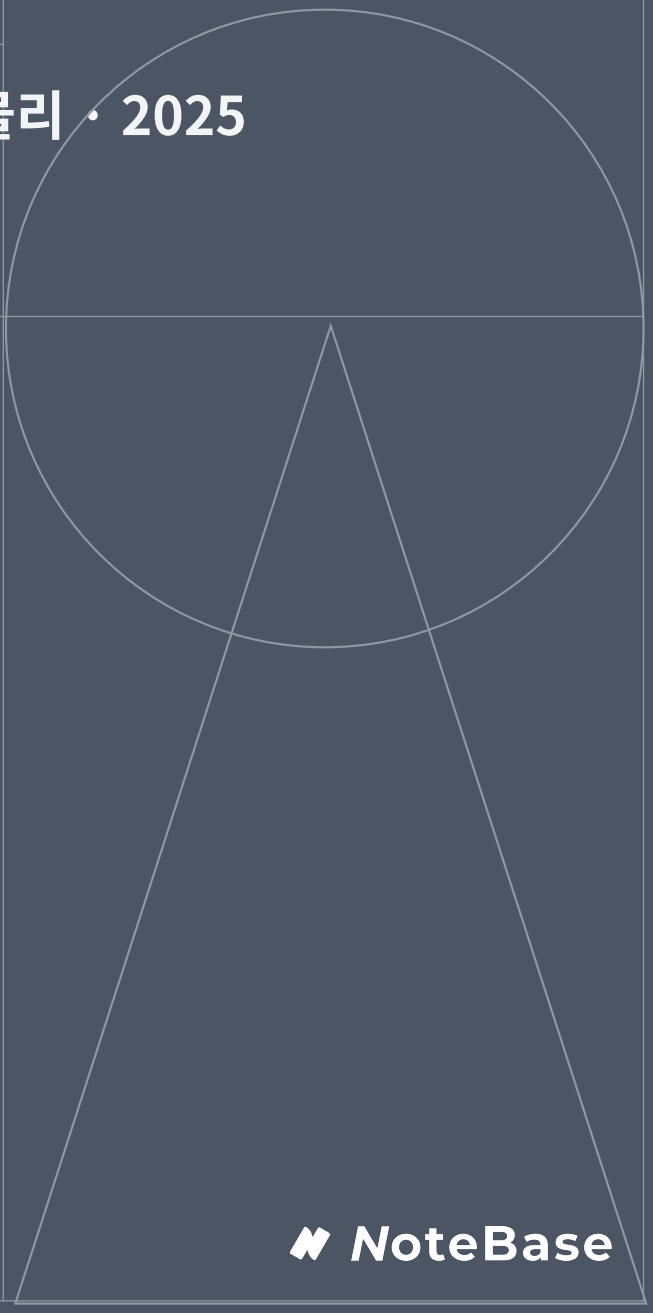
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2025



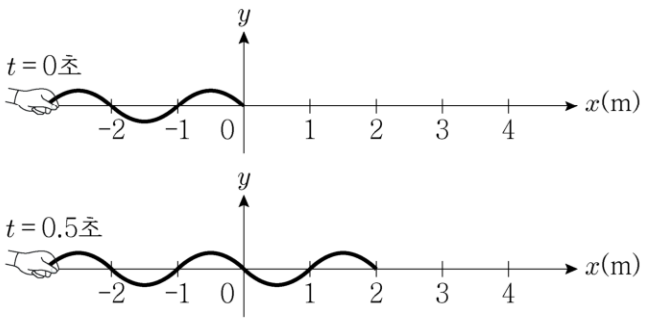
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2025

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2025

1. 그림은 xy평면에서 연속적으로 발생하여 x축과 나란한 방향으로 진행하는 파동의 시간 $t = 0$초, $t = 0.5$초인 순간의 모습을 각각 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 파장은 1 m이다.
② 진동수는 0.5 Hz이다.
③ 파동의 속력은 4 m/s이다.
④ $x = 3$ m인 지점이 마루가 되는 순간, $x = 0$ m인 지점도 마루가 된다.

정답 3번

출제 포인트

두 시각의 파형에서 파장과 파동이 이동한 거리를 읽고, 파동의 속력과 진동수를 구하는 문제이다.

조건 정리

같은 위상의 이웃한 지점 사이 거리는 2m이다.
$t = 0$일 때 $x = 0m$에 있던 파면은 $t = 0.5s$일 때 $x = 2m$에 있으므로, 파동은 0.5s 동안 2m 진행한다.
파동은 x축과 나란한 방향, 즉 $+x$방향으로 진행한다.

NoteBase

사용할 공식

파동의 속력은 이동 거리와 걸린 시간으로 구한다.

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

또한 파동의 속력, 진동수, 파장의 관계는 다음과 같다.

