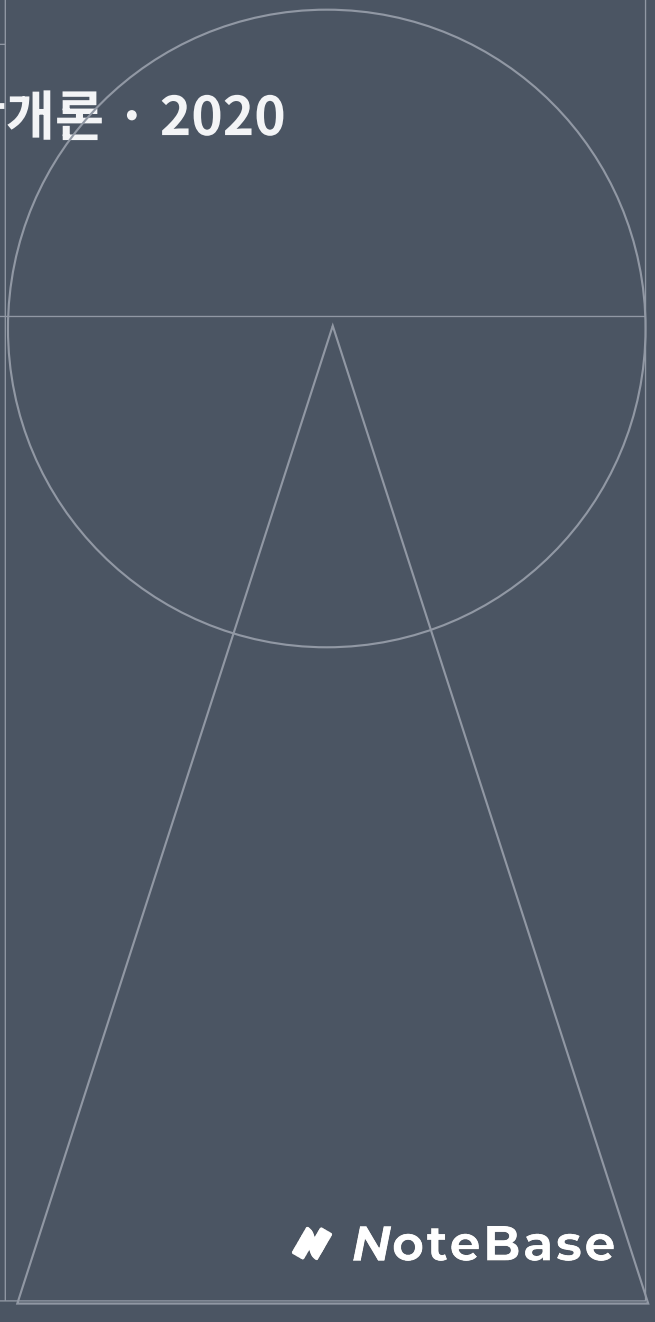
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2020

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2020

문 1. 어떤 입자의 위치와 운동량을 동시에 측정하는 것은 불가능하다는 내용을 설명하는 것은?

① 불확정성 원리

② 상대성 이론

③ 배타 원리

④ 광전 효과

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 현대물리의 대표 원리와 그 의미를 정확히 연결하는지를 묻는 문제이다.

핵심 정리

불확정성 원리는 입자의 위치와 운동량을 동시에 임의의 정밀도로 확정할 수 없다는 양자역학의 원리이다.
상대성 이론은 빛의 속도 불변을 바탕으로 시간과 공간이 관측자에 따라 다르게 나타남을 설명하는 이론이다.
배타 원리는 같은 양자상태를 두 전자가 함께 차지할 수 없다는 원리이다.
광전 효과는 일정 진동수 이상의 빛이 금속 전자를 밖으로 튀어나오게 하는 현상이다.

선지별 해설

① O: 위치와 운동량을 동시에 정확히 정할 수 없다는 설명은 하이젠베르크의 불확정성 원리를 가리킨다.
② X: 틀린 부분은 상대성 이론과 연결한 점이다. 상대성 이론은 고속 운동에서 시간 지연, 길이 수축, 질량과 에너지의 관계 등을 설명하는 이론이다.
③ X: 틀린 부분은 배타 원리와 연결한 점이다. 배타 원리는 동일한 양자상태에 같은 종류의 페르미온이 함께 있을 수 없다는 내용이지 위치와 운동량의 동시 측정 한계를 설명하는 원리가 아니다.
④ X: 틀린 부분은 광전 효과와 연결한 점이다. 광전 효과는 빛을 받은 금속에서 전자가 방출되는 현상을 말하며, 위치와 운동량의 동시 측정 불가능성과는 다른 개념이다.

NoteBase

오답 포인트

선지들이 모두 현대물리의 익숙한 용어라서 이름만 보고 혼동하기 쉽다. 문장에 위치와 운동량이 함께 나오면 불확정성 원리를 떠올려야 하고, 배타 원리는 같은 상태 금지, 광전 효과는 전자 방출, 상대성 이론은 시공간과 광속 불변으로 구분된다.

다시 나오면 이렇게 판단

설명 문장에 위치와 운동량의 동시 확정 불가가 나오면 양자역학의 측정 한계를 말하는 불확정성 원리로 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

위치-운동량 동시확정 불가 = 불확정성 원리, 같은 상태 금지 = 배타 원리, 빛에 의한 전자 방출 = 광전 효과이다.

NoteBase

문 2. 레이저 빛에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 고도로 결맞은 빛이다.

② 방향성이 좋아서 거의 퍼지지 않는다.

③ 백열등 빛보다 넓은 파장 폭을 가지고 있다.

④ 들뜬 상태 원자의 유도방출로 생성된다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 레이저와 일반 광원의 차이, 특히 단색성·결맞음·방향성·유도방출의 의미를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

레이저는 유도방출로 증폭되어 나오는 빛으로, 단색성이 크고 위상 관계가 잘 유지되며 진행 방향이 잘 정렬된 빛이다.
백열등 빛은 열복사에 가까운 일반 광원으로 여러 파장이 넓게 섞인 연속적인 스펙트럼을 가진다.
따라서 레이저는 백열등보다 파장 폭이 넓은 빛이 아니라 훨씬 좁은 파장 폭을 가진 빛이다.

선지별 해설

① O
고도로 결맞은 빛이라는 설명은 옳다. 레이저는 파동의 위상 관계가 잘 유지되어 결맞음이 큰 빛이다.

② O
방향성이 좋아서 거의 퍼지지 않는다는 설명은 옳다. 레이저는 발산각이 매우 작아 멀리까지 거의 평행하게 진행한다.

③ X
틀린 부분은 "백열등 빛보다 넓은 파장 폭"이다. 실제로는 레이저는 거의 단일 파장에 가까운 빛이어서 백열등보다 훨씬 좁은 파장 폭을 가진다.

④ O
들뜬 상태의 원자에서의 유도방출로 생성된다는 설명은 옳다. 레이저의 핵심 원리는 들뜬 입자가 들어온 빛에 의해 같은 위상과 에너지를 가진 빛을 추가로 내는 유도방출이다.

NoteBase

오답 포인트

③은 레이저의 단색성과 백열등의 넓은 연속 스펙트럼을 서로 뒤바꾼 선지이다. 레이저를 밝고 강한 빛 정도로만 기억하면 파장 폭이 넓다고 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

레이저 관련 선지가 나오면 유도방출, 높은 결맞음, 좋은 방향성, 매우 좁은 파장 폭의 네 가지 키워드를 먼저 대조하면 된다. 일반 광원과 비교할 때는 넓다·좁다를 뒤집은 표현이 함정이 된다.

암기 포인트

레이저는 유도방출로 생기며 단색성·결맞음·방향성이 큰 빛이다.

NoteBase

문 3. 용수철에 매달린 물체가 단순 조화 진동을 한다. 이 물체의 운동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 운동에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 합은 일정하다.

② 평형 위치에서 멀어질수록 속력은 줄어든다.

③ 변위가 최대일 때 물체의 가속도 크기는 최대가 된다.

④ 작용하는 힘의 크기는 변위의 제곱에 비례한다.

정답 4번

출제 포인트

단순 조화 진동에서 변위 x, 복원력 $F=-kx$, 가속도 $a=-\omega^2 x$, 속력과 에너지의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

복원력은 평형 위치로 되돌리려는 힘이며 크기는 $|F|=k|x|$이다.
가속도는 $a=-\omega^2 x$이므로 변위의 크기에 비례하고 방향은 항상 평형점 쪽이다.
속력은 평형점에서 최대이고 양 끝점에서 0이며, 역학적 에너지는 운동에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 합으로 일정하다.

선지별 해설

① O: 마찰과 감쇠를 무시한 용수철 진동에서는 운동에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 합인 역학적 에너지가 일정하다.
② O: 평형 위치에서 가장 빠르고, 평형 위치에서 멀어질수록 탄성 퍼텐셜 에너지가 커지므로 속력은 줄어든다.
③ O: $a=-\omega^2 x$이므로 변위의 크기 $|x|$가 최대인 양 끝점에서 가속도 크기도 최대가 된다.
④ X: 틀린 부분은 "변위의 제곱에 비례한다"이다. 단순 조화 진동의 복원력 크기는 $|F|=k|x|$로 변위의 크기에 비례하며, 올바르게는 "작용하는 힘의 크기는 변위의 크기에 비례한다"이다.

오답 포인트

④는 탄성 퍼텐셜 에너지 $U=\frac{1}{2}kx^2$의 x^2 관계를 힘에도 그대로 적용하면 틀리기 쉽다. 에너지는 변위의 제곱에 비례하지만 힘과 가속도는 변위 자체에 비례한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단순 조화 진동 선지는 에너지, 속력, 가속도, 복원력을 분리해서 보면 된다. 에너지는 x^2, 복원력과 가속도는 x, 속력은 평형점에서 최대라는 기준으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

단순 조화 진동은 $U\sim x^2$, $|F|\sim|x|$, $|a|\sim|x|$, v는 평형점에서 최대이다.

NoteBase

문 4. 온도가 T_1, T_2인 두 열원 사이에서 작동하는 카르노 기관이 있다. 이 기관의 효율이 가장 높은 두 열원의 온도[K] 조합은?

