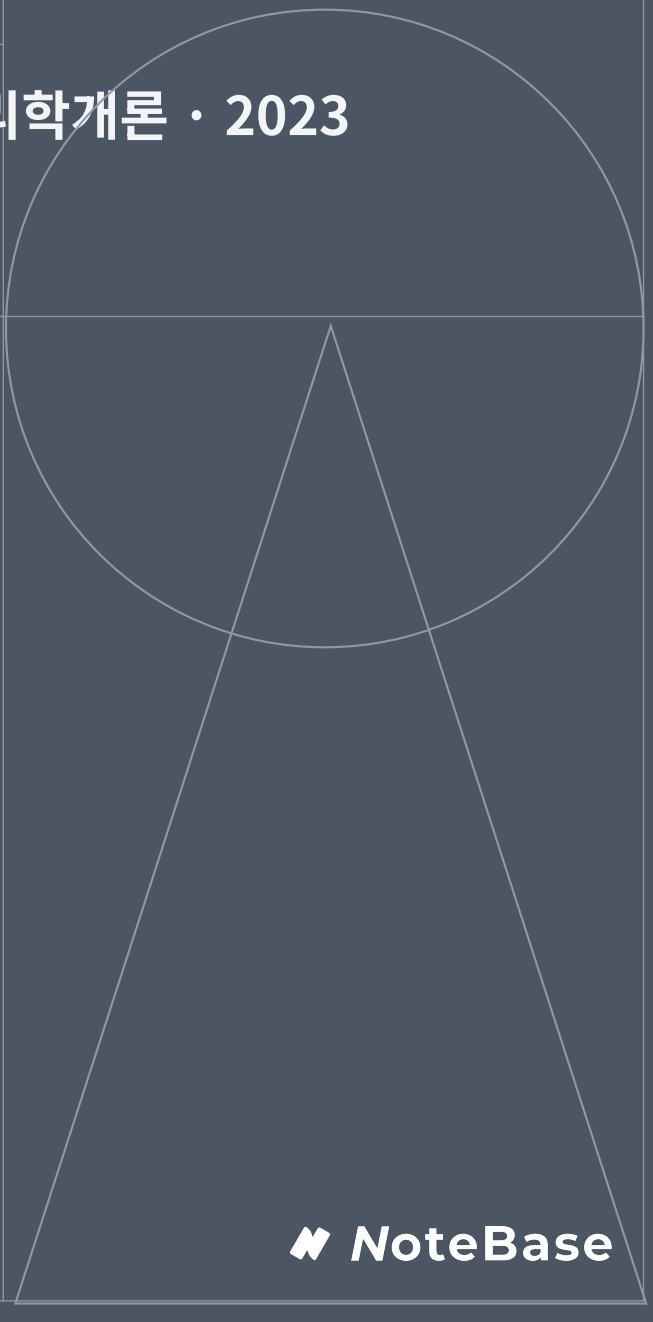
기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2023

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2023

문 1. 민수가 한 쌍의 아령을 들고 회전의자에 앉아서 팔을 벌린 상태로 회전할 때 민수, 아령, 회전의자로 구성된 계의 관성 모멘트는 $5\text{kg}\cdot\text{m}^2$이고 각속도는 12rad/s였다. 팔을 오므려 회전했을 때 이 계의 관성 모멘트가 $4\text{kg}\cdot\text{m}^2$으로 변화했다면, 증감된 회전운동 에너지의 크기는? (단, 이 과정에서 계에 작용하는 외부 토크는 없다.)

① 45J

② 90J

③ 135J

④ 180J

⑤ 225J

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 외부 토크가 없을 때 각운동량 보존을 이용해 최종 각속도를 구하고, 회전운동에너지의 변화량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 관성모멘트 $I_1 = 5kg\cdot m^2$, 처음 각속도 $\omega_1 = 12rad/s$, 나중 관성모멘트 $I_2 = 4kg\cdot m^2$이다.
구해야 할 값: 회전운동에너지 변화량의 크기이다.
주의할 조건: 외부 토크가 없으므로 각운동량은 보존되지만, 민수가 팔을 오므리는 과정에서 일을 하므로 회전운동에너지는 보존된다고 볼 수 없다.

사용할 공식

각운동량 보존식은 $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$이다.
회전운동에너지는 $K = \frac{1}{2}I\omega^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 외부 토크가 없다고 했으므로 각운동량 보존으로 최종 각속도를 먼저 구하고, 관성모멘트와 각속도가 바뀐 전후의 회전운동에너지를 비교해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 각운동량 보존으로 최종 각속도를 구한다.
$5 \times 12 = 4 \times \omega_2$
$\omega_2 = 15 rad/s$
2. 처음 회전운동에너지를 구한다.
$K_1 = \frac{1}{2} \times 5 \times 12^2 = 360 J$
3. 나중 회전운동에너지를 구한다.
$K_2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 15^2 = 450 J$
4. 변화량의 크기를 구한다.
$|\Delta K| = |K_2 - K_1| = |450 - 360| = 90 J$
따라서 회전운동에너지는 $90 J$ 증가한다.

선지 판단

① X
- 계산 결과 변화량은 $90 J$이므로 $45 J$는 틀리다. 틀린 표현 $45 J$ → 올바르게는 $90 J$이다.

② O
- 각운동량 보존으로 $\omega_2 = 15 rad/s$가 되고, 전후 회전운동에너지는 $360 J$에서 $450 J$로 변한다. 따라서 증감된 회전운동에너지의 크기는 $90 J$이다.

③ X
- $135 J$는 전후 에너지 차 $450 - 360$과 맞지 않는다. 틀린 표현 $135 J$ → 올바르게는 $90 J$이다.

④ X
- $180 J$는 변화량을 두 배로 잡은 값에 해당하며, 실제 변화량은 $450 J - 360 J = 90 J$이다. 틀린 표현 $180 J$ → 올바르게는 $90 J$이다.

⑤ X
- $225 J$는 나중 각속도 $15 rad/s$의 제곱값과 관련된 수치일 뿐, 에너지 변화량이 아니다. 틀린 표현 $225 J$ → 올바르게는 $90 J$이다.

오답 포인트

외부 토크가 없다는 조건을 회전운동에너지 보존으로 착각하면 안 된다. 이 조건이 보존시키는 것은 각운동량 $I\omega$이고, 팔을 오므리면 관성모멘트가 작아지는 대신 각속도가 커져 회전운동에너지는 증가할 수 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

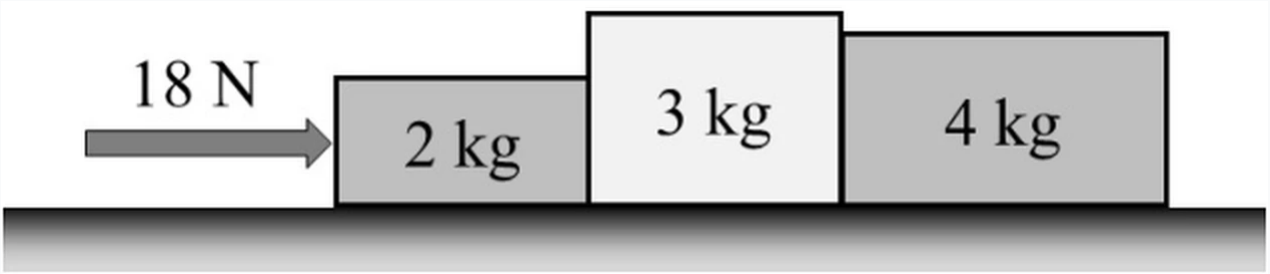
회전의자에서 팔을 벌리거나 오므리는 문제는 먼저 외부 토크 유무를 확인하고, 외부 토크가 없으면 $I\omega$ 보존으로 최종 각속도를 구한 뒤 $K=\frac{1}{2}I\omega^2$로 에너지 변화를 따로 계산한다.

암기 포인트

외부 토크 없음 → 각운동량 보존, 회전운동에너지는 반드시 보존이 아니다.

NoteBase

문 2. 다음은 질량이 2kg, 3kg, 4kg인 벽돌이 마찰이 없는 탁자 위에 일렬로 놓여 있는 것을 나타낸 것이다. 2kg인 벽돌에 가한 18N의 힘에 의해 세 벽돌이 앞으로 이동할 때, 3kg인 벽돌이 2kg 벽돌에 가한 힘의 크기는? (단, 공기의 저항은 무시한다.)



① 6N

② 8N

③ 10N

④ 12N

⑤ 14N

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 뉴턴의 제2법칙 $F = ma$와 접촉한 물체 사이의 작용·반작용을 이용해 3 kg 벽돌이 2 kg 벽돌에 가하는 힘의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 세 벽돌의 질량은 각각 $2kg$, $3kg$, $4kg$이고, 2 kg 벽돌에 오른쪽으로 $18N$의 힘이 작용한다.
구해야 할 값: 3 kg 벽돌이 2 kg 벽돌에 가한 힘의 크기이다.
주의할 조건: 바닥 마찰은 없고, 세 벽돌은 함께 같은 가속도로 움직인다.

사용할 공식

$F = ma$

이 공식은 마찰이 없어서 외력이 세 벽돌 전체를 가속시키는 상황이기 때문에 사용한다. 먼저 전체 계의 가속도를 구한 뒤, 2 kg 벽돌이 뒤쪽 $3kg + 4kg$ 벽돌들을 밀어야 하는 접촉력을 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 질량은 $2 + 3 + 4 = 9kg$이다.
2. 전체 계의 가속도는 $a = \frac{18N}{9kg} = 2m/s^2$이다.
3. 2 kg 벽돌이 3 kg과 4 kg 벽돌 전체를 오른쪽으로 가속시키는 접촉력은 $(3 + 4)kg \times 2m/s^2 = 14N$이다.
4. 작용·반작용에 의해 3 kg 벽돌이 2 kg 벽돌에 가하는 힘은 방향만 반대이고 크기는 같으므로 $14N$이다.

선지 판단

① X
- $6N$은 3 kg 벽돌 하나의 질량 $3kg$에 가속도 $2m/s^2$만 곱한 값이다. 하지만 2 kg 벽돌과 3 kg 벽돌 사이의 접촉력은 뒤쪽의 3 kg과 4 kg을 함께 밀어야 하므로 틀린 표현은 "6 N"이고, 올바르게는 $14N$이다.

② X
- $8N$은 4 kg 벽돌 하나만 가속시키는 데 필요한 힘이다. 구하는 힘은 3 kg 벽돌이 2 kg 벽돌에 가하는 접촉력의 크기이므로 뒤쪽 전체 $7kg$을 기준으로 해야 한다. 틀린 표현은 "8 N"이고, 올바르게는 $14N$이다.

③ X
- $10N$은 이 배치에서 어떤 한쪽 덩어리의 질량과 가속도를 정확히 대응시킨 값이 아니다. 전체 가속도 $2m/s^2$에 접촉면 오른쪽의 질량 $7kg$을 곱해야 하므로 틀린 표현은 "10 N"이고, 올바르게는 $14N$이다.

④ X
- $12N$은 전체 외력 $18N$에서 3 kg 벽돌 하나에 필요한 힘 $6N$을 빼는 식의 잘못된 계산에서 나올 수 있다. 접촉력은 2 kg 벽돌이 3 kg과 4 kg을 함께 가속시키는 힘이므로 틀린 표현은 "12 N"이고, 올바르게는 $14N$이다.

⑤ O
- 계산 결과 접촉력의 크기는 $14N$이다. 2 kg 벽돌이 3 kg 벽돌을 오른쪽으로 미는 힘과 3 kg 벽돌이 2 kg 벽돌을 왼쪽으로 미는 힘은 작용·반작용 관계라서 크기가 같다.

계산 결과 $14N$이므로 정답은 5번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 3 kg 벽돌이 관련되어 있다는 이유만으로 $3kg \times 2m/s^2 = 6N$을 고르는 것이다.
접촉력은 접촉면을 기준으로 한쪽 덩어리를 가속시키는 데 필요한 힘이므로, 이 문제에서는 3 kg과 4 kg을 합친 $7kg$을 기준으로 계산한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

여러 물체가 붙어 함께 움직이는 계산형 문제는 전체 질량으로 가속도를 먼저 구하고, 구하는 접촉면을 기준으로 한쪽 덩어리에 필요한 힘을 계산한다. 힘의 방향이 반대여도 작용·반작용 힘의 크기는 같다.

암기 포인트

붙은 물체의 접촉력은 "전체 가속도 × 접촉면 너머 질량"으로 판단한다.

NoteBase

문 3. 일정한 전류가 흐르고 있는 반지름이 10cm인 긴 직선 도선이 있다. 도선의 중심으로부터 2cm 떨어진 지점에서의 자기장 세기가 a일 때, 도선의 중심으로부터 4cm 떨어진 지점에서의 자기장 세기는? (단, 전류는 도선의 단면에 균일하게 분포되어 흐른다.)

① $0.25a$

② $0.50a$

③ $2.00a$

④ $4.00a$

⑤ $8.00a$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 균일하게 전류가 분포한 긴 원통형 도선 내부의 자기장 식을 이용해 중심으로부터 거리 변화에 따른 자기장 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 도선의 반지름은 $10cm$, 전류는 단면에 균일하게 분포한다.
기준점: 중심으로부터 $2cm$ 떨어진 지점의 자기장 세기는 a이다.
구해야 할 값: 중심으로부터 $4cm$ 떨어진 지점의 자기장 세기이다.
주의할 조건: 두 지점은 모두 도선 내부이므로, 전체 전류가 아니라 반지름 r 안쪽에 포함된 전류만 자기장을 만든다.

사용할 공식

균일한 전류가 흐르는 원통형 도선 내부에서 중심으로부터 거리 r인 지점의 자기장은
$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전류가 단면 전체에 균일하게 분포하므로, 반지름 r 안쪽에 포함된 전류가 $I\frac{r^2}{R^2}$가 되고 암페어 법칙 $B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{\text{in}}$을 적용하기 때문이다. 따라서 도선 내부에서는 $B \propto r$이다.

계산 과정

도선 내부에서는 자기장 세기가 중심으로부터의 거리 r에 비례한다.
$\frac{B_{4cm}}{B_{2cm}} = \frac{4cm}{2cm} = 2$
따라서
$B_{4cm} = 2B_{2cm} = 2a$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $2a$이므로 $0.25a$가 아니다. 틀린 표현 $0.25a$는 올바르게는 $2.00a$이다.

② X
- 도선 내부에서는 $B \propto r$인데, $4cm$는 $2cm$의 2배이므로 자기장은 커져야 한다. $0.50a$는 외부 도선처럼 $B \propto 1/r$로 잘못 적용했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현 $0.50a$는 올바르게는 $2.00a$이다.

③ O
- 도선 내부의 자기장은 중심으로부터의 거리 r에 비례한다. $2cm$에서 $4cm$로 거리가 2배가 되므로 자기장도 2배가 되어 $2.00a$가 된다.

④ X
- $4.00a$는 거리가 2배가 되었을 때 자기장을 4배로 본 값이다. 균일 전류 도선 내부에서는 포함 전류가 r^2에 비례하지만 암페어 경로 길이도 r에 비례하므로 최종 자기장은 r에 비례한다. 틀린 표현 $4.00a$는 올바르게는 $2.00a$이다.

