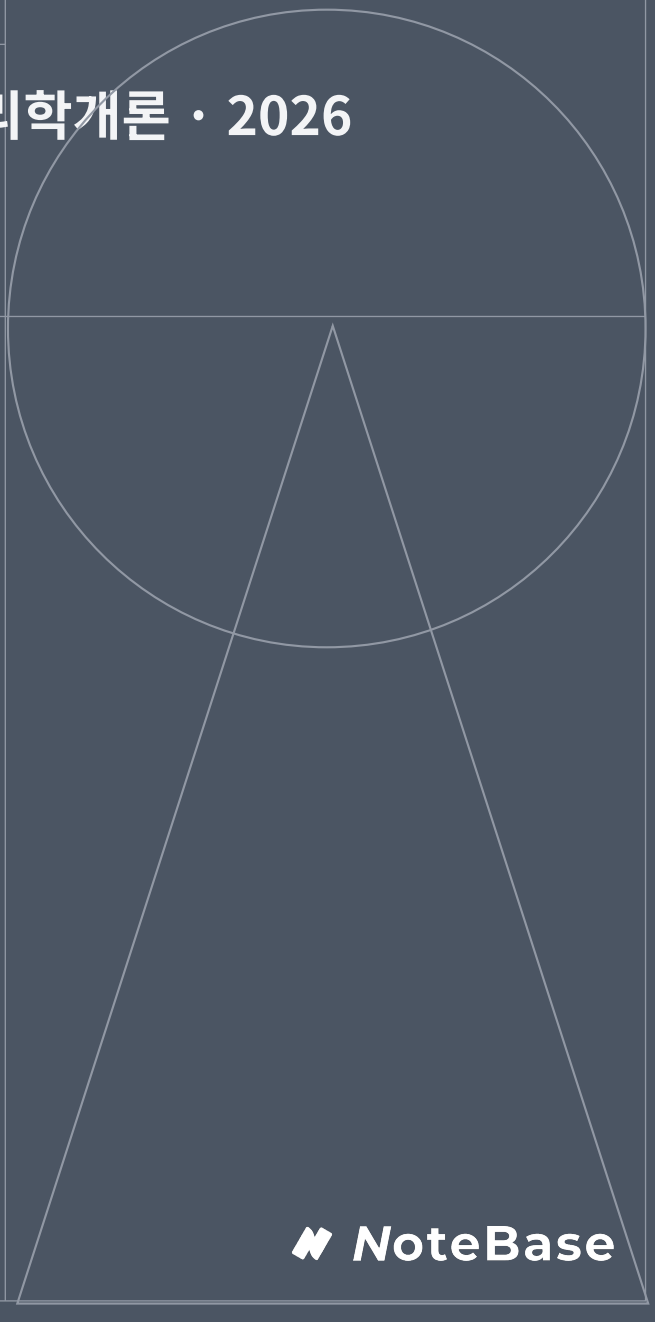
기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2026



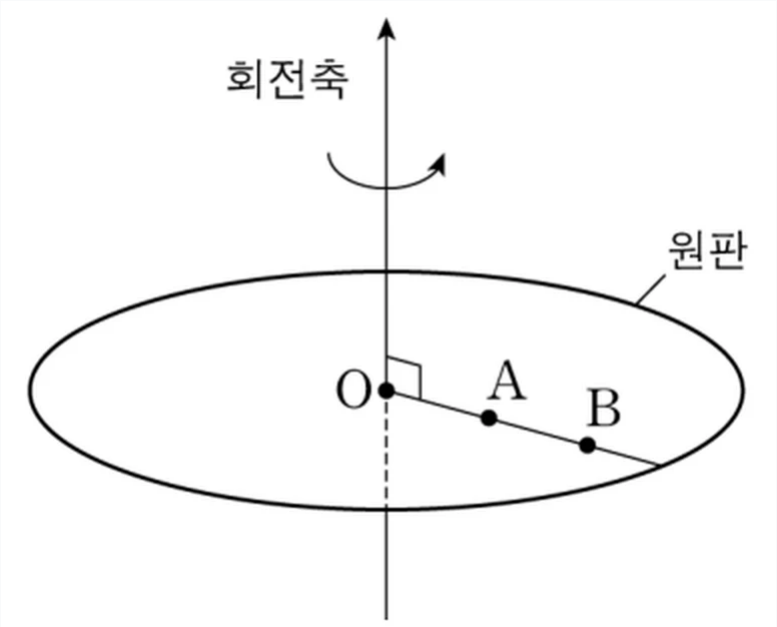
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2026

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2026

문 1. 그림과 같이 원판의 중심 O를 통과하는 수직선을 회전축으로 일정한 각속도로 원판이 회전하고 있다. A, B는 원판 상의 두 점이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

ㄱ. 속력은 B가 A보다 크다.

ㄴ. A의 가속도의 방향은 항상 일정하다.

ㄷ. 가속도의 크기는 B가 A보다 크다.

① ㄴ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

NoteBase

출제 포인트

이 문제는 원판이 일정한 각속도로 회전할 때, 회전축에서의 거리 r에 따라 선속력과 구심가속도가 어떻게 달라지는지를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 원판은 중심 O를 지나는 수직선을 회전축으로 일정한 각속도 ω로 회전한다.
점의 위치: A와 B는 같은 원판 위의 점이고, 그림에서 B가 A보다 회전축에서 더 멀다.
주의할 조건: 원판의 모든 점은 각속도 ω가 같지만, 회전축에서의 거리 r은 서로 다르다.

사용할 공식

선속력은 $v = r\omega$이다.
구심가속도의 크기는 $a = r\omega^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 원판의 각 점은 회전축을 중심으로 등속 원운동을 하므로, 같은 ω에서 r이 클수록 v와 a의 크기가 커진다.

계산 과정

그림에서 $r_B > r_A$이다.
선속력은 $v_A = r_A\omega$, $v_B = r_B\omega$이므로 $v_B > v_A$이다.
구심가속도의 크기는 $a_A = r_A\omega^2$, $a_B = r_B\omega^2$이므로 $a_B > a_A$이다.
다만 구심가속도는 항상 회전 중심 O를 향하므로, 점 A가 원판과 함께 회전하면 공간상 가속도 방향도 계속 바뀐다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ. O
- B가 A보다 회전축에서 멀어 $r_B > r_A$이고, $v = r\omega$에서 ω는 같으므로 속력은 B가 A보다 크다.

ㄴ. X
- 틀린 표현: A의 가속도의 방향은 항상 일정하다.
- 올바르게는 A의 가속도는 항상 중심 O를 향하지만, 원판이 회전하므로 공간상 방향은 계속 변한다. 일정한 것은 각속도와 가속도의 크기이지, 가속도 방향이 아니다.

ㄷ. O
- B가 A보다 회전축에서 멀고, 구심가속도의 크기 $a = r\omega^2$는 r에 비례하므로 가속도의 크기는 B가 A보다 크다.

① ㄴ: X
- ㄴ은 가속도 방향이 일정하다고 보았기 때문에 틀리다. 올바른 선택은 ㄴ을 제외해야 한다.

② ㄷ: X
- ㄷ 자체는 옳지만, ㄱ도 옳다. 옳은 것만 고르면 ㄷ만이 아니라 ㄱ, ㄷ이다.

③ ㄱ, ㄴ: X
- ㄱ은 옳지만 ㄴ이 틀리다. ㄴ은 '방향 일정'이 아니라 '중심을 향하되 방향이 계속 변함'으로 고쳐야 한다.

④ ㄱ, ㄷ: O
- ㄱ과 ㄷ은 모두 $r_B > r_A$와 $v = r\omega$, $a = r\omega^2$에서 바로 성립하고, 틀린 ㄴ을 포함하지 않는다.

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ: X
- ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ이 틀리므로 세 문장을 모두 고를 수 없다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '가속도가 중심을 향한다'는 말과 '가속도 방향이 항상 일정하다'는 말을 혼동하게 하는 것이다. 등속 원운동에서 구심가속도의 크기는 일정할 수 있지만, 물체가 원을 따라 움직이므로 가속도 벡터의 방향은 계속 바뀐다.

다시 나오면 이렇게 판단

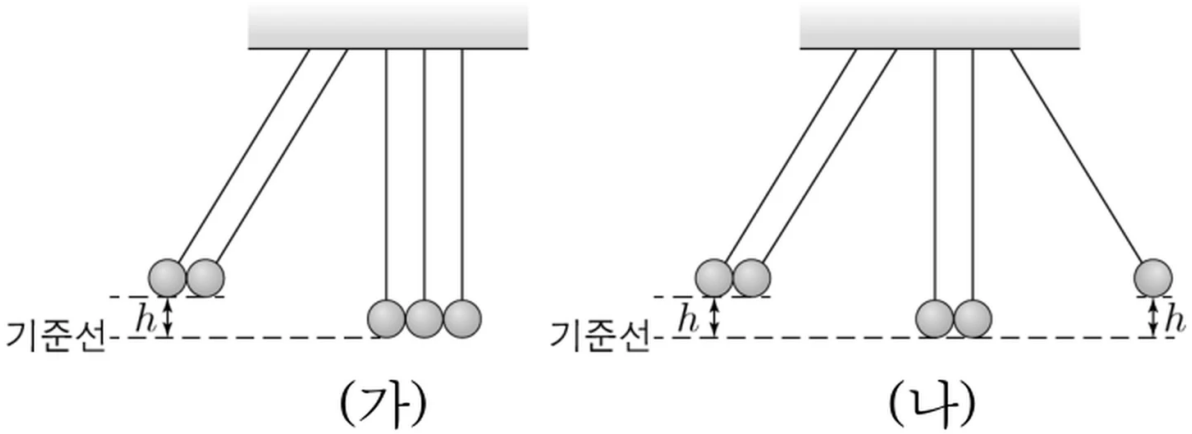
원판 위의 두 점을 비교할 때는 먼저 회전축에서의 거리 r을 비교한다. 같은 원판 위에서는 ω가 같으므로 v와 a의 크기는 r이 큰 점이 더 크고, 가속도 방향은 매 순간 중심 쪽으로 바뀐다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

같은 각속도 회전에서는 바깥쪽 점일수록 v도 크고 a도 크다. 등속 원운동의 구심가속도는 크기 일정, 방향 변화이다.

문 2. 그림 (가)는 질량이 동일한 5개의 탄성구를 이용한 실험 장치에서 왼쪽 2개의 탄성구를 기준선으로부터 높이 h인 지점에서 가만히 놓은 경우이고, (나)는 (가)의 실험 장치에서 왼쪽 2개의 탄성구와 오른쪽 1개의 탄성구를 높이 h인 지점에서 동시에 가만히 놓은 경우를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 탄성구의 크기, 공기 저항, 실의 질량은 무시하고, 모든 실의 길이는 같다)



<보 기>

ㄱ. (가)에서 충돌 직후 운동하는 탄성구는 2개이다.

ㄴ. (가)에서 충돌 직후 운동하는 탄성구의 최대 높이는 $2h$이다.

ㄷ. (나)에서 충돌 직후 운동하는 탄성구는 3개이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 질량의 탄성구가 1차원 완전 탄성충돌을 할 때 속도가 어떻게 전달되는지와, 높이 h에서 얻은 위치에너지가 운동에너지로 바뀐 뒤 다시 올라가는 높이를 묻는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

탄성구의 질량은 모두 같고, 탄성구의 크기, 공기 저항, 실의 질량은 무시한다.
모든 실의 길이는 같으므로 높이 h에서 가만히 놓인 탄성구는 충돌 직전 같은 속력 v를 가진다.
높이 h에서 내려온 탄성구의 에너지 관계는 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$이다.

사용할 공식

$mgh = \frac{1}{2}mv^2$

같은 질량의 물체가 일직선상에서 완전 탄성충돌하면 충돌 전후 운동량과 운동에너지가 모두 보존되며, 결과적으로 서로 속도를 교환한다. 여러 개의 같은 탄성구가 붙어 있는 뉴턴 진자에서는 들어온 탄성구의 개수만큼 반대쪽 탄성구가 같은 속력으로 튀어나가는 방식으로 판단한다.

계산 과정

1. 높이 h에서 내려온 각 탄성구의 충돌 직전 속력은 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$에서 정해진다.
2. 따라서 충돌 뒤 같은 속력 v로 움직이는 탄성구가 다시 올라갈 수 있는 최대 높이도 h이다. $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$이기 때문이다.
3. (가)에서는 왼쪽 탄성구 2개가 속력 v로 충돌하므로 같은 질량의 완전 탄성충돌 결과 오른쪽 끝 탄성구 2개가 속력 v로 운동한다.
4. (나)에서는 왼쪽 2개가 오른쪽으로, 오른쪽 1개가 왼쪽으로 동시에 충돌한다. 같은 질량의 탄성구에서는 속도가 연쇄적으로 전달되므로 충돌 직후 왼쪽 끝 1개와 오른쪽 끝 2개가 운동하여 총 3개가 움직인다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ. O
(가)에서 충돌 직전 운동하는 탄성구는 왼쪽 2개이다. 같은 질량의 완전 탄성충돌에서는 들어온 탄성구 2개의 속도가 정지해 있던 줄을 통해 전달되어 반대쪽 2개가 운동한다. 따라서 충돌 직후 운동하는 탄성구는 2개이다.

ㄴ. X
(가)에서 충돌 직후 운동하는 탄성구의 속력은 충돌 직전 왼쪽 탄성구의 속력 v와 같다. 이 속력은 높이 h에서 내려오며 얻은 것이므로 다시 올라가는 최대 높이도 h이다. 틀린 표현은 "최대 높이는 $2h$이다"이고, 올바르게는 "최대 높이는 h이다"이다.

ㄷ. O
(나)에서는 왼쪽 2개와 오른쪽 1개가 모두 높이 h에서 출발하므로 충돌 직전 속력의 크기가 같다. 같은 질량의 탄성충돌에서는 속도가 교환되며 전달되므로 충돌 직후에는 왼쪽으로 1개, 오른쪽으로 2개가 움직여 총 3개가 운동한다.

① X
①은 ㄱ만 옳다고 보지만, ㄷ도 옳다. 틀린 표현은 "ㄱ"만 고른 부분이고, 올바르게는 "ㄱ, ㄷ"이다.

② X
②는 ㄴ만 옳다고 보지만, ㄴ은 최대 높이를 $2h$로 보아 틀리다. 올바르게는 ㄴ의 최대 높이를 h로 고쳐야 한다.

③ O
③은 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄱ은 (가)에서 2개가 운동하므로 옳고, ㄷ은 (나)에서 3개가 운동하므로 옳다.

④ X
④는 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄷ은 옳지만 ㄴ이 틀리므로 정답이 될 수 없다. 틀린 표현은 ㄴ을 포함한 부분이고, 올바르게는 ㄴ을 제외하고 ㄱ, ㄷ을 골라야 한다.

⑤ X
⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 옳다고 보지만 ㄴ이 틀리다. 올바르게는 ㄴ을 제외한 ㄱ, ㄷ만 옳다.

오답 포인트

ㄴ의 함정은 탄성구 2개가 충돌하므로 높이도 2배가 된다고 생각하는 데 있다. 그러나 각 탄성구 하나가 가진 에너지는 mgh이고, 충돌 뒤 운동하는 각 탄성구도 같은 속력 v를 가지므로 한 개가 올라가는 최대 높이는 h이다. 총 에너지와 한 탄성구의 최대 높이를 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

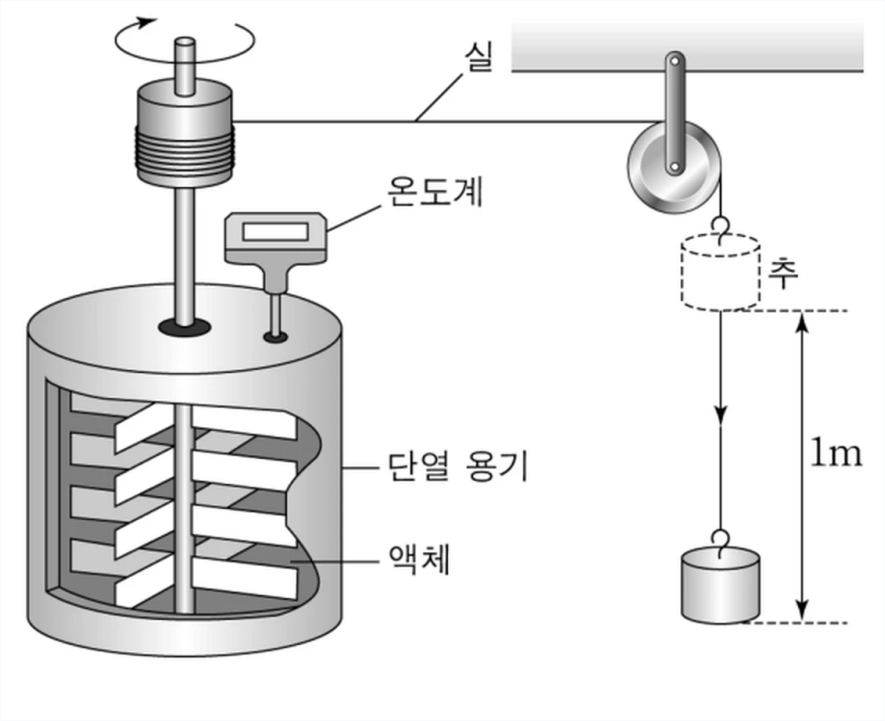
같은 질량의 뉴턴 진자 문제는 먼저 높이에서 속력 v가 같아지는지 확인하고, 그다음 충돌 직전 들어오는 탄성구의 속도들이 같은 질량 사이에서 그대로 전달된다고 본다. 높이를 묻는 선지는 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$로 각 탄성구 하나의 에너지를 따져 판단한다.

암기 포인트

같은 질량의 탄성구 완전 탄성충돌은 "속도 교환"이다. 높이 h에서 내려온 탄성구는 같은 속력으로 나가면 다시 h까지만 올라간다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 줄의 실험 장치에서 질량이 12.6kg인 추가 일정한 속력으로 1m만큼 낙하했을 때, 액체의 온도가 0.1°C만큼 증가했다. 액체의 질량은 0.4kg이다. 액체의 비열은? (단, 중력가속도는 10m/s^2, 열의 일당량은 4.2J/cal이고, 실의 질량은 무시하며, 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 모두 액체의 온도 변화에만 사용된다)



① 0.50cal/g · °C

② 0.60cal/g · °C

③ 0.75cal/g · °C

④ 0.80cal/g · °C

⑤ 1.00cal/g · °C

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 추가 잃은 중력 퍼텐셜 에너지가 모두 액체의 온도 상승에 쓰인다는 에너지 보존 관계로 액체의 비열을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 추의 질량 $12.6kg$, 낙하 높이 $1m$, 중력가속도 $10m/s^2$, 액체의 질량 $0.4kg = 400g$, 온도 증가 $0.1^\circ C$, 열의 일당량 $4.2J/cal$이다.
구해야 할 값: 액체의 비열 c이다.
주의할 조건: 실의 질량은 무시하고, 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량은 모두 액체의 온도 변화에만 사용된다.

사용할 공식

m_추gh=Q
Q=m_액체cΔ T
이 공식을 쓰는 이유: 일정한 속력으로 낙하하므로 추의 운동에너지 변화는 없고, 문제에서 중력 퍼텐셜 에너지 감소량이 전부 액체를 데우는 열로 바뀐다고 했기 때문이다.

