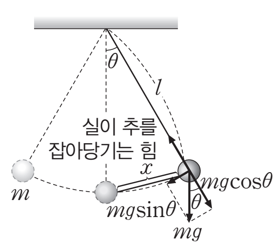


- 진자가 출발점에서 진동의 중심을 향해 운동할 때
  ➡ 중력 퍼텐셜 에너지 감소량 =운동 에너지 증가량
- 진동의 중심을 지나 위로 운동할 때
  ➡ 운동 에너지 감소량=중력 퍼텐셜 에너지 증가량

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(θ는 매우 작다.)

➡ $F=-mg\sin\theta \fallingdotseq -\dfrac{mg}{l}x$

② 진자의 주기

➡ $T=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$

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 1 kg의 온도를 1 K 높이는 데 필요한 열에너지 (단위: J/kg·K, J/kg·℃, kcal/kg·K, kcal/kg·℃)
- 열용량(C): 어떤 물체의 온도를 1 K 높이는 데 필요한 열에너지 (단위: J/K, J/℃, kcal/K, kcal/℃)

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 펴진다.
- 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(ΔU)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 W가 모두 열량계에서 회전 날개와 물의 마찰로 발생한 열량 Q로 전환될 때 다음 관계가 성립한다.

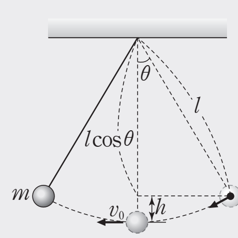
$$W=JQ$$

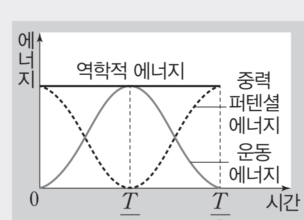
➡ 비례 상수 J를 열의 일당량이라고 한다.

$$J=4.2\times10^3\ \mathrm{J/kcal}$$

더 알기 단진자와 역학적 에너지

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



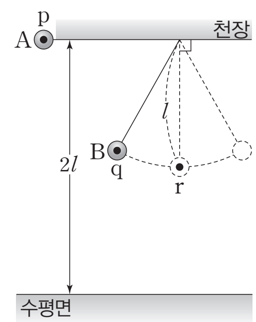


▲ 단진자와 역학적 에너지

테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 물체 A가 높이 $2l$인 천장의 한 점 p에, 물체 B가 길이 l인 실에 연결되어 점 q에 정지해 있다. A, B를 각각 p, q에서 동시에 가만히 놓았더니 A는 등가속도 운동을, B는 단진동을 한다. 점 r는 B의 최저점이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.)



보기

ㄱ. B의 속력이 처음으로 최대가 될 때, A의 높이는 l보다 작다.
ㄴ. 높이 l에서 A의 속력은 r에서 B의 속력보다 작다.
ㄷ. B의 역학적 에너지는 q에서가 r에서보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

중력 가속도가 g, 실의 길이가 l일 때 단진동의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로 B가 r에 처음 도달할 때까지 걸린 시간은 $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

간략 풀이

q에서 B에 연결된 실이 연직선과 이루는 각을 θ, B의 질량을 m이라 하면 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $mgl(1-\cos\theta)$이다.

ㄱ. B의 속력이 처음으로 최대가 될 때까지 걸린 시간은 $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로, A의 낙하 거리는 $\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}g\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}\right)^2=\frac{\pi^2}{8}l$이므로 낙하 거리는 l보다 크다. 따라서 B의 속력이 처음으로 최대가 될 때, A의 높이는 l보다 작다.

~~ㄴ~~. A가 높이 l인 지점에 있을 때 A의 속력은 $\sqrt{2gl}$이고, r에서 B의 속력은 $\sqrt{2gl(1-\cos\theta)}$이다. 따라서 높이 l에서 A의 속력은 r에서 B의 속력보다 크다.

~~ㄷ~~. 단진동하는 B의 역학적 에너지는 보존된다. 따라서 B의 역학적 에너지는 q에서와 r에서가 같다.

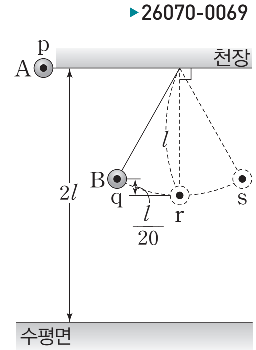
정답 | ①

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 14쪽

▸26070-0069

그림과 같이 물체 A가 높이 $2l$인 천장의 한 점 p에, 물체 B가 길이 l인 실에 연결되어 점 q에 정지해 있다. A, B를 각각 p, q에서 동시에 가만히 놓았더니 A는 등가속도 운동을, B는 q와 점 s 사이에서 단진동을 한다. 점 r는 B의 최저점이고 q와 r의 높이 차는 $\frac{l}{20}$이다. 높이 l에서 A의 속력은 v_1, r에서 B의 속력은 v_2이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.)



보기

ㄱ. B가 처음으로 s에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간보다 크다.
ㄴ. $\frac{v_1}{v_2}=2\sqrt{5}$이다.
ㄷ. B의 역학적 에너지는 q에서가 r에서의 $\frac{21}{20}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

단진동의 주기와 역학적 에너지 보존 법칙을 문제 해결에 적용해야 하는 점은 대표 문제와 유사하나 A, B의 속력을 정량적으로 계산해야 하는 점은 대표 문제와 다르다.

배경 지식

중력 가속도가 g, 실의 길이가 l일 때 단진동의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

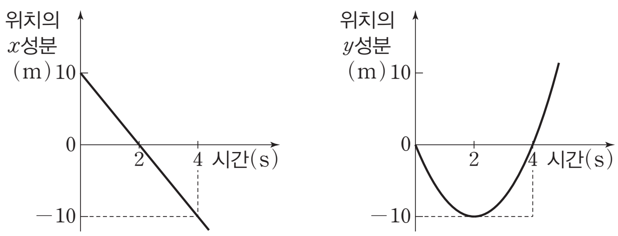
수능 2점 테스트

정답과 해설 14쪽

01

▸26070-0070

그림 (가), (나)는 xy 평면에서 등가속도 운동을 하는 질량 2 kg인 물체의 위치의 x, y성분을 각각 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 1초일 때 물체에 작용하는 힘의 방향은 운동 방향과 같다.

ㄴ. 2초부터 4초까지 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 100 J이다.

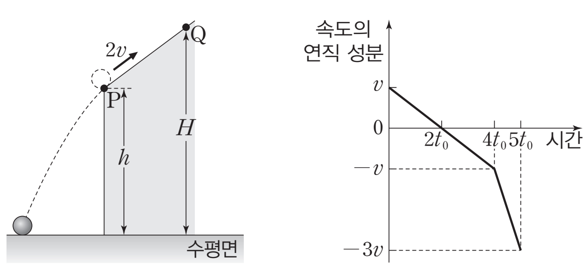
ㄷ. 4초일 때 물체의 운동 에너지는 125 J이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0071

그림 (가)와 같이 시간 $t=0$일 때 경사면의 끝점 P에서 경사면과 나란한 방향으로 속력 $2v$로 운동시킨 질량 m인 물체가 경사면을 떠나 포물선 운동을 하여 $t=5t_0$일 때 수평면에 도달하였다. 물체는 $t=2t_0$일 때 경사면 위의 점 Q에 도달한다. P, Q의 높이는 각각 h, H이다. 그림 (나)는 물체의 속도의 연직 성분을 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. $t=0$부터 $t=2t_0$까지 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 $\frac{1}{2}mv^2$이다.

ㄴ. $t=5t_0$일 때 물체의 속력은 $2\sqrt{3}v$이다.

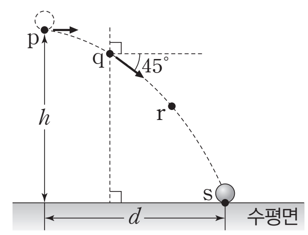
ㄷ. $h:H=2:3$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0072

그림과 같이 높이가 h인 점 p에서 수평 방향으로 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 점 q, r를 지나 수평면상의 점 s에 도달한다. q에서 물체의 운동 방향과 수평 방향이 이루는 각은 $45°$이고 p에서 s까지 수평 이동 거리는 d이다. r에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지와 같다. 표는 p, q, r에서 물체의 운동 에너지를 나타낸 것이다.



점	운동 에너지
p	E_0
q	㉠
r	$5E_0$

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

보기

ㄱ. ㉠은 $2E_0$이다.

ㄴ. 물체의 높이는 p에서가 r에서의 $\frac{9}{5}$배이다.

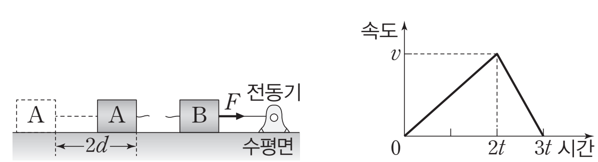
ㄷ. $d=\frac{3}{4}h$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0073

그림 (가)와 같이 마찰이 있는 수평면에서 정지해 있는 물체 A와 실로 연결된 물체 B에 연결된 전동기가 B를 크기가 F인 일정한 힘으로 당겼을 때, A, B가 등가속도 운동을 하여 $2d$만큼 이동한 순간 A와 B에 연결된 실이 끊어졌다. 그림 (나)는 A의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. A, B의 질량, A, B에 작용하는 마찰력의 크기는 각각 같고 시간 $2t$일 때, B의 운동 에너지는 E_0이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. $E_0=\frac{1}{3}Fd$이다.

ㄴ. $3t$일 때 B의 속도의 크기는 $3v$이다.

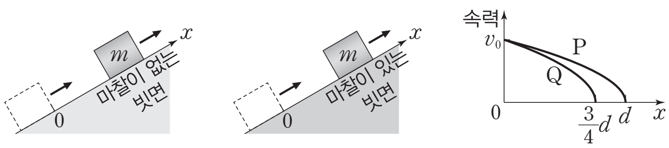
ㄷ. $3t$일 때 B의 운동 에너지는 $3Fd$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0074

그림 (가), (나)는 각각 마찰이 없는 빗면과 마찰이 있는 빗면에서 질량이 m인 물체가 $+x$방향으로 운동하는 것을 나타낸 것이고, (다)의 P, Q는 (가), (나)에서 물체의 위치 x에 따른 속력을 순서 없이 나타낸 것이다. (가), (나)에서 빗면의 경사각은 같다.



(가) (나) (다)

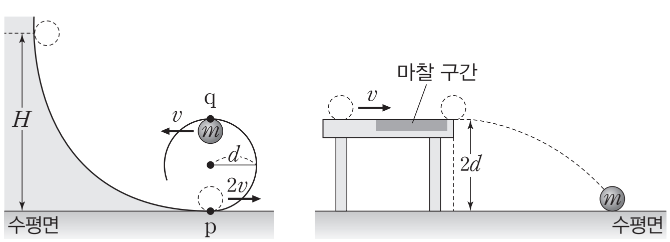
(나)에서 $x=0$인 지점을 $+x$방향으로 통과하는 순간부터 $-x$방향으로 통과하는 순간까지 마찰력이 한 일은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

① $-\frac{3}{4}mv_0^2$ ② $-\frac{1}{2}mv_0^2$ ③ $-\frac{3}{8}mv_0^2$ ④ $-\frac{1}{4}mv_0^2$ ⑤ $-\frac{1}{8}mv_0^2$

06

▸26070-0075

그림 (가)는 수평면으로부터 높이가 H인 지점에서 물체를 가만히 놓았을 때 물체가 원형 레일을 따라 운동하여 레일의 최저점 p, 최고점 q를 각각 속력 $2v$, v로 지나는 것을 나타낸 것이고, (나)는 수평한 책상 위에서 속력 v로 운동하던 물체가 마찰 구간을 지나 책상 끝에서 포물선 운동을 하여 수평면에 도달하는 것을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 원형 레일의 반지름은 d, 책상의 높이는 $2d$이고, 물체의 질량은 각각 m이다. (나)의 마찰 구간에서 마찰력이 물체에 한 일은 $\frac{3}{8}mv^2$이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. $H=\frac{8}{3}d$이다.

ㄴ. p에서 q까지 운동하는 동안 레일이 물체를 수직 방향으로 떠받치는 힘이 하는 일은 0이다.

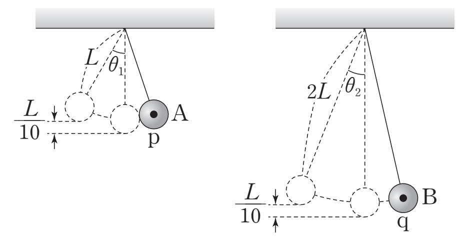
ㄷ. (나)에서 수평면에 도달하는 순간 물체의 속력은 $2v$보다 작다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0076

그림은 길이가 각각 L, $2L$인 실에 매달린 질량이 같은 물체 A, B를 최저점으로부터 높이가 $\frac{L}{10}$인 지점에서 가만히 놓았을 때 A, B가 최저점을 지난 후 각각 점 p, q를 지나는 모습을 나타낸 것이다. A, B에 연결된 실이 연직 방향과 이루는 각의 최댓값은 각각 θ_1, θ_2이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 최저점에서 중력 퍼텐셜 에너지는 각각 0이고, 물체의 크기와 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. q에서 B의 역학적 에너지는 p에서 A의 역학적 에너지보다 크다.

ㄴ. $\theta_1>\theta_2$이다.

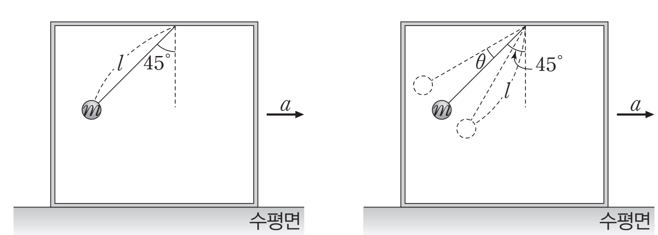
ㄷ. 최저점에서 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 A에서가 B에서의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0077

그림 (가)와 같이 마찰이 없는 수평면에서 크기가 a인 가속도로 등가속도 직선 운동을 하는 상자에 질량 m인 추가 길이 l인 실에 매달려 정지해 있다. 실이 연직 방향과 이루는 각은 45°이다. 그림 (나)는 (가)에서 추의 위치와 실이 45°를 이루는 상태를 중심으로 추가 각 θ의 진폭으로 단진동하는 것을 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. $a=g$이다.

ㄴ. (나)에서 추의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$이다.

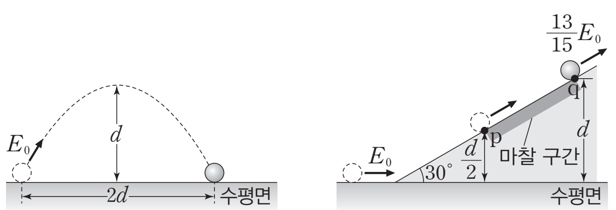
ㄷ. (나)에서 상자 내부에 정지한 좌표계에서 관측한 추의 운동 에너지의 최댓값은 $2mgl(1-\cos\theta)$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0078

그림 (가)와 같이 수평면에서 역학적 에너지 E_0으로 비스듬히 던져진 물체가 포물선 운동을 하여 수평면에 도달한다. 물체의 최고점 높이와 수평 이동 거리는 각각 d, $2d$이다. 그림 (나)는 수평면에서 운동하던 물체가 경사각이 $30°$인 빗면과 나란한 방향으로 운동하여 점 p, q를 지나는 모습을 나타낸 것이다. p와 q 사이에서 물체에 크기가 일정한 마찰력이 작용한다. 수평면과 q에서 물체의 역학적 에너지는 각각 E_0, $\frac{13}{15}E_0$이고 p, q의 높이는 각각 $\frac{d}{2}$, d이다. 물체의 질량은 (가)에서와 (나)에서가 같다.



(가) (나)

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

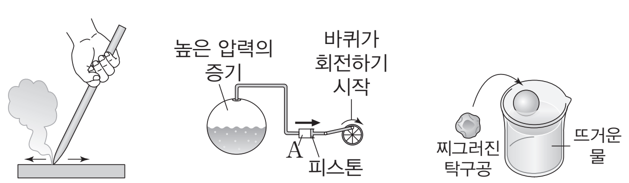
보기
ㄱ. (가)에서 최고점을 지날 때 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{5}E_0$이다.
ㄴ. (나)의 p에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{3}{5}E_0$이다.
ㄷ. (나)의 마찰 구간에서 물체에 작용하는 마찰력의 크기는 중력의 크기의 $\frac{1}{6}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▸26070-0079

그림 (가)는 나무와 나무를 마찰시켜 불을 피우는 모습을, (나)는 높은 압력의 증기가 실린더 내부 A에서 피스톤을 밀어내어 바퀴를 회전시키는 장치를, (다)는 찌그러진 탁구공을 뜨거운 물에 넣었을 때 원래대로 되돌아오는 모습을 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

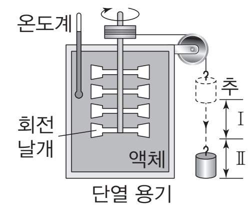
보기
ㄱ. (가)는 일이 열로 전환된 예이다.
ㄴ. (나)의 A에서 피스톤이 밀리는 동안 A 내부의 기체는 피스톤에 일을 한다.
ㄷ. (다)의 탁구공 안의 기체의 내부 에너지는 증가한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

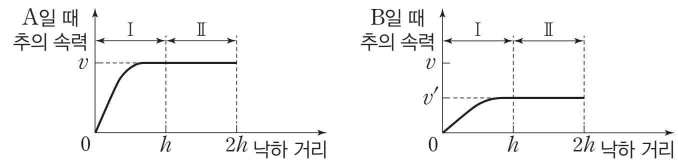
11

▸26070-0080

그림 (가)는 추가 낙하함에 따라 질량이 같은 액체 A 또는 B가 담긴 열량계의 회전 날개가 회전하여 액체의 온도를 높이는 장치를 나타낸 것이다. 그림 (나), (다)는 (가)에서 열량계에 담긴 액체가 각각 A, B일 때 추의 속력을 낙하 거리에 따라 나타낸 것이다. 구간 Ⅱ에서 온도 변화량은 A가 B보다 크다.



(가)



(나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 모두 추의 운동 에너지와 액체의 온도 변화에만 사용된다.)

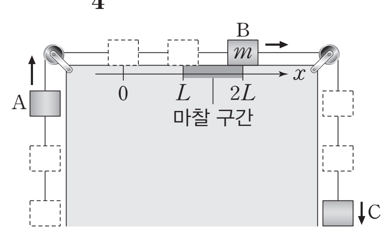
보기
ㄱ. 구간 Ⅰ에서 추에 작용하는 중력이 한 일은 A일 때가 B일 때보다 크다.
ㄴ. Ⅰ에서 액체가 얻은 열량은 A가 B보다 작다.
ㄷ. 비열은 A가 B보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

12

▸26070-0081

그림과 같이 물체 A, C와 연결된 질량 m인 물체 B를 수평면상의 $x=0$인 지점에서 가만히 놓았더니 B가 직선 운동을 하여 $x=L$, $x=2L$인 지점을 차례로 지난다. $x=L$에서 $x=2L$ 구간은 마찰 구간이고, B에는 크기가 일정한 마찰력이 작용한다. 표는 B가 $x=L$인 지점을 지나는 순간 A, B, C의 운동 에너지를 나타낸 것이다. B가 $x=2L$인 지점을 지나는 순간 C의 운동 에너지는 $\frac{3}{4}mgL$이다.



물체	운동 에너지
A	㉠
B	$\frac{1}{4}mgL$
C	$\frac{1}{2}mgL$

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

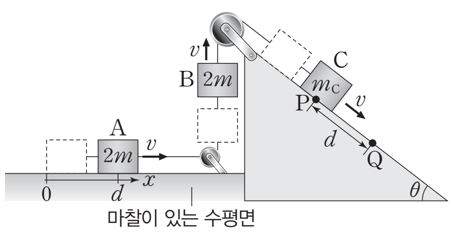
보기
ㄱ. ㉠은 $\frac{1}{4}mgL$이다.
ㄴ. 마찰 구간에서 마찰력이 B에 한 일은 $-\frac{1}{8}mgL$이다.
ㄷ. B가 $x=2L$인 지점을 지나는 순간 A의 속력은 $\sqrt{\frac{3}{2}gL}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▸26070-0082

그림 (가)는 마찰이 있는 수평면상에서 물체 A가 물체 B, C와 실로 연결되어 $+x$방향으로 속력 v로 등속도 운동을 하는 모습을, (나)는 A가 $x=d$를 지나는 순간 A와 B를 연결한 실을 끊었을 때 A가 $+x$방향으로 등가속도 운동을 하여 정지한 모습을 나타낸 것이다. 경사각이 θ인 경사면 위에서 운동하는 C는 실을 끊는 순간 점 P를 지나며 등가속도 운동을 하여 점 Q를 통과한다. P와 Q 사이의 거리는 d이다. A, B, C의 질량은 각각 $2m$, $2m$, m_C이고, $\sin\theta=\frac{3}{4}$이다. A가 $x=0$에서 $x=d$까지 등속도 운동을 하는 동안 A의 운동 에너지는 E_0이고, B와 C의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량의 크기는 각각 $2E_0$, $3E_0$이다.



(가)　　　　(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기와 실의 질량, 수평면 외의 모든 마찰, 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. $m_C=4m$이다.

ㄴ. 실이 끊어진 순간부터 정지할 때까지 A가 수평 방향으로 이동한 거리는 $\frac{v^2}{g}$이다.

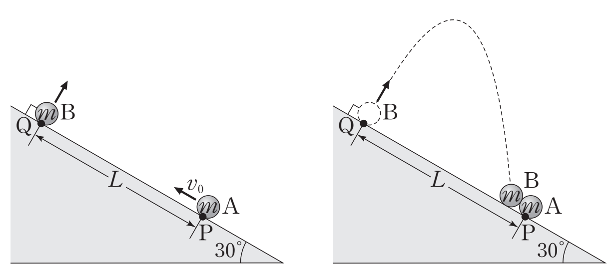
ㄷ. C가 Q를 통과하는 순간 B의 운동 에너지는 $\frac{4}{3}E_0$이다.

① ㄴ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ　④ ㄱ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0083

그림 (가)는 등가속도 직선 운동을 하는 물체 A가 경사각이 30°인 빗면과 나란한 방향으로 운동하여 빗면 위의 점 P를 속력 v_0으로 지나는 순간 물체 B가 빗면 위의 점 Q에서 빗면에 수직인 방향으로 던져진 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)와 같이 물체 B는 포물선 운동을 하여 P에서 A와 충돌한다. A와 B의 질량은 각각 m이고, P와 Q 사이의 거리는 L이다.



(가)　　　　(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.)

보기

ㄱ. Q에서 B의 속력은 $\frac{v_0}{\sqrt{3}}$이다.

ㄴ. P에서 B의 운동 에너지는 $\frac{7}{2}mv_0^2$이다.

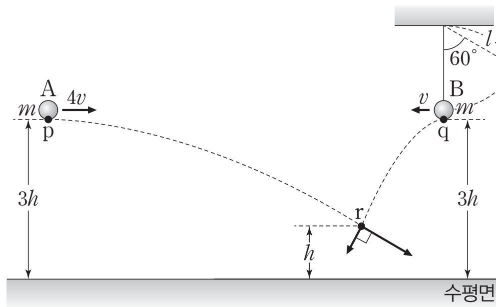
ㄷ. A가 P에서 최고점에 도달할 때까지 중력 퍼텐셜 에너지의 증가량은 $\frac{1}{8}mgL$이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0084

그림은 물체 A가 점 p에서 수평 방향으로 속력 $4v$로 발사되어 포물선 운동을 하는 모습과 천장에 길이가 l인 실로 연결되어 연직 방향과 60°의 각을 이루며 왕복 운동하는 물체 B가 최저점 q에서 실이 끊어져 포물선 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. q에서 B의 속력은 v이다. A, B는 점 r에서 수직으로 만난다. p, q, r의 높이는 각각 $3h$, $3h$, h이고, A, B의 질량은 m이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, A, B는 동일 연직면에서 운동하며, 물체의 크기, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. r에서 A의 운동 에너지는 $10mgh$이다.

ㄴ. q에서 r까지 운동하는 동안 중력이 B에 한 일은 $\frac{5}{2}mv^2$이다.

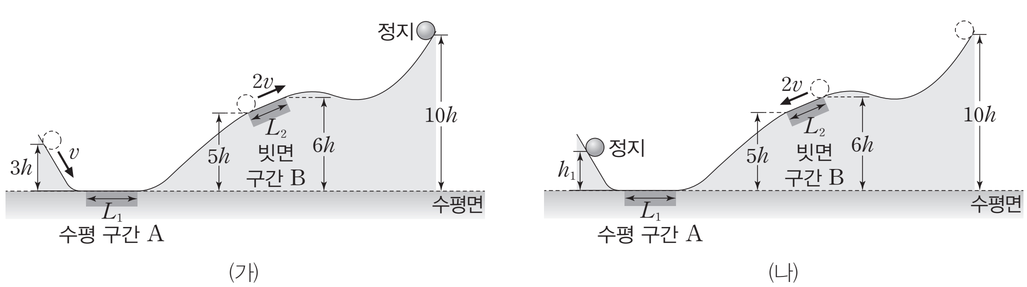
ㄷ. $l=h$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0085

그림 (가)는 높이 $3h$인 곳에서 속력 v로 출발한 물체가 궤도를 따라 운동하여 높이 $10h$인 곳에서 정지한 순간의 모습을, (나)는 (가)에서 물체가 다시 궤도를 따라 운동하여 높이 h_1인 곳에서 정지한 순간의 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 물체는 길이가 L_1인 수평 구간 A에서는 등가속도 직선 운동을, 길이가 L_2인 빗면 구간 B에서는 속력 $2v$로 등속도 운동을 하였다. B의 시작점과 끝점의 높이는 각각 $5h$, $6h$이다. (가)에서 물체가 A, B를 지나는 데 걸린 시간은 같고 A에서 물체에 작용하는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{3}{2}$배이다. (가), (나)의 A, B에서 물체에 작용하는 힘의 방향은 일정하다.



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

보기

ㄱ. (가)의 A, B에서 물체에 작용하는 힘의 방향은 운동 방향과 같은 방향이다.

ㄴ. $\frac{L_2}{L_1}=\frac{4}{5}$이다.

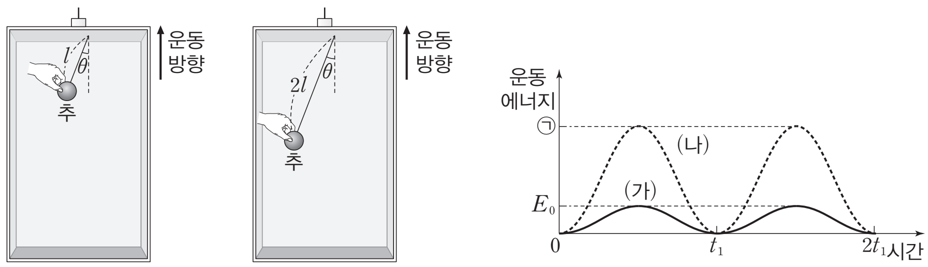
ㄷ. $h_1=\frac{3}{2}h$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0086

그림 (가), (나)는 연직 위 방향으로 각각 등속도 운동, 크기가 a인 가속도로 등가속도 운동하는 엘리베이터 안에서 길이가 각각 l, $2l$인 실에 연결된 추를 실과 연직선이 이루는 각이 θ를 이루도록 잡고 있는 것을 나타낸 것이다. 추의 질량은 (가)와 (나)에서 같다. 그림 (다)는 (가)와 (나)에서 추를 가만히 놓은 순간부터 추가 단진동을 할 때, 각각 엘리베이터 내부에 정지한 좌표계에서 관측한 추의 운동 에너지를 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나) (다)

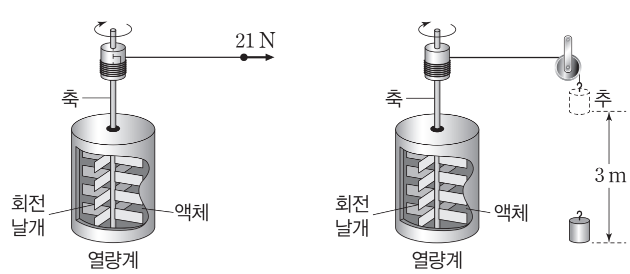
a와 ㉠으로 옳은 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 추의 크기와 실의 질량은 무시한다.)

	a	㉠
①	$\frac{g}{2}$	$2E_0$
②	g	$2E_0$
③	g	$4E_0$
④	$2g$	$4E_0$
⑤	$2g$	$8E_0$

06

▸26070-0087

그림 (가)와 같이 질량이 500 g인 액체가 가득 차 있는 열량계에 수평 방향으로 연결된 실을 크기가 21 N인 일정한 힘으로 10 m만큼 당겼더니 힘이 한 일이 모두 액체의 온도 변화에 사용되어 액체의 온도가 0.2 ℃만큼 증가하였다. 그림 (나)와 같이 (가)의 열량계에 질량이 21 kg인 추를 연결하여 수평면으로부터 높이가 3 m인 지점에서 가만히 놓았더니 추가 속력 v로 수평면에 도달했을 때 액체의 온도가 0.4 ℃만큼 증가하였다.



(가) (나)

액체의 비열과 v로 옳은 것은? (단, 열의 일당량은 4.2 J/cal, 중력 가속도는 10 m/s^{2}이고, (나)에서 추의 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량은 추의 운동 에너지와 액체의 온도 변화에만 이용된다.)

	비열(cal/g·℃)	v(m/s)
①	0.5	$2\sqrt{5}$
②	0.5	$2\sqrt{10}$
③	0.5	$2\sqrt{15}$
④	1.0	$2\sqrt{5}$
⑤	1.0	$2\sqrt{10}$

테마

06 전기장과 정전기 유도

1 전기장과 전기력선

(1) 쿨롱 법칙

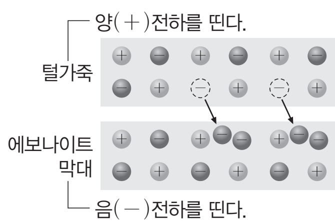
① 대전과 대전체: 물체가 전기를 띠는 현상을 대전, 전기를 띤 물체를 대전체라고 한다.

② 전하: 모든 전기 현상의 근원을 전하라고 하며, 그 양을 전하량이라고 한다. 예 기본 전하량(e): 1.602×10^{-19} C

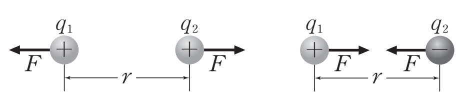
③ 전하의 종류: 양(+)전하, 음(−)전하

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.



▲ 척력　　▲ 인력

⑥ 쿨롱 법칙: 두 점전하 사이의 전기력의 크기는 각 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하며, 두 전하를 잇는 직선상에서 작용한다. 거리 r만큼 떨어져 있는 전하량 q_1, q_2인 두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$이다. k는 쿨롱 상수로, $k=8.99\times10^9\ \mathrm{N\cdot m^2/C^2}$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(+1 C)를 놓았을 때 이 단위 양전하에 작용하는 전기력의 크기를 그 점에서의 전기장의 세기라 하고, 기호 E로 표시한다. 전기장의 세기가 E인 지점에 전하량이 q인 전하를 놓았을 때 전하에 작용하는 전기력의 크기를 F라고 하면 전기장의 세기 E는 다음과 같다.

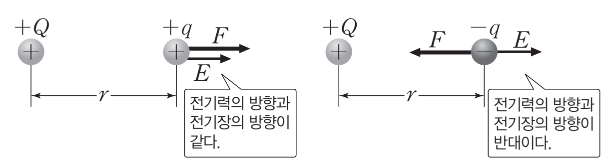
$$E=\frac{F}{q}\ (\text{단위: N/C})$$

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 Q인 점전하로부터 떨어진 거리가 r인 곳에서 전하량이 q인 점전하에 작용하는 전기력의 크기를 F라 하면 전하량이 Q인 점전하로부터 떨어진 거리가 r인 곳에서의 전기장의 세기 E는 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.

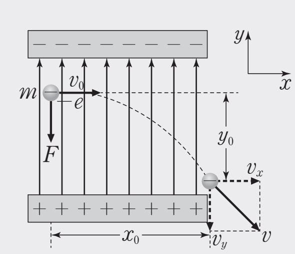
더 알기　균일한 전기장에 수직으로 입사한 전자의 운동

① 균일한 전기장에서 운동하는 전자는 전기장의 방향과 반대 방향으로 일정한 크기의 전기력을 받아 등가속도 운동을 한다. 세기가 E로 균일한 전기장에서 전하량이 $-e$, 질량이 m인 전자가 운동할 때 받는 전기력의 크기는 $F=eE=ma$이다.

② 전자는 $+y$방향으로 형성된 전기장에 수직인 x방향으로는 전기력을 받지 않으므로 등속도 운동을, y방향으로는 가속도의 크기가 $\frac{eE}{m}$인 등가속도 운동을 한다. 즉, 전자는 포물선 운동을 한다.

③ v_0의 속력으로 전기장에 수직으로 입사한 전자의 t초 후 x, y방향의 속도의 크기와 변위의 크기는 다음과 같다.

$$v_x=v_0,\ v_y=at=\frac{eEt}{m},\ x_0=v_0t,\ y_0=\frac{1}{2}\left(\frac{eE}{m}\right)t^2$$



2 정전기 유도와 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.
- 금속이나 탄소 막대에는 특정 원자에 속박되지 않고 여러 원자 사이를 자유롭게 이동할 수 있는 자유 전자가 많다.

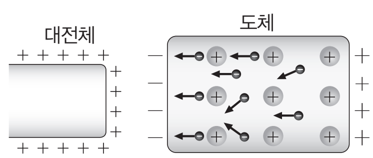
② 절연체: 비저항이 커서 전류가 잘 흐르지 못하는 물질을 절연체 또는 부도체라고 한다.

예 유리, 종이, 고무, 나무, 순수한 물(증류수) 등

- 절연체의 전자들은 대부분 원자에 구속되어 있으며, 자유 전자가 없다.
- 절연체에도 열 또는 강한 전기장을 가하거나 불순물을 첨가하면 전류를 흐르게 할 수 있다.

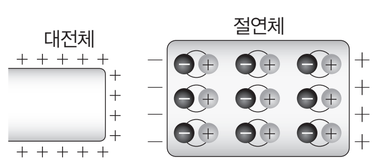
(2) 정전기 유도와 유전 분극

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.



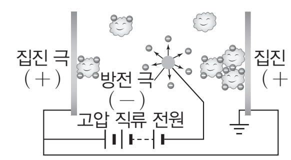
▲ 절연체에서의 정전기 유도(유전 분극)

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

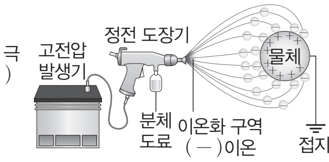
(4) 정전기 유도 현상의 이용

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 접지시키고 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 띠는 토너가 드럼의 양(+)전하로 대전된 부분에 붙는다.

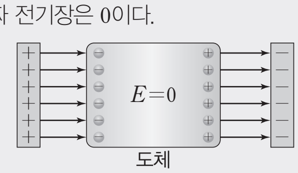
(5) 방전과 접지

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.

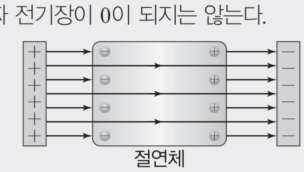
② 접지: 감전, 정전기에 의한 화재나 고장 등을 방지할 목적으로 전기 기기를 지면과 도선으로 연결하는 것이다. 접지된 피뢰침을 이용하여 번개에 의한 건물의 피해를 예방하고, 주유기를 접지하여 방전에 의한 화재를 예방한다.

더 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.



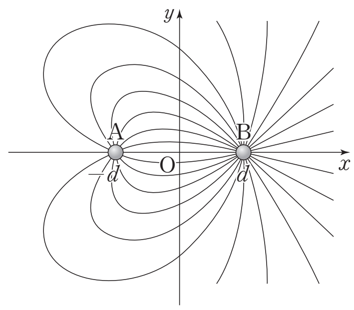
전기장에 절연체가 놓여 있을 때 절연체에서는 유전 분극이 일어나 외부 전기장과 반대 방향으로 절연체 내부에 전기장이 형성된다. 이때 절연체 내부 전기장의 세기는 외부 전기장의 세기보다 작으므로 절연체에서는 내부의 알짜 전기장이 0이 되지는 않는다.



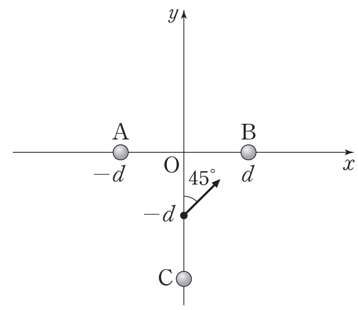
테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림 (가)는 원점 O에서 각각 d만큼 떨어져 x축상에 고정되어 있는 점전하 A, B 주위의 전기력선을 방향 표시 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 y축상에 점전하 C를 고정했을 때, y축상의 $y=-d$인 점에서 A, B, C에 의한 전기장의 방향이 y축과 45°의 각을 이루는 것을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 전하량의 크기는 A가 B보다 작다.
ㄴ. (가)에서 x축상의 $-d<x<d$인 구간에 전기장의 세기가 0인 지점이 있다.
ㄷ. B와 C는 전하의 종류가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

전하에서 나오거나 들어가는 전기력선의 수가 많을수록 전하의 전하량의 크기가 크다.

간략 풀이

ㄱ 전하에서 나오거나 들어가는 전기력선 수가 A에서가 B에서보다 작으므로 전하량의 크기는 A가 B보다 작다.

ㄴ. A, B 사이의 전기력선이 서로 연결되어 있으므로 두 전하의 종류는 다르다. 따라서 두 전하 사이에 전기장이 0인 지점은 생기지 않는다.

ㄷ. $y=-d$인 점에서 A, B, C에 의한 전기장 방향의 x성분이 $+x$방향이고 A, B의 전하의 종류가 다르므로 A는 양(+)전하, B는 음(−)전하이다. y방향의 전기장 방향은 $+y$방향이므로 C는 양(+)전하이다.

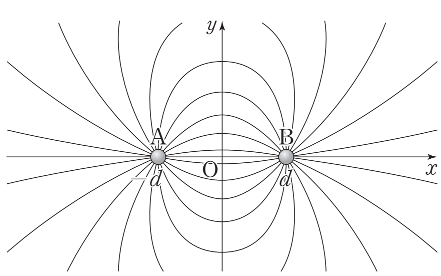
정답 | ①

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

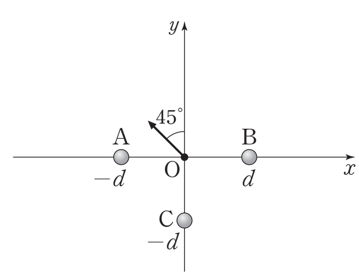
정답과 해설 18쪽

▸26070-0088

그림 (가)는 원점 O에서 각각 d만큼 떨어져 x축상에 고정되어 있는 점전하 A, B 주위의 전기력선을 방향 표시 없이 나타낸 것이다. 전기력선은 y축을 중심으로 대칭이다. 그림 (나)는 (가)에서 y축상에 점전하 C를 고정했을 때, O에서 A, B, C에 의한 전기장의 방향이 y축과 45°의 각을 이루는 것을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 전하량의 크기는 A와 B가 같다.
ㄴ. (가)에서 x축상의 $x>d$인 구간에 전기장의 세기가 0인 지점이 있다.
ㄷ. A와 C는 전하의 종류가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

전기력선의 방향 표시가 없는 것은 유사하나 전하에서 나오거나 들어가는 전기력선의 모양이 전하 주위로 서로 대칭인 것은 차이가 있다.

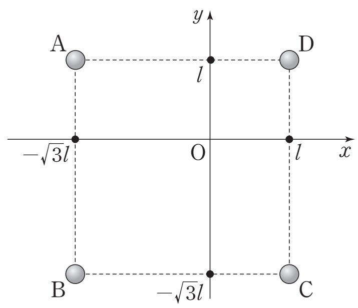
배경 지식

A, B 사이의 전기력선이 연결되어 있으므로 A, B의 전하의 종류는 서로 다르다.

01

▸26070-0089

그림과 같이 전하량의 크기가 같은 점전하 A, B, C, D가 xy 평면상의 정사각형의 네 꼭짓점에 각각 고정되어 있다. 전하의 종류는 A, C가 같고, B, D가 같으며 A, B는 서로 다르다. 원점 O에 양(+)전하를 띤 입자 Q를 가만히 놓은 순간 A, C가 Q에 작용하는 전기력의 방향은 D를 향하는 방향이다.



Q를 O에 가만히 놓은 순간, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. B는 음(−)전하이다.

ㄴ. A, C가 x축 방향으로 Q에 작용하는 전기력의 크기는 같다.

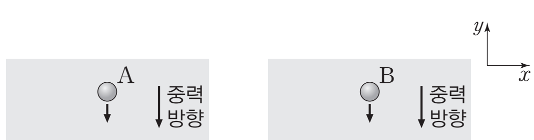
ㄷ. Q에 작용하는 전기력의 크기는 B가 D의 $\frac{1}{2}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▸26070-0090

그림 (가), (나)는 균일한 전기장이 형성되어 있는 xy 평면에서 양(+)전하로 대전된 전하량이 같은 동일한 입자 A, B가 $-y$방향인 중력 방향으로 각각 등속도 운동과 등가속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. B의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기보다 작다.



(가) (나)

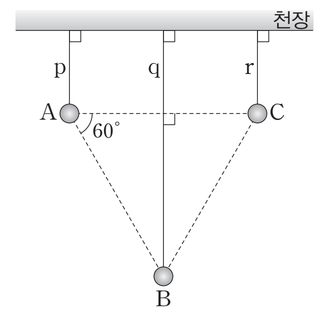
(가), (나)에서의 전기장의 세기가 각각 $E_{(가)}$, $E_{(나)}$일 때 전기장의 방향과 세기를 옳게 비교한 것은? (단, 중력과 전기장에 의한 전기력을 제외한 모든 외력 및 전자기파 발생은 무시한다.)

	(가)에서 전기장의 방향	(나)에서 전기장의 방향	전기장의 세기
①	$+y$방향	$+y$방향	$E_{(가)}=E_{(나)}$
②	$-y$방향	$+y$방향	$E_{(가)}<E_{(나)}$
③	$+y$방향	$-y$방향	$E_{(가)}>E_{(나)}$
④	$-y$방향	$-y$방향	$E_{(가)}=E_{(나)}$
⑤	$+y$방향	$+y$방향	$E_{(가)}>E_{(나)}$

03

▸26070-0091

그림과 같이 질량이 m으로 같은 대전된 도체구 A, B, C가 수평인 천장에 연결된 절연된 실 p, q, r에 각각 매달려 있다. p, q, r는 수평인 천장에서 같은 거리만큼 떨어진 지점에 연결되어 있고 A, C는 음(−)전하로 대전되어 있으며 B는 양(+)전하로 대전되어 있다. A가 B, C와 이루는 각은 60°이고 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 F이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 실의 질량과 도체구의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. p가 A에 작용하는 힘의 크기는 r가 C에 작용하는 힘의 크기보다 크다.

ㄴ. A가 C에 작용하는 전기력의 크기는 $\frac{1}{2}F$이다.

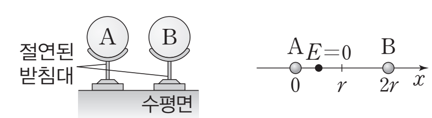
ㄷ. q가 B에 작용하는 힘의 크기는 mg이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

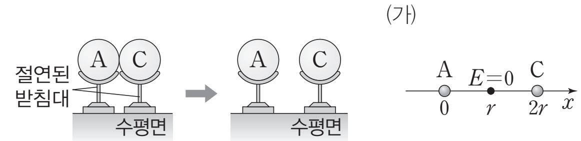
04

▸26070-0092

그림 (가)는 절연된 받침대 위에 놓인 대전된 도체구 A, B를 x축상의 $x=0$, $x=2r$에 각각 고정시켰을 때 전기장 E가 0인 지점의 위치를 x축상에 나타낸 것이고, (나)는 (가)에서 A와 대전되지 않은 도체구 C를 서로 접촉하였다가 다시 분리한 후 x축상의 $x=0$, $x=2r$인 점에 각각 고정시켰을 때 전기장 E가 0인 지점의 위치를 x축상에 나타낸 것이다.



(가)



(나)

B가 양(+)전하로 대전되어 있을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 도체구와 받침대의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. (가)에서 A는 양(+)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. (나)에서 A에 의해 C에 대전된 전하량의 크기는 (가)에서 B에 대전된 전하량의 크기보다 작다.

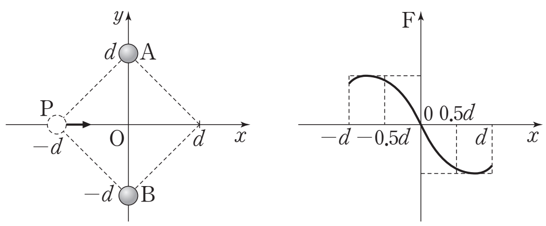
ㄷ. (가)에서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서 A가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0093

그림 (가)는 xy 평면에서 y축상의 $y=d$, $y=-d$에 각각 고정되어 있는 점전하 A, B와 x축상의 $x=-d$에 가만히 놓은 양(+)전하로 대전된 입자 P가 $+x$방향으로 전기력을 받는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 $-d<x<d$인 구간에서 P의 위치에 따라 A와 B가 P에 작용하는 전기력 F를 나타낸 것이다. F의 방향은 $+x$방향이 양(+)이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

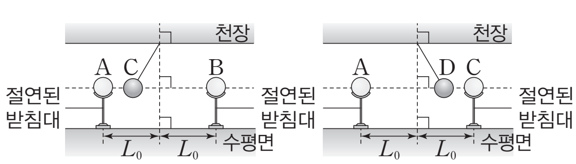
보기
ㄱ. A는 양(+)전하이다.
ㄴ. A와 B의 전하량의 크기는 같다.
ㄷ. A가 P에 작용하는 전기력의 크기는 P의 위치가 $x=-\frac{d}{2}$일 때가 $x=\frac{d}{4}$일 때보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

06

▸26070-0094

그림 (가), (나)는 질량이 같은 대전된 동일한 도체구 A, B, C, D가 절연된 실을 통해 천장에 매달려 정지해 있거나 절연된 받침대 위에 놓여 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C, D는 각각 수평면으로부터 동일한 높이에 위치해 있고 A와 C는 음(−)전하로 대전되어 있으며 대전된 전하량의 크기는 A가 C보다 작다.



(가) (나)

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

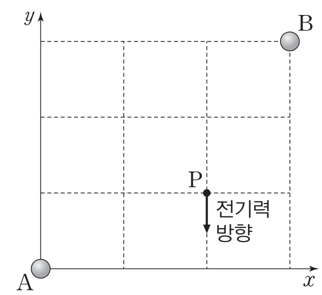
보기
ㄱ. B는 음(−)전하로 대전되어 있다.
ㄴ. (가)에서 A가 C에 작용하는 전기력의 크기는 B가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.
ㄷ. (나)에서 A와 D 사이에는 서로 미는 방향의 전기력이 작용한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0095

그림과 같이 간격이 일정한 모눈이 그려진 xy 평면상에 점전하 A, B가 고정되어 있다. 모눈 위의 점 P에 음(−)전하로 대전된 입자를 가만히 놓는 순간 입자에 작용하는 전기력의 방향은 $-y$ 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

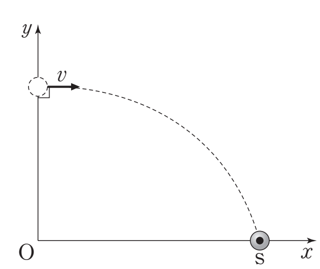
보기
ㄱ. A는 양(+)전하이다.
ㄴ. 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.
ㄷ. 전하의 종류는 A와 B가 서로 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

08

▸26070-0096

그림은 세기가 E인 균일한 전기장이 $+y$방향으로 형성된 xy 평면에서 질량이 m인 입자를 y축에 수직으로 속력 v로 입사시켰을 때 입자가 포물선 운동을 하여 x축상의 점 s를 통과하는 순간의 모습을 나타낸 것이다. 입자가 입사한 순간부터 s를 통과할 때까지 걸린 시간은 t이며 입자에 대전된 전하량의 크기는 q이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 입자의 크기와 전자기파 발생은 무시한다.)

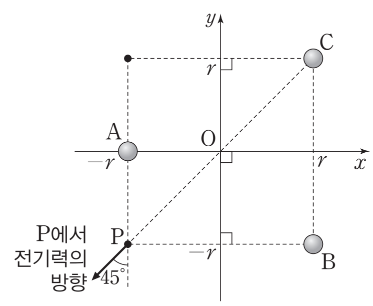
보기
ㄱ. 입자는 음(−)전하로 대전되어 있다.
ㄴ. O에서 s까지의 수평 거리는 vt이다.
ㄷ. 입자가 y축상의 점을 통과하는 순간부터 s에 도달할 때까지 y축 방향으로 이동한 거리는 $\frac{qE}{2m}t^2$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▸26070-0097

그림과 같이 xy 평면상에 점전하 A, B, C가 각각 고정되어 있을 때 점 P에 양(+)전하로 대전된 입자를 가만히 놓은 순간 입자에 작용하는 전기력의 방향은 y축과 $45°$를 이룬다. A, B는 음(−)전하이고 A, B가 각각 입자에 작용하는 전기력의 크기는 같다.



P에 입자를 놓는 순간, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

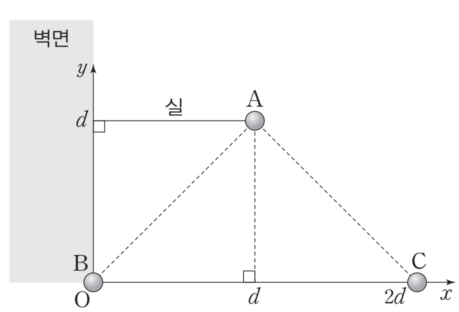
ㄱ. 전하량의 크기는 A가 B의 $\frac{1}{4}$배이다.
ㄴ. 전하의 종류는 A와 C가 같다.
ㄷ. C가 입자에 작용하는 전기력의 크기는 A, B, C가 입자에 작용하는 전기력의 합력의 크기보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0098

그림과 같이 y축이 벽면과 나란한 xy 평면상의 (d, d), 원점 O, $(2d, 0)$인 지점에 도체구 A는 가만히 놓여 있고 도체구 B, C는 각각 고정되어 있다. A는 절연된 팽팽한 실을 통해 벽면상의 $y=d$인 지점에 연결되어 있다. 실이 A에 작용하는 힘의 크기는 F이고, A는 음(−)전하로 대전되어 있다.



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

보기

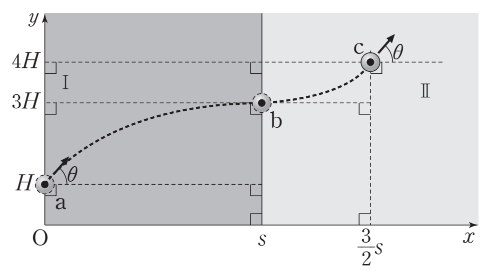
ㄱ. 전하의 종류는 B와 C가 같다.
ㄴ. 전하량의 크기는 B와 C가 같다.
ㄷ. C가 A에 작용하는 힘의 크기는 $\sqrt{2}F$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0099

그림은 y축과 나란한 방향의 세기가 서로 다른 균일한 전기장이 형성된 영역 Ⅰ과 Ⅱ의 xy 평면에서 대전된 입자를 x축과 각 θ를 이루며 Ⅰ의 점 a에 입사시켰을 때 입자가 Ⅰ과 Ⅱ의 경계에 위치한 점 b를 x축과 나란한 방향으로 통과한 뒤 Ⅱ의 점 c에서 x축과 각 θ를 이루며 진행하는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

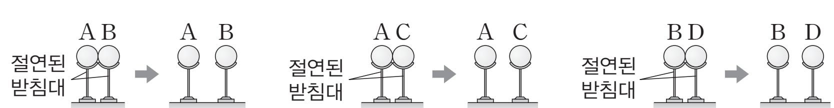
보기
ㄱ. Ⅰ, Ⅱ에서의 전기장의 방향은 서로 반대이다.
ㄴ. 입자의 속력은 a에서와 c에서가 같다.
ㄷ. 전기장의 세기는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 $\frac{1}{4}$배이다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0100

그림 (가), (나), (다)는 절연된 받침대 위에 놓인 대전된 동일한 도체구 A, B, C, D 중 (가)에서는 A, B를, (나)에서는 A, C를, (다)에서는 B, D를 각각 서로 접촉한 뒤 다시 분리시킨 모습을 나타낸 것이다. 접촉하기 전 도체구에 대전된 전하량의 크기는 각각 C와 D가 $2Q$, $4Q$이며 전하의 종류는 A, C는 서로 같고 B, D는 서로 반대이며 D는 양(+)전하이다. 분리된 후 각 도체구에 대전된 전하량은 (가)에서는 0이고, (나)에서는 $+2Q$이며, (다)에서는 $+Q$이다.



(가)　(나)　(다)

접촉하기 전 도체구에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

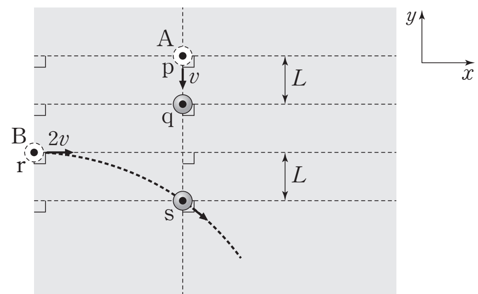
보기
ㄱ. 전하량의 크기는 A가 B보다 작다.
ㄴ. C는 양(+)전하로 대전되어 있다.
ㄷ. B의 전하량의 크기는 $2Q$보다 크다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0101

그림은 균일한 전기장이 형성된 xy 평면에서 양(+)전하로 대전된 입자 A가 점 p에서 속력 v로 점 q를 향해 y축과 나란한 방향으로 이동하는 모습과 입자 B가 점 r에서 속력 $2v$로 x축과 나란한 방향으로 입사하여 점 s를 지나 이동하는 모습을 각각 나타낸 것이다. q에서의 A의 속력은 0이고 입자의 질량은 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이며 대전된 전하량의 크기는 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B 사이의 상호작용과 전자기파 발생은 무시한다.)

보기

ㄱ. 전기장의 방향은 $+y$방향이다.

ㄴ. B는 음(−)전하로 대전되어 있다.

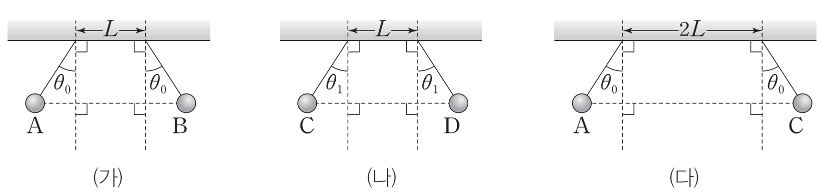
ㄷ. p에서 A의 운동 에너지는 s에서 B의 운동 에너지의 $\frac{1}{10}$배이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0102

그림 (가), (나), (다)는 질량이 같은 대전된 동일한 도체구 A, B, C, D가 (가)에서는 A, B가, (나)에서는 C, D가, (다)에서는 A, C가 각각 절연된 실을 통해 천장에 매달려 있는 모습을 나타낸 것이다. 두 실이 천장에 매달린 간격은 (다)에서가 (가), (나)에서의 2배이다. 표는 도체구에 대전된 전하의 종류와 대전된 전하량의 크기를 나타낸 것이다.



도체구	전하의 종류	전하량의 크기
A	㉠	Q
B	−	㉣
C	㉡	㉤
D	㉢	$2Q$

(+: 양(+)전하, −: 음(−)전하)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠, ㉡, ㉢은 모두 '−'가 적절하다.

ㄴ. ㉣은 ㉤보다 크다.

ㄷ. $\theta_0 < \theta_1$이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

저항의 연결과 전기 에너지

1 전압(전위차)과 전류

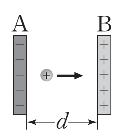
(1) **전위**: 단위 양전하($+1$ C)를 전기장 내의 기준점으로부터 어떤 점까지 이동시키는 데 필요한 일로, 단위 양전하($+1$ C)가 가지는 전기력에 의한 퍼텐셜 에너지를 나타낸다.

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 $+q$인 전하를 전기장 내의 한 점 A에서 다른 점 B까지 이동시키는 데 필요한 일을 W라고 하면, 두 지점 사이의 전위차 $\varDelta V$는 다음과 같다.

$$\varDelta V=V_{\mathrm{B}}-V_{\mathrm{A}}=\frac{W}{q}\ \text{[단위: V(볼트) 또는 J/C]}$$

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



$$W=Fd=qEd=q\varDelta V,\ \varDelta V=Ed$$

(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 시간 t 동안 통과한 전하량을 Q라고 하면 전류의 세기 I는 다음과 같다.

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

(4) **전기 저항과 옴의 법칙**

① 전기 저항(R): 전류의 흐름을 방해하는 정도를 수치로 나타낸 값이다.

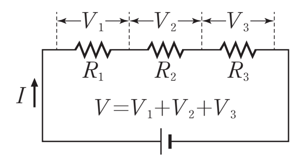
$$R=\rho\frac{l}{S}\ [\text{단위: }\Omega\text{(옴)},\ \rho\text{: 비저항},\ l\text{: 길이},\ S\text{: 단면적}]$$

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.

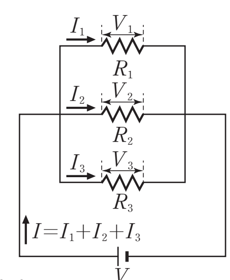
$$V=V_1+V_2+V_3$$

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.

(3) **전기 에너지**: 저항에 세기가 I인 전류가 시간 t 동안 흐르면 이동한 전하량은 $q=It$가 되므로 이 전하가 저항에 한 일은 다음과 같다.

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

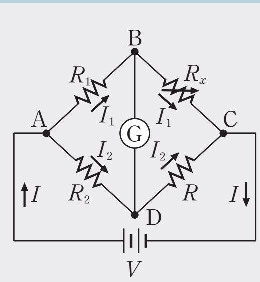
(4) **전력**: 단위 시간(1초) 동안에 소비하거나 공급되는 전기 에너지

① 저항값이 R인 저항에 걸린 전압이 V일 때 저항에 세기가 I인 전류가 시간 t 동안 흐른다면 전력 P는 다음과 같다.

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

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

더 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.

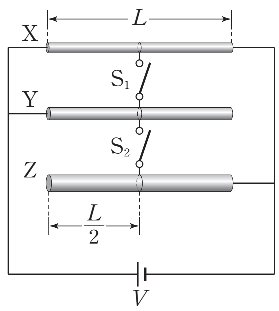
검류계에 전류가 흐르지 않는다는 것은 점 B와 D의 전위가 같다는 것을 의미한다. 즉, 저항값이 각각 R_1, R_2인 저항 양단에 걸리는 전위차가 같다. 저항값이 각각 R_1, R_2인 저항에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_1, I_2라고 하면 $I_1R_1=I_2R_2$이다.

마찬가지로 가변 저항과 미지의 저항 양단에 걸리는 전위차도 같으므로 $I_1R_x=I_2R$이다. 이를 정리하면 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}=\frac{R}{R_x}$이므로 $R=\frac{R_2R_x}{R_1}$이다.

테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 동일한 재질의 원통형 금속 막대 X, Y, Z와 스위치 S_1, S_2를 전압이 V로 일정한 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. X, Y, Z의 길이는 L로 모두 같고 단면적은 각각 A, $2A$, $4A$이다. S_1은 X, Y의 길이가 각각 절반인 지점에, S_2는 Y, Z의 길이가 각각 절반인 지점에 연결되어 있다. S_1과 S_2가 모두 열려 있을 때, 회로 전체에서 소비되는 전력은 P_0이다.



S_1과 S_2가 모두 닫혀 있을 때, 회로 전체에서 소비되는 전력은? (단, 금속 막대의 비저항은 일정하다.)

① $\frac{13}{4}P_0$　② $\frac{7}{2}P_0$　③ $\frac{15}{4}P_0$　④ $4P_0$　⑤ $\frac{17}{4}P_0$

접근 전략

저항의 비저항을 ρ, 길이를 L, 단면적을 A라 할 때 저항의 크기는 $\rho\frac{L}{A}$이다.

간략 풀이

X, Y, Z의 단면적이 각각 A, $2A$, $4A$이므로 X의 저항값을 $2R$라 할 때 Y, Z의 저항값은 각각 R, $\frac{R}{2}$이다. 스위치를 모두 열었을 때 회로의 합성 저항값은 $2R$이고 스위치를 모두 닫았을 때 회로의 합성 저항값은 $\frac{8}{15}R$이다. 전체 스위치를 열고 닫았을 때 회로의 합성 저항값의 비가 15 : 4이므로 회로의 전체 소비 전력의 비는 4 : 15이다. 따라서 스위치를 모두 닫았을 때 회로 전체에서 소비되는 전력은 $\frac{15}{4}P_0$이다.

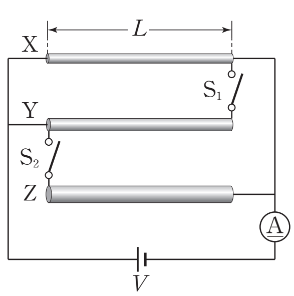
정답 | ③

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 21쪽

▸26070-0103

그림과 같이 동일한 재질의 원통형 금속 막대 X, Y, Z와 스위치 S_1, S_2, 전류계를 전압이 V로 일정한 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. X, Y, Z의 길이는 L로 모두 같고 단면적은 각각 A, $2A$, $4A$이다. S_1, S_2는 X, Y와 Y, Z의 끝 지점에 각각 연결되어 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 막대의 비저항은 일정하다.)

보기

ㄱ. 회로의 합성 저항값은 S_1, S_2를 모두 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때의 $\frac{5}{7}$배이다.

ㄴ. 전류계에 흐르는 전류의 세기는 S_1만 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때의 $\frac{3}{5}$배이다.

ㄷ. 회로 전체에서 소비되는 전력은 S_1만 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때보다 작다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

회로의 구성은 비슷하나 스위치의 연결 위치와 전류계에 흐르는 전류의 세기를 확인하는 점이 다르다.

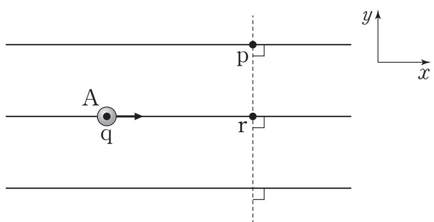
배경 지식

회로 전체에서 소비되는 전력은 회로의 합성 저항값에 반비례한다.

01

▸26070-0104

그림과 같이 음(−)전하 A를 x축과 나란한 균일한 전기장 내의 점 q에 가만히 놓았을 때 A는 q에서 r방향으로 전기력을 받았다. 점 p, q, r는 전기장 내의 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

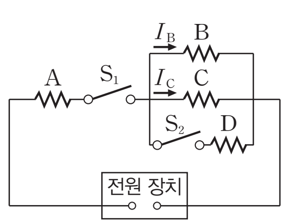
ㄱ. 전기장의 방향은 $-x$방향이다.
ㄴ. 전위는 r에서가 q에서보다 높다.
ㄷ. 전위차는 p, q 사이가 q, r 사이보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▸26070-0105

그림과 같이 저항 A, B, C, D, 스위치 S_1, S_2를 전압이 일정한 전원 장치에 연결하여 회로를 구성하였다. B, C에 흐르는 전류의 세기는 각각 I_B, I_C이며 S_1만 닫았을 때 I_B는 I_C의 2배이다. 저항값은 A, C, D가 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

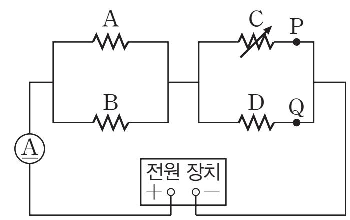
ㄱ. 저항값은 B가 C의 2배이다.
ㄴ. S_1만 닫았을 때 저항 양단에 걸린 전압은 A에서가 C에서의 3배이다.
ㄷ. S_1과 S_2를 모두 닫았을 때 D에 흐르는 전류의 세기는 I_B의 $\frac{1}{2}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0106

그림과 같이 저항 A, B, D와 가변 저항 C, 전류계를 전압이 일정한 전원 장치에 연결하여 회로를 구성하였다. 저항값은 A, B가 같고 C의 저항값이 R일 때 A와 D의 양단에 걸린 전압은 같고 전류계에 흐르는 전류의 세기는 I이다. 점 P, Q는 각각 회로상의 한 점이며 C의 저항값이 R일 때 P, Q에 흐르는 전류의 세기는 P에서가 Q에서의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

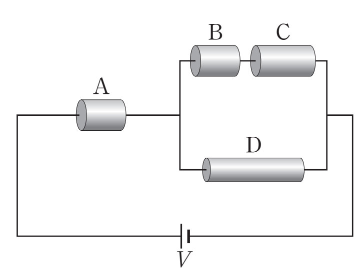
ㄱ. A의 저항값은 $\frac{4}{3}R$이다.
ㄴ. C의 저항값이 R일 때 P에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{2}{3}I$이다.
ㄷ. C의 저항값이 $2R$일 때 저항 양단에 걸린 전압은 B에서가 D에서의 $\frac{1}{3}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

04

▸26070-0107

그림은 원통형 금속 막대 A, B, C, D와 전압이 V인 전원으로 구성된 회로를 나타낸 것이다. 비저항은 A, B, C, D가 같고 단면적은 A, B, C가 D의 2배이다. 길이는 A, B가 각각 D의 $\frac{1}{2}$배이며, A와 D에 흐르는 전류의 세기는 A에서가 D에서의 2배이다.



이에 대한 설명 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

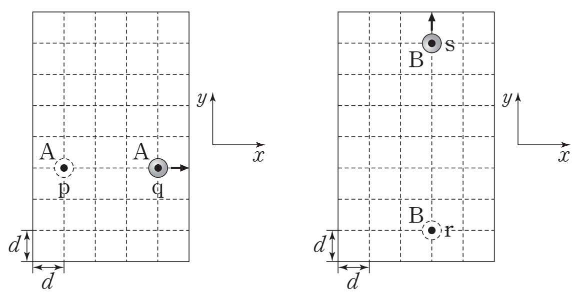
ㄱ. C의 길이는 D의 길이와 같다.
ㄴ. A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{1}{3}V$이다.
ㄷ. B에서 소비하는 전력은 C에서 소비하는 전력과 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

05

▸26070-0108

그림 (가)는 균일한 전기장이 형성된 모눈이 그려진 영역에서 점 p에 가만히 놓은 입자 A가 $+x$방향으로 등가속도 운동을 하여 점 q를 지나는 것을, (나)는 균일한 전기장이 형성된 모눈이 그려진 영역에서 점 r에 가만히 놓은 입자 B가 $+y$방향으로 등가속도 운동을 하여 점 s를 지나는 것을 나타낸 것이다. A, B는 양(+)전하로 대전되어 있고, A, B의 질량과 전하량의 크기는 각각 같다. A, B가 각각 p에서 q까지, r에서 s까지 이동하는 동안 걸린 시간은 서로 같다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가), (나)의 모눈 간격은 같다.)

보기

ㄱ. (가)에서 전기장의 방향은 $+x$방향이다.

ㄴ. 전기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{2}$배이다.

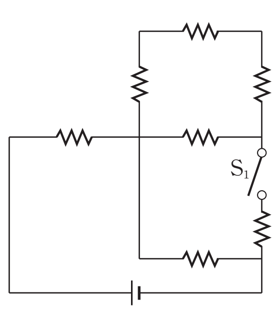
ㄷ. (가)에서 A가 p에서 q까지 이동하는 동안 전기력이 A에 한 일은 (나)에서 B가 r에서 s까지 이동하는 동안 전기력이 B에 한 일의 $\frac{1}{4}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0109

그림과 같이 저항값이 R인 저항 7개, 스위치 S_1을 전압이 일정한 전원에 연결하여 회로를 구성하였다.



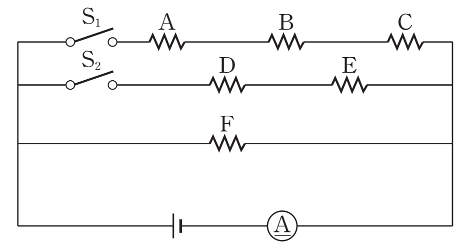
S_1을 닫았을 때 회로의 합성 저항값은?

① $\frac{18}{11}R$ ② $\frac{19}{11}R$ ③ $2R$ ④ $\frac{15}{4}R$ ⑤ $5R$

07

▸26070-0110

그림과 같이 스위치 S_1, S_2, 동일한 저항 A, B, C, D, E, F, 전류계를 전압이 일정한 전원에 연결하여 회로를 구성하였다.



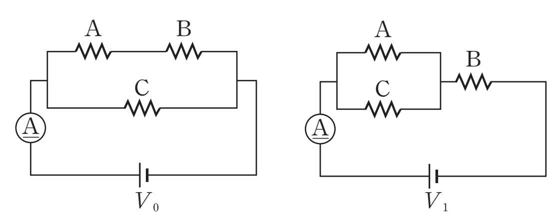
S_1만 닫았을 때 전류계에 흐르는 전류의 세기를 I_1, S_2만 닫았을 때 전류계에 흐르는 전류의 세기를 I_2라 할 때 $\frac{I_1}{I_2}$은?

① $\frac{3}{11}$ ② $\frac{3}{10}$ ③ $\frac{8}{9}$ ④ 1 ⑤ $\frac{8}{7}$

08

▸26070-0111

그림 (가), (나)와 같이 동일한 저항 A, B, C와 전류계를 전압이 V_0 또는 V_1인 전원에 연결하여 회로를 각각 구성하였다. B의 양단에 걸린 전압은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $V_0=\frac{8}{3}V_1$이다.

ㄴ. 전류계에 흐르는 전류의 세기는 (가)에서가 (나)에서의 6배이다.

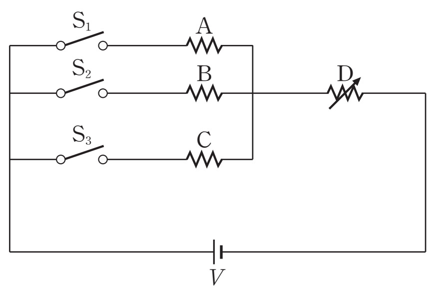
ㄷ. A의 양단에 걸린 전압은 (가)에서가 (나)에서의 4배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01

▸26070-0112

그림과 같이 스위치 S_1, S_2, S_3, 저항 A, B, C 가변 저항 D, 전압이 V인 전원으로 회로를 구성하였다. 표는 회로에서 닫힌 스위치와 D의 저항값에 따른 D의 양단에 걸린 전압을 나타낸 것이다.



닫힌 스위치	D의 저항값	D의 양단에 걸린 전압
S_1	$2R$	$\frac{1}{2}V$
S_2	R	$\frac{1}{5}V$
S_3	$\frac{2}{3}R$	$\frac{1}{4}V$

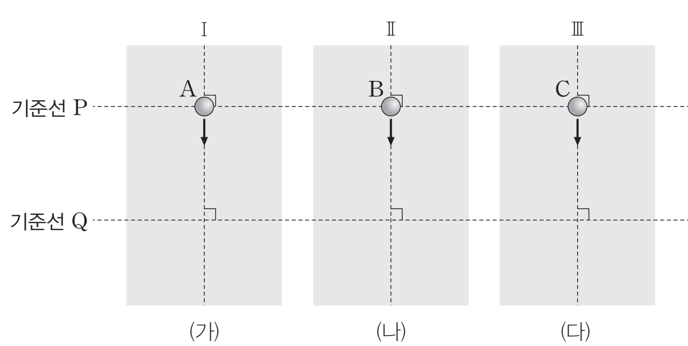
스위치를 모두 닫고 D의 저항값이 R일 때 D에서 소비되는 전력은?

① $\frac{25V^2}{81R}$　② $\frac{25V^2}{72R}$　③ $\frac{V^2}{R}$　④ $\frac{30V^2}{23R}$　⑤ $\frac{2V^2}{R}$

02

▸26070-0113

그림 (가), (나), (다)는 질량과 대전된 전하량의 크기가 각각 같은 입자 A, B, C를 세기가 다른 균일한 전기장이 형성된 영역 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ의 기준선 P에 각각 가만히 놓은 모습을 나타낸 것이다. 전기장의 방향은 Ⅰ, Ⅲ에서 같고 Ⅱ에서는 반대이다. Ⅱ에서 전위는 P에서가 기준선 Q에서보다 낮다. A, B, C는 각각의 영역에서 P에서 Q까지 등가속도 운동을 하며 Q에서 A, B, C의 속력은 각각 $\frac{1}{2}v$, v, $\frac{1}{4}v$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

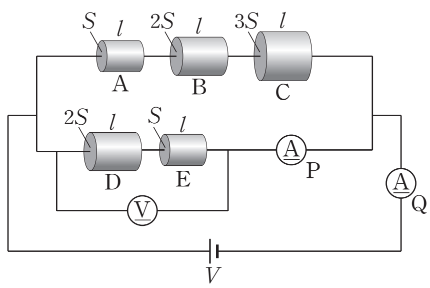
ㄱ. Ⅰ에서 전기장의 방향은 A의 운동 방향과 같다.
ㄴ. 대전된 전하의 종류는 B와 C가 같다.
ㄷ. 입자가 P에서 Q까지 이동하는 동안 입자에 작용하는 전기력이 한 일은 B에서가 C에서의 16배이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0114

그림과 같이 원통형 금속 막대 A~E, 전압계, 전류계 P, Q, 전압이 V로 일정한 전원으로 회로를 구성하였다. A, B, C는 길이가 l이고 단면적이 각각 S, $2S$, $3S$인 원통형 금속 막대이며 D, E는 길이가 l이고 단면적이 각각 $2S$, S인 원통형 금속 막대이다. 비저항은 A, B, C가 같고 D, E가 같으며, A는 D의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전압계 양단에 걸린 전압은 V이다.

ㄴ. 전류계에 흐르는 전류의 세기는 P에서가 Q에서의 $\frac{2}{3}$배이다.

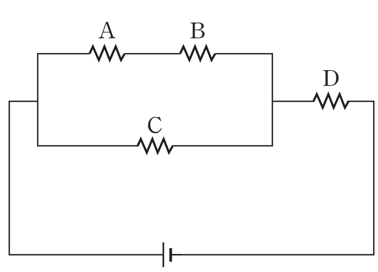
ㄷ. A, B, C에서 소비되는 전력은 D, E에서 소비되는 전력의 $\frac{9}{22}$배이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0115

그림과 같이 저항 A, B, C, D를 전압이 일정한 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. 저항에서 소비하는 전력은 A에서가 B에서의 2배이다. 저항에 흐르는 전류의 세기는 A에서가 C에서의 2배이다. 저항 양단에 걸린 전압은 C에서가 D에서의 2배이다.



A, B, C, D의 저항값이 각각 R_A, R_B, R_C, R_D일 때 $R_A : R_B : R_C : R_D$는?

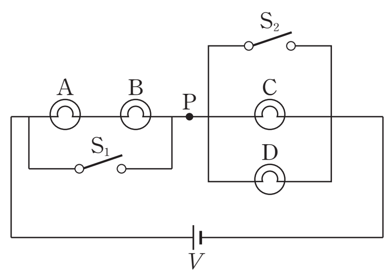
① 1 : 2 : 4 : 6
② 1 : 2 : 6 : 4
③ 2 : 1 : 6 : 1
④ 2 : 1 : 1 : 6
⑤ 1 : 1 : 6 : 2

정답과 해설 22쪽

05

▸26070-0116

그림과 같이 전구 A, B, C, D, 스위치 S_1, S_2, 전압이 V인 전원으로 회로를 구성하였다. A, B, C, D를 각각 동일한 전압에 단독으로 연결했을 때 전구의 소비 전력은 A가 B의 2배이고, C가 D의 4배이며, B와 D는 같다. P는 회로상의 점이며, S_1, S_2가 모두 열려 있을 때 P에 흐르는 전류의 세기는 I이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전구의 저항값은 B가 C의 4배이다.

ㄴ. S_2만 닫았을 때 A, B 양단에 걸린 전압은 A에서가 B에서의 $\frac{1}{2}$배이다.

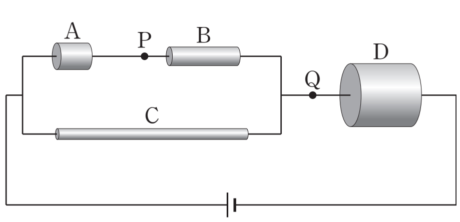
ㄷ. S_1만 닫았을 때 P에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{15}{2}I$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0117

그림과 같이 원통형 금속 막대 A, B, C, D, 전압이 일정한 전원으로 회로를 구성하였다. P, Q는 회로상의 점이다. 표는 A, B, C, D의 단면적과 길이, 전기 전도도를 나타낸 것이다. 금속 막대의 저항값은 A가 D의 4배이며, P에 흐르는 전류의 세기는 I이다.



금속 막대	A	B	C	D
단면적	$2S$	S	$\frac{1}{2}S$	$4S$
길이	l	$2l$	$4l$	$2l$
전기 전도도	σ	2σ	σ	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 금속 막대의 저항값은 B가 C의 $\frac{1}{8}$배이다.

ㄴ. ㉠은 4σ이다.

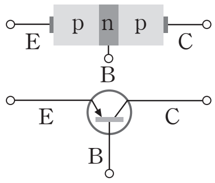
ㄷ. Q에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{19}{16}I$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

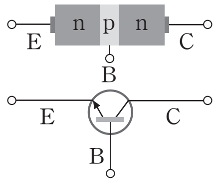
트랜지스터와 축전기

1 트랜지스터

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



▲ p−n−p형

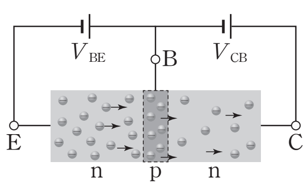


▲ n−p−n형

① 구조: 이미터(E), 베이스(B), 컬렉터(C)의 세 개의 단자가 있고 이미터와 컬렉터 사이의 베이스는 두께가 수 μm 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_E는 베이스에 흐르는 전류의 세기 I_B와 컬렉터에 흐르는 전류의 세기 I_C의 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_B의 작은 변화가 I_C의 큰 변화를 유도하여 베이스에 흐르는 작은 교류 신호를 컬렉터에서 크게 증폭할 수 있다.

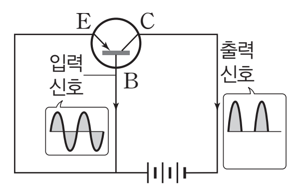
- 전류 증폭률(β): I_B에 대한 I_C의 비이다. ➡ $\beta=\dfrac{I_C}{I_B}$

(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.

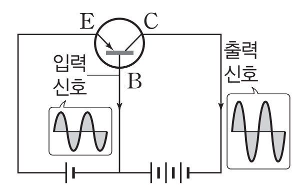
(5) 바이어스 전압: 트랜지스터를 원활하게 작동시키기 위해서는 이미터와 베이스, 베이스와 컬렉터 사이에 적절한 전압을 걸어 주어야 하는데, 이 전압을 바이어스 전압이라고 한다.

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 뺀 값인 0.9 V가 되므로 모든 신호가 증폭되어 출력된다.



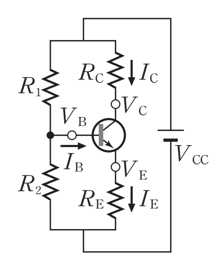
▲ 바이어스 전압을 걸지 않았을 때



▲ 바이어스 전압을 걸었을 때

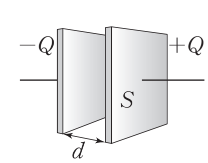
③ 증폭 회로에서 바이어스 전압: n−p−n형 트랜지스터를 전원에 연결하여 일정한 전류 증폭률로 작동시킬 때 베이스와 이미터 사이의 일정한 전압을 V_{BE}로, 컬렉터와 이미터 사이의 일정한 전압을 V_{CE}로 정해 놓고 이때 이미터 단자 전위를 V_E로 정하면, 베이스 단자 전위는 $V_B=V_E+V_{BE}$이고 컬렉터 단자 전위는 $V_C=V_E+V_{CE}$이다.

④ 전압 분할로 바이어스 전압 결정하기: 그림과 같은 회로에서 I_B가 매우 작다면, V_{CC}를 두 저항 $R_1 : R_2$로 분할하여 $V_B=\dfrac{R_2}{R_1+R_2}V_{CC}$가 되도록 하는 R_1과 R_2를 선택한다. 또 $R_E=\dfrac{V_E}{I_E} \fallingdotseq \dfrac{V_E}{I_C}$, $R_C=\dfrac{V_{CC}-V_C}{I_C}$가 되도록 R_E, R_C를 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 금속판에 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.
  ➡ $C=\varepsilon\dfrac{S}{d}$ (ε: 유전율)

② 축전기 내부에서 전기장: 극판 간격이 d인 평행판 축전기에 전원을 연결하면 두 금속판에는 전원의 전압과 같은 전위차(V)가 형성될 때까지 양(+)전하, 음(−)전하가 저장되고, 완전히 충전된 후에는 전류가 흐르지 않는다. 이때 두 금속판 사이에는 균일한 전기장(E)이 형성된다. ➡ $V=Ed$

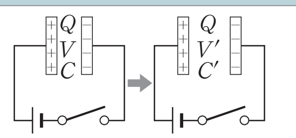
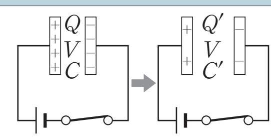
(2) 유전체의 역할

① 유전체: 유리, 종이, 나무, 플라스틱과 같은 부도체

② 축전기 속에 유전체를 넣으면 유전체의 유전 분극에 의해 축전기에 전하를 더 많이 모을 수 있다.

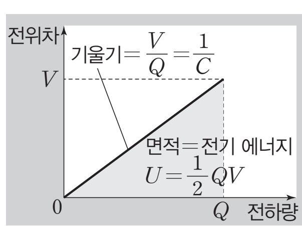
③ 유전체와 전기 용량: 유전율이 ε인 유전체를 축전기 속에 넣으면 전기 용량은 진공 상태일 때의 $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$배가 된다.($\varepsilon_0$: 진공의 유전율)

(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 → 극판 사이 전기장의 세기 일정 → 극판 간격 증가 → 극판 사이 전위차 증가	극판 사이 전위차 일정 → 극판 간격 증가 → 극판 사이 전기장의 세기 감소 → 축전기에 충전된 전하량 감소

(4) 축전기의 전기 에너지

① 충전 과정: 전기 용량이 C인 축전기에 전압이 일정한 전원을 연결하면 전하가 축전기 극판의 양단에 모이는 동안 전하량 Q와 축전기 양 극판의 전위차 V가 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

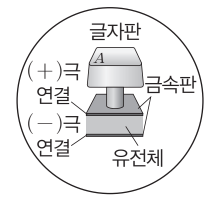
① 에너지 저장 장치로 축전기를 활용한 사례

• 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 회복시킬 수 있다.

② 전기 용량의 변화를 활용한 사례

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



▲ 키보드

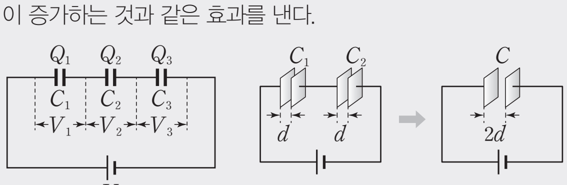
• 콘덴서 마이크: 전지에 연결된 두 금속판이 나란하게 배치되어 있어 소리에 의해 얇은 금속판이 진동할 때 두 금속판 사이의 간격이 달라지면 전기 용량이 변하게 된다.

• 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.

더 알기 축전기의 직렬연결과 병렬연결

• 축전기의 직렬연결

① 축전기를 직렬연결하면 전원에 의해 양 끝에 있는 극판에 전하가 충전된다. 이때 중간에 있는 극판 사이에는 정전기 유도에 의해 전하가 유도되어 충전되고, 축전기를 직렬연결하면 두 극판 사이의 간격이 증가하는 것과 같은 효과를 낸다.



② 전체 전하량은 하나의 축전기에 충전된 전하량과 같다.

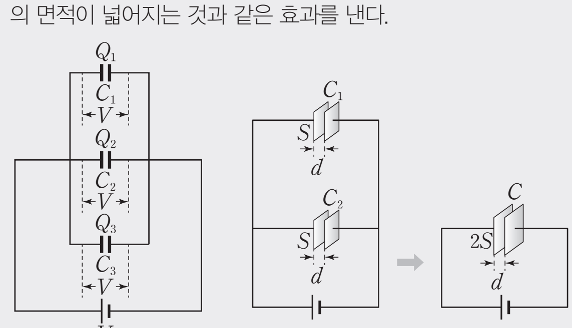
$$Q=Q_1=Q_2=Q_3$$

③ $V=V_1+V_2+V_3$이므로 합성 전기 용량 C는 C_1, C_2, C_3 중 가장 작은 것보다 작다.

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

• 축전기의 병렬연결

① 축전기를 병렬연결하면 축전기 양단에 걸리는 전압은 같고, 축전기의 면적이 넓어지는 것과 같은 효과를 낸다.



② 전체 전하량은 각 축전기에 충전된 전하량의 합과 같다.

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3$$

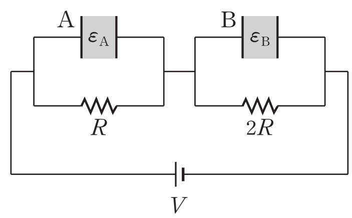
③ 합성 전기 용량 C는 다음과 같고, C_1, C_2, C_3 중 가장 큰 것보다 크다.

$$C=C_1+C_2+C_3$$

테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림은 극판 사이의 간격, 극판의 면적이 같은 평행판 축전기 A, B가 저항값이 각각 R, $2R$인 저항, 전압이 V로 일정한 전원에 연결되어 완전히 충전된 상태를 나타낸 것이다. A, B는 유전율이 각각 ε_A, ε_B인 유전체로 채워져 있고, A, B에 저장된 전기 에너지는 서로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 서로 같다.
ㄴ. $\varepsilon_A : \varepsilon_B = 4 : 1$이다.
ㄷ. 축전기에 충전된 전하량은 A가 B의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

축전기 극판 양단에 걸린 전압은 병렬로 연결된 저항 양단에 걸린 전압과 같다.

간략 풀이

축전기에 채워진 유전체의 유전율을 ε, 극판 사이의 간격을 d, 극판의 면적을 S라 하면 축전기의 전기 용량 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다.

㉠ 축전기가 완전히 충전되어 있으므로 A, B에는 더 이상 전류가 흐르지 않고 저항을 통해서만 전류가 흐른다. 따라서 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 같다.

㉡ A, B의 전기 용량은 각각 $C_A=\varepsilon_A\frac{S}{d}$, $C_B=\varepsilon_B\frac{S}{d}$이고 A, B의 극판 양단에 걸린 전압은 각각 $\frac{1}{3}V$, $\frac{2}{3}V$이므로 $\frac{1}{2}C_A\left(\frac{1}{3}V\right)^2=\frac{1}{2}C_B\left(\frac{2}{3}V\right)^2$에 의해 $\varepsilon_A : \varepsilon_B=4:1$이다.

㉢ A, B에 충전된 전하량은 각각 $C_A\left(\frac{1}{3}V\right)$, $C_B\left(\frac{2}{3}V\right)$이므로 축전기에 충전된 전하량은 A가 B의 2배이다.

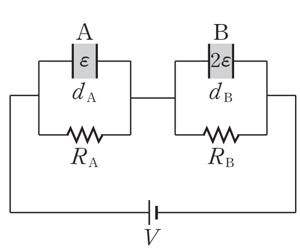
정답 | ⑤

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 24쪽

▸26070-0118

그림은 극판의 면적이 같고 극판 사이의 간격이 각각 d_A, d_B인 평행판 축전기 A, B가 저항값이 각각 R_A, R_B인 저항, 전압이 V로 일정한 전원에 연결되어 완전히 충전된 상태를 나타낸 것이다. A, B는 유전율이 각각 ε, 2ε인 유전체로 채워져 있고, 전기 용량은 A가 B의 2배이며, A, B에 저장된 전기 에너지는 서로 같다.



$\left(\frac{d_B}{d_A}\right)\times\left(\frac{R_A}{R_B}\right)$는?

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

유사점과 차이점

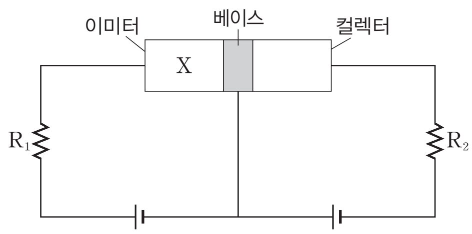
회로의 구성은 비슷하나 극판 사이의 간격과 저항값이 미지수로 주어진 것이 차이점이다.

배경 지식

두 저항에 흐르는 전류의 세기는 같고 저항 양단에 걸리는 전압은 저항값에 비례한다.

01
▸26070-0119

그림과 같이 트랜지스터, 저항 R_1, R_2, 전압이 일정한 전원을 이용하여 구성한 전류 증폭 회로에서 트랜지스터가 전류를 증폭시키고 있다. X는 p형 반도체 또는 n형 반도체 중 하나이다.



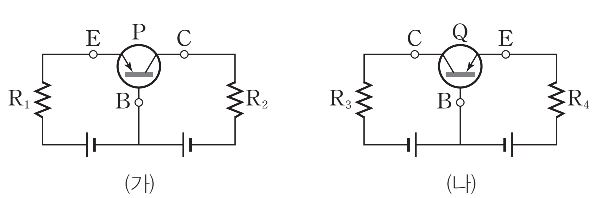
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. X는 p형 반도체이다.
ㄴ. 저항에 흐르는 전류의 세기는 R_1에서가 R_2에서보다 크다.
ㄷ. 트랜지스터에서 전자는 대부분 이미터에서 컬렉터로 이동한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02
▸26070-0120

그림 (가), (나)와 같이 트랜지스터 P, Q, 저항값이 같은 저항 R_1, R_2, R_3, R_4, 전압이 일정한 전원으로 구성된 회로에서 P, Q가 전류를 증폭시키고 있다. E, B, C는 각각 이미터, 베이스, 컬렉터 단자이고, 트랜지스터의 전류 증폭률은 P가 Q보다 크다. R_2에 흐르는 전류의 세기는 R_3에 흐르는 전류의 세기와 같다.



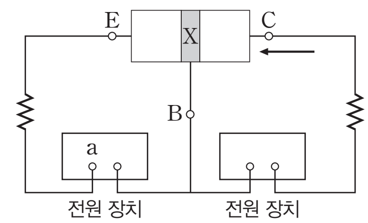
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. P는 p−n−p형 트랜지스터이다.
ㄴ. R_1에 흐르는 전류의 세기는 R_4에 흐르는 전류의 세기와 같다.
ㄷ. Q의 컬렉터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압이 걸려 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03
▸26070-0121

그림과 같이 트랜지스터, 저항 2개, 전압이 일정한 전원 장치 2개를 이용하여 구성한 전류 증폭 회로에서 트랜지스터가 전류를 증폭시키고 있다. E, B, C는 각각 이미터, 베이스, 컬렉터 단자이고, 컬렉터 단자에는 화살표 방향으로 전류가 흐른다. X는 p형 반도체 또는 n형 반도체 중 하나이다. a는 전원 장치의 전극 중 하나이다.



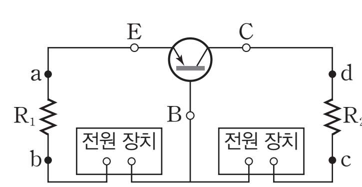
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. a는 (−)극이다.
ㄴ. X는 p형 반도체이다.
ㄷ. E에 흐르는 전류의 세기는 B와 C에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04
▸26070-0122

그림과 같이 트랜지스터, 저항 R_1, R_2, 전압이 일정한 전원 장치를 이용하여 구성한 전류 증폭 회로에서 트랜지스터가 전류를 증폭시키고 있다. E, B, C는 각각 이미터, 베이스, 컬렉터 단자이며 a, b, c, d는 회로상의 점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

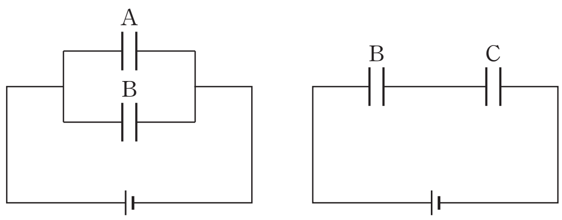
보기
ㄱ. 트랜지스터는 p−n−p형 트랜지스터이다.
ㄴ. R_1에 흐르는 전류의 방향은 b → R_1 → a이다.
ㄷ. 전위는 c에서가 d에서보다 높다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

05

▸26070-0123

그림 (가), (나)는 평행판 축전기 A, B, C를 전압이 일정한 전원에 연결하여 완전히 충전시킨 것을 나타낸 것이다. (가), (나)에 연결된 전원의 전압은 같고 A, C에 충전시킨 전하량은 같다. (나)에서 B, C의 양단에 걸린 전압은 B가 C의 2배이다.



(가) (나)

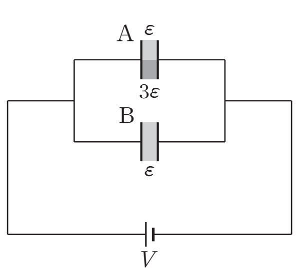
A, B, C의 전기 용량을 각각 C_A, C_B, C_C라 할 때 $C_A : C_B : C_C$는? (단, 축전기 내부는 진공이다.)

① 1 : 1 : 3
② 1 : 2 : 3
③ 2 : 3 : 1
④ 2 : 3 : 6
⑤ 2 : 2 : 5

06

▸26070-0124

그림은 두 극판 사이의 간격, 면적이 같은 평행판 축전기 A, B가 전압이 V로 일정한 전원에 연결되어 완전히 충전된 것을 나타낸 것이다. A의 내부는 유전율이 각각 3ε과 ε인 유전체로 절반씩 나누어 완전히 채워져 있고 B의 내부는 유전율이 ε인 유전체로 완전히 채워져 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

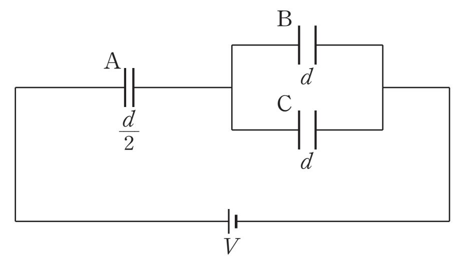
보기
ㄱ. 축전기의 전기 용량은 A가 B의 2배이다.
ㄴ. 축전기에 충전된 전하량은 A와 B가 같다.
ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 4배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0125

그림은 두 극판 사이의 간격이 각각 $\frac{d}{2}$, d, d인 평행판 축전기 A, B, C가 전압이 V로 일정한 전원에 연결되어 완전히 충전된 것을 나타낸 것이다. 축전기에 충전된 전하량은 B와 C가 같고 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 4배이다.



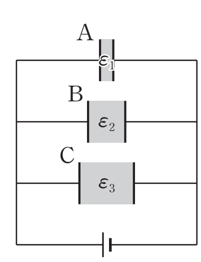
A, C의 극판의 면적을 각각 S_A, S_C라 할 때 $\frac{S_C}{S_A}$는? (단, 축전기 내부는 진공이다.)

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

08

▸26070-0126

그림은 유전율이 각각 ε_1, ε_2, ε_3인 유전체로 축전기 내부가 완전히 채워진 축전기 A, B, C가 전압이 일정한 전원에 연결되어 완전히 충전된 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 두 극판 사이의 간격은 각각 d, $2d$, $3d$이며 극판의 면적은 각각 S, $\frac{1}{2}S$, $\frac{1}{4}S$이다. A, B, C에 충전된 전하량은 A가 B의 2배이고 B가 C의 3배이다.



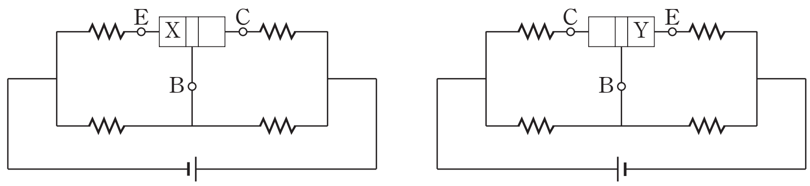
$\varepsilon_1 : \varepsilon_2 : \varepsilon_3$은?

① 1 : 2 : 2
② 1 : 3 : 5
③ 2 : 3 : 6
④ 3 : 2 : 1
⑤ 3 : 4 : 2

01

▸26070-0127

그림 (가), (나)는 트랜지스터, 저항, 전압이 일정한 전원을 이용하여 구성한 전류 증폭 회로를 나타낸 것이다. E, B, C는 각각 이미터, 베이스, 컬렉터 단자이다. X, Y는 p형 반도체 또는 n형 반도체 중 하나이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

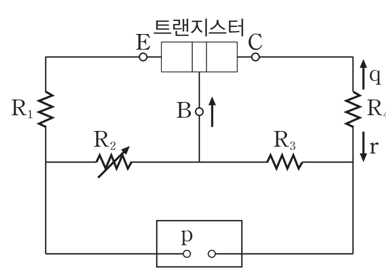
보기
ㄱ. X, Y의 반도체 종류는 같다.
ㄴ. (가), (나)에서 이미터의 대부분의 전자는 컬렉터로 이동한다.
ㄷ. B에 흐르는 전류의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0128

그림과 같이 트랜지스터, 저항 R_1, 가변 저항 R_2, 저항 R_3, R_4, 전압이 일정한 전원 장치를 이용하여 구성한 전류 증폭 회로에서 트랜지스터가 전류를 증폭하고 있다. E, B, C는 각각 이미터, 베이스, 컬렉터 단자이다. B에 흐르는 전류의 방향은 화살표 방향이다. R_1, R_2, R_4와 초기 R_3의 저항값은 모두 같다. p는 전원 장치의 전극 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

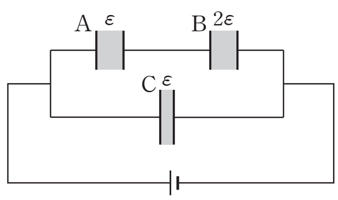
보기
ㄱ. p는 (−)극이다.
ㄴ. R_4에 흐르는 전류의 방향은 q 방향이다.
ㄷ. R_2의 저항값을 증가시키면 E에 흐르는 전류의 세기가 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

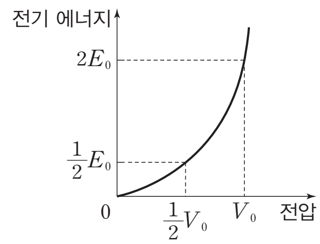
03

▸26070-0129

그림 (가)는 평행판 축전기 A, B, C를 전원에 연결하여 완전히 충전시킨 것을 나타낸 것이다. 극판의 면적은 A, B가 같고 C는 A의 2배이며 극판 사이의 간격은 A, B가 같고 C는 A의 $\frac{1}{2}$배이다. A, B, C의 내부에는 유전율이 각각 ε 또는 2ε인 유전체가 완전히 채워져 있다. 그림 (나)는 (가)에서 C에 저장된 전기 에너지를 전원의 전압에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 축전기 양단에 걸린 전압은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. 전기 용량은 C가 B의 2배이다.

