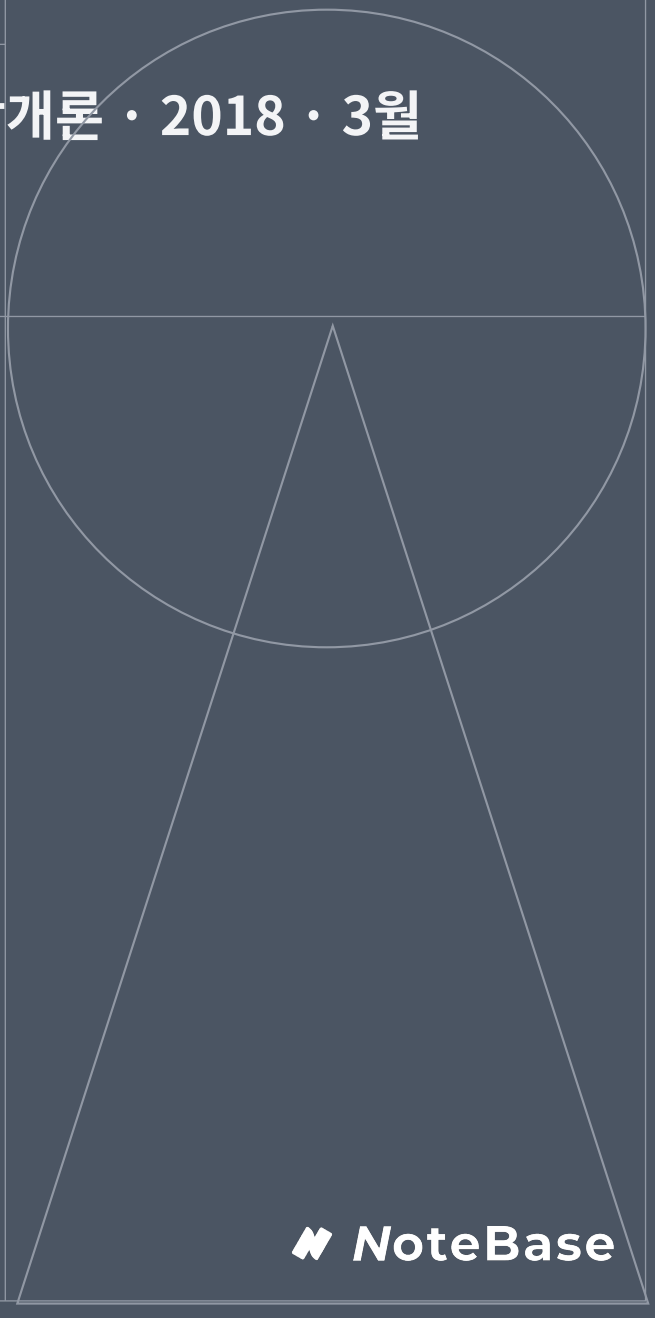
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 3월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 3월

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 3월

문 1. 교류 발전기의 코일이 도선 고리 면적 $A = 0.1m^2$인 도선으로 50회 감겨 있으며, 도선의 전체 저항은 12Ω이다. 이 도선 고리는 $0.5T$의 자기장 내에서 자기장과 수직인 방향을 회전축으로 하여 $60Hz$의 일정한 진동수를 가지고 회전한다. 이 발전기의 출력 단자에 저항을 무시할 수 있는 도체가 연결되어 있다면 이때 최대 유도 전류의 크기는? (단, $\pi = 3.14$이다.)

① $78.5A$

② $80.0A$

③ $82.0A$

④ $84.5A$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 회전하는 교류 발전기의 최대 유도기전력과 최대 유도 전류를 $NAB\omega$와 옴의 법칙으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 도선 고리 면적 $A = 0.1m^2$, 감은 수 $N = 50$, 자기장 $B = 0.5T$, 전체 저항 $R = 12\Omega$, 진동수 $f = 60Hz$이다.
구해야 할 값은 최대 유도 전류이다.
출력 단자에 연결된 도체의 저항은 무시할 수 있으므로 회로 저항은 12Ω만 사용한다.

사용할 공식

회전하는 코일의 최대 유도기전력은 $\mathcal{E}_{max} = NAB\omega$이고, 각속도는 $\omega = 2\pi f$이다. 최대 유도 전류는 옴의 법칙으로 $I_{max} = \mathcal{E}_{max}/R$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 코일이 자기장과 수직인 축을 중심으로 일정한 각속도로 회전하므로 자기선속이 시간에 따라 사인함수적으로 변하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 각속도는 $\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 60 = 376.8 rad/s$이다.
2. 최대 유도기전력은 $\mathcal{E}_{max} = NAB\omega = 50 \times 0.5 \times 0.1 \times 376.8 = 942V$이다.
3. 최대 유도 전류는 $I_{max} = \mathcal{E}_{max}/R = 942/12 = 78.5A$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 최대 유도 전류는 $78.5A$이므로 옳다.

② X
- 선지의 "80.0A"가 틀린 수치이다. 올바르게는 "78.5A"이다.
- 최대 유도기전력 $942V$를 전체 저항 12Ω으로 나누면 $78.5A$가 된다.

③ X
- 선지의 "82.0A"가 틀린 수치이다. 올바르게는 "78.5A"이다.
- 발전기 문제에서는 먼저 $\omega = 2\pi f$를 구한 뒤 $NAB\omega$를 적용해야 하며, 이 절차를 따르면 $82.0A$는 나오지 않는다.

④ X
- 선지의 "84.5A"가 틀린 수치이다. 올바르게는 "78.5A"이다.
- 연결 도체의 저항은 무시하지만 코일 자체 저항 12Ω은 반드시 포함해야 하므로 $84.5A$는 될 수 없다.

오답 포인트

진동수 f와 각속도 ω를 혼동하거나, 연결 도체의 저항을 무시한다는 문장을 보고 코일의 전체 저항 12Ω까지 빼버리면 오답이 된다. 또한 문제는 실효값이 아니라 최대값을 물으므로 $\sqrt{2}$로 나누지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전 코일 발전기에서 최대 전류를 묻는 문제는 $f \rightarrow \omega = 2\pi f \rightarrow \mathcal{E}_{max} = NAB\omega \rightarrow I_{max} = \mathcal{E}_{max}/R$ 순서로 계산하면 된다. 저항을 무시한다는 조건이 있어도 코일 자체의 제시 저항은 그대로 사용한다.

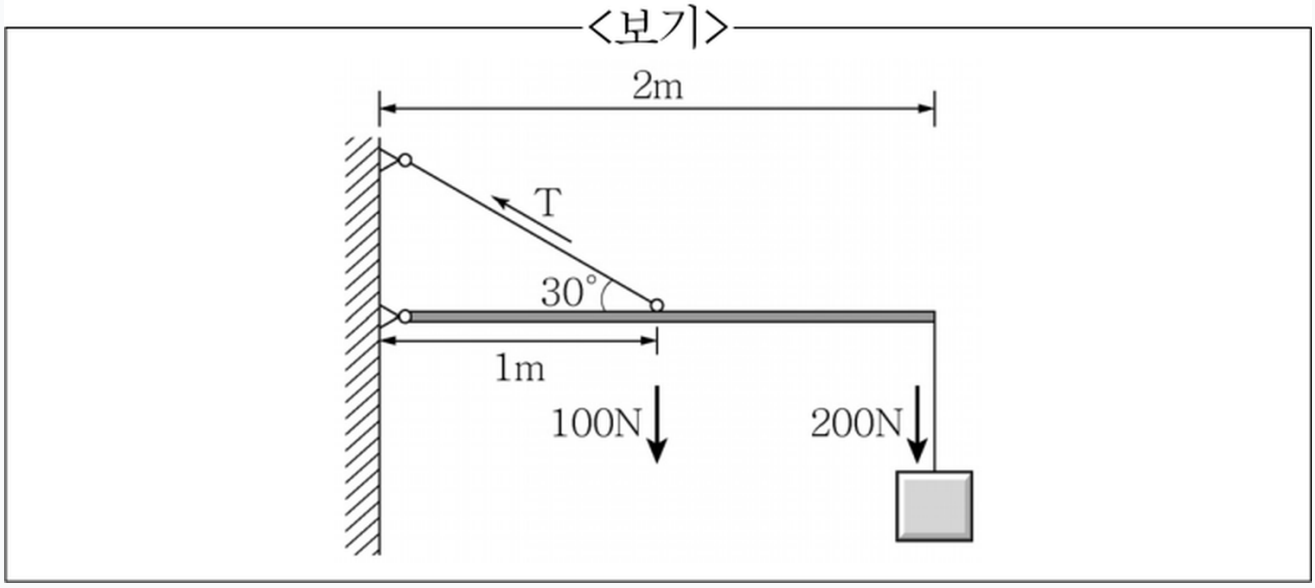
암기 포인트

교류 발전기 최대전류는 $I_{max} = NAB(2\pi f)/R$이며, 최대값을 묻는 문항은 실효값 변환을 하지 않는다.

NoteBase

문 2. <보기>와 같이 길이 2m, 전체 무게 100 N인 균일한 보가 중간 1m 지점에 연결된 줄로 기둥에 고정되어 있다. 보와 기둥은 서로 수직이고 줄과 보 사이의 각도는 30°이다. 보의 끝에 무게 200 N인 물체가 매달려 있을 때 줄에 작용하는 장력 T의 크기는? (단, 줄의 질량은 무시한다.)

<보기>



① 200 N

② 500 N

③ $500\sqrt{3}$ N

④ 1,000 N

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 보의 회전평형 조건을 이용해 줄의 장력 T를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 길이 $2m$인 균일한 보이다.
- 보의 무게 $100N$은 중심에 작용하므로 힌지에서 $1m$ 떨어진 곳에서 아래로 작용한다.
- 끝의 물체 무게 $200N$은 힌지에서 $2m$ 떨어진 곳에서 아래로 작용한다.
- 줄은 힌지에서 $1m$ 떨어진 지점에 연결되고 보와 30°를 이룬다.
- 구해야 할 값은 줄의 장력 T이다.

NoteBase

사용할 공식

힌지를 기준으로 한 회전평형은

$\sum \tau = 0$

이다.

이 문제에서는 줄의 수직성분만 모멘트를 만들므로

$T\sin 30^\circ \times 1 = 100 \times 1 + 200 \times 2$

를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유는 보가 정지해 있으므로 반시계방향 모멘트와 시계방향 모멘트가 같아야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 보의 무게가 만드는 시계방향 모멘트는 $100 \times 1 = 100N \cdot m$이다.
2. 끝의 물체가 만드는 시계방향 모멘트는 $200 \times 2 = 400N \cdot m$이다.
3. 전체 시계방향 모멘트는 $100 + 400 = 500N \cdot m$이다.
4. 줄이 만드는 반시계방향 모멘트는 연결점이 $1m$ 지점이므로 $T\sin 30^\circ \times 1$이다.
5. 평형조건에서

$T\sin 30^\circ \times 1 = 500$

이고, 30^=12이므로

T×12=500, T=1000 N

이다.

