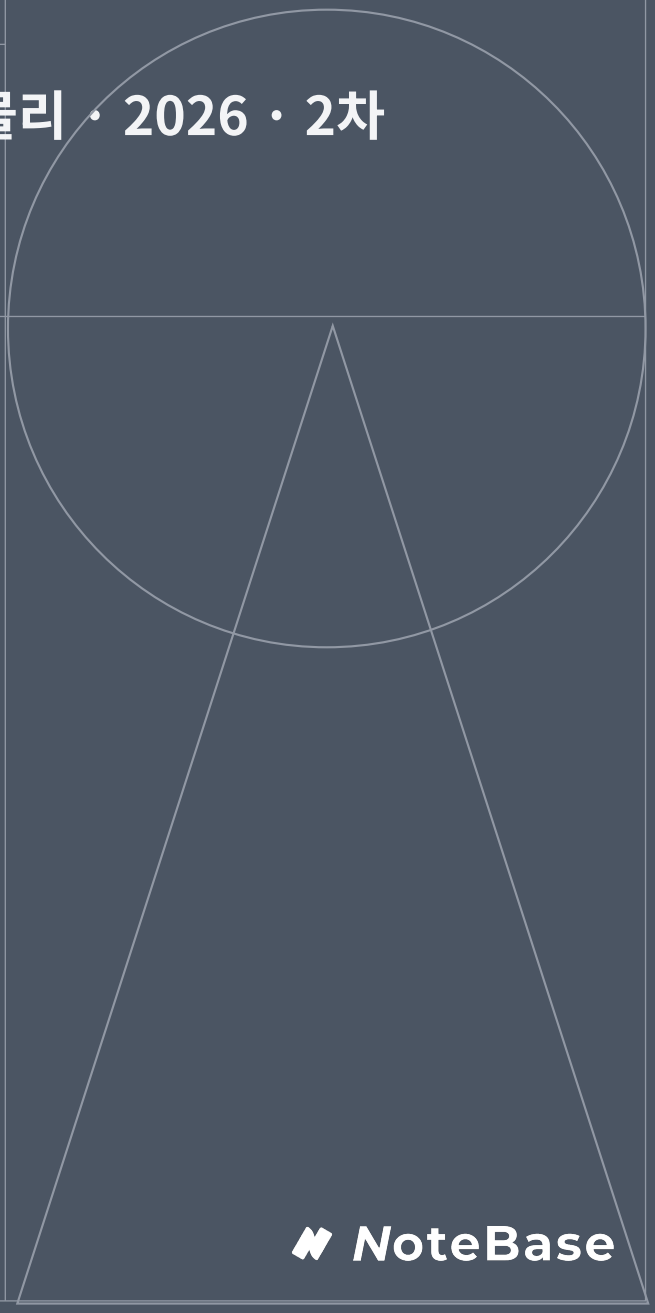
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 물리 · 2026 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 물리 · 2026 · 2차

공무원/해경/일반직 9급 · 물리 · 2026 · 2차

문 1. 다음 <보기>에서 제시한 전자기파의 종류로 가장 옳은 것은?

<보기>
· 1895년 뢴트겐이 발견
· 우리 몸에서 뼈를 제외한 부분은 쉽게 투과
· 공항에서 가방 속의 물건들을 검색하는 데 사용

① 마이크로파
② 가시광선
③ X선
④ 감마선

정답 3번

출제 포인트

발견 시기, 물질 투과성, 활용 사례를 근거로 전자기파의 종류를 식별하는 문제이다.

핵심 개념

X선은 파장이 짧고 에너지가 큰 전자기파로, 연한 조직은 비교적 잘 통과하지만 뼈처럼 밀도가 큰 물질에는 더 많이 흡수된다. 뢴트겐이 1895년에 발견했으며 의료 영상과 공항 수하물 검색에 이용된다.
마이크로파는 통신·레이더·전자레인지에, 가시광선은 사람이 물체를 보는 데, 감마선은 원자핵의 전이 또는 방사성 붕괴 등에서 방출되는 고에너지 전자기파로 방사선 치료 등에 이용된다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 마이크로파의 대표적 용도는 통신, 레이더, 전자레인지이며, 뢴트겐이 1895년에 발견하고 뼈와 연한 조직의 흡수 차이를 영상화하는 전자기파가 아니다. '마이크로파'가 아니라 'X선'이 옳다.
② X — 가시광선은 사람의 눈으로 감지할 수 있는 전자기파이지만, 제시된 발견 시기와 인체·가방 투과 검사 용도에 해당하지 않는다. '가시광선'이 아니라 'X선'이 옳다.
③ O — X선은 뢴트겐이 1895년에 발견했으며, 연한 조직을 비교적 잘 통과하고 뼈에는 더 많이 흡수되는 성질을 이용해 인체 내부를 촬영한다. 물질에 따른 투과 차이로 공항에서 수하물 내부도 검사할 수 있다.
④ X — 감마선은 주로 원자핵의 전이 또는 방사성 붕괴 과정에서 방출되는 고에너지 전자기파이다. 보기의 세 단서를 함께 만족하는 것은 '감마선'이 아니라 'X선'이다.

오답 포인트

X선과 감마선은 모두 파장이 짧고 투과력이 큰 전자기파여서 혼동하기 쉽다. 그러나 '1895년 뢴트겐', '뼈와 연한 조직의 흡수 차이', '공항 수하물 검색'이라는 단서의 조합은 X선을 가리킨다.

다시 나오면 이렇게 판단

전자기파 식별 문제에서는 발견자·발견 연도, 파장과 투과성, 대표 용도를 차례로 연결한다. '뢴트겐' 또는 '뼈 촬영·수하물 검사'가 제시되면 X선으로 판단한다.

암기 포인트

뢴트겐·뼈 촬영·공항 수하물 검색은 X선의 대표 단서이다.

NoteBase

문 2. 다음 <보기>에서 제시한 기본 가정으로 만들어진 물리 이론 중 가장 옳은 것은?

<보기>
· 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립
· 모든 관성 좌표계에서 보았을 때, 진공 중에서 진행하는 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속력에 관계없이 일정

① 중력 이론
② 빅뱅 이론
③ 특수 상대성 이론
④ 일반 상대성 이론

정답 3번

출제 포인트

모든 관성 좌표계에서 물리 법칙이 같다는 상대성 원리와 진공에서의 광속 불변 원리가 특수 상대성 이론의 두 기본 가정임을 묻는 문제이다.

핵심 개념

특수 상대성 이론은 중력을 제외하고 관성 좌표계 사이의 시공간 관계를 다루는 이론이다. 핵심 가정은 상대성 원리와 광속 불변 원리이다.
일반 상대성 이론은 특수 상대성 이론을 가속 운동과 중력이 있는 경우로 확장하여 중력을 시공간의 휘어짐으로 설명하는 이론이다.

선지별 해설

① X — 중력 이론은 제시된 두 가정으로 직접 세워진 이론이 아니다. 틀린 표현은 '중력 이론'이며, 올바르게는 이 두 가정으로 만들어진 이론은 특수 상대성 이론이다.
② X — 빅뱅 이론은 우주가 고온·고밀도 상태에서 팽창해 왔다는 우주론으로, 제시된 두 가정 자체가 빅뱅 이론의 기본 가정은 아니다. 틀린 표현은 '빅뱅 이론'이며, 올바르게는 특수 상대성 이론이다.
③ O — 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙이 동일하다는 상대성 원리와 진공에서 빛의 속력이 관찰자나 광원의 운동과 무관하게 일정하다는 광속 불변 원리는 특수 상대성 이론의 두 기본 가정이다.
④ X — 일반 상대성 이론은 중력을 포함하도록 상대성 이론을 확장한 이론이며, 그 전개에는 등가 원리 등 중력에 관한 원리가 추가로 필요하다. 틀린 표현은 '일반 상대성 이론'이며, 제시된 두 가정만으로 특정되는 이론은 특수 상대성 이론이다.

NoteBase

오답 포인트

‘상대성’이라는 공통 이름 때문에 ③과 ④를 혼동하기 쉽다. 그러나 보기의 ‘관성 좌표계’와 ‘광속 불변’은 특수 상대성 이론을 바로 가리키며, 중력과 가속 운동까지 다루는 것은 일반 상대성 이론이다.

다시 나오면 이렇게 판단

‘관성 좌표계에서 물리 법칙 동일’과 ‘진공에서 광속 일정’이 함께 제시되면 특수 상대성 이론으로 판단한다. ‘등가 원리’, ‘가속 좌표계’, ‘시공간의 휘어짐’, ‘중력’이 핵심이면 일반 상대성 이론으로 구분한다.

암기 포인트

관성계·광속 불변은 특수 상대성, 등가 원리·중력은 일반 상대성이다.

NoteBase

문 3. 다음 <보기>에서 제시한 물질의 종류로 가장 옳은 것은?

<보기>
· 1911년 온네스에 의해 최초로 발견
· 임계온도 이하에서 전기저항이 0이 되는 완전 도체성 물질
· 물질 내부의 자기장이 0이 되는 완전 반자성 물질

① 도체
② 반도체
③ 초전도체
④ 부도체

정답 3번

출제 포인트

전기저항이 0이 되는 완전 도체성과 내부 자기장을 밀어내는 완전 반자성으로 초전도체를 식별하는 문제이다.

핵심 개념

초전도체는 임계온도 이하에서 전기저항이 0이 되고, 마이스너 효과로 물질 내부의 자기장을 배제하는 물질이다. 1911년 온네스가 수은에서 초전도 현상을 처음 발견하였다.
도체는 전류가 잘 흐르지만 일반적으로 저항이 0은 아니며, 반도체는 도체와 부도체의 중간 정도 전도성을 보이고 조건에 따라 전도성이 크게 달라진다. 부도체는 전하가 자유롭게 이동하기 어려워 전류가 거의 흐르지 않는다.

선지별 해설

① X — 도체는 전류가 잘 흐르지만 일반적으로 유한한 전기저항을 가지며, 임계온도 이하에서 저항이 0이 되고 완전 반자성을 보이는 물질을 뜻하지 않는다. 틀린 표현은 '도체'이며, 올바르게는 '초전도체'이다.
② X — 반도체는 온도, 불순물, 빛 등의 조건에 따라 전도성이 크게 달라지는 물질이지, 제시된 두 성질을 함께 나타내는 물질이 아니다. 틀린 표현은 '반도체'이며, 올바르게는 '초전도체'이다.
③ O — 임계온도 이하에서 전기저항이 0이 되고 마이스너 효과에 의해 내부 자기장이 배제되는 것은 초전도체의 대표적 성질이다. 온네스가 1911년에 처음 발견했다는 설명도 초전도 현상과 일치한다.
④ X — 부도체는 전하의 이동이 어려워 전류가 거의 흐르지 않는 물질로, 전기저항이 0인 물질이 아니다. 틀린 표현은 '부도체'이며, 올바르게는 '초전도체'이다.

