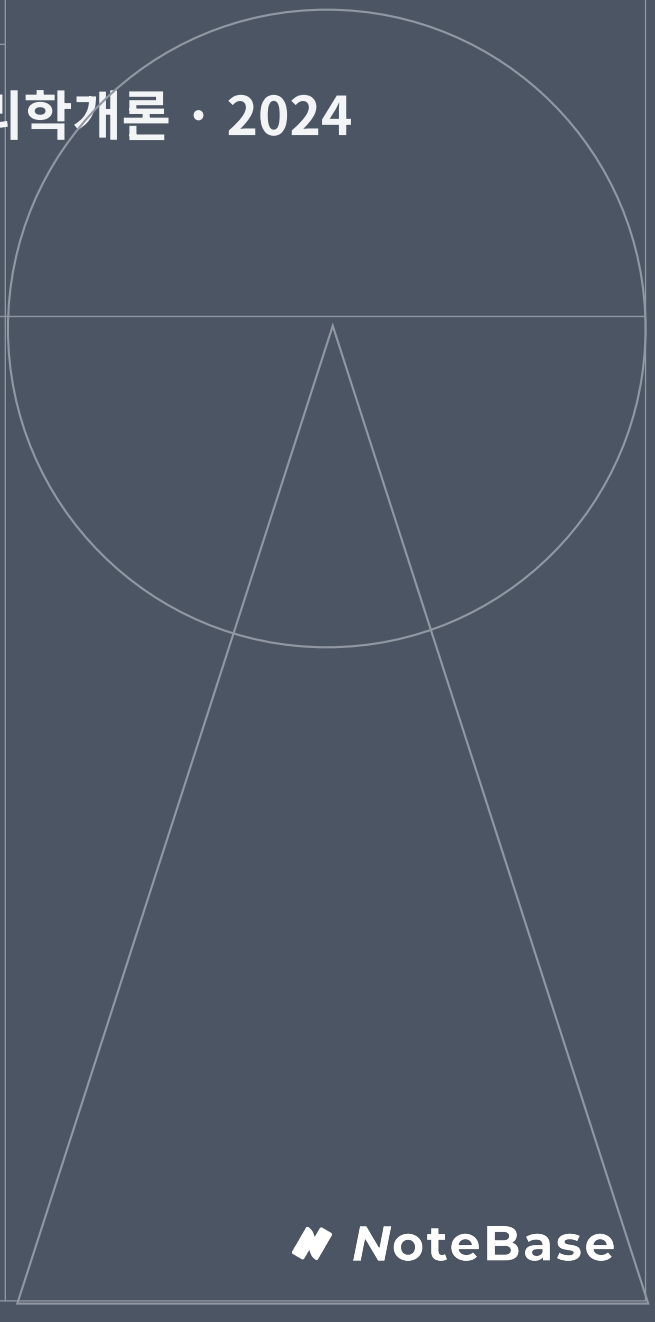
기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2024



NoteBase

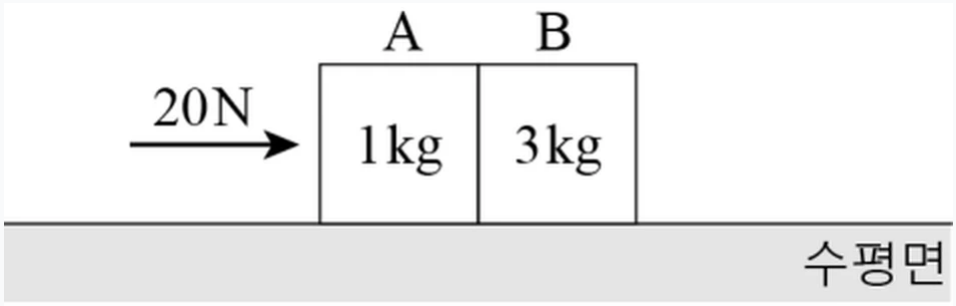
기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2024

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2024

문 1. 그림은 마찰이 없는 수평면 위에 놓인 물체 A, B가 서로 접촉한 상태에서 크기가 20N인 힘이 수평면에 나란한 방향으로 A에 작용할 때, A, B가 등가속도 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 1kg, 3kg 이다.

B가 A를 미는 힘의 크기는?



① 6N

② 9N

③ 12N

④ 15N

⑤ 18N

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 두 물체를 하나의 계로 보아 가속도를 구한 뒤, 한 물체에 대한 뉴턴의 운동 법칙으로 접촉력의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A의 질량은 $1kg$, B의 질량은 $3kg$, 외력은 A에 작용하는 $20N$이다.
구해야 할 값: B가 A를 미는 힘의 크기이다.
주의할 조건: 수평면은 마찰이 없으므로 두 물체 A, B는 같은 가속도로 함께 운동한다.

NoteBase

사용할 공식

뉴턴의 운동 법칙은 $F = ma$이다.
A와 B 전체를 하나의 계로 보면 내부 접촉력은 서로 상쇄되므로 외력 $20N$만으로 전체 가속도를 구할 수 있다. 그 다음 A 또는 B 하나만 떼어 힘을 분석하면 접촉력을 구할 수 있다.

계산 과정

1. A와 B 전체 질량은 $1kg + 3kg = 4kg$이다.
2. 전체 계의 가속도는 $a = \frac{20N}{4kg} = 5m/s^2$ 이다.
3. B만 보면 수평 방향 힘은 A가 B를 미는 접촉력뿐이므로 $F_{A \to B} = m_B a = 3kg \times 5m/s^2 = 15N$ 이다.
4. 작용 · 반작용에 의해 B가 A를 미는 힘의 크기도 $15N$이다.

선지 판단

① X
- 6 N은 계산 결과 $15N$과 다르다. 틀린 표현은 '6 N'이고, 올바르게는 '15 N'이다.

② X
- 9 N은 B의 질량 $3kg$에 실제 가속도 $5m/s^2$를 곱한 값이 아니다. 틀린 표현은 '9 N'이고, 올바르게는 '15 N'이다.

③ X
- 12 N은 전체 질량이나 B의 질량에 맞는 접촉력 계산 결과가 아니다. 틀린 표현은 '12 N'이고, 올바르게는 '15 N'이다.

④ O
- 전체 계의 가속도는 $5m/s^2$이고, B를 가속시키는 접촉력은 $3kg \times 5m/s^2 = 15N$이다. 따라서 B가 A를 미는 힘의 크기도 $15N$이다.

⑤ X
- 18 N은 A와 B의 공통 가속도 $5m/s^2$에서 나오는 접촉력이 아니다. 틀린 표현은 '18 N'이고, 올바르게는 '15 N'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 외력 $20N$을 접촉력으로 착각하거나, 전체 질량으로 가속도를 구하지 않고 일부 질량만으로 바로 나누는 데 있다. B가 A를 미는 힘은 외력 전체가 아니라 B를 가속시키는 데 필요한 내부 접촉력의 반작용이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

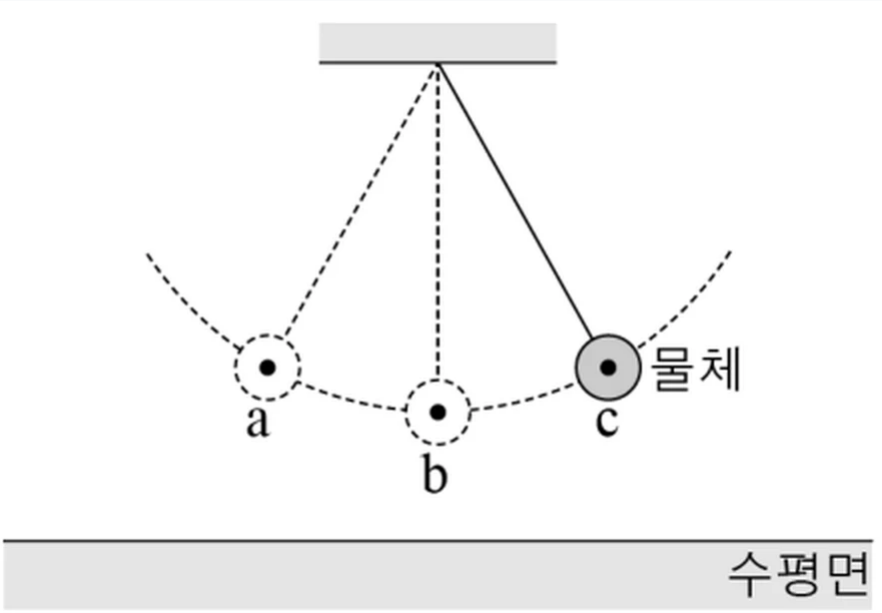
마찰 없는 수평면에서 여러 물체가 붙어 움직이면 먼저 전체 계로 가속도를 구하고, 그다음 접촉력을 묻는 한 물체만 따로 떼어 $F = ma$를 적용한다.

암기 포인트

전체로는 가속도, 부분으로는 접촉력이다. 이 문제에서는 $a = 20/4 = 5 m/s^2$, 접촉력은 $3 \times 5 = 15 N$이다.

NoteBase

문 2. 그림은 진자의 주기 운동을 모식적으로 나타낸 것이다. 물체는 원형 경로를 따라 점 a와 최하점 b를 지나 점 c를 통과하고 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

ㄱ. a에서 c까지 물체의 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.

ㄴ. a에서 c까지 물체는 등속도 운동을 한다.

ㄷ. b에서 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 진자의 주기 운동에서 이동 거리와 변위, 속력 변화, 최하점에서의 알짜힘을 구분하는 문제이다.

NoteBase

핵심 개념

이동 거리는 실제 경로를 따라 움직인 길이이고, 변위의 크기는 처음 위치와 나중 위치를 직선으로 이은 거리이다.
진자의 속력은 최하점으로 내려갈수록 커지고 최하점을 지나 올라갈수록 작아지므로, 호를 따라 움직여도 등속도 운동이 아니다.
최하점에서는 중력과 장력이 같은 방향으로 상쇄되는 것이 아니라, 원운동을 유지하기 위한 구심방향 알짜힘이 남는다.

보기 판단

ㄱ O: a에서 c까지 실제 이동 거리는 원호의 길이이고, 변위의 크기는 a와 c를 직선으로 이은 거리이다. 두 점이 서로 다른 위치에 있을 때 원호 길이는 직선거리보다 크므로 옳다.
ㄴ X: 틀린 표현은 "등속도 운동"이다. 실제로는 a에서 b로 갈 때 속력이 증가하고, b에서 c로 갈 때 속력이 감소하는 변속 운동이다.
ㄷ X: 틀린 표현은 "알짜힘은 0"이다. 실제로는 b에서 접선방향 힘은 0일 수 있지만, 물체가 원형 경로를 따라 계속 움직이려면 중심을 향하는 알짜힘이 존재한다.

선지별 해설

① O: ㄱ만 옳으므로 정답이다. a에서 c까지의 경로 길이인 원호는 a와 c 사이의 변위 크기인 직선거리보다 크다.
② X: ㄷ은 옳지 않다. b에서 알짜힘이 0이면 직선 등속 운동을 해야 하므로 원형 경로를 따라 운동할 수 없다. 올바르게는 b에서 중심 방향의 알짜힘이 작용한다.
③ X: ㄴ이 옳지 않다. a에서 c까지 속력의 크기가 일정하지 않으므로 등속도 운동이 아니다. 올바르게는 속력이 변하는 주기 운동이다.
④ X: ㄷ이 옳지 않다. b에서 접선방향 성분만 0으로 볼 수 있을 뿐, 원운동에 필요한 중심 방향 알짜힘은 0이 아니다.
⑤ X: ㄴ과 ㄷ이 모두 옳지 않다. 올바르게는 a에서 c까지 변속 운동을 하고, b에서는 중심 방향 알짜힘이 작용한다.

오답 포인트

최하점 b를 평형 위치로만 보고 힘의 합이 0이라고 판단하는 것이 함정이다. 평형 위치에서는 접선방향 복원력이 0일 수 있지만, 물체가 곡선 경로를 따라 움직이는 동안에는 방향을 바꾸는 데 필요한 구심방향 알짜힘이 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

곡선 운동 문제에서는 먼저 이동 거리와 변위를 분리한다. 그다음 최하점에서는 속력이 최대인지, 알짜힘이 0인지가 아니라 원운동을 위한 중심 방향 힘이 필요한지를 확인한다.

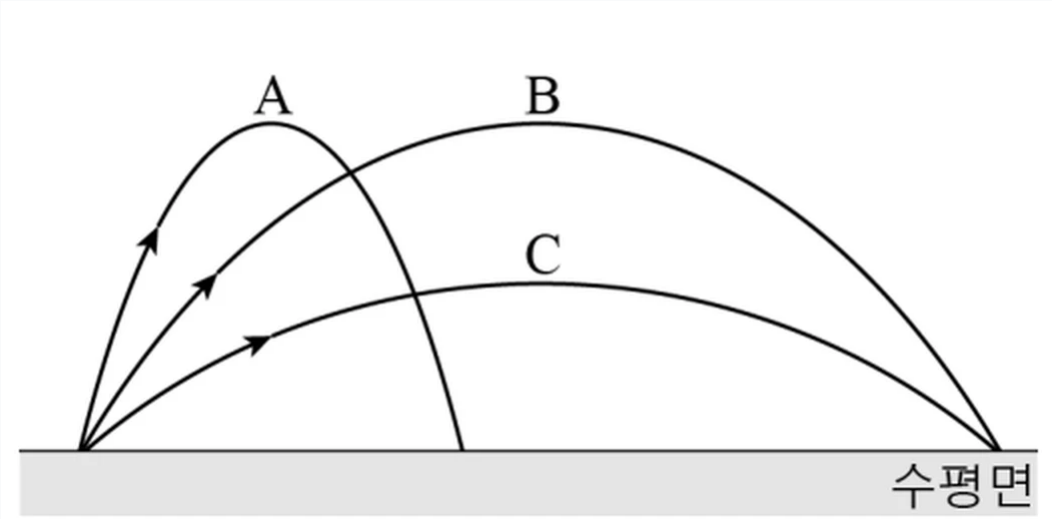
NoteBase

암기 포인트

진자 운동에서 원호 길이는 변위보다 크고, 최하점은 속력 최대이지만 알짜힘 0인 지점은 아니다.

NoteBase

문 3. 그림은 수평면의 동일한 지점에서 던져진 물체 A, B, C가 수평면에 도달할 때까지 각각의 포물선 경로를 따라 운동한 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 같고, 최고점의 높이는 A와 B가 같다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 물체의 크기는 무시한다.)



<보기>

ㄱ. 최고점에서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 A와 B가 같다.

ㄴ. 최고점에서 물체의 역학적 에너지는 A가 B보다 크다.

ㄷ. 물체가 던져진 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간은 B가 C보다 길다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄱ, ㄴ

⑤ ㄱ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 포물선 운동에서 힘, 최고점의 역학적 에너지, 비행시간이 각각 무엇에 의해 결정되는지를 구분하는 문제이다.

조건 정리

A, B, C는 같은 수평면의 같은 지점에서 던져지고 같은 수평면에 도달한다.
세 물체의 질량은 같다.
A와 B의 최고점 높이는 같고, 그림상 B의 최고점은 C보다 높다.
공기 저항은 고려하지 않는 포물선 운동으로 판단한다.

NoteBase

사용할 공식

최고점 높이는 초기 연직속도 성분으로 결정된다.

$H = \frac{v_{0y}^2}{2g}$

같은 높이에서 출발해 같은 높이에 도달할 때 비행시간은 연직속도 성분으로 결정된다.

$T = \frac{2v_{0y}}{g}$

최고점에서 연직속도는 0이고 수평속도만 남으므로 역학적 에너지는 다음처럼 비교한다.

$E = mgh_{\max} + \frac{1}{2}mv_x^2$

이 공식을 쓰는 이유는 포물선 운동에서 수평운동과 연직운동이 독립이고, 최고점에서는 연직속도 성분만 0이 되기 때문이다.

계산 과정

A와 B의 최고점 높이가 같으므로 A와 B의 초기 연직속도 성분은 같다.

따라서 같은 높이의 수평면에 다시 도달하는 A와 B의 비행시간도 같다.

그런데 B의 수평 도달 거리가 A보다 크므로 B의 수평속도 성분은 A보다 크다.

최고점 높이가 같은 A와 B는 위치에너지 항 $mgh_{\max}$가 같지만, B는 수평속도 항 $\frac{1}{2}mv_x^2$가 더 크다.

B의 최고점은 C보다 높으므로 B의 초기 연직속도 성분이 C보다 크고, 따라서 B의 비행시간이 C보다 길다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ만 옳다고 한 선택지이다. ㄱ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 정답이 될 수 없다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

② X
ㄴ만 옳다고 한 선택지이다. ㄴ은 틀리다. A와 B는 최고점 높이가 같아 위치에너지는 같지만, B의 수평속도가 더 커서 최고점의 역학적 에너지는 B가 A보다 크다. 틀린 표현은 'ㄴ'이고, 올바르게는 'ㄴ은 옳지 않다'이다.

③ X
ㄷ만 옳다고 한 선택지이다. ㄷ은 옳지만 ㄱ도 옳으므로 정답이 될 수 없다. 틀린 표현은 'ㄷ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

④ X
ㄱ, ㄴ이 옳다고 한 선택지이다. ㄱ은 옳지만 ㄴ이 틀리다. 최고점에서 작용하는 힘은 중력뿐이므로 같은 질량인 A와 B의 알짜힘 크기는 모두 mg로 같지만, 역학적 에너지는 수평속도가 더 큰 B가 더 크다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄴ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

⑤ O
ㄱ, ㄷ이 옳다. ㄱ은 최고점에서도 알짜힘이 중력 mg로 같기 때문에 옳고, ㄷ은 최고점이 더 높은 B가 C보다 연직속도 성분이 커 비행시간이 더 길기 때문에 옳다.

오답 포인트

ㄴ의 함정은 '최고점 높이가 같으면 역학적 에너지도 같다'고 보는 데 있다. 최고점 높이가 같으면 위치에너지만 같고, 최고점에서도 수평속도에 의한 운동에너지는 남아 있다. B는 A보다 더 멀리 가므로 수평속도가 더 크고, 따라서 최고점의 역학적 에너지는 A가 아니라 B가 더 크다.