계산 과정

1. 추의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $12.6kg \times 10m/s^2 \times 1m = 126J$이다.
2. 열의 일당량이 $4.2J/cal$이므로 $126J \div 4.2J/cal = 30cal$이다.
3. 액체가 받은 열량은 $Q = mc\Delta T$이므로 $30cal = 400g \times c \times 0.1^\circ C$이다.
4. 따라서 $c = 30/(400 \times 0.1) = 0.75cal/(g \cdot ^\circ C)$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 $0.75cal/(g \cdot ^\circ C)$이므로 $0.50cal/(g \cdot ^\circ C)$는 틀리다. 틀린 표현 $0.50cal/(g \cdot ^\circ C)$ → 올바르게는 $0.75cal/(g \cdot ^\circ C)$이다.
② X: 액체 질량 $0.4kg$을 $400g$으로 바꾸고 온도 변화 $0.1^\circ C$를 곱하면 분모는 $40g \cdot ^\circ C$가 된다. 따라서 $0.60cal/(g \cdot ^\circ C)$가 아니라 $0.75cal/(g \cdot ^\circ C)$이다.
③ O: $126J = 30cal$, $30 = 400 \times c \times 0.1$이므로 $c = 0.75cal/(g \cdot ^\circ C)$이다.
④ X: $0.80cal/(g \cdot ^\circ C)$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현 $0.80cal/(g \cdot ^\circ C)$ → 올바르게는 $0.75cal/(g \cdot ^\circ C)$이다.
⑤ X: $1.00cal/(g \cdot ^\circ C)$가 되려면 같은 온도 상승에서 열량이 $40cal$이어야 하지만, 실제 열량은 $30cal$이다. 틀린 표현 $1.00cal/(g \cdot ^\circ C)$ → 올바르게는 $0.75cal/(g \cdot ^\circ C)$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 J를 cal로 바꾸는 과정과 액체 질량 $0.4kg$을 $400g$으로 바꾸는 과정이다. 비열 단위가 $cal/(g \cdot ^\circ C)$이므로 질량을 g로 맞추어야 하고, $126J$를 그대로 cal처럼 쓰면 선지와 맞지 않는 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

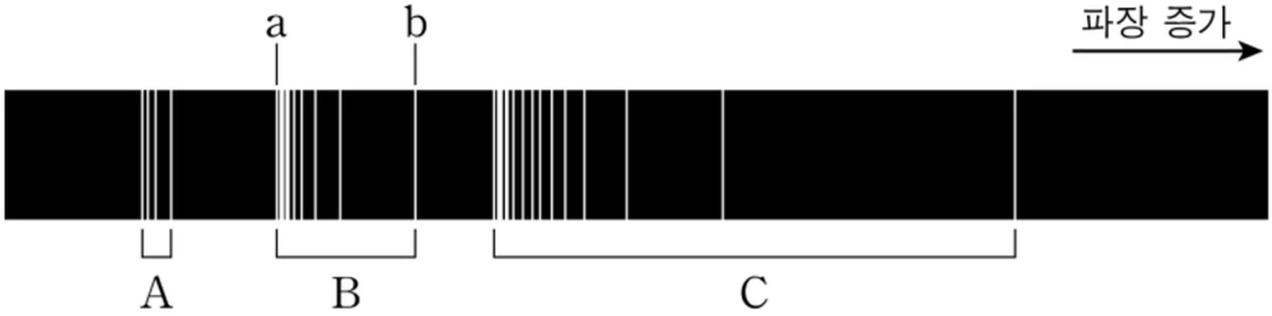
일-열 전환 계산형 문제는 먼저 역학적 에너지 변화량을 J로 구하고, 열의 일당량으로 cal로 변환한 뒤, $Q = mc\Delta T$에서 비열 단위에 맞게 질량을 g로 통일해 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

낙하 추 장치에서는 mgh가 액체의 열량 $mc\Delta T$로 바뀐다. 비열 단위가 $cal/(g\cdot{}^\circ C)$이면 열량은 cal, 질량은 g로 맞춘다.

문 4. 그림은 수소 원자에서 방출되는 빛의 선 스펙트럼을 파장에 따라 나타낸 것으로 A, B, C는 라이먼 계열, 발머 계열, 파셴 계열을 순서 없이 나타낸 것이고, a, b는 각각 B에서 파장이 가장 짧고, 가장 긴 빛의 스펙트럼선이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. 광자 1개의 에너지는 a가 b보다 크다.

ㄴ. 파셴 계열은 A이다.

ㄷ. a는 수소 내의 전자가 양자수 $n = \infty$인 상태에서 $n = 2$인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 스펙트럼선이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수소 원자 방출 스펙트럼에서 파장 위치와 계열 한계선을 읽어 라이먼 계열, 발머 계열, 파셴 계열 및 광자 에너지의 대소를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ㄱ은 맞지만 ㄷ도 맞으므로 'ㄱ만' 고르는 ①은 틀리다. ㄱ은 B에서 a가 가장 짧은 파장, b가 가장 긴 파장이므로 $E = hc/\lambda$에 따라 a의 광자 에너지가 b보다 크다는 내용이다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

② X
- ㄴ은 틀리다. 그림에서 파장은 오른쪽으로 증가하므로 가장 짧은 파장 영역 A는 라이먼 계열이고, 중간 파장 영역 B는 발머 계열이며, 가장 긴 파장 영역 C는 파셴 계열이다. 틀린 표현은 'ㄴ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

③ O
- ㄱ과 ㄷ이 모두 맞다. ㄱ은 $E = hc/\lambda$에 의해 a의 에너지가 b보다 크다는 판단이고, ㄷ은 B가 발머 계열이므로 가장 짧은 파장선 a가 발머 계열의 한계선, 즉 전자가 $n = \infty$에서 $n = 2$로 전이할 때의 선이라는 판단이다.

④ X
- ㄷ은 맞지만 ㄴ이 틀리므로 ㄴ, ㄷ 조합은 정답이 될 수 없다. ㄴ의 틀린 표현은 '파셴 계열은 A이다'이고, 올바르게는 '파셴 계열은 C이다'이다.

⑤ X
- ㄱ과 ㄷ은 맞지만 ㄴ이 틀리므로 세 진술이 모두 옳지는 않다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 스펙트럼선의 밀집 방향과 파장 증가 방향을 혼동하게 하는 것이다. 각 계열에서 짧은 파장 쪽으로 갈수록 선들이 한계선에 가까워지며, 그림 전체에서는 A가 가장 짧은 파장, C가 가장 긴 파장 영역이다. 따라서 A를 파셴 계열로 보면 ㄴ을 잘못 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

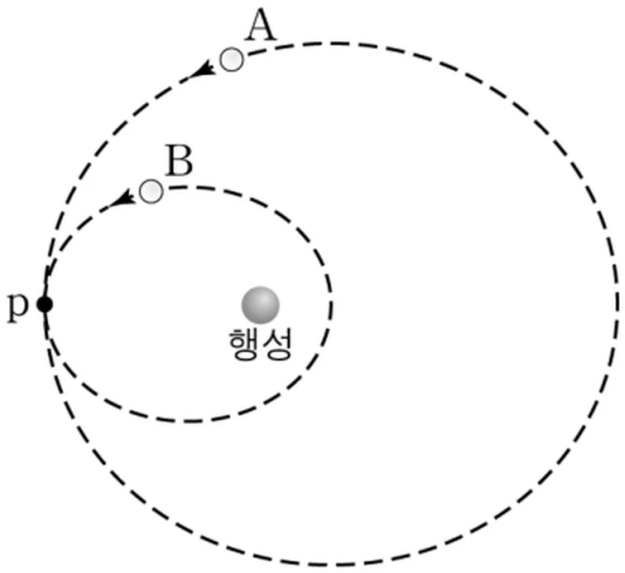
수소 방출 스펙트럼은 최종 에너지 준위로 계열을 구분한다. $n_f = 1$은 라이먼 계열, $n_f = 2$는 발머 계열, $n_f = 3$은 파셴 계열이다. 같은 계열에서는 짧은 파장 끝이 $n_i = \infty$에서 해당 n_f로 내려오는 계열 한계선이고, 에너지는 파장에 반비례한다고 판단한다.

암기 포인트

짧은 파장부터 라이먼-발머-파셴이고, 발머의 짧은 파장 끝은 $\infty \to 2$, 긴 파장 끝은 $3 \to 2$이다.

NoteBase

문 5. 그림은 위성 A, B가 동일한 행성을 한 초점으로 각각의 타원 궤도를 따라 운동하는 것을 나타낸 것이다. 점 p는 타원 궤도상에서 A가 행성과 가장 가까운 점, B가 행성과 가장 먼 점이다. 표는 A, B의 공전 주기, p에서 중력의 크기를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B에는 행성에 의한 중력만 작용한다)



위성	공전 주기	p에서 중력의 크기
A	$3T$	F
B	T	$2F$

<보 기>

ㄱ. 타원 궤도의 긴 반지름은 A가 B의 2배이다.

ㄴ. 위성의 질량은 A가 B의 2배이다.

ㄷ. p에서 가속도의 크기는 A와 B가 같다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 케플러 제3법칙과 만유인력 공식을 이용해 타원 궤도의 긴 반지름, 위성의 질량, p에서의 가속도를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: A의 공전 주기는 $3T$, B의 공전 주기는 T이다. p에서 중력의 크기는 A가 F, B가 $2F$이다.
구해야 할 값: ㄱ, ㄴ, ㄷ의 옳고 그름이다.
주의할 조건: A와 B는 동일한 행성을 한 초점으로 도는 위성이며, 그림에서 p는 같은 위치이다. 따라서 p에서 행성까지의 거리 r_p는 A와 B가 같다.

사용할 공식

케플러 제3법칙:
$T^2 \propto a^3$
만유인력:
$F_g = \frac{GMm}{r^2}$
중력가속도:
$a_g = \frac{F_g}{m} = \frac{GM}{r^2}$
케플러 제3법칙은 같은 중심 천체를 도는 위성의 공전 주기와 타원 궤도의 긴 반지름을 비교할 때 사용한다.
만유인력 공식은 p에서의 중력 크기와 위성 질량의 관계를 비교할 때 사용한다.

계산 과정

1. 긴 반지름 비교:
$\left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2 = \left(\frac{a_A}{a_B}\right)^3$
$\left(\frac{3T}{T}\right)^2 = \left(\frac{a_A}{a_B}\right)^3$
$9 = \left(\frac{a_A}{a_B}\right)^3$
따라서 $a_A/a_B = \sqrt[3]{9} = 3^{2/3}$이다. 이는 정확히 2가 아니다.
2. 질량 비교: p에서 r_p가 같으므로 F_g는 위성 질량 m에 비례한다. B가 받는 중력이 A의 2배이므로 $m_B = 2m_A$이다.
3. 가속도 비교: 중력가속도는 GM/r_p^2이므로 같은 p에서는 위성 질량과 관계없이 A와 B가 같다.

선지 판단

ㄱ. X
- 틀린 표현: "타원 궤도의 긴 반지름은 A가 B의 2배이다."
- 올바르게는 A의 긴 반지름은 B의 $3^{2/3}$배이다. 공전 주기가 3배이면 긴 반지름은 주기비의 제곱이 아니라 $T^2 \propto a^3$에 따라 비교한다.

ㄴ. X
- 틀린 표현: "위성의 질량은 A가 B의 2배이다."
- 올바르게는 B의 질량이 A의 2배이다. p에서 행성까지의 거리가 같으므로 $F_g \propto m$이고, B의 중력이 $2F$로 A의 2배이다.

ㄷ. O
- p에서 가속도의 크기는 A와 B가 같다. 중력가속도 GM/r_p^2는 중심 행성의 질량과 p까지의 거리로 결정되고, 위성의 질량에는 의존하지 않는다.

① X
- ①은 ㄱ만 옳다고 보지만, ㄱ은 틀리고 ㄷ이 옳다. 올바른 선택지는 ㄷ만 포함해야 한다.

② O
- ②는 ㄷ만 옳다고 보며, 계산 결과와 일치한다.

③ X
- ③은 ㄱ, ㄴ을 옳다고 보지만, ㄱ과 ㄴ은 모두 틀리다. 올바르게는 긴 반지름 비가 $3^{2/3}$이고, 질량은 B가 A의 2배이다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄷ을 옳다고 보지만, ㄴ은 틀리고 ㄷ만 옳다. 올바르게는 A의 질량이 B의 2배가 아니라 B의 질량이 A의 2배이다.

⑤ X
- ⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 옳다고 보지만, ㄱ과 ㄴ은 틀리고 ㄷ만 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 공전 주기 3배를 긴 반지름 2배로 대충 연결하거나, 중력의 크기와 중력가속도를 같은 것으로 보는 데 있다. 힘은 $F_g = GMm/r^2$라서 위성 질량에 비례하지만, 가속도는 $F_g/m = GM/r^2$라서 위성 질량이 약분된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

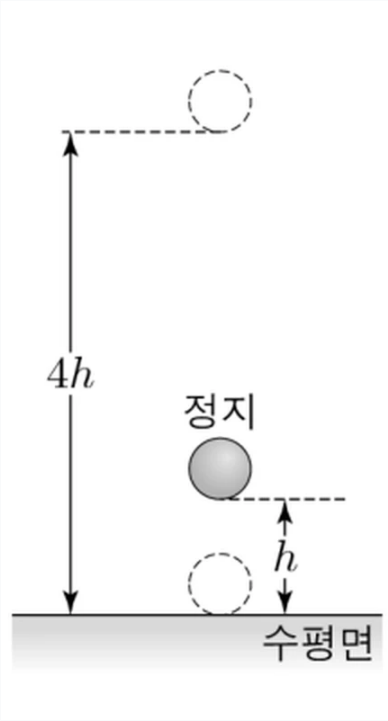
같은 중심 천체를 도는 타원 궤도 문제는 먼저 $T^2 \propto a^3$로 긴 반지름을 비교하고, 같은 위치에서의 중력은 $F_g \propto m$, 같은 위치에서의 중력가속도는 GM/r^2로 판단한다.

암기 포인트

공전 주기 비교는 $T^2 \propto a^3$, 같은 위치의 중력 크기는 질량에 비례, 같은 위치의 중력가속도는 위성 질량과 무관하다.

NoteBase

문 6. 그림은 높이가 $4h$인 곳에서 질량이 m인 물체를 가만히 놓았더니, 수평면과 한 번 충돌한 후 높이 h인 곳에서 속력이 0이 된 것을 나타낸 것이다. 충돌 직전 물체의 속력은 v이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다)



<보 기>

ㄱ. 수평면과 충돌 직후 물체의 속력은 $\frac{1}{4}v$이다.

ㄴ. 수평면과 충돌 전후 운동량 변화량의 크기는 $\frac{3}{2}mv$이다.

ㄷ. 수평면과 충돌 직후 손실된 역학적 에너지는 $\frac{3}{8}mv^2$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 자유낙하의 에너지 보존, 반발 후 최고점 조건, 충돌 전후 운동량 변화량과 역학적 에너지 손실을 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

처음 높이는 $4h$이고 물체는 가만히 놓인다.
수평면과 충돌하기 직전 속력은 v이다.
충돌 직후 물체는 다시 올라가 높이 h에서 속력이 0이 된다.
공기 저항과 물체의 크기는 무시하므로 낙하 중과 상승 중에는 역학적 에너지가 보존된다.

사용할 공식

자유낙하와 상승 구간에서는 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$를 사용한다.
운동량 변화량은 Δ p=p_후-p_전이고, 역학적 에너지 손실은 충돌 직전 운동에너지에서 충돌 직후 운동에너지를 뺀 값이다.
충돌 순간에는 중력에 의한 위치에너지 변화가 없으므로 충돌 전후의 운동에너지 차이를 손실 에너지로 비교한다.

계산 과정

1. 처음 높이 $4h$에서 수평면까지 낙하하므로 충돌 직전 속력은
$\frac{1}{2}mv^2 = mg(4h)$
이다.
2. 충돌 직후 속력을 u라고 하면, 물체가 높이 h까지 올라가 정지하므로
$\frac{1}{2}mu^2 = mgh$
이다.
3. 두 식을 비교하면 $u^2 = 2gh$, $v^2 = 8gh$이므로
$u = \frac{1}{2}v$
이다.
4. 위쪽을 양의 방향으로 잡으면 충돌 전 운동량은 $-mv$, 충돌 후 운동량은 $m \cdot \frac{v}{2}$이다. 따라서 운동량 변화량의 크기는
$\left|m\frac{v}{2} - (-mv)\right| = \frac{3}{2}mv$
이다.
5. 충돌 직전 운동에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$, 충돌 직후 운동에너지는
$\frac{1}{2}m\left(\frac{v}{2}\right)^2 = \frac{1}{8}mv^2$
이다. 따라서 손실된 역학적 에너지는
$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{8}mv^2 = \frac{3}{8}mv^2$
이다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ. X
수평면과 충돌 직후 속력은 $\frac{1}{2}v$이다. 따라서 '충돌 직후 물체의 속력은 $\frac{1}{4}v$'라는 표현은 틀렸고, 올바르게는 $\frac{1}{2}v$이다.

ㄴ. O
운동량은 방향을 가진다. 충돌 전에는 아래쪽으로 mv, 충돌 후에는 위쪽으로 $\frac{1}{2}mv$이므로 변화량의 크기는 $\frac{3}{2}mv$이다.

ㄷ. O
충돌 직전 운동에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$, 충돌 직후 운동에너지는 $\frac{1}{8}mv^2$이므로 손실된 역학적 에너지는 $\frac{3}{8}mv^2$이다.

① X
①은 ㄱ만 고른 선택지이다. ㄱ은 $\frac{1}{4}v$가 아니라 $\frac{1}{2}v$이므로 틀린 조합이다.

② X
②는 ㄴ만 고른 선택지이다. ㄴ은 맞지만 ㄷ도 맞으므로 옳은 것을 모두 고른 조합이 아니다.

③ X
③은 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄷ은 맞지만 ㄱ이 틀리므로 틀린 조합이다.

④ O
④는 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄴ과 ㄷ이 모두 옳고 ㄱ은 틀리므로 정답 조합이다.

⑤ X
⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른 선택지이다. ㄱ이 틀리므로 틀린 조합이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 속력을 높이의 비에 그대로 비례시켜 h가 $4h$의 $\frac{1}{4}$이므로 충돌 직후 속력도 $\frac{1}{4}v$라고 착각하게 하는 점이다. 에너지 보존식에서 속력은 높이의 제곱근에 비례하므로 $\frac{1}{4}$이 아니라 $\frac{1}{2}$가 된다. 또한 운동량 변화량은 속력 차이가 아니라 방향까지 포함한 운동량의 변화로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

반발 후 최고 높이가 주어지면 먼저 충돌 직후 속력을 에너지 보존으로 구한다. 그다음 운동량은 방향을 정해 전후 값을 빼고, 에너지 손실은 충돌 직전 운동에너지에서 충돌 직후 운동에너지를 뺀다.

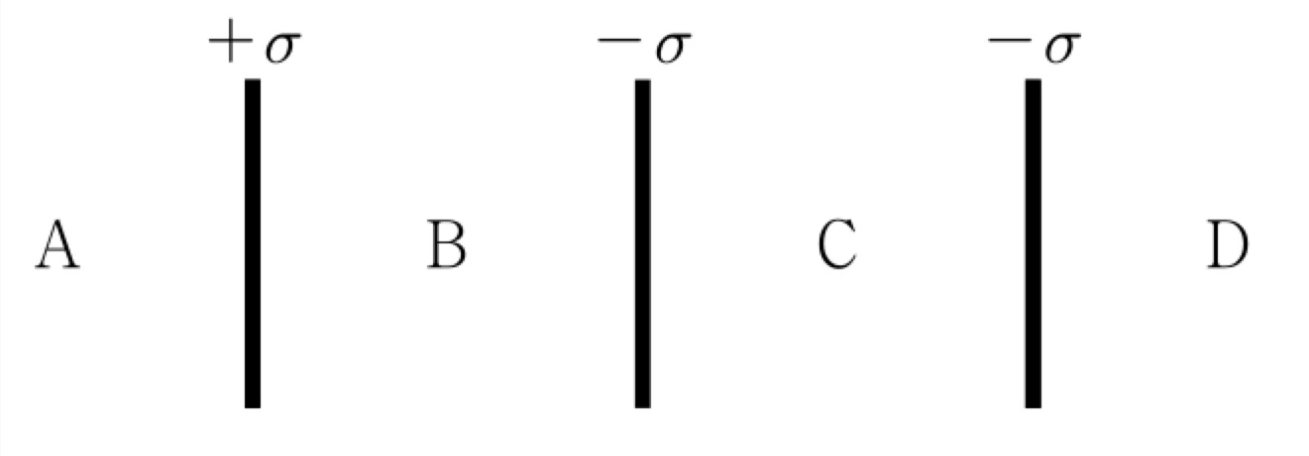
NoteBase

암기 포인트

높이 비가 4 : 1이면 속력 비는 2 : 1이다. 충돌 문제에서는 속력, 운동량, 에너지 손실을 각각 따로 계산한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 전하 밀도가 각각 $+\sigma$, $-\sigma$, $-\sigma$인 세 개의 무한 평면 도체가 서로 같은 거리로 떨어져 고정되어 있다. 네 영역 A, B, C, D에서 전기장 세기를 비교한 것으로 옳은 것은?



