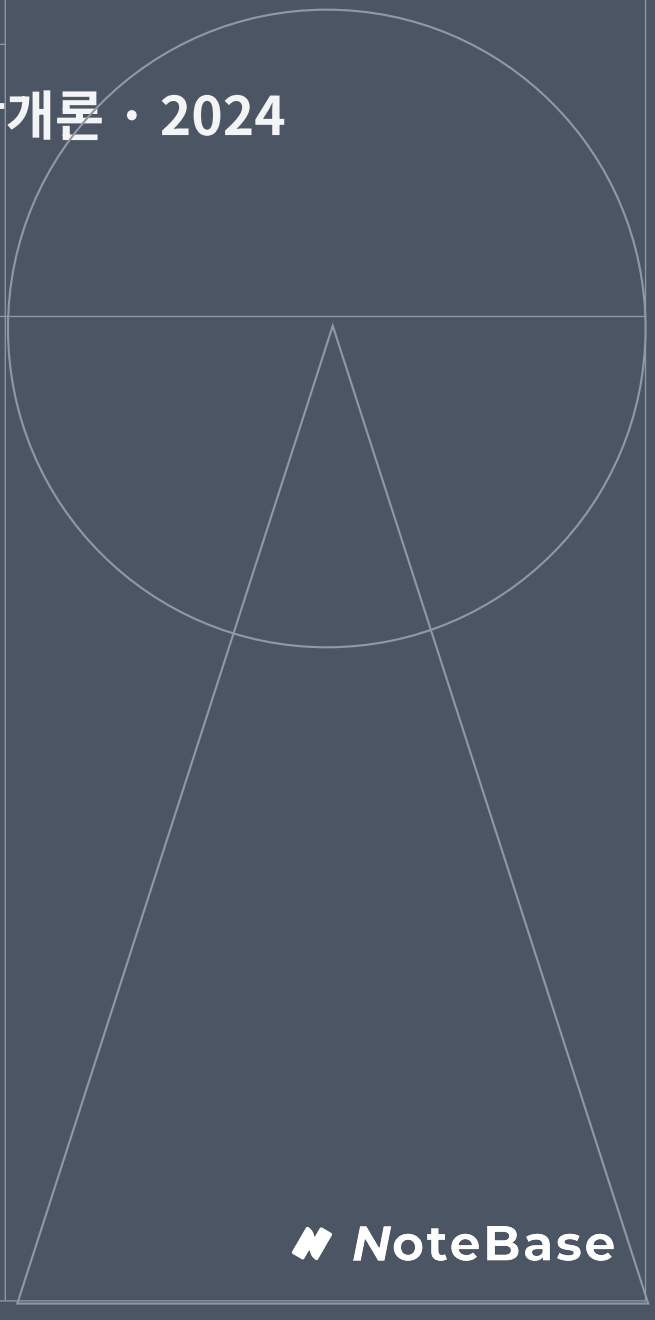
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2024

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2024

문 1. 이상기체의 온도가 4배로 증가하고 부피는 1/2배로 감소할 때, 압력은 처음의 몇 배인가? (단, 이상기체의 분자수 변화는 없다)

① 2배

② 8배

③ 1/2배

④ 1/8배

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분자 수가 일정한 이상기체에 대해 상태방정식 $PV = NkT$를 이용하여 온도와 부피 변화에 따른 압력의 변화를 구하는 문제이다.

조건 정리

온도는 $T_2 = 4T_1$이고, 부피는 $V_2 = \frac{1}{2}V_1$이다. 이상기체의 분자 수 N은 일정하다.

사용할 공식

이상기체의 상태방정식은 $PV = NkT$이다. 분자 수 N이 일정하므로 $P = \frac{NkT}{V}$, 즉 압력은 온도에 비례하고 부피에 반비례한다.

계산 과정

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \times \frac{V_1}{V_2} = 4 \times \frac{1}{1/2} = 8$이다. 따라서 압력은 처음의 8배가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X: 압력은 2배가 아니다. 온도가 4배가 되는 효과와 부피가 1/2배가 되는 효과를 함께 반영하면 8배가 된다. 틀린 표현 '2배' → 올바르게는 '8배'이다.
② O: P는 T/V에 비례하므로 $4/(1/2) = 8$배가 된다.
③ X: 압력은 1/2배가 아니다. 부피가 줄면 압력은 감소하지 않고 증가한다. 틀린 표현 '1/2배' → 올바르게는 '8배'이다.
④ X: 압력은 1/8배가 아니다. 온도 증가와 부피 감소는 모두 압력을 증가시키는 방향이다. 틀린 표현 '1/8배' → 올바르게는 '8배'이다.

오답 포인트

온도 변화만 보고 4배로 판단하거나, 부피가 1/2배가 된 것을 압력도 1/2배가 된다고 거꾸로 적용하기 쉽다. 부피는 분모이므로 1/2배가 되면 압력에는 2배 효과가 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

분자 수가 일정한 이상기체에서는 먼저 $P \propto T/V$를 세운 뒤, 온도 변화율에 부피의 역변화율을 곱해 압력 변화율을 구한다.

암기 포인트

이상기체에서 $P \propto T/V$: 온도 4배와 부피 1/2배는 압력 8배이다.

NoteBase

문 2. 여름날 측정된 공기의 온도가 40°C일 때, 이 온도를 화씨[°F]로 나타내면?

① 72

② 54.2

③ 102

④ 104

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 섭씨 온도를 화씨 온도로 변환하는 식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 온도는 $40\,^\circ C$이다. 구할 값은 화씨 온도 $^\circ F$이다. 섭씨에 32를 바로 더하지 않고, 먼저 $\frac{9}{5}$를 곱해야 한다.

사용할 공식

화씨 온도 F와 섭씨 온도 C의 관계는 $F = \frac{9}{5}C + 32$이다. 두 온도 눈금의 한 칸 크기가 다르고 물의 어는점이 각각 $0\,^\circ C$, $32\,^\circ F$이므로, 비율 변환과 기준점 보정을 함께 한다.

계산 과정

$F = \frac{9}{5} \times 40 + 32 = 72 + 32 = 104$이다. 따라서 $40\,^\circ C$는 $104\,^\circ F$이다.

선지 판단

① X: 72는 $\frac{9}{5} \times 40$까지만 계산한 값으로, 기준점 보정값 32를 더하지 않았다. 틀린 값 72 → 올바르게는 104이다.
② X: 54.2는 섭씨-화씨 변환식 $F = \frac{9}{5}C + 32$를 적용하여 나오지 않는 값이다. 틀린 값 54.2 → 올바르게는 104이다.
③ X: 102는 변환 결과 104와 다르다. 틀린 값 102 → 올바르게는 104이다.
④ O: $F = \frac{9}{5} \times 40 + 32 = 104$이므로 옳다.

오답 포인트

①의 72는 비율 변환만 한 중간값이다. 화씨 변환에서는 32를 더하는 기준점 보정을 빠뜨리지 않아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

섭씨를 화씨로 바꿀 때는 C에 $\frac{9}{5}$를 곱한 뒤 32를 더한다. 계산 후 $0^\circ C = 32^\circ F$, $100^\circ C = 212^\circ F$와 비교해 값의 범위를 검산한다.

암기 포인트

섭씨 → 화씨: $\frac{9}{5}$배 후 32 더하기이다.

문 3. 보어의 수소 원자 모형에서 바닥 상태 전자의 드브로이 파장이 πÅ일 때, 이 전자의 궤도 둘레 길이[Å]가 될 수 있는 것은?

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

정답 3번

출제 포인트

보어 모형의 허용 궤도에서는 전자의 드브로이 파동이 궤도를 한 바퀴 돈 뒤 같은 위상으로 이어져야 한다. 따라서 궤도 둘레는 파장의 정수배가 되어야 한다.

조건 정리

주어진 값: 드브로이 파장은 $\lambda = \pi$Å이다.
구할 값: 허용될 수 있는 궤도 둘레 C이다.
주의할 조건: 닫힌 궤도에서는 둘레에 반정수 개가 아니라 정수 개의 파장이 들어가야 한다.

사용할 공식

$C = N\lambda \quad (N = 1, 2, 3, \ldots)$
이 식은 궤도를 한 바퀴 돈 물질파가 처음 상태와 정확히 이어지는 정상파 조건을 나타낸다.

계산 과정

1. $\lambda = \pi$Å를 정상파 조건에 대입한다.
2. $C = N\pi$Å가 된다.
3. 선택지 중 πÅ의 양의 정수배인 값은 2πÅ뿐이다.

선지 판단

① X. $\frac{1}{2}\pi$Å $= \frac{1}{2}\lambda$이므로 궤도 둘레에 반 개의 파장만 들어간다. 틀린 표현은 '허용되는 둘레'이며, 올바르게는 $C = N\pi$Å여야 한다.
② X. $\frac{3}{2}\pi$Å $= \frac{3}{2}\lambda$이므로 정수 개의 파장이 이어지지 않는다. 틀린 표현은 '허용되는 둘레'이며, 올바르게는 $C = N\pi$Å여야 한다.
③ O. 2πÅ $= 2\lambda$이므로 둘레에 파장 두 개가 정확히 들어가 정상파 조건을 만족한다.
④ X. $\frac{5}{2}\pi$Å $= \frac{5}{2}\lambda$이므로 반정수 개의 파장이 들어간다. 틀린 표현은 '허용되는 둘레'이며, 올바르게는 $C = N\pi$Å여야 한다.

NoteBase

오답 포인트

①, ②, ④처럼 πÅ의 반정수배도 파장이 일부 들어가 보이지만, 궤도가 닫힐 때 파동의 시작과 끝 위상이 맞지 않아 허용되지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

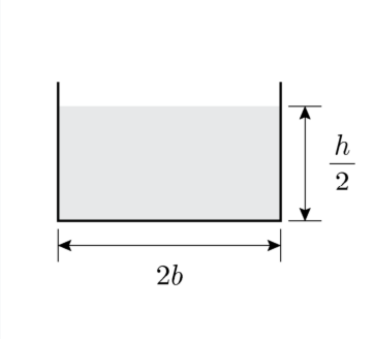
드브로이 파동과 원형 궤도가 함께 나오면 먼저 $C = N\lambda$를 세운 뒤, 각 선택지를 파장 λ로 나누어 양의 정수인지 확인한다.