다시 나오면 이렇게 판단

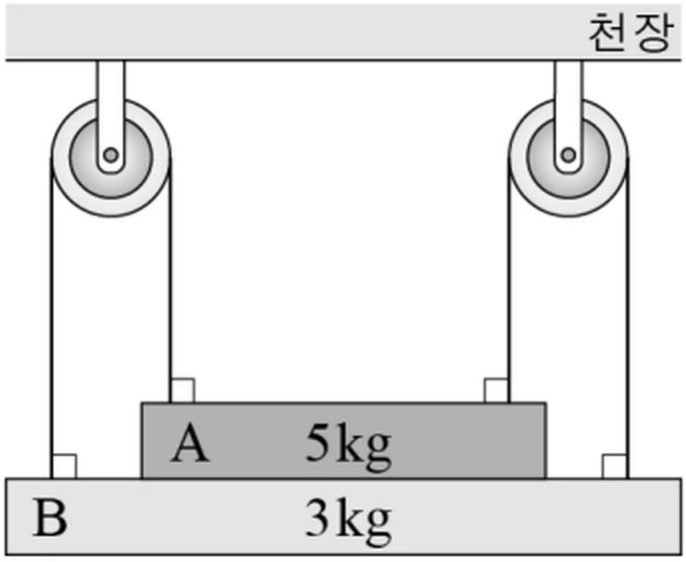
포물선 운동에서는 연직방향으로 최고점 높이와 비행시간을 판단하고, 수평방향으로 도달 거리와 수평속도를 판단한다. 최고점에서 힘은 중력만 남고, 역학적 에너지는 위치에너지와 수평 운동에너지를 함께 비교한다.

암기 포인트

같은 최고점 높이이면 연직속도 성분은 같지만, 같은 역학적 에너지를 뜻하지는 않는다. 최고점에서도 수평 운동에너지는 남아 있다.

NoteBase

문 4. 그림은 질량이 각각 5kg, 3kg인 물체 A, B가 천장에 매달린 도르래를 통해 줄로 연결되어 수평면과 나란하게 평형을 이루고 있는 것을 나타낸 것이다. A가 B에 작용하는 힘의 크기는? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$ 이고, 모든 마찰과 줄의 질량은 무시한다.)



① 10N
② 20N
③ 30N
④ 40N
⑤ 50N

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 물체 A와 B가 각각 수직방향 힘의 평형을 이룬다는 조건을 이용해 A가 B를 누르는 힘, 즉 두 물체 사이의 수직항력 N을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A의 질량은 $5kg$, B의 질량은 $3kg$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다.
구해야 할 값: A가 B에 작용하는 힘의 크기 N이다.
주의할 조건: 두 물체는 정지해 있으므로 A와 B 각각에 대해 위쪽 힘의 합과 아래쪽 힘의 합이 같다. 두 줄의 장력은 각각 다를 수 있지만, 계산에는 두 장력의 합 $T_1 + T_2$만 필요하다.

NoteBase

사용할 공식

평형 조건은 $\sum F_y = 0$이다.
A에 대해 $N + T_1 + T_2 = 5g$
B에 대해 $T_1 + T_2 = 3g + N$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 A와 B가 수평면과 나란하게 평형을 이루고 있다고 했으므로 각 물체의 수직방향 알짜힘은 0이다.

계산 과정

1. A의 무게는 $5g = 5 \times 10 = 50N$이다. 따라서 A에는 아래쪽 무게 $50N$, 위쪽 수직항력 N, 위쪽 장력의 합 $T_1 + T_2$가 작용한다.
2. B의 무게는 $3g = 3 \times 10 = 30N$이다. B에는 위쪽 장력의 합 $T_1 + T_2$, 아래쪽 무게 $30N$, 아래쪽으로 A가 누르는 힘 N이 작용한다.
3. B의 평형식에서 $T_1 + T_2 = 30 + N$이다.
4. 이를 A의 평형식 $N + T_1 + T_2 = 50$에 대입하면 $N + (30 + N) = 50$
$2N = 20$
$N = 10N$
따라서 A가 B에 작용하는 힘의 크기는 $10N$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과 A와 B 사이의 수직항력은 $10N$이므로 맞는 선지이다.
② X: $20N$은 접촉력 N이 아니라 식 $2N = 20$의 오른쪽 값을 그대로 답으로 본 오류이다. 올바르게는 $N = 10N$이다.
③ X: $30N$은 B의 무게 $3g$에 해당한다. A가 B를 누르는 힘은 B의 무게가 아니라 두 물체의 평형식으로 구한 $10N$이다.
④ X: $40N$은 A의 무게 $50N$에서 접촉력 $10N$을 뺀 값으로, 장력의 합에 해당한다. 올바른 접촉력은 $10N$이다.
⑤ X: $50N$은 A의 무게 $5g$에 해당한다. A의 무게 전체가 B에 전달되는 것이 아니라 줄의 장력이 A를 위로 당기므로 A가 B를 누르는 힘은 $10N$이다.
계산 결과 $10N$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 A의 무게 $50N$을 그대로 A가 B를 누르는 힘으로 보는 것이다. A는 B에 닿아 있지만 동시에 두 줄에 의해 위쪽으로 당겨지므로, 접촉력은 A의 무게보다 작다. 또한 B의 무게 $30N$이나 장력의 합 $40N$을 접촉력과 혼동하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

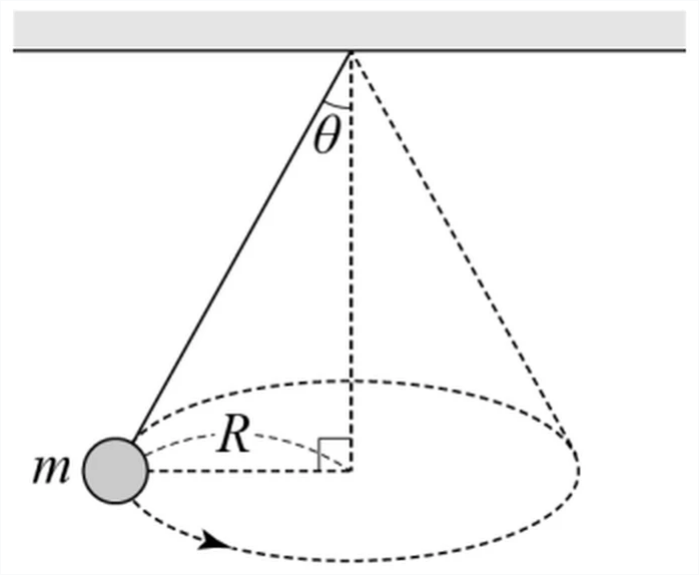
여러 줄과 도르래가 있어도 물체가 정지해 있으면 각 물체별로 $\sum F_y = 0$을 따로 세운다. 장력이 여러 개일 때는 필요한 경우 장력의 합으로 묶고, 두 물체의 평형식을 연립해 접촉력 N을 구한다.

암기 포인트

접촉력은 항상 무게와 같지 않다. 위쪽으로 줄이 당기는 힘이 있으면 접촉력=무게-위쪽 장력의 합 관계로 작아질 수 있다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 질량이 m인 추가 연직선과 각 θ를 이루는 실에 매달려 반지름이 R인 원궤도를 따라 등속 원운동을 하고 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 g이고, 추의 크기와 실의 질량은 무시한다.)



<보 기>

ㄱ. 실이 추를 당기는 힘의 크기는 mg보다 크다.

ㄴ. 추의 가속도의 방향은 일정하다.

ㄷ. 추의 원운동 주기는 $2\pi\sqrt{\frac{R}{g\tan\theta}}$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원뿔진자에서 장력의 수직 성분과 수평 성분을 나누어 장력의 크기, 구심가속도의 방향, 원운동 주기 공식을 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 질량 m, 원궤도 반지름 R, 실과 연직선 사이의 각 θ, 중력가속도 g이다.
구해야 할 값: 보기 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 옳고 그름이다.
주의할 조건: 물체는 등속 원운동을 하므로 속력과 구심가속도의 크기는 일정하지만, 구심가속도의 방향은 매 순간 원의 중심 쪽으로 바뀐다.

사용할 공식

힘의 성분식은 다음과 같다.
$T\cos\theta = mg$
$T\sin\theta = \frac{mv^2}{R}$
따라서
$\tan\theta = \frac{v^2}{gR}$
이고 $v = \frac{2\pi R}{P}$를 대입하면 주기 P는
$P = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g\tan\theta}}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 연직 방향 가속도는 없으므로 장력의 연직 성분이 중력과 평형을 이루고, 수평 성분이 원운동의 구심력 역할을 하기 때문이다.

계산 과정

1. 연직 방향 평형에서 $T\cos\theta = mg$이므로 $T = \frac{mg}{\cos\theta}$이다.
2. $0 < \theta < 90^\circ$에서 $\cos\theta < 1$이므로 $T > mg$이다.
3. 수평 방향에서는 $T\sin\theta = \frac{mv^2}{R}$이고, 이를 연직 성분식으로 나누면 $\tan\theta = \frac{v^2}{gR}$이다.
4. $v = \frac{2\pi R}{P}$를 대입하면 $P = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g\tan\theta}}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- ①은 ㄱ만 고른 선택지이다. ㄱ은 맞지만 ㄷ도 맞으므로 불완전하다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

② X

- ②는 ㄴ만 고른 선택지이다. ㄴ은 틀린 보기이다. 구심가속도는 항상 원의 중심을 향하므로 물체가 원궤도를 따라 움직일 때 방향이 계속 바뀐다. 틀린 표현은 'ㄴ'이고, 올바르게는 'ㄴ은 틀림'이다.

③ X

- ③은 ㄷ만 고른 선택지이다. ㄷ은 맞지만 ㄱ도 맞으므로 불완전하다. 틀린 표현은 'ㄷ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

④ O

- ④는 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄱ은 $T = \frac{mg}{\cos\theta} > mg$이므로 맞고, ㄷ은 $P = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g\tan\theta}}$이므로 맞다. 따라서 ④가 정답이다.

⑤ X

- ⑤는 ㄴ, ㄷ을 고른 선택지이다. ㄷ은 맞지만 ㄴ이 틀리다. 구심가속도의 크기는 등속 원운동에서 일정하지만 방향은 일정하지 않다. 틀린 표현은 'ㄴ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '등속'이라는 말 때문에 가속도까지 일정하다고 착각하게 하는 점이다. 등속 원운동에서 속력은 일정하지만 속도의 방향이 바뀌므로 가속도가 존재하며, 그 방향은 매 순간 원의 중심 쪽으로 달라진다. 또한 장력 전체가 아니라 장력의 연직 성분만 mg와 같다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

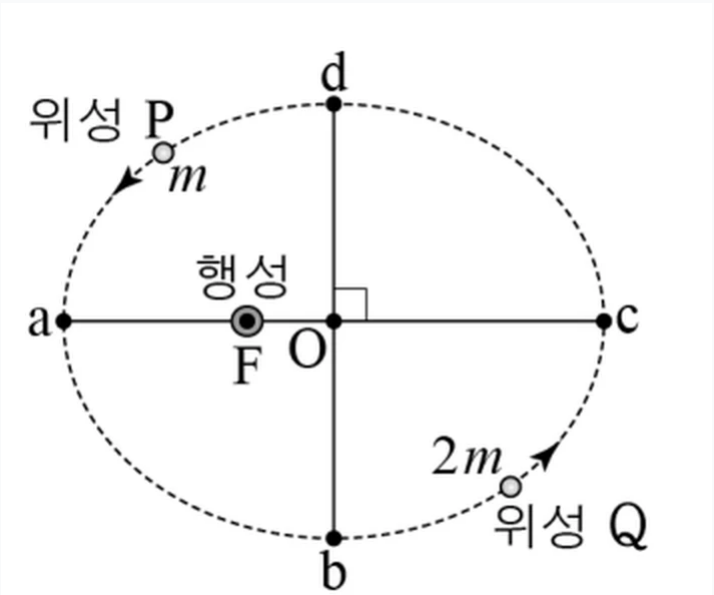
원뿔진자는 먼저 장력을 연직 성분과 수평 성분으로 나눈다. 연직 성분은 $T\cos\theta = mg$, 수평 성분은 $T\sin\theta = \frac{mv^2}{R}$로 두고, 두 식을 나누어 $\tan\theta = \frac{v^2}{gR}$를 만든 뒤 주기식을 판단한다.

암기 포인트

원뿔진자는 '연직 성분은 중력 평형, 수평 성분은 구심력'이다. 따라서 장력은 mg보다 크고, 구심가속도는 크기만 일정하며 방향은 계속 중심 쪽으로 바뀐다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 질량이 각각 m, $2m$인 위성 P, Q가 행성 F를 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 운동하고 있다. Q의 공전주기는 T이며, 타원 abcd의 면적은 S이다. Q가 a에서 b까지 운동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{1}{5}T$이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 점 O는 타원의 중심이고, P, Q에는 F에 의한 중력만 작용한다.)



<보 기>

ㄱ. a에서의 중력의 크기는 Q가 P의 2배이다.

ㄴ. P가 c에서 d까지 운동하는 데 걸리는 시간은 $\frac{1}{5}T$이다.

ㄷ. Q가 b에서 c까지 가는 동안 Q의 중심과 F를 이은 선분이 쓸고 지나가는 면적은 $\frac{3}{10}S$이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 케플러 제2법칙의 면적속도 일정성과 만유인력의 질량 의존성을 이용해 시간과 힘을 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

P의 질량은 m, Q의 질량은 $2m$이다.
P와 Q는 행성 F를 한 초점으로 하는 같은 타원 궤도를 돈다.
Q의 공전주기는 T, 타원 전체 면적은 S이다.
Q가 a에서 b까지 가는 시간은 $\frac{1}{5}T$이다.
점 a, b, c, d는 각각 타원의 왼쪽 끝, 아래쪽 끝, 오른쪽 끝, 위쪽 끝이다.

사용할 공식

만유인력의 크기:
$F_g = \frac{GMm_s}{r^2}$

케플러 제2법칙:
$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{S}{T}$

같은 중심 천체와 같은 타원 궤도에서는 위성의 질량이 달라도 공전주기와 면적속도는 같다. 따라서 P와 Q 모두 전체 주기는 T, 면적속도는 $\frac{S}{T}$로 판단한다.

계산 과정

1. Q가 a에서 b까지 $\frac{1}{5}T$ 동안 움직이므로, F와 Q를 이은 선분이 쓸고 지나간 면적은 $\frac{1}{5}S$이다.
2. 타원은 장축에 대해 위아래가 대칭이므로 d에서 a까지의 면적도 $\frac{1}{5}S$이다.
3. 전체 면적은 S이므로 b에서 c와 c에서 d에 해당하는 두 면적의 합은 $S - \frac{2}{5}S = \frac{3}{5}S$이다.
4. b에서 c와 c에서 d는 위아래 대칭이므로 각각의 면적은 $\frac{3}{10}S$이다.
5. 따라서 c에서 d까지 걸리는 시간은 $\frac{3}{10}T$, b에서 c까지 쓸고 지나간 면적은 $\frac{3}{10}S$이다.

보기 판단

ㄱ. O
- a에서 F까지의 거리는 P와 Q가 같고, 중력의 크기는 위성 질량에 비례한다. Q의 질량이 $2m$, P의 질량이 m이므로 a에서 Q가 받는 중력은 P가 받는 중력의 2배이다.

ㄴ. X
- P도 같은 타원 궤도를 돌기 때문에 주기는 T이고 면적속도는 $\frac{S}{T}$이다. c에서 d까지의 면적은 $\frac{3}{10}S$이므로 시간은 $\frac{3}{10}T$이다. 틀린 표현은 $\frac{1}{5}T$이고, 올바르게는 $\frac{3}{10}T$이다.

ㄷ. O
- Q가 b에서 c까지 가는 동안 F와 Q를 이은 선분이 쓸고 지나가는 면적은 대칭성으로 $\frac{3}{10}S$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ㄱ은 옳지만 ㄷ도 옳다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

② X
- ㄴ은 c에서 d까지 시간이 $\frac{1}{5}T$라고 보아 틀렸다. 올바르게는 ㄴ은 제외하고 ㄱ, ㄷ을 골라야 한다.

③ O
- ㄱ은 중력이 질량에 비례하므로 옳고, ㄷ은 b에서 c까지의 면적이 $\frac{3}{10}S$이므로 옳다. ㄴ은 틀리므로 정답 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

④ X
- ㄷ은 옳지만 ㄴ이 틀렸다. 틀린 표현은 'ㄴ, ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

⑤ X
- ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ이 틀렸다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 타원의 한 사분면처럼 보이는 구간들의 시간이 모두 같다고 착각하게 하는 데 있다. 초점 F가 중심 O에 있지 않으므로 a-b 구간의 면적과 b-c 구간의 면적은 같지 않다. 또한 위성의 질량 차이는 중력의 크기에는 영향을 주지만, 같은 중심 천체와 같은 타원 궤도의 공전주기 판단에는 영향을 주지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

타원 궤도 문제에서는 먼저 초점 기준으로 쓸고 지나간 면적을 비교한다. 같은 궤도에서는 시간의 비가 초점 기준 면적의 비와 같고, 위성 질량은 면적속도와 주기 판단에서 제외된다.

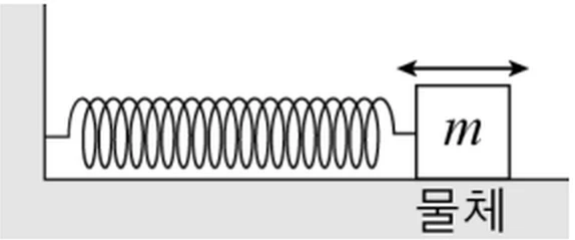
암기 포인트

케플러 제2법칙은 '시간 비 = 초점 기준 면적 비'이다. 중력 크기는 위성 질량에 비례하지만, 같은 타원 궤도의 주기는 위성 질량으로 바뀌지 않는다.

NoteBase

문 7. 그림은 마찰이 없는 수평면에서 질량이 m인 물체가 용수철에 연결되어 단진동하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 물체의 단진동 주기는 T이다.

용수철 상수는? (단, 용수철의 질량은 무시한다.)



① $\frac{2\pi^2 m}{T^2}$
② $\frac{4\pi^2 m}{T^2}$
③ $\frac{6\pi^2 m}{T^2}$
④ $\frac{8\pi^2 m}{T^2}$
⑤ $\frac{10\pi^2 m}{T^2}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 수평면에서 마찰 없이 용수철에 연결된 물체의 단진동 주기 공식 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$를 이용해 용수철 상수 k를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물체의 질량은 m, 단진동 주기는 T이다.
구해야 할 값: 용수철 상수 k이다.
주의할 조건: 용수철의 질량은 무시하므로 진동하는 질량은 물체의 질량 m만 고려한다.

사용할 공식

질량-용수철 단진동의 주기는
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
이다.
마찰이 없는 수평면에서 질량 m인 물체가 용수철에 의해 왕복 운동하므로 중력 성분이나 마찰력은 주기를 결정하지 않고, 복원력 $F = -kx$에 따른 질량-용수철 단진동 공식이 적용된다.