① $A > B = C = D$

② $A = B > C = D$

③ $B > A = C = D$

④ $B > A > C = D$

⑤ $C > A = B > D$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 무한 평면 전하 하나가 만드는 전기장 $E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$의 방향을 각 영역에서 중첩해 전기장 세기를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽부터 전하 밀도 $+\sigma$, $-\sigma$, $-\sigma$인 세 무한 평면 도체가 같은 간격으로 놓여 있다.
구해야 할 값: 영역 A, B, C, D에서의 전기장 세기 비교이다.
주의할 조건: 무한 평면 전하의 전기장 크기는 거리와 무관하고, $+\sigma$에서는 바깥쪽으로, $-\sigma$에서는 평면 쪽으로 향한다.

사용할 공식

무한 평면 전하 한 장이 만드는 전기장 크기는 $E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 평면이 무한하므로 각 평면이 만드는 전기장 크기는 위치의 거리에 따라 달라지지 않고, 방향만 영역에 따라 달라진다. 따라서 세 평면이 만드는 전기장을 부호 있는 방향으로 더하면 된다.

NoteBase

계산 과정

오른쪽 방향을 +로 두고 한 평면이 만드는 전기장 크기를 E_0라 한다.
A 영역: $+\sigma$ 평면은 왼쪽, 두 $-\sigma$ 평면은 오른쪽으로 전기장을 만들므로 $-E_0 + E_0 + E_0 = +E_0$이다. 세기는 E_0이다.
B 영역: $+\sigma$ 평면은 오른쪽, 두 $-\sigma$ 평면도 모두 오른쪽으로 전기장을 만들므로 $E_0 + E_0 + E_0 = 3E_0$이다. 세기는 $3E_0$이다.
C 영역: $+\sigma$ 평면은 오른쪽, 가운데 $-\sigma$ 평면은 왼쪽, 오른쪽 $-\sigma$ 평면은 오른쪽으로 전기장을 만들므로 $E_0 - E_0 + E_0 = +E_0$이다. 세기는 E_0이다.
D 영역: $+\sigma$ 평면은 오른쪽, 두 $-\sigma$ 평면은 왼쪽으로 전기장을 만들므로 $E_0 - E_0 - E_0 = -E_0$이다. 세기는 E_0이다.
따라서 $B > A = C = D$이다.

선지 판단

① X: A가 가장 크다는 표현이 틀리다. 올바르게는 $B > A = C = D$이다.
② X: A와 B가 같다는 표현이 틀리다. B에서는 세 평면의 전기장이 모두 같은 방향으로 더해져 $3E_0$, A에서는 하나만 남아 E_0이므로 올바르게는 $B > A$이다.
③ O: B는 $3E_0$, A, C, D는 각각 E_0이므로 $B > A = C = D$가 맞다.
④ X: A가 C, D보다 크다는 표현이 틀리다. A, C, D는 모두 크기가 E_0이므로 올바르게는 $A = C = D$이다.
⑤ X: C가 A, B보다 크다는 표현이 틀리다. C의 세기는 E_0이고 B의 세기는 $3E_0$이므로 올바르게는 $B > A = C = D$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 평면 사이의 거리 차이로 전기장 세기가 달라진다고 생각하는 것이다. 무한 평면 전하의 전기장 크기는 거리와 무관하므로, 각 영역에서는 크기보다 방향 중첩을 먼저 따져야 한다. 특히 B 영역에서는 $+\sigma$의 바깥 방향과 두 $-\sigma$의 안쪽 방향이 모두 오른쪽으로 같아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

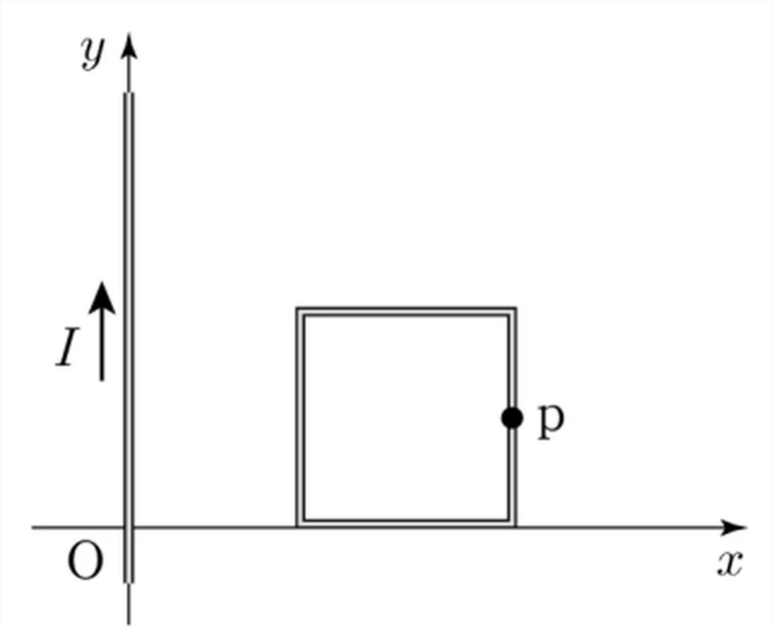
무한 평면 전하 여러 장의 전기장 비교 문제는 한 장의 크기 E_0를 고정한 뒤, $+\sigma$는 바깥쪽, $-\sigma$는 평면 쪽이라는 방향 규칙으로 각 영역의 부호 합을 계산한다.

암기 포인트

무한 평면 전하: 크기는 항상 $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, 방향은 +에서 멀어지고 −로 가까워진다.

문 8. 그림과 같이 xy평면에 무한히 긴 직선 도선과 정사각형 모양의 금속 고리가 고정되어 있다. 도선에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이고, 세기 I는 시간에 따라 일정한 비율로 증가한다. p는 금속 고리 상의 한 점이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. 고리의 중심에서 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면으로 들어가는 방향이다.

ㄴ. p에서 유도 전류의 방향은 $-y$방향이다.

ㄷ. 고리에 작용하는 자기력의 합력 방향은 $-x$방향이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 무한 직선 도선의 자기장 방향, 렌츠 법칙에 따른 유도 전류 방향, 전류가 흐르는 고리에 작용하는 자기력의 합력을 그림에서 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

ㄱ O: 직선 도선의 전류가 $+y$방향일 때, 도선의 오른쪽에 있는 고리 중심에서는 오른손 법칙에 의해 자기장이 xy 평면 안으로 들어가는 방향, 즉 $-z$방향이다.
ㄴ X: 도선의 전류 I가 증가하므로 고리를 통과하는 $-z$방향 자기 선속이 증가한다. 유도 전류는 이를 방해하기 위해 $+z$방향 자기장을 만들며, 고리에는 반시계 방향 전류가 흐른다. 따라서 오른쪽 변의 점 p에서 유도 전류는 $+y$방향이다. 틀린 표현은 '-y방향'이고, 올바르게는 '+y방향'이다.
ㄷ X: 고리의 왼쪽 변은 도선 전류와 반대 방향 전류가 흘러 도선으로부터 밀려 $+x$방향 힘을 받는다. 오른쪽 변은 도선 전류와 같은 방향 전류가 흘러 $-x$방향으로 끌리지만, 도선에서 더 멀어 자기장이 약하므로 그 힘이 더 작다. 위아래 변의 y방향 힘은 서로 상쇄되어 합력은 $+x$방향이다. 틀린 표현은 '-x방향'이고, 올바르게는 '+x방향'이다.
① O: ㄱ만 옳으므로 정답 조합이다.
② X: ㄴ은 p에서 유도 전류 방향을 반대로 판단한 설명이다.
③ X: ㄱ은 옳지만 ㄷ이 틀리므로 정답 조합이 아니다.
④ X: ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리므로 정답 조합이 아니다.
⑤ X: ㄱ은 옳지만 ㄴ, ㄷ이 틀리므로 정답 조합이 아니다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '증가하는 자기장 방향'과 '유도 전류가 만드는 자기장 방향'을 혼동하게 하는 것이다. 원래 자기장은 고리 안쪽으로 들어가지만, 유도 전류가 만드는 자기장은 그 증가를 막기 위해 바깥쪽으로 나와야 한다. 또한 고리 전체의 힘은 가까운 왼쪽 변의 반발력이 먼 오른쪽 변의 인력보다 크다는 점까지 비교해야 한다.

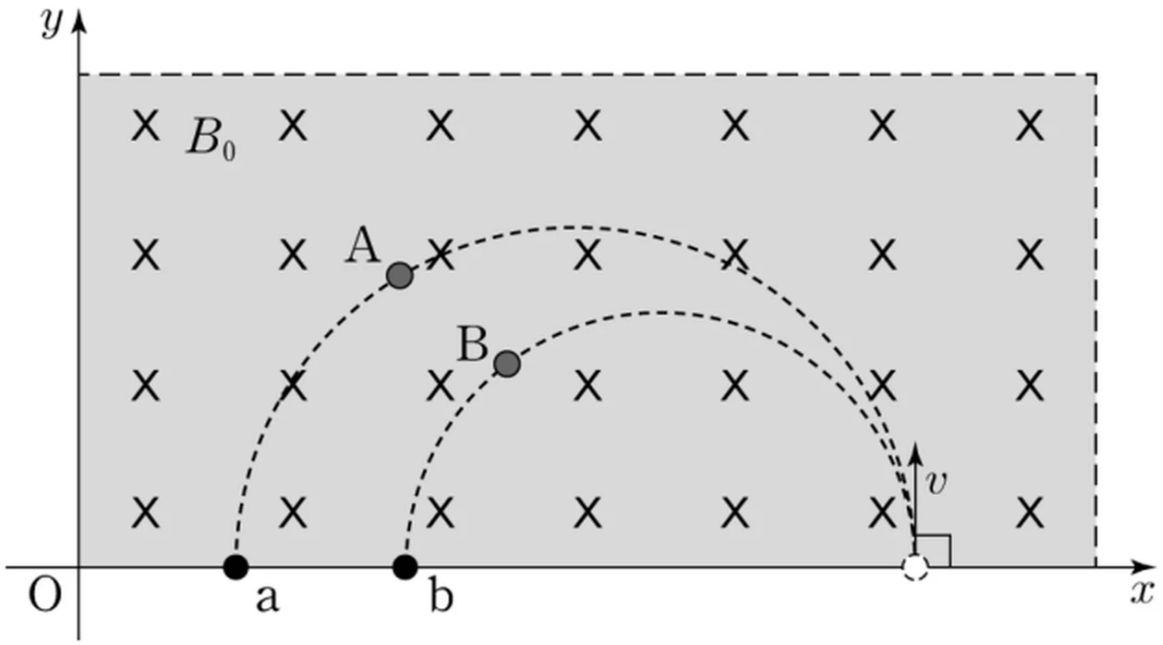
다시 나오면 이렇게 판단

먼저 직선 도선의 오른쪽 자기장 방향을 오른손 법칙으로 정한다. 다음에 자기 선속이 증가하는지 감소하는지 보고 렌츠 법칙으로 유도 전류의 회전 방향을 정한다. 마지막으로 가까운 세로변과 먼 세로변의 힘을 비교해 고리 전체의 합력 방향을 판단한다.

암기 포인트

직선 도선 오른쪽에서 위쪽 전류는 종이 안쪽 자기장을 만들고, 그 안쪽 선속이 증가하면 고리의 유도 전류는 반시계 방향이 된다.

문 9. 그림과 같이 xy평면에서 세기가 B_0인 균일한 자기장 영역에 전하량이 $+q$이고 속력이 v인 입자 A, B가 $+y$방향으로 입사한 후 각각 원궤도를 따라 운동하여 x축 상의 점 a, b를 지난다. A, B의 질량은 각각 m_A, m_B이고, $m_A > m_B$이다. a와 b 사이의 거리는?



① $\frac{(m_A + m_B)v}{2qB_0}$
② $\frac{(m_A + m_B)v}{qB_0}$
③ $\frac{(m_A - m_B)v}{qB_0}$
④ $\frac{(m_A - m_B)v}{2qB_0}$
⑤ $\frac{2(m_A - m_B)v}{qB_0}$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 균일한 자기장 속에서 전하가 원운동할 때의 반지름 $r = \frac{mv}{qB_0}$을 이용해 두 입자의 x축 재교차점 사이 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자기장 세기 B_0, 전하량 $+q$, 입사 속력 v, 질량 m_A, m_B, $m_A > m_B$이다.
구해야 할 값: x축 위의 점 a와 b 사이의 거리이다.
주의할 조건: 자기장은 xy평면 안쪽 방향이고 전하는 양전하이므로, 입자는 입사점의 왼쪽에 중심을 둔 반원궤도를 그린 뒤 x축을 다시 지난다.

NoteBase

사용할 공식

자기력이 원운동의 구심력 역할을 하므로

$qvB_0 = \frac{mv^2}{r}$

따라서 원운동 반지름은

$r = \frac{mv}{qB_0}$

이다.

입자는 반원을 돌아 x축으로 돌아오므로, 처음 입사한 점에서 다시 만나는 x축의 점까지의 수평 거리는 지름 $2r$이다.

계산 과정

A의 반지름은

$r_A = \frac{m_A v}{qB_0}$

이고, B의 반지름은

$r_B = \frac{m_B v}{qB_0}$

이다.

같은 입사점에서 볼 때 A는 $2r_A$, B는 $2r_B$만큼 왼쪽의 x축 점을 지난다.

따라서 두 점 사이의 거리는

$2r_A - 2r_B = 2(r_A - r_B)$

$= 2\left(\frac{m_A v}{qB_0} - \frac{m_B v}{qB_0}\right)$

$= \frac{2(m_A - m_B)v}{qB_0}$

이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $\frac{(m_A+m_B)v}{2qB_0}$는 두 질량을 더하고 지름 $2r$ 대신 반지름 차이도 제대로 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현 m_A+m_B 및 분모의 2 → 올바르게는 $2(m_A-m_B)$가 분자에 와야 한다.

② X
- $\frac{(m_A+m_B)v}{qB_0}$는 두 점 사이 거리가 두 반지름의 합이 아니라 두 지름의 차이임을 놓친 값이다. 틀린 표현 m_A+m_B → 올바르게는 $2(m_A-m_B)$이다.

③ X
- $\frac{(m_A-m_B)v}{qB_0}$는 반지름 차이 r_A-r_B만 구한 값이다. 실제 x축 재교차점까지의 이동 거리는 지름이므로 틀린 표현 m_A-m_B → 올바르게는 $2(m_A-m_B)$이다.

④ X
- $\frac{(m_A-m_B)v}{2qB_0}$는 지름이 아니라 반지름보다도 절반 작은 값을 사용한 형태이다. 틀린 표현 분모의 $2qB_0$ → 올바르게는 분자에 2가 붙은 $\frac{2(m_A-m_B)v}{qB_0}$이다.

⑤ O
- a와 b 사이의 거리는 $2r_A-2r_B=\frac{2(m_A-m_B)v}{qB_0}$이므로 ⑤가 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 반지름 r과 x축에서 다시 만나는 점까지의 거리 $2r$을 혼동하는 것이다. 또 두 입자가 같은 입사점에서 왼쪽으로 휘므로 두 점 사이 거리는 반지름의 합이 아니라 지름의 차이 $2r_A-2r_B$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

균일한 자기장 속 수직 입사 문제는 먼저 $qvB=mv^2/r$로 반지름을 구하고, 그림에서 묻는 길이가 반지름인지 지름인지 확인한 뒤 두 입자의 질량 차이를 반영한다.

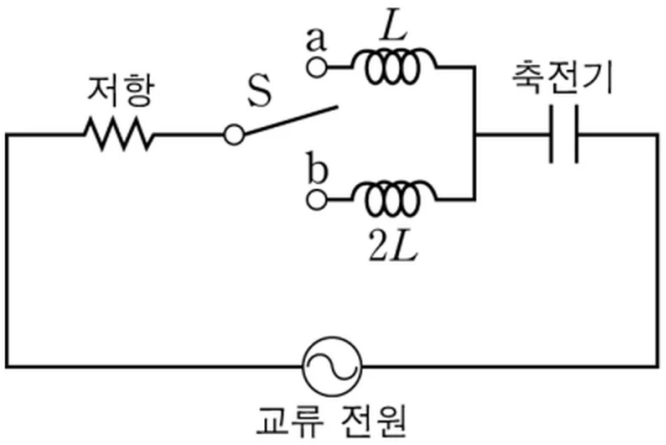
암기 포인트

자기장 원운동 반지름은 $r=mv/(qB)$이고, 반원을 돌아 x축에 다시 닿는 가로 이동 거리는 $2r$이다.

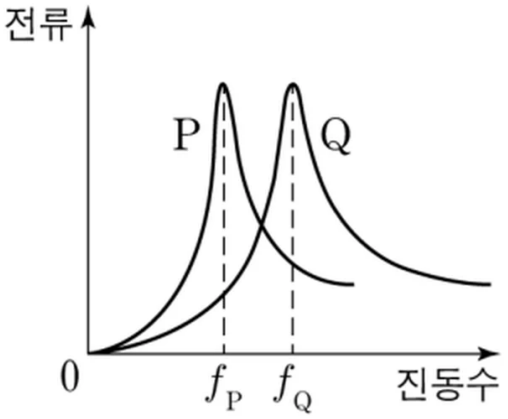
NoteBase

문 10. 그림 (가)는 저항, 자체 유도 계수가 각각 L, $2L$인 두 코일, 축전기, 스위치 S를 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 연결한 것을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 S를 a 또는 b에 연결하였을 때 교류 전원의 진동수에 따라 회로에 흐르는 전류의 세기 P와 Q를 순서 없이 나타낸 것이다. P, Q에서 공명 진동수는 각각 f_P, f_Q이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



(가)



(나)

<보 기>

ㄱ. $f_Q = \sqrt{2} f_P$이다.

ㄴ. P는 S를 a에 연결하였을 때이다.

ㄷ. 저항이 증가하면 공명 진동수는 감소한다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RLC 회로의 공진 주파수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$가 인덕턴스 L과 축전기 전기용량 C에 의해 어떻게 달라지는지 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

스위치 S를 a에 연결하면 자체 유도 계수가 L인 코일이 연결된다.
스위치 S를 b에 연결하면 자체 유도 계수가 $2L$인 코일이 연결된다.
그림 (나)에서 P의 공명 진동수는 f_P, Q의 공명 진동수는 f_Q이고, 그림상 $f_Q > f_P$이다.
전압의 최댓값이 일정한 직렬 RLC 회로에서 전류가 최대가 되는 공진 조건은 유도 리액턴스와 용량 리액턴스가 같아지는 조건이다.

사용할 공식

직렬 RLC 회로의 공진 주파수는
$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유는 회로에 저항, 코일, 축전기가 직렬로 연결되어 있고, 문제에서 전원의 진동수에 따른 전류의 최댓값 위치인 공명 진동수를 비교하고 있기 때문이다. 이 식에서 C가 같으면 공진 주파수는 L이 커질수록 작아진다.