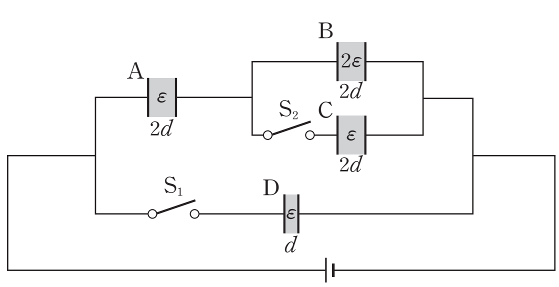
ㄷ. C에 저장된 전기 에너지가 E_0일 때 A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{3}E_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0130

그림은 평행판 축전기 A, B, C, D, 스위치 S_1, S_2를 전압이 일정한 전원에 연결한 뒤 S_1, S_2를 열고 A와 B가 완전히 충전된 상태를 나타낸 것이다. A, B, C, D의 극판의 면적은 같고 극판 사이의 간격은 각각 $2d$, $2d$, $2d$, d이다. A, B, C, D의 내부에는 유전율이 ε 또는 2ε인 유전체가 완전히 채워져 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전기 용량은 A와 D가 같다.

ㄴ. S_2만 닫고 A, B, C가 완전히 충전된 상태일 때 축전기 양단에 걸린 전압은 A가 C의 3배이다.

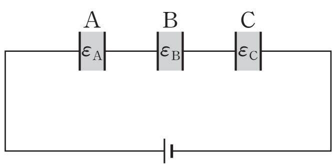
ㄷ. S_1만 닫고 A, B, D가 완전히 충전된 상태일 때 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 D의 $\frac{2}{9}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

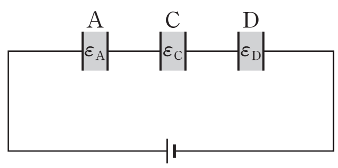
05

▸26070-0131

그림 (가), (나)는 평행판 축전기 A, B, C와 A, C, D를 전압이 V_1과 V_2로 일정한 전원에 각각 연결하여 축전기를 완전히 충전한 상태를 나타낸 것이다. A, B, C, D의 내부에는 유전율이 각각 ε_A, ε_B, ε_C, ε_D인 유전체가 완전히 채워져 있다. 표는 A, B, C, D의 극판 사이의 간격과 극판의 면적, 전기 용량을 각각 나타낸 것이다. (가)에서 A에 충전된 전하량은 (나)에서 A에 충전된 전하량의 $\frac{1}{2}$배이다. ε_A는 ε_C의 $\frac{1}{2}$배이다.



(가)



(나)

축전기	A	B	C	D
극판 사이의 간격	㉠	$\frac{1}{2}d$	㉡	$2d$
극판의 면적	S	S	S	$\frac{1}{2}S$
전기 용량	C_0	$2C_0$	$4C_0$	C_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. V_1은 V_2의 $\frac{7}{18}$배이다.

ㄴ. $\varepsilon_D = 4\varepsilon_B$이다.

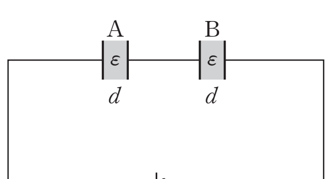
ㄷ. ㉠은 ㉡의 4배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

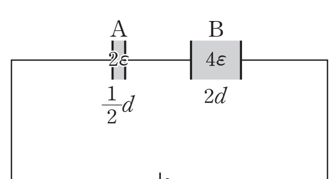
06

▸26070-0132

그림 (가)는 극판의 면적이 같고 극판 사이 간격이 d이며 유전율이 ε인 유전체가 내부에 완전히 채워진 평행판 축전기 A, B를 전압이 V로 일정한 전원에 연결한 후 A, B를 완전히 충전시킨 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 극판 사이 간격을 A는 $\frac{1}{2}d$로 B는 $2d$로 한 뒤 A, B 내부에 유전율이 2ε과 4ε인 유전체를 각각 완전히 채우고 A, B를 완전히 충전시킨 것을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A의 전기 용량은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{4}$배이다.

ㄴ. B에 충전된 전하량은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{8}$배이다.

ㄷ. (나)에서 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

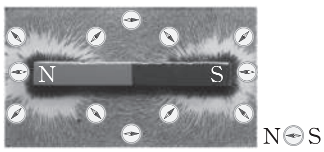
09 전류에 의한 자기장

1 자기장과 자기력선

(1) 자기장

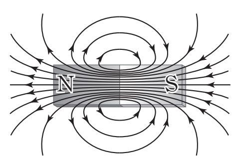
① 자기력: 자석 주위에 쇠붙이나 다른 자석을 가까이 하면 서로 당기거나 미는 힘이 작용하는데, 이렇게 자석이 다른 물체와 상호 작용 하는 힘을 자기력이라 한다.

② 자기장: 자기력의 원인이 되는 장(field)을 자기장이라 한다.



▲ 막대자석 주위의 자기장

(2) 자기력선: 자기력선은 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 이은 선으로 자기력선이 조밀한 곳일수록 자기장의 세기가 크다. 막대자석 주위에 철가루를 뿌렸을 때, 자석 주위에 배열된 철가루의 모양으로 자기력선의 특징을 알 수 있다.



▲ 막대자석에 의한 자기력선

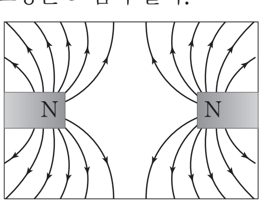
(3) 자기력선의 특징

① 자석의 N극에서 나와서 S극으로 들어가는 폐곡선이다.

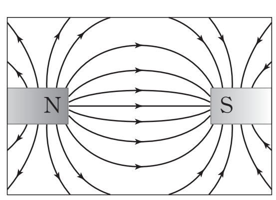
② 서로 교차하거나 도중에 갈라지거나 끊어지지 않는다.

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.



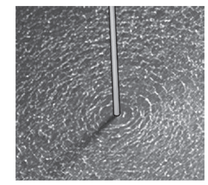
▲ 같은 극 사이의 자기력선



▲ 다른 극 사이의 자기력선

2 직선 전류에 의한 자기장

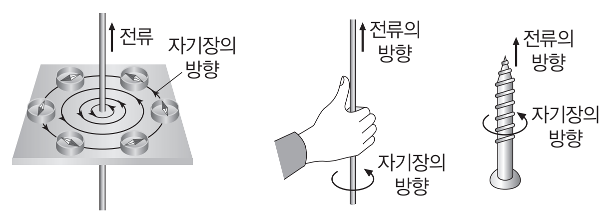
(1) 전류의 자기 작용: 전류가 흐르는 도선 주위에는 자기장이 형성되며, 이와 같이 전류에 의해 자기장이 형성되는 것을 전류의 자기 작용이라 한다.



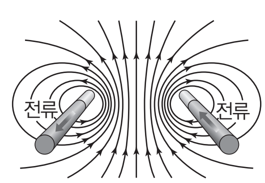
(2) 자기장의 세기: 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 주위에 만들어지는 자기장의 세기 B는 전류의 세기 I에 비례하고, 도선으로부터의 거리 r에 반비례한다.

$$B=k\frac{I}{r}\ (\text{단위: T, N/A}\cdot\text{m},\ k=2\times10^{-7}\ \text{N/A}^2)$$

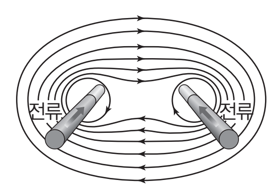
(3) 자기장의 방향: 무한히 긴 직선 도선에 전류가 흐르면 도선을 중심으로 동심원 모양의 자기장이 만들어진다. 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락으로 도선을 감아쥐는 방향이다. 이것은 오른나사의 끝이 전류의 방향을 향하게 할 때 나사가 회전하는 방향과 일치한다.



(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

더 알기 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장 합성하기

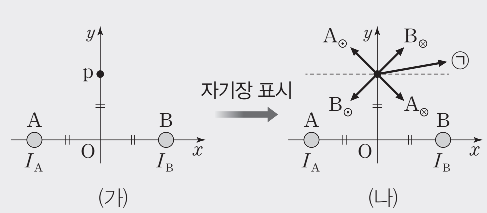
그림 (가)와 같이 xy 평면에 수직으로 고정된 직선 도선 A, B에 세기가 각각 I_A, I_B인 전류가 흐른다. 원점 O에서 A, B, 점 p까지 거리는 같다.

• p에서 A, B에 의한 합성 자기장의 방향

그림 (나)와 같이 A, B 각각에 의한 자기장을 나타내면 p에서 A, B에 의한 합성 자기장의 방향을 찾기 쉽다. '$A_\otimes$'는 A의 전류의 방향이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)일 때 A에 의한 자기장이다.

① $I_A=I_B$일 때: 합성 자기장은 x축 또는 y축과 나란하다. A, B의 전류의 방향이 모두 '⊗'이면 합성 자기장의 방향은 $+x$방향이다.

② $I_A\neq I_B$일 때: 합성 자기장은 x, y축 모두에 나란하지 않다. 합성 자기장의 방향이 ㉠이면 A, B의 전류의 방향은 모두 '⊗' 이고 $I_A<I_B$이다.



3 원형 전류에 의한 자기장

(1) 자기장의 모양

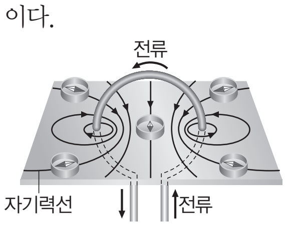
① 원형 도선을 매우 작게 자르면 각각의 작은 도선들은 직선 도선에 가깝다. 이 때문에 원형 도선에 전류를 흐르게 하면 이러한 작은 직선 도선에 흐르는 전류에 의해 만들어진 각각의 자기장들이 합성된 자기장이 원형 도선 주위에 생긴다.

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 B는 전류의 세기 I에 비례하고, 도선이 만드는 원의 반지름 r에 반비례한다.

$$B=k'\frac{I}{r}\ (\text{단위: T, N/A·m, } k'=2\pi\times10^{-7}\ \text{N/A}^2)$$

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

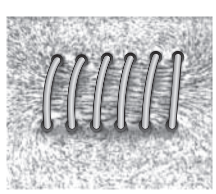


▲ 자기력선의 모양

▲ 자기장의 방향

4 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장

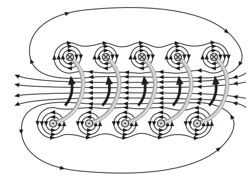
(1) 솔레노이드에서의 자기장: 긴 원통에 원형 도선을 촘촘하게 감은 것을 솔레노이드라고 한다. 솔레노이드 내부에서는 솔레노이드의 중심축에 나란하고 균일한 자기장이 형성되고, 솔레노이드 외부에서는 막대자석이 만드는 자기장과 비슷한 모양의 자기장이 형성된다.

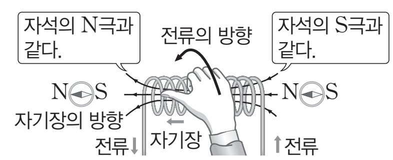


(2) 자기장의 세기: 솔레노이드가 충분히 길 경우, 그 내부에서는 방향과 세기가 일정한 균일한 자기장이 생긴다. 이때 내부에서 자기장의 세기 B는 전류의 세기 I에 비례하고, 단위 길이당 도선의 감은 수 n에 비례한다.

$$B=k''nI\ (\text{단위: T, N/A·m, } k''=4\pi\times10^{-7}\ \text{N/A}^2)$$

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

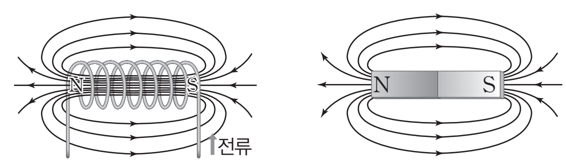




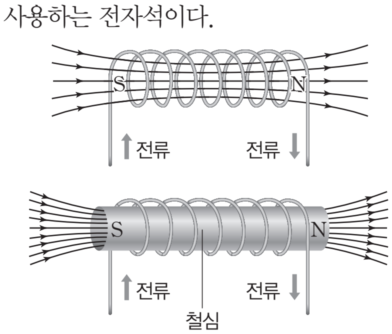
(4) 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 특징

① 막대자석에 의한 자기장과 모양이 비슷하다.

② 내부에 균일한 자기장이 만들어진다.



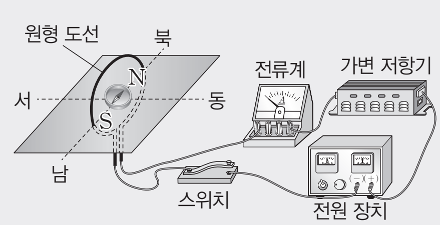
(5) 전자석의 자기장: 솔레노이드 속에 철, 니켈 등과 같은 강자성체로 만들어진 심을 넣으면 심을 넣기 전 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장보다 훨씬 강한 자기장이 생기며 이것이 우리가 생활에서 사용하는 전자석이다.

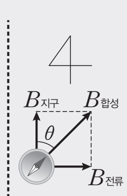


더 알기 전류가 흐르는 원형 도선 주위의 자기장 실험

• 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 회전각 θ를 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 합의 방향이다.

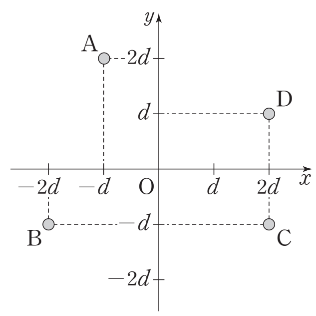




테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 각각 일정한 전류가 흐르는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B, C, D가 xy 평면에 수직으로 고정되어 있다. 원점 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+x$방향이고 자기장의 세기는 $2B_0$이다. O에서 B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 x성분은 $-B_0$이고 y성분은 $-4B_0$이다.



O에서 A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는?

① $2B_0$ ② $\sqrt{6}B_0$ ③ $3B_0$ ④ $\sqrt{13}B_0$ ⑤ $4B_0$

접근 전략

O에서 A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장은 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장에, O에서 D에 흐르는 전류에 의한 자기장을 합성하여 구할 수 있다.

간략 풀이

O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장을 $B_{A,B,C}$라 하고 B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장을 $B_{B,C,D}$라 할 때, $B_{A,B,C}-B_{B,C,D}$의 x성분과 y성분은 각각 $+3B_0$, $+4B_0$이다.

O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 x성분과 y성분을 각각 $2B_A$, B_A라 하고, O에서 D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 x성분과 y성분을 각각 B_D, $-2B_D$라 하자. $B_{A,B,C}-B_{B,C,D}$의 x성분은 $2B_A-B_D=+3B_0$ … ①, y성분은 $B_A+2B_D=+4B_0$ … ②이다.

①, ②를 연립하면 $B_D=B_0$이다. O에서 D에 의한 자기장의 x성분과, y성분은 각각 $+B_0$, $-2B_0$이다. O에서 A, B, C, D에 의한 자기장의 x성분, y성분은 각각 $+3B_0$, $-2B_0$이므로 자기장의 세기는 $\sqrt{13}B_0$이다.

정답 | ④

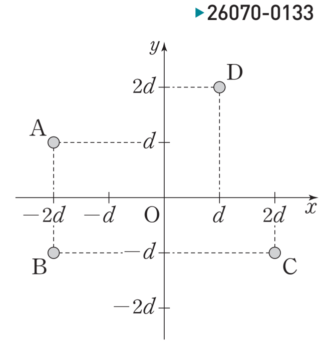
닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 27쪽

▸26070-0133

그림과 같이 각각 일정한 전류가 흐르는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B, C, D가 xy 평면에 수직으로 고정되어 있다. 원점 O에서 B와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 x성분과 y성분은 각각 $-2B_0$, $-2B_0$이다. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분과 D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분은 $+2B_0$으로 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



보기

ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. O에서 B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-x$방향이다.

ㄷ. O에서 A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $\sqrt{29}B_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

O에서 각 전류에 의한 자기장의 x성분과 y성분을 제시한다는 점이 유사하지만, 도선에 흐르는 전류의 방향과 각 전류에 의한 자기장의 방향을 묻는다는 점이 대표 문제와 다르다.

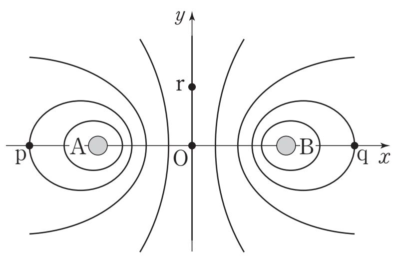
배경 지식

- 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락으로 도선을 감아쥐는 방향이다.
- O에서 A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장은 O에서 B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장에, O에서 A, D에 흐르는 전류에 의한 자기장을 합성하여 구할 수 있다.

01

▸26070-0134

그림은 xy 평면에 수직으로 x축상에 고정된 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B에 같은 세기의 전류가 각각 흐를 때 도선 주위의 자기장을 방향 표시 없이 자기력선으로 나타낸 것이다. 원점 O에서 A와 B까지 거리는 각각 같다. 점 p, q는 x축상의 점이고, y축상의 점 r에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

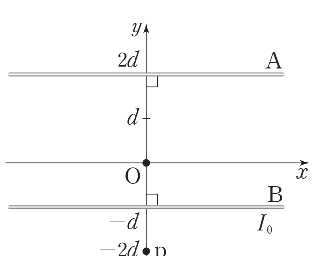
ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
ㄴ. A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 p에서와 q에서가 같다.
ㄷ. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0135

그림과 같이 일정한 전류가 흐르는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B가 각각 xy 평면상의 $y=2d$, $y=-d$인 지점에 고정되어 있다. 원점 O와 y축상의 $y=-2d$인 점 p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같다. B에 흐르는 전류의 세기는 I_0이다.



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

보기

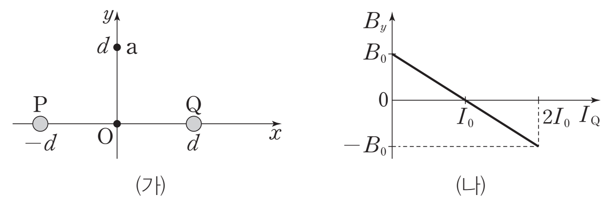
ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 서로 같다.
ㄴ. A에 흐르는 전류의 세기는 $4I_0$이다.
ㄷ. $y=-\frac{1}{3}d$에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0136

그림 (가)와 같이 xy 평면에 수직인 가늘고 무한히 긴 직선 도선 P, Q가 각각 x축상의 $x=-d$, $x=d$에 고정되어 있다. 그림 (나)는 y축상의 $y=d$인 점 a에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분 B_y를 Q에 흐르는 전류의 세기 I_Q에 따라 나타낸 것이다. P에는 세기와 방향이 일정한 전류가 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

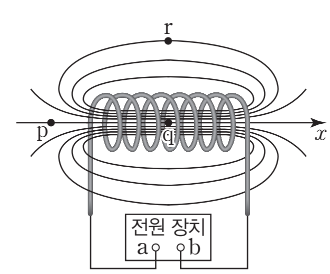
ㄱ. P에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ㄴ. $I_Q=I_0$일 때, a에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B_0$이다.
ㄷ. $I_Q=2I_0$일 때, 원점 O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$방향이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0137

그림은 솔레노이드의 중심축이 x축이고 전원 장치에 연결되어 일정한 전류가 흐르는 솔레노이드의 전류에 의한 자기장을 방향 표시 없이 자기력선으로 나타낸 것이다. 점 p, q는 중심축상의 점이고 점 r에서 솔레노이드의 전류에 의한 자기장의 방향은 $-x$방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

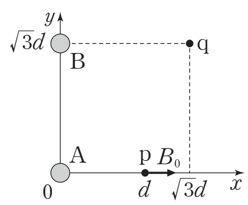
ㄱ. 전원 장치의 전극 a는 (+)극이다.
ㄴ. p에서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-x$방향이다.
ㄷ. 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 q에서가 r에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0138

그림과 같이 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B가 xy 평면에 수직으로 각각 y축상의 $y=0$, $y=\sqrt{3}d$에 고정되어 있다. A, B에는 각각 일정한 전류가 흐른다. 점 p, q는 xy 평면상의 점이고 x축상의 $x=d$인 점 p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0, 자기장의 방향은 $+x$방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 서로 반대이다.

ㄴ. 전류의 세기는 B에서가 A에서의 2배이다.

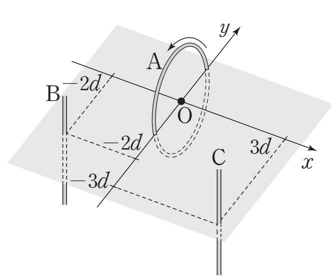
ㄷ. q에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{5\sqrt{2}}{6}B_0$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0139

그림과 같이 중심이 원점 O이고 화살표 방향으로 전류가 흐르는 원형 도선 A와 일정한 전류가 흐르는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 B, C가 xy 평면에 수직으로 고정되어 있다. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 x축과 나란하고, O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다.



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

보기

ㄱ. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+x$방향이다.

ㄴ. 전류의 방향은 B에서와 C에서가 같다.

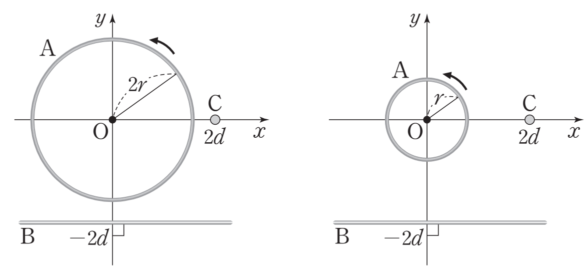
ㄷ. 전류의 세기는 C에서가 B에서의 $\frac{3}{2}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0140

그림 (가)는 중심이 원점 O이고 xy 평면에 고정된 반지름이 $2r$인 원형 도선 A에 시계 반대 방향으로 일정한 세기의 전류가 흐르고, xy 평면상의 $y=-2d$인 점을 지나며 x축에 나란하게 고정된 가늘고 무한히 긴 직선 도선 B와 xy 평면에 수직으로 x축상의 $x=2d$에 고정된 가늘고 무한히 긴 직선 도선 C에 일정한 전류가 흐르는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A의 반지름만 r로 감소시킨 것을 나타낸 것이다. O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 (가)에서와 (나)에서가 B_0으로 같다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. B에 흐르는 전류의 방향은 $-x$방향이다.

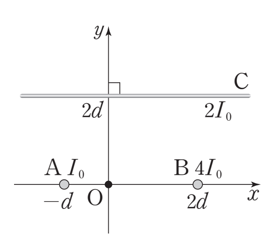
ㄷ. (나)에서 C에 흐르는 전류의 방향이 반대로 바뀌어도 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0141

그림과 같이 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B, C에 세기가 각각 I_0, $4I_0$, $2I_0$인 전류가 흐른다. A와 B는 xy 평면에 수직으로 각각 x축상의 $x=-d$, $x=2d$에, C는 xy 평면상의 $y=2d$인 지점에 x축과 나란하게 고정되어 있다. 표는 A, B에 흐르는 전류의 방향이 같을 때(Ⅰ)와 서로 반대일 때(Ⅱ), 원점 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 나타낸 것이다.



구분	O에서 자기장의 세기
Ⅰ	$B_{\text{Ⅰ}}$
Ⅱ	$B_{\text{Ⅱ}}$

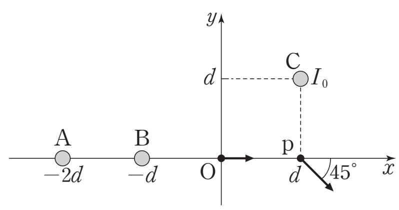
$\frac{B_{\text{Ⅱ}}}{B_{\text{Ⅰ}}}$는?

① $\sqrt{2}$ ② $\sqrt{3}$ ③ 2 ④ $\sqrt{5}$ ⑤ $\sqrt{7}$

01

▸26070-0142

그림과 같이 일정한 전류가 흐르는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B, C가 xy 평면에 수직으로 고정되어 있다. 원점 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+x$방향이고, x축상의 $x=d$인 점 p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 x축과 $45°$의 각을 이룬다. C에 흐르는 전류의 세기는 I_0이다.



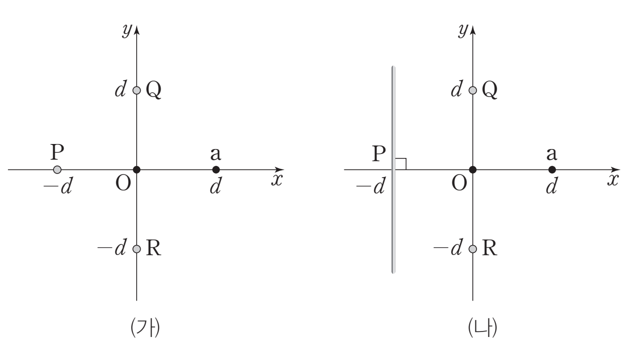
A에 흐르는 전류의 세기는?

① $8I_0$ ② $10I_0$ ③ $13I_0$ ④ $15I_0$ ⑤ $17I_0$

02

▸26070-0143

그림 (가)와 같이 xy 평면에 수직이고 일정한 전류가 흐르는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 P, Q, R가 각각 x축상의 $x=-d$, y축상의 $y=d$, $y=-d$에 고정되어 있다. x축상의 $x=d$인 점 a에서, P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 P를 회전시켜 xy 평면상의 $x=-d$인 지점에 y축과 나란하게 고정시킨 것을 나타낸 것이다. 원점 O에서 R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

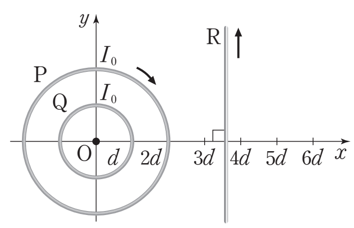
보기
ㄱ. 전류의 방향은 Q에서와 R에서가 서로 반대이다.
ㄴ. 전류의 세기는 P에서가 Q에서의 2배이다.
ㄷ. (나)의 a에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $\sqrt{2}B_0$이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

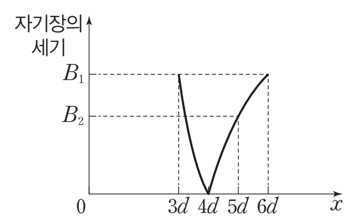
03

▸26070-0144

그림 (가)와 같이 중심이 원점 O이고 반지름이 각각 $2d$, d인 원형 도선 P, Q와 일정한 전류가 흐르는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 R가 xy 평면에 있고, P, Q는 고정되어 있다. P, Q에 흐르는 전류의 세기는 I_0으로 같고 P에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향, R에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이다. 그림 (나)는 R를 xy 평면상의 $x=3d$와 $x=6d$ 사이의 위치에 고정했을 때, O에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 R의 위치 x에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 도선의 굵기는 무시한다.)

보기

ㄱ. Q에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

ㄴ. R의 위치가 $x=3d$일 때, O에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

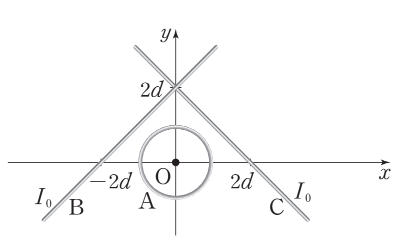
ㄷ. $\frac{B_2}{B_1}=\frac{3}{5}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

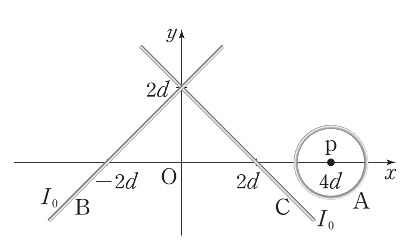
04

▸26070-0145

그림 (가)와 같이 중심이 원점 O인 원형 도선 A와 가늘고 무한히 긴 직선 도선 B, C가 xy 평면에 고정되어 있다. (가)의 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이다. 그림 (나)와 같이 (가)에서 A의 중심을 x축상의 $x=4d$인 점 p로 옮겨 A를 xy 평면상에 고정한다. B, C에 흐르는 전류의 세기는 I_0으로 같고 O에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이다. A, B, C에 흐르는 전류의 세기와 방향은 (가)와 (나)에서 동일하다.



(가)



(나)

(나)의 p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는? (단, 도선의 굵기는 무시한다.)

① $\frac{4}{3}B_0$ ② $\frac{3}{2}B_0$ ③ $\frac{5}{2}B_0$ ④ $\frac{8}{3}B_0$ ⑤ $3B_0$

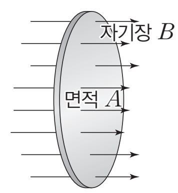
테마

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.

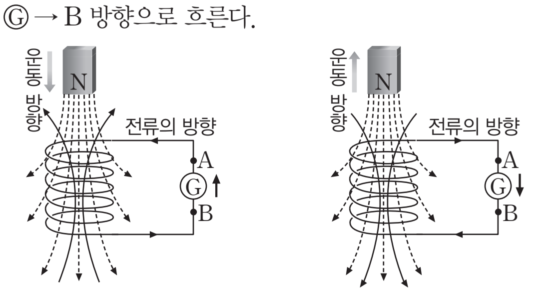
(2) **자기 선속(자속)**: 자기장에 수직인 단면을 지나가는 자기력선의 총 개수를 자기 선속이라고 한다. 자기 선속 Φ는 자기장의 세기 B가 클수록, 자기장이 통과하는 면적 A가 클수록 크다. 면의 법선과 자기장 방향이 이루는 각이 θ일 때 자기 선속은 $\Phi=BA\cos\theta$이고, $\theta=0$일 때 $\Phi=BA$ [단위: Wb(웨버)]이다.



(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 증가할 때　　(나) 자기 선속이 감소할 때

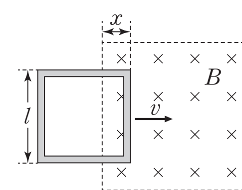
(5) **패러데이 법칙**: 유도 기전력의 크기에 대한 법칙이다. 유도 기전력 V는 코일의 감은 수 N과 자기 선속의 시간에 따른 변화율 (자기 선속의 단위 시간당 변화율) $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$에 비례하고, (−) 부호는 렌츠 법칙을 나타낸다.

$$V=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\ [\text{단위: V}]$$

② 전자기 유도의 적용

(1) **도선의 운동에 의한 전자기 유도**: 한 변의 길이가 l이고 저항값이 R인 정사각형 도선이 세기가 B이고 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역에 들어갈 때 정사각형 도선을 통과하는 자기 선속이 증가하므로 정사각형 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

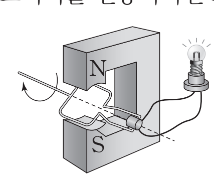
• 유도 기전력의 크기: 자기장의 세기가 B이고, 자기장 영역에 포함된 면적은 $A=lx$이므로 자기 선속은 $\Phi=BA=Blx$이다. 자기장의 세기 B와 도선의 길이 l은 일정하므로 자기 선속의 변화는 $\Delta\Phi=Bl\Delta x$이다. 따라서 유도 기전력의 크기는 $V=\frac{Bl\Delta x}{\Delta t}=Blv$이다.



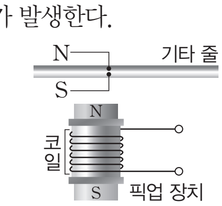
(2) **전자기 유도의 이용**

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 코일을 통과하는 자기 선속이 변하기 때문에 코일에 전류가 유도되어 전기 신호가 발생한다. 이 전기 신호를 증폭하여 스피커를 진동시키면 소리가 발생한다.



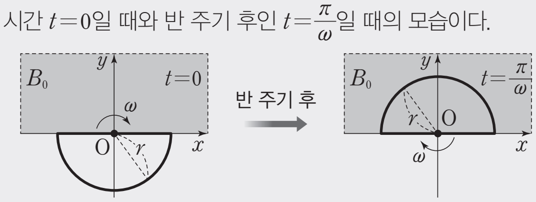
▲ 발전기



▲ 전기 기타의 원리

더 알기 균일한 자기장 영역에서 회전하는 금속 고리에 유도되는 기전력의 크기

그림은 xy 평면에 수직이고 세기가 B_0인 자기장이 형성된 xy 평면에서 반원형 금속 고리가 원점 O를 회전축으로 일정한 각속도 ω로 회전할 때, 시간 $t=0$일 때와 반 주기 후인 $t=\frac{\pi}{\omega}$일 때의 모습이다.

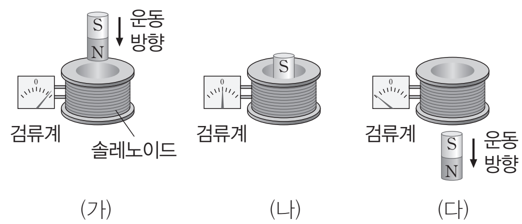


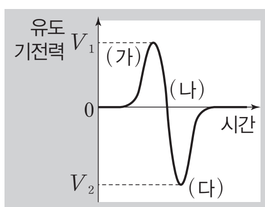
• 금속 고리가 자기장 영역으로 들어가는 동안 유도 기전력의 크기 V_0은 다음과 같다.

$$V_0=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta(B_0S)}{\Delta t}=\frac{B_0\Delta S}{\Delta t}$$

$\Delta t=\frac{\pi}{\omega}$ 동안 자기장 영역으로 들어간 고리의 면적이 $\Delta S=\frac{\pi r^2}{2}$이므로, 위의 식에 Δt, ΔS를 대입하면, $V_0=\frac{B_0\Delta S}{\Delta t}=\frac{B_0\omega r^2}{2}$이다.

(3) **자석이 솔레노이드 안을 통과할 때 전자기 유도:** 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.

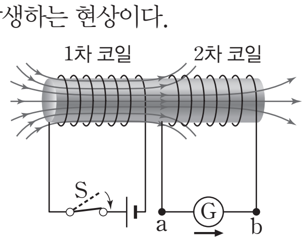




자석이 솔레노이드에 들어갈 때와 나올 때 유도 기전력의 최댓값 V_1과 V_2가 다른 까닭은 중력과 자기력에 의해 가속된 자석의 속력이 달라 솔레노이드를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율이 다르기 때문이다.

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.



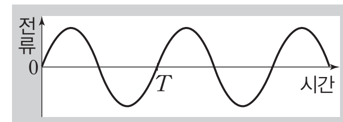
(2) **상호 인덕턴스(M):** 2차 코일의 감은 수가 N_2이고 $\varDelta t$ 동안 1차 코일에 흐르는 전류가 $\varDelta I_1$만큼 변할 때 2차 코일에서 발생하는 유도 기전력을 V라고 하면 다음과 같다.

$V=-N_2\dfrac{\varDelta \Phi_2}{\varDelta t}=-N_2\dfrac{\varDelta \Phi_2}{\varDelta I_1}\dfrac{\varDelta I_1}{\varDelta t}=-M\dfrac{\varDelta I_1}{\varDelta t}$ [단, M의 단위: H(헨리)]

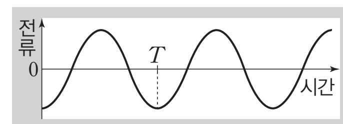
① 유도 기전력은 상호 인덕턴스와 1차 코일에 흐르는 전류의 시간에 따른 변화율에 비례한다. 이때 상호 인덕턴스는 코일의 모양, 감은 수, 위치, 코일 내부의 물질 등에 의해 결정된다.

② 상호유도에 의해 흐르는 전류의 방향은 렌츠 법칙에 따라 1차 코일의 전류에 의해 생기는 자기장의 변화를 방해하는 방향이다.

(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.



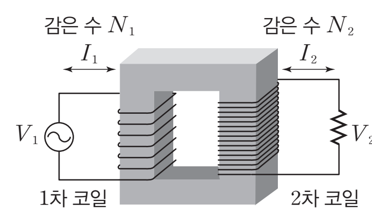
▲ 1차 코일에 흐르는 전류



▲ 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_2이고, 1차 코일과 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 변화가 같다고 하면,

$V_1=-N_1\dfrac{\varDelta \Phi_1}{\varDelta t}$, $V_2=-N_2\dfrac{\varDelta \Phi_2}{\varDelta t}$이므로 $\dfrac{V_2}{V_1}=\dfrac{N_2}{N_1}$이다.

1차 코일에 공급된 전력은 $P_1=V_1I_1$이고 2차 코일에 상호유도에 의해 전달된 전력은 $P_2=V_2I_2$이다. 변압기에서 전기 에너지 손실이 없다면 2차 코일에 전달된 전력은 1차 코일에서 공급된 전력과 같으므로 $I_1V_1=I_2V_2$에서 $\dfrac{V_2}{V_1}=\dfrac{I_1}{I_2}$이다. 따라서 두 코일의 감은 수, 코일에 걸리는 전압, 코일에 흐르는 전류의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{N_2}{N_1}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{I_1}{I_2}$$

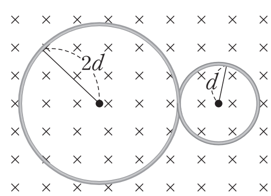
더 알기 상호유도의 이용

- 금속 탐지기: 금속 탐지기에서 1차 코일에 흐르는 교류에 의해 발생한 자기 선속이 코일 아래에 있는 금속 물질에 전류를 유도한다. 이 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 변화를 금속 탐지기의 2차 코일이 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.

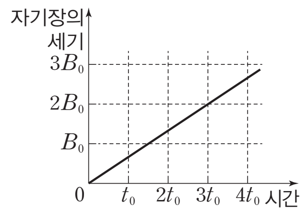
테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림 (가)와 같이 종이면에 수직으로 들어가는 균일한 자기장 영역에 하나의 도선으로 이루어진 ‘8자’ 모양의 고리가 종이면에 고정되어 있다. 고리의 왼쪽 원과 오른쪽 원의 반지름은 각각 $2d$, d이다. 그림 (나)는 (가)에서 자기장의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

시간이 $2t_0$일 때, 고리에 유도되는 기전력의 크기는? (단, 도선의 표면은 절연되어 있고, 도선의 굵기는 무시한다.)

① $\dfrac{B_0\pi d^2}{t_0}$　② $\dfrac{2B_0\pi d^2}{t_0}$　③ $\dfrac{10B_0\pi d^2}{3t_0}$　④ $\dfrac{9B_0\pi d^2}{2t_0}$　⑤ $\dfrac{15B_0\pi d^2}{2t_0}$

접근 전략

균일한 자기장의 세기 B가 변하고, 자기장이 통과하는 회로의 면적 S가 일정할 때 원형 도선에 유도되는 기전력의 크기는 $V=S\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$이다.

간략 풀이

(가)에서 반지름이 $2d$, d인 고리의 면적은 각각 $4\pi d^2$, πd^2이고, (나)에서 $\dfrac{\Delta B}{\Delta t}=\dfrac{2B_0}{3t_0}$이다. (가)에서 반지름이 $2d$, d인 고리에 유도되는 기전력의 크기를 각각 V_1, V_2라 할 때 $V_1=\dfrac{8B_0\pi d^2}{3t_0}$, $V_2=\dfrac{2B_0\pi d^2}{3t_0}$이고, 유도 기전력의 방향은 서로 반대이다. 따라서 시간이 $2t_0$일 때 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $V_1-V_2=\dfrac{8B_0\pi d^2-2B_0\pi d^2}{3t_0}=\dfrac{2B_0\pi d^2}{t_0}$이다.

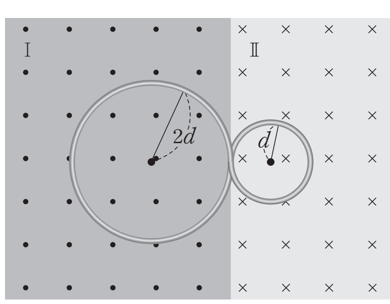
정답 | ②

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

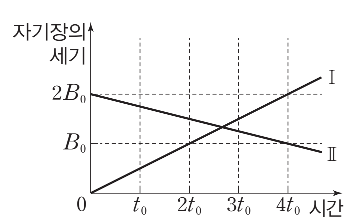
정답과 해설 31쪽

▸26070-0146

그림 (가)와 같이 하나의 도선으로 이루어진 ‘8자’ 모양의 고리가 종이면에 고정되어 있다. 고리의 왼쪽 원은 종이면에서 수직으로 나오는 균일한 자기장 영역 Ⅰ에, 고리의 오른쪽 원은 종이면에 수직으로 들어가는 균일한 자기장 영역 Ⅱ에 고정되어 있고, 고리의 왼쪽 원과 오른쪽 원의 반지름은 각각 $2d$, d이다. 그림 (나)는 (가)에서 Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

시간이 $4t_0$일 때, 고리에 유도되는 기전력의 크기는? (단, 도선의 표면은 절연되어 있고, 도선의 굵기는 무시한다.)

① $\dfrac{3B_0\pi d^2}{2t_0}$　② $\dfrac{7B_0\pi d^2}{4t_0}$　③ $\dfrac{2B_0\pi d^2}{t_0}$　④ $\dfrac{9B_0\pi d^2}{4t_0}$　⑤ $\dfrac{5B_0\pi d^2}{2t_0}$

유사점과 차이점

종이면에 수직인 균일한 자기장 영역에 하나의 도선으로 이루어진 8자 모양의 고리가 고정되어 있는 점은 유사하지만, 8자 모양의 고리 중 왼쪽 고리는 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기장 영역 Ⅰ에, 오른쪽 고리는 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장 영역 Ⅱ에 각각 고정되어 있고 Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 세기가 시간에 따라 각각 변한다는 점에서 대표 문제와 다르다.

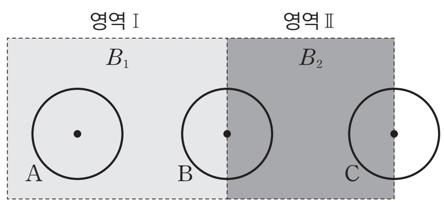
배경 지식

반지름이 r인 고리를 통과하는 균일한 자기장의 세기 B가 시간에 따라 변할 때 고리에 유도되는 기전력은 $V=-\pi r^2\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$이다.

01

▸26070-0147

그림과 같이 종이면에 수직인 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ가 형성된 종이면에 면적이 같은 원형 금속 고리 A, B, C가 고정되어 있다. A를 통과하는 자기 선속의 크기와 B를 통과하는 자기 선속의 크기는 같고, B의 중심은 Ⅰ과 Ⅱ의 경계에, C의 중심은 Ⅱ의 경계에 고정되어 있다. Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 세기는 각각 B_1, B_2이며 $B_1 \neq B_2$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고리의 굵기는 무시한다.)

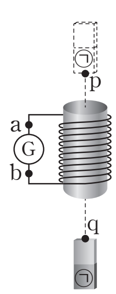
> 보기
> ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.
> ㄴ. $B_2 = 2B_1$이다.
> ㄷ. C를 통과하는 자기 선속의 크기는 B를 통과하는 자기 선속의 크기의 $\frac{2}{3}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0148

그림과 같이 자석이 코일의 중심축을 따라 낙하하면서 코일의 중심축상의 점 p, q를 지난다. 표는 자석이 p, q를 지날 때 코일에 흐르는 유도 전류의 방향과 세기를 나타낸 것이다. 코일의 중심에서 p, q까지의 거리는 같고 자석의 속력은 자석이 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 작다.



자석의 위치	유도 전류	
	방향	세기
p를 지날 때	b → Ⓖ → a	I_p
q를 지날 때	a → Ⓖ → b	I_q

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 자석의 크기는 무시한다.)

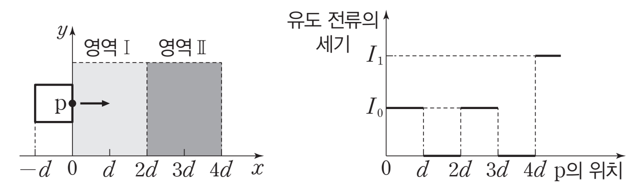
> 보기
> ㄱ. ㉠은 S극이다.
> ㄴ. $I_p > I_q$이다.
> ㄷ. 자석이 코일로부터 받는 자기력의 방향은 p에서와 q에서가 서로 반대이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0149

그림 (가)와 같이 xy 평면에서 $+x$방향으로 운동하는 정사각형 금속 고리가 일정한 속력으로 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ를 지난다. Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이며, p는 금속 고리 위의 점이다. 그림 (나)는 p의 위치에 따른 고리에 흐르는 유도 전류의 세기를 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고리의 굵기는 무시한다.)

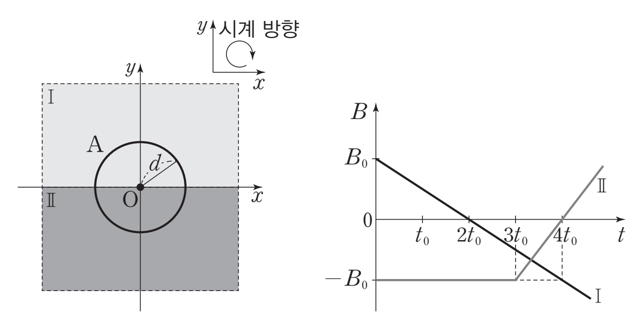
> 보기
> ㄱ. 자기장의 세기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 3배이다.
> ㄴ. Ⅰ, Ⅱ의 자기장이 금속 고리 면을 통과하는 자기 선속의 크기는 p가 $2.5d$를 지날 때가 $4.5d$를 지날 때보다 크다.
> ㄷ. $I_1 = 2I_0$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0150

그림 (가)는 xy 평면에 고정된 반지름이 d, 중심이 원점 O인 원형 금속 고리 A와 xy 평면에 수직인 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 Ⅰ, Ⅱ의 자기장 B를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. $t = t_0$일 때 A에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고리의 굵기는 무시한다.)

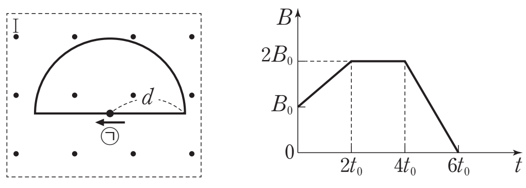
> 보기
> ㄱ. $t = t_0$일 때 Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
> ㄴ. A에 흐르는 유도 전류의 세기는 $t = t_0$일 때가 $t = 2t_0$일 때보다 크다.
> ㄷ. $t = 4t_0$일 때 A에 유도되는 기전력의 크기는 $\frac{B_0 \pi d^2}{4t_0}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0151

그림 (가)와 같이 종이면에서 수직으로 나오는 균일한 자기장 영역 Ⅰ에 반지름이 d인 반원 모양의 금속 고리가 고정되어 있다. 그림 (나)는 Ⅰ에서 자기장의 세기 B를 시간 t에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. $t=t_0$일 때 고리에는 ㉠ 방향으로 유도 전류가 흐른다.

ㄴ. Ⅰ의 자기장이 고리면을 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=3t_0$일 때가 $t=t_0$일 때보다 크다.

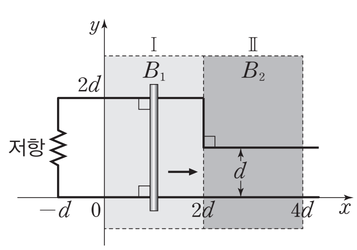
ㄷ. $t=5t_0$일 때 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $\frac{B_0\pi d^2}{t_0}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0152

그림과 같이 xy 평면에 수평으로 고정된 도선 위에 올려 놓은 금속 막대를 $+x$방향의 일정한 속력으로 이동시킬 때 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 금속 막대가 $x=3d$를 지날 때가 $x=d$를 지날 때의 2배이다. xy 평면에 수직이고 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 세기는 각각 B_1, B_2이고 Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 도선과 금속 막대의 굵기 및 금속 막대의 저항은 무시한다.)

보기

ㄱ. $B_2=2B_1$이다.

ㄴ. Ⅰ, Ⅱ의 자기장이 금속 막대와 도선이 이루는 회로를 통과하는 자기 선속의 크기는 금속 막대의 위치가 $x=d$일 때와 $x=3d$일 때가 같다.

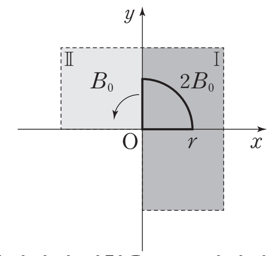
ㄷ. 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 금속 막대가 $x=d$를 지날 때와 $x=3d$를 지날 때가 서로 반대이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0153

그림은 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ를 포함한 xy 평면상에서 반지름이 r인 사분원 모양의 금속 고리가 원점 O를 중심으로 시계 반대 방향으로 일정한 각속도로 회전할 때, 시간 $t=0$일 때의 모습을 나타낸 것이다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 세기는 각각 $2B_0$, B_0이고 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이다. 고리의 회전 주기는 T이고, $t=\frac{1}{8}T$일 때와 $t=\frac{3}{8}T$일 때 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 같다.



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

보기

ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 같다.

ㄴ. 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $t=\frac{5}{8}T$일 때가 $t=\frac{1}{8}T$일 때의 2배이다.

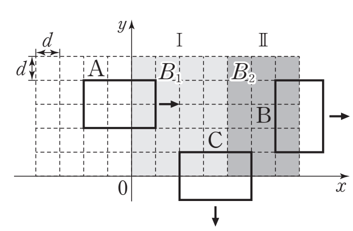
ㄷ. 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 $t=\frac{3}{8}T$일 때와 $t=\frac{5}{8}T$일 때가 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0154

그림은 xy 평면에 수직인 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ가 형성된 xy 평면에서 동일한 속력으로 운동하는 직사각형 금속 고리 A, B, C의 시간 $t=0$일 때의 모습을 나타낸 것이다. $t=0$일 때 B와 C에 유도되는 기전력의 크기는 같다. A, B, C의 운동 방향은 각각 $+x$방향, $+x$방향, $-y$방향이다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 세기는 각각 B_1, B_2이고, $B_1 \neq B_2$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 모눈 간격은 동일하고 A, B, C 사이의 상호 작용과 금속 고리의 굵기는 무시한다.)

보기

ㄱ. $B_1=2B_2$이다.

ㄴ. Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.

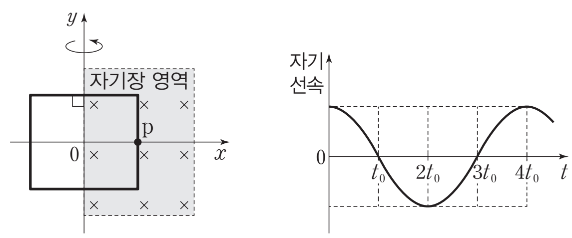
ㄷ. $t=0$일 때, 유도 기전력의 크기는 A에서가 B에서의 $\frac{4}{3}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0155

그림 (가)는 균일한 자기장 영역에서 정사각형 금속 고리가 y축을 회전축으로 일정한 각속도로 회전할 때 시간 $t=0$일 때의 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 금속 고리를 통과하는 자기 선속을 t에 따라 나타낸 것이다. 균일한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이고, p는 금속 고리 위의 점이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. 금속 고리의 회전 주기는 $4t_0$이다.

ㄴ. $t=\frac{3}{2}t_0$일 때, p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $-y$방향이다.

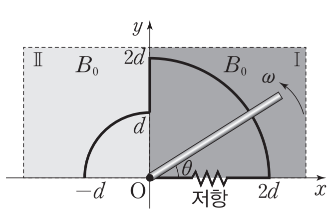
ㄷ. $t=3t_0$일 때, 금속 고리에 유도되는 기전력은 0이다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▸26070-0156

그림과 같이 xy 평면에 고정된 금속 레일과 xy 평면에 수직인 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ가 있다. 원점 O가 중심인 반지름 $2d$, d인 원호를 연결한 금속 레일을 따라 금속 막대가 O를 중심으로 시계 반대 방향으로 일정한 각속도 ω로 회전한다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 세기는 B_0으로 같고, Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 반대이다. x축과 금속 막대가 이루는 각 $\theta=45°$일 때, 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+x$방향이다.



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

보기

ㄱ. Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄴ. $\theta=45°$일 때, 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $\omega B_0 d^2$이다.

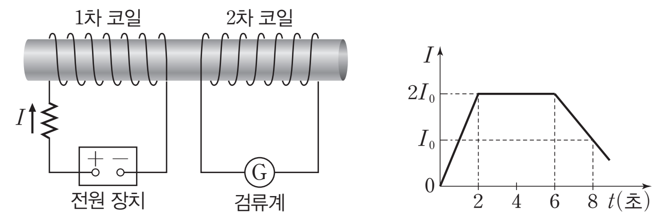
ㄷ. $\theta=135°$일 때, 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+x$방향이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄷ　④ ㄱ, ㄷ　⑤ ㄴ, ㄷ

11

▸26070-0157

그림 (가)는 전원 장치에 연결된 1차 코일과 검류계가 연결된 2차 코일이 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 1차 코일에 흐르는 전류 I를 시간 t에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 방향은 1초일 때와 7초일 때가 서로 반대이다.

ㄴ. I가 만드는 자기장에 의한 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는 4초일 때가 7초일 때보다 작다.

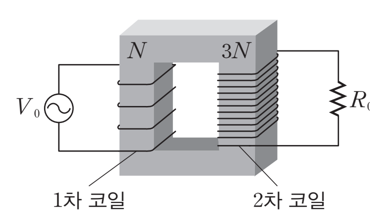
ㄷ. 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 1초일 때와 8초일 때가 같다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▸26070-0158

그림은 전압이 V_0인 교류 전원과 저항값이 R_0인 저항이 연결된 변압기를 나타낸 것이다. 1차 코일과 2차 코일의 감은 수는 각각 N, $3N$이다.



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

보기

ㄱ. 2차 코일에 유도되는 전압은 $3V_0$이다.

ㄴ. 저항에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{3V_0}{R_0}$이다.

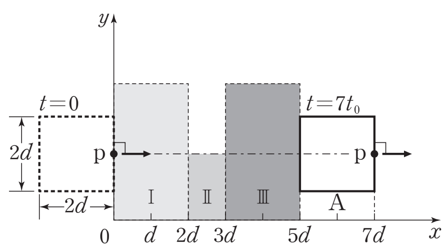
ㄷ. 1차 코일에 공급되는 전력은 $\frac{3V_0^2}{R_0}$이다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

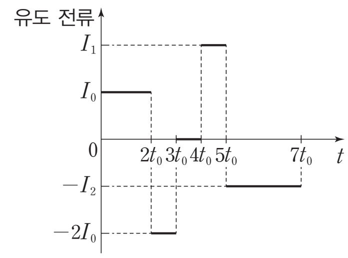
01

▸26070-0159

그림 (가)와 같이 한 변의 길이가 $2d$인 정사각형 금속 고리 A가 xy 평면에서 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ을 $+x$ 방향의 일정한 속력으로 통과한다. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이다. 시간 $t=0$일 때 A의 한 변의 중점 p는 y축상의 Ⅰ의 경계를 지나며 $t=2t_0$부터 $t=3t_0$까지 p는 x축과 나란한 Ⅱ의 경계를 따라 이동한다. 그림 (나)는 A에 흐르는 유도 전류를 t에 따라 나타낸 것이고, 전류의 방향은 시계 방향이 양(+)이다.



(가)



(나)

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

보기

ㄱ. Ⅰ과 Ⅲ에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.

ㄴ. $\frac{I_1}{I_2}=2$이다.

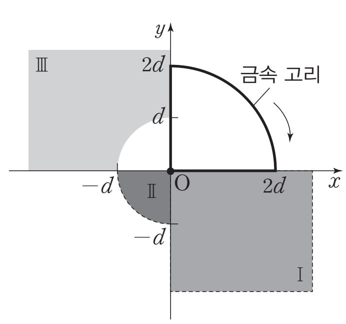
ㄷ. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ의 자기장이 A를 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=2t_0$일 때가 $t=4t_0$일 때보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

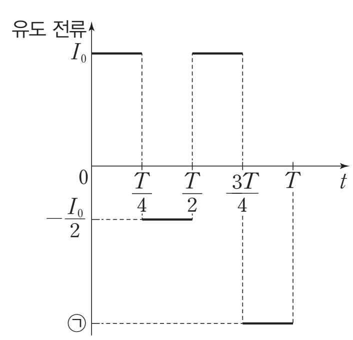
02

▸26070-0160

그림 (가)는 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ을 포함한 xy 평면에서 반지름이 $2d$인 사분원 모양의 금속 고리가 원점 O를 중심으로 시계 방향으로 일정한 각속도로 회전할 때 시간 $t=0$인 순간의 모습을 나타낸 것이고, 고리의 회전 주기는 T이다. 그림 (나)는 고리에 흐르는 유도 전류를 t에 따라 나타낸 것이다. Ⅱ는 3사분면에서 반지름이 d인 사분원 영역이고, Ⅲ은 2사분면에서 반지름이 d인 사분원을 제외한 나머지 영역이다. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이고, 전류의 방향은 시계 방향이 양(+)이다.



(가)



(나)

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

보기

ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 같다.

ㄴ. 자기장의 세기는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 3배이다.

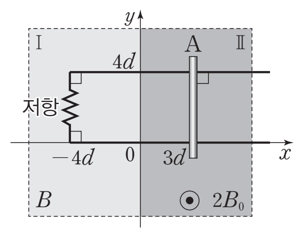
ㄷ. ㉠은 $-\frac{3}{2}I_0$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

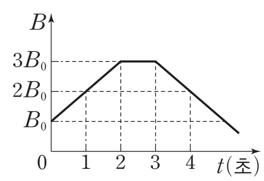
03

▸26070-0161

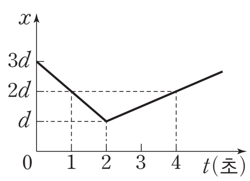
그림 (가)와 같이 xy 평면에 수직이고 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ에 저항이 연결된 ㄷ자 모양의 도선이 xy 평면에 고정되어 있고 y축과 나란한 금속 막대 A가 ㄷ자 모양의 도선 위에서 x축과 나란한 방향으로 운동한다. 그림 (나)는 Ⅰ에서 자기장의 세기 B를 시간 t에 따라 나타낸 것이고, (다)는 A의 위치 x를 t에 따라 나타낸 것이다. Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고 자기장의 세기는 $2B_0$이다. 1초일 때 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이다.



(가)



(나)



(다)

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

보기

ㄱ. Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. 2.5초일 때 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이다.

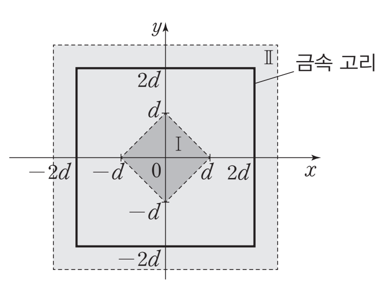
ㄷ. 4초일 때 유도 기전력의 크기는 $20B_0d^2$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

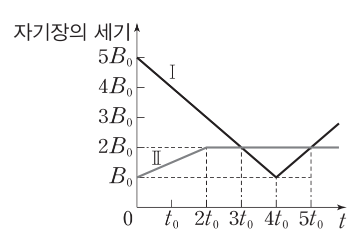
04

▸26070-0162

그림 (가)는 xy 평면에 고정된, 한 변의 길이가 $4d$인 정사각형 금속 고리와 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ를 나타낸 것이다. Ⅰ은 마름모꼴 모양의 영역이고 Ⅱ는 Ⅰ을 제외한 영역이다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이다. 그림 (나)는 Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 세기를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. $t=t_0$일 때와 $t=3t_0$일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다.



(가)



(나)

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

보기

ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 같다.

ㄴ. 유도 기전력의 크기는 $t=t_0$일 때가 $t=3t_0$일 때의 $\frac{5}{2}$배이다.

ㄷ. 유도 전류의 방향은 $t=t_0$일 때와 $t=5t_0$일 때가 같다.

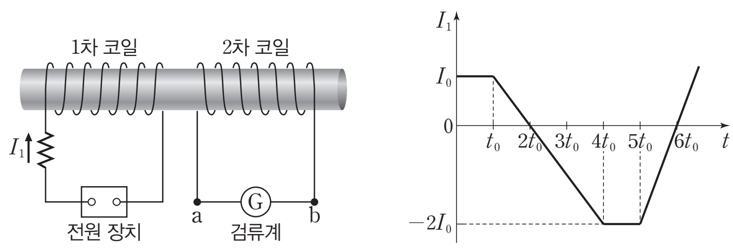
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답과 해설 33쪽

05

▸26070-0163

그림 (가)는 전원 장치에 연결된 1차 코일과 검류계가 연결된 2차 코일이 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 1차 코일에 흐르는 전류 I_1을 시간 t에 따라 나타낸 것으로 전류의 방향은 화살표 방향이 양(+)이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. I_1이 만드는 자기장에 의한 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=0.5t_0$일 때가 $t=4.5t_0$일 때보다 크다.

ㄴ. 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 $t=2t_0$일 때와 $t=6t_0$일 때가 같다.

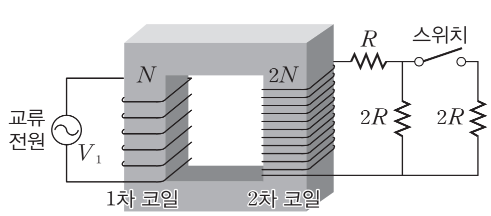
ㄷ. $t=3t_0$일 때 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 방향은 a → Ⓖ → b이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0164

그림과 같이 변압기의 1차 코일에는 전압이 V_1인 교류 전원이, 2차 코일에는 저항값이 각각 R, $2R$, $2R$인 저항 3개와 스위치가 연결되어 있다. 1차 코일과 2차 코일의 감은 수는 각각 N, $2N$이다. 스위치가 닫혀 있을 때 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 I_0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 변압기에서의 에너지 손실은 무시한다.)

보기

ㄱ. 2차 코일에 유도되는 전압은 $2V_1$이다.

ㄴ. 스위치가 닫혀 있을 때 1차 코일에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{I_0}{2}$이다.

ㄷ. 스위치가 열려 있을 때 1차 코일에 공급되는 전력은 $\frac{2V_1^2}{R}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

테마

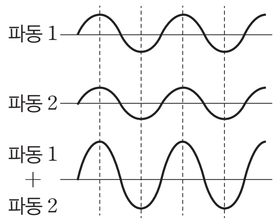
11 전자기파의 간섭과 회절

1 전자기파의 간섭

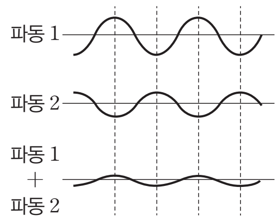
(1) 파동의 중첩과 간섭

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 커지거나 작아지는 현상



▲ 보강 간섭

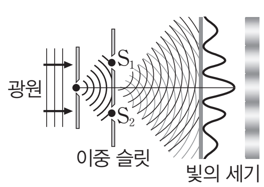


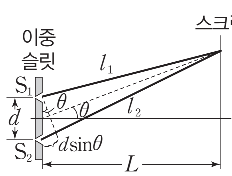
▲ 상쇄 간섭

(2) 전자기파의 간섭

① 1801년 영의 이중 슬릿 실험은 빛이 파동이라는 것을 밝힌 최초의 실험이다.

② 빛이 보강 간섭된 지점에서는 밝은 무늬가, 상쇄 간섭된 지점에서는 어두운 무늬가 나타난다.





③ 보강 간섭 조건: 같은 위상의 빛이 중첩되는 곳이며, 경로차 $\varDelta$가 $\varDelta=|l_2-l_1|=d\sin\theta=\frac{\lambda}{2}(2m)$ $(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$으로 반파장의 짝수 배가 되는 지점이다.

④ 상쇄 간섭 조건: 반대 위상의 빛이 중첩되는 곳이며, 경로차 $\varDelta$가 $\varDelta=|l_2-l_1|=d\sin\theta=\frac{\lambda}{2}(2m+1)$ $(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$으로 반파장의 홀수 배가 되는 지점이다.

⑤ 빛의 파장이 λ, 슬릿 사이의 간격이 d, 슬릿과 스크린 사이의 거리가 L일 때 이웃한 밝은(어두운) 무늬 사이의 간격 $\varDelta x=\frac{L\lambda}{d}$이다.

2 전자기파의 회절

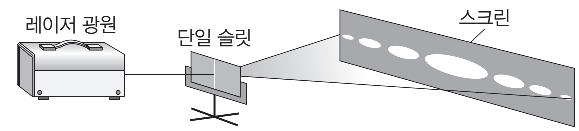
(1) 파동의 회절: 진행하던 파동이 좁은 틈을 통과하여 퍼져 나가거나 장애물의 뒤쪽까지 전파되는 현상

(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 이중 슬릿에 의한 간섭무늬와 단일 슬릿에 의한 회절 무늬의 차이: 간섭무늬는 밝은 무늬가 일정한 폭과 간격으로 나타나지만, 회절 무늬는 중앙의 밝은 무늬의 폭이 인접한 밝은 무늬의 폭보다 넓다.

▲ 간섭무늬

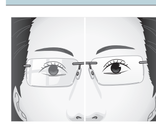
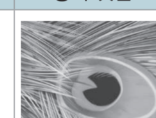
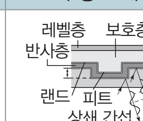
▲ 회절 무늬

② 회절은 빛의 파장이 길수록, 슬릿의 폭이 좁을수록 잘 나타난다.
➡ 중앙의 밝은 무늬의 폭이 넓어진다.

③ 빛의 파장이 λ, 슬릿의 폭이 a, 슬릿과 스크린 사이의 거리가 L일 때 스크린 중앙의 밝은 무늬의 중심에서 첫 번째 어두운 무늬의 중심까지의 거리는 $x=\frac{L\lambda}{a}$이다.

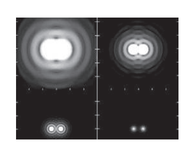
3 전자기파의 간섭과 회절의 이용

(1) 간섭의 이용

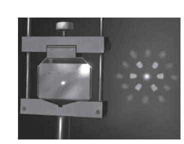
얇은 막에 의한 간섭		미세한 요철에 의한 간섭	
코팅렌즈	뉴턴링 곡률 검사	공작 깃털	CD의 정보 재생
			
렌즈 표면의 반사광을 상쇄시킴	렌즈의 곡률에 의해 동심원 모양의 간섭무늬가 생김	나노 입자의 규칙적 배열에 의해 간섭이 됨	랜드와 피트에서 반사된 빛이 간섭함

(2) 회절의 이용

X선의 회절로 DNA의 구조를 밝힘



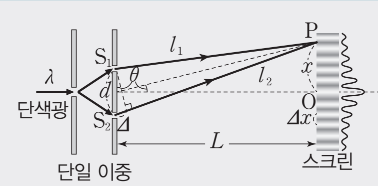
망원경의 렌즈 구경이 클수록 분해능이 좋아짐

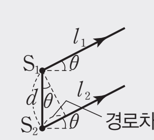


회절 광학 소자를 이용한 초소형 카메라 렌즈

더 알기 영의 간섭 실험에서 밝은 무늬 사이의 간격

슬릿으로부터 스크린까지의 거리 L은 슬릿 사이의 간격 d보다 매우 크므로 슬릿 S_1, S_2에서 나와 스크린의 한 지점 P에서 만나는 두 빛은 거의 평행하다고 할 수 있다. 이때 경로차 $\varDelta$는 $d\sin\theta$이고 각 θ가 매우 작을 때에는 $\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$이므로 $\varDelta=d\sin\theta \fallingdotseq d\tan\theta=\frac{dx}{L}$이다. 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\varDelta x=x_m-x_{m-1}=\frac{\lambda L}{2d}(2m)-\frac{\lambda L}{2d}(2m-2)=\frac{L\lambda}{d}$이다.

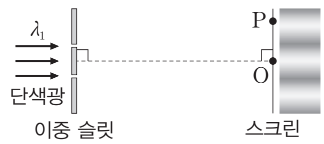




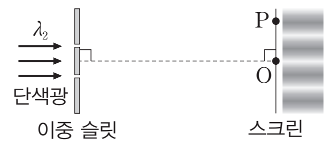
테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림 (가)는 파장이 λ_1인 단색광을 이중 슬릿에 비추었을 때 슬릿으로부터 충분히 멀리 떨어진 스크린에 간섭무늬가 생긴 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 λ_1을 λ_2로 변화시켰을 때 스크린에 간섭무늬가 생긴 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 스크린상의 점 O에는 가장 밝은 무늬의 중심이, 점 P에는 O로부터 각각 첫 번째 밝은 무늬의 중심과 두 번째 어두운 무늬의 중심이 생겼다.



(가)



(나)

$\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}$로 가장 적절한 것은?

① $\dfrac{1}{2}$ ② $\dfrac{2}{3}$ ③ $\dfrac{3}{4}$ ④ $\dfrac{4}{5}$ ⑤ $\dfrac{5}{6}$

접근 전략

(가)에서 P에는 보강 간섭이 일어났고, (나)에서 P에는 상쇄 간섭이 일어났다. 각 슬릿으로부터 P까지의 경로차를 구하여 파장의 관계를 파악해야 한다.

간략 풀이

이중 슬릿의 간격을 d, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리를 L, O에서 P까지의 거리를 $\varDelta x$라 할 때, (가)에서 P에 첫 번째 밝은 무늬가 생겼으므로 각 슬릿으로부터 P까지의 빛의 경로차는 $\dfrac{d\varDelta x}{L}=\lambda_1$이고, (나)에서 P에 두 번째 어두운 무늬가 생겼으므로 각 슬릿으로부터 P까지의 빛의 경로차는 $\dfrac{d\varDelta x}{L}=\dfrac{3}{2}\lambda_2$이다. 따라서 $\lambda_1=\dfrac{3}{2}\lambda_2$이므로 $\dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}=\dfrac{2}{3}$이다.

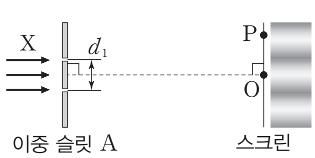
정답 | ②

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

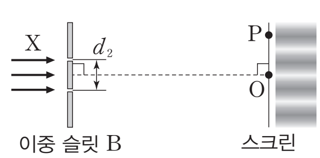
정답과 해설 35쪽

▸26070-0165

그림 (가)는 단색광 X를 슬릿 간격이 d_1인 이중 슬릿 A에 비추었을 때 슬릿으로부터 충분히 멀리 떨어진 스크린에 간섭무늬가 생긴 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 A 대신에 슬릿 간격이 d_2인 이중 슬릿 B로 교체한 후 X를 B에 비추었을 때 스크린에 간섭무늬가 생긴 모습을 나타낸 것이다. 이중 슬릿과 스크린까지의 거리는 (가)에서와 (나)에서가 같다. (가), (나)에서 스크린상의 점 O에는 가장 밝은 무늬의 중심이, 점 P에는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬의 중심과 두 번째 어두운 무늬의 중심이 생겼다.



(가)



(나)

$\dfrac{d_1}{d_2}$로 가장 적절한 것은?

① $\dfrac{1}{2}$ ② $\dfrac{2}{3}$ ③ $\dfrac{3}{4}$ ④ $\dfrac{4}{5}$ ⑤ $\dfrac{5}{6}$

유사점과 차이점

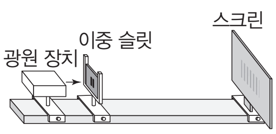
스크린상의 P에서 첫 번째 밝은 무늬와 두 번째 어두운 무늬가 생긴 점에서는 대표 문제와 유사하지만, 각 슬릿으로부터 P까지의 빛의 경로차를 구할 때 슬릿 사이의 간격을 이용한다는 점에서 대표 문제와 다르다.

배경 지식

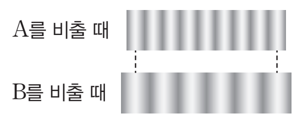
각 슬릿을 통과한 후 스크린상의 한 지점에 도달하는 단색광의 경로차는 슬릿 사이의 간격에 비례한다.

01
▸26070-0166

그림 (가)는 단색광이 이중 슬릿을 통과하여 스크린에 간섭무늬를 만든 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 단색광 A, B를 슬릿에 비추었을 때 스크린에 나타난 간섭무늬를 나타낸 것이다. A, B의 파장은 각각 λ_A, λ_B이다.



(가)



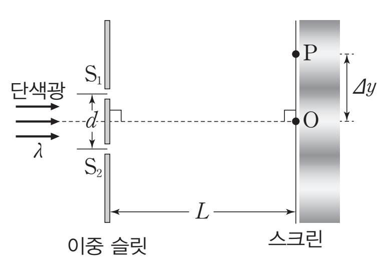
(나)

$\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$는?

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

02
▸26070-0167

그림과 같이 이중 슬릿에 파장이 λ인 단색광을 비추었을 때 이중 슬릿으로부터 거리 L만큼 떨어진 스크린에 간섭무늬가 나타났다. 슬릿 S_1, S_2 사이의 거리는 d이다. 스크린상의 점 O는 S_1, S_2로부터 같은 거리인 지점이고, 스크린상의 점 P에는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬의 중심이 생긴다. O와 P 사이의 거리는 Δy이다.



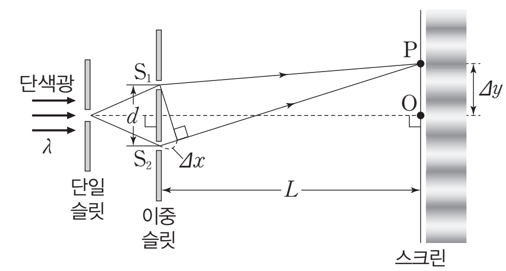
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. $|\overline{S_1P}-\overline{S_2P}|=\lambda$이다.
ㄴ. 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리만 $2L$로 바꾸면, P에는 어두운 무늬가 생긴다.
ㄷ. 슬릿 사이의 간격을 d보다 크게 하면, O로부터 첫 번째 밝은 무늬가 나타나는 지점까지의 거리는 Δy보다 작아진다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03
▸26070-0168

그림과 같이 파장이 λ인 단색광을 슬릿에 비추었더니 슬릿으로부터 L만큼 떨어진 스크린에 간섭무늬가 나타났다. 이중 슬릿의 간격은 d이다. 스크린상의 점 O는 슬릿 S_1, S_2에서 같은 거리인 지점이고, 스크린상의 점 P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생긴다. S_1, S_2로부터 P까지의 경로차는 Δx이고, O에서 P까지의 거리는 Δy이다.



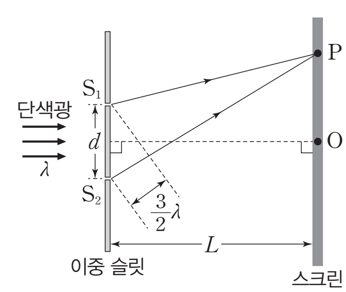
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. S_1, S_2로부터 P에 도달한 두 단색광의 위상은 같다.
ㄴ. $\Delta x=\frac{3}{2}\lambda$이다.
ㄷ. $\Delta y=\frac{3L\lambda}{2d}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04
▸26070-0169

그림은 파장이 λ인 단색광이 간격이 d인 이중 슬릿 S_1, S_2를 통과한 후 스크린상의 점 P에 도달하는 것을 나타낸 것이다. 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리는 L이다. 스크린상의 점 O는 S_1, S_2로부터 같은 거리인 지점이고, P에서 S_1과 S_2를 통과한 단색광의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

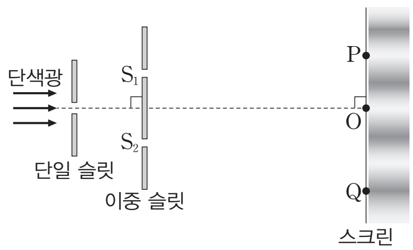
보기
ㄱ. S_1, S_2로부터 P에 도달한 두 단색광의 위상은 같다.
ㄴ. P에는 O로부터 세 번째 어두운 무늬가 나타난다.
ㄷ. O에서 P까지의 거리는 $\frac{3L\lambda}{2d}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0170

그림과 같이 이중 슬릿에 단색광을 비추었더니 슬릿 S_1, S_2를 통과하여 스크린에 간섭무늬가 나타났다. 점 O는 S_1과 S_2에서 같은 거리인 지점이고, 스크린상의 점 P, Q에는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬와 두 번째 어두운 무늬가 각각 나타났다. S_1과 S_2로부터 P에 도달한 두 빛의 경로차는 d이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

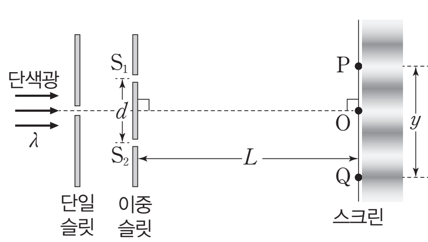
보기
ㄱ. P에는 보강 간섭이 일어난다.
ㄴ. S_1과 S_2로부터 Q에 도달한 단색광의 경로차는 $\frac{3}{2}d$이다.
ㄷ. O로부터의 거리는 P가 Q의 $\frac{2}{3}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0171

그림은 단색광을 슬릿에 비추었을 때, 스크린에 생긴 간섭무늬를 나타낸 것이다. 단색광의 파장은 λ, 슬릿 S_1, S_2의 간격은 d, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리는 L이다. 스크린상의 점 O는 S_1, S_2로부터 같은 거리에 있는 점이고, 스크린상의 점 P, Q에는 O로부터 각각 첫 번째 밝은 무늬, 두 번째 어두운 무늬가 생긴다. P와 Q 사이의 거리는 y이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

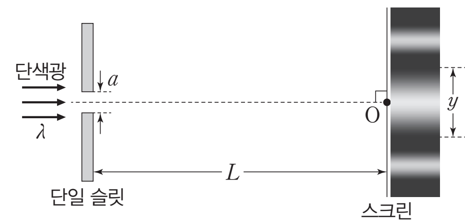
보기
ㄱ. 단일 슬릿을 통과한 단색광은 회절하여 이중 슬릿에 도달한다.
ㄴ. S_1, S_2를 지난 단색광의 경로차는 P에서가 Q에서보다 $\frac{1}{2}\lambda$만큼 작다.
ㄷ. $\lambda=\frac{3dy}{4L}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0172

그림과 같이 파장이 λ인 단색광을 비추었더니 단일 슬릿으로부터 L만큼 떨어진 스크린에 회절 무늬가 나타났다. 단일 슬릿의 폭은 a이다. 스크린상의 점 O에는 가장 밝은 무늬가 생겼고, 스크린 중앙의 밝은 무늬를 중심으로 양쪽 첫 번째 어두운 무늬의 중심 사이의 거리는 y이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

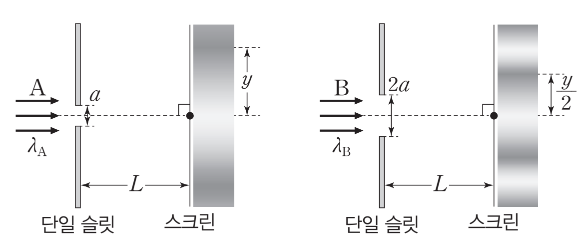
보기
ㄱ. 스크린에 생긴 회절 무늬는 빛의 파동성에 의한 것이다.
ㄴ. 단일 슬릿의 폭을 a보다 크게 하면 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭은 y보다 커진다.
ㄷ. 파장이 λ보다 긴 단색광을 단일 슬릿에 비추면 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭은 y보다 작아진다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

08

▸26070-0173

그림 (가), (나)는 각각 단색광 A, B가 단일 슬릿을 통과하여 스크린에 생긴 회절 무늬를 나타낸 것이다. A, B의 파장은 각각 λ_A, λ_B이고, 단일 슬릿으로부터 스크린까지의 거리는 (가)에서와 (나)에서가 L로 같다. (가), (나)에서 단일 슬릿의 폭은 각각 a, $2a$이고, 스크린 중앙의 밝은 무늬의 중심으로부터 첫 번째 어두운 무늬의 중심까지의 거리는 각각 y, $\frac{y}{2}$이다.



(가) (나)

$\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$는?

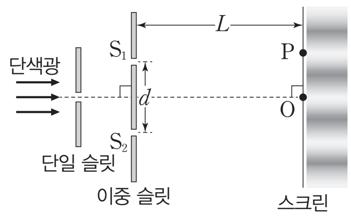
① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{2}{5}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{4}{5}$ ⑤ 1

정답과 해설 37쪽

01

▸26070-0174

그림은 간격이 d인 이중 슬릿에 단색광을 비추었더니 슬릿으로부터 L만큼 떨어진 스크린에 생긴 간섭무늬를 나타낸 것이다. 스크린상의 점 O는 슬릿 S_1과 S_2에서 같은 거리인 지점이고, 스크린상의 점 P에는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬의 중심이 생긴다. 표는 슬릿 간격, 슬릿과 스크린 사이의 거리를 변화시킨 것을 나타낸 것이다.



	슬릿 간격	슬릿과 스크린 사이의 거리
Ⅰ	$\frac{1}{2}d$	L
Ⅱ	d	$2L$
Ⅲ	$2d$	$3L$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

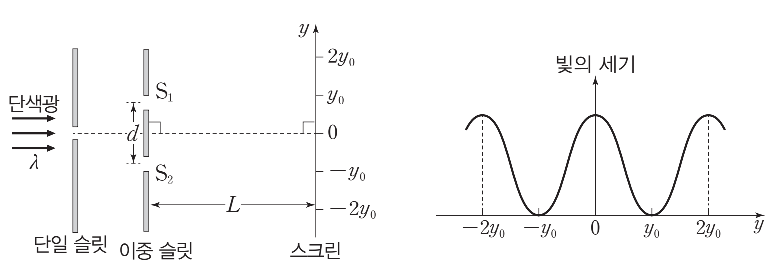
ㄱ. S_1과 S_2로부터 O에 도달한 단색광의 위상은 같다.
ㄴ. 스크린에 나타난 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 Ⅰ에서가 Ⅲ에서보다 작다.
ㄷ. Ⅱ일 때, P에는 어두운 무늬가 나타난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▸26070-0175

그림 (가)는 간격이 d인 이중 슬릿에 파장이 λ인 단색광을 비추는 것을 나타낸 것이다. 이중 슬릿 S_1과 S_2 사이의 간격은 d이고, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리는 L이다. 스크린상의 $y=0$인 지점은 S_1과 S_2에서 같은 거리이다. 그림 (나)는 (가)에서 y축에 놓인 스크린에 생긴 간섭무늬의 빛의 세기를 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

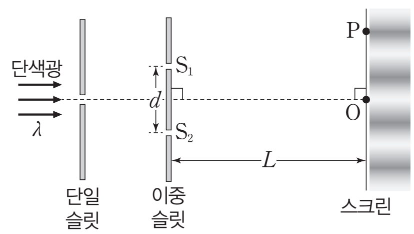
ㄱ. $-2y_0 \leq y \leq 2y_0$에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 2개이다.
ㄴ. S_1과 S_2로부터 $y=-y_0$에 도달한 빛의 경로차는 λ이다.
ㄷ. 단색광의 파장을 $\frac{\lambda}{3}$로만 바꾸면, $y=y_0$에는 $y=0$으로부터 두 번째 어두운 무늬가 나타난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0176

그림과 같이 슬릿에 파장이 λ인 단색광을 비추었더니 스크린에 간섭무늬가 생겼다. 슬릿 S_1, S_2의 간격은 d, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리는 L이다. 스크린상의 점 O는 S_1, S_2로부터 같은 거리에 있는 점이고, 스크린상의 점 P에서는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생긴다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. P에 도달하는 S_1, S_2를 통과한 두 빛의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$이다.

ㄴ. 단색광의 세기를 증가시키면, 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 증가한다.

ㄷ. P에서 O로부터 두 번째 밝은 무늬가 생기기 위한 단색광의 파장은 $\frac{3}{4}\lambda$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

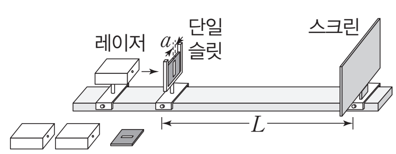
04

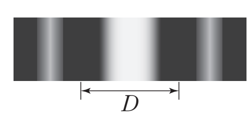
▸26070-0177

다음은 빛의 회절에 대한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 스크린을 파장이 λ인 레이저의 진행 방향과 수직이 되도록 설치한 후, 슬릿의 폭이 a인 단일 슬릿을 스크린으로부터 거리 L인 위치에 스크린과 나란하게 고정한다.





(나) 레이저를 단일 슬릿에 비추고 스크린에 생긴 회절 무늬에서 스크린 중앙의 밝은 무늬를 중심으로 양쪽 첫 번째 어두운 무늬의 중심 사이의 거리 D를 측정한다.

(다) 슬릿의 폭이 $2a$인 단일 슬릿으로 바꾼 후 (나)를 반복한다.

(라) 레이저의 파장을 바꿔가며 (나)를 반복한다.

[실험 결과]

단일 슬릿의 폭	레이저 파장	D
a	λ	Δx
$2a$	λ	㉠
$2a$	1.2λ	㉡
$2a$	㉢	$\frac{2}{5}\Delta x$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 빛의 입자성을 보여주는 실험 결과이다.

ㄴ. ㉠ > ㉡이다.

ㄷ. ㉢은 $\frac{4}{5}\lambda$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

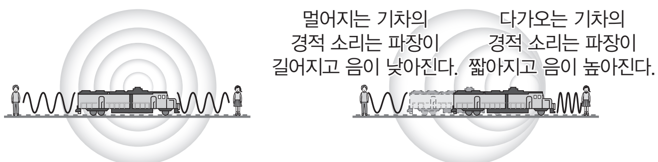
테마

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.



▲ 파원이 정지해 있을 때　▲ 파원이 운동할 때

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.

$$f'=\frac{v}{\lambda'}=\frac{v}{\lambda-\frac{v_S}{f}}=\frac{v}{\frac{v}{f}-\frac{v_S}{f}}=\frac{v}{v-v_S}f$$

(v는 음속, v_S는 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.

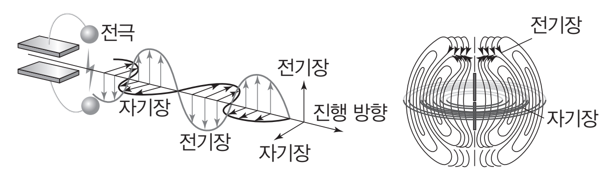
② 천체의 이동 속도 분석: 수소 원자나 헬륨 원자 때문에 나타나는 고유한 흡수 선 스펙트럼을 분석하여 천체의 이동 속도를 측정한다.

③ 기상 관측: 라디오파를 대기 중에 쏘아 빗방울이나 얼음 결정과 같은 공기 중의 물체와 충돌 후 반사되어 되돌아오는 라디오파의 진동수 변화를 측정해 구름의 방향 및 속도를 측정한다.

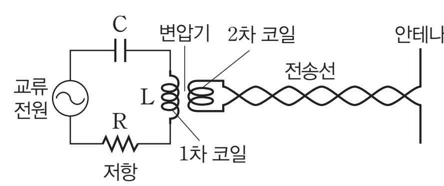
2 전자기파의 발생과 수신

(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.



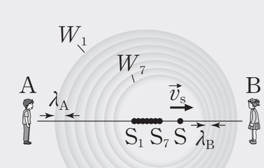
② 전자기파의 송신: 코일–축전기 진동 회로와 변압기, 안테나를 붙여서 만든 회로에 특정한 진동수의 교류 전류가 흐르면 1차 코일에서 발생한 자기 선속의 변화는 상호유도에 의해 2차 코일에 변하는 유도 기전력을 만든다.



이 유도 기전력이 안테나의 전자들을 진동시켜 전자기파가 송신된다. 이때 발생되는 전자기파의 진동수는 LC 회로의 공명(고유) 진동수와 같다.

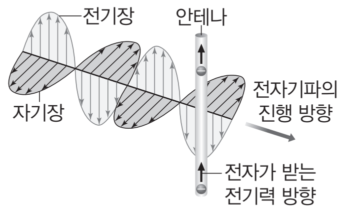
더 알기 음원이 관찰자를 향해 다가올 때와 멀어질 때 비교하기

그림은 관찰자 A에서 B를 향해 v_s의 속력으로 등속도 운동을 하는 음원이 점 S를 지나는 순간의 모습을 나타낸 것으로, 파면 W_1~W_7은 음원이 일정한 간격으로 위치한 점 S_1~S_7을 지날 때 발생한 소리의 파면을 각각 나타낸 것이다. 음원에서 발생하는 소리의 진동수는 f이고, 음속은 V이다.

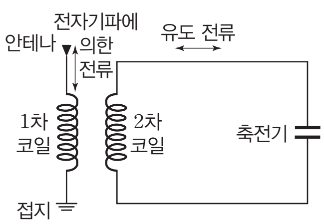


	관찰자 A가 측정하는 소리	관찰자 B가 측정하는 소리
파장	• $\lambda_A=\lambda+\Delta\lambda=\lambda+v_sT=\lambda+\frac{v_s}{f}$ • A가 측정하는 소리의 파장은 음원이 정지했을 때 소리의 파장보다 길다.	• $\lambda_B=\lambda-\Delta\lambda=\lambda-v_sT=\lambda-\frac{v_s}{f}$ • B가 측정하는 소리의 파장은 음원이 정지했을 때 소리의 파장보다 짧다.
진동수	• $f_A=\frac{V}{\lambda_A}=\frac{V}{\lambda+\frac{v_s}{f}}=\frac{V}{\frac{V}{f}+\frac{v_s}{f}}=\left(\frac{V}{V+v_s}\right)f$ • A가 측정하는 소리의 진동수는 음원에서 발생하는 소리의 진동수보다 작다.	• $f_B=\frac{V}{\lambda_B}=\frac{V}{\lambda-\frac{v_s}{f}}=\frac{V}{\frac{V}{f}-\frac{v_s}{f}}=\left(\frac{V}{V-v_s}\right)f$ • B가 측정하는 소리의 진동수는 음원에서 발생하는 소리의 진동수보다 크다.
특징	• 음원의 속력 v_s가 클수록(음속 V에 가까울수록), 음원에서 발생하는 소리와 관찰자가 측정하는 소리의 파장의 차와 진동수 차가 크다.	

(2) **전자기파의 수신**: 금속으로 된 안테나에 전파가 도달하면 안테나 속의 전자는 전기장의 방향과 반대 방향으로 전기력을 받으며 진동하여 교류 전류가 흐르게 된다.



① 전자기파의 수신: 안테나에 여러 진동수의 전자기파가 도달하면 1차 코일에는 전자기파에 의한 전류가 흐르게 되고, 안테나 옆에 LC 회로를 놓게 되면 회로의 공명(고유) 진동수와 동일한 진동수의 전자기파에 의한 유도 전류가 가장 세게 흐르게 된다.



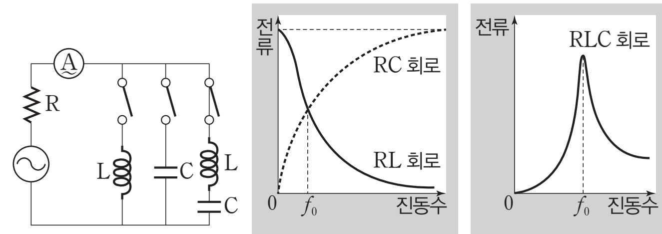
② 전자기파 수신기에서는 코일의 자체 유도 계수와 축전기의 전기 용량을 조절하여 원하는 진동수의 전자기파를 선택할 수 있다.

(3) **교류 회로에서의 공명(고유) 진동수**: 코일과 축전기가 직렬로 연결된 회로에서 코일의 저항 역할은 교류 진동수가 클수록 크고, 축전기의 저항 역할은 교류 진동수가 클수록 작다. 코일과 축전기의 저항 역할이 같을 때 합성 저항 역할이 최소가 되어 전류가 최대로 흐른다. 이때의 진동수 f_0을 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 $f_0=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (L: 자체 유도 계수, C: 전기 용량)이다.



3 전자기파와 정보 통신

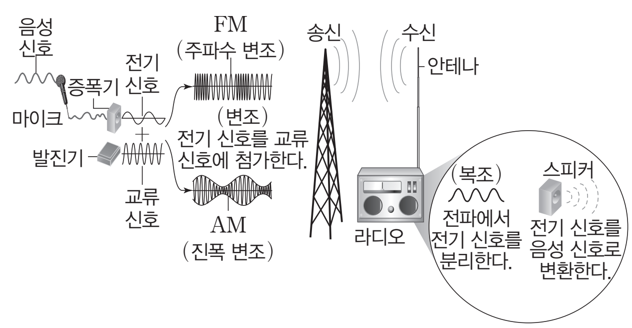
(1) **전자기파의 공명**: 전파 발생 회로와 수신 회로의 공명(고유) 진동수가 서로 같을 때 전자기파 공명이 발생하면서 수신 회로에 세기가 큰 전류가 흐른다.

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 세기가 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.

더 알기 헤르츠의 전자기파 실험

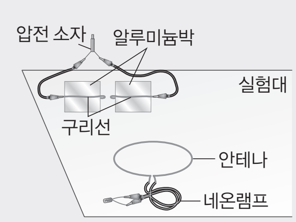
[실험 과정]

(가) 그림과 같이 두 장의 알루미늄박에 구리선을 붙이고 실험대에 수직으로 놓은 후 압전 소자를 연결한다.

(나) 구리선으로 원형 안테나를 만들고 네온램프를 연결하여 알루미늄박에 가까이 위치시킨다.

(다) 안테나를 실험대에 놓은 후 압전 소자를 눌러 구리선 사이에서 불꽃 방전과 네온램프에서 빛 방출 여부를 관찰한다.

(라) (다)에서 알루미늄박과 안테나 사이의 거리만을 변화시키면서 압전 소자를 눌러 네온램프를 관찰한다.



[실험 결과]

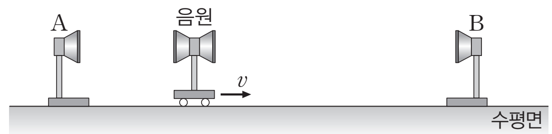
• (다)에서 압전 소자를 누를 때 구리선 사이에서 불꽃 방전이 일어나며 네온램프에 불이 켜진다.

• (라)에서 안테나와 알루미늄박 사이의 거리가 멀수록 네온램프에서 방출되는 빛의 최대 밝기는 감소한다.

테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림과 같이 진동수가 f_0으로 일정한 음파를 발생시키는 음원이 수평면에 고정된 음파 측정기 A, B 사이에서 B를 향해 v의 속력으로 등속도 운동을 한다. A, B가 측정한 음파의 진동수는 각각 f_A, f_B이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음원과 A, B는 동일 직선상에 있고, 음속은 V로 일정하며, $v<V$이다.)

보기

ㄱ. $f_A=\frac{V}{V-v}f_0$이다.

ㄴ. $f_A<f_B$이다.

ㄷ. f_B는 v가 클수록 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

접근 전략

진동수가 f_0인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때, 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 다음과 같다.

$f=\frac{v}{v\mp v_s}f_0$ (v: 음파의 속력, v_s: 음원의 속력, $-$: 음원이 음파 측정기를 향해 다가감, $+$: 음원이 음파 측정기에서 멀어짐)

간략 풀이

ㄱ. 음원은 A로부터 멀어지므로 $f_A=\frac{V}{V+v}f_0$이다.

ㄴ. 음원은 A로부터 멀어지고 B에 가까워지므로 A가 측정한 음원의 진동수는 f_0보다 작고, B가 측정한 음원의 진동수는 f_0보다 크다. 따라서 $f_A<f_B$이다.

ㄷ. $f_B=\frac{V}{V-v}f_0$이므로 f_B는 v가 클수록 크다.

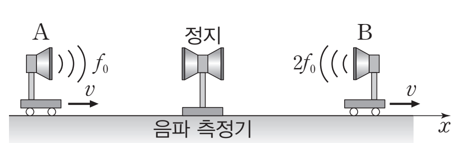
정답 | ⑤

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 38쪽

▸26070-0178

그림과 같이 수평면에 음파 측정기가 정지해 있고, 음원 A, B가 진동수가 일정한 음파를 발생시키며 $+x$방향으로 같은 속력 v로 등속도 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B가 발생시키는 음파의 진동수는 각각 f_0, $2f_0$이다. A, B가 발생시킨 음파를 음파 측정기가 측정한 진동수는 각각 f_A, f_B이다. 음속은 $10v$이다.



$\frac{f_A}{f_B}$는? (단, 음원은 A와 B를 잇는 직선상에서 운동한다.)

① $\frac{8}{15}$ ② $\frac{9}{16}$ ③ $\frac{10}{17}$ ④ $\frac{11}{18}$ ⑤ $\frac{12}{19}$

유사점과 차이점

등속도 운동하는 음원 A, B 사이에 음파 측정기가 정지해 있다는 점에서는 대표 문제와 유사하지만, 음파 측정기가 측정한 소리의 진동수를 정량적으로 구한다는 점에서 대표 문제와 다르다.

배경 지식

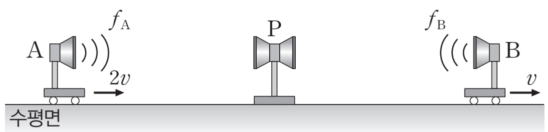
음원이 음파 측정기를 향해 다가오면 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 음원이 발생시키는 음파의 진동수보다 크고, 음원이 음파 측정기에서 멀어지면 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 음원이 발생시키는 음파의 진동수보다 작다.

수능 2점 테스트

정답과 해설 38쪽

01
▸26070-0179

그림은 음원 A, B가 정지해 있는 음파 측정기 P와 동일 직선상에서 각각 속력 $2v$, v로 서로 같은 방향으로 등속도 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B가 발생시키는 음파의 진동수는 각각 f_A, f_B이고, P에서 측정한 두 음파의 진동수는 같다. 음속은 $30v$이다.

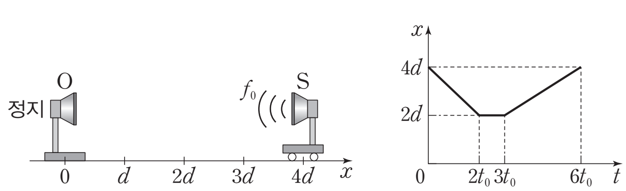


$\dfrac{f_A}{f_B}$는?

① $\dfrac{6}{7}$　② $\dfrac{28}{31}$　③ $\dfrac{31}{32}$　④ $\dfrac{31}{28}$　⑤ $\dfrac{7}{6}$

02
▸26070-0180

그림 (가)는 $x=0$인 위치에 정지해 있는 음파 측정기 O와 일정한 진동수 f_0의 음파를 발생시키는 음원 S가 직선 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 S의 위치 x를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. O가 측정한 음파의 진동수는 t_0일 때 발생한 음파가 $4t_0$일 때 발생한 음파의 2배이다.



(가)　(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음속은 일정하고, O와 S의 크기는 무시한다.)

보기

ㄱ. O가 측정한 음파의 파장은 t_0일 때 발생한 음파가 $4t_0$일 때 발생한 음파보다 짧다.

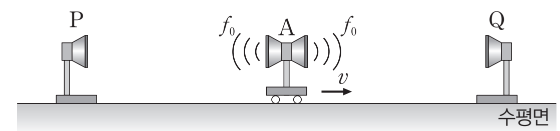
ㄴ. 음파의 속력은 $\dfrac{7d}{3t_0}$이다.

ㄷ. $5t_0$일 때 발생한 음파를 O가 측정한 진동수는 $\dfrac{4}{5}f_0$이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄷ　④ ㄱ, ㄴ　⑤ ㄱ, ㄷ

03
▸26070-0181

그림과 같이 음원 A가 진동수가 f_0인 음파를 발생하며 음파 측정기 P에서 음파 측정기 Q를 향해 속력 v로 등속도 운동을 한다. P와 Q는 정지해 있다. P가 측정한 A에서 발생한 음파의 파장은 $\dfrac{11v}{2f_0}$이고, P, Q가 각각 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수의 차는 Δf이다.

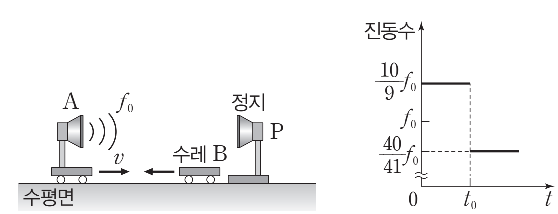


Q가 측정한 음파의 파장과 Δf는? (단, A, P, Q는 동일 직선상에 있고, 음속은 일정하다.)