NoteBase

계산 과정

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
양변을 제곱하면
$T^2 = 4\pi^2\frac{m}{k}$
이다. 이를 k에 대해 정리하면
$kT^2 = 4\pi^2 m$
$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$
이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 $\frac{4\pi^2 m}{T^2}$이므로 $\frac{2\pi^2 m}{T^2}$는 계수가 절반이다. 틀린 표현 $2\pi^2$ → 올바르게는 $4\pi^2$이다.
② O: 단진동 주기식 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$를 k에 대해 정리하면 $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$가 된다.
③ X: $\frac{6\pi^2 m}{T^2}$는 계산식에서 나오지 않는 계수이다. 틀린 표현 $6\pi^2$ → 올바르게는 $4\pi^2$이다.
④ X: $\frac{8\pi^2 m}{T^2}$는 2π를 제곱해 생기는 $4\pi^2$를 다시 2배 한 값이다. 틀린 표현 $8\pi^2$ → 올바르게는 $4\pi^2$이다.
⑤ X: $\frac{10\pi^2 m}{T^2}$는 단진동 주기 공식의 정리 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현 $10\pi^2$ → 올바르게는 $4\pi^2$이다.
계산 결과 $\frac{4\pi^2 m}{T^2}$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$에서 2π를 제곱하면 $4\pi^2$가 된다는 점이다. 특히 ①처럼 계수를 $2\pi^2$로 두거나, ④처럼 $4\pi^2$를 다시 불필요하게 2배 하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

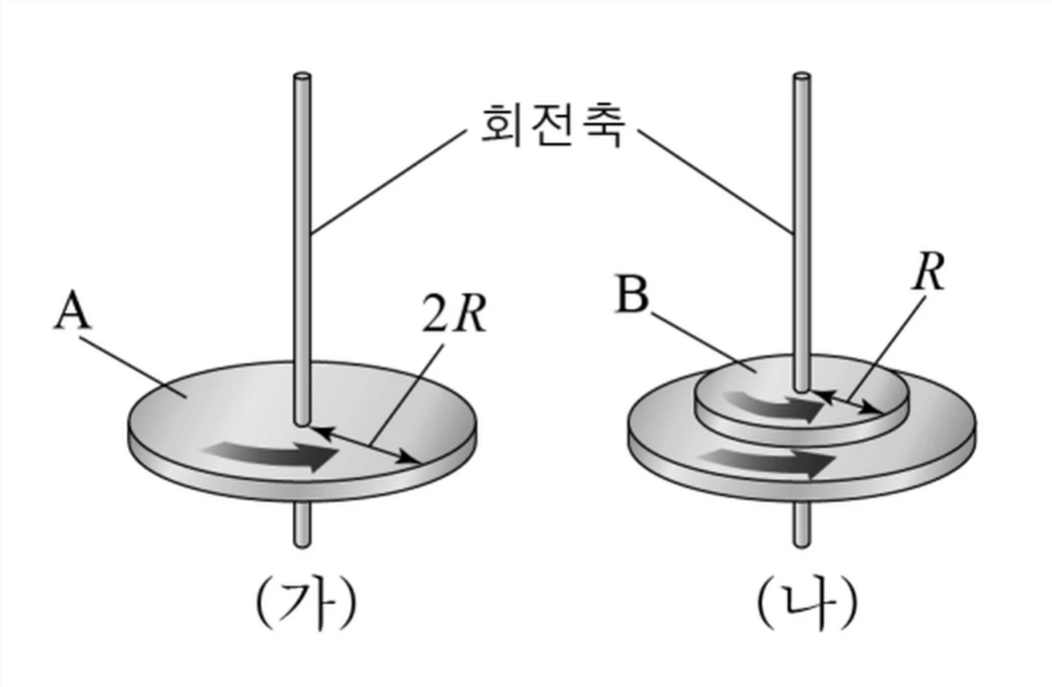
질량-용수철 단진동 문제는 먼저 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$를 쓰고, 구하는 문자가 T인지 m인지 k인지에 맞추어 식을 제곱한 뒤 정리한다. 용수철 상수를 구할 때는 $k = 4\pi^2 m/T^2$ 형태가 되는지 확인한다.

암기 포인트

질량-용수철 단진동은 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, 따라서 용수철 상수는 $k = 4\pi^2 m/T^2$이다.

NoteBase

문 8. 그림 (가)는 질량이 $4M$이고 반지름이 $2R$인 원판 A가 일정한 각속도 3πrad/s로 회전하고 있는 것을, (나)는 질량이 $2M$이고 반지름이 R인 원판 B가 정지상태에서 A 위로 떨어진 후, A와 B가 마찰에 의해 같은 각속도 ω로 회전하는 모습을 나타낸 것이다. ω는? (단, A, B와 회전축 사이의 마찰과 공기 저항은 무시한다.)



① $\frac{4\pi}{9}$rad/s
② $\frac{8\pi}{9}$rad/s
③ $\frac{4\pi}{3}$rad/s
④ $\frac{8\pi}{3}$rad/s
⑤ $\frac{12\pi}{3}$rad/s

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 외부 토크가 없을 때 각운동량 보존과 원판의 관성모멘트 $I = \frac{1}{2}mr^2$를 이용해 최종 각속도 ω를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 원판 A는 질량 $4M$, 반지름 $2R$, 초기 각속도 $3\pi rad/s$이다. 원판 B는 질량 $2M$, 반지름 R, 초기 각속도 0이다.
구해야 할 값: 두 원판이 마찰에 의해 함께 회전할 때의 공통 각속도 ω이다.
주의할 조건: A, B와 회전축 사이의 마찰 및 공기 저항을 무시하므로 계 전체에 대한 외부 토크가 없고, 두 원판 사이의 마찰은 내부 작용이므로 전체 각운동량은 보존된다.

사용할 공식

균일한 원판의 중심축에 대한 관성모멘트는
$I = \frac{1}{2}mr^2$
이다.
외부 토크가 없으므로 충돌 전후 각운동량은 보존되어
$I_A\omega_A + I_B\omega_B = (I_A + I_B)\omega$
를 사용한다. B는 처음 정지해 있으므로 $\omega_B = 0$이다.

계산 과정

1. 원판 A의 관성모멘트는
$I_A = \frac{1}{2} \cdot 4M \cdot (2R)^2 = 8MR^2$
이다.
2. 원판 B의 관성모멘트는
$I_B = \frac{1}{2} \cdot 2M \cdot R^2 = MR^2$
이다.
3. 각운동량 보존을 적용하면
$8MR^2 \cdot 3\pi = (8MR^2 + MR^2)\omega$
이므로
$\omega = \frac{24\pi MR^2}{9MR^2} = \frac{8\pi}{3} rad/s$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $\frac{4\pi}{9} rad/s$는 계산 결과 $\frac{8\pi}{3} rad/s$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{4\pi}{9} rad/s \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{8\pi}{3} rad/s$이다.

② X
- $\frac{8\pi}{9} rad/s$는 최종 관성모멘트 $9MR^2$로 나누는 과정에서 초기 각운동량 $24\pi MR^2$를 제대로 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현 $\frac{8\pi}{9} rad/s \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{8\pi}{3} rad/s$이다.

③ X
- $\frac{4\pi}{3} rad/s$는 계산 결과의 절반에 해당하므로, 원판 A의 반지름이 $2R$라는 점을 관성모멘트에서 충분히 반영하지 않으면 가까운 오답이 된다. 틀린 표현 $\frac{4\pi}{3} rad/s \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{8\pi}{3} rad/s$이다.

④ O
- 각운동량 보존식 $8MR^2 \cdot 3\pi = 9MR^2\omega$에서 $\omega = \frac{8\pi}{3} rad/s$가 나오므로 맞다.

⑤ X
- $\frac{12\pi}{3} rad/s = 4\pi rad/s$는 처음 각속도 $3\pi rad/s$보다 커진 값인데, 정지한 원판 B가 붙으면 전체 관성모멘트가 증가하므로 최종 각속도는 감소해야 한다. 틀린 표현 $\frac{12\pi}{3} rad/s \rightarrow$ 올바르게는 $\frac{8\pi}{3} rad/s$이다.

계산 결과 $\frac{8\pi}{3} rad/s$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 반지름이 관성모멘트에 제곱으로 들어간다는 점이다. A는 질량이 $4M$이고 반지름도 $2R$이므로 I_A가 단순히 $4MR^2$가 아니라 $8MR^2$가 된다. 또한 마찰 때문에 역학적 에너지는 보존되지 않지만, 외부 토크가 없으므로 각운동량은 보존된다.

다시 나오면 이렇게 판단

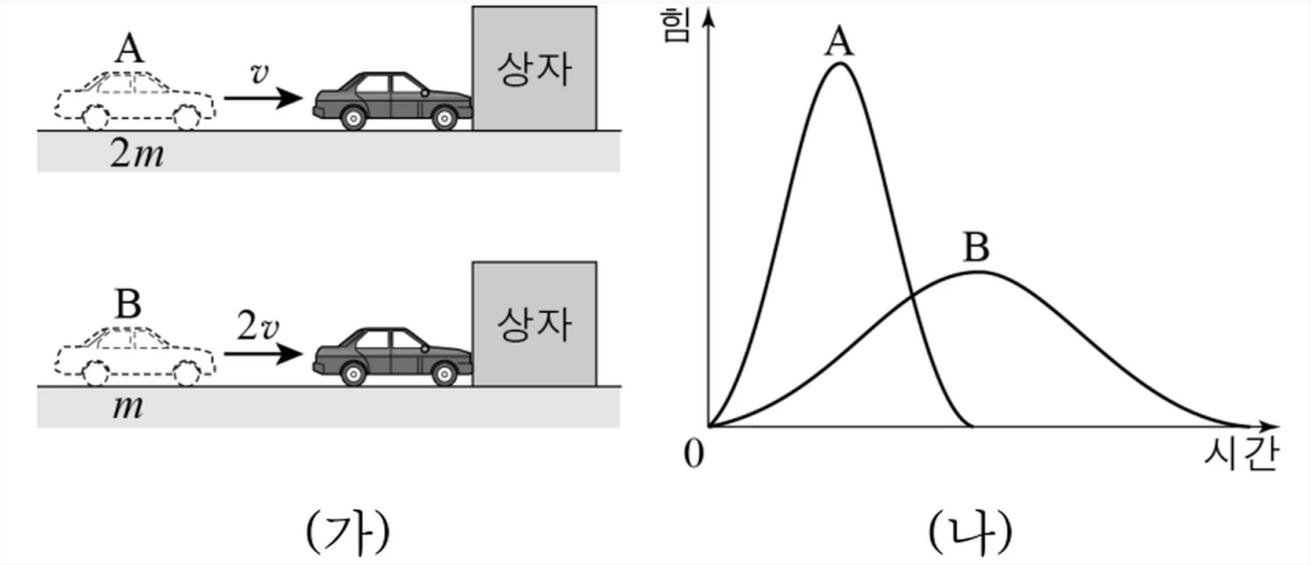
회전하는 물체 위에 다른 물체가 붙어 함께 회전하는 문제는 먼저 외부 토크 유무를 확인하고, 외부 토크가 없으면 L_처음=L_나중으로 판단한다. 원판이면 $I = \frac{1}{2}mr^2$를 각각 구한 뒤 I_처음_처음=I_전체_나중 형태로 계산한다.

암기 포인트

원판 관성모멘트는 $\frac{1}{2}mr^2$, 함께 붙어 도는 순간에는 각운동량 보존, 정지한 원판이 추가되면 관성모멘트가 커져 각속도는 작아진다.

NoteBase

문 9. 그림 (가)는 질량이 각각 $2m$, m인 두 장난감 자동차 A, B가 각각 v, $2v$의 속력으로 등속도 운동을 하여 상자와 충돌하는 모습을, (나)는 충돌한 순간부터 정지할 때까지 A, B가 받는 힘을 시간에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. 힘이 작용한 시간은 A가 B보다 짧다.

ㄴ. 충돌 전 운동량의 크기는 A와 B가 같다.

ㄷ. 충돌하는 동안 상자로부터 받은 평균 힘의 크기는 A가 B보다 작다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 충격량-운동량 정리를 이용해 힘-시간 그래프의 면적, 작용 시간, 평균 힘의 크기를 비교하는 문제이다.

조건 정리

A의 질량은 $2m$, 속력은 v이므로 충돌 전 운동량의 크기는 $2mv$이다.

B의 질량은 m, 속력은 $2v$이므로 충돌 전 운동량의 크기는 $2mv$이다.

두 자동차는 충돌 후 정지하므로 각 자동차가 받은 충격량의 크기는 충돌 전 운동량의 크기와 같다.

그래프에서 힘이 작용한 시간은 A가 B보다 짧게 그려져 있다.

NoteBase

사용할 공식

충격량은 힘-시간 그래프의 면적이고, 운동량 변화량과 같다.

$I = \int F dt = \Delta p$

평균 힘은 충격량을 작용 시간으로 나눈 값이다.

$F_{\text{avg}} = \frac{I}{\Delta t}$

충돌하여 정지하는 상황이므로 상자가 자동차에 준 충격량의 크기는 자동차의 처음 운동량 크기와 같아진다.

계산 과정

A의 처음 운동량 크기: $p_A = (2m)v = 2mv$이다.

B의 처음 운동량 크기: $p_B = m(2v) = 2mv$이다.

정지할 때까지의 운동량 변화량의 크기는 두 경우 모두 $2mv$이므로 충격량의 크기, 즉 힘-시간 그래프의 면적은 A와 B가 같다.

그래프상 작용 시간은 A가 더 짧다.

평균 힘은 $F_{\text{avg}} = I/\Delta t$이므로 같은 충격량을 더 짧은 시간에 받은 A의 평균 힘이 B보다 크다.

선지별 해설

① X

- ㄱ은 맞지만 ㄴ도 맞으므로 옳은 설명만 고른 답이 아니다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이라는 선택 구성이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ이다.

② X

- ㄷ은 틀리다. 같은 충격량에서 작용 시간이 더 짧은 A의 평균 힘이 더 크므로, 'A가 B보다 작다'가 아니라 'A가 B보다 크다'가 올바른 표현이다.

③ O

- ㄱ은 그래프에서 A의 힘 작용 시간이 B보다 짧으므로 맞다. ㄴ은 A와 B의 충돌 전 운동량 크기가 모두 $2mv$이므로 맞다. 따라서 ㄱ, ㄴ만 고른 ③이 정답이다.

④ X

- ㄴ은 맞지만 ㄷ은 틀리다. ㄷ의 '평균 힘의 크기는 A가 B보다 작다'는 '평균 힘의 크기는 A가 B보다 크다'로 고쳐야 한다.

⑤ X

- ㄱ과 ㄴ은 맞지만 ㄷ은 틀리다. 같은 충격량을 더 짧은 시간 동안 받으면 평균 힘은 더 커지므로 ㄷ을 포함하면 안 된다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 순간 최대 힘과 평균 힘, 그리고 힘-시간 그래프의 넓이를 구분하는 데 있다. A의 그래프는 높고 좁고, B의 그래프는 낮고 넓지만 두 자동차의 운동량 변화량이 같으므로 넓이는 같다. 평균 힘은 넓이만이 아니라 그 넓이가 걸린 시간까지 함께 보아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

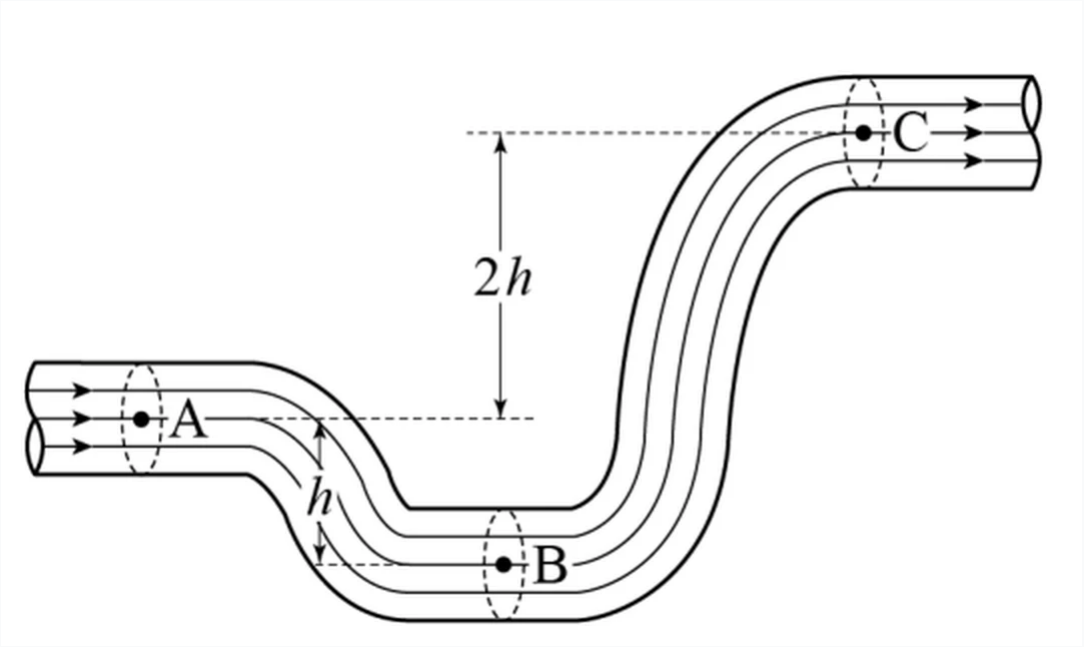
충돌 후 정지하는 문제는 먼저 처음 운동량 mv를 비교하고, 그다음 힘-시간 그래프의 면적을 충격량으로 해석한다. 충격량이 같으면 작용 시간이 짧은 쪽의 평균 힘이 더 크다고 판단한다.

암기 포인트

힘-시간 그래프의 넓이는 충격량이고, 충격량은 운동량 변화량이다. 같은 충격량에서는 시간이 짧을수록 평균 힘이 크다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 유체가 단면적이 일정한 관 속에 흐르고 있다. 관 속의 세 점 A, B, C에서 A와 B의 높이 차는 h이고, A와 C의 높이 차는 $2h$이며, A와 B에서의 압력 차는 P이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 유체는 베르누이 법칙을 만족한다.)



<보 기>

ㄱ. 유체의 압력은 A에서가 B에서보다 작다.

ㄴ. 유체의 속력은 A에서와 C에서가 같다.

ㄷ. B와 C에서의 압력 차는 $3P$이다.

① ㄴ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 단면적이 일정한 관에서 연속 방정식과 베르누이 법칙을 이용해 각 지점의 속력과 압력 차를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 관의 단면적은 일정하고, 유체는 베르누이 법칙을 만족한다. A와 B의 높이 차는 h, A와 C의 높이 차는 $2h$, A와 B의 압력 차는 P이다.
구해야 할 값: ㄱ, ㄴ, ㄷ 중 옳은 설명이다.
주의할 조건: 단면적이 일정하므로 세 점의 유량이 같을 때 속력도 같다. 그림에서 C는 A보다 $2h$ 높고, A는 B보다 h 높으므로 C는 B보다 $3h$ 높다.