계산 과정

a에 연결한 경우:
$f_a = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

b에 연결한 경우:
$f_b = \frac{1}{2\pi\sqrt{2LC}} = \frac{1}{\sqrt{2}} f_a$

따라서 자체 유도 계수가 작은 L 코일을 쓴 a 연결이 더 높은 공명 진동수를 만들고, 자체 유도 계수가 큰 $2L$ 코일을 쓴 b 연결이 더 낮은 공명 진동수를 만든다. 그림에서 오른쪽의 Q가 높은 공명 진동수이므로 Q는 a 연결, 왼쪽의 P는 b 연결이다. 그러므로 $f_P = f_b$, $f_Q = f_a$이고
$f_Q = \sqrt{2}\, f_P$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O
- 보기 ㄱ만 옳다. $f_Q = \sqrt{2} f_P$가 맞고, ㄴ과 ㄷ은 틀리므로 정답은 1번이다.

② X
- 보기 ㄴ은 틀리다. P는 낮은 공명 진동수 쪽이므로 자체 유도 계수가 더 큰 $2L$ 코일, 즉 S를 b에 연결했을 때이다. 틀린 표현 'P는 S를 a에 연결하였을 때'는 'P는 S를 b에 연결하였을 때'로 고쳐야 한다.

③ X
- ㄱ은 옳지만 ㄷ이 틀리다. 저항이 증가해도 직렬 RLC 회로의 공진 주파수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$는 L과 C로 결정되므로 감소하지 않는다. 틀린 표현 '저항이 증가하면 공명 진동수는 감소한다'는 '저항이 증가해도 공명 진동수는 변하지 않는다'로 고쳐야 한다.

④ X
- ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리다. P는 a가 아니라 b 연결이고, 저항 증가는 공명 진동수를 낮추지 않는다. 올바르게는 'P는 S를 b에 연결하였을 때이고, 저항이 증가해도 공명 진동수는 변하지 않는다'이다.

⑤ X
- ㄱ은 옳지만 ㄴ과 ㄷ이 틀리다. Q가 a 연결, P가 b 연결이며, 공명 진동수는 저항이 아니라 L과 C로 정해진다. 따라서 세 보기 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다는 판단은 성립하지 않는다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 그래프의 왼쪽 P와 오른쪽 Q를 코일 연결과 거꾸로 대응시키는 것이다. L이 커지면 $\sqrt{LC}$가 커져 공진 주파수는 작아지므로, $2L$ 코일은 왼쪽의 낮은 공명 진동수 P에 해당한다. 또 저항은 전류 최댓값의 크기와 곡선의 폭에는 영향을 주지만, 이상적인 직렬 RLC 회로의 공진 주파수 자체를 결정하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

RLC 공진 문제는 먼저 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$를 쓰고, 같은 C에서는 L이 클수록 공진 주파수가 작아진다고 판단한다. 그다음 그래프에서 낮은 주파수의 봉우리는 큰 L, 높은 주파수의 봉우리는 작은 L에 대응시킨다.

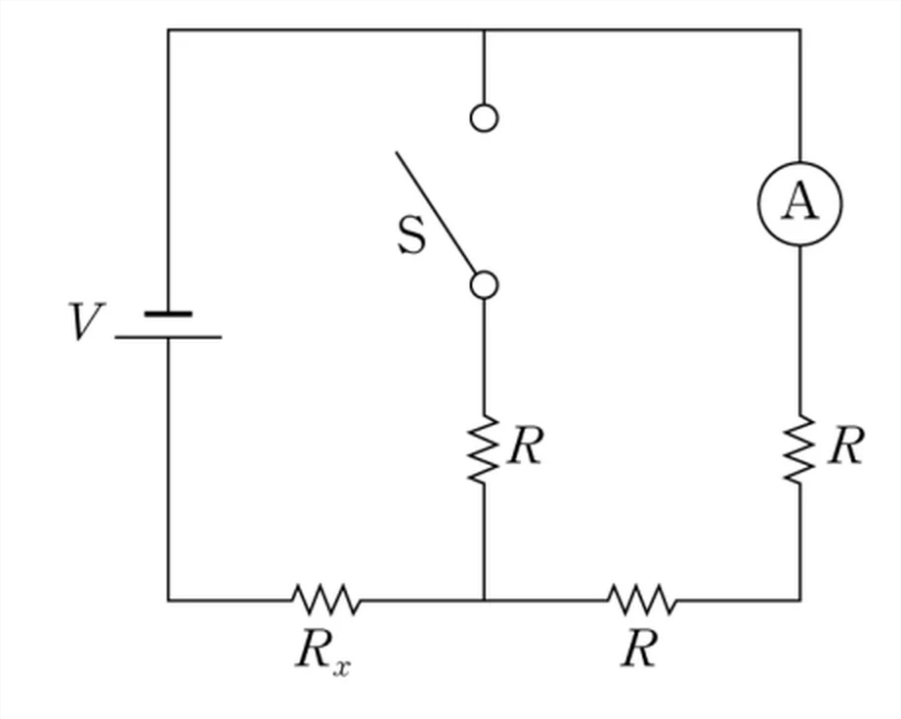
암기 포인트

직렬 RLC 공진 주파수는 L, C로 결정된다. L이 2배가 되면 공진 주파수는 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배가 되고, 저항 R은 공진 주파수 자체를 바꾸지 않는다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 저항값이 각각 R_x, R, R, R인 네 개의 저항, 스위치 S, 전류계를 전압이 V로 일정한 직류 전원에 연결하였다. S를 닫기 전과 닫은 후 전류계에 표시된 전류는 각각 I_전, I_후이고, I_후I_전 = (7)/(9)이다.

R_x는?



① $\frac{1}{6}R$
② $\frac{1}{3}R$
③ $\frac{1}{2}R$
④ $\frac{2}{3}R$
⑤ $\frac{5}{6}R$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 스위치를 닫기 전후의 회로 등가저항과 병렬 가지 전류 분배를 이용해 R_x를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 네 저항의 저항값은 각각 R_x, R, R, R이고, 전원 전압은 V이다.
구해야 할 값: R_x를 R로 나타낸 값이다.
주의할 조건: 전류계가 오른쪽 가지에 있으므로 스위치를 닫은 뒤의 I_후는 회로 전체 전류가 아니라 오른쪽의 두 저항 $R + R = 2R$ 가지에 흐르는 전류이다.

사용할 공식

직렬 저항은 $R_{eq} = R_1 + R_2$이고, 병렬 저항은 $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$이다.
전류는 옴의 법칙 $I = \frac{V}{R_{eq}}$으로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 스위치 전에는 전류계가 있는 오른쪽 가지와 아래쪽 저항, R_x가 한 줄로 연결된 직렬 회로이고, 스위치 후에는 가운데 R 가지와 오른쪽 $2R$ 가지가 병렬이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 스위치를 닫기 전에는 회로가 R_x, R, R의 직렬 연결이므로 전류계 전류는
I_전=(V)/(R_x+2R)
이다.
2. 스위치를 닫은 후에는 위쪽 노드와 가운데 아래 노드 사이에 가운데 가지 R와 오른쪽 가지 $2R$가 병렬로 연결된다. 이 병렬 부분의 등가저항은
R_병렬=(R· 2R)/(R+2R)=(2R)/(3)
이다.
3. 전체 전류는 $R_x + \frac{2R}{3}$에 의해 정해지지만, 전류계는 오른쪽 $2R$ 가지 전류만 읽는다. 병렬 부분에 걸리는 전압은
V_병렬=V· ((2R)/(3))/(R_x+(2R)/(3))
이므로
I_후=(V_병렬)/(2R)=(V)/(3R_x+2R)
이다.
4. 주어진 비 (I_후)/(I_전)=(7)/(9)를 대입하면
(I_후)/(I_전)=((V)/(3R_x+2R))/((V)/(R_x+2R))=(R_x+2R)/(3R_x+2R)=(7)/(9)
이다.
5. 양변을 정리하면
$9(R_x + 2R) = 7(3R_x + 2R)$
$9R_x + 18R = 21R_x + 14R$
$4R = 12R_x$
$R_x = \frac{1}{3}R$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $R_x = \frac{1}{3}R$이다. $\frac{1}{6}R$는 너무 작다. 틀린 표현 $\frac{1}{6}R \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{1}{3}R$이다.

② O
- 전류비 식 $\frac{R_x + 2R}{3R_x + 2R} = \frac{7}{9}$를 풀면 $R_x = \frac{1}{3}R$가 된다.

③ X
- 계산 결과는 $\frac{1}{3}R$이므로 $\frac{1}{2}R$가 아니다. 틀린 표현 $\frac{1}{2}R \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{1}{3}R$이다.

④ X
- $\frac{2}{3}R$를 대입하면 전류비는 $\frac{\frac{2}{3}R + 2R}{3 \cdot \frac{2}{3}R + 2R} = \frac{2}{3}$이 되어 $\frac{7}{9}$와 맞지 않는다. 틀린 표현 $\frac{2}{3}R \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{1}{3}R$이다.

⑤ X
- $\frac{5}{6}R$를 대입하면 전류비는 $\frac{\frac{5}{6}R + 2R}{3 \cdot \frac{5}{6}R + 2R} = \frac{17}{27}$이 되어 $\frac{7}{9}$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{5}{6}R \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{1}{3}R$이다.

계산 결과 $R_x = \frac{1}{3}R$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

스위치를 닫은 뒤 가운데 저항 R가 추가되면 전체 회로 전류가 증가한다고만 보고 I_후를 전체 전류로 두기 쉽다. 하지만 전류계는 오른쪽 가지에 있으므로, 병렬 부분 전체 전류가 아니라 오른쪽 $2R$ 가지로 분류된 전류를 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

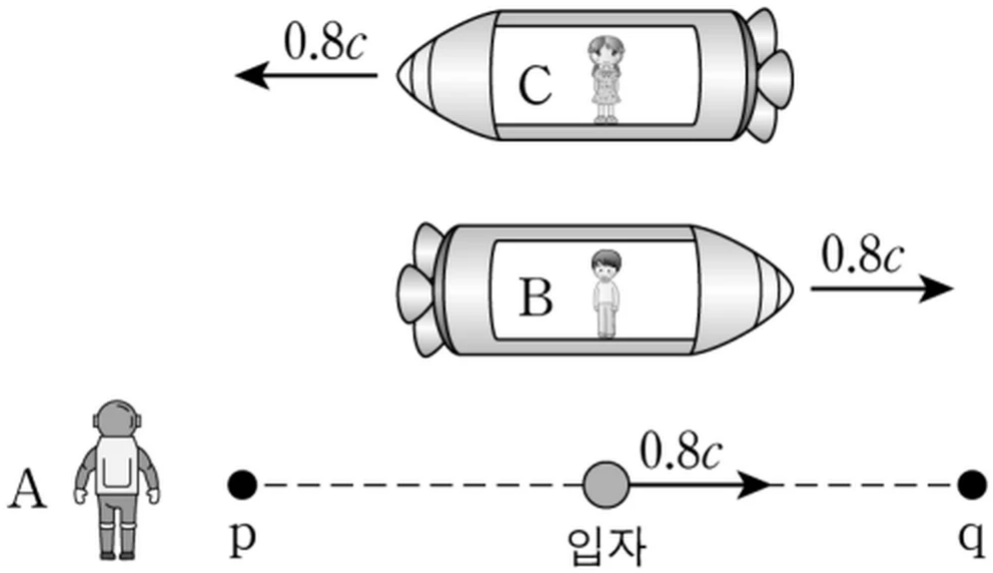
전류계 위치를 먼저 확인하고, 스위치 전후의 등가회로를 따로 그린 뒤, 전류계가 전체 전류를 재는지 특정 가지 전류를 재는지 구분해서 식을 세운다.

암기 포인트

병렬 회로에서 전류계가 한 가지에 있으면 전체 전류가 아니라 그 가지 전류이다. 이 문제의 핵심은 스위치 후 R과 $2R$의 병렬, 전류계는 $2R$ 가지라는 점이다.

NoteBase

문 12. 그림은 정지한 관찰자 A에 대해 관찰자 B, C가 탄 두 우주선이 서로 반대 방향으로 $0.8c$의 속력으로, 입자가 B와 같은 속도로 등속도 운동을 하는 모습을 나타낸 것이다. p, q는 A에 대해 고정된 두 점이고, 입자는 p에서 생성되어 q에서 소멸한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, c는 빛의 속력이다)



<보기>

ㄱ. 입자의 질량은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 크다.

ㄴ. 입자의 수명은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 길다.

ㄷ. C의 관성계에서, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 특수 상대성 이론의 시간 지연, 상대론적 질량, 속도 합성 공식을 이용해 관찰자 A, B, C의 관성계에서 같은 입자와 시계가 어떻게 보이는지 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: A에 대해 B는 오른쪽으로 $0.8c$, C는 왼쪽으로 $0.8c$의 속력으로 운동한다. 입자는 A에 대해 B와 같은 속도, 즉 오른쪽 $0.8c$로 p에서 q까지 운동한다.
구해야 할 값: 입자의 질량 비교, 입자의 수명 비교, C의 관성계에서 A와 B의 시간 흐름 비교이다.
주의할 조건: p와 q는 A에 대해 고정된 점이고, 입자는 B와 같은 속도로 움직이므로 B의 관성계에서는 입자가 정지해 있다.

사용할 공식

시간 지연: $\Delta t = \gamma \Delta t_0$, $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$이다.
상대론적 질량 표현을 쓰면 $m = \gamma m_0$이다.
속도 합성: 관찰자 C에서 본 B의 속도는 $u' = (u - v)/(1 - uv/c^2)$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 서로 다른 관성계에서 같은 입자와 시계를 비교하므로, 정지계의 고유값과 움직이는 계에서 측정되는 값을 상대론 공식으로 연결해야 한다.

계산 과정

1. A에서 입자는 $0.8c$로 움직이므로 A가 측정한 입자의 상대론적 질량은 γm_0이다. B는 입자와 같은 속도로 움직이므로 B에서 입자는 정지해 있고 질량은 m_0이다. 따라서 A에서 측정한 질량이 B에서보다 크다.
2. 입자의 생성과 소멸은 입자 자신, 즉 B의 관성계에서 같은 위치에서 일어나는 사건이므로 B에서 측정한 시간이 고유수명이다. A에서는 움직이는 입자를 보므로 $\Delta t_A = \gamma \Delta t_B$가 되어 A에서의 수명이 더 길다.
3. C에 대해 A의 속력은 $0.8c$이다. C에 대해 B의 속도는 $u = (+0.8c)$, $v = (-0.8c)$를 넣어 $u' = (0.8c + 0.8c)/(1 + 0.64) = 1.6c/1.64 \approx 0.976c$이다. C는 B가 A보다 더 빠르게 움직인다고 보므로 B의 시간이 A의 시간보다 더 느리게 간다.

NoteBase

선지 판단

① X
- ㄱ만 옳다는 선택지이다. ㄱ은 옳지만 ㄴ도 옳으므로 ①은 틀리다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.

② X
- ㄷ만 옳다는 선택지이다. C의 관성계에서 B의 속력은 약 $0.976c$, A의 속력은 $0.8c$이므로 B의 시간이 더 느리게 간다. 따라서 ㄷ은 틀리다. 틀린 표현은 'ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄷ은 옳지 않다'이다.

③ O
- ㄱ, ㄴ이 옳다는 선택지이다. A에서 입자는 운동하므로 상대론적 질량이 B의 입자 정지계에서보다 크고, 입자의 수명도 A에서 시간 지연 때문에 B에서보다 길다. ㄷ은 틀리므로 ③이 정답이다.

④ X
- ㄴ, ㄷ이 옳다는 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄷ은 틀리므로 ④는 틀리다. 틀린 표현은 'ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄷ 제외'이다.

⑤ X
- ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다는 선택지이다. ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ은 틀리므로 ⑤는 틀리다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 C에서 A와 B를 비교할 때 단순히 둘 다 $0.8c$라고 보거나, B와 C의 상대속도를 갈릴레이식으로 $1.6c$라고 처리하는 것이다. 상대론적 속도 합성을 쓰면 C에서 B의 속력은 약 $0.976c$이고, 이는 C에서 본 A의 속력 $0.8c$보다 크다. 따라서 C에서는 B의 시간이 A의 시간보다 더 느리게 간다.

다시 나오면 이렇게 판단

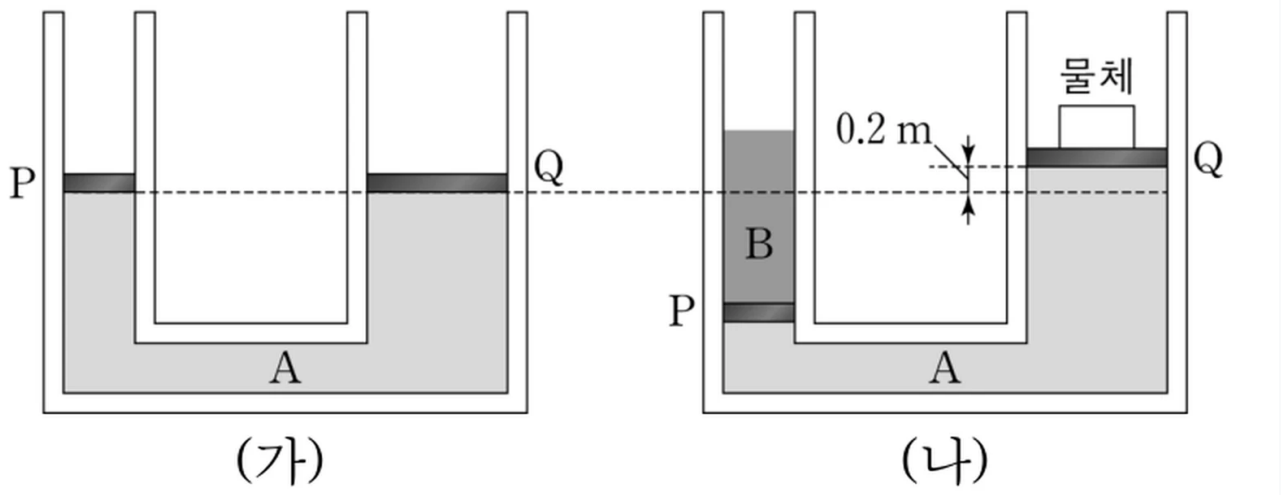
관찰자별 비교 문제는 먼저 어느 관성계에서 대상이 정지해 있는지 찾고, 그 계의 시간과 질량을 고유값으로 둔다. 그다음 다른 관성계에서는 γ가 붙는지 확인하고, 서로 반대 방향으로 움직이는 관찰자끼리 비교할 때는 반드시 속도 합성 공식을 적용한다.

암기 포인트

입자와 같이 가는 계가 고유수명과 정지질량의 계이다. 움직여 보이면 시간은 느려지고, 상대론적 질량 표현에서는 질량이 커진다. 서로 반대 방향 $0.8c$와 $0.8c$는 단순히 $1.6c$가 아니라 속도 합성으로 약 $0.976c$가 된다.

NoteBase

문 13. 그림 (가)는 피스톤 P, Q로 이루어진 유압 기중기의 내부에 이상 유체 A가 채워져 평형 상태에 있는 모습을, (나)는 (가)에서 P 위에 이상 유체 B를 채우고 Q 위에는 질량이 1kg인 물체를 올려놓았을 때 평형 상태에 있는 모습을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 Q의 높이 차는 0.2m이다. 단면적은 Q가 P의 5배이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$이고, 피스톤의 질량과 마찰은 무시한다)



<보 기>

ㄱ. (가)와 (나)에서 P의 높이 차는 1.0m이다.

ㄴ. B가 P에 작용하는 힘은 2N보다 크다.