오답 포인트

'전기저항이 0'이라는 말만 보고 전류가 잘 흐르는 일반 도체를 고르는 것이 함정이다. 초전도체는 저항 0뿐 아니라 마이스너 효과에 따른 완전 반자성도 함께 나타난다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

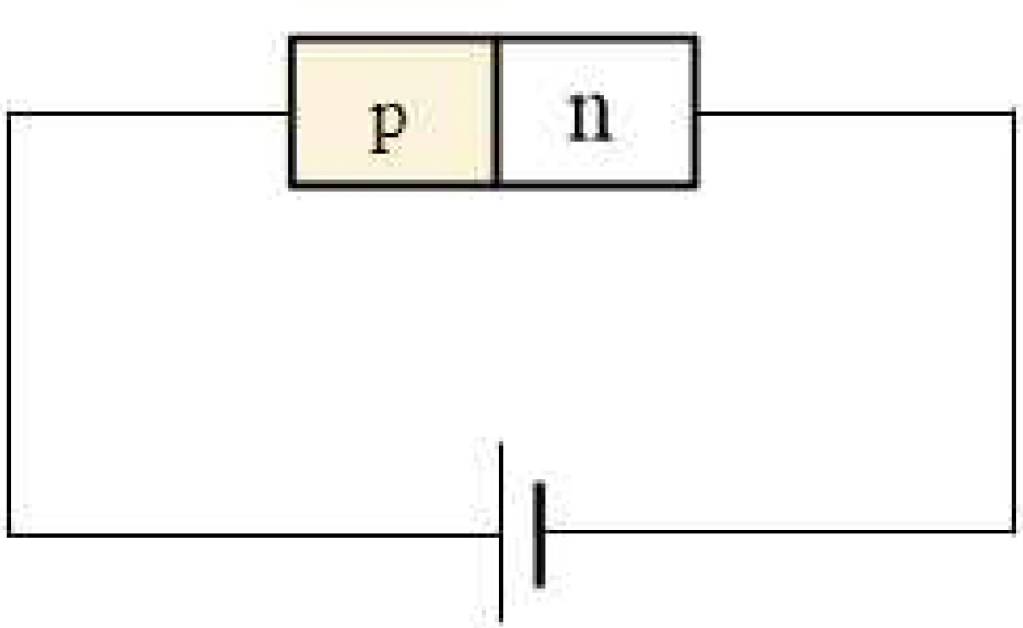
임계온도, 전기저항 0, 마이스너 효과 또는 완전 반자성이 함께 제시되면 초전도체로 판단한다.

암기 포인트

초전도체의 두 표지는 '저항 0, 내부 자기장 배제'이다.

NoteBase

문 4. 다음은 p-n 접합 다이오드 연결을 나타낸 그림이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고르시오.



<보기>

㉠ 순방향 바이어스 연결

㉡ 역방향 바이어스 연결

㉢ 전자와 양공이 접합면으로 이동하여 전류가 흐름

㉣ 전자와 양공이 접합면에서 멀어져 전류가 흐르지 않음

① ㉠, ㉢

② ㉠, ㉣

③ ㉡, ㉢

④ ㉡, ㉣

정답 1번

출제 포인트

전지의 긴 선은 양극, 짧은 선은 음극이다. 그림에서는 p형 반도체가 양극에, n형 반도체가 음극에 연결되어 있으므로 순방향 바이어스이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
㉠과 ㉢의 조합이다. p형이 양극에, n형이 음극에 연결된 순방향 바이어스이며, 전자와 양공이 접합면 쪽으로 이동하여 전류가 흐른다.

② X
㉠은 맞지만 ㉣이 틀리다. 이 연결에서는 전자와 양공이 접합면에서 멀어지는 것이 아니라 접합면으로 이동하므로, ㉣은 ㉢으로 고쳐야 한다.

③ X
㉢은 맞지만 ㉡이 틀리다. 그림은 역방향 바이어스가 아니라 순방향 바이어스이므로, ㉡은 ㉠으로 고쳐야 한다.

④ X
㉡과 ㉣은 역방향 바이어스의 연결과 현상을 설명하므로 그림과 맞지 않는다. 올바르게는 ㉠ 순방향 바이어스 연결이며, ㉢ 전자와 양공이 접합면으로 이동하여 전류가 흐른다.

오답 포인트

전지 기호의 긴 선과 짧은 선을 반대로 읽으면 순방향과 역방향을 뒤바꾸게 된다. 이 그림의 핵심은 긴 선인 양극이 p형에 연결되어 있다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

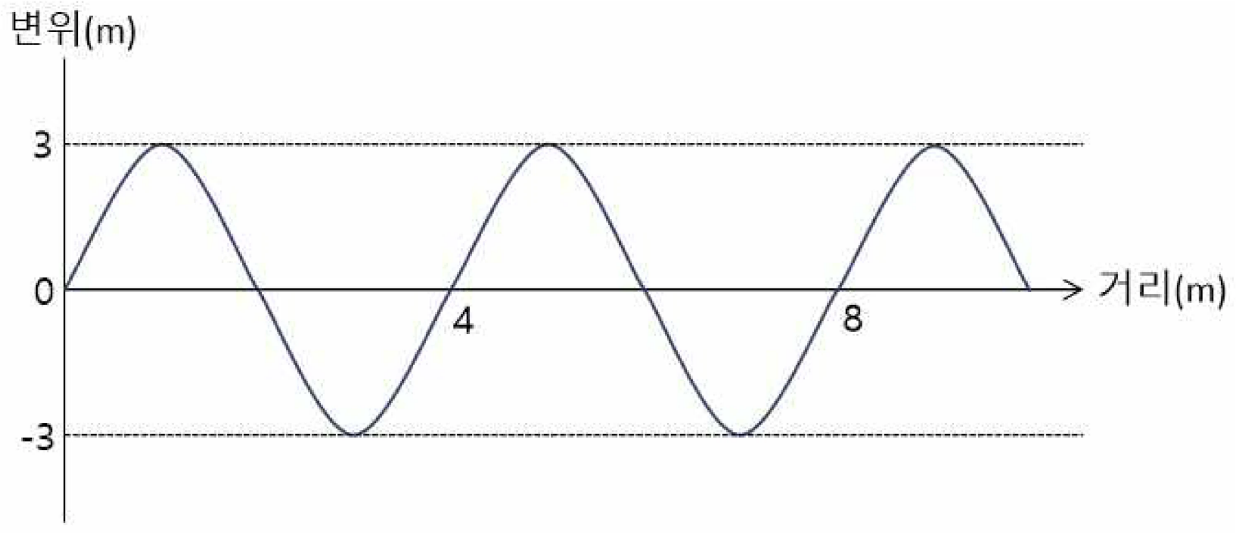
먼저 전지의 긴 선을 양극으로 판별한 뒤 p형-양극, n형-음극이면 순방향으로 판단한다. 순방향에서는 전자와 양공이 접합면 쪽으로 이동하여 전류가 흐른다.

암기 포인트

p형은 +, n형은 -에 연결되면 순방향이며 다수 운반자가 접합면으로 모인다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 진폭이 일정하고 진동수가 4 Hz인 파동이 진행하고 있다. 이 파동에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?



① 파장은 8 m이다.

② 진폭은 6 m이다.

③ 주기는 0.25 s이다.

④ 파동의 속력은 8 m/s이다.

정답 3번

출제 포인트

파동 그래프에서 진폭과 파장을 읽고, 진동수와 주기의 관계 $T = 1/f$ 및 파동의 속력 공식 $v = f\lambda$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 진동수는 $f = 4Hz$이다.
그래프에서 평형 위치는 변위 $0m$, 마루와 골의 변위는 각각 $+3m$, $-3m$이다.
같은 위상의 지점인 위쪽 방향 영점 통과 지점이 거리 $0m$, $4m$, $8m$에서 반복된다. 따라서 진폭은 $3m$, 파장은 $4m$이다.

NoteBase

사용할 공식

주기와 진동수의 관계는 $T = \frac{1}{f}$이고, 파동의 속력은 $v = f\lambda$이다.
진동수는 1초 동안의 진동 횟수이므로 주기는 그 역수이다. 또한 한 주기 동안 파동이 한 파장만큼 진행하므로 속력은 진동수와 파장의 곱이다.

계산 과정

1. 평형 위치에서 마루까지의 최대 변위로부터 진폭은 $A = 3m$이다.
2. 같은 위상의 지점 사이 거리로부터 파장은 $\lambda = 4m$이다.
3. 주기는 $T = \frac{1}{4Hz} = 0.25s$이다.
4. 파동의 속력은 $v = f\lambda = (4Hz)(4m) = 16m/s$이다.

선지 판단

① X — 파장은 같은 위상의 두 지점 사이 거리이므로 $4m$이다. '파장은 $8m$이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '파장은 $4m$이다'라고 해야 한다.
② X — 진폭은 마루와 골 사이 전체 높이가 아니라 평형 위치에서 마루 또는 골까지의 최대 변위이므로 $3m$이다. '진폭은 $6m$이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '진폭은 $3m$이다'라고 해야 한다.
③ O — $T = 1/f$이므로 진동수가 $4Hz$일 때 주기는 $0.25s$이다.
④ X — $v = f\lambda$에 $f = 4Hz$, $\lambda = 4m$를 대입하면 $v = 16m/s$이다. '파동의 속력은 $8m/s$이다'가 틀렸으며, 올바르게는 '파동의 속력은 $16m/s$이다'라고 해야 한다.

오답 포인트

①은 그래프의 $0m$부터 $8m$까지에 두 파장이 들어 있음을 놓치게 하는 선지이다. ②의 $6m$는 마루에서 골까지의 높이인 파고이며 진폭이 아니다. ④에서는 파장을 잘못 읽거나 $v = f\lambda$의 두 값을 정확히 곱하지 않으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 평형 위치에서 마루까지의 세로 거리로 진폭을 읽고, 같은 위상의 두 지점 사이 가로 거리로 파장을 읽는다. 그다음 $T = 1/f$와 $v = f\lambda$를 적용하고 단위를 검산한다.