	Q가 측정한 음파의 파장	Δf
①	$\dfrac{2v}{f_0}$	$\dfrac{36}{77}f_0$
②	$\dfrac{2v}{f_0}$	$\dfrac{48}{77}f_0$
③	$\dfrac{7v}{2f_0}$	$\dfrac{36}{77}f_0$
④	$\dfrac{7v}{2f_0}$	$\dfrac{48}{77}f_0$
⑤	$\dfrac{9v}{2f_0}$	$\dfrac{36}{77}f_0$

04
▸26070-0182

그림 (가)와 같이 수평면에서 진동수 f_0인 음파를 발생시키는 음원 A와 수레 B가 서로 반대 방향으로 운동하고, 음파 측정기 P는 수평면에 고정되어 있다. B와 충돌하기 전 A의 속력은 v이다. 그림 (나)는 (가)에서 P가 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. t_0일 때, A와 B가 충돌한다.



(가)　(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, P는 동일 직선상에 있고, 음속은 일정하다.)

보기

ㄱ. A의 운동 방향은 B와 충돌하기 전과 후가 반대이다.

ㄴ. 음속은 $10v$이다.

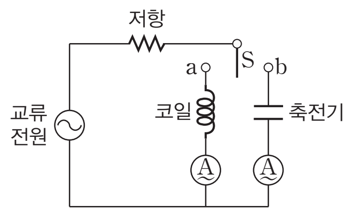
ㄷ. B와 충돌한 후 A에서 발생한 음파를 P가 측정한 파장은 $\dfrac{37v}{4f_0}$이다.

① ㄱ　② ㄷ　③ ㄱ, ㄴ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0183

그림은 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 스위치 S, 저항, 축전기, 코일, 전류계를 연결한 회로를 나타낸 것이다. 교류 전원의 진동수가 f일 때, 저항에 걸리는 전압은 S를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때가 V_0으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

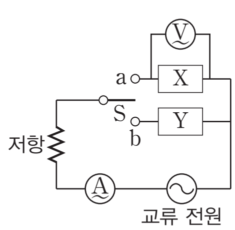
ㄱ. S를 a에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면 전류계에 흐르는 전류의 세기는 증가한다.
ㄴ. S를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수를 감소시키면 축전기의 저항 역할은 커진다.
ㄷ. S를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수가 $2f$일 때, 저항에 걸리는 전압은 V_0보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

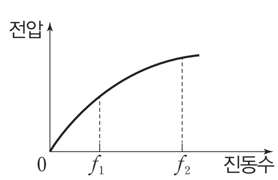
06

▸26070-0184

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 저항, 스위치 S, 전기 소자 X, Y를 연결한 회로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 S를 a에 연결했을 때 교류 전원의 진동수에 따라 X 양단에 걸리는 전압을 나타낸 것이다. X, Y는 코일과 축전기를 순서 없이 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (나)에서 저항에 흐르는 전류의 세기는 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_2일 때보다 크다.
ㄴ. X는 코일이다.
ㄷ. S를 b에 연결한 상태에서 Y의 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_2일 때보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

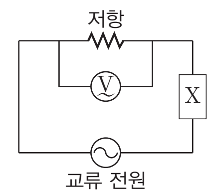
07

▸26070-0185

다음은 교류 회로에 대한 실험이다.

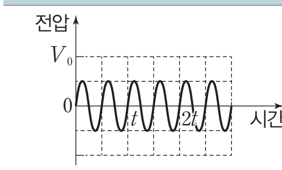
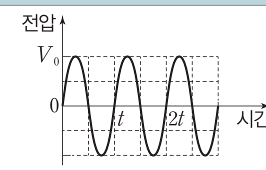
[실험 과정]

(가) 그림과 같이 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 저항, 전기 소자 X를 이용하여 회로를 구성한다. X는 축전기와 코일 중 하나이다.



(나) 교류 전원의 진동수가 f_1일 때, 저항의 양단에 걸리는 전압을 측정한다.
(다) 교류 전원의 진동수가 f_2일 때, 저항의 양단에 걸리는 전압을 측정한다.

[실험 결과]

(나)의 결과	(다)의 결과
	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

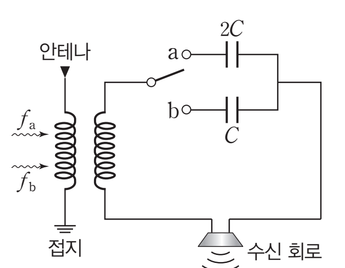
ㄱ. f_1은 f_2보다 크다.
ㄴ. X에 걸리는 전압의 최댓값은 (나)에서가 (다)에서보다 크다.
ㄷ. X는 코일이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0186

그림은 방송국에서 송출한 진동수가 각각 f_a, f_b인 전파가 수신 회로의 안테나에 도달하는 것을 나타낸 것이다. 수신 회로에는 전기 용량이 $2C$, C인 축전기가 연결되어 있다. 표는 스위치를 a, b에 연결할 때 수신 회로에 흐르는 전류가 최대인 순간 스피커에서 나오는 방송의 진동수를 나타낸 것이다.



스위치의 연결	스피커에서 나오는 방송의 진동수
a	f_a
b	f_b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

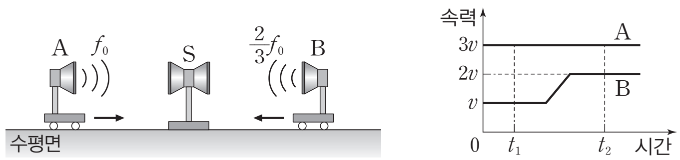
ㄱ. 안테나의 전자는 전자기파의 전기장에 의해 전기력을 받는다.
ㄴ. $f_a > f_b$이다.
ㄷ. 코일의 저항 역할은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

01

▸26070-0187

그림 (가)는 수평면에 정지해 있는 음파 측정기 S를 향해 음원 A, B가 진동수가 각각 f_0, $\frac{2}{3}f_0$인 음파를 발생시키며 직선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. 음속은 $10v$이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, S는 동일 직선상에 있다.)

보기

ㄱ. t_1일 때, A가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\frac{10}{7}f_0$이다.

ㄴ. t_2일 때, 음원이 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 A의 음파가 B의 음파의 $\frac{15}{7}$배이다.

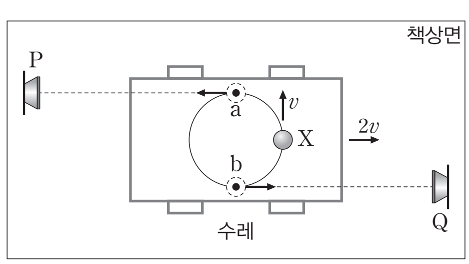
ㄷ. S가 측정한 음파의 진동수는 t_1일 때 B에서 발생한 음파의 진동수가 t_2일 때 B에서 발생한 음파의 진동수보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0188

그림은 수평인 책상면에서 속력 $2v$로 등속 직선 운동하는 수레에 고정된 원형 고리에서 음원 X가 속력 v로 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. 점 a, b는 원형 고리상의 점이고, 음파 측정기 P, Q는 수평면에 고정되어 있다. X에서 발생하는 음파의 진동수는 일정하다. X가 a를 지나는 순간 발생한 소리를 P가 측정한 진동수는 f_P이고, X가 b를 지나는 순간 발생한 소리를 Q가 측정한 진동수는 f_Q이다.



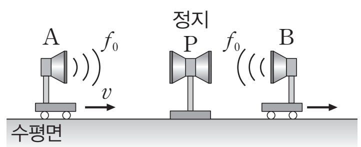
$\frac{f_P}{f_Q}=\frac{7}{8}$일 때, 음속은? (단, 음속은 일정하고, P, Q, X의 높이는 같다.)

① $30v$ ② $\frac{61}{2}v$ ③ $31v$ ④ $\frac{63}{2}v$ ⑤ $64v$

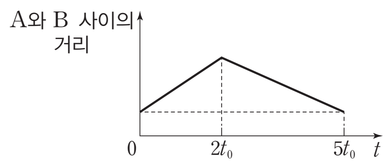
03

▸26070-0189

그림 (가)는 음원 A, B가 진동수가 f_0인 음파를 발생하며 같은 방향으로 운동하는 것을 나타낸 것이다. A의 속력은 v로 일정하다. 정지해 있는 음파 측정기 P가 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수는 $\frac{5}{4}f_0$이다. 그림 (나)는 A, B 사이의 거리를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. t_0일 때, B의 속력은 $\frac{4}{3}v$이고 B에서 발생한 음파를 P가 측정한 진동수는 f이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, P, B는 동일 직선상에 있고, 음속은 일정하다.)

보기

ㄱ. $3t_0$일 때, B의 속력은 $\frac{7}{9}v$이다.

ㄴ. $f=\frac{15}{19}f_0$이다.

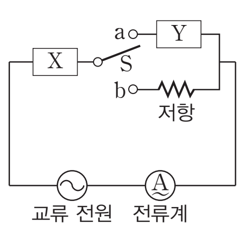
ㄷ. t_0일 때, A, B에서 발생한 음파를 P가 측정한 파장은 A에서 발생한 음파가 B에서 발생한 음파의 $\frac{12}{19}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

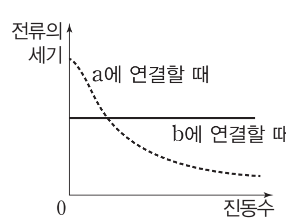
04

▸26070-0190

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 전류계, 스위치 S, 저항, 전기 소자 X, Y를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. X, Y는 저항과 코일을 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 S를 a 또는 b에 연결할 때, 전류계에서 측정한 전류의 세기를 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X는 저항이다.

ㄴ. Y는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항 역할이 작아진다.

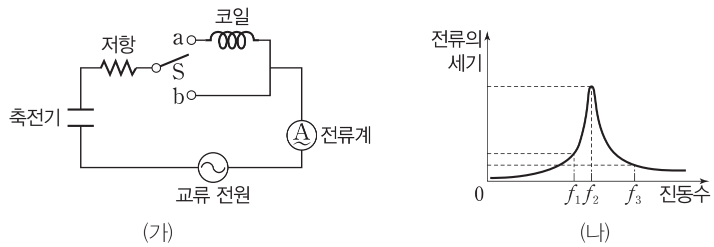
ㄷ. S를 a에 연결할 때, 교류 전원의 진동수가 클수록 저항에서의 소비 전력은 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0191

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 축전기, 코일, 저항, 스위치 S를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 S를 a와 b 중 하나에 연결했을 때, 저항에 흐르는 전류의 세기를 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

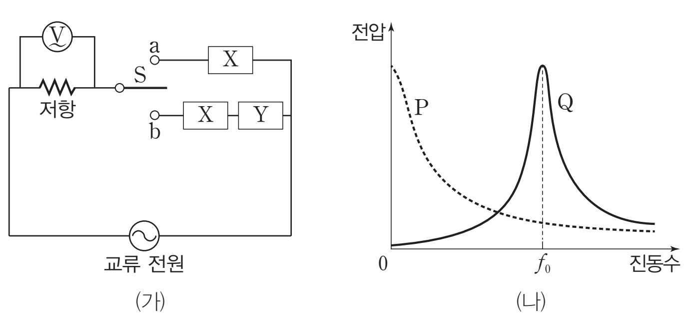
ㄱ. (나)는 (가)에서 S를 b에 연결했을 때이다.
ㄴ. (나)에서 회로의 고유 진동수는 f_2이다.
ㄷ. (가)에서 스위치를 b에 연결하면, 축전기 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_3일 때보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0192

그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 저항, 스위치 S, 전기 소자 X, Y를 이용하여 구성한 회로를 나타낸 것이다. X, Y는 축전기와 코일을 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 저항에 걸리는 전압을 교류 전원의 진동수에 따라 나타낸 것이다. P, Q는 (가)에서 S를 a, b에 연결했을 때를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. P는 S를 a에 연결했을 때이다.
ㄴ. Y는 교류 전원의 진동수가 커질수록 저항 역할이 커진다.
ㄷ. S를 b에 연결할 때, 회로의 고유 진동수는 f_0이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

테마

13 볼록 렌즈에 의한 상

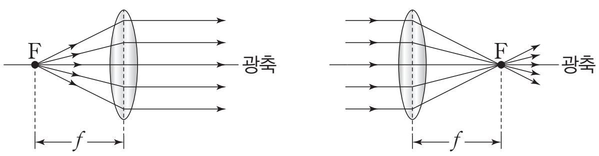
1 볼록 렌즈에 의한 상

(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.

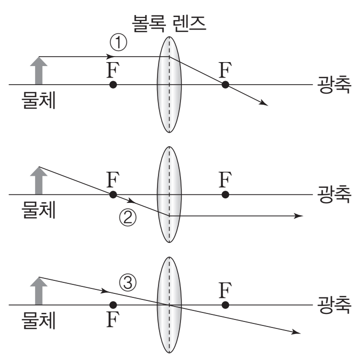


(2) 볼록 렌즈에 의한 광선의 경로(광선 추적)

① 광축에 나란하게 입사한 광선은 볼록 렌즈에서 굴절한 후 초점(F)을 지난다.

② 초점(F)을 지나 입사한 광선은 볼록 렌즈에서 굴절한 후 광축과 나란하게 진행한다.

③ 볼록 렌즈의 중심을 지나는 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

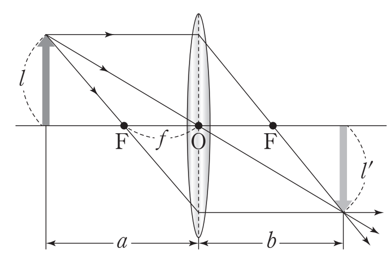
(1) 렌즈 방정식: 렌즈 중심과 물체 사이의 거리를 a, 렌즈 중심과 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리가 f라고 할 때, 다음 관계식이 성립한다.

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

실상일 때: b의 부호(+)

허상일 때: b의 부호(−)

(2) 배율(M): 물체의 크기에 대한 상의 크기의 비율이다.



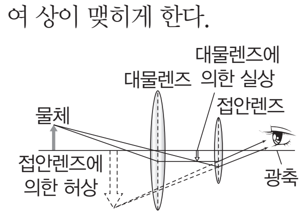
$$M=\frac{l'}{l}=\left|\frac{b}{a}\right|$$

3 볼록 렌즈의 이용

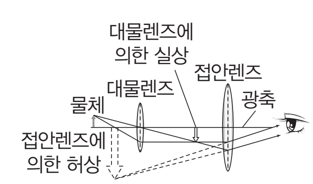
(1) 굴절 망원경(케플러 망원경): 두 개의 볼록 렌즈를 이용하여 멀리 있는 물체를 관측하는 장치로, 초점 거리가 긴 대물렌즈는 물체에서 나오는 빛을 모아 실상을 만들고, 이 실상이 초점 거리가 짧은 접안렌즈에 의해 확대된 허상으로 보인다.

(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.



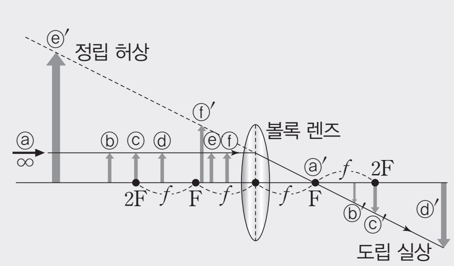
▲ 굴절 망원경



▲ 광학 현미경

더 알기 물체의 위치에 따른 볼록 렌즈에 의한 상의 변화

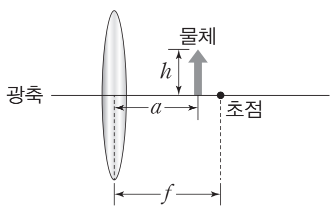
- 물체가 볼록 렌즈의 초점 바깥쪽에서 렌즈를 향하여 움직일 때 렌즈에 의한 물체의 상은 렌즈를 중심으로 물체 반대편 초점에서부터 점점 멀어지고 크기는 점점 커진다.
- 물체가 볼록 렌즈의 초점 안쪽에서 렌즈를 향하여 움직일 때 렌즈에 의한 물체의 상은 렌즈를 중심으로 물체와 같은 방향에서 렌즈에 가까워지고 상의 크기는 점점 작아진다.



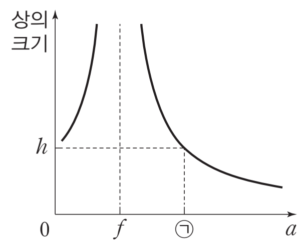
테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림 (가)는 초점 거리가 f인 볼록 렌즈로부터 거리 a만큼 떨어진 지점에 크기가 h인 물체가 놓인 모습을, (나)는 a에 따른 상의 크기를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 $2f$이다.

ㄴ. 상의 크기는 $a=\frac{2}{3}f$일 때가 $a=\frac{5}{3}f$일 때의 $\frac{5}{2}$배이다.

ㄷ. $a=3f$일 때, 상과 렌즈 사이의 거리는 $\frac{3}{2}f$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b라 할 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다. 또한, 상의 크기를 h'라 할 때, 배율 $m=\left|\frac{h'}{h}\right|=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.

간략 풀이

ㄱ. $a=$㉠일 때, 상의 크기가 h이므로 $a=b$이다. 따라서 $\frac{1}{㉠}+\frac{1}{㉠}=\frac{1}{f}$에서 ㉠$=2f$이다.

~~ㄴ~~. $a=\frac{2}{3}f$일 때, $\frac{3}{2f}-\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$이므로 $b_1=2f$이고, $h'_1=3h$이다. $a=\frac{5}{3}f$일 때, $\frac{3}{5f}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f}$이므로 $b_2=\frac{5}{2}f$이고, $h'_2=\frac{3}{2}h$이다. 따라서 상의 크기는 $a=\frac{2}{3}f$일 때가 $a=\frac{5}{3}f$일 때의 2배이다.

ㄷ. $a=3f$일 때, $\frac{1}{3f}+\frac{1}{b_3}=\frac{1}{f}$이므로 $b_3=\frac{3}{2}f$이다.

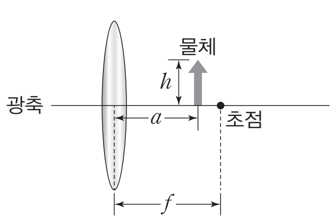
정답 | ③

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

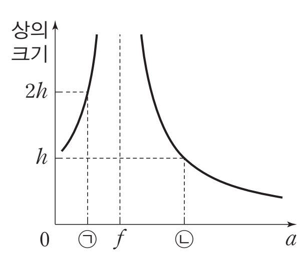
정답과 해설 41쪽

▸26070-0193

그림 (가)는 초점 거리가 f인 볼록 렌즈로부터 거리 a만큼 떨어진 지점에 크기가 h인 물체가 놓인 모습을, (나)는 a에 따른 상의 크기를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. a가 ㉠일 때, 상은 허상이다.

ㄴ. a가 ㉡일 때, 상은 도립상이다.

ㄷ. ㉡은 ㉠의 4배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

물체가 볼록 렌즈로부터 떨어진 거리 a에 대한 상의 크기를 다룬다는 점에서 대표 문제와 유사하지만, a에 따라서 만들어지는 상의 종류를 구한다는 점에서 대표 문제와 다르다.

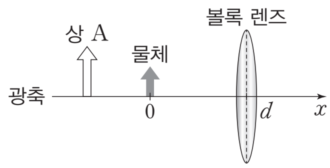
배경 지식

초점 거리를 f라고 할 때, $a<f$일 때 허상이 생기고, $a>f$일 때 실상이 생긴다.

01

▸26070-0194

그림과 같이 광축인 x축상의 $x=d$에 볼록 렌즈를 고정시키고, $x=0$인 지점에 물체를 놓았더니 상 A가 생겼다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

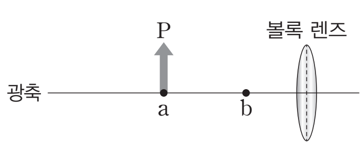
ㄱ. A는 허상이다.
ㄴ. 볼록 렌즈의 초점 거리는 d보다 크다.
ㄷ. 물체를 $x=0$에서부터 $x=\frac{d}{2}$까지 x축을 따라 이동시킬 때, 배율이 1인 상이 나타날 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0195

그림과 같이 볼록 렌즈 앞의 점 a에 물체 P를 놓았다. 점 b는 볼록 렌즈의 초점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

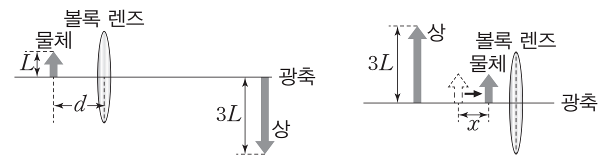
ㄱ. P를 a에 놓았을 때, P의 상은 허상이다.
ㄴ. P를 a와 b 사이의 광축 상에 놓았을 때, P의 상은 정립상이다.
ㄷ. P를 a에서 b로 광축을 따라 이동시키면 P의 상의 크기는 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0196

그림 (가)와 같이 초점 거리가 f인 볼록 렌즈의 중심으로부터 d만큼 떨어진 지점에 크기가 L인 물체를 놓았더니 크기가 $3L$인 상이 생긴다. 그림 (나)와 같이 (가)에서 물체를 볼록 렌즈를 향해 x만큼 이동시켰더니 크기가 $3L$인 상이 생긴다.



(가) (나)

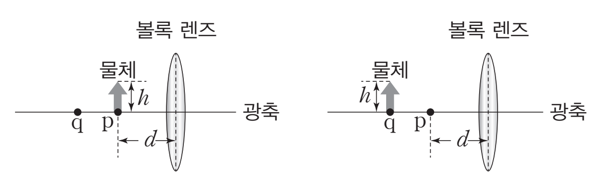
f와 x로 옳은 것은?

	f	x
①	$\frac{2}{3}d$	$\frac{1}{4}d$
②	$\frac{3}{4}d$	$\frac{1}{4}d$
③	$\frac{2}{3}d$	$\frac{1}{2}d$
④	$\frac{3}{4}d$	$\frac{1}{2}d$
⑤	$\frac{2}{3}d$	$\frac{3}{4}d$

04

▸26070-0197

그림 (가)와 같이 볼록 렌즈의 중심으로부터 d만큼 떨어진 점 p에 크기가 h인 물체를 놓았다. 그림 (나)는 (가)에서 물체를 점 q로 이동시킨 것을 나타낸 것이다. 볼록 렌즈에 의한 상의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 $5h$로 같다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

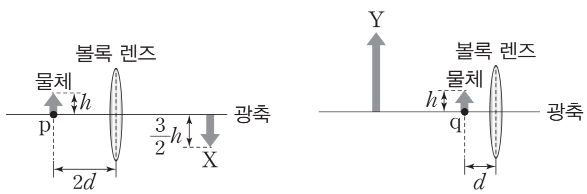
ㄱ. (가)에서 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이다.
ㄴ. 볼록 렌즈로부터 상까지의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
ㄷ. p와 q 사이의 거리는 $\frac{1}{3}d$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0198

그림 (가)는 볼록 렌즈의 중심으로부터 $2d$만큼 떨어진 점 p에 크기가 h인 물체를 놓았을 때 볼록 렌즈에 의해 크기가 $\frac{3}{2}h$인 상 X가 생기는 것을, (나)는 (가)에서 물체를 볼록 렌즈의 중심으로부터 d만큼 떨어진 점 q에 놓았을 때 볼록 렌즈에 의해 상 Y가 생기는 것을 나타낸 것이다.



(가) (나)

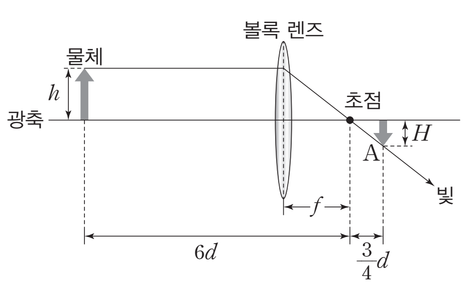
Y의 크기는?

① $\frac{14}{3}h$ ② $5h$ ③ $\frac{16}{3}h$ ④ $\frac{17}{3}h$ ⑤ $6h$

06

▸26070-0199

그림은 물체에서 나온 빛의 일부가 초점 거리가 f인 볼록 렌즈를 통과하여 진행하는 경로를 나타낸 것이다. 광축과 나란하게 진행한 빛은 렌즈를 통과한 후 물체로부터 $6d$만큼 떨어진 초점을 통과하고, 볼록 렌즈로 인한 물체의 상 A는 초점으로부터 $\frac{3}{4}d$만큼 떨어진 지점에 생긴다. 물체의 크기는 h이고, 볼록 렌즈에 의한 상의 크기는 H이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

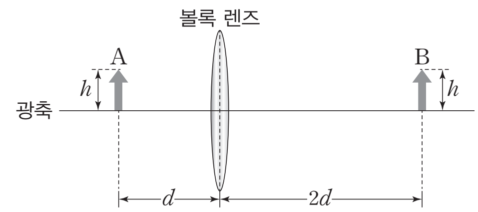
보기
ㄱ. A는 실상이다.
ㄴ. f는 $\frac{4}{3}d$이다.
ㄷ. H는 $\frac{1}{2}h$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0200

그림과 같이 볼록 렌즈의 중심으로부터 d, $2d$만큼 떨어진 지점에 각각 물체 A, B를 놓았다. A, B의 크기는 h로 같고, 볼록 렌즈에 의한 A, B의 상의 크기는 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A의 상은 정립상이다.
ㄴ. B의 상의 크기는 $3h$이다.
ㄷ. A의 상에서부터 B의 상까지의 거리는 $4d$이다.

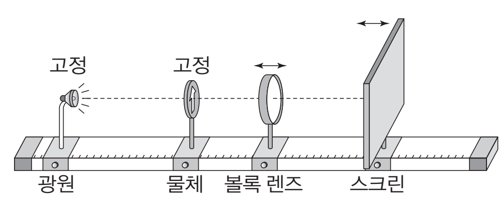
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0201

다음은 볼록 렌즈를 이용한 실험이다.

[실험 과정]
(가) 그림과 같이 크기가 10 cm인 물체를 고정하고, 볼록 렌즈와 스크린을 설치한다.



(나) 볼록 렌즈와 스크린의 위치를 이동시켜 스크린에 선명한 상이 나타날 때, 스크린에 나타난 상의 크기를 측정하고 상의 종류를 기록한다.

[실험 결과]

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리	상의 크기	상의 종류
20 cm	㉠	도립상
30 cm	5 cm	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 볼록 렌즈의 초점 거리는 15 cm이다.
ㄴ. ㉠은 10 cm이다.
ㄷ. ㉡은 도립상이다.

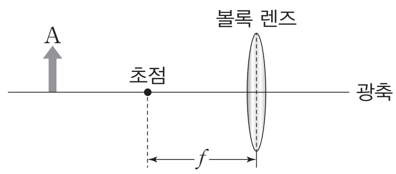
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답과 해설 42쪽

01

▸26070-0202

그림과 같이 초점 거리가 f인 볼록 렌즈 앞에 물체 A를 놓았다. 표는 볼록 렌즈의 중심에서 A까지의 거리에 따른 상의 종류와 크기를 나타낸 것이다.



거리	상의 종류	상의 크기
d	허상	$2h$
$2d$	실상	㉠
$4d$	㉡	$\frac{1}{3}h$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $f=\frac{9}{7}d$이다.

ㄴ. ㉠은 $\frac{3}{2}h$이다.

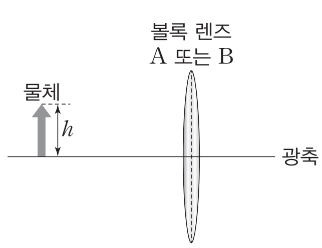
ㄷ. ‘실상’은 ㉡에 해당한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0203

그림과 같이 볼록 렌즈 A 또는 B의 중심을 지나는 광축 위의 점에 크기가 h인 물체를 놓고 렌즈에 의한 상을 관찰한다. 표는 A, B의 초점 거리, 렌즈의 중심에서 물체까지의 거리를 바꿀 때의 상의 크기와 종류를 나타낸 것이다.



렌즈	렌즈의 초점 거리	렌즈 중심에서 물체까지의 거리	상의 크기	상의 종류
A	f	L	$2h$	도립 실상
		㉠	$3h$	정립 허상
B	$2f$	$2L$	$2h$	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $f=L$이다.

ㄴ. ㉠은 $\frac{4}{9}L$이다.

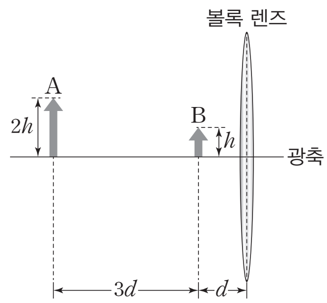
ㄷ. ‘도립 실상’은 ㉡에 해당한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0204

그림과 같이 볼록 렌즈 앞에 물체 A, B를 놓는다. A, B의 크기는 각각 $2h$, h이다. A와 B 사이의 거리는 $3d$이고, B로부터 볼록 렌즈의 중심까지의 거리는 d이다. 볼록 렌즈에 의한 A, B의 상의 크기는 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

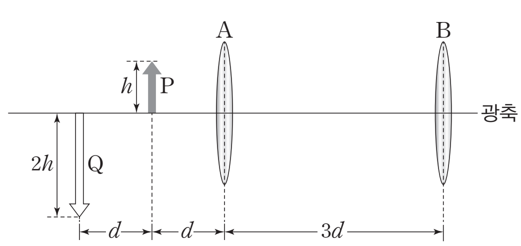
보기
ㄱ. A의 상은 정립상이다.
ㄴ. 렌즈의 초점 거리는 $2d$이다.
ㄷ. A의 상과 B의 상 사이의 거리는 $8d$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0205

그림은 광축에 놓인 물체 P를 볼록 렌즈 A, B를 통해 관찰했더니 도립상 Q가 생긴 것을 나타낸 것이다. P와 A의 중심 사이의 거리는 d이고, A와 B 사이의 거리는 $3d$이며, Q와 A의 중심 사이의 거리는 $2d$이다. A, B의 초점 거리는 각각 f_A, f_B이고, Q, P의 크기는 각각 h, $2h$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A에 의한 P의 상은 도립상이다.
ㄴ. A에 의한 P의 상의 크기는 $\frac{6}{7}h$이다.
ㄷ. $\frac{f_A}{f_B}=\frac{8}{65}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

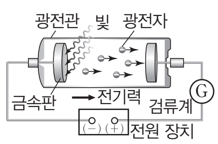
14 빛과 물질의 이중성

1 광전 효과

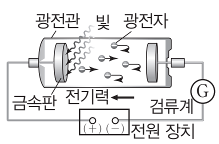
(1) **광전 효과**: 금속 표면에 비추는 빛에 의해 전자가 방출되는 현상, 이때 방출되는 전자를 광전자라고 한다.

(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.



▲ 순방향 전압



▲ 역방향 전압

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.

$$E_k = eV_s \ (e\text{: 기본 전하량})$$

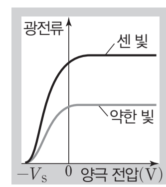
(3) **광전 효과 실험 결과**

① 광전자는 특정한 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 방출된다. 이 특정한 진동수를 문턱 진동수라고 하며, 문턱 진동수는 금속의 종류에 따라 다르다.

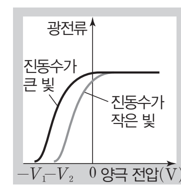
② 문턱 진동수보다 작은 진동수의 빛은 아무리 센 빛을 비춰도 광전류가 흐르지 않는다. 하지만 문턱 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비추는 즉시 광전자가 방출되고, (가)와 같이 빛의 세기가 증가할수록 광전류의 세기는 증가한다.

③ (나)와 같이 정지 전압은 금속 표면에서 방출된 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)에 비례하므로 비춰진 빛의 세기에는 관계없고 비춰진 빛의 진동수에 따라 변한다.

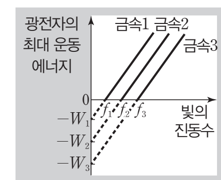
④ 비춰진 빛의 진동수와 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)의 관계: (다)와 같이 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 비춰진 빛의 진동수에 비례한다. 그래프의 기울기는 플랑크 상수(h)를 의미하며, 금속의 종류에 관계없이 일정하다.



(가)



(나)



(다)

(4) **광양자설에 의한 광전 효과 해석**

① 문턱 진동수와 일함수: 진동수가 f인 빛을 금속 표면에 비추면 hf의 에너지를 가진 광자가 금속 표면의 전자와 충돌하여 광자의 에너지 전부를 전자에 주어 금속 표면의 전자를 외부로 떼어 낸다. 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_0인 금속 표면에 진동수가 f인 빛을 비추었을 때, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 다음과 같다.

$$E_k = hf - W = h(f - f_0) = h\left(\frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda_0}\right) \ (c\text{: 빛의 속력})$$

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, 또는 파장이 λ인 광자 1개의 에너지 E는 다음과 같다.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

(플랑크 상수 $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s, 빛의 속력 $c = 2.99 \times 10^{8}$ m/s)

더 알기 광전 효과 실험에서 빛의 입자 이론과 파동 이론 비교

구분	파동 이론(고전 물리)	입자 이론(광양자설)
광전자의 방출 조건	충분한 시간 동안 충분한 에너지를 받으면 방출 가능	빛의 진동수가 문턱 진동수보다 커야 가능
빛의 세기 변화에 따른 영향	세기를 증가시키면 광전자가 방출될 수 있음.	세기를 증가시키면 광전자의 수가 증가하지만, 최대 운동 에너지에는 영향 없음.
광전자의 방출 시점	에너지를 누적하는 시간이 필요하므로 지연 발생 가능	광자가 충돌하고, 에너지를 즉시 전달하므로 즉각적인 방출

고전적인 파동 이론으로는 '문턱 진동수 이상의 빛만이 전자를 방출하는 현상', '빛의 세기와 전자의 최대 운동 에너지가 무관하다는 점', '빛을 비추자마자 전자가 튀어나오는 현상'을 설명할 수 없다.

3 물질파

(1) 드브로이 물질파

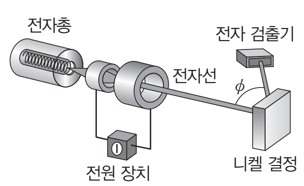
① 1924년 드브로이는 파장 λ인 광자의 운동량이 $p=\dfrac{h}{\lambda}$인 것처럼, 속력 v로 움직이는 질량 m인 입자의 파장은 $\lambda=\dfrac{h}{p}=\dfrac{h}{mv}$를 만족한다고 제안하였다.

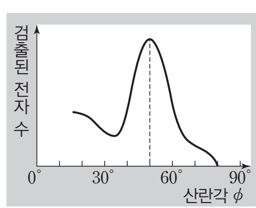
② 물질인 입자가 파동성을 가질 때 이 파동을 물질파 또는 드브로이파라 하고, 이때 파장을 드브로이 파장이라고 한다.

(2) 물질파의 확인

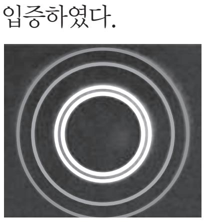
① 데이비슨·거머 실험: 데이비슨과 거머는 니켈 결정에 전자를 입사시킨 후 입사한 전자선과 튀어나온 전자가 이루는 각에 따른 회절된 전자 수의 분포를 알아보기 위해 검출기와 입사한 전자선 사이의 각 ϕ를 변화시키면서 각에 따라 검출되는 전자의 수를 측정하였다.

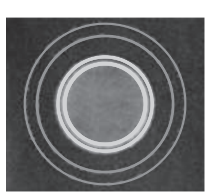
• 실험 결과의 해석: 실험 결과 전자선 회절 실험으로부터 구한 전자의 파장과 드브로이 물질파 이론을 적용하여 구한 전자의 파장이 일치한다는 사실로 드브로이의 물질파 이론이 입증되었다.





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 입증하였다.


▲ X선의 회절 무늬


▲ 전자선의 회절 무늬

4 보어의 수소 원자 모형과 물질파

(1) 보어의 수소 원자 모형: 러더퍼드 원자 모형에서 원자의 안정성 문제, 선 스펙트럼 문제 등의 한계점을 해결하기 위해 보어는 두 가지 가설을 적용하여 새로운 원자 모형을 제시하였다.

① 제1가설(양자 조건): 전자의 질량이 m, 전자의 속력이 v, 전자가 회전하는 원 궤도의 반지름이 r이면 양자 조건은 다음과 같다.

$$2\pi rmv=nh$$
(양자수 $n=1,\ 2,\ 3,\ \cdots$,
플랑크 상수 $h=6.63\times10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s}$)

② 제2가설(진동수 조건): 전자가 양자 조건을 만족하는 원 궤도 사이에서 전이할 때는 두 궤도의 에너지 차에 해당하는 에너지를 갖는 전자기파를 방출하거나 흡수한다.

$$E_n-E_m=hf\ (\text{양자수 } n,\ m=1,\ 2,\ 3,\ \cdots)$$

(2) 보어의 수소 원자 모형과 드브로이 물질파 이론

① 보어의 제1가설을 드브로이 파장으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$2\pi r=n\left(\frac{h}{mv}\right)=n\lambda\ (n=1,\ 2,\ 3,\ \cdots)$$

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 않은 경우에는 전자가 정상 상태를 유지하지 못하므로 전자의 궤도는 존재할 수 없다.

⑤ 보어는 양자 가설을 수소 원자에 적용하여 양자수 n인 전자 궤도의 반지름을 이론적으로 유도하여 다음과 같은 관계를 얻었다.

$$r_n=a_0n^2\ (a_0\text{: 보어 반지름})$$

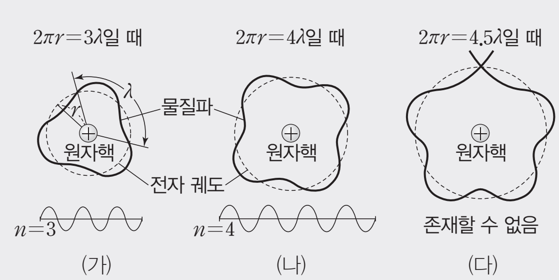
더 알기 보어의 수소 원자 모형과 드브로이 물질파 이론

(가) $2\pi r=3\lambda$일 때 (정상 상태 유지)
➡ 전자의 원 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정확히 3배

(나) $2\pi r=4\lambda$일 때 (정상 상태 유지)
➡ 전자의 원 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정확히 4배

(다) $2\pi r=4.5\lambda$일 때 (정상 상태 유지 불가능)
➡ 전자의 원 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정수배가 아님.

• 전자의 원 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정수배와 일치하지 않은 경우에는 정상 상태를 유지하지 못한다.



테마 대표 문제

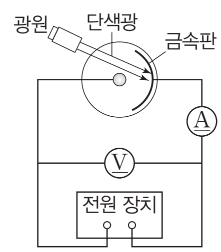
| 2026학년도 대수능 |

다음은 광전 효과 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 세기가 일정한 단색광 A, B, C를 각각 발생시키는 광원과 전압에 따른 광전류의 최댓값 I_{max}, 정지 전압 V_S를 측정하는 광전 효과 실험 장치를 구성한다.

(나) 금속판에 동시에 비추는 단색광의 종류를 바꾸어 가며 I_{max}와 V_S를 측정하여 표에 기록한다.



[실험 결과]

실험	단색광의 종류	I_{max}	V_S
Ⅰ	A	$2I_0$	V_0
Ⅱ	A, B	$2I_0$	㉠
Ⅲ	B, C	I_0	$2V_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 $2V_0$이다.

ㄴ. 진동수는 A가 B보다 크다.

ㄷ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 Ⅰ에서가 Ⅲ에서보다 크다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

접근 전략

플랑크 상수를 h, 빛의 속력을 c, 금속판에 비춘 단색광의 진동수를 f, 파장을 λ라 하면, 광자 1개의 에너지는 $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$이고, 전자의 전하량을 e, 정지 전압을 V_S라 하면, 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 eV_S이다.

간략 풀이

Ⅰ에서 A만 비춘 경우 광전류가 $2I_0$이고 Ⅱ에서 A와 B를 비추었을 때도 $2I_0$이므로, B에 의해서 광전 효과가 일어나지 않음을 유추할 수 있다.

ㄱ. B에 의해서 광전 효과가 일어나지 않으므로 A에 의해 튀어나오는 광전자의 최대 운동 에너지는 eV_0이다. 따라서 ㉠은 V_0이다.

ㄴ. B에 의해서 광전 효과가 일어나지 않고 A에 의해서 광전 효과가 일어나므로 진동수는 A가 B보다 크다.

ㄷ. Ⅲ에서는 C에 의해 광전자가 방출되는 것을 알 수 있다. 정지 전압은 $2V_0$이므로 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 $2eV_0$이다. 따라서 광전자의 최대 운동 에너지는 Ⅰ에서가 Ⅲ에서보다 작다.

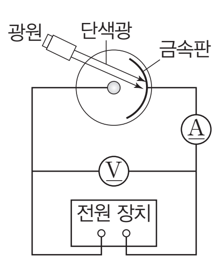
정답 | ②

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 44쪽

▸26070-0206

그림과 같이 세기가 일정한 단색광 A, B, C를 각각 발생시키는 광원과 광전 효과 실험 장치를 사용하여 전압에 따른 광전류의 최댓값 I_{max}와 정지 전압 V_S를 측정한다. 표는 금속판에 동시에 비추는 단색광의 종류를 바꾸어가며 측정한 I_{max}와 V_S, 정지 전압으로부터 구한 광전자의 최대 운동 에너지에 해당하는 물질파 파장 λ를 나타낸 것이다.



단색광의 종류	I_{max}	V_S	λ
A	I_0	㉠	$\frac{1}{2}\lambda_0$
A, B	$2I_0$	$4V_0$	$\frac{1}{2}\lambda_0$
B, C	I_0	V_0	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 진동수는 B가 C보다 크다.

ㄴ. ㉠은 $4V_0$이다.

ㄷ. ㉡은 λ_0이다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄷ　④ ㄴ, ㄷ　⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

단색광을 각각 비출 때의 물리량을 주고, 단색광 2개를 동시에 비출 때의 정보를 찾아낸다는 점에서 유사하지만, 광전자의 최대 운동 에너지에 대한 물질파 파장을 찾아내는 것이 다르다.

배경 지식

- 광전자의 최대 운동 에너지는 광자의 에너지에서 일함수를 뺀 값과 같고, 정지 전압에 비례하며, 광전자의 물질파 파장의 제곱에 반비례한다.
- 광전자가 방출되는 경우 광전류의 최댓값은 단색광의 세기가 클수록 크다.

01

▸26070-0207

다음은 한 학생이 생성형 인공지능 챗봇과 광전 효과에 대해 나눈 대화의 일부이다.

[학생]: 광전 효과가 뭐야?
[챗봇]: 광전 효과는 금속 표면에 특정 파장의 빛을 비추었을 때, 광전자가 방출되는 현상이야. 이 현상은 고전 물리학으로는 설명되지 않아서, 아인슈타인이 양자 개념을 도입해 설명했어.
[학생]: 그럼 세기가 센 빛을 비추면 더 많은 에너지를 받아서 전자가 방출되는 거야?
[챗봇]: 좋은 질문이야. 하지만 광전 효과에서는 빛의 '세기'보다 '파장' 또는 '진동수'가 더 중요해. 문턱 진동수보다 ㉠ 진동수를 가진 빛에서만 전자가 방출될 수 있고 문턱 진동수가 클수록 일함수가 커. 이때 일함수는 금속 표면에서 전자를 방출시키는 최소한의 에너지야.
[학생]: 그럼 빛의 진동수가 클수록 방출되는 전자의 운동 에너지도 더 크겠네?
[챗봇]: 맞아! 방출되는 전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수가 클수록 크고, 금속의 ㉡ 가 작을수록 커져.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

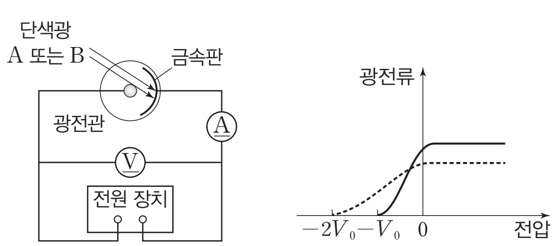
보기
ㄱ. '작은'은 ㉠으로 적절하다.
ㄴ. '일함수'는 ㉡으로 적절하다.
ㄷ. 광전 효과는 빛의 파동적 성질을 보여주는 현상이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▸26070-0208

그림 (가)는 광전 효과 실험 장치를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 금속판에 진동수가 각각 $10f_0$, $6f_0$인 단색광 A, B를 각각 비추었을 때, 광전관에 걸린 전압과 광전류의 세기를 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

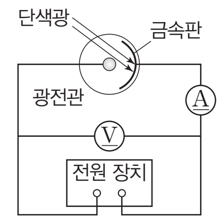
보기
ㄱ. 금속판의 문턱 진동수는 $2f_0$이다.
ㄴ. 전압이 0인 상태에서 같은 시간 동안 단색광을 비추면 방출되는 광전자의 수는 A를 비출 때가 B를 비출 때보다 많다.
ㄷ. 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 금속판에 A를 비추었을 때가 B를 비추었을 때보다 작다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0209

그림과 같이 광전 효과 실험 장치를 사용하여 금속판 A 또는 B에 동일한 세기의 단색광 X, Y를 비추면서 전압에 따른 광전류의 세기를 측정한다. 표는 금속판 A 또는 B에 비춘 단색광 X, Y의 종류에 따라 금속판에서 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값과 광전류의 최댓값을 나타낸 것이다. 금속판의 일함수는 B가 A의 2배이다.



금속판	단색광	물질파 파장의 최솟값	광전류의 최댓값
A	X	$2\lambda_0$	I_0
B	X, Y	$\sqrt{2}\lambda_0$	I_0
B	Y	㉠	I_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

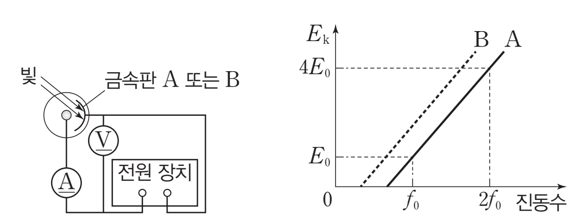
보기
ㄱ. 진동수는 Y가 X의 2배이다.
ㄴ. B의 문턱 진동수는 X의 진동수보다 크다.
ㄷ. ㉠은 $\sqrt{2}\lambda_0$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0210

그림 (가)는 광전 효과 실험 장치를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 금속판 A 또는 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지 E_k를 금속판에 비추는 빛의 진동수에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

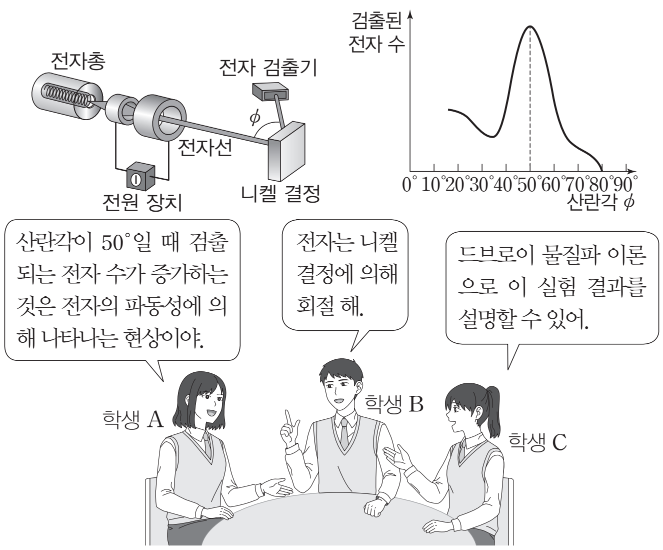
보기
ㄱ. A의 일함수는 E_0이다.
ㄴ. 진동수가 $\frac{1}{3}f_0$인 빛을 A에 비추었을 때 광전자는 방출되지 않는다.
ㄷ. 일함수는 B가 A보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0211

그림은 데이비슨 · 거머 실험에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



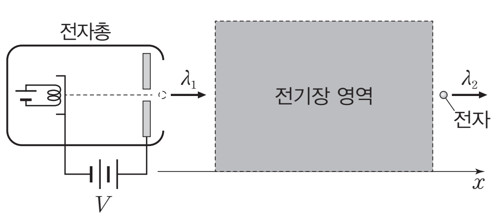
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

06

▸26070-0212

그림은 정지 상태에서 전압 V로 가속된 전하량 e, 질량 m인 전자가 전자총에서 방출된 후, 균일한 전기장 영역에서 전기력을 받으며 $+x$방향으로 통과하는 모습을 나타낸 것이다. 전자총에서 방출된 직후와 전기장 영역을 통과한 직후 전자의 물질파 파장은 각각 λ_1, λ_2이고, $\lambda_1 < \lambda_2$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수는 h이다.)

보기

ㄱ. $\lambda_1 = \dfrac{h}{\sqrt{2meV}}$이다.

ㄴ. 균일한 전기장 영역의 전기장 방향은 $+x$방향이다.

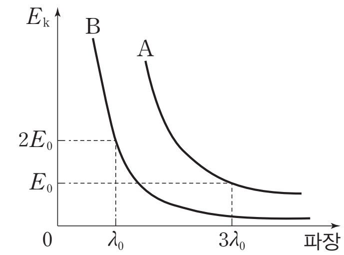
ㄷ. 전자가 전기장 영역에서 운동하는 동안 전자의 운동 에너지는 증가한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0213

그림은 질량이 각각 m_A, m_B인 입자 A, B의 운동 에너지(E_k)를 물질파의 파장에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $m_B = \dfrac{9}{2} m_A$이다.

ㄴ. A의 물질파 파장이 λ_0일 때, A의 운동 에너지는 $9E_0$이다.

ㄷ. A, B의 운동 에너지가 각각 $2E_0$일 때, 운동량의 크기는 A가 B보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0214

그림과 같이 질량이 다른 두 입자 A, B가 각각 일정한 속력 v_A, v_B로 운동한다. 표는 A, B의 운동 에너지와 물질파 파장을 나타낸 것이다.

입자	운동 에너지	물질파 파장
A	E_0	3λ
B	$3E_0$	2λ

$v_A : v_B$는?

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

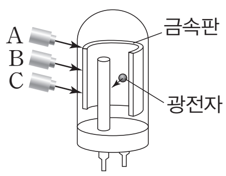
수능 3점 테스트

정답과 해설 45쪽

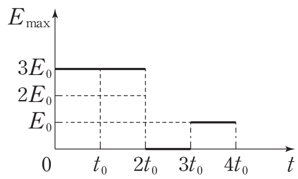
01

▸26070-0215

그림 (가)는 광전 효과 실험 장치에 진동수가 다른 동일한 세기의 단색광 A, B, C를 각각 비추는 모습을 나타낸 것이다. 시간 $t=0$일 때, A, B, C는 모두 켜져(ON) 있다. 그림 (나)는 시간에 따라 A, B, C를 켜거나(ON) 껐을 때(OFF) 광전자의 최대 운동 에너지(E_{max})를 시간 t에 따라 나타낸 것이며, 표는 시간에 따라 A, B, C의 ON/OFF를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

시간	A	B	C
$0<t\le t_0$	ON	OFF	ON
$t_0<t\le 2t_0$	ON	ON	OFF
$2t_0<t\le 3t_0$	OFF	ON	OFF

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

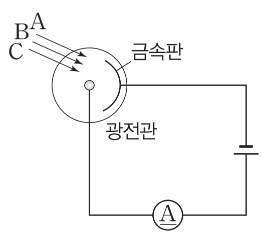
ㄱ. B의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다.
ㄴ. 금속판에서 방출되는 광전자의 수는 $0.5t_0$일 때가 $1.5t_0$일 때보다 작다.
ㄷ. $3.5t_0$일 때 C는 켜져(ON) 있다.

① ㄱ　② ㄴ　③ ㄱ, ㄴ　④ ㄱ, ㄷ　⑤ ㄴ, ㄷ

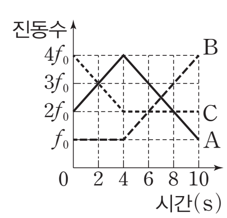
02

▸26070-0216

그림 (가)는 광전 효과 실험 장치에 빛 A, B, C를 동시에 비추는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 A, B, C의 진동수를 시간에 따라 나타낸 것이다.

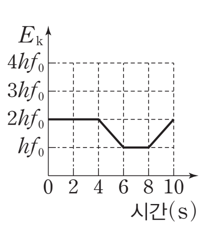


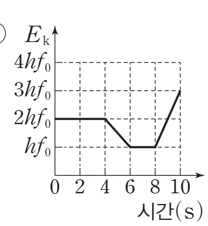
(가)

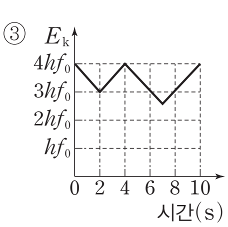


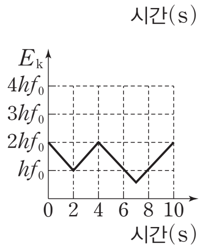
(나)

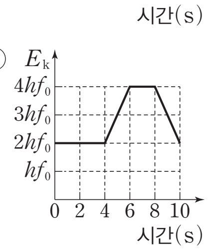
금속판의 문턱 진동수가 $2f_0$일 때, 광전자의 최대 운동 에너지 E_k를 시간에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은? (단, 플랑크 상수는 h이다.)

①


②


③


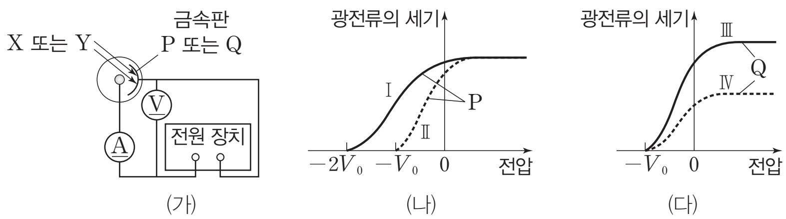
④


⑤


03

▸26070-0217

그림 (가)는 금속판 P, Q에 진동수가 각각 f_1, f_2인 단색광 X와 Y를 각각 비추는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)의 Ⅰ, Ⅱ는 X와 Y를 각각 P에 비추었을 때 전압에 따른 광전류의 세기를 나타낸 것이고, (다)의 Ⅲ, Ⅳ는 X와 Y 중 하나의 단색광의 세기를 달리하여 Q에 비추었을 때 전압에 따른 광전류의 세기를 나타낸 것이다. $f_1 < f_2$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속판 P와 Q는 다른 재질이다.)

보기
ㄱ. 금속판의 문턱 진동수는 P가 Q보다 크다.
ㄴ. 단색광의 진동수는 Ⅰ에서와 Ⅲ에서가 같다.
ㄷ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 Ⅱ에서와 Ⅳ에서가 같다.

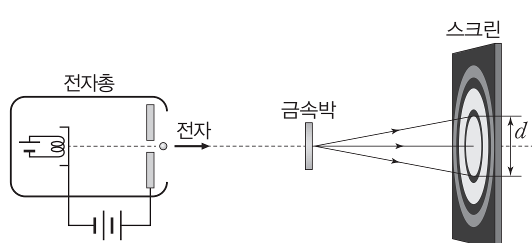
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0218

다음은 전자의 회절 실험이다.

[실험 과정]
(가) 그림과 같이 전자총, 원형 슬릿, 금속박, 형광판 스크린으로 구성된 실험 장치를 구성한다.
(나) 정지 상태의 전자를 전압 V_1로 가속시켜 원형 슬릿을 통과시켰을 때 스크린에 나타난 가운데 밝은 무늬에서 양쪽 첫 번째 어두운 무늬의 중심 사이의 거리 d를 측정한다.
(다) 전자를 가속시키는 전압만을 V_2로 바꾼 후 (나)를 반복한다.



[실험 결과]

가속 전압	d
V_1	d_0
V_2	$1.2d_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

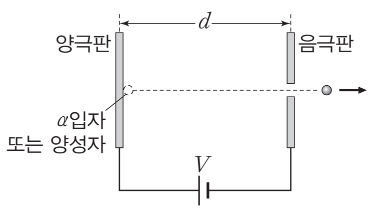
보기
ㄱ. $V_1 > V_2$이다.
ㄴ. 전자의 물질파 파장이 길수록 d가 작아진다.
ㄷ. 슬릿을 통과하는 전자의 속력은 V_1일 때가 V_2일 때보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0219

그림과 같이 전하량이 $+2q$인 α입자와 $+q$인 양성자가 양극판으로부터 각각 정지 상태에서 일정한 크기의 힘을 받아 운동하여 음극판의 구멍을 통과한 직후 등속도 운동을 한다. 표는 전압(V)과 양극판과 음극판 사이의 거리(d)를 나타낸 것이다. α입자의 질량은 양성자의 질량의 4배이다.



입자	V	d
α입자	V_0	d_0
양성자	$4V_0$	$2d_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

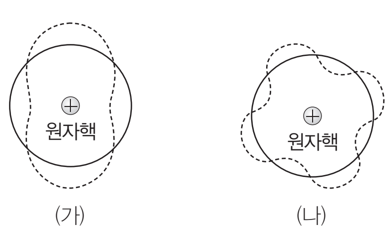
보기
ㄱ. 음극판을 통과한 후 두 입자의 물질파 파장의 길이는 같다.
ㄴ. 음극판을 통과한 후 양성자의 속력은 α입자의 속력보다 크다.
ㄷ. 양극판에서 음극판에 도달하는 시간은 양성자가 α입자보다 크다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0220

그림 (가), (나)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n이 서로 다른 상태일 때, 전자의 원운동 궤도와 물질파가 만든 정상파를 모식적으로 나타낸 것이다. 실선과 점선은 각각 원운동 궤도와 정상파를 나타낸다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. 전자의 원운동 궤도 반지름은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
ㄴ. 전자의 물질파 파장은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
ㄷ. 전자의 운동 에너지는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1 불확정성 원리

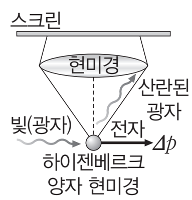
(1) 측정의 정밀성에 대한 문제

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 불확정도(Δx): 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 불확정도 Δx는 감소한다.



② 운동량 불확정도(Δp): 전자에 비춰준 빛은 운동량을 지닌 광자로 생각할 수 있으므로 광자는 전자와 충돌하여 전자의 운동량을 변화시키게 되어 운동량을 정확하게 알기 어렵다. 이때 파장이 λ인 광자의 운동량이 $p=\dfrac{h}{\lambda}$ (h: 플랑크 상수)이므로 광자의 파장이 짧을수록 전자의 운동량 불확정도 Δp는 증가한다.

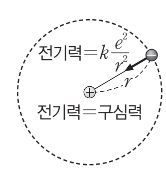
③ 하이젠베르크의 불확정성 원리

- 짧은 파장의 빛을 이용하면 입자의 위치는 정확하게 측정할 수 있지만 운동량 불확정도는 증가한다. 반대로 긴 파장의 빛을 이용하면 입자의 운동량 정확성을 높일 수 있지만 입자의 위치 불확정도는 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.

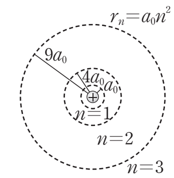
$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2} \text{ (단, } \hbar=\frac{h}{2\pi},\ h=6.63\times10^{-34}\ \text{J·s)}$$

(3) 보어 원자 모형의 한계와 불확정성 원리

① 보어는 양자 가설을 통하여 수소 원자의 전자는 원자핵으로부터 반지름이 r인 원 궤도를 속력 v로 운동한다고 유도하였다. 이때 보어의 원자 모형에서는 양자수 n에 따른 전자 궤도의 반지름이 $r_n=a_0n^2$ (a_0: 보어 반지름)으로 n에 따라 정확히 주어진다.

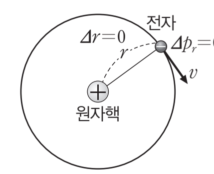


▲ 전자의 운동에 대한 보어의 가정



▲ 보어 모형에 따른 전자의 궤도

② 보어 원자 모형에 따르면 전자가 원자핵으로부터 떨어진 거리의 불확정도 $\Delta r=0$이고, 중심 방향의 운동량의 불확정도 $\Delta p_r=0$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

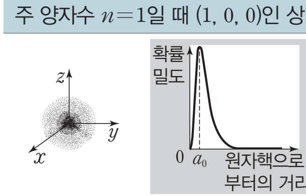
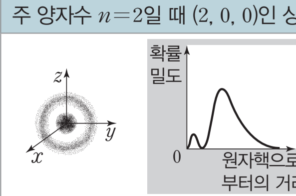
① 슈뢰딩거 방정식에서 전자의 파동 함수를 결정하는 값으로 3개의 양자수 n, l, m으로 나타낸다.

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)	$-l$, $-l+1$, …, 0, …, $l-1$, 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 양자수 $n=1$일 때 (1, 0, 0)인 상태	주 양자수 $n=2$일 때 (2, 0, 0)인 상태
	

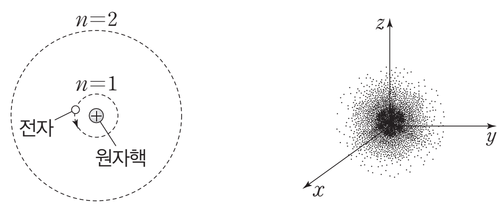
더 알기 파동 함수와 확률 밀도 함수

- 파동 함수(ψ) : 1926년에 슈뢰딩거는 드브로이의 물질파 이론을 바탕으로 전자처럼 아주 작은 입자의 운동을 설명할 수 있는 파동 방정식(슈뢰딩거 방정식)을 제안하였다. 이 방정식의 해를 보통 ψ로 나타내며 이를 파동 함수라고 한다.
- 확률 밀도 함수($|\psi|^2$) : 전자가 어떤 시간에 특정 위치에서 발견될 확률 정보로 ψ의 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.

테마 대표 문제

| 2026학년도 대수능 |

그림 (가), (나)는 수소 원자에 대한 보어 원자 모형과 현대 원자 모형을 순서 없이 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 전자는 양자 조건을 만족하는 원 궤도를 따라 운동한다.
ㄴ. (나)는 보어 원자 모형이다.
ㄷ. (나)에서는 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정할 수 없다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

접근 전략

현대 원자 모형과 보어 원자 모형의 특징을 먼저 파악한다. 현대 원자 모형에서 수소 원자에서 전자를 발견할 확률은 보어 원자 모형에서 기술한 것과 다르게 3차원으로 분포된 전자 구름 형태를 보인다.

간략 풀이

(가)는 수소 원자에 대한 보어 원자 모형, (나)는 현대 원자 모형에 해당한다.

㉠ 보어 원자 모형에서 전자는 양자 조건을 만족하는 원 궤도를 따라 운동을 한다.

~~ㄴ~~. (나)는 현대 원자 모형이다.

㉢ 하이젠베르크의 불확정성 원리에 의해 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정할 수 없다.

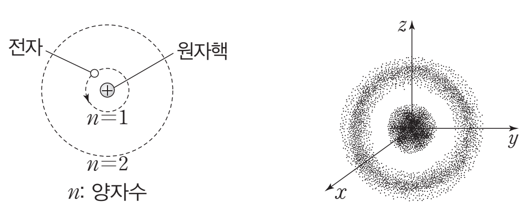
정답 | ④

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

정답과 해설 46쪽

▸26070-0221

그림 (가)는 수소 원자에 대한 보어 모형에서 양자수 $n=1$일 때 전자가 양자 조건을 만족하며 원 궤도를 따라 운동하는 모습을 나타낸 것이고, (나)는 $n=2$인 상태일 때 현대 원자 모형을 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)에서 $n=1$인 상태에서 $n=2$인 상태로 전자가 전이할 때 전자기파가 방출된다.
ㄴ. (나)는 불확정성 원리를 만족한다.
ㄷ. (나)에서 전자의 위치는 특정 영역에서 전자가 존재할 확률로 알 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

유사점과 차이점

보어의 수소 원자 모형과 현대적 수소 원자 모형을 다룬다는 점에서 유사하다. 그러나 양자수가 주어지고 전자가 전이할 때 전자기파의 방출 유무를 묻는 것이 다르다.

배경 지식

- 보어의 수소 원자 모형에서 전자는 안정된 원 궤도를 따라 운동한다.
- 불확정성 원리에 의하면 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정하는 것은 불가능하며, 전자의 위치는 확률적으로만 알 수 있다.

01

▸26070-0222

다음은 하이젠베르크가 발견한 원리에 대한 설명이다.

- 인류는 눈으로 볼 수 없는 작은 세계를 관찰하기 위해 끊임없이 도구를 발전시켜 왔다. ㉠ 광학 현미경의 발명은 세포나 박테리아 같은 미세한 생명체를 관찰할 수 있게 해 주었지만, 빛의 파장에 의해 분해능에 한계가 있었다. 이를 극복하기 위해 ㉡ 전자 현미경이 발명되었다.
- 하이젠베르크의 불확정성 원리에 따르면, 입자의 위치와 운동량은 동시에 정확히 측정할 수 없으며, 관찰 자체가 대상의 상태에 영향을 준다. 즉, 미시 세계에서는 관찰하는 순간 그 대상의 원래 상태가 바뀌어 버리는 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

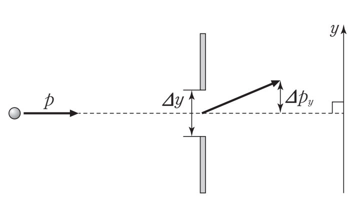
ㄱ. ㉠은 가시광선을 이용하여 물체를 관찰한다.
ㄴ. ㉡을 이용하면 크기가 매우 작은 물체라도 모두 관찰할 수 있다.
ㄷ. 측정 기술이 발달하면, 관찰 대상의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0223

그림은 운동량의 크기가 p인 전자가 폭이 Δy인 단일 슬릿에 입사하는 것을 나타낸 것이다. Δp_y는 슬릿을 통과하는 전자의 y축 방향의 운동량 불확정도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

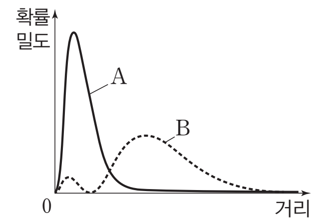
ㄱ. Δy가 작을수록 전자의 회절이 잘 일어난다.
ㄴ. Δy가 클수록 Δp_y가 크다.
ㄷ. p가 클수록 전자의 물질파 파장은 길어진다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0224

그림은 주 양자수가 $n=1$, $n=2$일 때 원자핵으로부터의 거리에 따른 확률 밀도를 순서 없이 A, B로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

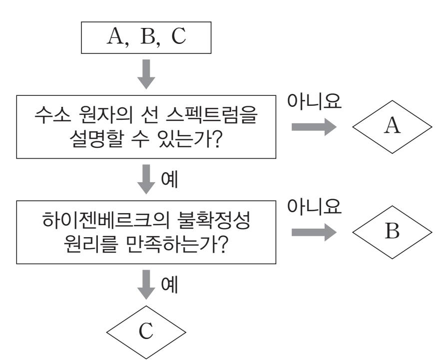
ㄱ. A는 $n=1$인 상태이다.
ㄴ. 그래프와 거리 축이 만드는 면적은 A와 B가 같다.
ㄷ. 전자는 양자수에 따라 특정한 원 궤도를 따라 공전한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0225

그림은 러더퍼드의 원자 모형, 보어의 수소 원자 모형, 현대 원자 모형을 순서 없이 A, B, C로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

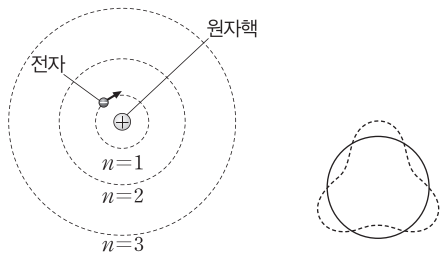
ㄱ. A는 보어의 수소 원자 모형이다.
ㄴ. B에서 전자는 정해진 궤도에서 운동한다.
ㄷ. C에서는 전자의 위치를 어떤 특정 위치에서 전자를 발견할 확률로만 예측할 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0226

그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 주 양자수가 $n=1$인 원 궤도를 따라 운동하는 것을, (나)는 양자수 n에 따른 전자의 원 궤도와 물질파를 실선과 점선으로 각각 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)는 수소 원자의 불연속적 에너지 준위를 설명할 수 있다.
ㄴ. (나)는 $n=3$에 해당한다.
ㄷ. (가)에서 전자가 $n=3$인 궤도로 전이할 때, 빛이 방출된다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0227

다음은 보어의 수소 원자 모형에 대한 두 가지 가설의 내용이다.

- 제 1가설: 원자 속의 전자는 양자 조건을 만족하는 원 궤도를 회전할 때 전자기파를 방출하지 않고 안정된 궤도 운동을 계속한다. 전자의 질량을 m, 전자의 속력을 v, 전자가 회전하는 원 궤도의 반지름을 r라고 하면 양자 조건은 다음과 같다.
$$2\pi r\cdot mv=nh(n=1,\ 2,\ 3,\ \cdots)$$
여기서 h는 플랑크 상수이고, n은 양자수이다.
- 제 2가설: 원자 속의 전자가 양자 조건을 만족하는 두 궤도 사이를 전이할 때에는 두 궤도의 에너지 차에 해당하는 에너지를 가진 ㉠ 전자기파를 방출하거나 흡수한다.
$$hf=|E_n-E_m|$$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

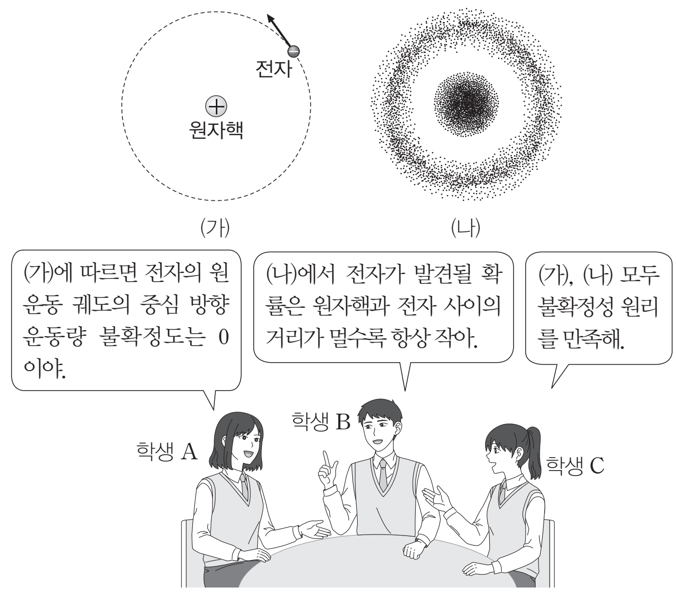
보기
ㄱ. 전자가 원자핵으로부터 떨어진 거리에 대한 위치 불확정도는 0이다.
ㄴ. 수소의 선 스펙트럼은 ㉠에 의한 것이다.
ㄷ. 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 운동량은 정확히 알 수 없다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0228

그림은 수소 원자 모형 (가), (나)에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다. (가)는 보어의 수소 원자 모형, (나)는 현대적 원자 모형이다.



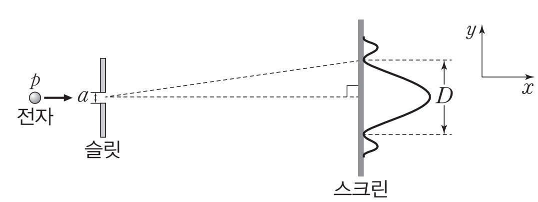
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② B ③ C ④ A, C ⑤ A, B, C

08

▸26070-0229

그림과 같이 운동량의 크기가 p인 전자가 폭이 a인 단일 슬릿을 $+x$방향으로 통과하여, 스크린에 전자에 의해 밝고 어두운 회절 무늬를 만든다. D는 가운데 밝은 무늬의 중심에서 양쪽 첫 번째 어두운 무늬 중심 사이의 거리이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. a가 감소하면 전자의 y축 방향 위치 불확정도는 감소한다.
ㄴ. a가 일정할 때, p가 증가하면 D가 증가한다.
ㄷ. 슬릿을 통과하는 전자의 회절은 전자의 파동성 때문에 나타난다.

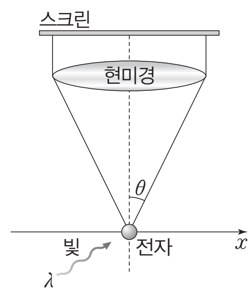
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

정답과 해설 47쪽

01

▸26070-0230

그림은 현미경을 통해 전자를 관찰하기 위해서 파장이 λ인 빛을 전자와 충돌시키는 것을 나타낸 것이다. 전자는 현미경 렌즈에 수직인 축에 대해서 최대 θ만큼의 각도로 산란된다. 충돌 후 전자의 운동량이 p일 때 p의 x성분을 p_x라 하면 $-p\sin\theta \le p_x \le p\sin\theta$를 만족한다. 전자의 x축 방향 위치 불확정도와 운동량 불확정도를 각각 Δx, Δp_x라 고 할 때, $\Delta x \Delta p_x \ge \frac{h}{4\pi}$를 만족한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, h는 플랑크 상수이다.)

보기

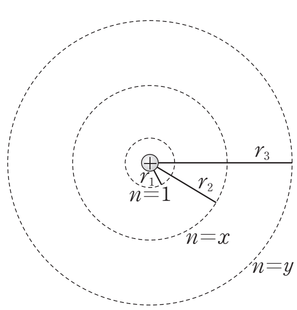
ㄱ. Δx는 $\frac{h}{8\pi p\sin\theta}$보다 작다.
ㄴ. 파장이 λ보다 더 작은 빛을 이용하면 Δp_x는 증가한다.
ㄷ. 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정하는 것은 불가능하다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0231

그림은 보어의 수소 원자 모형에 따른 전자의 궤도를 나타낸 것이다. 표는 주 양자수(n), 원 궤도를 따라 운동하는 전자에 작용하는 전기력의 크기, 전자의 궤도 반지름, 전자의 에너지를 나타낸 것이다. 주 양자수가 n일 때, 전자의 에너지는 $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$이다.



주 양자수(n)	전기력의 크기	궤도 반지름	에너지
1	$16F$	r_1	$-E_0$
x	F	r_2	㉡
y	㉠	r_3	$-\frac{E_0}{9}$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

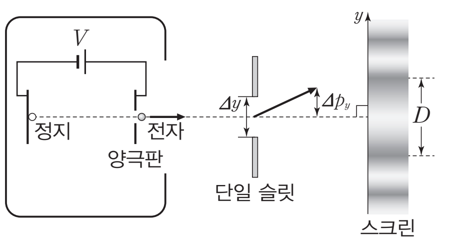
ㄱ. $r_1 : r_2 : r_3 = 1 : 4 : 9$이다.
ㄴ. ㉠은 $\frac{16}{81}F$이다.
ㄷ. ㉡은 $-\frac{E_0}{4}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0232

그림은 입자 가속기에서 정지 상태에 있던 전자가 전압 V로 가속되어 폭이 Δy인 단일 슬릿을 통과하여 스크린에 회절 무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다. 표는 가속 전압(V), 슬릿의 폭(Δy), 전자의 y축 방향 운동량 불확정도(Δp_y), 가운데 밝은 무늬의 중심에서 양쪽 첫 번째 어두운 무늬 중심 사이의 거리(D)를 나타낸 것이다.



실험	V	Δy	Δp_y	D
Ⅰ	V_0	y_0	㉡	D_0
Ⅱ	$2V_0$	y_0	Δp_0	㉢
Ⅲ	$4V_0$	㉠	—	D_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

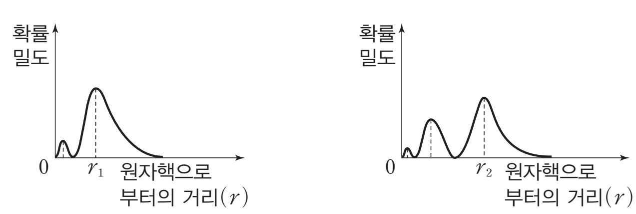
보기
ㄱ. ㉠은 y_0보다 작다.
ㄴ. ㉡은 Δp_0보다 작다.
ㄷ. ㉢은 D_0보다 작다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0233

그림 (가), (나)는 수소 원자에서 주 양자수 n이 각각 $n=2$, $n=3$인 상태의 전자를 발견할 확률 밀도를 원자핵으로부터의 거리 r에 따라 순서 없이 나타낸 것이다. (가), (나)에서 확률 밀도가 최대가 되는 r는 각각 r_1, r_2이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. (가)는 $n=2$인 상태의 확률 밀도이다.
ㄴ. (나)에서 전자가 $n=1$인 상태로 전이할 때 빛을 방출한다.
ㄷ. r_2는 r_1보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

과학탐구영역 **물리학Ⅱ**

실전 모의고사

실전 모의고사 1회

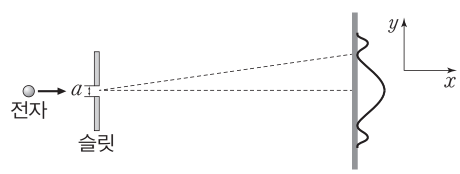
제한시간 30분 배점 50점 정답과 해설 48쪽

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▸26070-0234

그림은 슬릿의 폭이 a인 단일 슬릿에 전자가 $+x$방향으로 입사하는 회절 실험을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

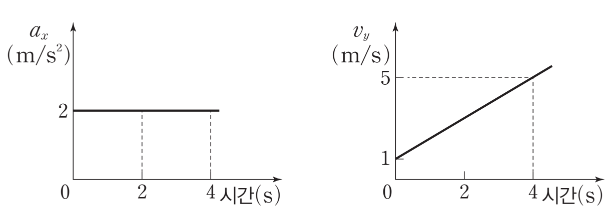
> 보기
> ㄱ. 입자의 파동성을 확인할 수 있는 실험이다.
> ㄴ. a가 감소하면 전자의 y방향 운동량 불확정도는 증가한다.
> ㄷ. a가 증가하면 전자의 y방향 운동량을 정확하게 측정할 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0235

그림은 xy 평면에서 운동하는 물체의 가속도의 x성분 a_x, 속도의 y성분 v_y를 각각 시간에 따라 나타낸 것이다. 0초일 때 물체의 운동 방향은 $+y$방향이다.



(가) (나)

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

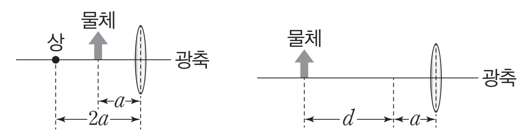
> 보기
> ㄱ. 0초부터 4초까지 물체는 직선 운동을 한다.
> ㄴ. 2초일 때, 물체의 가속도의 크기는 $\sqrt{5}$ m/s²이다.
> ㄷ. 0초부터 4초까지 물체의 평균 속도의 크기는 5 m/s이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0236

그림 (가)와 같이 볼록 렌즈로부터 a만큼 떨어진 지점에 물체를 놓았더니 $2a$만큼 떨어진 지점에 상이 생겼다. 그림 (나)는 (가)에서 물체를 렌즈에서 멀어지는 방향으로 d만큼 이동시킨 것을 나타낸 것으로, 상의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 4배이다.



(가) (나)

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

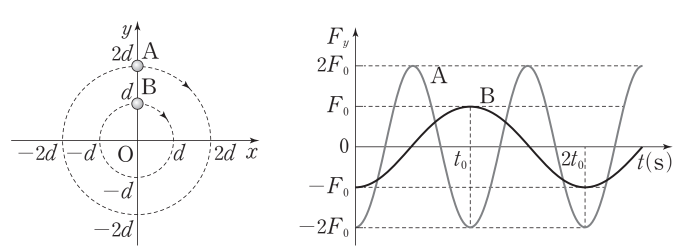
> 보기
> ㄱ. 렌즈의 초점 거리는 $2a$이다.
> ㄴ. (나)에서 상은 렌즈의 오른쪽에 생긴다.
> ㄷ. $d=4a$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0237

그림 (가)는 xy 평면에서 물체 A, B가 원점 O를 중심으로 등속 원운동을 하는 모습을 나타낸 것으로, A, B의 원 궤도 반지름은 각각 $2d$, d이다. 그림 (나)는 (가)에서 A, B의 구심력의 y성분 F_y를 시간 t에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

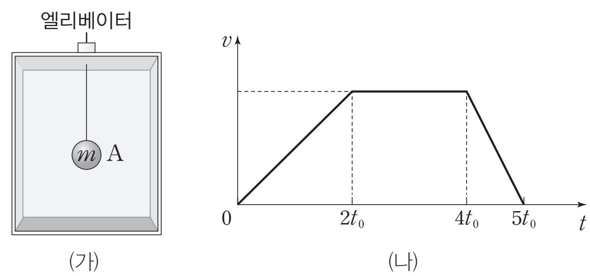
> 보기
> ㄱ. 물체의 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다.
> ㄴ. 물체의 질량은 B가 A의 2배이다.
> ㄷ. 물체의 구심 가속도의 크기는 A가 B의 8배이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0238

그림 (가)는 엘리베이터의 천장에 실로 매달린 질량이 m인 물체 A가 지표면에 고정된 관성 좌표계에 대해 엘리베이터와 함께 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)의 순간부터 엘리베이터가 A와 함께 연직 위 방향으로 운동할 때, 지표면에 고정된 관성 좌표계에서 측정한 A의 속력 v를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $t=t_0$일 때가 $t=4.5t_0$일 때의 4배이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이다.) [3점]

보기

ㄱ. $t=4.5t_0$일 때, A에 작용하는 관성력의 방향은 연직 위 방향이다.

ㄴ. $t=t_0$일 때, 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $\frac{4}{3}mg$이다.

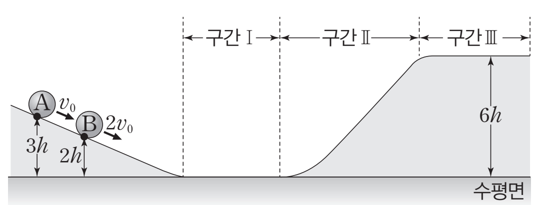
ㄷ. $t=4.5t_0$일 때, A에 작용하는 관성력의 크기는 $\frac{2}{3}mg$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0239

그림과 같이 궤도를 따라 운동하는 질량이 같은 물체 A, B가 각각 높이가 $3h$, $2h$인 지점을 v_0, $2v_0$의 속력으로 지난다. 높이가 $2h$인 지점에서 B의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 4배이다. 구간 Ⅰ, Ⅱ는 각각 수평면, 경사면이고, 구간 Ⅲ은 높이가 $6h$인 수평면이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, Ⅰ에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. Ⅰ을 통과하는 데 걸리는 시간은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. A의 최고점은 Ⅱ에 존재한다.

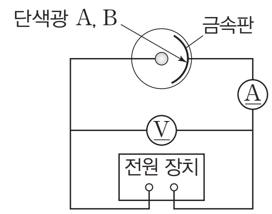
ㄷ. Ⅲ에서 B의 속력은 $2v_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0240

그림은 광전 효과 실험 장치를 사용하여 전압에 따른 광전류의 세기를 측정하는 것을 나타낸 것이다. 표는 금속판을 비추는 단색광 A, B에 따른 광전류의 최댓값 I와 정지 전압으로부터 구한 광전자의 최대 운동 에너지 E_k를 나타낸 것이다.



A	B	I	E_k
○	×	$2I_0$	E_0
×	○	I_0	$2E_0$
○	○	㉠	㉡

(○: 단색광 있음, ×: 단색광 없음)

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

보기

ㄱ. ㉠은 $2I_0$보다 크다.

ㄴ. ㉡은 $3E_0$이다.

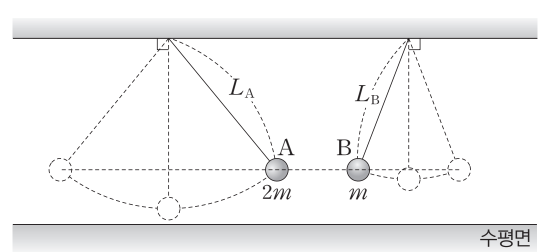
ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지에 해당하는 물질파 파장은 A가 B의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0241

그림과 같이 길이가 L_A, L_B인 실에 연결된 질량이 각각 $2m$, m인 추 A, B를 수평면으로부터 같은 높이에서 동시에 가만히 놓았더니 각각 단진동을 하였다. A의 진동 주기는 T이고, $L_A > L_B$이다.



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

보기

ㄱ. B의 진동 주기는 T보다 작다.

ㄴ. 추의 역학적 에너지는 A와 B가 같다.

ㄷ. 추의 최대 운동 에너지는 A가 B보다 크다.

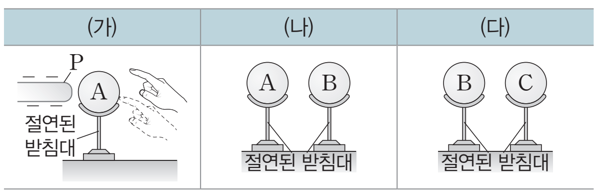
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0242

다음은 정전기 유도에 대한 실험이다.

[준비물]
음(−)전하로 대전된 막대 P, 대전되지 않은 금속구 A와 B, 대전되지 않은 스타이로폼구 C, 절연된 받침대
[실험 과정]
(가) P를 가까이 한 상태에서 A에 손가락을 접촉시켰다가 떼어 낸다.
(나) (가)의 A에 B를 접촉시키고 떼어낸다.
(다) (나)의 B에 C를 가까이 한 후 움직임을 관찰한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

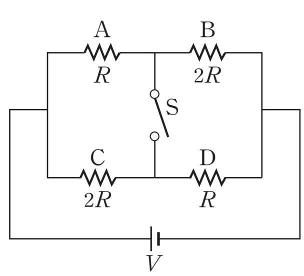
보기
ㄱ. (가)에서 손가락을 접촉시키는 동안 A의 전자는 A에서 손가락으로 이동한다.
ㄴ. (나)에서 B는 양(+)전하로 대전된다.
ㄷ. (다)에서 B와 C 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▸26070-0243

그림과 같이 전압이 V인 전원과 저항값이 각각 R, $2R$, $2R$, R인 저항 A, B, C, D, 스위치 S로 회로를 구성하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

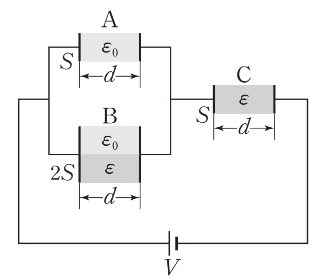
보기
ㄱ. 회로의 합성 저항값은 S를 열었을 때가 닫았을 때의 $\frac{9}{8}$배이다.
ㄴ. A에 걸리는 전압은 S를 열었을 때가 닫았을 때의 $\frac{2}{3}$배이다.
ㄷ. B의 소비 전력은 S를 열었을 때가 닫았을 때의 $\frac{16}{9}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▸26070-0244

그림과 같이 평행판 축전기 A, B, C가 전압이 V인 전원에 연결되어 완전히 충전되어 있다. A, B, C는 극판 사이의 간격이 d로 같고, 극판의 면적은 각각 S, $2S$, S이다. 유전율이 ε인 유전체가 B 내부에는 절반만 채워져 있고, C 내부에는 완전히 채워져 있다. A, B에 충전된 전하량은 각각 Q_0, $3Q_0$이고, A, C에 저장된 전기 에너지는 각각 U_0, $8U_0$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, ε_0은 진공의 유전율이다.) [3점]

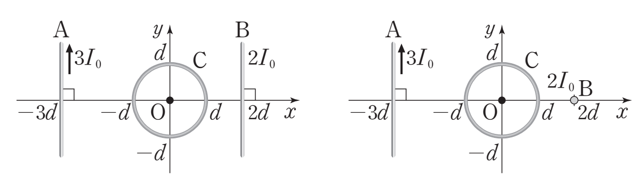
보기
ㄱ. $\varepsilon=2\varepsilon_0$이다.
ㄴ. C에 충전된 전하량은 $4Q_0$이다.
ㄷ. B에 저장된 전기 에너지는 $7U_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▸26070-0245

그림 (가)와 같이 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B가 xy 평면에서 y축에 나란하게, 중심이 원점 O인 원형 도선 C가 xy 평면에 고정되어 있다. A에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이고, 세기는 $3I_0$이다. B에 흐르는 전류의 세기는 $2I_0$이고, C에는 일정한 전류가 흐른다. O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 A와 B에 흐르는 전류의 방향이 서로 같을 때가 $2B_0$이고, 서로 반대일 때가 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 회전시켜 x축상의 $x=2d$인 지점에서 xy 평면에 수직으로 고정시킨 것을 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

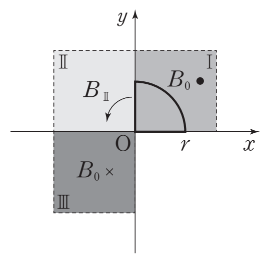
보기
ㄱ. O에서 C의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ㄴ. (가)의 O에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B_0$이다.
ㄷ. (나)의 O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▸26070-0246

그림은 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ을 포함한 xy 평면상에서 반지름이 r인 사분원 모양의 금속 고리를 원점 O를 중심으로 시계 반대 방향으로 일정한 각속도로 회전시킬 때, 시간 $t=0$일 때의 모습을 나타낸 것이다. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 각각 수직이고, 자기장의 세기는 B_0, $B_{\text{Ⅱ}}$, B_0이며, $B_{\text{Ⅱ}}>B_0$이다. 도선의 회전 주기는 T이고, 고리에 유도되는 전류의 세기는 $t=\frac{1}{8}T$일 때가 $t=\frac{3}{8}T$일 때의 3배이다.



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

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고리의 굵기는 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. $B_{\text{Ⅱ}}=2B_0$이다.

ㄴ. 고리에 유도되는 전류의 방향은 $t=\frac{3}{8}T$일 때와 $t=\frac{7}{8}T$일 때가 서로 반대 방향이다.

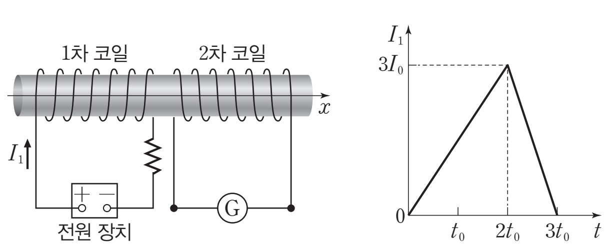
ㄷ. $t=\frac{1}{8}T$일 때, 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $\frac{3\pi B_0 r^2}{T}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

14

▸26070-0247

그림 (가)와 같이 전류 I_1이 흐르는 1차 코일과 검류계가 연결된 2차 코일이 있다. 1차 코일과 2차 코일의 중심축은 x축으로 같다. 그림 (나)는 (가)의 I_1의 세기를 시간 t에 따라 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $t=2t_0$일 때, I_1에 의해 1차 코일에서 형성되는 자기장의 방향은 $-x$방향이다.

ㄴ. I_1이 만드는 자기장에 의한 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=t_0$일 때가 $t=2.5t_0$일 때보다 크다.

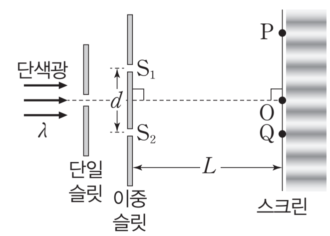
ㄷ. 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 $t=t_0$일 때와 $t=2.5t_0$일 때가 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▸26070-0248

그림과 같이 파장이 λ인 단색광이 간격이 d인 이중 슬릿을 통과하여 이중 슬릿으로부터 거리가 L만큼 떨어진 스크린에 도달하여 간섭무늬가 나타났다. 스크린상의 점 O는 슬릿 S_1과 S_2에서 같은 거리인 지점이고, 점 P, Q에서는 각각 세 번째 밝은 무늬의 중심과 두 번째 어두운 무늬의 중심이 생긴다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. O에서 Q까지의 거리는 $\frac{L\lambda}{2d}$이다.

ㄴ. O에서 P까지의 거리는 Q까지의 거리의 2배이다.

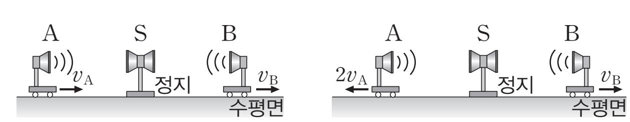
ㄷ. 단색광의 파장만을 2λ로 바꾸면, P에서 두 번째 밝은 무늬의 중심이 생긴다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

16

▸26070-0249

그림 (가)는 수평면에서 정지해 있는 음파 측정기 S와 진동수가 f_0인 음파를 발생시키는 음원 A, B가 각각 일정한 속력 v_A, v_B로 같은 방향으로 운동하는 모습을, (나)는 (가)에서 A가 속력 $2v_A$로 S로부터 멀어지는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 S가 측정한 A의 진동수는 $\frac{10}{9}f_0$이고, B의 진동수는 A의 진동수의 $\frac{3}{4}$배이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음속은 V이고, S, A, B는 동일 직선상에 있다.)

보기

ㄱ. $v_A=\frac{1}{5}V$이다.

ㄴ. $v_B=2v_A$이다.

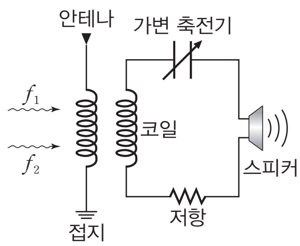
ㄷ. (나)에서 S가 측정한 A의 진동수는 $\frac{5}{6}f_0$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17

▸26070-0250

그림은 진동수가 각각 f_1, f_2인 전자기파가 안테나에 도달하는 모습을 나타낸 것이다. 가변 축전기의 두 극판 사이의 간격이 d일 때 f_1인 전자기파를, $2d$일 때 f_2인 전자기파를 수신 회로에서 각각 수신하여 회로에 최대 전류가 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

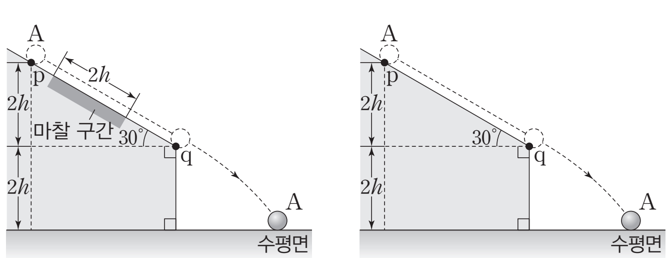
보기
ㄱ. 가변 축전기의 전기 용량은 두 극판 사이의 간격이 d일 때가 $2d$일 때보다 크다.
ㄴ. 수신 회로의 공명 진동수는 가변 축전기의 두 극판 사이의 간격이 d일 때가 $2d$일 때보다 작다.
ㄷ. $f_1 < f_2$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▸26070-0251

그림 (가)와 같이 수평면과 이루는 각이 $30°$인 경사면의 점 p에서 물체 A를 가만히 놓았다. A는 경사면을 따라 운동하는 동안 길이가 $2h$인 마찰 구간에서 등속도 운동을 한 후 점 q에서 포물선 운동을 시작하였다. 그림 (나)는 (가)의 경사면에서 마찰 구간을 제거한 후 p에서 A를 가만히 놓았을 때 A가 경사면을 따라 운동한 후 q에서 포물선 운동을 시작하여 수평면에 도달하는 것을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 A가 수평면에 도달하는 순간의 속도의 연직 방향 성분의 크기는 각각 v_1, v_2이고, 수평면으로부터 p, q까지의 높이는 각각 $4h$, $2h$이다.



(가) (나)

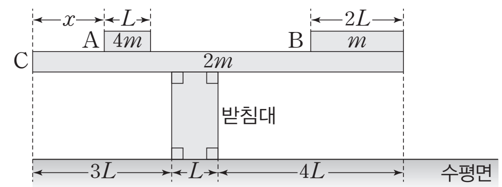
$\frac{v_2}{v_1}$는? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기, 마찰 구간을 제외한 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

① 1 ② $\frac{\sqrt{10}}{3}$ ③ $\frac{\sqrt{11}}{3}$ ④ $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ ⑤ $\frac{\sqrt{13}}{3}$

19

▸26070-0252

그림과 같이 수평면에 고정된 받침대 위에 놓인 폭이 각각 L, $2L$, $8L$인 막대 A, B, C가 수평을 이루며 정지해 있다. A, B, C의 질량은 각각 $4m$, m, $2m$이고, C의 왼쪽 끝에서부터 A의 왼쪽 끝까지의 거리는 x이다.



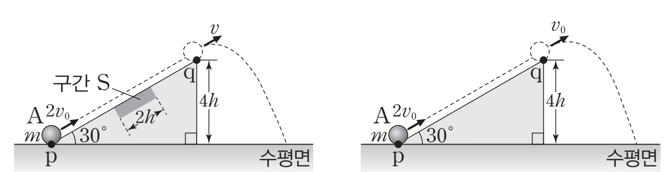
A, B, C가 수평으로 평형을 유지하면서 A의 위치만을 바꿀 때, x의 최댓값과 최솟값의 차는? (단, 막대의 밀도는 각각 균일하고, 막대의 두께와 폭은 무시한다.) [3점]

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

20

▸26070-0253

그림 (가)와 같이 경사각이 $30°$이고 높이가 $4h$인 경사면이 수평면과 만나는 점 p에서 질량이 m인 물체 A를 $2v_0$의 속력으로 발사하였다. 물체는 경사면을 따라 운동하는 동안 길이가 $2h$이고 크기가 $\frac{mg}{2}$인 마찰력이 일정하게 작용하는 구간 S를 지나고, v의 속력으로 점 q를 지나 포물선 운동을 하였다. 그림 (나)는 (가)의 경사면에서 S를 제거한 후 p에서 A가 $2v_0$의 속력으로 발사된 모습을 나타낸 것이고, A는 경사면을 따라 운동한 후 v_0의 속력으로 q를 지나 포물선 운동을 하였다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, g는 중력 가속도이고, 물체의 크기, 구간 S 외의 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기
ㄱ. $v=\frac{1}{2}v_0$이다.
ㄴ. A의 q에서부터 최고점까지의 높이는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.
ㄷ. (가)에서 수평면에 도달하는 순간 A의 속력은 $\frac{\sqrt{13}}{2}v_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실전 모의고사 2회

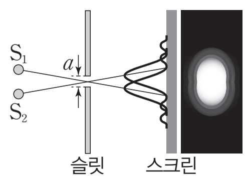
제한시간 30분 배점 50점 정답과 해설 52쪽

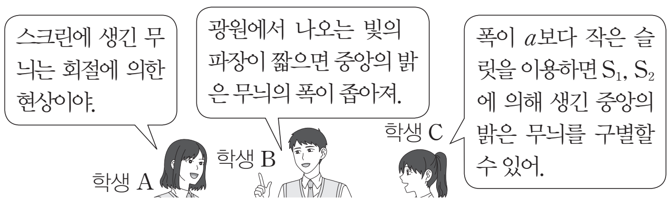
문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▸26070-0254

그림은 가까이 있는 두 광원 S_1, S_2에서 나온 빛이 폭이 a인 슬릿을 통과한 후 스크린에 나타낸 무늬를 보고 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.