ㄷ. (나)에서 P에 작용하는 압력의 크기는 Q에 작용하는 압력의 크기보다 크다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 유체의 부피 보존, 파스칼 원리, 같은 유체 안의 깊이에 따른 압력 증가를 함께 이용해 피스톤의 이동 거리와 압력을 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: Q의 단면적은 P의 5배이고, (가)에서 (나)로 갈 때 Q의 높이는 $0.2m$ 높아진다. Q 위 물체의 질량은 $1kg$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다.
구해야 할 값: P의 높이 변화, B가 P에 작용하는 힘, (나)에서 P와 Q에 작용하는 압력의 대소이다.
주의할 조건: 피스톤의 질량과 마찰은 무시하므로 외부 물체나 유체가 피스톤에 주는 힘이 곧 피스톤 아래 유체의 압력으로 전달된다.

사용할 공식

부피 보존:
$A_P \Delta h_P = A_Q \Delta h_Q$
압력과 힘:
$p = \frac{F}{A}$
같은 정지 유체에서 아래쪽 압력:
p_아래=p_위+ρ g h
이 공식을 쓰는 이유: 유체 A는 한쪽 피스톤이 내려간 만큼 다른 쪽 피스톤 쪽으로 이동하고, 정지한 유체에서는 같은 높이의 압력이 같으며 더 낮은 곳의 압력이 더 크다.

계산 과정

1. Q가 올라간 부피는 $A_Q \times 0.2 = (5A_P) \times 0.2 = 1.0A_P$이다.
2. 이 부피만큼 P 쪽 유체가 밀려나야 하므로 P는 $1.0m$ 내려간다.
3. Q 위 물체가 누르는 힘은 $mg = 1 \times 10 = 10N$이고, Q의 단면적이 $5A_P$이므로 Q에 의한 압력은 $10/(5A_P) = 2/A_P$이다.
4. (나)에서 P는 (가)보다 $1.0m$ 낮아지고 Q는 (가)보다 $0.2m$ 높아지므로 P는 Q보다 총 $1.2m$ 낮다. 따라서 P 아래 유체의 압력은 Q 아래 유체의 압력보다 $\rho_A g \times 1.2$만큼 더 크다.
5. 그러므로 B가 P에 작용하는 힘은 $2N$에 P와 Q의 높이 차에서 생기는 추가 압력의 힘을 더한 값이므로 $2N$보다 크다.

선지별 해설

ㄱ O: Q의 단면적이 P의 5배이므로 Q가 $0.2m$ 올라갈 때 필요한 부피는 P가 $1.0m$ 내려가야 만들어진다. 따라서 (가)와 (나)에서 P의 높이 차는 $1.0m$이다.
ㄴ O: Q 위 $1kg$ 물체만 생각하면 Q 쪽 압력에 해당하는 힘은 P 면적 기준 $2N$이다. 그런데 (나)에서 P는 Q보다 더 낮아 같은 유체 A의 깊이 차에 의한 압력이 추가되므로 B가 P에 작용하는 힘은 $2N$보다 크다.
ㄷ O: (나)에서 P는 Q보다 낮은 위치에 있다. 같은 정지 유체에서는 낮은 곳일수록 압력이 커지므로 P에 작용하는 압력의 크기는 Q에 작용하는 압력의 크기보다 크다.
① X: ㄱ만 옳다고 한 선택지이다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이며, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.
② X: ㄴ만 옳다고 한 선택지이다. 틀린 표현은 'ㄴ만'이며, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.
③ X: ㄱ, ㄷ만 옳다고 한 선택지이다. 틀린 표현은 'ㄴ 제외'이며, 올바르게는 ㄴ도 옳다.
④ X: ㄴ, ㄷ만 옳다고 한 선택지이다. 틀린 표현은 'ㄱ 제외'이며, 올바르게는 ㄱ도 옳다.
⑤ O: ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 정답 선택지이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 Q 위 물체가 만드는 $2N$만 보고 ㄴ을 틀렸다고 판단하는 것이다. P와 Q의 피스톤 높이가 달라지면 같은 유체 A 안에서 깊이 차에 따른 압력 증가가 추가되므로, B가 P를 누르는 힘은 $2N$보다 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

유압 장치 문제는 먼저 단면적비로 피스톤 이동 거리를 구하고, 그다음 피스톤들이 같은 높이에 있는지 확인한다. 같은 높이가 아니면 파스칼 원리만 적용하지 않고 ρgh에 의한 깊이 차 압력까지 함께 비교한다.

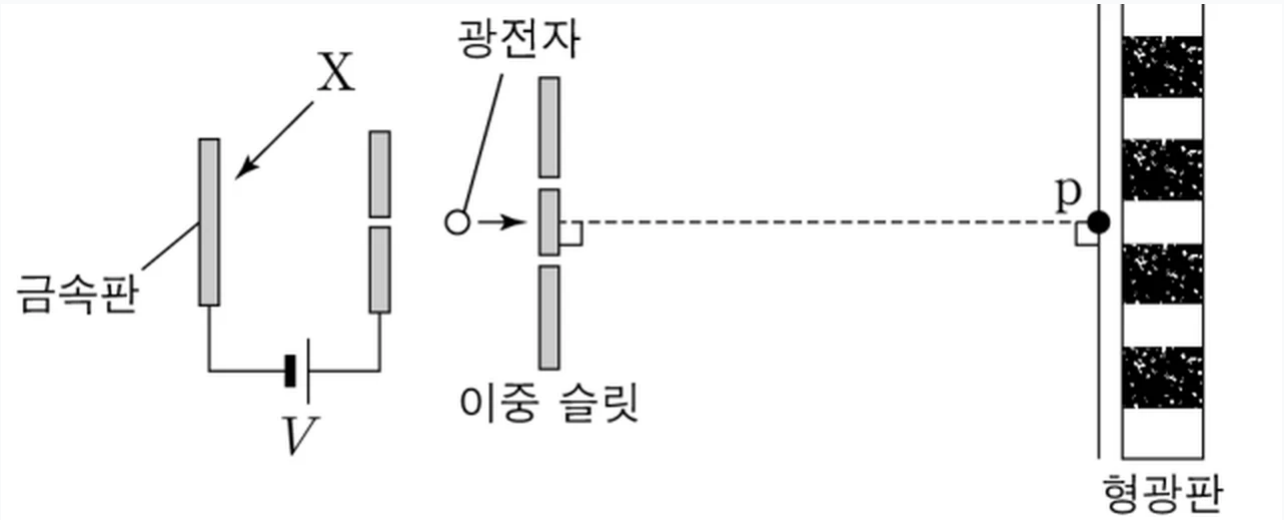
암기 포인트

유압 장치에서 부피는 $A\Delta h$로 맞추고, 압력 비교는 '같은 높이에서 같고 낮을수록 크다'로 판단한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 금속판에 단색광 X를 비추어 방출된 광전자가 전압 V에 의해 가속된 후 이중 슬릿을 통과하여 이중 슬릿으로부터 충분히 멀리 떨어진 형광판에 간섭무늬를 만든다. 점 p에서 밝은 무늬의 중심이 나타난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

ㄱ. X의 세기를 증가시키면, p에서의 밝기는 감소한다.

ㄴ. 이중 슬릿과 형광판 사이의 거리를 증가시키면, 이웃한 두 어두운 무늬 중심 사이의 간격은 증가한다.

ㄷ. V를 4배로 증가시키면, 이웃한 두 밝은 무늬 중심 사이의 간격은 2배로 증가한다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 광전자의 물질파가 이중 슬릿을 통과할 때 간섭무늬 간격이 $\Delta y = \frac{\lambda}{d}$로 정해지고, 가속 전압이 커지면 전자의 de Broglie 파장 λ가 작아진다는 점을 묻는다.

NoteBase

조건 정리

주어진 조건: 단색광 X가 금속판에서 광전자를 방출시키고, 광전자는 전압 V에 의해 가속된 뒤 이중 슬릿을 지나 형광판에 간섭무늬를 만든다.
구해야 할 판단: 빛의 세기, 슬릿-형광판 거리 L, 가속 전압 V가 점 P의 밝기나 무늬 간격에 어떤 영향을 주는지 판단한다.
주의할 조건: P는 밝은 무늬의 중심이므로 전자 수가 늘면 밝기가 커지고, 무늬 간격은 L에는 비례하지만 전압 V에는 반비례 방향으로 변한다.

사용할 공식

이중 슬릿 간섭무늬 간격은
$\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$
이다. 여기서 L은 이중 슬릿과 형광판 사이의 거리, d는 두 슬릿 사이의 간격, λ는 전자의 de Broglie 파장이다.

전압 V로 가속된 전자의 물질파 파장은
$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$
로 보며, 따라서 $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 형광판의 무늬는 전자 물질파의 이중 슬릿 간섭무늬이고, 전압 변화는 전자의 운동량을 바꾸어 파장 λ를 바꾸기 때문이다.

계산 과정

1. 빛의 세기를 증가시키면 방출되는 광전자의 수가 증가한다. 전자의 파장이나 무늬 간격을 직접 줄이는 조건이 아니라, 밝은 무늬 중심에 도달하는 전자 수가 늘어 밝기가 증가한다.
2. 이중 슬릿과 형광판 사이의 거리 L을 증가시키면 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$에서 Δy가 증가한다. 밝은 무늬뿐 아니라 이웃한 어두운 무늬 중심 사이의 간격도 같은 비율로 증가한다.
3. 전압을 $4V$로 증가시키면 $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$이므로 파장은 $\frac{1}{2}$배가 된다. 따라서 밝은 무늬 중심 사이의 간격 Δy도 $\frac{1}{2}$배로 감소한다.

NoteBase

선지 판단

① X
- ㄱ은 틀렸다. X의 세기를 증가시키면 방출되는 광전자의 수가 늘어 P에서의 밝기는 감소가 아니라 증가한다. 틀린 표현은 "밝기는 감소한다"이고, 올바르게는 "밝기는 증가한다"이다.

② O
- ㄴ은 옳다. 이중 슬릿과 형광판 사이의 거리 L이 증가하면 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$에 따라 무늬 간격이 증가한다. 따라서 이웃한 두 어두운 무늬 중심 사이의 간격도 증가한다.

③ X
- ㄱ이 틀렸고 ㄷ도 틀렸으므로 정답이 될 수 없다. ㄷ의 경우 V를 4배로 하면 λ와 무늬 간격은 2배 증가가 아니라 $\frac{1}{2}$배로 감소한다.

④ X
- ㄴ은 옳지만 ㄷ이 틀렸으므로 정답이 될 수 없다. ㄷ의 틀린 표현은 "간격은 2배로 증가한다"이고, 올바르게는 "간격은 $\frac{1}{2}$배로 감소한다"이다.

⑤ X
- ㄴ만 옳고 ㄱ, ㄷ은 틀렸으므로 정답이 될 수 없다. ㄱ은 빛의 세기 증가를 밝기 감소로 잘못 연결했고, ㄷ은 전압 증가를 물질파 파장 증가로 잘못 연결했다.

따라서 옳은 것은 ㄴ뿐이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 "세기"와 "파장"을 섞는 것이다. 단색광 X의 세기를 키우면 주로 방출 광전자 수가 늘어 밝기가 커지고, 전자의 파장은 가속 전압 V가 결정한다. 또 V가 커지면 전자가 빨라져 파장이 짧아지므로 무늬 간격은 커지는 것이 아니라 작아진다.

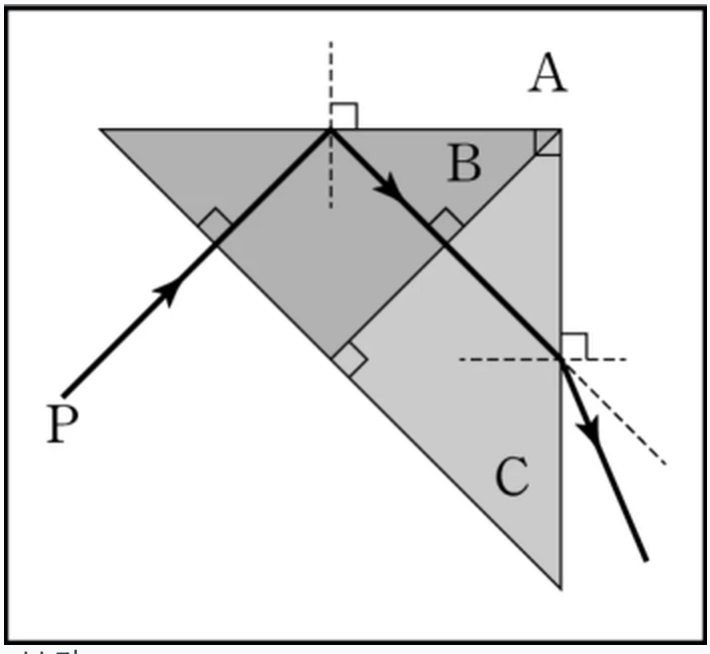
다시 나오면 이렇게 판단

전자 이중 슬릿 문제는 먼저 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$로 무늬 간격을 판단하고, 전압 변화가 있으면 $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$를 적용한다. 빛의 세기는 방출되는 전자 수와 밝기에 연결하고, 무늬 간격 변화와는 구분한다.

암기 포인트

이중 슬릿 무늬 간격은 L에 비례하고 d에 반비례하며, 전압 V가 4배가 되면 전자 파장과 무늬 간격은 $\frac{1}{2}$배가 된다.

문 15. 그림과 같이 단색광 P가 매질 A에서 매질 B로 입사하여 A와 B의 경계면에서 전반사한 후, B에서 매질 C로 입사하여 C와 A의 경계면에서 굴절한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. P의 속력은 A에서가 B에서보다 크다.

ㄴ. A와 B 사이의 임계각은 45°보다 크다.

ㄷ. 굴절률은 B가 C보다 작다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전반사 조건과 굴절 방향을 그림의 법선과 연결하여 매질의 굴절률, 속력, 임계각의 대소를 판단하는 문제이다.

NoteBase

핵심 개념

빛의 속력은 굴절률이 클수록 작다. 즉 $v = c/n$이므로 n이 큰 매질에서 빛은 더 느리다.
전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때만 가능하고, 임계각은 _c=n_작은/n_큰으로 정해진다.
굴절할 때 굴절률이 작은 매질로 나가면 법선에서 멀어지고, 굴절률이 큰 매질로 들어가면 법선 쪽으로 꺾인다.

보기별 판단

ㄱ. O
- 처음에는 A에서 B로 들어간 뒤, 위쪽 A-B 경계면에서 B 쪽 광선이 A 쪽으로 전반사한다. 전반사는 입사한 쪽의 굴절률이 더 클 때 가능하므로 $n_B > n_A$이다. 따라서 $v_A > v_B$가 되어 'P의 속력은 A에서가 B에서보다 크다'는 옳다.

ㄴ. X
- 그림에서 A-B 경계면의 법선은 수직 점선이고, B 안의 광선은 이 법선과 약 45 °로 입사하여 전반사한다. 전반사가 일어났으므로 실제 입사각은 임계각보다 커야 한다. 틀린 표현은 '임계각은 45 °보다 크다'이다. 올바르게는 'A와 B 사이의 임계각은 45 °보다 작다'이다.

ㄷ. X
- C-A 경계면에서 광선은 C에서 A로 나가며 법선에서 멀어지는 쪽으로 굴절한다. 따라서 $n_C > n_A$이다. 하지만 A-B 경계에서 45 ° 입사로 전반사하므로 $n_B/n_A > \sqrt{2}$이고, C-A 경계에서는 45 ° 입사 후 굴절각이 90 °보다 작으므로 $n_C/n_A < \sqrt{2}$이다. 따라서 $n_B > n_C$이다. 틀린 표현은 '굴절률은 B가 C보다 작다'이다. 올바르게는 '굴절률은 B가 C보다 크다'이다.

NoteBase

선택지별 해설

① O
- 옳은 것은 ㄱ뿐이므로 ①이 정답이다.

② X
- ②는 ㄴ만 고른 선택지이다. ㄴ은 전반사 입사각과 임계각의 관계를 반대로 판단했으므로 틀리다. 올바르게는 ㄱ만 고른다.

③ X
- ③은 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄱ은 옳지만 ㄷ은 $n_B > n_C$를 반대로 쓴 설명이므로 틀리다. 올바르게는 ㄱ만 고른다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리므로 정답 조합이 아니다. 올바르게는 ㄱ만 고른다.

⑤ X
- ⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른 선택지이다. ㄴ과 ㄷ이 틀리므로 정답 조합이 아니다. 올바르게는 ㄱ만 고른다.

오답 포인트

ㄴ은 '전반사한 입사각'과 '임계각'을 같은 것으로 보거나 대소를 반대로 잡기 쉽다. 전반사는 입사각이 임계각보다 클 때 일어난다. ㄷ은 C-A 경계에서 C가 A보다 굴절률이 크다는 사실까지만 보고 B와 C를 바로 비교해 버리는 함정이다. A-B 경계의 45° 전반사 조건까지 함께 써야 B가 C보다 굴절률이 크다는 결론이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전반사가 일어난 경계에서 입사한 매질의 굴절률이 더 크다는 점을 잡는다. 다음으로 그림의 입사각이 임계각보다 큰지 확인한다. 마지막으로 굴절 광선이 법선 쪽으로 꺾였는지, 법선에서 멀어졌는지를 보아 두 매질의 굴절률 대소를 연결한다.

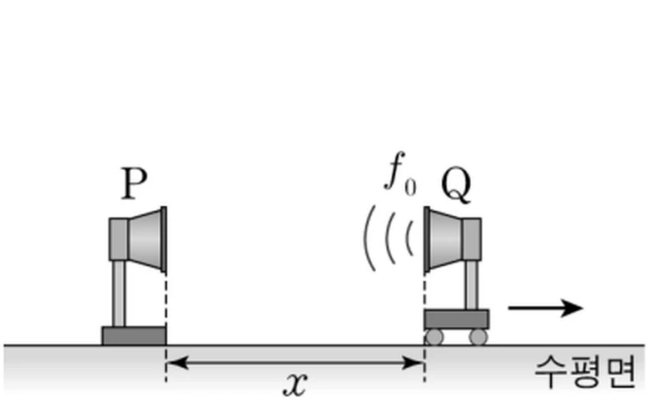
암기 포인트

전반사: 큰 굴절률에서 작은 굴절률로, 입사각은 임계각보다 크다. 굴절률이 클수록 속력은 작다.

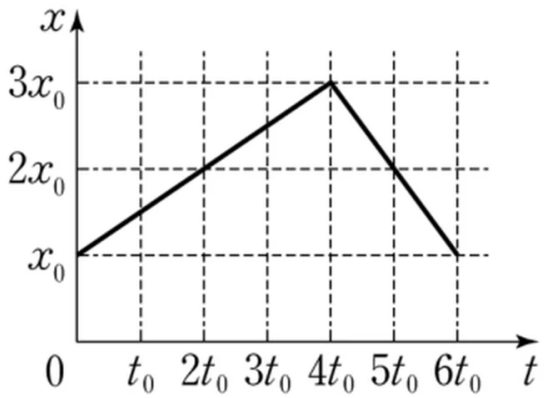
NoteBase

문 16. 그림 (가)는 수평면에서 진동수가 f_0인 음파를 발생시키는 음원 Q가 정지해 있는 음파 측정기 P에 대해서 동일 직선상에서 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 P, Q 사이의 거리 x를 시간 t에 따라 나타낸 것이다. $t = 2t_0, 5t_0$일 때 Q가 발생시킨 음파를 측정한 진동수는 각각 $\frac{12}{13}f_0$, f_1이었다.

f_1은? (단, 음속은 일정하다)



(가)



(나)

① $\frac{11}{10}f_0$
② $\frac{6}{5}f_0$
③ $\frac{13}{10}f_0$
④ $\frac{7}{5}f_0$
⑤ $\frac{3}{2}f_0$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 거리-시간 그래프에서 음원의 속도를 읽고, 정지한 관측자에 대한 움직이는 음원의 도플러 효과 공식을 적용해 $t = 5t_0$일 때의 측정 진동수 f_1을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

관측기 P는 정지해 있고, 음원 Q만 같은 직선 위에서 움직인다.
0부터 $4t_0$까지 거리는 x_0에서 $3x_0$로 증가하므로 Q는 P에서 멀어지고, 속력은 $(3x_0 - x_0)/(4t_0) = x_0/(2t_0)$이다.
$4t_0$부터 $6t_0$까지 거리는 $3x_0$에서 x_0로 감소하므로 Q는 P에 가까워지고, 속력은 $(3x_0 - x_0)/(2t_0) = x_0/t_0$이다.
$t = 2t_0$일 때 측정 진동수는 $(12/13)f_0$이고, 이때 음원은 관측자에게서 멀어진다.