암기 포인트

진폭은 높이의 절반, 파장은 같은 위상 사이 거리, 주기는 진동수의 역수이며 파동의 속력은 $v = f\lambda$이다.

NoteBase

문 6. 정지해 있던 자동차가 4 m/s^2으로 등가속도 운동을 시작하였다. 이 자동차가 출발 후 2초부터 5초까지 이동한 거리는?

① 12 m

② 22 m

③ 32 m

④ 42 m

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 정지 상태에서 출발한 등가속도 운동의 위치를 구한 뒤, 두 시각의 위치 차이로 특정 시간 구간의 이동거리를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기속도는 $v_0 = 0$, 가속도는 $a = 4m/s^2$이다.
구해야 할 값: 출발 후 $t = 2s$부터 $t = 5s$까지의 이동거리이다.
주의할 조건: 출발 후 5초 동안의 전체 이동거리가 아니라 2초부터 5초까지의 구간 이동거리를 구해야 한다.

사용할 공식

등가속도 운동의 위치는 $x(t) = v_0t + \frac{1}{2}at^2$이다. 이 자동차는 정지 상태에서 일정한 양의 가속도로 직선 운동하므로 이 공식을 적용하며, 구간 이동거리는 $x(5) - x(2)$로 구한다.

계산 과정

초기속도가 0이므로 위치는 다음과 같다.
$x(t) = \frac{1}{2} \times 4 \times t^2 = 2t^2$
출발 후 $2s$와 $5s$에서의 위치는 각각 다음과 같다.
$x(2) = 2 \times 2^2 = 8m, \qquad x(5) = 2 \times 5^2 = 50m$
따라서 2초부터 5초까지의 이동거리는 다음과 같다.
$x(5) - x(2) = 50 - 8 = 42m$

NoteBase

선지 판단

① X — 12m는 계산 결과 42m와 일치하지 않는다. '12m'는 틀린 값이며 올바른 값은 42m이다. 특히 $a\Delta t = 4 \times 3 = 12$는 속도 변화량 12$m/s$이지 이동거리가 아니다.
② X — 22m는 $x(5) - x(2) = 50 - 8$의 결과와 일치하지 않는다. '22m'는 틀린 값이며 올바른 값은 42m이다.
③ X — 32m는 두 시각의 위치 차이와 일치하지 않는다. '32m'는 틀린 값이며 올바른 값은 42m이다.
④ O — 5초일 때의 위치 50m에서 2초일 때의 위치 8m를 빼면 42m이므로 옳다.

오답 포인트

'2초부터 5초까지'를 단순히 3초 동안 정지 상태에서 출발한 운동으로 처리하면 안 된다. 2초 시점에는 이미 속도가 8m/s이므로, 출발 후 5초까지의 위치에서 출발 후 2초까지의 위치를 빼야 한다. 또한 $a\Delta t$는 속도 변화량이므로 이동거리 선지 ①과 직접 비교할 수 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

등가속도 운동에서 t_1부터 t_2까지의 이동거리는 먼저 각 시각의 위치를 구한 뒤 $x(t_2) - x(t_1)$로 판단한다. 운동 방향이 바뀌지 않는지도 함께 확인한다.

암기 포인트

정지 출발 등가속도 운동은 $x = \frac{1}{2}at^2$, 구간 이동거리는 '끝 위치 - 처음 위치'이다.

NoteBase

문 7. 마찰이 없는 수평면 위에서 10 m/s의 속도로 움직이는 6 kg의 물체가 정지해 있던 4 kg의 물체와 충돌하여 한 덩어리가 되어 같이 움직인다. 충돌 후 물체의 속도는?

① 4 m/s

② 5 m/s

③ 6 m/s

④ 7 m/s

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 완전 비탄성 충돌 뒤 두 물체의 공통 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

질량 $m_1 = 6kg$인 물체의 처음 속도는 $v_1 = 10m/s$이고, 질량 $m_2 = 4kg$인 물체는 정지해 있으므로 $v_2 = 0$이다. 충돌 뒤 두 물체가 한 덩어리가 되므로 합친 질량은 $m_1 + m_2 = 10kg$이고 두 물체의 속도는 같은 v가 된다. 마찰이 없는 수평면이므로 수평 방향 외력이 없어 전체 운동량이 보존된다.

사용할 공식

완전 비탄성 충돌의 운동량 보존식은 다음과 같다.

$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$

충돌 뒤 물체들이 붙어 함께 움직이므로 충돌 후 운동량을 합친 질량과 공통 속도의 곱으로 나타낸다.

계산 과정

정지한 물체의 처음 운동량은 0이므로 다음과 같이 계산한다.

$6 \times 10 + 4 \times 0 = (6 + 4)v$

$60 = 10v$

$v = 6m/s$

따라서 충돌 후 두 물체의 속력은 $6m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $4\,m/s$는 운동량 보존식에서 얻는 공통 속도가 아니다. 틀린 값 $4\,m/s$ → 올바르게는 $6\,m/s$이다.
② X — $5\,m/s$는 전체 운동량 $60\,kg\cdot m/s$을 합친 질량 $10\,kg$으로 나눈 값과 다르다. 틀린 값 $5\,m/s$ → 올바르게는 $6\,m/s$이다.
③ O — $v = 60/10 = 6\,m/s$이므로 운동량 보존을 만족한다.
④ X — $7\,m/s$라면 충돌 후 운동량이 $70\,kg\cdot m/s$가 되어 충돌 전 운동량 $60\,kg\cdot m/s$보다 커진다. 틀린 값 $7\,m/s$ → 올바르게는 $6\,m/s$이다.

오답 포인트

두 물체가 붙는다는 조건을 놓치고 충돌 후 질량을 $6\,kg$ 또는 $4\,kg$만 사용하는 것이 핵심 함정이다. 충돌 후 운동에너지는 보존되지 않지만, 외력이 없는 계의 전체 운동량은 보존된다.

다시 나오면 이렇게 판단

충돌 전 각 물체의 운동량을 부호와 함께 더한 뒤, 붙어서 움직이면 그 합을 두 물체의 합한 질량으로 나누어 공통 속도를 구한다. 마지막에는 계산한 속도로 얻은 충돌 후 전체 운동량이 충돌 전 전체 운동량과 같은지 검산한다.

암기 포인트

붙는 충돌에서는 운동량이 보존되며, 공통 속도는 전체 처음 운동량을 전체 질량으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 8. 2개의 수소 원자핵이 헬륨 원자핵으로 융합되는 과정에서 2.7×10^{-12} J의 에너지가 생성된다.
$^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$
이 핵융합 과정에서 일어난 질량 결손은?
(단, 빛의 속력은 3.0×10^{8} m/s이다.)

① 9.0×10^{-20} kg
② 9.0×10^{-21} kg
③ 3.0×10^{-28} kg
④ 3.0×10^{-29} kg

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 질량 결손이 에너지로 전환되는 관계인 질량–에너지 등가식 $E = \Delta mc^2$을 이용해 질량 결손을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 에너지: $E = 2.7 \times 10^{-12}\mathrm{J}$
빛의 속력: $c = 3.0 \times 10^{8}\mathrm{m/s}$
구해야 할 값: 질량 결손 Δm
주의할 조건: 공식에 들어가는 것은 광속 c가 아니라 광속의 제곱 c^2이다.

사용할 공식

$E = \Delta mc^2$
따라서 $\Delta m = E/c^2$이다. 핵융합에서 감소한 질량이 생성 에너지로 전환되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

$c^2 = (3.0 \times 10^{8})^2 = 9.0 \times 10^{16}\mathrm{m^2/s^2}$
$\Delta m = \frac{2.7 \times 10^{-12}}{9.0 \times 10^{16}} = 0.3 \times 10^{-28} = 3.0 \times 10^{-29}\mathrm{kg}$
$1\mathrm{J} = 1\mathrm{kgm^2/s^2}$이므로 단위도 kg으로 정리된다.

NoteBase

선지 판단

① X — 9.0×10^{-20}kg은 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 질량 결손은 3.0×10^{-29}kg이다.
② X — 9.0×10^{-21}kg은 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 질량 결손은 3.0×10^{-29}kg이다.
③ X — 3.0×10^{-28}kg은 지수를 한 자리 크게 잡은 값이다. 0.3×10^{-28}을 표준형으로 고치면 3.0×10^{-29}kg이다.
④ O — 질량–에너지 등가식으로 구한 3.0×10^{-29}kg과 일치한다.

오답 포인트

광속을 제곱하지 않거나, 0.3×10^{-28}을 과학적 표기법으로 바꾸면서 지수를 그대로 두면 오답이 된다. 특히 ③은 계수를 0.3에서 3.0으로 바꿀 때 지수를 -28에서 -29로 낮추지 않은 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

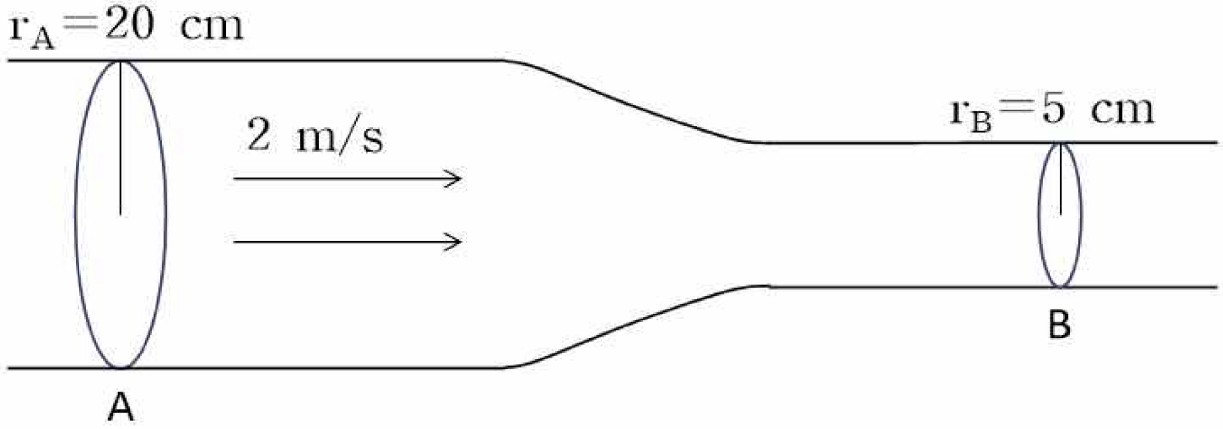
핵반응에서 생성 에너지와 질량 결손의 관계를 물으면 $\Delta m = E/c^2$를 적용하고, 광속의 제곱과 과학적 표기법의 지수를 차례로 검산한다.