암기 포인트

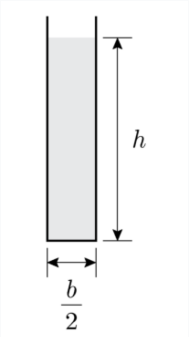
닫힌 보어 궤도에는 파장이 정수 개만 들어간다: $C = N\lambda$.

문 4. 모양이 다른 4개의 용기에 동일한 액체가 채워져 있다. 액체와 닿는 바닥면에서 압력이 가장 높은 것은? (단, 용기와 액체는 정지 상태며, 각 용기의 열린 쪽 액체 표면에서의 압력은 대기압이다)

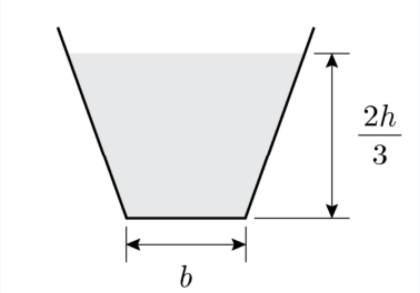
①



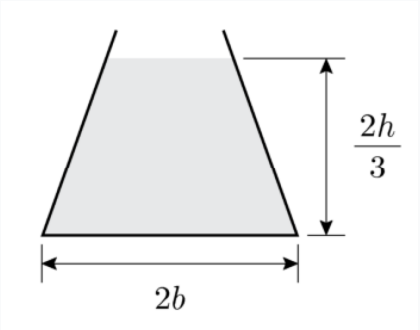
②



③



④



정답 2번

출제 포인트

정지한 같은 액체에서 바닥면의 압력은 액체 표면으로부터의 수직 깊이에만 의존한다.

NoteBase

조건 정리

네 용기의 액체 밀도 ρ와 열린 액체 표면의 압력 p_{atm}은 같다. 중력가속도 g도 같으므로 바닥 압력은 액체 높이 H가 클수록 크다. 용기의 밑변 너비와 옆면 기울기는 바닥에서의 압력 비교에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

깊이 H인 곳의 압력은 $p = p_{\text{atm}} + \rho g H$이다. 액체가 정지해 있고 표면 압력이 모두 대기압이므로, 각 바닥면에 이 식을 그대로 적용한다.

계산 과정

① $H = h/2$이므로 $p_1 = p_{\text{atm}} + \rho g h/2$이다.
② $H = h$이므로 $p_2 = p_{\text{atm}} + \rho g h$이다.
③ $H = 2h/3$이므로 $p_3 = p_{\text{atm}} + 2\rho g h/3$이다.
④ $H = 2h/3$이므로 $p_4 = p_{\text{atm}} + 2\rho g h/3$이다.
따라서 $p_2 > p_3 = p_4 > p_1$이다.

선지 판단

① X. 액체 높이가 $h/2$로 가장 작아 바닥 압력도 가장 작다. 틀린 판단인 '①의 바닥 압력이 가장 높다'는 '①의 바닥 압력이 가장 낮다'로 고쳐야 한다.
② O. 액체 높이가 h로 가장 크므로 $p_{\text{atm}} + \rho g h$가 되어 바닥 압력이 가장 높다.
③ X. 액체 높이는 $2h/3$이므로 ②보다 작다. 틀린 판단인 '③의 바닥 압력이 가장 높다'는 '③의 바닥 압력은 ④와 같고 ②보다 작다'로 고쳐야 한다.
④ X. 바닥 너비가 커도 바닥 압력은 커지지 않으며, 액체 높이가 $2h/3$이어서 ②보다 작다. 틀린 판단인 '④의 바닥 압력이 가장 높다'는 '④의 바닥 압력은 ③과 같고 ②보다 작다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

④처럼 바닥면이 넓은 용기가 압력도 가장 클 것이라고 혼동하기 쉽다. 넓이에 따라 달라지는 것은 바닥이 받는 힘 $F = pA$이며, 압력 p 자체는 같은 깊이에서 용기 모양과 무관하다.

다시 나오면 이렇게 판단

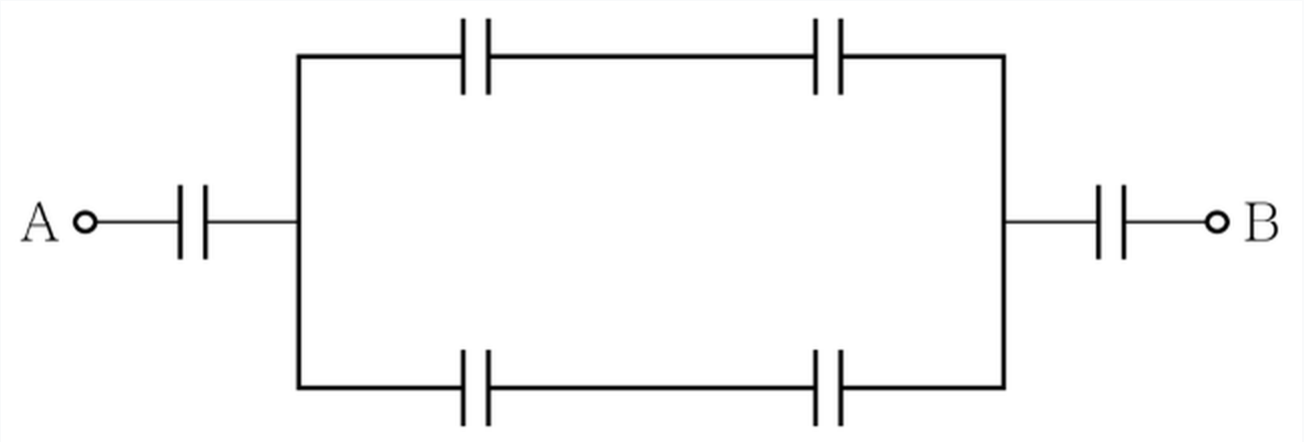
같은 액체이고 표면 압력이 같으면 먼저 바닥부터 액체 표면까지의 수직 높이만 비교한다. 높이가 가장 큰 용기의 바닥 압력이 가장 크며, 밑면 넓이는 압력이 아니라 힘을 물을 때만 함께 고려한다.

암기 포인트

정수압은 $p = p_0 + \rho g H$이다. 압력은 깊이, 힘은 압력×면적이다.

NoteBase

문 5. 그림은 전기용량이 C로 동일한 축전기들을 이용하여 만든 회로를 나타낸 것이다. 이 회로의 A, B 사이의 모든 축전기를 포함한 등가 전기용량은?



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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 동일한 축전기의 직렬·병렬 연결을 단계적으로 합성하여 A, B 사이의 등가 전기용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

모든 축전기의 전기용량은 C이다. 가운데 사각형의 위쪽과 아래쪽 가지에는 각각 축전기 2개가 직렬로 연결되어 있고, 두 가지는 서로 병렬이다. 이 가운데 부분은 A쪽 축전기 1개 및 B쪽 축전기 1개와 직렬로 연결된다.

사용할 공식

직렬 연결에서는 $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$이고, 병렬 연결에서는 $C_{eq} = C_1 + C_2$이다. 같은 두 축전기를 직렬로 연결하면 $C/2$가 된다. 각 가지의 양 끝이 같은 두 접점에 연결되어 있으므로 위쪽 가지와 아래쪽 가지는 병렬로 합성한다.

계산 과정

1. 위쪽 가지의 축전기 2개는 직렬이므로 등가 전기용량은 $C/2$이다. 아래쪽 가지도 $C/2$이다.
2. 두 가지는 병렬이므로 가운데 부분의 등가 전기용량은 $C/2 + C/2 = C$이다.
3. 따라서 전체 회로는 C, C, C의 직렬 연결이다. 따라서 $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{3}{C}$이므로 $C_{eq} = C/3$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. $C/2$는 축전기 2개를 직렬로 이은 한 가지의 등가 전기용량이다. 가운데의 두 가지가 병렬이라는 점과 양끝의 축전기 2개가 직렬이라는 점이 반영되지 않았다. 틀린 표현 $C/2$ → 올바르게는 전체 등가 전기용량이 $C/3$이다.
② O. 가운데 부분은 C이고, 이것이 양끝의 C 두 개와 직렬이므로 전체 등가 전기용량은 $C/3$이다.
③ X. $C/4$는 네 개의 축전기가 모두 단순 직렬이라고 잘못 본 값에 해당한다. 가운데 부분은 두 직렬 가지의 병렬 연결이다. 틀린 표현 $C/4$ → 올바르게는 가운데 부분을 먼저 C로 합성하여 전체가 $C/3$이다.
④ X. $C/5$는 회로의 다섯 축전기를 모두 직렬로 취급한 값이다. 위쪽·아래쪽 가지는 같은 두 접점 사이에 있으므로 병렬이다. 틀린 표현 $C/5$ → 올바르게는 병렬 부분을 합성한 뒤 전체가 $C/3$이다.

오답 포인트

위쪽과 아래쪽의 각 가지에 축전기 2개가 있으므로, 두 가지를 모두 직렬로 이어진 것으로 오인하기 쉽다. 그러나 두 가지의 양 끝은 각각 같은 왼쪽 접점과 오른쪽 접점에 연결되어 있어 병렬 연결이다.