① T_1: 50, T_2: 200

② T_1: 100, T_2: 300

③ T_1: 200, T_2: 500

④ T_1: 300, T_2: 600

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 카르노 기관의 효율식으로 두 열원의 온도비를 비교하여 효율이 가장 큰 조합을 찾는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 각 선택지의 T_1, T_2 값이다.
- 구해야 할 값: 카르노 기관의 효율이 가장 큰 온도 조합이다.
- 주의할 조건: 온도는 절대온도 K로 주어졌고, 효율은 높은 열원과 낮은 열원의 비 T_1/T_2가 작을수록 커진다.

사용할 공식

$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$

이 공식은 카르노 기관의 효율이 고온 열원과 저온 열원의 절대온도로만 결정되기 때문에 사용한다. 이 문제의 모든 선택지는 $T_2 > T_1$이므로 T_1을 저온 열원, T_2를 고온 열원으로 두고 바로 비교할 수 있다.

계산 과정

1. 각 선택지에서 T_1/T_2를 계산한다.
2. $\eta = 1 - T_1/T_2$에 대입해 효율을 구한다.
3. 효율값이 가장 큰 선택지를 고른다.

$\eta_1 = 1 - \frac{50}{200} = 0.75$

$\eta_2 = 1 - \frac{100}{300} = \frac{2}{3}$

$\eta_3 = 1 - \frac{200}{500} = 0.60$

$\eta_4 = 1 - \frac{300}{600} = 0.50$

가장 큰 값은 0.75이므로 1번이 정답이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- $\eta = 1 - 50/200 = 0.75$이다. 네 선택지 중 효율이 가장 크므로 옳다.

② X
- $\eta = 1 - 100/300 = 2/3$이다. 1번의 0.75보다 작으므로 가장 높은 효율 조합이 아니다.
- 틀린 표현은 "가장 높은 효율 조합이 $100K$, $300K$이다"에 해당한다. 올바르게는 $50K$, $200K$ 조합이 가장 높은 효율이다.

③ X
- $\eta = 1 - 200/500 = 0.60$이다. 1번보다 효율이 낮다.
- 틀린 표현은 "가장 높은 효율 조합이 $200K$, $500K$이다"에 해당한다. 올바르게는 $50K$, $200K$ 조합이 가장 높은 효율이다.

④ X
- $\eta = 1 - 300/600 = 0.50$이다. 네 선택지 중 가장 낮은 효율이므로 틀리다.
- 틀린 표현은 "가장 높은 효율 조합이 $300K$, $600K$이다"에 해당한다. 올바르게는 $50K$, $200K$ 조합이 가장 높은 효율이다.

오답 포인트

절대온도 차이 $T_2 - T_1$만 크게 보면 효율이 클 것이라고 오해하기 쉽다. 카르노 효율은 차이 자체보다 비율 T_1/T_2에 의해 결정되므로, ③은 온도 차가 300K로 가장 커 보여도 효율은 ①보다 낮다.

다시 나오면 이렇게 판단

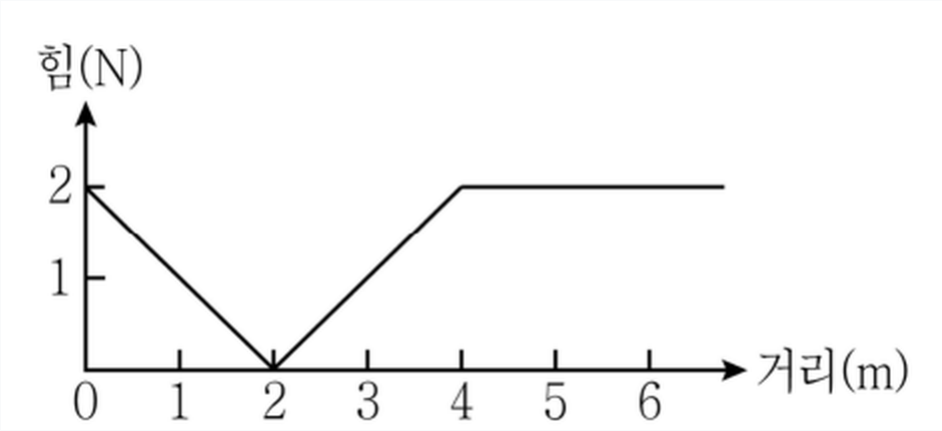
카르노 기관 문제는 먼저 효율식 $\eta = 1 - T_{low}/T_{high}$를 떠올린다. 그다음 낮은 온도와 높은 온도의 비가 가장 작은 선택지를 고르면 된다.

암기 포인트

카르노 효율은 온도차보다 온도비가 핵심이며, T_{low}/T_{high}가 작을수록 효율이 크다.

NoteBase

문 5. 질량이 1kg이고 원점에 정지해 있던 물체에 그래프와 같이 힘이 가해졌다. 6m 지점에서 물체의 속력 [m/s]은? (단, 마찰력과 공기 저항은 무시하고, 힘의 방향은 일정하며, 물체는 힘의 방향으로 직선상에서 움직인다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

출제 포인트

힘-거리 그래프의 넓이로 일을 구하고, 일-에너지 정리로 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량은 1kg, 처음 속력은 0, 힘은 이동 방향과 같고 마찰은 없다.
구해야 할 값: 6m 지점에서의 속력이다.
주의할 조건: 힘이 거리와 함께 변하므로 힘-거리 그래프 아래 넓이를 전체 일로 계산해야 한다.

사용할 공식

일은 힘-거리 그래프 아래 넓이이므로 $W = \int F dx$로 본다. 또한 일-에너지 정리에 따라
$W = \Delta K = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 힘의 방향이 일정하고 물체가 그 방향으로 직선 운동하므로 그래프 아래 넓이가 그대로 물체에 한 일이며, 처음 정지 상태이므로 그 일이 전부 운동에너지 증가량이 된다.

NoteBase

계산 과정

0m부터 2m까지는 힘이 2N에서 0N으로 일정하게 줄어드는 구간으로, 그래프가 시작점 높이 2, 끝점 높이 0인 삼각형을 이룬다. 따라서 넓이는 밑변 2, 높이 2인 삼각형이므로 $W_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times 2 = 2J$이다.
2m부터 4m까지는 힘이 0N에서 2N으로 다시 일정하게 커지는 구간으로, 시작점 높이 0, 끝점 높이 2인 삼각형을 이룬다. 이 삼각형도 밑변 2, 높이 2이므로 $W_2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 2 = 2J$이다.
4m부터 6m까지는 힘이 2N으로 일정한 수평 구간이므로 가로 2, 세로 2인 직사각형이며, 넓이는 $W_3 = 2 \times 2 = 4J$이다.
따라서 전체 일은 $W = W_1 + W_2 + W_3 = 2 + 2 + 4 = 8J$이다.
처음 정지이므로 $8 = \frac{1}{2} \times 1 \times v^2$이고, $v^2 = 16$, $v = 4m/s$이다.

선지별 해설

① X: 2m/s는 운동에너지가 $\frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 = 2J$일 때의 속력이다. 이 문제의 전체 일은 8J이므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 속력을 2m/s로 본 점이고, 올바르게는 전체 그래프 넓이 8J를 써서 4m/s로 구해야 한다.
② O: 전체 일이 8J이고 처음 정지이므로 $\frac{1}{2}mv^2 = 8$에서 $v = 4m/s$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
③ X: 6m/s라면 운동에너지는 $\frac{1}{2} \times 1 \times 6^2 = 18J$이어야 한다. 그래프에서 얻는 일은 8J뿐이므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 속력을 6m/s로 본 점이고, 올바르게는 4m/s이다.
④ X: 8은 속력이 아니라 그래프 아래 넓이로 구한 일의 값 8J이다. 일을 그대로 속력으로 읽으면 안 된다. 틀린 표현은 속력을 8m/s로 본 점이고, 올바르게는 일 8J로부터 속력 4m/s를 구해야 한다.

오답 포인트

힘-거리 그래프 문제에서 세로축 값 2N이나 전체 넓이 8J를 바로 속력으로 착각하기 쉽다. 또 삼각형 두 개와 직사각형 하나를 모두 더하지 않고 일부 구간만 계산하면 2m/s 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

힘-거리 그래프가 나오면 먼저 전체 넓이로 일을 구하고, 그다음 $W = \Delta K$를 적용해 속력이나 에너지를 연결하면 된다. 정지 출발이면 $W = \frac{1}{2}mv^2$로 바로 이어진다.

암기 포인트

힘-거리 그래프의 넓이는 일이고, 정지 출발이면 일은 곧 $\frac{1}{2}mv^2$이다.

NoteBase

문 6. 중력상수(G)와 Planck 상수(h)의 단위를 각각 올바르게 표시한 것은?

① G: $\mathrm{kg}^{-1}\cdot\mathrm{m}^{3}\cdot\mathrm{sec}^{-2}$, h: $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{2}\cdot\mathrm{sec}^{-1}$

② G: $\mathrm{kg}^{-1}\cdot\mathrm{m}^{3}\cdot\mathrm{sec}^{-2}$, h: $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{sec}$

③ G: $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{2}\cdot\mathrm{sec}^{-2}$, h: $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{2}\cdot\mathrm{sec}^{-1}$

④ G: $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{2}\cdot\mathrm{sec}^{-2}$, h: $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{sec}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중력상수 G와 Planck 상수 h의 정의식에서 단위를 유도할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: G와 h의 단위 후보 4개이다.
구해야 할 값: 각 상수의 올바른 SI 단위이다.
주의할 조건: 힘 F의 단위는 $N = kg\cdot m\cdot s^{-2}$, 에너지 E의 단위는 $J = kg\cdot m^{2}\cdot s^{-2}$, 진동수 ν의 단위는 s^{-1}이다.

사용할 공식

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$, $E = h\nu$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: G는 만유인력 법칙에서, h는 광자 에너지식에서 직접 정의되므로 단위를 가장 바로 유도할 수 있다.