암기 포인트

질량 결손은 에너지를 광속의 제곱으로 나눈 값이다: $\Delta m = E/c^2$.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 지점 A에서 유체가 반지름 20 cm인 관을 통해 2 m/s의 속도로 흐르고 있다. 관의 반지름이 5 cm인 지점 B에서 유체의 속도는? (단, 유체는 비압축성이고 점도는 무시할 정도로 충분히 작다.)



① 4 m/s

② 8 m/s

③ 16 m/s

④ 32 m/s

정답 4번

출제 포인트

비압축성 유체의 연속방정식을 이용하여 관의 반지름 변화에 따른 유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

A 지점: 반지름 $r_A = 20cm$, 유속 $v_A = 2m/s$이다.

B 지점: 반지름 $r_B = 5cm$, 유속 v_B를 구해야 한다.

유체가 비압축성이므로 두 지점을 지나는 체적 유량은 일정하다. 반지름은 같은 단위인 cm로 주어졌으므로 비를 계산할 때 별도의 단위 변환은 필요하지 않다.

사용할 공식

연속방정식은 $A_A v_A = A_B v_B$이다. 원형 관의 단면적 $A = \pi r^2$를 대입하면

$\pi r_A^2 v_A = \pi r_B^2 v_B$

가 된다. 비압축성 유체에서는 단위 시간당 통과하는 부피가 각 단면에서 같으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

단면적은 반지름의 제곱에 비례하므로
$\frac{A_A}{A_B} = \left(\frac{r_A}{r_B}\right)^2 = \left(\frac{20}{5}\right)^2 = 16$
이다. 따라서
$v_B = \frac{A_A}{A_B} v_A = 16 \times 2m/s = 32m/s$
이다. 관의 반지름이 4분의 1로 줄면 단면적은 16분의 1이 되므로 유속은 16배가 된다.

선지 판단

① X — $4m/s$는 연속방정식으로 구한 $32m/s$와 다르다. 올바르게는 유속이 2배가 아니라 16배가 되어 $32m/s$이다.
② X — $8m/s$는 반지름비 20/5 = 4를 유속에 그대로 곱한 값이다. 단면적은 반지름의 제곱에 비례하므로 올바르게는 $2 \times 4^2 = 32m/s$이다.
③ X — $16m/s$는 단면적비 16을 최종 유속으로 잘못 본 값이다. 16은 유속의 배율이므로 A의 유속 $2m/s$를 곱하여 $32m/s$가 된다.
④ O — $A_A/A_B = 16$이고 $v_A = 2m/s$이므로 $v_B = 16v_A = 32m/s$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 반지름비와 단면적비를 혼동하는 것이다. 반지름이 4분의 1이 되면 단면적은 4분의 1이 아니라 $1/4^2 = 1/16$이 된다. 또한 단면적비 16은 유속 자체가 아니라 A에 대한 B의 유속 배율이다.

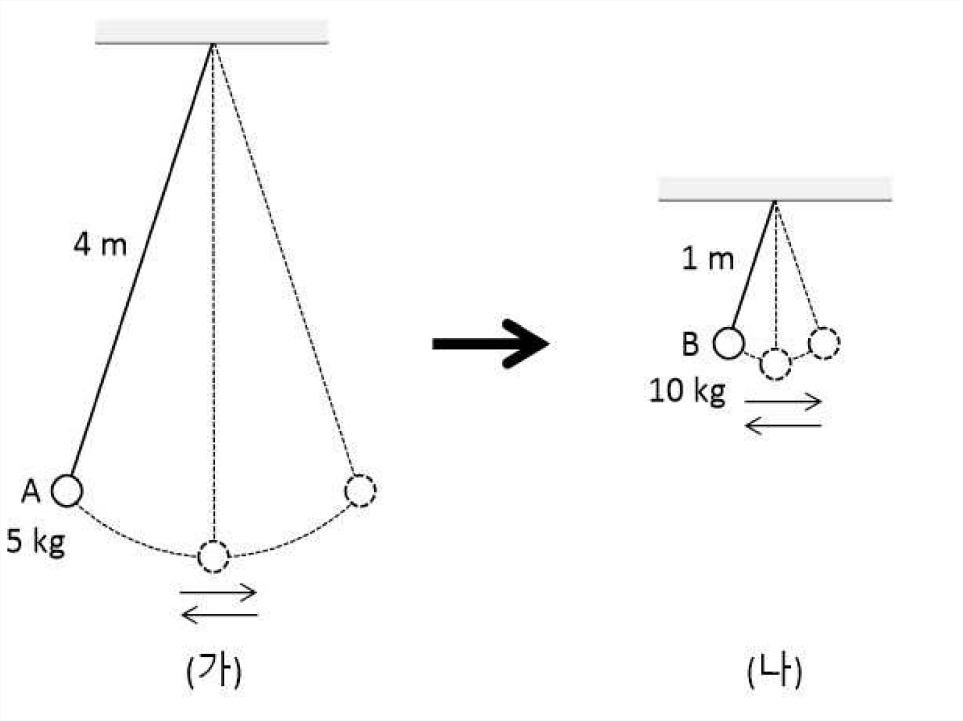
다시 나오면 이렇게 판단

비압축성 유체의 관 굵기가 변하면 먼저 $A_1v_1 = A_2v_2$를 세우고, 원형 관에서는 $A \propto r^2$를 적용한다. 반지름비를 제곱해 단면적비를 구한 뒤 주어진 유속을 곱하고, 좁아진 관에서 유속이 커지는지도 검산한다.

암기 포인트

비압축성 유동에서는 Av=일정이고, 원형 관에서는 $v \propto 1/r^2$이다.

문 10. 그림에서 (가)와 같이 구성된 단진자 운동에서 (나)와 같은 단진자 운동으로 바꿨을 때, 추 A의 진동주기에 대한 추 B의 진동주기는 몇 배인가? (단, 중력가속도는 10 m/s^{2}이고, 줄의 질량과 모든 저항은 무시한다.)



① 0.25 배

② 0.5 배

③ 1 배

④ 2 배

정답 2번

출제 포인트

단진자의 주기가 추의 질량과 무관하고 줄 길이의 제곱근에 비례한다는 점을 이용하여 두 진동주기의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

(가): 줄 길이 $L_A = 4\text{m}$, 추 A의 질량 5kg

(나): 줄 길이 $L_B = 1\text{m}$, 추 B의 질량 10kg

구해야 할 값: 추 A의 진동주기에 대한 추 B의 진동주기, 즉 T_B/T_A

주의할 조건: 같은 장소이므로 중력가속도는 같고, 추의 질량은 단진자의 주기에 영향을 주지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

단진자의 주기는
$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
이다. 줄의 질량과 저항을 무시하는 단진자이며 두 경우의 중력가속도가 같으므로, 주기의 비를 구하면 공통인 2π와 g가 소거된다.

계산 과정

두 주기의 비는
$\frac{T_B}{T_A} = \sqrt{\frac{L_B}{L_A}} = \sqrt{\frac{1\text{m}}{4\text{m}}} = \frac{1}{2} = 0.5$
이다. 따라서 추 B의 진동주기는 추 A의 진동주기의 0.5배이다.

선지 판단

① X — '0.25 배'는 주기가 줄 길이에 직접 비례한다고 잘못 계산한 값이다. 올바르게는 주기가 줄 길이의 제곱근에 비례하므로 0.5배이다.
② O — $T_B/T_A = \sqrt{1/4} = 0.5$이므로 옳다.
③ X — '1 배'가 되려면 두 단진자의 줄 길이가 같아야 한다. 올바르게는 길이가 4m에서 1m로 줄어 주기가 0.5배가 된다.
④ X — '2 배'는 T_A/T_B를 구한 역수이다. 문제에서 요구한 T_B/T_A는 0.5배이다.

오답 포인트

줄 길이가 4분의 1이 되었다고 주기도 4분의 1이라고 판단하면 ①을 고르게 된다. 단진자 주기는 길이 자체가 아니라 길이의 제곱근에 비례한다. 또한 'A에 대한 B'는 T_B/T_A이므로 비의 순서를 뒤집어 ④를 고르지 않아야 한다. 추의 질량이 2배가 된 것은 주기에 영향을 주지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

단진자 주기 비교에서는 먼저 $T \propto \sqrt{L/g}$를 세우고, 같은 장소이면 g를 소거한 뒤 문제의 표현 순서대로 주기의 비를 만든다. 추의 질량은 계산에서 제외한다.

암기 포인트

단진자는 $T \propto \sqrt{L}$이고 질량과 무관하다. 길이가 4분의 1이면 주기는 2분의 1이다.

NoteBase

문 11. T ℃의 물 200 kg에 15 ℃의 물 1,000 kg을 혼합하였더니, 열평형 상태인 물의 온도가 25 ℃가 되었다. 혼합되기 전 물의 온도 T는 몇 ℃인가? (단, 외부와의 열 출입은 없다고 가정하며, 물의 비열은 1 kcal/kg·℃로 한다.)

① 75 ℃

② 70 ℃

③ 65 ℃

④ 60 ℃

정답 1번

출제 포인트

외부와 열 출입이 없는 물의 혼합에서 고온의 물이 잃은 열량과 저온의 물이 얻은 열량을 같게 두어 처음 온도 T를 구하는 문제이다.

조건 정리

고온의 물: 질량 $200kg$, 처음 온도 $T^\circ C$
저온의 물: 질량 $1{,}000kg$, 처음 온도 $15^\circ C$
열평형 온도: $25^\circ C$
물의 비열: $1kcal/(kg \cdot {}^\circ C)$
외부와의 열 출입이 없으므로 두 물 사이에서 이동한 열량만 고려한다.

사용할 공식

물체가 온도 변화로 얻거나 잃는 열량은 $Q = mc\Delta T$이다. 외부와 열 출입이 없으므로 열량 보존에 따라 다음 식이 성립한다.
m_고온c(T-25)=m_저온c(25-15)
두 물질이 모두 물이므로 비열 c는 양변에서 약분된다.