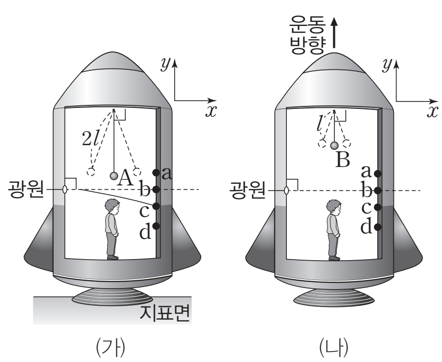
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▸26070-0255

그림 (가), (나)는 각각 지표면에 정지해 있는 우주선과 텅 빈 우주 공간에서 $+y$ 방향으로 등가속도 직선 운동을 하고 있는 우주선에서 질량이 같은 물체 A, B가 각각 길이가 $2l$, l인 실에 매달려 단진동하고 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B가 최고점에 있을 때 실이 y축과 이루는 각은 같고, 우주선 안의 관찰자가 측정할 때 최저점에서 속력은 A와 B가 같다. 각 우주선 안의 관찰자가 관찰할 때 (가), (나)의 우주선 내의 광원에서 광원과 높이가 같은 점 b를 잇는 직선 방향으로 발사된 빛은 (가)에서는 점 c에 도달하고, (나)에서는 맞은편 벽에 고정된 점 a, b, c, d 중 한 점에 도달한다. (가), (나)에서 우주선은 동일하고 a, b, c, d의 간격은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 실의 질량은 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. (나)에서 우주선 안에 정지한 관찰자가 측정한 B에 작용하는 관성력의 크기는 (가)에서 A에 작용하는 중력의 크기와 같다.

ㄴ. 단진동의 주기는 A가 B의 2배이다.

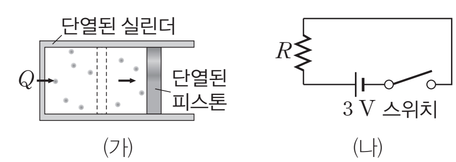
ㄷ. (나)에서 우주선 안에서 정지한 관찰자가 관찰할 때 빛은 d에 도달한다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0256

그림 (가)는 단열된 실린더에 들어 있는 부피가 $0.2\ m^3$인 이상 기체에 열량 Q를 서서히 공급했을 때 기체가 $200\ N/m^2$의 일정한 압력을 유지하며 부피가 $0.4\ m^3$로 서서히 증가하여 피스톤이 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. 열을 공급하는 동안 기체의 내부 에너지 증가량은 86 J이다. 그림 (나)는 (가)의 실린더 내부에 열을 가한 전기 회로를 나타낸 것으로 전압이 3 V인 직류 전원과 저항값이 R인 저항, 스위치로 회로를 구성하였다. 스위치를 닫은 후 42초 동안 저항에서 발생한 열량은 Q이다.



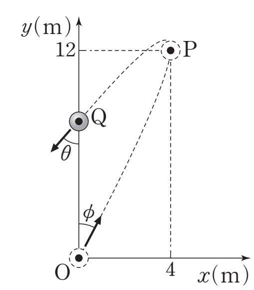
Q와 R로 옳은 것은? (단, 열의 일당량은 4.2 J/cal이고, 피스톤의 마찰은 무시한다.)

	Q(cal)	$R(\Omega)$
①	20	3
②	20	9
③	30	3
④	30	9
⑤	40	3

04

▸26070-0257

그림과 같이 질량이 2 kg인 물체가 시간 $t=0$일 때 xy 평면의 원점 O에 y축과 각 ϕ를 이루며 입사한 후 등가속도 운동을 하여 $t=2$초일 때 점 P를 지나 $t=4$초일 때 y축상의 점 Q를 y축과 각 θ를 이루며 통과한다. $\tan\phi=\frac{2}{5}$, $\tan\theta=\frac{2}{3}$이고, P에서 속도의 x성분은 0이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $4\sqrt{5}$ N이다.

ㄴ. O와 Q 사이의 거리는 8 m이다.

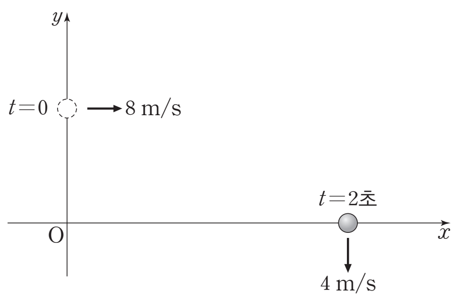
ㄷ. O에서 Q까지 물체가 운동하는 동안 알짜힘이 물체에 한 일은 -64 J이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0258

그림과 같이 xy 평면에서 등가속도 운동을 하는 물체가 시간 $t=0$일 때 $+x$방향으로 y축상의 한 점을 지나 $t=2$초일 때 $-y$방향으로 x축상의 한 점을 지난다. $t=0$, $t=2$초일 때 물체의 속력은 각각 8 m/s, 4 m/s이다.



0에서 2초까지 물체의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)

보기

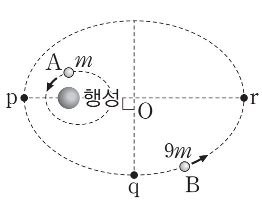
ㄱ. 가속도의 크기는 $2\sqrt{5}$ m/s²이다.
ㄴ. 물체는 직선 운동을 한다.
ㄷ. 변위의 크기는 $4\sqrt{5}$ m이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

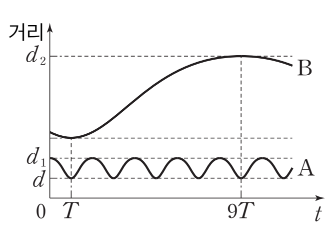
06

▸26070-0259

그림 (가)는 질량이 각각 m, $9m$인 위성 A, B가 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 각각 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 점 O는 B의 타원 궤도의 중심이고 점 p, r는 각각 B의 타원 궤도상에서 행성과 가장 가까운 지점과 가장 먼 지점이고, 점 q는 O를 지나는 직선과 B의 타원 궤도가 만나는 지점이다. 그림 (나)는 행성으로부터 A, B까지의 거리를 각각 시간 t에 따라 나타낸 것이고, $t=T$일 때 A, B에 작용하는 중력의 크기는 같고 A의 가속도의 크기의 최댓값은 최솟값의 4배이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.) [3점]

보기

ㄱ. $d_2=9d_1$이다.
ㄴ. B의 속력은 p에서가 r에서보다 크다.
ㄷ. B가 q에서 r까지 이동하는 데 걸리는 시간은 p에서 q까지 이동하는 데 걸리는 시간과 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

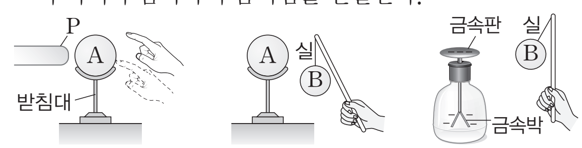
07

▸26070-0260

다음은 정전기 유도에 대한 실험이다.

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 대전된 막대 P를 대전되지 않은 금속구 A에 가까이 한 상태에서 A에 손가락을 접촉시켰다가 떼어내 A를 대전시킨다.
(나) (가)의 A에 절연된 실과 막대에 연결된 대전된 금속구 B를 가까이 하고 움직임을 관찰한다.
(다) (나)의 B를 음(−)전하로 대전된 검전기의 금속판에 가까이 가져가 금속박의 움직임을 관찰한다.



[실험 결과]

(나)의 결과	(다)의 결과
A와 B는 서로 밀어낸다.	금속박이 오므라든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

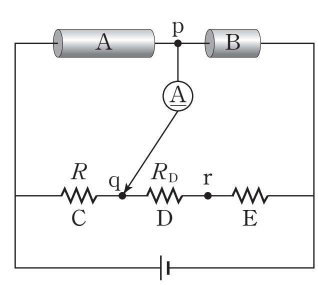
ㄱ. (다)에서 금속박의 전자가 금속판으로 이동한다.
ㄴ. (가)에서 A의 전자는 손가락으로 이동한다.
ㄷ. P는 음(−)전하로 대전되어 있다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0261

그림과 같이 전류계, 동일한 재질의 원통형 금속 막대 A, B, 저항 C, D, E를 전압이 일정한 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. A, B의 단면적은 같고, 길이는 A가 B의 2배이며, B, C, D의 저항값은 각각 R, R, R_{D}이다. 도선 위의 점 p에 연결된 전류계에 전선의 한쪽 집게를 고정시키고 전류계에 연결된 또 다른 집게를 q, r에 연결하여 각각 전류를 측정하였다. 집게를 q에 연결하기 전과 연결한 후 B에서 소비된 전력은 각각 P_1, P_2이고, 집게를 r에 연결했을 때 전류계에 전류가 흐르지 않았다. 집게를 연결하기 전 C, D, E의 합성 저항값은 $2R$이다.



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

보기

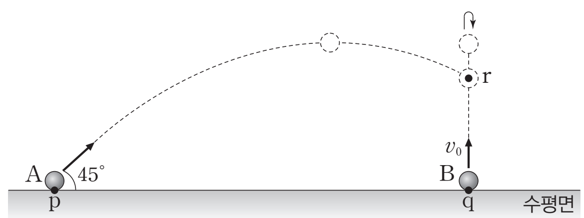
ㄱ. $P_1 : P_2=1 : 9$이다.
ㄴ. $R_{\mathrm{D}}=\frac{R}{3}$이다.
ㄷ. 집게를 r에 연결했을 때 A~E의 합성 저항값은 $\frac{3}{2}R$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0262

그림과 같이 수평면상의 점 p에서 물체 A를 수평면과 45°의 각을 이루며 던진 순간 수평면상의 점 q에서 물체 B를 연직 위 방향으로 v_0의 속력으로 던졌다. A, B는 각각 포물선 운동, 등가속도 직선 운동을 하며 B는 최고점을 지나 점 r에 A와 동시에 도달한다. A가 p에서 r까지, B가 q에서 r까지 각각 운동하는 동안 중력이 한 일은 A에서가 B에서의 2배이고, A의 중력 퍼텐셜 에너지는 최고점에서가 r에서의 $\frac{4}{3}$배이다.



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

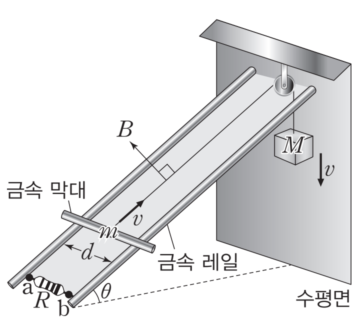
보기
ㄱ. 질량은 A가 B의 2배이다.
ㄴ. p와 q 사이의 거리는 r의 높이의 4배이다.
ㄷ. r에서 물체의 운동 에너지는 A가 B의 5배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▸26070-0263

그림과 같이 질량이 m인 금속 막대가 실로 질량 M인 물체와 연결되어 수평면과 각 θ를 이루며 벽에 걸쳐 있는 ㄷ자형 금속 레일 위에서 일정한 속력 v로 레일을 따라 위쪽으로 운동하고 있다. 금속 레일에는 저항값이 R인 저항이 연결되어 있고, 레일의 간격은 d이다. 금속 레일과 저항이 이루는 경사면의 모든 영역에서 경사면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기가 B인 균일한 자기장이 형성되어 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 금속 막대와 레일의 저항, 실의 질량, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다.) [3점]

보기
ㄱ. 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → 저항 → b 방향이다.
ㄴ. 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 Bdv이다.
ㄷ. $v=\frac{MgR}{B^2d^2}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▸26070-0264

그림 (가)는 볼록 렌즈 A로부터 a만큼 떨어진 광축 위에 놓인 물체의 한 점에서 나온 빛이 A를 통과하여 진행하는 경로를 나타낸 것이다. 이때 물체의 상은 생기지 않았다. 그림 (나)와 같이 A로 인형을 보았을 때 인형의 크기보다 큰 상이 나타났다. (나)에서 인형과 A 사이의 거리는 d이다.

(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

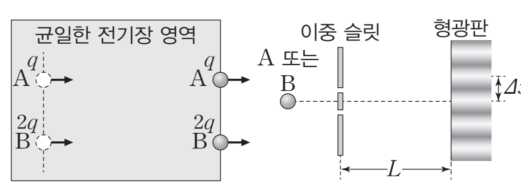
보기
ㄱ. (나)에서 상은 실상이다.
ㄴ. $d<a$이다.
ㄷ. (나)에서 A와 인형 사이의 거리가 a일 때 A를 A보다 초점 거리가 작은 렌즈로 바꾸면 도립상이 나타난다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

12

▸26070-0265

그림 (가)와 같이 전하량이 각각 q, $2q$인 입자 A, B를 균일한 전기장 영역에 동시에 가만히 놓았을 때 A, B는 각각 등가속도 운동하여 동시에 전기장 영역을 벗어난다. 입자를 놓은 지점부터 전기장 영역을 벗어날 때까지 A, B가 운동한 거리는 같다. 그림 (나)는 (가)의 A, B가 전기장 영역을 벗어난 후 A, B를 이중 슬릿에 통과시켰을 때 형광판에 나타난 간섭무늬를 나타낸 것이다. 표는 입자의 종류, 이중 슬릿과 형광판 사이의 거리 L, 간섭무늬의 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 Δx를 나타낸 것이다.



(가) (나)

입자	L	Δx
A	L_0	x_0
A	㉠	$2x_0$
B	L_0	㉡

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

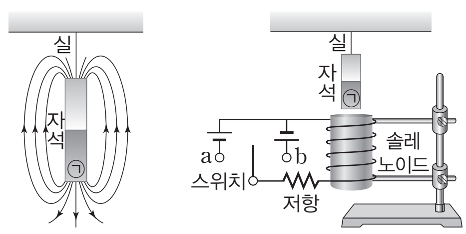
보기
ㄱ. 전기장 영역을 벗어날 때 입자의 물질파 파장은 B가 A의 2배이다.
ㄴ. ㉠은 $2L_0$이다.
ㄷ. ㉡은 $\frac{x_0}{2}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▸26070-0266

그림 (가)는 천장에 실로 연결되어 정지한 자석과 자석의 자기력선을 나타낸 것이고, (나)는 전압이 같은 두 전원 장치와 저항값이 일정한 저항, 스위치, 솔레노이드로 구성된 회로를 솔레노이드의 중심축과 (가)의 자석의 중심축이 일치하도록 자석 아래에 놓은 것을 나타낸 것이다. ㉠은 자석의 N극 또는 S극이다. 스위치를 a, b에 각각 연결했을 때 실이 자석을 당기는 힘의 크기는 각각 T_1, T_2이다. 솔레노이드와 자석 사이의 자기력의 크기는 자석의 중력의 크기보다 작다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

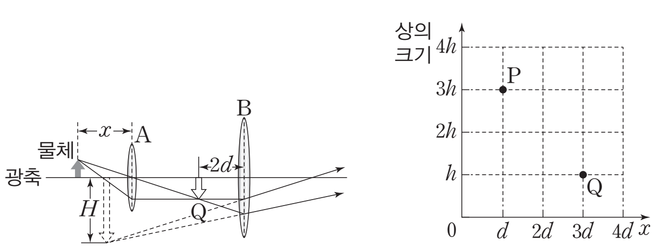
보기
ㄱ. ㉠은 자석의 N극이다.
ㄴ. 스위치를 a에 연결했을 때 솔레노이드 내부에서 전류에 의한 자기장의 방향은 연직 위 방향이다.
ㄷ. $T_1 > T_2$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▸26070-0267

그림 (가)는 물체에서 나온 빛의 일부가 볼록 렌즈 A와 초점 거리가 $3d$인 볼록 렌즈 B를 통과하여 진행하는 경로를 나타낸 것이고, (나)는 A에 의한 상 P, Q의 크기를 A로부터 물체까지의 거리 x에 따라 나타낸 것이다. $x=3d$일 때 A에 의한 상 Q는 B에서 $2d$만큼 떨어진 지점에 생기고, B에 의한 Q의 상의 크기는 H이다.



(가) (나)

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

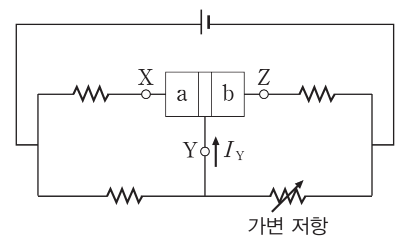
보기
ㄱ. 물체의 크기는 h이다. ㄴ. $H=3h$이다.
ㄷ. (가)에서 $x=d$인 지점에 물체를 놓으면 B에 의한 상은 B의 왼쪽에 생긴다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▸26070-0268

그림과 같이 트랜지스터, 저항, 가변 저항, 전압이 일정한 전원으로 구성된 회로에서 전류가 증폭되고 있다. a, b는 각각 p형 반도체와 n형 반도체 중 하나이다. X, Y, Z는 트랜지스터에 연결된 단자로 각각 전류가 흐른다. Y에 흐르는 전류의 세기는 I_Y이고, 전류의 방향은 화살표 방향이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

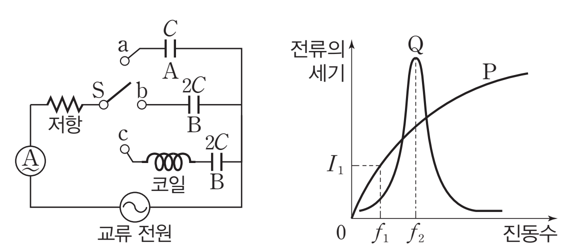
보기
ㄱ. 트랜지스터에서 다수의 전자는 a에서 b로 이동한다.
ㄴ. 전류의 세기는 Z에서가 X에서보다 크다.
ㄷ. 가변 저항의 저항값을 증가시키면 I_Y는 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▸26070-0269

그림 (가)와 같이 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 전류계, 저항, 스위치 S, 전기 용량이 각각 C, $2C$인 축전기 A, B, 코일을 이용하여 회로를 구성하였다. 그림 (나)의 P, Q는 (가)의 회로에서 S를 a, c에 연결했을 때 교류 전원의 진동수에 따라 회로에 흐르는 전류의 세기를 순서 없이 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

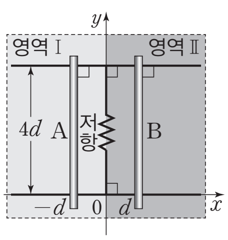
보기
ㄱ. Q는 S를 c에 연결했을 때 회로에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 것이다.
ㄴ. 교류 전원의 진동수가 f_1일 때 S를 b에 연결하면 회로에 흐르는 전류의 세기는 I_1보다 증가한다.
ㄷ. 코일에 연결된 B를 A로 바꾸고 S를 c에 연결하면 회로의 공명 진동수는 f_2보다 감소한다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

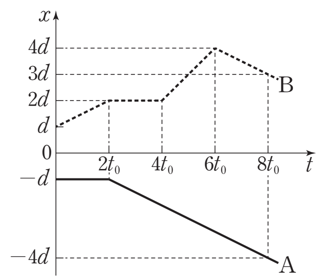
17

▸26070-0270

그림 (가)와 같이 x축과 나란한 두 금속 레일이 xy 평면에 $4d$만큼 떨어져 고정되어 있고 y축상에 놓인 저항이 두 금속 레일에 도선으로 연결되어 있다. xy 평면에 수직인 방향의 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ에서 y축과 나란한 금속 막대 A, B를 두 금속 레일 위에 놓아 x축과 나란한 방향으로 운동시킨다. 그림 (나)는 A, B의 위치 x를 시간 t에 따라 각각 나타낸 것이다. 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $t=3t_0$일 때가 $t=t_0$일 때의 2배이고 저항에 흐르는 전류의 방향은 같다. $t=5t_0$일 때 저항에 흐르는 전류의 방향은 $-y$방향이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 막대와 금속 레일의 굵기는 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. 자기장의 세기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이다.

ㄴ. Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

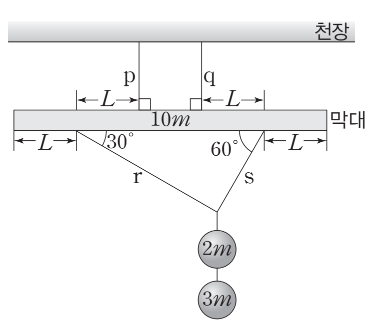
ㄷ. 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $t=5t_0$일 때가 $t=7t_0$일 때의 4배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▸26070-0271

그림과 같이 질량이 각각 $2m$, $3m$인 두 물체와 실 p, q, r, s로 연결된 질량이 $10m$이고 길이가 $5L$인 막대가 수평을 이루며 정지해 있다. r, s가 막대와 이루는 각은 각각 30°, 60°이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

보기

ㄱ. 막대를 당기는 힘의 크기는 q가 p의 3배이다.

ㄴ. q를 막대의 오른쪽 끝에 연결하면 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 증가한다.

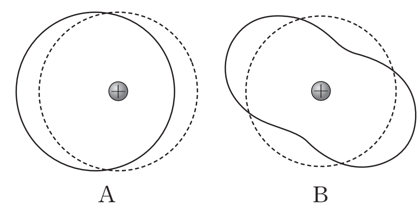
ㄷ. p를 제거해도 막대는 수평을 유지할 수 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

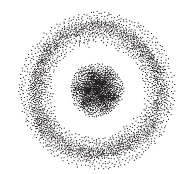
19

▸26070-0272

그림 (가)의 A, B는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수가 서로 다른 전자의 원운동 궤도와 물질파가 만든 정상파를 나타낸 것이다. 점선과 실선은 각각 원운동 궤도와 정상파를 나타낸다. 그림 (나)는 현대적 수소 원자 모형에서 양자수 $n=2$인 상태의 전자구름 형태를 나타낸 것이다.



(가)


(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전자의 에너지는 (나)에서와 (가)의 B에서가 같다.

ㄴ. 전자의 물질파 파장은 B에서가 A에서의 4배이다.

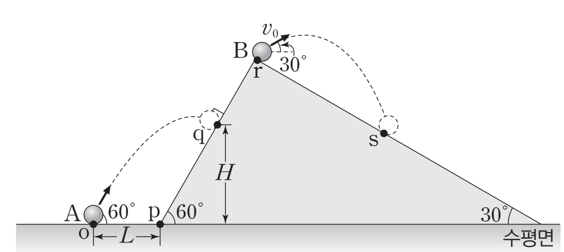
ㄷ. (나)에서는 전자의 운동량을 정확하게 측정할 수 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

20

▸26070-0273

그림과 같이 물체 A를 수평면 위의 점 o에서 수평면과 60°의 각을 이루는 방향으로 던진 순간 경사각이 30°인 빗면 위의 점 r에서 물체 B를 수평면과 30°를 이루는 방향으로 속력 v_0으로 던졌다. A, B는 각각 포물선 운동을 하여 A는 경사각이 60°인 빗면의 점 q에 수직으로, B는 경사각이 30°인 빗면의 점 s에 동시에 도달한다. 경사각이 60°인 빗면이 수평면과 만나는 점 p와 o 사이의 거리는 L이고, q의 높이는 H이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, o~s는 동일 연직면상의 점이며 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. o에서 A의 속력은 $\sqrt{3}v_0$이다.

ㄴ. $L=\frac{2}{\sqrt{3}}H$이다.

ㄷ. r에서 s까지 변위의 크기는 $\frac{2v_0^2}{g}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

실전 모의고사 3회

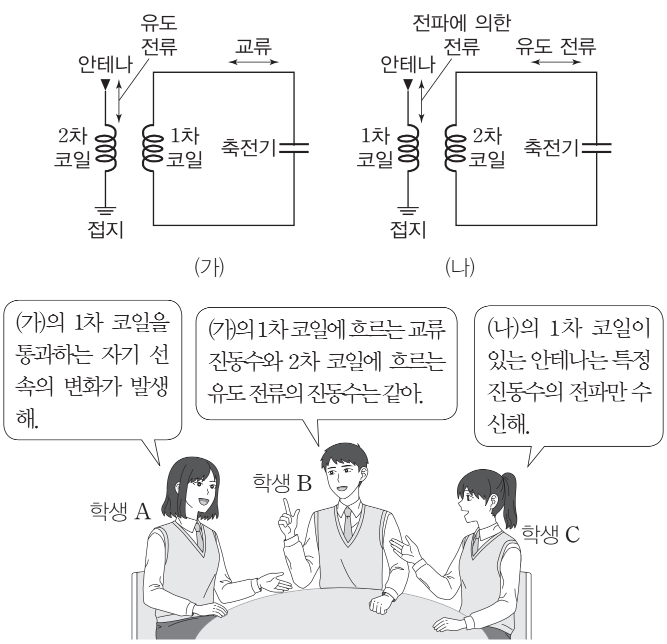
제한시간 30분 배점 50점 정답과 해설 56쪽

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▸26070-0274

그림은 전자기파의 송신기 (가)와 수신기 (나)에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습을 나타낸 것이다.



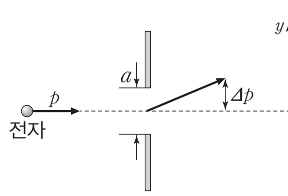
제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

02

▸26070-0275

그림과 같이 운동량의 크기가 p인 전자가 폭이 a인 단일 슬릿에 입사하였다. Δp는 슬릿을 통과하는 전자의 y축 방향의 운동량 불확정도를 나타낸 것이다.



단일 슬릿의 폭만 a에서 $\frac{a}{2}$로 줄였을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 전자의 y축 방향의 위치 불확정도는 작아진다.

ㄴ. 전자의 y축 방향의 운동량 불확정도는 Δp보다 커진다.

ㄷ. 단일 슬릿에서 전자의 회절이 더 잘 일어난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0276

그림과 같이 음원 A, B가 x축에 정지해 있는 음파 측정기에 대해 등속 직선 운동을 한다. A의 속력은 v이고 A에 대한 B의 속력은 $4v$이다. A, B의 운동 방향은 각각 $-x$방향과 $+x$방향이고 음파 측정기가 측정한 진동수는 A의 음파 진동수가 B의 음파 진동수의 2배이다.

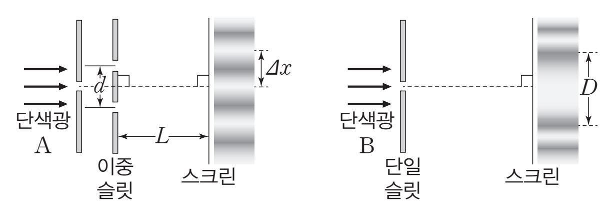
음원 A, B가 발생시키는 음파의 진동수를 각각 f_A, f_B라 할 때 $\frac{f_A}{f_B}$는? (단, 음속은 V이다.)

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

04

▸26070-0277

그림 (가)는 슬릿 사이의 간격이 d인 이중 슬릿에 단색광 A를 비추었을 때 이중 슬릿으로부터 L만큼 떨어진 스크린에 이웃한 밝은 무늬의 중심 사이의 간격이 Δx인 간섭무늬가 생긴 것을, (나)는 폭이 일정한 단일 슬릿에 단색광 B를 비추었을 때 스크린 중앙의 밝은 무늬를 중심으로 양쪽 첫 번째 어두운 무늬의 중심 사이의 거리가 D인 회절 무늬가 생긴 것을 나타낸 것이다. (가)에서 단색광은 B로, 이중 슬릿은 슬릿 사이 간격이 $\frac{1}{2}d$인 이중 슬릿으로 교체하여도 스크린에 생긴 간섭무늬의 이웃한 밝은 무늬 중심 사이의 간격은 Δx로 같다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 단색광의 파장은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. (가)에서 이중 슬릿과 스크린 사이 거리만 $2L$로 변경하면 스크린에 생긴 간섭무늬의 이웃한 밝은 무늬 중심 사이의 간격은 Δx보다 크다.

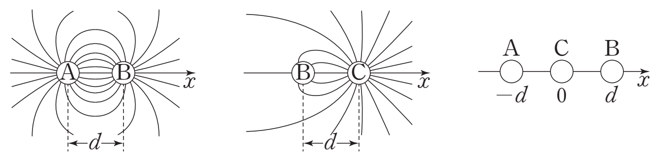
ㄷ. (나)에서 단색광만 A로 교체하면 스크린 중앙의 밝은 무늬를 중심으로 양쪽 첫 번째 어두운 무늬의 중심 사이의 거리는 D보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0278

그림 (가), (나)는 각각 x축에 고정된 점전하 A와 B, B와 C 주위의 전기장의 전기력선을 방향 표시 없이 나타낸 것이다. 그림 (다)는 (가), (나)의 A, C, B를 x축상의 $x=-d$, $x=0$, $x=d$에 각각 고정시킨 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 A와 B, B와 C 사이 거리는 d로 같으며, A는 양(+)전하이다.



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

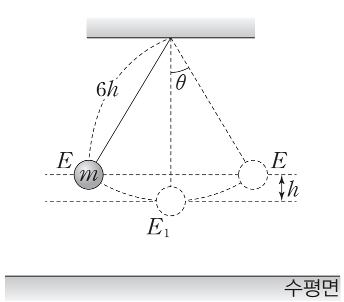
ㄱ. 전하량 크기는 A가 C보다 크다.
ㄴ. (다)에서 C에 작용하는 전기력은 0이다.
ㄷ. (다)에서 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06

▸26070-0279

그림은 길이가 $6h$인 실에 연결되어 단진동하는 질량이 m인 물체를 나타낸 것이다. 물체가 최고점에 있을 때 실이 연직 방향과 이루는 각은 θ이다. 물체의 최고점과 최하점에서의 중력 퍼텐셜 에너지는 각각 E, E_1이고, 물체의 최하점으로부터 최고점까지의 높이는 h이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고 수평면에서 물체의 퍼텐셜 에너지는 0이며, 실의 질량, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

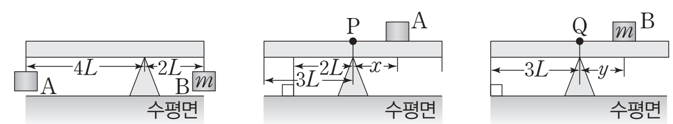
ㄱ. 주기는 $2\pi\sqrt{\dfrac{6h}{g}}$이다.
ㄴ. $\cos\theta=\dfrac{5}{6}$이다.
ㄷ. 단진동하는 물체의 최대 속력은 $\sqrt{\dfrac{2(E-E_1)}{m}}$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0280

그림 (가)는 물체 A와 질량이 m인 물체 B가 각각 매달려 있는 길이가 $6L$이고 질량이 m인 막대가 수평을 이루며 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 그림 (나), (다)는 (가)의 막대 위에 A, B를 각각 올려놓고 막대의 왼쪽을 수평면과 실로 연결하여 수평을 이루며 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 점 P, Q는 받침대 위에 놓인 막대 위의 중심 지점이다. 실이 막대를 잡아당기는 힘의 크기는 (다)에서가 (나)에서의 2배이며 x, y는 각각 P, Q로부터 A, B까지의 거리이다.



(가) (나) (다)

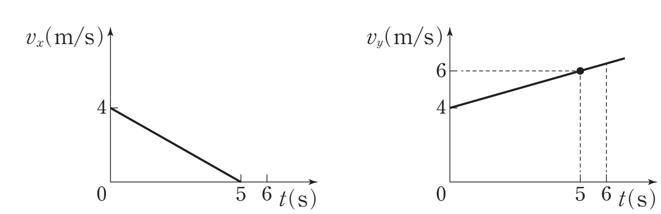
$\dfrac{x}{y}$는? (단, 막대의 밀도는 균일하며, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.) [3점]

① $\dfrac{2}{3}$ ② 1 ③ $\dfrac{4}{3}$ ④ $\dfrac{7}{5}$ ⑤ 2

08

▸26070-0281

그림 (가), (나)는 xy 평면에서 운동을 하는 물체의 속도의 x성분 v_x와 y성분 v_y를 시간 t에 따라 각각 나타낸 것이다. 6초일 때 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 2 N이고 5초일 때 v_x는 0이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

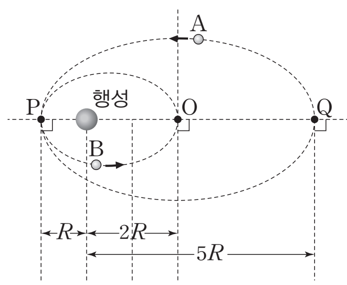
ㄱ. 물체의 질량은 2 kg이다.
ㄴ. 0초일 때 물체의 속력은 $4\sqrt{2}$ m/s이다.
ㄷ. 6초일 때 물체의 운동 방향은 y축과 나란한 방향이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0282

그림과 같이 행성을 한 초점으로 하는 각각의 타원 궤도를 따라 위성 A, B가 운동하고 있다. 점 P는 A, B가 행성으로부터 가장 가까운 지점이며 점 Q, O는 A, B가 각각 행성으로부터 가장 먼 지점이다. P에서 A, B 궤도가 접하며 위성이 P를 지날 때 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 2배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다.) [3점]

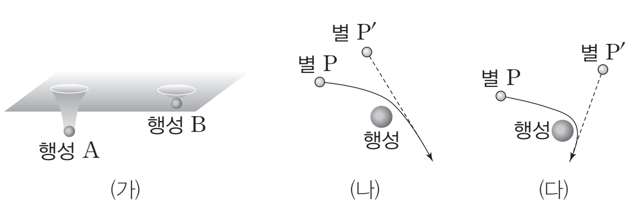
보기
ㄱ. 위성의 공전 주기는 A가 B의 $2\sqrt{2}$배이다.
ㄴ. 위성의 질량은 A가 B의 2배이다.
ㄷ. B가 O를 지나는 순간 B에 작용하는 중력의 크기는 A가 Q를 지나는 순간 A에 작용하는 중력의 크기의 $\frac{25}{8}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10

▸26070-0283

그림 (가)는 지름이 같은 행성 A와 B 주위의 시공의 휘어짐을 나타낸 것이고 (나), (다)는 (가)의 A 또는 B 주위로 동일한 별 P에서 방출된 빛이 행성 표면에서 휘어지는 정도를 관측된 별 P′의 위치를 통해 나타낸 것이다. (나), (다)에서 행성과 별 사이의 거리는 서로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

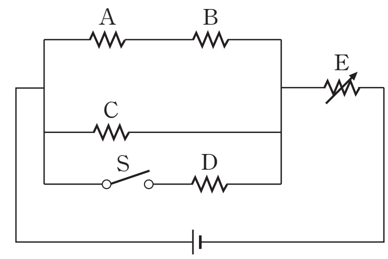
보기
ㄱ. 행성의 질량은 A가 B보다 크다.
ㄴ. (나)의 행성은 A이다.
ㄷ. 행성 주변을 지나는 빛의 속력은 (나)에서가 (다)에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▸26070-0284

그림과 같이 저항값이 R인 저항 A, B, C, D와 가변 저항 E, 스위치 S, 전압이 일정한 전원 장치로 회로를 구성하였다. S가 열려 있고 E의 초기 저항값이 R일 때 E에 흐르는 전류의 세기는 I이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

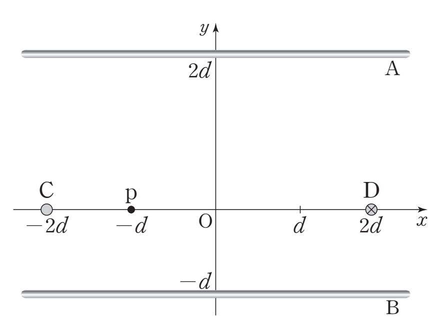
보기
ㄱ. A의 양단에 걸린 전압은 S를 닫았을 때가 열었을 때보다 작다.
ㄴ. S를 열었을 때 저항에서 소비되는 전력은 C가 E의 $\frac{2}{3}$배이다.
ㄷ. S를 열고 E의 저항값을 처음의 $\frac{1}{3}$배로 하였을 때 E에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{5}{3}I$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12

▸26070-0285

그림과 같이 xy 평면에 x축과 나란한 방향으로 $y=2d$, $y=-d$에 고정되어 있는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B와 $x=-2d$, $x=2d$에 xy 평면에 수직으로 고정되어 있는 가늘고 무한히 긴 직선 도선 C, D에 각각 일정한 전류가 흐르고 있다. A, B, C, D에 의한 자기장의 세기는 원점 O에서 0이다. D에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이며 점 p는 $x=-d$상의 점이다.



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

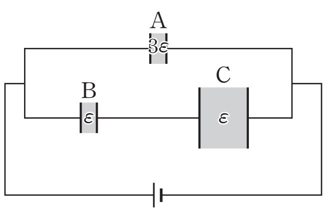
보기
ㄱ. A, B에 흐르는 전류의 방향은 같다.
ㄴ. 도선에 흐르는 전류의 세기는 A가 B의 2배이다.
ㄷ. p에서 A, B, C, D에 의한 자기장의 방향은 $-y$방향이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▸26070-0286

그림은 평행판 축전기 A, B, C를 전압이 일정한 전원에 연결한 뒤 A, B, C가 완전히 충전된 상태를 나타낸 것이다. A, B의 극판의 면적과 극판 사이의 간격은 같고 C의 극판의 면적은 A의 2배이며 극판 사이의 간격은 A의 3배이다. A, B, C의 극판 사이에는 유전율이 각각 3ε, ε, ε인 유전체가 완전히 채워져 있다. 표는 A, B, C에 충전된 전하량과 양단에 걸린 전압을 나타낸 것이다.



축전기	A	B	C
전하량	$45Q$	$6Q$	㉠
전압	㉡	$2V$	㉢

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

보기

ㄱ. ㉠은 $6Q$이다.

ㄴ. ㉡은 ㉢의 $\frac{5}{3}$배이다.

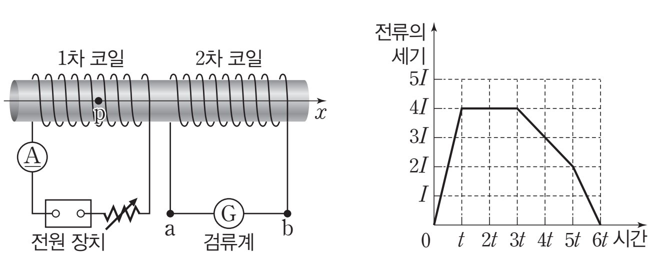
ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 B가 C의 $\frac{3}{2}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▸26070-0287

그림 (가)와 같이 전원 장치, 가변 저항, 전류계가 연결된 1차 코일과 검류계가 연결된 2차 코일이 동일한 x축에 고정되어 있다. 그림 (나)는 1차 코일에 연결된 가변 저항의 저항값을 변화시켰을 때 전류계에 흐르는 전류의 세기를 시간에 따라 나타낸 것이다. 점 p는 1차 코일 중심의 x축상의 지점이며 $0.5t$일 때 검류계에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → 검류계 → b 방향이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. $0.5t$일 때 p에서의 1차 코일에 의한 자기장의 방향은 $+x$ 방향이다.

ㄴ. 검류계에 흐르는 유도 전류의 세기는 $4t$일 때가 $5.5t$일 때보다 크다.

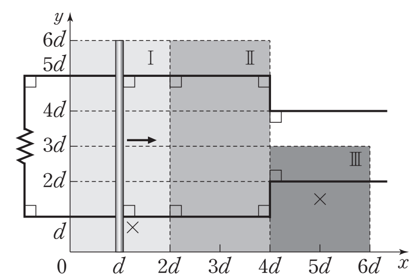
ㄷ. $4t$일 때 검류계에 흐르는 유도 전류의 방향은 b → 검류계 → a이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▸26070-0288

그림은 xy 평면에 수평하게 고정된 저항이 연결된 ㄷ자형 도선 위에 올려놓은 금속 막대를 $+x$방향의 일정한 속력으로 이동시키는 것을 나타낸 것이다. xy 평면에 수직으로 형성된 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 자기장의 세기는 같고 Ⅰ, Ⅲ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 저항에 흐르는 전류의 방향은 금속 막대가 $x=d$를 지날 때와 $x=3d$를 지날 때가 서로 반대이다.



×: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 막대의 굵기와 저항은 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. 자기장의 방향은 Ⅰ에서와 Ⅱ에서가 같다.

ㄴ. 금속 막대가 $x=3d$를 지날 때 금속 막대에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이다.

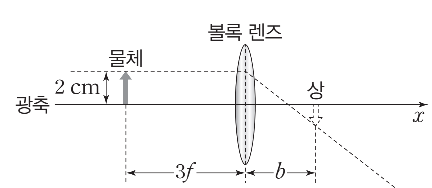
ㄷ. 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 금속 막대가 $x=d$를 지날 때가 $x=5d$를 지날 때의 4배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▸26070-0289

그림과 같이 초점 거리가 f인 볼록 렌즈로부터 $3f$만큼 떨어진 지점에 크기가 2 cm인 물체를 놓았더니 볼록 렌즈로부터 b만큼 떨어진 지점에 상이 생겼다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $b=\frac{3}{2}f$이다.

ㄴ. 상의 크기는 $\frac{2}{3}$ cm이다.

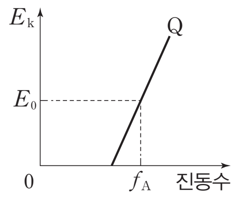
ㄷ. 물체를 $-x$방향으로 이동시키면 상은 $+x$방향으로 이동한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

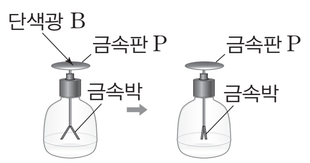
17

▸26070-0290

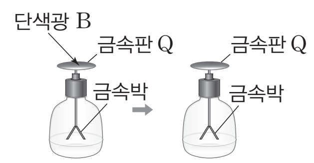
그림 (가)는 금속판 Q에 진동수가 f_A인 단색광 A를 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지 E_0을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 대전된 검전기의 금속판 P에 단색광 B를 비추었을 때 금속박이 오므라드는 모습을, (다)는 대전되지 않은 검전기의 금속판 Q에 B를 비추었을 때 금속박의 변화가 없는 모습을 나타낸 것이다.



(가)



(나)



(다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

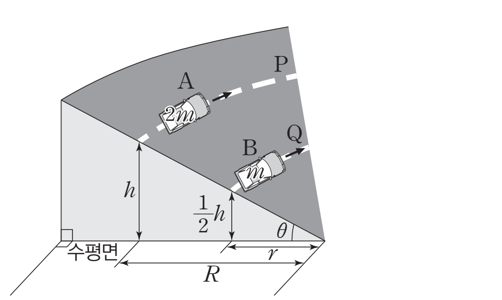
ㄱ. 단색광의 파장은 A가 B보다 크다.
ㄴ. 금속판의 문턱 진동수는 P가 Q보다 작다.
ㄷ. (나)에서 금속박은 B를 비추기 전 음(−)전하로 대전되어 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18

▸26070-0291

그림은 질량이 각각 $2m$, m인 자동차 A, B가 반지름이 각각 R, r인 경사도로의 경로 P, Q를 따라 등속 원운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 수평면과 경사도로가 이루는 각은 θ이며 수평면으로부터 P, Q까지의 높이는 각각 h, $\frac{1}{2}h$이다. A, B에 작용하는 구심력의 크기는 각각 F_A, F_B이다.



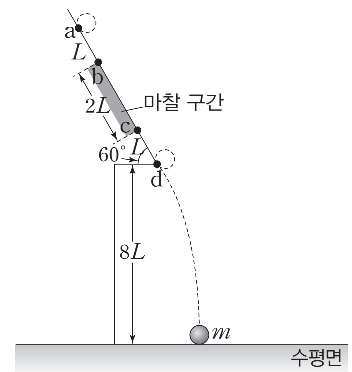
$\frac{F_A}{F_B}$는? (단, A, B의 크기와 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

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

19

▸26070-0292

그림과 같이 수평면과 이루는 각이 $60°$인 빗면상의 점 a에 물체를 가만히 놓았더니 물체가 빗면을 따라 운동하는 구간마다 서로 같거나 다른 크기의 가속도로 등가속도 운동을 한 후 포물선 운동을 하여 수평면에 도달하였다. 점 b, c, d는 빗면상의 지점이며 b, c 사이의 구간에는 일정한 마찰력이 작용한다. a, b 사이와 c, d 사이 구간의 길이는 L로 같고 마찰 구간의 길이는 $2L$이며 수평면으로부터 d까지의 높이는 $8L$이다. 마찰 구간 외의 빗면에서의 물체의 가속도의 크기는 마찰 구간에서의 가속도의 크기의 2배이며, 물체가 b, c, 수평면에 도달하는 순간의 속력은 각각 v_b, v_c, v이다.



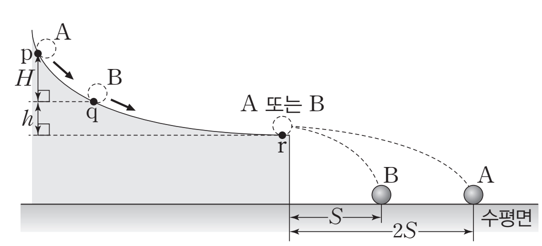
${v_b}^2$, ${v_c}^2$, v^2은? (단, 중력 가속도는 g, 물체의 크기, 마찰 구간을 제외한 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

	${v_b}^2$	${v_c}^2$	v^2
①	$\sqrt{3}gL$	$2\sqrt{3}gL$	$(2\sqrt{3}+8)gL$
②	$\sqrt{3}gL$	$2\sqrt{3}gL$	$(3\sqrt{3}+16)gL$
③	$2\sqrt{3}gL$	$3\sqrt{3}gL$	$(3\sqrt{3}+8)gL$
④	$2\sqrt{3}gL$	$4\sqrt{3}gL$	$(4\sqrt{3}+8)gL$
⑤	$2\sqrt{3}gL$	$4\sqrt{3}gL$	$(4\sqrt{3}+16)gL$

20

▸26070-0293

그림은 곡면상의 점 p에 가만히 놓은 물체 A와 점 q를 속력을 갖고 지나는 물체 B가 각각 점 r을 수평면과 나란한 방향으로 통과한 뒤 포물선 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 물체가 수평면에 도달하는 순간까지 r에서 수평 방향으로 이동한 거리는 A가 B의 2배이다. p, q 사이와 q, r 사이의 연직 방향의 거리는 각각 H, h이다. q를 지나는 순간 물체의 속력은 A가 B의 4배이다.



h는? (단, 물체의 크기와 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

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

실전 모의고사 4회

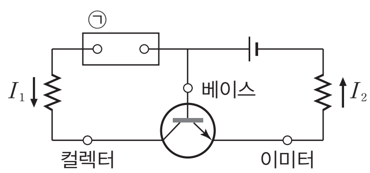
제한시간 30분 | 배점 50점 | 정답과 해설 60쪽

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▸26070-0294

그림과 같이 트랜지스터, 저항, 전압이 일정한 전원을 연결하여 전류 증폭 회로를 구성하였다. 저항에는 세기가 각각 I_1, I_2인 전류가 화살표 방향으로 흐른다. ㉠은 (+)극과 (−)극 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. ㉠은 (+)극이다.
ㄴ. 베이스 단자의 전위는 컬렉터 단자의 전위보다 높다.
ㄷ. $I_1 > I_2$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

02

▸26070-0295

표는 입자 A, B, C의 물질파 파장과 운동 에너지를 나타낸 것이다.

입자	물질파 파장	운동 에너지
A	2λ	E_0
B	λ	$5E_0$
C	2λ	$2E_0$

입자에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

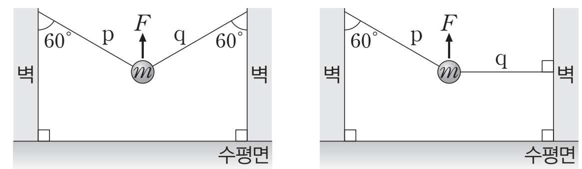
보기
ㄱ. 운동량의 크기는 A와 C가 같다.
ㄴ. 질량은 B가 C의 $\frac{8}{5}$배이다.
ㄷ. A와 B의 물질파 파장이 같을 때, 운동 에너지는 A가 B의 $\frac{4}{5}$배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0296

그림 (가), (나)와 같이 질량이 m인 물체가 실 p, q에 연결되어 정지해 있다. (가), (나)에서 물체에는 연직 위 방향으로 크기가 F인 힘이 작용한다. (가), (나)에서 q가 물체를 당기는 힘의 크기는 각각 $T_가$, $T_나$이다.



(가) (나)

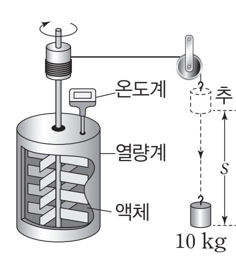
$\frac{T_가}{T_나}$는? (단, 물체의 크기, 실의 질량은 무시한다.)

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

04

▸26070-0297

그림은 줄의 실험 장치에서 질량이 $10\ \mathrm{kg}$인 추가 일정한 속력으로 s만큼 낙하하는 것을 나타낸 것이다. 표는 추가 s만큼 낙하하는 동안 액체의 온도 변화 $\varDelta T$를 나타낸 것이다. 액체의 질량은 $1\ \mathrm{kg}$이고 비열은 $1\ \mathrm{cal/g \cdot ^\circ C}$이다.



s(m)	h	$2h$	$3h$
$\varDelta T$(℃)	0.2	㉠	0.6

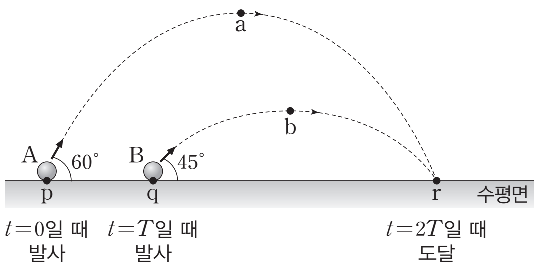
㉠과 h로 옳은 것은? (단, 중력 가속도는 $10\ \mathrm{m/s^2}$이고, 열의 일당량은 $4.2\ \mathrm{J/cal}$이고, 실의 질량은 무시하며, 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 모두 액체의 온도 변화에만 사용된다.) [3점]

	㉠	h
①	0.3	8.0
②	0.3	8.4
③	0.4	8.0
④	0.4	8.4
⑤	0.5	8.0

05

▸26070-0298

그림은 시간 $t=0$일 때 물체 A를 수평면의 점 p에서 수평면과 60°의 각을 이루며 발사시키고, $t=T$일 때 물체 B를 수평면 위의 점 q에서 수평면과 45°의 각을 이루며 발사시킨 모습을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 포물선 운동을 하며, $t=2T$일 때 수평면의 점 r에 동시에 도달한다. 점 a, b는 각각 A, B의 최고점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

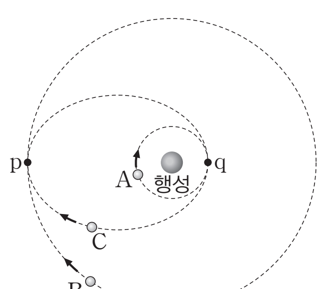
보기
ㄱ. 높이는 a가 b의 4배이다.
ㄴ. a에서 A의 속력은 b에서 B의 속력의 $\sqrt{2}$배이다.
ㄷ. p와 q 사이의 거리는 $\sqrt{2}gT^2$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

06

▸26070-0299

그림은 행성을 중심으로 원운동하는 위성 A, B와 타원 궤도를 따라 운동하는 위성 C의 모습을 나타낸 것이다. 점 p는 C가 행성으로부터 가장 먼 지점이고, 점 q는 C가 행성으로부터 가장 가까운 지점이다. A, B, C의 질량은 각각 m, $4m$, $2m$이고, 공전 주기는 B가 A의 8배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C에는 행성에 의한 중력만 작용한다.) [3점]

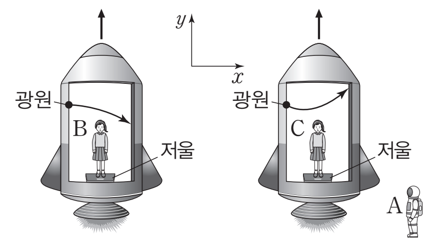
보기
ㄱ. 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 4배이다.
ㄴ. C의 가속도의 크기는 q에서가 p에서의 8배이다.
ㄷ. 공전 주기는 C가 A의 $\frac{5\sqrt{10}}{4}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

07

▸26070-0300

그림은 텅 빈 우주 공간에서 정지한 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 우주선의 광원에서 $+x$방향으로 빛을 방출했을 때, B, C가 관측한 빛의 경로를 나타낸 것이다. A에 대해 질량이 같은 B, C가 탄 우주선은 각각 등가속도 직선 운동을 하며, 운동 방향은 $+y$방향으로 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. A가 관찰할 때, B가 탄 우주선에서 발사된 빛은 $+x$방향으로 진행한다.
ㄴ. A가 관찰할 때, C가 탄 우주선의 속력은 증가한다.
ㄷ. 저울에 측정된 힘의 크기는 B가 탄 우주선에서가 C가 탄 우주선에서보다 크다.

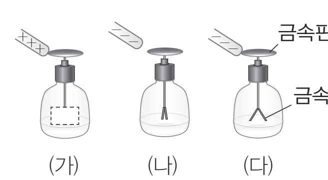
① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0301

다음은 검전기를 이용한 실험이다.

[실험 과정]
(가) 대전되지 않은 검전기의 금속판에 양(+)전하로 대전된 막대를 접촉시켰다가 뗀다.
(나) (가)에서 금속판에 음(−)전하로 대전된 막대를 가까이 한다.
(다) (나)에서 음(−)전하로 대전된 막대를 금속판 쪽으로 이동하여 금속판에 접촉시킨다.



[실험 결과]
- (가)에서 검전기의 금속박이 (㉠).
- (나)에서 검전기의 금속박이 오므라들었다가 다시 벌어진다.
- (다) 이후 검전기의 금속박이 (나)에서보다 더 (㉠).

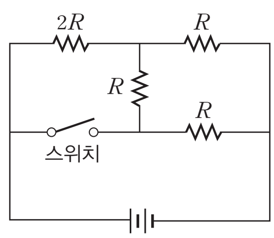
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기
ㄱ. ‘오므라든다’는 ㉠에 해당한다.
ㄴ. (나)에서 금속박이 벌어진 후, 검전기의 금속박은 음(−)전하로 대전된다.
ㄷ. (다)에서 전자는 금속박에서 금속판으로 이동한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09
▸26070-0302

그림과 같이 저항값이 각각 R, $2R$인 저항, 스위치를 전압이 일정한 직류 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. 스위치를 열었을 때, 회로의 소비 전력은 P_0이다.

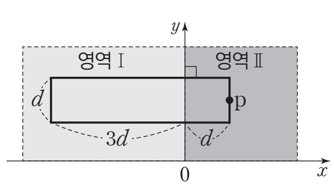


스위치를 닫았을 때 회로의 소비 전력은? [3점]

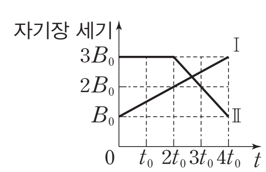
① $2P_0$ ② $\frac{10}{3}P_0$ ③ $\frac{58}{15}P_0$ ④ $4P_0$ ⑤ $\frac{64}{15}P_0$

10
▸26070-0303

그림 (가)와 같이 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ가 있는 xy 평면상에 저항값이 R인 직사각형 금속 고리가 고정되어 있다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향은 같고, xy 평면에 수직이다. 고리의 가로와 세로 길이는 각각 $4d$, d이며, p는 도선에 고정된 점이다. 그림 (나)는 Ⅰ, Ⅱ에서 자기장 세기를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. $t=t_0$일 때 p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이다.



(가)



(나)

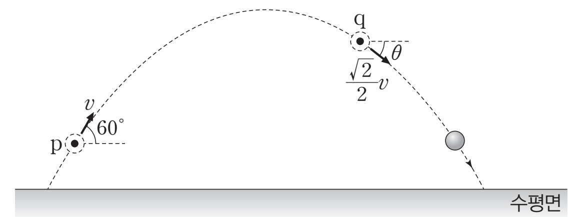
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 고리의 굵기는 무시한다.)

> 보기
> ㄱ. Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
> ㄴ. $t=3t_0$일 때, p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이다.
> ㄷ. $t=3t_0$일 때, p에 흐르는 유도 전류의 세기는 $\frac{3B_0d^2}{2Rt_0}$이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11
▸26070-0304

그림과 같이 수평면에서 비스듬히 던져진 물체가 포물선 운동을 하며 점 p, q를 지난다. p, q에서 물체의 속력은 각각 v, $\frac{\sqrt{2}}{2}v$이다. p, q에서 물체의 운동 방향은 수평 방향에 대해 각각 60°, θ를 이루는 방향이다. q에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 $\frac{3}{2}$배이다.



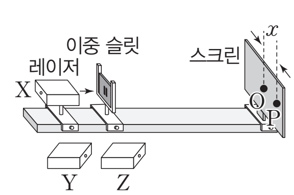
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이며, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

> 보기
> ㄱ. $\tan\theta=\sqrt{2}$이다.
> ㄴ. p에서 물체의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 4배이다.
> ㄷ. 최고점의 높이는 $\frac{v^2}{2g}$이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

12
▸26070-0305

그림과 같이 단색광을 이중 슬릿에 비추었더니 슬릿으로부터 충분히 멀리 떨어진 스크린에 간섭무늬가 나타났다. 표는 단색광 X, Y, Z를 각각 비추었을 때, X, Y, Z의 파장과 스크린에 생긴 가장 밝은 무늬의 중심 O와 이웃한 밝은 무늬의 중심 P 사이의 거리 x를 나타낸 것이다.



단색광	단색광의 파장(nm)	x (mm)
X	540	9
Y	㉠	10
Z	550	㉡

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

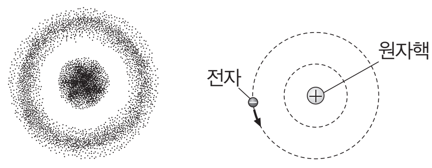
> 보기
> ㄱ. 두 슬릿으로부터 O에 도달한 빛의 위상은 같다.
> ㄴ. ㉠은 600이다.
> ㄷ. ㉡은 11이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▸26070-0306

그림 (가), (나)는 보어의 수소 원자 모형과 현대적 수소 원자 모형을 순서 없이 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 보어의 수소 원자 모형을 나타낸 것이다.

ㄴ. (나)에서 전자의 원 궤도 길이는 전자의 물질파의 파장의 정수배이다.

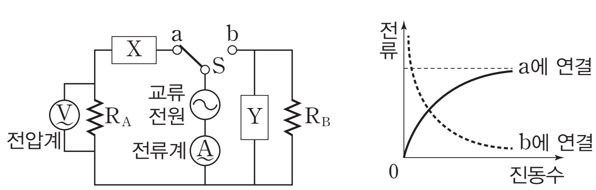
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 불확정성 원리를 만족한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

14

▸26070-0307

그림 (가)와 같이 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원, 저항값이 같은 저항 $\mathrm{R_A}$와 $\mathrm{R_B}$, 스위치 S, 전압계, 전류계, 전기 소자 X와 Y를 이용하여 회로를 구성한다. X, Y는 코일과 축전기를 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 S를 a 또는 b에 연결했을 때, 교류 전원의 진동수에 따라 전류계에 측정되는 전류의 세기를 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

보기

ㄱ. S를 a에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면, $\mathrm{R_A}$에 연결된 전압계의 측정값은 증가한다.

ㄴ. Y는 축전기이다.

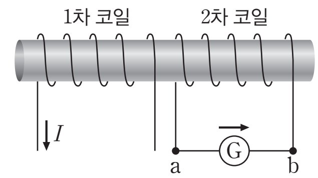
ㄷ. S를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면, $\mathrm{R_B}$에 흐르는 전류의 최댓값은 증가한다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▸26070-0308

그림과 같이 전류 I가 흐르는 1차 코일과 검류계가 연결된 2차 코일이 동일한 막대에 감겨 고정되어 있다.



상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 방향이 a → Ⓖ → b일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 2차 코일의 중심에서 I에 의한 자기장의 방향은 오른쪽 방향이다.

ㄴ. I에 의해 형성되는 자기장에 의한 2차 코일의 자기 선속은 일정하다.

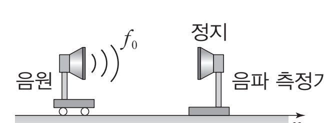
ㄷ. I의 세기는 감소한다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▸26070-0309

그림은 x축상에 정지한 음파 측정기와 진동수가 f_0인 음파를 발생시키며 x축을 따라 등속도 운동을 하는 음원을 나타낸 것이다. 표는 음원의 속력과 운동 방향에 따라 음파 측정기에서 측정된 음파의 진동수 f를 나타낸 것이다.



속력	운동 방향	f
v_0	㉠	$\frac{20}{19}f_0$
㉡	$+x$	$\frac{18}{17}f_0$
㉢	㉣	$\frac{18}{19}f_0$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 음속은 일정하다.) [3점]

보기

ㄱ. ㉠과 ㉣은 모두 $+x$로 같다.

ㄴ. 음속은 $20v_0$이다.

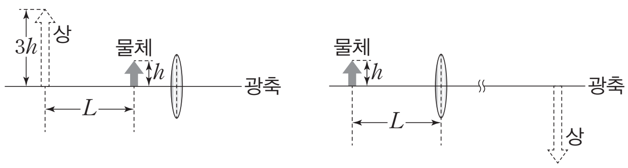
ㄷ. ㉡은 ㉢의 $\frac{17}{19}$배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

17

▸26070-0310

그림 (가)와 같이 볼록 렌즈 앞에 크기가 h인 물체를 놓았더니 물체로부터 L만큼 떨어진 지점에 크기가 $3h$인 상이 생겼다. 그림 (나)는 (가)에서 물체를 렌즈의 중심으로부터 L만큼 떨어진 지점에 놓았더니 상이 생긴 것을 나타낸 것이다.



(가) (나)

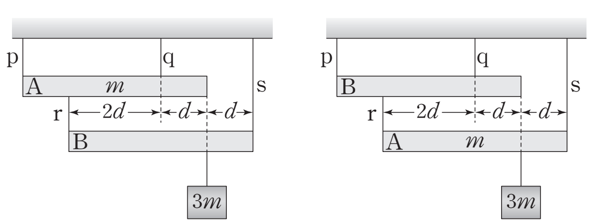
(나)에서 상의 크기는?

① $2.7h$ ② $2.8h$ ③ $2.9h$ ④ $3h$ ⑤ $3.1h$

18

▸26070-0311

그림 (가)와 같이 길이가 $4d$인 막대 A, B가 실 p, q, r, s에 연결되어 수평을 이루며 정지해 있고, B에는 질량이 $3m$인 물체가 실로 연결되어 있다. 그림 (나)는 (가)에서 A와 B의 위치만을 바꾸었더니 A, B가 수평을 이루며 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 s가 B를 당기는 힘의 크기는 $2T$이고, (나)에서 s가 A를 당기는 힘의 크기는 T이다. A의 질량은 m이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 막대의 밀도는 각각 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. $T=\frac{11}{4}mg$이다.

ㄴ. B의 질량은 $6m$이다.

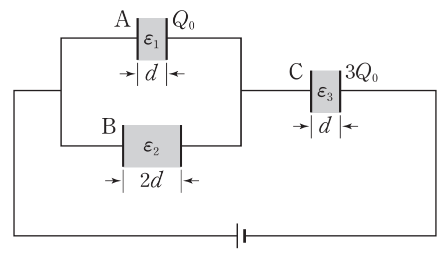
ㄷ. (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 A를 당기는 힘의 크기보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

19

▸26070-0312

그림은 극판의 면적이 같은 평행판 축전기 A, B, C를 전압이 일정한 전원에 연결한 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 극판 사이의 간격은 각각 d, $2d$, d이고, 극판 사이에는 유전율이 각각 ε_1, ε_2, ε_3인 유전체로 채워져 있다. A, C에 충전된 전하량은 각각 Q_0, $3Q_0$이고, 축전기에 저장된 전기 에너지는 C가 B의 2배이다.



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

보기

ㄱ. 전기 용량은 B가 C의 $\frac{8}{9}$배이다.

ㄴ. $\varepsilon_1 : \varepsilon_2 : \varepsilon_3 = 4 : 12 : 9$ 이다.

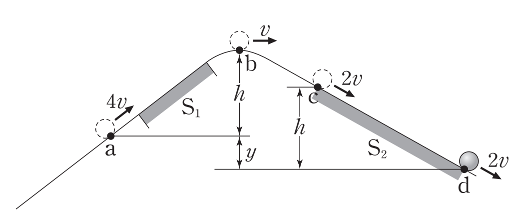
ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 B가 A의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

20

▸26070-0313

그림과 같이 경사면의 점 a를 $4v$의 속력으로 통과한 물체가 마찰 구간 S_1을 지난 후 최고점 b를 v의 속력으로 통과하여 마찰 구간 S_2의 시작점 c를 $2v$의 속력으로 지난 후 등속도 운동을 하여 S_2의 끝점 d를 통과한다. a와 b, c와 d의 높이 차는 h로 같고, a와 d의 높이 차는 y이다. 마찰 구간에서 감소한 역학적 에너지는 S_1에서가 S_2에서의 2배이다.



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

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

실전 모의고사 5회

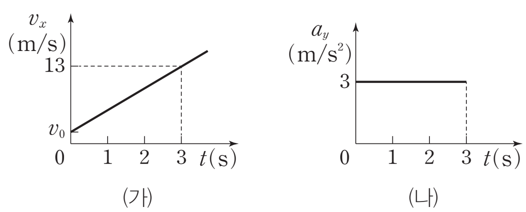
제한시간 30분 배점 50점 정답과 해설 64쪽

문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오. 3점 문항에만 점수가 표시되어 있습니다. 점수 표시가 없는 문항은 모두 2점입니다.

01

▸26070-0314

그림 (가), (나)는 질량이 $2\ \mathrm{kg}$인 물체가 xy 평면에서 등가속도 직선 운동을 할 때 속도의 x성분 v_x와 가속도의 y성분 a_y를 시간 t에 따라 각각 나타낸 것이다. 물체의 가속도의 크기는 $5\ \mathrm{m/s^2}$이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

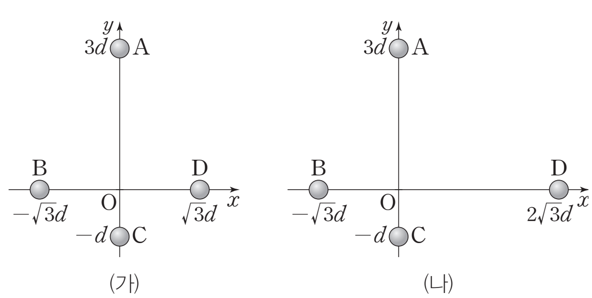
보기
ㄱ. $v_0=4$이다.
ㄴ. 1초일 때 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 10 N이다.
ㄷ. 0초부터 3초까지 물체의 이동 거리와 변위의 크기는 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02

▸26070-0315

그림 (가)와 같이 점전하 A, B, C, D가 각각 xy 평면의 $(0,\ 3d)$, $(-\sqrt{3}d,\ 0)$, $(0,\ -d)$, $(\sqrt{3}d,\ 0)$에 고정되어 있다. A, C, D가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이다. 그림 (나)는 (가)에서 D의 위치만을 $(2\sqrt{3}d,\ 0)$으로 옮겨 고정시킨 것을 나타낸 것으로, A, C, D가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이다.



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

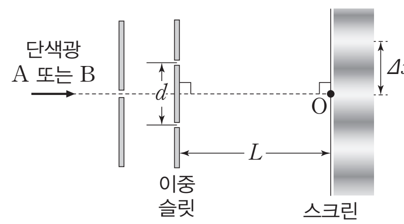
보기
ㄱ. 전하의 종류는 B와 D가 같다.
ㄴ. 전하량의 크기는 A가 C의 $\sqrt{3}$배이다.
ㄷ. 원점 O에서 A, C, D에 의한 전기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03

▸26070-0316

그림과 같이 단색광 A, B를 각각 이중 슬릿에 비추었더니 스크린에 간섭무늬가 생겼다. L은 이중 슬릿에서 스크린까지의 거리, d는 이중 슬릿의 간격이고, 이웃한 밝은 무늬의 간격은 Δx이다. 점 O는 스크린에서 가장 밝은 무늬의 중심이다. 표는 실험 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 단색광, d, L을 변화시켰을 때의 Δx를 나타낸 것이다.



실험	단색광	d	L	Δx
Ⅰ	A	d_0	L_0	Δx_0
Ⅱ	A	$2d_0$	$3L_0$	㉠
Ⅲ	B	$3d_0$	$2L_0$	Δx_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $d \ll L$이다.)

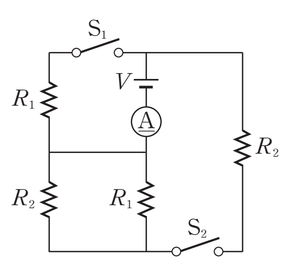
보기
ㄱ. ㉠은 Δx_0보다 작다.
ㄴ. 단색광의 파장은 B가 A보다 길다.
ㄷ. O에서는 보강 간섭이 일어난다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04

▸26070-0317

그림과 같이 저항값이 각각 R_1, R_2인 저항 4개, 전류계, 스위치 S_1, S_2와 전압이 V인 전원으로 회로를 구성하였다. 표는 스위치의 연결 상태에 따른 전류계에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 것이다.



스위치 상태		전류의 세기
S_1	S_2	
닫힘	열림	$\dfrac{V}{2R}$
열림	닫힘	$\dfrac{V}{3R}$

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

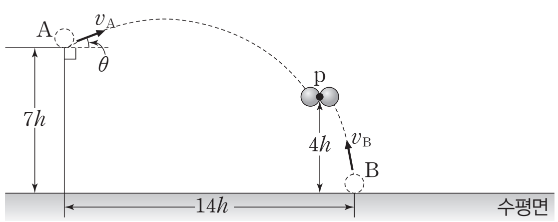
보기
ㄱ. $R_2=2R$이다.
ㄴ. S_1, S_2를 모두 닫을 때, 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\dfrac{V}{6R}$이다.
ㄷ. S_1, S_2를 모두 닫았을 때, 회로 전체의 소비 전력은 $\dfrac{5V^2}{6R}$이다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05

▸26070-0318

그림과 같이 높이 $7h$인 지점에서 v_A의 속력으로 수평면과 θ의 각을 이루며 던져진 물체 A가 최고점에 도달하는 순간, 물체 B를 수평면에서 v_B의 속력으로 던졌더니 A, B는 각각 포물선 운동을 하여 높이 $4h$인 점 p에서 만난다. $\tan\theta=\frac{1}{2}$이고, p에서 B의 연직 방향 속력은 0이다. A가 던져진 순간부터 A와 B가 p에서 만날 때까지 A와 B의 수평 이동 거리의 합은 $14h$이다.



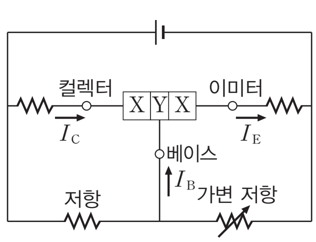
$\frac{v_B}{v_A}$는? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

① $\sqrt{\frac{4}{5}}$ ② $\sqrt{\frac{7}{10}}$ ③ $\sqrt{\frac{13}{15}}$ ④ $\sqrt{\frac{17}{20}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{18}{25}}$

06

▸26070-0319

그림은 불순물을 첨가한 반도체 X, Y를 접합하여 만든 트랜지스터, 가변 저항, 저항, 전압이 일정한 전원을 연결하였을 때 이미터, 베이스, 컬렉터 단자에 세기가 각각 I_E, I_B, I_C인 전류가 화살표 방향으로 흐르는 것을 나타낸 것이다. X, Y는 p형 반도체 또는 n형 반도체 중 하나이다. 트랜지스터의 전류 증폭률은 100이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

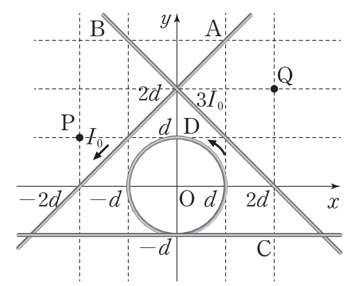
보기
ㄱ. X는 p형 반도체이다.
ㄴ. 가변 저항의 값을 증가시키면 이미터에 흐르는 전류의 세기는 작아진다.
ㄷ. $I_E=101I_B$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07

▸26070-0320

그림과 같이 가늘고 무한히 긴 직선 도선 A, B, C와 원형 도선 D가 xy 평면에 각각 고정되어 있다. A, B, C, D에는 크기와 방향이 일정한 전류가 흐른다. A, B에 흐르는 전류의 세기는 각각 I_0, $3I_0$이고 A, D에는 화살표 방향으로 전류가 흐른다. 원점 O에서 A, B, C, D에 의한 자기장은 0이고, D에 의한 자기장의 세기는 $2B_0$이다. A, B, C에 의한 자기장의 세기와 방향은 xy 평면 위의 점 P와 Q에서 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 도선의 굵기는 무시한다.) [3점]

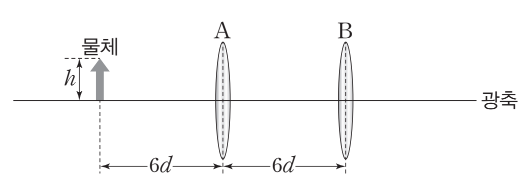
보기
ㄱ. O에서 A에 의한 자기장의 세기는 B_0이다.
ㄴ. O에서 B에 의한 자기장 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ㄷ. C에 흐르는 전류의 방향은 $-x$방향이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08

▸26070-0321

그림과 같이 크기가 h인 물체를 볼록 렌즈 A, B 앞에 놓는다. 물체와 A의 중심 사이의 거리와 A와 B의 중심 사이의 거리는 $6d$로 같다. A와 B의 초점 거리는 같으며, A, B에 의한 최종 상의 크기는 h이다.



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

보기
ㄱ. A의 초점 거리는 $2d$이다.
ㄴ. A, B에 의한 물체의 최종 상은 정립상이다.
ㄷ. 물체로부터 A, B에 의한 물체의 최종 상까지 거리는 $18d$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09

▸26070-0322

표는 천체 A, B의 반지름과 A, B 표면에서의 탈출 속력을 나타낸 것이다.

천체	반지름	탈출 속력
A	r_0	$4v_0$
B	$4r_0$	v_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B의 밀도는 균일하다.)

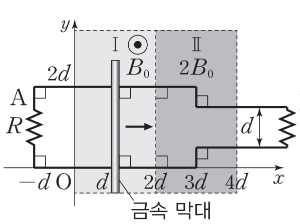
보기
ㄱ. 질량은 A가 B의 2배이다.
ㄴ. 시공간의 휘어짐은 A 주변에서가 B 주변에서보다 크다.
ㄷ. 천체 표면에서의 시간은 B에서가 A에서보다 느리게 간다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

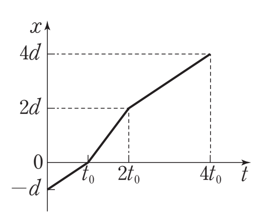
10

▸26070-0323

그림 (가)와 같이 xy 평면에 수직으로 형성된 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ에서 저항값이 각각 R, $2R$인 2개의 저항 A, B로 연결된 도선이 xy 평면에 고정되어 있다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 세기는 각각 B_0, $2B_0$이고, Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 이 도선 위에 y축과 나란하게 놓인 금속 막대가 $+x$방향으로 운동을 하고 있다. 그림 (나)는 금속 막대의 위치 x를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. $t=3t_0$일 때, 금속 막대에는 $-y$방향으로 전류가 흐른다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 금속 막대의 저항 및 두께, 도선의 굵기는 무시한다.) [3점]

보기
ㄱ. Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ㄴ. $t=2.5t_0$일 때, 금속 막대에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{6B_0d^2}{Rt_0}$이다.
ㄷ. A의 소비 전력은 $t=1.5t_0$일 때가 $t=3.5t_0$일 때보다 크다.

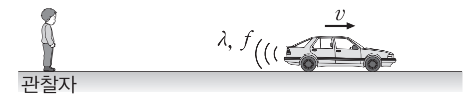
① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11

▸26070-0324

다음은 도플러 효과에 대한 설명이다.

파장이 λ, 진동수가 f인 음파를 발생하는 음원이 정지한 관찰자로부터 v의 속력으로 멀어지면 관찰자가 듣는 음파의 파장 λ'는 λ보다 [㉠]. 즉 λ'= [㉡]이다. 그래서 관찰자가 듣는 음파의 진동수는 [㉢].



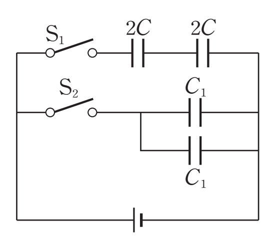
㉠, ㉡, ㉢으로 가장 적절한 것은? (단, 음속은 일정하다.)

	㉠	㉡	㉢
①	길다	$\lambda+\frac{v}{f}$	f보다 작다
②	길다	$\lambda-\frac{v}{f}$	f보다 작다
③	길다	$\lambda+\frac{v}{f}$	f보다 크다
④	짧다	$\lambda-\frac{v}{f}$	f보다 크다
⑤	짧다	$\lambda-\frac{v}{f}$	f보다 작다

12

▸26070-0325

그림과 같이 전기 용량이 각각 C_1과 $2C$인 축전기 4개, 스위치 S_1, S_2를 전압이 V로 일정한 전원에 연결하여 회로를 구성하였다. 표는 S_1, S_2의 상태를 나타낸 것으로, 축전기는 충분한 시간이 지나 완전히 충전된 상태이다. 축전기에 충전된 전하량의 총합의 크기는 Ⅰ과 Ⅱ에서 같다.



스위치 상태	S_1	S_2
Ⅰ	닫힘	열림
Ⅱ	열림	닫힘

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

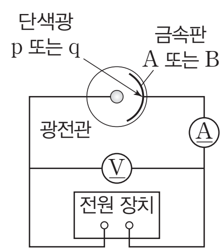
보기
ㄱ. Ⅰ에서 축전기에 충전된 전하량의 총합의 크기는 CV이다.
ㄴ. $C_1=\frac{1}{2}C$이다.
ㄷ. 축전기의 전기 에너지의 총합은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13

▸26070-0326

그림은 금속판 A, B에 진동수가 각각 $5f$, $3f$인 세기가 일정한 단색광 p, q를 각각 비추어 정지 전압을 측정하는 광전 효과 실험 장치를 나타낸 것이다. 표는 광전 효과 실험 장치에서 A 또는 B에 p, q를 각각 비출 때 광전류가 0이 되는 순간의 전압을 나타낸 것이다. 금속판의 일함수는 A가 B의 2배이다.



실험	단색광	광전류가 0이 되는 순간 전압
Ⅰ	p	$3V_0$
Ⅱ	q	V_0
Ⅲ	p	V_0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

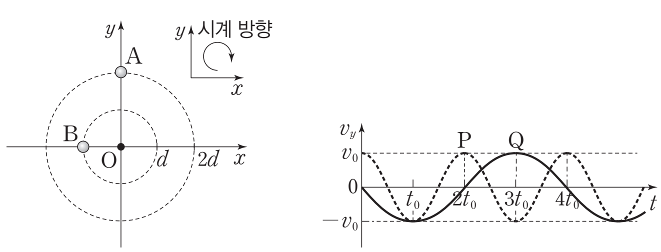
ㄱ. Ⅰ, Ⅱ에서 금속판은 동일하다.
ㄴ. A의 문턱 진동수는 q의 진동수보다 크다.
ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14

▸26070-0327

그림 (가)는 xy 평면에서 원점 O를 중심으로 반지름이 각각 $2d$, d인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 하는 물체 A, B가 시간 $t=0$일 때 각각 y축, x축을 지나는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 t에 따른 A, B의 속도의 y성분 v_y를 순서 없이 P, Q로 나타낸 것이다.



(가) (나)

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

보기

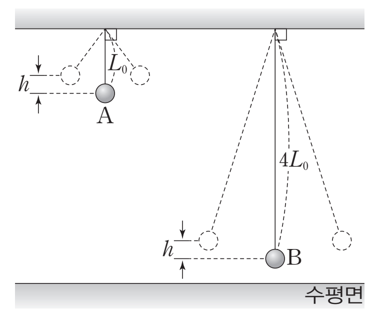
ㄱ. A의 주기는 $4t_0$이다.
ㄴ. B는 시계 방향으로 운동한다.
ㄷ. 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15

▸26070-0328

그림과 같이 길이가 각각 L_0, $4L_0$인 실에 매달려 단진동을 하는 질량이 같은 물체 A, B는 시간 $t=0$인 순간 각각 최저점에 도달한다. A, B의 최고점과 최저점의 높이 차는 h로 같고, B의 주기는 T이다.



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

보기

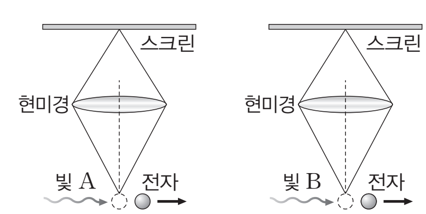
ㄱ. A의 주기는 $\frac{T}{2}$이다.
ㄴ. $t=\frac{T}{4}$일 때, A, B의 높이 차는 $3L_0-h$이다.
ㄷ. $t=T$일 때 A, B의 역학적 에너지는 같다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16

▸26070-0329

그림 (가), (나)는 각각 파장이 다른 빛 A, B를 사용하여 전자의 위치를 측정하는 하이젠베르크의 사고 실험을 나타낸 것이다. 전자의 운동량 불확정도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

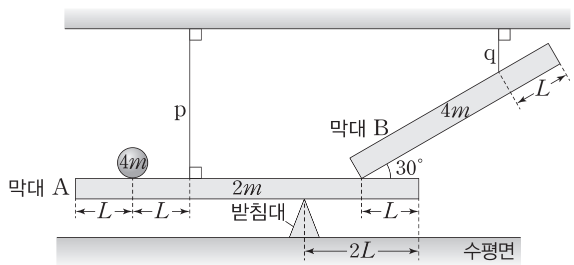
ㄱ. 파장은 A가 B보다 길다.
ㄴ. 전자의 위치 불확정도는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.
ㄷ. 현미경이 정밀해지면 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정하는 것이 가능하다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

17

▸26070-0330

그림과 같이 막대 A, B가 각각 실 p, q에 연결되어 천장에 매달려 있고 질량 $4m$인 물체가 A 위에 놓여 정지해 있다. 길이가 $6L$인 A는 수평을 이루며, 길이가 $4L$인 B는 q에 매달려 A와 30°의 각을 이루고 정지해 있다. A, B의 질량은 각각 $2m$, $4m$이다.



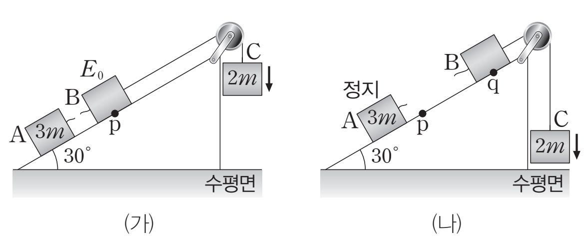
받침대가 A에 작용하는 힘의 크기는? (단, 중력 가속도는 g이고, 막대의 밀도는 각각 균일하며 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.) [3점]

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

18

▸26070-0331

그림 (가)와 같이 실로 연결된 물체 A, B, C가 일정한 속력으로 운동하다가 B가 빗면 위의 점 p를 지날 때 A와 B를 연결한 실이 끊어진다. 그림 (나)는 (가)에서 실이 끊어진 순간부터 A, B가 각각 등가속도 운동하여 A가 정지한 순간, B는 빗면 위의 점 q를 지나는 모습을 나타낸 것이다. (가)에서 B가 p를 지날 때 B의 운동 에너지는 E_0이다. A, C의 질량은 각각 $3m$, $2m$이고 빗면이 수평면과 이루는 각은 30°이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기, 실의 질량, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

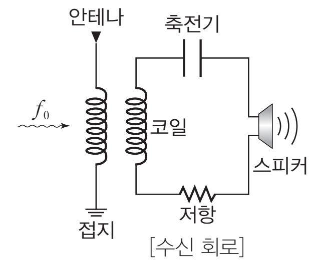
ㄱ. B의 질량은 m이다.
ㄴ. (나)에서 A가 정지한 순간 B의 운동 에너지는 $2E_0$이다.
ㄷ. (나)에서 B가 p에서 q까지 이동하는 동안 C의 역학적 에너지 감소량은 A의 운동 에너지 감소량의 2배이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

▸26070-0332

그림은 진동수가 f_0인 전자기파가 안테나에 도달할 때, 수신 회로를 조절하여 회로에 흐르는 전류가 최대인 순간 스피커에서 진동수가 f_0인 전자기파에 의한 방송이 나오는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은?

보기

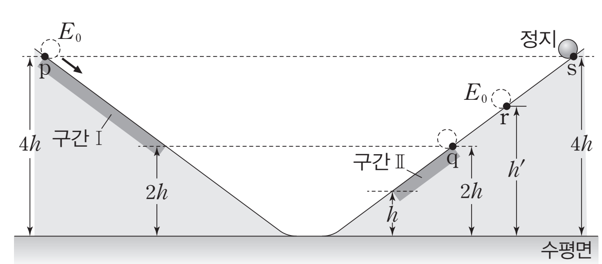
ㄱ. 수신 회로의 공명 진동수는 f_0이다.
ㄴ. 저항의 저항값을 증가시키면 수신 회로의 공명 진동수가 감소한다.
ㄷ. 축전기의 전기 용량만을 감소시키면 수신 회로의 전류의 세기가 감소한다.

① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20

▸26070-0333

그림과 같이 높이 $4h$인 지점 p를 운동 에너지 E_0으로 지난 물체가 동일 연직면에서 빗면과 수평면을 따라 운동하며 높이 $4h$인 지점 s에서 정지하였다. 마찰 구간 Ⅰ, Ⅱ에서 물체에 같은 크기의 마찰력이 일정하게 작용하며, Ⅰ에서 증가한 운동 에너지는 Ⅱ에서 감소한 역학적 에너지의 3배이다. 점 q는 Ⅱ가 끝나는 지점이며 높이는 $2h$이다. 점 r는 물체의 운동 에너지가 E_0인 지점이며 높이는 h'이다. 물체의 질량은 m이고 빗면의 경사각은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 수평면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이며, 물체의 크기와 공기 저항, 마찰 구간 외의 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

보기

ㄱ. Ⅰ에서 마찰력이 한 일의 크기는 $\frac{4}{5}mgh$이다.
ㄴ. $h'=3h$이다.
ㄷ. q에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{4}{3}E_0$이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

수능완성

2027학년도 수능 연계교재

과학탐구영역 정답과 해설

물리학 Ⅱ

테마 01 힘과 평형

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 — 본문 5쪽

정답 ②

x가 최솟값일 때는 막대와 천장을 연결한 왼쪽 실이 막대에 작용하는 힘이 0이고, x가 최댓값일때는 막대와 천장을 연결한 오른쪽 실이 막대에 작용하는 힘이 0이다.

② 중력 가속도를 g, 추에 연결된 왼쪽 실과 오른쪽 실에 작용하는 힘의 크기를 각각 T_1, T_2라 하면, 힘의 평형에 의해 $T_1\cos30° = T_2\cos60°$, $T_1\sin30° + T_2\sin60° = mg$가 성립하므로 $T_1 = \frac{1}{2}mg$, $T_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$이다. x가 최솟값일 때 막대와 천장을 연결한 오른쪽 실이 매달린 지점을 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 적용하면, $\frac{1}{4}mg \times 6L + \frac{3}{4}mg \times L + 2mg \times L = 5mg(4L - x)$가 성립하므로 x의 최솟값은 $\frac{63}{20}L$이다. 또한 x가 최댓값일 때는 물체가 막대와 천장을 연결한 왼쪽 실의 왼쪽에 위치하므로 막대와 천장을 연결한 왼쪽 실로부터 물체까지의 거리를 x_1이라 하고, 왼쪽 실이 매달린 지점을 회전축으로 하여 돌림힘의 평형을 적용하면 $\frac{1}{4}mg \times 2L + 5mg \times x_1 = \frac{3}{4}mg \times 3L + 2mg \times 3L$이다. 따라서 $x_1 = \frac{31}{20}L$이고, x의 최댓값은 $x_1 + 8L = \frac{191}{20}L$이므로 x의 최댓값과 최솟값의 차는 $\frac{191}{20}L - \frac{63}{20}L = \frac{32}{5}L$이다.

수능 2점 테스트 — 본문 6~7쪽

01 ③	02 ③	03 ⑤	04 ⑤	05 ⑤
06 ①	07 ⑤	08 ③		

01 힘의 평형

물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 정지해 있던 물체는 계속 정지해 있고, 운동하던 물체는 등속도 운동을 한다.

ㄱ. 물체가 정지해 있으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

~~ㄴ~~. 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 x축, y축과 나란한 방향으로 작용하는 알짜힘은 각각 0이다. 크기가 F_1인 힘의 x축, y축과 나란한 성분의 크기를 각각 F_x, F_y라 하면, $2F = F\cos60° + F_x$, $F\sin60° = F_y$이다. 이를 정리하면 $F_x = \frac{3}{2}F$, $F_y = \frac{\sqrt{3}}{2}F$이고, $\tan\theta = \frac{F_x}{F_y} = \sqrt{3}$이므로 $\theta = 60°$이다.

ㄷ. $F_1 = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{\frac{9}{4}F^2 + \frac{3}{4}F^2} = \sqrt{3}F$이다.

02 힘의 분해와 힘의 평형

A, B가 정지해 있으므로 A의 중력이 경사면과 나란하게 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기와 A에 작용하는 크기가 F인 힘이 경사면과 나란하게 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기의 합은 B의 중력의 크기와 같다.

③ A의 중력이 경사면과 나란하게 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $mg\sin30° = \frac{1}{2}mg$이고, A에 작용하는 크기가 F인 힘이 경사면에 나란하게 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $F\sin30° = \frac{1}{2}F$이다. 따라서 힘의 평형에 의해 $\frac{1}{2}mg + \frac{1}{2}F = 2mg$가 성립하므로 $F = 3mg$이다.

03 힘의 평형

q가 수평 방향에 대해 이루는 각과 q가 물체를 당기는 힘의 크기가 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 q가 물체에 수평 방향 및 연직 방향으로 작용하는 힘은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

ㄱ. (가)에서 A가 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다. A에 수평 방향으로 작용하는 알짜힘도 0이므로 (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기를 p_1이라 하면, $p_1\cos\theta = F\cos\theta$가 성립한다. 따라서 $p_1 = F$이므로 (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 F이다.

ㄴ. (나)에서 p가 B를 당기는 힘의 크기를 p_2라 하면, B에 수평 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 $p_2\cos\theta_1 = F\cos\theta$가 성립한다. $p_1\cos\theta = p_2\cos\theta_1$이고, $\theta > \theta_1$이므로 $p_1 > p_2$이다. 따라서 p가 물체를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

ㄷ. p, q가 물체에 작용하는 연직 방향의 힘의 합력은 물체의 무게와 같다. p가 물체를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크고, $\theta_1 < \theta$이므로 물체의 무게는 A가 B보다 크다. 따라서 물체의 질량은 A가 B보다 크다.

04 힘의 분해와 힘의 평형

A, B가 정지해 있으므로 A, B에 각각 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 A, B에 각각 수평 방향 및 연직 방향으로 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄱ. q, r가 B를 당기는 힘의 크기를 각각 T_q, T_r라 하면, B에 수평 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 $T_q\cos\theta_2 = T_r\cos\theta_3$이 성립한다. 따라서 $\theta_2 < \theta_3$에서 $\cos\theta_2 > \cos\theta_3$이므로 q가 B를 당기는 힘의 크기는 r가 B를 당기는 힘의 크기보다 작다.

ㄴ. q가 A를 당기는 힘의 크기는 T_q이므로 p가 A를 당기는 힘의 크기를 T_p라 하면, A에 수평 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 $T_p\cos\theta_1 = T_q\cos\theta_2 = T_r\cos\theta_3$이 성립한다. $\theta_1 > \theta_3$에서 $\cos\theta_1 < \cos\theta_3$이므로 p가 A를 당기는 힘의 크기는 r가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다.

ㄷ. A에 연직 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 A의 무게를 W_A라 하면, $T_p\sin\theta_1 = T_q\sin\theta_2 + W_A$가 성립한다. 따라서 p가 A를 당기는 힘의 크기는 A의 무게보다 크다.

05 돌림힘과 물체의 평형

(나)에서 x가 최대일 때, P가 막대를 떠받치는 힘은 0이다.

ㄱ. (가)에서 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 P, Q가 막대를 떠받치는 힘의 크기의 합은 A와 막대의 중력의 합인 $3mg$이다.

ㄴ. (가)에서 P, Q가 막대를 떠받치는 힘의 크기를 각각 T_P, T_Q라 하고, 막대가 수평을 이루며 정지해 있으므로 막대의 왼쪽 끝을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $2mg \times L + mg \times 2L = T_Q \times 3L$이 성립한다. 따라서 $T_Q = \frac{4}{3}mg$이고, $T_P = \frac{5}{3}mg$이므로 (가)에서 P가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 Q가 막대를 떠받치는 힘의 크기의 $\frac{5}{4}$배이다.

ㄷ. (나)에서 x가 최대일 때, Q가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 $3mg$이므로 막대의 왼쪽 끝을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $2mg \times (x+L) + mg \times 2L = 3mg \times 3L$이 성립한다. 따라서 x의 최댓값은 $\frac{5}{2}L$이다.

06 돌림힘과 물체의 평형

p가 막대를 당기는 힘의 크기를 T라 하면, q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $2T$이다.

① 중력 가속도를 g라 하면 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 $mg + Mg = 3T$ … ①이 성립한다. 또한 막대가 수평을 이루며 정지해 있으므로 막대가 p에 매달린 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $Mg \times 3L + mg \times 5L = 2T \times 6L$ … ②가 성립한다. 따라서 ①과 ②를 연립하면 $4mg + 4Mg = 5mg + 3Mg$이므로 $\frac{M}{m} = 1$이다.

07 돌림힘과 물체의 평형

$\tan\theta = 2$이므로 p가 막대에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기를 T라 하면, p가 막대에 연직 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $2T$이다.

ㄱ. 막대에 수평 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 q가 막대에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기는 T이다. 따라서 p가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{T^2 + (2T)^2} = \sqrt{5}T$이고, q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{2}T$이므로 p가 막대를 당기는 힘의 크기는 q가 막대를 당기는 힘의 크기보다 크다.

ㄴ. 막대에 연직 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 $mg + Mg = 3T$ … ①이 성립하고, 막대가 수평을 이루며 정지해 있으므로 막대가 p에 매달린 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $mg \times 2L + Mg \times 3L = T \times 8L$ … ②가 성립한다. 따라서 ①과 ②를 연립하면 $M = 2m$이다.

ㄷ. $M = 2m$을 ①에 대입하여 정리하면 $T = mg$이다. 따라서 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{2}T = \sqrt{2}mg$이다.

08 물체의 평형과 축바퀴

축바퀴의 작은 바퀴와 큰 바퀴의 반지름이 각각 r, $3r$이므로 q가 막대를 당기는 힘의 크기를 T_q라 하면, $T_q \times r = mg \times 3r$가 성립한다.

ㄱ. $T_q \times r = mg \times 3r$이므로 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $3mg$이다.

ㄴ. A의 질량을 m_A라 하고, 막대가 수평을 이루며 정지해 있으므로 막대가 p에 매달린 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $m_A g \times 2L + 4mg \times 3L = 3mg \times 6L$이 성립한다. 따라서 A의 질량은 $3m$이다.

~~ㄷ~~. p가 막대를 당기는 힘의 크기를 T_p라 하면, 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 $T_p + 3mg = m_A g + 4mg$가 성립한다. 따라서 $m_A = 3m$이므로 p가 막대를 당기는 힘의 크기는 $4mg$이다.

수능 3점 테스트

본문 8~10쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ② 05 ②
06 ④

01 힘의 평형

p, q, r, s가 물체를 당기는 힘의 합력의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기와 같다.

~~ㄱ~~. 물체가 정지해 있으므로 물체에 수평 방향으로 작용하는 알짜힘은 0이다. q, r가 물체에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기는 같고, 방향은 서로 반대 방향이므로 p, s가 물체를 당기는 힘의 크기를 각각 T_p, T_s라 하면, $T_p\cos30° = T_s\cos45°$가 성립한다. 따라서 $T_p = \sqrt{\frac{2}{3}}T_s$이므로 p가 물체를 당기는 힘의 크기는 s가 물체를 당기는 힘의 크기보다 작다.

ㄴ. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이므로 p, q, r, s가 물체를 당기는 힘의 합력의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기인 mg와 같다.

ㄷ. 물체에 연직 방향으로 작용하는 알짜힘은 0이므로 $T_p\sin30° + T_s\sin45° + 2 \times \frac{1}{2}mg \times \sin60° = mg$가 성립한다. 따라서 $T_s = \sqrt{\frac{3}{2}}T_p$를 대입하여 정리하면 $(1+\sqrt{3})T_p = (2-\sqrt{3})mg$이므로 p가 물체를 당기는 힘의 크기는 $\frac{3\sqrt{3}-5}{2}mg$이다.

02 힘의 분해와 힘의 평형

(가)와 (나)에서 각각 실이 물체를 당기는 힘의 합력의 크기는 $4mg$이다.

ㄱ. (가)에서 p, q가 수평 방향으로 작용하는 알짜힘은 0이고, p, q가 수평 방향과 이루는 각은 45°로 같다. 따라서 (가)에서 p가 막대를 당기는 힘의 크기와 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 같다.

ㄴ. (가)에서 p가 막대를 당기는 힘의 크기를 T_p라 하면, $2 \times T_p \times \sin45° = 4mg$가 성립한다. 따라서 $T_p = 2\sqrt{2}mg$이다.
(나)에서 r, s가 막대를 당기는 힘의 크기를 각각 T_r, T_s라 하면, $T_r\sin60° = T_s\sin30°$에서 $\sqrt{3}T_r = T_s$이고, $T_r\cos60° + T_s\cos30° = 4mg$에 대입하면 $T_r = 2mg$이다. 따라서 p가 막대를 당기는 힘의 크기는 r가 막대를 당기는 힘의 크기의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄷ. (나)에서 $\sqrt{3}T_r = T_s$이므로 (나)에서 s가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{3}T_r = 2\sqrt{3}mg$이다.

03 돌림힘과 물체의 평형

p가 막대를 당기는 힘의 크기를 $\sqrt{2}T$라 하면, q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $2T$이다.

ㄱ. r가 수평 방향, 연직 방향으로 막대를 당기는 힘의 크기를 각각 T_x, T_y라 하면, 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 $T=T_x$ … ①, $4mg+T_y=3T$ … ②가 성립한다. 또한 막대의 왼쪽 끝을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $mg\times L+3mg\times 3L+T_y\times 6L=2T\times 4L$ … ③이 성립한다. 따라서 ②와 ③을 연립하면 $T_y=\frac{1}{7}T$이므로 $\tan\theta=\frac{T_y}{T_x}=\frac{1}{7}$이다.

ㄴ. p가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{2}T$이고, r가 막대를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{T_x^2+T_y^2}=\sqrt{T^2+\left(\frac{1}{7}T\right)^2}=\frac{5\sqrt{2}}{7}T$이다. 따라서 p가 막대를 당기는 힘의 크기는 r가 막대를 당기는 힘의 크기의 $\frac{7}{5}$배이다.

ㄷ. $4mg+T_y=3T$에 $T_y=\frac{1}{7}T$를 대입하여 정리하면 $T=\frac{7}{5}mg$이다. 따라서 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 $2T=\frac{14}{5}mg$이다.

04 돌림힘과 물체의 평형

x가 최솟값일 때는 받침대의 왼쪽 끝에서만 막대에 힘을 작용하고, x가 최댓값일 때는 받침대의 오른쪽 끝에서만 막대에 힘을 작용한다.

② x의 최솟값을 x_1, 중력 가속도를 g라 하고 받침대의 왼쪽 끝과 막대가 만나는 지점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $mg\times 5L+3mg\times(6L-x_1)=2mg\times 4L$이 성립하므로 $x_1=5L$이다. 또한 x의 최댓값을 x_2라 하고, 받침대의 오른쪽 끝과 막대가 만나는 지점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $mg\times 7L+2mg\times 2L=3mg\times(x_2-8L)+2mg\times 2L$이 성립하므로 $x_2=\frac{31}{3}L$이다. 따라서 x의 최댓값과 최솟값의 차는 $\frac{16}{3}L$이다.