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 '장력 $T = 200N$'이다. 이 값을 넣으면 반시계방향 모멘트는 $200\sin 30^\circ \times 1 = 100N \cdot m$ 밖에 되지 않아 필요한 $500N \cdot m$를 만들지 못한다. 올바르게는 $T = 1000N$이다.

② X: 틀린 표현은 '장력 $T = 500N$'이다. $500N$은 장력 전체가 아니라 평형식에서 얻는 수직성분 크기 $T\sin 30^\circ$에 해당한다. 실제로 $T = 500N$이면 모멘트는 $250N \cdot m$이므로 부족하다. 올바르게는 $T = 1000N$이다.

③ X: 틀린 표현은 '장력 T=5003 N'이다. 이 값을 넣으면 반시계방향 모멘트는 500330^×1=2503 N· m≈433 N· m로서 역시 $500N \cdot m$가 되지 않는다. 올바르게는 $T = 1000N$이다.

④ O: 힌지를 기준으로 한 모멘트 평형에서 $T\sin 30^\circ \times 1 = 100 \times 1 + 200 \times 2 = 500$이므로 $T = 1000N$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 힘의 총합을 바로 더하는 것이 아니라 힌지를 기준으로 한 모멘트 평형을 세워야 한다는 점이다. 또 줄의 장력 전체 T가 아니라 모멘트에 실제로 들어가는 수직성분 $T\sin 30^\circ$를 써야 한다는 점에서 오답이 많이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

보와 줄이 함께 나온 평형 문제는 먼저 회전축을 힌지에 잡고, 각 힘의 작용점 거리와 보에 수직인 성분만으로 모멘트식을 세운다. 그다음 성분값에서 전체 장력 T로 다시 환산한다.

암기 포인트

힌지 보 평형은 반시계 모멘트=시계 모멘트이고, 줄의 힘은 그대로 넣지 않고 $T\sin\theta$ 같은 수직성분으로 넣는다.

NoteBase

문 3. <보기>의 지문 속 ( ) 안에 들어갈 공통적인 단어로 가장 옳은 것은?

<보기>
양자 이론은 입자의 위치와 ( )을/를 무한대의 정밀성을 갖고 동시에 측정하는 것은 근본적으로 불가능하다고 예상하였다. 하이젠베르크는 전자의 위치를 정확히 정하지 못하는 이유가 측정 과정 자체의 본질적인 성질 때문이라고 생각하였다. 그래서 빛을 이용해 전자의 위치를 측정하는 과정에 나타난 현상처럼, 입자의 위치와 ( )은/는 동시에 정확하게 결정할 수 없다는 불확정성의 원리를 제시하였다.

① 힘
② 시간
③ 운동량
④ 에너지

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 하이젠베르크의 불확정성 원리에서 위치와 짝을 이루는 물리량이 무엇인지 묻는 문제이다.

핵심 개념

위치: 입자가 공간의 어디에 있는지를 나타내는 값이다 / 결정 차이축: 공간 좌표를 정하는 물리량 / 키워드: 어디에 있는가
운동량: 질량과 속도의 곱으로 입자의 운동 상태를 나타내는 물리량이다 / 결정 차이축: 위치와 함께 불확정성 관계를 이루는 물리량 / 키워드: $p = mv$
에너지: 계의 상태와 일의 가능성을 나타내는 물리량이다 / 결정 차이축: 위치와 직접 짝이 아니라 시간과 함께 다른 형태의 불확정성 관계가 언급된다 / 키워드: 시간-에너지

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 3월

선지별 해설

① X
힘은 운동량의 시간 변화율과 관련된 물리량이지만, 불확정성 원리에서 위치와 짝을 이루는 기본 변수는 아니다.
틀린 부분은 "힘"이다.
올바르게는 위치와 운동량을 동시에 무한한 정밀성으로 결정할 수 없다고 본다.

② X
시간은 이 지문처럼 위치와 직접 짝을 이루는 변수로 제시되지 않는다. 시간과 에너지의 관계는 별도의 맥락이다.
틀린 부분은 "시간"이다.
올바르게는 위치와 운동량의 동시 확정 불가능성을 말한다.

③ O
운동량은 하이젠베르크가 제시한 대표적 불확정성 쌍의 한 축이다. 위치를 더 정확히 알려고 할수록 운동량의 불확정성은 커진다.

④ X
에너지는 시간과 관련된 불확정성 관계로 연결되며, 이 지문처럼 위치와 함께 들어가는 공통어는 아니다.
틀린 부분은 "에너지"이다.
올바르게는 위치와 운동량은 동시에 정확하게 결정할 수 없다.

오답 포인트

불확정성 원리를 아무 두 물리량이나 동시에 측정할 수 없다는 식으로 막연히 외우면 힘, 시간, 에너지에 흔들린다. 이 문항은 위치와 짝이 되는 대표 물리량이 운동량이라는 점을 정확히 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

지문에 하이젠베르크, 전자 위치 측정, 동시에 정확하게 결정 불가가 나오면 먼저 위치와 짝이 되는 물리량이 운동량인지 확인한다. 시간과 에너지는 별도 관계이고 힘은 해당 쌍이 아니다.

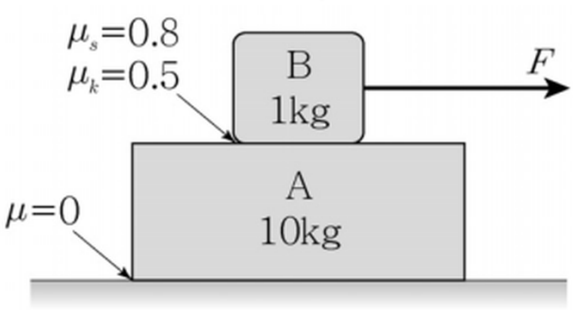
암기 포인트

불확정성 원리의 대표 쌍은 위치-운동량이다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같이 마찰이 없는 얼음판 위에 질량 10 kg인 물체 A가 놓여 있고, 그 위에 질량 1 kg인 물체 B가 놓여 있다. 두 물체 A와 B 사이에는 최대 정지마찰계수 $\mu_s = 0.8$, 운동마찰계수 $\mu_k = 0.5$로 마찰이 작용한다. 두 물체가 정지한 상태에서 물체 B에 외력 F를 가하여 물체 A가 움직이기 시작한 직후, A의 가속도를 가장 크게 만드는 외력 F의 크기는? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다.)

<보기>



① 5 N

② 8 N

③ 10 N

④ 11 N

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정지마찰이 유지되는 경우와 미끄러져 운동마찰이 작용하는 경우를 나누어, 보기의 F마다 물체 A의 가속도를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $m_A = 10kg, m_B = 1kg, \mu_s = 0.8, \mu_k = 0.5, g = 10m/s^2$
최대 정지마찰력: $f_{s,\max} = \mu_s m_B g = 0.8 \times 1 \times 10 = 8N$
운동마찰력: $f_k = \mu_k m_B g = 0.5 \times 1 \times 10 = 5N$
주의할 조건: 바닥은 마찰이 없으므로 A를 오른쪽으로 미는 힘은 B가 주는 마찰력뿐이다.

NoteBase

사용할 공식

미끄러지지 않으면 두 물체의 공통가속도는 $a = \frac{F}{m_A + m_B} = \frac{F}{11}$이다.
이때 A에 작용하는 마찰력은 $f = m_A a = 10 \cdot \frac{F}{11} = \frac{10F}{11}$이다.
미끄러지면 A에는 운동마찰력만 작용하므로 $a_A = \frac{f_k}{m_A} = \frac{5}{10} = 0.5 m/s^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: A의 가속도는 A가 받는 마찰력의 크기로 결정되고, 정지마찰 구간과 운동마찰 구간에서 그 마찰력이 달라지기 때문이다.

계산 과정

1. 미끄러지지 않는다고 가정하면 필요한 마찰력은 $f = \frac{10F}{11}$이다.
2. 이 값이 $8N$ 이하이면 정지마찰이 가능하고, A의 가속도는 $a_A = \frac{F}{11}$이다.
3. 이 값이 $8N$을 넘으면 B가 A 위에서 미끄러지고, 그 순간부터 A의 가속도는 $a_A = 0.5 m/s^2$로 고정된다.
4. 각 보기별로 비교하면 $F = 5N \Rightarrow a_A = \frac{5}{11}$, $F = 8N \Rightarrow a_A = \frac{8}{11}$, $F = 10N \Rightarrow a_A = 0.5$, $F = 11N \Rightarrow a_A = 0.5$이다.

선지별 해설

① X
$F = 5N$이면 필요한 마찰력은 $\frac{50}{11}N$으로 최대 정지마찰력 $8N$보다 작다. 따라서 두 물체는 함께 움직이고 $a_A = \frac{5}{11} m/s^2$이다. A의 가속도를 가장 크게 만드는 값은 5 N이 아니라 8 N이다.

② O
$F = 8N$이면 필요한 마찰력은 $\frac{80}{11}N$으로 아직 정지마찰 한계 $8N$ 이내이다. 따라서 두 물체가 함께 움직여 $a_A = \frac{8}{11} m/s^2$가 된다. 보기 중 이 값이 가장 크므로 옳다.

③ X
$F = 10N$이면 필요한 마찰력은 $\frac{100}{11}N$으로 $8N$을 넘어 정지마찰로 버틸 수 없다. B가 A 위에서 미끄러지므로 A에는 운동마찰력 $5N$만 작용하고 $a_A = 0.5 m/s^2$이다. A의 가속도를 가장 크게 만드는 외력은 10 N이 아니라 8 N이다.

④ X
$F = 11N$이면 필요한 마찰력은 $10N$으로 최대 정지마찰력보다 크므로 역시 미끄러진다. 따라서 A의 가속도는 ③과 마찬가지로 $0.5 m/s^2$이다. 11 N은 더 큰 힘이지만 미끄러짐 때문에 A의 가속도를 더 크게 만들지 못한다. 올바르게는 8 N일 때가 가장 크다.

NoteBase

오답 포인트

힘 F가 클수록 A의 가속도도 무조건 커진다고 보면 ③이나 ④를 고르기 쉽다. 그러나 이 문항의 핵심은 F 자체가 아니라 A에 전달되는 마찰력의 크기이다. 정지마찰 한계를 넘는 순간 전달력은 $8N$ 수준에서 더 커지지 못하고, 오히려 운동마찰 $5N$으로 줄어든다.

다시 나오면 이렇게 판단

위 물체를 끌어 아래 물체의 가속도를 묻는 문제는 먼저 정지마찰로 함께 움직일 수 있는지 확인한다. 함께 움직이면 a=Fm_전체로 계산하고, 필요한 마찰력이 $f_{s,\max}$를 넘는 순간부터는 운동마찰로 바꾸어 다시 비교한다.