다시 나오면 이렇게 판단

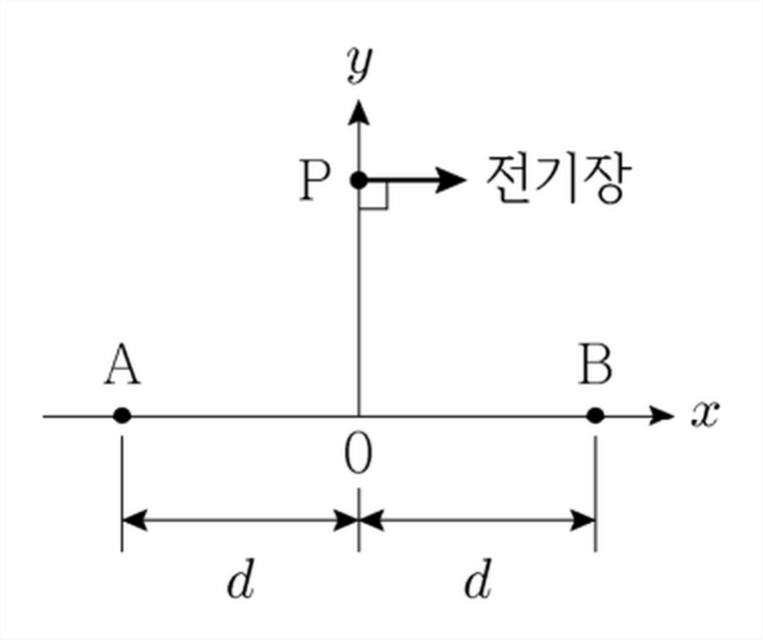
복잡한 축전기 회로는 같은 두 접점에 물린 부분을 먼저 찾아 병렬로 합성하고, 한 경로에서만 차례로 이어진 부분을 직렬로 합성한다. 작은 블록부터 등가 전기용량 하나로 바꾸어 전체 연결을 다시 판단한다.

암기 포인트

축전기에서는 직렬 연결이면 역수의 합, 병렬 연결이면 전기용량의 합이다. 이 회로는 가운데 C, 전체는 C-C-C 직렬이므로 $C/3$이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 xy평면에서 두 점전하 A, B가 각각 전하량 Q_A, Q_B를 가지고, 좌표 원점으로부터 각각 거리 d만큼 떨어져 x축 위에 고정되어 있다. 이때, y축 위 어떤 지점 P에서 측정된 전기장은 $+x$축 방향이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. A는 양전하이다.

ㄴ. B는 양전하이다.

ㄷ. Q_A와 Q_B의 절댓값의 크기는 같다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

두 점전하가 원점에 대해 대칭인 위치에 있을 때, P에서 전기장의 y성분이 0이고 전체 전기장이 $+x$방향이라는 조건으로 두 전하의 부호와 절댓값을 판단하는 문제이다.

조건 정리

A와 B는 각각 $(-d, 0)$, $(d, 0)$에 있고 P는 y축 위에 있으므로 P에서 A와 B까지의 거리는 모두 $r = \sqrt{d^2 + y^2}$로 같다. 전체 전기장이 $+x$방향이므로 y성분은 0이고 x성분은 양수이다.

NoteBase

사용할 공식

점전하 Q가 만드는 전기장은 $\vec{E} = kQ\vec{r}/r^3$이다. 두 전하에서 P까지의 거리가 같으므로 각 성분을 더하면 $E_x = \frac{kd}{r^3}(Q_A - Q_B)$, $E_y = \frac{ky}{r^3}(Q_A + Q_B)$가 된다. 전기장의 방향 조건이 성분의 부호와 합을 직접 결정하므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 전기장이 $+x$방향이므로 $E_y = 0$이다. 따라서 $Q_A + Q_B = 0$, 즉 $Q_B = -Q_A$이다.
2. 따라서 두 전하의 절댓값은 같고 부호는 반대이다.
3. $E_x = \frac{kd}{r^3}(Q_A - Q_B) = \frac{2kd}{r^3}Q_A$이다. 이것이 양수이므로 $Q_A > 0$이고 $Q_B < 0$이다.

선지 판단

ㄱ. O. A는 양전하이다. $+x$방향 전기장이 되려면 $Q_A > 0$이어야 한다.
ㄴ. X. ‘B는 양전하이다’가 틀린 표현이다. B는 A와 부호가 반대이므로 음전하이다.
ㄷ. O. $Q_B = -Q_A$이므로 $|Q_A| = |Q_B|$이다.

① X. ㄱ만 고른 것은 옳은 ㄷ을 빠뜨린 것이다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.
② X. ㄷ만 고른 것은 옳은 ㄱ을 빠뜨린 것이다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.
③ O. ㄱ과 ㄷ만 옳으므로 옳은 선택이다.
④ X. ㄴ의 ‘B는 양전하이다’가 틀렸다. B는 음전하이고, 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

오답 포인트

두 전하가 P에서 같은 거리에 있다는 사실만 보고 전하가 같은 부호라고 판단하면 안 된다. y성분이 상쇄되려면 두 전하의 부호가 반대여야 하며, 이후 x성분의 방향으로 A의 부호를 정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

대칭 위치의 두 점전하 문제에서는 먼저 전체 전기장에 수직인 성분이 0이라는 조건으로 전하의 관계를 정하고, 다음으로 남는 성분의 방향으로 각 전하의 부호를 판단한다.

암기 포인트

대칭점에서 수직 성분 상쇄 → 전하 부호 반대·절댓값 같음, 남는 수평 성분 방향 → 어느 쪽 전하가 양전하인지 결정한다.

NoteBase

문 7. 반지름이 R인 원통형 직선 도선이 진공 중에 놓여 있고, 이 도선의 단면에 균일하게 분포된 정상전류 I가 도선의 길이 방향으로 흐른다. 도선의 중심으로부터 도선의 길이 방향에 수직하여 R만큼 떨어진 지점에서 자기장의 세기는? (단, 진공의 투자율은 μ_0이다)

① $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$
② $\frac{\mu_0 I}{\pi R}$
③ $\frac{2\mu_0 I}{\pi R}$
④ $\frac{3\mu_0 I}{2\pi R}$

정답 1번

출제 포인트

원통형 직선 도선의 표면에서 앙페르 법칙으로 자기장의 세기를 구하는 문제이다.

조건 정리

도선의 반지름은 R이고, 관측점은 중심에서 R만큼 떨어진 도선 표면이다. 이 반지름의 원형 앙페르 경로가 둘러싸는 전류는 전체 전류 I이다.

사용할 공식

앙페르 법칙은

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$$

이다. 원통 대칭 때문에 반지름 R의 원주 전체에서 자기장 크기는 같고, 자기장은 원주 방향이므로

$$B(2\pi R) = \mu_0 I$$

가 된다.

계산 과정

$r = R$에서는 도선 단면 전체가 앙페르 경로 안에 들어가므로 $I_{\text{enc}} = I$이다. 따라서

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

이다. 자기장의 방향은 전류에 대한 오른손 법칙으로 정해지며, 문제는 세기를 물었으므로 크기만 비교한다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$이므로 옳다.
② X: 제시값은 정답의 2배이다. $\frac{\mu_0 I}{\pi R}$ → 올바르게는 $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$이다.
③ X: 제시값은 정답의 4배이다. $\frac{2\mu_0 I}{\pi R}$ → 올바르게는 $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$이다.
④ X: 제시값은 정답의 3배이다. $\frac{3\mu_0 I}{2\pi R}$ → 올바르게는 $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$이다.

NoteBase

오답 포인트

원형 앙페르 경로의 길이를 $2\pi R$가 아니라 πR로 두거나, 도선 표면에서 둘러싸는 전류가 이미 전체 전류 I임을 놓치면 ②~④와 같은 계수 오류가 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

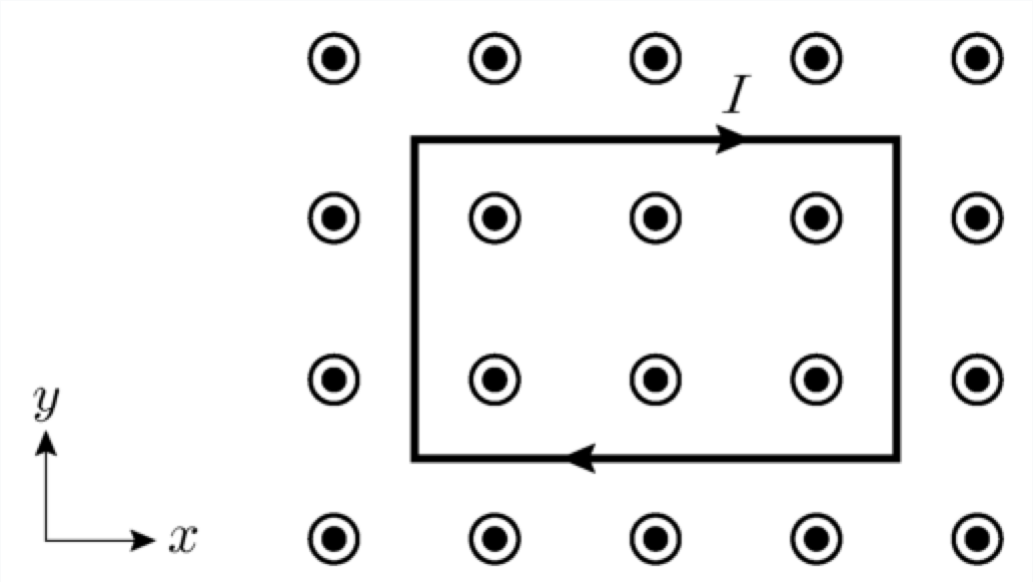
직선 도선의 자기장은 중심축에서의 거리 r를 반지름으로 하는 원형 경로를 잡아 $B(2\pi r) = \mu_0 I_{\text{enc}}$로 판단한다. 도선 표면 $r = R$에서는 $I_{\text{enc}} = I$이다.

암기 포인트

도선 표면·외부에서는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, 따라서 표면에서는 $r = R$이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 균일한 자기장이 xy평면에 수직 방향으로 형성되어 있다. xy평면에 직사각형 모양인 도선에 전류 I가 흐를 때, 전체 도선이 자기장에 의하여 받는 합력에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 도선은 고정되어 있다)



① 합력은 0이다.

② $-x$축 방향으로 합력이 작용한다.

③ $+x$축 방향으로 합력이 작용한다.

④ $+y$축 방향으로 합력이 작용한다.

정답 1번

출제 포인트

균일한 자기장 속에 놓인 폐회로 도선의 전체 자기력은 각 변에 작용하는 힘의 벡터합으로 구한다. 그림의 자기장은 종이 바깥쪽인 $+z$ 방향이다.