05 돌림힘과 물체의 평형

A에 수평 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 p가 A에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기를 T라 하면, q가 A에 수평 방향으로 작용하는 힘의 크기도 T이다. 따라서 p, q가 A에 연직 방향으로 작용하는 힘의 크기는 각각 T이다.

② 중력 가속도를 g라 하면, B에 연직 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 r가 B를 당기는 힘의 크기는 $2mg$이고, r가 A를 당기는 힘의 크기도 $2mg$이다. 또한 A에 연직 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 C의 질량을 m_C라 하면, $m_Cg+5mg=2T$ … ①이 성립한다. A의 왼쪽 끝을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $m_Cg\times L+3mg\times 2L+2mg\times 3L=T\times 4L$ … ②가 성립한다. 따라서 ①과 ②를 연립하면 $m_C=2m$이므로 C의 질량은 $2m$이다.

06 축바퀴와 물체의 평형

축바퀴의 작은 바퀴와 큰 바퀴의 반지름이 각각 r, $3r$이므로 s가 B를 당기는 힘의 크기는 q가 막대를 당기는 힘의 크기의 3배이다.

~~ㄱ~~. 중력 가속도를 g, (가)에서 p, q가 막대를 당기는 힘의 크기를 각각 $T_{\text{p가}}$, $T_{\text{q가}}$라 하면, 막대에 연직 방향으로 작용하는 알짜힘이 0이므로 $5mg=T_{\text{p가}}+4T_{\text{q가}}$가 성립하고, 막대가 p에 매달린 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $mgL+6mgL+3mgL=6T_{\text{q가}}L+7T_{\text{q가}}L$가 성립한다. 따라서 $T_{\text{q가}}=\frac{10}{13}mg$이고, $T_{\text{p가}}=\frac{25}{13}mg$이므로 (가)에서 p가 막대를 당기는 힘의 크기는 q가 막대를 당기는 힘의 크기의 $\frac{5}{2}$배이다.

ㄴ. (나)에서 막대가 수평을 유지하기 위해서는 A, B에 작용하는 알짜힘과 돌림힘의 합이 각각 0이어야 하므로 q가 막대를 당기는 힘의 크기를 $T_{\text{q나}}$, 막대가 B에 작용하는 힘의 크기를 N이라고 하면, $3T_{\text{q나}}+N=3mg$가 성립한다. (나)에서 A를 오른쪽으로 최대 거리만큼 옮기면 $T_{\text{q나}}$는 최댓값을 가지므로 $3T_{\text{q나}}=3mg$에서 $T_{\text{q나}}=mg$이다. 따라서 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

ㄷ. (나)에서 막대가 수평을 이루며 정지해 있으므로 막대가 p에 매달린 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $mg(x+L)+3mgL=7T_{\text{q나}}L$이 성립한다. 여기에 $T_{\text{q나}}=mg$를 대입하여 정리하면 $x=3L$이다.

테마
02 물체의 운동(1)

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 | 본문 13쪽

정답 ⑤

같은 속력으로 던진 두 물체의 수평 도달 거리가 같을 때, 두 물체가 각각 수평면과 이루는 각의 합은 90°이다. 따라서 A가 수평면과 이루는 각을 $45^\circ+\theta$라 하면, B가 수평면과 이루는 각은 $45^\circ-\theta$이다.

㉠. 수평면으로부터 최고점까지의 높이는 물체가 p에서 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간의 제곱에 비례한다. 따라서 수평면으로부터 최고점까지의 높이는 A가 B의 4배이므로 $t_A=2t_B$이다.

㉡. p에서 A의 수평 방향, 연직 방향 속력을 각각 v_x, v_y라 하면, p에서 B의 수평 방향, 연직 방향 속력은 각각 v_y, v_x이다. 물체의 수평 도달 거리가 같으므로 $v_xt_A=v_yt_B=12R$가 성립하고, A의 수평면으로부터 최고점까지의 높이를 h라 하면, $h=\frac{v_y}{2}\times\frac{t_A}{2}=\frac{1}{2}v_yt_B$이므로 $h=6R$이다.

㉢. $v_xt_A=v_yt_B$와 $t_A=2t_B$를 연립하면 $v_y=2v_x$이므로 p에서 B의 수평 방향, 연직 방향 속력은 각각 $2v_x$, v_x이다. 따라서 $v^2=4v_x^2+v_x^2$이므로 p에서 B의 수평 방향 속력은 $2v_x=\frac{2\sqrt{5}}{5}v$이다.

수능 2점 테스트 | 본문 14~16쪽

01 ④	02 ④	03 ⑤	04 ⑤	05 ④
06 ①	07 ③	08 ⑤	09 ③	10 ④
11 ②	12 ①			

01 속도와 가속도

포물선 운동을 하는 물체의 가속도는 일정하다.

ㄱ. 야구공의 운동 방향이 변하므로 야구공은 가속도 운동을 한다.

㉡. 야구공이 포물선 운동을 하는 동안 야구공에 작용하는 중력은 일정하므로 야구공의 가속도의 방향은 일정하다.

㉢. 야구공이 p에서 q까지 운동하는 동안의 변위의 크기는 이동 거리보다 작으므로 평균 속도의 크기는 평균 속력보다 작다.

02 포물선 운동

물체는 수평 방향으로는 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로는 등가속도 운동을 한다.

ㄱ. 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로 최고점인 q에서도 수평 방향의 속력이 존재한다. 따라서 q에서 물체의 속도의 크기는 0이 아니다.

㉡. 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 연직 방향 이동 거리가 클수록 운동하는 데 걸린 시간도 크다. 따라서 연직 방향 이동 거리는 p에서 q까지가 q에서 r까지보다 작으므로 물체가 운동하는 데 걸린 시간은 p에서 q까지가 q에서 r까지보다 작다.

㉢. 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 연직 방향의 속도 변화량의 크기는 물체의 운동 시간에 비례한다. 따라서 물체의 속도 변화량의 크기는 p에서 q까지가 q에서 r까지보다 작다.

03 평면에서 등가속도 운동

물체의 가속도가 일정하면 물체는 등가속도 운동을 한다.

㉠. 0초부터 4초까지 물체의 변위의 크기의 x성분은 16 m이고, y성분은 8 m이다. 따라서 0초부터 4초까지 물체의 변위의 크기는 $\sqrt{16^2+8^2}=8\sqrt{5}$(m)이다.

㉡. 물체의 가속도의 x성분의 크기는 2 m/s²이고, y성분의 크기는 1 m/s²이다. 따라서 4초일 때, 물체의 가속도의 크기는 $\sqrt{5}$ m/s²이다.

㉢. $t=0$일 때 물체는 정지해 있고, 물체의 가속도가 일정하므로 물체는 직선 경로를 따라 운동한다.

04 포물선 운동

물체는 수평 방향으로는 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로는 등가속도 운동을 한다.

㉠. 물체의 수평 방향의 속력을 v_0이라 하면, p에서 물체의 연직 방향의 속력은 v_0이고, $\tan\theta=\frac{1}{2}$이므로 q에서 물체의 연직 방향의 속력은 $\frac{1}{2}v_0$이다. 따라서 물체의 운동 시간은 물체의 연직 방향의 속도 변화량의 크기에 비례하므로 물체가 p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간은 최고점에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간의 2배이다.

㉡. 최고점에서 물체의 연직 방향 속력이 0이고, 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 최고점에서부터 물체의 연직 방향 이동 거리는 물체의 운동 시간의 제곱에 비례한다. 따라서 p에서 최고점까지의 높이가 h이므로 q의 높이는 $h-\frac{1}{4}h=\frac{3}{4}h$이다.

㉢. 물체가 p에서 최고점까지 운동하는 동안 물체의 연직 방향 평균 속력은 $\frac{1}{2}v_0$이므로 이때의 운동 시간을 t_0이라 하면, $h=\frac{1}{2}v_0t_0$이 성립한다. 물체는 수평 방향으로 v_0의 속력으로 등속도 운동을 하고, 물체의 운동 시간은 $2t_0$이므로 물체의 수평 도달 거리는 $2v_0t_0=4h$이다.

05 포물선 운동

물체는 수평 방향으로는 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로는 등가속도 운동을 한다.

ㄱ. A와 B의 수평 방향 이동 거리가 같고, 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간이 A가 B의 2배이므로 물체의 수평 방향 속력은 B가 A의 2배이다. 따라서 $v_B=2v_0$이다.

㉡. A, B는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 A가 운동하는 데 걸린 시간을 $2t_0$, 중력 가속도를 g라 하면, $2v_0t_0-\frac{1}{2}g(2t_0)^2=-h$ … ①과 $\frac{1}{2}gt_0^2=h$ … ②가 성립한다. 따라서 이를 연립하면 $2v_0t_0=3h$ … ③이므로 p에서 q까지 수평 거리는 $2v_0t_0=3h$이다.

㉢. 최고점에서 A의 연직 방향 속도는 0이므로 p에서 최고점까지의 높이를 x라 하면, $v_0^2=2gx$가 성립한다. 또한 ②와 ③을 연립하여 정

리하면 $v_0^2=\frac{9}{8}gh$이므로 $x=\frac{9}{16}h$이다. 따라서 수평면으로부터 A의 최고점의 높이는 $x+h=\frac{25}{16}h$이다.

06 포물선 운동

A, B가 연직 방향으로 동일하게 등가속도 운동을 하므로 A, B의 연직 방향의 처음 속도는 같다.

ㄱ. A, B의 연직 방향의 처음 속도가 같으므로 $v=v_0\sin60°$이다. 따라서 $v=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$이다.

~~ㄴ~~. A는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 $\frac{3}{4}v_0^2=2gh$가 성립한다. 따라서 $h=\frac{3v_0^2}{8g}$이다.

~~ㄷ~~. A가 수평면에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간은 $t_0=\frac{\sqrt{3}v_0}{2g}$이고, A의 수평 방향 속력은 $\frac{1}{2}v_0$이므로 $d=\frac{1}{2}v_0\times2t_0=\frac{\sqrt{3}v_0^2}{2g}$이다. 따라서 $d=\frac{4\sqrt{3}}{3}h$이다.

07 포물선 운동과 등가속도 운동

A는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하고, 최고점에서 A의 연직 방향 속력은 0이다. 따라서 최고점에서부터 A가 운동할 때, A의 연직 방향 이동 거리는 A가 운동하는 데 걸린 시간의 제곱에 비례한다.

ㄱ. A가 p에서 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간을 t_0이라 하면, A가 최고점에서 r까지 도달하는 데 걸린 시간은 $3t_0$이다. 또한 최고점에서 A의 연직 방향 속력은 0이므로 $\frac{1}{2}v_0=gt_0$에서 $t_0=\frac{v_0}{2g}$이다. 따라서 A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $4t_0=\frac{2v_0}{g}$이다.

ㄴ. A의 수평 도달 거리는 $x=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0\times4t_0=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0\times\frac{2v_0}{g}=\frac{\sqrt{3}v_0^2}{g}$이다. 또한 A는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 $\frac{1}{4}v_0^2=2g\times\frac{1}{8}h$이고, $v_0^2=gh$이다. 따라서 $x=\sqrt{3}h$이다.

~~ㄷ~~. B는 정지 상태에서 $4t_0$ 동안 등가속도 운동을 하여 $\sqrt{3}h$만큼 이동하였으므로 B의 가속도를 a라 하면, $\sqrt{3}h=\frac{1}{2}a(4t_0)^2=\frac{1}{2}a\frac{4v_0^2}{g^2}=\frac{2ah}{g}$이다. 따라서 B의 가속도의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{2}g$이다.

08 포물선 운동

B의 최고점의 높이가 $\frac{4}{3}h$이므로 B를 던진 지점에서 최고점까지의 높이는 $\frac{1}{3}h$이다. 따라서 B가 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간을 $\frac{1}{3}t$라 하면, 최고점에서 수평면까지 도달하는 데 걸린 시간은 $\frac{2}{3}t$이다.

ㄱ. A, B의 수평 방향 속력은 각각 v_0, $\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$이고, A, B는 수평면에 동시에 도달하므로 물체의 수평 이동 거리는 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. A가 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $3h=\frac{1}{2}gt^2$ … ①이 성립하고, 또한 B에서 $\frac{1}{\sqrt{2}}v_0=\frac{1}{3}gt$이므로 $t=\frac{3v_0}{\sqrt{2}g}$ … ②이다. 따라서 ①과 ②를 연립하면 $3h=\frac{1}{2}g\frac{9v_0^2}{2g^2}$이므로 $v_0=\frac{2}{3}\sqrt{3gh}$이다.

ㄷ. A, B의 운동 시간이 $t=\frac{3v_0}{\sqrt{2}g}$이므로 A, B의 연직 방향 속도의 변화량의 크기는 $\frac{3}{\sqrt{2}}v_0$이다. 따라서 수평면에 도달하는 순간, A의 속력은 $\sqrt{v_0^2+\frac{9}{2}v_0^2}=\sqrt{\frac{11}{2}}v_0$이고, B의 속력은 $\sqrt{\frac{1}{2}v_0^2+2v_0^2}=\sqrt{\frac{5}{2}}v_0$이다. 따라서 수평면에 도달하는 순간의 속력은 A가 B의 $\sqrt{\frac{11}{5}}$배이다.

09 포물선 운동

A, B는 수평 방향으로는 등속도 운동을, 연직 방향으로는 등가속도 운동을 한다.

ㄱ. A, B는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 A, B의 연직 방향 이동 거리는 운동하는 데 걸린 시간의 제곱에 비례한다. 따라서 물체가 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. A, B의 수평 방향 이동 거리가 같고, 물체가 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이므로 수평 방향으로 던진 순간의 속력은 B가 A의 $\sqrt{2}$배이다.

~~ㄷ~~. A, B는 연직 방향으로 동일한 가속도로 등가속도 운동을 하므로 같은 시간 동안 연직 방향으로 낙하한 거리는 같다. 따라서 B가 수평면에 도달할 때, A의 높이는 h이다.

10 평면에서 등가속도 운동

A의 처음 속력은 경사면과 나란한 방향으로는 0이고, 경사면과 수직인 방향으로는 v_0이다. 또한 A의 가속도의 크기는 경사면과 나란한 방향으로는 $\frac{1}{2}g$이고, 경사면과 수직인 방향으로는 $\frac{\sqrt{3}}{2}g$이다.

~~ㄱ~~. A가 p에서 s까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $v_0=\frac{\sqrt{3}}{2}gt$이므로 A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t=\frac{4v_0}{\sqrt{3}g}$이다.

ㄴ. A가 p에서 s까지 운동하는 데 걸린 시간은 t이고, 경사면과 수직인 방향의 평균 속력은 $\frac{1}{2}v_0$이다. 따라서 $h=\frac{1}{2}v_0t=\frac{v_0^2}{\sqrt{3}g}$이다.

ㄷ. A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t$이고, A의 경사면과 나란한 방향으로 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$이다. 따라서 $d=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}g\times4t^2=\frac{1}{4}g\times\frac{16v_0^2}{3g^2}=\frac{4v_0^2}{3g}$이므로 $d=\frac{4\sqrt{3}}{3}h$이다.

11 포물선 운동

중력 가속도를 g라 하면, A는 경사면에서 가속도의 크기가 $\frac{1}{\sqrt{2}}g$인 등가속도 운동을 한다.

② q에서 A의 속력을 v라 하면, q에서 A의 수평 방향 속력은 $\frac{1}{\sqrt{2}}v$이므로 A가 포물선 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $L=\frac{1}{\sqrt{2}}vt$에서 $v=\frac{\sqrt{2}L}{t}$이다. 또한 A가 포물선 운동을 하는 동안 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 $2L=\frac{1}{\sqrt{2}}vt+\frac{1}{2}gt^2$에서 $L=\frac{1}{\sqrt{2}}vt$를 대입하여 정리하면 $v^2=gL$이다.
A가 경사면에서 이동한 거리를 $\sqrt{2}x$라 하면, A는 경사면에서 등가속도 운동을 하였으므로 $v^2=2\times\frac{1}{\sqrt{2}}g\times\sqrt{2}x=gL$에서 $x=\frac{1}{2}L$이다. 따라서 수평면으로부터 p까지의 높이는 $\frac{5}{2}L$이다.

12 포물선 운동

물체는 포물선 운동을 하는 동안 수평 방향으로 $\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$의 속력으로 등속도 운동을 한다.
ㄱ. 물체가 포물선 운동을 하는 동안 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 $\frac{1}{2}v_0{}^2=2\times g\times 2h$가 성립한다. 따라서 $v_0=2\sqrt{2gh}$이다.
ㄴ. 경사면에 도달하는 순간 물체의 연직 방향 속력을 v_y라 하면, 물체가 최고점에서 경사면까지 낙하한 거리는 h이므로 $v_y{}^2=2gh$이고, $v_y{}^2-\frac{1}{2}v_0{}^2=-2gh$가 성립한다. 따라서 $v_y=\frac{1}{2}v_0$이고, 경사면에 도달하는 순간 물체의 수평 방향 속력은 $v_x=\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$이므로 $\tan\theta=\frac{v_y}{v_x}=\frac{\sqrt{2}}{2}$이다.
ㄷ. 물체가 수평면에 도달할 때의 속력은 v_0이므로 속도의 연직 성분의 크기는 $v_0\sin\theta=\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$이다.

수능 3점 테스트

본문 17~19쪽

01 ⑤	02 ③	03 ⑤	04 ⑤	05 ③
06 ④				

01 속도와 가속도

가속도-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 속도의 변화량이다.
ㄱ. 물체의 가속도의 크기는 1초일 때 $\sqrt{v_0{}^2+1}$ m/s^2 이고, 3초일 때 2 m/s^{2}이다. 따라서 $v_0=\sqrt{3}$ m/s이다.
ㄴ. 1초일 때, 물체의 속도의 x성분은 $2\sqrt{3}$ m/s이고, 속도의 y성분은 1 m/s이다. 따라서 1초일 때, 물체의 속력은 $\sqrt{13}$ m/s이다.
ㄷ. 0초부터 4초까지 물체의 x방향 변위는 $10\sqrt{3}$ m이고, y방향 변위는 10 m이다. 따라서 0초부터 4초까지 물체의 변위의 크기는 20 m이다.

02 포물선 운동

A와 B의 수평 방향 속력의 차는 v_0이고, A가 B보다 수평 방향으로 h만큼 더 이동하였으므로 낙하 시간을 t라 하면, $h=v_0t$이다.
ㄱ. A, B는 연직 방향으로 처음 속력이 0이고, 가속도가 g인 등가속도 운동을 한다. 따라서 같은 시간 동안 A, B의 낙하 거리가 같으므로 A, B는 동시에 r에 도달한다.
ㄴ. A, B는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 $2h=\frac{1}{2}gt^2$이 성립하고, $t=\frac{h}{v_0}$이므로 $h=\frac{4v_0{}^2}{g}$이다.
ㄷ. r에 도달하는 순간 A의 연직 방향 속력을 v_y라 하면, $v_y{}^2=2\times g\times 2h=16v_0{}^2$이므로 $v_y=4v_0$이다. 따라서 A의 수평 방향 속력은 $2v_0$으로 일정하므로 r에 도달하는 순간, A의 속력은 $2\sqrt{5}v_0$이다.

03 평면에서 등가속도 운동

A가 포물선 운동을 하는 동안, A의 수평 방향 속력은 일정하다. 또한 A의 속력은 p에서와 r에서가 같다.
ㄱ. q에서 A의 속력을 v라 하면, q에서 A의 수평 방향 속력과 연직 방향 속력은 $\frac{1}{\sqrt{2}}v$로 같다. 또한 A가 포물선 운동을 하는 동안 수평 방향과 연직 방향 변위의 크기가 $2\sqrt{2}d$로 같으므로 A가 포물선 운동을 하는 동안 수평 방향과 연직 방향의 평균 속도의 크기도 같다. r에서 A의 연직 방향 속력을 v_y라 하면, $v_y-\frac{1}{\sqrt{2}}v=2\times\frac{1}{\sqrt{2}}v$에서 $v_y=\frac{3}{\sqrt{2}}v$이다. 따라서 A의 속력은 p에서와 r에서가 같으므로 $v_0{}^2=\frac{1}{2}v^2+\frac{9}{2}v^2$가 성립하여 q를 지날 때, A의 속력은 $v=\frac{1}{\sqrt{5}}v_0$이다.
ㄴ. A가 포물선 운동을 하는 동안, A의 수평 방향 속력은 $\frac{1}{\sqrt{2}}v=\frac{1}{\sqrt{10}}v_0$으로 일정하다. 또한 A와 B가 포물선 운동을 하는 시간은 같으므로 B가 포물선 운동을 하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $2\sqrt{2}d=\frac{1}{\sqrt{10}}v_0t$이므로 $t=\frac{4\sqrt{5}d}{v_0}$이다.
ㄷ. B의 수평 방향 속력은 $v_0\cos\theta=\sqrt{\frac{3}{5}}v_0$이므로 $x=\sqrt{\frac{3}{5}}v_0\times\frac{4\sqrt{5}d}{v_0}=4\sqrt{3}d$이다.

04 평면에서 등가속도 운동

A의 처음 속력은 경사면과 나란한 방향으로는 $\frac{1}{2}v_0$이고, 경사면과 수직인 방향으로는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$이다. 또한 A의 가속도의 크기는 경사면과 나란한 방향으로는 $\frac{1}{2}g$이고, 경사면과 수직인 방향으로는 $\frac{\sqrt{3}}{2}g$이다.
ㄱ. A는 경사면과 수직인 방향으로 등가속도 운동을 하므로 $\frac{3}{4}v_0{}^2=2\times\frac{\sqrt{3}}{2}g\times h$가 성립한다. 따라서 $h=\frac{\sqrt{3}v_0{}^2}{4g}$이다.
ㄴ. A가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0=\frac{\sqrt{3}}{2}gt$이므로 $v_0=gt$이다. 또한 B의 운동 시간은 $2t$이고, B의 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$이므로 $v_B=\frac{1}{2}g\times 2t$이다. 따라서 $v_B=v_0$이다.

ㄷ. p에서 r까지의 거리는 $\frac{1}{2}v_0\times\frac{2v_0}{g}+\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}g\times\frac{4v_0^2}{g^2}=\frac{2v_0^2}{g}$이고, r에서 s까지의 거리는 $\frac{v_0^2}{g}$이므로 p에서 r까지의 거리는 r에서 s까지의 거리의 2배이다.

05 포물선 운동

A의 최고점의 높이가 $\frac{4}{3}h$이므로 A가 평면에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을 t_0이라 하면, A가 최고점에서 수평면까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t_0$이다.

ㄱ. A와 B가 각각 p에서 r까지, q에서 r까지 운동하는 동안 연직 방향으로 동일한 가속도로 운동을 하므로 낙하 거리는 운동 시간의 제곱에 비례한다. 따라서 B가 q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\sqrt{3}t_0$이고, A와 B는 수평 방향으로 등속도 운동을 하므로 q를 지날 때, B의 속력은 v_0이다.

ㄴ. A는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 중력 가속도를 g라 하면, $\frac{1}{2}v_0=gt_0$ … ①이고, $d=\sqrt{3}v_0t_0$이므로 $d=\frac{\sqrt{3}v_0^2}{2g}$ … ②이다. $\frac{1}{4}v_0^2=2\times g\times\frac{1}{3}h$를 ②에 대입하면 $d=\frac{4\sqrt{3}}{3}h$이다.

~~ㄷ~~. B의 전체 운동 시간이 $3t_0$이고, B가 포물선 운동을 하는 데 걸린 시간이 $\sqrt{3}t_0$이므로 B가 평면에서 등가속도 운동을 하는 데 걸린 시간은 $(3-\sqrt{3})t_0$이다. 따라서 평면에서 B의 평균 속력은 $\frac{1}{2}v_0$이므로 평면에서 B의 이동 거리는 $\frac{3-\sqrt{3}}{2}v_0t_0$이고, ①과 ②를 대입하여 정리하면 평면에서 B의 이동 거리는 $\frac{\sqrt{3}-1}{2}d$이다.

06 평면에서 등가속도 운동

물체가 q에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을 t_0이라 하면, 물체가 최고점에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\sqrt{2}t_0$이다.

~~ㄱ~~. 물체는 Ⅰ을 지나는 동안 등가속도 운동을 하므로 q에서 물체의 속력을 v라 하면, $v^2-v_0^2=2\times\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}g\right)\times2\sqrt{2}h$이다. 또한 중력 가속도를 g라 하면, 물체가 q에서부터 최고점까지 운동하는 동안 $\frac{1}{2}v^2=2gh$이므로 q에서 물체의 속력은 $v=\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$이다.

ㄴ. 물체가 포물선 운동을 하는 동안 물체의 수평 방향 속력은 $\frac{1}{2}v_0$으로 일정하다. 또한 $\frac{1}{2}v_0=gt_0$에서 $t_0=\frac{v_0}{2g}$이고, 최고점에서 r까지 운동하는데 걸린 시간은 $\sqrt{2}t_0$이므로 $d=\frac{1+\sqrt{2}}{2}v_0t_0$이다. 따라서 $v_0^2=8gh$를 대입하여 정리하면 $d=2(1+\sqrt{2})h$이다.

ㄷ. q와 r에서 물체의 수평 방향 속력은 $\frac{1}{2}v_0$으로 일정하다. 또한 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 하므로 r에서 물체의 연직 방향 속력은 $\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$이다. 따라서 $\tan\theta=\sqrt{2}$이다.

테마 03 물체의 운동(2)

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 22쪽

정답 ③

등속 원운동을 하는 물체의 궤도 반지름이 같을 때, 물체의 속력은 물체의 각속도에 비례한다.

ㄱ. A의 주기가 t_0이고, $t=0$부터 $t=T$까지 A는 π만큼 회전하였으므로 $T=\frac{1}{2}t_0$이다.

ㄴ. $t=0$부터 $t=T$까지 A, B는 각각 π, 2π만큼 회전하였으므로 각속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

~~ㄷ~~. 각속도의 크기가 B가 A의 2배이므로 속력도 B가 A의 2배이다. 따라서 등속 원운동을 하는 물체의 궤도 반지름이 같을 때, 구심 가속도의 크기는 속력의 제곱에 비례하므로 구심 가속도의 크기는 B가 A의 4배이다.

수능 2점 테스트

본문 23~25쪽

01 ⑤	02 ③	03 ③	04 ①	05 ⑤
06 ⑤	07 ⑤	08 ③	09 ⑤	10 ③
11 ②	12 ④			

01 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체의 주기가 같을 때, 물체의 속력은 물체의 원 궤도 반지름에 비례한다.

ㄱ. 주기가 같으므로 각속도의 크기는 A에서와 B에서가 같다.

ㄴ. 물체의 주기가 같을 때, 물체의 속력은 물체의 원 궤도 반지름에 비례하므로 속력은 A에서가 B에서보다 크다.

ㄷ. 각속도의 크기가 같을 때, 가속도의 크기는 물체의 원 궤도 반지름에 비례하므로 가속도의 크기는 A에서가 B에서보다 크다.

02 등속 원운동

A, B가 벨트에 연결되어 있으므로 A, B의 가장 자리의 속력은 같다.

ㄱ. A, B의 가장 자리의 속력이 같고 반지름이 B가 A의 2배이므로 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다. 따라서 각속도의 크기는 p에서가 s에서의 2배이다.

~~ㄴ~~. 각속도의 크기는 p에서가 q에서의 2배이고, 원 궤도의 반지름은 q에서가 p에서의 2배이므로 속력은 p에서와 q에서가 같다.

ㄷ. 원 궤도의 반지름이 같을 때, 가속도의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례한다. 따라서 가속도의 크기는 p에서가 s에서의 4배이다.

03 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 가속도의 방향은 원 궤도의 중심을 향하는 방향이다.

ㄱ. 등속 원운동을 하는 물체의 운동 방향은 원 궤도에 접하는 방향이고, $t=0$일 때 v_x가 v_0으로 최대이다. 따라서 $t=0$일 때, 물체는 y축상의 $y=r$를 지난다.

ㄴ. 물체의 가속도의 크기는 $a=\frac{v_0^2}{r}$이고, $v_0=\frac{2\pi r}{2t_0}$이므로 물체의 가속도의 크기는 $\frac{\pi^2 r}{t_0^2}$이다.

~~ㄷ~~. $t=t_0$일 때 물체는 y축상의 $y=-r$를 지나므로 $t=t_0$일 때, 물체의 가속도의 방향은 $+y$방향이다.

04 등속 원운동

수평면에서 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력은 실이 등속 원운동을 하는 물체를 당기는 힘이다.

ㄱ. A에 작용하는 구심력의 크기는 추가 실을 당기는 힘의 크기와 같으므로 A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

~~ㄴ~~. A에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 가속도의 크기도 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. 원 궤도의 반지름이 같을 때, 가속도의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례하므로 A의 각속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 $\sqrt{2}$배이다.

~~ㄷ~~. 원 궤도의 반지름이 같을 때, 속력은 각속도의 크기에 비례하므로 A의 속력은 (나)에서가 (가)에서의 $\sqrt{2}$배이다.

05 등속 원운동

물체에 작용하는 중력과 실이 물체를 당기는 힘의 합력이 물체에 작용하는 구심력이다.

ㄱ. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 추가 실을 당기는 힘의 크기인 Mg와 같다.

ㄴ. 실이 연직 방향과 이루는 각이 45°이므로 $\frac{mg}{Mg}=\cos 45°$이다. 따라서 $M=\sqrt{2}m$이다.

ㄷ. 물체의 원 궤도 반지름은 l이므로 물체의 주기를 T라 하면, $mg=m\times l\times\frac{4\pi^2}{T^2}$이다. 따라서 물체의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

06 등속 원운동

질량이 m인 물체가 원 궤도 반지름이 r이고 각속도가 ω인 등속 원운동을 할 때, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mr\omega^2$이다.

ㄱ. 원운동의 주기가 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로 $\omega=\frac{2\pi}{T}$에서 물체의 각속도의 크기는 $\sqrt{\frac{g}{l}}$이다.

ㄴ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mr\omega^2=m\times\frac{4}{5}l\times\frac{g}{l}=\frac{4}{5}mg$이다.

ㄷ. 수평면이 물체를 떠받치는 힘의 크기를 N이라고 하면, $\frac{F}{mg-N}=\tan\theta=\frac{4}{3}$가 성립한다. 따라서 $N=\frac{2}{5}mg$이다.

07 등속 원운동

물체의 질량을 m, 중력 가속도를 g, 실이 물체를 당기는 힘의 크기를 T, 회전축과 줄이 이루는 각을 θ라 하면, $\frac{mg}{T}=\cos\theta$이다.

ㄱ. $\frac{mg}{T}=\cos\theta$이고, $\theta_1<\theta_2$이므로 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

ㄴ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mg\tan\theta$이고, $\theta_1<\theta_2$이므로 물체에 작용하는 구심력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

ㄷ. 물체의 가속도의 크기가 (가)에서가 (나)에서보다 작고, 물체의 원 궤도 반지름이 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 물체의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

08 등속 원운동

A, B가 일직선을 이루며 등속 원운동을 하므로 각속도는 A와 B가 같다.

ㄱ. 각속도가 같을 때, 물체의 속력은 원 궤도의 반지름에 비례한다. 따라서 속력은 B가 A의 3배이다.

ㄴ. 각속도가 같을 때, 물체의 가속도의 크기는 원 궤도 반지름에 비례한다. 따라서 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.

~~ㄷ~~. 가속도의 크기가 B가 A의 3배이고, 질량이 A가 B의 2배이므로 A, B에 작용하는 구심력의 크기는 각각 $2F$, $3F$라 할 수 있다. p가 A를 당기는 힘의 크기는 A, B의 구심력의 크기의 합인 $5F$이고, q가 B를 당기는 힘의 크기는 B의 구심력의 크기인 $3F$이므로 p가 A를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기의 $\frac{5}{3}$배이다.

09 케플러 법칙

위성과 행성을 연결한 선분이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 일정하다.

ㄱ. 위성에 작용하는 중력의 크기는 행성의 중심으로부터의 거리가 작을수록 크므로 위성에 작용하는 중력의 크기는 a에서가 b에서보다 크다.

ㄴ. 행성의 중심으로부터 b, d까지의 거리가 같으므로 위성의 가속도의 크기는 b에서와 d에서가 같다.

ㄷ. 위성이 운동하는 동안 행성과 위성을 연결한 직선이 쓸고 지나간 면적은 c에서 d까지가 $3S$이고, d에서 a까지가 S이므로 위성이 c에서 d까지 운동하는 데 걸린 시간은 d에서 a까지 운동하는 데 걸린 시간의 3배이다.

10 케플러 법칙

위성의 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

㉠. 위성의 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례하므로 a를 지나는 순간의 가속도의 크기는 P와 Q가 같다.
~~ㄴ~~. a에서 위성의 속력이 클수록 긴반지름이 긴 궤도를 따라 운동한다. 따라서 a를 지나는 순간의 속력은 P가 Q보다 작다.
㉢. 공전 주기는 Q가 P의 8배이므로 타원 궤도의 긴반지름은 Q가 P의 4배이다. 따라서 b와 c 사이의 거리는 $3d$이다.

11 중력과 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.
~~ㄱ~~. 행성의 중심으로부터 거리가 r_1로 같을 때, 위성에 작용하는 중력의 크기가 B가 A의 2배이다. 따라서 질량은 B가 A의 2배이다.
㉡. B에 작용하는 중력의 크기의 최댓값은 최솟값의 4배이고, 행성의 중심으로부터 B의 중심까지 거리의 최댓값이 $4r$이므로, 최솟값은 $2r$이다. 따라서 $r_1=2r$이다.
~~ㄷ~~. A의 타원 궤도의 긴반지름은 $\frac{3r}{2}$이고, B의 타원 궤도의 긴반지름은 $3r$이므로 위성의 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$배이다.

12 중력과 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 구심력의 크기와 같다. 따라서 질량이 M인 행성을 중심으로 반지름이 R인 원 궤도를 v의 속력으로 공전하는 질량이 m인 행성에 작용하는 구심력의 크기는 $F=\frac{GMm}{R^2}=\frac{mv^2}{R}$ (G: 중력 상수)이다.
~~ㄱ~~. 위성에 작용하는 중력의 크기가 A가 B의 2배이고, 원 궤도 반지름이 B가 A의 2배이므로 위성의 질량은 B가 A의 2배이다.
㉡. 원 궤도 반지름이 B가 A의 2배이므로 위성의 공전 주기는 B가 A의 $2\sqrt{2}$배이다.
㉢. $F=\frac{GMm}{R^2}=\frac{mv^2}{R}$에서 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$이다. 따라서 A, B의 원 궤도 반지름이 각각 r, $2r$이므로 위성의 속력은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

수능 3점 테스트 본문 26~28쪽

01 ③ 02 ④ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ③ 06 ⑤

01 등속 원운동

수평면에서 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력은 실이 등속 원운동을 하는 물체를 당기는 힘이다. 따라서 물체의 질량을 m, 추의 질량을 M, 물체의 속력을 v, 원 궤도 반지름을 r, 중력 가속도를 g라 하면, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=Mg=\frac{mv^2}{r}$이다.
㉠. 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 추의 중력의 크기와 같으므로 물체에 작용하는 구심력의 크기는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 2배이다.
㉡. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 Ⅰ에서와 Ⅱ에서가 같고, 물체의 질량은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이므로 원 궤도 반지름은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이다. 따라서 ㉠은 $2r_0$이다.
~~ㄷ~~. 구심력의 크기는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 2배이고, 물체의 질량 및 반지름이 같으므로 물체의 속력은 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 $\sqrt{2}$배이다. 따라서 ㉡은 $\sqrt{2}v_0$이다.

02 등속 원운동

질량이 m인 물체가 원 궤도 반지름이 r이고 각속도의 크기가 ω인 등속 원운동을 할 때, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mr\omega^2$이다.
~~ㄱ~~. A의 주기는 t_0이고, B의 주기는 $2t_0$이다. 따라서 각속도의 크기는 주기에 반비례하므로 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다.
㉡. 원 궤도 반지름은 A가 B의 2배이고, 각속도의 크기도 A가 B의 2배이다. 따라서 속력은 $v=r\omega$이므로 A가 B의 4배이다.
㉢. 질량은 B가 A의 2배, 원 궤도 반지름은 A가 B의 2배, 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다. 따라서 구심력의 크기는 $F=mr\omega^2$이므로 A가 B의 4배이다.

03 등속 원운동

물체에 작용하는 구심력은 물체의 중력과 경사면이 물체를 떠받치는 힘의 합력이다. 따라서 물체의 질량을 m, 중력 가속도를 g, 경사면이 수평면과 이루는 각을 θ라 하면, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mg\tan\theta$이다.
㉠. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $F=mg\tan\theta$이므로 A에 작용하는 구심력의 크기는 $F_A=\frac{1}{\sqrt{3}}mg$, B에 작용하는 구심력의 크기는 $F_B=2\sqrt{3}mg$이다. 따라서 물체에 작용하는 구심력의 크기는 B가 A의 6배이다.
㉡. 가속도의 크기는 $a=\frac{F}{m}$이므로 가속도의 크기는 B가 A의 3배이다.
㉢. 원 궤도의 반지름을 r, 각속도의 크기를 ω라 하면, 가속도의 크기는 $a=r\omega^2$이다. 따라서 가속도의 크기는 B가 A의 3배이고, 원 궤도 반지름도 B가 A의 3배이므로 각속도의 크기는 A와 B가 같다.

04 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.
㉠. A의 긴반지름은 $4R$이고, B의 궤도 반지름은 R이므로 A의 공전 주기는 $8T$이다.
㉡. A의 공전 주기는 $8T$이므로 $8T$ 동안 A의 중심과 행성의 중심을 연결한 선분이 쓸고 지나간 면적은 S이다. 따라서 $4T$ 동안, A의 중심과 행성의 중심을 연결한 선분이 쓸고 지나간 면적은 $\frac{1}{2}S$이다.

ㄷ. 질량이 A가 B의 2배이므로 p에서 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 2배이다.

05 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

ㄱ. B에 작용하는 중력의 크기는 q에서가 r에서의 9배이므로 행성의 중심에서 q까지의 거리를 d라 하면, 행성의 중심에서 r까지의 거리는 $3d$이다. 따라서 B의 긴반지름은 $2d$이고, A의 긴반지름은 $4d$이므로 위성의 공전 주기는 A가 B의 $2\sqrt{2}$배이다.

~~ㄴ~~. r에서 위성의 속력이 클수록 긴반지름이 긴 궤도를 따라 운동한다. 따라서 r를 지나는 순간 위성의 속력은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 행성의 중심에서 p까지의 거리는 $d+4d=5d$이다. 따라서 A와 B의 질량이 같으므로 q에서 B에 작용하는 중력의 크기는 p에서 A에 작용하는 중력의 크기의 25배이다.

06 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고, 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

ㄱ. 행성의 중심으로부터의 거리는 p가 q보다 작으므로 A의 속력은 p에서가 q에서보다 크다.

ㄴ. p에서 A에 작용하는 중력의 크기와 B에 작용하는 중력의 크기가 같으므로 행성의 중심에서 p까지의 거리는 $2R$이다. 따라서 A의 긴반지름은 $3R$이고, B의 반지름은 R이므로 위성의 공전 주기는 A가 B의 $3\sqrt{3}$배이다.

ㄷ. 행성의 중심에서 p까지의 거리는 $2R$이고, 행성의 중심에서 q까지의 거리는 $R+3R=4R$이므로 A의 가속도의 크기는 p에서가 q에서의 4배이다.

테마 04 일반 상대성 이론

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 본문 31쪽

정답 ③

가속 좌표계에서 관찰할 때, 가속 좌표계에 작용하는 관성력의 크기는 물체의 질량과 가속 좌표계의 가속도 크기를 곱한 값과 같다.

~~ㄱ~~. 가속 좌표계에서 관찰할 때, 가속 좌표계에 있는 물체에는 좌표계 가속도 방향의 반대 방향으로 관성력이 작용한다. B가 관찰할 때 p가 다시 던진 위치로 되돌아오므로 p가 $+y$방향으로 운동하는 동안 p에 작용하는 관성력의 방향은 $-y$방향이다.

~~ㄴ~~. A가 관찰할 때, B, C가 탄 우주선의 가속도의 크기를 각각 a_1, a_2라 하고, p, q를 속력 v_0으로 $+y$방향으로 던져 올렸다고 하면, $d_1=\frac{v_0^2}{2a_1}$이고, $d_2=\frac{v_0^2}{2a_2}$이다. 따라서 $d_1>d_2$이므로 $a_1<a_2$이다. B, C의 질량이 같으므로 관찰자에 작용하는 관성력의 크기는 C가 B보다 크다. 따라서 저울에 측정된 힘의 크기는 C가 B보다 크다.

ㄷ. 물체를 던져 올린 속력이 같을 때 물체가 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간은 가속도의 크기에 반비례한다. 따라서 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간은 p가 q보다 크다.

수능 2점 테스트 본문 32~33쪽

01 ⑤	02 ⑤	03 ③	04 ⑤	05 ①
06 ⑤	07 ③	08 ④		

01 관성력과 가속 좌표계

등속 원운동은 속도의 크기는 일정하지만 속도의 방향이 계속 변하는 가속도 운동이므로 A의 좌표계는 가속 좌표계이다.

~~ㄱ~~. 원운동하는 가속 좌표계에서 나타나는 관성력인 원심력의 방향은 원의 중심 방향과 반대 방향이다.

ㄴ. 우주 정거장 밖에서 정지한 관찰자가 볼 때 우주 정거장의 바닥면이 우주 정거장의 중심 방향으로 A에 작용하는 힘은 구심력이다. 원심력은 구심력과 크기가 같고 방향만 반대이므로 질량 M인 A에 작용하는 원심력의 크기는 $MR\omega^2$이고 A에 작용하는 중력과 크기가 같으므로 $MR\omega^2=Mg$가 성립한다. 따라서 $\omega=\sqrt{\frac{g}{R}}$이다.

ㄷ. 원심력의 크기는 각속도의 크기의 제곱에 비례하므로 ω가 증가하면 A의 좌표계에서 A에 작용하는 원심력의 크기는 증가한다.

02 관성력

가속도의 크기가 a인 가속 좌표계에서 관성력의 방향은 가속도의 방향과 반대이고 크기는 a에 비례한다.

~~ㄱ~~. 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도를 의미한다. 1초일 때 엘리베이터의 속력이 증가하고 있으므로 가속도의 방향은 운동 방향

과 같은 연직 위 방향이다. 따라서 관성력의 방향은 엘리베이터의 운동 방향과 반대 방향인 연직 아래 방향이다.

ㄴ. 1초일 때 엘리베이터의 가속도의 크기는 $2\ \mathrm{m/s^2}$이므로 A와 B에 작용하는 관성력의 크기는 각각 8 N, 4 N이다. 1초일 때 p, q가 A, B를 당기는 힘의 크기를 T라고 할 때, $4T=(4+2)\times10+12$이므로 $T=18$ N이다. 따라서 1초일 때 p가 A를 당기는 힘의 크기는 18 N이다.

ㄷ. 3초일 때 엘리베이터가 등속도 운동을 하므로 관성 좌표계에서 A에 작용하는 알짜힘은 0이다. 실이 A를 당기는 힘의 크기는 15 N이므로 B가 A에 연직 위 방향으로 작용하는 힘의 크기를 F_3이라 하면 $30+F_3-40=0$이 성립하므로 $F_3=10$ N이다. 1초일 때 실이 A를 당기는 힘과 A에 작용하는 관성력의 크기는 각각 18 N, 8 N이므로 B가 A에 연직 위 방향으로 작용하는 힘의 크기를 F_1이라 하면 $36+F_1-40-8=0$이 성립하므로 $F_1=12$ N이다. 따라서 A가 B에 연직 방향으로 작용하는 힘의 크기는 1초일 때가 3초일 때보다 2 N만큼 크다.

03 관성력과 가속 좌표계

B, C의 질량이 같고 각속도의 크기가 같으므로 구심력의 크기는 원 궤도의 반지름에 비례한다. 가속 좌표계에서 원심력의 크기는 구심력의 크기와 같다.

ㄱ. 연직선과 실이 이룬 각이 θ이고, 중력의 크기를 W, 원심력의 크기를 F라고 할 때, $F=W\tan\theta$가 성립한다. B와 C의 중력의 크기는 같고, 원심력의 크기는 C가 B보다 크다. 따라서 $\theta_p<\theta_q$이다.

ㄴ. 관성 좌표계인 A의 좌표계에서 B에 작용하는 알짜힘의 방향은 원의 중심 방향이고, B의 좌표계에서 B에 작용하는 관성력인 원심력의 방향은 구심력의 방향과 반대이다. 따라서 A의 좌표계에서 B에 작용하는 알짜힘의 방향과 B의 좌표계에서 B에 작용하는 관성력의 방향은 서로 반대이다.

~~ㄷ~~. A의 좌표계에서 C에 작용하는 구심력의 크기는 B에 작용하는 구심력의 크기보다 크다. 따라서 B의 좌표계에서 B에 작용하는 관성력의 크기는 C의 좌표계에서 C에 작용하는 관성력의 크기보다 작다.

04 블랙홀과 중력파

별이 핵융합 과정을 끝내고 초신성 폭발 이후 남은 질량이 태양 질량의 수 배에서 수십 배 이상이 되면 별은 계속 붕괴하여 밀도가 극도로 커지며 결국 블랙홀이 된다.

A. 일반 상대성 이론에 따르면 질량이 큰 천체일수록 주변의 시공간을 휘게 하는 정도가 크다. 질량은 P가 Q보다 크므로 시공간을 휘게 하는 정도는 P가 Q보다 크다.

B. 블랙홀 주위의 시공간은 극단적으로 휘어져 있어 근처를 지나는 빛조차도 탈출할 수 없게 된다. 블랙홀의 충돌처럼 무거운 천체의 질량이 짧은 시간 동안에 급격히 변하면 시공간이 일그러져 빛의 속도로 파동처럼 퍼져 나가고 이때 퍼져 나가는 파동을 중력파라고 한다.

C. 아인슈타인의 일반 상대성 이론에 따르면 시공간이 많이 휘어진 곳일수록 시간이 느리게 간다. P의 중심에 가까이 갈수록 시공간이 휘어지는 정도가 커지므로 P의 중심에 가까이 갈수록 시간은 느리게 간다.

05 관성력과 가속 좌표계

크기가 a인 가속도로 가속되는 좌표계에서 질량 m인 물체에 작용하는 관성력의 크기는 ma이다.

ㄱ. B의 좌표계에서 물체는 정지해 있으므로 B에 작용하는 관성력의 방향은 $+x$방향이다. 관성력의 방향은 가속 좌표계의 가속도의 방향과 반대이므로 A의 좌표계에서 수레의 가속도의 방향은 $-x$방향이다.

~~ㄴ~~. (가)에서 수레의 가속도의 크기를 a, 물체의 질량을 m, 중력 가속도를 g라 하면 $ma=mg\tan30^\circ=\frac{mg}{\sqrt{3}}$이다. (나)에서 p, q가 물체에 작용하는 힘을 각각 T_1, T_2라 하면 $T_1\sin30^\circ+T_2\cos30^\circ=mg$, $T_1\cos30=T_2\sin30^\circ+ma$가 성립한다. 즉, $\frac{1}{2}T_1+\frac{\sqrt{3}}{2}T_2=mg$, $\frac{\sqrt{3}}{2}T_1=\frac{1}{2}T_2+\frac{1}{\sqrt{3}}mg$이고 두 식을 연립하여 정리하면, $T_1=mg$, $T_2=\frac{1}{\sqrt{3}}mg$이다. 따라서 (나)에서 q가 물체에 작용하는 힘의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배이다.

~~ㄷ~~. p, q를 동시에 끊었을 때 B의 좌표계에서 물체에는 일정한 크기의 관성력과 중력이 작용하므로 물체는 등가속도 직선 운동을 한다.

06 탈출 속력과 시공간의 휘어짐

천체의 질량이 M, 반지름이 R일 때 천체의 표면에서 탈출 속력은 $\sqrt{\frac{M}{R}}$에 비례한다.

ㄱ. 탈출 속력은 B가 A의 2배이므로 질량은 B가 A의 4배이다. 따라서 ㉠은 $4M$이다.

ㄴ. 물체의 속력이 탈출 속력보다 크면 물체는 천체를 벗어난다. 물체를 탈출 속력보다 작은 속력으로 던졌을 때 물체가 천체의 표면에서 멀어질수록 중력 퍼텐셜 에너지가 증가하고 운동 에너지가 감소한다. 운동 에너지가 0이 되는 지점에서 물체는 다시 낙하하여 천체의 표면으로 되돌아온다. v_0은 B의 탈출 속력보다 작으므로 B의 표면에서 속력 v_0으로 연직 위로 발사된 물체는 B의 중력에 의해 B의 표면으로 되돌아온다.

ㄷ. 일반 상대성 이론에 따르면 질량을 가진 천체 주위의 시공간은 휘어지고 따라서 천체 주변에서 빛도 휘어져 진행한다. 천체의 반지름이 같을 때 질량이 클수록 시공간의 휘어짐과 빛의 휘어짐이 모두 커진다. B의 질량이 A의 질량보다 크기 때문에 빛은 B에 의해서가 A에 의해서보다 더 많이 휘어진다. 따라서 $\theta_A<\theta_B$이다.

07 등가 원리

등가 원리에 따르면 관성력과 중력은 근본적으로 구분할 수 없다.

ㄱ. (가), (나)에서 바닥으로부터 같은 높이에서 수평 방향으로 던져진 물체가 바닥에 도달한 시간이 같으므로 (나)에서 우주선의 가속도는 지표면에서 중력 가속도와 같다. 따라서 $a=g$이다.

ㄴ. (나)에서 물체의 낙하 운동의 가속도가 중력 가속도와 같으므로 B는 물체의 낙하 운동이 중력에 의한 것인지 관성력에 의한 것인지 구별할 수 없다.

ㄷ. 물체가 바닥에 도달할 때까지 걸린 시간이 같고 수평 이동 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 크기 때문에 바닥에 도달하는 순간 속도의 수평 성분의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크고 연직 방향 성분의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다. 따라서 바닥에 도달하는 순간 물체의 속력은 (가)에서가 (나)에서보다 크기 때문에 바닥에 도달한 순간 물체의 운동 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

08 중력 렌즈 효과

질량이 큰 천체의 중력에 의해 시공간이 휘어지고 빛도 휘어져 진행한다. 이로 인해 별의 위치가 실제 위치와 다르게 관측되는 중력 렌즈 효과가 나타난다.

ㄱ. A 주변의 시공간이 B 주변의 시공간보다 많이 휘어져 있으므로 질량은 A가 B보다 크다. 질량이 더 큰 천체 주변에서 빛이 더 많이 휘어져 진행하므로 실제 별의 위치와 관측된 별의 위치 차이가 커진다. 따라서 (나)는 A에 의해 관측된 모습이고, (다)는 B에 의해 관측된 모습이다.

ㄴ. 질량이 큰 천체 주변에 시공간이 더 많이 휘어지고 시간도 더 느리게 간다. 따라서 시간은 A의 표면에서가 B의 표면에서보다 느리게 간다.

ㄷ. 별이 실제 위치와 다른 위치에서 관측되는 것은 휘어진 시공간을 따라 진행한 빛에 의한 중력 렌즈 효과로 설명할 수 있다.

수능 3점 테스트

본문 34~36쪽

01 ①	02 ⑤	03 ③	04 ⑤	05 ③
06 ④				

01 관성력과 가속 좌표계

(나)에서 C의 좌표계에서 버스 안의 추에는 중력, 실이 추를 당기는 힘, 관성력이 작용하여 추가 정지해 있는 것으로 관찰된다. 반면 A의 좌표계에서는 중력과 실이 추를 당기는 힘의 합력에 의해 추가 버스와 같은 크기의 가속도로 등가속도 운동하는 것으로 관찰된다.

ㄱ. (가)에서 버스는 운동하고 있으나 실이 추를 당기는 힘과 중력이 평형을 이루어 추는 실에 연직 방향으로 연결되어 있다. 즉, (가)에서 버스는 등속도 운동을 하므로 A의 좌표계에서 추에 작용하는 알짜힘은 0이다. (나)에서 버스는 운동 방향의 반대 방향으로 가속되고 있으므로 (나)에서 버스의 가속도의 크기를 a, 추의 질량을 m이라 하면 A의 좌표계에서 추에 작용하는 알짜힘의 크기는 ma이다. 따라서 A의 좌표계에서 추에 작용하는 알짜힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

ㄴ. 연직선과 추에 연결된 실이 이룬 각이 θ이고, 추의 중력의 크기를 W, 관성력의 크기를 F라고 할 때, $F=W\tan\theta=W\tan30^\circ=\frac{W}{\sqrt{3}}$이다. 추의 질량과 Q의 질량이 같으므로 C의 좌표계에서 Q에 작용하는 관성력의 크기는 Q에 작용하는 중력의 크기보다 작다.

ㄷ. (가)에서 버스는 등속도 운동을 하므로 P에 연결된 용수철은 길이가 변형되지 않는다. (나)에서 Q에는 $+x$방향으로 관성력이 작용하므로 용수철이 물체를 당기는 힘과 관성력이 같아질 때까지 용수철이 늘어난다. 따라서 $L_{(가)}=L_0<L_{(나)}$이다.

02 탈출 속력과 등가 원리

행성 표면에 정지해 있는 우주선의 한쪽 벽면에서 방출된 빛은 행성의 질량에 의해 휘어진 시공간을 따라 진행한다.

ㄱ. 반지름이 같을 때 행성 표면에서 물체의 가속도의 크기는 행성의 질량에 비례한다. 표면으로부터 같은 높이에서 자유 낙하시킨 물체의 도달 시간이 t, 행성 표면의 중력 가속도가 g일 때 $t\propto\frac{1}{\sqrt{g}}$이고 물체가 자유 낙하 하는 데 걸린 시간이 P에서가 Q에서의 $\sqrt{2}$배이므로 중력 가속도는 Q에서가 P에서의 2배이고, 행성의 질량은 Q가 P의 2배이다.

ㄴ. 행성의 질량이 M, 반지름이 R일 때 행성의 표면에서 탈출 속력은 $\sqrt{\frac{M}{R}}$에 비례한다. 질량은 Q가 P의 2배이므로 행성 표면에서의 탈출 속력은 Q에서가 P에서의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄷ. 행성 표면에서 중력이 클수록 광원에서 발사된 빛의 휘어짐은 커진다. 행성 표면에서 중력이 Q에서가 P에서보다 크기 때문에 Q 표면의 우주선의 광원에서 b를 향해 발사된 빛은 d에 도달한다.

03 관성력과 가속 좌표계

B의 좌표계에서 등속도 운동하는 버스 안의 물체에는 실이 물체를 당기는 힘과 중력의 합력이 0이 되어 물체는 평형 상태를 유지한다. A의 좌표계에서 가속도 운동하는 버스 안의 물체에 실이 물체를 당기는 힘과 중력, 관성력이 작용하여 물체가 정지한 것으로 관찰된다.

ㄱ. (가)에서 빗면의 경사각과 실이 y축과 이루는 각이 같으므로 실이 물체를 당기는 힘의 크기(T_1)는 중력의 크기(W)와 같다($T_1=W$). 따라서 B의 좌표계에서 (가)의 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄴ. (나)에서 실이 물체를 당기는 힘의 크기와 중력의 x축 방향 성분의 크기를 비교해 보면 $T_2\sin\theta>W\sin\phi$이다. A의 좌표계에서 물체가 정지해 있으므로 관성력의 크기를 F라 하면,
$T_2\sin\theta=W\sin\phi+F$가 성립해야 한다. 따라서 관성력은 $-x$방향으로 작용한다.

ㄷ. (나)에서 중력과 실이 물체를 당기는 힘의 y축 방향 성분은 평형을 이루므로 $T_2\cos\theta=W\cos\phi$이고 $T_1=W$이므로
$T_1:T_2=\cos\theta:\cos\phi$이다.

04 관성력과 가속 좌표계

A, B의 좌표계에서 물체가 최고점에 도달할 때 우주선 바닥에 수직인 방향의 속력이 0이므로 최고점까지 올라가는 데 걸린 시간은 물체의 가속도의 크기에 반비례한다.

ㄱ. (가)와 (나)에서 물체를 던진 속도의 수평 성분의 크기는 $v_0\cos\theta$로 같으므로 물체가 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간은 A의 좌표계에서가 B의 좌표계에서의 $\frac{3}{2}$배이다. 따라서 $\frac{1}{g-a}:\frac{1}{g}=3:2$이므로 $a=\frac{1}{3}g$이다.

ㄴ. A, B의 좌표계에서 물체의 가속도의 크기는 각각 $\frac{2}{3}g$, g이고, 던진 속도의 수직 성분의 크기가 같으므로 물체가 도달하는 최고점의 높이는 가속도의 크기에 반비례한다. 따라서 우주선 바닥에서 물체의 최고점까지의 높이는 A의 좌표계에서가 B의 좌표계에서의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄷ. (가)에서 $a=g$이면 A의 좌표계에서 관성력의 크기는 중력의 크기와 같다. 따라서 물체는 우주선 바닥과 θ를 이루는 방향으로 v_0의 속력으로 등속 직선 운동을 한다.

05 시공간의 휘어짐과 중력 렌즈

아인슈타인은 중력을 힘으로 간주하지 않고 시공간의 휘어짐과 관련이 있다고 제안하였는데 질량이 큰 천체에 가까울수록 시공간이 휘어진 정도는 커진다.

ㄱ. 일반 상대성 이론에 따르면 질량이 큰 천체 주위에서 시공간이 휘어지는데 시공간이 많이 휘어진 곳일수록 시간이 느리게 간다. 시공간이 휘어진 정도는 b에서가 a에서보다 크기 때문에 시간은 b에서가 a에서보다 느리게 간다.

ㄴ. 은하 P, Q의 중력에 의해 시공간이 휘어지고 빛도 휘어져 진행하여 별의 위치가 실제 위치와 다르게 관측되는 중력 렌즈 효과가 나타난다. 은하의 질량이 클수록 빛이 휘어지는 정도가 커져 별의 실제 위치와 관측 위치의 차이가 커진다. A와 A′의 차이가 B와 B′의 차이보다 크므로 은하의 질량은 P가 Q보다 크다.

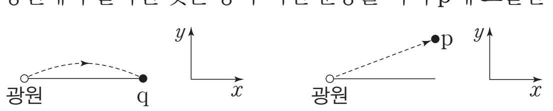
ㄷ. 질량이 큰 천체일수록 시공간을 휘게 하는 정도가 크다. 따라서 시공간을 휘게 하는 정도는 P가 Q보다 크다.

06 가속 좌표계와 등가 원리

가속도 운동을 하는 우주선의 내부에서는 빛의 진행 경로가 휘어진다.

ㄱ. 지표면의 우주선에서는 지구의 중력에 의해 빛의 진행 경로가 휘어진다. (가)에서 광원에서 발사된 빛이 같은 높이의 q에 도달했으므로 빛의 진행 경로는 그림 (가)와 같다. 따라서 (가)에서 A가 관찰할 때 q에 도달한 빛은 광원에서 q보다 위쪽 지점을 향해 발사된 빛이다.

ㄴ. (나)에서 B가 탄 우주선에서 저울에 측정된 힘이 0이므로 관성력의 방향은 중력의 방향과 반대이고 관성력의 크기는 중력의 크기와 같다. 따라서 빛은 그림 (나)와 같이 진행한다. 즉, (나)에서 B가 관찰할 때 광원에서 발사된 빛은 등속 직선 운동을 하여 p에 도달한다.



(가) (나)

ㄷ. (다)에서 C가 탄 우주선에서 저울에 측정된 힘의 크기가 (가)에서 A가 탄 우주선에서와 같으므로 (다)의 우주선의 가속도의 크기는 g이고 연직 아래 방향으로 관성력이 작용한다. 따라서 (다)에서 C가 관찰한 빛의 진행 경로는 (가)에서 A가 관찰한 빛의 진행 경로와 같다. 즉, (다)에서 C가 관찰할 때 광원에서 발사된 빛은 q에 도달한다.

테마

05 일과 에너지

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 39쪽

정답 ④

중력 가속도가 g, 실의 길이가 l일 때 B가 처음으로 s에 도달할 때까지 걸린 시간은 단진동의 주기의 $\frac{1}{2}$배인 $\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

ㄱ. A가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 $2\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로 B가 처음으로 s에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간보다 크다.

ㄴ. A를 놓은 순간부터 수평면에 도달할 때까지 A의 역학적 에너지는 보존되고, 단진동하는 B의 역학적 에너지도 보존된다. A, B의 질량을 각각 m_1, m_2라 할 때, A에 대해서는 $\frac{1}{2}m_1v_1^2=m_1gl$이 성립하므로 $v_1=\sqrt{2gl}$이고, B에 대해서는 $\frac{1}{2}m_2v_2^2=m_2g\left(\frac{l}{20}\right)$이 성립하므로 $v_2=\sqrt{\frac{gl}{10}}$이다. 따라서 $\frac{v_1}{v_2}=2\sqrt{5}$이다.

ㄷ. B가 q에서 r까지 운동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량과 같다. 따라서 B의 역학적 에너지는 q에서와 r에서가 같다.

수능 2점 테스트

본문 40~42쪽

01 ⑤	02 ④	03 ③	04 ⑤	05 ④
06 ⑤	07 ②	08 ①	09 ⑤	10 ⑤
11 ②	12 ①			

01 일과 운동 에너지

물체는 x축 방향으로는 등속도 운동을, y축 방향으로는 등가속도 운동을 한다.

ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 y축 방향으로 작용하며, 0초부터 2초까지 속력이 감소하므로 1초일 때 물체에 작용하는 힘의 방향은 운동 방향과 같지 않다.

ㄴ. 4초일 때 속도의 y성분의 크기를 v_y라 하면 2초일 때 속도의 y성분은 0이므로 2초부터 4초까지 평균 속도의 y성분의 크기는 $\frac{v_y}{2}$이고 2초부터 4초까지 변위의 y성분의 크기는 10 m이므로 $v_y=10$ m/s이다. 알짜힘이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같고 물체의 질량은 2 kg이므로 2초부터 4초까지 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 $\frac{1}{2}\times2\times10^2=100$(J)이다.

ㄷ. 물체 속도의 x성분의 크기는 5 m/s이고 4초일 때 속도의 y성분의 크기는 10 m/s이므로 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}\times2\times(\sqrt{5^2+10^2})^2=125$(J)이다.

02 포물선 운동과 알짜힘이 한 일

물체가 포물선 운동을 하는 동안 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. $t=2t_0$일 때 물체의 속도는 0이므로 $t=0$부터 $t=2t_0$까지 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 $0-\frac{1}{2}m(2v)^2=-2mv^2$이다.

ㄴ. $t=4t_0$일 때 물체는 포물선 운동을 시작하고, 이때 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 $v_x=\sqrt{(2v)^2-v^2}=\sqrt{3}v$이다. 포물선 운동을 하는 동안 속도의 수평 성분은 일정하므로 $t=5t_0$일 때 물체의 속력은 $\sqrt{(\sqrt{3}v)^2+(3v)^2}=2\sqrt{3}v$이다.

ㄷ. 물체가 운동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량은 운동 에너지의 변화량과 크기가 같다. $mgh=\frac{1}{2}m\{(2\sqrt{3}v)^2-(2v)^2\}=4mv^2$, $mg(H-h)=\frac{1}{2}m(2v)^2=2mv^2$($g$: 중력 가속도)이 성립하므로 $h=\frac{4v^2}{g}$, $H=\frac{6v^2}{g}$이다. 따라서 $h : H=2 : 3$이다.

03 포물선 운동과 역학적 에너지

포물선 운동을 하는 동안 물체의 역학적 에너지는 $10E_0$이다.

ㄱ. q에서 속도의 수평 성분의 크기와 연직 성분의 크기는 같고, 포물선 운동을 하는 동안 속도의 수평 성분은 일정하므로 q에서 운동 에너지는 $2E_0$이다.

ㄴ. p, r에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 각각 $9E_0$, $5E_0$이고, 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지가 0이므로 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 물체의 높이에 비례한다. 따라서 물체의 높이는 p에서가 r에서의 $\frac{9}{5}$배이다.

ㄷ. q에서 속도의 연직 성분의 크기를 v라 하면, r, s에서 속도의 연직 성분의 크기는 각각 $2v$, $3v$이고, 속도의 수평 성분의 크기는 v이다. p에서 s까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면 $h=\frac{3v}{2}t$이고 수평 이동 거리는 $d=vt$이다. 따라서 $d=\frac{2}{3}h$이다.

04 알짜힘이 한 일

시간-속도 그래프에서 그래프가 시간 축과 이루는 면적은 변위의 크기와 같으므로 $d=\frac{1}{2}vt$이다.

ㄱ. A, B에 각각 작용하는 마찰력의 크기를 f라고 하면 $(F-2f)2d=2E_0$이고, $2t$부터 $3t$까지 A에는 마찰력만이 작용하므로 $-fd=0-E_0=-E_0$이다. 두 식을 연립하면, $E_0=\frac{1}{3}Fd$이다.

ㄴ. $f=\frac{1}{3}F$이고 $2t$ 이후 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 $F-f=\frac{2}{3}F$이므로 $2t$ 이후 가속도의 크기는 B가 A의 2배이고, 속도 변화량의 크기도 B가 A의 2배이다. 따라서 $3t$일 때 B의 속도의 크기는 $3v$이다.

ㄷ. $2t$부터 $3t$까지 A, B에 각각 작용하는 알짜힘이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같다. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 B가 A의 2배이고 물체의 속도 제곱의 변화량은 B가 A의 8배이다. $2t$부터 $3t$까지 A의 변위의 크기는 d이므로 B의 변위의 크기는 $4d$이다. 따라서 $3t$일 때 B의 운동 에너지는 $\frac{1}{3}Fd+\frac{2}{3}F\times4d=3Fd$이다.

05 일과 운동 에너지

처음 속력이 같을 때 빗면에서 이동 거리는 P가 Q보다 크기 때문에 Q는 (나)에서의 물체의 운동을 나타낸다.

④ (가), (나)에서 중력에 의해 빗면과 나란하게 작용하는 힘의 크기를 F, 마찰력의 크기를 f라고 하면, (가)에서 $\frac{1}{2}mv_0^2=Fd$이고 (나)에서 물체가 빗면을 따라 올라갈 때는 $(F+f)\frac{3}{4}d=\frac{1}{2}mv_0^2$이 성립한다. 따라서 $f=\frac{1}{3}F$이고, 물체가 빗면을 내려올 때 알짜힘이 한 일은 $(F-f)\times\frac{3}{4}d=\frac{1}{2}Fd=\frac{1}{4}mv_0^2$이다. 물체가 빗면에서 운동하는 동안 마찰력이 물체에 한 일은 물체의 역학적 에너지 변화량과 같으므로 $\frac{1}{4}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_0^2=-\frac{1}{4}mv_0^2$이다.

06 마찰력에 의한 역학적 에너지 감소

(가)에서 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 중력 가속도를 g라 하면 $mgH=\frac{1}{2}m(2v)^2=mg(2d)+\frac{1}{2}mv^2$이다.

ㄱ. $v^2=\frac{1}{2}gH$이므로 $H=\frac{8}{3}d$이다.

ㄴ. 레일은 물체의 운동 방향에 수직인 방향으로 힘을 작용하므로 p에서 q까지 운동하는 동안 레일이 물체에 하는 일은 0이다.

ㄷ. 마찰력이 물체에 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같으므로 마찰 구간을 지나 책상 끝에 도달한 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2-\frac{3}{8}mv^2=\frac{1}{8}mv^2$이다. 포물선 운동하는 동안 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 수평면에 도달하는 순간 물체의 속력을 V라 하면 $\frac{1}{8}mv^2+2mgd=\frac{1}{2}mV^2$이다. $d=\frac{3v^2}{4g}$이므로 $V=\frac{\sqrt{13}}{2}v$이다. 따라서 (나)에서 수평면에 도달하는 순간 물체의 속력은 $2v$보다 작다.

07 단진자와 역학적 에너지

A, B의 최저점으로부터 최고점의 높이가 같으므로 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량은 같다. 따라서 A, B의 최저점에서 운동 에너지는 같다.

ㄱ. A, B의 최저점에서 중력 퍼텐셜 에너지가 0이고 운동 에너지가 같다. 물체가 운동하는 동안 물체의 역학적 에너지가 보존되므로 q에서 B의 역학적 에너지는 p에서 A의 역학적 에너지와 같다.

ㄴ. A, B의 최저점에서 속력을 v라 하면 물체의 운동 에너지의 변화량이 중력 퍼텐셜 에너지 변화량과 같으므로 $v=\sqrt{2gL(1-\cos\theta_1)}=\sqrt{2\times2gL(1-\cos\theta_2)}$이다. 따라서 $\theta_1>\theta_2$이다.

ㄷ. 단진동의 최저점에서 물체에 작용하는 알짜힘은 구심력이고, 실이 물체를 당기는 힘과 중력의 차가 구심력으로 작용한다. 즉, 실이 A, B를 당기는 힘을 각각 T_1, T_2, 물체의 질량을 m, 중력 가속도를 g라 하면 $T_1=\frac{mv^2}{L}+mg$, $T_2=\frac{mv^2}{2L}+mg$이므로 최저점에서 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 A에서가 B에서의 2배가 아니다.

08 단진자와 역학적 에너지

지표면에서 중력 가속도가 g, 실의 길이가 l일 때 단진동의 주기는 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$이다.

ㄱ. (가)에서 상자 내부에 정지한 좌표계에서 추에는 상자의 가속도의 방향과 반대 방향으로 크기가 ma인 관성력이 작용한다. 가속도의 크기 $a=g\tan\theta=g\tan 45^{\circ}=g$이다.

~~ㄴ~~. (나)에서 상자 내부에 정지한 좌표계에서 측정할 때 추의 중력 가속도는 $\sqrt{a^2+g^2}=\sqrt{2g^2}=\sqrt{2}g$이고, 추의 주기는 $2\pi\sqrt{\dfrac{l}{\sqrt{2}g}}$이다.

~~ㄷ~~. (나)에서 추는 진폭이 θ인 단진동을 하므로 상자 내부에 정지한 좌표계에서 관측한 추의 운동 에너지의 최댓값은 $m(\sqrt{2}g)l(1-\cos\theta)$이다.

09 포물선 운동과 마찰력이 한 일

마찰 구간에서 마찰력이 한 일만큼 물체의 역학적 에너지가 감소한다.

ㄱ. 물체가 던져진 순간부터 최고점까지 도달할 때까지 연직 방향과 수평 방향 변위의 크기가 같으므로 평균 속도의 크기가 같다. 던져진 순간 속도의 수평 성분, 연직 성분의 크기를 각각 v_x, v_y라 하면, $v_x=\dfrac{v_y+0}{2}=\dfrac{v_y}{2}$이다. 던져진 순간 질량 m인 물체의 운동 에너지는 $E_0=\dfrac{1}{2}m({v_x}^2+{v_y}^2)$이므로 $\dfrac{1}{2}m{v_x}^2=\dfrac{1}{5}E_0$, $\dfrac{1}{2}m{v_y}^2=\dfrac{4}{5}E_0$이다. 물체가 운동하는 동안 속도의 수평 성분은 일정하므로 (가)에서 최고점을 지날 때 물체의 운동 에너지는 $\dfrac{1}{5}E_0$이다.

ㄴ. (가)에서 물체가 최고점까지 운동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량은 운동 에너지 변화량과 같으므로 $mgd=\dfrac{4}{5}E_0$ (g: 중력 가속도)이다. (나)에서 p의 높이가 $\dfrac{1}{2}d$이므로 수평면에서 p까지 운동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지의 증가량은 $\dfrac{2}{5}E_0$이다. 따라서 (나)의 p에서 물체의 운동 에너지는 $\dfrac{3}{5}E_0$이다.

ㄷ. 마찰 구간에서 마찰력(f)이 한 일의 크기는 $fd=\dfrac{2}{15}E_0=\dfrac{2}{15}\times\dfrac{5}{4}mgd=\dfrac{1}{6}mgd$이므로 (나)의 마찰 구간에서 물체에 작용하는 마찰력의 크기는 중력의 크기의 $\dfrac{1}{6}$배이다.

10 일과 열의 전환

역학적인 일과 열에너지는 서로 전환될 수 있다.

ㄱ. 나무와 나무를 마찰시키면 나무에 한 일이 열로 전환되어 불을 피울 수 있다.

ㄴ. (나)의 장치는 증기의 팽창으로 피스톤을 움직여 일을 하는 열기관으로 A에서 기체가 피스톤을 움직여 피스톤에 일을 한다.

ㄷ. 탁구공이 뜨거운 물에서 온도가 상승하여 탁구공 안의 기체들의 내부 에너지가 증가한다.

11 열과 일의 전환

추가 등속도로 낙하할 때에는 중력이 한 일이 모두 열량계에서 회전 날개와 물의 마찰로 발생한 열량으로 전환된다.

~~ㄱ~~. Ⅰ에서 추의 낙하 거리는 A일 때와 B일 때 h로 같으므로 Ⅰ에서 추에 작용하는 중력이 한 일은 A일 때와 B일 때가 같다.

ㄴ. 추가 낙하할 때 액체가 얻은 열량은 중력이 한 일과 추의 운동 에너지 증가량의 차이와 같다. Ⅰ에서 추가 h만큼 낙하했을 때 속력은 A일 때가 B일 때보다 크므로 Ⅰ에서 액체가 얻은 열량은 A가 B보다 작다.

~~ㄷ~~. Ⅱ에서 A와 B가 얻은 열량이 같고 온도 변화량은 A가 B보다 크므로 비열은 A가 B보다 작다.

12 일과 역학적 에너지

B가 $x=0$에서 $x=L$인 지점까지 운동하는 동안 A, C의 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량의 크기는 A, B, C의 운동 에너지의 변화량의 크기와 같다.

ㄱ. B가 $x=0$에서 $x=L$인 지점까지 운동하는 동안 A, B, C의 속력이 같으므로 C의 질량은 B의 2배인 $2m$이다. B에 작용하는 알짜힘의 크기를 F라 하면, 이 힘이 한 일이 B의 운동 에너지 변화량과 같으므로 $FL=\dfrac{1}{4}mgL$이고 B의 가속도 $a=\dfrac{1}{4}g$이다. A의 질량을 M이라 하면, $(2m-M)g=\dfrac{1}{4}(M+m+2m)g$이고, $M=m$이다. 따라서 $mgL=(㉠+\dfrac{1}{4}mgL+\dfrac{1}{2}mgL)$이고, ㉠은 $\dfrac{1}{4}mgL$이다.

~~ㄴ~~. 마찰이 있는 수평면을 지나는 동안 마찰력이 한 일은 A, B, C의 역학적 에너지 감소량과 같다. $x=0$에서 $x=2L$인 지점까지 움직이는 동안 A, B, C의 속력이 같고 A, B의 질량이 C의 $\dfrac{1}{2}$배이므로 A, B, C의 운동 에너지 증가량은 $\dfrac{3}{8}mgL+\dfrac{3}{8}mgL+\dfrac{3}{4}mgL=\dfrac{3}{2}mgL$이고, 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $2mgL$이다. 따라서 마찰 구간에서 마찰력이 B에 한 일은 $-\dfrac{1}{2}mgL$이다.

~~ㄷ~~. B가 $x=2L$인 지점을 지나는 순간 A의 운동 에너지가 $\dfrac{3}{8}mgL$이므로 A의 속력을 v라 하면 $\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{3}{8}mgL$이고, $v=\dfrac{\sqrt{3gL}}{2}$이다.

수능 3점 테스트

본문 43~45쪽

01 ⑤	02 ④	03 ③	04 ⑤	05 ③
06 ①				

01 일과 역학적 에너지

등속도 운동을 하는 동안 물체의 운동 에너지는 일정하므로 마찰력이 물체에 한 일은 물체의 중력 퍼텐셜 에너지의 변화량과 같다.

ㄱ. $x=0$에서 $x=d$까지 A, B, C가 등속도 운동을 하는 동안 B, C의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 각각 $2E_0=2mgd$, $3E_0=\dfrac{3}{4}m_{\mathrm{C}}gd$이다. $E_0=mgd$이므로 $m_{\mathrm{C}}=4m$이다.

ㄴ. 등속도 운동을 하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘은 0이므로 마찰력의 크기를 f라 하면, $4m\left(\dfrac{3}{4}g\right)=2mg+f$이고, $f=mg$이다. 실이 끊어지는 순간부터 A가 정지할 때까지 이동 거리를 x라 하면 A의 운동 에너지 변화량은 마찰력이 물체에 한 일과 같으므로 $-mgx$

$=0-\frac{1}{2}(2m)v^2$이다. 따라서 실이 끊어진 순간부터 A가 정지할 때까지 A가 수평 방향으로 이동한 거리는 $x=\frac{v^2}{g}$이다.

ㄷ. 실이 끊어진 후 B, C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량이 운동 에너지의 증가량과 같으므로 Q를 통과할 때 B, C의 운동 에너지를 K라 하면, $\frac{3}{4}(4m)gd-2mgd=K-3E_0$이다. 따라서 $K=4E_0$이고, 물체의 질량은 B가 C의 $\frac{1}{2}$배이므로 C가 Q를 통과하는 순간 B의 운동 에너지는 $\frac{4}{3}E_0$이다.

02 포물선 운동과 역학적 에너지

A의 가속도의 크기가 $\frac{1}{2}g$이고 A의 최고점에서 속력은 0이므로 P에 되돌아올 때까지 걸리는 시간은 $\frac{2v_0}{\frac{1}{2}g}=\frac{4v_0}{g}$이다.

~~ㄱ~~. B의 가속도의 빗면에 나란한 성분의 크기와 빗면에 수직인 성분의 크기는 각각 $\frac{1}{2}g$, $\frac{\sqrt{3}}{2}g$이므로 Q에서 던지는 순간 B의 속력을 V라 하면, B가 P에 도달할 때까지 걸린 시간은 $\frac{2V}{\frac{\sqrt{3}}{2}g}=\frac{4V}{\sqrt{3}g}$이다. A와 B가 P에서 만나므로 $V=\sqrt{3}v_0$이다.

ㄴ. B의 빗면과 나란한 방향의 처음 속력이 0이므로 $L=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}g\right)t^2=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}g\right)\left(\frac{4v_0}{g}\right)^2=\frac{4{v_0}^2}{g}$이다. B가 운동하는 동안 중력이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 증가량과 같다. 따라서 P에서 B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mgL+\frac{1}{2}m(\sqrt{3}v_0)^2=\frac{7}{2}m{v_0}^2$이다.

ㄷ. A가 최고점에 도달할 때까지 중력 퍼텐셜 에너지의 증가량은 운동 에너지의 감소량과 같고 최고점에서 A의 속력은 0이므로 운동 에너지의 감소량은 $\frac{1}{2}m{v_0}^2=\frac{1}{8}mgL$이다. 따라서 A가 P에서 최고점에 도달할 때까지 중력 퍼텐셜 에너지의 증가량은 $\frac{1}{8}mgL$이다.

03 포물선 운동과 역학적 에너지

진자의 운동과 포물선 운동에서 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

ㄱ. r에서 두 물체의 속도의 연직 성분의 크기(v_y)는 같고 서로 수직으로 만나므로 $\frac{v_y}{4v}=\frac{v}{v_y}$이고, $v_y=2v$이다. r에서 A, B의 속력을 각각 v_A, v_B라 하면, $v_A=\sqrt{(4v)^2+(2v)^2}=2\sqrt{5}v$, $v_B=\sqrt{v^2+(2v)^2}=\sqrt{5}v$이다. A가 p에서 r까지 운동하는 동안 중력 퍼텐셜 에너지의 감소량은 A의 운동 에너지 증가량과 같으므로 $2mgh=\frac{1}{2}m(2\sqrt{5}v)^2-\frac{1}{2}m(4v)^2=2mv^2$이고, $mgh=mv^2$이다. 따라서 r에서 A의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}m(2\sqrt{5}v)^2=10mgh$이다.

~~ㄴ~~. q에서 r까지 운동하는 동안 중력이 B에 한 일은 운동 에너지 변화량과 같다. 즉, $\frac{1}{2}m(\sqrt{5}v)^2-\frac{1}{2}mv^2=2mv^2$이다.

ㄷ. 실에 매달려 운동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 운동 에너지 증가량과 같으므로 $\frac{1}{2}mv^2=mgl(1-\cos60^\circ)=\frac{1}{2}mgl$이다. 따라서 $h=l$이다.

04 외력이 한 일과 역학적 에너지

수평 구간과 빗면 구간에서 외력이 한 일은 물체의 역학적 에너지의 변화량과 같다.

ㄱ. (가)에서 물체가 운동을 시작한 지점의 역학적 에너지보다 B의 시작점에서 역학적 에너지가 더 크다. 따라서 A에서 물체에 작용하는 힘의 방향은 운동 방향과 같다. B에서는 중력에 의해 운동 방향과 반대 방향으로 힘이 작용하므로 물체가 등속도 운동을 하기 위해서는 운동 방향과 같은 방향으로 외력이 작용해야 한다. 따라서 (가)의 A, B에서 물체에 작용하는 힘의 방향은 운동 방향과 같은 방향이다.

ㄴ. (가)에서 B의 끝점에서 물체가 정지할 때까지 역학적 에너지가 보존되므로 $\frac{1}{2}m(2v)^2+6mgh=10mgh$에서 $v^2=2gh$이다. A의 시작점과 끝점에서 물체의 속력을 각각 v_1, v_2라고 하면, $3mgh+\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m{v_1}^2$이므로 $v_1=2v$이고, $\frac{1}{2}m{v_2}^2=5mgh+\frac{1}{2}m(2v)^2$이므로 $v_2=3v$이다. (가)의 A, B에서 물체가 운동하는 데 걸린 시간을 t라고 하면, B에서 $t=\frac{L_2}{2v}$이고, A에서 물체의 가속도는 $\frac{v}{t}=\frac{2v^2}{L_2}$이다. A에서 힘이 물체에 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같으므로 A에서 물체에 작용하는 힘의 크기를 F라고 하면, $FL_1=\frac{1}{2}m\{(3v)^2-(2v)^2\}=\frac{5mv^2}{2}=\frac{2mv^2}{L_2}L_1$이다. 따라서 $\frac{L_2}{L_1}=\frac{4}{5}$이다.

ㄷ. (나)의 A, B에서 물체에 작용하는 힘의 방향은 운동 방향과 반대 방향이다. 물체가 A를 지나면서 외력이 한 일은 역학적 에너지의 감소량과 같다. (가)의 A에서 외력이 한 일은 $-\frac{5}{2}mv^2$이므로 $\frac{1}{2}m(3v)^2-\frac{3}{2}\times\frac{5}{2}mv^2=mgh_1$에서 $h_1=\frac{3v^2}{4g}=\frac{3}{2}h$이다.

05 단진동과 역학적 에너지

(가)와 (나)에서 단진자의 주기는 같다.

③ 중력 가속도가 g일 때 (나)에서 실의 길이가 $2l$이므로 (나)의 엘리베이터 내부에 정지한 좌표계에서 추의 가속도는 $2g$이다. 따라서 (나)에서 엘리베이터의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기와 같다. 즉, $a=g$이다. (가), (나)에서 운동 에너지의 증가량은 중력 퍼텐셜 에너지의 감소량과 같으므로 추의 질량이 m일 때 최저점에서 운동 에너지는 각각 $mgl(1-\cos\theta)$, $m(2g)(2l)(1-\cos\theta)$이다. 따라서 ㉠은 $4E_0$이다.

06 열과 일의 전환

(가)에서 실을 당기는 힘이 한 일은 액체가 얻은 열량과 같고, (나)에서 추에 작용하는 중력이 한 일은 추의 운동 에너지와 액체가 얻은 열로 전환된다.

① (가)에서 실을 당기는 힘이 한 일은 210 J이므로 액체의 비열을 c라 할 때 $\frac{210}{4.2}=500\times c\times0.2$이고, $c=0.5\ \mathrm{cal/g\cdot ^\circ C}$이다. (나)에서 온도 변화가 (가)의 2배이므로 물이 얻은 열량은 420 J이다. 따라서 $420=21\times10\times3-\frac{1}{2}\times21\times v^2$이므로 $v=2\sqrt{5}\ \mathrm{m/s}$이다.

테마
06 전기장과 정전기 유도

닮은 꼴 문제로 유형 익히기
본문 48쪽

정답 ①

A, B 사이의 전기력선이 연결되어 있으므로 A, B의 전하의 종류는 서로 다르고 A, B 사이의 전기장의 방향은 $-x$방향 또는 $+x$방향이다.

ㄱ. (가)에서 A, B에서 나오거나 들어가는 전기력선의 모양이 서로 대칭이다. 따라서 전하량의 크기는 A와 B가 같다.

ㄴ. (가)에서 A의 전하량의 크기가 B의 전하량의 크기보다 크다면 x축상의 $x>d$인 구간에서 전기장의 세기가 0인 지점이 생길 수 있다. 그러나 A, B의 전하량의 크기는 서로 같으므로 (가)에서 x축상의 $x>d$인 구간에는 전기장의 세기가 0인 지점이 생길 수 없다.

ㄷ. (나)에서 O에서의 전기장의 방향이 y축과 $45°$의 각을 이루므로 전기장의 방향의 x성분은 $-x$방향, y성분은 $+y$방향이 되어야 한다. 따라서 A는 음(−)전하, B는 양(+)전하, C는 양(+)전하이다. 즉, A와 C는 전하의 종류가 다르다.

수능 2점 테스트
본문 49~50쪽

01 ①	02 ⑤	03 ②	04 ③	05 ②
06 ①	07 ③	08 ⑤		

01 전기력
두 점전하 사이의 전기력의 크기는 각 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. Q를 O에 가만히 놓은 순간 Q와 A, Q와 C 사이의 거리는 같고, Q와 B 사이의 거리는 Q와 D 사이 거리보다 크다. O에 위치한 Q에 A, C가 작용하는 전기력의 합력의 방향은 A, C의 전하의 종류가 양(+)전하일 때 D를 향하는 방향이며 음(−)전하일 때 B를 향하는 방향이다.

ㄱ. O에 Q를 가만히 놓은 순간 A, C가 Q에 작용하는 전기력의 방향은 D를 향하는 방향이다. 따라서 A, C는 양(+)전하이어야 하므로 B는 A와 전하의 종류가 다른 음(−)전하이다.

ㄴ. Q가 O에 위치할 때 Q와 A, Q와 C 사이 거리는 $2l$로 같고, x축과 A가 위치한 xy 평면상의 지점과 O를 연결한 직선 사이의 각은 $30°$이고 x축과 C가 위치한 xy 평면상의 지점과 O를 연결한 직선 사이의 각은 $60°$이다. 따라서 A, C가 각각 Q에 작용하는 전기력의 크기를 F라 할 때 A가 Q에 x축 방향으로 작용하는 전기력의 크기는 $F\cos30°$이고 C가 Q에 x축 방향으로 작용하는 전기력의 크기는 $F\cos60°$이므로 A, C가 x축 방향으로 Q에 작용하는 전기력의 크기는 서로 같지 않다.

ㄷ. Q와 B 사이의 거리는 $\sqrt{6}l$이고 Q와 D 사이의 거리는 $\sqrt{2}l$이다. 따라서 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 거리의 제곱에 반비례하므로 B가 Q에 작용하는 전기력의 크기는 D가 Q에 작용하는 전기력의 크기의 $\frac{1}{3}$배이다.

02 전기장과 전기력
전기력은 전하량과 전기장의 곱이다. 또한 균일한 전기장이 형성된 xy 평면에서 운동하는 입자에는 중력과 전기력이 작용한다.

⑤ A, B는 질량과 전하량, 전하의 종류, 운동 방향이 모두 같다. xy 평면에서 가만히 놓은 A, B가 중력 방향으로 A는 등속도 운동을 하고 B는 가속도의 크기가 중력 가속도보다 작은 가속도로 등가속도 운동을 한다. 따라서 전기장의 방향은 입자의 운동 방향과 반대이며, 전기장의 크기는 중력의 반대 방향으로 더 큰 전기력이 작용하는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

03 전기력
두 점전하 사이의 전기력의 크기는 각 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다.

ㄱ. A와 B, B와 C 사이에는 서로 당기는 방향으로 크기가 F인 전기력이 작용하고 A와 C에는 각각 크기가 같은 중력이 작용한다. 따라서 도체구 A, B, C의 질량이 같고 A와 B, B와 C 사이의 거리 또한 각각 같으므로 p와 r가 각각 A와 C에 작용하는 힘의 크기는 $mg+\frac{\sqrt{3}}{2}F$로 서로 같다.

ㄴ. A와 C 사이에는 서로 밀어내는 방향의 전기력이 작용한다. 또한 p, r가 천장과 수직을 이루고 있으므로 A와 B 사이에 작용하는 전기력의 수평 방향의 힘의 크기와 C가 A에 작용하는 힘의 크기는 같다. 따라서 B가 A에 작용하는 수평 방향의 전기력의 크기는 $\frac{1}{2}F$이므로 A가 C에 작용하는 전기력의 크기도 작용 반작용 법칙에 의해 $\frac{1}{2}F$이다.

ㄷ. A와 B, B와 C 사이에는 동일한 크기의 전기력이 서로 당기는 방향으로 작용한다. 따라서 A와 C에 의해 B에 작용하는 전기력의 방향은 중력 반대 방향이므로 q가 B에 작용하는 힘의 크기는 mg보다 작다.

04 정전기 유도와 전기장
전기장이 0인 지점이 x축상의 두 도체구 사이에 위치할 때 두 도체구에 대전된 전하의 종류는 같다.

ㄱ. (가)에서 전기장이 0인 지점이 x축상의 두 도체구 사이에 위치하므로 A, B의 전하의 종류는 같다. 따라서 B가 양(+)전하로 대전되어 있으므로 A는 양(+)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. (가)에서 전기장이 0인 지점이 x축상에서 A쪽에 위치하므로 A, B에 대전된 전하량의 크기는 A가 B보다 작다. 또한 (나)에서 전기장이 0인 지점이 x축상에서 A와 C 사이의 중앙에 위치하므로 A, C에 대전된 전하량의 크기는 A와 C가 같다. 따라서 도체구에 대전된 전하량의 크기는 (가)에서 B가 가장 크고 (나)에서 A와 C는 서로 같다.

~~ㄷ~~. (가), (나)에서 A와 B, A와 C 사이의 거리는 $2r$이고 전하량의 크기의 곱은 A와 B가 A와 C보다 크므로 x축상에서 (가)에서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (나)에서 A가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.

05 전기력

P의 위치가 $-d<x<d$인 구간에서 A와 P, P와 B 사이의 거리는 항상 같다. (나)에 의해 A와 P, P와 B 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

~~ㄱ~~. (나)에서 P의 위치가 $-d<x<0$ 구간에서 P에 작용하는 F의 방향은 $+x$방향이고 $0<x<d$ 구간에서 P에 작용하는 F의 방향은 $-x$방향이다. 따라서 P와 A, P와 B 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용하므로 A와 B는 음(－)전하이다.

ㄴ. P의 위치가 원점 O일 때 F는 0이다. 또한 P의 위치가 O일 때 P와 A, P와 B 사이의 거리는 각각 d로 같다. 따라서 두 전하 사이의 거리가 같을 때 전하량의 곱도 같아야 O에서 P에 작용하는 F가 0이 되므로 A와 B의 전하량의 크기는 서로 같다.

~~ㄷ~~. P의 위치가 $x=-\frac{d}{2}$일 때가 $x=\frac{d}{4}$일 때보다 A와 P 사이 거리가 더 크다. 따라서 A가 P에 작용하는 전기력의 크기는 P의 위치가 $x=-\frac{d}{2}$일 때가 $x=\frac{d}{4}$일 때보다 작다.

06 전기력

두 도체구에 대전된 전하의 종류가 같으면 서로 밀어내는 방향의 전기력이 작용하며 두 도체구에 대전된 전하의 종류가 다르면 서로 당기는 방향의 전기력이 작용한다.

ㄱ. A와 C가 음(－)전하로 대전되어 있는데 실에 매달린 C가 A쪽으로 기울어져 있으므로 A와 C, C와 B 사이에는 서로 밀어내는 방향의 전기력이 작용해야 한다. 따라서 B에 대전된 전하의 종류는 음(－)전하이다.

~~ㄴ~~. (가)에서 실이 C에 작용하는 힘과 중력의 합력을 수평면과 나란한 방향으로 분해한 방향은 B를 향하는 방향이고 A와 C 사이에 작용하는 전기력의 방향은 서로 미는 방향이므로 A가 C에 작용하는 전기력의 크기는 B가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 작다.

~~ㄷ~~. A와 C의 전하의 종류는 음(－)전하로 같고 대전된 전하량의 크기는 A가 C보다 작다. 따라서 D는 전하량이 큰 C 방향으로 연직 방향에 대해 기울어져 정지해 있으므로 D는 양(＋)전하로 대전되어 있고 A와 D, D와 C 사이에는 서로 당기는 방향으로 전기력이 작용한다.

07 전기력

A와 P 사이의 거리와 B와 P 사이의 거리는 같다. 따라서 P에 놓인 입자가 음(－)전하로 대전되어 있으므로 A와 입자, B와 입자 사이에는 각각 밀어내는 방향으로 전기력이 작용해야 입자에 작용하는 전기력의 방향이 $-y$방향이 될 수 있다.

~~ㄱ~~. 입자에 작용하는 전기력의 방향이 $-y$방향이 되려면 A와 입자 사이에는 서로 밀어내는 방향으로 전기력이 작용해야 한다. 따라서 입자가 음(－)전하로 대전되어 있으므로 A도 음(－)전하이다.

~~ㄴ~~. A에 의해 입자에 작용하는 y축 방향의 전기력의 방향은 $+y$방향이고, B에 의해 입자에 작용하는 y축 방향의 전기력의 방향은 $-y$방향이다. 또한 P에서 입자에 작용하는 합력의 방향이 $-y$방향이므로 A가 입자에 작용하는 전기력의 크기보다 B가 입자에 작용하는 전기력의 크기가 더 커야 한다. 따라서 A, B에 의해 입자에 작용하는 전기력의 방향이 $-y$방향이므로 전하량의 크기는 A가 B보다 작다.

ㄷ. A가 양(＋)전하이고 B가 음(－)전하일 때 입자에 작용하는 전기력의 y축 방향은 모두 $-y$방향이지만 전기력의 합력이 $-y$방향은 아니다. 따라서 A, B의 전하의 종류는 모두 음(－)전하로 같다.

08 전기장과 전기력

전기력은 전하의 전하량과 전기장의 곱과 같다.

ㄱ. 전기장의 방향이 $+y$방향이고 입자의 y축 운동 방향이 $-y$방향이므로 입자는 음(－)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. 입자가 y축에 수직으로 입사하였으므로 입자는 x축 방향으로 등속도 운동을 한다. 따라서 O에서 s까지 수평 거리는 vt이다.

ㄷ. 입자에 작용하는 전기력의 크기가 F이고 가속도의 크기가 a라면 $F=ma=qE$가 성립한다. 따라서 입자가 입사할 때 y축 방향의 속력은 0이므로 입자가 s에 도달하는 동안 y축 방향으로 이동한 거리는 $\frac{1}{2}at^2=\frac{qE}{2m}t^2$이다.

수능 3점 테스트

본문 51~53쪽

01 ①	02 ②	03 ③	04 ②	05 ⑤
06 ③				

01 전기력

두 전하 사이의 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다.

ㄱ. A, B가 각각 입자에 작용하는 전기력의 크기가 같고 A와 입자 사이의 거리는 B와 입자 사이의 거리의 $\frac{1}{2}$배이므로 전하량의 크기는 A가 B의 $\frac{1}{4}$배이다.

~~ㄴ~~. A, B는 음(－)전하이고 입자는 양(＋)전하이다. 따라서 입자와 A, B 사이에는 각각 서로 당기는 방향의 전기력이 작용하고 그 크기는 서로 같다. A가 입자에 작용하는 전기력과 B가 입자에 작용하는 전기력의 합력의 방향은 A, B, C가 입자에 작용하는 전기력의 합력의 방향과 반대이다. 따라서 A, B, C가 입자에 작용하는 전기력의 합력의 방향이 그림처럼 되기 위해서는 입자와 C 사이에는 서로 밀어내는 방향의 전기력이 작용해야 하므로 C는 양(＋)전하이다. 즉, A와 C의 전하의 종류는 서로 다르다.

~~ㄷ~~. C가 입자에 작용하는 전기력의 방향과 A, B, C가 입자에 작용하는 전기력의 합력의 방향은 서로 같다. 따라서 C가 입자에 작용하는 전기력의 방향과 A, B가 입자에 작용하는 전기력의 합력의 방향

이 서로 반대이므로 C가 입자에 작용하는 전기력의 크기는 A, B, C가 입자에 작용하는 전기력의 크기보다 크다.

02 전기력

A와 연결된 실이 x축과 나란하므로 B, C가 A에 작용하는 전기력의 합력의 방향은 x축과 나란하다.

ㄱ. A와 연결된 실이 팽팽하므로 B가 A에 작용하는 전기력의 방향은 서로 밀어내는 방향으로 작용해야 하고 C가 A에 작용하는 전기력의 방향은 서로 당기는 방향으로 작용해야 한다. 또한 B가 A에 작용하는 전기력의 크기와 C가 A에 작용하는 전기력의 크기는 서로 같아야 한다. 따라서 B는 음(−)전하이고, C는 양(+)전하이다.

ㄴ. B가 A에 작용하는 전기력과 C가 A에 작용하는 전기력의 합력의 방향은 $+x$방향이다. 따라서 B가 A에 작용하는 전기력의 크기와 C가 A에 작용하는 전기력의 크기는 서로 같다. 즉, B와 A, C와 A 사이의 거리는 서로 같으므로 B와 C의 전하량의 크기도 같다.

ㄷ. 실이 A에 작용하는 힘의 크기는 B, C가 A에 작용하는 전기력의 합력의 크기와 같다. 따라서 C가 A에 작용하는 힘의 크기를 F_C라 하면 $F_C\cos45° \times 2 = F$가 성립하므로 $F_C = \frac{\sqrt{2}}{2}F$이다.

03 전기장과 전기력

균일한 전기장 영역에 입사한 입자에는 전기력이 작용한다. 입자가 양(+)전하로 대전되어 있을 때 입자에 작용하는 전기력의 방향은 전기장 방향과 같고 입자가 음(−)전하로 대전되어 있을 때 입자에 작용하는 전기력의 방향은 전기장 방향과 반대이다.

ㄱ. Ⅰ에서 입자가 y축 방향으로 감속하고 Ⅱ에서 입자가 y축 방향으로 가속한다. 따라서 Ⅰ, Ⅱ에서의 전기장의 방향은 서로 반대이다.

ㄴ. a에서 x축 방향의 입자의 속력을 v_x라 하면 x축 방향을 따라 입자의 속력은 전기장 영역과 상관없이 v_x로 등속도 운동을 한다. 또한 a에서와 c에서 입자가 x축과 이루는 각이 모두 θ로 같으므로 a에서 y축 방향의 입자의 속력을 v_y라 하면 c에서의 y축 방향의 입자의 속력도 v_y이다. 따라서 입자의 속력은 a에서와 c에서가 서로 같다.

ㄷ. 입자의 전하량과 질량이 같으므로 입자의 가속도의 크기는 전기장의 세기에 비례한다. 또한 입자가 x축을 따라 등속도 운동을 하므로 입자가 a에서 b까지 진행하는 동안 걸린 시간은 b에서 c까지 진행하는 동안 걸린 시간의 2배이다. 따라서 입자가 y축 방향을 따라 이동한 거리와 입자가 전기장 영역을 지나는 동안 걸린 시간은 각각 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 2배이므로 입자의 가속도의 크기는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 $\frac{1}{2}$배이다. 즉, 전기장의 세기는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 $\frac{1}{2}$배이다.