사용할 공식

연속 방정식: $Av = \text{constant}$
베르누이 법칙: $p + \rho g y + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{constant}$
이 공식을 쓰는 이유: 관의 단면적이 일정한 정상 흐름에서는 속력이 같아지고, 속력 항이 서로 같으면 압력 차는 높이 차에 따른 $\rho g \Delta y$로 결정된다.

계산 과정

1. 단면적이 일정하므로 $v_A = v_B = v_C$이다.
2. 베르누이 법칙에서 속력 항이 같으므로 $p + \rho g y$가 일정하다. 따라서 낮은 곳일수록 압력이 크다.
3. A가 B보다 h 높으므로 $p_B - p_A = \rho g h$이다. A와 B의 압력 차가 P이므로 $P = \rho g h$이다.
4. C는 A보다 $2h$ 높고 A는 B보다 h 높으므로 C는 B보다 $3h$ 높다. 따라서 $p_B - p_C = \rho g (3h) = 3P$이다.

보기 판단

ㄱ. O
A는 B보다 높으므로 A에서의 압력은 B에서보다 작다. 베르누이 법칙에서 속력이 같을 때 높은 곳은 압력이 낮다.

ㄴ. O
관의 단면적이 일정하고 유체가 같은 관을 따라 흐르므로 연속 방정식에 의해 A와 C에서의 속력은 같다.

ㄷ. O
B와 C의 높이 차는 $h + 2h = 3h$이다. 속력이 같으므로 압력 차는 $\rho g (3h) = 3P$가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
①은 ㄴ만 골랐으나 ㄱ과 ㄷ도 옳다. 틀린 선택 → 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

② X
②는 ㄷ만 골랐으나 ㄱ과 ㄴ도 옳다. 틀린 선택 → 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

③ X
③은 ㄱ, ㄴ만 골랐으나 ㄷ도 옳다. 틀린 선택 → 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

④ X
④는 ㄱ, ㄷ만 골랐으나 ㄴ도 옳다. 틀린 선택 → 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

⑤ O
ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 ⑤가 정답이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 굽은 관 모양 때문에 속력이 달라진다고 생각하는 것이다. 단면적이 일정하면 관이 휘어도 연속 방정식상 속력은 같다. 또한 A와 C의 높이 차 $2h$만 보고 B와 C의 높이 차를 $2h$로 착각하면 ㄷ을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

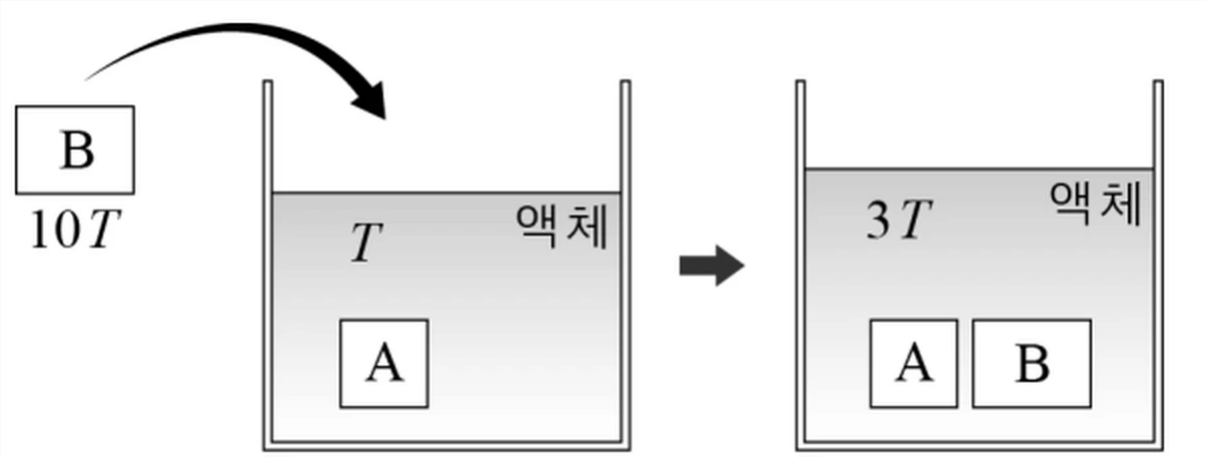
단면적 일정 관의 베르누이 문제는 먼저 연속 방정식으로 속력이 같은지 확인하고, 속력이 같으면 $p + \rho g y$ 일정 조건으로 압력과 높이의 반대 관계를 판단한다.

암기 포인트

같은 단면적의 한 관에서는 속력은 같고, 높이가 h만큼 올라가면 압력은 $\rho g h$만큼 작아진다.

NoteBase

문 11. 그림은 온도가 T로 열평형 상태에 있는 물체 A와 액체가 담긴 수조에 온도가 $10T$인 물체 B를 넣은 후, 충분한 시간이 지나 온도가 $3T$로 열평형 상태에 도달한 것을 나타낸 것이다. B의 열용량이 A의 2배일 때, 액체의 열용량은 A의 몇 배인가? (단, 열은 A, B, 액체 사이에서만 이동한다.)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

⑤ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 열평형에서 잃은 열량과 얻은 열량이 같다는 열량 보존 원리를 이용해 액체의 열용량이 A의 몇 배인지 구하는 문제이다.

조건 정리

처음에 A와 액체는 온도 T에서 열평형 상태이다.
B의 처음 온도는 $10T$, 최종 열평형 온도는 $3T$이다.
B의 열용량은 A의 2배이므로 $C_B = 2C_A$이다.
구할 값은 액체의 열용량 C_L이 A의 열용량 C_A의 몇 배인지이다.
열은 A, B, 액체 사이에서만 이동하므로 외부와의 열교환은 고려하지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

열량은 $Q = C\Delta T$이고, 단열된 계에서 열평형에 도달하면
B가 잃은 열량=A와 액체가 얻은 열량
으로 놓는다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 열이 A, B, 액체 사이에서만 이동한다고 했으므로, B가 식으면서 잃은 열이 처음에 T였던 A와 액체를 $3T$까지 데우는 데 모두 쓰이기 때문이다.

계산 과정

A의 열용량을 C_A, 액체의 열용량을 $C_L = xC_A$라고 둔다.
B는 $10T$에서 $3T$로 내려가므로 잃은 열량은
$Q_B = C_B(10T - 3T) = 2C_A \cdot 7T = 14C_AT$
이다.
A와 액체는 T에서 $3T$로 올라가므로 얻은 열량은
$Q_{A+L} = (C_A + C_L)(3T - T) = (C_A + xC_A)2T = 2(1 + x)C_AT$
이다.
열량 보존에 의해
$14C_AT = 2(1 + x)C_AT$
이므로 $14 = 2 + 2x$, $2x = 12$, $x = 6$이다.
따라서 액체의 열용량은 A의 6배이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 2배라면 $x = 2$가 되어 A와 액체가 얻는 열량은 $2(1 + 2)C_AT = 6C_AT$에 그친다. B가 잃는 $14C_AT$와 맞지 않는다. 틀린 표현 2배 → 올바르게는 6배이다.

② X
- 4배라면 $2(1 + 4)C_AT = 10C_AT$가 되어 B가 잃는 열량보다 작다. 틀린 표현 4배 → 올바르게는 6배이다.

③ O
- 계산 결과 $x = 6$이므로 액체의 열용량은 A의 6배이다.

④ X
- 8배라면 $2(1 + 8)C_AT = 18C_AT$가 되어 B가 잃는 $14C_AT$보다 크다. 틀린 표현 8배 → 올바르게는 6배이다.

⑤ X
- 10배라면 $2(1 + 10)C_AT = 22C_AT$가 되어 열량 보존식에 맞지 않는다. 틀린 표현 10배 → 올바르게는 6배이다.

계산 결과 액체의 열용량은 A의 6배이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

B의 온도 변화는 $10T$에서 $3T$까지이므로 $7T$이고, A와 액체의 온도 변화는 T에서 $3T$까지이므로 $2T$이다. 두 온도 변화량을 같게 보거나, A가 얻는 열량을 빼고 액체만 $3T - T$만큼 데워진다고 두면 ③이 아닌 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

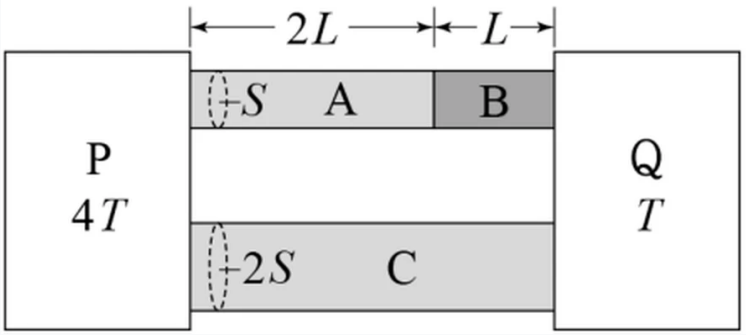
열평형 문제는 먼저 각 물체의 처음 온도와 최종 온도를 확인한 뒤, 온도가 내려간 물체의 열량 손실을 온도가 올라간 물체들의 열량 증가 합과 같게 놓아 판단한다.

암기 포인트

외부와 열교환이 없으면 잃은 열량의 합과 얻은 열량의 합이 같다. 열용량 문제에서는 $Q = C\Delta T$에서 각 물체의 ΔT를 먼저 분리한다.

NoteBase

문 12. 그림은 온도가 각각 $4T$, T인 열원 P, Q에 금속 막대 A, B, C를 연결한 모습을 나타낸 것이다. 충분한 시간이 지난 후 A와 B가 접촉한 부분의 온도는 $2T$이고, 같은 시간 동안 B와 C를 통해 전달되는 열량은 같다. 표는 A, B, C의 길이와 단면적을 나타낸 것이다. A, B, C의 열전도율을 각각 k_A, k_B, k_C라고 할 때, $k_A : k_B : k_C$는? (단, 열의 전달은 전도에 의해서만 이루어지고, 열팽창은 무시한다.)



금속 막대	A	B	C
길이	$2L$	L	$3L$
단면적	S	S	$2S$

① 1 : 1 : 1

② 1 : 1 : 2

③ 2 : 2 : 1

④ 2 : 3 : 1

⑤ 4 : 1 : 2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정상상태 열전도식 $H = kA\Delta T/\ell$을 이용해 직렬로 연결된 A, B와 병렬 경로인 C의 열전도율 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 열원 P는 $4T$, 열원 Q는 T이고, A와 B의 접촉 부분 온도는 $2T$이다.
막대의 길이와 단면적은 A가 $2L$, S, B가 L, S, C가 $3L$, $2S$이다.
구해야 할 값: $k_A : k_B : k_C$이다.
주의할 조건: A와 B는 위쪽 경로에서 직렬 연결이므로 A를 통과하는 열량과 B를 통과하는 열량은 같다. 또한 문제에서 같은 시간 동안 B와 C를 통해 전달되는 열량이 같다고 했다.

NoteBase

사용할 공식

정상상태 전도 열류는
$H = \frac{kA\Delta T}{\ell}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 열의 전달은 전도에 의해서만 이루어지고 열팽창을 무시하므로, 각 막대에서 단면적이 클수록, 온도차가 클수록 열류가 커지고 길이가 길수록 열류가 작아지는 정상상태 열전도 상황이다.

계산 과정

1. A에서 온도차는 $4T - 2T = 2T$이다.
$H_A = \frac{k_A S(2T)}{2L} = \frac{k_A ST}{L}$

2. B에서 온도차는 $2T - T = T$이다.
$H_B = \frac{k_B S(T)}{L} = \frac{k_B ST}{L}$
A와 B는 직렬 경로이므로 $H_A = H_B$이고, 따라서 $k_A = k_B$이다.

3. C는 P와 Q 사이를 바로 연결하므로 온도차는 $4T - T = 3T$이다.
$H_C = \frac{k_C(2S)(3T)}{3L} = \frac{2k_C ST}{L}$

4. 문제에서 같은 시간 동안 B와 C를 통해 전달되는 열량이 같으므로 $H_B = H_C$이다.
$\frac{k_B ST}{L} = \frac{2k_C ST}{L}$
따라서 $k_B = 2k_C$이다.

5. $k_A = k_B$이고 $k_B = 2k_C$이므로
$k_A : k_B : k_C = 2 : 2 : 1$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 2 : 2 : 1이다. ①의 1 : 1 : 1은 C의 단면적이 $2S$이고 길이가 $3L$인 조건을 반영하지 않은 비율이다. 틀린 표현 1 : 1 : 1 → 올바르게는 2 : 2 : 1이다.

② X
- 계산 결과는 2 : 2 : 1이다. ②의 1 : 1 : 2는 C의 열전도율을 B보다 크게 잡은 값이지만, 실제로는 C의 단면적이 커서 같은 열량을 보내려면 k_C가 k_B의 절반이어야 한다. 틀린 표현 1 : 1 : 2 → 올바르게는 2 : 2 : 1이다.

③ O
- $H_A = H_B$에서 $k_A = k_B$, $H_B = H_C$에서 $k_B = 2k_C$가 되므로 $k_A : k_B : k_C = 2 : 2 : 1$이다.

④ X
- 계산 결과는 2 : 2 : 1이다. ④의 2 : 3 : 1은 A와 B가 직렬 경로에서 같은 열류를 갖는다는 조건을 어겨 $k_A = k_B$를 만족하지 않는다. 틀린 표현 2 : 3 : 1 → 올바르게는 2 : 2 : 1이다.

⑤ X
- 계산 결과는 2 : 2 : 1이다. ⑤의 4 : 1 : 2는 A와 B의 접촉 온도 $2T$를 이용한 온도차 계산과 맞지 않는다. A와 B는 각각 $H_A = H_B$가 되어야 하므로 $k_A = k_B$이다. 틀린 표현 4 : 1 : 2 → 올바르게는 2 : 2 : 1이다.

계산 결과 2 : 2 : 1이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 위쪽 A-B 경로의 직렬 조건과 아래쪽 C 경로의 병렬 조건을 섞는 것이다. A와 B는 같은 경로에 있으므로 열류가 같고, C는 별도 경로이지만 문제에서 B와 C를 통해 전달되는 열량이 같다고 따로 주어졌다. 또한 C의 단면적 $2S$를 빼먹으면 k_C의 비율을 반대로 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

전도 문제는 각 막대의 양 끝 온도차, 길이, 단면적을 먼저 정리한 뒤 $H = kA\Delta T/\ell$에 대입한다. 직렬로 이어진 막대는 열류가 같고, 병렬 경로는 문제에서 준 열량 같음 조건이나 전체 온도차를 따로 적용한다.

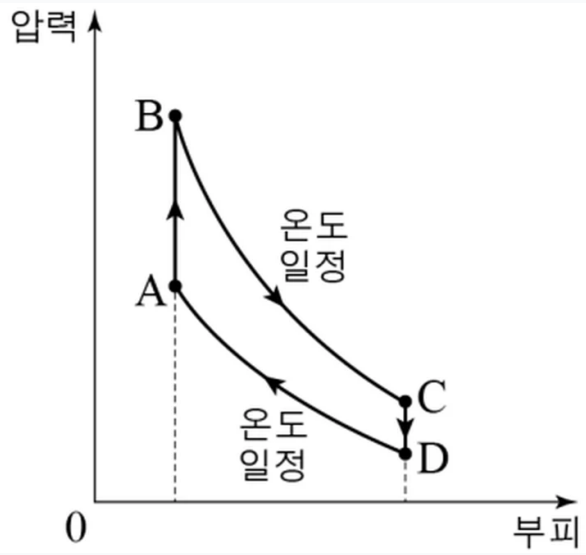
암기 포인트

전도 열류는 k, 단면적, 온도차에 비례하고 길이에 반비례한다. 직렬은 같은 열류, 병렬은 각 경로의 온도차와 단면적을 따로 본다.

NoteBase

문 13. 그림은 열효율이 $\frac{1}{4}$인 열기관에서 일정량의 이상 기체가 A → B → C → D → A를 따라 변할 때 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. A → B, C → D는 등적 과정이고, B → C, D → A는 등온 과정이다. 표는 B → C, D → A 과정에서 기체가 흡수 또는 방출한 열량을 나타낸 것이다.

C → D 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은?



과정	기체가 흡수 또는 방출한 열량
B → C	$5Q$
D → A	$3Q$

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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 열기관의 열효율 $\eta = W_{net}/Q_{in}$, 한 순환 과정의 내부 에너지 변화량 $\Delta U_{cycle} = 0$, 등온 과정의 $\Delta U = 0$을 이용해 등적 과정 $C \rightarrow D$의 내부 에너지 감소량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 열효율은 1/4, $B \rightarrow C$ 과정의 열량 크기는 $5Q$, $D \rightarrow A$ 과정의 열량 크기는 $3Q$이다.
구해야 할 값: $C \rightarrow D$ 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량이다.
주의할 조건: $B \rightarrow C$는 등온 팽창이므로 열을 흡수하고, $D \rightarrow A$는 등온 압축이므로 열을 방출한다. $A \rightarrow B$, $C \rightarrow D$는 등적 과정이므로 일은 0이고 열량이 내부 에너지 변화량과 같다.

NoteBase

사용할 공식

$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}}$

$\Delta U = Q - W$

이 공식을 쓰는 이유: 열기관의 한 순환에서는 처음 상태로 돌아오므로 전체 내부 에너지 변화가 0이다. 따라서 순환 전체의 순일은 순흡수열과 같고, 등적 과정에서는 $W = 0$이므로 $Q = \Delta U$로 내부 에너지 변화를 바로 판단할 수 있다.

계산 과정

1. $B \to C$는 등온 팽창이므로 $\Delta U_{BC} = 0$, $Q_{BC} = +5Q$이다. $D \to A$는 등온 압축이므로 $\Delta U_{DA} = 0$, $Q_{DA} = -3Q$이다.

2. 두 등온 과정만 놓고 보면 순열량은 $+5Q - 3Q = 2Q$이고, 등온 과정에서는 내부 에너지 변화가 없으므로 이 값이 순환 전체에서 외부로 한 순일 $W_{\text{net}} = 2Q$가 된다.

3. 열효율이 1/4이므로

$\frac{1}{4} = \frac{2Q}{Q_{\text{in}}}$

에서 전체 흡수열은 $Q_{\text{in}} = 8Q$이다.

4. 전체 흡수열은 $A \to B$에서 흡수한 열과 $B \to C$에서 흡수한 열의 합이므로

$Q_{AB} + 5Q = 8Q$

따라서 $Q_{AB} = 3Q$이다.

5. $A \to B$와 $C \to D$는 등적 과정이고 한 순환의 전체 내부 에너지 변화는 0이므로

$\Delta U_{AB} + \Delta U_{CD} = 0$

이다. 등적 과정에서 $\Delta U = Q$이므로 $\Delta U_{AB} = +3Q$, $\Delta U_{CD} = -3Q$이다. 따라서 $C \to D$ 과정에서 내부 에너지 감소량은 $3Q$이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- 계산 결과 내부 에너지 감소량은 $3Q$이다. $\frac{3}{2}Q$는 열효율 식에서 순일 $2Q$와 전체 흡수열 $8Q$의 관계를 제대로 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현 $\frac{3}{2}Q \rightarrow$ 올바르게는 $3Q$이다.