조건 정리

- 도선은 xy평면의 직사각형 폐회로이다.
- 윗변의 전류는 $+x$ 방향, 아랫변의 전류는 $-x$ 방향이다.
- 자기장은 모든 위치에서 크기와 방향이 같은 균일 자기장이다.
- 구할 값은 도선 전체가 받는 합력이다.

NoteBase

사용할 공식

전류 요소가 받는 힘은 $d\mathbf{F} = Id\boldsymbol{\ell} \times \mathbf{B}$이다. 따라서 폐회로 전체에 대해서는 $\mathbf{F}_{\text{net}} = I\oint d\boldsymbol{\ell} \times \mathbf{B}$이다. 자기장 $\mathbf{B}$가 균일하면 $\mathbf{B}$를 적분 밖으로 꺼낼 수 있고, 폐회로에서는 $\oint d\boldsymbol{\ell} = 0$이므로 $\mathbf{F}_{\text{net}} = 0$이다.

계산 과정

1. 윗변은 $+x \times +z = -y$이므로 아래쪽 힘을 받고, 아랫변은 $-x \times +z = +y$이므로 위쪽 힘을 받는다. 두 힘의 크기는 같아 상쇄된다.
2. 왼쪽 변은 $+y \times +z = +x$, 오른쪽 변은 $-y \times +z = -x$이므로 수평 힘도 크기가 같고 방향이 반대이다.
3. 마주 보는 두 변의 힘이 각각 상쇄되므로 전체 도선의 합력은 0이다.

선지 판단

① O. 균일 자기장에서는 마주 보는 변에 작용하는 자기력의 크기가 같고 방향이 반대이므로 전체 합력은 0이다.
② X. '$-x$축 방향으로 합력이 작용한다'가 틀린 표현이다. 오른쪽 변에는 $-x$ 방향 힘이 작용하지만 왼쪽 변의 $+x$ 방향 힘과 상쇄된다. 올바르게는 합력이 0이다.
③ X. '$+x$축 방향으로 합력이 작용한다'가 틀린 표현이다. 왼쪽 변의 $+x$ 방향 힘은 오른쪽 변의 $-x$ 방향 힘과 상쇄된다. 올바르게는 합력이 0이다.
④ X. '$+y$축 방향으로 합력이 작용한다'가 틀린 표현이다. 아랫변의 $+y$ 방향 힘은 윗변의 $-y$ 방향 힘과 상쇄된다. 올바르게는 합력이 0이다.

오답 포인트

한 변에 작용하는 힘의 방향만 구하고 그것을 전체 합력으로 착각하기 쉽다. 예를 들어 ②의 $-x$ 방향 힘은 오른쪽 변에만 작용하며, 반대쪽 변의 힘까지 더하면 사라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

균일 자기장 속 폐회로에서는 먼저 각 변의 $I\boldsymbol{\ell} \times \mathbf{B}$ 방향을 구한 뒤, 평행하고 길이가 같은 마주 보는 변의 힘이 상쇄되는지 벡터합으로 판단한다.

암기 포인트

균일 자기장 속 폐회로: 합력은 0, 토크는 상황에 따라 0이 아닐 수 있다.

NoteBase

문 9. 광전효과 실험에서 진동수가 f인 빛을 일함수가 $2E_0$인 금속판에 비추었을 때, 금속판에서 방출되는 광전자의 최대운동에너지는 E_0이었다. 진동수가 $2f$인 빛을 동일한 금속판에 비춘다면 방출되는 광전자의 최대운동에너지는?

① E_0

② $2E_0$

③ $3E_0$

④ $4E_0$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 광전효과의 최대운동에너지 식 $K_{\max} = hf - \phi$를 이용하여 진동수가 두 배가 될 때의 최대운동에너지를 구하는 문제이다.

조건 정리

일함수는 $\phi = 2E_0$이다.
진동수 f인 빛을 비출 때 최대운동에너지는 $K_{\max} = E_0$이다.
구할 값은 진동수 $2f$인 빛을 비출 때의 최대운동에너지이다.

사용할 공식

광전효과에서 광자의 에너지는 hf이고, 최대운동에너지는 $K_{\max} = hf - \phi$이다. 광자 에너지에서 금속판의 일함수를 뺀 나머지가 방출 광전자의 최대운동에너지가 되므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 진동수 f일 때 $E_0 = hf - 2E_0$이므로 $hf = 3E_0$이다.
2. 진동수가 $2f$이면 광자 에너지는 $h(2f) = 2hf = 6E_0$이다.
3. 따라서 최대운동에너지는 $K'_{\max} = 6E_0 - 2E_0 = 4E_0$이다.

선지 판단

① X: E_0은 진동수 f일 때의 최대운동에너지이다. 틀린 표현 E_0 → 올바르게는 $4E_0$이다.
② X: 진동수를 두 배로 하면 광자 에너지가 $3E_0$만큼 늘어나므로 최대운동에너지는 $2E_0$이 아니다. 틀린 표현 $2E_0$ → 올바르게는 $4E_0$이다.
③ X: 일함수 $2E_0$를 빼기 전의 광자 에너지 $6E_0$을 고려하지 않고 단순히 운동에너지만 세 배로 본 값이다. 틀린 표현 $3E_0$ → 올바르게는 $4E_0$이다.
④ O: $K'_{\max} = 2hf - \phi = 6E_0 - 2E_0 = 4E_0$이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

진동수를 두 배로 하였다고 최대운동에너지도 단순히 두 배로 두면 안 된다. 최대운동에너지는 hf에서 일정한 일함수 ϕ를 뺀 값이므로, 이 문항에서는 E_0에서 $4E_0$으로 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

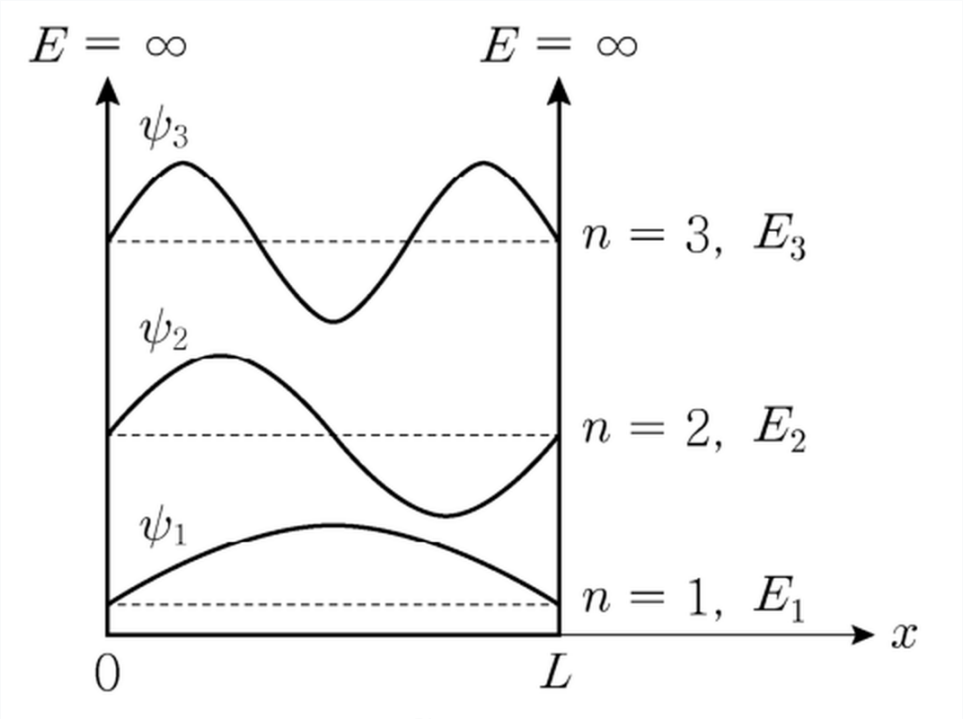
광전효과 계산형 문제는 먼저 $K_{\max} = hf - \phi$에 처음 조건을 대입하여 hf를 구하고, 바뀐 진동수의 광자 에너지를 계산한 뒤 같은 일함수를 뺀다.

암기 포인트

광전효과는 $K_{\max} = hf - \phi$이다. 진동수 변화에는 hf만 비례하여 변하고 ϕ는 일정하다.

NoteBase

문 10. 그림은 길이가 L인 1차원 무한퍼텐셜 우물에 갇힌 질량이 m인 입자의 양자수(n)에 따른 에너지 준위(E_n)와 파동함수(ψ_n)를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 파동함수는 잘 보이게 하기 위하여 수직으로 분리된 축에 그려져 있다)



ㄱ. $n = 3$일 때 입자의 파장은 $\lambda = \frac{3L}{2}$이다.

ㄴ. $n = 2$일 때 입자의 에너지는 $E_2 = \frac{h^2}{2mL^2}$이다.

ㄷ. $x = 0$과 $x = L$ 지점에서 입자를 발견할 확률은 0이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

1차원 무한 퍼텐셜 우물에서 양자수 n에 따른 정상파의 파장과 에너지 준위, 그리고 우물 벽에서의 발견 확률을 판단하는 문제이다.

조건 정리

입자는 $0 < x < L$ 구간에만 존재하며, 양 끝 $x = 0$, $x = L$은 무한 퍼텐셜 벽이다. 파동함수는 두 벽에서 0이므로 구간 L에는 정확히 n개의 반파장이 들어간다.

NoteBase

사용할 공식

$L = n\frac{\lambda_n}{2}, \qquad \lambda_n = \frac{2L}{n}$
$E_n = \frac{n^2h^2}{8mL^2}$
우물 양 끝이 정상파의 마디가 되므로 파장식이 성립하며, 에너지는 양자수의 제곱에 비례한다.

계산 과정

1. $n = 3$이면 $\lambda_3 = 2L/3$이다.
2. $n = 2$이면 $E_2 = 2^2h^2/(8mL^2) = h^2/(2mL^2)$이다.
3. 무한 퍼텐셜 벽에서는 $\psi(0) = \psi(L) = 0$이므로 확률밀도 $|\psi|^2$도 두 지점에서 0이다.