계산 과정

1. $G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}$이므로 단위는 $\frac{(kg\cdot m\cdot s^{-2})\cdot m^2}{kg^2} = kg^{-1}\cdot m^{3}\cdot s^{-2}$이다.
2. $h = \frac{E}{\nu}$이므로 단위는 $\frac{kg\cdot m^2\cdot s^{-2}}{s^{-1}} = kg\cdot m^{2}\cdot s^{-1}$이다.
3. 따라서 G는 $kg^{-1}\cdot m^{3}\cdot s^{-2}$, h는 $kg\cdot m^{2}\cdot s^{-1}$이어야 한다.

선지 판단

1번: O. G를 $kg^{-1}\cdot m^{3}\cdot s^{-2}$, h를 $kg\cdot m^{2}\cdot s^{-1}$로 써서 둘 다 정확하다.
2번: X. 틀린 표현은 h의 단위를 $kg\cdot m\cdot s$로 쓴 부분이다. 올바르게는 $h = kg\cdot m^{2}\cdot s^{-1}$이다.
3번: X. 틀린 표현은 G의 단위를 $kg\cdot m^{2}\cdot s^{-2}$로 쓴 부분이다. 올바르게는 $G = kg^{-1}\cdot m^{3}\cdot s^{-2}$이다. h의 단위만 맞고 G의 질량과 길이 지수가 잘못되었다.
4번: X. 틀린 표현은 G를 $kg\cdot m^{2}\cdot s^{-2}$, h를 $kg\cdot m\cdot s$로 쓴 부분이다. 올바르게는 $G = kg^{-1}\cdot m^{3}\cdot s^{-2}$, $h = kg\cdot m^{2}\cdot s^{-1}$이다.

NoteBase

오답 포인트

h를 에너지와 시간의 곱으로 보지 못해 m의 지수와 s의 지수를 뒤집거나, G에서 분모의 질량 두 개와 분자의 거리 제곱을 정리하지 못하면 2번, 3번, 4번 같은 오답에 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

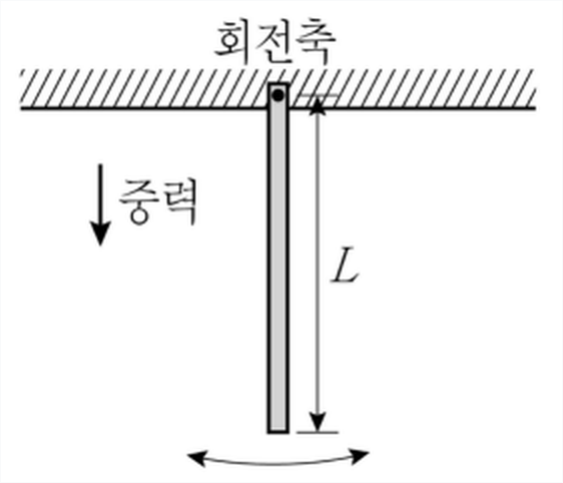
상수의 단위를 묻는 문제는 상수가 들어 있는 대표 정의식을 먼저 쓰고, 그 식을 상수에 대해 정리한 뒤 기본단위 kg, m, s의 지수를 계산해 선지와 대조하면 된다.

암기 포인트

G는 힘에 거리제곱을 곱하고 질량제곱으로 나눈 단위이므로 $kg^{-1} \cdot m^3 \cdot s^{-2}$이고, $h = E/\nu = J \cdot s$이므로 $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$이다.

NoteBase

문 7. 밀도가 균일하고 길이가 L, 질량이 m인 가느다란 막대가 그림과 같이 한쪽 끝을 회전축으로 진동하고 있는 물리진자가 있다. 이 진자의 주기가 T일 때 다른 조건은 그대로 두고 질량을 $2m$으로 하면 진자의 주기는? (단, 진자의 진폭은 매우 작다)



① $\frac{1}{2}T$
② $\frac{1}{\sqrt{2}}T$
③ T
④ $\sqrt{2}T$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 한쪽 끝을 축으로 회전하는 균일한 막대의 물리진자 주기식에서 질량이 소거되는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 길이 L, 질량 m인 균일한 가는 막대이다.
구해야 할 값: 질량을 $2m$으로 바꾸었을 때의 새 주기이다.
주의할 조건: 작은 진폭이므로 물리진자의 소각 근사를 사용한다.

사용할 공식

공식은 $T = 2\pi\sqrt{I/(mgh)}$이다.
여기서 I는 회전축에 대한 관성모멘트이고, h는 회전축에서 질량중심까지의 거리이다.
균일한 막대가 한쪽 끝을 축으로 진동하므로 $I = \frac{1}{3}mL^2$, $h = \frac{L}{2}$를 쓴다.
이 공식을 쓰는 이유는 점질점 진자가 아니라 질량이 막대 전체에 분포한 물리진자이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 원래 막대의 주기는
$T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{3}mL^2}{mg\frac{L}{2}}} = 2\pi\sqrt{\frac{2L}{3g}}$
이다.
2. 질량을 $2m$으로 바꾸면 관성모멘트는 $I' = \frac{1}{3}(2m)L^2$가 되고, 복원토크에 들어가는 질량도 $2m$이 된다.
3. 따라서 새 주기는
$T' = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{3}(2m)L^2}{(2m)g\frac{L}{2}}} = 2\pi\sqrt{\frac{2L}{3g}} = T$
가 된다.

선지별 해설

① X: $\frac{1}{2}T$가 되려면 주기가 질량에 반비례해야 하는데, 물리진자의 주기식에서는 질량이 분자와 분모에 함께 들어가 소거된다. 틀린 표현은 질량이 두 배가 되면 주기가 절반이 된다고 본 점이며, 올바르게는 질량이 바뀌어도 주기는 그대로이다.
② X: $\frac{1}{\sqrt{2}}T$는 주기가 $1/\sqrt{m}$에 비례한다고 착각할 때 나오는 값이다. 실제로는 I와 mgh가 모두 질량에 비례하므로 질량 효과가 상쇄된다. 올바르게는 주기는 T이다.
③ O: 계산하면 $T' = T$가 된다. 균일한 막대의 길이와 축의 위치가 같으면 물리진자의 주기는 질량과 무관하다.
④ X: $\sqrt{2}T$는 관성모멘트만 질량 두 배로 보고 복원토크 쪽의 질량 증가를 빠뜨릴 때 생기는 오답이다. 틀린 표현은 질량 증가가 주기를 늘린다고 본 점이며, 올바르게는 관성모멘트와 중력토크가 함께 커져 주기는 변하지 않는다.

오답 포인트

질량이 커지면 진동이 느려질 것이라고 직관적으로 생각하면 ②나 ④로 흐르기 쉽다. 이 문항은 물리진자에서 질량이 관성모멘트와 복원토크에 동시에 들어가 소거된다는 점을 묻는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

막대, 원판, 고리처럼 분포질량이 진동하면 먼저 물리진자 식 $T = 2\pi\sqrt{I/(mgh)}$를 쓴다. 그다음 I, h를 대입해 질량이 실제로 남는지 소거되는지를 확인하면 된다.

암기 포인트

균일한 강체의 물리진자 주기는 $I/(mgh)$로 결정되므로 같은 모양과 같은 축이면 질량이 달라도 주기는 같다.

NoteBase

문 8. 작은 위성이 타원 궤도를 그리며 거대한 행성 주위를 공전한다. 위성의 속력이 v인 지점에서 행성에 의한 중력의 크기가 F일 때, 위성의 속력이 $2v$인 지점에서 행성에 의한 중력의 크기는?

① $0.25F$

② $0.5F$

③ $2F$

④ $4F$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 중심력 운동에서 각운동량 보존과 만유인력의 역제곱 법칙을 이용해 중력의 변화를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 속력이 v인 지점에서 중력의 크기가 F이다.
- 구해야 할 값: 속력이 $2v$인 지점에서의 중력의 크기이다.
- 주의할 조건: 중력은 중심력이므로 각운동량이 보존되고, 중력의 크기는 거리의 제곱에 반비례한다.

사용할 공식

$L = mrv = \text{constant}$
$F_g = \frac{GMm}{r^2}$
이 공식을 쓰는 이유는 위성이 행성의 중심력을 받아 공전하므로 각운동량이 보존되고, 중력의 크기는 행성과 위성 사이 거리 r의 제곱에 반비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 속력이 v일 때 거리를 r_1, 속력이 $2v$일 때 거리를 r_2라고 두면 각운동량 보존으로 $mr_1v = mr_2(2v)$이다.
2. 따라서 $r_2 = \frac{r_1}{2}$이다.
3. 처음 지점의 중력은 $F = \frac{GMm}{r_1^2}$이다.
4. 속력이 $2v$인 지점의 중력은 $F_2 = \frac{GMm}{r_2^2} = \frac{GMm}{(r_1/2)^2} = 4\frac{GMm}{r_1^2} = 4F$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $0.25F$는 거리가 2배로 멀어졌을 때의 값이다. 이 문항에서는 속력이 2배가 되면 거리가 절반이 되므로 중력은 $4F$가 된다. 틀린 표현은 '0.25F'이고, 올바르게는 '$4F$'이다.
② X: $0.5F$는 중력이 거리에 반비례한다고 잘못 생각하면 나오는 값이다. 실제 중력은 거리의 제곱에 반비례하므로 거리가 절반이면 중력은 4배가 된다. 틀린 표현은 '0.5F'이고, 올바르게는 '$4F$'이다.
③ X: $2F$는 거리가 절반일 때 중력이 2배라고 선형적으로 처리한 오답이다. 역제곱 법칙을 적용하면 $(1/2)^2$가 분모에 들어가므로 4배가 된다. 틀린 표현은 '2F'이고, 올바르게는 '$4F$'이다.
④ O: 각운동량 보존으로 속력이 2배가 되면 궤도 반지름은 절반이 된다. 중력은 $1/r^2$에 비례하므로 $F \to 4F$가 되어 옳다.