② X

- $2Q$는 $5Q - 3Q$로 얻는 순일 W_{net}이다. 문제는 순일이 아니라 $C \rightarrow D$의 내부 에너지 감소량을 묻는다. 틀린 표현 $2Q \rightarrow$ 올바르게는 $3Q$이다.

③ X

- $\frac{5}{2}Q$는 전체 흡수열 $8Q$에서 등온 팽창의 흡수열 $5Q$를 빼는 과정을 잘못 처리한 값이다. $A \rightarrow B$에서 흡수한 열은 $8Q - 5Q = 3Q$이다. 틀린 표현 $\frac{5}{2}Q \rightarrow$ 올바르게는 $3Q$이다.

④ O

- $Q_{\text{in}} = 8Q$, $Q_{BC} = 5Q$이므로 $Q_{AB} = 3Q$이다. 등적 과정에서 $Q = \Delta U$이고 한 순환에서 내부 에너지 변화의 합은 0이므로 $C \rightarrow D$의 내부 에너지 변화는 $-3Q$이다. 따라서 감소량은 $3Q$이다.

⑤ X

- $\frac{7}{2}Q$는 등온 압축에서 방출한 $3Q$를 내부 에너지 변화가 있는 과정처럼 섞어 계산한 값으로 볼 수 있다. 등온 과정에서는 내부 에너지 변화가 0이므로 $D \rightarrow A$의 $3Q$는 내부 에너지 감소량에 직접 더하지 않는다. 틀린 표현 $\frac{7}{2}Q \rightarrow$ 올바르게는 $3Q$이다.

계산 결과 $C \rightarrow D$ 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 $3Q$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 표의 $5Q$, $3Q$를 모두 같은 부호로 더하거나, $5Q - 3Q = 2Q$를 곧바로 내부 에너지 감소량으로 착각하게 하는 것이다. $B \rightarrow C$와 $D \rightarrow A$는 등온 과정이므로 내부 에너지 변화가 없고, $2Q$는 순일이다. 내부 에너지 감소량은 등적 과정 $C \rightarrow D$에서 찾아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

열기관 순환 문제는 먼저 각 과정의 부호를 정하고, 등온 과정에서는 $\Delta U = 0$, 등적 과정에서는 $W = 0$이라서 $Q = \Delta U$임을 적용한다. 그다음 $\eta = W_{\text{net}}/Q_{\text{in}}$로 전체 흡수열을 구하고, 한 순환의 ΔU 합이 0이라는 조건으로 남은 등적 과정의 내부 에너지 변화를 결정한다.

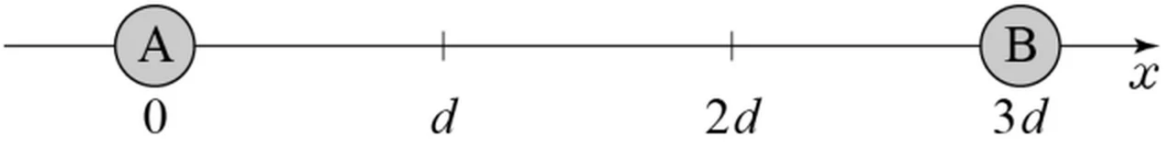
NoteBase

암기 포인트

열기관 한 바퀴에서는 $\Delta U_{\text{total}} = 0$이고, 등온은 $\Delta U = 0$, 등적은 $Q = \Delta U$이다. 효율은 항상 순일을 전체 흡수열로 나눈 값이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 x축상의 $x = 0$, $x = 3d$인 지점에 점전하 A, B가 고정되어 있다. A의 전하량은 q이고, $x = 2d$에서 A와 B에 의한 전기장은 0이다. A가 B에 작용하는 전기력의 크기는? (단, k는 쿨롱 상수이다.)



① $\frac{4kq^2}{9d^2}$
② $\frac{kq^2}{4d^2}$
③ $\frac{kq^2}{12d^2}$
④ $\frac{kq^2}{18d^2}$
⑤ $\frac{kq^2}{36d^2}$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 두 점전하가 만드는 전기장이 특정 지점에서 0이 된다는 조건으로 B의 전하량을 구한 뒤, 쿨롱 법칙으로 A와 B 사이의 전기력 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A는 $x = 0$, B는 $x = 3d$에 있고, A의 전하량은 q이다.
구해야 할 값: A가 B에 작용하는 전기력의 크기이다.
주의할 조건: $x = 2d$에서 전기장이 0이므로, 그 지점에서 A가 만드는 전기장과 B가 만드는 전기장은 크기가 같고 방향이 반대이다. 이 지점은 A로부터 $2d$, B로부터 d 떨어져 있다.

사용할 공식

점전하가 만드는 전기장의 크기는 $E = k|Q|/r^2$이고, 두 점전하 사이 전기력의 크기는 $F = k|q_1q_2|/r^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: A와 B는 축 위에 고정된 점전하로 볼 수 있고, 전기장 0 조건은 두 전기장의 크기 비교로, 전기력은 두 전하 사이 거리 $3d$를 넣는 쿨롱 법칙으로 계산된다.

NoteBase

계산 과정

1. $x = 2d$에서 A가 만드는 전기장의 크기는
$E_A = \frac{k|q|}{(2d)^2} = \frac{k|q|}{4d^2}$
이다.

2. 같은 지점은 B로부터 d 떨어져 있으므로, B의 전하량 크기를 $|Q|$라 하면 B가 만드는 전기장의 크기는
$E_B = \frac{k|Q|}{d^2}$
이다.

3. 전기장이 0이 되려면 $E_A = E_B$이어야 하므로
$\frac{k|q|}{4d^2} = \frac{k|Q|}{d^2}$
에서 $|Q| = |q|/4$이다. 두 전기장이 반대 방향이어야 하므로 A와 B는 같은 부호의 전하이다.

4. A와 B 사이 거리는 $3d$이므로 전기력의 크기는
$F = \frac{k|qQ|}{(3d)^2} = \frac{k|q| \cdot |q|/4}{9d^2} = \frac{kq^2}{36d^2}$
이다.

선지 판단

① X
- $4kq^2/(9d^2)$은 B의 전하량이 $q/4$로 정해지는 조건을 반영하지 못한 값이다. 올바른 값은 $kq^2/(36d^2)$이다.

② X
- $kq^2/(4d^2)$은 A와 B 사이 거리 $3d$가 아니라 전기장 조건에 나온 거리 $2d$만 사용한 형태에 가깝다. 전기력 계산에는 A와 B 사이 거리 $3d$와 $|Q| = |q|/4$를 모두 넣어야 하므로 올바른 값은 $kq^2/(36d^2)$이다.

③ X
- $kq^2/(12d^2)$은 분모에 $9d^2$와 전하량 비율 1/4이 모두 반영된 값이 아니다. 올바른 분모는 $9 \times 4 = 36$이므로 값은 $kq^2/(36d^2)$이다.

④ X
- $kq^2/(18d^2)$은 B의 전하량 크기를 $|q|/4$로 구한 뒤 A-B 거리 $3d$를 적용한 결과와 일치하지 않는다.
올바르게는 $F = k|q(q/4)|/(3d)^2 = kq^2/(36d^2)$이다.

⑤ O
- 전기장 0 조건에서 $|Q| = |q|/4$이고, A와 B 사이 거리가 $3d$이므로 $F = kq^2/(36d^2)$가 된다. 따라서 ⑤가 맞다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전기장이 0인 위치 $x = 2d$에서의 거리와, 실제 전기력을 구할 때의 A-B 사이 거리 $3d$를 구분하는 것이다. 또한 전기장 상쇄 조건으로 B의 전하량이 q가 아니라 $q/4$가 된다는 점을 빠뜨리면 ①~④ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

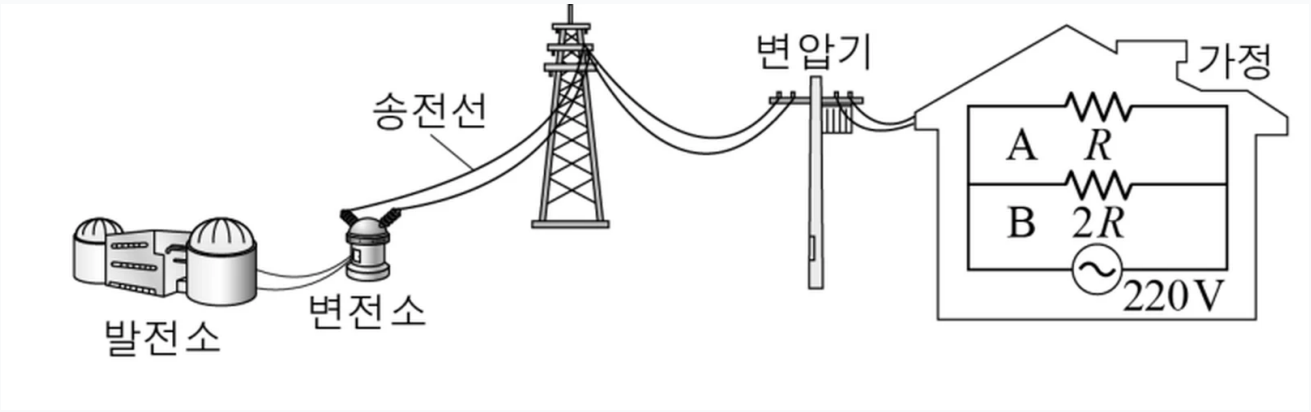
전기장 0 조건이 나오면 먼저 그 지점에서 각 전하까지의 거리를 따로 잡고 $k|q_1|/r_1^2 = k|q_2|/r_2^2$로 미지 전하를 구한다. 그다음 전기력을 물으면 반드시 두 전하 사이의 실제 거리로 $F = k|q_1 q_2|/r^2$를 다시 계산한다.

암기 포인트

전기장 0 지점의 거리비로 전하량비를 먼저 정하고, 전기력은 두 전하 사이 거리로 다시 계산한다.

NoteBase

문 15. 그림은 발전소에서 생산된 전기 에너지가 가정에서 소비되기까지의 과정을 모식적으로 나타낸 것이다. 가정에서 저항값이 각각 R, $2R$인 가전제품 A, B를 사용한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

ㄱ. 송전선에는 교류 전류가 흐른다.

ㄴ. 송전선에서의 전력 손실을 줄이기 위해 변전소에서 송전 전압을 높인다.

ㄷ. 소비 전력은 A가 B보다 크다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 교류 송전에서 변압기를 쓰는 이유와 병렬 연결된 저항의 소비 전력 $P = V^2/R$ 관계를 함께 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 가정의 전압은 $220V$, A의 저항은 R, B의 저항은 $2R$이다.

구해야 할 값: ㄱ, ㄴ, ㄷ 중 옳은 설명의 조합이다.

주의할 조건: 그림에서 A와 B는 같은 두 단자에 연결되어 있으므로 같은 전압이 걸리는 병렬 연결이다.

NoteBase

사용할 공식

송전선 손실 전력은 $P_{loss} = I^2 r$이고, 소비 전력은 $P = VI = V^2/R$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 같은 전력을 보낼 때 송전 전압을 높이면 전류가 작아져 $I^2 r$ 손실이 줄고, 병렬 연결된 가전제품은 같은 전압을 받으므로 저항값으로 소비 전력을 비교할 수 있다.

계산 과정

1. 송전 전력은 대략 $P = VI$이므로 같은 전력을 보낼 때 전압 V를 높이면 전류 I가 작아진다.
2. 송전선의 열손실은 $P_{loss} = I^2 r$이므로 전류가 작아지면 손실 전력이 감소한다.
3. A와 B에는 모두 $220V$가 걸리므로 $P_A = V^2/R$, $P_B = V^2/(2R)$이다.
4. 따라서 $P_A = 2P_B$가 되어 A의 소비 전력이 B보다 크다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ. O
송전선에는 교류 전류가 흐른다. 그림의 가정 전원도 교류 표시로 나타나며, 교류 송전은 변압기로 전압을 쉽게 바꾸는 방식이다.

ㄴ. O
송전선에서의 전력 손실을 줄이기 위해 변전소에서 송전 전압을 높인다. 전압을 높이면 같은 전력을 보낼 때 전류가 작아지고, 손실 I^2r이 감소한다.

ㄷ. O
A와 B는 병렬 연결이므로 둘 다 $220V$가 걸린다. 소비 전력은 $P = V^2/R$이므로 저항이 R인 A가 저항이 $2R$인 B보다 소비 전력이 크다.

① X
①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지이다. 틀린 표현은 "ㄱ"만이라는 점이고, 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.

② X
②는 ㄷ만 옳다고 본 선택지이다. 틀린 표현은 "ㄷ"만이라는 점이고, 올바르게는 ㄱ과 ㄴ도 옳다.

③ X
③은 ㄱ, ㄴ만 옳다고 본 선택지이다. 틀린 표현은 ㄷ을 제외한 점이고, 올바르게는 병렬 회로에서 A의 소비 전력이 B보다 커서 ㄷ도 옳다.

④ X
④는 ㄴ, ㄷ만 옳다고 본 선택지이다. 틀린 표현은 ㄱ을 제외한 점이고, 올바르게는 송전선에도 교류 전류가 흐르므로 ㄱ도 옳다.

⑤ O
⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 포함한다. 세 설명이 모두 옳으므로 정답은 5번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 병렬 연결에서 저항이 큰 쪽의 전력이 크다고 착각하는 점이다. 같은 전압이 걸릴 때는 $P = V^2/R$이므로 저항이 작을수록 소비 전력이 크다. 또 송전 손실은 전압 자체가 아니라 전류의 제곱 I^2에 비례한다는 점을 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

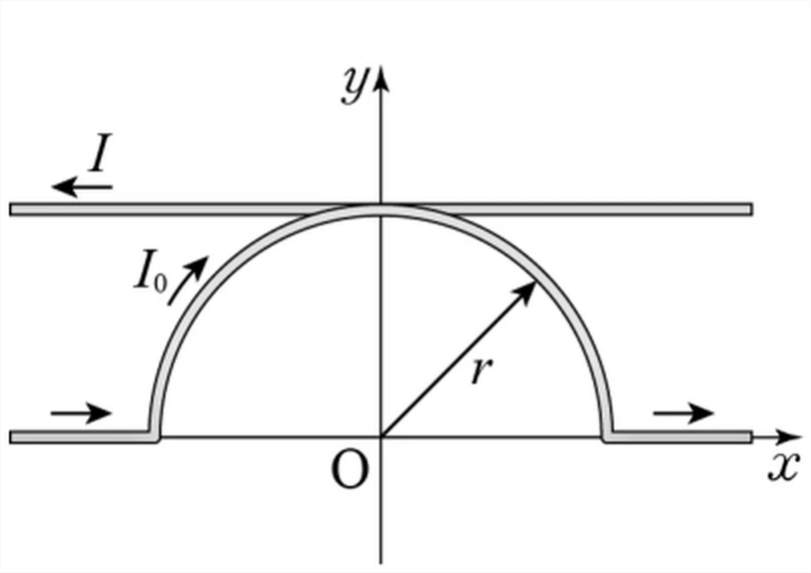
송전 문제는 먼저 변압기로 전압을 높이면 전류가 줄어 I^2r 손실이 감소하는지 확인한다. 가정 내 전기 제품 비교는 직렬인지 병렬인지 확인한 뒤, 병렬이면 같은 전압 조건에서 $P = V^2/R$로 판단한다.

암기 포인트

송전은 고전압 · 저전류가 손실을 줄이고, 병렬 저항의 소비 전력은 저항에 반비례한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 전류 I가 흐르는 무한히 긴 직선 도선과 전류 I_0이 흐르는 반지름이 r인 반원 모양의 도선을 포함한 무한히 긴 도선이 xy 평면에 고정되어 있다. 점 O에서 두 전류에 의한 자기장의 세기가 0일 때, I의 세기는?



① $\frac{\pi}{4}I_0$

② $\frac{\pi}{3}I_0$

③ $\frac{\pi}{2}I_0$

④ πI_0

⑤ $2\pi I_0$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 무한 직선 도선과 반원 모양 도선이 점 O에 만드는 자기장의 방향과 크기를 비교하여 상쇄 조건에서 I를 구하는 문제이다.

조건 정리

위쪽 무한 직선 도선은 점 O에서 거리 r만큼 떨어져 있고 전류 I가 왼쪽으로 흐른다.
반원 도선은 반지름이 r이고 전류 I_0가 왼쪽 끝에서 위쪽 반원을 지나 오른쪽 끝으로 흐른다.
점 O는 반원의 중심이다.
아래쪽의 양쪽 직선 부분은 점 O와 같은 직선 위에 있으므로 $\vec{dl}$과 $\vec{r}$가 평행하여 점 O에서 자기장을 만들지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

무한 직선 도선에서 거리 a만큼 떨어진 점의 자기장은

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$

이다.

중심각 θ인 원호 전류가 중심에 만드는 자기장은

$B = \frac{\mu_0 I \theta}{4\pi r}$

이다.

반원은 $\theta = \pi$이므로

$B = \frac{\mu_0 I}{4r}$

를 사용한다.

계산 과정

위쪽 무한 직선 도선의 자기장 크기는

B_직선=(_0 I)/(2π r)

이다. 전류가 왼쪽으로 흐르고 점 O는 도선 아래쪽에 있으므로 방향은 종이 바깥쪽이다.

반원 도선의 자기장 크기는

B_반원=(_0 I_0)/(4r)

이다. 반원 전류는 그림에서 시계 방향으로 돌므로 점 O에서 방향은 종이 안쪽이다.

두 자기장의 세기가 0이 되려면 두 크기가 같아야 하므로

$\frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I_0}{4r}$

이다. 따라서

$I = \frac{\pi}{2} I_0$

이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $\frac{\pi}{4}I_0$는 상쇄 조건 $I=\frac{\pi}{2}I_0$보다 작다. 틀린 표현 $\frac{\pi}{4}I_0$ → 올바르게는 $\frac{\pi}{2}I_0$이다.

② X
- $\frac{\pi}{3}I_0$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 표현 $\frac{\pi}{3}I_0$ → 올바르게는 $\frac{\pi}{2}I_0$이다.

③ O
- 위쪽 무한 직선 도선의 자기장 $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$와 반원 도선의 자기장 $\frac{\mu_0 I_0}{4r}$를 같게 두면 $I=\frac{\pi}{2}I_0$가 된다.

④ X
- πI_0는 필요한 전류의 2배이다. 틀린 표현 πI_0 → 올바르게는 $\frac{\pi}{2}I_0$이다.

⑤ X
- $2\pi I_0$는 계산 결과보다 4배 크다. 틀린 표현 $2\pi I_0$ → 올바르게는 $\frac{\pi}{2}I_0$이다.