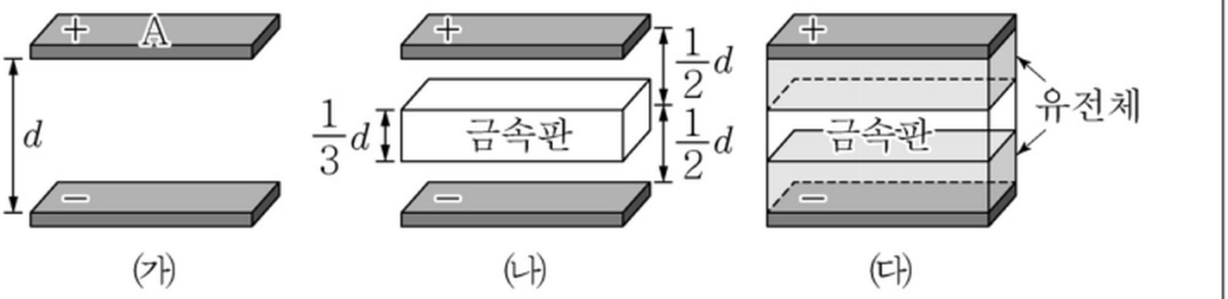
암기 포인트

마찰 연결 문제는 큰 외력이 항상 큰 전달가속도를 만들지 않는다. 정지마찰 한계를 넘으면 운동마찰로 떨어져 전달력이 오히려 작아질 수 있다.

NoteBase

문 5. <보기>의 (가)와 같이 판 하나의 넓이가 A인 두 도체판이 서로 d만큼 떨어져 있는 평행판 축전기가 있다. (나)와 같이 축전기의 두 도체판 중앙에 두께가 $\frac{1}{3}d$이며 대전되지 않은 다른 금속판을 넣었고 (다)와 같이 도체판과 금속판 사이에 유전 상수가 $2\varepsilon_0$인 유전체를 채웠을 때, 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, 유전체가 채워지지 않은 공간은 진공이다.)

<보기>



① (가)에서 전기용량은 $\frac{2\varepsilon_0 A}{d}$이다.

② (나)에서 전기용량은 $\frac{3\varepsilon_0 A}{d}$이다.

③ (나)에서 중앙에 있는 금속판 내 전기장의 크기는 0이다.

④ (다)에서 전기용량은 (나)의 3배이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 금속판 삽입과 유전체 충전에 따라 평행판 축전기의 유효 간격과 유전율이 어떻게 바뀌는지를 이용해 전기용량과 도체 내부 전기장을 판단하는 문제이다.

조건 정리

- (가)는 진공 속 평행판 축전기이므로 판 사이 간격은 d이다.
- (나)는 두께가 $\frac{1}{3}d$인 금속판이 중앙에 들어가므로 전위차가 걸리는 빈 공간의 총두께는 $d-\frac{1}{3}d=\frac{2}{3}d$이다.
- (다)는 금속판 양쪽 빈 공간이 유전율 $2\varepsilon_0$인 유전체로 채워진다.
- 정전 평형의 도체 내부 전기장은 0이다.

사용할 공식

평행판 축전기의 전기용량은 $C=\frac{\varepsilon A}{\ell}$이다. 이 문제에서는 금속판 내부에서 전위강하가 없으므로 실제 거리 d 전체가 아니라 전기장이 존재하는 빈 공간의 합 ℓ만 유효 간격으로 본다.

NoteBase

계산 과정

1. (가)는 진공 평행판 축전기이므로 C_(가)=(_0 A)/(d)이다.
2. (나)는 금속판 내부 전기장이 0이므로 전위차는 양쪽 진공 틈에서만 생긴다. 따라서 유효 간격은 $\frac{2}{3}d$이고
C_(나)=(_0 A)/((2)/(3)d)=(3_0 A)/(2d)
이다.
3. (다)는 유효 간격은 그대로 $\frac{2}{3}d$이고 유전율만 $2\varepsilon_0$로 바뀌므로
C_(다)=(2_0 A)/((2)/(3)d)=(3_0 A)/(d)
이다.
4. 따라서 (C_(다))/(C_(나))=2이고, 중앙 금속판 내부 전기장은 0이다.

선지별 해설

① X: (가)의 전기용량은 $\frac{\varepsilon_0 A}{d}$이다. 올바르게는 "(가)에서 전기용량은 $\frac{\varepsilon_0 A}{d}$이다"가 된다. 선지의 $\frac{2\varepsilon_0 A}{d}$는 유전율이 두 배인 물질이 완전히 채워진 경우의 식이다.
② X: (나)의 전기용량은 $\frac{3\varepsilon_0 A}{2d}$이다. 올바르게는 "(나)에서 전기용량은 $\frac{3\varepsilon_0 A}{2d}$이다"가 된다. 선지의 $\frac{3\varepsilon_0 A}{d}$는 유효 간격이 $\frac{2}{3}d$라는 점은 반영했지만 분모의 2를 빠뜨린 값이다.
③ O: 정전 평형의 금속 내부 전기장은 항상 0이다. 중앙 금속판은 대전되지 않았더라도 양면에 유도전하가 분리될 뿐, 금속판 내부에는 전기장이 남지 않는다.
④ X: (다)의 전기용량은 $\frac{3\varepsilon_0 A}{d}$이고 (나)는 $\frac{3\varepsilon_0 A}{2d}$이므로 (다)는 (나)의 2배이다. 올바르게는 "(다)에서 전기용량은 (나)의 2배이다"가 된다. 유전체는 유전율만 2배로 만들고 유효 간격은 바꾸지 않는다.

오답 포인트

금속판이 들어가면 판 사이 거리 전체 d를 그대로 쓰기 쉽고, 유전체가 들어가면 배수를 과장해 3배로 착각하기 쉽다. 이 문항의 핵심 함정은 금속 내부에는 전기장이 없어서 전위강하가 없다는 점과, (다)가 (나)에서 유전율만 2배로 바뀐 경우라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

금속판이 삽입된 축전기 문제는 먼저 전기장이 존재하는 구간만 골라 유효 간격을 다시 잡고, 그다음 $C = \frac{\varepsilon A}{\ell}$에 유전율 변화만 반영해 비교하면 된다. 도체 내부 전기장은 정전 평형이면 항상 0으로 판단한다.

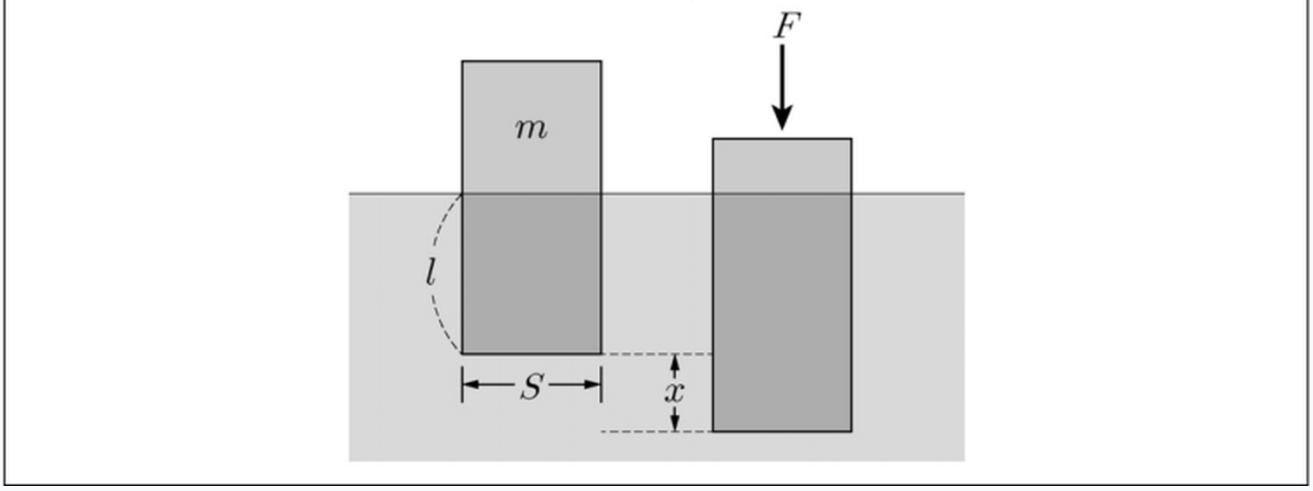
암기 포인트

도체 삽입 축전기는 "도체 내부 전기장 0, 전위강하 0, 남는 빈 공간만 거리로 계산"으로 정리된다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 단면적 S, 질량 m인 직육면체의 나무 도막이 밀도 ρ인 액체에 깊이 l만큼 잠겨 평형을 이루고 있다. 나무 도막의 윗면에서 아래쪽으로 힘 F를 가해 깊이 x만큼 더 밀어 넣었다가 힘을 제거했을 때 나무 도막이 단진동하는 주기는?

<보기>



① $\pi\sqrt{\frac{m}{\rho g S}}$
② $\pi\sqrt{\frac{m}{\rho g l}}$
③ $2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho g S}}$
④ $2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho g l}}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 액체 속 부력 증가량을 복원력으로 보고 단순조화운동의 주기 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$를 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 단면적 S, 질량 m, 액체의 밀도 ρ, 중력가속도 g이다.
나무 도막은 평형 상태에서 길이 l만큼 잠겨 있고, 여기서 아래로 x만큼 더 눌렀다가 놓는다.
평형에서는 이미 $mg = \rho g S l$이므로 진동을 결정하는 것은 추가로 잠긴 x에 따른 부력 변화량이다.

사용할 공식

복원력은 $F = -kx$, 주기는 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$이다.
이 문제에서는 아래로 x만큼 더 내려가면 잠긴 부피가 Sx만큼 증가하므로 부력이 $\rho g S x$만큼 더 커진다.
따라서 평형점 기준 복원력은 $F = -\rho g S x$가 되어 유효 용수철상수는 $k = \rho g S$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 평형에서 아래로 x만큼 더 누르면 증가한 부력은 $\Delta B = \rho g S x$이다.
2. 이 힘은 평형점 쪽을 향하므로 복원력은 $F = -\rho g S x$이다.
3. 따라서 $k = \rho g S$, $\omega = \sqrt{k/m} = \sqrt{\rho g S / m}$이다.
4. 주기는 $T = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{m/(\rho g S)}$이다.

선지 판단

1번 X: $\pi\sqrt{m/(\rho g S)}$는 정답식에서 2가 빠진 값이다. 올바른 식은 $T = 2\pi\sqrt{m/(\rho g S)}$이다.
2번 X: 분모에 l을 넣어 평형 잠김 길이와 복원력 계수를 혼동했다. 복원력은 추가 잠김량 x에 대해 $\rho g S x$로 정해지므로 올바르게는 S가 들어가야 한다.
3번 O: 복원력이 $F = -\rho g S x$이므로 $k = \rho g S$, 따라서 $T = 2\pi\sqrt{m/(\rho g S)}$가 맞다.
4번 X: 2π는 맞지만 분모를 $\rho g l$로 쓴 것이 틀렸다. 올바르게는 $T = 2\pi\sqrt{m/(\rho g S)}$이며, 평형식 $m = \rho S l$을 대입하면 $T = 2\pi\sqrt{l/g}$로도 쓸 수 있다.