계산 과정

고온의 물이 잃은 열량과 저온의 물이 얻은 열량을 같게 둔다.
$200 \times 1 \times (T - 25) = 1{,}000 \times 1 \times (25 - 15)$
$200(T - 25) = 10{,}000$
$T - 25 = 50$
$T = 75^\circ C$
따라서 혼합되기 전 고온의 물은 $75^\circ C$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — $T = 75\,^{\circ}C$이면 고온의 물이 잃는 열량은 $200 \times 1 \times (75 - 25) = 10{,}000kcal$로, 저온의 물이 얻는 $10{,}000kcal$와 같다.
② X — $70\,^{\circ}C$이면 고온의 물이 잃는 열량은 $9{,}000kcal$에 불과하여 열량 보존을 만족하지 않는다. '$70\,^{\circ}C$'는 '$75\,^{\circ}C$'로 고쳐야 한다.
③ X — $65\,^{\circ}C$이면 고온의 물이 잃는 열량은 $8{,}000kcal$이므로 저온의 물이 얻는 열량보다 작다. '$65\,^{\circ}C$'는 '$75\,^{\circ}C$'로 고쳐야 한다.
④ X — $60\,^{\circ}C$이면 고온의 물이 잃는 열량은 $7{,}000kcal$이므로 열평형 온도가 $25\,^{\circ}C$가 될 수 없다. '$60\,^{\circ}C$'는 '$75\,^{\circ}C$'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

두 물의 질량이 다르므로 처음 온도의 단순 평균을 사용할 수 없다. 또한 고온의 물의 온도 변화량은 $T - 25$, 저온의 물의 온도 변화량은 $25 - 15$로 잡아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단열 혼합 문제에서는 각 물체의 질량과 온도 변화량을 먼저 정리하고, '고온 물체가 잃은 열량 = 저온 물체가 얻은 열량'으로 식을 세운 뒤 단위와 최종 온도의 범위를 검산한다.

암기 포인트

단열 혼합의 핵심은 열량 보존이며, 같은 물질끼리 섞을 때는 공통 비열이 약분된다.

NoteBase

문 12. 크기가 일정하게 유지되는 밀폐용기에 열을 가했더니 용기 속 기체의 압력이 200 kPa에서 300 kPa로 증가했다. 이 때 기체의 처음 온도가 27 ℃였다면, 가열된 후의 온도로 가장 알맞은 것은?

① 127 ℃

② 177 ℃

③ 277 ℃

④ 450 ℃

정답 2번

출제 포인트

크기가 일정한 밀폐용기에서 기체의 압력과 절대온도의 관계를 이용해 가열 후 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 압력 $P_1 = 200kPa$, 나중 압력 $P_2 = 300kPa$, 처음 온도 $t_1 = 27^\circ C$이다.
구해야 할 값: 가열 후 섭씨온도 t_2이다.
주의할 조건: 밀폐용기이므로 기체의 양이 일정하고, 용기의 크기가 일정하므로 부피도 일정하다. 기체 법칙에는 섭씨온도가 아니라 절대온도 K를 사용한다.

사용할 공식

부피와 기체의 양이 일정할 때 압력은 절대온도에 비례하므로
$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$
를 사용한다. 밀폐된 일정 부피 용기라는 조건에서 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$의 V와 n이 변하지 않기 때문이다.

계산 과정

1. 처음 섭씨온도를 절대온도로 바꾸면 $T_1 = 27 + 273 = 300K$이다.
2. 압력과 절대온도의 비례식을 적용하면
$T_2 = T_1\frac{P_2}{P_1} = 300 \times \frac{300}{200} = 450K$
이다.
3. 이를 섭씨온도로 바꾸면 $t_2 = 450 - 273 = 177^\circ C$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $127^\circ C = 400K$이므로 압력이 처음의 1.5배가 되는 조건과 맞지 않는다. 틀린 값 $127^\circ C$ → 올바르게는 $177^\circ C$이다.
② O — 계산한 가열 후 온도 $450K$를 섭씨온도로 환산하면 $177^\circ C$이므로 맞다.
③ X — $277^\circ C = 550K$이므로 계산 결과인 $450K$보다 높다. 틀린 값 $277^\circ C$ → 올바르게는 $177^\circ C$이다.
④ X — $450^\circ C$는 계산 결과 $450K$를 섭씨온도로 환산하지 않은 값이다. 틀린 단위와 값 $450^\circ C$ → 올바르게는 $450K = 177^\circ C$이다.

오답 포인트

압력과 비례시키는 온도는 섭씨온도가 아니라 절대온도이다. 특히 ④는 계산 결과인 450을 그대로 섭씨온도로 고르는 단위 환산 실수를 노린 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

밀폐된 일정 부피 기체에서는 먼저 섭씨온도를 절대온도로 바꾸고, P/T가 일정하다는 관계로 나중 절대온도를 구한 뒤, 선지가 섭씨온도이면 마지막에 다시 환산한다.

암기 포인트

일정 부피에서는 $P \propto T$이며, 이때 T는 반드시 절대온도이다.

NoteBase

문 13. 양자수 n에 따른 원자의 에너지 준위 식은 $E_n = -\frac{13.6}{n^2}(\mathrm{eV})$이다. 전자의 처음 에너지 준위 $n = 2$에서 나중 에너지 준위 $n = 1$로 전이하면서 빛이 방출될 때 빛의 파장은? (단, h는 플랑크 상수, c는 빛의 속력이다.)

① $\frac{hc}{3.40}$
② $\frac{hc}{10.2}$
③ $\frac{hc}{13.6}$
④ $\frac{hc}{17.0}$

정답 2번

출제 포인트

에너지 준위 사이를 전이할 때 방출되는 광자의 에너지를 두 준위의 에너지 차로 구하고, $E_\gamma = hc/\lambda$를 이용해 파장을 계산하는 문제이다.

조건 정리

처음 준위: $n = 2$
나중 준위: $n = 1$
에너지 준위: $E_n = -\frac{13.6}{n^2}\mathrm{eV}$
구해야 할 값: 방출되는 빛의 파장 λ
주의할 조건: 방출 광자의 에너지는 한 준위의 에너지 크기가 아니라 처음 준위와 나중 준위의 에너지 차이다.

사용할 공식

$E_\gamma = E_i - E_f = \frac{hc}{\lambda}$
전자가 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이하므로 감소한 원자 에너지가 광자의 양의 에너지로 방출된다.

계산 과정

$E_2 = -\frac{13.6}{2^2} = -3.40\mathrm{eV}$
$E_1 = -\frac{13.6}{1^2} = -13.6\mathrm{eV}$
따라서 방출 광자의 에너지는
$E_\gamma = E_2 - E_1 = (-3.40) - (-13.6) = 10.2\mathrm{eV}$
이다. 이를 $E_\gamma = hc/\lambda$에 대입하면
$\lambda = \frac{hc}{E_\gamma} = \frac{hc}{10.2}$
가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X — $hc/3.40$은 처음 준위 $n=2$의 에너지 크기만 분모에 사용한 값이다. 틀린 분모 3.40 대신 두 준위의 에너지 차인 10.2를 사용해야 한다.
② O — 준위 차가 10.2eV이므로 $\lambda = hc/10.2$이다.
③ X — $hc/13.6$은 바닥상태 $n=1$의 에너지 크기만 분모에 사용한 값이다. 올바르게는 $\lambda = hc/(13.6-3.40) = hc/10.2$이다.
④ X — 17.0은 두 준위 에너지의 크기 13.6과 3.40을 더한 값이다. 방출 에너지는 두 크기의 합이 아니라 준위 차 $13.6-3.40=10.2$eV이므로 $\lambda = hc/10.2$이다.

오답 포인트

음수인 준위 에너지 때문에 광자 에너지를 E_1-E_2로 계산하여 음수를 얻거나, 각 준위의 에너지 크기 하나만 사용하는 실수가 핵심 함정이다. 방출 과정에서는 처음 원자 에너지에서 나중 원자 에너지를 빼서 $E_2-E_1=10.2$eV의 양의 값을 얻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

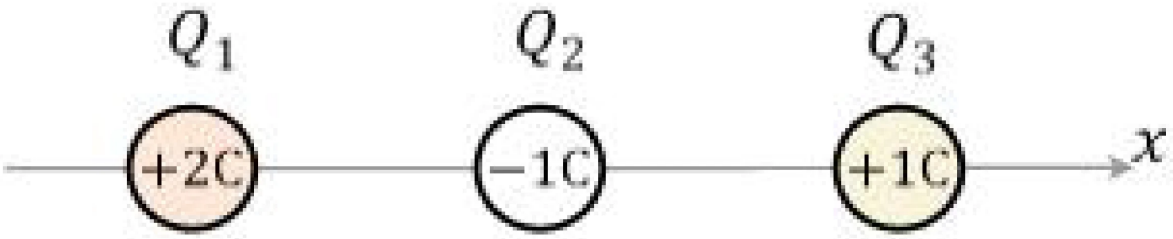
먼저 각 준위의 에너지를 부호까지 계산하고, 방출이면 $E_\gamma = E_i - E_f > 0$로 준위 차를 구한 뒤 $\lambda = hc/E_\gamma$를 적용한다.

암기 포인트

방출 광자의 에너지는 준위의 크기나 합이 아니라 준위 차이며, $\lambda = hc/\Delta E$이다.

NoteBase

문 14. 전하량이 각각 +2 C, −1 C, +1 C인 세 전하 Q_1, Q_2, Q_3가 일직선상에 위치해 있다. 전하 Q_2에서 두 전하 Q_1, Q_3까지 거리는 1 m이다. 두 전하 Q_1, Q_3가 전하 Q_2에 작용하는 전기력은? (단, k는 쿨롱 상수이고, Q_2 위치는 원점 0이다.)



① $-k\hat{x}$

② $k\hat{x}$

③ $2k\hat{x}$

④ $3k\hat{x}$

정답 1번

출제 포인트

쿨롱 법칙으로 각 전하가 Q_2에 작용하는 힘의 크기와 방향을 각각 구한 뒤 벡터로 합성하는 문제이다.

조건 정리

$Q_1 = +2C$는 원점의 왼쪽, $Q_2 = -1C$는 원점, $Q_3 = +1C$는 원점의 오른쪽에 있다. Q_1과 Q_3에서 Q_2까지의 거리는 각각 $1m$이다. 서로 다른 부호의 전하는 끌어당기므로 Q_1이 주는 힘은 $-\hat{x}$ 방향이고, Q_3가 주는 힘은 $+\hat{x}$ 방향이다.

사용할 공식

두 점전하 사이의 전기력 크기는

$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

이다. 각 전하가 Q_2에 주는 힘을 따로 계산한 다음 방향을 포함하여 더해야 한다.