04 정전기 유도

대전된 두 도체구를 접촉시키면 두 도체구가 동일하게 대전된다. A, C는 접촉 전 서로 같은 전하의 종류로 대전되어 있다. 따라서 A, C를 접촉하고 분리하였을 때 A, C에 각각 대전된 전하량이 모두 $+2Q$이므로 A, C는 접촉하기 전 양(+)전하로 대전되어 있다.

ㄱ. (가)에서 접촉 후 A, B의 전하량의 합이 0이므로 A, B의 전하량의 크기는 같다.

ㄴ. 접촉 전 C, D의 전하량 크기는 각각 $2Q$, $4Q$이고 전하의 종류는 A, C가 같고 B, D가 서로 반대이며 D가 양(+)전하이므로 접촉 전 A, B, C, D의 전하량을 각각 Q_A, Q_B, Q_C, Q_D라 하면 $Q_A+Q_C=+4Q$, $Q_B+Q_D(=+4Q)=+2Q$이고 $Q_A=Q_B$이므로 $Q_A=+2Q$, $Q_B=-2Q$, $Q_C=+2Q$, $Q_D=+4Q$이다. 즉, C는 양(+)전하로 대전되어 있고, B의 전하량의 크기는 $2Q$이다.

05 전기장과 전기력

균일한 전기장 영역에서 입자가 양(+)전하로 대전되어 있을 때 입자는 전기장 방향으로 전기력을 받고 입자가 음(−)전하로 대전되어 있을 때 입자는 전기장의 반대 방향으로 전기력을 받는다.

ㄱ. A는 양(+)전하로 대전된 입자이다. p에서의 A의 속력은 v이고 q에서의 A의 속력은 0이다. 따라서 A에 작용하는 전기력의 방향은 $+y$방향이므로 전기장의 방향도 $+y$방향이다.

ㄴ. B가 입사하여 이동하는 경로는 y축 방향으로 $-y$방향이다. 따라서 B는 전기장의 방향과 반대 방향으로 이동하므로 B는 음(−)전하로 대전되어 있다.

ㄷ. A의 질량이 m이라면 B의 질량은 $2m$이다. A에 대전된 전하량의 크기를 Q라 하면 B에 대전된 전하량의 크기는 $2Q$이다.
균일한 전기장의 세기를 E, A, B에 작용하는 전기력의 크기를 각각 F_A, F_B라 하면 $F_A=QE$, $F_B=2QE$이다. 가속도의 크기는 A는 $\frac{F_A}{m}=\frac{QE}{m}$이고 B는 $\frac{F_B}{2m}=\frac{2QE}{2m}=\frac{QE}{m}$로 서로 같다. B가 s를 지나는 순간 속력은 $\sqrt{v^2+4v^2}=\sqrt{5}v$이다. 따라서 p에서 A의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$이고 s에서 B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}(2m)(\sqrt{5}v)^2=5mv^2$이므로 p에서 A의 운동 에너지는 s에서 B의 운동 에너지의 $\frac{1}{10}$배이다.

06 전기력

도체구에 대전된 전하의 종류가 같으면 서로 미는 방향으로 전기력이 작용한다. 두 전하에 작용하는 전기력의 크기는 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다.

ㄱ. (가)에서 B가 음(−)전하이면 A도 음(−)전하이다. (다)에서 A가 음(−)전하이므로 C도 음(−)전하이다. 또한 (나)에서 C가 음(−)전하이므로 D도 음(−)전하이다. 따라서 ㉠, ㉡, ㉢은 모두 '−'가 적절하다.

ㄴ. 실이 천장에 매달린 간격은 (다)에서가 (가)에서의 2배이다. 또한 (가)의 A, B가 서로 밀어내어 연직 방향과 실이 이루는 각과 (다)의 A, C가 서로 밀어내어 연직 방향과 실이 이루는 각이 같다. 따라서 A, B의 전하량의 곱의 크기보다 A, C의 전하량의 곱의 크기가 더 커야 하므로 B의 전하량의 크기는 C의 전하량의 크기보다 작다.

ㄷ. (가), (다)를 통해 C에 대전된 전하량의 크기가 B에 대전된 전하량의 크기보다 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 A의 전하량의 크기가 D의 전하량의 크기의 $\frac{1}{2}$배이다. 두 실이 천장에 매달린 간격이 서로 같은 (가), (나)에서 전하량 크기는 C가 B보다 크고, D가 A보다 크므로 $\theta_0<\theta_1$이다.

테마 07
저항의 연결과 전기 에너지

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 본문 55쪽

정답 ⑤

X, Y, Z의 단면적이 각각 A, $2A$, $4A$이므로 X의 저항값을 $4R$라 할 때 Y의 저항값은 $2R$, Z의 저항값은 R이다.

ㄱ. S_1, S_2를 모두 닫았을 때는 X, Y, Z가 모두 병렬로 연결되고, S_2만 닫았을 때는 X, Z만 병렬로 연결된다. 따라서 회로의 합성 저항값은 S_1, S_2를 모두 닫았을 때는 $\frac{4}{7}R$이고 S_2만 닫았을 때는 $\frac{4}{5}R$이므로 회로의 합성 저항값은 S_1, S_2를 모두 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때의 $\frac{5}{7}$배이다.

ㄴ. 전류계에 흐르는 전류의 세기는 S_1만 닫았을 때와 S_2만 닫았을 때의 회로의 합성 저항값에 반비례한다. S_1만 닫았을 때는 X, Y만 병렬로 연결되어 있고, S_2만 닫았을 때는 X, Z만 병렬로 연결되어 있다. 따라서 회로의 합성 저항값은 S_1만 닫았을 때는 $\frac{4}{3}R$이고 S_2만 닫았을 때는 $\frac{4}{5}R$이므로 전류계에 흐르는 전류의 세기는 S_1만 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때의 $\frac{3}{5}$배이다.

ㄷ. 회로 전체에서 소비되는 전력은 회로의 합성 저항값에 반비례한다. 따라서 회로의 합성 저항값은 S_1만 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때보다 크므로 회로 전체에서 소비되는 전력은 S_1만 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때보다 작다.

수능 2점 테스트 본문 56~57쪽

01 ④	02 ④	03 ④	04 ②	05 ⑤
06 ①	07 ③	08 ⑤		

01 전위와 전위차

단위 양(+)전하가 갖는 전기력에 의한 퍼텐셜 에너지를 전위라고 한다.

ㄱ. A가 음(−)전하이고 음(−)전하가 받는 전기력의 방향과 전기장의 방향은 서로 반대이다. 따라서 전기장의 방향은 $-x$방향이다.

ㄴ. 전기장의 방향은 전기장 내의 한 지점에 놓여 있는 양(+)전하에 작용하는 전기력의 방향과 같다. 따라서 전기장의 방향이 r에서 q를 향하는 $-x$방향이므로 전위는 r에서가 q에서보다 높다.

~~ㄷ~~. x축 방향의 위치가 같은 p에서와 r에서의 전위는 같다. 따라서 p, q 사이와 q, r 사이의 전위차는 같다.

02 저항의 연결

저항이 직렬로 연결되어 있을 때 저항에 흐르는 전류의 세기가 같고 저항이 병렬로 연결되어 있을 때 저항 양단에 걸린 전압이 같다. 병렬로 연결된 저항에 흐르는 전류의 세기는 저항값에 반비례한다.

~~ㄱ~~. 병렬로 연결된 저항 B, C에 흐르는 전류의 세기는 S_1만 닫았을 때 I_B가 I_C의 2배이다. 따라서 저항값은 B가 C의 $\frac{1}{2}$배이다.

ㄴ. 저항이 직렬로 연결되어 있을 때 저항 양단에 걸리는 전압은 저항값에 비례한다. A, C, D의 저항값은 같다. S_1만 닫았을 때 I_B는 I_C의 2배이므로 B의 저항값을 R라 하면 C의 저항값은 $2R$이다. 따라서 A의 저항값은 $2R$이고 B, C의 합성 저항값은 $\frac{2}{3}R$이므로 S_1만 닫았을 때 저항 양단에 걸린 전압은 A에서가 C에서의 3배이다.

ㄷ. 저항이 병렬로 연결되어 있을 때 저항에 흐르는 전류의 세기는 저항값에 반비례한다. 따라서 저항값은 B가 D의 $\frac{1}{2}$배이므로 S_1과 S_2를 모두 닫았을 때 D에 흐르는 전류의 세기는 I_B의 $\frac{1}{2}$배이다.

03 저항의 연결

저항이 직렬로 연결되어 있을 때 저항 양단에 걸린 전압은 저항값에 비례한다. P, Q에 흐르는 전류의 세기의 합은 전류계에 흐르는 전류의 세기와 같다.

ㄱ. C의 저항값이 R일 때 A와 D의 양단에 걸리는 전압은 같다. C, D는 병렬로 연결되어 있으므로 C, D에 흐르는 전류의 세기는 저항값에 반비례한다. C의 저항값이 R일 때 P에 흐르는 전류의 세기가 Q에 흐르는 전류의 세기의 2배이므로 D의 저항값은 $2R$이고 C, D의 합성 저항값은 $\frac{2}{3}R$이다. A의 저항값을 R_A라 하면 B의 저항값도 R_A가 되므로 A, B의 합성 저항값은 $\frac{1}{2}R_A$이다. 따라서 A와 D의 양단에 걸리는 전압이 서로 같으므로 $\frac{2}{3}R=\frac{1}{2}R_A$가 되어 $R_A=\frac{4}{3}R$이다.

ㄴ. C의 저항값이 R일 때 전류계에 흐르는 전류의 세기는 I이다. P, Q에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_P, I_Q라 하면 $I_P+I_Q=I$이다. 따라서 I_P가 I_Q의 2배이므로 P에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{2}{3}I$이다.

~~ㄷ~~. C의 저항값을 $2R$로 증가시킬 경우 C, D의 합성 저항값은 R이다. 따라서 A, B의 합성 저항값은 $\frac{2}{3}R$이므로 C의 저항값을 $2R$로 증가시킬 경우 저항 양단에 걸린 전압은 B에서가 D에서의 $\frac{2}{3}$배이다.

04 비저항과 저항

저항은 금속 막대의 비저항과 길이에 비례하고 단면적에 반비례한다.

~~ㄱ~~. A와 D에 흐르는 전류의 세기는 A에서가 D에서의 2배이다. A에 흐르는 전류의 세기는 B, C와 D에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 B, C에 흐르는 전류의 세기는 D에 흐르는 전류의 세기와 같다. 따라서 B, C의 합성 저항값은 D의 저항값과 같다. C의 길이를 l_C, B, D의 길이를 각각 l, $2l$, B, C, D의 단면적을 각각 $2S$, $2S$, S라 하면 $\frac{l+l_C}{2S}=\frac{2l}{S}$에 의해 $l_C=3l$이다. 즉, C의 길이는 D의 길이보다 길다.

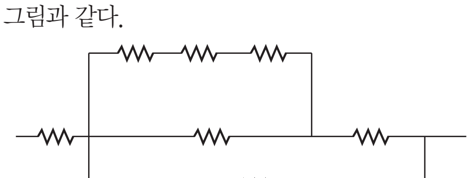
ㄴ. 비저항을 ρ라 하면 A의 저항값은 $\rho\frac{l}{2S}$이고 B, C, D의 합성 저항값은 $\rho\frac{l}{S}$이다. 따라서 A의 저항값은 B, C, D의 합성 저항값의 $\frac{1}{2}$배이다. 전원의 전압이 V이므로 A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{1}{3}V$이다.
~~ㄷ~~. B, C에 흐르는 전류의 세기는 같고 B의 저항값은 $\rho\frac{l}{2S}$이고 C의 저항값은 $\rho\frac{3l}{2S}$이다. 따라서 B의 저항값은 C의 저항값의 $\frac{1}{3}$배이다. 저항이 소비하는 전력은 저항에 흐르는 전류의 세기가 같을 때 저항값에 비례하므로 B에서 소비하는 전력은 C에서 소비하는 전력보다 작다.

05 전기장과 전기력이 한 일

입자가 양(+)전하로 대전되어 있을 때 입자에 작용하는 전기력의 방향과 전기장의 방향은 같다. 입자에 작용하는 전기력은 입자에 대전된 전하량과 전기장의 곱과 같다.
ㄱ. A가 양(+)전하로 대전되어 있으므로 A에 작용하는 전기력의 방향과 전기장의 방향은 같다. 따라서 (가)에서 전기장의 방향은 $+x$ 방향이다.
ㄴ. A, B가 p에서 q까지, r에서 s까지 이동하는 동안 걸린 시간은 같다. 동일한 시간 동안 입자의 이동 거리가 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{2}$배이므로 입자에 작용한 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{2}$배이다. 전기장의 세기는 전기력의 크기를 입자의 전하량의 크기로 나눈 값이고 A, B의 전하량의 크기가 같으므로 전기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{2}$배이다.
ㄷ. 전기력이 입자에 한 일은 입자에 작용한 전기력의 크기와 입자의 이동 거리의 곱과 같다. A에 작용한 전기력의 크기를 F라 하면 A가 p에서 q까지 이동하는 동안 전기력이 A에 한 일은 $F\times 3d=3Fd$이며 B가 r에서 s까지 이동하는 동안 전기력이 B에 한 일은 $2F\times 6d=12Fd$이다. 따라서 (가)에서 A가 p에서 q까지 이동하는 동안 전기력이 A에 한 일은 (나)에서 B가 r에서 s까지 이동하는 동안 전기력이 B에 한 일의 $\frac{1}{4}$배이다.

06 저항의 연결

저항이 직렬로 연결되었을 때 합성 저항값은 직렬로 연결된 저항 개수가 증가할수록 커지며 저항이 병렬로 연결되었을 때 합성 저항값은 병렬로 연결된 저항 개수가 증가할수록 작아진다. 회로를 간단하게 표현하면 그림과 같다.



① 직렬로 연결된 위의 3개 저항과 병렬로 연결된 저항 1개의 합성 저항값은 $\frac{3R\times R}{3R+R}=\frac{3}{4}R$이고 이 합성 저항과 직렬로 연결된 저항 1개의 합성 저항값은 $R+\frac{3}{4}R=\frac{7}{4}R$이다. 이렇게 구한 합성 저항과 병렬로 연결된 저항 1개의 합성 저항값을 다시 구하면 $\frac{\frac{7}{4}R\times R}{\frac{7}{4}R+R}=\frac{7}{11}R$가 되고, 이 합성 저항과 직렬로 연결된 저항 1개의 합성 저항값을 구하면 $\frac{7}{11}R+R=\frac{18}{11}R$가 된다.

07 저항의 연결

전류계에 흐르는 전류의 세기는 전원의 전압에 비례하고 합성 저항값에 반비례한다.
③ 각 저항의 저항값을 R, 전원의 전압을 V라 하면 S_1만 닫았을 때 합성 저항값은 $\frac{R\times 3R}{R+3R}=\frac{3}{4}R$이고 S_2만 닫았을 때 합성 저항값은 $\frac{R\times 2R}{R+2R}=\frac{2}{3}R$이다. 따라서 $I_1=\frac{4V}{3R}$이고 $I_2=\frac{3V}{2R}$이므로 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{8}{9}$이다.

08 저항의 연결

저항이 직렬로 연결되어 있을 때 저항에 흐르는 전류의 세기가 같고 저항이 병렬로 연결되어 있을 때 저항 양단에 걸린 전압이 같다.
ㄱ. (가)에서 B의 양단에 걸린 전압을 $2V$라 하면 (나)에서 B의 양단에 걸린 전압은 V이다. 저항은 저항값이 같은 동일한 저항이고 (가)에서 A의 양단에 걸린 전압은 $2V$이므로 $V_0=4V$이고 (나)에서 A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{1}{2}V$이므로 $V_1=\frac{3}{2}V$이다. 따라서 $V_0=\frac{8}{3}V_1$이다.
ㄴ. A, B, C의 각 저항값을 R라 하면 (가)에서의 합성 저항값은 $\frac{2}{3}R$이고 (나)에서의 합성 저항값은 $\frac{3}{2}R$이다. 따라서 (가)에서 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{4V}{\frac{2}{3}R}=6\frac{V}{R}$이고 (나)에서 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{\frac{3}{2}V}{\frac{3}{2}R}=\frac{V}{R}$이므로 전류계에 흐르는 전류의 세기는 (가)에서가 (나)에서의 6배이다.
ㄷ. (가)에서 A의 양단에 걸린 전압은 $2V$이고 (나)에서 A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{1}{2}V$이다. 따라서 A의 양단에 걸린 전압은 (가)에서가 (나)에서의 4배이다.

수능 3점 테스트

본문 58~60쪽

01 ① 02 ③ 03 ③ 04 ③ 05 ③ 06 ⑤

01 저항의 연결

저항이 직렬로 연결되어 있을 때 저항 양단에 걸리는 전압은 저항값에 비례한다. 표에서 닫힌 스위치가 S_1일 때 D의 양단에 걸린 전압이 $\frac{1}{2}V$이므로 A와 D의 저항값은 같다. 따라서 A의 저항값은 $2R$이다.

① 닫힌 스위치가 S_2일 때 D의 양단에 걸린 전압이 $\frac{1}{5}V$이므로 B의 저항값은 D의 저항값의 4배이다. 따라서 B의 저항값은 $4R$이다. 닫힌 스위치가 S_3일 때 D의 양단에 걸린 전압이 $\frac{1}{4}V$이므로 C의 저항값은 D의 저항값의 3배이다. 따라서 C의 저항값은 $2R$이다.

모든 스위치가 닫혀있다면 A, B, C의 합성 저항값은 $\frac{1}{2R}+\frac{1}{4R}+\frac{1}{2R}=\frac{1}{R_{합}}$에서 $R_{합}=\frac{4}{5}R$이다. 따라서 D의 저항값이 R이므로 D의 양단에 걸리는 전압은 $\frac{5}{9}V$이고, 이때 D에서 소비되는 전력은 $\frac{\left(\frac{5}{9}V\right)^2}{R}=\frac{25V^2}{81R}$이다.

02 전위와 전기장

전위를 통해 전기장의 방향을 확인할 수 있다. Ⅱ에서 전위는 P에서가 Q에서보다 낮으므로 Ⅱ에서 전기장의 방향은 Q에서 P를 향하는 방향이다. Ⅰ, Ⅲ에서의 전기장의 방향은 Ⅱ에서의 반대 방향이므로 Ⅰ, Ⅲ에서 전기장의 방향은 P에서 Q를 향하는 방향이다. 또한 A, B, C가 모두 P에서 Q로 등가속도 운동을 하므로 A, C는 양(+)전하로 대전되어 있고, B는 음(−)전하로 대전되어 있다.

ㄱ. Ⅰ에서의 전기장의 방향은 Ⅱ에서의 전기장의 방향과 반대이다. 따라서 Ⅰ에서 전기장의 방향은 A의 운동 방향과 같다.

~~ㄴ~~. A, C는 양(+)전하로 대전되어 있고 B는 음(−)전하로 대전되어 있다. 따라서 B, C에 대전된 전하의 종류는 서로 다르다.

ㄷ. A, B, C는 같은 거리를 서로 다른 가속도로 등가속도 운동을 한다. A, B, C의 질량과 전하량의 크기가 같으므로 (가), (나), (다)에서의 전기장 세기의 비는 A, B, C의 가속도의 비와 같고 A, B, C의 질량과 P에서 Q까지 이동한 거리가 같으므로 입자가 P에서 Q까지 이동하는 동안 입자에 작용하는 전기력이 한 일의 비도 A, B, C의 가속도의 비와 같다. 따라서 A, B, C의 가속도를 각각 a_A, a_B, a_C라 하면 $a_A : a_B : a_C=\left(\frac{1}{2}v\right)^2 : v^2 : \left(\frac{1}{4}v\right)^2=4 : 16 : 1$이므로 입자가 P에서 Q까지 이동하는 동안 입자에 작용하는 전기력이 한 일은 B에서가 C에서의 16배이다.

03 비저항과 저항

비저항 ρ, 길이 l, 단면적 S인 저항체의 저항값 $R=\rho\frac{l}{S}$이다.

ㄱ. 전압계의 양단의 위치가 A~C와 D~E의 양 끝에 걸려 있으므로 전압계를 통해 병렬연결된 A~C와 D~E의 전압을 측정할 수 있다. 따라서 전압계 양단에 걸린 전압은 V이다.

~~ㄴ~~. P에 흐르는 전류의 세기는 D~E에 흐르는 전류의 세기와 같고 Q에 흐르는 전류의 세기는 A~C와 D~E에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다. A~C의 비저항을 ρ라 하면 D~E의 비저항은 $\frac{1}{2}\rho$이다.

A~C의 합성 저항값은 $\rho\frac{l}{S}+\rho\frac{l}{2S}+\rho\frac{l}{3S}=\rho\frac{11l}{6S}=\rho\frac{22l}{12S}$이고 D~E의 합성 저항값은 $\frac{\rho}{2}\frac{l}{2S}+\frac{\rho}{2}\frac{l}{S}=\frac{\rho}{2}\frac{3l}{2S}=\rho\frac{3l}{4S}=\rho\frac{9l}{12S}$이다. 저항이 병렬로 연결된 회로에서 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 저항값에 반비례한다. Q에 흐르는 전류의 세기를 I라 하면 A~C에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{9}{31}I$이고 D~E에 흐르는 전류의 세기(P에 흐르는 전류의 세기)는 $\frac{22}{31}I$이다. 따라서 전류계에 흐르는 전류의 세기는 P에서가 Q에서의 $\frac{22}{31}$배이다.

ㄷ. 소비 전력은 저항의 양단에 걸린 전압의 제곱에 비례하고 저항값에 반비례한다. 따라서 A~C와 D~E의 양단에 걸린 전압은 V로 같고 A~C의 합성 저항값은 $\rho\frac{22l}{12S}$이며 D~E의 합성 저항값은 $\rho\frac{9l}{12S}$이므로 A~C에서 소비되는 전력은 D~E에서 소비되는 전력의 $\frac{9}{22}$배이다.

04 저항의 연결과 소비 전력

저항을 직렬로 연결하였을 때 각 저항 양단에 걸린 전압은 저항값에 비례하고 저항을 병렬로 연결하였을 때 각 저항에 흐르는 전류의 세기는 각 저항값에 반비례한다.

③ A, B는 서로 직렬로 연결되어 있으므로 A, B에 흐르는 전류의 세기는 같다. 따라서 A, B에서 각각 소비하는 전력은 저항값에 비례하므로 A의 저항값은 B의 저항값의 2배이다.

A의 저항값(R_A)을 $2R$라 할 때 B의 저항값(R_B)은 R이므로 A, B, C의 합성 저항값은 $\frac{3R\times R_C}{3R+R_C}$이다. 또한 A에 흐르는 전류의 세기는 C에 흐르는 전류의 세기의 2배이므로 A, B의 합성 저항값은 C의 저항값의 $\frac{1}{2}$배이다. $R_C=6R$이고 A, B, C의 합성 저항값은 $2R$이다. 저항 양단에 걸린 전압은 C에서가 D에서의 2배이므로 D의 저항값(R_D)은 R이다.

따라서 $R_A : R_B : R_C : R_D=2 : 1 : 6 : 1$ 이다.

05 전구의 연결과 소비 전력

전구의 소비 전력은 전구의 양단에 걸린 전압이 일정할 때 전구의 저항값에 반비례한다.

ㄱ. A, B, C, D의 저항값을 각각 R_A, R_B, R_C, R_D라 하면 $\frac{1}{R_A} : \frac{1}{R_B}=2 : 1$, $\frac{1}{R_C} : \frac{1}{R_D}=4 : 1$, $\frac{1}{R_B} : \frac{1}{R_D}=1 : 1$이므로 $2R_A=R_B$, $4R_C=R_D$, $R_B=R_D$이다. 따라서 전구의 저항값은 B가 C의 4배이다.

ㄴ. $2R_A=R_B$이므로 S_2만 닫았을 때 A, B 양단에 걸린 전압은 A는 $\frac{1}{3}V$이고, B는 $\frac{2}{3}V$이다. 따라서 A, B 양단에 걸린 전압은 A에서가 B에서의 $\frac{1}{2}$배이다.

ㄹ. R_A를 R라고 하면 $R_B=2R$, $R_C=\frac{1}{2}R$, $R_D=2R$이다.

S_1, S_2가 모두 열려 있을 때 A, B, C, D 모두 켜지므로 합성 저항값은 $3R+\frac{\frac{1}{2}R\times 2R}{\frac{1}{2}R+2R}=3R+\frac{2}{5}R=\frac{17}{5}R$이다. 이때 P에 흐르는 전류의 세기는 I이므로 $I=\frac{V}{\frac{17}{5}R}=\left(\frac{5}{17}\right)\frac{V}{R}$이다.

S_1만 닫혀있을 때 C, D만 켜지므로 합성 저항값은 $\frac{\frac{1}{2}R\times 2R}{\frac{1}{2}R+2R}=\frac{2}{5}R$이고, 이때 P에 흐르는 전류의 세기를 I_1이라 하면 $I_1=\frac{V}{\frac{2}{5}R}=\left(\frac{5}{2}\right)\frac{V}{R}$이다. 따라서 $I_1=\frac{17}{2}I$이다.

06 비저항과 저항

비저항 ρ, 길이 l, 단면적 S인 저항체의 저항값 $R=\rho\frac{l}{S}$이다. 전기 전도도(σ)는 비저항(ρ)에 반비례한다. 즉, $\rho=\frac{1}{\sigma}$이다.

ㄱ. B의 저항값은 $\frac{1}{2\sigma}\frac{2l}{S}=\frac{l}{\sigma S}$이고 C의 저항값은 $\frac{1}{\sigma}\frac{4l}{\frac{1}{2}S}=\frac{8l}{\sigma S}$이다. 따라서 금속 막대의 저항값은 B가 C의 $\frac{1}{8}$배이다.

ㄴ. A의 저항값은 $\frac{1}{\sigma}\frac{l}{2S}=\frac{l}{2\sigma S}$이다. D의 저항값은 A의 $\frac{1}{4}$배이므로 $\frac{1}{㉠}\frac{2l}{4S}=\frac{l}{㉠2S}$은 $\frac{l}{8\sigma S}$와 같다. 따라서 ㉠은 4σ이다.

ㄷ. 저항값의 비는 A : B : C : D=4 : 8 : 64 : 1이다. 따라서 A의 저항값을 $4R$라 하면 B의 저항값은 $8R$, C의 저항값은 $64R$, D의 저항값은 R이다. A, B의 합성 저항값은 $12R$이고 이와 병렬로 연결된 C의 저항값은 $64R$이므로 P에 흐르는 전류의 세기가 I이면 C에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{3}{16}I$이다. P와 C에 각각 흐르는 전류의 세기의 합은 Q에 흐르는 전류의 세기와 같다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 세기는 $I+\frac{3}{16}I=\frac{19}{16}I$이다.

테마

08 트랜지스터와 축전기

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 63쪽

정답 ③

축전기에 채워진 유전체의 유전율을 ε, 극판 사이의 간격을 d, 극판의 면적을 S라 하면 축전기의 전기 용량 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다.

③ 전기 용량은 A가 B의 2배이므로 A, B의 극판의 면적을 S라 하면 $\varepsilon\frac{S}{d_A}=2\times 2\varepsilon\frac{S}{d_B}$가 되어 $\frac{d_B}{d_A}=4$이다. 또한 A, B에 저장된 전기 에너지가 서로 같고 전기 용량은 A가 B의 2배이므로 A의 전기 용량을 $2C$, A, B의 극판 양단에 걸린 전압을 각각 V_A, V_B라 하면, $\frac{1}{2}\times 2C\times V_A{}^2=\frac{1}{2}\times C\times V_B{}^2$이므로 $\frac{V_A{}^2}{V_B{}^2}=\frac{1}{2}$, $\frac{V_A}{V_B}=\frac{1}{\sqrt{2}}$이다.

따라서 저항 양단에 걸린 전압은 저항값에 비례하므로 $\frac{V_A}{V_B}=\frac{R_A}{R_B}$에 의해 $\left(\frac{d_B}{d_A}\right)\times\left(\frac{R_A}{R_B}\right)=4\times\frac{1}{\sqrt{2}}=2\sqrt{2}$이다.

수능 2점 테스트

본문 64~65쪽

01 ④	02 ①	03 ⑤	04 ④	05 ④
06 ①	07 ④	08 ①		

01 트랜지스터

전류가 증폭되는 회로에 연결된 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸린다.

ㄱ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압을 걸어주므로 (+)극에 연결된 이미터의 반도체 X는 p형 반도체이다.

ㄴ. 이미터에 흐르는 전류의 세기는 베이스와 컬렉터에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다. 따라서 R_1에 흐르는 전류의 세기는 R_2에 흐르는 전류의 세기보다 크다.

ㄷ. p−n−p형 트랜지스터이다. 따라서 트랜지스터에서 전자는 대부분 컬렉터에서 이미터로 이동한다.

02 트랜지스터

베이스에 흐르는 전류의 세기를 I_B, 컬렉터에 흐르는 전류의 세기를 I_C라 할 때 트랜지스터의 전류 증폭률은 $\frac{I_C}{I_B}$이다.

ㄱ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸리고 P의 이미터 단자는 전원의 (+)극에 연결되어 있으므로 P는 p−n−p형 트랜지스터이다.

ㄴ. R_2에 흐르는 전류의 세기(P의 컬렉터에 흐르는 전류의 세기)와 R_3에 흐르는 전류의 세기(Q의 컬렉터에 흐르는 전류의 세기)가 같다. 트랜지스터의 전류의 증폭률은 P가 Q보다 크므로 P의 베이스에

흐르는 전류의 세기는 Q의 베이스에 흐르는 전류의 세기보다 작다. 따라서 트랜지스터의 이미터에 흐르는 전류의 세기는 컬렉터에 흐르는 전류의 세기와 베이스에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 이미터에 흐르는 전류의 세기(P: R_1에 흐르는 전류의 세기, Q: R_4에 흐르는 전류의 세기)는 베이스에 흐르는 전류의 세기가 작은 P에서가 Q에서보다 작다.

ㄷ. 전류가 증폭되기 위해서는 컬렉터 단자와 베이스 단자 사이에는 역방향 전압이 걸려 있어야 한다. 따라서 Q의 컬렉터 단자와 베이스 단자 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다.

03 트랜지스터

전류가 증폭되는 회로에 연결된 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸린다.

ㄱ. 트랜지스터의 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어준다. 컬렉터 단자에는 화살표 방향으로 전류가 흐르므로 트랜지스터는 n−p−n형 트랜지스터다. 따라서 a는 (−)극이다.

ㄴ. 트랜지스터는 n−p−n형 트랜지스터이므로 X는 p형 반도체이다.

ㄷ. 트렌지스터의 이미터(E)에 흐르는 전류의 세기는 베이스(B)에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터(C)에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다.

04 트랜지스터

트랜지스터 기호에서 화살표는 전류의 방향을 의미한다.

ㄱ. 트랜지스터 기호에서 화살표가 이미터에서 베이스로 향하고 있다. 따라서 트랜지스터는 p−n−p형 트랜지스터이다.

ㄴ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압을 걸어 주어야 한다. 따라서 이미터는 p형 반도체로 구성되어 있으므로 R_1에 흐르는 전류의 방향은 b → R_1 → a이다.

ㄷ. 컬렉터와 베이스 사이에는 역방향 전압을 걸어 주어야 한다. 따라서 R_2에 흐르는 전류의 방향은 d → R_2 → c이므로 전위는 c에서가 d에서보다 낮다.

05 축전기의 전기 용량

병렬로 연결된 축전기에는 축전기 양단에 걸린 전압이 같고, 직렬로 연결된 축전기에는 충전된 전하량이 같다. 축전기에 충전된 전하량은 축전기의 전기 용량과 축전기 양단에 걸린 전압의 곱과 같다.

④ (가), (나)의 전원의 전압을 V라 하고 (가)에서 A, B에 충전된 전하량을 각각 Q_A, Q_B라 하면 $Q_A=C_AV$, $Q_B=C_BV$ 이다. (나)에서 B, C에 충전된 전하량은 같고 B, C의 양단에 걸린 전압은 B가 C의 2배이므로 B, C의 전기 용량은 B가 C의 $\frac{1}{2}$배이다. 또한 A, C에 충전된 전하량이 같으므로 $C_AV=C_C\frac{1}{3}V$가 성립하여 $3C_A=C_C$이다. 따라서 $C_A : C_B : C_C=2 : 3 : 6$이다.

06 축전기의 전기 용량

극판의 면적이 S, 두 극판 사이의 간격이 d, 유전체의 유전율이 ε인 평행판 축전기의 전기 용량은 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다.

ㄱ. A는 극판 사이의 간격은 같고 면적이 반인 축전기 2개가 병렬로 연결된 것과 같다. 따라서 축전기 극판 사이의 간격을 d, 극판의 면적을 $2S$라 하면 A의 전기 용량 $C_A=\varepsilon\frac{S}{d}+3\varepsilon\frac{S}{d}=\varepsilon\frac{4S}{d}$이고 B의 전기 용량은 $C_B=\varepsilon\frac{2S}{d}$이다. 따라서 축전기의 전기 용량은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. 축전기가 병렬로 연결되어 있으므로 축전기 양단에 걸린 전압은 서로 같다. 따라서 축전기에 충전된 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하므로 축전기에 충전된 전하량은 A가 B의 2배이다.

ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 전기 용량과 축전기 양단에 걸린 전압의 제곱에 각각 비례한다. 따라서 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 2배이다.

07 축전기의 전기 용량

극판의 면적이 S, 두 극판 사이의 간격이 d, 유전체의 유전율이 ε인 평행판 축전기의 전기 용량은 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다.

④ B와 C에 충전된 전하량이 같고 B와 C 양단에 걸린 전압도 같으므로 B의 극판의 면적을 S_B, 진공에서의 유전율을 ε_0이라 하면 $\varepsilon_0\frac{S_B}{d}=\varepsilon_0\frac{S_C}{d}$이므로 $S_B=S_C$이다.

축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기에 충전된 전하량과 축전기 양단에 걸린 전압의 곱에 비례한다.

직렬로 연결된 축전기에 충전된 전하량은 서로 같으므로 B에 충전된 전하량을 Q라 하면 A에 충전된 전하량은 $2Q$(B와 C에 충전된 전하량의 합)이다. A의 양단에 걸린 전압과 B의 양단에 걸린 전압을 각각 V_A, V_B라 하면 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 4배이므로 $V_A=2V_B$($2QV_A=4QV_B$이므로)이다.

A에 충전된 전하량은 $\varepsilon_0\frac{2S_A}{d}V_A=\varepsilon_0\frac{2S_A}{d}2V_B=2Q$이고, B에 충전된 전하량은 $\varepsilon_0\frac{S_B}{d}V_B=Q$이므로 $2S_A=S_B\left(\varepsilon_0\frac{2S_A}{d}2V_B=2\varepsilon_0\frac{S_B}{d}V_B\text{이므로}\right)$이다. 따라서 $S_B=S_C$이므로 $\frac{S_C}{S_A}=\frac{S_B}{S_A}=2$이다.

08 축전기의 전기 용량

극판의 면적이 S, 두 극판 사이의 간격이 d, 유전체의 유전율이 ε인 평행판 축전기의 전기 용량은 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다. 따라서 A, B, C의 전기 용량은 각각 $\varepsilon_1\frac{S}{d}$, $\varepsilon_2\frac{S}{4d}$, $\varepsilon_3\frac{S}{12d}$이다.

① A, B, C의 양단에 걸린 전압은 같다. 따라서 A, B, C에 각각 충전된 전하량은 A, B, C의 전기 용량에 비례한다. 충전된 전하량은 A가 B의 2배이고 B가 C의 3배이므로 $\varepsilon_1\frac{S}{d}=2\varepsilon_2\frac{S}{4d}$에 의해 $\varepsilon_1=\frac{1}{2}\varepsilon_2$가 됨을 확인할 수 있고 $\varepsilon_2\frac{S}{4d}=3\varepsilon_3\frac{S}{12d}$에 의해 $\varepsilon_2=\varepsilon_3$가 됨을 확인할 수 있다. 따라서 $\varepsilon_1 : \varepsilon_2 : \varepsilon_3=1 : 2 : 2$이다.

수능 3점 테스트

본문 66~68쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ④ 05 ③ 06 ⑤

01 트랜지스터

전류가 증폭되는 회로에 연결된 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸린다.

ㄱ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압을 걸어 주어야 한다. 따라서 X와 Y는 모두 n형 반도체이다.

ㄴ. 트랜지스터는 n－p－n형 트랜지스터이므로 n형 반도체인 이미터의 전자의 대부분은 컬렉터로 이동한다.

ㄷ. (가), (나)에서 이미터 단자에 연결된 전원의 전극은 모두 (－)극이다. 따라서 이미터와 베이스 사이에 걸린 순방향 전압에 의해 베이스 단자에 흐르는 전류의 방향은 베이스 단자에 가까워지는 방향 즉, (가)에서는 시계 반대 방향, (나)에서는 시계 방향이다.

02 트랜지스터와 저항

전류가 증폭되는 회로에 연결된 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 전압이 걸린다.

ㄱ. 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸려야 한다. 따라서 베이스 단자인 B에 흐르는 전류의 방향이 화살표 방향이므로 p는 (－)극이다.

ㄴ. 베이스에 흐르는 전류의 방향이 화살표 방향이므로 컬렉터에 흐르는 전류의 방향도 컬렉터에 가까워지는 방향으로 흐른다. 따라서 R_4에 흐르는 전류의 방향은 q 방향이다.

ㄷ. R_2, R_3의 저항값의 비로 전원의 전압이 분배된다. R_2의 저항값을 증가시키면 이미터 단자와 베이스 단자 사이에 걸리는 전압이 증가하여 이미터 단자인 E에 흐르는 전류의 세기가 증가한다.

03 축전기의 전기 용량과 저장된 전기 에너지

극판의 면적이 S, 극판 사이의 간격이 d, 유전체의 유전율이 ε인 평행판 축전기의 전기 용량은 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다. 축전기 양단에 걸린 전압이 V인 평행판 축전기에 저장된 전기 에너지는 $E=\frac{1}{2}CV^2$이다.

ㄱ. 축전기 양단에 걸린 전압은 C의 양단에 걸린 전압이 V_0일 때 A는 $\frac{2}{3}V_0$이고 B는 $\frac{1}{3}V_0$이다. 따라서 축전기 양단에 걸린 전압은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. A의 극판의 면적을 S, 극판 사이의 간격을 $2d$라 하면 A의 전기 용량은 $\varepsilon\frac{S}{2d}$, B의 전기 용량은 $\varepsilon\frac{S}{d}$, C의 전기 용량은 $\varepsilon\frac{2S}{d}$이다. 따라서 전기 용량은 C가 B의 2배이다.

~~ㄷ~~. A, B에 충전된 전하량은 서로 같으므로 A, B의 각 양단에 걸린 전압은 A가 B의 2배이다. C에 저장된 전기 에너지가 E_0일 때 C의 양단에 걸린 전압은 $\frac{\sqrt{2}}{2}V_0$이므로 이때 A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{\sqrt{2}}{3}V_0$이다. 따라서 C에 저장된 전기 에너지는 $E_0=\varepsilon\frac{2S}{d}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}V_0\right)^2$이고 A에 저장된 전기 에너지는 $E_A=\varepsilon\frac{S}{2d}\left(\frac{\sqrt{2}}{3}V_0\right)^2=\varepsilon\frac{S}{d}\frac{1}{9}V_0^2$이므로 이때 A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{9}E_0$이다.

04 축전기와 축전기에 저장된 전기 에너지

직렬로 연결된 축전기에 저장된 전하량은 서로 같고 병렬로 연결된 축전기의 양단에 걸린 전압은 서로 같다.

~~ㄱ~~. A, D는 극판의 면적이 같고 두 극판 사이의 간격은 A가 D의 2배이다. 따라서 A, D의 두 극판 사이에 완전히 채워진 유전체의 유전율이 같으므로 축전기의 전기 용량은 A가 D의 $\frac{1}{2}$배이다.

ㄴ. B, C의 양단에 걸린 전압은 같고 전기 용량은 B가 C의 2배이므로 축전기에 저장된 전하량도 B가 C의 2배이다. A에 저장된 전하량은 B, C에 저장된 전하량의 합과 같으므로 전원의 전압을 V라 하면 A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{3}{4}V$이고 B, C의 양단에 걸린 전압은 $\frac{1}{4}V$이다. 따라서 S_2만 닫고 A, B, C가 완전히 충전된 상태일 때 저항의 양단에 걸린 전압은 A가 C의 3배이다.

ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기의 전기 용량과 축전기 양단에 걸린 전압의 제곱의 곱에 비례한다. 축전기의 전기 용량은 B, D가 A의 2배이다. A, B의 양단에 걸린 전압은 A, B에 저장된 전하량이 같으므로 A가 B의 2배이다. 따라서 D의 양단에 걸린 전압이 V일 때 A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{2}{3}V$이고 B의 양단에 걸린 전압은 $\frac{1}{3}V$이므로 A의 전기 용량을 C_0이라 하면 A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}C_0\left(\frac{2}{3}V\right)^2=\frac{2}{9}C_0V^2$이고 D에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}(2C_0)V^2=C_0V^2$이다. 즉, 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 D의 $\frac{2}{9}$배이다.

05 축전기와 저장된 전기 에너지

극판의 면적이 S, 두 극판 사이의 간격이 d, 유전체의 유전율이 ε인 평행판 축전기의 전기 용량은 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다. 축전기 양단에 걸린 전압이 V인 평행판 축전기에 저장된 전기 에너지는 $E=\frac{1}{2}CV^2$이다.

ㄱ. 축전기의 전기 용량은 A는 $C_0=\varepsilon_A\frac{S}{㉠}$, B는 $2C_0=\varepsilon_B\frac{2S}{d}$, C는 $4C_0=\varepsilon_C\frac{S}{㉡}$, D는 $C_0=\varepsilon_D\frac{S}{4d}$이다.

(가)에서 A에 충전된 전하량은 (나)에서 A에 충전된 전하량의 $\frac{1}{2}$배이다. 축전기에 충전된 전하량은 축전기의 전기 용량과 축전기 양단에 걸린 전압의 곱이므로 (가)에서 A의 양단에 걸린 전압이 $4V$라면 B의 양단에 걸린 전압은 $2V$이고 C의 양단에 걸린 전압은 V이다. (나)에서 A의 양단에 걸린 전압은 $8V$가 되고 C의 양단에 걸린 전압은 $2V$이고 D의 양단에 걸린 전압은 $8V$이다. 따라서 직렬 연결된 각 축전기 양단에 걸린 전압의 합은 전원의 전압과 같으므로 (가)에서 V_1은 $7V$이고, (나)에서 V_2는 $18V$이다. 즉, V_1은 V_2의 $\frac{7}{18}$배이다.

ㄴ. 전기 용량은 B는 $2C_0=\varepsilon_B\frac{2S}{d}$이고 D는 $C_0=\varepsilon_D\frac{S}{4d}$이다. 따라서 $2\varepsilon_D\frac{S}{4d}=\varepsilon_B\frac{2S}{d}$이므로 $\varepsilon_D=4\varepsilon_B$이다.

~~ㄷ~~. ε_A는 ε_C의 $\frac{1}{2}$배이고 전기 용량은 A는 $C_0=\varepsilon_A\frac{S}{㉠}$이며 C는 $4C_0=\varepsilon_C\frac{S}{㉡}$이다. 따라서 $4\varepsilon_A\frac{S}{㉠}=\varepsilon_C\frac{S}{㉡}$이고 $2\varepsilon_A=\varepsilon_C$이므로 $4\varepsilon_A\frac{S}{㉠}=2\varepsilon_A\frac{S}{㉡}$에 의해 2㉡=㉠이다. 즉, ㉠은 ㉡의 2배이다.

06 축전기와 저장된 전기 에너지

극판의 면적이 S, 두 극판 사이의 간격이 d, 유전체의 유전율이 ε인 평행판 축전기의 전기 용량은 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다. 축전기 양단에 걸린 전압이 V인 평행판 축전기에 저장된 전기 에너지는 $E=\frac{1}{2}CV^2$이다. 축전기가 직렬로 연결되어 있을 때는 각 축전기에 저장된 전하량은 서로 같다.

ㄱ. A, B의 극판의 면적을 S라 하면 (가)에서 A의 전기 용량은 $\varepsilon\frac{S}{d}$이고 (나)에서 A의 전기 용량은 $4\varepsilon\frac{S}{d}$이다. 따라서 A의 전기 용량은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{4}$배이다.

ㄴ. (가)에서 A, B의 전기 용량은 $\varepsilon\frac{S}{d}$로 같고 A, B 양단에 걸린 전압도 $\frac{1}{2}V$로 같다. (나)에서 A, B의 전기 용량은 A는 $4\varepsilon\frac{S}{d}$, B는 $2\varepsilon\frac{S}{d}$이므로 A, B의 양단에 걸린 전압은 A는 $\frac{1}{3}V$이고, B는 $\frac{2}{3}V$이다. 축전기에 충전된 전하량은 축전기의 전기 용량과 축전기 양단에 걸린 전압의 곱이므로 B에 충전된 전하량은 (가)에서는 $\frac{1}{2}\varepsilon\frac{S}{d}V$이고 (나)에서는 $\frac{4}{3}\varepsilon\frac{S}{d}V$이다. 따라서 B에 충전된 전하량은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{8}$배이다.

ㄷ. (나)에서 A의 전기 용량과 양단에 걸린 전압은 각각 $4\varepsilon\frac{S}{d}$, $\frac{1}{3}V$이고 B의 전기 용량과 양단에 걸린 전압은 $2\varepsilon\frac{S}{d}$, $\frac{2}{3}V$이다. 따라서 A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}\times4\varepsilon\frac{S}{d}\times\left(\frac{1}{3}V\right)^2=\frac{2}{9}\varepsilon\frac{S}{d}V^2$이고 B에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}\times2\varepsilon\frac{S}{d}\times\left(\frac{2}{3}V\right)^2=\frac{4}{9}\varepsilon\frac{S}{d}V^2$이므로 (나)에서 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다.

테마 09 전류에 의한 자기장

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 본문 71쪽

정답 ⑤

O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장을 B_A, B와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장을 B_{B+C}, D에 흐르는 전류에 의한 자기장을 B_D라 하면 B_A의 x성분과 y성분의 크기 비는 1 : 2이고, B_D의 x성분과 y성분의 크기 비는 2 : 1이다. 따라서 각 자기장의 x성분, y성분은 표와 같다.

자기장	x성분	y성분
B_A	$+B_0$	$+2B_0$
B_{B+C}	$-2B_0$	$-2B_0$
B_D	$-4B_0$	$+2B_0$

ㄱ. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분이 양(+)이므로, A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. O에서 B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 x성분은 $-6B_0$, y성분은 0이다. 따라서 O에서 B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-x$방향이다.

ㄷ. O에서 A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 x성분은 $-5B_0$, y성분은 $+2B_0$이다. 따라서 O에서 A, B, C, D에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $\sqrt{25+4}B_0=\sqrt{29}B_0$이다.

수능 2점 테스트 본문 72~73쪽

01 ③	02 ①	03 ⑤	04 ③	05 ③
06 ⑤	07 ⑤	08 ④		

01 직선 전류에 의한 자기력선

가늘고 무한히 긴 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락으로 도선을 감아쥐는 방향이다.

ㄱ. A, B에 같은 세기의 전류가 각각 흐르고 A, B로부터 같은 거리에 있는 r에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 $-y$방향이므로 A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이고, B에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. p에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기보다 크므로 p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$방향이다. q에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기보다 크므로 q에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$방향이다.

따라서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 p에서와 q에서가 $+y$방향으로 같다.

~~ㄷ~~. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같으므로 O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 0이 아니다.

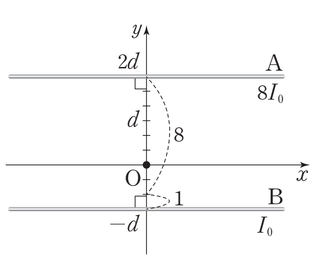
02 직선 전류에 의한 자기장

가늘고 무한히 긴 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향이 $+x$방향이라 가정하면, O, p에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 각각 $+k\frac{I_0}{d}$, $-k\frac{I_0}{d}$ (+: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향, −: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향)이다. A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 O에서가 p에서보다 크다. A에 흐르는 전류의 세기를 I_A라 할 때, O, p에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장은 각각 $-k\frac{I_A}{2d}$, $-k\frac{I_A}{4d}$가 되어야 O와 p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 같아질 수 있다. 이때 A에 흐르는 전류의 방향은 $+x$방향이다. 따라서 전류의 방향은 A에서와 B에서가 서로 같다.

~~ㄴ~~. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $-k\frac{I_A}{2d}+k\frac{I_0}{d}$이고, p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $-k\frac{I_A}{4d}-k\frac{I_0}{d}$이다. $-k\frac{I_A}{2d}+k\frac{I_0}{d}=-k\frac{I_A}{4d}-k\frac{I_0}{d}$에 의해 $I_A=8I_0$이다. 따라서 A에 흐르는 전류의 세기는 $8I_0$이다.

~~ㄷ~~. A, B에 흐르는 전류의 세기가 각각 $8I_0$, I_0이고 전류의 방향이 같으므로 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 곳은 그림과 같이 $y=2d$와 $y=-d$ 사이에서 A, B로부터 거리비가 8 : 1인 지점인 $y=-\frac{2}{3}d$이다.

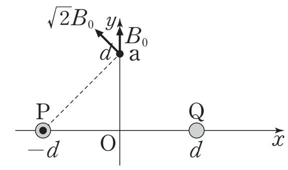


03 직선 전류에 의한 자기장

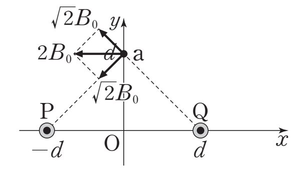
직선 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락으로 도선을 감아쥐는 방향이다.

ㄱ. Q에 흐르는 전류가 0일 때 a에서 자기장의 방향은 P에 흐르는 전류에 의해 결정된다. 이때 자기장의 y성분이 $+B_0$이므로 P에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. $I_Q=I_0$일 때 a에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분이 0이므로 Q에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고 P에 흐르는 전류의 세기는 I_0이다. 그림과 같이 a에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장을 합성하면 자기장의 세기는 $2B_0$이다.

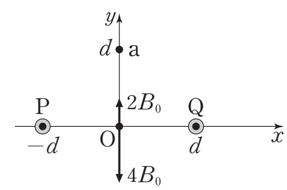


$I_Q=0$일 때



$I_Q=I_0$일 때

ㄷ. $I_Q=2I_0$일 때, O에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B_0$, 자기장의 방향은 $+y$방향이고 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $4B_0$, 자기장의 방향은 $-y$방향이다. 따라서 O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$방향이다.

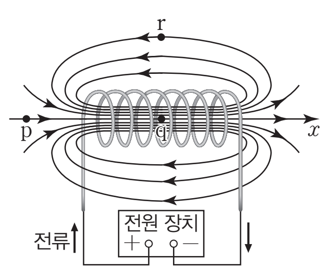


$I_Q=2I_0$일 때

04 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기력선

솔레노이드 중심에서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 향하는 방향이다.

ㄱ. r에서 자기장의 방향이 $-x$방향이므로 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향은 그림의 화살표와 같고 전원 장치의 전극 a는 (+)극이다.



~~ㄴ~~. p에서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 향하는 방향인 $+x$방향이다.

ㄷ. 자기력선의 밀도가 클수록 자기장의 세기가 크므로 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 q에서가 r에서보다 크다.

05 직선 전류에 의한 자기장

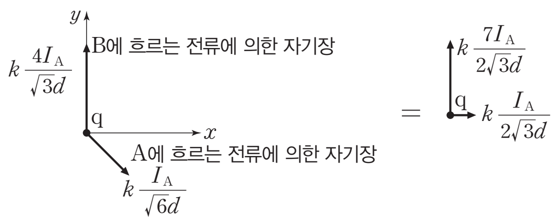
가늘고 무한히 긴 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례한다. 직선 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손의 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 나머지 네 손가락으로 도선을 감아쥐는 방향이다.

ㄱ. p에서 $+x$방향의 자기장은 B에 흐르는 전류에 의해서 만들어지므로 B에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분은 각각 크기가 같고 방향은 서로 반대이므로 A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 전류의 방향은 A에서와 B에서가 서로 반대이다.

~~ㄴ~~. A, B에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_A, I_B라 하면, p에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분과 B에 흐르는 전류에 의한 자기

장의 y성분이 크기가 같고 방향은 서로 반대이므로 $k\frac{I_A}{d}=\frac{1}{2}\times k\frac{I_B}{2d}$에 의해 $I_B=4I_A$이다. 따라서 전류의 세기는 B에서가 A에서의 4배이다.

ㄷ. p에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{I_B}{2d}$이고, $B_0=\frac{\sqrt{3}}{2}\times k\frac{I_B}{2d}=k\frac{\sqrt{3}I_A}{d}$이다. 그림과 같이 q에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 각각 $k\frac{I_A}{\sqrt{6}d}$, $k\frac{4I_A}{\sqrt{3}d}$이므로, q에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{\sqrt{50}I_A}{2\sqrt{3}d}=\frac{5\sqrt{2}}{6}B_0$이다.



06 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이므로, A에 흐르는 전류에 의한 자기장과 B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 세기는 같고 방향은 서로 반대이다.

ㄱ. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 A에 흐르는 전류의 방향으로 오른손의 네 손가락을 감아쥐고 엄지손가락을 세웠을 때 엄지손가락이 향하는 $+x$방향이다.

ㄴ. O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이므로 B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-x$방향이다. 따라서 B, C에 흐르는 전류의 방향은 각각 xy평면에서 수직으로 나오는 방향으로 같다.

ㄷ. O에서 B, C에 각각 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 같아야 한다. 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례한다. O로부터 B, C까지 거리가 각각 $2\sqrt{2}d$, $3\sqrt{2}d$이므로 전류의 세기는 C에서가 B에서의 $\frac{3}{2}$배이다.

07 원형 전류와 직선 전류에 의한 자기장

O에서 A, B 각각에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이고, O에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 y축과 나란하다.

ㄱ. O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른나사 법칙에 의해 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. (가), (나)의 O에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 같으므로, O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 같기 위해서는 (가), (나)의 O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 같고 방향이 서로 반대이어야 한다. 따라서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 (가)의 O에서는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이고, (나)의 O에서는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이어야 하므로 B에 흐르는 전류의 방향은 $-x$방향이다.

ㄷ. (나)의 O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 y축과 나란하므로 C에 흐르는 전류의 방향이 반대로 바뀌어도 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이다.

08 직선 전류에 의한 자기장

O에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이고, 세기는 $k\frac{I_0}{d}$이다.

④ A, B에 흐르는 전류의 방향이 같을 때(Ⅰ) O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 서로 반대이므로, 자기장의 세기는 $k\frac{4I_0}{2d}-k\frac{I_0}{d}=k\frac{I_0}{d}$이고 자기장의 방향은 y축과 나란하다. A, B에 흐르는 전류의 방향이 서로 반대일 때(Ⅱ) O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 같으므로 자기장의 세기는 $k\frac{I_0}{d}+k\frac{4I_0}{2d}=k\frac{3I_0}{d}$이고 자기장의 방향은 y축과 나란하다. 따라서

$B_{\text{Ⅰ}}=k\frac{I_0}{d}\sqrt{1^2+1^2}=k\frac{\sqrt{2}I_0}{d}$, $B_{\text{Ⅱ}}=k\frac{I_0}{d}\sqrt{3^2+1^2}=k\frac{\sqrt{10}I_0}{d}$이므로, $\frac{B_{\text{Ⅱ}}}{B_{\text{Ⅰ}}}=\sqrt{5}$이다.

수능 3점 테스트

본문 74~75쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ④

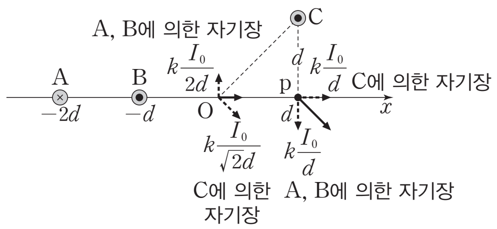
01 직선 전류에 의한 자기장

O, p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 각각 y축에 나란하다. O, p에서 자기장의 x성분은 C에 흐르는 전류에 의해서 생기며 p에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{I_0}{d}$이다.

④ 그림과 같이 p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{I_0}{d}$, 방향은 $-y$방향이다. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$방향이고 자기장의 세기는 O에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분과 크기가 같으므로 $k\frac{I_0}{2d}$이다. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 $+y$방향, p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 $-y$방향이므로 O와 p 사이에 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 지점이 있다. O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향($+y$방향)은 B에 흐르는 전류에 의한 자기장에 의해 결정되므로 B에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향($-y$방향)은 A에 흐르는 전류에 의한 자기장에 의해 결정되므로 A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

A, B에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_A, I_B라 하면 O에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{I_0}{2d}$이므로, $k\frac{I_B}{d}-k\frac{I_A}{2d}=k\frac{I_0}{2d}$ … ①이다.

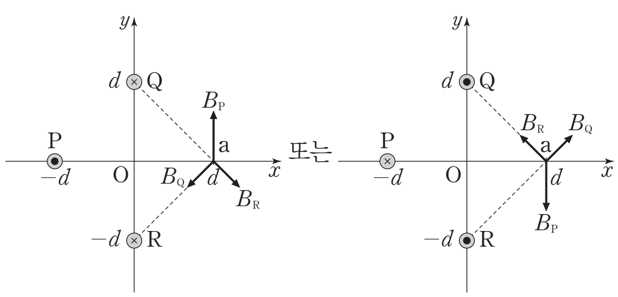
p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{I_0}{d}$이므로 $k\frac{I_A}{3d}-k\frac{I_B}{2d}=k\frac{I_0}{d}$ … ②이다. ①, ②를 연립하면 $I_A=15I_0$, $I_B=8I_0$이므로, A에 흐르는 전류의 세기는 $15I_0$이다.



(⊙: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향, ×: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향)

02 직선 전류에 의한 자기장

a에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이 되기 위해서는 P, Q, R에 그림과 같이 전류가 흘러야 한다.



(B_P, B_Q, B_R: a에서 각각 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기)
(⊙: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향, ×: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향)

ㄱ. a에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이 되기 위해서는 Q, R에 흐르는 전류의 방향이 서로 같아야 한다.

ㄴ. P, Q, R에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_P, I_Q, I_R라 하면 a에서 Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 x성분은 크기가 같고 방향은 서로 반대이다. Q에서 a까지 거리와 R에서 a까지의 거리가 같으므로 $I_Q=I_R$이다. a에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 y성분이 0이어야 하므로 $B_P=2\times\frac{B_R}{\sqrt{2}}=\sqrt{2}B_R$가 성립한다. $k\frac{I_P}{2d}=\sqrt{2}\times k\frac{I_R}{\sqrt{2}d}$에 의해 $I_P=2I_R=2I_Q$이다. 따라서 전류의 세기는 P에서가 Q에서의 2배이다.

ㄷ. $B_0=k\frac{I_R}{d}$이고, $B_Q=B_R=\frac{B_0}{\sqrt{2}}$이다. (나)의 a에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장은 세기가 $\sqrt{2}B_R=B_0$이고, xy 평면에 수직인 방향이다. a에서 Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $2\times\frac{B_R}{\sqrt{2}}=\sqrt{2}B_R=B_0$이고 y축과 나란한 방향이다. 따라서 (나)의 a에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $\sqrt{2}B_0$이다.

03 원형 전류와 직선 전류에 의한 자기장

R에 흐르는 전류의 세기를 I_R, O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 B_0이라 하자. R의 위치가 $x=4d$일 때 O에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이므로 $B_0=k\frac{I_R}{4d}$이다.

ㄱ. Q에 흐르는 전류의 방향이 시계 반대 방향일 경우 O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. O에서 R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향도 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이므로 R의 위치가 $3d$에서 $6d$로 이동할 때 자기장의 세기는 점점 감소하게 되며 (나)와 같은 그래프가 나올 수 없다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

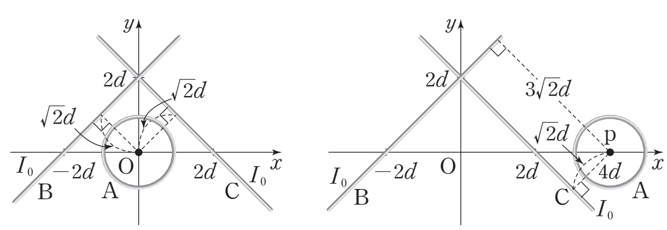
ㄴ. O에서 P, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. R의 위치가 $x=4d$일 때 O에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이다. R의 위치가 $x=4d$일 때보다 O에 더 가까울수록 R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 더 커지므로 R의 위치가 $x=3d$일 때, O에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄷ. $B_1=k\frac{I_R}{3d}-B_0=k\frac{I_R}{12d}$이고, $B_2=B_0-k\frac{I_R}{5d}=k\frac{I_R}{20d}$이다. 따라서 $\frac{B_2}{B_1}=\frac{12}{20}=\frac{3}{5}$이다.

04 원형 전류와 직선 전류에 의한 자기장

O에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 B_0으로 같다.

④ (가)의 O에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이므로 O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기인 $2B_0$과 같고 자기장의 방향은 서로 반대이다.



(가)의 O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향을 양(+)이라 하면 (가)의 O에서와, (나)의 p에서 A, B, C 각각에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 방향은 아래 표와 같다.

도선	(가)의 O에서 자기장		(나)의 p에서 자기장	
	세기	방향	세기	방향
A	$2B_0$	+	$2B_0$	+
B	B_0	−	$\frac{B_0}{3}$	−
C	B_0	−	B_0	+

따라서 (나)의 p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $3B_0-\frac{B_0}{3}=\frac{8}{3}B_0$이다.

테마 10

전자기 유도와 상호유도

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 78쪽

정답 ②

반지름이 r인 고리를 통과하는 균일한 자기장의 세기 B가 시간에 따라 변할 때 고리에 유도되는 기전력은 $V=-\pi r^2\frac{\Delta B}{\Delta t}$이다.

② (나)에서 Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 시간에 따른 변화율의 크기는 각각 $\frac{\Delta B_{\mathrm{I}}}{\Delta t}=\frac{B_0}{2t_0}$, $\frac{\Delta B_{\mathrm{II}}}{\Delta t}=\frac{B_0}{4t_0}$이다. (가)에서 반지름이 $2d$, d인 고리에 유도되는 기전력의 크기를 각각 V_1, V_2라 할 때, $V_1=4\pi d^2\frac{B_0}{2t_0}$, $V_2=\pi d^2\frac{B_0}{4t_0}$이고, 유도 기전력의 방향은 서로 반대이다. 따라서 시간이 $4t_0$일 때 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $V_1-V_2=\frac{8B_0\pi d^2-B_0\pi d^2}{4t_0}=\frac{7B_0\pi d^2}{4t_0}$이다.

수능 2점 테스트

본문 79~81쪽

01 ①	02 ①	03 ④	04 ④	05 ③
06 ②	07 ③	08 ⑤	09 ③	10 ①
11 ①	12 ③			

01 자기 선속

원형 금속 고리의 면적을 S, 자기장의 세기를 B라 할 때, 고리를 통과하는 자기 선속은 $\Phi=BS$이다.

ㄱ. Ⅰ에서 자기장의 방향을 양(+)이라 하면 A를 통과하는 자기 선속은 B_1S이다. B를 통과하는 자기 선속은 표와 같다.

Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향	B를 통과하는 자기 선속
같은 방향	$B_1\frac{S}{2}+B_2\frac{S}{2}=B_1S$
반대 방향	$B_1\frac{S}{2}-B_2\frac{S}{2}=-B_1S$ ⋯ ①

Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향이 같을 경우 $B_1=B_2$이므로 문제 조건에 부합되지 않는다. 따라서 Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.

ㄴ. ①에 의해 $B_2=3B_1$이다.

ㄷ. C를 통과하는 자기 선속의 크기는 $B_2\frac{S}{2}=\frac{3}{2}B_1S$이며, B를 통과하는 자기 선속의 크기인 B_1S의 $\frac{3}{2}$배이다.

02 전자기 유도

자석이 코일에 가까워지는 동안 코일을 통과하는 자기 선속이 증가하므로 코일에는 자기 선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다.

ㄱ. 자석이 p를 지날 때 코일에 b → Ⓖ → a 방향으로 유도 전류가 흘러 아래 방향으로 자기장이 형성된다. 따라서 자석의 ㉠은 S극이다.

ㄴ. 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 자석의 속력이 클수록 크다. 자석의 속력은 자석이 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 작으므로 유도 전류의 세기는 $I_p<I_q$이다.

ㄷ. 자석이 p를 지날 때 자석과 코일 사이에는 서로 미는 자기력이 작용하고 자석이 q를 지날 때 자석과 코일 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다. 따라서 자석이 코일로부터 받는 자기력의 방향은 p에서와 q에서가 같다.

03 전자기 유도

금속 고리가 자기장 영역으로 들어갈 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 고리를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례한다.

ㄱ. 금속 고리가 Ⅰ에 들어갈 때와 Ⅱ에 들어갈 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 같고, 금속 고리가 Ⅱ를 빠져 나올 때 유도 전류가 흐르므로 Ⅰ에서 자기장의 세기를 B_0이라 하면 Ⅱ에서 자기장의 세기는 $2B_0$이다. 따라서 자기장의 세기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이고 Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향은 같다.

ㄴ. p가 $2.5d$를 지날 때 Ⅰ, Ⅱ의 자기장이 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 크기는 $\frac{B_0d^2}{2}+\frac{2B_0d^2}{2}=\frac{3B_0d^2}{2}$이고, p가 $4.5d$를 지날 때 Ⅱ의 자기장이 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 크기는 $\frac{2B_0d^2}{2}=B_0d^2$이다. 따라서 Ⅰ, Ⅱ의 자기장이 금속 고리면을 통과하는 자기 선속의 크기는 p가 $2.5d$를 지날 때가 $4.5d$를 지날 때보다 크다.

ㄷ. 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율은 p가 Ⅱ를 빠져나올 때가 Ⅰ에 들어갈 때의 2배이므로 $I_1=2I_0$이다.

04 전자기 유도

자기장의 세기를 B, 자기장이 통과하는 회로의 면적을 S라고 하면 S가 일정할 때 유도 기전력의 크기는 $V=\frac{S\Delta B}{\Delta t}$이다. 유도 전류의 세기는 원형 도선을 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기에 비례한다.

ㄱ. $t=t_0$일 때 Ⅰ의 자기장의 세기가 감소하고 있으므로 A를 통과하는 자기 선속이 감소하는 것을 방해하는 방향(시계 반대 방향)으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 $t=t_0$일 때 Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. $t=t_0$일 때와 $t=2t_0$일 때 A을 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기가 같다. 따라서 A에 흐르는 유도 전류의 세기는 $t=t_0$일 때와 $t=2t_0$일 때가 같다.

ㄷ. $t=4t_0$일 때 Ⅰ, Ⅱ에 의한 유도 기전력의 크기와 유도 전류의 방향은 표와 같다.

영역	유도 기전력의 크기	유도 전류의 방향
Ⅰ	$\frac{B_0\pi d^2}{4t_0}$	시계 반대 방향
Ⅱ	$\frac{B_0\pi d^2}{2t_0}$	시계 방향

따라서 $t=4t_0$일 때 A에 유도되는 기전력의 크기는 $\frac{B_0\pi d^2}{2t_0}-\frac{B_0\pi d^2}{4t_0}=\frac{B_0\pi d^2}{4t_0}$이다.

05 전자기 유도

유도 기전력의 크기는 반원형 모양의 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기에 비례한다.

ㄱ. $t=t_0$일 때 Ⅰ의 자기장이 고리를 통과하는 자기 선속이 증가하므로 자기 선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르다. 따라서 $t=t_0$일 때 고리에는 ㉠ 방향으로 유도 전류가 흐른다.

ㄴ. 자기 선속은 자기장의 세기에 비례하므로 Ⅰ의 자기장이 고리를 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=3t_0$일 때가 $t=t_0$일 때보다 크다.

~~ㄷ~~. $t=5t_0$일 때 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $V=\frac{\pi d^2}{2}\times\frac{2B_0}{2t_0}=\frac{B_0\pi d^2}{2t_0}$이다.

06 전자기 유도

금속 막대가 이동하면 금속 막대와 도선이 이루는 회로의 면적이 변하므로 유도 기전력이 발생한다.

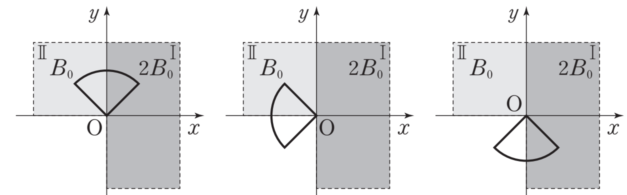
~~ㄱ~~. 금속 막대의 속력을 v라 하면 금속 막대가 $x=d$를 지날 때 금속 막대와 도선이 이루는 회로의 유도 기전력의 크기는 $B_1\times 2d\times v$이다. 금속 막대가 $x=3d$를 지날 때 금속 막대와 도선이 이루는 회로의 유도 기전력의 크기는 $B_2\times d\times v$이다. $B_2dv=2\times 2B_1dv$이므로 $B_2=4B_1$이다.

~~ㄴ~~. Ⅰ, Ⅱ의 자기장이 금속 막대와 도선이 이루는 회로를 통과하는 자기 선속의 크기는, 금속 막대의 위치가 $x=d$일 때가 $2d^2\times B_1$이고 금속 막대의 위치가 $x=3d$일 때가 $4d^2\times B_1-d^2\times 4B_1=0$이다. 따라서 Ⅰ, Ⅱ의 자기장이 금속 막대와 도선이 이루는 회로를 통과하는 자기 선속의 크기는 금속 막대의 위치가 $x=d$일 때가 $x=3d$일 때보다 크다.

ㄷ. 저항에 흐르는 유도 전류는 회로를 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향이 서로 반대이므로 금속 막대가 $x=d$를 지날 때와 $x=3d$를 지날 때 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다.

07 전자기 유도

$t=\frac{1}{8}T$, $t=\frac{3}{8}T$, $t=\frac{5}{8}T$일 때 고리의 위치는 다음과 같다.



$t=\frac{1}{8}T$일 때 $t=\frac{3}{8}T$일 때 $t=\frac{5}{8}T$일 때

ㄱ. $t=\frac{1}{8}T$일 때와 $t=\frac{3}{8}T$일 때 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 같으므로 $t=\frac{1}{8}T$일 때와 $t=\frac{3}{8}T$일 때 자기장에 의한 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기가 같다. 따라서 Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 같다.

ㄴ. 자기장에 의한 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기는 $t=\frac{5}{8}T$일 때가 $t=\frac{1}{8}T$일 때의 2배이다. 따라서 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $t=\frac{5}{8}T$일 때가 $t=\frac{1}{8}T$일 때의 2배이다.

~~ㄷ~~. $t=\frac{3}{8}T$일 때 Ⅱ의 자기장에 의한 자기 선속이 감소하고 $t=\frac{5}{8}T$일 때 Ⅰ의 자기장에 의한 자기 선속이 증가한다. Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 방향은 같으므로 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 $t=\frac{3}{8}T$일 때와 $t=\frac{5}{8}T$일 때가 서로 반대이다.

08 전자기 유도

금속 고리가 자기장 영역으로 들어갈 때나 나올 때 금속 고리에 유도되는 기전력의 크기는 고리를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례한다.

ㄱ, ㄴ. A, B, C의 속력을 v라 하면 B에서의 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기는 $3B_2dv$이다. C에서의 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기는 Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향이 같을 경우 $2B_1dv+B_2dv$이고, Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향이 서로 반대일 경우 $|-2B_1dv+B_2dv|$이다. $B_1\neq B_2$이므로 Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 반대이며, $2B_1dv-B_2dv=3B_2dv$에 의해 $B_1=2B_2$이다.

ㄷ. $t=0$일 때 A에서 유도 기전력의 크기는 $2B_1dv=4B_2dv$이고 B에서 유도 기전력의 크기는 $3B_2dv$이다. 따라서 $t=0$일 때, 유도 기전력의 크기는 A에서가 B에서의 $\frac{4}{3}$배이다.

09 전자기 유도

균일한 자기장에 의한 유도 기전력의 크기는 금속 고리를 통과하는 균일한 자기장에 의한 자기 선속의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례한다.

ㄱ. 금속 고리의 회전 주기는 자기 선속의 주기와 같은 $4t_0$이다.

ㄴ. $t=\frac{3}{2}t_0$일 때, 금속 고리를 통과하는 자기 선속이 증가하므로 자기 선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 $t=\frac{3}{2}t_0$일 때, p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $-y$방향이다.

~~ㄷ~~. $t=3t_0$일 때, 금속 고리를 통과하는 자기 선속이 변하고 있으므로 유도 기전력은 0이 아니다.

10 전자기 유도

금속 막대가 회전할 때 금속 막대와 저항으로 이루어진 회로에 발생하는 유도 기전력의 크기는 회로를 통과하는 자기장에 의한 자기 선속의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례한다.

ㄱ. Ⅰ에서 금속 막대가 회전할 때 금속 막대와 저항으로 이루어진 회로를 통과하는 자기 선속이 증가하고 있으므로 저항에는 자기 선속의 증가를 방해하는 방향($+x$방향)으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

~~ㄴ~~. $\theta=45^\circ$ 근처에서 자기장의 세기가 B_0으로 일정하고 금속 막대가 짧은 시간 Δt 동안 회전하는 각이 $\Delta\theta=\omega\Delta t$이므로 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $V=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=B_0\times\frac{1}{2}(2d)^2\frac{\omega\Delta t}{\Delta t}=2\omega B_0d^2$이다.

~~ㄷ~~. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 반대이므로 Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. $\theta=135^\circ$일 때, xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 증가하고 있으므로 이를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 $\theta=135^\circ$일 때, 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 $-x$방향이다.

11 상호유도

2차 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 1차 코일에 흐르는 전류의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례하고 유도 전류의 방향은 1차 코일의 전류에 의해 생기는 자기장의 변화를 방해하는 방향이다.

ㄱ. 1차 코일에 흐르는 전류에 의해 오른쪽 방향의 자기 선속이 발생한다. 1초일 때는 자기 선속이 증가하고 7초일 때는 자기 선속이 감소하므로 상호유도에 의해 2차 코일에는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 방향은 1초일 때와 7초일 때가 서로 반대이다.

~~ㄴ~~. I가 만드는 자기장에 의한 자기 선속의 크기는 I의 세기에 비례한다. 따라서 I의 세기는 4초일 때가 7초일 때보다 크므로, I가 만드는 자기장에 의한 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는 4초일 때가 7초일 때보다 크다.

~~ㄷ~~. 1차 코일에 흐르는 전류의 시간에 따른 변화율의 크기는 1초일 때가 8초일 때의 2배이므로 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 1초일 때가 8초일 때의 2배이다.

12 변압기와 상호유도

변압기는 1차 코일과 2차 코일을 동일한 철심에 감아 두 코일 사이에 상호유도가 잘 일어나게 한 것으로 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비에 따라 전압을 변화시키는 장치이다.

ㄱ. 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비가 1 : 3이고 교류 전원의 전압이 V_0이므로 2차 코일에 유도되는 전압은 $3V_0$이다.

ㄴ. 2차 코일에 유도되는 전압이 $3V_0$이고 저항값이 R_0이므로 저항에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{3V_0}{R_0}$이다.

~~ㄷ~~. 1차 코일에 공급되는 전력은 2차 코일에 연결된 저항에서 소모되는 전력과 같다. 따라서 1차 코일에 공급되는 전력 $P=\frac{(3V_0)^2}{R_0}=\frac{9V_0^2}{R_0}$이다.

수능 3점 테스트

본문 82~84쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ⑤ 05 ② 06 ①

01 전자기 유도

A가 자기장 영역으로 진입할 때 A에 흐르는 유도 전류의 세기는 A를 통과하는 자기 선속의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례한다. A의 속력을 v, A에서 시계 방향으로 유도 전류가 흐르게 하는 유도 기전력을 양(+)으로 하고 Ⅰ에서 자기장의 세기를 B_1이라 할 때 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 시간에 따른 유도 기전력과 A에 흐르는 유도 전류는 표와 같다.

t	유도 기전력			유도 전류
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
$0\sim2t_0$	$+2B_1dv$	·	·	$+I_0$
$2t_0\sim3t_0$	$-2B_1dv$	$-2B_1dv$	·	$-2I_0$
$3t_0\sim4t_0$	$-2B_1dv$	·	$+2B_1dv$	0
$4t_0\sim5t_0$	·	$+2B_1dv$	$+2B_1dv$	$+I_1$
$5t_0\sim7t_0$	·	·	$-2B_1dv$	$-I_2$

~~ㄱ~~. A가 Ⅰ에 진입할 때와 Ⅲ을 빠져 나올 때 A에 흐르는 유도 전류의 방향이 반대이므로 Ⅰ과 Ⅲ에서 자기장의 방향은 같다.

ㄴ. $t=0$부터 $t=2t_0$까지 A는 Ⅰ에 진입한다. 이때 발생하는 유도 기전력이 $+2B_1dv$이며 A에 흐르는 유도 전류는 $+I_0$이다. $t=4t_0$부터 $t=5t_0$까지 A는 Ⅲ에 진입하고 Ⅱ를 빠져나온다. 이때 발생하는 유도 기전력이 $+4B_1dv$이므로 A에 흐르는 유도 전류 $+I_1=+2I_0$이다. $t=5t_0$부터 $t=7t_0$까지 A는 Ⅲ을 빠져나온다. 이때 발생하는 유도 기전력이 $-2B_1dv$이므로 A에 흐르는 유도 전류 $-I_2=-I_0$이다. 따라서 $\frac{I_1}{I_2}=2$이다.

ㄷ. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ의 자기장이 A를 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=2t_0$일 때 $4B_1d^2$이고 $t=4t_0$일 때 $2B_1d^2-2B_1d^2=0$이다. 따라서 A를 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=2t_0$일 때가 $t=4t_0$일 때보다 크다.

02 전자기 유도

유도 전류의 세기는 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기에 비례하고 유도 전류는 금속 고리 면을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. Ⅰ에서 자기장의 세기를 B_1이라 하고 금속 고리에 시계 방향으로 유도 전류가 흐르게 하는 자기 선속의 변화량을 양(+)으로 할 때 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에서 시간에 따른 자기 선속의 변화량과 고리에 흐르는 유도 전류는 표와 같다.

시간	자기 선속의 변화량			유도 전류
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	
$0\sim\frac{T}{4}$	$+B_1\pi d^2$	·	·	$+I_0$
$\frac{T}{4}\sim\frac{T}{2}$	$-B_1\pi d^2$	$+\frac{1}{2}B_1\pi d^2$	·	$-\frac{I_0}{2}$
$\frac{T}{2}\sim\frac{3}{4}T$	·	$-\frac{1}{2}B_1\pi d^2$	$+\frac{3}{2}B_1\pi d^2$	$+I_0$
$\frac{3}{4}T\sim T$	·	·	$-\frac{3}{2}B_1\pi d^2$	㉠

ㄱ. $0\sim\frac{T}{4}$에서 Ⅰ의 자기장에 의한 자기 선속이 증가할 때와 $\frac{T}{4}\sim\frac{T}{2}$에서 Ⅱ의 자기장에 의한 자기 선속이 증가할 때 금속 고리에 시계 방향의 유도 전류가 흐르므로 Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향으로 같다.

~~ㄴ~~. Ⅲ에서 자기장의 세기를 B_3이라 하면, $\frac{3}{4}T\sim T$에서 자기 선속의 변화량의 크기는 $\frac{3}{2}B_1\pi d^2=B_3\left(\pi d^2-\frac{\pi d^2}{4}\right)=\frac{3}{4}B_3\pi d^2$이므로 $B_3=2B_1$이다. 따라서 자기장의 세기는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 2배이다.

ㄷ. $0\sim\frac{T}{4}$에서 자기 선속의 변화량이 $+B_1\pi d^2$일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류가 $+I_0$이다. $\frac{3}{4}T\sim T$에서 자기 선속의 변화량이 $-\frac{3}{2}B_1\pi d^2$이므로 금속 고리에 흐르는 유도 전류 ㉠은 $-\frac{3}{2}I_0$이다.

03 전자기 유도

회로를 통과하는 자기 선속을 Φ라고 하면 유도 기전력 $V=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$이다. 자기장을 B, 자기장이 통과하는 회로의 면적을 S라고 하면 B가 일정할 때 $V=-B\frac{\Delta S}{\Delta t}$이고 S가 일정할 때 $V=-S\frac{\Delta B}{\Delta t}$이다.

ㄱ. 1초일 때 A의 이동에 의해 Ⅱ의 자기장에 의한 자기 선속이 감소하므로 저항에는 이를 방해하는 방향인 $-y$방향으로 유도 전류가 흐른다. 1초일 때 Ⅰ의 자기장에 의한 자기 선속이 증가하고 있으며 이를 방해하는 방향으로 저항에 $+y$방향의 유도 전류가 흘러야 한다. 따라서 Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. 2.5초일 때 Ⅰ의 자기장에 의한 자기 선속은 일정하고 A의 이동에 의해 Ⅱ의 자기장에 의한 자기 선속이 증가하고 있으므로 이를 방해하는 방향으로 저항에 $+y$방향의 유도 전류가 흐른다.

~~ㄷ~~. 저항에 $+y$방향으로 유도 전류를 흐르게 하는 유도 기전력을 양(+)이라 하면 4초일 때 유도 기전력은 $V=-16B_0d^2+2B_0\times4d\times\frac{d}{2}=-12B_0d^2$이다. 따라서 4초일 때 유도 기전력의 크기는 $12B_0d^2$이다.

04 전자기 유도

자기장을 B, 자기장이 통과하는 고리의 면적을 S라고 하면 S가 일정할 때 유도 기전력은 $V=-S\frac{\Delta B}{\Delta t}$이다.

ㄱ. $0<t<2t_0$일 때 Ⅰ의 자기장에 의한 자기 선속의 감소량보다 Ⅱ의 자기장에 의한 자기 선속의 증가량이 크므로 Ⅱ의 자기장에 의한 자기 선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. $t=3t_0$일 때 Ⅰ의 자기장에 의한 자기 선속의 감소를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. $t=t_0$일 때와 $t=3t_0$일 때 유도 전류의 방향이 서로 반대이므로 Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 서로 같다.

ㄴ. $t=t_0$일 때 유도 기전력의 크기는 $(16d^2-2d^2)\times\frac{B_0}{2t_0}-2d^2\times\frac{4B_0}{4t_0}=\frac{5d^2B_0}{t_0}$이고 $t=3t_0$일 때 유도 기전력의 크기는 $2d^2\times\frac{4B_0}{4t_0}=\frac{2d^2B_0}{t_0}$이다. 따라서 유도 기전력의 크기는 $t=t_0$일 때가 $t=3t_0$일 때의 $\frac{5}{2}$배이다.

ㄷ. $t=t_0$일 때는 Ⅱ의 자기장에 의한 자기 선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르고 $t=5t_0$일 때는 Ⅰ의 자기장에 의한 자기 선속의 증가를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다. Ⅰ, Ⅱ에서 자기장의 방향이 같으므로 유도 전류의 방향은 $t=t_0$일 때와 $t=5t_0$일 때가 같다.

05 상호유도

2차 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 1차 코일에 흐르는 전류의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례하고 유도 전류의 방향은 1차 코일의 전류에 의해 생기는 자기장의 변화를 방해하는 방향이다.

~~ㄱ~~. I_1이 만드는 자기장에 의한 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는 I_1의 세기에 비례한다. 따라서 I_1이 만드는 자기장에 의한 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=0.5t_0$일 때가 $t=4.5t_0$일 때보다 작다.

~~ㄴ~~. $t=2t_0$일 때와 $t=6t_0$일 때, I_1의 시간에 따른 변화율의 크기는 각각 $\frac{3I_0}{3t_0}=\frac{I_0}{t_0}$과 $\frac{2I_0}{t_0}$이다. 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 세기는 I_1의 시간에 따른 변화율의 크기에 비례하므로 $t=6t_0$일 때가 $t=2t_0$일 때의 2배이다.

ㄷ. $t=3t_0$일 때 I_1에 의해 2차 코일에는 오른쪽 방향의 자기 선속이 증가하며 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 방향은 a → Ⓖ → b이다.

06 상호유도와 변압기

변압기에서 1차 코일과 2차 코일의 감은 수를 각각 N_1, N_2, 1차 코일과 2차 코일에 걸리는 전압을 각각 V_1, V_2, 1차 코일과 2차 코일에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_1, I_2라 하면 $\frac{N_2}{N_1}=\frac{V_2}{V_1}=\frac{I_1}{I_2}$의 관계가 성립한다.

ㄱ. 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비가 1 : 2이고 교류 전원의 전압이 V_1이므로 2차 코일에 유도되는 전압은 $2V_1$이다.

~~ㄴ~~. 스위치가 닫혀 있을 때 2차 코일에 흐르는 전류의 세기가 I_0이므로 1차 코일에 흐르는 전류의 세기는 $2I_0$이다.

~~ㄷ~~. 1차 코일에 공급되는 전력은 2차 코일에 연결된 총 저항에서 소모되는 전력과 같다. 스위치가 열려 있을 때 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{2V_1}{3R}$이고 2차 코일에 유도되는 전압이 $2V_1$이므로 2차 코일에 연결된 총 저항에서 소모되는 전력은 $\frac{4V_1^2}{3R}$이다. 따라서 스위치가 열려 있을 때 1차 코일에 공급되는 전력은 $\frac{4V_1^2}{3R}$이다.

테마 11 전자기파의 간섭과 회절

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 본문 86쪽

정답 ②

이중 슬릿의 간격을 d, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리를 L, O에서 P까지의 거리를 Δx라 할 때, 각 슬릿으로부터 P까지의 빛의 경로차는 $\frac{d\Delta x}{L}$이다.

② X의 파장을 λ, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리를 L, O에서 P까지의 거리를 Δx라 할 때, (가)에서 P에 첫 번째 밝은 무늬가 생겼으므로 각 슬릿으로부터 P까지의 빛의 경로차는 $\frac{d_1\Delta x}{L}=\lambda$이고, (나)에서 P에 두 번째 어두운 무늬가 생겼으므로 각 슬릿으로부터 P까지의 빛의 경로차는 $\frac{d_2\Delta x}{L}=\frac{3}{2}\lambda$이다. 따라서 $\frac{d_1}{d_2}=\frac{2}{3}$이다.

수능 2점 테스트 본문 87~88쪽

01 ②	02 ⑤	03 ⑤	04 ③	05 ⑤
06 ③	07 ①	08 ⑤		

01 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{d}$(L: 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리, λ: 단색광 파장, d: 슬릿 간격)이므로 단색광의 파장이 길수록 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 크다.

② (나)에서 점선으로 표시된 간격 사이에 나타난 어두운 무늬의 개수는 A를 비출 때가 8개이고 B를 비출 때가 5개이다. 같은 영역 내에 어두운 무늬의 개수가 많을수록 무늬 사이의 간격은 작고 단색광의 파장은 짧으므로 $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=\frac{5}{8}$이다.

02 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

S_1, S_2를 통과한 두 빛의 경로차가 반파장의 짝수 배이면 보강 간섭이 일어나고, 경로차가 반파장의 홀수 배이면 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄱ. P에는 O로부터 첫 번째 보강 간섭이 일어나므로 P에서 S_1, S_2를 통과한 두 빛의 경로차는 λ이다. 따라서 $|\overline{S_1P}-\overline{S_2P}|=\lambda$이다.

ㄴ. P에는 첫 번째 밝은 무늬가 나타나므로 $\Delta y=\frac{L\lambda}{d}$이다. 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리가 $2L$이 되면, 스크린에 나타난 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{2L\lambda}{d}$이다. 이때, P에는 O로부터 첫 번째 어두운 무늬가 생긴다.

ㄷ. 슬릿 사이의 간격이 커지면 간섭무늬의 간격이 감소한다. 따라서 슬릿 사이의 간격을 d보다 크게 하면, O로부터 첫 번째 밝은 무늬가 나타나는 지점 사이의 거리는 Δy보다 작아진다.

03 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{d}$이다. 단색광이 서로 같은 위상으로 중첩하면 밝은 무늬가, 서로 반대 위상으로 중첩하면 어두운 무늬가 스크린에 나타난다.

ㄱ. P에서는 어두운 무늬가 나타났으므로 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 S_1, S_2로부터 P에 도달한 두 빛의 위상은 반대이다.

ㄴ. P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 나타났으므로 $\Delta x = \frac{\lambda}{2}(2\times1+1)=\frac{3}{2}\lambda$이다.

ㄷ. 스크린에 나타난 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{d}$이므로 이웃하는 밝은 무늬와 어두운 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{2d}$이다. P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 나타났으므로 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}+\frac{L\lambda}{2d} = \frac{3L\lambda}{2d}$이다.

별해 | P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생겼으므로 $\Delta x = \frac{\lambda}{2}(3) = d\frac{\Delta y}{L}$이다. 따라서 $\Delta y = \frac{3L\lambda}{2d}$이다.

04 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

S_1, S_2를 통과한 두 빛의 경로차가 반파장의 짝수 배이면 보강 간섭이 일어나고, 경로차가 반파장의 홀수 배이면 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄱ. P에 도달한 두 빛의 경로차는 반파장의 홀수 배이므로 P에 도달한 두 빛의 위상은 서로 반대이다.

ㄴ. P에는 상쇄 간섭이 일어난다. 단색광의 파장은 λ이므로 $\frac{3}{2}\lambda = \frac{\lambda}{2}(2m+1)$에서 $m=1$이다. 따라서 P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 나타난다.

ㄷ. O에서 P까지의 거리를 Δy라고 하자. P에서 S_1과 S_2를 통과한 단색광의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$이므로 $\frac{3}{2}\lambda = d\frac{\Delta y}{L}$에서 $\Delta y = \frac{3L\lambda}{2d}$이다.

05 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

단색광의 파장이 λ일 때, 빛의 간섭 실험에서 밝은 무늬는 경로차가 반파장의 짝수 배가 되는 지점$\left(\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m)\ (m=0,\ 1,\ 2,\ 3,\cdots)\right)$일 때 나타나고 어두운 무늬는 경로차가 반파장의 홀수 배가 되는 지점$\left(\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m+1)\ (m=0,\ 1,\ 2,\ 3,\cdots)\right)$일 때 나타난다.

ㄱ. P에서는 밝은 무늬가 나타났으므로 보강 간섭이 일어난다.

ㄴ. 단색광의 파장을 λ라고 하자. P에는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬가 나타났으므로 $d=\frac{\lambda}{2}(2\times1)=\lambda$이다. Q에는 두 번째 어두운 무늬가 나타났으므로 S_1과 S_2로부터 Q에 도달한 두 빛의 경로차를 d'라고 하면 $d'=\frac{\lambda}{2}(2\times1+1)=\frac{3}{2}\lambda=\frac{3}{2}d$이다.

ㄷ. S_1과 S_2 사이의 거리를 x, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리를 L이라고 하자. O와 P 사이의 거리는 $\frac{L\lambda}{x}$이고 O와 Q 사이의 거리는 $\frac{L\lambda}{x}+\frac{L\lambda}{2x}=\frac{3L\lambda}{2x}$이다. 따라서 O로부터의 거리는 P가 Q의 $\frac{3}{2}$배이다.

06 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

이중 슬릿을 통과한 단색광은 스크린에 간격이 일정한 간섭무늬를 만든다. 이때, 스크린에 나타난 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{d}$이다.

ㄱ. 빛은 파동성에 의해 단일 슬릿을 통과한 후 회절하여 이중 슬릿에 도달한다.

ㄴ. P에는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬가 생기므로 P에서 S_1, S_2를 지난 단색광의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}(2\times1)=\lambda$이다. Q에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생기므로 Q에서 S_1, S_2를 지난 단색광의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}(2\times1+1)=\frac{3}{2}\lambda$이다. 따라서 S_1, S_2를 지난 단색광의 경로차는 P에서가 Q에서보다 $\frac{1}{2}\lambda$만큼 작다.

ㄷ. 스크린에 나타난 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{d}$이다. 따라서 $y=\frac{5L\lambda}{2d}$이고, $\lambda=\frac{2dy}{5L}$이다.

07 단일 슬릿에 의한 회절 무늬

단일 슬릿에 의한 빛의 회절 실험에서 빛의 파장이 길수록, 슬릿의 폭이 좁을수록, 단일 슬릿에서 스크린까지 거리가 증가할수록 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭은 증가한다.

ㄱ. 회절 현상은 파동이 진행하다가 좁은 틈을 통과한 후에 퍼져 나가는 현상이므로 회절 무늬는 파동성 때문에 나타난다.

ㄴ. 회절 무늬에서 중앙의 밝은 무늬의 폭은 슬릿의 폭에 반비례하므로 슬릿의 폭만 증가시키면 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭은 y보다 작아진다.

ㄷ. 단색광의 파장이 길수록 회절이 잘 일어나므로 단색광의 파장만 증가시키면 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭은 y보다 커진다.

08 단일 슬릿에 의한 회절 무늬

단일 슬릿에 의한 빛의 회절 실험에서 빛의 파장이 길수록, 슬릿의 폭이 좁을수록, 단일 슬릿에서 스크린까지 거리가 증가할수록 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭은 증가한다.

⑤ (가)에서 $y=\frac{L\lambda_A}{a}$이고, (나)에서 $\frac{y}{2}=\frac{L\lambda_B}{2a}$이다. 이를 정리하면, $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=1$이다.

수능 3점 테스트 본문 89~90쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ③

01 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{d}$이므로 단색광의 파장이 길수록 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 크다.

ㄱ. O는 S_1과 S_2에서 같은 거리인 지점이므로 S_1과 S_2로부터 O에 도달한 두 빛의 위상은 같다.

~~ㄴ~~. 단색광의 파장을 λ라고 하자. 스크린에 나타난 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 Ⅰ에서는 $\frac{2L\lambda}{d}$이고, Ⅲ에서는 $\frac{3L\lambda}{2d}$이다. 따라서 스크린에 나타난 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 Ⅰ에서가 Ⅲ에서보다 크다.

ㄷ. O에서 P까지의 거리는 $\frac{L\lambda}{d}$이다. Ⅱ에서 O로부터 첫 번째 밝은 무늬까지의 거리는 $\frac{2L\lambda}{d}$이다. 따라서 Ⅱ에서 P에는 상쇄 간섭이 일어나므로 첫 번째 어두운 무늬가 나타난다.

02 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\frac{L\lambda}{d}$이므로 단색광의 파장이 길수록 이웃하는 밝은 무늬 사이의 간격은 크다.

ㄱ. 빛의 세기가 0인 지점에서 상쇄 간섭이 일어나며, 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 $y=-y_0$, $y=y_0$이다. 따라서 $-2y_0 \le y \le 2y_0$에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 2개이다.

~~ㄴ~~. $y=-y_0$에서는 $y=0$으로부터 첫 번째 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 S_1과 S_2로부터 $y=-y_0$에 도달한 빛의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}$이다.

ㄷ. 단색광의 파장이 λ일 때, S_1과 S_2로부터 $y=y_0$에 도달한 두 빛의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}$이다. 단색광의 파장이 $\frac{\lambda}{3}$라면, $\frac{\lambda}{2}=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}\lambda\right)(2m+1)$에서 $m=1$이다. 따라서 단색광의 파장을 $\frac{\lambda}{3}$로만 바꾸면, $y=y_0$에는 $y=0$으로부터 두 번째 어두운 무늬가 나타난다.

03 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

단색광의 파장이 λ일 때, 빛의 간섭 실험에서 밝은 무늬는 경로차가 반파장의 짝수 배가 되는 지점 $\left(\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m)\ (m=0,\ 1,\ 2,\ 3,\ \cdots)\right)$에서 나타나고 어두운 무늬는 경로차가 반파장의 홀수 배가 되는 지점 $\left(\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m+1)\ (m=0,\ 1,\ 2,\ 3,\ \cdots)\right)$에서 나타난다.

ㄱ. P에서는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생겼으므로 P에 도달하는 S_1, S_2를 통과한 두 빛의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}(2\times1+1)=\frac{3}{2}\lambda$이다.

~~ㄴ~~. 단색광의 세기는 밝은 무늬 사이의 간격과 관계없다.

ㄷ. P에서 O로부터 두 번째 밝은 무늬가 생기기 위한 단색광의 파장을 λ_0이라고 하면, P에서 O로부터 두 번째 밝은 무늬가 생기기 위해서 P에 도달하는 S_1, S_2를 통과한 두 빛의 경로차는 $\frac{\lambda_0}{2}(2\times2)=2\lambda_0$이다. 이를 정리하면, $\frac{3}{2}\lambda=2\lambda_0$에서 $\lambda_0=\frac{3}{4}\lambda$이다.

04 단일 슬릿에 의한 회절 무늬

단일 슬릿에 의한 빛의 회절 실험에서 빛의 파장이 길수록, 슬릿의 폭이 좁을수록, 단일 슬릿에서 스크린까지 거리가 증가할수록 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭은 증가한다.

~~ㄱ~~. 단색광이 단일 슬릿을 통과하여 스크린에 회절 무늬가 나타나는 것은 빛이 파동의 성질을 가지고 있기 때문이다. 따라서 회절 실험은 빛의 파동성을 보여주는 실험 결과이다.

~~ㄴ~~. 빛의 파장이 길수록 스크린 중앙의 밝은 무늬의 폭이 커진다. 따라서 ㉠<㉡이다.

ㄷ. (나)에서 $\Delta x=\frac{2L\lambda}{a}$이다. (다)에서 $\frac{2}{5}\Delta x=\frac{2L\times ㉢}{2a}$이므로 ㉢ $=\frac{2a}{5L}\Delta x=\frac{4}{5}\lambda$이다.

테마 12 도플러 효과와 전자기파

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 본문 93쪽

정답 ④

진동수가 f_0인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때, 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 다음과 같다.

$f=\frac{v}{v\mp v_s}f_0$ (v: 음파의 속력, v_s: 음원의 속력, $-$: 음원이 음파 측정기를 향해 다가감, $+$: 음원이 음파 측정기에서 멀어짐)

④ A는 음파 측정기를 향해 등속도 운동을 하고, B는 음파 측정기에서 멀어지는 방향으로 등속도 운동을 한다. $f_A=f_0\frac{10v}{10v-v}=\frac{10}{9}f_0$이고, $f_B=2f_0\frac{10v}{10v+v}=\frac{20}{11}f_0$이다. 따라서 $\frac{f_A}{f_B}=\frac{11}{18}$이다.

수능 2점 테스트 본문 94~95쪽

01 ②	02 ⑤	03 ③	04 ③	05 ⑤
06 ③	07 ⑤	08 ①		

01 도플러 효과

진동수가 f_0인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 $f=\frac{v}{v\mp v_s}f_0$이다.
(v: 음파의 속력, v_s: 음원의 속력, $-$: 음원이 음파 측정기를 향해 다가감, $+$: 음원이 음파 측정기에서 멀어짐)

② P가 측정한 A, B가 발생한 음파의 진동수는 같으므로 $\frac{30v}{30v-2v}f_A=\frac{30v}{30v+v}f_B$이다. 이를 정리하면, $\frac{f_A}{f_B}=\frac{28}{31}$이다.

02 도플러 효과

0부터 $2t_0$까지 S는 O를 향해 운동하고, $3t_0$부터 $6t_0$까지 S는 O에서 멀어진다.

ㄱ. t_0일 때 S는 O를 향해 운동하므로 t_0일 때 발생한 음파를 O가 측정한 진동수는 f_0보다 크고, $4t_0$일 때 S는 O에서 멀어지므로 $4t_0$일 때 발생한 음파를 O가 측정한 진동수는 f_0보다 작다. 음속이 일정할 때, 음파의 진동수가 클수록 파장은 짧다. 따라서 O가 측정한 음파의 파장은 t_0일 때 발생한 음파가 $4t_0$일 때 발생한 음파보다 짧다.