오답 포인트

평형조건 $mg = \rho g S l$과 복원력 $\rho g S x$를 같은 역할로 보면 l과 x를 섞어 쓰게 된다. 주기를 정하는 것은 평형에서 얼마나 잠겼는지가 아니라 변위 1당 부력이 얼마나 더 늘어나는지, 즉 $\rho g S$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

부유 물체 진동 문제는 먼저 평형점에서 힘이 상쇄된다고 두고, 그다음 변위 x를 주었을 때 추가로 생기는 부력만 계산해 $F = -kx$ 꼴을 만든 뒤 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$를 적용하면 된다.

암기 포인트

부유 진동은 추가 잠김 부피 Sx가 추가 부력 $\rho g S x$를 만들고, 여기서 $k = \rho g S$가 나온다는 흐름으로 정리된다.

NoteBase

문 7. 입력 전압이 500 V이고 1차 코일의 감은 수가 100회, 2차 코일의 감은 수가 400회인 변압기가 있다. 이 변압기의 효율이 80%라고 할 때, 2차 코일에 100Ω의 저항을 연결했다면 1차 코일에 흐르는 전류의 크기는?

① 10A

② 40A

③ 50A

④ 100A

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 변압기의 권수비와 효율을 함께 적용하여 1차 코일 전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 입력 전압은 500 V이다.
- 1차 권수는 100회, 2차 권수는 400회이다.
- 효율은 80%이다.
- 2차 저항은 100Ω이다.

구해야 할 값:
- 1차 코일 전류이다.

주의할 조건:
- 권수비로 2차 전압을 먼저 구한 뒤, 2차 출력전력과 효율을 이용해 1차 입력전력을 구해야 한다.

사용할 공식

사용할 공식은 $\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}$, $P_2=\frac{V_2^2}{R}$, $\eta=\frac{P_2}{P_1}$, $P_1=V_1I_1$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 1차 전압과 권수비, 2차 저항, 효율이 모두 주어졌으므로 2차 전압과 출력전력을 구한 뒤 입력전력으로 환산하면 1차 전류를 바로 구할 수 있다.

계산 과정

1. 권수비로 2차 전압을 구하면 $V_2=500\times\frac{400}{100}=2000V$이다.
2. 2차 전류는 $I_2=\frac{V_2}{R}=\frac{2000}{100}=20A$이다.
3. 2차 출력전력은 $P_2=V_2I_2=2000\times20=40000W$이다.
4. 효율이 $\eta=0.8$이므로 1차 입력전력은 $P_1=\frac{P_2}{\eta}=\frac{40000}{0.8}=50000W$이다.
5. 따라서 1차 전류는 $I_1=\frac{P_1}{V_1}=\frac{50000}{500}=100A$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 1차 전류는 100A이므로 10A는 맞지 않는다.
- 1차 전류는 10A가 아니라 100A이다.

② X
- 계산 결과 1차 전류는 100A이므로 40A는 맞지 않는다.
- 1차 전류는 40A가 아니라 100A이다.

③ X
- 계산 결과 1차 전류는 100A이므로 50A는 맞지 않는다.
- 1차 전류는 50A가 아니라 100A이다.

④ O
- 권수비로 2차 전압을 구하고 효율까지 반영하면 1차 입력전력은 50000 W가 된다.
- 따라서 1차 전류는 $\frac{50000}{500} = 100A$이므로 옳다.

오답 포인트

효율 80%를 무시하고 이상 변압기처럼 $P_1 = P_2$로 두면 1차 전류를 80A로 잘못 구하게 된다. 또 권수비로 2차 전압을 구하지 않고 곧바로 전류를 맞추려 하면 오답 선지에 끌리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 계산 문제는 권수비로 2차 전압을 먼저 구하고, 부하에서 2차 전류와 출력전력을 계산한 다음, 효율을 반영해 1차 입력전력과 1차 전류를 구하는 순서로 판단한다.

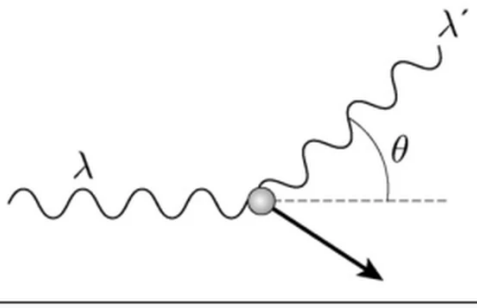
암기 포인트

변압기 효율 문제는 권수비 → 2차 전압 → 출력전력 → 효율 반영 → 1차 전류 순서로 정리된다.

NoteBase

문 8. <보기>는 감마선-전자의 콤프턴 효과를 간략히 나타낸 것이다. 콤프턴 효과에 대한 설명 중 가장 옳은 것은? (단, 산란 전후 감마선의 파장은 각각 λ, λ'이다.)

<보기>



① $\theta = 90°$일 때 광자의 파장 변화는 입자의 콤프턴 파장과 같다.

② 산란 파장 λ'은 $\theta = 90°$일 때 가장 크다.

③ 콤프턴 효과는 입자의 파동성을 설명하는 데 큰 역할을 하였다.

④ 산란된 전자의 에너지 $E = h\frac{c}{\lambda'} - h\frac{c}{\lambda}$이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 감마선이 전자에 산란될 때 도식의 산란각 θ에 따라 파장 변화 $\lambda' - \lambda$와 전자 에너지 변화를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O: 콤프턴 산란의 파장 변화는 $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$이다.
- $\theta = 90°$이면 $\cos\theta = 0$이므로 $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}$가 된다. 이는 전자의 콤프턴 파장과 같으므로 옳다.

② X: 산란된 광자의 파장 λ'는 산란각이 커질수록 길어진다.
- 가장 큰 값은 $\theta = 180°$일 때이며, $\theta = 90°$는 최대가 아니다. 틀린 표현은 '90°일 때 가장 크다'이고, 올바르게는 '180°일 때 가장 크다'이다.

③ X: 콤프턴 효과는 빛이 광자처럼 운동량과 에너지를 가진다는 점을 보여 준다.
- 틀린 표현은 '입자의 파동성을 설명'이다. 올바르게는 '빛의 입자성을 설명하는 데 큰 역할을 하였다'이다. 입자의 파동성은 드브로이 물질파로 설명한다.

④ X: 전자가 얻는 에너지는 입사 광자 에너지에서 산란 광자 에너지를 뺀 값이다.
- 따라서 전자의 운동에너지는 $E = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'}$이다. 틀린 표현은 '$E = \frac{hc}{\lambda'} - \frac{hc}{\lambda}$'이고, 올바르게는 '$E = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'}$'이다.

NoteBase

오답 포인트

②는 산란각이 90°일 때를 최대값으로 착각하게 만드는 선지이고, ③은 콤프턴 효과를 드브로이 물질파와 뒤섞게 만드는 선지이다. ④는 에너지 차의 부호를 거꾸로 써서 전자의 운동에너지가 음수가 되는 오류를 유도한다.

다시 나오면 이렇게 판단

콤프턴 효과 문제는 먼저 $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$를 적용해 산란각이 커질수록 파장이 길어진다는 점을 확인하고, 이어서 전자 에너지는 '입사 광자 에너지 - 산란 광자 에너지'라는 보존식으로 판단하면 된다.

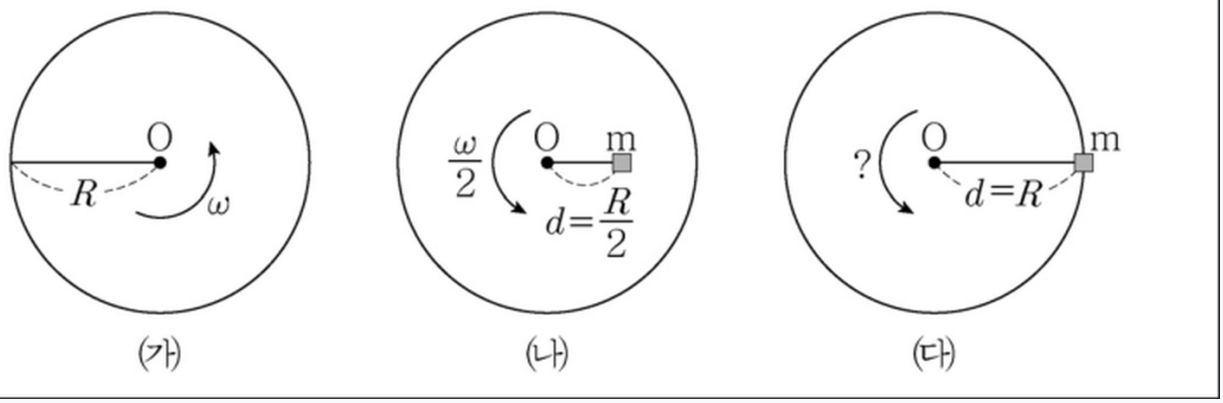
암기 포인트

콤프턴 효과는 '빛의 입자성, 90 °에서 $\Delta\lambda = \frac{h}{mc}$, 최대 파장 증가는 180 °'로 정리된다.

NoteBase

문 9. <보기>의 (가)와 같이 외력의 작용 없이 일정한 각속도 ω로 회전하고 있는 반지름 R의 원판이 있다. (나)와 같이 질량이 m인 물체를 원판의 중심에서 거리 $R/2$만큼 떨어진 곳에 원판 위에서 미끄러지지 않고 함께 회전하도록 살며시 올려놓았더니 각속도가 $\omega/2$로 변하였다. (다)와 같이 이 물체를 중심에서 거리 R만큼 떨어진 곳에 원판 위에서 미끄러지지 않고 함께 회전하도록 살며시 올려놓았다면 이때의 각속도는? (단, 물체를 올려놓는 과정에서 원판과 물체를 포함하는 계에 돌림힘은 작용하지 않는다.)

<보기>



① $\omega/5$

② $\omega/4$

③ $\omega/3$

④ $\omega/2$

정답 1번

출제 포인트

외력이 작용하지 않을 때의 각운동량 보존과 점질량을 붙였을 때의 관성모멘트 변화를 이용해 최종 각속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 원판의 각속도는 ω이다.
주어진 조건: 질량 m인 물체를 중심에서 $R/2$에 놓으면 최종 각속도가 $\omega/2$가 된다.
구해야 할 값: 물체를 중심에서 R에 놓았을 때의 최종 각속도이다.
주의할 조건: 물체를 올려놓는 과정에서 계에 외부 돌림힘이 작용하지 않으므로 각운동량이 보존된다.

NoteBase

사용할 공식

$L = I\omega, \qquad I_{\text{total}} = I_{\text{disk}} + mr^2$

이 공식을 쓰는 이유: 원판과 물체를 포함한 계에 외부 돌림힘이 없으므로 올려놓기 전후의 각운동량이 같기 때문이다.