⑤ X
- $8.00a$는 거리 변화 이상의 거듭제곱 비례로 잘못 계산한 값이다. 이 문제의 내부 자기장 비는 $4/2 = 2$뿐이므로 틀린 표현 $8.00a$는 올바르게는 $2.00a$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 긴 직선 도선의 외부 자기장 식 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$을 그대로 쓰는 것이다. 이 식은 도선 바깥에서 전체 전류를 감쌀 때의 식이고, 이 문제처럼 도선 내부의 점에서는 반지름 안쪽에 포함된 전류가 r^2에 비례하므로 최종적으로 $B \propto r$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

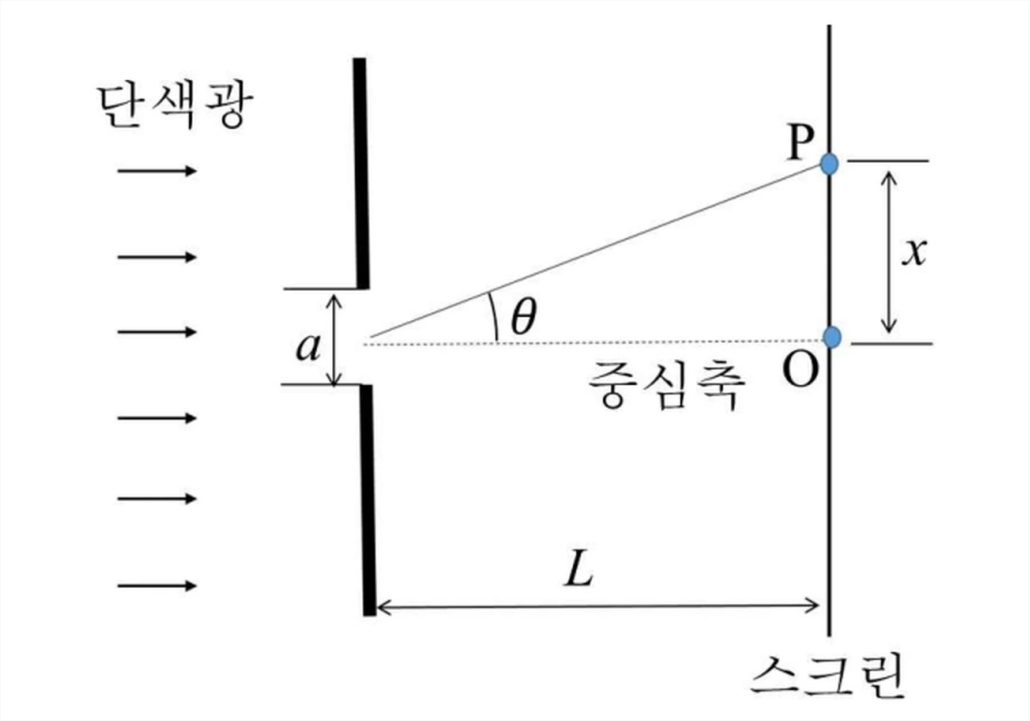
원통형 도선의 자기장 문제는 관찰점이 도선 내부인지 외부인지 먼저 구분한다. 내부이면 포함 전류만 고려하여 $B \propto r$, 외부이면 전체 전류를 고려하여 $B \propto 1/r$로 판단한다.

암기 포인트

균일 전류 원통 도선은 내부에서 $B \propto r$, 외부에서 $B \propto 1/r$이다.

NoteBase

문 4. 다음은 파장 λ인 단색광이 폭 a인 슬릿을 통과하여 거리 L만큼 떨어진 스크린 위에 회절 무늬를 만드는 것을 나타낸 것이다. 슬릿의 중앙과 P를 잇는 직선은 중심축과 θ의 각을 이룬다. 회절 무늬의 중앙 극대점 O에서 첫 번째 어두운 무늬(극소점) P까지의 거리 x는? (단, $a \ll L$이며, $\sin\theta \approx \tan\theta$이다.)



① $\frac{\lambda L}{4a}$
② $\frac{\lambda L}{2a}$
③ $\frac{3\lambda L}{2a}$
④ $\frac{\lambda L}{a}$
⑤ $\frac{2\lambda L}{a}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단일 슬릿 회절에서 어두운 무늬가 생기는 조건을 이용해 중앙 극대점에서 첫 번째 극소점까지의 거리 x를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 슬릿 폭 a, 스크린까지의 거리 L, 파장 λ이다.
구해야 할 값: 중앙 극대점 O에서 첫 번째 어두운 무늬 P까지의 거리 x이다.
주의할 조건: $a \ll L$이고 $\sin\theta \simeq \tan\theta$이므로, 스크린에서의 위치는 $x = L\tan\theta \simeq L\sin\theta$로 둘 수 있다.

NoteBase

사용할 공식

단일 슬릿 회절의 어두운 무늬 조건은
$a\sin\theta = m\lambda \quad (m = 1, 2, 3, \cdots)$
이다.
첫 번째 어두운 무늬는 중앙 극대 바로 옆의 첫 극소점이므로 $m = 1$을 사용한다.

계산 과정

1. 첫 번째 어두운 무늬 조건에 $m = 1$을 대입한다.
$a\sin\theta = \lambda$
2. 따라서
θ=λ a
이다.
3. 작은각 조건에서 $x = L\tan\theta \simeq L\sin\theta$이므로,
x=Lλ a=λ L a
이다.

선지 판단

① X
- λ L 4a는 단일 슬릿 첫 번째 어두운 무늬 조건 $a\sin\theta = \lambda$에서 나오지 않는다. 틀린 표현은 분모의 $4a$이고, 올바르게는 λ L a이다.

② X
- λ L 2a는 $a\sin\theta = \lambda$가 아니라 절반 조건을 잘못 적용한 값이다. 틀린 표현은 분모의 $2a$이고, 올바르게는 λ L a이다.

③ X
- 3λ L 2a는 첫 번째 극소점의 차수 $m = 1$과 맞지 않는다. 틀린 표현은 계수 32이고, 올바르게는 계수 1인 λ L a이다.

④ O
- 첫 번째 어두운 무늬는 $m = 1$이므로 $a\sin\theta = \lambda$, $x \simeq L\sin\theta$에서 x=λ L a가 된다.

⑤ X
- 2λ L a는 두 번째 어두운 무늬 $m = 2$에 해당하는 위치이다. 틀린 표현은 계수 2이고, 첫 번째 어두운 무늬는 $m = 1$이므로 올바르게는 λ L a이다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 단일 슬릿의 첫 번째 어두운 무늬를 이중 슬릿 간섭의 밝고 어두운 무늬 조건이나 고차 극소점과 혼동하게 하는 것이다. 이 문제에서는 슬릿 폭 a 전체에서 오는 파동들이 상쇄되는 조건이므로 $a\sin\theta = m\lambda$를 사용하고, 첫 번째 어두운 무늬는 반드시 $m = 1$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

단일 슬릿 회절에서 어두운 무늬를 물으면 먼저 $a\sin\theta = m\lambda$를 세우고, 첫 번째 어두운 무늬이면 $m = 1$을 대입한 뒤 작은각 근사로 $x \simeq L\sin\theta$를 적용한다.

암기 포인트

단일 슬릿 첫 번째 어두운 무늬의 위치는 x=λ L a이다. 폭 a가 커지면 무늬 간격은 작아지고, 파장 λ와 거리 L이 커지면 무늬 간격은 커진다.

NoteBase

문 5. 열기관이 $105^\circ C$의 고온 열저장체와 $5^\circ C$의 저온 열저장체 사이에서 작동한다. 이 열기관이 역으로 가동되어 에어컨으로 사용된다면, 최대 성능계수는? (단, 절대 영도는 $-273^\circ C$이다.)

① 1.05
② 1.68
③ 2.78
④ 3.78
⑤ 4.68

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 가역 열기관을 역으로 작동시킨 냉동기, 즉 에어컨의 최대 성능계수를 카르노 성능계수 공식으로 구하는 문제이다.

조건 정리

고온 열저장체: $105^\circ C = 378K$
저온 열저장체: $5^\circ C = 278K$
구해야 할 값: 에어컨의 최대 성능계수
주의할 조건: 성능계수 계산에는 섭씨온도가 아니라 절대온도 K를 사용한다.

사용할 공식

에어컨은 저온부에서 열을 빼내는 냉동기로 보므로 최대 성능계수는 카르노 냉동기 성능계수이다.
$COP_R = \frac{T_c}{T_h - T_c}$
여기서 T_h는 고온 열저장체의 절대온도, T_c는 저온 열저장체의 절대온도이다.

계산 과정

1. 섭씨온도를 절대온도로 바꾸면 $T_h = 105 + 273 = 378K$, $T_c = 5 + 273 = 278K$이다.
2. 두 열저장체의 온도차는 $T_h - T_c = 378 - 278 = 100K$이다.
3. 냉방 성능계수는 $COP_R = \frac{278}{100} = 2.78$이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- 1.05는 계산 결과 2.78과 다르다. 특히 $105/(105-5)=1.05$처럼 섭씨온도를 그대로 쓰면 나올 수 있는 값이므로 틀린 표현이다. 올바르게는 절대온도를 사용해 최대 성능계수를 2.78로 계산한다.

② X

- 1.68은 카르노 냉동기의 $T_c/(T_h-T_c)$ 계산 결과가 아니다. 틀린 표현은 1.68이고, 올바르게는 $278/100=2.78$이다.

③ O

- 절대온도로 바꾼 뒤 $COP_R=\frac{T_c}{T_h-T_c}=\frac{278}{378-278}=2.78$이므로 맞는 값이다.

④ X

- 3.78은 냉방 성능계수 COP_R가 아니라 난방용 열펌프 성능계수 $COP_H=\frac{T_h}{T_h-T_c}=\frac{378}{100}=3.78$에 해당한다. 에어컨으로 사용될 때의 최대 성능계수는 2.78이다.

⑤ X

- 4.68은 주어진 두 절대온도로 구한 냉방 성능계수와 일치하지 않는다. 틀린 표현은 4.68이고, 올바른 값은 $\frac{278}{100}=2.78$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 에어컨을 난방용 열펌프로 착각하거나, 섭씨온도를 그대로 성능계수 공식에 넣는 것이다. 에어컨은 저온부에서 빼낸 열 Q_c를 기준으로 하므로 $T_c/(T_h-T_c)$를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

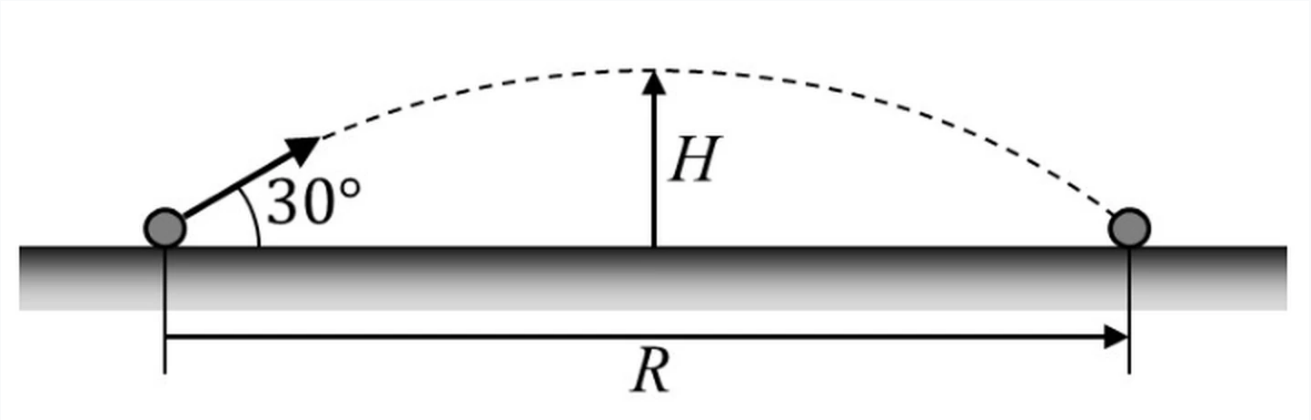
가역 기관을 역으로 돌린 문제는 먼저 냉방용인지 난방용인지 구분한다. 에어컨이나 냉동기는 $COP_R=T_c/(T_h-T_c)$, 히터나 난방용 열펌프는 $COP_H=T_h/(T_h-T_c)$로 판단한다.

암기 포인트

카르노 냉동기 성능계수는 저온부 기준이라 T_c가 분자에 온다. 온도는 항상 K로 바꾼다.

NoteBase

문 6. 다음은 지면과 30°의 각을 이루며 지면에서 던져진 물체가 포물선 운동하여 다시 지면에 도달한 것을 나타낸 것이다. 물체가 최고점 높이 H에 도달하는 데 4초가 걸렸다면, 물체가 다시 지면에 도달할 때까지 이동한 수평거리 R는? (단, 중력가속도의 크기는 10m/s^2이며, 물체의 크기와 공기의 저항은 무시한다.)



① $40\sqrt{3}\,\text{m}$
② $80\sqrt{3}\,\text{m}$
③ $120\sqrt{3}\,\text{m}$
④ $160\sqrt{3}\,\text{m}$
⑤ $320\sqrt{3}\,\text{m}$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 최고점까지 걸린 시간으로 처음 속도의 수직성분을 구한 뒤, 전체 비행시간과 수평속도를 이용해 수평거리 R을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 발사각 30°, 최고점 도달 시간 $4s$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 다시 지면에 도달할 때까지 이동한 수평거리 R이다.
주의할 조건: 출발점과 도착점의 높이가 같으므로 전체 비행시간은 최고점까지 걸린 시간의 2배이다.

사용할 공식

최고점에서는 수직속도가 0이므로 $t_{up} = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$를 쓴다.
같은 높이로 돌아오는 포물선 운동에서는 $T = 2t_{up}$, $R = v_0 \cos\theta \cdot T$를 쓴다.
이 공식을 쓰는 이유는 공기저항을 무시하고, 수평방향 속도는 일정하며 수직방향 운동만 중력가속도에 의해 변하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 최고점 도달 시간에서 처음 속도를 구한다.
4=(v_030^)/(10)=(v_0· 12)/(10)
따라서 $v_0 = 80m/s$이다.
2. 전체 비행시간을 구한다.
$T = 2 \times 4 = 8s$
3. 수평속도를 구한다.
v_x=v_030^=80×(3)/(2)=403 m/s
4. 수평거리를 구한다.
R=v_xT=403×8=3203 m

선지 판단

① X
- 403 m는 수평거리 R이 아니라 수평속도 403 m/s의 수치만 본 값이다. 틀린 표현 403 m → 올바르게는 3203 m이다.

② X
- 803 m는 전체 비행시간 $8s$를 곱하지 않고 일부 시간만 반영한 값으로, 계산 결과 3203 m와 다르다. 틀린 표현 803 m → 올바르게는 3203 m이다.

③ X
- 1203 m는 수평속도 403 m/s에 전체 시간 $8s$를 곱한 값이 아니다. 틀린 표현 1203 m → 올바르게는 3203 m이다.

④ X
- 1603 m는 최고점까지의 시간 $4s$만 사용해 403×4로 계산한 값이다. 전체 수평거리는 올라가는 동안과 내려오는 동안을 모두 포함해야 한다. 틀린 표현 1603 m → 올바르게는 3203 m이다.

⑤ O
- 최고점까지 $4s$가 걸리므로 전체 비행시간은 $8s$이고, 수평속도는 403 m/s이다. 따라서 R=403×8=3203 m가 되어 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 최고점 도달 시간 $4s$를 전체 비행시간으로 착각하는 것이다. $4s$는 올라가는 데 걸린 시간이고, 같은 높이의 지면에 다시 도달하는 전체 시간은 $8s$이다. 또한 403은 거리값이 아니라 수평속도의 크기이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

포물선 운동에서 최고점 시간이 주어지면 먼저 $v_0 \sin\theta = g t_{\text{up}}$으로 수직성분을 찾고, 같은 높이에 떨어지는지 확인한 뒤 $T = 2t_{\text{up}}$를 적용한다. 마지막에 $R = v_0 \cos\theta \cdot T$로 수평거리를 계산한다.