오답 포인트

속력과 중력을 직접 비례 관계로 묶거나, 거리의 절반 변화에 대해 역제곱을 빼먹는 실수가 가장 흔하다. 이 문항은 '속력 변화로부터 거리 변화를 먼저 구한 뒤 중력 공식을 적용하는가'를 묻는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

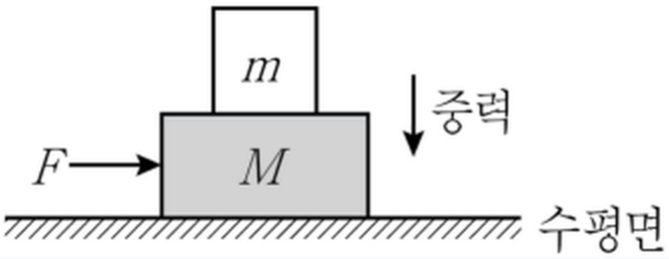
타원 궤도 계산형은 먼저 각운동량 보존으로 속력과 거리의 관계를 정리하고, 그다음 만유인력 공식에 대입해 제곱 비례를 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

중심력 공전은 rv 일정, 중력은 $1/r^2$ 비례이므로 속력 2배는 거리 절반, 중력 4배로 이어진다.

NoteBase

문 9. 마찰이 없는 수평면 위에 질량이 M인 물체가 놓여 있고, 그 위에 질량이 m인 물체가 놓여 있다. 일정한 힘 F가 그림과 같이 질량이 M인 물체에 가해지자, 질량이 m인 물체가 미끄러지지 않은 상태로 두 물체가 F의 방향으로 수평면 상에서 함께 움직였다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, μ_S는 두 물체 사이의 정지마찰계수이고, 공기의 저항은 무시하며, g는 중력가속도이다)



① 질량이 m인 물체에 작용하는 마찰력은 힘 F와 반대 방향이다.

② $F = (M + m)g$이다.

③ 질량이 m인 물체가 받는 알짜힘은 두 물체 사이의 마찰력과 크기가 같다.

④ 질량이 M인 물체가 받는 수직 방향 알짜힘은 $(M + m\mu_S)g$이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 도식에서 수평 방향 힘은 정지마찰력만, 수직 방향에서는 무게와 수직항력이 서로 상쇄된다는 점을 이용해 각 물체의 알짜힘을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① X. 위 물체 m을 오른쪽으로 함께 가속시키는 수평 힘은 아래 물체가 주는 정지마찰력뿐이므로, 마찰력의 방향은 힘 F와 같은 오른쪽이다. 틀린 표현은 '힘 F와 반대 방향'이고, 올바르게는 '힘 F와 같은 방향'이다.

② X. 두 물체가 함께 움직일 때 계의 가속도는 $a = \frac{F}{M+m}$이다. $F = (M + m)g$가 되어야 할 이유는 없고, 그 식은 힘을 무게와 잘못 동일시한 것이다. 틀린 표현은 '$F = (M + m)g$'이고, 올바르게는 '$F = (M + m)a$'이다.

③ O. 위 물체 m에는 수평 방향으로 정지마찰력만 작용하고 수직 방향 힘은 서로 상쇄된다. 따라서 위 물체가 받는 알짜힘의 크기는 두 물체 사이의 마찰력의 크기와 같다.

④ X. 아래 물체 M의 수직 방향 알짜힘은 0이다. 아래 물체는 아래로 자기 무게 Mg와 위 물체가 누르는 힘 mg를 받고, 바닥의 수직항력이 이를 모두 상쇄한다. 틀린 표현은 '수직 방향 알짜힘은 $(M + m\mu_s)g$이다'이고, 올바르게는 '수직 방향 알짜힘은 0이다'이다.

NoteBase

오답 포인트

마찰력이 항상 운동을 방해한다고 생각하면 ①을 반대로 고르기 쉽다. 이 문항의 마찰력은 상대운동을 막기 위해 위 물체를 오른쪽으로 끌어가는 힘이다. 또 μ_s가 주어졌다고 해서 실제 마찰력이 곧바로 $\mu_s N$이 되는 것은 아니고, 필요한 만큼만 작용한다는 점도 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

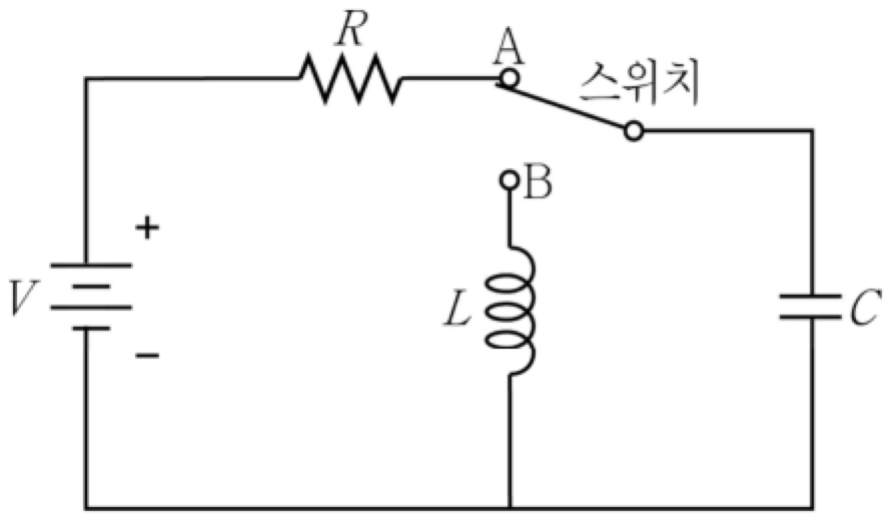
각 물체를 따로 떼어 자유물체도를 그리면 판단이 정리된다. 위 물체 m의 수평 힘이 무엇인지 먼저 보면 마찰력 방향이 정해지고, 수직 방향에서는 가속도가 없으므로 알짜힘이 0이라는 점을 바로 적용할 수 있다.

암기 포인트

정지마찰력은 항상 $\mu_s N$이 아니라 미끄러짐을 막는 데 필요한 만큼만 작용하며, 이 문제의 위 물체 수평 알짜힘은 곧 정지마찰력이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 전지 V, 저항 R, 유도기 L 및 축전기 C가 연결된 회로가 있다. 스위치를 A에 연결하여 충분한 시간을 기다린 후, 스위치를 B로 옮겼다. 스위치가 B에 연결된 직후의 회로에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. 유도기에 흐르는 전류의 크기는 증가한다.

ㄴ. B 지점에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

ㄷ. 축전기의 전압은 감소한다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 스위치를 A에 오래 두었을 때 회로가 어떻게 구성되는지를 정확히 읽는 것이 핵심이다. 회로도에서 유도기 L의 위쪽은 스위치 단자 B에 연결되어 있으므로, 스위치가 A에 있는 동안에는 B가 열려 있어 L 가지에는 전류가 전혀 흐르지 않는다. 이때 회로는 전지 V–저항 R–축전기 C로 이루어진 RC 회로로 동작하여, 충분한 시간 뒤 축전기는 전압 V까지 충전되고 전류는 0이 된다. 스위치를 B로 옮기면 전지와 저항이 분리되고 L과 C만 연결된 LC 회로가 되어, 축전기 방전이 시작되며 유도기 전류는 0에서 증가한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지인데, ㄷ도 함께 옳으므로 틀리다.
- 스위치를 A에 오래 두면 유도기 가지는 단자 B가 열려 회로에서 분리되어 있으므로 L에는 전류가 흐르지 않고($i_L = 0$), 회로는 V–R–C의 RC 회로가 되어 축전기는 V까지 충전되고 전류는 0이 된다. 스위치를 B로 옮기면 이제 L과 C만 연결된 LC 회로가 되며, 유도기 전류는 연속이어야 하므로 처음 값은 직전 상태의 0을 그대로 유지한다. 그러나 축전기 전압이 남아 있어 그 직후부터 전류의 크기는 증가한다. 따라서 ㄱ은 옳다.
- 동시에 축전기는 충전된 전하를 유도기 쪽으로 내보내기 시작하므로 축전기 전압의 크기는 감소한다. 따라서 ㄷ도 옳다.
- 틀린 표현은 'ㄱ만 옳다'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ이 옳다'이다.

② X
- ②는 ㄴ만 옳다고 본 선택지인데, ㄴ이 틀리므로 오답이다.
- B로 옮긴 직후 축전기의 윗판이 더 높은 전위이므로, 방전 전류는 축전기 윗판 → 스위치 공통 단자 → 단자 B → 유도기 L을 따라 아래로 흐른 뒤, 아래쪽 배선을 거쳐 축전기 아랫판으로 돌아온다. 즉 회로도 오른쪽의 축전기 가지와 가운데의 유도기 가지가 이루는 순환 루프를 기준으로 보면 이 흐름은 반시계 방향이다.
- 따라서 ㄴ의 '시계 방향'이 틀렸다.
- 틀린 표현은 'B 지점에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향'이고, 올바르게는 'B 지점 전류는 반시계 방향으로 흐른다'이다.

③ O
- ③은 ㄱ, ㄷ이 옳다고 본 선택지이므로 정답이다.
- ㄱ은 축전기 전압이 유도기에 걸리면서 $L di/dt$에 의해 전류가 0에서 점점 커지므로 옳다.
- ㄷ은 축전기가 방전되기 시작하므로 축전기 전압이 감소하여 옳다.
- ㄴ은 전류 방향을 거꾸로 본 것이므로 포함되지 않는다.

④ X
- ④는 ㄴ, ㄷ이 옳다고 본 선택지인데, ㄷ은 옳지만 ㄴ이 틀리므로 오답이다.
- 축전기 전압이 감소한다는 ㄷ은 맞다. 그러나 전류 방향은 시계 방향이 아니라 반시계 방향이다.
- 틀린 표현은 'ㄴ, ㄷ이 옳다'이고, 올바르게는 'ㄱ, ㄷ이 옳다'이다.