계산 결과 $\frac{\pi}{2}I_0$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 반원 도선의 자기장 공식을 원형 도선 전체의 공식과 혼동하거나, 아래쪽 직선 부분까지 자기장에 포함하는 것이다. 점 O와 같은 직선 위에 놓인 직선 도선 부분은 $d\vec{l}\times\vec{r}=0$이므로 기여하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

전류 도선의 자기장 문제는 각 도선 부분이 관찰점에 만드는 자기장의 방향을 먼저 정하고, 실제로 기여하는 부분만 골라 크기를 더하거나 뺀다. 반원은 전체 원의 절반이므로 중심 자기장도 전체 원의 절반인 $\frac{\mu_0 I}{4r}$로 판단한다.

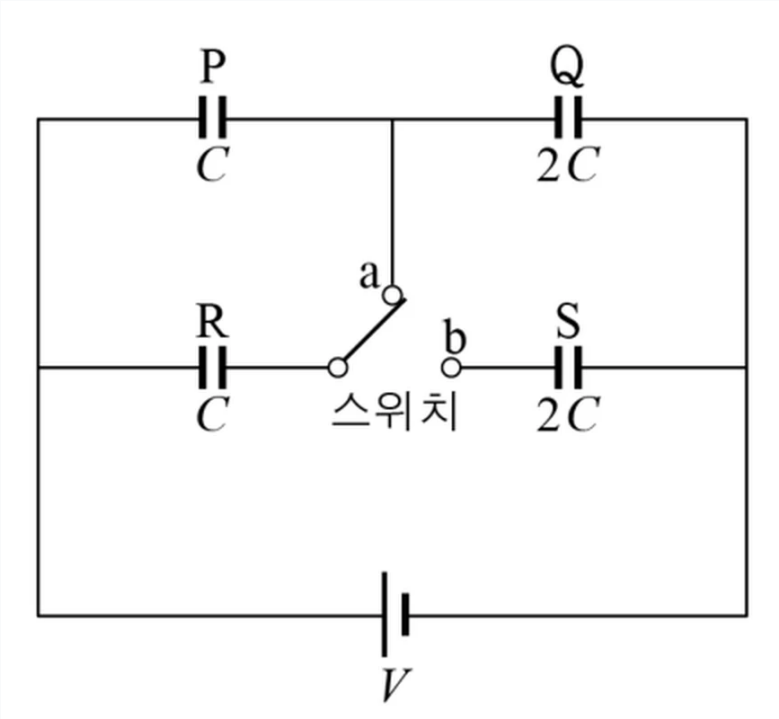
암기 포인트

무한 직선 도선은 $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, 반원 도선 중심은 $\frac{\mu_0 I}{4r}$이다. 관찰점과 도선이 같은 직선 위에 있으면 그 직선 부분의 자기장은 0이다.

NoteBase

문 17. 그림은 전기 용량이 각각 C, $2C$, C, $2C$인 축전기 P, Q, R, S를 전압이 V로 일정한 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. 스위치는 a에 연결되어 있으며, P, Q, R는 완전히 충전된 상태이다.

스위치를 b에 연결한 후, 시간이 충분히 지났을 때 P 양단에 걸린 전압은 a에 연결되어 있을 때의 몇 배인가?



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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 스위치 위치에 따라 축전기 P, Q, R, S가 어떤 직렬·병렬 구조를 이루는지 등가회로를 다시 그린 뒤, P 양단 전압의 비를 구하는 문제이다. 특히 스위치를 b로 옮겼을 때 R와 S가 어디로 가는지까지 확인해야 P가 Q와만 직렬이 된다는 점을 확신할 수 있다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: P, Q, R, S의 전기용량은 각각 C, $2C$, C, $2C$이고 전원 전압은 V로 일정하다.
구해야 할 값: 스위치를 b에 연결한 뒤 충분한 시간이 지났을 때 P 양단 전압이, 스위치가 a에 있을 때 P 양단 전압의 몇 배인지이다.

회로 구조: 전원의 두 단자에 이어진 왼쪽 도선과 오른쪽 도선을 기준으로 보면, 위쪽 가지는 왼쪽 도선에서 P를 지나 가운데 접점에 이르고 다시 Q를 지나 오른쪽 도선으로 간다. 아래쪽 가지는 왼쪽 도선에서 R를 지나 스위치에 이르고, 스위치가 a이면 위쪽 가운데 접점에, b이면 S를 거쳐 오른쪽 도선에 이어진다.

스위치가 a일 때: R의 오른쪽이 P와 Q 사이의 가운데 접점에 붙으므로, P와 R는 왼쪽 도선과 가운데 접점이라는 같은 두 점 사이에 놓여 병렬이 된다. 이때 S는 b쪽이 끊겨 있어 회로에서 빠지며, 문제에서 충전된 축전기를 P, Q, R만 언급한 것도 이 때문이다.

스위치가 b일 때: R의 오른쪽이 S에 붙으므로 P와 Q가 전원에 직렬로 걸린 가지 하나, R와 S가 전원에 직렬로 걸린 또 다른 가지 하나가 되어 두 가지가 서로 독립이 된다. 따라서 P의 전압을 구할 때 R와 S는 고려하지 않아도 된다.

사용할 공식

병렬 합성: $C_{\parallel} = C_1 + C_2$
직렬 연결에서는 각 축전기의 전하량 Q가 같고, 각 축전기 전압은 $V_i = \frac{Q}{C_i}$이다.
직렬 합성: C_직렬=(C_1C_2)/(C_1+C_2)

이 공식을 쓰는 이유: 축전기 회로의 정상상태에서는 같은 두 점 사이에 놓인 축전기는 용량을 더해 병렬 합성하고, 한 줄로 이어진 축전기는 전하량이 같다는 조건으로 전압을 분배하기 때문이다. 직렬에서는 전하량이 같으므로 전압은 용량에 반비례하여, 용량이 작은 축전기에 더 큰 전압이 걸린다.

NoteBase

계산 과정

1. 스위치가 a에 있을 때, P와 R는 같은 두 점 사이에 있으므로 병렬이다.
$C_{PR} = C + C = 2C$
이 $2C$짜리 묶음이 $2C$인 Q와 직렬로 전원에 연결된다. 직렬인 두 부분의 용량이 서로 같으므로 전압은 반씩 나뉜다.
$V_{P,a} = \frac{V}{2}$
P는 병렬 묶음에 속하므로 묶음 전압이 곧 P의 전압이다.

2. 스위치를 b에 연결하면 P와 Q만으로 이루어진 직렬 가지가 전원에 걸린다. 직렬 합성용량은
$C_{PQ} = \frac{C \cdot 2C}{C + 2C} = \frac{2}{3}C$
이고, 이 가지에 저장되는 전하량은
$Q_{PQ} = C_{PQ}V = \frac{2}{3}CV$
이다. 직렬이므로 P에도 같은 전하량이 실린다.
$V_{P,b} = \frac{Q_{PQ}}{C} = \frac{2}{3}V$
같은 방식으로 R와 S의 가지에서도 $V_{R,b} = \frac{2}{3}V$가 되지만, 이 가지는 P와 독립이므로 P의 전압에는 영향을 주지 않는다.

3. 두 상태의 비를 구한다.
$\frac{V_{P,b}}{V_{P,a}} = \frac{\frac{2}{3}V}{\frac{1}{2}V} = \frac{4}{3}$

NoteBase

선지 판단

① X
- 두 상태의 전압을 각각 올바로 구하면 $V_{P,a} = V/2$, $V_{P,b} = 2V/3$뿐이고, 이 둘로 만들 수 있는 비는 4/3이다. 1/3은 어느 상태의 전압 조합으로도 나오지 않는다. 틀린 표현 1/3 → 올바르게는 4/3이다.

② X
- 2/3은 스위치를 b에 연결한 뒤 P 양단 전압이 $2V/3$이라는 사실에서 나온 계수이지, 처음 전압 $V/2$에 대한 비가 아니다. 문제가 묻는 것은 전압 자체가 아니라 두 상태의 비이다. 틀린 표현 2/3 → 올바르게는 4/3이다.

③ X
- 각 상태를 독립된 직렬 회로로 보고 전압을 다시 분배하면 P 양단 전압은 $V/2$에서 $2V/3$으로 커지므로 두 값은 같지 않다. 틀린 표현 1 → 올바르게는 4/3이다.
- 다만 이 문항은 엄밀히 따지면 1도 성립할 여지가 있다. 스위치를 b로 옮기는 순간 P의 오른쪽 극판과 Q의 왼쪽 극판을 잇는 도체는 축전기로만 둘러싸인 고립 도체가 되어 그 위의 전하가 보존된다. a 상태에서 P의 오른쪽 극판에는 $-\frac{1}{2}CV$, Q의 왼쪽 극판에는 $+CV$가 있으므로 이 도체에는 $+\frac{1}{2}CV$가 남고, 이 전하량을 보존시켜 풀면 P 양단 전압이 $V/2$로 유지되어 비가 1이 된다. 시험의 공식 정답은 ④이므로 시험에서는 ④로 답하되, 고립 도체의 전하 보존까지 따지는 관점에서는 ③도 정답이 될 수 있다는 점을 함께 알아 두면 된다.

④ O
- 스위치가 a일 때는 P와 R의 병렬 합성 $2C$가 Q의 $2C$와 직렬이므로 $V_{P,a} = V/2$이다. 스위치가 b일 때는 P와 Q만 직렬이므로 $V_{P,b} = 2V/3$이다. 따라서 비는 $\frac{2V/3}{V/2} = \frac{4}{3}$이다.

⑤ X
- 5/3은 두 상태의 전압을 직렬·병렬 구조에 맞게 분배해서는 나오지 않는 값이다. P의 전압은 $V/2$와 $2V/3$ 두 개뿐이므로 비는 4/3으로 정해진다. 틀린 표현 5/3 → 올바르게는 4/3이다.

오답 포인트

출제자가 노린 첫 번째 함정은 스위치가 a에 있을 때 P를 혼자 보지 않고 R와 병렬이라는 점을 반영해야 한다는 데 있다. 이를 놓치면 두 상태 모두 P와 Q의 직렬로 보게 되어 비가 1이라고 잘못 답하게 된다.
두 번째 함정은 스위치를 b로 옮긴 뒤 S가 새로 회로에 들어온다는 사실이다. 다만 S는 R와 함께 별도의 가지를 이루어 P의 전압에는 관여하지 않으므로, 구조를 확인한 뒤에는 계산에서 제외해야 한다.
세 번째 함정은 직렬에서 전압을 용량에 비례하도록 나누는 실수이다. 직렬에서는 전하량이 같으므로 전압은 용량에 반비례하며, 용량이 작은 P에 더 큰 전압이 걸린다.
또 하나는 2/3이 b 상태에서 P의 전압 $2V/3$을 뜻할 뿐 두 상태의 비가 아니라는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

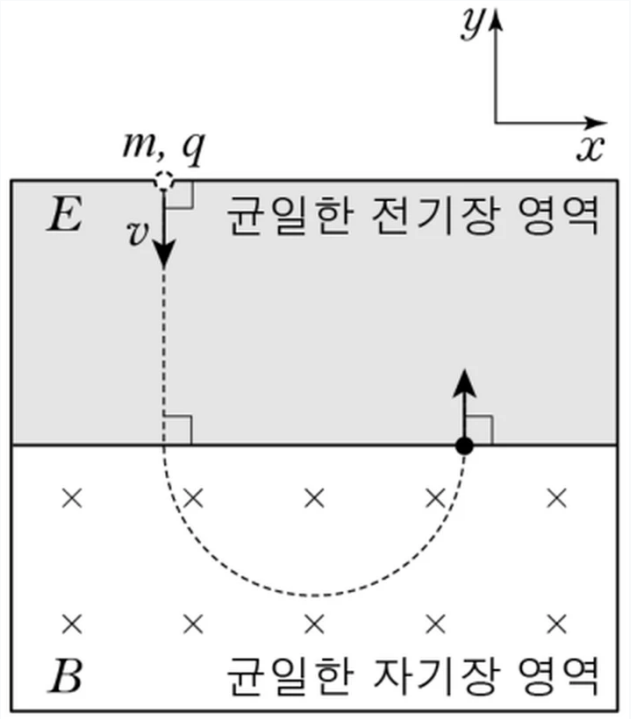
스위치가 있는 축전기 회로는 각 스위치 상태마다 등가회로를 처음부터 다시 그린다. 이때 스위치가 어느 접점에 붙는지에 따라 어떤 축전기가 같은 두 점 사이에 놓이는지, 어떤 축전기가 회로에서 빠지거나 별도의 가지를 이루는지를 먼저 정리한다. 그다음 병렬은 용량을 더하고 직렬은 전하량이 같다는 조건으로 전압을 분배한다. 마지막에 문제가 묻는 값이 전압 자체인지 두 상태의 비인지 구분한다.

암기 포인트

축전기 병렬은 전압이 같고 용량을 더하며, 축전기 직렬은 전하량이 같고 전압은 용량에 반비례한다. 이 문제에서 P 양단 전압은 $V/2$에서 $2V/3$으로 바뀌므로 비는 4/3배이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 세기가 E이고 $-y$ 방향인 균일한 전기장 영역에 v의 속력으로 수직으로 입사한 질량이 m이고 전하량이 q인 입자가 등가속도 운동한 후, 세기가 B이고 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역에서 원궤도를 따라 운동한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. 입자는 양(+)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. 자기장 영역에서 운동한 시간은 $\frac{\pi m}{qB}$이다.

ㄷ. 전기장의 크기를 $2E$로 바꾸면, 자기장 영역에서 회전 반경은 커진다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 전기장 속 등가속도 운동으로 자기장에 들어갈 때의 속력 변화를 판단하고, 자기장 속 원운동 공식 $r = mv/(qB)$, $T = 2\pi m/(qB)$를 이용해 보기의 옳고 그름을 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 전기장의 방향은 $-y$ 방향이고, 입자는 처음 $-y$ 방향 속력 v로 전기장 영역에 들어간다. 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
구해야 할 값: 입자의 전하 부호, 자기장 영역에서 운동한 시간, 전기장 세기를 바꿀 때 자기장 영역의 원운동 반지름 변화이다.
주의할 조건: 그림의 자기장 영역 경로는 아래쪽으로 들어간 뒤 오른쪽으로 휘어져 위쪽으로 나오는 반원 궤도이다.

사용할 공식

전기장 힘은 $\vec{F} = q\vec{E}$이다.
자기장 속 원운동에서 $qvB = mv^2/r$이므로 $r = mv/(qB)$이다.
원운동 주기는 $T = 2\pi m/(qB)$이고, 반원 운동 시간은 $T/2 = \pi m/(qB)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 전기장 영역에서는 전기력이 속도 방향 성분을 가져 속력이 변하고, 자기장 영역에서는 자기력이 속도에 수직으로 작용해 원운동의 구심력 역할을 하기 때문이다.

계산 과정

1. 전기장이 $-y$ 방향이고 입자의 초기 속도도 $-y$ 방향이다. 그림처럼 자기장에 들어갈 때 아래쪽 속도를 가진 입자가 오른쪽으로 휘려면 자기력 $q\vec{v} \times \vec{B}$가 $+x$ 방향이어야 한다.
2. $\vec{v}$는 $-y$ 방향, $\vec{B}$는 종이 안쪽 방향이므로 $\vec{v} \times \vec{B}$는 $+x$ 방향이다. 따라서 실제 자기력이 $+x$ 방향이 되려면 $q > 0$이다.
3. 자기장 영역에서 그려진 궤도는 반원이다. 따라서 운동 시간은 전체 주기 $2\pi m/(qB)$의 절반인 $\pi m/(qB)$이다.
4. 전기장 영역에서 양전하는 전기장 방향으로 힘을 받아 아래쪽으로 가속된다. 전기장 세기를 $2E$로 키우면 자기장에 들어갈 때의 속력이 커지고, $r = mv/(qB)$에서 m, q, B가 같으므로 회전 반경도 커진다.

선지 판단

① X
- ①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지이다. ㄱ은 옳지만 ㄴ과 ㄷ도 옳으므로 틀렸다. 틀린 표현은 'ㄱ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

② X
- ②는 ㄴ만 옳다고 본 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄱ과 ㄷ도 옳으므로 틀렸다. 틀린 표현은 'ㄴ만'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

③ X
- ③은 ㄱ, ㄷ만 옳다고 본 선택지이다. ㄴ도 자기장 속 반원 운동 시간 $\pi m/(qB)$로 옳으므로 틀렸다. 틀린 표현은 'ㄱ, ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄷ만 옳다고 본 선택지이다. ㄱ도 옳다. 그림의 휘어지는 방향은 양전하일 때의 $q\vec{v}\times\vec{B}$ 방향과 일치한다. 틀린 표현은 'ㄴ, ㄷ'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

⑤ O
- ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다. 입자는 양전하이고, 자기장 영역에서는 반원 궤도를 따라 $\pi m/(qB)$ 동안 운동하며, 전기장 세기를 $2E$로 키우면 자기장 진입 속력이 커져 회전 반경이 커진다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 자기력 방향과 전기장에 의한 속력 증가를 분리해서 보지 못하게 하는 데 있다. 특히 ㄴ에서 원운동 전체 주기 $2\pi m/(qB)$를 그대로 쓰면 안 되고, 그림의 궤도가 반원이므로 절반인 $\pi m/(qB)$를 써야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전기장 영역에서는 $q\vec{E}$로 가속 방향과 속력 변화를 먼저 판단한다. 자기장 영역에서는 $q\vec{v}\times\vec{B}$로 전하 부호를 판단하고, 궤도가 원 전체인지 반원인지 확인한 뒤 주기와 반지름 공식을 적용한다.

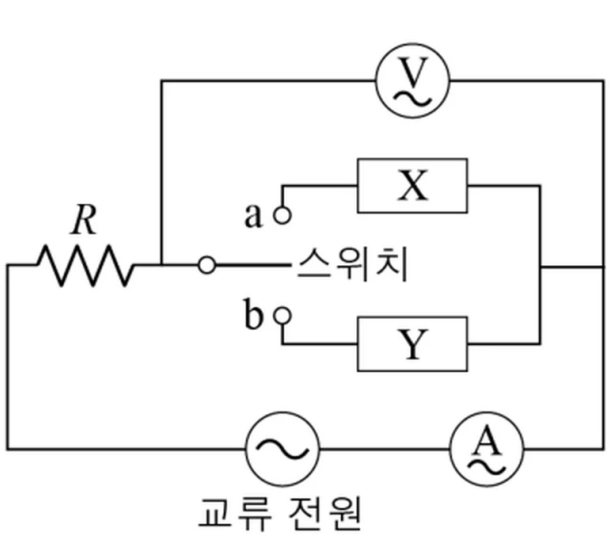
암기 포인트

전기장은 속력을 바꿀 수 있고, 자기장은 속력은 바꾸지 않고 방향만 바꾼다. 자기장 속 반원 시간은 $\pi m/(qB)$, 반지름은 진입 속력에 비례한다.