선지 판단

① X. ㄱ은 $\lambda = 3L/2$라고 하였으나 $n = 3$에서는 $\lambda_3 = 2L/3$이다. 틀린 표현 '$3L/2$' → 올바르게는 '$2L/3$'이다.
② X. ㄷ 자체는 옳지만, ㄴ도 옳으므로 ㄷ만을 고른 선택지는 '옳은 것만 모두'의 답이 될 수 없다. 틀린 판단 'ㄷ만 옳다' → 올바르게는 'ㄴ, ㄷ가 옳다'이다.
③ X. ㄷ은 옳지만 ㄱ의 파장이 틀렸다. 틀린 구성 'ㄱ, ㄷ' → 올바르게는 'ㄴ, ㄷ'이다.
④ O. ㄴ은 $E_2 = h^2/(2mL^2)$로 옳고, ㄷ도 양 끝에서 파동함수가 0이므로 옳다.

오답 포인트

ㄱ은 $L = n\lambda/2$에서 n이 커질수록 파장이 짧아진다는 점을 거꾸로 적용한 함정이다. 또한 ㄷ이 옳더라도 '옳은 것만 모두'에서는 ㄴ의 참·거짓까지 함께 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

무한 우물 문제에서는 먼저 양 끝이 마디라는 경계조건으로 $L = n\lambda/2$를 적용해 파장을 구한다. 이어서 $E_n \propto n^2$로 에너지를 확인하고, 벽에서는 $\psi = 0$이므로 발견 확률도 0인지 판단한다.

암기 포인트

무한 우물: $\lambda_n = 2L/n$, $E_n = n^2h^2/(8mL^2)$, 벽에서는 $P = 0$이다.

NoteBase

문 11. 수평면에서 질량이 2kg인 물체가 정지 상태에서 수직 방향으로 발사되어 최대 높이 15m에 도달하였다. 운동하는 동안 물체의 퍼텐셜에너지가 운동에너지의 2배가 되었을 때 물체의 속력[m/s]은? (단, 물체의 크기와 공기저항은 무시하고, 중력가속도는 10m/s^2이다)

① $5\sqrt{2}$
② 10
③ $10\sqrt{2}$
④ $\sqrt{10}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 역학적 에너지 보존을 이용하여 퍼텐셜에너지와 운동에너지의 비가 주어졌을 때의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

질량은 $2kg$, 최대 높이는 $15m$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다. 공기저항을 무시하므로 운동 중 역학적 에너지는 보존된다. 구하는 순간에는 퍼텐셜에너지 U가 운동에너지 K의 2배이므로 $U = 2K$이다.

사용할 공식

전체 역학적 에너지는 $E = U + K$, 운동에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이다. 공기저항이 없고 중력만 작용하므로 처음의 최대 퍼텐셜에너지와 운동 중의 역학적 에너지가 같아서 이 공식을 사용한다.

계산 과정

처음 정지 상태이므로 전체 역학적 에너지는 $E = mgh = 2 \times 10 \times 15 = 300J$이다.
$U = 2K$이므로 $E = U + K = 3K$이다. 따라서 $K = 300/3 = 100J$이다.
$100 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2$이므로 $v^2 = 100$, 따라서 $v = 10m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $5\sqrt{2}\,m/s$이면 $K=\frac{1}{2}\times 2\times(5\sqrt{2})^2=50J$이고, 이때 $U=250J$이므로 $U=5K$이다. 틀린 표현 $5\sqrt{2}\,m/s$ → 올바르게는 $10m/s$이다.
② O — 계산한 속력이 $10m/s$이므로 맞다.
③ X — $10\sqrt{2}\,m/s$이면 $K=200J$, $U=100J$가 되어 $U=\frac{1}{2}K$이다. 틀린 표현 $10\sqrt{2}\,m/s$ → 올바르게는 $10m/s$이다.
④ X — $\sqrt{10}\,m/s$이면 $K=10J$이고 $U=290J$가 되어 $U=29K$이다. 틀린 표현 $\sqrt{10}\,m/s$ → 올바르게는 $10m/s$이다.
계산 결과가 $10m/s$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

$U=2K$에서 전체 에너지가 $2K$라고 착각하면 안 된다. 전체 에너지는 $U+K=3K$이므로 운동에너지는 전체 에너지의 1/3이다.

다시 나오면 이렇게 판단

에너지 비가 주어지면 먼저 $U:K$를 전체 에너지의 비로 바꾼다. 그다음 $K=\frac{1}{2}mv^2$에 대입하여 속력을 구하고, 단위가 m/s인지 검산한다.

암기 포인트

$U:K=2:1$이면 $K=E/3$이다.

NoteBase

문 12. 활주로에 착륙하고 있는 비행기가 있다. 활주로에 바퀴가 닿는 순간의 비행기 수평 방향 속력이 360km/h이고, 크기 10m/s^2의 일정한 가속도로 감속하여 정지하였다면 비행기가 정지할 때까지 활주로에서 이동한 거리[m]는? (단, 활주로는 수평이고, 바퀴가 닿는 순간부터 비행기는 활주로 위에서 직선운동 한다)

① 300

② 360

③ 480

④ 500

정답 4번

출제 포인트

등가속도 감속 운동에서 처음 속도와 가속도로부터 정지할 때까지의 이동 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

처음 속도는 $360km/h = 100m/s$이다. 정지하므로 최종 속도는 $0m/s$이고, 가속도는 진행 방향과 반대인 $a = -10m/s^2$이다.

사용할 공식

$v^2 = v_0^2 + 2as$

시간이 주어지지 않고 처음 속도·가속도·이동 거리가 관계하므로 등가속도 운동의 속도-변위 공식을 사용한다.

계산 과정

$0^2 = (100)^2 + 2(-10)s$

$20s = 10000$

$s = 500m$

따라서 비행기는 정지할 때까지 $500m$를 이동한다.

선지 판단

① X: 수치 '300 m'은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 '300 m' → 올바르게는 $500m$이다.

② X: 수치 '360 m'은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 '360 m' → 올바르게는 $500m$이다.

③ X: 수치 '480 m'은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 '480 m' → 올바르게는 $500m$이다.

④ O: 속도를 $100m/s$로 환산하여 $v^2 = v_0^2 + 2as$에 대입하면 이동 거리는 $500m$이다.

NoteBase

오답 포인트

처음 속도 $360km/h$를 $360m/s$로 잘못 사용하면 큰 오답이 나온다. 또한 감속도는 음수이므로 $a = -10m/s^2$로 대입하거나, 감속도의 크기를 쓰면 식의 부호를 일관되게 처리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

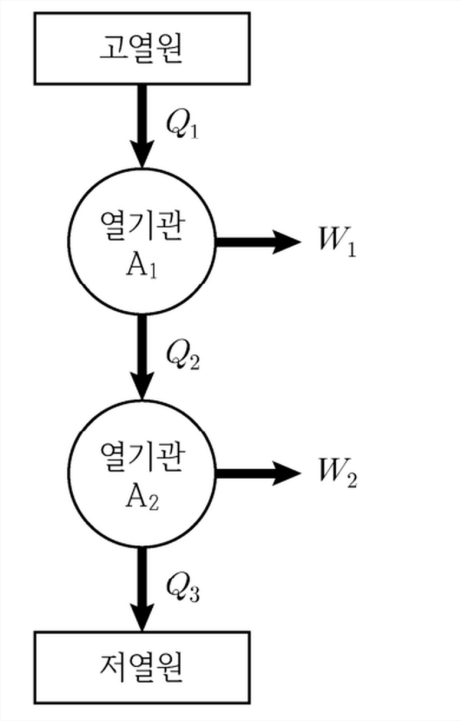
등가속도 운동에서 정지 거리 문제는 먼저 속도를 m/s로 환산하고, $v = 0$을 두어 $v^2 = v_0^2 + 2as$로 이동 거리를 구한다.

암기 포인트

정지 거리 s는 감속도 크기 $|a|$에 대해 $s = \frac{v_0^2}{2|a|}$이다. 속도가 2배이면 정지 거리는 4배가 된다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 두 개의 카르노 열기관 A_1과 A_2가 서로 연결되어 있다. A_1은 고열원으로부터 열 Q_1을 흡수하여 외부로 W_1만큼 일을 하고 A_2로 열 Q_2를 방출한다. A_2는 A_1으로부터 열 Q_2를 흡수하여 외부로 W_2 만큼 일을 하고 저열원으로 열 Q_3를 방출한다. A_1과 A_2의 열효율이 각각 e_1과 e_2일 때, 열효율의 비율 $\frac{e_1}{e_2}$을 Q_1 , Q_2, Q_3를 이용하여 나타내면?



① $\frac{Q_1(Q_1-Q_2)}{Q_2(Q_2-Q_3)}$
② $\frac{Q_2(Q_1-Q_2)}{Q_1(Q_2-Q_3)}$
③ $\frac{Q_1(Q_1-Q_2)}{Q_2(Q_3-Q_2)}$
④ $\frac{Q_1-Q_2}{Q_2-Q_3}$

정답 2번

출제 포인트

두 카르노 열기관의 열효율을 각각 일과 흡수열의 비로 나타내고, 그 비율을 구하는 문제이다.

조건 정리

열기관 A_1은 열 Q_1을 흡수하고 Q_2를 방출하므로 한 주기 동안 한 일은 $W_1 = Q_1 - Q_2$이다. 열기관 A_2는 Q_2를 흡수하고 Q_3를 방출하므로 $W_2 = Q_2 - Q_3$이다. 열효율은 흡수한 열에 대한 한 일의 비이다.

NoteBase

사용할 공식

열효율은 $e = W/Q_{\text{in}}$이다. 따라서 $e_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1$, $e_2 = (Q_2 - Q_3)/Q_2$이다. 각 열기관이 흡수하는 열이 각각 Q_1, Q_2이므로 일을 구한 뒤 해당 흡수열로 나눈다.