~~ㄴ~~. 음파의 속력을 V라고 하자. t_0일 때 S의 속력을 $\frac{d}{t_0}=v$라고 하면, $4t_0$일 때 S의 속력은 $\frac{2d}{3t_0}=\frac{2}{3}v$이다. O가 측정한 음파의 진동수는 t_0일 때 발생한 음파가 $4t_0$일 때 발생한 음파의 2배이므로 $\frac{V}{V-v}f_0=\frac{2V}{V+\frac{2}{3}v}f_0$이다. 이를 정리하면, $V=\frac{8}{3}v=\frac{8d}{3t_0}$이다.

ㄷ. $5t_0$일 때 발생한 음파를 O가 측정한 진동수를 f라고 하자. $5t_0$일 때 S의 속력은 $\frac{2}{3}v$이므로 $f=\frac{\frac{8}{3}v}{\frac{8}{3}v+\frac{2}{3}v}f_0=\frac{4}{5}f_0$이다.

03 도플러 효과

음원이 움직이면서 음파의 파면 사이의 거리가 변하기 때문에 음파 측정기가 측정한 움직이는 음원의 진동수는 음원의 속력에 따라 달라진다. 음원이 음파 측정기를 향해 다가갈 때 이웃한 파면 사이의 거리가 감소하여 진동수는 크게 측정되고, 음원이 음파 측정기와 멀어지는 방향으로 운동할 때 이웃한 파면 사이의 거리가 증가하여 진동수는 작게 측정된다.

③ 음속을 V라고 하자. A에서 발생한 음파의 파장은 $\frac{V}{f_0}$이다. A는 P에서 멀어지는 방향으로 운동하므로 P가 측정한 A에서 발생한 음파의 파장은 $\frac{11v}{2f_0}=\frac{V}{f_0}+\frac{v}{f_0}$이므로 $V=\frac{9}{2}v$이다. Q가 측정한 A에서 발생한 음파의 파장은 A는 Q를 향해 운동하므로 $\frac{V}{f_0}-\frac{v}{f_0}=\frac{9v}{2f_0}-\frac{v}{f_0}=\frac{7v}{2f_0}$이다.

P, Q가 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수를 각각 f_P, f_Q라고 하자.

$$f_P=\frac{V}{V+v}f_0=\frac{\frac{9}{2}v}{\frac{9}{2}v+v}f_0=\frac{9}{11}f_0\text{이고,}$$

$$f_Q=\frac{V}{V-v}f_0=\frac{\frac{9}{2}v}{\frac{9}{2}v-v}f_0=\frac{9}{7}f_0\text{이다.}$$

따라서 $\Delta f=f_Q-f_P=\frac{9}{7}f_0-\frac{9}{11}f_0=\frac{36}{77}f_0$이다.

04 도플러 효과

음원이 음파 측정기를 향해 다가갈 때 진동수는 원래 진동수보다 크게 측정되고, 음원이 음파 측정기와 멀어지는 방향으로 운동할 때 진동수는 원래 진동수보다 작게 측정된다.

ㄱ. A에서 발생한 음파의 진동수는 f_0이다. B와 충돌하기 전 A에서 발생한 음파를 P가 측정한 진동수는 f_0보다 크고, B와 충돌한 후 A가 발생한 음파를 P가 측정한 진동수는 f_0보다 작다. 따라서 A의 운동 방향은 B와 충돌하기 전과 후가 반대이다.

ㄴ. 음속을 V라고 하자. B와 충돌하기 전 A의 속력은 v이므로 $\frac{V}{V-v}f_0=\frac{10}{9}f_0$에서 $V=10v$이다.

~~ㄷ~~. B와 충돌한 후 A의 속력을 v_1이라고 하자. B와 충돌한 후 A는 P에서 멀어지는 방향으로 운동하므로 $\frac{V}{V+v_1}f_0=\frac{40}{41}f_0$이다. $V=10v$이므로 $v_1=\frac{1}{4}v$이다. B와 충돌한 후 A에서 발생한 음파를 P가 측정한 파장을 λ라고 하자. $\lambda=\frac{V}{f_0}+\frac{v_1}{f_0}=\frac{10v}{f_0}+\frac{v}{4f_0}=\frac{41v}{4f_0}$이다.

05 교류 회로에서 축전기와 코일의 역할

교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 크고, 축전기의 저항 역할은 작다.

ㄱ. S를 a에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면 코일의 저항 역할은 커지므로 전류계에 흐르는 전류의 세기는 감소한다.

ㄴ. 교류 전원의 진동수가 작을수록 축전기의 저항 역할은 커진다.

ㄷ. S를 b에 연결하고 진동수를 f보다 크게 하면 축전기의 저항 역할은 작아지므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 증가한다. 따라서 S를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수가 $2f$일 때, 저항에 걸리는 전압은 V_0보다 크다.

06 교류 회로에서 축전기와 코일의 역할

교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 커지고, 축전기의 저항 역할은 작아진다.

ㄱ. (나)에서 진동수가 커질수록 X 양단에 걸리는 전압은 증가하고 저항에 걸리는 전압은 감소한다. 따라서 저항에 흐르는 전류의 세기는 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_2일 때보다 크다.

ㄴ. X는 교류 전원의 진동수가 커질수록 저항 역할이 커지는 소자이므로 X는 코일이다.

ㄷ. Y는 축전기이다. 축전기는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항 역할이 작아진다. 따라서 Y의 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_2일 때보다 크다.

07 교류 회로에서 코일의 역할

교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 크다.

ㄱ. 주기가 길수록 진동수는 작으므로 $f_1>f_2$이다.

ㄴ. 저항 양단에 걸리는 전압의 최댓값은 (나)에서가 (다)에서보다 작다. 교류 전원의 전압의 최댓값은 일정하므로 X에 걸리는 전압은 (나)에서가 (다)에서보다 크다.

ㄷ. 저항에 걸리는 전압은 (나)에서가 (다)에서보다 작으므로 저항에 흐르는 전류의 세기는 (나)에서가 (다)에서보다 작다. $f_1>f_2$이므로 진동수가 클수록 X의 저항 역할은 커진다. 따라서 X는 코일이다.

08 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L, 축전기의 전기 용량을 C라 할 때, 공명 진동수 $f=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다.

ㄱ. 전자기파는 전기장의 진동과 자기장의 진동이 결합된 파동이다. 따라서 안테나의 전자는 전자기파의 전기장에 의해 전기력을 받는다.

ㄴ. 수신 회로에서 축전기의 전기 용량은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 크다. 따라서 수신 회로의 공명 진동수는 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 작으므로 $f_a<f_b$이다.

ㄷ. 코일의 저항 역할은 교류 전원의 진동수에 비례한다. 따라서 코일의 저항 역할은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 작다.

수능 3점 테스트

본문 96~98쪽

01 ①	02 ③	03 ⑤	04 ①	05 ②
06 ④				

01 도플러 효과

A와 B는 S와 가까워진다. 음원이 음파 측정기에서 멀어지는 방향으로 운동하면 음파 측정기가 측정한 음파의 진동수는 음원에서 발생한 음파의 진동수보다 작아지고, 음원이 음파 측정기에 가까워지는 방향으로 운동하면 음파 측정기가 측정한 음파의 진동수는 음원에서 발생한 음파의 진동수보다 커진다.

ㄱ. t_1일 때, A의 속력은 $3v$이다. 따라서 t_1일 때 A가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\dfrac{10v}{10v-3v}f_0=\dfrac{10}{7}f_0$이다.

ㄴ. t_2일 때 A가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\dfrac{10}{7}f_0$이고, t_2일 때 B의 속력은 $2v$이다. 따라서 B는 S를 향해 운동하므로 t_2일 때 B가 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 $\dfrac{10v}{10v-2v}\left(\dfrac{2}{3}f_0\right)=\dfrac{5}{6}f_0$이다. 이를 정리하면, t_2일 때 음원이 발생시킨 음파를 S가 측정한 진동수는 A의 음파가 B의 음파의 $\dfrac{12}{7}$배이다.

ㄷ. B는 S를 향해 운동하고, B의 속력은 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다. 따라서 S가 측정한 진동수는 t_1일 때 B에서 발생한 음파의 진동수가 t_2일 때 B에서 발생한 음파의 진동수보다 작다.

02 도플러 효과

진동수가 f_0인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기를 향해 다가오거나 음파 측정기에서 멀어질 때 음파 측정기가 측정하는 음파의 진동수는 $f=\dfrac{v}{v\mp v_s}f_0$이다.

(v: 음파의 속력, v_s: 음원의 속력, $-$: 음원이 음파 측정기를 향해 다가감, $+$: 음원이 음파 측정기에서 멀어짐)

③ X에서 발생하는 음파의 진동수를 f_0, 음속을 V라고 하자. X가 a를 통과하는 순간, P에서 측정할 때 X는 P에서 멀어지고 속력은 v이다. 따라서 $f_P=\dfrac{V}{V+v}f_0$이다. X가 b를 통과하는 순간, Q에서 측정할 때 X는 Q를 향해 운동하고 속력은 $3v$이다. 따라서 $f_Q=\dfrac{V}{V-3v}f_0$이다. $\dfrac{f_P}{f_Q}=\dfrac{7}{8}$이므로 $\dfrac{V-3v}{V+v}=\dfrac{7}{8}$이다. 이를 정리하면, $V=31v$이다.

03 도플러 효과

음원이 움직이면서 음파의 파면 사이의 거리가 변하기 때문에 움직이는 음원의 진동수는 음원의 속력에 따라 달라진다. 음원이 음파 측정기를 향해 다가갈 때 이웃한 파면 사이의 거리가 감소하여 진동수는 크게 측정되고, 음원이 음파 측정기와 멀어지는 방향으로 운동할 때 이웃한 파면 사이의 거리가 증가하여 진동수는 작게 측정된다.

ㄱ. 0부터 $2t_0$까지 A와 B 사이의 거리는 증가하므로 속력은 B가 A보다 크다. 0부터 $2t_0$까지 A와 B 사이의 거리 증가량을 d라고 하자. t_0일 때, B의 속력은 $\frac{4}{3}v$이므로 $\frac{4}{3}v-v=\frac{d}{2t_0}$에서 $\frac{d}{t_0}=\frac{2}{3}v$이다. $2t_0$부터 $5t_0$까지 A와 B 사이의 거리는 감소하므로 속력은 A가 B보다 크다. $3t_0$일 때, B의 속력을 v_B라고 하면, $v-v_B=\frac{d}{3t_0}=\frac{2}{9}v$에서 $v_B=\frac{7}{9}v$이다.

ㄴ. 음속을 V라고 하자. 정지해 있는 음파 측정기 P가 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수는 $\frac{5}{4}f_0$이므로 $\frac{V}{V-v}f_0=\frac{5}{4}f_0$에서 $V=5v$이다. t_0일 때 B에서 발생한 음파를 P가 측정한 진동수는 f이므로 $f=\frac{V}{V+\frac{4}{3}v}f_0=\frac{5v}{\frac{19}{3}v}f_0=\frac{15}{19}f_0$이다.

ㄷ. t_0일 때 A, B에서 발생한 음파를 P가 측정한 파장을 각각 λ_A, λ_B라고 하자. t_0일 때 A는 P를 향해 운동하고 B는 P에서 멀어지는 방향으로 운동을 한다. $\lambda_A=\frac{V}{f_0}-\frac{v}{f_0}=\frac{5v-v}{f_0}=\frac{4v}{f_0}$이고,

$\lambda_B=\frac{V}{f_0}+\frac{\frac{4}{3}v}{f_0}=\frac{5v+\frac{4}{3}v}{f_0}=\frac{\frac{19}{3}v}{f_0}=\frac{19v}{3f_0}$이다. 이를 정리하면, $\lambda_A=\frac{12}{19}\lambda_B$이다.

04 교류 회로에서 축전기의 역할

교류 전원에 연결된 회로에서 축전기는 교류 전원의 진동수가 작을수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 크다.

ㄱ. 스위치를 b에 연결할 때 전류의 세기는 교류 전원의 진동수에 관계없이 일정하다. 따라서 X는 저항이다.

ㄴ. 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 세기의 최댓값은 감소하므로 Y의 저항 역할이 커진다. 따라서 Y는 코일이다.

ㄷ. S를 a에 연결할 때 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 세기는 감소하므로 저항에서의 소비 전력은 감소한다.

05 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L, 축전기의 전기 용량을 C라 할 때, 공명 진동수 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다. 교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 축전기의 저항 역할은 작다.

ㄱ. (나)는 RLC 회로에 흐르는 전류의 최댓값을 진동수에 따라 나타낸 것이므로 (나)는 (가)에서 S를 a에 연결했을 때이다.

ㄴ. 교류 전원의 진동수가 f_2일 때 전류의 최댓값이 최대이므로 회로의 고유 진동수는 f_2이다.

ㄷ. $f_1<f_3$이다. 교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 축전기의 저항 역할은 작아진다. 따라서 스위치를 b에 연결하면, 전류계에 흐르는 전류의 세기의 최댓값은 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_3일 때보다 작다. 따라서 저항 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_3일 때보다 작으므로 축전기 양단에 걸리는 전압은 교류 전원의 진동수가 f_1일 때가 f_3일 때보다 크다.

06 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L, 축전기의 전기 용량을 C라 할 때, 공명 진동수 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다. 교류 회로에서 교류 전원의 진동수가 클수록 코일의 저항 역할은 크다.

ㄱ. (나)에서 P는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항에 걸리는 전압의 최댓값이 감소하므로 회로에 흐르는 전류 세기의 최댓값은 감소한다. 따라서 P는 S를 a에 연결했을 때이다.

ㄴ. P는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항에 걸리는 전압의 최댓값은 감소한다. 즉, X는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항 역할이 커진다. 따라서 X는 코일이다. Q는 RLC 회로에서 교류 전원의 진동수에 따른 저항 양단에 걸리는 전압이므로 Y는 축전기이다. 따라서 Y는 교류 전원의 진동수가 커질수록 저항 역할이 작아진다.

ㄷ. S를 b에 연결했을 때 저항에 걸리는 전압을 진동수에 따라 나타낸 것은 Q이다. 교류 전원의 진동수가 f_0에서 회로의 저항에 걸리는 전압이 최대이므로 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대이다. 따라서 회로의 고유 진동수는 f_0이다.

테마 13

볼록 렌즈에 의한 상

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 100쪽

정답 ⑤

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b라 할 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다. 또한, 상의 크기를 h'라 할 때, 배율 $m=\left|\frac{h'}{h}\right|=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.

ㄱ. ㉠$<f$이므로 $a=$㉠일 때 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이다.

ㄴ. ㉡$>f$이므로 $a=$㉡일 때 볼록 렌즈에 의한 도립상이다.

ㄷ. $a=$㉠일 때, 볼록 렌즈에 의한 상이 볼록 렌즈로부터 떨어진 거리를 b_1이라고 하자. 상의 크기가 $2h$이므로 $b_1=2$㉠이다. ㉠$<f$이므로 렌즈 방정식 $\frac{1}{㉠}-\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$에서 ㉠은 $\frac{1}{2}f$이다. $a=$㉡일 때, 볼록 렌즈에 의한 상이 볼록 렌즈로부터 떨어진 거리를 b_2라고 하자. 상의 크기가 h이므로 ㉡$=b_2$이다. 따라서 $\frac{1}{㉡}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f}$에서 ㉡$=2f$이다. 따라서 ㉡은 ㉠의 4배이다.

수능 2점 테스트

본문 101~102쪽

01 ③	02 ③	03 ④	04 ①	05 ⑤
06 ④	07 ③	08 ⑤		

01 볼록 렌즈에 의한 상

상의 배율이 1일 때, 볼록 렌즈로부터 물체와 상까지의 거리는 같고 물체와 같은 크기의 실상이 생긴다.

ㄱ. 볼록 렌즈에 의한 상이 정립상인 경우 이는 허상이다.

ㄴ. 물체가 초점 거리 내에 위치할 때 허상이 생기므로 볼록 렌즈의 초점 거리는 d보다 크다.

~~ㄷ~~. 물체의 초점 거리는 d보다 크므로 물체가 $x=0$에서 $x=\frac{d}{2}$까지 이동하는 동안 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이다. 물체가 $x=0$에서 $x=\frac{d}{2}$까지 이동하는 동안 볼록 렌즈로부터 상까지의 거리는 볼록 렌즈로부터 물체까지의 거리보다 크므로 상의 배율은 1보다 크다.

02 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 크면 볼록 렌즈에 의한 물체의 상은 실상이다.

~~ㄱ~~. 볼록 렌즈의 중심으로부터 P까지의 거리는 렌즈의 초점 거리보다 크므로 P의 상은 실상이다.

~~ㄴ~~. P를 a와 b 사이에 놓았을 때 생기는 실상은 도립상이다.

ㄷ. P를 a에서 b로 광축을 따라 이동시키면 볼록 렌즈에 의한 물체의 상은 초점으로부터 멀어지는 방향으로 이동한다. 따라서 P를 a에서 b로 광축을 따라 이동시키면 상의 크기는 증가한다.

03 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

④ (가)에서 상의 배율은 3이므로 볼록 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리는 $3d$이다. 볼록 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식으로부터 $\frac{1}{d}+\frac{1}{3d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{3}{4}d$이다.

(나)에서 볼록 렌즈에 의한 상은 허상이므로 물체와 렌즈 사이의 거리를 d_1이라고 하면, 상의 위치는 렌즈의 왼쪽 $3d_1$인 지점이다. $\frac{1}{d_1}-\frac{1}{3d_1}=\frac{1}{f}=\frac{4}{3d}=\frac{2}{3d_1}$에서 $d_1=\frac{1}{2}d$이다. 따라서 $x=d-d_1=\frac{1}{2}d$이다.

04 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

ㄱ. 렌즈 중심으로부터의 거리는 p가 q보다 작다. 볼록 렌즈에 의한 상의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 (가)에서는 허상이고 (나)에서는 실상이다.

~~ㄴ~~. (가), (나)에서 볼록 렌즈로부터 상까지의 거리를 각각 b_1, b_2라고 하자. (가)에서 볼록 렌즈에 의한 상의 크기는 $5h$이므로 $b_1=5d$이다. p와 q 사이의 거리를 x라고 하면, (나)에서 볼록 렌즈의 중심으로부터 물체까지의 거리는 $d+x$이므로 $b_2=5(d+x)$이다. 따라서 볼록 렌즈로부터 상까지의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

~~ㄷ~~. (가)에서 렌즈 방정식은 $\frac{1}{d}-\frac{1}{5d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{5}{4}d$이다. (나)에서 렌즈 방정식은 $\frac{1}{d+x}+\frac{1}{5d+5x}=\frac{1}{f}$이다. 이를 정리하면, $x=\frac{1}{2}d$이다. 따라서 p와 q 사이의 거리는 $\frac{1}{2}d$이다.

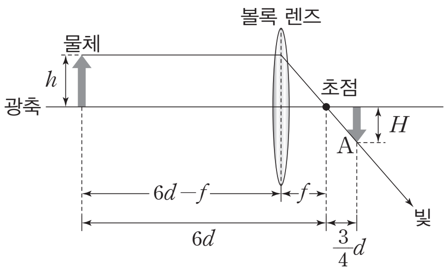
05 렌즈 방정식

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

⑤ X는 실상이고, Y는 허상이다. (가)에서 볼록 렌즈의 중심으로부터 X까지의 거리를 b_1이라고 하면, X의 크기는 물체의 크기의 $\frac{3}{2}$배이므로 $b_1=2d\times\frac{3}{2}=3d$이다. 따라서 렌즈 방정식을 적용하면, $\frac{1}{2d}+\frac{1}{3d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{6}{5}d$이다. (나)에서 볼록 렌즈의 중심으로부터 Y까지의 거리를 b_2라고 하면 $\frac{1}{d}-\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f}=\frac{5}{6d}$에서 $b_2=6d$이다. Y의 크기를 H라고 하면, $H=\frac{b_2}{d}\times h=6h$이다.

06 렌즈 방정식

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.



ㄱ. A는 도립상이므로 실상이다.

ㄴ. 물체와 볼록 렌즈의 중심 사이의 거리는 $6d-f$이고, 볼록 렌즈의 중심으로부터 A까지의 거리는 $f+\frac{3}{4}d$이다. 이를 렌즈 방정식에 적용하면, $\frac{1}{6d-f}+\frac{1}{f+\frac{3}{4}d}=\frac{1}{f}$이다. 이를 정리하면,

$f^2+\frac{3}{2}df-\frac{9}{2}d^2=0$이므로 $f=\frac{3}{2}d$이다.

ㄷ. 상의 배율을 m이라고 하면, $m=\dfrac{f+\frac{3}{4}d}{6d-f}=\frac{1}{2}$이다. 따라서 $H=mh=\frac{1}{2}h$이다.

07 렌즈 방정식과 배율

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

ㄱ. 볼록 렌즈의 중심으로부터 떨어진 거리는 A가 B보다 작고, A, B의 상의 크기는 서로 같으므로 A의 상은 허상이고 B의 상은 실상이므로 두 상 모두 렌즈의 왼쪽에 생긴다. 따라서 A의 상은 정립상이고 B의 상은 도립상이다.

ㄴ. 볼록 렌즈의 중심으로부터 A, B의 상까지의 거리를 각각 x_A, x_B라고 하자. A, B의 상의 크기는 같으므로 상의 배율을 m이라고 하면, $x_A=md$이고 $x_B=m(2d)$이다. 볼록 렌즈의 초점 거리를 f라고 하자. 렌즈의 방정식을 적용하면 $\frac{1}{d}-\frac{1}{md}=\frac{1}{f}$이고 $\frac{1}{2d}+\frac{1}{2md}=\frac{1}{f}$이다. 이를 정리하면, $\frac{1}{d}-\frac{1}{md}=\frac{1}{2d}+\frac{1}{2md}$이다. $m=3$이므로 B의 상의 크기는 $3h$이다.

ㄷ. 렌즈의 중심으로부터 A의 상까지의 거리는 $x_A=3d$이고, 렌즈의 중심으로부터 B의 상까지의 거리는 $x_B=6d$이다. 따라서 A의 상에서부터 B의 상까지의 거리는 $6d-3d=3d$이다.

08 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

ㄱ. 볼록 렌즈의 초점 거리를 f라고 하자. 물체의 크기는 10 cm이고, 물체가 볼록 렌즈의 중심으로부터 떨어진 거리가 30 cm일 때 상의 크기가 5 cm이다. 따라서 볼록 렌즈에 의한 상이 볼록 렌즈로부터 떨어진 거리는 $\frac{30\text{ cm}}{2}=15\text{ cm}$이다. 렌즈 방정식을 적용하면 $\frac{1}{30}+\frac{1}{15}=\frac{1}{f}$에서 $f=10\text{ cm}$이다.

ㄴ. 물체가 볼록 렌즈의 중심으로부터 20 cm 떨어져 있을 때, 볼록 렌즈에 의한 상이 볼록 렌즈의 중심으로부터 떨어진 거리를 b라고 하면 $\frac{1}{20}+\frac{1}{b}=\frac{1}{10}$에서 $b=20\text{ cm}$이다. 따라서 ㉠$=\frac{20\text{ cm}}{20\text{ cm}}\times 10\text{ cm}=10\text{ cm}$이다.

ㄷ. 볼록 렌즈의 초점 거리는 10 cm이고, 물체는 렌즈의 중심으로부터 30 cm 떨어져 있으므로 ㉡은 도립상이다.

수능 3점 테스트

본문 103~104쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ② 04 ⑤

01 렌즈 방정식

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

ㄱ. 볼록 렌즈의 중심으로부터 A까지의 거리가 d일 때 볼록 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리를 x_1이라고 하면, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{d}-\frac{1}{x_1}=\frac{1}{f}$ … ①이다. A의 크기를 h_0이라고 하면, $2h=\frac{x_1}{d}h_0$에서 $x_1=\frac{2dh}{h_0}$이다.

볼록 렌즈의 중심으로부터 A까지의 거리가 $4d$일 때, 볼록 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리를 x_3이라고 하면, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{4d}+\frac{1}{x_3}=\frac{1}{f}$ … ②이다. 이때, $\frac{1}{3}h=\frac{x_3}{4d}h_0$에서 $x_3=\frac{4dh}{3h_0}$이다.

이를 정리하면, $\frac{1}{d}-\frac{1}{x_1}=\frac{1}{4d}+\frac{1}{x_3}=\frac{1}{f}$에서 $\frac{1}{d}-\frac{h_0}{2dh}=\frac{1}{4d}+\frac{3h_0}{4dh}$이므로 $h_0=\frac{3}{5}h$이다. 따라서 $x_1=\frac{2dh}{h_0}=\frac{10}{3}d$이다. 이를 ①에 대입하여 정리하면, $\frac{1}{d}-\frac{3}{10d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{10}{7}d$이다.

ㄴ. 볼록 렌즈의 중심으로부터 A까지의 거리가 $2d$일 때, 볼록 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리를 x_2라고 하면, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{2d}+\frac{1}{x_2}=\frac{1}{f}=\frac{7}{10d}$ … ③이다. 이를 정리하면, $x_2=5d$이다. 따라서 ㉠$=\frac{x_2}{2d}h_0=\frac{5}{2}\times\frac{3}{5}h=\frac{3}{2}h$이다.

ㄷ. 볼록 렌즈의 중심으로부터 물체까지의 거리가 초점 거리보다 크면, 볼록 렌즈에 의한 상은 실상이다.

02 렌즈 방정식

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

ㄱ. A의 중심에서 물체까지의 거리가 L일 때, 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리를 b_1이라고 하자. 렌즈 방정식을 적용하면, $\frac{1}{L}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$이다. 상의 크기는 물체 크기의 2배이므로 $b_2=2L$이다. $\frac{1}{f}=\frac{1}{L}+\frac{1}{2L}=\frac{3}{2L}$에서 $f=\frac{2}{3}L$이다.

ㄴ. A의 중심에서 물체까지의 거리가 ㉠일 때, A의 중심으로부터 상까지의 거리를 b_2라고 하자. 상의 크기는 $3h$이므로 $b_2=3$㉠이다. $\frac{1}{㉠}-\frac{1}{3㉠}=\frac{1}{f}$에서 $\frac{2}{3㉠}=\frac{3}{2L}$이므로 ㉠$=\frac{4}{9}L$이다.

ㄷ. B의 초점 거리는 $2f=\frac{4}{3}L$이다. B의 중심에서 물체까지의 거리 $2L$은 $2f$보다 크므로 ㉡은 도립 실상이다.

03 렌즈 방정식과 배율

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다.

ㄱ. 볼록 렌즈의 초점 거리를 f라고 하자. A, B의 볼록 렌즈에 의한 상이 볼록 렌즈의 중심으로부터 떨어진 거리를 각각 b_1, b_2라고 하자.

(i) A, B의 상이 모두 실상($b_1>0$, $b_2>0$)이라면, $\frac{1}{4d}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$이고, $\frac{1}{d}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f}$이다. A, B의 상의 크기를 H라고 하면, $\frac{b_1}{4d}=\frac{H}{2h}$이고 $\frac{b_2}{d}=\frac{H}{h}$이므로 $b_1=2b_2$이고, $\frac{1}{4d}+\frac{1}{2b_2}=\frac{1}{d}+\frac{1}{b_2}$에서 $b_2=-\frac{2}{3}d$이다. 하지만 $b_2>0$이어야 하므로 이는 조건에 맞지 않는다.

(ii) A, B가 모두 허상이라면, 볼록 렌즈의 중심으로부터 물체까지의 거리는 A가 B보다 크므로 상의 크기는 A가 B보다 크다. 볼록 렌즈에 의한 A, B의 상의 크기는 같다고 했으므로 이는 조건에 맞지 않는다.

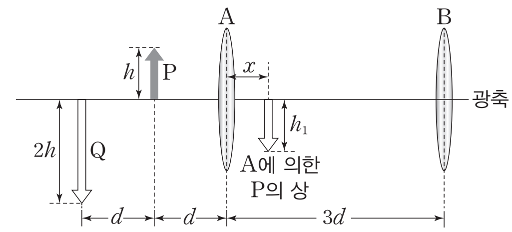
(iii) A와 B의 상 중 하나는 실상이고 다른 하나는 허상이어야 상의 크기가 같을 수 있다. 볼록 렌즈의 중심으로부터 물체까지의 거리는 A가 B보다 크므로 A의 상은 실상(도립상)이고 B의 상은 허상(정립상)이어야 한다.

ㄴ. A의 상은 실상이고 B의 상은 허상이다. 이를 렌즈 방정식에 적용하면 $\frac{1}{4d}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$이고 $\frac{1}{d}-\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f}$이다. $b_1=2b_2$이므로 $\frac{1}{4d}+\frac{1}{2b_2}=\frac{1}{d}-\frac{1}{b_2}$에서 $b_2=2d$이다. $\frac{1}{4d}+\frac{1}{4d}=\frac{1}{f}$에서 $f=2d$이다.

ㄷ. $b_1=4d$이고 $b_2=2d$이므로 A의 상과 B의 상 사이의 거리는 $4d+2d=6d$이다.

04 렌즈 방정식과 배율

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 a이고, 렌즈와 상 사이의 거리가 b이며 렌즈의 초점 거리가 f일 때, 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이다. 이때, 배율($m$)은 $m=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.



ㄱ. P를 A, B를 통해 관찰했을 때, Q는 도립상이다. 따라서 A에 대한 P의 상은 도립 실상이다.

ㄴ. A에 의한 P의 상의 위치가 A의 중심으로부터 떨어진 거리를 x라고 하자. A에 의한 P의 상으로부터 B의 중심까지의 거리는 $3d-x$이다. Q는 P의 2배이므로 P에 대한 Q의 배율은 2이다. 따라서 $\frac{x}{d}\times\frac{5d}{3d-x}=2$에서 $x=\frac{6}{7}d$이다. A에 의한 P의 상의 크기를 h_1이라고 하면 $h_1=\frac{x}{d}h=\frac{6}{7}h$이다.

ㄷ. A에 의한 P의 상은 도립상이고, Q는 P의 도립상이므로 Q는 P에 의한 A의 상에 대해 정립상이다. A에 대한 렌즈 방정식은 $\frac{1}{d}+\frac{7}{6d}=\frac{1}{f_{\mathrm{A}}}$에서 $f_{\mathrm{A}}=\frac{6}{13}d$이고, B에 대한 렌즈 방정식은 $\frac{1}{3d-x}-\frac{1}{5d}=\frac{1}{f_{\mathrm{B}}}$에서 $f_{\mathrm{B}}=\frac{15}{4}d$이다. 따라서 $\frac{f_{\mathrm{A}}}{f_{\mathrm{B}}}=\frac{8}{65}$이다.

테마 14 빛과 물질의 이중성

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 107쪽

정답 ⑤

금속판에 A만 비춘 경우 광전류의 최댓값이 I_0이고 A와 B를 비춘 경우 광전류의 최댓값이 $2I_0$이므로 A와 B 각각에 의해 광전 효과가 일어나는 것을 알 수 있고 B만 비춘 경우 광전류의 최댓값이 I_0임을 유추할 수 있다.

ㄱ. 금속판에 B와 C를 동시에 비추었을 때 광전류의 최댓값이 I_0이므로, B에 의해서만 광전자가 방출됨을 알 수 있다. 따라서 진동수는 B가 C보다 크다.

ㄴ. B를 비추었을 때 정지 전압은 V_0이고, A와 B를 동시에 비추었을 때 정지 전압은 $4V_0$이므로, A만 비추었을 때 정지 전압은 $4V_0$이다. 따라서 ㉠은 $4V_0$이다.

ㄷ. B와 C를 동시에 비추었을 때 정지 전압은 V_0이고 광전자의 최대 운동 에너지는 광전자의 물질파 파장의 제곱에 반비례하므로 ㉡은 λ_0이다.

수능 2점 테스트

본문 108~109쪽

01 ②	02 ③	03 ⑤	04 ②	05 ⑤
06 ③	07 ⑤	08 ①		

01 광전 효과

금속 표면에 비추는 빛에 의해 전자가 방출되는 현상을 광전 효과라고 한다.

~~ㄱ~~. 광전자는 특정한 진동수보다 큰 진동수의 빛을 비출 때 방출된다. 이 특정한 진동수를 문턱 진동수라고 한다.

ㄴ. 금속 표면의 전자를 외부로 떼어내는 데 필요한 최소한의 에너지를 일함수(W)라 한다.

~~ㄷ~~. 광전 효과는 빛의 세기와 무관하게, 일정한 진동수 이상의 빛에서만 광전자가 방출되는 현상이다. 이는 빛의 에너지가 연속적으로 전달되는 파동이 아니라, 광자라는 입자 단위로 한 번에 전달됨을 의미한다. 따라서 광전 효과는 빛이 입자적 성질을 가진다는 것을 보여주는 현상이다.

02 광전 효과와 물질파 파장

광전관의 금속판에 단색광을 비추면 금속판에서 광전자가 방출되어 회로에 전류가 흐르게 된다. 이 전류를 광전류라 하고, 단색광에 의해 금속판에서 방출된 전자를 광전자라고 한다.

ㄱ. (나)에서 단색광의 진동수가 클수록 정지 전압이 크다. 따라서 진동수가 각각 $10f_0$, $6f_0$인 단색광을 비추었을 때 정지 전압은 각각 $2V_0$, V_0이다. $E_k=eV_S=hf-W=h(f-f_{문턱})$이므로, $h(10f_0-f_{문턱})=2h(6f_0-f_{문턱})$이다. 따라서 금속판의 문턱 진동수는 $2f_0$이다.

~~ㄴ~~. 단색광의 세기가 클수록 광전류의 세기는 증가한다. (나)에서 광전류의 세기는 B를 비출 때가 A를 비출 때보다 크므로, 전압이 0인 상태에서 같은 시간 동안 단색광을 비출 때 방출되는 광전자의 수는 B를 비출 때가 A를 비출 때보다 많다.

ㄷ. 같은 금속판에 진동수가 큰 단색광을 비추었을 때 광전자의 최대 운동 에너지가 크다. 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 광전자의 최대 운동 에너지가 클수록 작다.

03 광전 효과와 물질파 파장

금속판 A에 X를 비추었을 때 물질파 파장의 최솟값이 $2\lambda_0$이고, 금속판 B에 X, Y를 동시에 비추었을 때 물질파 파장의 최솟값이 $\sqrt{2}\lambda_0$이다. 그런데 금속판의 일함수는 B가 A의 2배이므로, 금속판 B에 X, Y를 비추었을 때, Y에 의해 물질파 파장의 최솟값이 결정되는 것을 알 수 있다.

ㄱ. A의 일함수를 W_0이라고 하면 B의 일함수는 $2W_0$이다. 물질파 파장의 최솟값이 $2\lambda_0$일 때, 광전자의 최대 운동 에너지를 E_0이라고 하면 물질파 파장의 최솟값이 $\sqrt{2}\lambda_0$일 때, 최대 운동 에너지는 $2E_0$이다. X와 Y의 진동수를 각각 f_X, f_Y라고 하면 A, B에서 $hf_X-W_0=E_0$ ⋯ ①, $hf_Y-2W_0=2E_0$ ⋯ ② (h: 플랑크 상수) 이다. ①, ②를 연립하면, $f_Y=2f_X$이다.

ㄴ. B에 X, Y를 동시에 비추었을 때 광전류의 최댓값이 I_0이다. B에 Y를 비추었을 때 광전류의 최댓값이 I_0이므로, B에 X를 비추면 광전자가 방출되지 않는다. 따라서 B의 문턱 진동수는 f_X보다 크다.

ㄷ. X를 B에 비추었을 때 광전자가 방출되지 않으므로 Y만을 B에 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 X, Y를 B에 동시에 비추었을 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지와 같다. 따라서 ㉠은 $\sqrt{2}\lambda_0$이다.

04 광전 효과와 최대 운동 에너지-진동수 그래프

빛의 진동수가 f_0, $2f_0$일 때, A에서 방출된 광전자의 운동 에너지는 각각 E_0, $4E_0$이다.

~~ㄱ~~. 금속판 A의 일함수를 W라고 하면, $hf_0-W=E_0$ ⋯ ①, $2hf_0-W=4E_0$ ⋯ ②이다. ①, ②의 식을 연립하면, $W=2E_0$이고 $W=\frac{2}{3}hf_0$이다.

ㄴ. A의 문턱 진동수는 $\frac{2}{3}f_0$이므로, 진동수가 $\frac{1}{3}f_0$인 빛을 A에 비추면 광전자가 방출되지 않는다.

~~ㄷ~~. 진동수가 f_0인 빛을 B에 비추었을 때 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 E_0보다 크다. 따라서 일함수는 B가 A보다 작다.

05 물질파 파장

데이비슨과 거머는 니켈 결정에 전자를 입사시킨 후 입사한 전자선과 튀어나온 전자가 이루는 각에 따른 검출된 전자 수의 분포를 알아보기 위해 검출기와 입사한 전자선 사이의 각 ϕ를 변화시키면서 각에 따라 검출되는 전자의 수를 측정하였다.

A. 특정 산란각에서 검출된 전자 수가 많아지는 것은 니켈 결정의 격자에 의해 전자가 회절하고, 그 결과 전자의 물질파가 보강 간섭을 일으키기 때문이다. 이는 전자의 파동성에 의해 나타나는 현상이다.

Ⓑ. 니켈 결정은 격자를 이루고 있어 X선이 결정에서 회절되는 것처럼 전자도 회절한다.
Ⓒ. 니켈 결정에 X선을 비출 때와 전자선을 입사시킬 때의 결과를 비교해 보면, X선 파장과 물질파 이론을 적용하여 구한 전자의 파장이 일치한다는 결론이 도출된다. 이 결론으로부터 드브로이 물질파 이론이 입증되었다.

06 물질파 파장

플랑크 상수는 h이고, 기본 전하량은 e, 전자의 질량은 m일 때, 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이다.
㉠. $E_k=eV$이므로, $\lambda_1=\frac{h}{\sqrt{2meV}}$이다.
㉡. $\lambda_1<\lambda_2$이므로, 전기장 영역에서 전자의 속력은 감소하였다. 전자는 음(−)전하를 띠므로 전기장 영역에서 전자에 작용하는 힘의 방향은 전기장의 방향과 반대 방향이다.
~~ㄷ~~. $\lambda_1<\lambda_2$이므로, 전기장 영역에서 운동하는 동안 전자의 운동 에너지는 감소한다.

07 물질파 파장

플랑크 상수는 h이고, 입자의 질량은 m일 때, 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이다.
㉠. $\lambda_0=\frac{h}{\sqrt{2m_B(2E_0)}}$, $3\lambda_0=\frac{h}{\sqrt{2m_AE_0}}$이므로, $m_B=\frac{9}{2}m_A$이다.
㉡. $3\lambda_0=\frac{h}{\sqrt{2m_AE_0}}$이므로 A의 물질파 파장이 λ_0일 때, A의 운동 에너지는 $9E_0$이다.
㉢. $\lambda=\frac{h}{p}$이다. A, B의 운동 에너지가 $2E_0$일 때, 파장은 A가 B보다 크므로 운동량의 크기는 A가 B보다 작다.

08 물질파 파장

플랑크 상수는 h이고, 입자의 질량은 m일 때, 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이다. 이에 대해 정리하면, $\left(m=\frac{h^2}{2\lambda^2E_k}\right)$이다.
① A, B의 질량을 각각 m_A, m_B라고 하면 A의 운동 에너지는 E_0, 물질파 파장이 3λ이고 B의 운동 에너지는 $3E_0$, 물질파 파장이 2λ이므로 $m_A : m_B=4 : 3$이다. $v=\frac{h}{m\lambda}$이고 A와 B의 물질파 파장의 비가 $3 : 2$이므로, $v_A : v_B=1 : 2$이다.

수능 3점 테스트 본문 110~112쪽

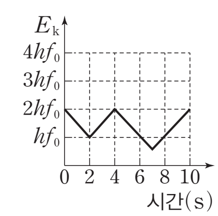
01 ④ 02 ④ 03 ⑤ 04 ④ 05 ① 06 ②

01 광전 효과

광전자의 최대 운동 에너지는 단색광의 진동수가 클수록 커진다. $0<t\leq 2t_0$일 때, 광전자의 최대 운동 에너지는 $3E_0$이다. $2t_0<t\leq 3t_0$일 때, 광전자가 방출되지 않으므로 A에 의해 튀어나오는 광전자의 최대 운동 에너지는 $3E_0$이다.
㉠. $2t_0<t\leq 3t_0$일 때, 광전자가 방출되지 않으므로 B의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다.
~~ㄴ~~. $0.5t_0$일 때 A와 C에 의해 광전자가 방출되고 $1.5t_0$일 때는 A에 의해서만 광전자가 방출되므로 $0.5t_0$일 때 금속판에서 방출되는 광전자의 수가 많다.
㉢. $3t_0<t\leq 4t_0$일 때 광전자의 최대 운동 에너지가 E_0이다. A에 의해 튀어나오는 광전자의 최대 운동 에너지는 $3E_0$이고, B의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 작다. $3t_0$ 이후로 광전자의 최대 운동 에너지는 E_0이므로, 이때 방출된 광전자는 C에 의한 것이다. 따라서 $3.5t_0$일 때 C는 켜져 있다.

02 광전 효과

금속판의 문턱 진동수가 $2f_0$이므로 광전자의 최대 운동 에너지를 E_k, 단색광 A, B, C의 진동수 중 최댓값을 f라고 할 때 금속판의 문턱 진동수가 $2f_0$이므로 $E_k=hf-2hf_0$ 이다.
④ 광전자의 최대 운동 에너지를 시간에 따라 나타내면 그림과 같다.



03 광전 효과

광전 효과 실험에서 금속판에 비추는 단색광의 진동수(f)가 클수록 정지 전압이 커진다. 정지 전압은 V_S, 플랑크 상수는 h, 금속판의 일함수는 W, 전자의 전하량은 e라고 할 때, $hf-W=eV_S$가 성립한다.
~~ㄱ~~. $f_1<f_2$이므로, (나)에서 Ⅰ, Ⅱ의 정지 전압 $2V_0$, V_0은 각각 진동수가 f_2, f_1인 단색광에 의한 것이다. 그런데 (다)에서 (금속의 일함수가 P와 다른) Q에 진동수가 f_2인 단색광을 비출 때의 정지 전압이 V_0이므로, 금속판의 문턱 진동수는 Q가 P보다 크다.
㉡. (다)에서 정지 전압이 V_0이므로, Q에 진동수가 f_2인 단색광을 비출 때에 해당한다. Ⅰ은 진동수가 f_2인 단색광이므로 단색광의 진동수는 Ⅰ에서와 Ⅲ에서가 같다.
㉢. Ⅱ와 Ⅳ에서 정지 전압이 V_0으로 동일하므로, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 Ⅱ에서와 Ⅳ에서가 같다.

04 물질파 회절

톰슨은 X선과 동일한 물질파 파장을 갖는 전자선을 얇은 금속박에 입사시킬 때 X선에 의한 회절 무늬와 전자선의 회절 무늬가 같다는 것을 보여주어 전자의 물질파 이론을 입증하였다.

ㄱ. 전자의 물질파 파장은 가속 전압이 V_1일 때가 V_2일 때보다 작으므로, $V_1>V_2$이다.
ㄴ. 전자의 물질파 파장이 길수록 회절이 잘 일어나 가운데 밝은 무늬의 폭이 커지므로 d가 커진다. 실험에서 가운데 밝은 무늬의 폭은 가속 전압이 V_1일 때가 V_2일 때보다 작으므로 전자의 물질파 파장은 V_1일 때가 V_2일 때보다 작다.
ㄷ. 전자의 속력은 가속 전압이 클수록 크다. 따라서 전자의 속력은 가속 전압이 V_1일 때가 V_2일 때보다 크다.

05 물질파 파장

양극판과 음극판 사이의 거리가 d이고, 전압이 V이면 양극판과 음극판 사이에 균일한 전기장이 형성될 때, 전기장의 세기 $E=\frac{V}{d}$이다. 양(+)전하를 띠는 입자는 전기장에 의해 가속되어 오른쪽으로 이동한다. 이때 입자의 전하량의 크기가 q이면 입자에 작용하는 전기력의 크기는 $F=qE=q\left(\frac{V}{d}\right)$이고 음극판을 통과하는 순간 입자의 운동 에너지는 $E_k=Fd=qV$이다.
ㄱ. 질량이 m인 입자가 음극판을 통과한 후 속력이 v라고 할 때, 입자의 물질파의 파장 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}=\frac{h}{\sqrt{2mqV}}$($h$: 플랑크 상수)이다. 따라서 양성자의 질량을 $m_{양}$이라고 하면 음극판을 통과한 후 양성자와 α 입자의 물질파 파장의 길이는 각각 $\frac{h}{\sqrt{2m_{양}q(4V_0)}}$, $\frac{h}{\sqrt{2(4m_{양})2qV_0}}$이다. 따라서 물질파 파장의 길이는 양성자가 α입자의 $\sqrt{2}$배이다.
ㄴ. 입자가 음극판을 통과할 때, 입자의 운동 에너지는 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=qV$이므로 입자의 속도 $v=\sqrt{\frac{2qV}{m}}$이다. 따라서 음극판을 통과한 후 양성자의 속력은 α입자의 속력보다 크다.
ㄷ. 입자가 음극판을 통과할 때, 정지 상태에서 음극판을 통과하는 동안 평균 속력은 양성자가 α입자보다 $2\sqrt{2}$배 크다. 양극판과 음극판 사이의 거리는 양성자가 α입자보다 2배 크기 때문에 양성자가 음극판을 통과하는 데 걸리는 시간은 양성자가 α입자의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배이다.

06 보어의 수소 원자 모형과 물질파

(가), (나)의 원 궤도 둘레는 각각 전자의 물질파 파장의 2배, 4배이므로 각각 양자수 $n=2$, $n=4$인 상태를 나타낸다.
ㄱ. 전자의 원 궤도 반지름 $r_n=a_0n^2$(a_0: 보어 반지름)이다. 따라서 전자의 원운동 궤도 반지름은 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.
ㄴ. 전자의 물질파 파장은 양자수에 비례한다. 따라서 전자의 물질파 파장은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
ㄷ. 전자의 운동 에너지는 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{(mv)^2}{2m}$이다. 보어의 수소 원자 모형에서 전자 운동량은 $mv_n=\frac{h}{2\pi a_0 n}$이다. 따라서 $n=2$, $n=4$일 때 전자의 운동 에너지는 각각 $\frac{h^2}{32\pi^2 ma_0^2}$, $\frac{h^2}{128\pi^2 ma_0^2}$이므로 전자의 운동 에너지는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{1}{4}$배이다.

테마 15 불확정성 원리

닮은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 114쪽

정답 ⑤
보어의 수소 원자 모형에서 전자는 특정한 원 궤도를 따라 운동하며 현대 수소 원자 모형에서 수소 원자에서 전자를 발견할 확률은 3차원으로 분포된 전자구름 형태를 보인다.
ㄱ. 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n이 클수록 전자의 에너지 준위가 크다. $n=1$인 상태에서 $n=2$인 상태로 전자가 전이할 때 에너지를 흡수한다.
ㄴ. 하이젠베르크의 불확정성 원리에 의해 현대 수소 원자 모형은 불확정성 원리를 만족한다.
ㄷ. 현대 원자 모형에서 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정하는 것은 불가능하며 위치는 특정 영역에서 전자가 존재할 확률로 알 수 있다.

수능 2점 테스트

본문 115~116쪽

01 ①	02 ①	03 ④	04 ⑤	05 ④
06 ③	07 ①	08 ④		

01 불확정성 원리

하이젠베르크의 불확정성 원리에 따르면, 측정 과정에서 측정 도구와 측정 대상의 상호 작용은 측정하려는 대상의 상태를 변화시킨다. 따라서 대상의 물리량을 무한히 정밀하게 측정하는 것은 불가능하다.
ㄱ. 광학 현미경은 가시광선을 이용하여 가시광선의 파장보다 더 긴 크기의 미세한 생명체를 관찰한다.
ㄴ. 전자 현미경을 이용하더라도, 하이젠베르크의 불확정성 원리에 의해 아주 작은 크기의 물체는 관찰이 불가능하다.
ㄷ. 측정 기술이 발달하더라도 하이젠베르크의 불확정성 원리에 의해 관찰 대상의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 없다.

02 불확정성 원리

단일 슬릿에서는 슬릿의 폭이 좁을수록, 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다. 슬릿의 폭이 좁을수록 위치 불확정도(Δy)는 감소하고, 회절이 잘 일어나므로 y축 방향 운동량 불확정도(Δp_y)는 증가한다. 반대로 슬릿의 폭이 클수록 y축 방향 위치 불확정도(Δy)는 커지고, 회절이 적게 일어나므로 y축 방향 운동량 불확정도(Δp_y)는 감소한다.
ㄱ. Δy가 작을수록 전자의 회절이 잘 일어난다.
ㄴ. 슬릿의 폭이 좁을수록 위치 불확정도(Δy)는 감소하고, 회절이 잘 일어나므로 y축 방향 운동량 불확정도(Δp_y)는 증가한다.
ㄷ. $\lambda=\frac{h}{p}$(h: 플랑크 상수)이므로, p가 클수록 물질파 파장은 짧아진다.

03 현대 수소 원자 모형

전자를 발견할 확률 밀도를 원자핵으로부터의 거리에 따라 그래프로 나타냈을 때 극댓값을 가지는 거리는 주 양자수에 의해 결정된다.

ㄱ. 원자핵으로부터의 거리에 대한 확률 밀도의 극댓값이 A는 1번, B는 2번 나오므로, A는 $n=1$인 상태, B는 $n=2$인 상태임을 알 수 있다.

ㄴ. 그래프와 거리 축이 만드는 면적은 1로 A와 B가 같다.

~~ㄷ~~. 전자가 양자수에 따라 특정한 원 궤도를 따라 공전한다는 것은 보어의 수소 원자 모형에 대한 설명이다.

04 원자 모형

α입자 산란 실험을 통해 러더퍼드는 원자핵을 발견한 후 전자가 원자핵 주위를 궤도 운동하는 원자 모형을 제시하였다. 그러나 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없었다.

~~ㄱ~~. 보어는 전자가 에너지를 잃지 않고 안정적으로 원 궤도를 유지할 수 있도록 하는 양자 조건을 도입하여 수소의 선 스펙트럼을 설명하였다. 현대 원자 모형에서도 전자의 에너지 준위가 양자화되어 있기에 선 스펙트럼을 설명할 수 있다. 따라서 A는 러더퍼드의 원자 모형이다.

ㄴ. 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n에 따른 전자 궤도 반지름이 정확하게 주어지므로 하이젠베르크의 불확정성 원리를 만족하지 않는다. 따라서 B는 보어의 수소 원자 모형이다. 이 모형에서 전자는 정해진 궤도에서 운동한다.

ㄷ. 현대 원자 모형에서는 전자의 위치를 특정 시간에 특정 위치에서 발견될 확률로 나타낼 수 있다. 따라서 C는 현대 원자 모형이다.

05 보어의 수소 원자 모형

보어는 전자가 특정한 조건을 만족하는 양자화된 궤도를 따라 원운동을 하며, 궤도 전이시 에너지를 흡수하거나 방출하면서 수소 원자의 선 스펙트럼이 생긴다고 설명하였다. 전자가 특정한 궤도를 안정적으로 돌기 위해서는 그 궤도 둘레가 전자의 물질파 파장의 정수배가 되어야 한다.

ㄱ. 보어의 수소 원자 모형에 따르면 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

ㄴ. 원 궤도 둘레는 전자의 물질파 파장의 3배이므로 양자수는 $n=3$이다.

~~ㄷ~~. $n=1$인 궤도에서 $n=3$인 궤도로 전자가 전이하기 위해서는 에너지를 흡수해야 한다.

06 보어의 수소 원자 모형

보어는 양자 가설을 도입하여 수소 원자의 전자가 특정한 양자화된 원 궤도에서 원 운동을 하며, 궤도 사이의 전이에 의해 선 스펙트럼이 발생한다는 모형을 제시하였다.

ㄱ. 보어의 수소 원자 모형에서 전자가 원자핵으로부터 떨어진 거리를 정확히 알 수 있다. 따라서 전자의 원자핵으로부터 떨어진 거리에 대한 위치 불확정도는 0이다.

ㄴ. 두 궤도 사이를 전이할 때에는 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 전자기파를 방출하거나 흡수하고 이는 수소의 선 스펙트럼에 해당한다.

~~ㄷ~~. 보어 모형에서 전자의 운동량은 정확히 알 수 있다.

07 원자 모형

보어는 양자 가설을 도입하여 수소 원자의 전자가 특정한 양자화된 원 궤도에서 원운동을 하는 원자 모형을 제시하였다. 현대적 원자 모형에 따르면, 파동 함수는 전자를 발견할 확률을 알려주고 3차원으로 분포된 전자구름의 형태를 띤다.

A. 보어의 수소 원자 모형에 따르면 전자가 원자핵으로부터 떨어진 거리의 불확정도는 0이고, 전자의 원운동 궤도의 중심 방향 운동량 불확정도는 0이다.

~~B~~. 현대 원자 모형에서 전자가 발견될 확률은 원자핵으로부터 거리에 반비례하지 않고 특정한 위치에서 극댓값을 가진다.

~~C~~. 보어의 수소 원자 모형은 불확정성 원리를 만족하지 않는다.

08 불확정성 원리

단일 슬릿에서는 슬릿의 폭이 좁을수록, 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다. 슬릿의 폭(a)이 좁을수록 y축 방향 위치 불확정도는 감소하고, 회절이 잘 일어나므로 y축 방향 운동량 불확정도는 증가한다.

ㄱ. a가 감소하면 전자의 위치 불확정도는 감소한다.

~~ㄴ~~. a가 일정할 때, p가 증가하면 물질파의 파장이 작아지므로 D가 감소한다.

ㄷ. 슬릿을 통과하는 전자의 회절은 전자의 파동성 때문에 나타난다.

수능 3점 테스트

본문 117~118쪽

01 ⑤　02 ⑤　03 ④　04 ⑤

01 불확정성 원리

하이젠베르크의 불확정성 원리에 따라 측정 과정에서 측정 도구와 측정 대상의 상호 작용은 측정하려는 대상의 상태를 변화시키기 때문에 대상의 물리량을 무한히 정밀하게 측정하는 것은 불가능하다.

~~ㄱ~~. $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$이고 $\Delta p_x = 2p\sin\theta$이므로, Δx는 $\frac{h}{8\pi p\sin\theta}$보다 크거나 같다.

ㄴ. 파장이 λ보다 짧은 빛을 이용하면 전자의 위치는 더 정확히 알 수 있지만, 충돌 시 전자에 전달되는 에너지가 커져서 운동량의 불확정도는 증가한다.

ㄷ. 하이젠베르크의 불확정성 원리에 따라 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정하는 것은 불가능하다.

02 보어의 원자 모형

보어의 원자 모형에 따르면 전자는 특정한 원 궤도를 따라 원운동을 한다. 이때 양자수가 n일 때, 전자의 궤도의 반지름 $r_n=a_0n^2$(a_0: 보어 반지름)으로 주어진다. 또한 전자가 원자핵으로부터 받는 전기력의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 $n=x$일 때, 궤도 반지름이 r_1의 4배이고 $x=2$이다. 또한 $n=1$일 때, 전자의 에너지를 $-E_0$이라고 하면 전자의 에너지는 $E_n=-\frac{E_0}{n^2}$이므로 $y=3$이다.

ㄱ. $r_1=a_0$, $r_2=4a_0$, $r_3=9a_0$이다. 따라서 $r_1:r_2:r_3=1:4:9$ 이다.

ㄴ. 전자가 원자핵으로부터 받는 전기력의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다. $r_2=4a_0$, $r_3=9a_0$이므로, ㉠$=\frac{16}{81}F$이다.

ㄷ. $x=2$이므로 에너지에서 ㉡$=-\frac{E_0}{4}$이다.

03 불확정성 원리

단일 슬릿에서는 슬릿의 폭이 좁을수록, 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다. 슬릿의 폭이 좁을수록 위치 불확정도(Δy)는 감소하고, 회절이 잘 일어나므로 운동량 불확정도(Δp_y)는 증가한다.

ㄱ. 가속 전압이 클수록 전자의 물질파의 파장이 짧아진다. 가속 전압이 Ⅲ에서가 Ⅰ에서보다 크므로, 물질파의 파장은 Ⅲ에서가 Ⅰ에서보다 짧다. 그런데 Ⅰ에서와 Ⅲ에서 중심에서 가장 밝은 무늬 폭이 D_0으로 같으므로, 슬릿의 폭은 Ⅲ에서가 Ⅰ에서보다 작아야 한다. 따라서 ㉠은 y_0보다 작다.

~~ㄴ~~. y축 방향 운동량 불확정도는 전자의 위치 불확정도에 의해 결정된다. 따라서 슬릿의 폭이 Ⅰ과 Ⅱ에서 같으므로 ㉡은 Δp_0이다.

ㄷ. 가운데 밝은 무늬의 중심에서 양쪽 첫 번째 어두운 무늬 중심 사이의 거리(D)는 슬릿의 폭과 전자의 물질파 파장에 의해 결정된다. 전자의 물질파 파장은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 짧고, 슬릿의 폭 Δy는 같으므로 D는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 작다. 따라서 ㉢은 D_0보다 작다.

04 현대 원자 모형

현대적 원자 모형에 따르면, 파동 함수는 전자를 발견할 확률을 알려주고 3차원으로 분포된 전자구름의 형태를 띤다. 전자를 발견할 확률 밀도를 원자핵으로부터의 거리에 따라 그래프로 나타냈을 때 극댓값을 가지는 거리는 주 양자수에 의해 결정된다.

ㄱ. (가)는 극댓값이 2번 (나)는 극댓값이 3번 나타났으므로, (가), (나)는 각각 $n=2$, $n=3$인 상태이다.

ㄴ. (나)에서 전자는 $n=3$인 상태이다. 전자가 $n=3$에서 $n=1$로 전이하면 에너지 차이에 해당하는 빛을 방출한다.

ㄷ. 주 양자수가 커질수록 전자 확률 밀도가 최대가 되는 위치는 원자핵으로부터 더 멀리 있으므로 $r_1<r_2$이다.

실전 모의고사 1회

본문 120~124쪽

01 ③	02 ④	03 ③	04 ④	05 ⑤
06 ③	07 ①	08 ③	09 ⑤	10 ⑤
11 ③	12 ①	13 ④	14 ①	15 ②
16 ④	17 ⑤	18 ②	19 ②	20 ⑤

01 불확정성 원리

전자를 통과하는 슬릿의 폭이 좁아지면 전자의 위치에 대한 불확정도는 감소하지만, 전자의 운동에 대한 불확정도는 증가하므로 불확정성 원리가 성립된다.

ㄱ. 전자 회절 실험에서 입자의 파동성을 확인할 수 있다.

ㄴ. 슬릿의 폭(a)이 감소하면 전자의 위치 불확정도는 감소하고, 전자의 y방향 운동량 불확정도는 증가한다.

~~ㄷ~~. 슬릿의 폭(a)이 증가하면 전자의 위치 불확정도는 증가하고, 전자의 y방향 운동량 불확정도는 감소하지만 전자의 y방향 운동량을 정확하게 측정할 수는 없다.

02 속도와 가속도

속도-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 변위이고, 가속도-시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 속도의 변화량이다.

~~ㄱ~~. 시간에 따른 물체의 속도의 x, y성분인 v_x, v_y는 각각 다음과 같다.

시간(s)	0	1	2	3	4
v_x(m/s)	0	2	4	6	8
v_y(m/s)	1	2	3	4	5
$\frac{v_y}{v_x}$	−	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{8}$

$\frac{v_y}{v_x}$가 시간에 따라 계속하여 변하므로 물체의 운동 방향이 변한다. 따라서 물체는 가속도(곡선) 운동을 한다.

ㄴ. 2초일 때, 물체의 가속도의 크기는 $\sqrt{a_x^2+a_y^2}$이므로 $\sqrt{2^2+1^2}=\sqrt{5}\ \mathrm{m/s^2}$이다.

ㄷ. 0초부터 4초까지 물체의 x방향 이동 거리는 $S_x=\frac{1}{2}\times2\times4^2=16$(m)이고, 물체의 y방향 이동 거리는 $S_y=\frac{1}{2}\times(1+5)\times4=12$(m)이다. 따라서 0초부터 4초까지 물체의 변위의 크기는 $\sqrt{16^2+12^2}=20$(m)이므로 물체의 평균 속도의 크기는 $\frac{20}{4}=5$(m/s)이다.

03 렌즈 방정식과 배율

(가)에서 물체보다 큰 상이 생기므로 (가)에서 생기는 상은 허상이다.

ㄱ. (가)에서 허상이 생기므로 렌즈의 초점 거리를 f라 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}-\frac{1}{2a}=\frac{1}{f}$ … ①에서 $f=2a$이다. 따라서 렌즈의 초점 거리는 $2a$이다.

ㄴ. (가)에서 상의 크기는 물체의 크기의 2배이고, 상의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 4배이므로 (나)에서 상의 크기는 물체의 크기의 $\frac{1}{2}$배이다. 따라서 상의 크기가 물체의 크기보다 작으므로 (나)에서 상은 실상으로 렌즈의 오른쪽에 생긴다.

~~ㄷ~~. (나)에서 렌즈 방정식 $\frac{1}{a+d}+\frac{2}{a+d}=\frac{1}{f}$ … ②가 성립하므로, ①과 ②를 연립하면 $\frac{1}{2a}=\frac{3}{a+d}$이다. 따라서 $d=5a$이다.

04 등속 원운동

등속 원운동 하는 물체의 질량이 m이고, 각속도가 ω, 원 궤도 반지름이 r일 때, 물체에 작용하는 구심력은 $F=mr\omega^2$이다.

ㄱ. (나)에서 물체의 주기는 A가 t_0, B가 $2t_0$이다. 따라서 주기가 T일 때, 물체의 각속도는 $\omega=\frac{2\pi}{T}$이므로 물체의 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

~~ㄴ~~. (나)에서 물체에 작용하는 구심력의 크기는 A가 B의 2배이다. 또한 물체의 원 궤도 반지름은 A가 B의 2배이고, 물체의 각속도는 A가 B의 2배이므로 $F=mr\omega^2$에서 물체의 질량은 B가 A의 4배이다.

ㄷ. 물체에 작용하는 구심력의 크기는 A가 B의 2배이고, 물체의 질량은 B가 A의 4배이므로 물체의 구심 가속도의 크기는 A가 B의 8배이다.

별해 | 물체의 구심 가속도의 크기는 $a=r\omega^2$이므로 A가 B의 8배이다.

05 가속 좌표계와 관성력

가속도의 크기가 a인 가속 좌표계에서 질량이 m인 물체에 작용하는 관성력의 크기는 $F=ma$이고, 방향은 계의 가속도와 반대 방향이다.

ㄱ. $t=4.5t_0$일 때, 연직 위로 운동하는 A의 속력이 감소하므로 A에 작용하는 알짜힘의 방향은 연직 아래 방향이다. 따라서 $t=4.5t_0$일 때, A에 작용하는 관성력의 방향은 연직 위 방향이다.

ㄴ. A의 가속도의 크기는 $t=4.5t_0$일 때가 $t=t_0$일 때의 2배이므로 $t=t_0$일 때 A에 작용하는 관성력의 크기를 F라 하면, $t=4.5t_0$일 때 A에 작용하는 관성력의 크기는 $2F$이다. $t=4.5t_0$일 때 A에 작용하는 관성력의 방향은 연직 위 방향이므로 $t=4.5t_0$일 때 실이 A를 당기는 힘의 크기를 T라 하면, $T+2F=mg$ … ①이다. 또한 $t=t_0$일 때 A에 작용하는 관성력의 크기는 연직 아래 방향이므로 $4T=mg+F$ … ②이다. 따라서 ①과 ②를 연립하면 $T=\frac{1}{3}mg$이므로 $t=t_0$일 때, 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $4T=\frac{4}{3}mg$이다.

ㄷ. $t=4.5t_0$일 때, $T+2F=mg$가 성립하므로 A에 작용하는 관성력의 크기는 $2F=\frac{2}{3}mg$이다.

06 일과 운동 에너지

$2h$인 지점에서 B의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 4배이므로 A, B의 질량을 m, 중력 가속도를 g라 하면, $\frac{1}{2}m(2v_0)^2=4\times 2mgh$가 성립하여 $mgh=\frac{1}{4}mv_0{}^2$이다.

ㄱ. 운동하는 동안 역학적 에너지가 보존되므로 A의 역학적 에너지 보존에서 $3mgh+\frac{1}{2}mv_0{}^2=\frac{5}{4}mv_0{}^2$이고, B의 역학적 에너지 보존에서 $2mgh+2mv_0{}^2=\frac{5}{2}mv_0{}^2$이다. 따라서 Ⅰ에서 속력은 B가 A의 $\sqrt{2}$배이고, Ⅰ에서 물체는 같은 거리를 등속도 운동하므로 Ⅰ을 통과하는 데 걸리는 시간은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. A의 역학적 에너지는 $3mgh+\frac{1}{2}mv_0{}^2=5mgh$이므로 A의 최고점은 Ⅱ에 존재한다.

~~ㄷ~~. Ⅲ에서 B의 속력을 $v_{Ⅲ}$이라 하면, B의 역학적 에너지 보존에 의해 $2mgh+2mv_0{}^2=10mgh=6mgh+\frac{1}{2}mv_{Ⅲ}{}^2$이 성립한다. 따라서 $\frac{1}{2}mv_{Ⅲ}{}^2=4mgh=mv_0{}^2$이므로 $v_{Ⅲ}=\sqrt{2}v_0$이다.

07 광전 효과

문턱 진동수 이상의 두 단색광을 동시에 비출 때, 광전류의 최댓값은 하나의 단색광을 비출 때보다 증가하고, 광전자의 최대 운동 에너지는 진동수가 큰 단색광을 비출 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지와 같다.

ㄱ. A와 B를 각각 비추었을 때 광전자가 방출되었으므로 A와 B를 동시에 비추면 A와 B 모두에 의해 광전자가 방출된다. 따라서 광전류의 최댓값도 증가하므로 ㉠은 $2I_0$보다 크다.

~~ㄴ~~. A와 B를 동시에 비추어도 광전자의 최대 운동 에너지는 B를 비출 때와 같다. 따라서 ㉡은 $2E_0$이다.

~~ㄷ~~. 광전자의 질량이 m, 물질파 파장을 λ라 하면, 광전자의 최대 운동 에너지는 $E_k=\frac{h^2}{2m\lambda^2}$ (h: 플랑크 상수)이다. 따라서 광전자의 최대 운동 에너지가 B가 A의 2배이므로 광전자의 최대 운동 에너지에 해당하는 물질파 파장은 A가 B의 $\sqrt{2}$배이다.

08 단진자와 역학적 에너지

단진자 운동하는 물체의 역학적 에너지는 보존되고, 실이 수평면과 수직일 때 물체의 운동 에너지가 최대이며, 양 끝점에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지가 최대이다.

ㄱ. 중력 가속도를 g라 하면, A의 진동 주기는 $T=2\pi\sqrt{\frac{L_A}{g}}$이다. $L_A>L_B$이므로 B의 진동 주기는 T보다 작다.

~~ㄴ~~. A와 B를 같은 높이에서 놓았고, 추의 질량이 A가 B의 2배이므로 추의 역학적 에너지는 A가 B의 2배이다.

ㄷ. $L_A>L_B$이므로 최고점과 최저점의 높이 차가 A가 B보다 크고, A, B의 질량이 각각 $2m$, m이므로 중력 퍼텐셜 에너지 차이는 A가 B보다 크다. 따라서 역학적 에너지 보존에 의해 추의 최대 운동 에너지는 A가 B보다 크다.

09 정전기 유도와 유전 분극

대전되지 않은 도체에 대전된 도체를 접촉시키면 두 도체는 같은 종류의 전하로 대전된다.

ㄱ. (가)에서 음(−)전하로 대전된 P를 A에 가까이 하면 정전기 유도에 의해 A에서 P와 가까운 쪽은 양(+)전하로, 먼 쪽은 음(−)전하로 대전된다. 이때 손가락을 P와 먼 쪽에 있는 A와 접촉하면 A의 전자가 손가락으로 이동하여 A가 양(+)전하로 대전된다.
ㄴ. (나)에서 양(+)전하로 대전된 A에 대전되지 않은 B를 접촉시키면 B는 양(+)전하로 대전된다.
ㄷ. (다)에서 B가 양(+)전하로 대전되어 있으므로 B를 C에 가까이 하면 C에서 B와 가까운 쪽은 음(−)전하로, 먼 쪽은 양(+)전하로 대전되도록 유전 분극이 일어난다. 따라서 (다)에서 B와 C 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

10 저항의 연결과 소비 전력

전기 저항을 직렬로 연결하면 각각의 저항에 흐르는 전류의 세기가 같고, 전기 저항을 병렬로 연결하면 각각의 저항 양단에 걸리는 전압이 같다.
ㄱ. S를 열었을 때, 회로의 합성 저항값은 $\frac{1}{R_1}=\frac{1}{3R}+\frac{1}{3R}$에서 $R_1=\frac{3}{2}R$이다. 또한 S를 닫았을 때, 회로의 합성 저항값은 $R_2=\frac{2}{3}R+\frac{2}{3}R=\frac{4}{3}R$이다. 따라서 회로의 합성 저항값은 S를 열었을 때가 닫았을 때의 $\frac{9}{8}$배이다.
ㄴ. A에 걸리는 전압은 S를 열었을 때가 $\frac{1}{3}V$이고, 닫았을 때가 $\frac{1}{2}V$이다. 따라서 A에 걸리는 전압은 S를 열었을 때가 닫았을 때의 $\frac{2}{3}$배이다.
ㄷ. B의 소비 전력은 B에 걸리는 전압의 제곱에 비례한다. B에 걸리는 전압은 S를 열었을 때가 $\frac{2}{3}V$이고, 닫았을 때가 $\frac{1}{2}V$이므로 B의 소비 전력은 S를 열었을 때가 닫았을 때의 $\frac{16}{9}$배이다.

11 축전기의 연결

축전기가 직렬로 연결되어 있을 때 각 축전기에 충전되는 전하량이 같고, 축전기가 병렬로 연결되어 있을 때 각 축전기 양단에 걸리는 전압은 같다.
ㄱ. 축전기에 충전되는 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고, 축전기 양단에 걸리는 전압에 비례한다. A, B 양단에 걸리는 전압은 같고, A, B에 충전된 전하량은 각각 Q_0, $3Q_0$이므로 A의 전기 용량을 C_0이라 하면, B의 전기 용량은 $3C_0$이다. 따라서 B는 유전율이 각각 ε_0, ε인 축전기가 병렬로 연결된 형태이므로 $\varepsilon=2\varepsilon_0$이다.
ㄴ. A와 B에 충전된 전하량의 합은 C에 충전된 전하량과 같다. 따라서 C에 충전된 전하량은 $Q_0+3Q_0=4Q_0$이다.
~~ㄷ~~. 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기의 전기 용량에 비례하고, 축전기 양단에 걸리는 전압의 제곱에 비례한다. 축전기에 저장된 전기 에너지는 C가 A의 8배이고, 축전기의 전기 용량은 C가 A의 2배이므로 축전기 양단에 걸리는 전압은 C가 A의 2배이다. 또한 A와 B는 병렬로 연결되어 있으므로 A와 B에 걸리는 전압이 같고, 축전기의 전기 용량은 B가 A의 3배이므로 B에 저장된 전기 에너지는 $3U_0$이다.

12 전류가 흐르는 도선 주위의 자기장

(가)의 O에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 B의 전류에 의한 자기장의 세기와 같다.
ㄱ. A에 흐르는 전류의 방향이 $+y$방향이므로 O에서 A의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 또한 (가)의 O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 A와 B에 흐르는 전류의 방향이 서로 반대일 때 0이고, A, B의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 O에서 C의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
~~ㄴ~~. (가)에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기가 $2B_0$이고, O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 A와 B에 흐르는 전류의 방향이 서로 반대일 때 0이므로 (가)의 O에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이다.
~~ㄷ~~. (나)에서 B를 회전시켜 x축상의 $x=2d$인 지점에서 xy 평면에 수직으로 고정시켰으므로 O에서 B의 전류에 의한 자기장의 방향은 y축과 나란하고, 세기는 B_0이다. 또한 (나)의 O에서 A, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이고, 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 (나)의 O에서 A, C의 전류에 의한 자기장의 방향과 B의 전류에 의한 자기장의 방향이 수직이므로 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\sqrt{B_0{}^2+B_0{}^2}=\sqrt{2}B_0$이다.

13 전자기 유도

고리에 유도되는 전류의 세기는 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량의 크기에 비례한다.
ㄱ. $t=\frac{1}{8}T$일 때, 고리를 통과하는 Ⅰ영역의 자기 선속은 감소하고, 고리를 통과하는 Ⅱ영역의 자기 선속은 증가한다. 또한 $t=\frac{3}{8}T$일 때, 고리를 통과하는 Ⅱ영역의 자기 선속은 감소하고, Ⅲ영역의 자기 선속은 증가한다. 고리에 유도되는 전류의 세기는 $t=\frac{1}{8}T$일 때가 $t=\frac{3}{8}T$일 때의 3배이므로 고리를 통과하는 자기 선속의 변화량의 크기도 $t=\frac{1}{8}T$일 때가 $t=\frac{3}{8}T$일 때의 3배이다. 따라서 Ⅱ영역의 자기장의 세기는 $2B_0$이고, 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 $B_{Ⅱ}=2B_0$이다.
~~ㄴ~~. $t=\frac{3}{8}T$일 때, 고리를 통과하는 Ⅱ영역의 자기 선속은 감소하고 고리를 통과하는 Ⅲ의 자기 선속은 증가하는데, $B_{Ⅱ}>B_0$이므로 유도 전류의 방향은 시계 방향이다. 또한 $t=\frac{7}{8}T$일 때, 고리를 통과하는 Ⅰ영역의 자기 선속은 증가한다. 따라서 고리에 유도되는 전류의 방향은 $t=\frac{3}{8}T$일 때와 $t=\frac{7}{8}T$일 때가 시계 방향으로 같다.
ㄷ. 자기장이 통과하는 면적을 S라 하면 $t=\frac{1}{8}T$일 때 도선을 통과하는 자기 선속의 변화량은 $\varDelta\Phi=\varDelta(3B_0S)=3B_0\times\frac{1}{2}r^2\frac{2\pi}{T}\varDelta t$이다. 따라서 $t=\frac{1}{8}T$일 때, 고리에 유도되는 기전력의 크기는 $V=\frac{\varDelta\Phi}{\varDelta t}=\frac{3\pi B_0r^2}{T}$이다.

14 상호유도

상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 1차 코일에 흐르는 단위 시간당 전류의 변화량의 크기에 비례한다.

ㄱ. $t=2t_0$일 때, I_1에 의해 1차 코일에서 형성되는 자기장의 방향은 오른나사 법칙에 의해 $-x$방향이다.

ㄴ. I_1의 세기는 $t=t_0$일 때와 $t=2.5t_0$일 때가 $1.5I_0$으로 같으므로 I_1이 만드는 자기장에 의한 2차 코일을 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=t_0$일 때와 $t=2.5t_0$일 때가 같다.

ㄷ. 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 단위 시간당 전류의 변화량의 크기에 비례한다. (나)에서 단위 시간당 전류의 변화량의 크기는 $t=t_0$일 때가 $t=2.5t_0$일 때보다 작으므로 상호유도에 의해 2차 코일에 흐르는 전류의 세기는 $t=t_0$일 때가 $t=2.5t_0$일 때보다 작다.

15 전자기파의 간섭

이중 슬릿과 스크린 사이의 거리를 L, 이중 슬릿 사이의 간격을 d, 단색광의 파장을 λ라 하면, 스크린의 이웃한 밝은 무늬의 중심 사이의 간격은 $\Delta x=\frac{L\lambda}{d}$이다.

ㄱ. Q에서 두 번째 어두운 무늬의 중심이 생기므로 O에서 Q까지의 거리는 $\frac{3L\lambda}{2d}$이다.

ㄴ. O에서 P까지의 거리는 $\frac{3L\lambda}{d}$이고, Q까지의 거리는 $\frac{3L\lambda}{2d}$이므로 O에서 P까지의 거리는 Q까지의 거리의 2배이다.

ㄷ. 단색광의 파장만을 2λ로 바꾸면, 스크린의 이웃한 밝은 무늬의 중심 사이의 간격이 2배로 증가한다. 따라서 P에서 두 번째 어두운 무늬의 중심이 생긴다.

16 도플러 효과

음원이 관찰자를 향해 다가오면 관찰자가 듣는 소리의 진동수가 증가하고, 음원이 관찰자로부터 멀어지면 관찰자가 듣는 소리의 진동수가 감소한다.

ㄱ. (가)에서 S가 측정한 A의 진동수가 $\frac{10}{9}f_0$이므로 $\frac{V}{V-v_A}f_0=\frac{10}{9}f_0$가 성립한다. 따라서 $v_A=\frac{1}{10}V$이다.

ㄴ. (가)에서 S가 측정한 B의 진동수는 A의 진동수의 $\frac{3}{4}$배이므로 $\frac{V}{V+v_B}f_0=\frac{5}{6}f_0$이 성립한다. 따라서 $v_B=\frac{1}{5}V$이므로 $v_B=2v_A$이다.

ㄷ. (나)에서 S가 측정한 A의 진동수는 $\frac{V}{V+2v_A}f_0=\frac{5}{6}f_0$이다.

17 전자기파와 정보 통신

안테나에 여러 진동수의 전자기파가 도달하면 1차 코일에는 전자기파에 의한 전류가 흐르게 되고, 안테나 옆에 LC 회로를 놓게 되면 회로의 공명 진동수와 동일한 진동수의 전자기파에 의한 유도 전류가 회로에 가장 세게 흐르게 된다.

ㄱ. 축전기의 전기 용량은 두 극판 사이의 간격에 반비례하므로 가변 축전기의 전기 용량은 두 극판 사이의 간격이 d일 때가 $2d$일 때보다 크다.

ㄴ. 회로의 공명 진동수는 $f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (L: 자체 유도 계수, C: 전기 용량)이고, 가변 축전기의 전기 용량은 두 극판 사이의 간격이 d일 때가 $2d$일 때보다 크다. 따라서 수신 회로의 공명 진동수는 가변 축전기의 두 극판 사이의 간격이 d일 때가 $2d$일 때보다 작다.

ㄷ. 수신 회로의 공명 진동수가 가변 축전기의 두 극판 사이의 간격이 d일 때가 $2d$일 때보다 작으므로 $f_1<f_2$이다.

18 포물선 운동

(가)에서 일정한 속력으로 마찰 구간을 지나므로 (가)의 경사면에서 A가 등가속도 운동을 하는 거리는 $2h$이고, (나)에서는 마찰 구간을 제거하였으므로 (나)의 경사면에서 A가 등가속도 운동을 하는 거리는 $4h$이다.

② (가)의 경사면에서 A가 등가속도 운동을 하는 거리는 $2h$이므로 (가)의 q를 지날 때 A의 속력을 $v_{\text{q가}}$, 중력 가속도를 g라 하면, $v_{\text{q가}}{}^2=2\times g\sin30^\circ\times2h$에서 $v_{\text{q가}}=\sqrt{2gh}$이다.
A가 포물선 운동을 하는 동안 A의 역학적 에너지는 보존되므로 수평면에 도달하는 순간의 A의 속력을 $v_{\text{A가}}$, A의 질량을 m이라 하면, $\frac{1}{2}mv_{\text{q가}}{}^2+2mgh=\frac{1}{2}mv_{\text{A가}}{}^2$이 성립하고, $v_{\text{A가}}{}^2=6gh$이다. A가 포물선 운동을 하는 동안 A의 수평 방향 속력은 $\sqrt{2gh}\times\cos30^\circ=\sqrt{\frac{3}{2}gh}$로 일정하므로 $6gh=v_1{}^2+\frac{3}{2}gh$가 성립하고, $v_1=3\sqrt{\frac{gh}{2}}$이다.
(나)의 경사면에서 A가 등가속도 운동을 하는 거리는 $4h$이므로 (나)의 q를 지날 때 A의 속력을 $v_{\text{q나}}$라 하면, $v_{\text{q나}}{}^2=2\times g\sin30^\circ\times4h$에서 $v_{\text{q나}}=2\sqrt{gh}$이다. A가 포물선 운동을 하는 동안 A의 역학적 에너지는 보존되므로 수평면에 도달하는 순간의 A의 속력을 $v_{\text{A나}}$라 하면, $\frac{1}{2}mv_{\text{q나}}{}^2+2mgh=\frac{1}{2}mv_{\text{A나}}{}^2$이 성립하고, $v_{\text{A나}}{}^2=8gh$이다. A가 포물선 운동을 하는 동안 A의 수평 방향 속력은 $2\sqrt{gh}\times\cos30^\circ=\sqrt{3gh}$로 일정하므로 $8gh=v_2{}^2+3gh$가 성립하고, $v_2=\sqrt{5gh}$이다. 따라서 $\frac{v_2}{v_1}=\frac{\sqrt{10}}{3}$이다.

19 돌림힘과 물체의 평형

x가 최솟값일 때는 받침대의 왼쪽 끝에서만 C에 힘을 작용하고, x가 최댓값일 때는 받침대의 오른쪽 끝에서만 C에 힘을 작용한다.

② x의 최솟값을 x_1이라 하자. 받침대의 왼쪽 끝과 C가 만나는 지점을 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $4mg\times(3L-\frac{1}{2}L-x_1)=2mg\times L+mg\times4L$이므로 $x_1=L$이다. 또한 x의 최댓값을 x_2라 하면, 받침대의 오른쪽 끝과 C가 만나는 기준으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $4mg\times\left(4L-\frac{1}{2}L-x_2\right)=mg\times3L$이므로 $x_2=\frac{11}{4}L$이다. 따라서 $x_2-x_1=\frac{11}{4}L-L=\frac{7}{4}L$이다.

20 포물선 운동과 역학적 에너지

구간 S에서 마찰력이 한 일은 $\frac{mg}{2}\times 2h=mgh$이므로 (가)에서 물체가 S를 지나는 동안 물체의 역학적 에너지는 mgh만큼 감소한다.

ㄱ. (가)에서 물체가 S를 지나는 동안 물체의 역학적 에너지가 mgh만큼 감소하므로 $\frac{1}{2}m(2v_0)^2-4mgh-\frac{1}{2}mv^2=mgh$가 성립하여 $\frac{1}{2}m(2v_0)^2=5mgh+\frac{1}{2}mv^2$ … ①이다. 또한 (나)에서 물체의 역학적 에너지가 보존되므로 $\frac{1}{2}m(2v_0)^2=4mgh+\frac{1}{2}mv_0{}^2$이 성립하고, $mgh=\frac{3}{8}mv_0{}^2$ … ②이다. ②를 ①에 대입하면 $2mv_0{}^2=\frac{15}{8}mv_0{}^2+\frac{1}{2}mv^2$이므로 $v=\frac{1}{2}v_0$이다.

ㄴ. q에서 A의 속력이 (나)에서가 (가)에서의 2배이고, 경사면의 경사각이 같으므로 q에서 A의 연직 방향 속력이 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. 또한 A가 q에서 최고점까지 운동하는 동안 A의 연직 방향 운동 에너지가 A의 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 따라서 q에서 A의 연직 방향 운동 에너지는 (나)에서가 (가)에서의 4배이므로 A의 q에서부터 최고점까지의 높이는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.

ㄷ. (가)에서 수평면에 도달하는 순간 A의 속력을 v_A라 하면, (가)에서 S를 지나면서 감소한 역학적 에너지를 고려하여 역학적 에너지 보존을 적용하면 $\frac{1}{2}m(2v_0)^2=mgh+\frac{1}{2}mv_A{}^2$ … ③이 성립한다. ③에 ②를 대입하여 정리하면 $\frac{13}{8}mv_0{}^2=\frac{1}{2}mv_A{}^2$이므로 $v_A=\frac{\sqrt{13}}{2}v_0$이다.

실전 모의고사 2회 본문 125~129쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ⑤	05 ④
06 ②	07 ⑤	08 ②	09 ③	10 ②
11 ⑤	12 ④	13 ③	14 ③	15 ④
16 ③	17 ④	18 ①	19 ①	20 ⑤

01 전자기파의 회절

회절은 빛의 파장이 길수록, 슬릿의 폭이 좁을수록 잘 나타난다.

A. 진행하던 빛이 폭이 좁은 슬릿을 통과하여 퍼져 나가 스크린에 회절 무늬가 생긴다.

B. 광원에서 나오는 빛의 파장이 짧을수록 중앙의 밝은 무늬의 폭이 좁아진다.

C. 폭이 a보다 작은 슬릿을 이용하면 중앙의 밝은 무늬의 폭이 넓어져 서로 가까이 있는 광원 S_1, S_2에 의해 생긴 중앙의 밝은 무늬를 구별할 수 없다.

02 관성력과 등가 원리

중력장 안의 우주선과 가속도 운동하는 우주선 안의 한쪽 벽에서 방출된 빛은 우주선 안의 정지한 관찰자가 볼 때 휘어져 진행한다.

ㄱ. 진자의 실의 길이가 A가 B의 2배이고 최저점에서의 속력은 같으므로 지표면에서 중력 가속도가 g일 때 (나)의 우주선 안에서 정지한 관찰자에게 중력 가속도는 $2g$이다. 따라서 (나)에서 우주선 안에서 정지한 관찰자가 측정한 B에 작용하는 관성력의 크기는 (가)에서 A에 작용하는 중력의 크기의 2배이다.

ㄴ. A, B의 주기는 각각 $2\pi\sqrt{\frac{2l}{g}}$, $2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$이므로 진자의 주기는 A가 B의 2배이다.

ㄷ. 우주선 안에서 관찰할 때 관성력의 크기가 지표면에서 중력의 크기의 2배이므로 빛은 (가)에서보다 (나)에서 더 많이 휘어진다. 따라서 (나)에서 우주선 안에서 정지한 관찰자가 관찰할 때 빛은 d에 도달한다.

03 열과 일의 전환

기체에 가한 열은 기체가 한 일과 내부 에너지의 증가량의 합과 같다.

③ 기체의 압력이 일정하므로 기체가 피스톤에 작용하는 힘의 크기는 압력과 피스톤의 면적의 곱이고 기체가 피스톤에 한 일은 힘과 이동 거리의 곱이므로 압력과 부피 변화량의 곱과 같다. 따라서 한 일은 40 J이므로 기체에 가한 열량 $Q=126\ \mathrm{J}=30\ \mathrm{cal}$이다. 저항에서 발생한 열은 저항의 소비 전력과 시간의 곱과 같으므로 소비 전력은 3 W이다. 따라서 $3=\frac{3^2}{R}$이므로 $R=3\ \Omega$이다.

04 알짜힘이 하는 일

O에서 물체의 속도의 x, y성분을 각각 v_{1x}, v_{1y}라고 하면 $v_{1y}=\frac{5}{2}v_{1x}$, Q에서 속도의 x, y성분을 각각 v_{2x}, v_{2y}라고 하면 $v_{2y}=\frac{3}{2}v_{2x}$이다. P에서 속도의 x성분은 0이고, y성분을 v라 하면, 2초일 때 물

체가 P를 지나므로 $\frac{v_{1x}}{2}\times2=4(\mathrm{m})$, $\frac{\frac{5}{2}v_{1x}+v}{2}\times2=12(\mathrm{m})$이므로 $v_{1x}=4$ m/s, $v_{1y}=10$ m/s, $v=2$ m/s이다.

ㄱ. 가속도의 x, y성분을 각각 a_x, a_y라고 하면, $a_x=\frac{0-4}{2}=-2(\mathrm{m/s^2})$, $a_y=\frac{2-10}{2}=-4(\mathrm{m/s^2})$이므로 가속도의 크기는 $2\sqrt{5}$ m/s²이고, 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $4\sqrt{5}$ N이다.

ㄴ. $-2=\frac{v_{2x}-v_{1x}}{4}=\frac{v_{2x}-4}{4}$이므로 $v_{2x}=-4$ m/s이고 $v_{2y}=-6$ m/s이므로 0에서 4초까지 변위의 y성분은 $\frac{10-6}{2}\times4=8(\mathrm{m})$이다. 즉, O와 Q 사이의 거리는 8 m이다.

ㄷ. 알짜힘이 물체에 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같으므로 $\frac{1}{2}\times2\left(\sqrt{(4^2+6^2)}\right)^2-\frac{1}{2}\times2\left(\sqrt{(4^2+10^2)}\right)^2=-64(\mathrm{J})$이다.

05 평면에서 등가속도 운동

$t=0$일 때 물체는 $+x$방향으로 운동하므로 속도의 y성분은 0이고, $t=2$초일 때 물체는 $-y$방향으로 운동하므로 속도의 x성분은 0이다.

ㄱ. 물체의 가속도의 x, y성분을 각각 a_x, a_y라 하면 $a_x=\frac{0-8}{2}=-4(\mathrm{m/s^2})$, $a_y=\frac{-4-0}{2}=-2(\mathrm{m/s^2})$이다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 $2\sqrt{5}$ m/s²이다.

~~ㄴ~~. $x=8t-2t^2$이고, $y=-t^2+4$이므로 물체는 직선 운동을 하지 않는다.

ㄷ. 0초부터 2초까지 변위의 x성분은 $x=16-8=8(\mathrm{m})$, 0초부터 2초까지 변위의 y성분은 $y=-4$ m이므로 물체의 변위의 크기$=4\sqrt{5}$ m이다.

06 케플러 법칙

위성의 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다. B의 주기는 A의 주기의 8배이므로 긴반지름은 B의 궤도가 A의 궤도의 4배이다.

~~ㄱ~~. A의 가속도의 크기는 A와 행성 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 $d_1=2d$이다. 행성과 위성 사이의 거리가 R, 위성의 질량이 m일 때, 위성의 중력의 크기는 $\frac{m}{R^2}$에 비례하고 $t=T$일 때 A, B에 작용하는 중력의 크기는 같으므로 p와 행성 사이의 거리는 $3d$이다. A의 궤도의 긴반지름은 $\frac{3}{2}d$이므로 B의 궤도의 긴반지름은 $6d$이다. 따라서 $d_2=9d=\frac{9}{2}d_1$이다.

ㄴ. 위성의 속력은 행성과 가까울수록 크기 때문에 B의 속력은 p에서가 r에서보다 크다.

~~ㄷ~~. B가 이동하는 데 걸리는 시간은 B와 행성을 연결한 선분이 쓸고 지나간 면적에 비례한다. 따라서 B가 q에서 r까지 이동하는 데 걸리는 시간은 p에서 q까지 이동하는 데 걸리는 시간보다 크다.

07 정전기 유도

대전되지 않은 도체에 대전체를 가까이 하면 도체 내의 자유 전자가 이동해 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가 유도되고, 먼 쪽에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도되는 정전기 유도 현상이 나타난다.

ㄱ. (다)에서 금속박이 오므라들었으므로 금속박의 전자가 금속판으로 이동한 것이다. 전자가 금속판으로 이동하기 위해서는 양(+)전하로 대전된 대전체를 금속판에 가까이 해야 한다. 따라서 B는 양(+)전하로 대전되어 있고 (다)에서 금속박의 전자가 금속판으로 이동한다.

ㄴ. A와 B 사이에 서로 밀어내는 힘이 작용하기 때문에 A는 양(+)전하로 대전되어 있음을 알 수 있다. (가)에서 A가 대전되지 않은 상태에서 대전된 P가 가까이 왔을 때 A에서 P와 가까운 부분은 양(+)전하로 대전되고, 먼 부분은 음(−)전하로 대전된다. 이때, 손가락을 A에 접촉시키면 A의 전자는 손가락으로 이동한다.

ㄷ. P는 음(−)전하로 대전되어 있다.

08 저항의 연결과 소비 전력

A, B의 비저항을 ρ, A의 단면적을 S, 길이를 $2L$이라 하면, A, B의 저항값은 각각 $\rho\frac{2L}{S}=2R$, $\rho\frac{L}{S}=R$이다.

~~ㄱ~~. 전원의 전압을 V라 할 때, 집게를 q에 연결하기 전 B의 양단에 걸리는 전압은 $\frac{1}{3}V$이고, 집게를 q에 연결하면 q를 기준으로 왼쪽, 오른쪽 부분의 합성 저항값은 각각 $\frac{2R\times R}{2R+R}=\frac{2}{3}R$, $\frac{1}{2}R$이므로, B의 양단에 걸리는 전압은 $\frac{3}{7}V$이다. 저항의 소비 전력은 전압의 제곱에 비례하므로 $P_1:P_2=\left(\frac{1}{3}\right)^2:\left(\frac{3}{7}\right)^2=49:81$이다.

ㄴ. r에 집게를 연결했을 때 전류가 흐르지 않았으므로 C, D 양단에 걸리는 전압은 A 양단에 걸리는 전압과 같다. 따라서 C, D의 합성 저항값은 $2R\times\frac{2}{3}=\frac{4}{3}R$이다. 따라서 $R_D=\frac{R}{3}$이다.

~~ㄷ~~. 집게를 r에 연결했을 때 전류계에 전류가 흐르지 않았으므로 p와 r는 연결되지 않은 것과 같다. 즉, A~E의 합성 저항값은 저항값이 $3R$, $2R$인 저항이 병렬연결되었을 때 합성 저항값이다. 따라서 집게를 r에 연결했을 때 A~E의 합성 저항값은 $\frac{6}{5}R$이다.

09 포물선 운동과 역학적 에너지

A, B가 r에 동시에 도달하므로 r에서 A의 속도의 연직 성분과 B의 속도가 같다. 따라서 p에서 A의 속도의 연직 성분과 q에서 B의 속도가 같다.

ㄱ. 변위의 연직 성분이 같으므로 A, B가 출발점에서 각각 r에 도달할 때까지 중력이 한 일은 A, B의 질량에 비례한다. 따라서 질량은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. p에서 물체의 속도를 v_1, 속도의 수평 성분과 연직 성분을 각각 v_{1x}, v_{1y}라 하면, $v_{1x}=v_{1y}=\frac{v}{\sqrt{2}}=v_0$이므로 $v_1=\sqrt{2}v_0$이다. 포물선 운동을 하는 동안 물체의 속도의 수평 성분은 일정하고 역학적 에너지는 보존되므로 A의 최고점의 높이를 H, r의 높이를 h라 하고,

A, B의 질량을 각각 $2m$, m이라 하면, $\frac{1}{2}(2m)(\sqrt{2}v_0)^2=(2m)gH+\frac{1}{2}(2m)v_0{}^2$이고, $H=\frac{v_0{}^2}{2g}$이다. r에서 속도의 연직 성분을 v_y라 하면, $\frac{1}{2}(2m)(\sqrt{2}v_0)^2=(2m)g\left(\frac{3}{4}H\right)+\frac{1}{2}(2m)(v_0{}^2+v_y{}^2)$이므로 $v_y=\frac{1}{2}v_0$이고, p에서 r까지 운동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{-\frac{1}{2}v_0-v_0}{-g}=\frac{3v_0}{2g}$이다. r의 높이 $h=\frac{3}{4}H=\frac{3v_0{}^2}{8g}$이고, p와 q 사이의 거리는 $v_0\left(\frac{3v_0}{2g}\right)=\frac{3v_0{}^2}{2g}$이다. 따라서 p와 q 사이의 거리는 r의 높이의 4배이다.

~~ㄷ~~. r에서 A의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}(2m)\left(v_0{}^2+\left(\frac{1}{2}v_0\right)^2\right)=\frac{5}{4}mv_0{}^2$이고, B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v_0\right)^2=\frac{1}{8}mv_0{}^2$이다. 따라서 r에서 물체의 운동 에너지는 A가 B의 10배이다.

10 전자기 유도 법칙

자기장의 세기와 자기장이 수직으로 통과하는 닫힌 면의 면적의 곱을 자기 선속이라고 한다. 자기 선속이 시간에 따라 변화할 때 코일에 전류가 흐르는 현상을 전자기 유도라고 한다.

~~ㄱ~~. 금속 막대가 경사면 위쪽으로 운동하므로 저항과 금속 막대와 금속 레일이 이루는 단면을 통과하는 자기 선속이 증가한다. 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이므로 유도 전류에 의한 자기장의 방향은 경사면에 수직으로 들어가는 방향이고 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 b → 저항 → a 방향이다.

ㄴ. 금속 막대의 속력이 일정하므로 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 Bdv이다.

~~ㄷ~~. 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 $I=\frac{Bdv}{R}$이고 저항의 소비 전력은 $P=I^2R=\frac{(Bdv)^2}{R}$이다. 추가 일정한 속력으로 낙하하고 있으므로 단위 시간당 중력이 하는 일은 저항의 소비 전력과 같다. 따라서 $(M-m\sin\theta)gv=\frac{(Bdv)^2}{R}$이므로 $v=\frac{(M-m\sin\theta)gR}{B^2d^2}$이다.

11 볼록 렌즈에 의한 상

물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 작으면 렌즈에 의한 상은 정립 허상이고 물체와 볼록 렌즈 사이의 거리가 초점 거리보다 크면 렌즈에 의한 상은 도립 실상이다.

~~ㄱ~~. (나)에서 A에 의해 확대된 정립상이 생겼으므로 상은 허상이다.

ㄴ. (가)에서 물체에서 나온 빛이 한 점에서 만나지 않으므로 상이 생기지 않는다. 물체는 렌즈의 초점에 놓여 있으므로 A의 초점 거리는 a이다. 물체가 초점 안쪽에 놓여 있을 때 렌즈에 의해 허상이 생긴다. 따라서 $d<a$이다.

ㄷ. A와 인형 사이의 거리가 a일 때 A보다 초점 거리가 작은 렌즈로 인형을 볼 때, 인형은 렌즈의 초점 밖에 놓인다. 따라서 렌즈에 의해 도립 실상이 생긴다.

12 물질파와 간섭

입자의 질량과 운동 에너지를 각각 m, E이라 하면, 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2mE}}$ (h: 플랑크 상수)이다.

~~ㄱ~~. A, B가 전기장 영역에서 동일한 시간 동안 동일한 거리를 이동하므로 A, B의 가속도의 크기는 같다. 전기력의 세기는 전하량에 비례하므로 질량은 B가 A의 2배이고, 전기장 영역을 통과할 때 입자의 운동 에너지는 B가 A의 2배이다. 따라서 A, B의 물질파 파장은 각각 $\frac{h}{\sqrt{2mE}}$, $\frac{h}{\sqrt{2(2m)(2E)}}$이므로 입자의 물질파 파장은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. 간섭무늬에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 슬릿과 스크린 사이의 거리에 비례하므로 ㉠은 $2L_0$이다.

ㄷ. 간섭무늬에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 파장에 비례한다. B의 파장이 A의 $\frac{1}{2}$배이므로 ㉡은 $\frac{x_0}{2}$이다.

13 자기장과 자기력선

자기력선은 나침반의 N극이 가리키는 방향을 연속적으로 연결한 선이다.

ㄱ. 자기력선은 자석의 N극에서 나와서 S극으로 들어간다. 따라서 ㉠은 자석의 N극이다.

~~ㄴ~~. 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 오른손의 네 손가락을 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지 손가락이 가리키는 방향이다. 따라서 스위치를 a에 연결했을 때 솔레노이드 내부에서 전류에 의한 자기장의 방향은 연직 아래 방향이다.

ㄷ. 스위치를 a에 연결했을 때 솔레노이드의 위쪽이 S극이므로 자석과 솔레노이드 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용하고, 스위치를 b에 연결했을 때는 솔레노이드의 위쪽이 N극이므로 자석과 솔레노이드 사이에는 서로 밀어내는 자기력이 작용한다. 자석과 솔레노이드 사이의 자기력의 크기를 F, 자석의 중력의 크기를 W라 하면, $T_1=W+F$이고, $T_2=W-F$이다. 따라서 $T_1>T_2$이다.