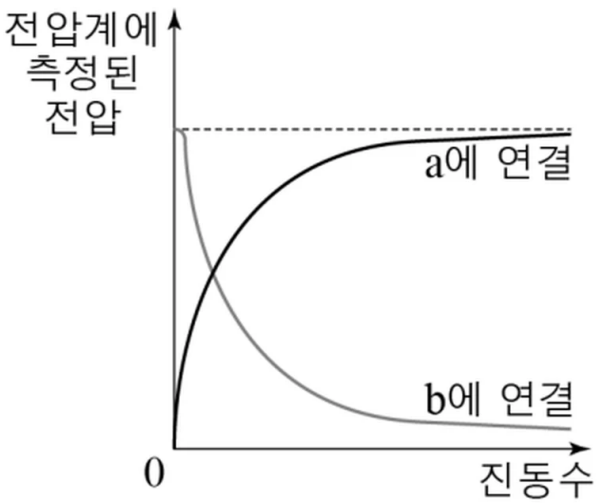
NoteBase

문 19. 그림 (가)는 전압의 최댓값이 일정한 교류 전원에 전기 소자 X, Y, 저항 R, 스위치를 연결한 회로를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 스위치를 a 또는 b에 연결했을 때 교류 전원의 진동수에 따라 교류 전압계로 측정한 전압을 나타낸 것이다. X, Y는 축전기, 저항, 코일 중 하나이다.

X, Y로 옳은 것은?



(가)



(나)

① X: 코일, Y: 저항

② X: 코일, Y: 축전기

③ X: 축전기, Y: 코일

④ X: 축전기, Y: 저항

⑤ X: 저항, Y: 축전기

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 그래프에서 스위치를 a에 연결했을 때 전압이 진동수와 함께 증가하고, b에 연결했을 때 전압이 진동수와 함께 감소한다는 정보를 읽어 X, Y의 소자를 판별하는 문제이다.

NoteBase

자료 읽는 순서

1. 세로축은 전압계에 측정된 전압, 가로축은 교류 전원의 진동수이다.
2. a에 연결한 곡선은 진동수가 커질수록 전압이 증가하여 전원 전압에 가까워진다.
3. b에 연결한 곡선은 진동수가 커질수록 전압이 감소하여 0에 가까워진다.
4. 직렬 회로에서 코일의 유도 리액턴스는 $X_L = 2\pi fL$로 진동수에 따라 증가하고, 축전기의 용량 리액턴스는 $X_C = 1/(2\pi fC)$로 진동수에 따라 감소한다.

핵심 근거

전압계는 스위치가 연결된 소자 X 또는 Y 양단의 전압을 측정한다. 직렬 회로에서 선택된 소자의 리액턴스가 클수록 그 소자에 걸리는 전압이 커진다. a의 그래프처럼 진동수가 커질수록 전압이 커지는 소자는 리액턴스가 증가하는 코일이고, b의 그래프처럼 진동수가 커질수록 전압이 작아지는 소자는 리액턴스가 감소하는 축전기이다. 따라서 X는 코일, Y는 축전기이다.

NoteBase

선지별 해설

① X, Y: 코일, 저항 - X
근거 위치: a 곡선은 진동수에 따라 전압이 증가하므로 X가 코일이라는 판단은 맞다. 그러나 b 곡선은 전압이 감소한다. 저항은 진동수에 따른 리액턴스 변화가 없으므로 같은 조건에서 저항 양단 전압이 이런 식으로 감소하는 소자가 아니다. 틀린 표현 'Y는 저항'은 'Y는 축전기'로 고쳐야 한다.

② X, Y: 코일, 축전기 - O
근거 위치: a 곡선은 증가, b 곡선은 감소이다. 코일은 $X_L = 2\pi fL$이므로 진동수가 커질수록 전압 분배에서 더 큰 전압을 차지하고, 축전기는 $X_C = 1/(2\pi fC)$이므로 진동수가 커질수록 전압 분배에서 더 작은 전압을 차지한다. 따라서 X는 코일, Y는 축전기이다.

③ X, Y: 축전기, 코일 - X
근거 위치: a 곡선은 증가하고 b 곡선은 감소한다. 축전기는 진동수가 커질수록 리액턴스가 감소하므로 감소 곡선에 대응하고, 코일은 진동수가 커질수록 리액턴스가 증가하므로 증가 곡선에 대응한다. 틀린 표현 'X는 축전기, Y는 코일'은 'X는 코일, Y는 축전기'로 고쳐야 한다.

④ X, Y: 축전기, 저항 - X
근거 위치: a 곡선은 증가 곡선이므로 X는 축전기가 아니라 코일이다. b 곡선은 감소 곡선이므로 Y는 저항이 아니라 축전기이다. 틀린 표현 'X는 축전기, Y는 저항'은 'X는 코일, Y는 축전기'로 고쳐야 한다.

⑤ X, Y: 저항, 축전기 - X
근거 위치: b 곡선이 감소하므로 Y가 축전기라는 판단은 맞다. 그러나 a 곡선은 진동수 증가에 따라 전압이 커지는 코일의 특징이다. 저항은 진동수에 따른 리액턴스 증가가 없으므로 증가 곡선에 대응하지 않는다. 틀린 표현 'X는 저항'은 'X는 코일'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전압계가 전원 전압이 아니라 선택된 소자 X 또는 Y 양단의 전압을 측정한다는 점이다. 코일은 진동수가 커질수록 리액턴스가 커져 전압이 증가하고, 축전기는 진동수가 커질수록 리액턴스가 작아져 전압이 감소한다. 저항은 진동수 변화 자체로 증가 곡선이나 감소 곡선을 만들지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

교류 직렬 회로에서 소자 양단 전압의 주파수 의존성을 묻는 문제는 먼저 측정 대상 소자를 본다. 진동수가 커질수록 전압이 증가하면 코일, 진동수가 커질수록 전압이 감소하면 축전기, 진동수에 직접 의존하지 않으면 저항으로 판단한다.

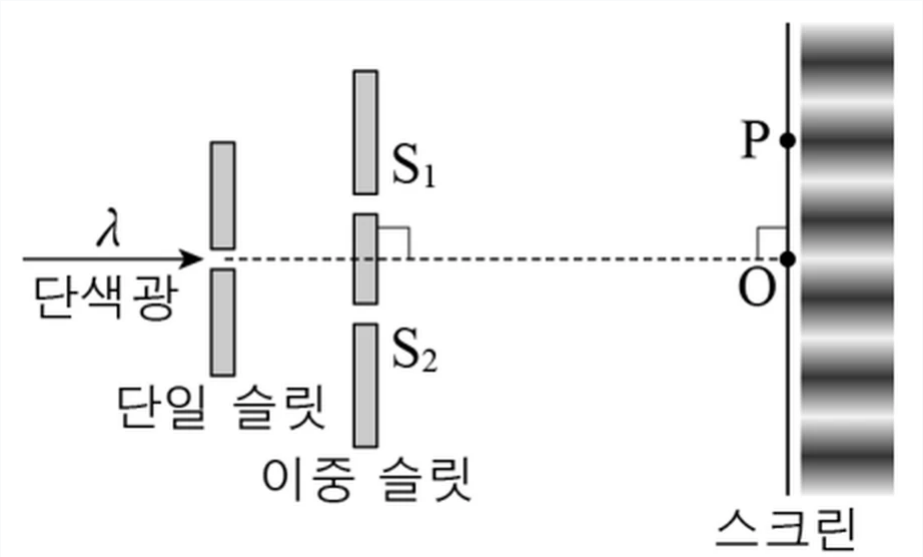
NoteBase

암기 포인트

코일은 고주파에서 강해지고, 축전기는 고주파에서 약해진다. 즉 증가 곡선은 코일, 감소 곡선은 축전기이다.

NoteBase

문 20. 그림은 파장이 λ인 단색광이 단일 슬릿과 이중 슬릿을 통과하여 스크린에 간섭무늬를 만든 것을 나타낸 것이다. 스크린상의 점 O는 이중 슬릿 S_1, S_2로부터 같은 거리에 있고 가장 밝은 무늬의 중심이다. 점 P에는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생겼다.
$|\overline{S_1P} - \overline{S_2P}|$는?



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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이중 슬릿 간섭에서 중앙 밝은 무늬로부터 몇 번째 어두운 무늬인지에 따라 경로차 $|\overline{S_1P} - \overline{S_2P}|$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 빛의 파장 λ, 점 O는 S_1, S_2로부터 같은 거리에 있는 중앙 밝은 무늬이다.
구해야 할 값: 점 P에서의 경로차 $|\overline{S_1P} - \overline{S_2P}|$이다.
주의할 조건: 점 P는 O로부터 두 번째 어두운 무늬이므로 첫 번째 어두운 무늬와 두 번째 어두운 무늬를 순서대로 세어야 한다.

NoteBase

사용할 공식

이중 슬릿에서 밝은 무늬 조건은 $\Delta = m\lambda$, 어두운 무늬 조건은 $\Delta = (m + \frac{1}{2})\lambda$이다. 여기서 $\Delta = |\overline{S_1P} - \overline{S_2P}|$이고 $m = 0, 1, 2, \cdots$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 두 슬릿 S_1, S_2에서 나온 빛이 점 P에서 만나며, 어두운 무늬는 두 빛의 위상차가 반파장만큼 어긋나는 상쇄 간섭 조건으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 중앙 밝은 무늬 O에서는 두 슬릿까지의 거리가 같으므로 경로차가 0이다.
2. 중앙 밝은 무늬 바로 옆 첫 번째 어두운 무늬는 $m = 0$인 경우이므로 $\Delta = \frac{1}{2}\lambda$이다.
3. 두 번째 어두운 무늬는 $m = 1$인 경우이므로 $\Delta = (1 + \frac{1}{2})\lambda = \frac{3}{2}\lambda$이다.

선지 판단

① X
- $\frac{1}{2}\lambda$는 중앙 밝은 무늬에서 가장 가까운 첫 번째 어두운 무늬의 경로차이다. 틀린 표현 $\frac{1}{2}\lambda$ → 올바르게는 두 번째 어두운 무늬이므로 $\frac{3}{2}\lambda$이다.

② X
- λ는 어두운 무늬 조건이 아니라 $m = 1$인 첫 번째 밝은 무늬의 경로차이다. 틀린 표현 λ → 올바르게는 어두운 무늬 조건 $(m + \frac{1}{2})\lambda$를 써서 $\frac{3}{2}\lambda$이다.

③ O
- 점 P는 중앙 밝은 무늬 O로부터 두 번째 어두운 무늬이므로 경로차는 $(1 + \frac{1}{2})\lambda = \frac{3}{2}\lambda$이다.

④ X
- 2λ는 $m = 2$인 두 번째 밝은 무늬의 경로차이다. 틀린 표현 2λ → 올바르게는 두 번째 어두운 무늬의 경로차 $\frac{3}{2}\lambda$이다.

⑤ X
- $\frac{5}{2}\lambda$는 $m = 2$인 세 번째 어두운 무늬의 경로차이다. 틀린 표현 $\frac{5}{2}\lambda$ → 올바르게는 두 번째 어두운 무늬의 경로차 $\frac{3}{2}\lambda$이다.

계산 결과 $\frac{3}{2}\lambda$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '두 번째 어두운 무늬'를 2λ처럼 두 번째 밝은 무늬 조건으로 착각하거나, 첫 번째 어두운 무늬 $\frac{1}{2}\lambda$를 답으로 고르는 것이다. 어두운 무늬는 정수배가 아니라 반정수배 경로차에서 생긴다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

중앙 밝은 무늬를 기준으로 어두운 무늬를 셀 때는 첫 번째가 $\frac{1}{2}\lambda$, 두 번째가 $\frac{3}{2}\lambda$, 세 번째가 $\frac{5}{2}\lambda$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

이중 슬릿 간섭에서 밝은 무늬는 정수배 $m\lambda$, 어두운 무늬는 반정수배 $(m+\frac{1}{2})\lambda$이다.

문 21. 그림 (가)는 음원 A가 정지해 있는 음파 측정기 B를 향해 $\frac{1}{5}v$의 속력으로 등속도 운동하는 것을, (나)는 정지해 있는 A를 향해 음파 측정기 C가 $\frac{1}{5}v$의 속력으로 등속도 운동하는 것을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 A가 발생하는 음파의 진동수는 f이고, A가 발생한 음파를 B, C가 측정한 진동수는 각각 f_B, f_C이다. $\frac{f_B}{f_C}$는? (단, 음속은 v이다.)



① $\frac{25}{24}$
② $\frac{29}{27}$
③ $\frac{27}{24}$
④ $\frac{31}{27}$
⑤ $\frac{29}{24}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 도플러 효과에서 음원이 움직이는 경우와 관측자가 움직이는 경우의 진동수 변화를 구분해 f_B/f_C를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 음속은 v, 음원 A의 고유 진동수는 f, 이동 속력은 두 경우 모두 $v/5$이다.
구해야 할 값: B가 측정한 진동수 f_B와 C가 측정한 진동수 f_C의 비 f_B/f_C이다.
주의할 조건: (가)는 음원이 정지한 측정기 쪽으로 움직이고, (나)는 측정기가 정지한 음원 쪽으로 움직인다. 두 상황은 모두 가까워지는 경우지만 공식의 분모와 분자가 다르다.

NoteBase

사용할 공식

음원이 관측자 쪽으로 움직일 때는
$f' = f\frac{v}{v - v_s}$
관측자가 음원 쪽으로 움직일 때는
$f' = f\frac{v + v_o}{v}$
를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유: 음원이 움직이면 파장 자체가 짧아지므로 분모에 $v - v_s$가 들어가고, 관측자가 움직이면 같은 파장을 더 빠르게 만나므로 분자에 $v + v_o$가 들어간다.

계산 과정

1. (가)에서 음원 A가 B를 향해 $v/5$로 움직이므로
$f_B = f\frac{v}{v - v/5} = f\frac{v}{4v/5} = \frac{5}{4}f$
이다.
2. (나)에서 측정기 C가 정지한 음원 A를 향해 $v/5$로 움직이므로
$f_C = f\frac{v + v/5}{v} = f\frac{6v/5}{v} = \frac{6}{5}f$
이다.
3. 따라서
$\frac{f_B}{f_C} = \frac{(5/4)f}{(6/5)f} = \frac{5}{4} \times \frac{5}{6} = \frac{25}{24}$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O
- 계산 결과 $f_B/f_C = 25/24$와 일치하므로 옳다.

② X
- 29/27은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 29/27 → 올바르게는 25/24이다.

③ X
- 27/24은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 27/24 → 올바르게는 25/24이다.

④ X
- 31/27은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 31/27 → 올바르게는 25/24이다.

⑤ X
- 29/24은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 29/24 → 올바르게는 25/24이다.

계산 결과 25/24이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

두 그림 모두 음원과 측정기가 가까워지므로 측정 진동수는 커진다. 그러나 음원이 움직이는 경우는 $v/(v - v_s)$, 관측자가 움직이는 경우는 $(v + v_o)/v$이므로 같은 속력이라도 증가 비율이 같지 않다. 이 차이를 무시하고 두 상황을 대칭처럼 처리하는 것이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

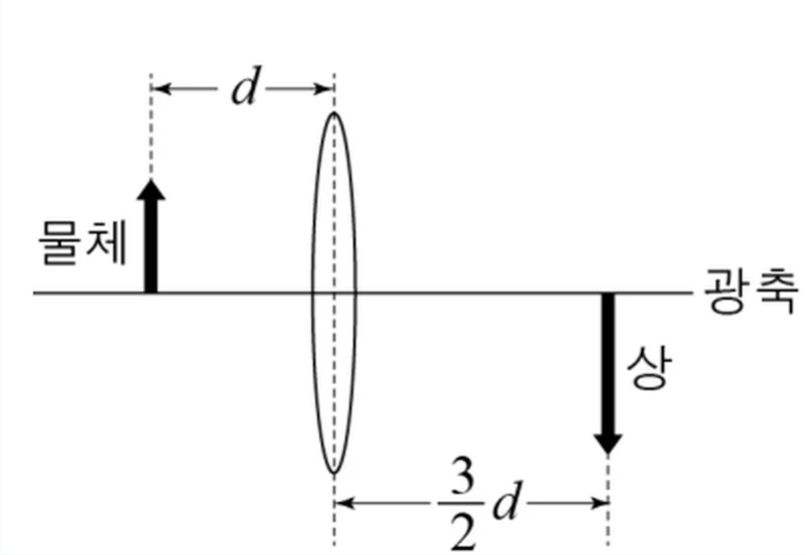
도플러 효과 계산형 문제는 먼저 움직이는 대상이 음원인지 관측자인지 구분한다. 음원이 접근하면 분모에서 음원 속력을 빼고, 관측자가 접근하면 분자에 관측자 속력을 더해 판단한다.

암기 포인트

접근할 때 진동수는 증가하지만, 이동 음원은 분모 변화, 이동 관측자는 분자 변화이다.

NoteBase

문 22. 그림과 같이 볼록 렌즈의 중심으로부터 d만큼 떨어진 지점에 물체를 놓았더니, 렌즈의 중심으로부터 $\frac{3}{2}d$ 만큼 떨어진 지점에 상이 생겼다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. 렌즈에 의해 만들어진 상은 실상이다.

ㄴ. 상의 크기는 물체의 크기의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄷ. 렌즈의 초점 거리는 $\frac{1}{2}d$이다.

① ㄴ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 얇은 렌즈 공식과 가로배율을 이용해 볼록 렌즈가 만드는 상의 성질, 상의 크기, 초점거리를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물체는 렌즈 중심에서 d 떨어져 있고, 상은 렌즈 중심에서 $\frac{3}{2}d$ 떨어진 곳에 생긴다.
구해야 할 값: 상의 종류, 배율, 초점거리이다.
주의할 조건: 그림에서 상이 렌즈 반대쪽에 실제로 맺혀 있으므로 상거리는 양수로 보고, 실상은 거꾸로 선 상이라는 점을 함께 판단한다.

NoteBase

사용할 공식

얇은 렌즈 공식은 $\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v}$이다.
가로배율의 크기는 $|m|=\frac{v}{u}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 물체거리 u와 상거리 v가 직접 주어져 있으므로 초점거리와 상의 크기 비를 바로 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 물체거리와 상거리를 각각 $u=d$, $v=\frac{3}{2}d$로 둔다.
2. 렌즈 공식에 대입하면 $\frac{1}{f}=\frac{1}{d}+\frac{1}{\frac{3}{2}d}=\frac{1}{d}+\frac{2}{3d}=\frac{5}{3d}$이다.
3. 따라서 초점거리는 $f=\frac{3}{5}d$이다.
4. 배율의 크기는 $|m|=\frac{v}{u}=\frac{\frac{3}{2}d}{d}=\frac{3}{2}$이므로 상의 크기는 물체의 $\frac{3}{2}$배이다.
5. 상이 렌즈 반대쪽에 맺힌 경우는 실상이므로 ㄱ과 ㄴ이 옳고, ㄷ은 틀리다.