계산 과정

$\frac{e_1}{e_2} = \frac{(Q_1 - Q_2)/Q_1}{(Q_2 - Q_3)/Q_2} = \frac{Q_2(Q_1 - Q_2)}{Q_1(Q_2 - Q_3)}$ 따라서 열효율의 비는 ②와 같다.

선지 판단

① X: 분모가 $Q_2(Q_2 - Q_3)$로 되어 있다. e_1의 분모인 Q_1이 남아야 하므로 올바르게는 $Q_1(Q_2 - Q_3)$이다.
② O: $e_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1$, $e_2 = (Q_2 - Q_3)/Q_2$를 나누면 $Q_2(Q_1 - Q_2)/[Q_1(Q_2 - Q_3)]$가 된다.
③ X: $Q_3 - Q_2$는 $-(Q_2 - Q_3)$이므로 열효율 비의 부호가 음수가 된다. 열기관의 효율은 양수이므로 올바른 표현은 $Q_2 - Q_3$이다.
④ X: $(Q_1 - Q_2)/(Q_2 - Q_3)$는 두 열기관의 일 W_1/W_2의 비일 뿐, 각 열기관의 흡수열 Q_1, Q_2로 나누는 과정이 빠져 있다. 올바르게는 $Q_2(Q_1 - Q_2)/[Q_1(Q_2 - Q_3)]$이다.

오답 포인트

④처럼 일의 비 W_1/W_2를 효율의 비로 혼동하기 쉽다. 효율은 반드시 각 기관의 일에 그 기관의 흡수열을 한 번 더 나눈 값이므로, 비를 만들 때 Q_2/Q_1 인자가 추가된다. 또한 ③의 $Q_3 - Q_2$는 방출열과 흡수열의 순서를 뒤집은 음수 표현이다.

다시 나오면 이렇게 판단

연결된 열기관에서는 각 기관에 대해 먼저 $W = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$을 쓰고, 이어서 $e = W/Q_{\text{in}}$으로 효율을 구한다. 마지막에 두 효율을 나누어 약분한다.

암기 포인트

열효율 = 일 ÷ 흡수열, 즉 $e = (Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}})/Q_{\text{in}}$이다.

NoteBase

문 14. 높이가 5cm인 물체가 초점 거리 2cm인 수렴렌즈의 왼쪽 10cm 지점에 놓여 있다. 이 렌즈의 수직 배율은?

① 도립된 0.20배

② 정립된 0.20배

③ 도립된 0.25배

④ 정립된 0.25배

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수렴렌즈의 렌즈 방정식으로 상의 위치를 구한 뒤, 수직 배율의 부호와 크기를 판단하는 문제이다.

조건 정리

물체거리 $u = 10cm$, 초점거리 $f = 2cm$이다. 수렴렌즈 앞의 물체이므로 실물체로 본다. 구해야 할 수직 배율은 $m = -v/u$이다.

사용할 공식

얇은렌즈 방정식은 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$이고, 수직 배율은 $m = -\frac{v}{u}$이다. 물체거리와 초점거리가 주어졌으므로 먼저 상거리 v를 구한 뒤 배율을 계산한다. 배율의 음수 부호는 상이 도립됨을 뜻한다.

계산 과정

$\frac{1}{2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{v}$
$\frac{1}{v} = \frac{1}{2} - \frac{1}{10} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$
따라서 $v = 2.5cm$이다.
$m = -\frac{v}{u} = -\frac{2.5}{10} = -0.25$
배율의 크기는 0.25이고 부호가 음수이므로 상은 도립된다.

선지 판단

① X. ‘도립된’은 맞지만 배율이 0.20배라는 표현이 틀리다. 계산값은 -0.25이므로 도립된 0.25배이다.
② X. ‘정립된’이라는 표현이 틀리다. 수직 배율이 음수이므로 상은 도립되며, 정립된 0.20배가 아니다.
③ O. 수직 배율이 -0.25이므로 상은 도립되고 크기는 물체의 0.25배이다. 상의 높이는 $-1.25cm$이며, 음수는 도립을 뜻한다.
④ X. 배율의 크기 0.25배는 맞지만 ‘정립된’이라는 표현이 틀리다. 올바르게는 도립된 0.25배이다.

NoteBase

오답 포인트

배율의 절댓값만 보고 정립·도립을 판단하는 실수가 함정이다. ④처럼 크기가 0.25배여도 배율이 음수이면 도립상이다. 0.20배는 상거리 또는 분수 계산을 잘못하여 얻는 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

렌즈 문제는 물체거리와 초점거리의 부호 조건을 정리하고, 렌즈 방정식으로 상거리를 구한 다음 $m = -v/u$의 절댓값으로 크기, 부호로 정립·도립을 판단한다.

암기 포인트

수렴렌즈의 실물체가 만드는 실상은 $m < 0$이므로 도립상이다.

NoteBase

문 15. 50m/s**의 속력으로 등속도 운동하는 자동차 A가 정지 상태의 자동차 B를 지나가는 순간, B도 A와 같은 방향으로 등가속도 운동을 시작하였다. B의 가속도가** 20m/s^2**이라면, B가 A를 처음 앞지르기 시작하는 것은 B가 출발한 순간부터 몇 초 후인가? (단, A, B의 크기는 무시하며 직선운동 한다)**

① 2.5

② 3

③ 5

④ 10

정답 3번

출제 포인트

같은 시각에 같은 위치에서 출발한 등속도 운동과 등가속도 운동의 위치식을 같게 놓아 추월 시각을 구하는 문제이다.

조건 정리

A는 속력 $50m/s$로 등속도 운동하므로 출발 후 ts일 때의 이동거리는 $50tm$이다. B는 처음 정지해 있고 가속도는 $20m/s^2$이므로 이동거리는 $10t^2m$이다. 두 자동차는 B가 출발한 순간 같은 위치에 있다.

사용할 공식

등속도 운동의 위치는 $x = vt$이고, 처음 속도가 0인 등가속도 운동의 위치는 $x = \frac{1}{2}at^2$이다. A와 B가 같은 위치에 있어야 B가 A를 따라잡거나 앞지르므로 두 위치식을 같게 놓는다.

계산 과정

A의 위치는 $x_A = 50t$이다. B의 위치는 $x_B = \frac{1}{2} \times 20t^2 = 10t^2$이다.

$50t = 10t^2$

$10t(t - 5) = 0$

해는 $t = 0$ 또는 $t = 5$이다. $t = 0$은 B가 출발한 순간이고, 처음으로 A를 앞지르는 시각은 그 뒤의 해인 $5s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 2.5초에는 $x_A = 125m$, $x_B = 62.5m$이므로 B는 아직 A 뒤에 있다. 틀린 표현인 '2.5초'는 '5초'로 고쳐야 한다.
② X: 3초에는 $x_A = 150m$, $x_B = 90m$이므로 B는 A를 앞지르지 못한다. 틀린 표현인 '3초'는 '5초'로 고쳐야 한다.
③ O: 5초에는 $x_A = 50 \times 5 = 250m$, $x_B = 10 \times 5^2 = 250m$로 다시 같은 위치가 되며, 그 직후 B의 위치가 더 커져 A를 앞지른다.
④ X: 10초는 B가 이미 A를 앞지른 뒤의 시각이다. 틀린 표현인 '처음 앞지르기 시작하는 시각이 10초'는 '처음 앞지르기 시작하는 시각이 5초'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

B의 속도가 A의 속력과 같아지는 시각은 $20t = 50$에서 $2.5s$이지만, 이때 B는 아직 A 뒤에 있다. 속력이 같아지는 시각과 위치가 같아져 추월하는 시각을 혼동하는 것이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

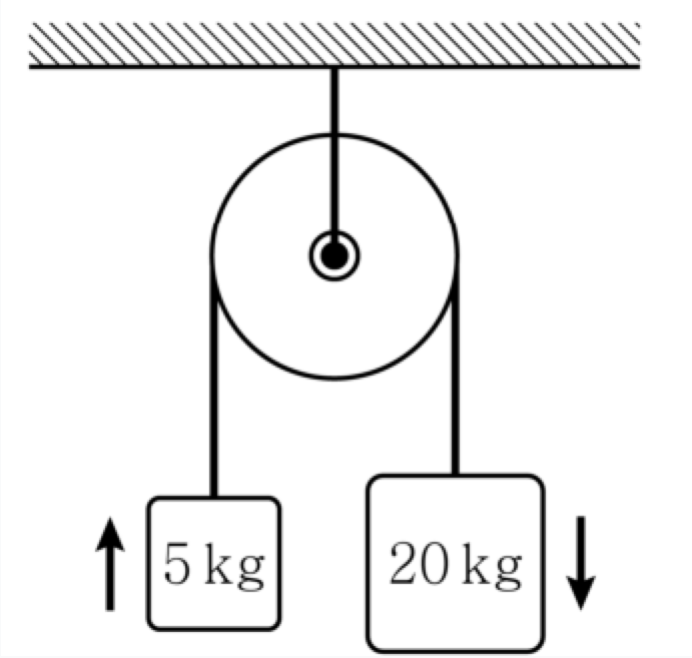
추월 문제는 두 물체의 위치식을 먼저 같게 놓고, 출발 순간 $t = 0$을 제외한 양의 해를 고른다. 속도식은 추월 순간이 아니라 속도가 같아지는 순간을 구할 때 사용한다.

암기 포인트

추월은 위치 비교, 속력 역전은 속도 비교이다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 도르래에 늘어날 수 없는 줄이 걸쳐있고, 줄의 양쪽에는 각각 질량이 5kg, 20kg인 추가 매달려있다. 20kg의 추가 낙하하는 동안 줄의 장력 [N]은? (단, 도르래와 줄의 질량과 모든 마찰은 무시하며, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)



① 80

② 150

③ 160

④ 200

정답 1번

출제 포인트

질량이 다른 두 물체가 가벼운 줄과 도르래로 연결된 애트우드 장치에서 가속도와 줄의 장력 T를 구하는 문제이다.