NoteBase

계산 과정

Q_1이 Q_2에 작용하는 힘은 인력이므로 왼쪽을 향한다.
$\vec{F}_{21} = -k\frac{|(+2)(-1)|}{1^2}\hat{x} = -2k\hat{x}$
Q_3가 Q_2에 작용하는 힘은 인력이므로 오른쪽을 향한다.
$\vec{F}_{23} = k\frac{|(+1)(-1)|}{1^2}\hat{x} = k\hat{x}$
따라서 합력은
$\vec{F}_2 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{23} = (-2k + k)\hat{x} = -k\hat{x}$
이다.

선지 판단

① O — 두 힘을 방향까지 고려하여 합하면 $-k\hat{x}$이므로 계산 결과와 일치한다.
② X — $k\hat{x}$는 오른쪽 힘만 남는다고 본 값으로, 더 큰 왼쪽 힘을 반영하지 못한다. 올바르게는 $-k\hat{x}$이다.
③ X — $2k\hat{x}$는 Q_1이 주는 힘의 크기만 취하면서 방향도 반대로 표시한 값이다. 올바르게는 두 힘의 합력 $-k\hat{x}$이다.
④ X — $3k\hat{x}$는 두 힘의 크기 $2k$와 k를 같은 방향으로 더한 값이다. 두 힘은 반대 방향이므로 올바르게는 $-k\hat{x}$이다.

오답 포인트

전기력의 크기만 더하면 ④를 고르게 된다. Q_2는 양쪽의 양전하에 끌리므로 두 힘의 방향이 서로 반대이고, 왼쪽의 Q_1이 전하량의 절댓값이 더 커서 합력은 $-\hat{x}$ 방향이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 힘에 대해 먼저 인력인지 척력인지 판단하여 방향을 정하고, 쿨롱 법칙으로 크기를 구한 뒤 부호를 붙여 벡터 합을 계산한다.

암기 포인트

쿨롱 힘은 $F = k|q_1q_2|/r^2$, 합력은 크기의 단순합이 아니라 방향을 포함한 벡터 합이다.

NoteBase

문 15. 외부 전위차 ΔV를 인가하여 질량이 m_e, 전하량이 $-e$인 정지 상태의 전자가 속도 v ($\ll c$)로 움직일 때 전자의 드브로이 파장은? (단, h는 플랑크 상수, c는 빛의 속력이다.)

① $\frac{h}{\sqrt{m_e e\Delta V}}$
② $\frac{h}{\sqrt{2m_e e\Delta V}}$
③ $\frac{h}{\sqrt{m_e \Delta V/e}}$
④ $\frac{h}{\sqrt{2m_e \Delta V/e}}$

정답 2번

출제 포인트

전위차로 전자가 얻는 전기적 위치 에너지를 운동 에너지로 바꾼 뒤, 드브로이 관계 $\lambda = h/p$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

전자는 정지 상태에서 출발하고 속력이 $v \ll c$이므로 비상대론적 운동 에너지 $K = \frac{1}{2}m_e v^2$를 사용한다. 전자의 전하가 $-e$이더라도 전위차를 지나며 얻는 운동 에너지의 크기는 $e\Delta V$이다. 구해야 하는 값은 전자의 드브로이 파장 λ이다.

사용할 공식

에너지 보존식은 $\frac{1}{2}m_e v^2 = e\Delta V$이고, 비상대론적 운동량은 $p = m_e v$이다. 따라서 $K = \frac{p^2}{2m_e}$와 $\lambda = \frac{h}{p}$를 사용한다. 전위차가 만든 운동 에너지로 운동량을 구해야 하므로 이 공식들을 연결한다.

계산 과정

에너지 보존으로 $\frac{p^2}{2m_e} = e\Delta V$이다. 따라서 $p^2 = 2m_e e\Delta V$, $p = \sqrt{2m_e e\Delta V}$이다. 이를 드브로이 식에 대입하면 $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2m_e e\Delta V}}$.

선지 판단

① X — $\frac{h}{\sqrt{m_e e\Delta V}}$는 운동 에너지의 $\frac{1}{2}$을 반영하지 않아 분모의 2가 빠진 식이다. 올바르게는 $\frac{h}{\sqrt{2m_e e\Delta V}}$이다.
② O — 에너지 보존으로 얻은 운동량 $p = \sqrt{2m_e e\Delta V}$를 $\lambda = h/p$에 대입한 식과 일치한다.
③ X — $\frac{h}{\sqrt{m_e \Delta V/e}}$는 전위차에 전하량의 크기 e를 곱하지 않고 나누었으며, 운동 에너지 식의 2도 빠뜨렸다. 올바르게는 $\frac{h}{\sqrt{2m_e e\Delta V}}$이다.
④ X — $\frac{h}{\sqrt{2m_e \Delta V/e}}$는 계수 2는 반영했지만 전자가 얻는 에너지를 $e\Delta V$가 아니라 $\Delta V/e$로 잘못 놓은 식이다. 올바르게는 $\frac{h}{\sqrt{2m_e e\Delta V}}$이다.

NoteBase

오답 포인트

핵심 함정은 전자의 전하가 음수라는 이유로 e의 위치나 부호를 잘못 처리하는 것과, $K=\frac{1}{2}m_e v^2$의 계수 $\frac{1}{2}$을 빠뜨리는 것이다. 얻은 에너지의 크기는 $e\Delta V$이며, 이로부터 운동량을 구하면 분모의 제곱근 안에 반드시 $2m_e e\Delta V$가 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

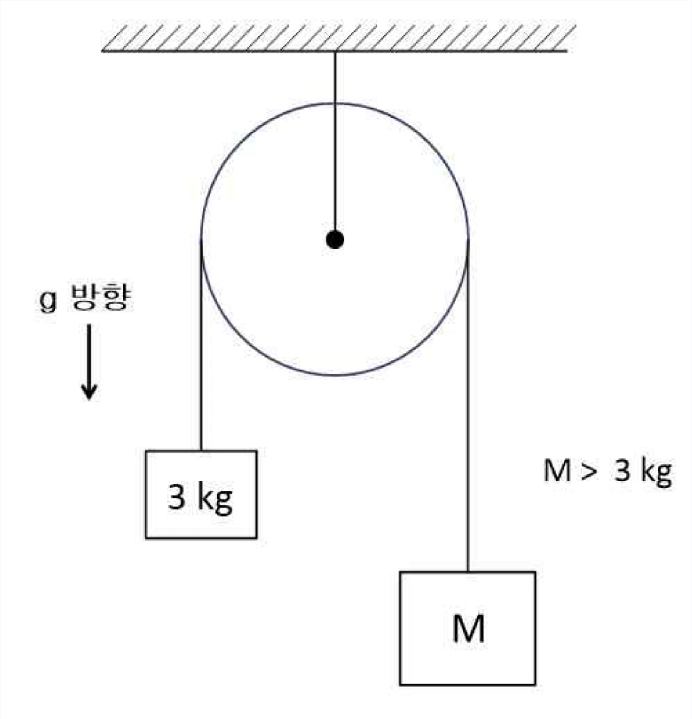
정지한 입자가 전위차로 가속되는 문제는 먼저 $q\Delta V$의 크기를 운동 에너지와 같게 놓고, $p=\sqrt{2mK}$를 구한 다음 $\lambda=h/p$를 적용한다.

암기 포인트

비상대론적으로 전위차 ΔV를 지나 가속된 전자의 파장은 $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2m_e e\Delta V}}$이며, 전위차가 커질수록 파장은 $1/\sqrt{\Delta V}$에 비례하여 감소한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 질량이 각각 3 kg, M인 두 물체가 고정 도르래로 연결되어 가속되고 있다. 이 때 물체의 가속도가 4 m/s^{2}일 경우 M의 질량은? (단, 중력 가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이며, 줄과 도르래의 질량과 공기저항 및 모든 마찰은 무시한다.)



① 6 kg
② 7 kg
③ 8 kg
④ 9 kg

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 마찰이 없는 애트우드 장치에서 두 물체에 작용하는 알짜힘과 전체 질량의 관계를 이용해 미지의 질량 M을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 한 물체의 질량은 3kg, 가속도의 크기는 4m/s^2, 중력 가속도는 10m/s^{2}이다.
구해야 할 값: 다른 물체의 질량 M이다.
주의할 조건: 그림에서 $M > 3$kg이므로 M은 아래로, 3kg 물체는 위로 가속한다. 줄과 도르래의 질량 및 마찰을 무시하므로 두 물체의 가속도 크기와 줄의 장력은 각각 같다.

NoteBase

사용할 공식

두 물체를 하나의 계로 보면 운동 방향의 외력은 두 물체의 무게 차이이므로
$a = \frac{(M-3)g}{M+3}$
이다. 장력은 계의 내부력이어서 서로 상쇄되고, 계의 전체 질량은 $M+3$이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

주어진 $a = 4\text{m/s}^2$, $g = 10\text{m/s}^2$를 대입하면
$4 = \frac{(M-3)10}{M+3}$
이다. 양변에 $M+3$을 곱하여 정리하면
$4(M+3) = 10(M-3)$
$4M + 12 = 10M - 30$
$6M = 42$
$M = 7\text{kg}$
이다.

선지 판단

① X — $M = 6\text{kg}$이면 $a = 10(6-3)/(6+3) = 10/3\text{m/s}^2$이므로 주어진 4m/s^2와 다르다. ‘6kg’은 ‘7kg’으로 고쳐야 한다.
② O — $M = 7\text{kg}$이면 $a = 10(7-3)/(7+3) = 4\text{m/s}^2$가 되어 조건과 정확히 일치한다.
③ X — $M = 8\text{kg}$이면 $a = 10(8-3)/(8+3) = 50/11\text{m/s}^2$이므로 주어진 가속도보다 크다. ‘8kg’은 ‘7kg’으로 고쳐야 한다.
④ X — $M = 9\text{kg}$이면 $a = 10(9-3)/(9+3) = 5\text{m/s}^2$이므로 주어진 가속도보다 크다. ‘9kg’은 ‘7kg’으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

무게 차이 $(M-3)g$만 구하고 전체 질량 $M+3$으로 나누지 않거나, 분모를 질량 차이로 두는 것이 핵심 함정이다. 두 물체를 하나의 계로 볼 때 알짜힘은 무게의 차이이고 관성에 해당하는 질량은 두 질량의 합이다.