사용할 공식

정지한 관측자와 움직이는 음원에 대한 도플러 효과는 음원이 멀어질 때
$f' = f_0 \frac{v}{v + v_s}$
이고, 음원이 가까워질 때
$f' = f_0 \frac{v}{v - v_s}$
이다.
여기서 v는 음속, v_s는 음원의 속력이다. 음원이 멀어지면 파장이 길어져 진동수가 작아지고, 가까워지면 파장이 짧아져 진동수가 커지므로 분모의 부호가 달라진다.

계산 과정

1. $t = 2t_0$에서는 음원이 멀어지고 있으므로 $v_s = x_0/(2t_0)$이다.
$\frac{12}{13} f_0 = f_0 \frac{v}{v + x_0/(2t_0)}$
$\frac{12}{13} = \frac{v}{v + x_0/(2t_0)}$
$13v = 12v + 6\frac{x_0}{t_0}$
따라서 $v = 6x_0/t_0$이다.
2. $t = 5t_0$에서는 음원이 관측자에게 가까워지고 있으므로 $v_s = x_0/t_0$이다.
$f_1 = f_0 \frac{6x_0/t_0}{6x_0/t_0 - x_0/t_0} = f_0 \frac{6}{5}$
따라서 $f_1 = (6/5)f_0$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $11/10 f_0$는 계산 결과 $(6/5)f_0$와 다르다. 틀린 표현은 $11/10 f_0$이고, 올바르게는 $(6/5)f_0$이다.

② O
- $t = 5t_0$에서 음원은 관측자에게 가까워지므로 $f_1 = f_0 \cdot 6/5 = (6/5)f_0$이다.

③ X
- $13/10 f_0$는 접근할 때의 음원 속력 x_0/t_0와 음속 $6x_0/t_0$를 공식에 넣은 값이 아니다. 틀린 표현은 $13/10 f_0$이고, 올바르게는 $(6/5)f_0$이다.

④ X
- $7/5 f_0$는 분모가 5가 되어야 하는 접근 상황의 도플러 식 $v/(v - v_s) = 6/5$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 $7/5 f_0$이고, 올바르게는 $(6/5)f_0$이다.

⑤ X
- $3/2 f_0$는 $t = 5t_0$에서의 실제 비율 $v/(v - v_s) = 6/(6 - 1) = 6/5$보다 크다. 틀린 표현은 $3/2 f_0$이고, 올바르게는 $(6/5)f_0$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 그래프의 기울기를 한 구간으로만 보는 것이다. $t = 2t_0$에서는 Q가 멀어지므로 $+v_s$를 분모에 넣고, $t = 5t_0$에서는 Q가 가까워지므로 $-v_s$를 분모에 넣어야 한다. 두 시각의 음원 속력도 각각 $x_0/(2t_0)$, x_0/t_0로 서로 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

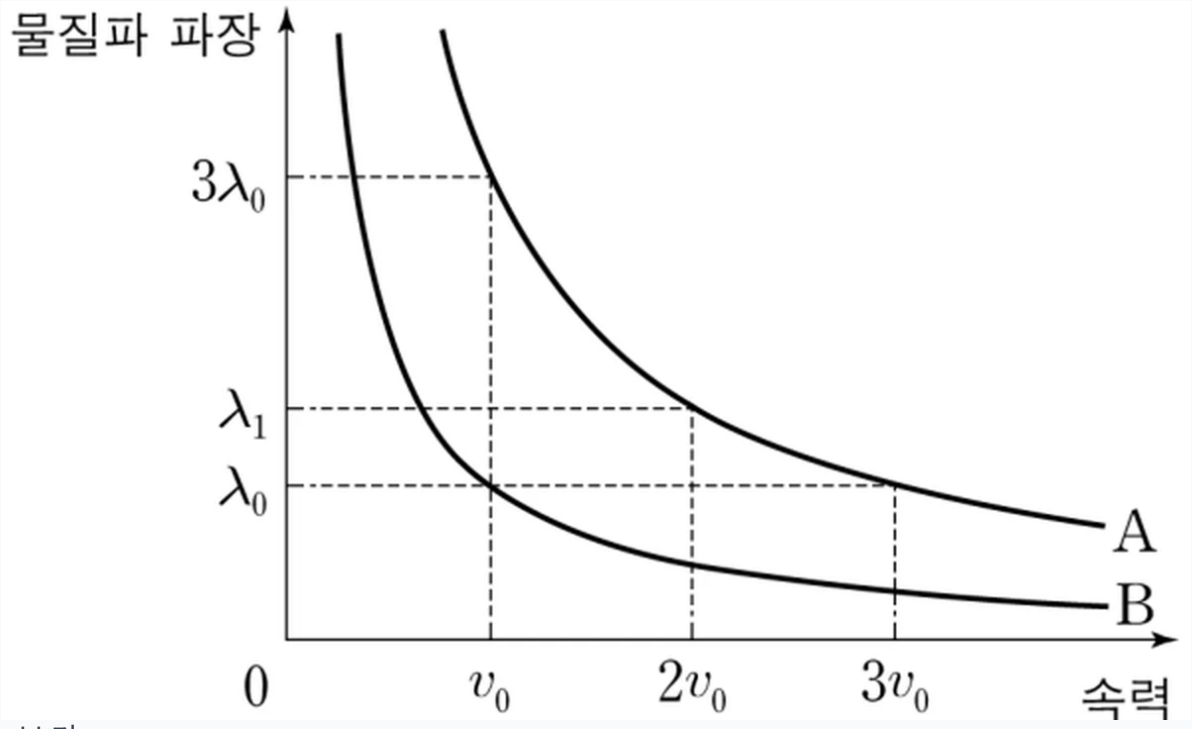
정지한 관측자와 움직이는 음원 문제는 먼저 그래프 기울기로 음원의 속력을 구하고, 거리가 증가하면 멀어지는 경우 $f' = f_0 v/(v + v_s)$, 거리가 감소하면 가까워지는 경우 $f' = f_0 v/(v - v_s)$로 판단한다.

암기 포인트

움직이는 음원은 가까워질 때 분모가 $v - v_s$, 멀어질 때 분모가 $v + v_s$이다. 가까워지면 진동수는 커지고, 멀어지면 진동수는 작아진다.

NoteBase

문 17. 그림은 입자 A, B의 물질파 파장을 속력에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. $\lambda_1 = \frac{4}{3}\lambda_0$이다.

ㄴ. 질량은 B가 A의 3배이다.

ㄷ. 물질파 파장이 λ_0로 같을 때 운동 에너지는 A가 B의 9배이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 드브로이 물질파 파장 $\lambda = h/(mv)$를 이용해 그래프의 λv 값, 질량비, 운동에너지비를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

그래프에서 A는 v_0일 때 $3\lambda_0$, $2v_0$일 때 λ_1, $3v_0$일 때 λ_0이다.
그래프에서 B는 v_0일 때 λ_0이다.
물질파 파장은 속력에 반비례하므로 같은 입자에 대해 λv가 일정하다.

사용할 공식

물질파 파장 공식은 $\lambda = h/(mv)$이다.
따라서 $\lambda v = h/m$이고, λv가 클수록 질량 m은 작다.
운동에너지는 $K = (1/2)mv^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 그래프가 파장과 속력의 관계를 주고, 선지들이 파장값, 질량비, 운동에너지비를 묻기 때문이다.

계산 과정

A의 그래프에서 $3v_0$일 때 파장이 λ_0이므로 A에 대해 $\lambda v = 3\lambda_0 v_0$이다.
따라서 A가 $2v_0$일 때 $\lambda_1 \cdot 2v_0 = 3\lambda_0 v_0$이므로 $\lambda_1 = (3/2)\lambda_0$이다.
B는 v_0일 때 λ_0이므로 B에 대해 $\lambda v = \lambda_0 v_0$이다.
$\lambda v = h/m$이므로 $m_B/m_A = (h/(\lambda_0 v_0))/(h/(3\lambda_0 v_0)) = 3$이다.
파장이 λ_0일 때 A의 속력은 $3v_0$, B의 속력은 v_0이다. 따라서 $K_A/K_B = (m_A \cdot 9v_0^2)/(m_B \cdot v_0^2) = 9/3 = 3$이다.

선지 판단

① X
- ①은 ㄱ만 옳다는 선택지이다. ㄱ의 "$\lambda_1 = (4/3)\lambda_0$"가 틀렸다. 올바르게는 $\lambda_1 = (3/2)\lambda_0$이다.

② O
- ②는 ㄴ만 옳다는 선택지이다. $\lambda v = h/m$에서 A의 λv가 B의 3배이므로 질량은 B가 A의 3배이다.

③ X
- ③은 ㄱ, ㄷ이 옳다는 선택지이다. ㄱ은 $(4/3)\lambda_0$가 아니라 $(3/2)\lambda_0$이고, ㄷ은 운동에너지비가 9배가 아니라 3배이므로 틀렸다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄷ이 옳다는 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄷ의 "A가 B의 9배"가 틀렸다. 올바르게는 A가 B의 3배이다.

⑤ X
- ⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다는 선택지이다. ㄴ만 옳고 ㄱ과 ㄷ이 틀리므로 정답 조합이 아니다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 파장이 $1/v$에 비례한다는 점을 놓치고 그래프의 눈금 비율을 잘못 읽게 하는 것이다. 특히 ㄱ은 A의 λv가 $3\lambda_0 v_0$로 일정하다는 점을 써야 하고, ㄷ은 속력만 3배라고 해서 운동에너지가 바로 9배가 되는 것이 아니라 질량비 $m_B = 3m_A$까지 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

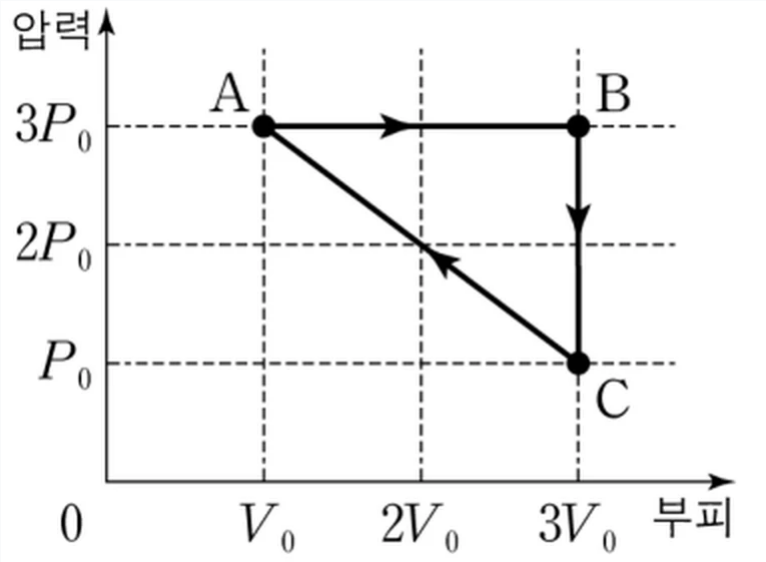
물질파 그래프 문제는 먼저 $\lambda v = h/m$로 각 입자의 일정한 값을 찾고, 그다음 질량은 λv에 반비례한다고 판단한다. 운동에너지를 비교할 때는 속력비만 보지 않고 $K = (1/2)mv^2$에 질량비까지 함께 넣는다.

암기 포인트

물질파는 $\lambda = h/(mv)$, 같은 입자에서는 λv 일정, 입자끼리 비교할 때는 $m \propto 1/(\lambda v)$이다.

문 18. 그림은 일정량의 단원자 이상 기체가 상태 $A \to B \to C \to A$를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. $A \to B$ 과정에서 기체가 흡수한 열량은 $12P_0V_0$이다.

ㄴ. $B \to C$ 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 $9P_0V_0$이다.

ㄷ. $A \to B \to C \to A$ 과정에서 기체가 외부에 한 일의 절댓값은 $2P_0V_0$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 PV 그래프에서 기체가 한 일 $W = \int PdV$, 단원자 이상기체의 내부에너지 $U = \frac{3}{2}PV$, 열역학 제1법칙 $Q = \Delta U + W$를 함께 적용하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

상태 A는 $(V_0, 3P_0)$, 상태 B는 $(3V_0, 3P_0)$, 상태 C는 $(3V_0, P_0)$이다.
단원자 이상기체이므로 내부에너지는 $U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV$이다.
A→B는 등압 팽창, B→C는 등적 냉각, C→A는 직선 경로 압축이다.

사용할 공식

기체가 한 일은 PV 그래프 아래 면적이므로 $W = \int PdV$이다.
단원자 이상기체의 내부에너지 변화는 $\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(PV)$이다.
기체가 흡수한 열량은 열역학 제1법칙에 따라 $Q = \Delta U + W$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 보기 ㄱ은 흡수한 열량, 보기 ㄴ은 내부에너지 감소량, 보기 ㄷ은 한 일의 크기를 각각 묻기 때문이다.

계산 과정

1. A→B에서 일은 등압 과정이므로 $W_{AB} = 3P_0(3V_0 - V_0) = 6P_0V_0$이다. 내부에너지 변화는 $\Delta U_{AB} = \frac{3}{2}(9P_0V_0 - 3P_0V_0) = 9P_0V_0$이다. 따라서 $Q_{AB} = 9P_0V_0 + 6P_0V_0 = 15P_0V_0$이다.
2. B→C는 부피가 일정하므로 $W_{BC} = 0$이다. 내부에너지 변화는 $\Delta U_{BC} = \frac{3}{2}(3P_0V_0 - 9P_0V_0) = -9P_0V_0$이므로 내부에너지 감소량은 $9P_0V_0$이다.
3. 한 순환 과정에서는 처음과 끝이 같은 상태이므로 전체 $\Delta U = 0$이다. 따라서 순환 과정에서 기체가 한 일은 PV 그래프가 둘러싼 면적과 같고, 삼각형의 넓이는 $\frac{1}{2} \cdot 2V_0 \cdot 2P_0 = 2P_0V_0$이다.

선지 판단

ㄱ X - A→B 과정에서 흡수한 열량은 $12P_0V_0$이 아니라 $15P_0V_0$이다. 틀린 표현은 "$12P_0V_0$"이고, 올바르게는 "$15P_0V_0$"이다.
ㄴ O - B→C 과정은 등적 과정이라 일은 0이고, PV가 $9P_0V_0$에서 $3P_0V_0$로 줄어든다. 따라서 내부에너지 변화는 $-9P_0V_0$이고 감소량은 $9P_0V_0$이다.
ㄷ O - 한 순환 과정에서 내부에너지 변화는 0이고, 기체가 한 일은 PV 그래프 내부 삼각형의 면적이다. 그 절댓값은 $2P_0V_0$이다.
① X - ㄱ만 옳다고 했지만 ㄱ은 틀리고 ㄴ, ㄷ이 옳다. 틀린 표현은 "ㄱ"이고, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.
② X - ㄴ만 옳다고 했지만 ㄷ도 옳다. 틀린 표현은 "ㄴ"이고, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.
③ X - ㄱ, ㄷ이라고 했지만 ㄱ은 틀리고 ㄴ이 옳다. 틀린 표현은 "ㄱ, ㄷ"이고, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.
④ O - 옳은 보기는 ㄴ, ㄷ이므로 ④가 맞다.
⑤ X - ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다고 했지만 ㄱ이 틀리다. 틀린 표현은 "ㄱ, ㄴ, ㄷ"이고, 올바르게는 "ㄴ, ㄷ"이다.

오답 포인트

ㄱ의 함정은 A→B에서 한 일 $6P_0V_0$만 보거나 내부에너지 변화를 잘못 더해 열량을 $12P_0V_0$로 계산하는 데 있다. 열량은 상태량이 아니라 경로량이므로, 등압 과정에서도 반드시 $Q = \Delta U + W$로 판단해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

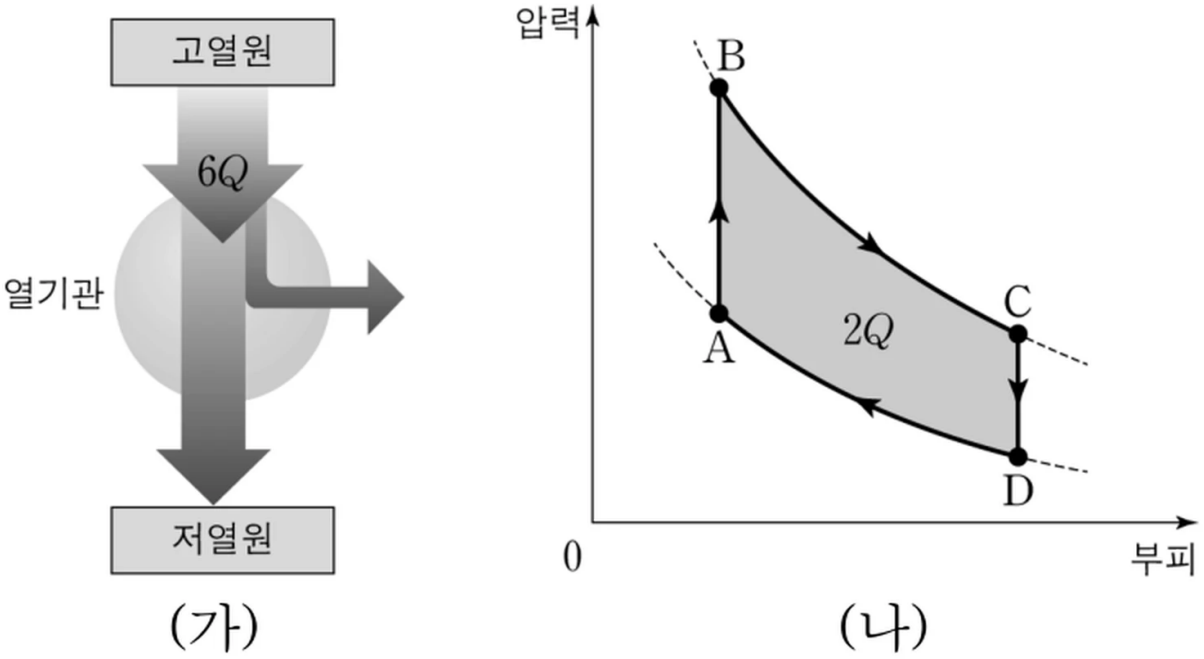
PV 그래프 문제는 먼저 각 상태의 PV값을 구해 내부에너지 변화를 계산하고, 다음으로 그래프 면적의 부호를 이용해 일을 계산한 뒤, 마지막에 $Q = \Delta U + W$를 적용한다.

암기 포인트

단원자 이상기체는 $U = \frac{3}{2}PV$이고, 순환 과정의 전체 내부에너지 변화는 0이다. PV 그래프에서 순환 과정의 일은 닫힌 도형의 면적으로 판단한다.

NoteBase

문 19. 그림 (가)는 한 번 순환하는 동안 고열원으로부터 $6Q$의 열을 흡수하여 일을 하고 저열원으로 열을 방출하는 열기관을, (나)는 (가)의 열기관에 있는 일정량의 이상 기체의 상태가 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$를 따라 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. $A \rightarrow B$ 과정, $C \rightarrow D$ 과정은 등적 과정이고, $B \rightarrow C$ 과정, $D \rightarrow A$ 과정은 등온 과정이다. $B \rightarrow C$ 과정에서 기체가 흡수한 열은 $4Q$이고, 색칠한 부분의 면적은 $2Q$이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. 열기관의 열효율은 $\frac{2}{3}$이다.