암기 포인트

최고점 시간은 반쪽 시간이다. 같은 높이에 떨어지는 포물선 운동에서는 $T = 2t_{\text{up}}$, $R = v_x T$이다.

문 7. 중력가속도가 g이고, 정지마찰계수가 μ인 수평면 위에서 반지름이 r인 원형궤적을 벗어나지 않고 회전할 수 있는 물체의 최대속력은?

① $\frac{\sqrt{\mu g r}}{2}$
② $\frac{\sqrt{\mu g}}{2r}$
③ $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$
④ $\frac{\sqrt{\mu g}}{r}$
⑤ $\sqrt{\mu g r}$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 수평면에서 등속 원운동을 할 때 정지마찰력이 구심력 역할을 한다는 점을 이용해 최대 속력 $v_{\max}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 중력가속도 g, 정지마찰계수 μ, 원형 궤적의 반지름 r이다.
구해야 할 값: 물체가 원형 궤적을 벗어나지 않고 회전할 수 있는 최대속력이다.
주의할 조건: 수평면이므로 수직항력은 $N = mg$이고, 구심력은 정지마찰력이 제공한다.

사용할 공식

구심력 조건은 $F_c = mv^2/r$이다.
최대 정지마찰력은 $f_{s,\max} = \mu N = \mu mg$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 물체가 미끄러지지 않고 원운동하려면 필요한 구심력 mv^2/r이 정지마찰력이 낼 수 있는 최대값 μmg 이하이어야 한다.

계산 과정

최대속력에서는 필요한 구심력과 최대 정지마찰력이 같아진다.
$\frac{mv^2}{r} = \mu mg$
양변에서 질량 m이 약분된다.
$\frac{v^2}{r} = \mu g$
따라서
$v^2 = \mu g r, \quad v_{\max} = \sqrt{\mu g r}$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $\sqrt{\mu gr}/2$는 정답 $\sqrt{\mu gr}$의 절반이다. 틀린 표현 $\sqrt{\mu gr}/2$ → 올바르게는 $\sqrt{\mu gr}$이다.

② X
- $\sqrt{\mu g}/(2r)$는 반지름 r이 분모에 들어가 있고 불필요한 2도 붙어 있다. 틀린 표현 $\sqrt{\mu g}/(2r)$ → 올바르게는 $\sqrt{\mu gr}$이다.

③ X
- $\sqrt{\mu g/r}$는 $v^2 = \mu gr$에서 r을 곱해야 하는데 나누어 버린 형태이다. 틀린 표현 $\sqrt{\mu g/r}$ → 올바르게는 $\sqrt{\mu gr}$이다.

④ X
- $\sqrt{\mu g}/r$는 r을 제곱근 안에 곱하지 않고 분모에 둔 형태이다. 틀린 표현 $\sqrt{\mu g}/r$ → 올바르게는 $\sqrt{\mu gr}$이다.

⑤ O
- 계산 결과가 $v_{max} = \sqrt{\mu gr}$이므로 ⑤가 맞다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 마찰력 공식을 μmg로 세우고도 구심력 mv^2/r의 r을 정리할 때 분모와 분자를 바꾸는 것이다. $mv^2/r = \mu mg$에서 r은 오른쪽으로 곱해져 $v^2 = \mu gr$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

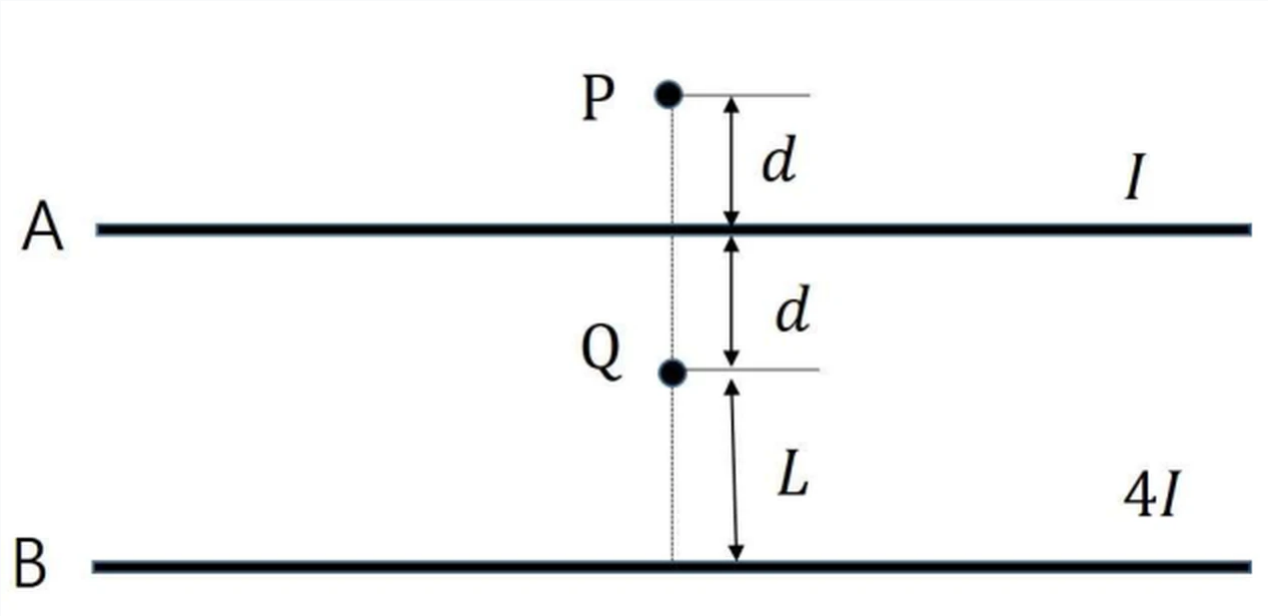
수평면 원운동에서 미끄러짐 한계가 나오면 정지마찰력의 최대값 μmg을 구심력 mv^2/r과 같게 놓고 속력을 구한다. 질량은 약분되고, 반지름 r은 제곱근 안에서 곱해진다.

암기 포인트

수평 원운동의 마찰 한계 속력은 $v_{max} = \sqrt{\mu gr}$이다. r이 클수록 더 큰 속력으로 돌아도 필요한 구심가속도 v^2/r가 작아지므로 최대속력은 $\sqrt{r}$에 비례한다.

NoteBase

문 8. 다음은 수평면에 나란히 고정된 두 개의 긴 직선 도선 A, B에 각각 I, $4I$의 전류가 흐르고 있는 것을 나타낸 것이다. 도선 A에서 P, Q 지점까지 거리는 각각 d로 같고, 도선 B에서 Q까지 거리는 L이다. P에서 도선 A와 B에 의한 자기장의 세기는 0이고, Q에서 도선 A에 의한 자기장의 세기는 B_0일 때, Q에서 도선 B에 의한 자기장의 세기는?



① $0.5B_0$

② $2.0B_0$

③ $3.0B_0$

④ $4.0B_0$

⑤ $8.0B_0$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 긴 직선 도선 주위의 자기장 공식 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$와 P점에서 합성 자기장이 0이라는 조건을 이용해 Q점에서 도선 B가 만드는 자기장 세기를 구하는 문제이다.

조건 정리

도선 A의 전류는 I, 도선 B의 전류는 $4I$이다.
도선 A에서 P까지의 거리는 d, 도선 A에서 Q까지의 거리도 d이다.
도선 B에서 Q까지의 거리는 L이다.
따라서 P에서 도선 B까지의 거리는 $2d + L$이다.
Q에서 도선 A에 의한 자기장 세기는 B_0이다.

NoteBase

사용할 공식

긴 직선 도선에서 거리 r만큼 떨어진 점의 자기장 세기는
$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 도선이 모두 긴 직선 도선이고, 문제에서 각 점까지의 수직거리가 주어져 있기 때문이다. 자기장 세기는 전류에 비례하고 거리에는 반비례한다.

계산 과정

1. P에서 전체 자기장이 0이므로, P에서 도선 A와 도선 B가 만드는 자기장의 크기가 서로 같아야 한다.
$\frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{\mu_0 \cdot 4I}{2\pi(2d + L)}$

2. 공통인 $\frac{\mu_0 I}{2\pi}$를 약분하면
$\frac{1}{d} = \frac{4}{2d + L}$
이고, 따라서 $2d + L = 4d, L = 2d$이다.

3. Q에서 도선 A에 의한 자기장 세기는
$B_0 = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$
이다.

4. Q에서 도선 B까지의 거리는 $L = 2d$이므로, 도선 B에 의한 자기장 세기는
$B_B = \frac{\mu_0 \cdot 4I}{2\pi L} = \frac{\mu_0 \cdot 4I}{2\pi \cdot 2d} = 2\frac{\mu_0 I}{2\pi d} = 2B_0$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $0.5B_0$가 아니라 $2.0B_0$이다. 틀린 표현 $0.5B_0$는 올바르게는 $2.0B_0$이다. 도선 B의 전류가 $4I$임을 반영하지 않고 거리만 $2d$로 비교하면 생기는 오답이다.

② O
- P에서 자기장이 0이라는 조건으로 $L = 2d$가 되고, Q에서 도선 B의 자기장은 $\frac{4I}{2d}$에 비례한다. Q에서 도선 A의 자기장 B_0는 $\frac{I}{d}$에 비례하므로, 도선 B에 의한 자기장은 $2B_0$이다.

③ X
- $3.0B_0$가 아니라 $2.0B_0$이다. 틀린 표현 $3.0B_0$는 올바르게는 $2.0B_0$이다. P에서 도선 B까지의 거리를 $2d + L$로 잡아야 하는데, 거리 관계를 잘못 세우면 이런 중간값이 나온다.

④ X
- $4.0B_0$가 아니라 $2.0B_0$이다. 틀린 표현 $4.0B_0$는 올바르게는 $2.0B_0$이다. 전류가 $4I$라는 점만 보고 Q에서 도선 B까지의 거리 $L = 2d$를 나누지 않으면 나오는 오답이다.

⑤ X
- $8.0B_0$가 아니라 $2.0B_0$이다. 틀린 표현 $8.0B_0$는 올바르게는 $2.0B_0$이다. 전류 비 4와 거리 관계를 함께 처리하지 않고 비례관계를 거꾸로 적용하면 나오는 오답이다.

계산 결과 Q에서 도선 B에 의한 자기장 세기는 $2.0B_0$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 Q에서 곧바로 계산하지 않고, 먼저 P에서 합성 자기장이 0이라는 조건으로 L을 찾아야 한다는 점이다. 또한 도선 B의 전류가 $4I$로 크지만 Q까지의 거리도 $L = 2d$가 되므로, 전류 비만 보고 $4B_0$를 고르면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

긴 직선 도선 문제는 자기장 세기가 전류에 비례하고 거리에는 반비례한다는 관계로 먼저 비를 세운다. 합성 자기장이 0인 점이 주어지면 두 자기장의 크기를 같게 놓아 미지 거리를 구한 뒤, 물어본 지점의 자기장을 다시 계산한다.

암기 포인트

긴 직선 도선 자기장은 $B \propto \frac{I}{r}$이다. 전류가 커져도 거리가 함께 커지면 자기장 비는 전류비만으로 정해지지 않는다.

문 9. 투과축을 서로 수직으로 겹쳐 놓은 두 편광판 사이에 투과축이 첫 번째 편광판의 투과축과 30°인 편광판을 추가로 삽입하였다. 세기가 I_0이고 편광되지 않은 빛이 입사할 때 전체 편광판을 투과한 빛의 세기는?

① $\frac{1}{8}I_0$
② $\frac{\sqrt{3}}{8}I_0$
③ $\frac{1}{16}I_0$
④ $\frac{3}{16}I_0$
⑤ $\frac{3}{32}I_0$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 비편광 빛이 첫 편광판을 지날 때 세기가 절반이 되고, 이후 편광판 사이의 각도마다 말뤼스 법칙 $I = I_{\text{in}}\cos^2\theta$를 순서대로 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입사광은 편광되지 않은 빛이고 세기는 I_0이다.
편광판 배치: 처음 두 편광판의 투과축은 서로 수직이고, 그 사이에 첫 번째 편광판의 투과축과 30°를 이루는 편광판을 추가했다.
구해야 할 값: 세 편광판을 모두 통과한 빛의 세기이다.
주의할 조건: 추가 편광판과 두 번째 편광판의 각도는 $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$이다.

사용할 공식

비편광 빛이 첫 편광판을 통과하면 세기는 $I_0/2$가 된다.
편광된 빛이 축 사이의 각도 θ인 다음 편광판을 통과하면 말뤼스 법칙에 따라
$I = I_{\text{in}}\cos^2\theta$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유: 첫 편광판 뒤의 빛은 편광되어 있으므로, 뒤의 편광판들은 각각 앞 편광판과의 축 각도에 따라 $\cos^2\theta$만큼 세기를 통과시킨다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫 번째 편광판 통과 후 세기는
$I_1 = \frac{1}{2} I_0$
이다.
2. 추가 편광판은 첫 번째 편광판과 30 °를 이루므로
$I_2 = I_1 \cos^2 30^\circ = \frac{1}{2} I_0 \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{8} I_0$
이다.
3. 두 번째 원래 편광판은 첫 번째 편광판과 수직이므로, 추가 편광판과는 60 °를 이룬다. 따라서
$I_3 = I_2 \cos^2 60^\circ = \frac{3}{8} I_0 \cdot \frac{1}{4} = \frac{3}{32} I_0$
이다.

선지 판단

① X
- $\frac{1}{8} I_0$는 최종 계산값 $\frac{3}{32} I_0$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{1}{8} I_0$ → 올바르게는 $\frac{3}{32} I_0$이다.

② X
- $\frac{\sqrt{3}}{8} I_0$는 말뤼스 법칙의 $\cos\theta$가 아니라 $\cos^2\theta$를 써야 한다는 점과 맞지 않는다. 틀린 표현 $\frac{\sqrt{3}}{8} I_0$ → 올바르게는 $\frac{3}{32} I_0$이다.

③ X
- $\frac{1}{16} I_0$는 첫 편광판의 1/2, 30 ° 단계의 3/4, 60 ° 단계의 1/4를 모두 곱한 값이 아니다. 틀린 표현 $\frac{1}{16} I_0$ → 올바르게는 $\frac{3}{32} I_0$이다.

④ X
- $\frac{3}{16} I_0$는 비편광 빛이 첫 편광판을 지날 때 세기가 1/2로 줄어드는 조건을 빠뜨리면 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현 $\frac{3}{16} I_0$ → 올바르게는 $\frac{3}{32} I_0$이다.