오답 포인트

스위치가 A에 있을 때 유도기 L이 회로에 포함된다고 오해하면 안 된다. L의 위쪽은 단자 B에 연결되어 있어 스위치가 A에 있는 동안에는 열려 있으므로, 이 상태에서 L에 흐르는 전류는 0이다. 또한 유도기 전류가 처음에 0이라는 사실과, 그 직후 전류의 변화율이 0이 아니라는 사실을 혼동하기 쉽다. 축전기 방전 전류의 방향을 전지 충전 때의 방향과 섞어서 보면 ㄴ을 시계 방향으로 잘못 판단하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 스위치가 A에 있을 때 어떤 소자가 실제로 회로에 연결되는지를 그림에서 확인한다. 이 문제처럼 유도기 가지가 다른 단자(B)에 걸려 있으면 A 상태에서는 유도기에 전류가 흐르지 않고, 회로는 RC 회로로 동작하여 축전기가 V까지 충전된다. 그다음 스위치를 바꾼 직후에는 유도기 전류가 순간적으로 바뀌지 않는다는 연속성과, 남아 있는 축전기 전압이 만든 di/dt의 부호 및 축전기 방전 방향을 따라 참거짓을 판단한다.

암기 포인트

스위치 회로는 각 상태에서 실제로 연결되는 소자부터 가린다. RC에서 오래 두면 C는 V까지 충전되고, LC로 바꾸는 순간에는 i_L이 연속(직전 값 유지)이며 축전기 전압이 전류 증가와 방전 방향을 결정한다.

NoteBase

문 11. 이상기체(ideal gas)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 기체 분자의 질량은 0으로 가정한다.

② 기체의 온도가 일정할 때 기체의 압력은 부피에 반비례한다.

③ 기체의 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대온도에 비례한다.

④ 기체 분자 사이에는 인력이나 척력이 작용하지 않는다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 기본 가정과 등온 변화, 등압 변화에서의 상태량 관계를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

이상기체는 분자 자체의 부피와 분자 사이의 인력·척력을 무시하는 모델이지만, 분자의 질량까지 0으로 두는 모델은 아니다.
등온 변화에서는 온도가 일정하므로 압력은 부피에 반비례한다.
등압 변화에서는 압력이 일정하므로 부피는 절대온도에 비례한다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "질량은 0"이다. 이상기체 분자는 실제로 질량을 가지며 운동량과 충돌을 통해 압력을 만든다. 올바르게는 "기체 분자의 부피는 무시하고 분자 사이의 힘은 작용하지 않는 것으로 가정한다"이다.
2번: O. 온도가 일정하면 이상기체 상태방정식에서 $PV = nRT$의 nRT가 일정하므로 P는 V에 반비례한다. 이는 보일 법칙에 해당한다.
3번: O. 압력이 일정하면 V/T가 일정하므로 부피는 절대온도에 비례한다. 섭씨온도가 아니라 절대온도를 써야 한다는 점이 핵심이다.
4번: O. 이상기체는 분자 사이에 인력이나 척력이 작용하지 않는 것으로 본다. 다만 충돌은 완전탄성충돌로 가정하여 압력과 운동을 설명한다.

오답 포인트

이상기체의 가정에서 무시하는 것은 분자의 질량이 아니라 분자의 부피와 분자 간 상호작용이다. "질량 0"과 "부피 무시"를 바꾸어 외우면 1번 같은 선지에 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 선지는 먼저 기본 가정을 확인하고, 그다음 상태 변화 조건이 등온인지 등압인지를 본다. 기본 가정은 질량 존재, 부피 무시, 분자 간 힘 무시로 정리하면 판단이 빨라진다.

NoteBase

암기 포인트

이상기체는 질량은 있고 부피와 힘은 무시한다. 등온은 압력과 부피가 반비례하고 등압은 부피와 절대온도가 비례한다.

NoteBase

문 12. 두 축전기 C_1, C_2가 병렬로 연결된 상태에서 총 전하량 $36\mu C$이 충전되어 있을 때 전위차가 $3V$이다. C_1의 전기용량이 $4\mu F$일 때 C_2의 전기용량$[\mu F]$은?

① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 병렬 연결된 축전기의 합성용량과 $Q = CV$ 관계를 이용해 C_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 총전하량 $Q = 36\mu C$, 전위차 $V = 3V$, $C_1 = 4\mu F$이다.
구해야 할 값: C_2이다.
주의할 조건: 병렬 연결에서는 전위차가 같고 합성용량은 $C_1 + C_2$로 더해진다.

사용할 공식

$Q = C_{eq}V$
$C_{eq} = C_1 + C_2$
이 공식을 쓰는 이유는 병렬 연결된 두 축전기 전체를 하나의 합성축전기로 보면 총전하량, 합성용량, 전위차 사이에 $Q = CV$가 성립하고, 병렬에서는 각 축전기의 전위차가 같아 합성용량이 단순 합으로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. 전체 합성용량을 구하면 $C_{eq} = Q/V = 36\mu C/3V = 12\mu F$이다.
2. 병렬 연결이므로 $C_{eq} = C_1 + C_2$이다.
3. 따라서 $12 = 4 + C_2$이므로 $C_2 = 8\mu F$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $C_2 = 2\mu F$라면 병렬 합성용량은 $4 + 2 = 6\mu F$이다. 이때 총전하량은 $QV = CV = 6 \times 3 = 18\mu C$가 아니라 $36\mu C$여야 하므로 틀리다. 틀린 표현은 "$C_2 = 2\mu F$"이고, 올바르게는 "$C_2 = 8\mu F$"이다.
② X: $C_2 = 4\mu F$라면 합성용량은 $8\mu F$이고 총전하량은 $24\mu C$가 된다. 주어진 총전하량과 맞지 않는다. 틀린 표현은 "$C_2 = 4\mu F$"이고, 올바르게는 "합성용량이 $12\mu F$가 되도록 $C_2 = 8\mu F$"이다.
③ X: $C_2 = 6\mu F$라면 합성용량은 $10\mu F$이고 총전하량은 $30\mu C$가 된다. 따라서 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 "$C_2 = 6\mu F$"이고, 올바르게는 "$C_2 = 8\mu F$"이다.
④ O: $C_2 = 8\mu F$라면 합성용량은 $4 + 8 = 12\mu F$이다. 그러면 총전하량은 $Q = CV = 12 \times 3 = 36\mu C$가 되어 문제 조건과 정확히 일치한다.

오답 포인트

병렬 연결을 직렬 연결처럼 생각하거나, 먼저 전체 합성용량 C_{eq}를 구하지 않고 바로 C_2를 추정하면 오답이 나온다. 이 문항의 함정은 개별 축전기의 전하를 따지기 전에 전체 전하량으로 합성용량을 먼저 구해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

축전기 계산형 문제는 먼저 연결 방식이 병렬인지 직렬인지 구분하고, 전체에 주어진 Q와 V로 합성용량 C_{eq}를 구한 뒤 각 축전기의 관계식에 대입해 판단한다.

암기 포인트

병렬 축전기는 전위차가 같고 용량은 더해져서 $C_{eq} = C_1 + C_2$이다.

NoteBase

문 13. 반지름이 a이고, 표면이 균일한 전하밀도 ρ로 대전된 도체구가 진공 중에 놓여 있다. 구의 중심에서 $\frac{a}{2}$ 만큼 떨어진 한 지점에서 전기장의 세기는? (단, ε_0는 진공의 유전율이다)

① 0
② $\frac{\rho a^2}{2\varepsilon_0}$
③ $\frac{\rho a}{6\varepsilon_0}$
④ $\frac{\rho}{2a\varepsilon_0}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정전평형 상태의 도체 내부 전기장이 0이라는 성질과 가우스 법칙을 이용해 내부점의 전기장을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반지름이 a인 도체구의 표면에 전하밀도 ρ가 균일하게 분포한다.
구해야 할 값: 중심에서 $a/2$ 떨어진 점의 전기장 세기이다.
주의할 조건: $a/2 < a$이므로 이 점은 구의 표면이 아니라 도체 내부에 있다.

사용할 공식

가우스 법칙은 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = Q_{\text{in}}/\varepsilon_0$이다.
정전평형의 도체에서는 모든 과잉전하가 표면에만 분포하므로 도체 내부의 가우스면이 둘러싸는 전하는 0이다.
이 공식을 쓰는 이유는 물은 점이 구의 내부점이므로, 내부 가우스면에 대해 $Q_{\text{in}} = 0$이라는 사실만으로 전기장을 바로 판단할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 중심에서 $a/2$ 떨어진 점은 반지름 a보다 안쪽이므로 도체 내부에 있다.
2. 그 점을 지나는 반지름 $r = a/2$의 구면 가우스면을 잡으면, 과잉전하는 모두 표면 $r = a$에 있으므로 가우스면 내부 전하는 $Q_{\text{in}} = 0$이다.
3. 따라서 $E \cdot 4\pi r^2 = 0$이고, $r = a/2$에서의 전기장 세기는 $E = 0$이다.

NoteBase

선지 판단

① O
중심에서 $a/2$ 떨어진 점은 도체 내부점이므로 정전평형에서 전기장은 0이다.

② X
전기장을 0이 아닌 식으로 둔 점이 틀렸다. 이 문항은 도체구 내부점의 전기장을 묻기 때문에 반지름과 전하밀도를 대입해 비영 전기장을 구하는 상황이 아니고, 올바르게는 $E = 0$이다.

③ X
균일하게 대전된 부도체 구 내부장처럼 생각한 접근이 틀렸다. 이 문항은 전하가 부피에 퍼진 절연구가 아니라 전하가 표면에만 놓이는 도체구이므로, 올바르게는 $E = 0$이다.

④ X
도체 표면 바깥 전기장이나 다른 전기장 공식을 내부점에 잘못 적용한 식이다. 중심에서 $a/2$인 위치는 표면이 아니라 도체 내부이므로, 올바르게는 $E = 0$이다.

계산 결과가 $E = 0$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

표면전하밀도 ρ가 주어지면 바로 공식을 대입하려는 습관이 함정이다. 이 문제의 핵심은 수치 대입이 아니라 물은 점이 도체 내부인지 표면 바깥인지 먼저 구분하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

도체 전기장 문제는 먼저 물은 위치가 도체 내부, 표면 바로 바깥, 바깥 공간 중 어디인지부터 구분한다. 내부이면 정전평형에서 무조건 $E = 0$으로 판단하고, 그다음에야 표면이나 외부 공식을 검토한다.

암기 포인트

정전평형 도체의 과잉전하는 표면에만 있고, 도체 내부 전기장은 항상 0이다.