조건 정리

가벼운 물체의 질량은 $m_1 = 5kg$, 무거운 물체의 질량은 $m_2 = 20kg$, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이다. $20kg$ 물체는 아래로, $5kg$ 물체는 위로 같은 크기의 가속도로 운동한다. 줄과 도르래의 질량 및 마찰을 무시하므로 줄 양쪽의 장력은 같다.

NoteBase

사용할 공식

장치 전체에 작용하는 알짜힘은 두 물체의 무게 차이이므로 가속도는 $a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_1 + m_2}$이다. 가속도를 구한 뒤 $5kg$ 물체에 $T - m_1 g = m_1 a$를 적용해 장력을 구한다.

계산 과정

1. 두 물체의 가속도는 $a = \frac{(20-5)\times 10}{20+5} = 6m/s^2$이다.
2. 위로 가속하는 $5kg$ 물체에 대해 $T - 5 \times 10 = 5 \times 6$이므로 $T = 80N$이다.
3. $20kg$ 물체에 적용해도 $20 \times 10 - T = 20 \times 6$이므로 $T = 80N$으로 일치한다.

선지 판단

① O: 계산한 장력은 $80N$이므로 옳다.
② X: $150N$은 두 물체의 무게 차이 $(20-5)g$에 해당하는 값이며 장력이 아니다. "장력은 150 N" → 올바르게는 장력은 $80N$이다.
③ X: $160N$은 두 물체에 같은 크기의 가속도가 걸린다는 조건을 만족하지 않는다. "장력은 160 N" → 올바르게는 장력은 $80N$이다.
④ X: $200N$은 $20kg$ 물체의 무게 $m_2 g$일 뿐이다. 장력이 $200N$이면 무거운 물체의 알짜힘이 0이 되어 낙하 가속도와 모순된다. "장력은 200 N" → 올바르게는 장력은 $80N$이다.
계산 결과가 $80N$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

②처럼 두 물체의 무게 차이 $(m_2 - m_1)g$를 장력으로 혼동하기 쉽다. 무게 차이는 장치 전체를 가속하는 알짜힘이고, 장력은 각 물체에 운동 방정식을 적용해 구하는 힘이다.

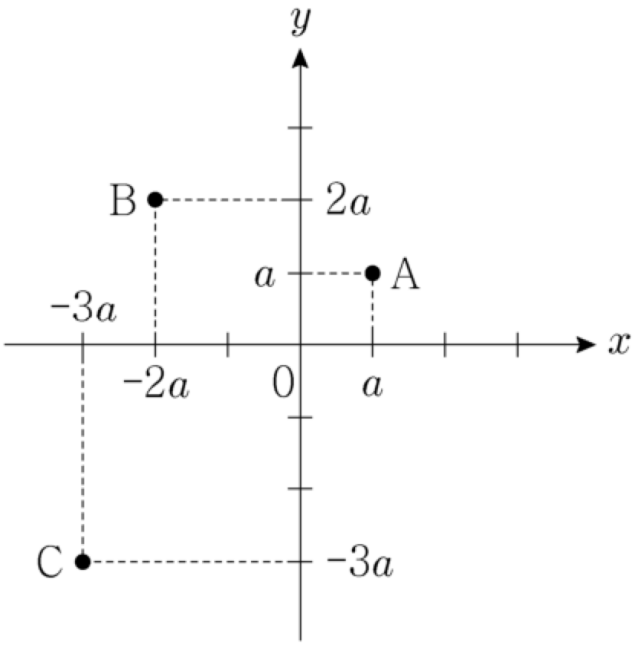
다시 나오면 이렇게 판단

먼저 두 물체를 하나의 계로 보아 무게 차이로 가속도 a를 구한다. 이어 한 물체를 따로 떼어 운동 방향을 양(+)으로 정하고 뉴턴의 운동 법칙을 적용하면 장력 T를 구할 수 있다.

암기 포인트

애트우드 장치에서는 무게 차이로 a를 구하고, 한 물체의 $T - mg = ma$ 또는 $mg - T = ma$로 T를 구한다.

문 17. 그림은 질량이 각각 m, $2m$, $3m$인 입자 A, B, C의 위치를 나타낸다. 이 세 입자로 이루어진 계의 질량중심 위치는? (단, 모든 입자의 크기는 무시한다)



① $-a, \frac{1}{3}a$

② $-a, 0$

③ $-2a, -\frac{1}{3}a$

④ $-2a, -\frac{2}{3}a$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 여러 점입자의 질량과 좌표를 질량으로 가중평균하여 계의 질량중심 좌표를 구하는 문제이다.

조건 정리

입자 A, B, C의 질량은 각각 m, $2m$, $3m$이고, 좌표는 각각 (a, a), $(-2a, 2a)$, $(-3a, -3a)$이다. 전체 질량은 $6m$이다.

사용할 공식

질량중심은 각 좌표를 질량으로 가중평균하여 $x_{CM} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$, $y_{CM} = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$로 구한다. 각 입자가 서로 다른 질량을 가지므로 좌표의 단순평균이 아니라 질량을 곱한 평균을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

x좌표는 $x_{\mathrm{CM}} = \frac{m(a) + 2m(-2a) + 3m(-3a)}{6m} = \frac{-12ma}{6m} = -2a$이다.
y좌표는 $y_{\mathrm{CM}} = \frac{m(a) + 2m(2a) + 3m(-3a)}{6m} = \frac{-4ma}{6m} = -\frac{2}{3}a$이다. 따라서 질량중심은 $(-2a,\ -\frac{2}{3}a)$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과와 x좌표와 y좌표가 모두 다르다. 틀린 표현 $(-a, \frac{1}{3}a)$ → 올바르게는 $(-2a,\ -\frac{2}{3}a)$이다.
② X: 계산 결과와 x좌표와 y좌표가 모두 다르다. 틀린 표현 $(-a, 0)$ → 올바르게는 $(-2a,\ -\frac{2}{3}a)$이다.
③ X: x좌표 $-2a$는 맞지만 y좌표가 다르다. 틀린 표현 $-\frac{1}{3}a$ → 올바르게는 $-\frac{2}{3}a$이다.
④ O: 질량중심 좌표 $(-2a,\ -\frac{2}{3}a)$와 일치한다. 계산 결과가 이 좌표이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

세 입자의 좌표를 단순평균하거나, 음의 좌표에 붙은 부호를 놓치면 오답이 된다. 특히 C는 질량이 $3m$이고 y좌표가 $-3a$이므로 y좌표를 음의 방향으로 크게 끌어당긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 축을 독립적으로 보고, 먼저 전체 질량을 구한 뒤 $\sum m_i x_i$와 $\sum m_i y_i$를 각각 전체 질량으로 나누어 판단한다.

암기 포인트

질량중심은 좌표의 평균이 아니라 질량을 가중치로 하는 평균이다.

NoteBase

문 18. 직선도로의 양 끝에서 각각 출발한 두 자동차 A, B가 서로를 향해 같은 속력 v로 달리고 있다. 이때 A에서는 진동수가 f인 사이렌이 울리고 있고, B에 탄 운전자에게 들리는 A의 사이렌 진동수가 $1.5f$라면 v는? (단, 음파의 속력은 v_s이다)

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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 서로 접근하는 음원 A와 관측자 B에 대한 도플러 효과 식으로 두 자동차의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

사이렌의 진동수는 f이고, 음속은 v_s이다. A는 B 쪽으로 v로 움직이는 음원이고 B는 A 쪽으로 v로 움직이는 관측자이다. B가 들은 진동수는 $f' = 1.5f$이다.

사용할 공식

음원과 관측자가 서로 접근하면 관측자는 파면을 더 자주 만나고, 음원 앞쪽의 파장은 더 짧아진다. 따라서 관측 진동수는 $f' = f\frac{v_s + v}{v_s - v}$이다. 분자는 관측자 B가 음원 쪽으로 움직여 파면을 만나는 속도가 증가한 것이고, 분모는 음원 A가 B 쪽으로 움직여 파장이 짧아진 것이다.

계산 과정

주어진 $f' = 1.5f$를 대입하면 $1.5f = f\frac{v_s + v}{v_s - v}$이다. f를 약분하면 $\frac{3}{2} = \frac{v_s + v}{v_s - v}$이다. 양변을 정리하면 $3(v_s - v) = 2(v_s + v)$이고, 따라서 $v_s = 5v$이므로 $v = \frac{1}{5}v_s$이다.

선지 판단

① X: $\frac{1}{2}v_s$이면 도플러 식의 진동수비는 3이 되어 주어진 1.5와 맞지 않는다. 틀린 표현은 '속력이 $\frac{1}{2}v_s$'이며, 올바르게는 $\frac{1}{5}v_s$이다.
② X: $\frac{1}{3}v_s$이면 진동수비는 2가 된다. 틀린 표현은 '속력이 $\frac{1}{3}v_s$'이며, 올바르게는 $\frac{1}{5}v_s$이다.
③ X: $\frac{1}{4}v_s$이면 진동수비는 $\frac{5}{3}$이 된다. 틀린 표현은 '속력이 $\frac{1}{4}v_s$'이며, 올바르게는 $\frac{1}{5}v_s$이다.
④ O: 계산 결과가 $v = \frac{1}{5}v_s$이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

서로 접근하는 경우 관측자 운동은 분자 $v_s + v$, 음원 운동은 분모 $v_s - v$에 반영된다. 두 효과를 한쪽에만 반영하거나 분자와 분모의 부호를 바꾸면 ①~③과 같은 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

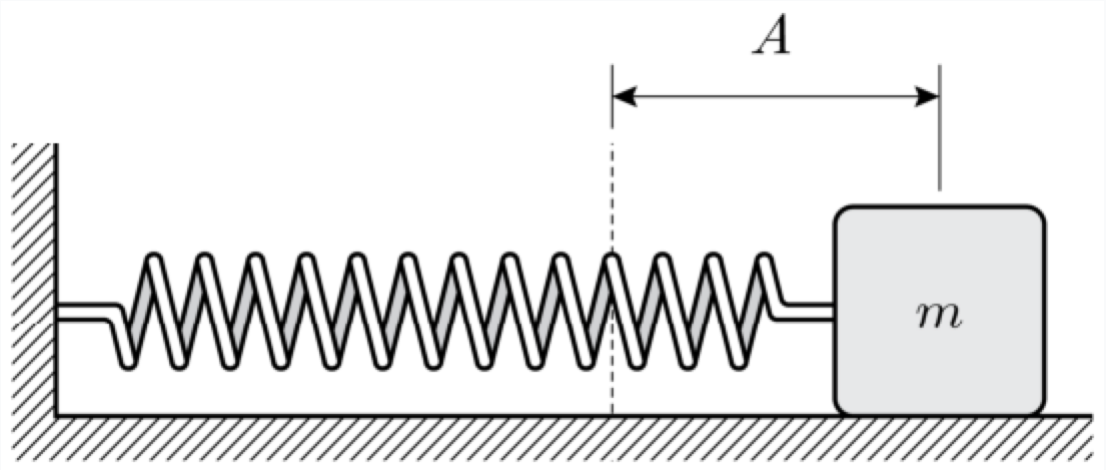
도플러 효과에서는 먼저 음원과 관측자가 접근하는지 멀어지는지 정한다. 접근이면 관측자 운동은 분자에서 더하고 음원 운동은 분모에서 뺀다. 문제의 기호와 음속 기호를 구별해 대입한다.