⑤ O
- 계산 결과가 $\frac{3}{32} I_0$이므로 ⑤가 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 두 가지이다. 첫째, 비편광 빛은 첫 편광판에서 바로 $I_0/2$가 된다는 점을 빠뜨리기 쉽다. 둘째, 추가 편광판과 마지막 편광판 사이의 각도는 30 °가 아니라 60 °이고, 말뤼스 법칙은 $\cos\theta$가 아니라 $\cos^2\theta$를 곱한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

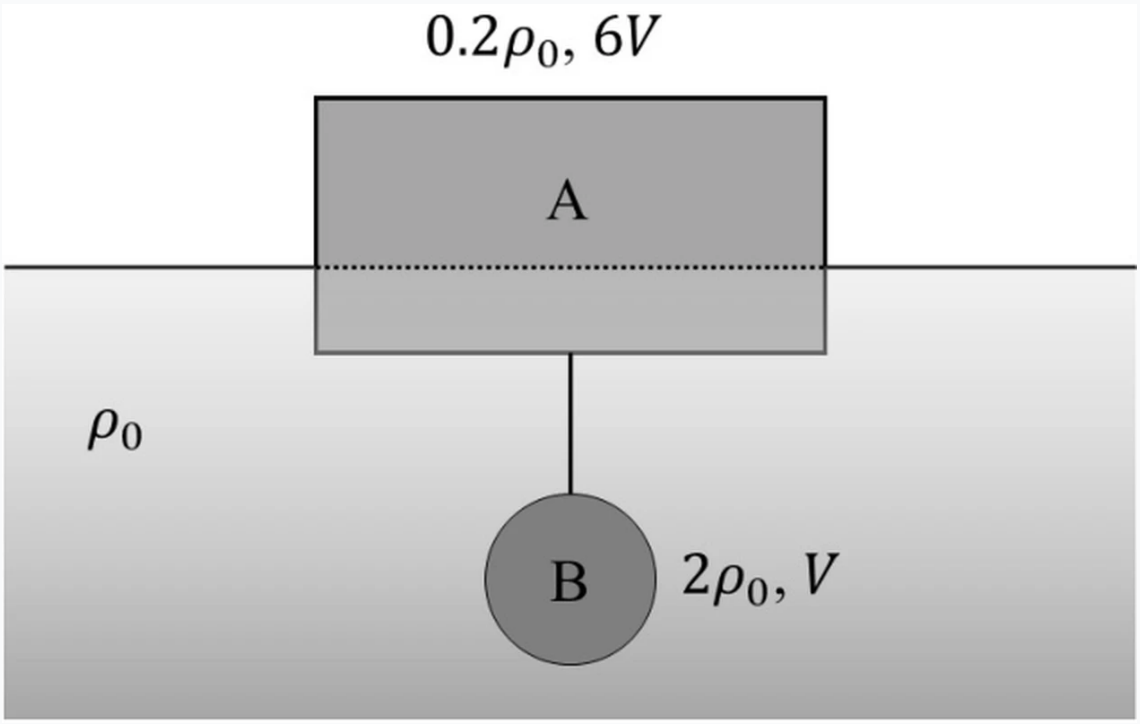
편광판 계산형 문제는 비편광 입사이면 먼저 1/2를 곱하고, 그 다음부터는 서로 이웃한 편광판 축 사이의 각도마다 $\cos^2\theta$를 차례로 곱해 판단한다.

암기 포인트

비편광 첫 통과는 1/2, 편광된 뒤의 추가 통과는 각도마다 $\cos^2\theta$이다.

NoteBase

문 10. 다음은 물에 떠 있는 물체 A와 물에 잠겨 있는 물체 B가 실로 연결되어 정지해 있는 것을 나타낸 것이다. 물, 물체 A, 물체 B의 밀도는 각각 ρ_0, $0.2\rho_0$, $2\rho_0$이며, 물체 A와 B의 부피는 각각 $6V$, V이다. 물체 A 중 물에 잠긴 부분의 부피는? (단, 실의 질량과 부피 및 공기 밀도는 무시한다.)



① $2.0V$

② $2.2V$

③ $2.4V$

④ $2.6V$

⑤ $2.8V$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 부력과 무게, 줄의 장력에 대한 정지 평형식을 이용해 물체 A가 물에 잠긴 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

물의 밀도는 ρ_0이다.
물체 A의 밀도와 부피는 각각 $0.2\rho_0$, $6V$이므로 A의 무게는 $0.2\rho_0 \cdot 6Vg = 1.2\rho_0 Vg$이다.
물체 B의 밀도와 부피는 각각 $2\rho_0$, V이고 B는 물속에 완전히 잠겨 있으므로 B의 무게는 $2\rho_0 Vg$, B가 받는 부력은 $\rho_0 Vg$이다.
구해야 할 값은 물체 A 중 물에 잠긴 부분의 부피이다.

NoteBase

사용할 공식

부력은 잠긴 유체의 무게이므로
F_b=_0 g V_잠김
정지해 있으므로 각 물체에 대해 위쪽 힘의 합과 아래쪽 힘의 합이 같다.
이 공식을 쓰는 이유는 A와 B가 줄로 연결된 채 정지해 있고, A의 일부만 물에 잠겨 있어 잠긴 부피가 곧 A의 부력을 결정하기 때문이다.

계산 과정

1. 물체 B의 평형을 먼저 본다. B에는 위쪽으로 부력 $\rho_0 Vg$와 장력 T, 아래쪽으로 무게 $2\rho_0 Vg$가 작용한다.
$T + \rho_0 Vg = 2\rho_0 Vg$
따라서 $T = \rho_0 Vg$이다.

2. 물체 A에서 물에 잠긴 부피를 x라고 한다. A에는 위쪽으로 부력 $\rho_0 gx$, 아래쪽으로 A의 무게 $1.2\rho_0 Vg$와 줄의 장력 $\rho_0 Vg$가 작용한다.
$\rho_0 gx = 1.2\rho_0 Vg + \rho_0 Vg$
$x = 2.2V$

따라서 물체 A 중 물에 잠긴 부분의 부피는 $2.2V$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $2.0V$는 B의 부력을 고려하지 않고 B의 무게만 단순히 더하거나, 장력 계산을 잘못한 값이다. 틀린 표현 $2.0V$ → 올바르게는 $2.2V$이다.

② O
- B의 평형에서 장력은 $\rho_0 Vg$이고, A의 부력은 A의 무게 $1.2\rho_0 Vg$와 장력 $\rho_0 Vg$의 합과 같아야 한다. 따라서 A의 잠긴 부피는 $2.2V$이다.

③ X
- $2.4V$는 A의 무게를 실제보다 크게 보거나 장력을 과대평가한 값이다. 틀린 표현 $2.4V$ → 올바르게는 $2.2V$이다.

④ X
- $2.6V$는 B가 받는 부력을 빼지 않고 B의 무게 효과를 지나치게 크게 반영한 값이다. 틀린 표현 $2.6V$ → 올바르게는 $2.2V$이다.

⑤ X
- $2.8V$는 줄의 장력과 A의 무게를 모두 과대평가한 결과에 해당한다. 틀린 표현 $2.8V$ → 올바르게는 $2.2V$이다.

계산 결과 물체 A의 잠긴 부피가 $2.2V$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 물체 B의 무게 $2\rho_0 Vg$ 전체가 그대로 A를 아래로 당긴다고 보는 것이다. B도 물속에서 부력 $\rho_0 Vg$를 받으므로 줄의 장력은 $2\rho_0 Vg$가 아니라 $\rho_0 Vg$이다. 또한 장력은 A에는 아래쪽, B에는 위쪽으로 작용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

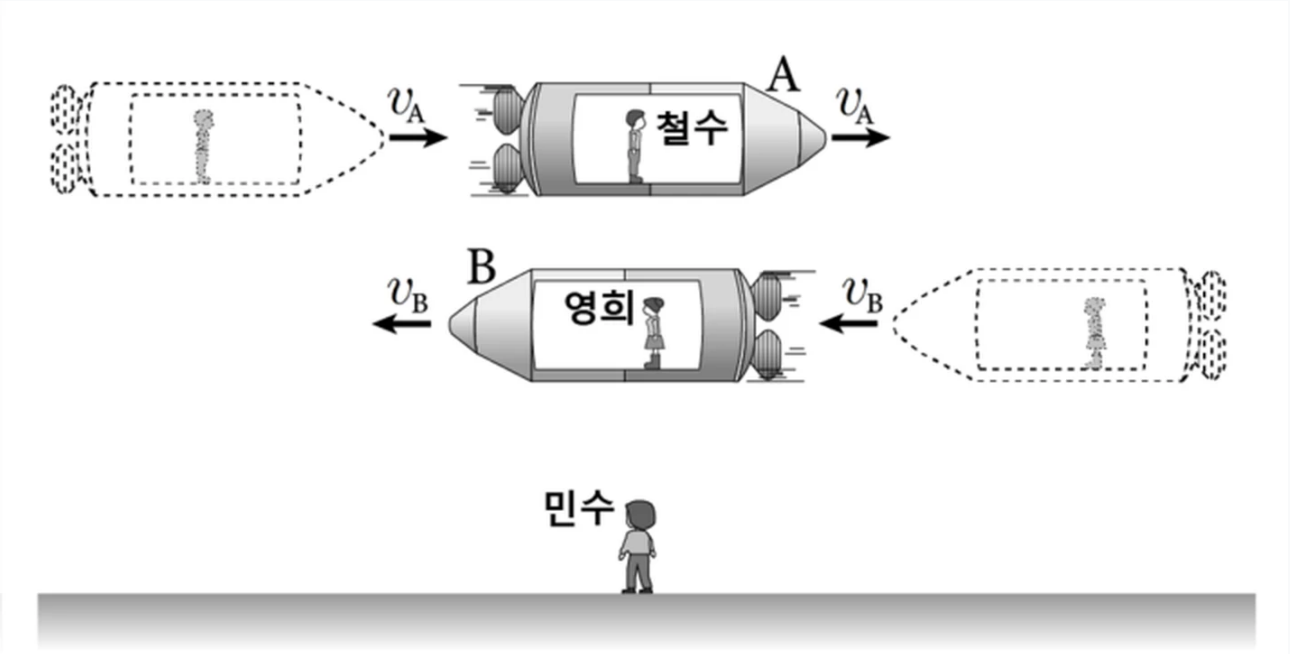
줄로 연결된 부력 평형 문제는 먼저 완전히 잠긴 물체의 평형식으로 장력을 구한 뒤, 떠 있는 물체에 대해 부력 = 자기 무게 + 줄이 당기는 힘으로 잠긴 부피를 구한다.

암기 포인트

잠긴 물체의 겉보기 무게가 줄의 장력이다. 이 문제에서는 B의 겉보기 무게가 $2\rho_0 Vg - \rho_0 Vg = \rho_0 Vg$이고, A는 자기 무게에 이 장력까지 더한 만큼의 부력을 받아야 한다.

NoteBase

문 11. 다음은 정지해 있는 민수가 볼 때, 철수와 영희가 탄 우주선 A, B가 각각 v_A, v_B의 일정한 속력으로 서로 반대 방향으로 나란하게 직선 운동하는 것을 나타낸 것이다. $v_A < v_B$이고, 민수가 측정한 우주선 A, B의 길이는 L로 같다. 우주선 A, B의 고유 길이가 L_A, L_B일 때 L, L_A, L_B의 크기를 비교한 것으로 옳은 것은?



① $L < L_A < L_B$

② $L < L_B < L_A$

③ $L < L_A = L_B$

④ $L_A < L_B < L$

⑤ $L_B < L_A < L$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 특수상대론의 길이수축식으로, 관측된 길이가 같을 때 속력이 큰 우주선의 고유길이가 어떻게 달라지는지를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 민수가 측정한 우주선 A, B의 길이는 모두 L이다.
구해야 할 값: 우주선 A, B의 고유길이 L_A, L_B와 민수가 측정한 길이 L의 크기 관계이다.
주의할 조건: $v_A < v_B$이므로 B가 A보다 더 큰 속력으로 움직인다.

NoteBase

사용할 공식

길이수축식은
$L = \frac{L_0}{\gamma} = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$
이다. 여기서 L_0는 물체와 함께 움직이는 관성계에서 잰 고유길이, L은 물체가 움직이는 것을 보는 관찰자가 잰 길이, $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 민수는 정지해 있고 우주선 A, B는 민수에 대해 운동하므로, 민수가 잰 길이는 고유길이보다 수축된 길이이다.

계산 과정

1. 우주선 A에 대해 민수가 잰 길이는 $L = \frac{L_A}{\gamma_A}$이므로 $L_A = \gamma_A L$이다.
2. 우주선 B에 대해 민수가 잰 길이는 $L = \frac{L_B}{\gamma_B}$이므로 $L_B = \gamma_B L$이다.
3. 속력이 커질수록 γ는 커진다. $v_A < v_B$이므로 $\gamma_A < \gamma_B$이다.
4. 따라서 $L_A = \gamma_A L$, $L_B = \gamma_B L$이고 $1 < \gamma_A < \gamma_B$이므로 $L < L_A < L_B$이다.

선지 판단

① O: $L < L_A < L_B$이다. 민수가 잰 길이 L은 길이수축된 길이이므로 각 우주선의 고유길이보다 작고, B가 A보다 빠르므로 같은 관측길이 L를 가지려면 L_B가 L_A보다 커야 한다.
② X: $L < L_B < L_A$가 아니라 $L < L_A < L_B$이다. 틀린 표현은 $L_B < L_A$이고, 올바르게는 $L_A < L_B$이다.
③ X: $L < L_A = L_B$가 아니라 $L < L_A < L_B$이다. 틀린 표현은 $L_A = L_B$이고, 올바르게는 v_B가 더 크므로 $L_A < L_B$이다.
④ X: $L_A < L_B < L$가 아니라 $L < L_A < L_B$이다. 틀린 표현은 $L_B < L$이고, 올바르게는 운동하는 우주선의 측정길이 L이 고유길이보다 작으므로 $L < L_B$이다.
⑤ X: $L_B < L_A < L$가 아니라 $L < L_A < L_B$이다. 틀린 표현은 $L_B < L_A$와 $L_A < L$이고, 올바르게는 $L < L_A < L_B$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '민수가 측정한 길이가 둘 다 L'이라는 말만 보고 고유길이도 같다고 착각하는 것이다. 길이수축은 속력이 클수록 더 크게 일어나므로, 더 빠른 B가 같은 관측길이로 보이려면 원래 고유길이 L_B가 더 길어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

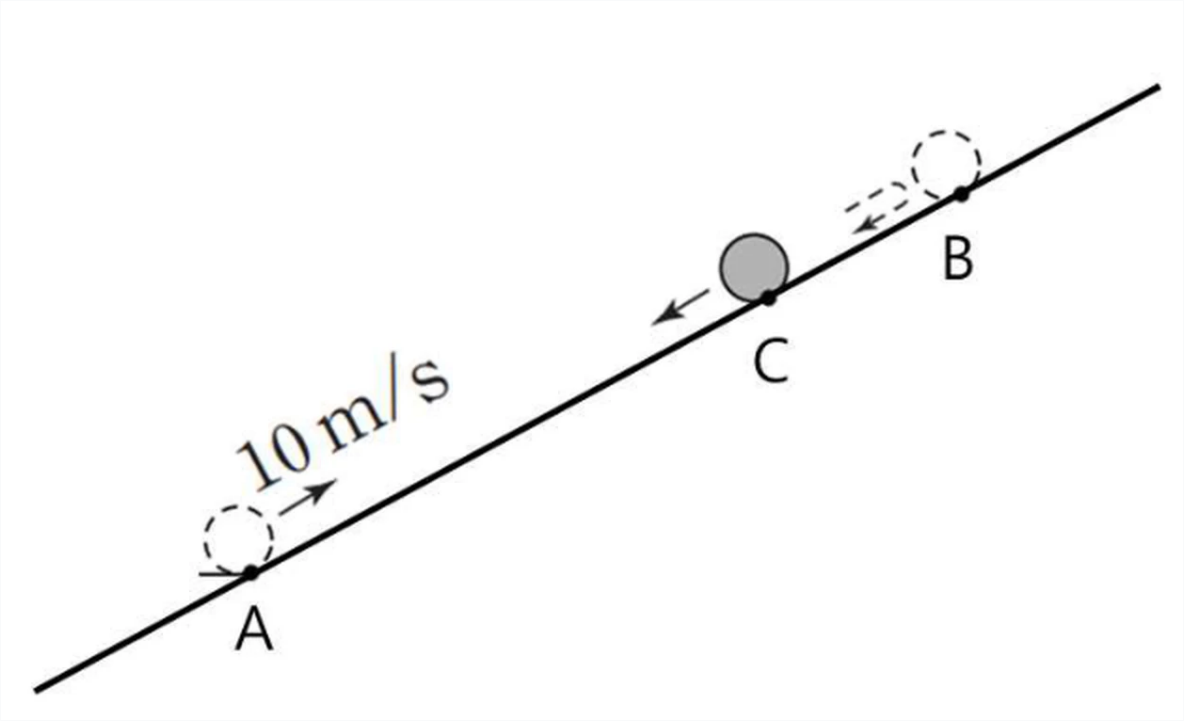
운동하는 물체의 길이를 정지한 관찰자가 재면 수축된 길이이다. 먼저 $L = L_0/\gamma$를 세우고, 같은 관측길이 조건에서는 $L_0 = \gamma L$이므로 속력이 큰 쪽의 고유길이가 더 크다고 판단한다.