NoteBase

문 14. 균일한 자기장 영역에서 대전 입자가 반지름 R인 원 궤도를 따라 운동에너지 E로 원운동하고 있다. 이 입자가 동일한 자기장 영역에서 반지름이 $2R$인 원 궤도를 돈다면 운동에너지는?

① $8E$

② $4E$

③ $2E$

④ $\sqrt{2}E$

정답 2번

출제 포인트

균일한 자기장에서 원운동 반지름 r과 속력 v, 운동에너지 K의 관계를 연결하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반지름 R인 원 궤도에서 운동에너지가 E이다.
구해야 할 값: 같은 자기장에서 반지름 $2R$인 원 궤도에서의 운동에너지이다.
주의할 조건: 자기장, 전하량, 질량이 같으므로 자기력이 구심력 역할을 하며 $v \propto r$가 된다.

사용할 공식

$qvB = \frac{mv^2}{r}$
따라서
$v = \frac{qBr}{m}$
$K = \frac{1}{2}mv^2$
이 공식을 쓰는 이유: 균일한 자기장에서 대전 입자는 로런츠 힘으로 원운동하므로 반지름과 속력을 직접 연결할 수 있다.

계산 과정

1. $qvB = \frac{mv^2}{r}$에서 $v = \frac{qBr}{m}$이므로 속력은 반지름에 비례한다.
2. 반지름이 R에서 $2R$로 바뀌면 속력은 v에서 $2v$로 바뀐다.
3. 새 운동에너지는 $K' = \frac{1}{2}m(2v)^2 = 4 \cdot \frac{1}{2}mv^2 = 4E$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $8E$가 되려면 운동에너지가 기존의 8배가 되어야 한다. 실제로는 반지름이 2배일 때 속력이 2배가 되고, 운동에너지는 속력의 제곱에 비례하므로 4배가 된다. 틀린 표현은 '반지름 2배이면 운동에너지 8배'이며, 올바르게는 '반지름 2배이면 운동에너지 4배'이다.
② O: 같은 자기장에서 $v \propto r$이므로 반지름이 $R \to 2R$가 되면 속력은 2배가 된다. 운동에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이므로 $E \to 4E$가 되어 옳다.
③ X: $2E$는 운동에너지가 속력에 비례한다고 착각할 때 나오는 값이다. 실제로는 운동에너지가 속력의 제곱에 비례하므로 속력 2배는 에너지 4배이다. 틀린 표현은 '반지름 2배이면 운동에너지 2배'이며, 올바르게는 '반지름 2배이면 운동에너지 4배'이다.
④ X: $\sqrt{2}E$는 제곱 관계를 잘못 적용한 값이다. 속력이 2배이면 운동에너지는 $\sqrt{2}$배가 아니라 4배가 된다. 틀린 표현은 '반지름 2배이면 운동에너지 $\sqrt{2}$배'이며, 올바르게는 '반지름 2배이면 운동에너지 4배'이다.

오답 포인트

반지름이 2배이면 속력도 2배라는 단계까지만 보고 운동에너지도 2배라고 오해하면 ③에 걸리기 쉽다. 반대로 비례 관계를 한 번 더 과하게 적용하면 ①이나 ④ 같은 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

자기장 원운동 문제는 먼저 $qvB = \frac{mv^2}{r}$로 v와 r의 관계를 만든 뒤, 최종적으로 묻는 양이 v에 1차 비례하는지 2차 비례하는지까지 이어서 판단한다.

암기 포인트

균일한 자기장에서 $r \propto v \propto p$, 운동에너지는 $K \propto r^2$이다.

NoteBase

문 15. 영의 이중슬릿 간섭실험 장치에 빛 대신 전자 빔을 사용하면 단색광을 사용했을 때와 같은 전자의 간섭무늬를 얻을 수 있다. 어떤 전자 빔으로 이중슬릿 간섭실험을 했을 때 스크린의 인접한 밝은 무늬 사이 간격이 d이다. 다른 조건은 그대로 두고 전자의 운동에너지를 절반으로 낮출 때, 인접한 밝은 무늬 사이 간격과 가장 가까운 것은? (단, 상대론적 효과는 무시한다)

① $\frac{d}{2}$
② $\frac{d}{\sqrt{2}}$
③ $\sqrt{2}d$
④ $2d$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 전자의 드브로이 파장과 이중슬릿 간섭무늬 간격의 비례관계를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 인접한 밝은 무늬 간격은 d이다.
구해야 할 값: 운동에너지를 절반으로 낮춘 뒤의 무늬 간격이다.
주의할 조건: 상대론적 효과를 무시하므로 전자의 운동량은 $p = \sqrt{2mK}$, 드브로이 파장은 $\lambda = h/p$를 쓴다.

사용할 공식

이중슬릿 밝은 무늬 간격은 $\Delta y \propto \lambda$이다. 전자의 드브로이 파장은 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 슬릿 간격과 스크린 조건이 그대로이면 무늬 간격 변화는 전자 파장의 변화만 따라가기 때문이다.

계산 과정

1. 운동에너지 K를 절반으로 낮추면 $K' = K/2$이다.
2. 드브로이 파장은 $\lambda \propto 1/\sqrt{K}$이므로 $\lambda' = \lambda\sqrt{K/K'} = \lambda\sqrt{2}$이다.
3. 무늬 간격도 파장에 비례하므로 $d' = d \times \sqrt{2} = \sqrt{2}d$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $d/2$는 파장이 절반으로 줄어든 경우의 값이다. 운동에너지를 절반으로 줄이면 파장은 커져야 하므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 '무늬 간격이 절반이 된다'이고, 올바르게는 '무늬 간격이 $\sqrt{2}$배가 된다'이다.
② X: $d/\sqrt{2}$는 파장이 $1/\sqrt{2}$배가 된 경우에 해당한다. 이는 운동에너지가 커질 때 나오는 방향이므로 운동에너지를 절반으로 줄인 조건과 반대이다. 틀린 표현은 '무늬 간격이 $1/\sqrt{2}$배가 된다'이고, 올바르게는 '무늬 간격이 $\sqrt{2}$배가 된다'이다.
③ O: $\lambda \propto 1/\sqrt{K}$이므로 운동에너지를 절반으로 줄이면 파장은 $\sqrt{2}$배가 된다. 따라서 간섭무늬 간격도 $\sqrt{2}d$가 되어 정답이다.
④ X: $2d$는 파장이 정확히 두 배가 될 때의 값이다. 파장이 두 배가 되려면 운동에너지가 1/4로 줄어야 하므로, 절반으로 줄인 현재 조건과 다르다. 틀린 표현은 '무늬 간격이 두 배가 된다'이고, 올바르게는 '무늬 간격이 $\sqrt{2}$배가 된다'이다.

오답 포인트

빛의 간섭식 $\Delta y \propto \lambda$만 기억하고 전자에서는 드브로이 파장 $\lambda = h/\sqrt{2mK}$를 연결하지 못하면 오답이 나온다. 특히 운동에너지와 파장이 단순 반비례가 아니라 $1/\sqrt{K}$에 비례한다는 점을 놓치면 ④처럼 두 배로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

전자 간섭 문제는 먼저 '무늬 간격은 파장에 비례한다'를 잡고, 이어서 비상대론적 전자에 대해 $\lambda \propto 1/\sqrt{K}$를 연결하면 된다. 에너지가 몇 배 변했는지 확인한 뒤 파장은 그 배수의 제곱근에 역비례한다고 판단하면 된다.

암기 포인트

전자 이중슬릿은 $\Delta y \propto \lambda$, 드브로이 파장은 $\lambda \propto 1/\sqrt{K}$이므로 무늬 간격도 $1/\sqrt{K}$에 비례한다.

NoteBase

문 16. 물에 띄웠을 때 부피의 50%가 물속에 잠기는 공이 있다. 이 공을 어떤 용액에 띄웠더니 부피의 80%가 용액 속에 잠겼다. 이 용액의 밀도[kg/m^3]는? (단, 물의 밀도는 $1{,}000kg/m^3$이고, 공의 내부 밀도는 균일하다)

① 400

② 600

③ 625

④ 800

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 떠 있는 물체에서 잠긴 부피 비율이 밀도비와 같다는 부력 평형을 이용해 용액의 밀도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물에서 공의 잠긴 비율은 50%이고, 물의 밀도는 1000 kg/m^3이다.
주어진 값: 용액에서 공의 잠긴 비율은 80%이다.
구해야 할 값: 용액의 밀도이다.
주의할 조건: 공은 두 경우 모두 떠 있으므로 잠긴 비율을 _공/_유체로 둔다.

사용할 공식

떠 있는 물체는 부력과 무게가 같으므로
_유체 g V_잠김 = _공 g V_전체
이고, 따라서
(V_잠김)/(V_전체) = (_공)/(_유체)
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 같은 공이 서로 다른 유체에서 얼마만큼 잠기는지를 주었으므로, 잠긴 비율을 밀도비로 바로 연결할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 물에서 공의 50%가 잠기므로
0.5 = (_공)/(1000)
이다. 따라서
_공 = 500 kg/m^3
이다.
2. 용액에서 공의 80%가 잠기므로
0.8 = (_공)/(_용액)
이다.
3. _공 = 500 kg/m^3를 대입하면
0.8 = (500)/(_용액)
이므로
_용액 = (500)/(0.8) = 625 kg/m^3
이다.

선지 판단

1번 X: 400은 _용액 = 0.8_공처럼 식을 뒤집어 써서 500 × 0.8로 계산한 값이다. 올바르게는 _용액 = _공/0.8 = 625 kg/m^3이다.
2번 X: 600은 잠긴 비율 50%와 80%를 단순 차이나 보정값처럼 처리한 결과일 뿐 부력 평형식을 만족하지 않는다. 올바른 값은 $625 kg/m^3$이다.
3번 O: 물에서 얻은 공의 밀도 $500 kg/m^3$를 용액 식 0.8 = _공/_용액에 대입하면 _용액 = 625 kg/m^3이므로 맞다.
4번 X: 800은 용액에서 80% 잠겼다는 사실을 물의 밀도 1000 kg/m^3에 직접 곱한 값이다. 잠긴 비율은 공의 밀도와 용액의 밀도 사이의 비이므로 올바른 값은 $625 kg/m^3$이다.