계산 과정

1. 원판의 관성모멘트를 I라고 두면, 물체를 $R/2$에 놓았을 때

$I\omega = \left(I + m\left(\frac{R}{2}\right)^2\right)\frac{\omega}{2}$

이다.

2. 이를 정리하면

$2I = I + \frac{mR^2}{4}$

$I = \frac{mR^2}{4}$

이다.

3. 이제 물체를 R에 놓았을 때의 최종 각속도를 ω'라 하면

$\frac{mR^2}{4}\omega = \left(\frac{mR^2}{4} + mR^2\right)\omega'$

$\omega' = \frac{\frac{mR^2}{4}}{\frac{5mR^2}{4}}\omega = \frac{\omega}{5}$

이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 최종 각속도는 $\omega/5$이므로 옳다.

② X: 각속도는 $\omega/4$가 아니라 $\omega/5$이다. 원판의 관성모멘트를 $mR^2/4$로 구한 뒤 전체 관성모멘트 $5mR^2/4$를 분모에 넣어야 한다.

③ X: 각속도는 $\omega/3$이 아니라 $\omega/5$이다. 질량점이 가장자리로 갈수록 관성모멘트가 더 크게 증가하므로 각속도는 $\omega/2$보다 더 작아진다.

④ X: 각속도는 $\omega/2$가 아니라 $\omega/5$이다. $d = R/2$일 때의 결과를 그대로 쓰면 안 되고, $d = R$에서는 추가 관성모멘트가 mR^2로 커진다.

오답 포인트

첫 번째 조건에서 바로 원판의 관성모멘트를 역산해야 하는데, 이를 생략하고 $d = R/2$의 결과 $\omega/2$를 그대로 옮기거나 mr^2의 r값을 잘못 넣으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전계에 물체를 붙이는 문제는 먼저 외부 돌림힘 유무를 보고 각운동량 보존을 확인한 뒤, 주어진 한 사례로 기존 관성모멘트를 역산하고 다른 반지름에 다시 대입하는 순서로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

외부 돌림힘이 없으면 $I\omega$는 일정하고, 질량점의 관성모멘트는 mr^2이므로 반지름이 커질수록 각속도는 더 작아진다.

NoteBase

문 10. 기차가 진동수 320 Hz의 경적을 울리며 20m/s의 속력으로 역을 통과하고 있다. 이 기차가 역에 다가오는 동안 역에 서 있는 사람이 듣는 경적 소리의 파장은? (단, 소리의 속력은 340m/s이다.)

① 0.5m

② 1.0m

③ 1.5m

④ 2.0m

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 움직이는 음원에 대한 도플러 효과를 적용해 관측 주파수와 파장을 연결할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 경적의 진동수 320 Hz, 기차의 속력 20m/s, 소리의 속력 340m/s이다.
구해야 할 값: 역에 있는 사람이 듣는 경적 소리의 파장이다.
주의할 조건: 음원은 관측자 쪽으로 접근하고, 관측자는 정지해 있다.

사용할 공식

접근하는 음원에 대해 관측 주파수는 $f' = \frac{v}{v - v_s} f$이다.
파장은 $\lambda = \frac{v}{f'}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 움직이는 것은 음원이고 관측자는 정지해 있으므로 음원 이동에 대한 도플러 효과 공식을 써야 한다.

계산 과정

$f' = \frac{340}{340 - 20} \times 320 = \frac{340}{320} \times 320 = 340\text{Hz}$
따라서 역에 있는 사람이 듣는 파장은
$\lambda = \frac{340}{340} = 1.0\text{m}$
이다.
같은 결과를 앞쪽 파장으로 바로 구하면 $\lambda = \frac{v - v_s}{f} = \frac{340 - 20}{320} = 1.0\text{m}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 계산된 파장은 1.0m이므로 0.5m는 절반으로 잘못 줄인 값이다. 틀린 표현은 "파장이 0.5m이다"이고, 올바르게는 "파장이 1.0m이다"이다.
2번: O. 도플러 효과로 관측 주파수는 340 Hz가 되고, $\lambda = \frac{340}{340} = 1.0\text{m}$이므로 맞는 선택지이다.
3번: X. 1.5m는 접근할 때 파장이 짧아진다는 점을 놓치고 파장을 지나치게 크게 본 값이다. 틀린 표현은 "파장이 1.5m이다"이고, 올바르게는 "파장이 1.0m이다"이다.
4번: X. 2.0m는 원래 음원의 파장보다도 더 긴 값이어서 접근 상황과 반대이다. 원래 파장도 $\frac{340}{320} = 1.0625\text{m}$인데 접근하면 더 짧아져야 한다. 틀린 표현은 "파장이 2.0m이다"이고, 올바르게는 "파장이 1.0m이다"이다.

오답 포인트

접근하는 음원에서는 관측 주파수가 커지고 파장은 짧아진다. 음원 이동 공식을 쓰지 않거나, 관측 주파수를 구한 뒤 다시 파장으로 연결하지 않으면 0.5m나 2.0m 같은 반대 방향 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

도플러 문제는 먼저 누가 움직이는지와 접근인지 멀어지는지를 확인한 뒤, 관측 주파수를 구하고 마지막에 $\lambda = \frac{v}{f'}$로 파장을 계산하면 된다.

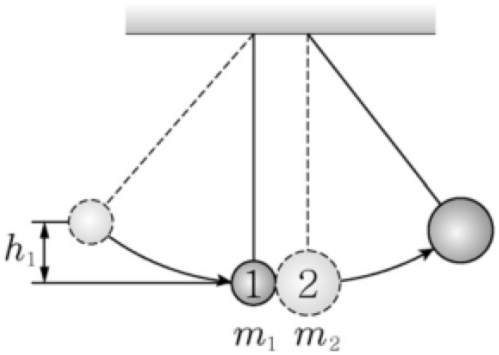
암기 포인트

음원이 다가오면 앞쪽 파장은 $\frac{v - v_s}{f}$로 짧아지고, 관측 주파수는 커진다.

NoteBase

문 11. <보기>와 같이 천장에 고정된 실에 의해 매달린 질량 $m_1 = 1\text{kg}$의 구슬이 높이 $h_1 = 1\text{m}$만큼 내려와 가장 낮은 지점을 지날 때 질량 $m_2 = 3\text{kg}$인 구슬과 탄성충돌 하였다. 이때 질량 m_2인 구슬이 올라갈 수 있는 최대 높이는?

<보기>



① 0.10m

② 0.15m

③ 0.20m

④ 0.25m

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 역학적 에너지 보존으로 충돌 직전 속도를 구하고, 1차원 탄성충돌식으로 m_2의 속도를 구한 뒤 다시 에너지 보존으로 최대 높이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $m_1 = 1kg, m_2 = 3kg, h_1 = 1m$
구해야 할 값: 충돌 후 m_2가 올라가는 최대 높이
주의할 조건: 충돌은 탄성충돌이므로 운동량과 운동에너지가 모두 보존되며, 높이는 속도에 비례하지 않고 v^2에 비례한다.

NoteBase

사용할 공식

충돌 직전 m_1의 속도는 m_1gh_1=12 m_1v_1^2 이므로 $v_1 = \sqrt{2gh_1}$ 이다.
정지한 물체와의 1차원 탄성충돌에서 m_2의 속도는 $v_2 = \frac{2m_1}{m_1+m_2}v_1$ 이다.
충돌 뒤 m_2가 올라가는 최대 높이는 12 m_2v_2^2=m_2gh_2 이므로 $h_2 = \frac{v_2^2}{2g}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 최저점까지 내려오는 과정과 충돌 후 올라가는 과정은 모두 중력 위치에너지와 운동에너지의 전환으로 처리할 수 있고, 충돌 순간은 탄성충돌식으로 연결되기 때문이다.

계산 과정

1. m_1이 $1m$ 내려오며 얻는 속도는 $v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2g}$ 이다.
2. 탄성충돌 후 m_2의 속도는 v_2=(2m_1)/(m_1+m_2)v_1=(2·1)/(1+3)v_1=12 v_1 이다.
3. 따라서 h_2=(v_2^2)/(2g)=(≤ft(12 v_1)^2)/(2g)=14·(v_1^2)/(2g)=14· h_1=14·1=0.25 m 이다.

선지별 해설

① X
- 0.10m라는 수치는 탄성충돌 후 m_2의 속도를 지나치게 작게 본 오답이다. 올바르게는 최대 높이가 $0.25m$ 이다.

② X
- 0.15m라는 수치는 충돌 직전 속도나 충돌 후 속도비를 잘못 계산한 오답이다. 올바르게는 $h_2 = 0.25m$이다.

③ X
- 0.20m라는 수치는 속도가 절반이면 높이도 비슷하게 줄어든다고 선형적으로 생각할 때 나오는 오답이다. 높이는 v^2에 비례하므로 올바르게는 $0.25m$이다.

④ O
- 계산 결과 $h_2 = 0.25m$이므로 옳다. 탄성충돌 뒤 m_2가 v_1의 절반 속도로 출발한다는 점과, 최대 높이가 그 속도의 제곱에 비례한다는 점이 함께 반영된 값이다.

오답 포인트

탄성충돌 공식을 쓰지 않고 단순히 운동량만으로 처리하거나, 속도가 절반이면 높이도 절반이라고 생각하면 오답이 나온다. 이 문제의 핵심 함정은 충돌 직후 속도 계산과 높이의 v^2 비례 관계를 분리해서 보지 못하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

진자나 낙하처럼 높이가 주어지면 먼저 에너지 보존으로 충돌 직전 속도를 구하고, 충돌 조건이 탄성인지 비탄성인지 확인한 뒤 충돌 후 속도를 계산한다. 마지막에는 그 속도를 다시 에너지 보존식에 넣어 높이나 거리로 바꾸면 된다.

NoteBase

암기 포인트

탄성충돌로 받은 속도가 12배이면 올라가는 높이는 14배가 된다.

NoteBase

문 12. 어느 파동의 변위 y를 파원으로부터의 거리 x와 시간 t에 따라 나타내었더니 $y = 2\sin(4\pi t - 2\pi x)\text{m}$ 이었다. 이 파동의 전파 속력은?

① 1m/s

② 2m/s

③ 3m/s

④ 4m/s

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 진행파의 표준형 $y = A\sin(\omega t - kx)$에서 각주파수와 파수를 읽어 전파 속력 $v = \omega/k$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $y = 2\sin(4\pi t - 2\pi x)$이다.
진폭은 2m, 각주파수는 $\omega = 4\pi$, 파수는 $k = 2\pi$이다.
구해야 할 값은 파동의 전파 속력이다.

사용할 공식

사용할 공식은 $v = \omega/k = f\lambda$이다.
이 식은 진행파를 $y = A\sin(\omega t - kx)$ 꼴로 썼을 때 시간 항의 계수 ω와 위치 항의 계수 k로 속력을 바로 구할 수 있기 때문에 사용한다.