암기 포인트

움직이는 물체는 짧게 보인다. 같은 길이로 보이면 더 빠른 물체의 원래 길이가 더 길다.

NoteBase

문 12. 다음은 질량 1kg인 물체가 마찰이 없는 빗면에서 점 A를 지나 최고점 B에 도달한 후, 다시 점 C를 지나는 것을 나타낸 것이다. 등가속도 운동하는 물체의 점 A에서 속력은 10m/s이며 중력에 의한 퍼텐셜 에너지는 14J이다. 점 C에서 물체의 운동 에너지가 중력에 의한 퍼텐셜 에너지와 서로 같다면, 점 C에서 물체의 속력은? (단, 중력가속도의 크기는 $10m/s^2$이며, 공기의 저항은 무시한다.)



① 2m/s

② 4m/s

③ 6m/s

④ 8m/s

⑤ 10m/s

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 마찰이 없는 빗면에서 역학적 에너지 보존을 이용해 점 C에서의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

질량은 $1kg$, 점 A에서의 속력은 $10m/s$, 점 A에서의 중력 퍼텐셜 에너지는 $14J$이다.
점 B는 최고점이므로 점 B에서 속력은 $0m/s$이고 운동 에너지는 $0J$이다.
점 C에서는 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지가 서로 같다.

NoteBase

사용할 공식

마찰과 공기 저항이 없으므로 역학적 에너지는 보존된다.

K+U=일정

운동 에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 빗면에서 손실 에너지가 없고, 문제에서 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 관계를 직접 물었기 때문이다.

계산 과정

1. 점 A의 운동 에너지를 구한다.

$K_A = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^2 = 50J$

2. 점 A의 전체 역학적 에너지를 구한다.

$E = K_A + U_A = 50 + 14 = 64J$

3. 점 C에서는 $K_C = U_C$이므로 전체 에너지 $64J$가 두 에너지로 똑같이 나뉜다.

$K_C + U_C = 64J, \quad K_C = U_C$

$2K_C = 64J \Rightarrow K_C = 32J$

4. 점 C의 속력을 구한다.

$\frac{1}{2} \times 1 \times v_C^2 = 32$

$v_C^2 = 64 \Rightarrow v_C = 8m/s$

NoteBase

선지 판단

① X

- 계산 결과 점 C의 속력은 $8m/s$이므로 $2m/s$는 틀리다. 틀린 표현 $2m/s$ → 올바르게는 $8m/s$이다.

② X

- $4m/s$이면 운동 에너지는 $\frac{1}{2} \times 1 \times 4^2 = 8J$에 불과하여, 점 C에서 필요한 운동 에너지 $32J$와 맞지 않는다. 틀린 표현 $4m/s$ → 올바르게는 $8m/s$이다.

③ X

- $6m/s$이면 운동 에너지는 $18J$로, $K_C = 32J$가 되지 않는다. 틀린 표현 $6m/s$ → 올바르게는 $8m/s$이다.

④ O

- 점 A의 전체 역학적 에너지는 $64J$이고, 점 C에서는 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지가 같으므로 $K_C = 32J$이다. 따라서 $\frac{1}{2}v_C^2 = 32$에서 $v_C = 8m/s$가 된다.

⑤ X

- $10m/s$는 점 A에서의 속력이다. 점 C는 점 A보다 중력 퍼텐셜 에너지가 커진 위치이므로 운동 에너지가 점 A보다 작아져야 한다. 틀린 표현 $10m/s$ → 올바르게는 $8m/s$이다.

오답 포인트

점 B가 최고점이라는 조건은 전체 에너지가 보존된다는 사실을 확인하는 보조 정보이다. 핵심은 점 C에서 $K_C = U_C$라는 조건이므로, 전체 에너지 $64J$를 그대로 운동 에너지로 두면 $10m/s$ 같은 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

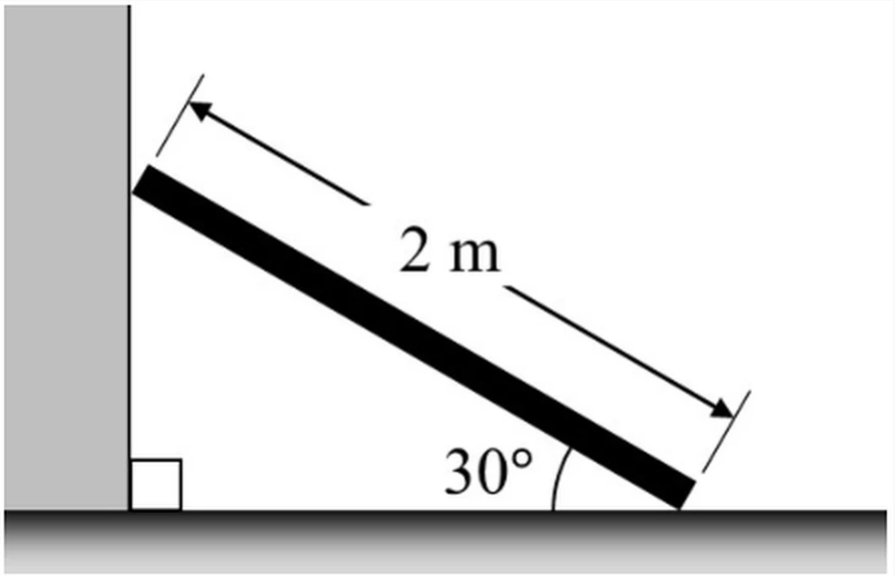
마찰이 없다는 조건이 보이면 먼저 전체 역학적 에너지를 한 지점에서 구한다. 그다음 문제에서 준 특정 지점의 에너지 관계를 이용해 운동 에너지를 정하고, 마지막에 $K = \frac{1}{2}mv^2$로 속력을 구한다.

암기 포인트

마찰이 없으면 $K + U$는 일정하고, 어떤 지점에서 $K = U$이면 각각은 전체 역학적 에너지의 절반이다.

NoteBase

문 13. 다음은 질량이 8kg이고 길이가 2m인 균일한 직선 막대가 바닥과 30°의 각을 이루면서 마찰이 없는 벽에 기댄 것을 나타낸 것이다. 직선 막대가 미끄러지지 않기 위한 막대와 바닥 간의 정지마찰계수의 최솟값은? (단, 중력가속도의 크기는 10m/s^{2}이다.)



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

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 마찰 없는 벽에 기대어 정지한 균일한 막대의 힘의 평형과 토크 평형을 이용해 최소 정지마찰계수 μ_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 막대의 질량 $m = 8kg$, 길이 $L = 2m$, 바닥과 막대 사이의 각 $\theta = 30^\circ$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 막대와 바닥 사이의 정지마찰계수의 최솟값 μ_s이다.
주의할 조건: 벽은 마찰이 없으므로 벽에서는 수평 반력만 작용하고, 바닥에서는 수직항력과 정지마찰력이 작용한다.

NoteBase

사용할 공식

정지 조건은 힘의 평형과 토크 평형이다.

$\sum F_x = 0, \quad \sum F_y = 0, \quad \sum \tau = 0$

바닥에서 미끄러지기 직전에는 정지마찰력이 최대가 되므로 $f = \mu_s N$을 쓴다.

이 공식을 쓰는 이유: 막대가 움직이지 않으려면 수평방향 힘, 수직방향 힘, 회전시키는 토크가 모두 평형이어야 하며, 최소 마찰계수는 막대가 막 미끄러지려는 한계상태에서 결정된다.

계산 과정

1. 바닥 접점을 기준으로 토크 평형을 세운다. 막대의 무게 mg는 중심에서 아래로 작용하고, 벽의 반력 R은 막대 위쪽 끝에서 수평으로 작용한다.

R· Lθ=mg· L 2θ

2. 따라서 벽의 반력은 다음과 같다.

R=mg 2θ

3. 수평방향 평형에서 바닥의 정지마찰력 f는 벽의 반력과 같으므로 $f = R$이다. 수직방향 평형에서 바닥의 수직항력은 $N = mg$이다.

4. 최소 정지마찰계수는 다음과 같다.

_s=f N=R mg=1 230^=1 2√(3)=√(3) 2

선지 판단

① X

- $\sqrt{3}/12$는 계산 결과 $\sqrt{3}/2$보다 작다. 틀린 표현 → 올바르게는 정지마찰계수의 최솟값은 $\sqrt{3}/2$이다.

② X

- 1/4는 토크 평형에서 나오는 cot 30 ° 항을 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현 → 올바르게는 _s=1 230^=√(3)/2이다.

③ X

- $\sqrt{3}/6$는 $\cot 30^\circ = \sqrt{3}$을 적용한 뒤 계수를 잘못 줄인 값이다. 틀린 표현 → 올바르게는 $\sqrt{3}/6$이 아니라 $\sqrt{3}/2$이다.

④ X

- 1/2는 cot 30 °를 1처럼 처리한 경우에 가까운 값이다. 틀린 표현 → 올바르게는 각도 효과 때문에 _s=1 230^=√(3)/2이다.

⑤ O

- 계산 결과 최소 정지마찰계수는 $\sqrt{3}/2$이므로 ⑤가 맞다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 벽이 마찰이 없다는 조건을 놓치거나, 벽의 반력 R과 바닥의 수직항력 N을 같은 힘으로 착각하는 것이다. 벽의 반력은 토크 평형으로 구하고, 바닥의 수직항력은 수직방향 힘의 평형에서 $N = mg$로 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

사다리나 막대가 벽과 바닥에 기대어 정지한 문제는 먼저 마찰이 있는 접점과 없는 접점을 구분한다. 그다음 한 접점을 회전축으로 잡아 토크 평형으로 벽의 반력을 구하고, 힘의 평형으로 마찰력과 수직항력을 연결해 $\mu_s = f/N$을 계산한다.

암기 포인트

마찰 없는 벽에 기댄 균일 막대에서는 R=mg 2θ, $N = mg$, 따라서 _min=1 2θ이다.

NoteBase

문 14. 정전용량이 4μF인 커패시터가 전위차 10V로 충전되어 있다. 이 커패시터에 충전되어 있지 않은 커패시터 A를 병렬로 연결하였을 때의 전위차가 5V가 되었다면, 커패시터 A의 정전용량은?

① 1μF
② 2μF
③ 4μF
④ 6μF
⑤ 8μF

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 충전된 커패시터와 충전되지 않은 커패시터를 병렬로 연결할 때 전하량 보존과 병렬 연결의 동일 전압 조건을 이용해 미지 정전용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 커패시터의 정전용량은 $4\mu F$, 처음 전위차는 $10V$, 병렬 연결 후 전위차는 $5V$이다.
구해야 할 값: 충전되어 있지 않은 커패시터 A의 정전용량 C_A이다.
주의할 조건: A는 처음에 충전되어 있지 않으므로 처음 전체 전하량은 $4\mu F$ 커패시터에 있던 전하량뿐이다. 병렬 연결 후에는 두 커패시터의 전위차가 모두 $5V$가 된다.

사용할 공식

커패시터 전하량 공식은 $Q = CV$이다.
전하량 보존식은 $C_0V_0 = (C_0 + C_A)V_f$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 외부에서 전하를 더 넣거나 빼는 조건이 없으므로 전체 전하량은 보존되고, 병렬 연결된 커패시터들은 최종적으로 같은 전위차를 갖기 때문이다.

계산 과정

처음 저장된 전하량은 $Q_i = (4\mu F)(10V) = 40\mu C$ 이다.
병렬 연결 후 전체 전하량은 $Q_f = (4\mu F + C_A)(5V)$ 이다.
전하량 보존에 의해 $40 = (4 + C_A)5$ 이므로 $4 + C_A = 8$ 이고, 따라서 $C_A = 4\mu F$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $1\mu F$이면 최종 전체 전하량은 $(4+1)\times 5 = 25\mu C$가 되어 처음 전하량 $40\mu C$와 맞지 않는다. 틀린 표현 $1\mu F$ → 올바르게는 $4\mu F$이다.

② X
- $2\mu F$이면 최종 전체 전하량은 $(4+2)\times 5 = 30\mu C$가 되어 처음 전하량 $40\mu C$와 맞지 않는다. 틀린 표현 $2\mu F$ → 올바르게는 $4\mu F$이다.

③ O
- $4\mu F$이면 최종 전체 전하량은 $(4+4)\times 5 = 40\mu C$가 되어 처음 전하량과 일치한다. 따라서 커패시터 A의 정전용량은 $4\mu F$이다.

④ X
- $6\mu F$이면 최종 전체 전하량은 $(4+6)\times 5 = 50\mu C$가 되어 처음 전하량보다 커진다. 틀린 표현 $6\mu F$ → 올바르게는 $4\mu F$이다.

⑤ X
- $8\mu F$이면 최종 전체 전하량은 $(4+8)\times 5 = 60\mu C$가 되어 처음 전하량보다 커진다. 틀린 표현 $8\mu F$ → 올바르게는 $4\mu F$이다.

계산 결과 $C_A = 4\mu F$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 최종 전압 $5V$가 처음 전압 $10V$의 절반이라는 점만 보고 정전용량도 단순히 절반이나 두 배로 고르는 것이다. 이 상황에서는 에너지가 아니라 전하량 $Q = CV$가 보존되므로 $(4 + C_A)\times 5 = 4\times 10$으로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

충전된 커패시터와 미충전 커패시터를 병렬로 연결하는 문제는 처음 전하량을 C_0V_0로 구하고, 나중 전하량을 $(C_0 + C_A)V_f$로 둔 뒤 두 값을 같게 놓아 판단한다.

암기 포인트

커패시터 병렬 연결 후에는 전압이 같아지고, 외부 전하 출입이 없으면 전체 전하량이 보존된다. 이 문제의 핵심식은 $C_0V_0 = (C_0 + C_A)V_f$이다.

NoteBase

문 15. 변위가 $y(x, t) = 5\cos 2\pi(2x - 5t)$ 로 표현되는 파동의 파장과 속력은? (단, MKS 단위계를 사용한다.)

① 파장(m): 0.5, 속력(m/s): 2.5

② 파장(m): 1.0, 속력(m/s): 2.5

③ 파장(m): 0.5, 속력(m/s): 10.0

④ 파장(m): 0.5, 속력(m/s): 10π

⑤ 파장(m): 4π, 속력(m/s): 10π

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 파동식 $y(x, t) = A\cos 2\pi(\frac{x}{\lambda} - ft)$와 주어진 식 $y(x, t) = 5\cos 2\pi(2x - 5t)$를 비교하여 파장과 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식: $y(x, t) = 5\cos 2\pi(2x - 5t)$
구해야 할 값: 파장 λ와 속력 v
주의할 조건: MKS 단위계를 사용하므로 x는 m, t는 s로 해석한다. 진폭 5는 파장과 속력 계산에 직접 쓰이지 않는다.

사용할 공식

진행파의 표준형은 $y = A\cos 2\pi(\frac{x}{\lambda} - ft)$이다.
따라서 $\frac{x}{\lambda}$의 계수는 $\frac{1}{\lambda}$, t의 계수는 진동수 f에 해당한다.
파동의 속력은 $v = f\lambda$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제의 식이 이미 2π를 밖에 둔 형태이므로 괄호 안의 x 계수와 t 계수를 각각 $\frac{1}{\lambda}$, f로 바로 비교할 수 있기 때문이다.