오답 포인트

같은 물체가 더 많이 잠기면 유체가 더 무겁다고 착각하기 쉽지만, 실제로는 더 가벼운 유체일수록 같은 물체가 더 많이 잠긴다. 또한 _공 = (잠긴 비율)_유체를 세운 뒤 _유체에 대해 다시 풀어야 하는데, 이 식을 뒤집지 못하면 400이나 800 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

떠 있는 물체 문제는 잠긴 비율 = 밀도비를 먼저 세우고, 기준 유체에서 물체 밀도를 구한 뒤, 다른 유체 식에 대입해 미지 밀도를 푼다. 잠긴 비율이 커지면 유체 밀도는 작아진다는 방향도 함께 점검한다.

NoteBase

암기 포인트

떠 있을 때는 (V_잠김)/(V_전체) = (_물체)/(_유체)이다. 같은 물체가 더 많이 잠길수록 주변 유체의 밀도는 더 작다.

NoteBase

문 17. 바닥에서 천장까지 높이가 $3m$인 엘리베이터가 $2m/s^2$의 일정한 가속도로 올라가고 있다. 이때 엘리베이터 천장에 고정되어 있던 작은 물체가 분리되어 자유낙하한다면, 엘리베이터 바닥에 떨어질 때까지 소요되는 시간[초]는? (단, 물체의 크기와 공기 저항은 무시하고, 중력가속도는 $10m/s^2$이며, 엘리베이터의 가속 방향은 중력과 반대이다)

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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 엘리베이터 기준의 상대가속도 $g + a$를 이용해 물체가 바닥에 닿는 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 바닥과 천장 사이 높이 $= 3m$
- 엘리베이터의 위쪽 가속도 $= 2m/s^2$
- 중력가속도 $= 10m/s^2$

구해야 할 값:
- 물체가 엘리베이터 바닥에 닿을 때까지의 시간

주의할 조건:
- 물체는 떨어지는 순간 엘리베이터와 같은 속도를 가지므로 초기 상대속도는 0이다.
- 엘리베이터는 위로 가속하므로 엘리베이터 기준에서 물체의 아래쪽 상대가속도는 $g + a = 12m/s^2$이다.

사용할 공식

상대운동 식은 $s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 이다.
이 문제에서는 엘리베이터 바닥까지의 상대거리 s가 $3m$, 초기 상대속도 v_0가 0, 상대가속도 a가 아래로 $12m/s^2$이므로 이 공식을 그대로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 물체와 엘리베이터는 분리 직전 같은 속도로 움직이므로 초기 상대속도는 0이다.
2. 엘리베이터 기준에서 물체는 중력 $10m/s^2$에 더해 엘리베이터의 위쪽 가속도 $2m/s^2$만큼 더 빠르게 아래로 멀어진다. 따라서 상대가속도 크기는 $12m/s^2$이다.
3. 따라서 $3 = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot t^2 = 6t^2$ 이고, $t^2 = \frac{1}{2}$ 이므로 $t = \frac{1}{\sqrt{2}}s$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{1}{2}s$는 잘못된 값이다. 상대운동 식 $3 = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot t^2$에서 $\frac{1}{2}$ 계수를 빠뜨려 $3 = 12t^2$처럼 계산하면 나오는 오답이다. 올바르게는 $t = \frac{1}{\sqrt{2}}s$이다.

② O: 상대가속도를 $g + a = 12m/s^2$로 두고 초기 상대속도 0을 적용하면 $3 = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot t^2$ 이므로 $t = \frac{1}{\sqrt{2}}s$ 가 된다.

③ X: $\sqrt{\frac{3}{5}}s$는 엘리베이터의 가속도를 무시하고 중력가속도 $10m/s^2$만 사용했을 때 나오는 값이다. 이 문제는 엘리베이터가 위로 가속하므로 상대가속도는 10이 아니라 $12m/s^2$이다. 올바르게는 $t = \frac{1}{\sqrt{2}}s$이다.

④ X: $\frac{\sqrt{3}}{2}s$는 상대가속도를 $g - a = 8m/s^2$로 잘못 잡았을 때 나오는 값이다. 엘리베이터가 위로 가속하면 바닥은 더 빠르게 위로 올라오므로 물체와 바닥의 상대가속도는 $g - a$가 아니라 $g + a$이다. 올바르게는 $t = \frac{1}{\sqrt{2}}s$ 이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 자유낙하를 지면 기준으로만 생각하는 데 있다. 물체의 실제 낙하가속도는 아래로 $10m/s^2$ 이지만, 바닥도 위로 가속하므로 물체와 바닥 사이의 상대가속도는 $12m/s^2$가 된다. 또한 등가속도식의 $\frac{1}{2}$ 계수를 빠뜨리면 ① 같은 오답이 바로 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

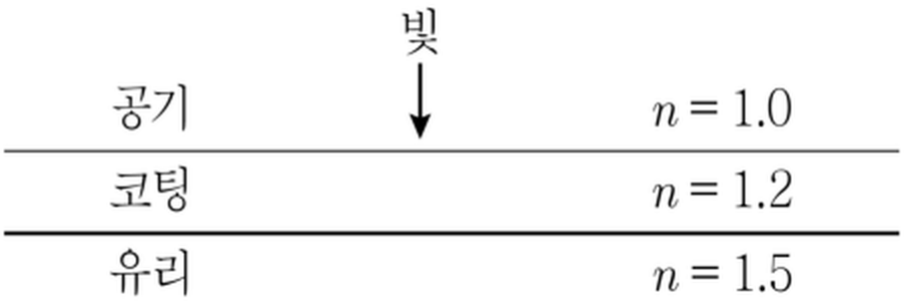
엘리베이터 문제는 바닥과 물체 중 어느 기준에서 볼지를 먼저 정리하면 된다. 바닥에 닿는 시간을 묻는다면 엘리베이터 기준의 상대운동으로 바꾸고, 초기 상대속도와 상대가속도 $g \pm a$의 부호를 정하면 계산이 바로 된다.

암기 포인트

위로 가속하는 엘리베이터 안에서는 아래로 떨어지는 물체의 바닥에 대한 상대가속도가 $g + a$가 된다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 굴절률이 $n = 1.5$인 유리 위에 $n = 1.2$인 어떤 물질을 코팅하였더니, $n = 1.0$인 공기 중에서 유리면 방향으로 수직 입사하는 빛이 거의 반사되지 않고 대부분 투과되었다. 공기 중에서 빛의 파장이 $600nm$일 때, 코팅된 물질의 최소 두께[nm]는?



① 100
② 125
③ 150
④ 300

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 공기-코팅-유리의 박막 간섭에서 반사가 최소가 되는 조건을 이용해 코팅 두께를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 공기의 굴절률 $n_0 = 1.0$, 코팅의 굴절률 $n = 1.2$, 유리의 굴절률 $n_g = 1.5$, 공기 중 파장 $\lambda = 600nm$이다.
- 구해야 할 값: 반사가 거의 없어지게 하는 코팅의 최소 두께 t이다.
- 주의할 조건: 공기→코팅, 코팅→유리 반사 모두 낮은 굴절률에서 높은 굴절률로의 반사이므로 두 반사광은 모두 위상 변화 π를 겪는다. 따라서 추가 위상차는 코팅층을 왕복한 경로차만 보면 된다.

사용할 공식

반사광이 상쇄되려면
$2nt = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$
를 만족한다.

이 공식을 쓰는 이유는 두 반사면에서의 위상반전이 서로 같아서 상쇄 조건이 광로차 $2nt$만으로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 최소 두께이므로 $m = 0$을 둔다.
2. 따라서
$2nt = \frac{\lambda}{2}$
이다.
3. $n = 1.2,\ \lambda = 600nm$를 대입하면
$t = \frac{\lambda}{4n} = \frac{600}{4 \times 1.2} = 125nm$
이다.

선지별 해설

① X
- $100nm$는 $\lambda/(4 \times 1.5)$처럼 유리의 굴절률 1.5를 잘못 넣으면 나오는 값이다.
- 간섭을 만드는 층은 코팅층이므로 두께 계산에는 코팅의 굴절률 1.2를 써야 한다. 틀린 표현은 "기판 유리의 굴절률을 사용한다"이고, 올바르게는 "코팅층의 굴절률을 사용한다"이다.

② O
- 반사 최소 조건은 $t = \lambda/(4n)$이고, 계산하면 $125nm$가 된다.
- 따라서 ②가 맞다.

③ X
- $150nm$는 $\lambda/4$로 계산하여 굴절률 $n = 1.2$를 빠뜨리면 나오는 값이다.
- 틀린 표현은 "공기 중 파장을 그대로 4등분한다"이고, 올바르게는 "코팅층 내부의 광로차를 반영하여 $\lambda/(4n)$로 계산한다"이다.

④ X
- $300nm$는 $\lambda/2$만 보고 반파장 조건을 두께에 직접 적용하면 나오는 값이다.
- 실제로는 왕복 광로차가 $\lambda/2$가 되어야 하므로 두께는 그 절반에 굴절률까지 반영한 $\lambda/(4n)$이다. 틀린 표현은 "두께가 곧 반파장이다"이고, 올바르게는 "왕복 광로차가 반파장이 되도록 두께를 정한다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 반사 최소 조건을 기억하면서도 어느 굴절률을 넣는지와 광로차가 왕복 거리 $2t$라는 점을 놓치는 데 있다. ①은 기판 유리의 굴절률을 잘못 넣는 실수이고, ③은 굴절률을 누락한 실수이며, ④는 광로차와 실제 두께를 혼동한 실수이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

박막 간섭 문제는 먼저 두 반사에서 위상반전이 각각 있는지 확인한 뒤, 상쇄 조건인지 보강 조건인지 정한다. 그다음 간섭이 일어나는 층의 굴절률을 넣어 $2nt$를 세우고 최소 두께이면 $m=0$을 대입해 판단한다.

암기 포인트

두 반사 모두 위상반전이면 반사 최소의 최소 두께는 $t=\lambda/(4n)$이다.