계산 과정

1. 식 $y = 2\sin(4\pi t - 2\pi x)$를 표준형과 비교하면 $\omega = 4\pi$, $k = 2\pi$이다.
2. 전파 속력은 $v = \omega/k = (4\pi)/(2\pi) = 2$이다.
3. 따라서 전파 속력은 2m/s이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과가 2m/s이므로 1m/s는 틀리다. 틀린 표현은 속력을 1m/s로 본 부분이다. 올바르게는 전파 속력이 2m/s이다. 1m/s는 $k = 2\pi$에서 $\lambda = 1$ m만 읽고 f를 반영하지 않을 때 나오는 오답이다.
② O: $v = \omega/k = (4\pi)/(2\pi) = 2$이므로 맞다.
③ X: 계산 결과가 2m/s이므로 3m/s는 틀리다. 틀린 표현은 속력을 3m/s로 본 부분이다. 올바르게는 전파 속력이 2m/s이다. 3m/s는 계수 비교를 정확히 하지 않고 임의로 수치를 섞을 때 생기는 오답이다.
④ X: 계산 결과가 2m/s이므로 4m/s는 틀리다. 틀린 표현은 4π를 그대로 속력으로 본 부분이다. 올바르게는 ω를 k로 나누어 2m/s를 구해야 한다.

오답 포인트

시간 항의 계수 4π를 속력으로 바로 읽거나, 위치 항의 계수 2π에서 구한 파장만 보고 주파수를 빠뜨리면 오답이 된다. 이 문항은 ω와 k를 각각 읽어 $v = \omega/k$를 적용하는지를 본다.

다시 나오면 이렇게 판단

파동식이 보이면 먼저 $y = A\sin(\omega t - kx)$ 꼴인지 확인하고, 시간 계수는 ω, 위치 계수는 k로 대응시킨 뒤 $v = \omega/k$를 계산하면 된다.

암기 포인트

진행파 $A\sin(\omega t - kx)$에서는 전파 속력이 $v = \omega/k = f\lambda$이다.

NoteBase

문 13. 파장이 600nm인 빛을 방출하는 레이저를 이용하여 이중 슬릿 간섭 실험을 하였다. 슬릿 간격이 0.3mm이고 슬릿에서 스크린까지의 거리가 4m일 때, 간섭 무늬에 인접한 어두운 선 사이의 거리는?

① 2mm

② 4mm

③ 6mm

④ 8mm

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이중슬릿에서 인접한 간섭 무늬 사이 간격을 구하는 공식 $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$를 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 파장 600 nm, 슬릿 간격 0.3mm, 슬릿과 스크린 사이 거리 4m이다.
구해야 할 값은 간섭 무늬에서 인접한 어두운 선 사이의 거리이다.
인접한 어두운 선 사이 간격도 밝은 선 사이 간격과 같게 $\frac{\lambda L}{d}$로 계산된다.

사용할 공식

사용 공식은 $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$이다.
이 문제는 이중슬릿 간섭에서 스크린 위 인접한 무늬 간격을 묻는 상황이므로 무늬 간격 공식을 그대로 적용한다.

계산 과정

파장과 슬릿 간격을 SI 단위로 바꾸면 $\lambda = 600 \times 10^{-9} m = 6 \times 10^{-7} m$, $d = 0.3 \times 10^{-3} m = 3 \times 10^{-4} m$이다.
따라서 $\Delta y = \frac{\lambda L}{d} = \frac{(6 \times 10^{-7})(4)}{3 \times 10^{-4}} = 8 \times 10^{-3} m$이다.
이를 mm로 바꾸면 $8 \times 10^{-3} m = 8 mm$이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 8mm이므로 2mm는 틀리다. 틀린 표현은 '인접한 어두운 선 사이 거리가 2mm이다'이고, 올바르게는 8mm이다.
2번 X: 계산 결과는 8mm이므로 4mm는 틀리다. 틀린 표현은 '인접한 어두운 선 사이 거리가 4mm이다'이고, 올바르게는 8mm이다. 이런 값은 단위 변환을 잘못하거나 공식을 절반으로 착각할 때 나오기 쉽다.
3번 X: 계산 결과는 8mm이므로 6mm는 틀리다. 틀린 표현은 '인접한 어두운 선 사이 거리가 6mm이다'이고, 올바르게는 8mm이다.
4번 O: $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$로 계산한 값이 정확히 8mm이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

파장 600 nm와 슬릿 간격 0.3mm를 그대로 숫자만 넣으면 단위가 섞여 오답이 나온다. 또 어두운 선 사이 간격을 밝은 선 사이 간격과 다른 값으로 착각하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

이중슬릿 간섭 문제는 먼저 λ, L, d를 확인하고 단위를 m로 통일한 뒤 $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$에 대입해 무늬 간격을 계산하면 된다.

암기 포인트

이중슬릿의 인접한 밝은 선과 인접한 어두운 선 사이 간격은 모두 $\frac{\lambda L}{d}$이다.

NoteBase

문 14. 질량 m_a와 전하 $+q$를 갖고 정지해 있는 입자 A가 전위차 ΔV에 의해 가속된 후, 균일한 자기장에 의해 반지름이 R인 반원을 따라 이동한다. 질량 m_b와 전하 $+2q$를 갖고 정지해 있는 또 다른 입자 B는 같은 전위차에 의해 가속된 후 같은 자기장에 의해 반지름이 $2R$인 반원을 따라 이동할 때, 두 입자 A, B의 질량비 $\frac{m_b}{m_a}$는? (단, 두 경우 모두 전하의 속도와 자기장의 방향은 항상 수직이다.)

① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 4번

출제 포인트

같은 전위차에서 가속된 하전입자의 운동에너지와 자기장 내 원운동 반지름의 관계를 결합해 질량비를 구하는 문제이다.

조건 정리

A입자는 질량이 m_a, 전하가 $+q$, 반지름이 R이다.
B입자는 질량이 m_b, 전하가 $+2q$, 반지름이 $2R$이다.
두 입자는 같은 전위차 ΔV로 가속되고 같은 자기장 B에서 속도와 자기장이 서로 수직이다.

사용할 공식

가속 전위차로 얻는 운동에너지는 qΔ V=12 mv^2이다.
자기장 내 원운동 반지름은 $r = \frac{mv}{qB}$이다.
이 둘을 결합하면 $r = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m\Delta V}{q}}$이므로 같은 ΔV, 같은 B에서는 $r^2 \propto \frac{m}{q}$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 속도 v가 직접 주어지지 않았고, 전위차 조건으로 v를 제거해야 질량비를 바로 비교할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. A입자에 대해
$R^2 = \frac{2m_a\Delta V}{qB^2}$
2. B입자에 대해 전하가 $2q$, 반지름이 $2R$이므로
$(2R)^2 = \frac{2m_b\Delta V}{2qB^2} = \frac{m_b\Delta V}{qB^2}$
3. A식에서 $\frac{\Delta V}{qB^2} = \frac{R^2}{2m_a}$이므로 이를 B식에 대입하면
$4R^2 = \frac{m_bR^2}{2m_a}$
따라서 $8m_a = m_b$이고
$\frac{m_b}{m_a} = 8$
이므로 정답은 4번이다.

선지별 해설

① X: 질량비가 2라는 판단은 틀리다. 같은 전위차로 가속되면 두 입자의 속도가 같지 않으므로 반지름을 단순히 전하비만으로 비교할 수 없다. 틀린 표현은 '질량비가 2이다'이고, 올바르게는 '질량비가 8이다'이다.
② X: 질량비가 4라는 판단은 틀리다. 이는 $r = \frac{mv}{qB}$만 보고 속도 v가 같다고 놓을 때 나오는 대표적 오답이다. 실제로는 v가 질량과 전하에 따라 달라지므로 틀린 표현은 '질량비가 4이다'이고, 올바르게는 '질량비가 8이다'이다.
③ X: 질량비가 6이라는 판단도 틀리다. 반지름이 두 배라는 조건과 전하가 두 배라는 조건을 부분적으로만 반영하면 이런 중간값 오답이 나온다. 틀린 표현은 '질량비가 6이다'이고, 올바르게는 '질량비가 8이다'이다.
④ O: $r^2 \propto \frac{m}{q}$를 적용하면 $\frac{(2R)^2}{R^2} = \frac{m_b/(2q)}{m_a/q}$이므로 $4 = \frac{m_b}{2m_a}$이다. 따라서 $\frac{m_b}{m_a} = 8$이 되어 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 오답은 같은 전위차로 가속되었다는 사실을 보고 두 입자의 속도가 같다고 착각하는 점이다. 이 문제에서는 먼저 qΔ V=12 mv^2로 속도를 정리한 뒤 자기장 반지름 식에 넣어야 한다. 반지름이 r에 비례하는 것이 아니라 결국 r^2가 m/q에 비례한다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전위차 가속과 자기장 원운동이 함께 나오면 먼저 에너지식으로 v를 제거하고, 그다음 $r = \frac{mv}{qB}$에 대입해 $r^2 \propto \frac{m}{q}$ 형태로 바꿔 비교하면 된다. 같은 ΔV, 같은 B라는 조건이 보이면 이 비례식을 바로 떠올리면 된다.

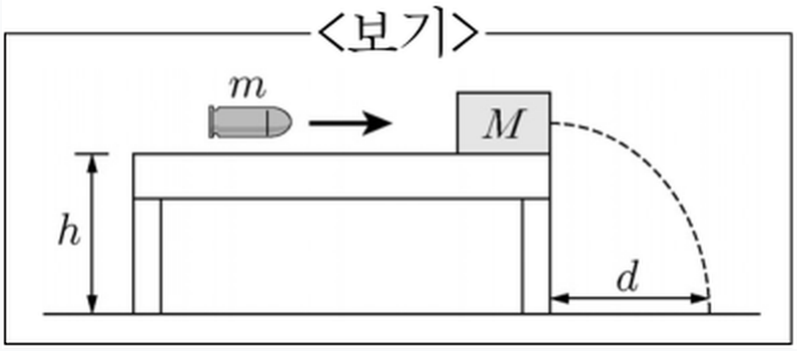
암기 포인트

같은 전위차와 같은 자기장에서는 $r^2 \propto \frac{m}{q}$이다.

NoteBase

문 15. <보기>와 같이 질량 $m = 0.5\text{kg}$인 총알이 높이 $h = 5\text{m}$인 마찰 없는 탁자 끝에 놓여 있던 질량 $M = 5\text{kg}$인 정지 상태의 나무 도막으로 발사되었다. 총알이 나무 도막에 박히고, 충돌 후 나무 도막이 탁자로부터 거리 $d = 5\text{m}$인 곳에 떨어졌을 때, 총알의 처음 속력은? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다.)