계산 과정

표준형 $\frac{x}{\lambda} - ft$와 문제의 $2x - 5t$를 비교한다.
$\frac{1}{\lambda} = 2$
따라서 $\lambda = \frac{1}{2} = 0.5m$이다.
또한 $f = 5Hz$이다.
속력은
$v = f\lambda = 5 \times 0.5 = 2.5m/s$
이다.

NoteBase

선지 판단

① O

- 파장 $0.5m$, 속력 $2.5m/s$로 계산 결과와 일치한다.

② X

- 파장 $1.0m$가 틀렸다. $2x$에서 $\frac{1}{\lambda}=2$이므로 올바른 파장은 $0.5m$이다.

③ X

- 속력 $10.0m/s$가 틀렸다. x 계수 2와 t 계수 5를 곱하는 것이 아니라 $v=f\lambda=5\times0.5=2.5m/s$로 계산한다.

④ X

- 속력 $10\pi m/s$가 틀렸다. 10π는 $2\pi\times5$에서 나오는 각진동수 ω의 값 $10\pi rad/s$이고, 파동의 속력은 $2.5m/s$이다.

⑤ X

- 파장 $4\pi m$와 속력 $10\pi m/s$가 모두 틀렸다. 파수는 $k=2\pi\times2=4\pi rad/m$이지만 파장은 $\lambda=\frac{2\pi}{k}=0.5m$이고, 속력은 $2.5m/s$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 2π가 식 밖에 있다는 점을 놓치고 $2x$의 계수를 파장 자체로 보거나, $2\pi\times5=10\pi$를 속력으로 착각하는 것이다. 10π는 속력이 아니라 각진동수이고, 속력은 $v=f\lambda$로 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

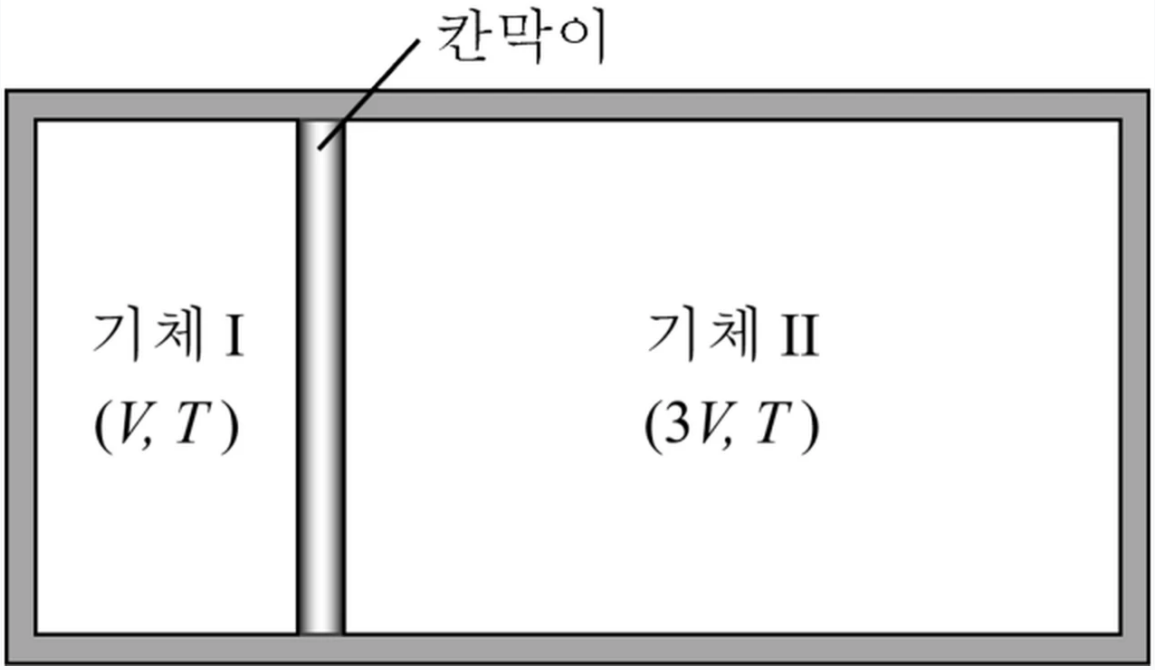
파동식이 $A\cos2\pi(ax-bt)$ 꼴이면 $a=\frac{1}{\lambda}$, $b=f$로 판단한다. 그다음 $\lambda=\frac{1}{a}$, $v=f\lambda=\frac{b}{a}$ 순서로 계산한다.

암기 포인트

$2\pi(\frac{x}{\lambda}-ft)$에서 x 계수는 파장의 역수, t 계수는 진동수이다. 따라서 $A\cos2\pi(ax-bt)$의 속력은 $\frac{b}{a}$이다.

NoteBase

문 16. 다음은 단열되어 있는 밀폐 용기에 자유롭게 움직일 수 있는 칸막이로 단원자 분자 이상 기체 I, II를 나눈 것을 나타낸 것이다. 기체 I, II의 기체 분자 1개의 질량은 각각 m, $2m$이고, 부피는 각각 V, $3V$이며, 온도는 T로 동일하고, 칸막이는 정지해 있다. 기체 I, II의 분자의 수를 각각 N_{I}, N_{II}라 할 때, $N_{\mathrm{I}} : N_{\mathrm{II}}$는? (단, 칸막이의 질량과 마찰은 무시한다.)



① 1 : 3

② 1 : 6

③ 2 : 3

④ 3 : 1

⑤ 3 : 2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 움직일 수 있는 정지한 칸막이 양쪽의 압력이 같다는 조건과 이상기체 상태방정식 $PV = NkT$를 이용해 분자 수의 비를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

기체 I: 분자 1개의 질량 m, 부피 V, 온도 T이다.
기체 II: 분자 1개의 질량 $2m$, 부피 $3V$, 온도 T이다.
칸막이는 자유롭게 움직일 수 있고 정지해 있으므로 양쪽 압력은 같다.
구해야 할 값은 $N_I : N_{II}$이다.
주의할 조건은 이상기체의 압력이 같은 온도에서 분자 1개의 질량이 아니라 분자 수 밀도에 의해 결정된다는 점이다.

사용할 공식

이상기체 상태방정식은 $PV = NkT$이다.
따라서 같은 압력 P, 같은 온도 T에서는 N이 V에 비례한다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 단원자 분자 이상 기체의 부피와 온도가 주어졌고, 정지한 칸막이 조건으로 양쪽 압력을 같게 둘 수 있기 때문이다.

계산 과정

칸막이가 정지해 있으므로 $P_I = P_{II}$이다.
기체 I에 대해 $P_I V = N_I kT$이다.
기체 II에 대해 $P_{II}(3V) = N_{II} kT$이다.
$P_I = P_{II}$, 온도도 같으므로
$N_I : N_{II} = V : 3V = 1 : 3$
이다.

선지 판단

① O - 계산 결과 $N_I : N_{II} = 1 : 3$이므로 맞는 선지이다.
② X - 1 : 6은 부피비 1 : 3에 분자 1개의 질량비 1 : 2를 다시 곱한 값처럼 나온다. 구하는 것은 총질량의 비가 아니라 분자 수의 비이므로 올바르게는 1 : 3이다.
③ X - 2 : 3은 기체 I과 II의 분자 1개 질량 차이를 분자 수비에 반영한 형태이다. 같은 압력과 같은 온도에서는 N/V가 같으므로 올바르게는 1 : 3이다.
④ X - 3 : 1은 부피비 $V : 3V$를 거꾸로 판단한 값이다. 분자 수는 같은 압력과 같은 온도에서 부피에 비례하므로 올바르게는 1 : 3이다.
⑤ X - 3 : 2는 부피비와 분자 질량비를 함께 잘못 섞은 값이다. 분자 1개의 질량 m, $2m$은 이 조건에서 분자 수비를 정하는 값이 아니므로 올바르게는 1 : 3이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 분자 1개의 질량 m, $2m$이다. 이상기체 상태방정식 $PV = NkT$에서 분자 수 N을 구할 때는 압력, 부피, 온도를 사용하며, 이 문제처럼 압력과 온도가 같으면 분자 수비는 곧 부피비가 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

자유롭게 움직이는 칸막이가 정지해 있으면 먼저 양쪽 압력이 같다고 둔다. 그다음 $PV = NkT$에서 온도가 같은지 확인하고, 압력과 온도가 모두 같으면 N은 V에 비례한다고 판단한다.

암기 포인트

같은 P, 같은 T의 이상기체에서는 분자 수비가 부피비이다. 분자 1개의 질량은 분자 수비가 아니라 질량비를 물을 때 반영된다.

NoteBase

문 17. 질량이 1.0kg, 2.0kg인 두 공을 지면에 수직인 방향으로 각각 15.0m/s, 10.0m/s로 동시에 쏘아 올렸다. 1.5초 후 두 공의 높이 차이는? (단, 중력가속도의 크기는 10m/s^2이며, 물체의 크기와 공기의 저항은 무시한다.)

① 5.0m

② 7.5m

③ 10.0m

④ 12.5m

⑤ 15.0m

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 공기 저항이 없는 수직 위쪽 등가속도 운동에서 같은 시간 뒤 두 물체의 높이 차를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 첫째 공의 질량은 $1.0kg$, 초기 속도는 $15.0m/s$이고, 둘째 공의 질량은 $2.0kg$, 초기 속도는 $10.0m/s$이다.
구해야 할 값: $1.5s$ 후 두 공의 높이 차이다.
주의할 조건: 공기 저항을 무시하므로 두 공의 가속도는 모두 아래쪽 $10m/s^2$이고, 질량은 운동 결과에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

수직 위쪽을 양의 방향으로 잡으면 위치 변화는
$h = vt - \frac{1}{2}gt^2$
이다.
두 공은 동시에 쏘아 올려지고 중력가속도 g가 같으므로 높이 차를 바로 구하면 중력항이 서로 상쇄되어
$\Delta h = (v_1 - v_2)t$
를 사용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

첫째 공의 높이는
$h_1 = 15.0 \times 1.5 - \frac{1}{2} \times 10 \times (1.5)^2 = 22.5 - 11.25 = 11.25m$
이다.
둘째 공의 높이는
$h_2 = 10.0 \times 1.5 - \frac{1}{2} \times 10 \times (1.5)^2 = 15.0 - 11.25 = 3.75m$
이다.
따라서 높이 차는
$h_1 - h_2 = 11.25 - 3.75 = 7.5m$
이다.

선지 판단

① X
- 계산 결과 높이 차는 $7.5m$이므로 ①의 $5.0m$는 틀리다. 틀린 표현 $5.0m$ → 올바르게는 $7.5m$이다.

② O
- 두 공의 중력항은 같아서 상쇄되고, 초기 속도 차 $5.0m/s$에 시간 $1.5s$를 곱하면 $7.5m$가 된다.

③ X
- 계산 결과 높이 차는 $7.5m$이므로 ③의 $10.0m$는 틀리다. 틀린 표현 $10.0m$ → 올바르게는 $7.5m$이다.

④ X
- $12.5m$는 두 공이 같은 중력가속도를 받는다는 점을 반영한 높이 차가 아니다. 틀린 표현 $12.5m$ → 올바르게는 $7.5m$이다.

⑤ X
- $15.0m$는 둘째 공의 $1.5s$ 동안 초기속도에 의한 이동거리 10.0×1.5와 같을 뿐, 두 공의 높이 차가 아니다. 틀린 표현 $15.0m$ → 올바르게는 $7.5m$이다.

계산 결과 높이 차는 $7.5m$이므로 정답은 ②이다.

오답 포인트

질량 $1.0kg$, $2.0kg$에 주목하면 틀리기 쉽다. 공기 저항을 무시하면 두 물체의 중력가속도는 질량과 무관하게 같으므로, 높이 차에서는 $-\frac{1}{2}gt^2$ 항이 사라지고 초기 속도 차만 남는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

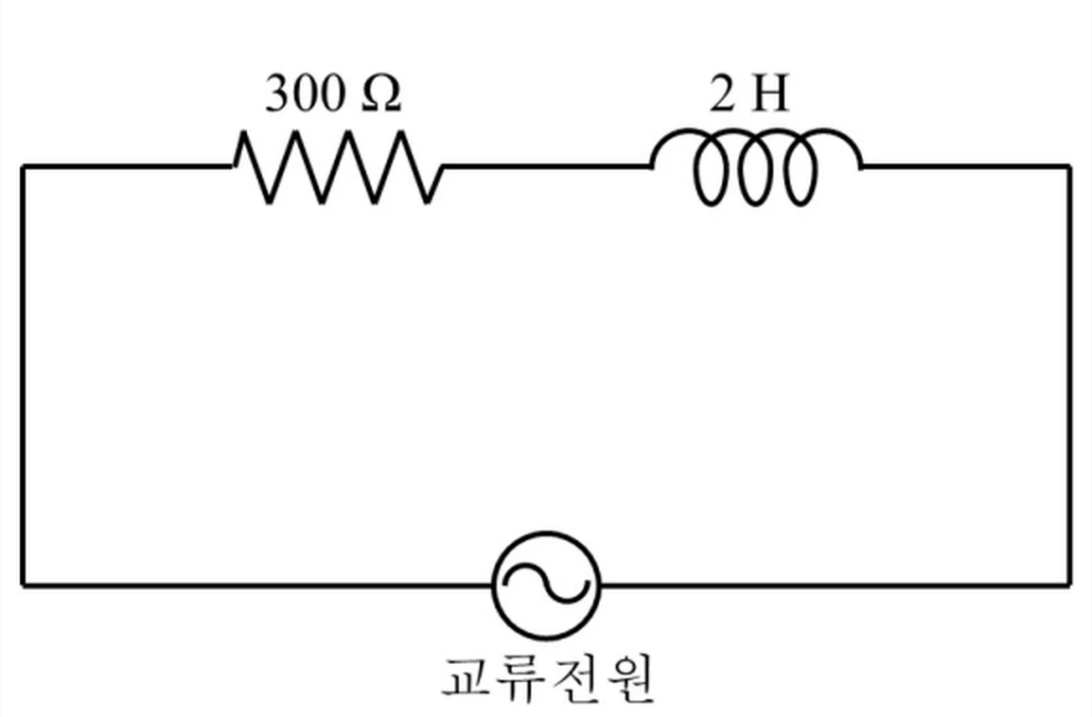
동시에 던진 두 물체가 같은 중력가속도를 받을 때는 각 높이를 따로 구해도 되고, 바로 $\Delta h = (v_1 - v_2)t$로 판단해도 된다. 같은 시간, 같은 가속도이면 높이 차는 초기 속도 차와 시간의 곱으로 정해진다.

암기 포인트

공기 저항 없는 동시 투척에서는 질량은 무관하고, 같은 g는 높이 차에서 상쇄된다.

NoteBase

문 18. 다음은 300Ω인 저항과 2H인 인덕터가 교류전원에 연결된 것을 나타낸 것이다. 교류전원의 각진동수가 200rad/s이고 전압의 최댓값이 100V일 때 저항에서 소비되는 전력의 최댓값은?



① 12W

② 16W

③ 24W

④ 36W

⑤ 48W

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RL 회로에서 임피던스로 전류의 최댓값을 구한 뒤, 저항에서의 순간 전력 최댓값 $P_{R,\max} = I_{\max}^2 R$을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저항 $R = 300\Omega$, 인덕턴스 $L = 2H$, 각진동수 $\omega = 200rad/s$, 전압의 최댓값 $V_{\max} = 100V$이다.
구해야 할 값: 저항에서 소비되는 전력의 최댓값이다.
주의할 조건: 전압의 최댓값이 주어졌고, 묻는 것도 전력의 최댓값이므로 실효값 전력이나 평균 전력이 아니라 순간 전력의 최댓값을 계산한다.