NoteBase

문 19. 등적 몰비열, 등압 몰비열이 각각 $\frac{3}{2}R$, $\frac{5}{2}R$인 단원자 이상기체 n몰이 있다. 초기 온도가 T_i, 압력이 P_i인 이 기체가 단열팽창하여, 외부에 W만큼 일을 한다. 일을 마친 후 기체의 압력이 P_f일 때, $\frac{P_f}{P_i}$는? (단, R는 기체상수이고, $W > 0$이다)

① $\left(1 - \frac{W}{nRT_i}\right)^{5/3}$
② $\left(1 - \frac{2W}{3nRT_i}\right)^{5/3}$
③ $\left(1 - \frac{W}{nRT_i}\right)^{5/2}$
④ $\left(1 - \frac{2W}{3nRT_i}\right)^{5/2}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단열팽창에서 $\Delta U = -W$와 단원자 이상기체의 $\gamma = C_P/C_V = 5/3$를 이용해 압력비 P_f/P_i를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $C_V = \frac{3}{2}R$, $C_P = \frac{5}{2}R$, 몰수 n, 초기 상태 T_i, P_i
구해야 할 값: 압력비 P_f/P_i
주의할 조건: 단열이므로 $Q = 0$이고, 기체가 외부에 한 일은 $W > 0$이므로 내부에너지는 그만큼 감소한다.

사용할 공식

$Q = \Delta U + W$
$Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -W = nC_V(T_f - T_i)$
$P^{1-\gamma}T^{\gamma} = \text{constant}, \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V}$
이 공식을 쓰는 이유: 단열과정에서는 열출입이 없어서 일이 내부에너지 감소로 바로 연결되고, 압력비는 이상기체 단열관계식으로 온도비를 압력비로 바꿔 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 단열이므로 $0 = \Delta U + W$이다. 따라서
$nC_V(T_f - T_i) = -W$
이고 $C_V = \frac{3}{2}R$를 대입하면
$T_f - T_i = -\frac{W}{nC_V} = -\frac{2W}{3nR}$
$\frac{T_f}{T_i} = 1 - \frac{2W}{3nRT_i}$
2. 단원자 이상기체의 비열비는
$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{(5/2)R}{(3/2)R} = \frac{5}{3}$
이다.
3. 단열관계식 $P^{1-\gamma}T^{\gamma} = \text{constant}$에서
$\left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{1-\gamma}\left(\frac{T_f}{T_i}\right)^{\gamma} = 1$
이므로
$\frac{P_f}{P_i} = \left(\frac{T_f}{T_i}\right)^{\gamma/(\gamma-1)} = \left(1 - \frac{2W}{3nRT_i}\right)^{5/2}$
이다.

선지별 해설

① X: 괄호 안 $1 - \frac{W}{nRT_i}$는 $\Delta U = nR\Delta T$처럼 C_V를 잘못 쓴 값이다. 지수도 5/3으로 잘못 썼다. 올바르게는 $\left(1 - \frac{2W}{3nRT_i}\right)^{5/2}$이다.
② X: 내부에너지 변화로 얻는 온도비 $1 - \frac{2W}{3nRT_i}$는 맞지만, 압력비 지수를 $\gamma = 5/3$로 써서 틀렸다. 단열에서 압력비는 $\gamma/(\gamma-1) = 5/2$승이므로 올바르게는 $\left(1 - \frac{2W}{3nRT_i}\right)^{5/2}$이다.
③ X: 지수 5/2는 맞지만, 괄호 안이 $1 - \frac{W}{nRT_i}$로 되어 있어 $C_V = \frac{3}{2}R$를 빠뜨렸다. 올바른 온도비는 $1 - \frac{2W}{3nRT_i}$이다.
④ O: $\Delta U = -W$에서 $T_f/T_i = 1 - \frac{2W}{3nRT_i}$를 구하고, 여기에 단열관계식의 지수 $\gamma/(\gamma-1) = 5/2$를 적용하면 정확히 일치한다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 군데이다. 첫째, 단열에서 $Q = 0$이라는 사실은 알아도 $\Delta U = nR\Delta T$로 잘못 써서 $C_V = \frac{3}{2}R$를 놓치기 쉽다. 둘째, $PV^{\gamma} = \text{constant}$는 기억하면서도 압력비를 바로 T^{γ}로 연결해 지수를 5/3으로 쓰기 쉽다. 온도비를 압력비로 바꿀 때는 항상 $\gamma/(\gamma-1)$가 나온다.

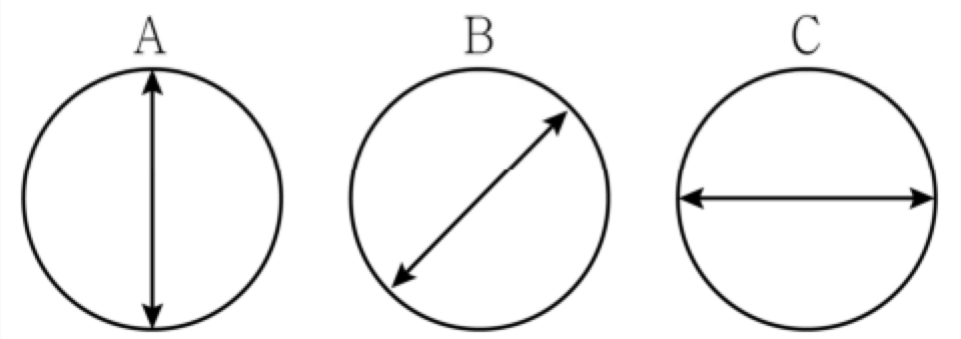
다시 나오면 이렇게 판단

단열 계산형은 먼저 $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -W$로 온도 변화를 구하고, 다음에 $\gamma = C_P/C_V$를 계산한 뒤, 마지막에 $P^{1-\gamma}T^{\gamma} = \text{constant}$로 압력비나 부피비를 연결하면 된다.

암기 포인트

단원자 이상기체는 $C_V = \frac{3}{2}R$, $C_P = \frac{5}{2}R$, $\gamma = \frac{5}{3}$이고, 단열에서 압력비는 $P \propto T^{\gamma/(\gamma-1)}$ 관계로 정리된다.

문 20. 그림과 같이 세 편광자 A, B, C가 있다. 편광자 A, B, C의 축과 수직선이 이루는 각은 각각 0°, 45°, 90°이다. 다음 설명 중 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. 편광자 A, B, C 중 하나를 선택하여 편광되지 않은 빛을 통과시키면, 통과 후 빛의 세기는 세 편광자에서 모두 같다.

ㄴ. 편광자 A, B, C 모두를 임의의 순서로 배치한 후 편광되지 않은 빛을 차례로 통과시키면, 통과 후 빛의 세기는 편광자의 배치 순서와 무관하게 모두 같다.

ㄷ. 편광자 A, B, C 중 임의로 두 개를 선택하여 편광되지 않은 빛을 차례로 통과시키면, 통과 후 얻을 수 있는 빛의 세기의 최댓값은 처음 세기의 25 %이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 그림에서 세 편광자의 축 각도를 읽고, 편광되지 않은 빛의 1차 통과 세기 $I_0/2$와 말뤼스 법칙 $I = I_{in}\cos^2\theta$를 적용하여 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 참거짓을 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ①은 ㄱ만 옳다고 본 선택지이므로 틀리다.
- ㄱ은 옳다. 편광되지 않은 빛이 편광자 하나만 통과하면 축 방향이 0도, 45도, 90도 중 어느 것이어도 통과 세기는 항상 $I_0/2$이다.
- 그러나 ㄷ도 옳다. 두 편광자의 축 차가 45도인 A-B 또는 B-C를 선택하면 $I_0/2 \times \cos^2 45^\circ = I_0/4$이므로 최대 통과 세기는 처음 세기의 25%이다.
- 틀린 표현은 "ㄱ만 옳다"이고, 올바르게는 "ㄱ, ㄷ이 옳다"이다.

② O
- ②는 ㄱ, ㄷ을 고른 선택지이므로 옳다.
- ㄱ은 편광되지 않은 빛이 편광자 하나를 지날 때 통과 세기가 항상 절반이 된다는 성질을 묻는다.
- ㄷ은 두 편광자를 지날 때 최대 세기를 묻는다. A-C는 축 차가 90도라서 0이 되고, A-B 또는 B-C는 축 차가 45도라서 $I_0/4$가 되어 최대값 25%를 준다.

③ X
- ③은 ㄴ, ㄷ이 옳다고 본 선택지이므로 틀리다.
- ㄷ은 옳지만 ㄴ은 틀리다. 세 편광자의 배치 순서는 통과 세기에 영향을 준다.
- 예를 들어 A-B-C 순서이면 $I_0/2 \times \cos^2 45^\circ \times \cos^2 45^\circ = I_0/8$이고, A-C-B 순서이면 A와 C가 서로 수직이어서 중간에 빛이 0이 되므로 최종 세기도 0이다.
- 틀린 표현은 "배치 순서와 무관하게 모두 같다"이고, 올바르게는 "배치 순서에 따라 통과 후 세기가 달라진다"이다.

④ X
- ④는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다고 본 선택지이므로 틀리다.
- ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ이 틀리므로 전부 옳다는 판단은 성립하지 않는다.
- 틀린 표현은 "ㄱ, ㄴ, ㄷ"이고, 올바르게는 "ㄱ, ㄷ"이다.

오답 포인트

같은 세 편광자를 쓰면 순서를 바꾸어도 결과가 같다고 오해하기 쉽다. 그러나 편광은 각 단계에서 진행한 뒤 다음 편광자의 축과 이루는 각으로 다시 줄어드므로, 서로 수직인 A와 C가 먼저 연속해서 나오면 빛이 0이 되어 이후 편광자는 아무 역할도 하지 못한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

편광 문제는 먼저 "편광되지 않은 빛이 첫 편광자를 지나면 항상 절반"을 적용한 뒤, 그다음부터는 인접한 두 축의 각도마다 $\cos^2\theta$를 순서대로 곱해 판단한다. 두 편광자에서 최대 세기는 축 차가 가장 작은 조합에서 나오고, 서로 수직인 두 편광자가 바로 이어지면 그 지점에서 세기는 0이 된다.

암기 포인트

무편광빛 한 장 통과는 항상 50%, 이후에는 축 사이 각도마다 $\cos^2\theta$를 차례로 곱한다.

NoteBase