다시 나오면 이렇게 판단

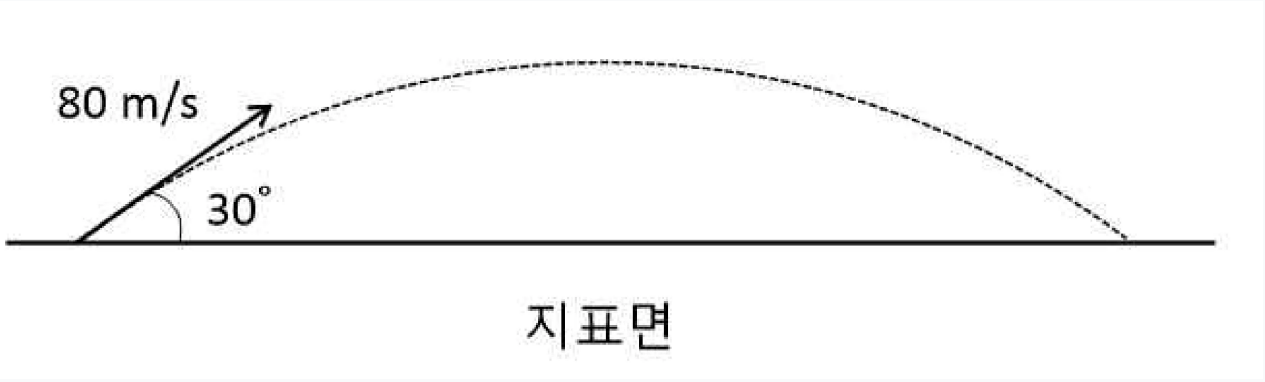
도르래 양쪽 질량 중 더 무거운 쪽을 먼저 확인한 뒤, 운동 방향의 외력을 ‘무게의 차이’, 가속되는 전체 질량을 ‘질량의 합’으로 두어 $a = \frac{m_{\text{heavy}} - m_{\text{light}}}{m_{\text{heavy}} + m_{\text{light}}} g$를 적용한다.

암기 포인트

애트우드 장치의 가속도는 ‘질량 차이 ÷ 질량 합 × g’이다.

NoteBase

문 17. 포탄이 처음 속력 80 m/s로 지면과 30°의 각도를 이루며 발사되었다. 포탄이 발사된 순간부터 수평면에 도달할 때까지 걸린 시간과 수평 도달거리는? (단, 중력가속도는 10m/s^2이고, 모든 저항은 무시한다.)



① 시간: 8 s, 거리: $320\sqrt{3}$ m

② 시간: 8 s, 거리: 320 m

③ 시간: 16 s, 거리: $320\sqrt{3}$ m

④ 시간: 16 s, 거리: 320 m

정답 1번

출제 포인트

포물선 운동에서 처음 속도를 수평·수직 성분으로 나누고, 수직 운동으로 비행시간을 구한 뒤 수평 등속 운동으로 도달거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

처음 속력은 $v_0 = 80\text{m/s}$, 발사각은 30°, 중력가속도는 $g = 10\text{m/s}^2$이다.
수평 속도는 $v_{0x} = v_0\cos 30^\circ = 40\sqrt{3}\,\text{m/s}$이고, 처음 수직 속도는 $v_{0y} = v_0\sin 30^\circ = 40\text{m/s}$이다.
포탄은 발사 높이와 같은 높이의 수평면에 도달하며 공기 저항을 무시하므로, 수평 속도는 일정하고 상승시간과 하강시간은 같다.

사용할 공식

같은 높이로 되돌아오는 포사체의 비행시간은
$T = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0\sin\theta}{g}$
이고, 수평 도달거리는
$R = v_{0x}T = v_0\cos\theta \cdot T$
이다. 수직 변위가 다시 0이 되는 시각을 수직 운동으로 구하고, 그 시간 동안 일정한 수평 속도로 이동한 거리를 구하는 공식이다.

NoteBase

계산 과정

1. 비행시간은
$T = \frac{2(40\text{m/s})}{10\text{m/s}^2} = 8\text{s}$
이다.

2. 수평 도달거리는
$R = (40\sqrt{3}\,\text{m/s})(8\text{s}) = 320\sqrt{3}\,\text{m}$
이다.

선지 판단

① O — 시간 8s, 거리 $320\sqrt{3}\,\text{m}$로 두 계산값이 모두 일치한다.
② X — 시간 8s는 맞지만 거리 320m가 틀렸다. 수평 속도는 40m/s가 아니라 $40\sqrt{3}\,\text{m/s}$이므로, 올바른 거리는 $320\sqrt{3}\,\text{m}$이다.
③ X — 거리 $320\sqrt{3}\,\text{m}$는 맞지만 시간 16s가 틀렸다. 수직 성분 $80\sin 30^\circ = 40\text{m/s}$를 사용하면 올바른 시간은 8s이다.
④ X — 시간 16s와 거리 320m가 모두 틀렸다. 올바른 값은 각각 8s, $320\sqrt{3}\,\text{m}$이다.

오답 포인트

비행시간에는 처음 속력 80m/s 전체가 아니라 수직 성분 $v_0\sin 30^\circ$를 사용한다. 반대로 수평 거리에는 수평 성분 $v_0\cos 30^\circ$를 사용한다. 두 성분을 바꾸거나 $\sin 30^\circ$와 $\cos 30^\circ$를 빠뜨리면 선지 ②~④의 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 속도를 $v_{0x} = v_0\cos\theta$, $v_{0y} = v_0\sin\theta$로 분해한다. 같은 높이에 착지하면 $T = 2v_{0y}/g$로 시간을 구하고, 이어서 $R = v_{0x}T$로 수평 거리를 구한다.

암기 포인트

같은 높이 포사체는 '시간은 수직 성분, 거리는 수평 성분 × 시간'으로 정리된다.

NoteBase

문 18. 바람이 없는 도로에서 경찰차가 400 Hz의 사이렌을 울리면서 60 m/s 속력으로 정지된 자동차를 지나가고 있다. 정지된 자동차에 탄 사람이 경찰차가 가까워질 때와 멀어질 때 각각 듣게 되는 사이렌 소리의 진동수로 가장 가까운 것은? (단, 소리의 속력은 340 m/s이다.)

① 가까워질 때: 330 Hz, 멀어질 때: 471 Hz

② 가까워질 때: 340 Hz, 멀어질 때: 486 Hz

③ 가까워질 때: 471 Hz, 멀어질 때: 330 Hz

④ 가까워질 때: 486 Hz, 멀어질 때: 340 Hz

정답 4번

출제 포인트

정지한 관측자와 움직이는 음원에 대한 도플러 효과를 이용하여, 음원이 가까워질 때와 멀어질 때의 진동수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 사이렌의 고유 진동수는 $f = 400Hz$, 소리의 속력은 $v = 340m/s$, 경찰차의 속력은 $v_s = 60m/s$이다.
구해야 할 값: 정지한 관측자가 경찰차의 접근 시와 이탈 시 듣는 진동수이다.
주의할 조건: 관측자는 정지하고 음원인 경찰차가 움직인다. 주어진 속력의 단위가 모두 m/s이므로 별도의 단위 변환은 필요하지 않는다.

사용할 공식

정지한 관측자에 대해 음원이 움직일 때의 도플러 효과는
$f' = f\frac{v}{v \mp v_s}$
이다. 음원이 가까워질 때에는 분모가 $v - v_s$, 멀어질 때에는 분모가 $v + v_s$가 된다. 접근하는 음원에서는 파면 간격이 좁아지고, 멀어지는 음원에서는 파면 간격이 넓어지므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 경찰차가 가까워질 때
f_접근=400×(340)/(340-60)=400×(340)/(280)≈485.7 Hz
따라서 가장 가까운 값은 $486Hz$이다.
2. 경찰차가 멀어질 때
f_이탈=400×(340)/(340+60)=400×(340)/(400)=340 Hz
따라서 이탈 시 진동수는 $340Hz$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — '가까워질 때 330Hz, 멀어질 때 471Hz'는 접근 시 진동수가 커지고 이탈 시 작아져야 하는 물리적 관계부터 거꾸로이다. 올바르게는 가까워질 때 약 486Hz, 멀어질 때 340Hz이다.
② X — '가까워질 때 340Hz, 멀어질 때 486Hz'는 계산된 두 값을 반대로 배치하였다. 올바르게는 접근 시 약 486Hz, 이탈 시 340Hz이다.
③ X — '가까워질 때 471Hz, 멀어질 때 330Hz'는 움직이는 음원 공식을 적용한 결과가 아니다. 이 값들은 음원이 아니라 관측자가 60m/s로 움직인다고 잘못 보고 $f' = f(v \pm v_o)/v$를 적용할 때 나오는 근삿값이다. 올바르게는 접근 시 약 486Hz, 이탈 시 340Hz이다.
④ O — 접근 시 약 486Hz, 이탈 시 340Hz로 계산 결과와 모두 일치한다.

오답 포인트

핵심 함정은 움직이는 대상이 음원인지 관측자인지를 구분하지 않거나, 접근과 이탈의 분모 부호를 뒤바꾸는 것이다. 이 문항에서는 경찰차가 음원이므로 음원 속력이 분모에 들어간다. 또한 접근할 때는 들리는 진동수가 400Hz보다 커지고, 이탈할 때는 작아져야 하므로 값의 배치도 검산할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

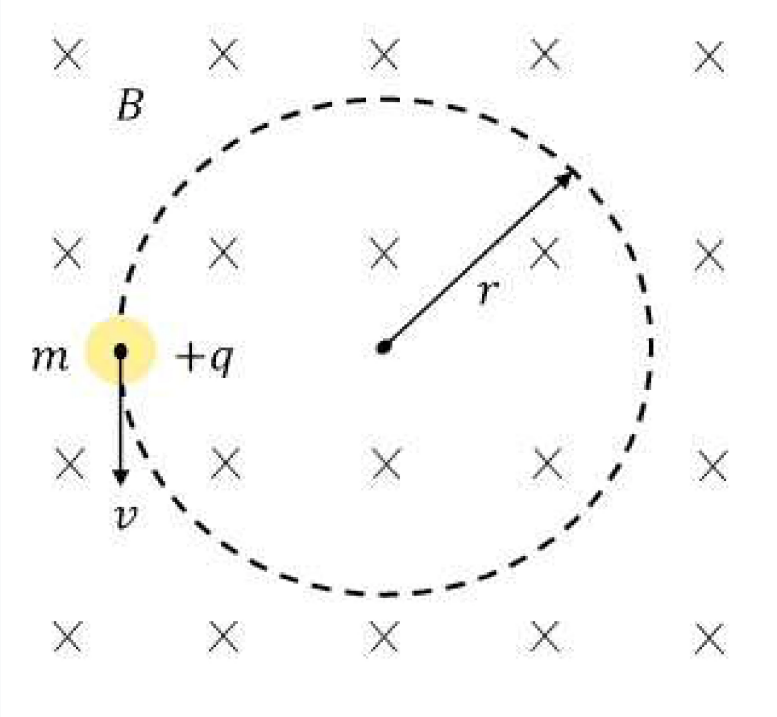
먼저 음원과 관측자 중 누가 움직이는지 확인한다. 정지한 관측자와 움직이는 음원이면 $f' = fv/(v \mp v_s)$를 사용하고, 접근에는 $v - v_s$, 이탈에는 $v + v_s$를 대입한다. 마지막으로 접근 진동수는 원래 진동수보다 크고 이탈 진동수는 작다는 관계로 부호와 결과를 검산한다.