NoteBase

사용할 공식

인덕터의 리액턴스는 $X_L = \omega L$이고, 직렬 RL 회로의 임피던스 크기는 $|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$이다.
전류의 최댓값은 $I_{\max} = \frac{V_{\max}}{|Z|}$이고, 저항에서 소비되는 순간 전력의 최댓값은 $P_{R,\max} = I_{\max}^2 R$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 저항과 인덕터가 직렬이므로 전류는 회로 전체에서 같고, 저항에서 실제로 소비되는 전력은 저항 성분 R에서만 i^2R로 나타난다.

계산 과정

1. 인덕터의 리액턴스를 구하면 $X_L = \omega L = 200 \times 2 = 400\Omega$이다.
2. 회로 전체 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{300^2 + 400^2} = 500\Omega$이다.
3. 전류의 최댓값은 $I_{\max} = \frac{100}{500} = 0.2A$이다.
4. 저항에서 소비되는 전력의 최댓값은 $P_{R,\max} = I_{\max}^2 R = (0.2)^2 \times 300 = 12W$이다.

선지 판단

① O - 계산 결과가 $12W$이므로 옳다.
② X - $16W$가 아니라 $12W$이다. 틀린 표현: $16W \rightarrow$ 올바르게는 $12W$이다.
③ X - $24W$는 계산값의 두 배로, 저항 전력 최댓값 $I_{\max}^2 R$을 적용한 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현: $24W \rightarrow$ 올바르게는 $12W$이다.
④ X - $36W$는 저항에 걸리는 전압과 회로 전체 전압을 구분하지 못한 경우에 가까운 과대값이고, 실제 전류 최댓값은 $0.2A$이다. 틀린 표현: $36W \rightarrow$ 올바르게는 $12W$이다.
⑤ X - $48W$는 임피던스에 의한 전류 감소를 반영한 값이 아니며, $|Z| = 500\Omega$를 쓰면 $12W$가 나온다. 틀린 표현: $48W \rightarrow$ 올바르게는 $12W$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '전압의 최댓값'과 '전력의 최댓값'을 평균 전력 또는 실효값 전력과 혼동하게 만드는 데 있다. 이 문항에서 평균 전력을 구하면 $I_{rms}^2 R = 6W$가 되지만, 문제는 저항에서 소비되는 전력의 최댓값을 물었으므로 $I_{\max}^2 R = 12W$를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 RL 회로 계산형 문제는 $X_L = \omega L$ 계산, $|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ 계산, 전류 최댓값 또는 실효값 선택, 저항 전력 공식 적용의 순서로 판단한다. '최댓값'이 주어지면 먼저 피크값 기준인지 실효값 기준인지 구분한다.

암기 포인트

직렬 RL 회로에서 소비 전력은 저항에서만 생기며, 순간 전력 최댓값은 $I_{\max}^2 R$, 평균 전력은 $I_{rms}^2 R$이다.

NoteBase

문 19. 공기 중에 있는 초점거리 5cm인 얇은 볼록렌즈의 앞쪽 10cm인 곳에 크기 3cm인 물체를 두었을 때, 상의 크기는?

① 1.5cm
② 2.0cm
③ 3.0cm
④ 4.5cm
⑤ 6.0cm

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 얇은 볼록렌즈의 렌즈 방정식과 배율 공식을 이용해 상의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초점거리 $f = 5cm$, 물체거리 $d_o = 10cm$, 물체의 크기 $h_o = 3cm$이다.
구해야 할 값: 상의 크기 $|h_i|$이다.
주의할 조건: 물체가 볼록렌즈의 앞쪽 $10cm$에 있으므로 물체거리는 양의 값으로 $d_o = 10cm$를 사용한다.
크기를 묻는 문제이므로 배율의 부호보다 절댓값을 비교한다.

사용할 공식

얇은 렌즈 방정식은 $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$이다.
배율의 크기는 $|m| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right| = \left|\frac{d_i}{d_o}\right|$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 초점거리와 물체거리가 주어졌으므로 먼저 상거리 d_i를 구하고, 상거리와 물체거리의 비로 상의 크기를 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 렌즈 방정식에 $f = 5cm$, $d_o = 10cm$를 대입한다.
$\frac{1}{5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{d_i}$
2. 상거리 항을 정리한다.
$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{5} - \frac{1}{10} = \frac{1}{10}$
따라서 $d_i = 10cm$이다.
3. 배율의 크기를 구한다.
$|m| = \left|\frac{d_i}{d_o}\right| = \frac{10}{10} = 1$
4. 상의 크기를 구한다.
$|h_i| = |m|h_o = 1 \times 3cm = 3cm$
계산 결과 상의 크기는 $3cm$이다.

선지 판단

① X
- $1.5cm$는 계산 결과 $3cm$와 다르다. 틀린 표현은 "$1.5cm$"이고, 올바르게는 "$3.0cm$"이다. 초점거리 $5cm$와 물체거리 $10cm$를 단순히 절반 관계로만 보고 물체 크기를 절반으로 줄이면 안 된다.

② X
- $2.0cm$는 계산 결과 $3cm$와 다르다. 틀린 표현은 "$2.0cm$"이고, 올바르게는 "$3.0cm$"이다. 상의 크기는 초점거리와 물체거리의 단순 비 5 : 10으로 정하는 것이 아니라 렌즈 방정식으로 상거리를 먼저 구한 뒤 배율로 정한다.

③ O
- 렌즈 방정식에서 $d_i = 10cm$이고, 배율의 크기 $|m| = d_i/d_o = 10/10 = 1$이다. 물체의 크기 $3cm$에 배율 1을 곱하면 상의 크기는 $3.0cm$가 된다.

④ X
- $4.5cm$는 계산 결과 $3cm$와 다르다. 틀린 표현은 "$4.5cm$"이고, 올바르게는 "$3.0cm$"이다. 이 조건에서는 물체가 초점거리의 두 배 위치에 있으므로 배율의 크기가 1이지 1.5가 아니다.

⑤ X
- $6.0cm$는 계산 결과 $3cm$와 다르다. 틀린 표현은 "$6.0cm$"이고, 올바르게는 "$3.0cm$"이다. 물체가 초점거리의 두 배 위치에 있을 때 상도 렌즈 반대쪽 두 배 초점거리 위치에 생기며 크기는 물체와 같다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 "물체가 초점거리의 두 배 위치에 있다"는 조건을 배율 계산과 연결하지 못하게 하는 것이다. 볼록렌즈에서 $d_o = 2f$이면 $d_i = 2f$, $|m| = 1$이므로 상의 크기는 물체의 크기와 같다.

다시 나오면 이렇게 판단

렌즈 계산형 문제는 물체거리와 초점거리를 먼저 렌즈 방정식에 대입해 상거리를 구하고, 그다음 $|m| = |d_i/d_o|$로 상의 크기를 판단한다. 물체가 $2f$ 위치에 있으면 상도 $2f$ 위치에 생기고 크기는 같다고 판단한다.

암기 포인트

볼록렌즈에서 물체가 $2f$에 있으면 상도 $2f$에 생기며, 배율의 크기는 1, 상의 크기는 물체와 같다.

NoteBase

문 20. 10m/s**의 속력으로 하강하던 승강기가 일정한 비율로 감속을 시작하여** 25m **아래로 더 움직인 후 정지하였다. 승강기의 전체 질량이** 1,000kg**이라면, 감속할 때 줄에 걸리는 장력은? (단, 중력가속도의 크기는** 10m/s^2**이며, 물체의 크기, 줄의 질량, 공기의 저항은 무시한다.)**

① 6,000N

② 8,000N

③ 10,000N

④ 12,000N

⑤ 14,000N

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 등가속도 운동식으로 감속 가속도를 구한 뒤, 뉴턴의 운동 법칙으로 줄의 장력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 속력 $v_0 = 10m/s$, 정지 후 속력 $v = 0$, 추가 하강 거리 $s = 25m$, 질량 $m = 1{,}000kg$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 감속할 때 줄에 걸리는 장력 T이다.
주의할 조건: 승강기는 아래로 움직이지만 속력이 줄어들어 정지하므로 가속도 방향은 위쪽이다.

사용할 공식

등가속도 운동식은 $v^2 = v_0^2 + 2as$이다.
뉴턴의 운동 법칙은 위쪽을 양의 방향으로 잡으면 $T - mg = ma$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 감속 거리가 주어져 시간 없이 가속도를 구할 수 있고, 줄의 장력은 중력과 함께 승강기에 작용하는 힘이므로 합력식으로 계산한다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽을 변위의 양의 방향으로 두면 $s = 25m$, $v_0 = 10m/s$, $v = 0$이다.
$0^2 = 10^2 + 2a(25)$
$0 = 100 + 50a$
$a = -2m/s^2$
따라서 가속도의 크기는 $2m/s^2$이고 방향은 위쪽이다.
위쪽을 양의 방향으로 힘을 쓰면
$T - mg = ma$
$T - 1{,}000 \times 10 = 1{,}000 \times 2$
$T = 12{,}000N$
감속 중 줄에 걸리는 장력은 $12{,}000N$이다.

선지 판단

① X
- $6{,}000N$은 계산 결과 $12{,}000N$과 다르다. 틀린 표현 $6{,}000N$ → 올바르게는 $12{,}000N$이다.

② X
- $8{,}000N$은 장력을 $mg - ma$처럼 빼서 구할 때 나오는 값이다. 감속하며 내려갈 때 가속도는 위쪽이므로 장력은 무게보다 커진다. 틀린 표현 $8{,}000N$ → 올바르게는 $12{,}000N$이다.

③ X
- $10{,}000N$은 mg만 계산한 값으로, 감속에 필요한 위쪽 합력 $ma = 2{,}000N$을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현 $10{,}000N$ → 올바르게는 $12{,}000N$이다.

④ O
- 등가속도 운동식에서 가속도 크기가 $2m/s^2$이고, $T = mg + ma = 10{,}000 + 2{,}000 = 12{,}000N$이므로 맞다.

⑤ X
- $14{,}000N$은 필요한 위쪽 가속도를 $4m/s^2$처럼 크게 잡았을 때의 값이다. 실제 가속도 크기는 $2m/s^2$이다. 틀린 표현 $14{,}000N$ → 올바르게는 $12{,}000N$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 승강기가 아래로 움직인다는 사실만 보고 장력을 무게보다 작게 보는 것이다. 이 문항에서는 아래로 운동하지만 속력이 줄어드는 감속 상태이므로 가속도와 합력은 위쪽이고, 장력은 mg보다 커진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

승강기 장력 문제는 먼저 운동 방향이 아니라 가속도 방향을 판단한다. 내려가며 감속하면 가속도는 위쪽이고 $T = mg + ma$, 내려가며 가속하면 가속도는 아래쪽이고 $T = mg - ma$로 판단한다.

암기 포인트

감속은 운동 방향의 반대 방향 가속도이다. 아래로 내려가며 감속하는 승강기는 위쪽 가속도이므로 장력은 무게보다 크다.

문 21. 마찰이 없는 평면 위의 용수철에 매달려 진동하는 물체의 위치가 $x(t) = 2\cos(10t)$로 표현된다. 물체의 질량이 0.1kg일 때 용수철 상수는? (단, MKS 단위계를 사용한다.)

① 0.2N/m

② 2N/m

③ 8N/m

④ 10N/m

⑤ 20N/m

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단순 조화진동의 위치식 $x(t) = A\cos(\omega t)$에서 각진동수 ω를 읽고, $\omega = \sqrt{k/m}$를 이용해 용수철 상수 k를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 위치식: $x(t) = 2\cos(10t)$

질량: $m = 0.1kg$

구해야 할 값: 용수철 상수 k

주의할 조건: MKS 단위계를 사용하므로 위치식의 진폭 2는 m 단위이지만, 용수철 상수 계산에는 진폭이 아니라 각진동수 ω가 필요하다.

사용할 공식

마찰이 없는 수평면 위 용수철-질량계의 단순 조화진동에서는

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

이다. 위치식 $x(t) = A\cos(\omega t)$와 비교하면 $\omega = 10rad/s$이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

양변을 제곱하면

$\omega^2 = \frac{k}{m}$

따라서

$k = m\omega^2$

값을 대입하면

$k = 0.1 \times 10^2 = 0.1 \times 100 = 10N/m$

이므로 용수철 상수는 $10N/m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: $0.2N/m$은 계산 결과 $10N/m$와 다르다. 틀린 표현은 $0.2N/m$이고, 올바르게는 $10N/m$이다.
② X: $2N/m$은 위치식의 진폭 2를 답처럼 본 값에 가깝지만, 용수철 상수는 진폭이 아니라 $m\omega^2$로 구한다. 틀린 표현은 $2N/m$이고, 올바르게는 $10N/m$이다.
③ X: $8N/m$은 0.1×10^2의 계산 결과가 아니다. 틀린 표현은 $8N/m$이고, 올바르게는 $10N/m$이다.
④ O: $k = m\omega^2 = 0.1 \times 10^2 = 10N/m$이므로 맞다.
⑤ X: $20N/m$은 계산 결과의 두 배이다. 틀린 표현은 $20N/m$이고, 올바르게는 $10N/m$이다.
계산 결과 $10N/m$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 위치식 $x(t) = 2\cos(10t)$에서 진폭 2와 각진동수 10을 구분하는 것이다. 용수철 상수는 $A = 2$가 아니라 $\omega = 10rad/s$와 질량 $m = 0.1kg$로 결정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

용수철 단순 조화진동 문제가 나오면 먼저 표준형 $x(t) = A\cos(\omega t)$와 비교해 ω를 읽고, 그다음 $k = m\omega^2$로 단위까지 확인한다.

암기 포인트

수평 용수철 진동에서는 $\omega = \sqrt{k/m}$, 따라서 $k = m\omega^2$이다. 진폭은 용수철 상수 계산에 직접 들어가지 않는다.

NoteBase

문 22. 다음은 우라늄 ^{235}U의 핵분열 반응을 나타낸 것이다. a에 해당하는 숫자는?

$$^{235}U + n \rightarrow {}^{141}Cs + {}^{a}Rb + 2n$$

① 90
② 92
③ 93
④ 94
⑤ 95

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 핵분열 반응식에서 질량수 보존을 이용해 ^{a}Rb의 질량수 a를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반응식은 $^{235}U + n \rightarrow {}^{141}Cs + {}^{a}Rb + 2n$이다.
구해야 할 값: Rb의 질량수 a이다.
주의할 조건: 중성자 n의 질량수는 1이고, $2n$은 중성자 2개이므로 질량수 합이 2이다.

사용할 공식

핵반응에서는 질량수의 합이 반응 전후에 보존된다.

$$235 + 1 = 141 + a + 2$$

이 공식을 쓰는 이유: 핵분열 반응식에서 미지수 a는 원소의 질량수 위치에 있으므로, 반응 전후 질량수 총합을 같게 두어야 한다.

계산 과정

1. 반응 전 질량수 합은 ^{235}U의 235와 중성자 1을 더해 $235 + 1 = 236$이다.
2. 반응 후 질량수 합은 ^{141}Cs, ^{a}Rb, 중성자 2개를 더해 $141 + a + 2 = 143 + a$이다.
3. 보존식 $236 = 143 + a$에서 $a = 93$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 90을 넣으면 반응 후 질량수 합이 $141 + 90 + 2 = 233$이 되어 반응 전 236과 맞지 않는다. 틀린 표현 90 → 올바르게는 93이다.

② X
- 92를 넣으면 반응 후 질량수 합이 $141 + 92 + 2 = 235$이 되어 중성자 1개가 부족한 값이 된다. 틀린 표현 92 → 올바르게는 93이다.