<보기>



① 11m/s

② 33m/s

③ 55m/s

④ 77m/s

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수평방향 운동량 보존과 포물선 운동의 낙하 시간을 연결해 충돌 전 총알의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 총알 질량 $m = 0.5kg$, 나무 토막 질량 $M = 5kg$, 탁자 높이 $h = 5m$, 수평거리 $d = 5m$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 충돌 전 총알의 처음 속력이다.
주의할 조건: 총알이 박히므로 완전비탄성충돌이고, 충돌 후에는 총질량 $M + m$이 같은 속도로 움직인다.

사용할 공식

낙하 시간은 $t = \sqrt{2h/g}$이다.
충돌 후 수평속력은 $V = d/t$이다.
충돌 직전과 직후의 수평방향 운동량 보존식은 $mv = (M + m)V$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 충돌 후 물체는 수평으로 날아가므로 포물선 운동으로 V를 구할 수 있고, 충돌 순간에는 수평방향 외력이 무시되어 운동량이 보존되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 낙하 시간은 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}} = 1s$이다.
2. 충돌 후 합쳐진 물체의 수평속력은 $V = \frac{d}{t} = \frac{5}{1} = 5m/s$이다.
3. 운동량 보존을 적용하면 $mv = (M+m)V$이므로 $0.5v = (5+0.5) \times 5 = 27.5$이다. 따라서 $v = 55m/s$이다.

선지별 해설

① X: 11m/s는 틀린 값이다. 충돌 후 속력 $5m/s$를 구한 뒤 질량비 $(M+m)/m = 11$을 곱해야 하므로 처음 속력은 55m/s가 된다. 틀린 표현은 "11m/s"이고, 올바르게는 "55m/s"이다.
② X: 33m/s는 틀린 값이다. 이 문항은 낙하 시간과 운동량 보존을 모두 반영해야 하며, 두 단계를 모두 적용하면 55m/s가 나온다. 틀린 표현은 "33m/s"이고, 올바르게는 "55m/s"이다.
③ O: 낙하 시간 1 s, 충돌 후 수평속력 5m/s, 운동량 보존식 $0.5v = 5.5 \times 5$를 차례로 적용하면 $v = 55m/s$가 되어 옳다.
④ X: 77m/s는 틀린 값이다. 충돌 후 수평속력은 거리 5m와 낙하 시간 1 s로부터 5m/s이어야 하므로 이보다 큰 77m/s는 운동량 보존 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 "77m/s"이고, 올바르게는 "55m/s"이다.

오답 포인트

자주 틀리는 지점은 충돌 후 속력과 충돌 전 속력을 같은 값으로 두는 실수이다. 또 자유낙하 시간 $t = \sqrt{2h/g}$를 빼먹거나, 총알이 박힌 뒤 질량이 $M+m$으로 바뀐다는 점을 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

수평 발사 뒤 충돌이 이어지는 문제는 먼저 낙하 시간으로 충돌 후 속력을 구하고, 그다음 완전비탄성충돌의 운동량 보존식으로 충돌 전 속력을 거꾸로 구하면 된다.

암기 포인트

완전비탄성충돌은 "충돌 후 함께 움직인다 → $mv = (M+m)V$"로 정리되고, 탁자에서 수평으로 떨어지면 낙하 시간은 $t = \sqrt{2h/g}$로 구해진다.

NoteBase

문 16. 카르노(carnot) 기관이 두 온도 $T_{\mathrm{H}} = 600\mathrm{K},\ T_{\mathrm{L}} = 300\mathrm{K}$ 사이에서 작동하고, 한 순환과정당 $1{,}200\mathrm{J}$의 일을 한다. 매 순환과정마다 고온과 저온의 열저장고에서 뽑아내는 열에너지 $|Q_{\mathrm{H}}|$과 $|Q_{\mathrm{L}}|$ 각각의 크기는?

① $1{,}200\mathrm{J},\ 800\mathrm{J}$

② $2{,}400\mathrm{J},\ 1{,}200\mathrm{J}$

③ $3{,}000\mathrm{J},\ 1{,}600\mathrm{J}$

④ $3{,}600\mathrm{J},\ 1{,}800\mathrm{J}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 카르노 기관의 효율 $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$와 일-열 관계 $W = Q_H - Q_L$를 이용해 $|Q_H|$와 $|Q_L|$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $T_H = 600K$, $T_L = 300K$, 한 순환에서 한 일 $W = 1200J$이다.
구해야 할 값: 고온 열저장고에서 흡수한 열 $|Q_H|$와 저온 열저장고로 방출한 열 $|Q_L|$이다.
주의할 조건: 카르노 기관이므로 효율은 온도만으로 결정된다.

사용할 공식

카르노 기관의 효율은 $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = \frac{W}{Q_H}$이다.
또한 한 순환에서 에너지 보존식은 $W = Q_H - Q_L$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 두 열저장고의 온도와 한 순환의 일이 주어졌으므로, 먼저 카르노 효율로 Q_H를 구하고 그다음 에너지 보존으로 Q_L를 구할 수 있다.

계산 과정

1. 효율을 구하면 $\eta = 1 - \frac{300}{600} = \frac{1}{2}$이다.
2. $\eta = \frac{W}{Q_H}$이므로 $\frac{1}{2} = \frac{1200}{Q_H}$에서 $Q_H = 2400J$이다.
3. $Q_L = Q_H - W = 2400 - 1200 = 1200J$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $|Q_H|$가 1,200 J이면 $W = Q_H$가 되어 $Q_L = 0$이어야 하므로 주어진 온도 차가 있는 카르노 기관과 맞지 않는다. 틀린 표현은 $|Q_H| = 1200J$이며, 올바르게는 $|Q_H| = 2400J$, $|Q_L| = 1200J$이다.
2번 O: 계산 결과 $|Q_H| = 2400J$, $|Q_L| = 1200J$이므로 정답이다.
3번 X: 3,000 J와 1,600 J는 차가 1,400 J이어서 문제의 일 1,200 J와 맞지 않는다. 틀린 표현은 두 열량 값 모두이며, 올바르게는 $|Q_H| = 2400J$, $|Q_L| = 1200J$이다.
4번 X: 3,600 J와 1,800 J는 비율 $\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{1}{2}$는 맞지만 차가 1,800 J이어서 주어진 일과 맞지 않는다. 틀린 표현은 한 순환의 일과 연결된 열량 크기이며, 올바르게는 $|Q_H| = 2400J$, $|Q_L| = 1200J$이다.

오답 포인트

효율이 $\frac{1}{2}$라는 사실만 보고 $Q_L = \frac{1}{2}Q_H$만 맞추고, 동시에 $W = Q_H - Q_L = 1200J$ 조건을 다시 대입하지 않으면 4번 같은 오답에 끌리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

카르노 기관 문제는 먼저 $1 - \frac{T_L}{T_H}$로 효율을 구하고, 그다음 $\eta = \frac{W}{Q_H}$로 흡수열을 찾은 뒤, 마지막에 $Q_H - Q_L = W$로 방출열을 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

카르노 기관은 $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$, 그리고 항상 $W = Q_H - Q_L$이다.

NoteBase

문 17. 발전소에서 전기를 보낼 때 송전선의 저항으로 전력 손실이 발생한다. 발전소에서 변전소까지 송전선의 전압을 220 V로 보낼 때 손실되는 전력을 P라 하면, 송전선의 전압이 22,000V일 때 손실되는 전력은?

① $P/10{,}000$

② $P/100$

③ P

④ $100P$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 같은 전력을 보낼 때 송전 전압을 높이면 전류가 줄고, 송전선 손실 전력은 I^2R에 따라 전압의 제곱에 반비례하여 감소한다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 220 V로 보낼 때 손실 전력은 P이다.
구해야 할 값: 22,000 V로 보낼 때의 손실 전력이다.
주의할 조건: 보내는 전력 자체는 같고, 바뀌는 것은 송전 전압이므로 전류 변화부터 봐야 한다.

사용할 공식

송전 전력이 일정하면 전류는 $I = \frac{W}{V}$ 이고, 손실 전력은 $P_{loss} = I^2R$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 송전선 저항에 의한 손실이 전류의 제곱에 비례하기 때문이다. 따라서 같은 전력을 보낼 때는 $I \propto 1/V$, $P_{loss} \propto 1/V^2$ 관계를 바로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 송전 전압은 220 V에서 22,000 V로 되어 100배가 된다.
2. 같은 전력을 보내면 전류는 전압에 반비례하므로 1/100배가 된다.
3. 손실 전력은 I^2R 이므로 $(1/100)^2 = 1/10{,}000$배가 된다.
4. 따라서 새 손실 전력은 $P/10{,}000$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 송전 전압을 100배로 높이면 전류는 1/100배, 손실 전력은 1/10,000배가 된다. 따라서 손실 전력은 $P/10{,}000$이 맞다.
② X: 틀린 표현은 손실이 $P/100$이 된다는 부분이다. 이것은 손실이 전압에 1차 반비례한다고 착각한 값이고, 올바르게는 전류의 제곱이 들어가므로 $P/10{,}000$이 된다.
③ X: 틀린 표현은 손실이 그대로 P라는 부분이다. 송전 전압이 100배 커지면 전류가 크게 줄어 손실도 감소하므로, 올바르게는 $P/10{,}000$이 된다.
④ X: 틀린 표현은 손실이 $100P$로 커진다는 부분이다. 이는 전압을 높이면 손실도 커진다고 반대로 이해한 경우이고, 실제로는 전류가 줄어 손실이 1/10,000배로 감소한다. 올바르게는 $P/10{,}000$이다.

오답 포인트

전류가 전압에 반비례한다는 사실은 떠올리면서도 손실 전력에서 I^2를 빼먹으면 ②처럼 $P/100$을 고르게 된다. 전압을 높이면 손실이 커질 것이라는 직관적 착각을 하면 ④로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

송전 손실 문제는 먼저 같은 송전 전력인지 확인하고, 그다음 $I = W/V$로 전류 변화 비율을 구한 뒤 $P_{loss} = I^2R$에 제곱까지 반영해 판단한다.

암기 포인트

같은 전력을 보낼 때 송전 손실은 전압의 제곱에 반비례하므로 고전압 송전일수록 손실이 크게 줄어든다.

NoteBase

문 18. 초점거리 1m인 볼록거울이 있다. 이 거울에서부터 4m 앞에 키 1m인 어린이가 서 있을 때 볼록거울을 통해 비친 어린이 모습의 키는?

① 20cm

② 80cm

③ 100cm

④ 120cm

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 볼록거울의 거울식과 배율을 이용해 상의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초점거리 1m인 볼록거울, 물체와 거울 사이 거리 4m, 어린이의 키 1m이다.
구해야 할 값: 거울에 비친 어린이 모습의 키이다.
주의할 조건: 볼록거울의 초점거리는 부호를 붙이면 $f = -1m$이고, 상은 허상이므로 상거리 d_i도 음수로 나온다.

사용할 공식

거울식은 $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$이고, 배율은 $m = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 거울 앞 물체의 위치와 초점거리가 주어졌고, 최종적으로 상의 크기를 물으므로 먼저 상거리 d_i를 구한 뒤 배율로 상의 높이 h_i를 구해야 한다.