14 볼록 렌즈 이용

물체와 렌즈 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b라 할 때 배율 $M=\left|\frac{b}{a}\right|$이다. 렌즈의 초점 거리가 f일 때 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다.

ㄱ. 물체의 크기를 h_0, P, Q와 A 사이의 거리를 각각 b_1, b_2라고 하면, $\frac{b_1}{d}=\frac{3h}{h_0}$, $\frac{b_2}{3d}=\frac{h}{h_0}$이므로 $b_1=b_2$이다. 따라서 P는 허상이고, Q는 실상이다. P, Q에 렌즈 방정식을 적용하면, $\frac{1}{d}-\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$, $\frac{1}{3d}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$이므로 $f=\frac{3}{2}d$이고, $b_1=b_2=3d$이다. 초점 거리가 2배인 지점에 물체를 놓으면 상의 크기는 물체와 같으므로 물체의 크기는 h이다.

ㄴ. Q는 B에 대해 물체의 역할을 하고, 렌즈 방정식을 적용하면, $\frac{1}{2d}-\frac{1}{b}=\frac{1}{3d}$에서 $b=6d$이다. 배율은 $M=\left|\frac{6d}{2d}\right|=3$이고, Q의 크기가 h이므로 $H=3h$이다.

ㄷ. $x=d$인 위치에 물체를 놓으면 A에 의해 허상이 생기므로 상의 위치는 렌즈 A의 왼쪽이고 이 상이 B에 대해 물체 역할을 하므로 물체와 B 사이의 거리는 B의 초점 거리보다 크다. 따라서 B에 의한 상은 B의 오른쪽에 생긴다.

15 트랜지스터

Y에서 전류가 베이스 쪽으로 흐르므로 n－p－n형 트랜지스터이다.

ㄱ. n－p－n형 트랜지스터에서 전류는 베이스에서 이미터로 흐르므로 X는 컬렉터 단자, Z는 이미터 단자이다. n－p－n형 트랜지스터가 증폭 작용을 할 때 이미터의 대부분의 전자가 컬렉터 쪽으로 이동한다. 따라서 트랜지스터에서 다수의 전자는 b에서 a로 이동한다.

ㄴ. 트랜지스터에서 이미터에 흐르는 전류의 세기는 베이스에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다. 따라서 전류의 세기는 Z에서가 X에서보다 크다.

ㄷ. 가변 저항의 저항값이 증가하면 이미터 단자와 베이스 단자 사이에 걸리는 전압이 증가하므로 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기도 증가한다. 따라서 가변 저항의 저항값을 증가시키면 I_Y는 증가한다.

16 전자기파의 발생과 수신

저항, 코일, 축전기를 직렬로 교류 전원에 연결하면 교류 전원의 진동수에 따라 전류의 세기가 변하는데 전류의 값이 최대가 될 때의 진동수를 공명 진동수라 한다.

ㄱ. Q에서 교류 전원의 진동수가 f_2일 때 전류의 세기가 최대가 되는 공명이 일어난다. 따라서 Q는 S를 c에 연결했을 때 회로에 흐르는 전류의 세기를 나타낸 것이다.

ㄴ. 축전기의 저항 역할은 교류 전원의 진동수가 작을수록, 축전기의 전기 용량이 작을수록 커진다. B의 전기 용량이 A의 전기 용량의 2배이므로 전류의 흐름을 방해하는 정도는 B가 A보다 작다. 따라서 교류 전원의 진동수가 f_1일 때 스위치를 b에 연결하면 회로에 흐르는 전류의 세기는 I_1보다 증가한다.

ㄷ. 코일의 자체 유도 계수를 L이라 하면, 회로의 공명 진동수는 $\frac{1}{\sqrt{LC}}$에 비례한다. B의 전기 용량이 A의 전기 용량의 2배이므로 코일에 연결된 B를 A로 바꾸고 S를 c에 연결하면 회로의 공명 진동수는 f_2보다 증가한다.

17 유도 기전력

자기장의 세기가 B인 균일한 자기장 영역에 놓인 저항과 연결된 폭이 L인 금속 레일 위에서 금속 막대가 일정한 속력 v로 운동할 때 발생하는 유도 기전력의 크기는 BLv이다.

ㄱ. $t=t_0$일 때 B의 속력을 v라 하면 $t=3t_0$일 때 A의 속력도 v이다. 금속 막대의 속력이 같은데 유도 기전력의 크기가 $t=3t_0$일 때가 $t=t_0$일 때의 2배이므로 자기장의 세기는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 2배이다.

ㄴ. $t=t_0$일 때와 $t=3t_0$일 때 저항에 흐르는 전류의 방향이 같기 위해서는 A에 의한 유도 전류의 방향과 B에 의한 유도 전류의 방향이 반대가 되어야 한다. $t=3t_0$일 때와 $t=t_0$일 때 Ⅰ, Ⅱ에서 도선과 A, B가 이루는 면적이 각각 증가하므로 자기장의 방향은 Ⅰ, Ⅱ에서 서로 반대이다. $t=5t_0$일 때 B의 속력은 $2v$이고 A의 속력은 v이므로 A에 의한 유도 기전력의 크기와 B에 의한 유도 기전력의 크기는 서로 같다. A, B의 이동 방향이 서로 반대이고 저항에 흐르는 전류의 방향이 $-y$방향이므로 A에 의한 유도 전류의 방향은 시계 방향, B에 의한 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이다. 따라서 Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이고, Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄷ. $t=5t_0$일 때 A, B에 의해 저항에 흐르는 유도 전류의 방향이 같다. 따라서 Ⅱ에서 자기장의 세기를 B_0이라 할 때 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $(2B_0)v(4d)+B_0(2v)(4d)=16B_0dv$이다. $t=7t_0$일 때 A의 이동에 의한 자기 선속은 증가하고, B의 이동에 의한 자기 선속은 감소하므로 A, B의 이동에 의해 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다. 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $(2B_0)v(4d)-B_0v(4d)=4B_0dv$이다. 따라서 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $t=5t_0$일 때가 $t=7t_0$일 때의 4배이다.

18 물체의 평형

p, q가 막대를 당기는 힘의 크기를 각각 T_p, T_q, 중력 가속도를 g라고 하면, $T_p+T_q=15mg$이다.

ㄱ. r, s가 이루는 각이 수직이므로 r, s가 막대를 당기는 힘의 크기를 각각 T_r, T_s라 하면, $T_r=5mg\cos60°=\frac{5}{2}mg$, $T_s=5mg\cos30°=\frac{5\sqrt{3}}{2}mg$이다. p가 연결된 점을 회전축으로 하는 돌림힘의 평형 조건을 적용하면 $T_qL+T_r(L\sin30°)=10mg\frac{L}{2}+T_s(2L\sin60°)$이므로 $T_q=\frac{45}{4}mg$, $T_p=\frac{15}{4}mg$이다. 따라서 막대를 당기는 힘의 크기는 q가 p의 3배이다.

ㄴ. q를 막대의 오른쪽 끝에 연결하면 $T_q3L+T_r(L\sin30°)=10mg\frac{L}{2}+T_s(2L\sin60°)$가 성립하므로 $T_q=\frac{15}{4}mg$, $T_p=\frac{45}{4}mg$이다. 따라서 q를 막대의 오른쪽 끝에 연결하면 q가 막대를 당기는 힘의 크기는 감소한다.

ㄷ. p를 제거하면 $T_q=15mg$이고, 막대의 질량 중심을 회전축으로 했을 때 돌림힘이 0이 되지 않는다. 따라서 막대의 왼쪽 끝 부분이 아래로 기울어지며 막대가 회전하게 된다. 즉, p를 제거하면 막대는 수평을 유지할 수 없다.

19 원자 모형

(가)에서 A, B는 각각 양자수 $n=1$, $n=2$인 상태를 나타낸다.

ㄱ. (나)는 양자수 $n=2$일 때 전자구름의 형태이다. 보어의 원자 모형과 현대적 원자 모형에서 모두 전자의 에너지는 $\frac{1}{n^2}$에 비례한다. 따라서 전자의 에너지는 (나)에서와 (가)의 B에서가 같다.

ㄴ. 보어의 원자 모형에서 전자의 물질파 파장은 n에 비례한다. 따라서 전자의 물질파 파장은 B에서가 A에서의 2배이다.

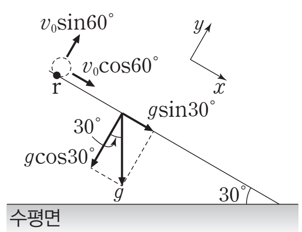
ㄷ. 현대적 원자 모형은 전자의 위치를 확률로 설명하고 불확정성 원리를 만족하므로 (나)에서는 전자의 운동량을 정확하게 측정할 수 없다.

20 포물선 운동

o에서 A의 속도를 v라 하면, 속도의 수평 성분과 연직 성분은 각각 $\frac{1}{2}v$, $\frac{\sqrt{3}}{2}v$이고, q에서 속도의 연직 성분은 $-\frac{1}{2}v\tan30^\circ=-\frac{v}{2\sqrt{3}}$이므로 o에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\dfrac{-\frac{v}{2\sqrt{3}}-\frac{\sqrt{3}}{2}v}{-g}=\frac{2\sqrt{3}}{3g}v$이다.

ㄱ. 그림과 같이 r에서 B의 속도의 x성분과 y성분은 각각 $v_{0x}=v_0\cos60^\circ=\frac{1}{2}v_0$, $v_{0y}=v_0\sin60^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$이고, 포물선 운동을 하는 동안 가속도의 x성분과 y성분은 각각 $a_x=g\sin30^\circ=\frac{1}{2}g$, $a_y=-g\cos30^\circ=-\frac{\sqrt{3}}{2}g$이다. s에서 속도의 y성분이 $-\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$이므로 r에서 s까지 걸린 시간은 $t=\dfrac{\sqrt{3}v_0}{\frac{\sqrt{3}}{2}g}=\frac{2v_0}{g}$이다.

A, B의 운동 시간이 같으므로 $\frac{2\sqrt{3}}{3g}v=\frac{2v_0}{g}$이고, o에서 A의 속력은 $\sqrt{3}v_0$이다.



ㄴ. q의 높이 $H=\dfrac{\frac{3}{2}v_0-\frac{1}{2}v_0}{2}\times\frac{2v_0}{g}=\frac{{v_0}^2}{g}$이고, o에서 q까지 운동하는 동안 수평 이동 거리는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0t=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0\times\frac{2v_0}{g}=\frac{\sqrt{3}}{g}{v_0}^2=\sqrt{3}H$이다. 따라서 $L=\sqrt{3}H-\frac{H}{\sqrt{3}}=\frac{2}{\sqrt{3}}H$이다.

ㄷ. r에서 s까지 변위의 크기는 $\frac{1}{2}v_0t+\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}g\right)t^2=\frac{2{v_0}^2}{g}$이다.

실전 모의고사 3회 본문 130~134쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ③	05 ②
06 ⑤	07 ③	08 ④	09 ⑤	10 ①
11 ③	12 ⑤	13 ③	14 ③	15 ②
16 ①	17 ④	18 ④	19 ②	20 ②

01 전자기파의 송수신

송신기와 수신기의 1차 코일과 2차 코일 사이에는 전자기파를 송수신하는 과정에서 상호유도가 발생한다.

Ⓐ 송신기의 1차 코일에 흐르는 교류에 의해 1차 코일에 자기 선속의 변화가 발생한다. 이러한 자기 선속의 변화에 의해 2차 코일에 유도 전류가 발생하고 이를 특정 진동수를 가진 전파로 송신하게 된다.

Ⓑ 송신기의 1차 코일에 흐르는 교류 진동수에 따라 1차 코일에 자기 선속의 변화가 발생하므로 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 진동수도 1차 코일에 흐르는 교류 진동수와 같다.

~~Ⓒ~~ 수신기의 1차 코일이 있는 안테나에서는 주변의 모든 전파들을 수신한다. 수신한 전파의 진동수가 2차 코일이 있는 LC 회로의 공명 진동수와 일치할 때 2차 코일에는 최대 전류가 흐른다.

02 불확정성 원리

전자의 회절 현상에서 불확정성 원리를 적용하면 슬릿의 폭이 좁을수록 위치 불확정도는 작아지고 운동량 불확정도는 커진다.

ㄱ. 단일 슬릿의 폭이 좁아졌으므로 전자의 y축 방향의 위치 불확정도는 작아진다.

ㄴ. 전자의 위치 불확정도가 작아진다는 것은 운동량 불확정도가 커진다는 것을 의미한다. 따라서 전자의 y축 방향의 운동량 불확정도를 나타내는 Δp는 증가한다.

ㄷ. 전자가 단일 슬릿을 통과할 때 전자는 회절한다. 회절 현상은 단일 슬릿의 폭이 좁을수록 더 잘 일어나므로 단일 슬릿의 폭만 a에서 $\frac{a}{2}$로 줄였을 때 단일 슬릿에서 전자의 회절이 더 잘 일어난다.

03 도플러 효과

A의 속력은 v이고 A에 대한 B의 속력은 $4v$이므로 B의 속력은 $3v$이고 운동 방향은 $+x$방향이다. 진동수가 f_0인 음파를 발생시키는 음원이 음파 측정기에서 속력 v로 멀어질 때 음파 측정기가 측정한 음파의 진동수는 $f=\frac{V}{V+v}f_0$이다.

③ 음파 측정기가 측정한 A, B의 음파의 진동수를 각각 f_1, f_2라 하면 $f_1=\frac{V}{V+v}f_A$, $f_2=\frac{V}{V+3v}f_B$이다. 따라서 $f_1=2f_2$이므로 $\frac{V}{V+v}f_A=2\frac{V}{V+3v}f_B$에 의해 $\frac{f_A}{f_B}=\frac{2V+2v}{V+3v}$이다.

04 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭과 단일 슬릿에 의한 빛의 회절

이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬의 중심 사이의 간격 Δx는 빛의 파장을 λ라 하면 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$이다.

ㄱ. (가)에서 단색광과 슬릿 사이 간격만을 B와 $\frac{1}{2}d$로 교체하였을 때 스크린에 생긴 간섭무늬의 이웃한 밝은 무늬의 중심 사이의 간격은 단색광과 슬릿 사이 간격이 A와 d일 때와 같으므로 단색광의 파장은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. (가)에서 이중 슬릿과 스크린 사이 거리만 $2L$로 변경하였을 때 스크린에 생긴 간섭무늬의 이웃한 밝은 무늬의 중심 사이의 간격은 $2\Delta x$이다.

~~ㄷ~~. 빛의 회절은 단일 슬릿의 폭이 일정할 때 빛의 파장이 클수록 더 잘 일어난다. 따라서 단색광의 파장은 A가 B보다 크므로 (나)에서 단색광만 A로 교체하였을 때 스크린 중앙의 밝은 무늬를 중심으로 양쪽 첫 번째 어두운 무늬의 중심 사이의 거리는 D보다 크다.

05 점전하 사이의 전기력과 전기장

(가)에서 A, B의 전기력선이 서로 이어져 있으므로 A, B의 전하의 종류는 다르고 B, C 주위의 전기력선의 밀도는 C에서가 B에서보다 크므로 전하량의 크기는 B가 C보다 작다.

~~ㄱ~~. A, B 주위의 전기력선 밀도가 서로 같으므로 A, B의 전하량의 크기는 같다. 따라서 B, C의 전하량의 크기는 C가 B보다 크므로 A, C의 전하량의 크기도 C가 A보다 크다.

~~ㄴ~~. A, C는 양(+)전하이고 B는 음(−)전하이다. 또한 A, B의 전하량의 크기는 같다. 따라서 A가 C에 작용하는 전기력과 B가 C에 작용하는 전기력은 크기는 같고 방향은 $+x$방향으로 같으므로 (다)에서 C에 작용하는 전기력은 0이 아니다.

ㄷ. A가 B에 작용하는 전기력의 방향과 C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 모두 $-x$방향이다. 따라서 (다)에서 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이다.

06 단진자와 역학적 에너지

질량을 무시할 수 있는 줄에 작은 물체를 매달아 작은 진폭에서 놓으면 물체는 연직면에서 왕복 운동을 한다. 단진자의 주기는 단진자와 연결된 실의 길이가 l일 때 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

ㄱ. 실의 길이가 $6h$이므로 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{6h}{g}}$이다.

ㄴ. 진동의 최고점과 최저점 사이의 높이차는 h이다. 따라서 $6h(1-\cos\theta)=h$에 의해 $\cos\theta=\frac{5}{6}$이다.

ㄷ. 단진동하는 물체의 최대 속력을 v라 하면 $E-E_1=\frac{1}{2}mv^2$이다. 따라서 $v=\sqrt{\frac{2(E-E_1)}{m}}$이다.

07 돌림힘의 평형

막대가 정지해 있으므로 막대에 작용하는 돌림힘의 총합은 0이다.

③ (가)의 돌림힘의 평형을 통해 A의 질량을 구할 수 있다. 중력 가속도를 g, A의 질량을 M, (나), (다)에서 실이 막대에 작용하는 힘을 각각 T_1, T_2라 하면 (가)에서 $4LMg+Lmg=2Lmg$이므로 A의 질량은 $\frac{1}{4}m$이다. 또한 (나)에서 받침대를 회전축으로 돌림힘의 평형 조건을 적용하면 $2LT_1=x\frac{1}{4}mg$ … ①이고 (다)에서 돌림힘의 평형 조건을 적용하면 $3LT_2=ymg$ … ②이므로 $2T_1=T_2$를 ①, ②에 대입하여 정리하면 $\frac{x}{y}=\frac{4}{3}$이다.

08 물체의 속력와 가속도

물체는 x축과 y축 방향으로 모두 등가속도 운동을 하며 5초일 때부터 물체의 x성분의 속력은 0이다.

~~ㄱ~~. 6초일 때 물체는 y축 방향으로만 등가속도 운동을 한다. (나)에서 물체의 y축 방향의 가속도 크기는 $\frac{2}{5}$ m/s^{2}이고, 6초일 때 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 2 N이므로 물체의 질량은 $\frac{5}{2}\times2=5$ kg이다.

ㄴ. 0초일 때 물체 속력의 x성분과 y성분의 크기는 모두 4 m/s이다. 따라서 0초일 때 물체의 속력은 $\sqrt{4^2+4^2}=4\sqrt{2}$ m/s이다.

ㄷ. 5초일 때부터 물체의 속도의 x성분은 0이다. 따라서 5초일 때부터 물체는 y축 방향으로만 등가속도 운동을 하므로 6초일 때 물체의 운동 방향은 y축과 나란한 방향이다.

09 중력 법칙과 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고 행성으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱은 위성의 공전 주기의 제곱에 비례한다.

ㄱ. A, B의 긴반지름을 각각 R_A, R_B라 하면 긴반지름의 비는 $\frac{R_\text{B}}{R_\text{A}}=\frac{\frac{3}{2}R}{\frac{6}{2}R}=\frac{1}{2}$이다. A, B의 공전 주기를 T_A, T_B라 하면 주기의 제곱은 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 $\frac{T_\text{B}}{T_\text{A}}=\frac{1}{2\sqrt{2}}$이다. 따라서 주기는 A가 B의 $2\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. A, B가 위성이 행성과 거리가 같은 P를 지날 때 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 2배이다. 따라서 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하므로 위성의 질량은 A가 B의 2배이다.

ㄷ. B가 O를 지날 때와 A가 Q를 지날 때 행성으로부터 B, A까지의 거리는 각각 $2R$, $5R$이다. 또한, 위성의 질량은 A가 B의 2배이다. 따라서 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고 위성과 행성 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 O에서 B에 작용하는 중력의 크기를 F_B, Q에서 A에 작용하는 중력의 크기를 F_A라 하면 $\frac{F_\text{A}}{F_\text{B}}=\frac{2}{\frac{5^2}{2^2}}=\frac{8}{25}$, $\frac{25}{8}F_\text{A}=F_\text{B}$이다.

10 중력 렌즈 효과

질량이 큰 행성일수록 시공간을 휘게 하는 정도가 크다. 시공간이 휘어진 공간을 지나는 빛은 휘어진 시공간을 따라 휘어져 진행한다.

ㄱ. (가)에서 행성 주위의 시공간이 휜 정도는 A가 B보다 크다. 따라서 행성의 질량은 A가 B보다 크다.

~~ㄴ~~. 행성 주위를 진행하는 빛은 (다)에서가 (나)에서보다 더 휘어져 진행한다. 따라서 (나)의 행성은 A보다 질량이 작은 B이다.

~~ㄷ~~. 시공간의 휘어짐과 상관없이 빛의 속력은 광속 불변의 원리에 의해 항상 일정하다.

11 저항의 연결과 소비 전력

스위치가 열려 있을 때보다 스위치가 닫혀 있을 때 E에 흐르는 전류의 세기는 크다. 저항 양단에 걸린 전압이 V이고 저항의 저항값이 R일 때 저항의 소비 전력은 $\frac{V^2}{R}$이다.

ㄱ. 스위치를 닫았을 때 A~D의 합성 저항값은 스위치를 열었을 때 A~C의 합성 저항값보다 작다. 합성 저항과 E는 직렬로 연결되어 있고 이때 저항 양단에 걸리는 전압은 저항값에 비례한다. 따라서 스위치를 열었을 때가 스위치를 닫았을 때보다 합성 저항값이 크므로 A의 양단에 걸린 전압은 스위치를 닫았을 때가 열었을 때보다 작다.

ㄴ. 스위치가 열려 있을 때 A~C의 합성 저항값은 $\frac{2R\times R}{2R+R}=\frac{2}{3}R$이다. 합성 저항값은 E의 저항값의 $\frac{2}{3}$배이므로 C의 양단에 걸린 전압은 E의 양단에 걸린 전압의 $\frac{2}{3}$배이다. 따라서 C, E의 저항값은 같고 소비 전력은 저항 양단에 걸린 전압의 제곱에 비례하므로 스위치를 열었을 때 저항에서 소비되는 전력은 C가 E의 $\frac{4}{9}$배이다.

ㄷ. 스위치를 열고 E의 저항값의 변화가 없을 때 회로 전체의 합성 저항값은 $\frac{2}{3}R+R=\frac{5}{3}R$이고 E의 저항값을 처음의 $\frac{1}{3}$배로 하였을 때 회로 전체의 합성 저항값은 $\frac{2}{3}R+\frac{1}{3}R=R$이다. 따라서 전원의 전압은 일정하고 E의 저항값이 일정할 때 E에 흐르는 전류의 세기는 I이므로 E의 저항값을 처음의 $\frac{1}{3}$배로 하였을 때 E에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{5}{3}I$이다.

12 직선 전류에 의한 자기장

무한히 긴 두 직선 도선에 흐르는 전류의 방향이 같을 경우 두 도선 사이에 두 도선에 의한 자기장이 0인 지점이 존재한다.

ㄱ. A, B에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향 또는 수직으로 나오는 방향이다. 또한 x축상에서 C, D에 의한 자기장의 방향은 $+y$방향 또는 $-y$방향이다. 따라서 O에서 A, B, C, D에 의한 자기장이 0이 되기 위해서는 O에서 A, B에 의한 자기장이 0이 되어야 하므로 A, B에 흐르는 전류의 방향은 서로 같다.

ㄴ. O에서 A, B에 의한 자기장은 0이다. 따라서 O에서 A, B까지의 거리는 A가 B의 2배이므로 A, B에 흐르는 전류의 세기는 A가 B의 2배이다.

ㄷ. O에서 C, D에 의한 자기장과 p에서 A, B에 의한 자기장은 각각 0이다. 따라서 O에서 C, D까지의 거리가 $2d$로 같으므로 C, D에 흐르는 전류의 세기도 같다. 또한 C, D에 흐르는 전류의 방향은 모두 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 p에서 A, B, C, D에 의한 자기장의 방향은 $-y$방향이다.

13 축전기와 축전기에 저장된 전기 에너지

직렬로 연결된 축전기에 저장된 전하량은 서로 같고 병렬로 연결된 축전기의 양단에 걸린 전압은 서로 같다.

ㄱ. B, C는 직렬로 연결되어 있으므로 C에 충전된 전하량은 B에 충전된 전하량과 같다. 따라서 ㉠은 $6Q$이다.

ㄴ. B의 전기 용량을 C라 하면 A, C의 전기 용량은 각각 $3C$, $\frac{2}{3}C$이다. 또한 축전기에 충전된 전하량을 Q, 축전기 양단에 걸린 전압을 V, 축전기의 전기 용량을 C_0이라 하면 $Q=C_0V$이므로 A의 양단에 걸린 전압은 $\frac{15Q}{C}$이다. 따라서 B의 양단에 걸린 전압$\left(=\frac{6Q}{C}\right)$과 C의 양단에 걸린 전압$\left(=\frac{9Q}{C}\right)$의 합은 A의 양단에 걸린 전압과 같으므로 B의 양단에 걸린 전압이 $2V$일 때 ㉡은 $5V$이고 ㉢은 $3V$이다. 즉, ㉡은 ㉢의 $\frac{5}{3}$배이다.

ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}QV$이다. 따라서 B, C에 저장된 전기 에너지는 B가 C의 $\frac{2}{3}$배이다.

14 상호유도

1차 코일의 전류 변화에 의한 자기 선속의 변화에 의해 2차 코일에 유도 기전력이 발생하는 현상을 상호유도라 한다.

ㄱ. $0.5t$일 때 검류계에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → 검류계 → b 방향이다. 따라서 $0.5t$일 때 1차 코일에 의한 p에서의 자기장의 방향은 $+x$방향이다.

ㄴ. 검류계에 흐르는 유도 전류의 세기는 단위 시간당 1차 코일에 흐르는 전류의 변화량의 크기에 비례한다. 따라서 단위 시간당 1차 코일에 흐르는 전류의 변화량의 크기는 $4t$일 때가 $\frac{I}{t}$이고 $5.5t$일 때가 $\frac{2I}{t}$이므로 검류계에 흐르는 유도 전류의 세기는 $4t$일 때가 $5.5t$일 때보다 작다.

ㄷ. $0.5t$일 때 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 증가한다. 이때 검류계에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → 검류계 → b 방향이다. 따라서 $4t$일 때 1차 코일에 흐르는 전류의 세기는 감소하므로 검류계에 흐르는 전류의 방향은 b → 검류계 → a이다.

15 전자기 유도

금속 막대가 $x=d$를 지날 때는 Ⅰ에서 자기 선속이 증가하고 금속 막대가 $x=3d$를 지날 때는 Ⅱ에서 자기 선속이 증가한다.

ㄱ. 저항에 흐르는 전류의 방향은 금속 막대가 $x=d$를 지날 때와 $x=3d$를 지날 때가 서로 반대이다. 따라서 금속 막대가 $x=d$를 지날 때는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하고 금속 막대가 $x=3d$를 지날 때는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 증가한다.

ㄴ. 금속 막대가 $x=3d$를 지날 때는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 증가하므로 금속 막대에 흐르는 전류의 방향은 $-y$방향이다.

ㄷ. ㄷ자형 도선 사이에 포함된 자기장 영역의 폭은 Ⅰ에서가 Ⅲ에서의 4배이므로 금속 막대가 $x=3d$를 지날 때 단위 시간당 단면적의 변화량의 크기를 $\frac{\Delta S}{\Delta t}$, Ⅰ에서와 Ⅲ에서의 자기장의 세기를 B라

하면 금속 막대가 $x=d$를 지날 때 자기 선속의 변화량의 크기는 $4B\frac{\Delta S}{\Delta t}$이고 금속 막대가 $x=5d$를 지날 때 자기 선속의 변화량의 크기는 $B\frac{\Delta S}{\Delta t}$가 된다. 따라서 저항에 흐르는 전류의 세기는 금속 막대가 $x=d$를 지날 때가 $x=5d$를 지날 때의 4배이다.

16 볼록 렌즈에 의한 상

볼록 렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 볼록 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 볼록 렌즈의 초점 거리를 f라 하면 $a>f$일 경우 렌즈 방정식은 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이고 볼록 렌즈의 상의 배율은 $M=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.

ㄱ. $a=3f$이므로 $\frac{1}{3f}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$에 의해 $b=\frac{3}{2}f$이다.

ㄴ. 물체의 크기가 2 cm이고 볼록 렌즈의 상의 배율은 $\frac{\frac{3}{2}f}{3f}=\frac{1}{2}$이므로 상의 크기는 1 cm이다.

ㄷ. 물체를 $+x$방향으로 이동시키면 상은 $+x$방향으로 이동하고 물체를 $-x$방향으로 이동시키면 상은 $-x$방향으로 이동한다. $a>f$일 때 상은 실상이며 $a<f$일 때 상은 허상이다.

17 광전 효과

검전기의 금속판에 비춘 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 크면 금속판에서 광전자가 방출된다.

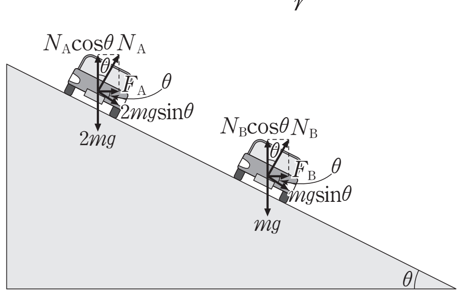
ㄱ. (가)를 통해 Q에 A를 비추었을 때 광전자가 방출됨을 확인할 수 있다. 또한 (다)에서 Q에 B를 비추었을 때 금속박이 벌어지지 않았으므로 Q의 문턱 진동수는 B의 진동수보다 크다. 따라서 단색광의 진동수는 A가 B보다 크므로 단색광의 파장은 A가 B보다 작다.

ㄴ. (나), (다)에서 P, Q에 B를 비추었을 때 P에서만 광전자가 방출되었으므로 금속판의 문턱 진동수는 P가 Q보다 작다.

ㄷ. 금속박이 벌어진 검전기의 금속판에 단색광을 비추었을 때 금속박이 오므라들면 금속박은 음(−)전하로 대전되어 있었고 오므라들지 않으면 금속박은 양(+)전하로 대전되어 있었다. 따라서 (나)에서 P에 B를 비추었을 때 검전기의 금속박이 오므라들었으므로 B를 비추기 전 금속박은 음(−)전하로 대전되어 있다.

18 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력의 방향은 원 궤도의 중심을 향하는 방향이다. 회전 반지름을 r, 물체의 질량을 m, 물체의 속력을 v라 하면 구심력의 크기는 $F=\frac{mv^2}{r}$이다.



④ 빗면이 A, B를 수직으로 떠받치는 힘의 크기를 N_A, N_B, 중력 가속도를 g, 구심력의 크기를 F_A, F_B라 하면 $N_A\cos\theta=2mg$, $N_A=\frac{2mg}{\cos\theta}$, $F_A=N_A\sin\theta=2mg\frac{\sin\theta}{\cos\theta}=2mg\tan\theta$가 성립하고 $\tan\theta=\frac{h}{R}$이므로 $F_A=2mg\frac{h}{R}$이다.

$N_B\cos\theta=mg$, $N_B=\frac{mg}{\cos\theta}$, $F_B=N_B\sin\theta=mg\frac{\sin\theta}{\cos\theta}=mg\tan\theta$가 성립하고 $\tan\theta=\frac{h}{2r}$이므로 $F_B=mg\frac{h}{2r}$이다. 따라서 P, Q의 높이 비에 의해 $R=2r$이므로 $\frac{F_A}{F_B}=\frac{4r}{2r}=2$이다.

19 일과 운동 에너지

빗면 구간에서 물체의 가속도의 크기는 마찰이 없는 구간에서가 마찰이 있는 구간에서의 2배이므로 마찰 구간에서 마찰력이 물체에 한 일은 중력이 물체에 한 일의 $\frac{1}{2}$배이다.

② 물체의 질량을 m이라고 하면 마찰이 없는 빗면 구간에서의 가속도의 크기는 $g\sin60^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}g$이다.

물체의 a에서의 속력은 0이고 b에서의 속력의 제곱은 $\left(2\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)gL=\sqrt{3}gL$이고, c에서의 속력의 제곱은 $\left(2\times\frac{1}{2}\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)g\times2L+\sqrt{3}gL=2\sqrt{3}gL$이다. d에서의 속력의 제곱은 $\left(2\times\frac{\sqrt{3}}{2}\right)gL+2\sqrt{3}gL=3\sqrt{3}gL$이다.

또한 d에서 물체의 역학적 에너지는 $\frac{3}{2}\sqrt{3}mgL+8mgL=\frac{1}{2}mv^2$이므로, $v^2=(3\sqrt{3}+16)gL$이다.

20 포물선 운동

r에서 물체의 연직 방향의 속력은 0이며, 포물선 운동하는 동안 A, B가 수평면까지 낙하하는 동안 걸린 시간은 같다.

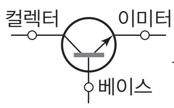
② 중력 가속도를 g, q에서 A, B의 속력을 각각 v_1, v_2, r에서 A, B의 속력을 각각 v_3, v_4라 하면 $v_1=4v_2$이다.

p에서 A의 속력은 0이므로 $v_1=\sqrt{2gH}$이고 $v_2=\frac{\sqrt{2gH}}{4}$이다. r에서의 속력으로 A, B가 동일한 시간 동안 등속도 운동을 하여 각각 $2S$, S만큼 이동하므로 $v_3=2v_4$ … ①이다. $2gh=v_3^2-2gH$ … ② $2gh=v_4^2-\frac{gH}{8}$ … ③이 성립하므로 ①을 이용해 ②, ③을 연립하면 $h=\frac{1}{4}H$이다.

실전 모의고사 **4회** 본문 135~139쪽

01 ①	02 ⑤	03 ②	04 ④	05 ①
06 ⑤	07 ④	08 ②	09 ⑤	10 ③
11 ⑤	12 ③	13 ②	14 ①	15 ②
16 ②	17 ④	18 ⑤	19 ⑤	20 ③

01 트랜지스터

회로에서 트랜지스터는 

로 표현되므로 전류는 베이스에서 이미터로 흐른다. 트랜지스터는 n−p−n형이다.

ㄱ. 이미터와 베이스는 순방향으로 연결되고, 컬렉터와 베이스는 역방향으로 연결된다. 따라서 ㉠은 (+)극이다.

~~ㄴ~~. 전자는 전위가 낮은 지점에서 전위가 높은 지점으로 이동한다. 트랜지스터에서 다수의 전자가 이미터 → 베이스 → 컬렉터로 이동하므로 컬렉터 단자의 전위는 베이스 단자의 전위보다 높다.

~~ㄷ~~. 베이스와 컬렉터로 흐르는 전류의 합은 이미터로 흐르는 전류의 세기와 같다. 따라서 $I_1 < I_2$이다.

02 물질파

질량이 m이고 운동 에너지가 E_k인 입자의 물질파 파장은 $\dfrac{h}{\sqrt{2mE_\mathrm{k}}}$ (h: 플랑크 상수)이다.

ㄱ. 물질파 파장은 운동량의 크기에 반비례한다. 물질파 파장은 A와 C가 같으므로 운동량의 크기는 A와 C가 같다.

ㄴ. B, C의 질량을 m_B, m_C라고 하자. $\lambda=\dfrac{h}{\sqrt{2m_\mathrm{B}(5E_0)}}$ … ①이고 $2\lambda=\dfrac{h}{\sqrt{2m_\mathrm{C}(2E_0)}}$ … ②이다. 이를 정리하면, $m_\mathrm{B}=\dfrac{8}{5}m_\mathrm{C}$이다.

ㄷ. A의 질량을 m_A라고 하면, $2\lambda=\dfrac{h}{\sqrt{2m_\mathrm{A}E_0}}$ … ③이다. ①, ③을 정리하면, $m_\mathrm{A}=\dfrac{5}{4}m_\mathrm{B}$이다. A와 B의 물질파 파장이 λ_0으로 같다고 하자. A, B의 운동 에너지를 각각 E_A, E_B라고 하면, $E_\mathrm{A}=\dfrac{h^2}{2m_\mathrm{A}{\lambda_0}^2}$이고 $E_\mathrm{B}=\dfrac{h^2}{2m_\mathrm{B}{\lambda_0}^2}$이다. 따라서 A와 B의 물질파 파장이 같을 때, 운동 에너지는 A가 B의 $\dfrac{4}{5}$배이다.

03 힘의 평형

정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

② (가), (나)에서 p가 물체를 당기는 힘의 크기를 각각 T_1, T_2라고 하자. (가)에서 물체에 연직 방향으로 작용하는 힘은 $T_1\cos60°+F+T_{가}\cos60°=mg$ … ①이고 수평 방향으로 작용하는 힘은 $T_1\sin60°=T_{가}\sin60°$에서 $T_1=T_{가}$ … ②이다. ②를 ①에 대입하여 정리하면 $T_{가}+F=mg$ … ③이다.

(나)에서 물체에 연직 방향으로 작용하는 힘은 $T_2\cos60°+F=mg$ … ④이고 수평 방향으로 작용하는 힘은 $T_2\sin60°=T_{나}$에서 $T_{나}=\dfrac{\sqrt{3}}{2}T_2$ … ⑤이다. ⑤를 ④에 대입하여 정리하면, $\dfrac{\sqrt{3}}{3}T_{나}+F=mg$ … ⑥이다. ③, ⑥을 정리하면, $\dfrac{T_{가}}{T_{나}}=\dfrac{\sqrt{3}}{3}$이다.

04 열과 일의 전환, 열의 일당량

추가 낙하하는 동안 중력이 한 일에 의해 열량계 내부에 있는 회전 날개가 회전하고, 마찰에 의해 열이 발생한다. 액체의 비열이 c, 질량이 m, 온도 변화가 ΔT일 때, 액체가 얻은 열량은 $Q=mc\Delta T$이다.

④ 추가 일정한 속력으로 낙하하는 동안 추의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 물이 얻은 열량과 같다. 따라서 ㉠은 0.4이다.

s가 h일 때, 액체의 온도 증가량은 0.2 ℃이다. 이때, 추의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 물이 얻은 열량과 같으므로 $(10\ \mathrm{kg}\times10\ \mathrm{m/s^2}\times h)/4.2\ \mathrm{J/cal}=1000\ \mathrm{g}\times1\ \mathrm{cal/g\cdot℃}\times0.2\ ℃$에서 $h=8.4$이다.

05 포물선 운동

물체가 수평면에서 던져진 순간부터 최고점에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 T이고 B가 $\dfrac{1}{2}T$이다.

ㄱ. 물체가 수평면에서 던져진 순간부터 최고점에 도달할 때까지 걸린 시간은 A가 B의 2배이므로 수평면에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 A가 B의 2배이다. 최고점의 높이는 수평면에서 던져진 속도의 연직 성분의 크기의 제곱에 비례하므로 높이는 a가 b의 4배이다.

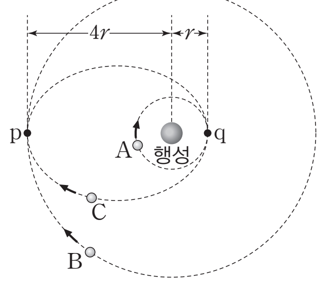
~~ㄴ~~. 수평면에서 A, B의 속도의 연직 성분의 크기를 각각 $2v$, v라고 하고, 수평면에서 A, B의 속도의 수평 성분의 크기를 각각 $v_{\mathrm{A}x}$, $v_{\mathrm{B}x}$라고 하자. $\tan60°=\dfrac{2v}{v_{\mathrm{A}x}}=\sqrt{3}$에서 $v_{\mathrm{A}x}=\dfrac{2\sqrt{3}}{3}v$이고, $\tan45°=\dfrac{v}{v_{\mathrm{B}x}}=1$에서 $v_{\mathrm{B}x}=v$이다. 최고점에서 물체의 속도의 연직 성분은 0이므로 a에서 A의 속력은 b에서 B의 속력의 $\dfrac{2\sqrt{3}}{3}$배이다.

~~ㄷ~~. p에서 r까지의 거리를 x_A라고 하면, $x_\mathrm{A}=v_{\mathrm{A}x}(2T)=\dfrac{4\sqrt{3}}{3}vT$이다. q에서 r까지의 거리를 x_B라고 하면, $x_\mathrm{B}=v_{\mathrm{B}x}T=vT$이다. p와 q 사이의 거리는 $x_\mathrm{A}-x_\mathrm{B}=\left(\dfrac{4\sqrt{3}-3}{3}\right)vT$이다. B가 q에서 b까지 이동하는 데 걸린 시간은 $\dfrac{1}{2}T$이므로 $\dfrac{1}{2}gT=v$이다. 따라서 $x_\mathrm{A}-x_\mathrm{B}=\dfrac{4\sqrt{3}-3}{6}gT^2$이다.

06 중력 법칙과 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 위성의 질량에 비례하고 행성으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

ㄱ. 공전 주기의 제곱은 긴반지름(또는 반지름)의 세제곱에 비례한다. 공전 주기는 B가 A의 8배이므로 공전 궤도의 반지름은 B가 A의 4배이다. 즉, 행성과 q 사이의 거리를 r라고 하면, 행성과 p 사이의 거리는 $4r$이다.



중력 상수를 G, 행성의 질량을 M이라고 하면, A에 작용하는 중력의 크기는 $\frac{GMm}{r^2}$이고 B에 작용하는 중력의 크기는 $\frac{GM(4m)}{16r^2}$ $=\frac{GMm}{4r^2}$이다. 따라서 위성에 작용하는 중력의 크기는 A가 B의 4배이다.

ㄴ. 행성으로부터 떨어진 거리는 p가 q의 4배이므로 C의 가속도의 크기는 q에서가 p에서의 16배이다.

ㄷ. C의 공전 궤도의 긴반지름은 $\frac{5}{2}r$이다. A, C의 주기를 각각 T_A, T_C라고 하면, $\frac{{T_C}^2}{{T_A}^2}=\frac{\left(\frac{5}{2}r\right)^3}{r^3}=\frac{125}{8}$이다. 이를 정리하면 주기는 C가 A의 $\frac{5\sqrt{10}}{4}$배이다.

07 중력에 의한 빛의 휘어짐

가속도 운동하는 우주선에서 가속도 방향과 수직 방향으로 빛을 비추면 우주선 안의 관찰자는 가속도 방향의 반대쪽으로 빛이 휘어지는 것으로 관측한다.

ㄱ. A는 정지해 있으므로 A의 좌표계는 관성계이다. 따라서 A가 관찰할 때, 광원에서 발사된 빛은 $+x$방향으로 직진한다.

ㄴ. C가 관찰할 때, 광원에서 발사된 빛은 $+y$방향으로 휘어지므로 C에 작용하는 관성력의 방향은 $+y$방향이다. 따라서 C가 탄 우주선의 가속도 방향은 $-y$방향이다. A가 관찰할 때, C가 탄 우주선의 운동 방향과 가속도 방향은 반대 방향이므로 C가 탄 우주선의 속력은 감소한다.

ㄷ. B에 작용하는 관성력의 방향은 $-y$방향이고, C에 작용하는 관성력의 방향은 $+y$방향이다. 따라서 저울에 측정된 힘의 크기는 B가 탄 우주선에서가 C가 탄 우주선에서보다 크다.

08 정전기 유도

정전기 유도는 대전되지 않은 도체를 대전체에 가까이 하면 도체 내의 자유 전자가 이동하여 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가, 먼 쪽에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도되는 현상이다.

ㄱ. (가)에서 대전체를 대전되지 않은 금속판에 접촉시키면 금속판과 금속박은 대전체와 같은 종류의 전하로 대전된다. 따라서 '벌어진다'는 ㉠에 해당한다.

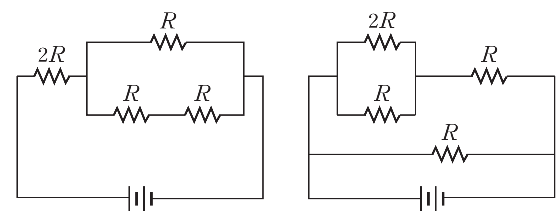
ㄴ. (나)에서 음(−)전하로 대전된 대전체를 가까이 가져가면 금속판의 음(−)전하가 금속박으로 이동하는 과정에서 금속박 사이에 작용하는 전기력의 크기가 감소했다가 증가한다. 따라서 (나)에서 금속박이 벌어졌을 때, 검전기의 금속박은 음(−)전하로 대전된다.

ㄷ. (다)에서 대전체의 전자가 금속판과 금속박으로 이동하여 금속박 사이의 전기력이 (나)에서보다 증가한다. 따라서 (다)에서 전자는 금속판에서 금속박으로 이동하며, 금속박이 (나)에서보다 더 벌어진다.

09 소비 전력

저항값이 R인 저항에 걸린 전압이 V이면, 저항에서의 소비 전력은 $\frac{V^2}{R}$이다.

⑤ 스위치를 닫기 전과 후의 저항의 연결은 다음과 같다.



닫기 전 닫은 후

전원 장치의 전압을 V라고 하자. 스위치를 닫기 전 회로의 합성 저항값은 $2R+\frac{2R^2}{3R}=\frac{8}{3}R$이므로 $P_0=\frac{3V^2}{8R}$이다.

스위치를 닫은 후 회로의 합성 저항값은 $\frac{\left(\frac{2}{3}R+R\right)R}{\frac{5}{3}R+R}=\frac{5}{8}R$이므로 회로의 소비 전력은 $\frac{8V^2}{5R}=\frac{64}{15}P_0$이다.

10 전자기 유도

금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 단위 시간당 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 변화량의 크기에 비례한다.

ㄱ. $t=t_0$일 때 Ⅰ에서의 자기장의 세기는 증가하고 Ⅱ에서의 자기장의 세기는 일정하다. 따라서 $t=t_0$일 때, p에 흐르는 유도 전류는 Ⅰ에서의 자기장의 변화에 의한 것이다. $t=t_0$일 때, p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이므로 Ⅰ에서의 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄴ. $t=2t_0$부터 $t=4t_0$까지, Ⅰ에서 자기 선속의 시간당 변화율은 $\frac{B_0}{2t_0}(3d^2)$이고 Ⅱ에서 자기 선속의 시간당 변화율은 $\frac{2B_0}{2t_0}d^2=\frac{B_0}{t_0}d^2$이다. Ⅰ에서 자기장의 세기는 증가하므로 p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이고, Ⅱ에서 자기장의 세기는 감소하므로 p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $-y$방향이다. 따라서 $t=2t_0$부터 $t=4t_0$까지 자기 선속의 시간당 변화율은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크고 Ⅰ에서 자기장의 세기는 증가하므로 p에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이다.

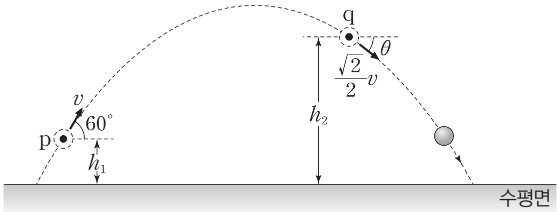
ㄷ. $t=2t_0$부터 $t=4t_0$까지 고리에 발생하는 유도 기전력의 크기는 $\frac{B_0}{2t_0}(3d^2)-\frac{B_0}{t_0}d^2=\frac{B_0}{2t_0}d^2$이고, 금속 고리의 저항값은 R이므로 p에 흐르는 유도 전류의 세기는 $\frac{B_0d^2}{2Rt_0}$이다.

11 포물선 운동에서 역학적 에너지의 보존

p, q에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 같다.

~~ㄱ~~. p에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 $v\cos60^\circ=\frac{1}{2}v$이고, q에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 $\frac{\sqrt{2}}{2}v\cos\theta=\frac{1}{2}v$에서 $\cos\theta=\frac{\sqrt{2}}{2}$이다. 따라서 $\tan\theta=1$이다.

ㄴ. p, q의 높이를 각각 h_1, h_2라고 하고, 물체의 질량을 m이라고 하자.



물체의 역학적 에너지는 p에서와 q에서가 같으므로 $mgh_1+\frac{1}{2}mv^2=mgh_2+\frac{1}{2}m\left(\frac{\sqrt{2}}{2}v\right)^2$ … ①이다. q에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 $\frac{3}{2}$배이므로, $mgh_2=\left(\frac{3}{2}\right)\frac{1}{2}m\left(\frac{\sqrt{2}}{2}v\right)^2$에서 $mgh_2=\frac{3}{8}mv^2$ … ②이다. ②를 ①에 대입하여 정리하면, $mgh_1=mgh_2+\frac{1}{4}mv^2-\frac{1}{2}mv^2=\frac{3}{8}mv^2-\frac{1}{4}mv^2=\frac{1}{8}mv^2$이다. p에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$이고 중력 퍼텐셜 에너지는 $mgh_1=\frac{1}{8}mv^2$이다. 따라서 p에서 물체의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 4배이다.

ㄷ. 최고점에서 물체의 속력은 $\frac{1}{2}v$이다. 최고점의 높이를 H라고 하면, p에서와 최고점에서 물체의 역학적 에너지는 같으므로 $mgh_1+\frac{1}{2}mv^2=mgH+\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}v\right)^2$에서 $mgH=mgh_1+\frac{3}{8}mv^2=\frac{1}{8}mv^2+\frac{3}{8}mv^2=\frac{1}{2}mv^2$이다. 따라서 $H=\frac{v^2}{2g}$이다.

12 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭

이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x=L\frac{\lambda}{d}$이다. (빛의 파장: λ, 슬릿과 스크린 사이의 거리: L, 슬릿 사이의 간격: d)

ㄱ. O에서는 밝은 무늬가 나타났으므로 보강 간섭이 일어난다. 따라서 두 슬릿으로부터 O에 도달한 빛의 위상은 같다.

ㄴ. 이중 슬릿에 X, Y, Z를 비출 때 각각 $9\text{ mm}=\frac{L}{d}(540\text{ nm})$ … ①, $10\text{ mm}=\frac{L}{d}$(㉠ nm) … ②, ㉡ $\text{mm}=\frac{L}{d}(550\text{ nm})$ … ③이다. ①, ②를 정리하면, ㉠은 600이다.

~~ㄷ~~. ①, ③을 정리하면, ㉡은 $\frac{55}{6}$이다.

13 보어의 수소 원자 모형과 현대적 수소 원자 모형

보어의 수소 원자 모형은 러더퍼드 원자 모형에서 원자의 안정성 문제와 선 스펙트럼 문제 등의 한계점을 해결하기 위해 두 가지 가설을 적용하여 제시한 모형이다. 현대적 수소 원자 모형에서는 전자가 발견될 확률로 전자의 위치를 표현하며, 전자구름의 형태로 나타낸다.

~~ㄱ~~. (가)는 현대적 수소 원자 모형이고, (나)는 보어의 수소 원자 모형이다.

ㄴ. 보어의 수소 원자 모형의 제1가설(양자 가설)에 따르면 전자의 원 궤도 둘레는 그 궤도를 따라 운동하는 전자의 물질파 파장의 정수배이다.

~~ㄷ~~. (가)에서는 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정하는 것이 불가능하고, (나)에서는 전자의 위치와 운동량을 정확히 측정할 수 있다. 따라서 (나)는 위치 불확정도와 운동량 불확정도가 모두 0이므로 불확정성 원리에 위배된다.

14 교류 전원에서 축전기와 코일의 역할

교류 전원이 연결된 회로에서 교류 전원의 진동수가 커질수록 축전기의 저항 역할은 작아지고 코일의 저항 역할은 커진다.

ㄱ. S를 a에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면, 회로에 흐르는 전류의 세기는 증가하므로 전압계의 측정값은 증가한다.

~~ㄴ~~. S를 a에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면 회로에 흐르는 전류의 세기는 증가하므로 X의 저항 역할은 작아진다. 따라서 X는 축전기이고, Y는 코일이다.

~~ㄷ~~. R_B와 Y는 병렬연결이므로 R_B에 걸리는 전압은 Y에 상관없다. 저항의 저항값은 교류 전원의 진동수에 관계없다. 교류 전원의 진동수를 증가시켜도 교류 전원은 전압의 최댓값은 일정하므로 저항에 흐르는 전류의 최댓값은 일정하다.

15 상호유도

1차 코일에 흐르는 전류가 변할 때 2차 코일에 유도 기전력이 발생하는 현상을 상호유도라고 한다.

~~ㄱ~~. 1차 코일에는 화살표 방향으로 전류 I가 흐르므로 2차 코일의 중심에서 I에 의한 자기장의 방향은 왼쪽 방향이다.

~~ㄴ~~. 2차 코일에는 상호유도에 의한 전류가 흘렀으므로 I에 의해 2차 코일을 통과하는 자기장은 변한다. 따라서 I에 의해 형성되는 자기장에 의한 2차 코일의 자기 선속은 변한다.

ㄷ. 1차 코일에 의한 자기장의 2차 코일의 중심을 통과하는 방향은 왼쪽 방향이고, 2차 코일에 흐르는 전류의 방향은 a → Ⓖ → b이므로 1차 코일의 I에 의해 2차 코일의 자기 선속은 감소한다. 따라서 I의 세기는 감소한다.

16 도플러 효과

음원에서 발생한 음파의 진동수보다 음파 측정기에서 측정한 진동수가 크면 음원은 음파 측정기에 가까이 다가가는 방향으로 운동하는 것이고 음파 측정기에서 측정한 진동수가 음원에서 발생한 음파의 진동수보다 작으면 음원은 음파 측정기에서 멀어지는 방향으로 운동하는 것이다.

~~ㄱ~~. 음원의 속력이 v_0일 때, 음파 측정기가 측정한 음원의 진동수는 f_0보다 크므로 음원의 운동 방향은 $+x$방향이다. 따라서 ㉠은 $+x$이다. 음원의 속력이 ㉢일 때, 음파 측정기가 측정한 음원의 진동수는

f_0보다 작으므로 음원의 운동 방향은 $-x$방향이다. 따라서 ㉣은 $-x$이다.

ㄴ. 음속을 V라고 하자. 음원의 속력이 v_0일 때, $\frac{20}{19}f_0=\frac{V}{V-v_0}f_0$이므로 $V=20v_0$이다.

~~ㄷ~~. 음원의 속력이 ㉡일 때 $\frac{18}{17}f_0=\frac{V}{V-㉡}f_0$이고, 음원의 속력이 ㉢일 때 $\frac{18}{19}f_0=\frac{V}{V+㉢}f_0$이다. 이를 정리하면, $V=18㉡=18㉢$이다. 따라서 ㉡과 ㉢은 같다.

17 볼록 렌즈

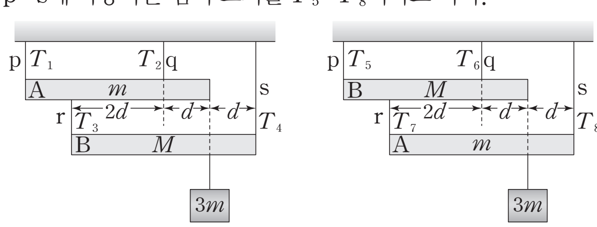
볼록 렌즈 앞에 물체를 놓았을 때, 물체와 같은 쪽에 생긴 상은 허상이고 물체 반대 쪽에 생긴 상은 실상이다.

④ (가)에서 상의 크기는 물체 크기의 3배이므로 렌즈의 중심으로부터 물체까지의 거리를 x라고 하면 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리는 $3x$이다. 볼록 렌즈의 초점 거리를 f라고 하고 렌즈 공식을 적용하면, $\frac{1}{x}-\frac{1}{3x}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{3}{2}x$이다. $3x-x=L$이므로 $x=\frac{1}{2}L$이다. 따라서 렌즈의 초점 거리는 $f=\frac{3}{4}L$이다.

(나)에서 볼록 렌즈의 중심으로부터 상까지의 거리를 b라 하고 렌즈 공식을 적용하면, $\frac{1}{L}+\frac{1}{b}=\frac{4}{3L}$에서 $b=3L$이다. 따라서 (나)에서 상의 크기는 $h\times\left(\frac{3L}{L}\right)=3h$이다.

18 역학적 평형

(가)에서 p~s에 작용하는 힘의 크기를 각각 T_1~T_4라 하고, (나)에서 p~s에 작용하는 힘의 크기를 T_5~T_8이라고 하자.



(가) (나)

B의 질량을 M이라고 하자. A, B에 작용하는 알짜힘은 0이므로 (가)에서 $T_1+T_2=mg+T_3$ ⋯ ①이다. $T_3+T_4=Mg+3mg$ ⋯ ②이고, (나)에서 $T_5+T_6=T_7+Mg$ ⋯ ③이고, $T_7+T_8=4mg$ ⋯ ④이다. A, B에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다. (가)에서 p가 A에 연결된 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $T_3d+mg(2d)=T_2(3d)$ ⋯ ⑤이고, r가 B에 연결된 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $Mg(2d)+3mg(3d)=T_4(4d)$ ⋯ ⑥이다. (나)에서 p가 B에 연결된 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $T_7d+Mg(2d)=T_6(3d)$ ⋯ ⑦이고, r가 A에 연결된 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $mg(2d)+3mg(3d)=T_8(4d)$ ⋯ ⑧이다. (가)에서 s가 B를 당기는 힘의 크기는 $2T$이므로 $T_4=2T$이고, (나)에서 s가 A를 당기는 힘의 크기는 T이므로 $T_8=T$이다.

ㄱ. ⑧에서 $T_8=\frac{11}{4}mg=T$이다.

~~ㄴ~~. $T_4=2T=\frac{11}{2}mg$이다. 이를 ⑥에 대입하여 정리하면, $2Mg+9mg=22mg$에서 $M=\frac{13}{2}m$이다.

ㄷ. ②에서 $T_3=Mg+3mg-T_4=\frac{13}{2}mg+3mg-\frac{11}{2}mg=4mg$이고, 이를 ⑤에 대입하여 정리하면 $3T_2=T_3+2mg=6mg$이므로 $T_2=2mg$이다. ①에서 $T_1=mg+T_3-T_2=3mg$이다. 따라서 (가)에서 p가 A를 당기는 힘의 크기(T_1)는 q가 A를 당기는 힘의 크기 (T_2)보다 크다.

19 축전기의 연결

극판의 면적이 S, 두 극판 사이의 간격이 d, 두 극판 사이에 채워진 유전체의 유전율이 ε인 평행판 축전기의 전기 용량은 $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다. 직렬연결된 축전기에 충전된 전하량은 같고, 병렬연결된 축전기에 걸리는 전압은 같다.

ㄱ. A와 B에 충전된 전하량의 합은 C에 충전된 전하량과 같다. 따라서 B에 충전된 전하량은 $2Q_0$이다. B, C의 전기 용량을 각각 C_B, C_C라고 하자. 축전기에 저장된 전기 에너지는 C가 B의 2배이므로 $\frac{9Q_0^2}{2C_C}=2\times\frac{4Q_0^2}{2C_B}$에서 $C_B=\frac{8}{9}C_C$이다.

~~ㄴ~~. 축전기 극판의 면적을 S라고 하고, A의 전기 용량을 C_A라고 하자. A, B에 걸리는 전압은 같으므로 $\frac{Q_0}{C_A}=\frac{2Q_0}{C_B}$에서 $C_B=2C_A$이다. 이를 정리하면, $\varepsilon_2\frac{S}{2d}=2\times\varepsilon_1\frac{S}{d}$에서 $\varepsilon_2=4\varepsilon_1$이다. 전기 용량은 B가 C의 $\frac{8}{9}$배이므로 $\varepsilon_2\frac{S}{2d}=\frac{8}{9}\times\varepsilon_3\frac{S}{d}$에서 $\varepsilon_2=\frac{16}{9}\varepsilon_3$이다. 따라서 $\varepsilon_1:\varepsilon_2:\varepsilon_3=\frac{1}{4}\varepsilon_2:\varepsilon_2:\frac{9}{16}\varepsilon_2=4:16:9$이다.

ㄷ. A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{Q_0^2}{2C_A}$이고, B에 저장된 전기 에너지는 $\frac{4Q_0^2}{2C_B}=\frac{2Q_0^2}{C_B}$이다. $C_B=2C_A$이므로 축전기에 저장된 전기 에너지는 B가 A의 2배이다.

20 물체의 역학적 에너지

물체가 c에서 d까지 운동하는 동안 등속도 운동을 하므로 물체의 역학적 에너지 감소량은 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량과 같다.

③ 물체의 질량을 m이라 하고, S_1, S_2에서 역학적 에너지 감소량을 각각 $2E$, E라고 하자. 물체가 a에서 b까지 운동하는 동안 역학적 에너지는 $\frac{1}{2}m(4v)^2-2E=mgh+\frac{1}{2}mv^2$ ⋯ ①이다. 물체가 c에서 d까지 운동하는 동안 물체는 등속도 운동을 하므로 $E=mgh$이다. 이를 ①에 대입하여 정리하면, $8mv^2-2mgh=mgh+\frac{1}{2}mv^2$에서 $mgh=\frac{5}{2}mv^2$이다.

물체가 a에서 d까지 운동하는 동안 물체의 역학적 에너지 감소량은 $3E$이므로 $mgy+\frac{1}{2}m(4v)^2-3E=\frac{1}{2}m(2v)^2$에서 $mgy=3E-6mv^2=3mgh-\frac{12}{5}mgh=\frac{3}{5}mgh$이다. 따라서 $y=\frac{3}{5}h$이다.

실전 모의고사 5회 본문 140~144쪽

01 ④	02 ③	03 ④	04 ④	05 ④
06 ②	07 ④	08 ⑤	09 ②	10 ⑤
11 ①	12 ③	13 ③	14 ⑤	15 ③
16 ②	17 ②	18 ③	19 ④	20 ①

01 속도와 가속도

속도－시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도이며, 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 물체의 질량과 가속도의 크기의 곱이다.

~~ㄱ~~. 가속도의 크기가 $5\ \mathrm{m/s^2}$이고 a_y의 크기는 $3\ \mathrm{m/s^2}$이므로 가속도의 x성분의 크기는 $4\ \mathrm{m/s^2}$이다. (가)의 그래프에서 기울기가 4이므로 $\frac{13-v_0}{3}=4$에 의해 $v_0=1$이다.

ㄴ. 1초일 때 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $2\ \mathrm{kg}\times5\ \mathrm{m/s^2}=10\ \mathrm{N}$이다.

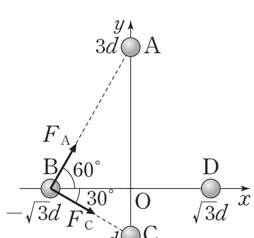
ㄷ. 물체가 xy 평면에서 등가속도 직선 운동을 하므로 0초부터 3초까지 물체의 이동 거리와 변위의 크기는 같다.

02 전기력과 전기장

A, C, D가 B에 작용하는 전기력의 방향은 (가)에서 $-x$방향이고 (나)에서 $+x$방향이므로, A, C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이고 D가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이다.

ㄱ. D가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이므로 B와 D는 같은 종류의 전하이다.

ㄴ. A, B, C의 전하량의 크기를 각각 q_A, q_B, q_C라고 하면 A, C가 B에 작용하는 전기력의 크기는 각각 $F_A=k\frac{q_Aq_B}{(2\sqrt{3}d)^2}$, $F_C=k\frac{q_Cq_B}{(2d)^2}$ (k: 쿨롱 상수)이다. 그런데 A, C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이므로 A, C가 B에 작용하는 전기력의 y축 방향의 합력은 0이다. 따라서 $F_A\sin60°=F_C\sin30°$이므로, $q_A=\sqrt{3}q_C$이다.



~~ㄷ~~. (가), (나)에서 A, C의 위치는 동일하고 O에서 D의 위치가 (가)에서보다 (나)에서 더 멀어졌으므로, O에서 A, C, D에 의한 전기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

03 이중 슬릿에 의한 간섭무늬

이중 슬릿을 이용한 빛의 간섭 실험에서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x=\frac{L\lambda}{d}$이므로 빛의 파장 λ, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리 L에 각각 비례하고, 슬릿 사이의 간격 d에 반비례한다.

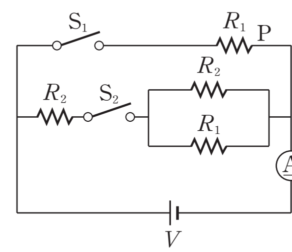
~~ㄱ~~. A의 파장을 λ_A라고 하면, Ⅰ에서 $\Delta x_0=\frac{L_0\lambda_A}{d_0}$이고, Ⅱ에서 ㉠은 $\frac{3L_0\lambda_A}{2d_0}$이므로 ㉠$=\frac{3}{2}\Delta x_0$이다.

ㄴ. B의 파장을 λ_B라고 하면, Ⅲ과 Ⅰ에서 $\Delta x_0=\frac{2L_0\lambda_B}{3d_0}=\frac{L_0\lambda_A}{d_0}$이므로, λ_B는 $\frac{3}{2}\lambda_A$이다. 따라서 파장은 B가 A보다 길다.

ㄷ. O는 가장 밝은 무늬의 중심이므로 O에서는 보강 간섭이 일어난다.

04 저항의 연결

주어진 회로의 등가 회로는 그림과 같다.



S_1이 닫혀 있고, S_2가 열린 상태에서 전류는 저항값이 R_1인 저항 P에만 흐른다. 이때 전류계에 흐르는 전류의 세기가 $\frac{V}{2R}$이므로, $R_1=2R$이다.

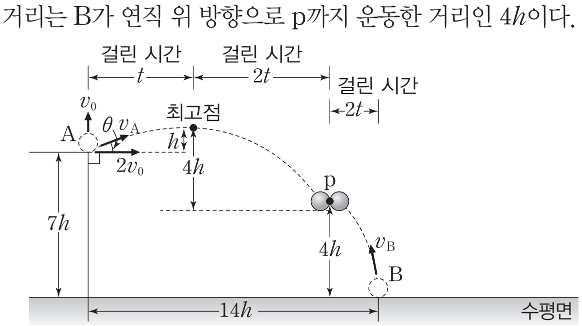
ㄱ. S_1이 열려 있고, S_2가 닫힌 회로에서 합성 저항값은 $\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+R_2$이고, 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{V}{3R}$이므로 $\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}+R_2=3R$ …①이고, $R_1=2R$이므로 ①식에 대입하면 $R_2=2R$이다.

~~ㄴ~~. S_1 S_2를 모두 닫으면 합성 저항값은 $\frac{6}{5}R$이므로 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{5V}{6R}$이다.

ㄷ. S_1, S_2를 모두 닫으면 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{5V}{6R}$이므로, 회로 전체의 소비 전력 $P=VI$에 의해 $P=\frac{5V^2}{6R}$이다.

05 포물선 운동

A가 최고점에 도달하는 순간 B를 던졌을 때 A와 B가 B의 최고점인 p에서 만나므로 A가 최고점에서 p까지 연직 아래 방향으로 낙하한 거리는 B가 연직 위 방향으로 p까지 운동한 거리인 $4h$이다.



④ $\tan\theta=\frac{1}{2}$이므로 v_A의 수직, 수평 방향의 성분을 각각 v_0, $2v_0$이라 하고 중력 가속도를 g라 하면, A가 던져진 지점부터 최고점까지 수직 거리는 h이므로 $0-{v_0}^2=-2gh$에 의해 $v_0=\sqrt{2gh}$이고 $v_A=\sqrt{10gh}$이다. A가 최고점에 도달하는 데 걸리는 시간 t는 $0=v_0-gt$에 의해 $t=\frac{v_0}{g}=\sqrt{\frac{2h}{g}}$이다. A가 최고점에서 p에 도달하는 데 걸리

는 시간과 B가 수평면에서 p에 도달하는 데 걸리는 시간은 $2t$로 같다. A의 수평 도달 거리는 $2v_0\times3t=2\sqrt{2gh}\times3\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=12h$이므로 B의 수평 도달 거리는 $2h$가 되어야 한다. $v_{\rm B}$의 수평, 수직 방향의 성분을 각각 $v_{\rm B\it x}$, $v_{\rm B\it y}$라 하면 $v_{\rm B\it x}\times2t=v_{\rm B\it x}\times2\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=2h$에 의해 $v_{\rm B\it x}=\sqrt{\dfrac{gh}{2}}$이다. $0-{v_{\rm B\it y}}^2=-2g(4h)$에 의해 $v_{\rm B\it y}=\sqrt{8gh}$이므로 $v_{\rm B}=\sqrt{\dfrac{17gh}{2}}$이다. 따라서 $\dfrac{v_{\rm B}}{v_{\rm A}}=\sqrt{\dfrac{17gh}{2\times10gh}}=\sqrt{\dfrac{17}{20}}$이다.

06 트랜지스터

전류가 증폭되는 회로에 연결된 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향의 전압을, 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향의 전압을 걸어준다.

ㄱ. 트랜지스터의 이미터와 베이스 사이에는 순방향 전압이 걸리므로, X는 n형 반도체, Y는 p형 반도체이다.

ㄴ. 왼쪽 아래 저항과 오른쪽 아래 가변 저항에는 저항값의 비로 전원의 전압이 분배된다. 가변 저항의 저항값이 증가할수록 이미터와 베이스 양단에 걸리는 전압이 커지고 이미터에 흐르는 전류의 세기가 증가한다.

ㄷ. 전류 증폭률이 100이므로, $I_{\rm C}=100I_{\rm B}$이다. $I_{\rm E}=I_{\rm B}+I_{\rm C}$이므로, $I_{\rm E}=101I_{\rm B}$이다.

07 직선 전류에 의한 자기장

직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다. P에서 A에 의한 자기장의 세기를 B'라고 한다면, B에 의한 자기장의 세기는 B'이다. Q에서 A와 B에 의한 자기장의 세기는 각각 $\frac{1}{2}B'$, $\frac{3}{2}B'$이다. P에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장을 $\frac{1}{2}B_{\rm C}$라고 하면, Q에서 C에 의한 자기장은 $\frac{1}{3}B_{\rm C}$이다. P, Q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 방향이 같으므로 B에 흐르는 전류의 방향에 따라 다음과 같이 두 가지로 나뉘어진다.

자기장이 xy 평면에서 수직으로 나올 때를 양(+)으로 하면

(1) P에서 B에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나올 때

$-B'+B'+\frac{1}{2}B_{\rm C}=\frac{1}{2}B'-\frac{3}{2}B'+\frac{1}{3}B_{\rm C}$ …… ①

(2) P에서 B에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에 수직으로 들어갈 때

$-B'-B'+\frac{1}{2}B_{\rm C}=\frac{1}{2}B'+\frac{3}{2}B'+\frac{1}{3}B_{\rm C}$ …… ②

식 ①에서 $B_{\rm C}=-6B'$이고, 식 ②에서 $B_{\rm C}=24B'$이다.

O에서 A, B, C, D에 의한 자기장의 세기는 각각 $\frac{1}{2}B'$, $\frac{3}{2}B'$, $|B_{\rm C}|$, $2B_0$이고 A, B, C, D에 의한 자기장의 세기는 0이므로, $B_{\rm C}=24B'$이면, O에서 A, B, C, D에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B'-\frac{3}{2}B'+24B'+2B_0=23B'+2B_0$이므로 0이 될 수 없다. 따라서 $B_{\rm C}$의 크기는 $6B'$이고 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. O에서 A, B, C, D에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B'+\frac{3}{2}B'-6B'+2B_0=0$이므로, $B'=\frac{1}{2}B_0$이다.

ㄱ. P에서 A에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B_0$이므로, O에서 A에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{4}B_0$이다.

ㄴ. P에서 B에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나와야 하므로, O에서 B에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄷ. xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 자기장이 형성되므로, C에는 $-x$방향으로 전류가 흐른다.

08 볼록 렌즈에 의한 상

물체의 최종 상의 크기가 h이기 위해서는 A에 의해 축소된 상이 생기고 다시 B에 의해 확대된 상이 생겨야 한다. 따라서 초점 거리 $f<3d$이다. A에 의해 생기는 물체의 상과 A까지의 거리를 b_1이라고 하면, $\frac{1}{6d}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f}$ …①이다. A와 B 사이에 A에 의한 상이 생기므로, B에서 상까지의 거리는 $6d-b_1$이고, B에 의해 생기는 상과 B 사이의 거리를 b_2라고 하면, $\frac{1}{6d-b_1}+\frac{1}{b_2}=\frac{1}{f}$ … ②이다. 물체의 최종 상의 크기는 h이므로, A와 B에 의한 배율의 곱은 1이다. $\frac{b_1}{6d}\times\frac{b_2}{6d-b_1}=1$ …③. ①, ②, ③을 연립하면, $b_1=3d$이고 $b_2=6d$, $f=2d$이다.

ㄱ. 초점 거리는 $f=2d$이다.

ㄴ. A에 의해 도립 실상이 생기고, 다시 B에 의해 도립 실상이 생기므로, 최종 상은 정립상이다.

ㄷ. 물체로부터 최종 상까지 거리는 $6d+6d+6d=18d$이다.

별해 | A와 B는 초점 거리가 같고 최종 상의 크기는 h이므로 최종 상의 위치는 대칭인 위치에 생긴다. 따라서 렌즈에 의한 상은 A, B의 중심에 생기므로 $\frac{1}{6d}+\frac{1}{3d}=\frac{1}{f}$에서 초점 거리 $f=2d$이다.

09 천체 주변의 시공간의 휘어짐

질량이 M이고 반지름이 R인 천체 표면에서의 탈출 속력은 $\sqrt{\dfrac{2GM}{R}}$ (G: 중력 상수)이다.

ㄱ. A, B의 질량을 각각 $M_{\rm A}$, $M_{\rm B}$라 하면 $4v_0=\sqrt{\dfrac{2GM_{\rm A}}{r_0}}$, $v_0=\sqrt{\dfrac{2GM_{\rm B}}{4r_0}}$에 의해 $M_{\rm A}=4M_{\rm B}$이다. 따라서 질량은 A가 B의 4배이다.

ㄴ. 일반 상대성 이론에 의하면 천체의 질량이 클수록 천체 주변의 시공간의 휘어짐도 커진다. 따라서 질량이 큰 A 주변에서가 B 주변에서보다 시공간의 휘어짐이 크다.

ㄷ. 시공간의 휘어짐이 클수록 시간이 느리게 가므로 표면에서의 시간은 A에서가 B에서보다 느리게 간다.

10 유도 기전력

금속 막대가 자기장 영역에서 운동하는 동안 금속 막대의 왼쪽 영역과 오른쪽 영역의 자기 선속의 변화가 동일하므로 양쪽 영역에서 유도 기전력의 크기는 동일하다.

ㄱ. $t=3t_0$일 때, 금속 막대에 $-y$방향의 전류가 흐르기 위해서는 Ⅱ 영역에서 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이어야 한다.

ㄴ. $t=2.5t_0$일 때, 금속 막대의 속력은 $\frac{d}{t_0}$이고 $x=2.5d$에 위치한다. 따라서 유도 기전력의 크기 $V=\frac{4B_0d^2}{t_0}$이다. A에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{4B_0d^2}{Rt_0}$이고, B에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{2B_0d^2}{Rt_0}$이므로 금속 막대에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{6B_0d^2}{Rt_0}$이다.

ㄷ. $t=1.5t_0$일 때, 금속 막대의 속력은 $\frac{2d}{t_0}$이고, 자기장 영역 Ⅰ을 지나므로, 유도 기전력의 크기 $V=\frac{4B_0d^2}{t_0}$이다. $t=3.5t_0$일 때, 금속 막대의 속력은 $\frac{d}{t_0}$이고, 이때 자기장 영역 Ⅱ를 지나는 금속 막대의 길이는 d이다. 따라서 유도 기전력의 크기 $V=\frac{2B_0d^2}{t_0}$이다. A의 소비 전력은 유도 기전력이 클수록 크므로, $t=1.5t_0$일 때가 $t=3.5t_0$일 때보다 크다.

11 도플러 효과

음원이 정지해 있는 관찰자로부터 멀어질 때, 관찰자에 대한 소리의 상대 속도는 음속과 같고, 파장이 길어진다. 같은 시간 동안 관찰자에 도달하는 파면의 수는 감소하고, 관찰자가 측정하는 소리의 진동수는 감소한다.

① 도플러 효과에서 음원이 멀어질 때 관찰자에게 도달하는 소리의 파장은 길어진다. 따라서 ㉠에는 '길다'가 적절하고, $\lambda'=\lambda+\Delta\lambda=\lambda+vT=\lambda+\frac{v}{f}$이다. 따라서 ㉡은 $\lambda+\frac{v}{f}$이다. 파장이 길어지므로 관찰자가 측정하는 음파의 진동수는 감소한다. 즉, ㉢에는 'f보다 작다'가 적절하다.

12 축전기

축전기를 직렬로 연결하면 각 축전기에 충전되는 전하량이 같고, 축전기를 병렬로 연결하면 각 축전기 양단에 걸린 전압은 서로 같다. 축전기에 걸리는 전압이 V이고 전기 용량이 C일 때, 축전기에 충전된 전하량의 크기 $Q=CV$이다.

ㄱ. Ⅰ에서 전기 용량이 $2C$인 축전기가 직렬로 연결되어 있으므로, $\frac{1}{2C}+\frac{1}{2C}=\frac{1}{C}$에서 합성 전기 용량은 C이고 축전기에 충전된 전하량의 총합의 크기는 CV이다.

ㄴ. Ⅰ과 Ⅱ에서 축전기에 충전된 전하량의 총합이 같기 위해서는 축전기의 합성 전기 용량이 같아야 한다. Ⅱ에서 축전기가 병렬로 연결되어 있으므로, $C_1+C_1=2C_1=C$이다 따라서 $C_1=\frac{1}{2}C$이다.

~~ㄷ~~. 축전기의 전기 에너지 $E=\frac{1}{2}CV^2$이다. Ⅰ과 Ⅱ에서 축전기의 합성 전기 용량이 동일하고 전압이 V로 동일하므로 축전기의 전기 에너지의 총합도 동일하다.

13 광전 효과

플랑크 상수를 h, 금속의 일함수를 W, 빛의 진동수를 f, 광전자의 전하량을 e, 정지 전압을 V_s라고 할 때, $hf-W=eV_s$를 만족한다. 진동수가 p가 q보다 크고 금속판의 일함수가 A가 B보다 크므로, Ⅰ은 단색광 p를 금속판 B에 비출 때를 나타낸 것이다. B의 일함수를 W라고 하면 A의 일함수는 $2W$이다. 따라서 $5hf-W=3eV_0$ …①을 만족한다. Ⅱ, Ⅲ은 정지 전압이 V_0이므로 p가 A에 도달하거나 q가 B에 도달할 때를 나타낸다. 따라서 $5hf-2W=eV_0$ …②, $3hf-W=eV_0$…③을 만족한다. ①, ②, ③을 연립하면 $hf=\frac{1}{2}W$이고, $\frac{1}{2}W=eV_0$이다.

ㄱ. A의 문턱 진동수는 $4f$이고 B의 문턱 진동수는 $2f$이다. Ⅰ은 p를 B에 비출 때, Ⅱ는 q를 B에 비출 때, Ⅲ은 p를 A에 비출 때를 나타낸 것이다. 따라서 Ⅰ, Ⅱ에서 금속판은 동일하다.

ㄴ. $W=2hf$이고, A의 문턱 진동수는 $4f$이므로, A의 문턱 진동수는 q의 진동수보다 크다.

~~ㄷ~~. 광전자의 최대 운동 에너지는 정지 전압이 큰 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다.

14 등속 원운동

원운동의 반지름이 d이고 물체의 속력이 v일 때 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{d}$이다.

ㄱ. $t=0$일 때 A의 v_y는 0이고 B의 v_y의 크기는 최대이다. 따라서 P는 B의 v_y이고 Q는 A의 v_y이다. P, Q의 주기는 각각 $2t_0$, $4t_0$이므로 A의 주기는 $4t_0$이다.

ㄴ. $t=0$일 때 B는 $+y$방향으로 최대 속력을 가지므로 시계 방향으로 운동한다.

ㄷ. 속력의 크기는 A, B가 같고 반지름은 A가 B의 2배이므로 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

15 단진자와 역학적 에너지

단진자의 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (l: 실의 길이, g: 중력 가속도)이다.

ㄱ. 실의 길이는 B가 A의 4배이므로 주기는 B가 A의 2배이다. 따라서 A의 주기는 $\frac{T}{2}$이다.

ㄴ. $t=\frac{T}{4}$일 때, A의 위치는 A의 최저점이고 B의 위치는 B의 최고점이다. 따라서 $t=\frac{T}{4}$일 때 A, B의 높이 차는 $3L_0-h$이다.

~~ㄷ~~. A, B의 질량을 m이라 하면 $t=T$일 때 A, B의 위치는 각각 최저점이며 이때 A, B의 운동 에너지는 각각 mgh이다. A, B의 중력 퍼텐셜 에너지는 수평면으로부터의 각각의 높이에 비례하므로 중력 퍼텐셜 에너지는 A가 B보다 크다. 따라서 $t=T$일 때 A, B의 역학적 에너지는 A가 B보다 크다.

16 불확정성 원리

하이젠베르크는 위치를 정확하게 측정하기 위해서는 운동량에 영향을 줄 수 밖에 없고, 운동량을 정확하게 측정하기 위해서는 위치에 영향을 줄 수 밖에 없다는 위치-운동량 불확정성 원리를 제시하였다.

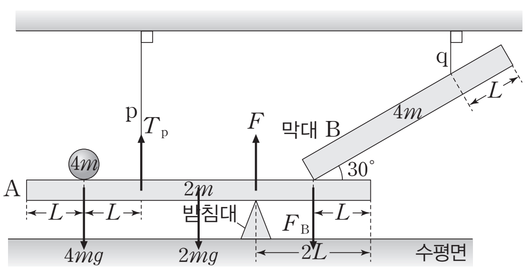
~~ㄱ~~. 빛의 파장이 길수록 전자의 위치 불확정도는 커지고, 전자의 운동량 불확정도는 작아진다. 전자의 운동량 불확정도는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로, 파장은 A가 B보다 짧다.

ㄴ. 빛의 파장이 길수록 전자의 위치 불확정도는 커진다. A가 B보다 파장이 작으므로 전자의 위치 불확정도는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

~~ㄷ~~. 전자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정하는 것은 불가능하다.

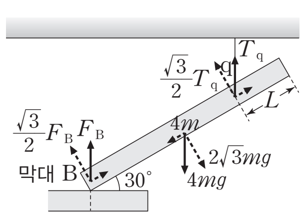
17 물체의 평형

② 막대가 정지해 있을 때 막대에 작용하는 알짜힘과 돌림힘의 합은 각각 0이다. p가 A에 작용하는 힘의 크기를 T_{p}, 받침대가 A에 작용하는 힘의 크기를 F, B가 A에 작용하는 힘의 크기를 F_{B}라 할 때 A에 작용하는 힘을 나타내면 그림과 같다.



A에 작용하는 알짜힘은 0이므로 $T_{\mathrm{p}}+F=F_{\mathrm{B}}+2mg+4mg$ ⋯ Ⅰ이다. A에 작용하는 돌림힘의 합은 0이므로, 받침대를 회전축으로 할 때 $2mg\times L+4mg\times 3L=T_{\mathrm{p}}\times 2L+F_{\mathrm{B}}\times L$에 의해 $2T_{\mathrm{p}}+F_{\mathrm{B}}=14mg$ ⋯ Ⅱ이다.

q가 B에 작용하는 힘의 크기를 T_{q}라 할 때 B에 작용하는 힘을 나타내면 그림과 같다.



B에 작용하는 알짜힘과 돌림힘의 합은 각각 0이다. $F_{\mathrm{B}}+T_{\mathrm{q}}=4mg$ ⋯ Ⅲ이고 B의 중심을 회전축으로 할 때 $\frac{\sqrt{3}}{2}T_{\mathrm{q}}\times L=\frac{\sqrt{3}}{2}F_{\mathrm{B}}\times 2L$에 의해 $T_{\mathrm{q}}=2F_{\mathrm{B}}$ ⋯ Ⅳ이다. Ⅲ, Ⅳ에 의해 $F_{\mathrm{B}}=\frac{4}{3}mg$이며 Ⅱ에서 $T_{\mathrm{p}}=\frac{19}{3}mg$이다. 이를 Ⅰ에 대입하면 받침대가 A에 작용하는 힘의 크기 $F=mg$이다.

18 알짜힘이 한 일

알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

ㄱ. (가)에서 실이 끊어지기 전 A, B, C가 일정한 속력으로 운동하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. B의 질량을 m_{B}, 중력 가속도를 g라 할 때 $(3m+m_{\mathrm{B}})\frac{g}{2}=2mg$이므로 $m_{\mathrm{B}}=m$이다.

~~ㄴ~~. (가)에서 실이 끊어지기 전 A, B, C의 속력을 v라 하면 A가 정지한 순간까지 A의 속도의 변화량의 크기는 v이다. 실이 끊어진 후 A는 빗면 아래 방향으로 크기가 $\frac{g}{2}$인 가속도로 운동하고, B는 빗면 위 방향으로 크기가 $\frac{g}{2}$인 가속도로 운동하므로 A의 속력이 v에서 0이 되는 동안 B의 속력은 v에서 $2v$가 된다. $E_0=\frac{1}{2}mv^2$이므로, (나)에서 A가 정지한 순간 B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}\times m\times(2v)^2=4E_0$이다.

ㄷ. p에서 q까지 거리를 L이라 하면 B가 p에서 q까지 이동하는 동안 A, B의 평균 속력은 각각 $\frac{v}{2}$, $\frac{3}{2}v$이므로 A, B가 이동한 거리는 각각 $\frac{L}{3}$, L이다. 실이 끊어진 후 A의 역학적 에너지가 보존되므로 $\frac{3}{2}mg\times\frac{L}{3}=\frac{3}{2}mv^2$에 의해 $v^2=\frac{gL}{3}$이다. B가 p에서 q까지 이동하는 동안 C의 역학적 에너지 감소량은 (C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량−C의 운동 에너지 증가량)이므로 $2mg\times L-\frac{1}{2}\times 2m\times(4v^2-v^2)=3mv^2$이다.

A의 운동 에너지 감소량은 $\frac{3}{2}mv^2$이므로 B가 p에서 q까지 이동하는 동안 C의 역학적 에너지 감소량은 A의 운동 에너지 감소량의 2배이다.

19 축전기의 전기 용량의 역할과 공명 진동수

축전기의 전기 용량을 C, 코일의 자체 유도 계수를 L, 공명 진동수를 f라 하면 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다.

ㄱ. 수신 회로의 안테나가 공명 진동수의 전파를 수신했을 때 수신 회로에는 최대 전류가 흐른다.

~~ㄴ~~. 저항의 저항값은 공명 진동수와 관계가 없다.

ㄷ. 축전기의 전기 용량만을 감소시키면 수신 회로의 전류의 세기가 감소한다.

20 일과 에너지

마찰 구간에서 마찰력이 물체에 한 일만큼 물체의 역학적 에너지가 감소한다.

ㄱ. 마찰 구간에서 마찰력의 크기를 f, Ⅰ에서 물체가 이동한 거리를 s라 하면 Ⅰ에서 증가한 운동 에너지는 '중력 퍼텐셜 에너지 감소량−마찰력이 한 일의 크기'이므로 $2mgh-fs$ ⋯ ①이다. Ⅱ에서 감소한 역학적 에너지는 Ⅱ에서 마찰력이 한 일의 크기와 같으므로 $\frac{fs}{2}$ ⋯ ②이다. Ⅰ에서 증가한 운동 에너지는 Ⅱ에서 감소한 역학적 에너지의 3배이므로 $2mgh-fs=\frac{3}{2}fs$에 의해 $fs=\frac{4}{5}mgh$이다. 따라서 Ⅰ에서 마찰력이 한 일의 크기는 $\frac{4}{5}mgh$이다.

~~ㄴ~~. p와 r에서 물체의 역학적 에너지 차이는 Ⅰ, Ⅱ에서 마찰력이 한 일의 크기와 같다. 따라서 $4mgh+E_0-mgh'-E_0=fs+\frac{fs}{2}$에 의해 $h'=\frac{14}{5}h$이다.

~~ㄷ~~. p와 s에서 물체의 역학적 에너지 차이는 E_0이고 이는 Ⅰ, Ⅱ에서 마찰력이 한 일의 크기와 같으므로 $E_0=\frac{6}{5}mgh$이다. q에서 물체의 운동 에너지는 'p에서 역학적 에너지−Ⅰ, Ⅱ에서 마찰력이 한 일의 크기−q에서 중력 퍼텐셜 에너지'이므로 $4mgh+\frac{6}{5}mgh-\frac{6}{5}mgh-2mgh=2mgh=\frac{5}{3}E_0$이다.

한눈에 보는 정답

01 힘과 평형

본문 5~10쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ⑤
06 ① 07 ⑤ 08 ③

수능 3점 테스트

01 ④ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ② 05 ②
06 ④

02 물체의 운동(1)

본문 13~19쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ④ 02 ④ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ④
06 ① 07 ③ 08 ⑤ 09 ③ 10 ④
11 ② 12 ①

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ③
06 ④

03 물체의 운동(2)

본문 22~28쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ⑤
06 ⑤ 07 ⑤ 08 ③ 09 ⑤ 10 ③
11 ② 12 ④

수능 3점 테스트

01 ③ 02 ④ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ③
06 ⑤

04 일반 상대성 이론

본문 31~36쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤ 05 ①
06 ⑤ 07 ③ 08 ④

수능 3점 테스트

01 ① 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤ 05 ③
06 ④

05 일과 에너지

본문 39~45쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ⑤ 05 ④
06 ⑤ 07 ② 08 ① 09 ⑤ 10 ⑤
11 ② 12 ①

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ⑤ 05 ③
06 ①

06 전기장과 정전기 유도

본문 48~53쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ①

수능 2점 테스트

01 ① 02 ⑤ 03 ② 04 ③ 05 ②
06 ① 07 ③ 08 ⑤

수능 3점 테스트

01 ① 02 ② 03 ③ 04 ② 05 ⑤
06 ③

07 저항의 연결과 전기 에너지

본문 55~60쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ④ 02 ④ 03 ④ 04 ② 05 ⑤
06 ① 07 ③ 08 ⑤

수능 3점 테스트

01 ① 02 ③ 03 ③ 04 ③ 05 ③
06 ⑤

08 트랜지스터와 축전기

본문 63~68쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ③

수능 2점 테스트

01 ④ 02 ① 03 ⑤ 04 ④ 05 ④
06 ① 07 ④ 08 ①

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ④ 05 ③
06 ⑤

09 전류에 의한 자기장

본문 71~75쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ③ 02 ① 03 ⑤ 04 ③ 05 ③
06 ⑤ 07 ⑤ 08 ④

수능 3점 테스트

01 ④ 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ④

10 전자기 유도와 상호유도

본문 78~84쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ① 02 ① 03 ④ 04 ④ 05 ③
06 ② 07 ③ 08 ⑤ 09 ③ 10 ①
11 ① 12 ③

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ⑤ 05 ②
06 ①

11 전자기파의 간섭과 회절

본문 86~90쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ②

수능 2점 테스트

01 ② 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤
06 ③ 07 ① 08 ⑤

수능 3점 테스트

01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ③

12 도플러 효과와 전자기파

본문 93~98쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ④

수능 2점 테스트

01 ② 02 ⑤ 03 ③ 04 ③ 05 ⑤
06 ③ 07 ⑤ 08 ①

수능 3점 테스트

01 ① 02 ③ 03 ⑤ 04 ① 05 ②
06 ④

13 볼록 렌즈에 의한 상

본문 100~104쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ③	02 ③	03 ④	04 ①	05 ⑤
06 ④	07 ③	08 ⑤		

수능 3점 테스트

01 ⑤	02 ⑤	03 ②	04 ⑤

14 빛과 물질의 이중성

본문 107~112쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ②	02 ③	03 ⑤	04 ②	05 ⑤
06 ③	07 ⑤	08 ①		

수능 3점 테스트

01 ④	02 ④	03 ⑤	04 ④	05 ①
06 ②				

15 불확정성 원리

본문 114~118쪽

닮은 꼴 문제로 유형 익히기 ⑤

수능 2점 테스트

01 ①	02 ①	03 ④	04 ⑤	05 ④
06 ③	07 ①	08 ④		

수능 3점 테스트

01 ⑤	02 ⑤	03 ④	04 ⑤

실전 모의고사 1회

본문 120~124쪽

01 ③	02 ④	03 ③	04 ④	05 ⑤
06 ③	07 ①	08 ③	09 ⑤	10 ⑤
11 ③	12 ①	13 ④	14 ①	15 ②
16 ④	17 ⑤	18 ②	19 ②	20 ⑤

실전 모의고사 2회

본문 125~129쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ⑤	05 ④
06 ②	07 ⑤	08 ②	09 ③	10 ②
11 ⑤	12 ④	13 ③	14 ③	15 ④
16 ③	17 ④	18 ①	19 ①	20 ⑤

실전 모의고사 3회

본문 130~134쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ③	05 ②
06 ⑤	07 ③	08 ④	09 ⑤	10 ①
11 ③	12 ⑤	13 ③	14 ③	15 ②
16 ①	17 ④	18 ④	19 ②	20 ②

실전 모의고사 4회

본문 135~139쪽

01 ①	02 ⑤	03 ②	04 ④	05 ①
06 ⑤	07 ④	08 ②	09 ⑤	10 ③
11 ⑤	12 ③	13 ②	14 ①	15 ②
16 ②	17 ④	18 ⑤	19 ⑤	20 ③

실전 모의고사 5회

본문 140~144쪽

01 ④	02 ③	03 ④	04 ④	05 ④
06 ②	07 ④	08 ⑤	09 ②	10 ⑤
11 ①	12 ③	13 ③	14 ⑤	15 ③
16 ②	17 ②	18 ③	19 ④	20 ①

고교 내신 중점 ★고1~2 권장

구분	고교 입문		기초	기본	연습	특화
국어	고등 예비 과정	내 등급은?	윤혜정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북	기본서 올림포스 ······ 유형서 올림포스 유형편	올림포스 전국연합 학력평가 기출문제집	국어의 원리
			어휘가 독해다! 수능 국어 어휘			
영어			정승익의 수능 개념 잡는 대박구문			Grammar POWER Reading POWER Listening POWER Voca POWER
			주혜연의 해석공식 논리 구조편			고급 올림포스 고급영어독해
수학			기초 50일 수학 + 기출 워크북			고급 올림포스 고난도
			매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기			수학의 왕도
한국사 사회		★		기본서 개념완성 ······ 개념완성 문항편	개념완성 전국연합 학력평가 기출문제집	고등학생을 위한 多담은 한국사 연표
과학		50일 통합과학				인공지능 수학과 함께하는 고교 AI 입문 수학과 함께하는 AI 기초

과목	시리즈명	특징	난이도	권장 학년
전 과목	고등예비과정	예비 고등학생을 위한 과목별 단기 완성		예비 고1
국/영/수	내 등급은?	고1 첫 학력평가 + 반 배치고사 대비 모의고사		예비 고1
	올림포스	내신과 수능 대비 EBS 대표 국어·수학·영어 기본서		고1~2
	올림포스 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서		고1~2
한/사/과	개념완성&개념완성 문항편	개념 한 권 + 문항 한 권으로 끝내는 한국사·탐구 기본서		고1~2
	개념완성 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서		고1~2
국어	윤혜정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북	윤혜정 선생님과 함께 시작하는 국어 공부의 첫걸음		예비 고1~고2
	어휘가 독해다! 수능 국어 어휘	학평·모평·수능 출제 필수 어휘 학습		예비 고1~고2
	국어의 원리	원리로 이해하는 내신과 수능 대비 국어 특화서		고1~2
영어	정승익의 수능 개념 잡는 대박구문	정승익 선생님과 CODE로 이해하는 영어 구문		예비 고1~고2
	주혜연의 해석공식 논리 구조편	주혜연 선생님과 함께하는 유형별 지문 독해		예비 고1~고2
	Grammar POWER	구문 분석 트리로 이해하는 영어 문법 특화서		고1~2
	Reading POWER	수준과 학습 목적에 따라 선택하는 영어 독해 특화서		고1~2
	Listening POWER	유형 연습과 모의고사·수행평가 대비 올인원 듣기 특화서		고1~2
	Voca POWER	영어 교육과정 필수 어휘와 어원별 어휘 학습		고1~2
	올림포스 고급영어독해	영어 독해력을 높이는 영미 문학/비문학 읽기		고2~3
수학	50일 수학 + 기출 워크북	50일 만에 완성하는 초·중·고 수학의 맥		예비 고1~고2
	매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기	스타강사 강의, 손글씨 풀이와 함께 고1 수학 개념 정복		예비 고1~고1
	올림포스 유형편	유형별 반복 학습을 통해 실력 잡는 수학 유형서		고1~2
	올림포스 고난도	1등급을 위한 고난도 유형 집중 연습		고1~2
	수학의 왕도	직관적 개념 설명과 세분화된 문항 수록 수학 특화서		고1~2
한국사	고등학생을 위한 多담은 한국사 연표	연표로 흐름을 잡는 한국사 학습		예비 고1~고2
과학	50일 통합과학	50일 만에 통합과학의 핵심 개념 완벽 이해		예비 고1~고1
기타	수학과 함께하는 고교 AI 입문/AI 기초	파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습		예비 고1~고2

고교

수능 집중 ★고2~N수 권장

구분	수능 입문		기출/연습	연계 보완		고난도	모의고사
국어 영어 수학 한국사 사회 과학	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북 윤혜정의 패턴의 나비효과 기본서 수능 빌드업 수능특강 Light 수능 스타트	강의노트 수능개념	윤혜정의 기출의 나비효과 수능 기출의 미래 수능특강Q 미니모의고사 eBook 전용 수능완성R 모의고사	수능특강 문학 연계 기출 수능연계교재의 VOCA 1800 수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능특강 사용설명서 수능완성 사용설명서	하루 3개 1등급 국어독서 하루 6개 1등급 영어독해 수능연계완성 3주 특강 박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴 eBook 전용 수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	FINAL 실전모의고사 만점마무리 봉투모의고사 시즌1 만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도 고난도 논스톱 봉투모의고사 수능 직전보강 클리어 모의고사 eBook 전용 버티컬 모의고사 시즌 1~4
	수능 연계교재 수능특강 | 수능완성						

구분	시리즈명	특징	난이도	영역
수능 입문	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북	개념부터 제대로 꼼꼼히 공부하는 수능 국어 개념		국어
	윤혜정의 패턴의 나비효과	수능 국어의 패턴 연습으로 부족한 약점 보완		국어
	수능 빌드업	개념부터 문항까지 한 권으로 시작하는 수능 특화 기본서		국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 가볍게 시작하는 수능 도전		영어
	수능 스타트	2028학년도 수능 예시 문항 분석과 문항 연습		국/수/영/사/과
	수능개념	EBS*i* 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기		전 영역
기출/연습	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복		국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집		전 영역
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분 연계교재 우수문항 풀이 미니모의고사		국/수/영/사/과
	수능완성R 모의고사	과년도 수능 연계교재 수능완성 실전편 수록		수학
연계 + 연계 보완	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 반영한 종합 개념 학습		전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 국어·영어 지문 분석		국/영
	수능특강 문학 연계 기출	수능특강 수록 작품과 연관된 기출문제 학습		국어
	수능완성	유형·테마 학습 후 실전 모의고사로 문항 연습		전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 지문 분석		국어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록		영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능 - EBS 연계와 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록		영어
고난도	하루 N개 1등급 국어독서/영어독해	매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 실력		국/영
	수능연계완성 3주 특강	단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비		국/수/영
	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습		사회탐구
	수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	EBS*i* 선생님이 직접 선별한 고변별 문항 연습		수/영
모의고사	FINAL 실전모의고사	EBS 모의고사 중 최다 분량 최다 과목 모의고사		전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌1	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 연습 모의고사		전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도	변별력 높은 수능까지 대비하는 실전 연습 모의고사		국/수/영
	고난도 논스톱 봉투모의고사	어려운 시험에 익숙해지는 논스톱 훈련 모의고사		국·수·영
	수능 직전보강 클리어 봉투모의고사	수능 직전 성적을 끌어올리는 마지막 모의고사		국/수/영
	버티컬 모의고사 시즌1~4	고난도 문항 다수 수록 eBook 전용 모의고사		국/수/영