③ O
- 93을 넣으면 반응 후 질량수 합이 $141 + 93 + 2 = 236$으로 반응 전 질량수 합 $235 + 1 = 236$과 일치한다.

④ X
- 94를 넣으면 반응 후 질량수 합이 $141 + 94 + 2 = 237$이 되어 반응 전보다 1 크다. 틀린 표현 94 → 올바르게는 93이다.

⑤ X
- 95를 넣으면 반응 후 질량수 합이 $141 + 95 + 2 = 238$이 되어 반응 전보다 2 크다. 틀린 표현 95 → 올바르게는 93이다.

계산 결과 $a = 93$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 반응식 양쪽에 있는 중성자 개수를 빠뜨리는 것이다. 왼쪽의 $+n$은 질량수 1을 더하고, 오른쪽의 $+2n$은 질량수 2를 더한다. 특히 ②의 92는 $2n$ 또는 왼쪽 중성자 처리를 혼동하면 고르기 쉬운 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

핵반응식에서 위첨자에 미지수가 있으면 질량수 보존부터 세운다. 왼쪽 질량수 총합과 오른쪽 질량수 총합을 같게 두고, 중성자도 질량수 1짜리 입자로 반드시 포함한다.

암기 포인트

핵반응식은 위첨자 질량수 합 보존, 아래첨자 원자번호 합 보존이다. 이 문항의 a는 위첨자이므로 질량수 보존으로 구한다.

NoteBase

문 23. 질량과 반지름이 다음과 같은 행성 중 탈출 속력이 가장 큰 행성은? (단, M_E는 지구의 질량이고, R_E는 지구의 반지름이다.)

① 행성 1, 질량: $0.25M_E$, 반지름: $0.25R_E$

② 행성 2, 질량: $0.50M_E$, 반지름: $0.50R_E$

③ 행성 3, 질량: $0.50M_E$, 반지름: $2.00R_E$

④ 행성 4, 질량: $2.00M_E$, 반지름: $0.50R_E$

⑤ 행성 5, 질량: $2.00M_E$, 반지름: $2.00R_E$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 행성의 탈출 속력 공식 $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$을 이용해 질량 M과 반지름 R의 비 M/R가 가장 큰 행성을 고르는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 각 행성의 질량은 M_E, 반지름은 R_E의 배수로 주어져 있다.
구해야 할 값: 탈출 속력이 가장 큰 행성이다.
주의할 조건: G, M_E, R_E는 모든 선택지에서 공통이므로 탈출 속력의 크기는 M/R의 크기만 비교하면 된다.

사용할 공식

$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$
이 공식을 쓰는 이유: 탈출 속력은 행성 표면에서 중력을 벗어나는 데 필요한 속력이므로 행성의 질량 M이 클수록 커지고, 반지름 R이 클수록 작아진다. 따라서 v_e는 M/R의 제곱근에 비례한다.

계산 과정

지구의 탈출 속력을 $v_E = \sqrt{\frac{2GM_E}{R_E}}$라 하면, 각 행성의 상대 탈출 속력은 $\sqrt{\frac{M/M_E}{R/R_E}}\,v_E$이다.
행성 1: $\frac{0.25}{0.25} = 1$이므로 v_E이다.
행성 2: $\frac{0.50}{0.50} = 1$이므로 v_E이다.
행성 3: $\frac{0.50}{2.00} = 0.25$이므로 $0.5v_E$이다.
행성 4: $\frac{2.00}{0.50} = 4$이므로 $2v_E$이다.
행성 5: $\frac{2.00}{2.00} = 1$이므로 v_E이다.
가장 큰 값은 행성 4의 $2v_E$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- ①의 '행성 1'은 질량과 반지름이 모두 지구의 0.25배라서 M/R가 지구와 같다. 탈출 속력은 v_E이므로 가장 크지 않다. 올바르게는 행성 4가 가장 크다.

② X
- ②의 '행성 2'는 질량과 반지름이 모두 지구의 0.50배라서 $M/R = 1$이다. 탈출 속력은 v_E이므로 가장 크지 않다. 올바르게는 행성 4가 가장 크다.

③ X
- ③의 '행성 3'은 질량이 $0.50M_E$, 반지름이 $2.00R_E$라서 M/R의 상대값이 0.25이다. 탈출 속력은 $0.5v_E$로 오히려 작다. 올바르게는 행성 4가 가장 크다.

④ O
- ④의 '행성 4'는 질량이 $2.00M_E$, 반지름이 $0.50R_E$라서 M/R의 상대값이 4이다. 탈출 속력은 $2v_E$로 다섯 행성 중 가장 크다.

⑤ X
- ⑤의 '행성 5'는 질량과 반지름이 모두 지구의 2.00배라서 $M/R = 1$이다. 탈출 속력은 v_E이므로 가장 크지 않다. 올바르게는 행성 4가 가장 크다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 질량만 보고 ⑤처럼 질량이 큰 행성을 고르거나, 반지름의 효과를 반대로 생각하는 것이다. 탈출 속력은 M에만 비례하지 않고 $\sqrt{M/R}$에 비례하므로 질량이 크면서 반지름이 작은 ④가 가장 유리하다.

다시 나오면 이렇게 판단

탈출 속력 비교 문제는 $v_e = \sqrt{2GM/R}$를 세운 뒤, 공통 상수를 지우고 M/R만 비교한다. 제곱근은 크기 순서를 바꾸지 않으므로 M/R가 가장 큰 선택지가 탈출 속력도 가장 크다.

암기 포인트

탈출 속력은 $\sqrt{M/R}$에 비례한다. 질량은 크게, 반지름은 작게 만들수록 탈출 속력이 커진다.

NoteBase

문 24. 수평의 직선도로를 속력 v로 달리는 자동차의 브레이크를 밟은 후 거리 d만큼 미끄러지다가 정지하였다. 동일한 도로에서 이 자동차의 속력이 $2v$일 때 브레이크를 밟은 후 정지할 때까지 미끄러지는 거리는? (단, 브레이크를 밟는 순간 바퀴의 회전은 즉시 정지하며, 자동차의 크기와 공기의 저항은 무시한다.)

① $\sqrt{2}d$

② $2d$

③ $2\sqrt{2}d$

④ $4d$

⑤ $8d$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 운동에너지와 마찰력이 한 일을 이용해 브레이크를 밟은 뒤 미끄러지는 거리의 속력 의존성을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 속력 v일 때 미끄러진 거리 d이다.
구해야 할 값: 같은 도로에서 속력 $2v$일 때 미끄러지는 거리이다.
주의할 조건: 브레이크를 밟는 순간 바퀴의 회전은 즉시 정지하므로 자동차는 운동마찰력에 의해 미끄러지며, 같은 도로이므로 운동마찰계수는 같다. 자동차의 크기와 공기저항은 무시한다.

사용할 공식

마찰력이 자동차의 운동에너지를 모두 없앨 때 정지한다.
$\mu mgs = \frac{1}{2}mv^2$
따라서
$s = \frac{v^2}{2\mu g}$
이 공식을 쓰는 이유: 수평 도로에서 미끄러지는 동안 정지 방향의 일정한 운동마찰력이 작용하므로, 마찰력이 한 일과 처음 운동에너지를 같게 둘 수 있다.

계산 과정

속력 v일 때의 미끄러진 거리를 d라고 하면
$d = \frac{v^2}{2\mu g}$
속력이 $2v$가 되면 미끄러진 거리 s'는
$s' = \frac{(2v)^2}{2\mu g} = \frac{4v^2}{2\mu g} = 4d$
따라서 속력이 2배가 되면 정지할 때까지 미끄러지는 거리는 4배가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X

- $\sqrt{2}d$는 속력과 거리의 관계를 제곱근 비례처럼 잘못 본 값이다. 올바르게는 속력이 2배이면 거리는 $4d$이다.

② X

- $2d$는 미끄러지는 거리가 속력에 단순 비례한다고 착각한 값이다. 올바르게는 정지거리가 운동에너지에 비례하므로 v^2에 비례하여 $4d$가 된다.

③ X

- $2\sqrt{2}d$는 속력 제곱 비례 관계를 정확히 적용한 값이 아니다. 올바르게는 $(2v)^2 = 4v^2$이므로 $4d$이다.

④ O

- 같은 도로에서는 μ가 같고 $s = \frac{v^2}{2\mu g}$이므로 정지거리는 속력의 제곱에 비례한다. 속력 $2v$에서는 거리가 $4d$가 된다.

⑤ X

- $8d$는 속력 증가에 따른 거리 증가를 과대평가한 값이다. 올바르게는 속력의 세제곱이나 그 이상이 아니라 제곱에 비례하므로 $4d$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 정지거리를 속력에 단순 비례한다고 보는 것이다. 마찰력이 일정할 때 없어져야 할 양은 속력이 아니라 운동에너지 $\frac{1}{2}mv^2$이므로, 미끄러지는 거리는 v가 아니라 v^2에 비례한다.

다시 나오면 이렇게 판단

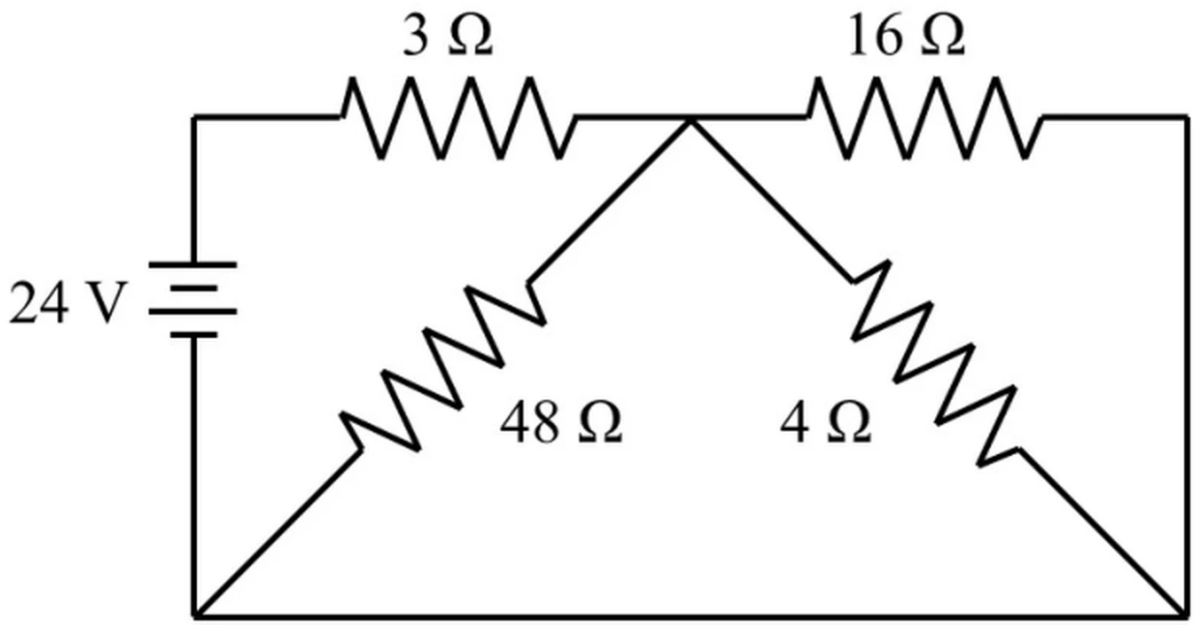
브레이크가 잠겨 바퀴가 미끄러지는 문제는 운동마찰력이 한 일 μmgs와 처음 운동에너지 $\frac{1}{2}mv^2$를 같게 두고 판단한다. 같은 노면이면 μ가 일정하므로 정지거리는 속력의 제곱에 비례한다.

암기 포인트

마찰로 멈추는 제동거리: $s \propto v^2$. 속력 2배이면 제동거리는 4배이다.

NoteBase

문 25. 다음은 저항값이 각각 3Ω, 4Ω, 16Ω, 48Ω인 4개의 저항이 전압 24V에 연결된 것을 나타낸 것이다. 4Ω 저항과 48Ω 저항에 흐르는 전류의 합은?



① 0.25A

② 0.75A

③ 1.25A

④ 3.00A

⑤ 3.25A

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 직렬·병렬 합성저항과 옴의 법칙 $I = V/R$을 이용해 특정 병렬 가지에 흐르는 전류의 합을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 전압은 $24V$, 저항은 3Ω, 4Ω, 16Ω, 48Ω이다.
구해야 할 값: 4Ω 저항 전류와 48Ω 저항 전류의 합이다.
주의할 조건: 3Ω 저항은 전체 회로와 직렬이고, 16Ω, 4Ω, 48Ω 저항은 같은 두 노드 사이에 병렬로 연결되어 있다.

NoteBase

사용할 공식

병렬 합성저항은 $1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$이고, 옴의 법칙은 $I = V/R$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 병렬 연결된 저항들은 양단 전압이 같고, 전체 전류는 직렬부를 지난 뒤 병렬 가지로 나뉘기 때문이다.

계산 과정

1. 병렬부 합성저항을 구한다.
$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{16} + \frac{1}{4} + \frac{1}{48} = \frac{3+12+1}{48} = \frac{16}{48} = \frac{1}{3}$
따라서 $R_p = 3\Omega$이다.
2. 전체 합성저항은 직렬 3Ω과 병렬부 3Ω의 합이므로 $R_{total} = 6\Omega$이다.
3. 전체 전류는 $I_{total} = 24/6 = 4A$이다.
4. 병렬부 전압은 $V_p = I_{total}R_p = 4 \times 3 = 12V$이다.
5. 각 가지 전류는 $I_4 = 12/4 = 3A$, $I_{48} = 12/48 = 0.25A$이다.
6. 구하는 전류의 합은 $3 + 0.25 = 3.25A$이다.

선지 판단

① X
- $0.25A$는 48Ω 저항에만 흐르는 전류이다. 틀린 표현 → 4Ω 저항과 48Ω 저항 전류의 합은 $3.25A$이다.

② X
- $0.75A$는 병렬부 전압 $12V$를 16Ω에 나누면 나오는 전류로, 구해야 하는 4Ω과 48Ω 전류의 합이 아니다. 틀린 표현 → 16Ω 가지 전류는 $0.75A$, 요구한 합은 $3.25A$이다.

③ X
- $1.25A$는 계산 결과 $3.25A$와 다르다. 병렬 가지의 전압이 모두 $12V$라는 점을 적용하지 않으면 이런 중간값을 고르기 쉽다. 틀린 표현 → $I_4 + I_{48} = 3.25A$이다.

④ X
- $3.00A$는 4Ω 저항에만 흐르는 전류이다. 문제는 48Ω 저항 전류 $0.25A$까지 더하라고 묻고 있다. 틀린 표현 → $3.00A + 0.25A = 3.25A$이다.

⑤ O
- 병렬부 전압이 $12V$이므로 4Ω 전류는 $3A$, 48Ω 전류는 $0.25A$이다. 두 전류의 합은 $3.25A$이므로 ⑤가 맞다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전체 전압 $24V$가 각 병렬 저항에 그대로 걸린다고 착각하거나, 4Ω 저항 전류만 구하고 48Ω 저항 전류를 더하지 않는 것이다. 먼저 병렬부의 합성저항과 병렬부 전압을 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산형 문제는 먼저 같은 두 노드를 공유하는 병렬 묶음을 찾고, 그 병렬 묶음의 합성저항을 직렬 저항과 합친 뒤, 병렬부 전압을 구해 각 가지 전류를 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

병렬회로는 전압이 같고 전류가 나뉜다. 특정 가지 전류의 합을 물으면 병렬부 전압을 먼저 구한 뒤 각 가지 전류를 더한다.

NoteBase