암기 포인트

움직이는 음원의 속력은 분모에 들어간다. 접근은 분모가 작아져 고주파, 이탈은 분모가 커져 저주파가 된다.

NoteBase

문 19. 질량이 m, 전하량이 $+q$인 입자가 균일한 자기장 B에 수직인 방향으로 속도 v로 운동할 때, 입자는 자기장(종이면에 수직으로 들어가는)에 수직인 평면에서 반지름 r로 등속 원운동을 한다. 입자의 각운동량은?



① $\frac{mv}{qB}$

② $\frac{qB}{m}$

③ $\frac{2\pi m}{qB}$

④ $\frac{(mv)^2}{qB}$

정답 4번

출제 포인트

균일한 자기장에 수직으로 입사한 하전 입자의 원운동 반지름을 구한 뒤, 원의 중심에 대한 각운동량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 m, 전하량 $+q$, 속력 v, 자기장 세기 B이다.
구해야 할 값: 원운동 중심에 대한 입자의 각운동량 크기 L이다.
주의할 조건: 속도와 자기장이 수직이므로 자기력의 크기는 qvB이고, 이 힘이 구심력으로 작용한다.

NoteBase

사용할 공식

자기력과 구심력의 관계는

$qvB = \frac{mv^2}{r}$

이고, 원운동 중심에 대한 각운동량의 크기는

L=| r× p|=rmv

이다. 원운동에서는 위치 벡터와 운동량이 서로 수직이므로 $L = rmv$를 사용한다.

계산 과정

자기력과 구심력을 같게 놓으면

$r = \frac{mv}{qB}$

이다. 이를 $L = rmv$에 대입하면

$L = mv\left(\frac{mv}{qB}\right) = \frac{(mv)^2}{qB}$

가 된다.

선지 판단

① X — $\frac{mv}{qB}$는 원운동의 반지름 r이다. 각운동량은 여기에 운동량 mv를 한 번 더 곱한 $\frac{(mv)^2}{qB}$이다.

② X — $\frac{qB}{m}$는 사이클로트론 각속도 ω이다. 각운동량의 올바른 식은 $\frac{(mv)^2}{qB}$이다.

③ X — $\frac{2\pi m}{qB}$는 원운동 주기 T이다. 각운동량의 올바른 식은 $\frac{(mv)^2}{qB}$이다.

④ O — $r = \frac{mv}{qB}$를 $L = mvr$에 대입하면 $L = \frac{(mv)^2}{qB}$가 된다.

오답 포인트

①은 반지름, ②는 각속도, ③은 주기 공식이다. 자기장 속 원운동에서 자주 함께 등장하는 물리량의 공식을 각운동량 공식과 혼동하는 것이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

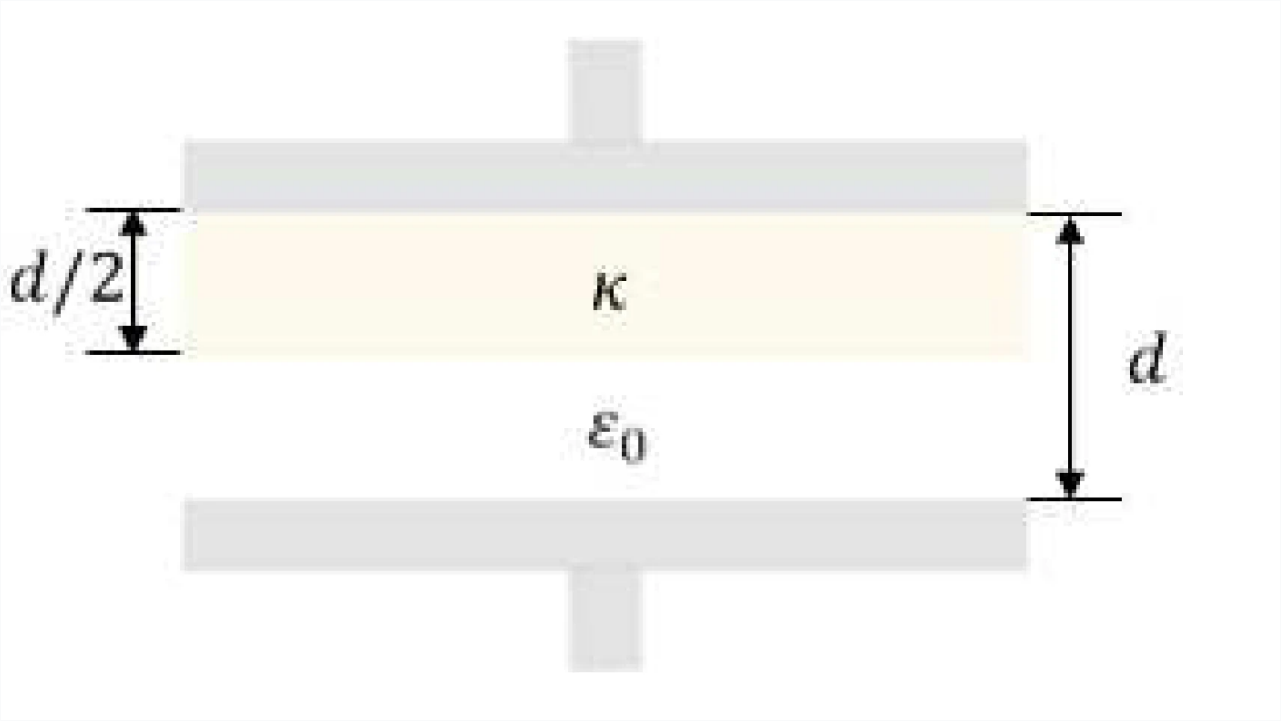
먼저 $qvB = mv^2/r$에서 반지름을 구하고, 문제에서 요구한 물리량의 정의에 대입한다. 각운동량을 물으면 원운동 중심에 대해 $L = mvr$를 적용한다.

암기 포인트

자기장 속 원운동에서는 $r = mv/(qB)$, $\omega = qB/m$, $T = 2\pi m/(qB)$, $L = mvr = (mv)^2/(qB)$이다.

NoteBase

문 20. 두 도체판 사이의 거리가 d인 유전체가 없는 평행판 축전기의 전기용량은 C_0이다. 그림과 같이 두 도체판 사이에 두께 $d/2$인 유전상수 κ의 유전체를 넣을 때 축전기의 전기용량은? (단, ε_0는 공기의 유전율이다.)



① $(\kappa + 1)C_0$

② $(2\kappa + 1)C_0$

③ $\left(\frac{\kappa}{\kappa+1}\right)C_0$

④ $\left(\frac{2\kappa}{\kappa+1}\right)C_0$

정답 4번

출제 포인트

전기장 방향으로 유전체층과 공기층이 나뉜 평행판 축전기를 두 축전기의 직렬연결로 보고 등가 전기용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

전체 판 사이 거리: d
유전체층: 두께 $d/2$, 유전율 $\kappa\varepsilon_0$
공기층: 두께 $d/2$, 유전율 ε_0
유전체가 없을 때의 전기용량: $C_0 = \varepsilon_0 A/d$
구해야 할 값: 두 층을 함께 넣은 축전기의 등가 전기용량

NoteBase

사용할 공식

평행판 축전기의 전기용량은 $C = \varepsilon A/\ell$이다. 전기장 방향으로 서로 다른 유전체층이 차례로 놓이면 각 층에 대응하는 축전기가 직렬로 연결된 것과 같으므로 $1/C = 1/C_1 + 1/C_2$를 사용한다.

계산 과정

유전체층의 전기용량은
$C_1 = \frac{\kappa\varepsilon_0 A}{d/2} = 2\kappa C_0$
이고, 공기층의 전기용량은
$C_2 = \frac{\varepsilon_0 A}{d/2} = 2C_0$
이다. 두 층은 직렬이므로
$\frac{1}{C} = \frac{1}{2\kappa C_0} + \frac{1}{2C_0} = \frac{\kappa+1}{2\kappa C_0}$
따라서
$C = \left(\frac{2\kappa}{\kappa+1}\right)C_0$
이다.

선지 판단

① X — $(\kappa+1)C_0$가 아니라 $(2\kappa/(\kappa+1))C_0$이다. 두 층의 전기용량을 단순히 더할 수 없다.
② X — $(2\kappa+1)C_0$가 아니라 $(2\kappa/(\kappa+1))C_0$이다. 전기장 방향으로 나뉜 층은 병렬이 아니라 직렬로 합성한다.
③ X — $(\kappa/(\kappa+1))C_0$가 아니라 $(2\kappa/(\kappa+1))C_0$이다. 각 층의 두께가 $d/2$이므로 각 층의 전기용량에 생기는 계수 2를 반영해야 한다.
④ O — 직렬 합성 결과가 $(2\kappa/(\kappa+1))C_0$이므로 옳다.

오답 포인트

유전체가 판의 일부 두께만 차지하므로 전체가 유전체로 채워졌다고 볼 수 없다. 또한 층의 경계가 도체판과 나란하여 두 물질이 전기장 방향으로 이어지므로 직렬연결이다. 특히 ③은 각 층의 두께가 d가 아니라 $d/2$라는 점을 놓쳐 계수 2가 빠진 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유전체의 배치를 먼저 확인한다. 층이 전기장 방향으로 이어지면 각 층의 $C_i = \varepsilon_i A/d_i$를 구한 뒤 역수를 더하고, 판의 면적 방향으로 나뉘면 각 부분의 전기용량을 직접 더한다.

암기 포인트

전기장 방향 분할은 직렬, 면적 방향 분할은 병렬이다.

NoteBase