ㄴ. $A \rightarrow B$ 과정에서 기체가 흡수한 열량과 $C \rightarrow D$ 과정에서 기체가 방출한 열량은 같다.

ㄷ. $D \rightarrow A$ 과정에서 기체가 받은 일의 절댓값은 $2Q$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 열기관의 한 순환에서 흡수열, 방출열, 순일, 열효율의 관계와 등온 과정의 일-열 관계를 이용해 보기 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 참거짓을 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 열기관은 고열원에서 $6Q$의 열을 흡수하고, p-V 그래프의 순환 면적은 $2Q$이다. $B \to C$ 과정에서 기체가 흡수한 열은 $4Q$이다.
구해야 할 값: 열효율, $A \to B$와 $C \to D$의 열량 관계, $D \to A$에서 기체가 받은 일의 절댓값이다.
주의할 조건: $A \to B$, $C \to D$는 등적 과정이므로 일은 0이고, $B \to C$, $D \to A$는 등온 과정이므로 이상기체의 내부에너지 변화가 0이다.

사용할 공식

열기관의 열효율은
$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}}$
이다. 한 순환에서 p-V 그래프가 둘러싼 면적은 기체가 한 순일 W_{net}이다. 등온 과정에서는 $\Delta U = 0$이므로 $Q = W$이고, 등적 과정에서는 $W = 0$이므로 $Q = \Delta U$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 흡수열 $6Q$, 순환 면적 $2Q$, 등온·등적 과정의 정보가 직접 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 순환 면적이 $2Q$이므로 열기관의 순일은 $W_{\text{net}} = 2Q$이다.
2. 고열원에서 흡수한 총열량이 $Q_{\text{in}} = 6Q$이므로 열효율은
$\eta = \frac{2Q}{6Q} = \frac{1}{3}$
이다.
3. $B \to C$에서 흡수한 열이 $4Q$이고 총 흡수열이 $6Q$이므로, 나머지 흡수열은 $A \to B$에서의 $2Q$이다.
4. 등온 팽창 $B \to C$에서 $Q_{BC} = W_{BC} = 4Q$이다. 순일이 $2Q$이므로 등온 압축 $D \to A$에서 기체가 한 일은 $W_{DA} = -2Q$이고, 따라서 기체가 받은 일의 절댓값은 $2Q$이다.
5. 한 순환에서 내부에너지 변화의 합은 0이다. 등적 과정 $A \to B$와 $C \to D$는 서로 반대 방향의 온도 변화이므로 $A \to B$에서 흡수한 열량 $2Q$와 $C \to D$에서 방출한 열량 $2Q$의 크기가 같다.

보기 판단

ㄱ. X - 열효율은 $\eta = W_{\text{net}}/Q_{\text{in}} = 2Q/6Q = 1/3$이다. 틀린 표현: 열효율은 2/3이다. 올바르게는 열기관의 열효율은 1/3이다.
ㄴ. O - 총 흡수열 $6Q$ 중 $B \to C$에서 $4Q$를 흡수하므로 $A \to B$에서 흡수한 열은 $2Q$이다. 등적 냉각인 $C \to D$에서는 같은 크기의 내부에너지 감소가 일어나 $2Q$를 방출하므로 두 열량의 크기가 같다.
ㄷ. O - $D \to A$는 등온 압축이므로 $\Delta U = 0$이고 $Q_{DA} = W_{DA}$이다. 순일 $2Q$와 $B \to C$의 일 $4Q$를 비교하면 $D \to A$에서 기체가 한 일은 $-2Q$이므로, 기체가 받은 일의 절댓값은 $2Q$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X - ①은 ㄱ만 고른 선택지이다. ㄱ은 열효율을 2/3으로 본 점이 틀렸고, 올바르게는 1/3이다.
② X - ②는 ㄴ만 고른 선택지이다. ㄴ은 맞지만 ㄷ도 맞으므로, 옳은 것을 있는 대로 고른 선택지가 아니다. 올바른 선택은 ㄴ, ㄷ이다.
③ X - ③은 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄷ은 맞지만 ㄱ이 틀렸으므로 정답이 될 수 없다. 올바른 선택은 ㄴ, ㄷ이다.
④ O - ④는 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄴ은 $A \to B$ 흡수열과 $C \to D$ 방출열의 크기가 모두 $2Q$라서 맞고, ㄷ은 $D \to A$에서 기체가 받은 일의 절댓값이 $2Q$라서 맞다.
⑤ X - ⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른 선택지이다. ㄴ과 ㄷ은 맞지만 ㄱ이 틀렸으므로 정답이 될 수 없다. 올바른 선택은 ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 고열원에서 받은 $6Q$와 순환 면적 $2Q$를 혼동하는 것이다. 열효율의 분자는 그래프 면적인 순일 $2Q$이고, 분모는 고열원에서 받은 전체 흡수열 $6Q$이다. 또한 등온 과정에서는 열량과 일이 같지만, 등적 과정에서는 일이 0이고 열량이 내부에너지 변화가 된다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

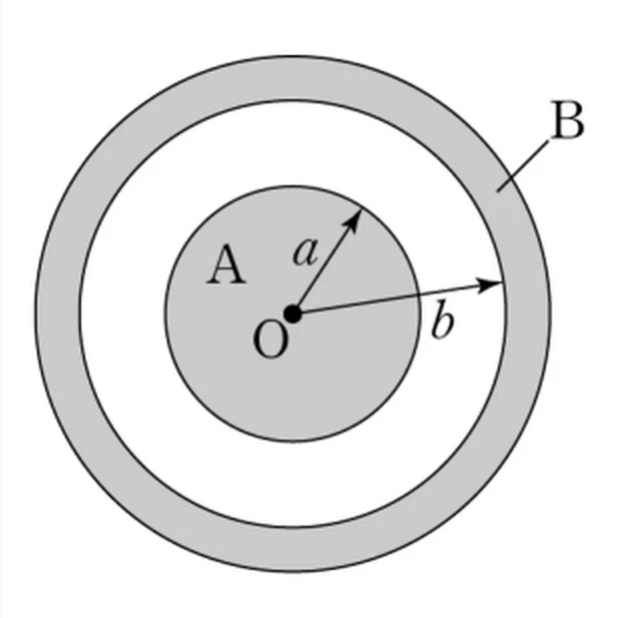
열기관 순환 문제는 먼저 그래프 면적으로 순일을 정하고, 전체 흡수열로 열효율을 계산한 뒤, 등온 과정은 $Q = W$, 등적 과정은 $W = 0$으로 나누어 각 과정의 열과 일을 판단한다.

암기 포인트

열기관 효율은 =순일/흡수열이다. p-V 순환의 면적은 순일이고, 등온은 $Q = W$, 등적은 $Q = \Delta U$이다.

NoteBase

문 20. 그림은 점 O를 중심으로 하는 속이 꽉 찬 구형 도체 A와 속이 빈 구형 도체 B로 이루어진 구형 축전기를 나타낸 것이다. A의 반지름은 a이고, B의 안쪽 반지름은 b이며, $b > a$이다. 이 축전기의 전기용량은? (단, 두 도체 사이는 진공이며, 진공의 유전율은 ε_0이다)



① $\frac{2\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$
② $\frac{2\pi\varepsilon_0 a}{\ln(b/a)}$
③ $\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$
④ $\frac{4\pi\varepsilon_0 a}{\ln(b/a)}$
⑤ $\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b+a}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 동심 구형 축전기에서 가우스 법칙으로 전기장을 구한 뒤 전위차와 전기용량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 안쪽 도체 A의 반지름은 a, 바깥쪽 속이 빈 구형 도체 B의 안쪽 반지름은 b, 두 도체 사이는 진공이고 유전율은 ε_0이다.
구해야 할 값: 두 도체로 이루어진 구형 축전기의 전기용량 C이다.
주의할 조건: 도체 사이 전기장은 원통 대칭이 아니라 구대칭이므로 면적 $4\pi r^2$을 쓰는 구면 가우스면을 잡아야 한다.

NoteBase

사용할 공식

가우스 법칙으로 $a < r < b$에서
$E(r)4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$
이므로
$E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
이다.

전위차는
$V = \int_a^b E(r)dr$
이고, 전기용량은
$C = \frac{Q}{V}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유: 전하가 중심을 기준으로 구대칭으로 분포하므로 반지름 r인 구면에서 전기장의 크기가 일정하다.

계산 과정

1. 도체 사이 전기장은 $E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$이다.
2. 두 도체 사이 전위차는
$V = \int_a^b \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_a^b$
이다.
3. 따라서
$V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{b-a}{ab}$
이다.
4. 전기용량은
$C = \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $\frac{2\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$는 구형 축전기의 계수 4π를 2π로 잘못 쓴 값이다. 틀린 표현 $2\pi\varepsilon_0$ → 올바르게는 $4\pi\varepsilon_0$이다.

② X
- $\frac{2\pi\varepsilon_0 a}{\ln(b/a)}$는 로그가 들어가므로 구형 축전기가 아니라 원통형 축전기 적분 형태에 가깝다. 틀린 표현 $\ln(b/a)$ → 올바르게는 $b-a$가 분모에 오고 분자는 $4\pi\varepsilon_0 ab$이다.

③ O
- 계산 결과가 $\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$와 일치한다.

④ X
- $\frac{4\pi\varepsilon_0 a}{\ln(b/a)}$는 로그 항을 사용했으므로 구형 대칭의 전위차 적분 결과가 아니다. 틀린 표현 $\ln(b/a)$ → 올바르게는 $b-a$이고, b도 분자에 포함되어 $\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$가 된다.

⑤ X
- $\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b+a}$는 전위차 계산에서 $\frac{1}{a}-\frac{1}{b}=\frac{b-a}{ab}$가 되는 것을 잘못 처리한 값이다. 틀린 표현 $b+a$ → 올바르게는 $b-a$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 구형 축전기를 원통형 축전기처럼 처리하여 $\ln(b/a)$를 쓰게 만드는 데 있다. 구형은 가우스면 면적이 $4\pi r^2$이므로 적분하면 로그가 아니라 $1/a-1/b$가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

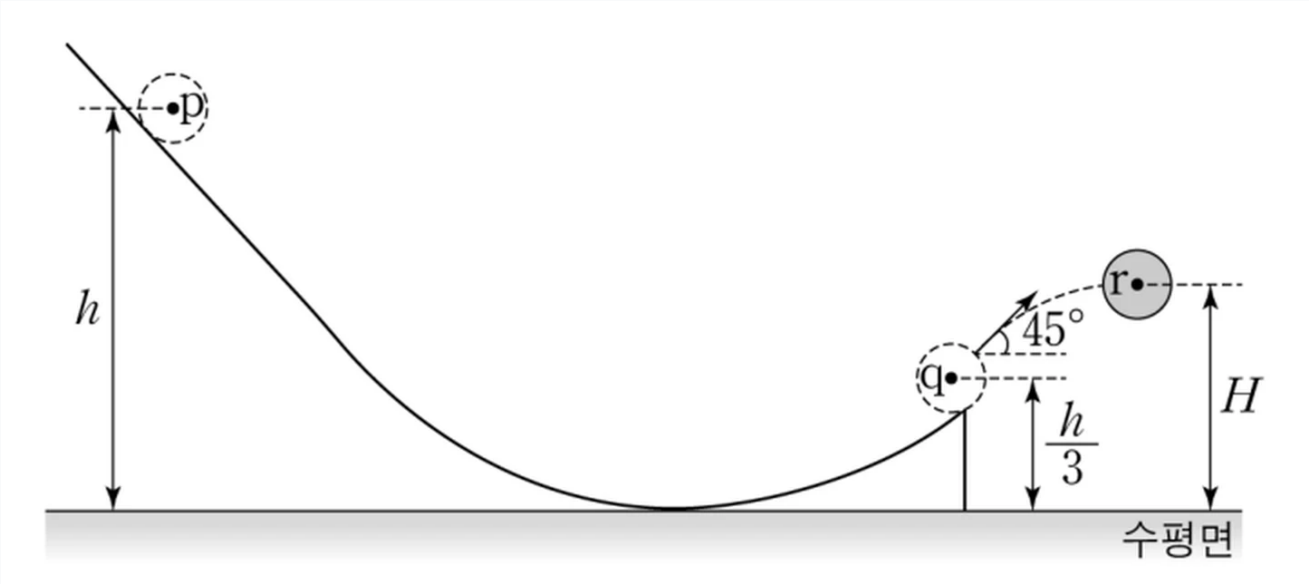
동심 구형 도체 문제는 $4\pi r^2$ 구면 가우스면 → $E\propto 1/r^2$ → $V=\int_a^b E dr$ → $C=Q/V$ 순서로 판단한다. 분모가 $b-a$인지, 로그가 들어갔는지를 먼저 확인한다.

암기 포인트

구형 축전기: $C=\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$. 원통형 축전기에서 로그가 나오고, 구형 축전기에서는 $b-a$가 나온다.

NoteBase

문 22. 그림과 같이 높이 h인 점 p에 가만히 놓은 공이 곡면을 따라 미끄러짐 없이 굴러가다가, 높이 $\frac{h}{3}$인 점 q에서부터 포물선 운동하여 높이 H인 최고점 r를 지난다. 공이 q를 지날 때 공의 질량 중심의 속도 방향은 수평면에 대해 45°의 각이다. 공의 밀도는 균일하고, 질량은 M, 반지름은 R이며, 공의 질량 중심에 대한 관성모멘트는 $\frac{2}{5}MR^2$이다. H는? (단, 공의 질량 중심은 p, q, r을 지나고, 동일 연직면상에서 운동하며, 공기 저항은 무시한다)



① $\frac{1}{2}h$
② $\frac{7}{13}h$
③ $\frac{4}{7}h$
④ $\frac{3}{5}h$
⑤ $\frac{5}{8}h$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 미끄러짐 없는 구름 운동의 에너지 보존과 포물선 운동의 최고점 상승량을 이용해 최고 높이 H를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 처음 질량중심 높이 h, 점 q의 높이 $h/3$, 점 q에서 속도 방향은 수평면에 대해 45°, 구의 관성모멘트는 $I=(2/5)MR^2$이다.
구해야 할 값: 포물선 운동 중 최고점 r의 높이 H이다.
주의할 조건: p에서 q까지는 미끄러짐 없는 구름 운동이므로 병진 운동에너지와 회전 운동에너지를 모두 포함한다. q 이후 최고점 계산은 질량중심의 포물선 운동으로 판단한다.

사용할 공식

에너지 보존식은 $Mgh=Mg\frac{h}{3}+\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}I\omega^2$이고, 미끄러짐 없는 구름 운동에서는 $v=R\omega$이다.
포물선 운동에서 최고점까지 추가로 올라가는 높이는 $\Delta y=\frac{v_y^2}{2g}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 공이 곡면 위에서는 정지마찰이 일을 하지 않는 구름 운동을 하므로 역학적 에너지가 보존되고, 점 q를 떠난 뒤에는 중력만 받는 포물선 운동이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 점 q에서의 속력을 v라 하면 $I=(2/5)MR^2$, $\omega=v/R$이므로 회전 운동에너지는 $\frac{1}{2}I\omega^2=\frac{1}{2}\cdot\frac{2}{5}MR^2\cdot\frac{v^2}{R^2}=\frac{1}{5}Mv^2$이다.
2. 에너지 보존식을 정리하면 $Mgh=Mg\frac{h}{3}+\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{5}Mv^2=Mg\frac{h}{3}+\frac{7}{10}Mv^2$이므로 $Mg\frac{2h}{3}=\frac{7}{10}Mv^2$이다. 따라서 $v^2=\frac{20}{21}gh$이다.
3. 점 q에서 속도 방향이 45°이므로 $v_y=v\sin 45^\circ=\frac{v}{\sqrt{2}}$이다. 최고점까지의 추가 상승 높이는 $\Delta y=\frac{v_y^2}{2g}=\frac{v^2/2}{2g}=\frac{v^2}{4g}=\frac{1}{4g}\cdot\frac{20}{21}gh=\frac{5}{21}h$이다.
4. 최고점의 전체 높이는 점 q의 높이 $h/3$에 추가 상승 높이를 더한 값이므로 $H=\frac{h}{3}+\frac{5h}{21}=\frac{7h}{21}+\frac{5h}{21}=\frac{12h}{21}=\frac{4}{7}h$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $H = (4/7)h$이다. $(1/2)h$는 최고점 높이를 실제보다 작게 잡은 값이다. 틀린 표현 $(1/2)h$ → 올바르게는 $(4/7)h$이다.

② X
- 계산 결과는 $H = (4/7)h$이다. $(7/13)h$는 에너지식과 포물선 상승량을 정확히 적용한 값이 아니다. 틀린 표현 $(7/13)h$ → 올바르게는 $(4/7)h$이다.

③ O
- 구름 운동 에너지 보존으로 $v^2 = (20/21)gh$이고, 45° 방향 포물선 운동의 추가 상승 높이는 $(5/21)h$이다. 여기에 점 q의 높이 $h/3$을 더하면 $H = (4/7)h$가 된다.

④ X
- 계산 결과는 $H = (4/7)h$이다. $(3/5)h$는 q의 기준 높이와 추가 상승 높이를 잘못 합친 값이다. 틀린 표현 $(3/5)h$ → 올바르게는 $(4/7)h$이다.

⑤ X
- 계산 결과는 $H = (4/7)h$이다. $(5/8)h$는 회전 운동에너지 또는 45°의 수직 성분을 정확히 반영한 값이 아니다. 틀린 표현 $(5/8)h$ → 올바르게는 $(4/7)h$이다.

계산 결과 $H = (4/7)h$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 공이 구르므로 운동에너지가 $(1/2)Mv^2$만이 아니라 $(1/2)Mv^2 + (1/2)I\omega^2$라는 점이다. 또 점 q 이후의 최고점 높이 H는 추가 상승 높이만이 아니라 이미 가지고 있는 높이 $h/3$까지 더한 전체 높이이다.

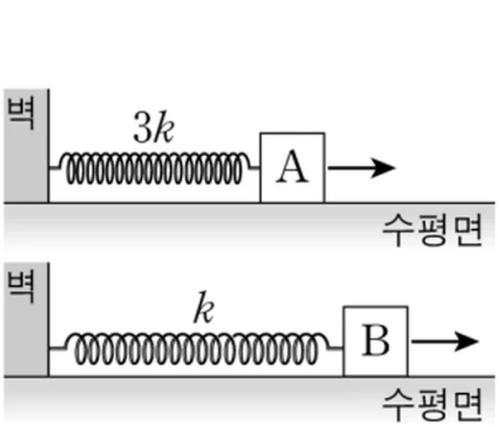
다시 나오면 이렇게 판단

구르는 물체가 곡면을 떠나 포물선 운동을 하는 문제는 먼저 구름 운동의 에너지 보존으로 이탈 지점의 속력 v를 구하고, 그다음 포물선 운동의 수직 성분 v_y로 최고점 상승량을 구한다.

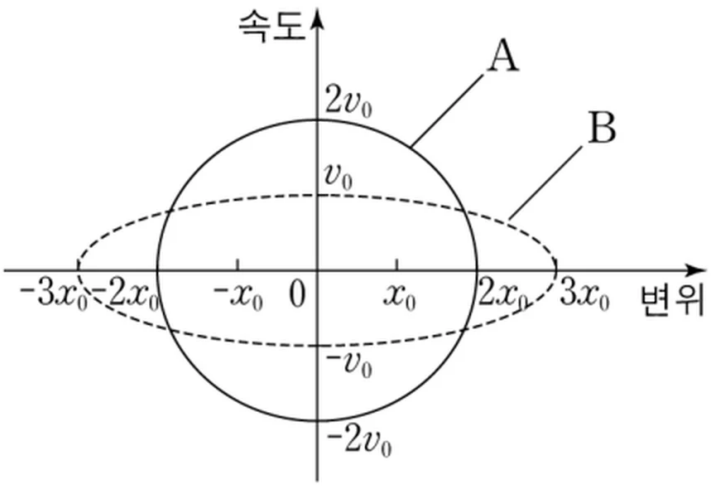
암기 포인트

속이 찬 구의 구름 운동은 $K = (1/2)Mv^2 + (1/5)Mv^2 = (7/10)Mv^2$이고, 포물선 최고점 추가 높이는 $v_y^2/(2g)$이다.