계산 과정

1. 볼록거울이므로 $f = -1m$, 물체거리는 $d_o = 4m$이다.
2. 거울식에 대입하면 $\frac{1}{-1} = \frac{1}{4} + \frac{1}{d_i}$이다.
3. 따라서 $\frac{1}{d_i} = -1 - \frac{1}{4} = -\frac{5}{4}$이므로 $d_i = -\frac{4}{5} = -0.8m$이다.
4. 배율은 $m = -\frac{d_i}{d_o} = -\frac{-0.8}{4} = 0.2$이다.
5. 상의 높이는 $h_i = mh_o = 0.2 \times 1m = 0.2m = 20cm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 상의 높이는 20cm이므로 옳다.

② X
- 80cm는 상거리의 크기 $0.8m$를 그대로 배율처럼 잘못 읽은 값이다.
- 틀린 표현은 상의 키를 80cm로 본 점이다. 올바르게는 배율 0.2를 원래 키 1m에 곱한 20cm이다.

③ X
- 100cm는 거울에 비친 상의 크기가 원래 물체와 같다고 본 값인데, 볼록거울의 상은 항상 축소된다.
- 틀린 표현은 상의 키가 원래 키와 같다는 점이다. 올바르게는 상의 키가 20cm로 줄어든다.

④ X
- 120cm는 볼록거울에서 상이 확대된다고 오해한 값이다. 볼록거울은 항상 정립된 축소 허상을 만든다.
- 틀린 표현은 상의 키를 120cm로 본 점이다. 올바르게는 상의 키가 20cm이다.

오답 포인트

볼록거울 문제에서는 상거리의 절댓값과 배율을 혼동하기 쉽다. $d_i = -0.8m$라는 결과가 나와도 상의 크기는 $0.8m$가 아니라 배율 0.2를 다시 구해 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

거울의 종류를 먼저 확인해 초점거리 부호를 정한 뒤, 거울식으로 상거리를 구하고 마지막에 배율 $m = -\frac{d_i}{d_o}$로 상의 크기를 계산하면 된다.

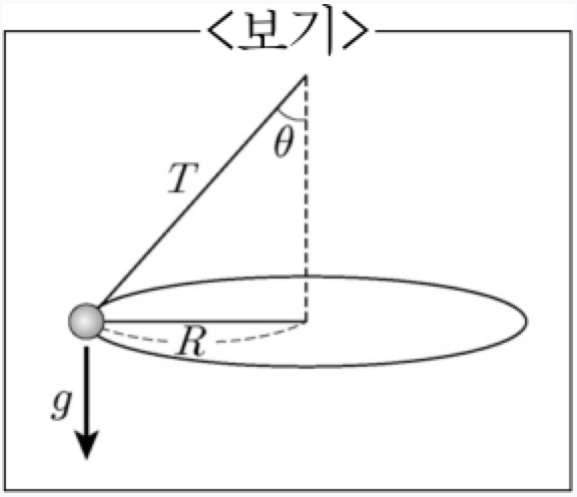
암기 포인트

볼록거울은 항상 정립된 축소 허상을 만들므로 배율의 크기는 1보다 작다.

NoteBase

문 19. <보기>와 같이 질량 M인 물체가 실에 매달려 그림처럼 평면에서 원운동할 때, 물체의 회전 주기는?

<보기>



① $\pi\sqrt{\frac{R\cos\theta}{g}}$
② $2\pi\sqrt{\frac{R\sin\theta}{g}}$
③ $2\pi\sqrt{\frac{R}{g\tan\theta}}$
④ $2\pi\sqrt{\frac{g\tan\theta}{R}}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 원뿔진자에서 장력의 수직 성분과 수평 성분을 나누어 원운동 조건을 세운 뒤 회전 주기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 질량 M, 회전 반지름 R, 줄과 연직선이 이루는 각 θ이다.
구해야 할 값은 회전 주기이다.
주의할 조건은 줄의 장력 T가 수직 방향에서는 중력을 버티고, 수평 방향에서는 구심력을 제공한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

$T\cos\theta = Mg, \quad T\sin\theta = \frac{Mv^2}{R}$
따라서
$\tan\theta = \frac{v^2}{Rg}$
이고 회전 주기 P는
$P = \frac{2\pi R}{v}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 물체가 높이를 유지한 채 수평면에서 등속 원운동하므로, 수직 방향 평형과 수평 방향 구심력 조건을 함께 써야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 장력 식을 나누면 $\tan\theta = v^2/(Rg)$이므로 $v^2 = Rg\tan\theta$이다.
2. 따라서 $v = \sqrt{Rg\tan\theta}$이다.
3. 이를 $P = 2\pi R/v$에 대입하면
$P = \frac{2\pi R}{\sqrt{Rg\tan\theta}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g\tan\theta}}$
가 된다.

선지별 해설

① X. $\pi\sqrt{R\cos\theta/g}$는 원뿔진자의 구심력 조건 $v^2 = Rg\tan\theta$를 반영하지 못한 식이다. 틀린 표현은 $\tan\theta$가 들어가야 할 자리에 $\cos\theta$가 들어가 있고 2π도 빠진 점이다. 올바르게는 $2\pi\sqrt{R/(g\tan\theta)}$이다.
② X. $2\pi\sqrt{R\sin\theta/g}$는 반지름 R과 각도 θ의 기하 관계만 섞고 실제 원운동 속도 조건을 빠뜨린 식이다. 틀린 표현은 주기를 $R\sin\theta$에 비례한다고 본 점이다. 올바르게는 $v^2 = Rg\tan\theta$에서 출발해 $2\pi\sqrt{R/(g\tan\theta)}$를 얻어야 한다.
③ O. $v^2 = Rg\tan\theta$, $P = 2\pi R/v$를 차례로 쓰면 $P = 2\pi\sqrt{R/(g\tan\theta)}$가 된다. 제시식과 일치하므로 옳다.
④ X. $2\pi\sqrt{g\tan\theta/R}$는 정답식의 분자와 분모를 뒤집은 식이다. 이 식은 차원도 시간의 역수에 해당하여 주기가 될 수 없다. 올바르게는 $2\pi\sqrt{R/(g\tan\theta)}$이다.

오답 포인트

줄의 길이, 반지름, 각도 관계만 보고 단순진자 공식처럼 처리하면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 $R\sin\theta$, $R\cos\theta$ 같은 기하량에만 매달려 구심력 식 $T\sin\theta = Mv^2/R$를 빼먹게 만드는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

원뿔진자 문제는 먼저 수직 방향에서 $T\cos\theta = Mg$, 수평 방향에서 $T\sin\theta = Mv^2/R$를 세운다. 그다음 $v^2 = Rg\tan\theta$를 만든 뒤 주기 공식 $P = 2\pi R/v$에 넣어 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

원뿔진자는 $\tan\theta = v^2/(Rg)$만 만들면 끝까지 풀린다. 주기는 $P = 2\pi\sqrt{R/(g\tan\theta)}$이다.

NoteBase

문 20. 단원자 분자로 된 온도 300 K의 이상기체 4 mol이 단열상태로 일정한 부피의 용기에 담겨 있으며 이 용기 내부에는 20Ω의 저항체가 들어 있다. 용기 속 저항체에 5A의 전류를 1분간 흐르게 하였을 때 기체의 온도는 처음 온도의 약 몇 배인가? (단, 기체 상수는 $8.3\mathrm{J/mol\cdot K}$이다.)

① 약 2배

② 약 3배

③ 약 4배

④ 약 5배

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단원자 이상기체의 내부에너지식과 저항의 줄열 I^2Rt를 연결하여 최종 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $n = 4mol$, $T_0 = 300K$, $R = 8.3J/(mol\cdot K)$, 저항 20Ω, 전류 $5A$, 시간 1분이다.
구해야 할 값: 최종 온도 T_f와 T_f/T_0이다.
주의할 조건: 단열이므로 외부와의 열교환은 없고, 부피가 일정하므로 기체가 하는 팽창일도 없다. 저항에 공급된 전기에너지가 그대로 기체의 내부에너지 증가로 간주된다.

사용할 공식

저항에서 발생한 에너지는 $E = I^2Rt$이다.
단원자 이상기체의 내부에너지 변화는 $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$이다.
이 문항은 단원자 이상기체이고 온도 변화에 따른 내부에너지 증가만 묻고 있으므로, 저항에서 생긴 에너지와 내부에너지 증가를 같게 두면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 저항에서 발생한 에너지는
$E = I^2Rt = (5)^2 \cdot 20 \cdot 60 = 30000J$
이다.
2. 이 에너지가 내부에너지 증가이므로
$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = 30000$
이다.
3. 따라서
$\Delta T = \frac{30000}{\frac{3}{2} \cdot 4 \cdot 8.3} = \frac{30000}{49.8} \approx 602K$
이다.
4. 최종 온도는 $T_f = 300 + 602 \approx 902K$이므로
$\frac{T_f}{T_0} = \frac{902}{300} \approx 3.01$
이다. 따라서 처음 온도의 약 3배이다.

선지별 해설

① X: 선지의 "약 2배"가 틀렸다. 계산하면 최종 온도는 약 3.01배이므로 올바른 표현은 "약 3배"이다. 약 2배는 내부에너지 증가량을 지나치게 작게 잡은 경우의 오답이다.
② O: I^2Rt로 구한 전기에너지를 $\frac{3}{2}nR\Delta T$에 대입하면 $T_f/T_0 \approx 3.01$이 된다. 따라서 "약 3배"가 맞다.
③ X: 선지의 "약 4배"가 틀렸다. 올바르게는 "약 3배"이다. 이 값은 단원자 기체의 내부에너지를 잘못하여 $U = nRT$처럼 취급하면 나오기 쉬운 오답이다.
④ X: 선지의 "약 5배"가 틀렸다. 올바르게는 "약 3배"이다. 전기에너지는 30000 J이지만 초기 내부에너지 $\frac{3}{2}nRT_0 \approx 14940J$를 고려하면 최종 온도비는 5배까지 올라가지 않는다.

오답 포인트

단열이라는 말만 보고 $Q = 0$이므로 온도 변화가 없다고 오해하기 쉽다. 이 문항은 외부 열유입은 없지만 저항에 공급된 전기에너지가 내부에너지로 들어간다는 점이 핵심이다. 또 단원자 기체에서 내부에너지가 $\frac{3}{2}nRT$라는 점을 놓치면 ③ 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

용기 속 저항이나 전열장치가 등장하면 먼저 들어간 에너지를 I^2Rt 또는 전력식으로 구한다. 그다음 부피 조건을 보고 일의 유무를 판단한 뒤, 기체 종류에 맞는 내부에너지식 $\Delta U = nC_V\Delta T$를 연결하면 된다.

암기 포인트

단원자 이상기체는 $U = \frac{3}{2}nRT$이고, 일정 부피에서는 들어간 에너지가 곧 내부에너지 증가량이 된다.

NoteBase