선지 판단

① X
- ①은 ㄴ만 옳다고 보았지만, ㄱ도 옳다. 렌즈 반대쪽에 맺힌 상은 실상이므로 올바른 선택은 ㄱ, ㄴ이다.

② X
- ②는 ㄷ만 옳다고 보았지만, ㄷ의 "초점 거리는 $\frac{1}{2}d$"가 틀렸다. 올바르게는 $f=\frac{3}{5}d$이다.

③ O
- ㄱ은 옳다. 볼록 렌즈에서 물체 반대쪽에 맺힌 상은 실제 빛이 모여 생기는 실상이다.
- ㄴ은 옳다. 배율의 크기가 $\frac{v}{u}=\frac{3}{2}$이므로 상의 크기는 물체 크기의 $\frac{3}{2}$배이다.
- ㄷ은 틀리므로 ㄱ, ㄴ만 고른 ③이 정답이다.

④ X
- ④는 ㄱ, ㄷ을 골랐지만 ㄷ이 틀렸다. 초점거리는 $\frac{1}{2}d$가 아니라 $\frac{3}{5}d$이다.

⑤ X
- ⑤는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 골랐지만 ㄷ이 틀렸다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 상거리 $\frac{3}{2}d$를 초점거리처럼 착각하는 것이다. 렌즈 공식은 거리 자체를 더하는 것이 아니라 역수 $\frac{1}{u}$, $\frac{1}{v}$를 더하므로, 초점거리는 $\frac{1}{2}d$가 아니라 $\frac{3}{5}d$가 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

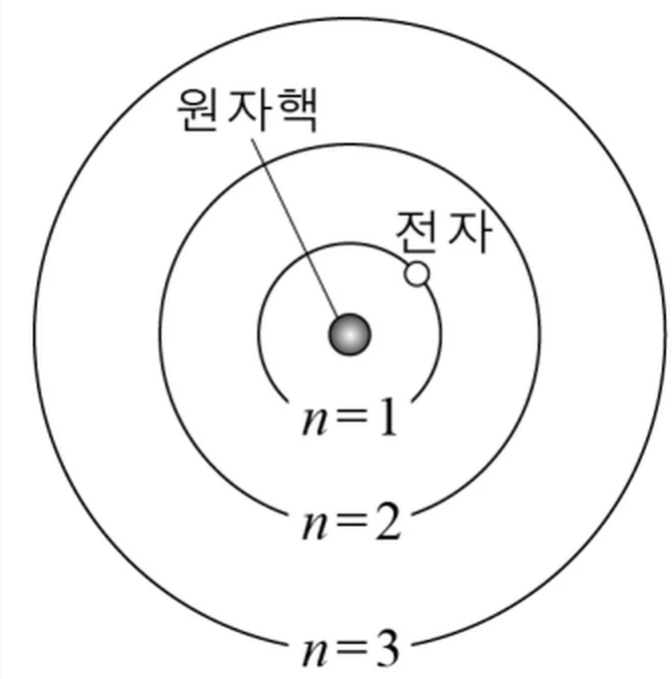
렌즈 계산형 문제는 먼저 물체거리와 상거리를 잡고, 얇은 렌즈 공식으로 초점거리를 구한 뒤, 배율 $|m| = \frac{v}{u}$로 상의 크기를 판단한다. 상이 렌즈 반대쪽에 실제로 맺히면 실상으로 판단한다.

암기 포인트

볼록 렌즈에서 물체거리와 상거리가 주어지면 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$, 배율의 크기는 $|m| = \frac{v}{u}$이다.

NoteBase

문 23. 그림은 보어의 수소 원자 모형을 나타낸 것이고, n은 양자수이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

ㄱ. 전자가 갖는 에너지는 불연속적이다.

ㄴ. 전자가 $n = 1$인 궤도에 있을 때 전자의 에너지가 가장 크다.

ㄷ. 전자가 $n = 3$에서 $n = 2$인 궤도로 전이할 때, 전자가 빛을 흡수한다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄱ, ㄴ

⑤ ㄱ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n에 따른 에너지 준위와 전이 방향을 판단하는 문제이다. 보어 모형에서 전자는 허용된 궤도에만 있을 수 있으므로 에너지는 연속값이 아니라 불연속적인 값으로 존재한다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- ㄱ만 옳다. 전자는 특정한 정상 궤도에 있을 때만 안정하게 존재하고, 각 궤도에 대응하는 에너지 준위가 정해져 있으므로 전자가 갖는 에너지는 불연속적이다.

② X

- ㄴ은 틀리다. 수소 원자의 에너지 준위는 $E_n = -13.6/n^2 eV$로 나타낼 수 있어 $n = 1$일 때 값이 가장 작고 가장 낮은 에너지 상태이다. 틀린 표현은 "전자의 에너지가 가장 크다"이고, 올바르게는 "$n = 1$인 궤도에 있을 때 전자의 에너지가 가장 작다"이다.

③ X

- ㄷ은 틀리다. 전자가 $n = 3$에서 $n = 2$로 이동하면 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 내려가는 전이이므로 에너지 차이에 해당하는 빛을 방출한다. 틀린 표현은 "빛을 흡수한다"이고, 올바르게는 "빛을 방출한다"이다.

④ X

- ㄱ은 옳지만 ㄴ이 틀리므로 옳은 것만 고른 선택지가 아니다. ㄴ은 $n = 1$에서 전자 에너지가 가장 크다는 표현을 $n = 1$에서 전자 에너지가 가장 작다는 표현으로 고쳐야 한다.

⑤ X

- ㄱ은 옳지만 ㄷ이 틀리므로 옳은 것만 고른 선택지가 아니다. ㄷ은 $n = 3$에서 $n = 2$로 전이할 때 빛을 흡수한다는 표현을 빛을 방출한다는 표현으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 에너지의 크기와 에너지 준위의 방향을 혼동하는 것이다. $n = 1$은 원자핵에 가장 가까운 바닥상태로 에너지값이 가장 낮고, 바깥 궤도에서 안쪽 궤도로 전이하면 에너지가 감소하므로 빛을 흡수하는 것이 아니라 방출한다.

다시 나오면 이렇게 판단

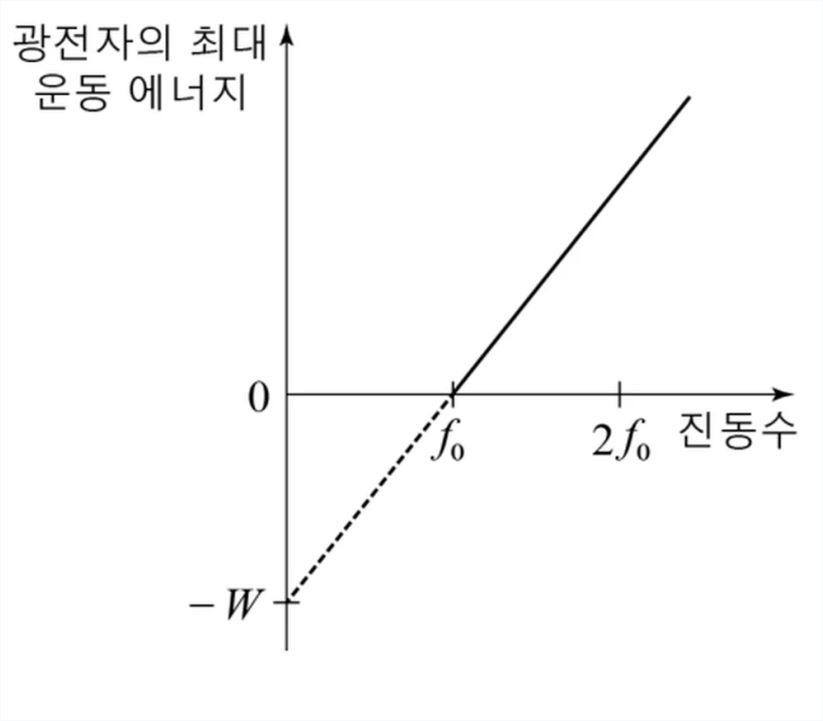
보어 모형에서는 먼저 n이 커질수록 전자의 에너지 준위가 높아진다는 점을 확인한다. 낮은 n에서 높은 n으로 가는 전이는 흡수, 높은 n에서 낮은 n으로 가는 전이는 방출로 판단한다.

암기 포인트

보어 수소 원자에서 $n = 1$은 가장 낮은 에너지 상태이고, 안쪽으로 내려오면 방출, 바깥쪽으로 올라가면 흡수이다.

NoteBase

문 24. 그림은 금속판에 단색광을 비출 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지를 빛의 진동수에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① W는 일함수이다.

② f_0은 문턱(한계) 진동수이다.

③ 그래프의 기울기는 플랑크 상수(h)이다.

④ 진동수가 $2f_0$인 빛을 비추면 광전자가 방출된다.

⑤ 진동수가 f_0보다 작은 빛을 비추더라도 빛의 세기를 증가시키면 광전자가 방출된다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 광전 효과에서 광전자의 최대 운동 에너지와 빛의 진동수 사이의 관계 $K_{max} = hf - W$를 그래프와 연결해 판단하는 문제이다.

조건 정리

그래프의 세로축은 광전자의 최대 운동 에너지, 가로축은 빛의 진동수이다.
그래프는 $f = f_0$에서 $K_{max} = 0$이 되고, $f < f_0$에서는 방출이 일어나지 않는다는 한계를 나타낸다.
W는 금속에서 전자를 떼어내는 데 필요한 최소 에너지인 일함수이다.

NoteBase

사용할 공식

$K_{max} = hf - W$
이 공식을 쓰는 이유는 광전 효과에서 광자 하나의 에너지 hf 중 일함수 W를 이겨 내고 남은 에너지가 광전자의 최대 운동 에너지가 되기 때문이다.
문턱 진동수에서는 $K_{max} = 0$이므로 $hf_0 = W$이다.

계산 과정

그래프의 식은 $K_{max} = hf - W$이다.
따라서 세로절편은 $-W$, 기울기는 h, 가로축과 만나는 점은 $f_0 = W/h$이다.
진동수가 $2f_0$이면 $K_{max} = h(2f_0) - W = 2W - W = W$가 되어 최대 운동 에너지가 양수이므로 광전자가 방출된다.
진동수가 f_0보다 작으면 $hf < W$이므로 빛의 세기를 키워도 광자 하나의 에너지가 부족해 광전자가 방출되지 않는다.

선지 판단

① O
- W는 금속 표면에서 전자를 떼어내는 데 필요한 최소 에너지인 일함수이다.

② O
- f_0에서는 $K_{max} = 0$이므로 광전자가 막 방출되기 시작하는 문턱 진동수이다.

③ O
- $K_{max} = hf - W$에서 진동수 f에 대한 기울기는 h이므로 그래프의 기울기는 플랑크 상수이다.

④ O
- $2f_0$에서는 $K_{max} = W > 0$이므로 광전자가 방출된다.

⑤ X
- 틀린 표현은 "진동수가 f_0보다 작은 빛을 비추더라도 빛의 세기를 증가시키면 광전자가 방출된다"이다.
- 올바르게는 진동수가 f_0보다 작으면 광자 하나의 에너지 hf가 일함수 W보다 작아, 빛의 세기를 증가시켜도 광전자가 방출되지 않는다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 빛의 세기와 진동수를 혼동하는 것이다. 광전 효과에서 전자 방출 여부는 광자 하나의 에너지인 hf가 일함수 W 이상인지로 결정된다. 빛의 세기는 방출 가능한 조건에서 광전자 수를 늘릴 수는 있지만, 문턱 진동수보다 낮은 빛을 전자를 방출할 수 있는 빛으로 바꾸지는 못한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

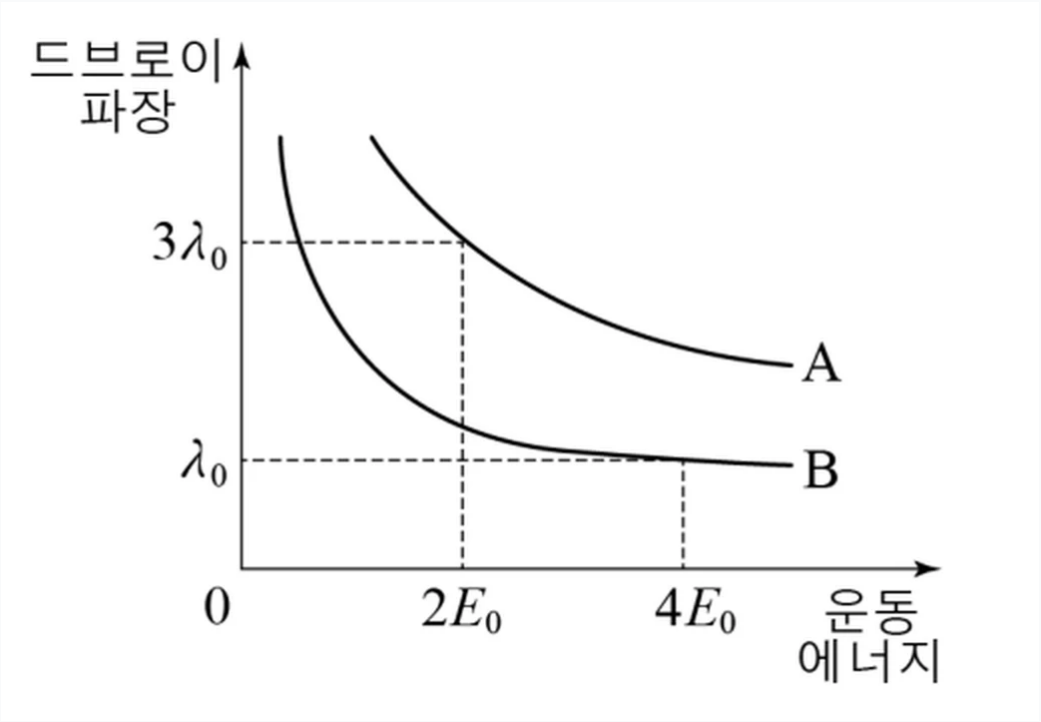
광전 효과 그래프가 나오면 먼저 $K_{max} = hf - W$를 쓴다. 세로절편은 $-W$, 기울기는 h, 가로절편은 f_0이고, $f < f_0$에서는 세기와 관계없이 광전자가 방출되지 않는다고 판단한다.

암기 포인트

광전 효과는 $K_{max} = hf - W$, 문턱 조건은 $hf_0 = W$이다. 방출 여부는 세기가 아니라 진동수가 문턱값을 넘는지로 결정된다.

NoteBase

문 25. 그림은 질량이 각각 m_A, m_B인 입자 A, B의 드브로이 파장을 운동 에너지에 따라 나타낸 것이다. $\frac{m_A}{m_B}$는?



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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 드브로이 파장 공식 $\lambda = h/p = h/\sqrt{2mK}$를 이용해 입자의 질량비 m_A/m_B를 구하는 문제이다.

조건 정리

그래프에서 읽는 값은 A 입자가 운동에너지 $2E_0$일 때 드브로이 파장이 $3\lambda_0$이고, B 입자가 운동에너지 $4E_0$일 때 드브로이 파장이 λ_0이라는 점이다.
구해야 할 값은 m_A/m_B이다.
주의할 조건은 드브로이 파장이 질량과 운동에너지의 곱 mK의 제곱근에 반비례한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

비상대론적 입자의 운동량은 $p=\sqrt{2mK}$이므로 드브로이 파장은
$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mK}}$
이다.
그래프는 파장을 운동에너지에 따라 나타낸 것이므로, 같은 입자끼리의 기울기가 아니라 서로 다른 입자 A, B의 특정 점을 이 공식에 대입해 질량비를 비교해야 한다.

계산 과정

A에 대해 $K_A=2E_0$, $\lambda_A=3\lambda_0$이므로
$3\lambda_0=\frac{h}{\sqrt{2m_A\cdot 2E_0}}=\frac{h}{\sqrt{4m_AE_0}}$
이다.
B에 대해 $K_B=4E_0$, $\lambda_B=\lambda_0$이므로
$\lambda_0=\frac{h}{\sqrt{2m_B\cdot 4E_0}}=\frac{h}{\sqrt{8m_BE_0}}$
이다.
두 식을 나누면
$\frac{3\lambda_0}{\lambda_0}=\frac{h/\sqrt{4m_AE_0}}{h/\sqrt{8m_BE_0}}=\sqrt{\frac{8m_BE_0}{4m_AE_0}}=\sqrt{\frac{2m_B}{m_A}}$
이므로
$3=\sqrt{\frac{2m_B}{m_A}},\quad 9=\frac{2m_B}{m_A},\quad \frac{m_A}{m_B}=\frac{2}{9}$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $m_A/m_B = 2/9$이다. 1/9는 파장비 3을 제곱해 9가 생기는 점은 보았지만 운동에너지비에서 나오는 계수 2를 빠뜨린 값이다. 틀린 표현 1/9 → 올바르게는 2/9이다.

② O
- 그래프의 두 점을 $\lambda = h/\sqrt{2mK}$에 대입하면 $3 = \sqrt{2m_B/m_A}$이고, 따라서 $m_A/m_B = 2/9$가 된다.

③ X
- 계산 결과 $m_A/m_B = 2/9$와 다르다. 1/3은 파장비 3을 제곱하지 않고 단순 역수처럼 처리할 때 나오는 값이다. 틀린 표현 1/3 → 올바르게는 2/9이다.

④ X
- 계산 결과 $m_A/m_B = 2/9$와 다르다. 4/9는 운동에너지 값을 비교할 때 A의 $2E_0$, B의 $4E_0$ 관계를 반대로 넣으면 가까워지는 오답이다. 틀린 표현 4/9 → 올바르게는 2/9이다.

⑤ X
- 계산 결과 $m_A/m_B = 2/9$와 다르다. 2/3은 파장비를 제곱하지 않고 에너지비만 일부 반영한 값이다. 틀린 표현 2/3 → 올바르게는 2/9이다.

계산 결과 2/9이므로 정답은 ②이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 드브로이 파장이 mK에 반비례하는 것이 아니라 $\sqrt{mK}$에 반비례한다는 점이다. 특히 파장비 3은 식을 제곱하면 9가 되고, A와 B의 운동에너지가 각각 $2E_0$, $4E_0$로 다르므로 에너지비까지 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

드브로이 파장-운동에너지 그래프에서는 먼저 그래프에서 확실히 표시된 한 점씩을 읽고, $\lambda = h/\sqrt{2mK}$에 대입한 뒤, 파장비 식을 제곱해 질량비를 구한다.

암기 포인트

드브로이 파장은 $\lambda \propto 1/\sqrt{mK}$이다. 파장비를 질량비로 바꿀 때는 반드시 제곱 관계가 들어간다.

NoteBase