문 23. 그림 (가)는 수평면 위에서 용수철 상수가 각각 $3k$, k인 용수철에 연결된 물체 A, B가 수평 방향으로 단진동을 하는 것을, (나)는 (가)에서 A와 B의 속도와 변위를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용수철의 질량과 모든 마찰은 무시한다)



(가)



(나)

<보 기>

ㄱ. 각진동수는 B가 A의 $\frac{1}{3}$배이다.

ㄴ. 주기는 B가 A의 3배이다.

ㄷ. 질량은 B가 A의 3배이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 단진동의 속도-변위 그래프에서 진폭과 최대속도를 읽고, $v_{max} = A\omega$, $\omega = \sqrt{k/m}$, $T = 2\pi/\omega$를 이용해 각진동수, 주기, 질량비를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

A는 용수철 상수 $3k$인 용수철에 연결되어 있고, 그래프에서 진폭은 $2x_0$, 최대속도는 $2v_0$이다.
B는 용수철 상수 k인 용수철에 연결되어 있고, 그래프에서 진폭은 $3x_0$, 최대속도는 v_0이다.
용수철의 질량과 마찰은 무시한다.

사용할 공식

단진동에서 속도-변위 그래프의 가로 절편은 진폭 A, 세로 절편은 최대속도 $v_{\max}$이다.
$v_{\max} = A\omega$
용수철 진자의 각진동수와 주기는 다음과 같다.
$\omega = \sqrt{\frac{k_s}{m}}, \qquad T = \frac{2\pi}{\omega}$
여기서 k_s는 해당 물체에 연결된 용수철 상수이다.

계산 과정

1. A의 각진동수는 $\omega_A = \frac{2v_0}{2x_0} = \frac{v_0}{x_0}$이다.
2. B의 각진동수는 $\omega_B = \frac{v_0}{3x_0} = \frac{1}{3}\frac{v_0}{x_0} = \frac{1}{3}\omega_A$이다.
3. 주기는 각진동수에 반비례하므로 $T_B = 3T_A$이다.
4. 질량비는 $\omega_A^2 = \frac{3k}{m_A}$, $\omega_B^2 = \frac{k}{m_B}$를 이용한다.
$\left(\frac{\omega_B}{\omega_A}\right)^2 = \frac{1}{9} = \frac{k/m_B}{3k/m_A} = \frac{m_A}{3m_B}$
따라서 $m_B = 3m_A$이다.

선지 판단

ㄱ O: $\omega_B = \frac{1}{3}\omega_A$이므로 각진동수는 B가 A의 $\frac{1}{3}$배이다.
ㄴ O: $T = \frac{2\pi}{\omega}$이므로 각진동수가 $\frac{1}{3}$배인 B의 주기는 A의 3배이다.
ㄷ O: $\omega = \sqrt{k_s/m}$에 A의 용수철 상수 $3k$, B의 용수철 상수 k를 각각 넣으면 $m_B = 3m_A$가 된다.
① X: ㄱ만 옳다는 조합이다. 틀린 표현은 'ㄱ'만 선택한 부분이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.
② X: ㄷ만 옳다는 조합이다. 틀린 표현은 'ㄷ'만 선택한 부분이고, 올바르게는 ㄱ과 ㄴ도 함께 옳다.
③ X: ㄱ, ㄴ만 옳다는 조합이다. 틀린 표현은 ㄷ을 제외한 부분이고, 올바르게는 ㄷ도 옳다.
④ X: ㄴ, ㄷ만 옳다는 조합이다. 틀린 표현은 ㄱ을 제외한 부분이고, 올바르게는 ㄱ도 옳다.
⑤ O: ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 정답 조합이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 그래프의 가로 폭만 보고 각진동수를 판단하거나, 용수철 상수 차이를 질량비 계산에서 빠뜨리는 것이다. 각진동수는 진폭만으로 정해지지 않고 $v_{\max}/A$로 구해야 하며, 질량은 $\omega^2 = k_s/m$에서 해당 용수철 상수까지 함께 넣어 비교해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

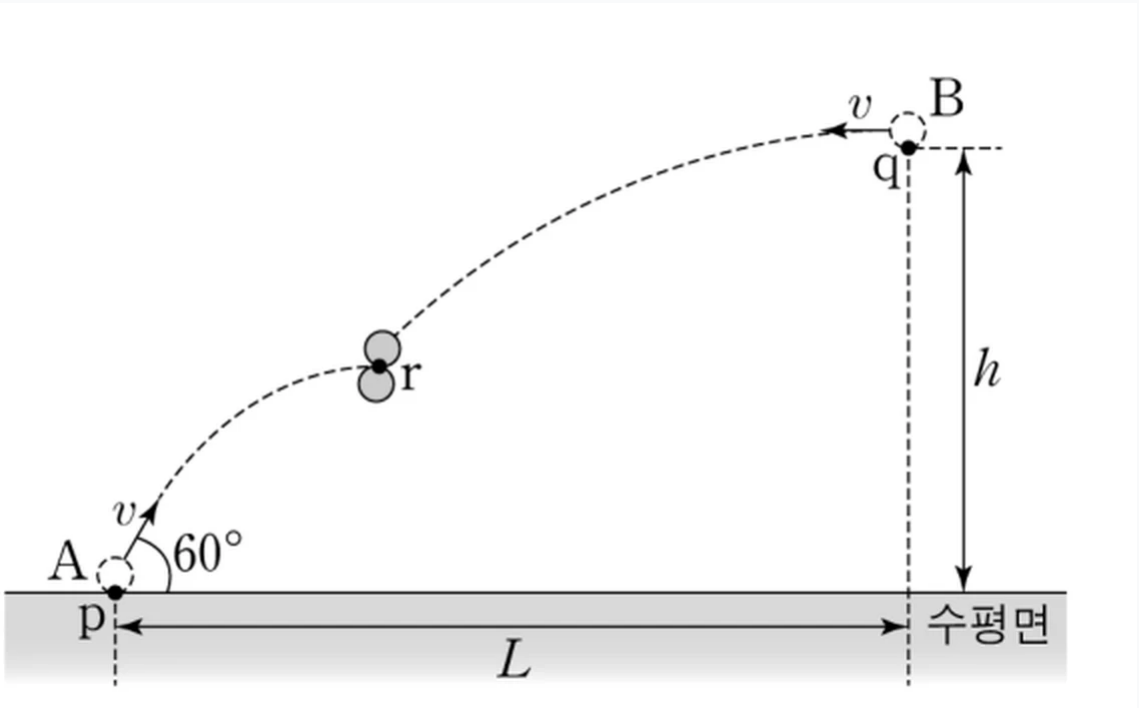
속도-변위 그래프가 나오면 먼저 가로 절편에서 진폭, 세로 절편에서 최대속도를 읽는다. 그다음 $\omega = v_{max}/A$로 각진동수비를 구하고, 주기는 각진동수의 역수비, 질량은 $\omega^2 = k_s/m$으로 판단한다.

암기 포인트

단진동 속도-변위 그래프에서는 가로 절편이 진폭, 세로 절편이 최대속도이고, $v_{max} = A\omega$, $T \propto 1/\omega$, $m \propto k_s/\omega^2$이다.

NoteBase

문 24. 그림과 같이 수평면에 대해 60°의 각으로 물체 A를 속력 v로 수평면 상의 점 p에서 던진 순간 높이 h인 점 q에서 물체 B를 수평 방향으로 속력 v로 던졌더니, A와 B가 점 r에서 만난다. r에서 A와 B가 만날 때 A의 속도 방향은 수평 방향이다. p와 q의 수평거리는 L이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력가속도는 g이고, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, 물체의 크기와 공기 저항은 무시한다)



<보 기>

ㄱ. $L = \sqrt{3}h$이다.

ㄴ. r에서 A와 B가 만날 때, A에 대한 B의 상대 속도의 크기는 $\sqrt{3}v$이다.

ㄷ. r의 높이는 $\frac{3v^2}{8g}$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 포물선 운동에서 두 물체의 만남 조건과 속도 조건을 동시에 이용해 L, 상대속도, 만남 높이를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

점 p를 원점, 오른쪽을 $+x$, 위쪽을 $+y$로 둔다.
A의 초기속도 성분은 $v_{Ax} = v\cos 60^\circ = \frac{v}{2}$, $v_{Ay} = v\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}v}{2}$이다.
B는 점 q에서 왼쪽 수평 방향으로 속력 v로 던져지므로 $v_{Bx} = -v$, $v_{By0} = 0$이다.
A와 B가 만나는 점 r에서 A의 속도 방향이 수평이므로, 그 순간 A의 수직속도는 0이다.

사용할 공식

등가속도 운동식은 다음과 같다.
$x = x_0 + v_x t$
$y = y_0 + v_{y0} t - \frac{1}{2} g t^2$
$v_y = v_{y0} - gt$
두 물체가 만난다는 것은 같은 시각에 x좌표와 y좌표가 모두 같다는 뜻이다. 또한 A의 속도 방향이 수평이라는 조건은 $v_{Ay} = 0$으로 바꾸어 사용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. A가 r에서 수평 속도를 가지므로
$0 = \frac{\sqrt{3}v}{2} - gt$
따라서 만나는 시각은 $t = \frac{\sqrt{3}v}{2g}$이다.

2. 이때 A의 높이는
$y_A = \frac{\sqrt{3}v}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}v}{2g} - \frac{1}{2}g\left(\frac{\sqrt{3}v}{2g}\right)^2 = \frac{3v^2}{8g}$
이다.

3. 같은 시각 B의 높이는
$y_B = h - \frac{1}{2}g\left(\frac{\sqrt{3}v}{2g}\right)^2 = h - \frac{3v^2}{8g}$
이고, $y_A = y_B$이므로
$h - \frac{3v^2}{8g} = \frac{3v^2}{8g}$
$h = \frac{3v^2}{4g}$
이다.

4. 수평 위치는 A가
$x_A = \frac{v}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}v}{2g} = \frac{\sqrt{3}v^2}{4g}$
이고, B가
$x_B = L - v \cdot \frac{\sqrt{3}v}{2g} = L - \frac{\sqrt{3}v^2}{2g}$
이다. $x_A = x_B$이므로
$L = \frac{3\sqrt{3}v^2}{4g} = \sqrt{3}h$
이다.

5. 만날 때 A의 속도는 $(\frac{v}{2}, 0)$, B의 속도는 $\left(-v,\ -\frac{\sqrt{3}v}{2}\right)$이다. A에 대한 B의 상대속도는
$\vec{v}_{B/A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A = \left(-\frac{3v}{2},\ -\frac{\sqrt{3}v}{2}\right)$
이고, 그 크기는
$|\vec{v}_{B/A}| = \sqrt{\left(\frac{3v}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}v}{2}\right)^2} = \sqrt{3}v$
이다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ. O
- 계산 결과 $h=\frac{3v^2}{4g}$, $L=\frac{3\sqrt{3}v^2}{4g}$이므로 $L=\sqrt{3}h$가 맞다.

ㄴ. O
- r에서 A의 속도는 수평 성분 $\frac{v}{2}$만 남고, B는 왼쪽 성분 $-v$와 아래쪽 성분 $-\frac{\sqrt{3}v}{2}$를 가진다. 따라서 A에 대한 B의 상대속도 크기는 $\sqrt{3}v$가 맞다.

ㄷ. O
- r은 A의 최고점이므로 높이는 $\frac{3v^2}{8g}$이다. 따라서 'r의 높이는 $\frac{3v^2}{8g}$이다'는 맞다.

① X
- ①은 ㄱ만 옳다고 보는 선택지이다. 실제로는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 틀리다. 틀린 표현 'ㄱ'만 선택 → 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

② X
- ②는 ㄴ만 옳다고 보는 선택지이다. ㄱ의 $L=\sqrt{3}h$와 ㄷ의 r 높이 $\frac{3v^2}{8g}$도 모두 옳으므로 틀리다. 틀린 표현 'ㄴ'만 선택 → 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

③ X
- ③은 ㄱ, ㄷ만 옳다고 보는 선택지이다. ㄴ의 상대속도 크기도 $\sqrt{3}v$로 옳으므로 틀리다. 틀린 표현 'ㄱ, ㄷ'만 선택 → 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄷ만 옳다고 보는 선택지이다. ㄱ의 $L=\sqrt{3}h$도 옳으므로 틀리다. 틀린 표현 'ㄴ, ㄷ'만 선택 → 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

⑤ O
- ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 ⑤가 정답이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 'A의 속도 방향이 수평'이라는 조건을 위치 조건이 아니라 수직속도 0 조건으로 바꾸어야 한다는 점이다. 또 상대속도는 속력 차가 아니라 벡터 차 $\vec{v}_B-\vec{v}_A$로 구해야 하므로, 수평 성분과 수직 성분을 모두 반영해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

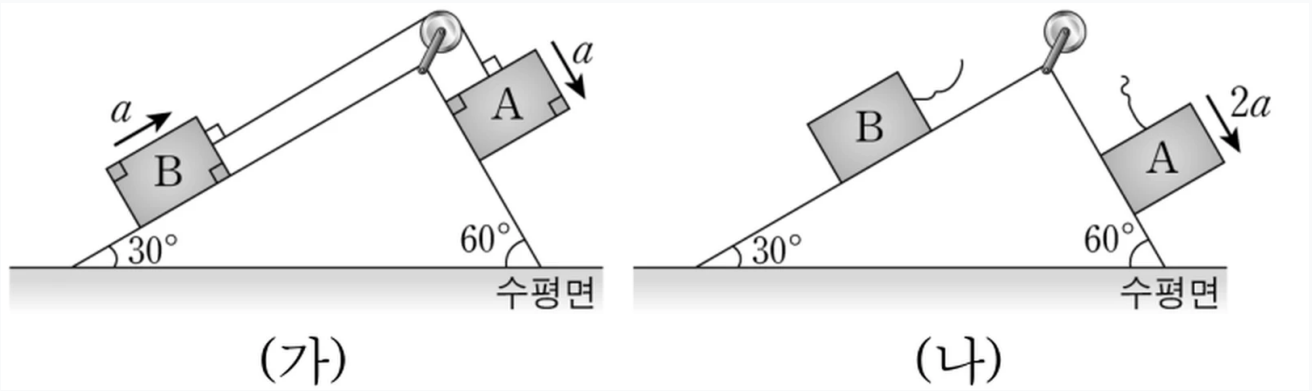
두 포물선 운동 물체가 만나는 문제는 먼저 공통 시간 t를 잡고, 특수 조건인 최고점·수평속도·동시 도달 조건을 식으로 바꾼다. 그다음 같은 시각의 x좌표와 y좌표를 각각 같게 놓아 거리와 높이를 구하고, 상대속도는 마지막에 벡터 성분으로 계산한다.

암기 포인트

포물선 운동에서 '속도 방향이 수평'은 $v_y = 0$이고, 상대속도는 속력의 단순한 차가 아니라 v_상대= v_대상- v_기준이다.

NoteBase

문 25. 그림 (가)와 같이 실로 연결된 두 물체 A, B가 빗면을 따라 크기가 a인 가속도로 등가속도 운동을 하다가, (나)와 같이 (가)에서 실이 끊어져 A는 빗면을 따라 크기가 $2a$인 가속도로 등가속도 운동을 하였다. 빗면이 수평면과 이루는 각은 각각 $30°$, $60°$이고, A, B의 질량은 각각 m_A, m_B이다. $\frac{m_B}{m_A}$는? (단, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다)



① $2-\sqrt{3}$

② $2\sqrt{3}-3$

③ $4-2\sqrt{3}$

④ $\sqrt{3}-1$

⑤ 1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 경사면 위 물체의 중력 성분과 연결된 두 물체의 등가속도 운동 방정식을 이용해 질량비 m_B/m_A를 구하는 문제이다.

조건 정리

경사면의 각도는 B 쪽이 $30°$, A 쪽이 $60°$이다.
(가)에서 B는 경사면 위쪽, A는 경사면 아래쪽으로 크기 a의 가속도로 운동한다.
(나)에서 실이 끊어진 뒤 A는 마찰이 없으므로 경사면 아래쪽으로 중력 성분만 받아 크기 $2a$의 가속도로 운동한다.
구해야 할 값은 m_B/m_A이다.

NoteBase

사용할 공식

경사면을 따라 내려가는 중력 성분은 $mg\sin\theta$이다.
실이 연결된 상태에서는 두 물체의 가속도 크기가 같고, 실 내부의 장력은 두 물체를 한 계로 보면 상쇄된다.
따라서 (가)에서는
$m_Ag\sin 60^\circ - m_Bg\sin 30^\circ = (m_A + m_B)a$
를 쓴다.
실이 끊어진 뒤 A는 단독으로 미끄러지므로
$g\sin 60^\circ = 2a$
를 쓴다.

계산 과정

먼저 (나)에서 A의 단독 가속도를 이용하면
$2a = g\sin 60^\circ$
이므로
a=g60^ 2
이다.
이를 (가)의 운동 방정식에 대입한다. $r = m_B/m_A$, 60^=3/2, $\sin 30^\circ = 1/2$라 두면
60^-r30^=(1+r)60^ 2
이다.
양변에 2를 곱하면
$2\sin 60^\circ - r = \sin 60^\circ + r\sin 60^\circ$
이고,
$\sin 60^\circ = r(1 + \sin 60^\circ)$
가 된다. 따라서
r=60^ 1+60^=3/2 1+3/2=3 2+3=23-3
이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- m_B/m_A는 2-3이 아니라 23-3이다. 이 값은 분모 2+3를 처리할 때 3이 곱해지는 것을 빠뜨린 형태에 가깝다.

② O

- 계산 결과 m_B/m_A=23-3이므로 맞다.

③ X

- m_B/m_A는 4-23이 아니라 23-3이다. 4-23은 2(2-3) 형태로, 질량비 식 3/(2+3)의 유리화를 잘못 처리한 값이다.

④ X

- m_B/m_A는 3-1이 아니라 23-3이다. 이는 연결 상태의 식에서 $(m_A + m_B)a$처럼 전체 질량에 가속도가 걸린다는 점을 제대로 반영하지 않으면 나올 수 있는 값이다.

⑤ X

- m_B/m_A는 1이 아니라 23-3이다. 두 경사각이 다르므로 두 물체의 질량이 같다고 바로 둘 수 없다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 실이 끊어진 뒤의 $2a$를 A의 단독 가속도 $g\sin 60^\circ$와 연결하지 못하게 하는 데 있다. 또 (가)에서 장력을 각각 따로 두고 부호를 헷갈리면 $m_Ag\sin 60^\circ - m_Bg\sin 30^\circ$가 아니라 두 성분을 잘못 더하거나, 우변의 $(m_A + m_B)a$를 빠뜨리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

연결된 물체 문제는 먼저 실제 운동 방향을 양의 방향으로 잡고, 두 물체를 한 계로 보아 장력을 제거한 뒤 외력의 경사면 방향 성분만 합산한다. 실이 끊어진 뒤 한 물체만 남으면 그 물체의 가속도는 해당 경사면의 $g\sin\theta$로 판단한다.

암기 포인트

마찰 없는 경사면 단독 운동은 $a = g\sin\theta$, 연결된 두 물체는 알짜 외력=(전체 질량)a로 정리한다.

NoteBase