암기 포인트

접근할 때는 관측자 분자에 더하고, 음원 분모에서는 뺀다: $f' = f\frac{v_{\text{sound}} + v_{\text{observer}}}{v_{\text{sound}} - v_{\text{source}}}$.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 용수철 상수가 k인 용수철에 질량이 m인 물체가 달려있다. 평형상태인 용수철의 길이에서 A만큼 늘인 후 물체를 가만히 놓았을 때 나타나는 단순조화운동에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 모든 마찰은 무시한다)



① 용수철 상수가 k에서 $k/2$로 감소하면 진동의 주기는 증가한다.

② 물체의 질량이 m에서 $2m$으로 증가하면 진동의 주기는 감소한다.

③ 물체의 질량이 m에서 $2m$으로 증가해도 진동의 주기는 변하지 않는다.

④ 평형상태에서 처음 늘이는 길이를 A 대신 $A/2$로 하면 진동의 주기는 감소한다.

정답 1번

출제 포인트

수평 용수철-질량계의 단순조화운동 주기 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$에서 질량과 용수철 상수가 주기에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

질량은 m, 용수철 상수는 k이고, 평형 위치에서 A만큼 늘린 뒤 가만히 놓는다. 마찰이 없으므로 단순조화운동을 하며, A는 진폭일 뿐 주기를 바꾸지 않는다.

사용할 공식

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

이 식을 쓰는 이유는 수평면 위에서 마찰 없는 질량 m과 용수철 상수 k의 용수철이 이루는 단순조화운동이기 때문이다. 따라서 T는 m의 제곱근에 비례하고 k의 제곱근에 반비례한다.

NoteBase

계산 과정

1. 처음 주기는 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$이다.
2. $k \to k/2$이면 $T' = 2\pi\sqrt{m/(k/2)} = \sqrt{2}\,T$이므로 주기는 증가한다.
3. $m \to 2m$이면 $T' = 2\pi\sqrt{2m/k} = \sqrt{2}\,T$이므로 주기는 증가한다.
4. 진폭을 A에서 $A/2$로 바꾸어도 식에 A가 없으므로 주기는 변하지 않는다.

선지 판단

① O: 용수철 상수가 k에서 $k/2$로 감소하면 $T' = \sqrt{2}\,T$가 되어 주기가 증가한다.
② X: '주기는 감소한다'가 틀린 표현이다. 질량이 m에서 $2m$으로 증가하면 $T' = \sqrt{2}\,T$이므로 올바르게는 주기가 증가한다.
③ X: '주기는 변하지 않는다'가 틀린 표현이다. 질량이 두 배이면 주기는 $\sqrt{2}$배가 되므로 올바르게는 주기가 증가한다.
④ X: '주기는 감소한다'가 틀린 표현이다. 진폭을 A에서 $A/2$로 바꾸어도 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$에 진폭이 없으므로 올바르게는 주기가 변하지 않는다.

오답 포인트

②와 ③은 질량이 커지면 운동이 느려져 주기가 길어진다는 점을 반대로 판단하게 만든다. ④는 처음 늘인 거리 A가 주기식에 들어간다고 혼동하게 만드는 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

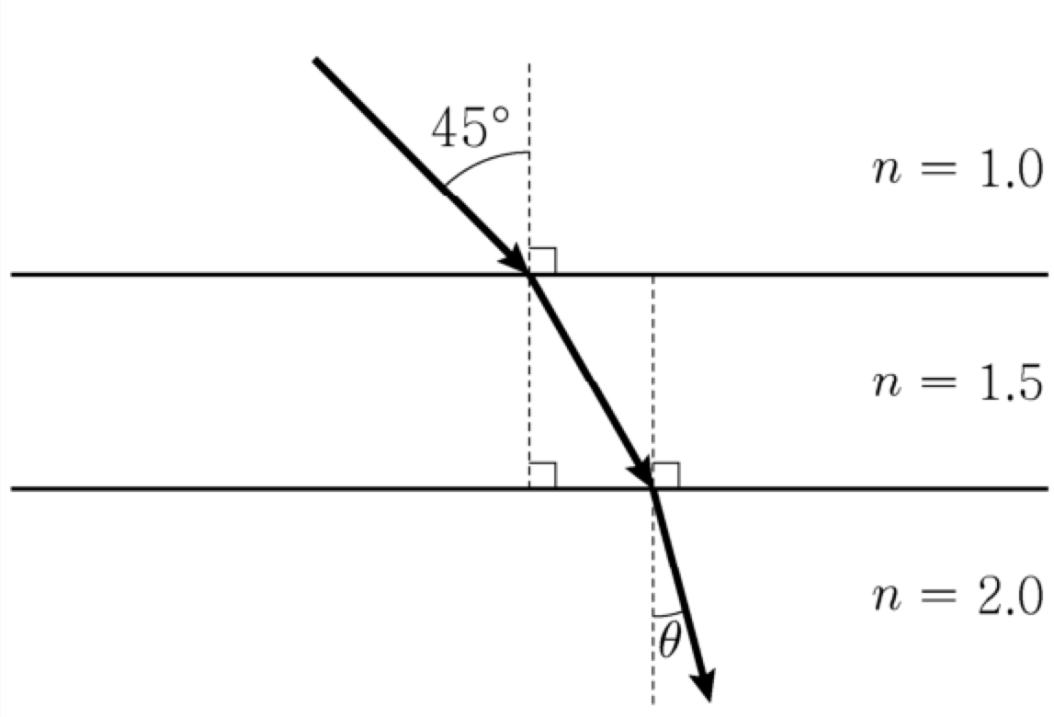
용수철 진동은 먼저 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$를 쓰고, 질량과 용수철 상수의 변화는 제곱근 비율로 비교한다. 이어 진폭은 주기식에 포함되는지 확인해 판단한다.

암기 포인트

용수철 진동은 '무거울수록 길고, 뻣뻣할수록 짧으며, 진폭에는 무관하다'로 정리한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 굴절률 n이 서로 다른 세 층으로 이루어진 매질에 빛이 $45\,^\circ$의 각도로 입사하였다. $n = 1.5$와 $n = 2.0$의 경계면에서 굴절각이 θ일 때 $\cos\theta$는?



① $\frac{\sqrt{14}}{4}$
② $\frac{\sqrt{3}}{2}$
③ $\frac{\sqrt{7}}{4}$
④ $\frac{1}{2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 평행한 경계면을 연속 통과하는 빛에 스넬의 법칙을 적용하여 최종 굴절각의 코사인을 구하는 문제이다.

조건 정리

입사 매질의 굴절률은 $n_1 = 1.0$, 입사각은 $45\,^\circ$이고, 최종 매질의 굴절률은 $n_3 = 2.0$이다. 두 경계면은 평행하므로 각 경계면의 법선은 서로 평행하다. 구할 값은 최종 매질에서 법선과 이루는 굴절각 θ의 $\cos\theta$이다.

사용할 공식

스넬의 법칙은 $n_i \sin\theta_i = n_t \sin\theta_t$이다. 두 경계면의 법선이 평행하므로 각 매질에서 $n\sin\theta$가 같아, 처음 매질과 최종 매질을 바로 연결할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

$1.0\sin 45^\circ = 2.0\sin\theta$
$\sin\theta = \frac{\sin 45^\circ}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4}$
따라서 $\cos\theta = \sqrt{1-\sin^2\theta} = \sqrt{1-\frac{2}{16}} = \frac{\sqrt{14}}{4}$ 이다.

선지 판단

① O. 계산 결과가 $\frac{\sqrt{14}}{4}$이므로 옳다.
② X. $\frac{\sqrt{3}}{2}$은 θ=12일 때의 코사인값이다. 틀린 표현 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ → 올바르게는 $\frac{\sqrt{14}}{4}$이다.
③ X. $\frac{\sqrt{7}}{4}$은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $\frac{\sqrt{7}}{4}$ → 올바르게는 $\frac{\sqrt{14}}{4}$이다.
④ X. 12는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 12 → 올바르게는 $\frac{\sqrt{14}}{4}$이다.

오답 포인트

중간 매질의 굴절률 1.5를 각각의 경계면에서 따로 계산하지 않고 무시하는 것이 함정이 아니다. 경계면들이 평행하므로 $n\sin\theta$의 일정성을 이용해 처음과 마지막 매질을 연결할 수 있다. 또한 $\sin\theta$를 구한 뒤 이를 $\cos\theta$로 착각하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평행한 여러 매질을 지나는 빛은 각 경계면에서 $n\sin\theta$가 같다고 두고, 입사 매질과 최종 매질의 $n\sin\theta$를 먼저 연결한다. 요구값이 코사인이면 $\sin\theta$를 구한 뒤 $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$을 적용한다.

암기 포인트

평행 경계면에서는 $n\sin\theta$가 일정하다. 최종값이 $\cos\theta$이면 $\sin\theta$에서 한 번 더 변환한다.

NoteBase