$v = f\lambda$

첫 번째 식은 두 순간 사이의 파면 이동이 제시되었기 때문에 사용하고, 두 번째 식은 구한 속력과 파장으로 진동수를 판단하기 위해 사용한다.

계산 과정

1. 이웃한 마루 사이의 거리 또는 이웃한 같은 방향의 영점 사이의 거리를 읽으면 파장은 $\lambda = 2m$이다.

2. 파동의 속력은

$v = \frac{2m}{0.5s} = 4m/s$

이다.

3. 진동수는

$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{4m/s}{2m} = 2Hz$

이다.

선지 판단

① X — 파장은 같은 위상의 이웃한 지점 사이의 거리이므로 $1m$가 아니라 $2m$이다. 올바르게는 '파장은 $2m$이다.'이다.

② X — $f = v/\lambda$이므로 진동수는 $0.5Hz$가 아니라 $2Hz$이다. 올바르게는 '진동수는 $2Hz$이다.'이다.

③ O — 파면이 $0.5s$ 동안 $2m$ 이동하므로 파동의 속력은 $4m/s$이다.

④ X — $x = 3m$와 $x = 0m$의 간격은 $3m = 3\lambda/2$이므로 두 지점의 위상은 반대이다. 따라서 $x = 3m$인 지점이 마루일 때 $x = 0m$인 지점은 마루가 아니라 골이다. 올바르게는 '$x = 3m$인 지점이 마루가 되는 순간, $x = 0m$인 지점은 골이 된다.'이다.

오답 포인트

가로축에서 마루와 바로 이웃한 골 사이의 거리 $1m$를 파장으로 착각하기 쉽다. 이 거리는 반 파장이고, 한 파장은 마루에서 다음 마루까지의 $2m$이다. 또한 $3m$ 떨어진 두 지점은 한 파장의 정수배만큼 떨어진 것이 아니므로 같은 위상이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 같은 위상인 두 지점의 간격으로 파장을 읽고, 두 순간의 파면 위치 변화로 $v = \Delta x/\Delta t$를 구한 뒤 $v = f\lambda$를 적용한다. 두 지점의 동시 운동은 두 지점 사이 거리가 파장의 정수배이면 같은 위상, 홀수 배의 반파장이면 반대 위상으로 판단한다.

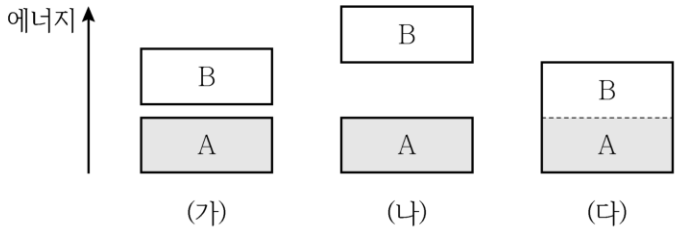
NoteBase

암기 포인트

마루에서 다음 마루까지가 한 파장이고, $v = f\lambda$이다. $\lambda/2$의 홀수 배만큼 떨어진 두 지점은 위상이 반대이다.

NoteBase

2. 그림 (가) ~ (다)는 도체, 반도체, 절연체의 에너지띠 구조를 순서 없이 나타낸 것이다. A는 전자가 가득 채워진 영역을, B는 비어 있는 영역을 나타낸다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. (가)는 반도체이다.
ㄴ. 띠 간격은 (나)가 (가)보다 크다.
ㄷ. 상온에서 전기 전도성은 (다)가 (나)보다 작다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

에너지띠 도식에서 띠 간격의 크기와 부분적으로 채워진 띠의 존재를 보고 반도체·절연체·도체를 구별하는 문제이다. (가)는 작은 띠 간격이 있는 반도체, (나)는 더 큰 띠 간격이 있는 절연체, (다)는 하나의 띠가 일부만 전자로 채워진 도체를 나타낸다.

NoteBase

선지별 해설

① O — ㄱ과 ㄴ은 모두 옳다. (가)는 채워진 띠와 빈 띠 사이의 간격이 작은 반도체이고, (나)의 띠 간격은 (가)보다 크다.

② X — ㄱ은 옳지만 ㄷ은 옳지 않다. (다)는 전자가 같은 띠 안의 빈 상태로 쉽게 이동할 수 있는 도체이므로 상온에서의 전기 전도성은 절연체인 (나)보다 크다. 틀린 표현 '(다)가 (나)보다 작다'는 '(다)가 (나)보다 크다'로 고쳐야 한다.

③ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ은 옳지 않다. (나)는 (가)보다 띠 간격이 크지만, (다)는 부분적으로 채워진 띠를 가져 (나)보다 전기 전도성이 크다. 따라서 ㄴ, ㄷ이 아니라 ㄱ, ㄴ을 골라야 한다.

④ X — ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ은 옳지 않으므로 세 진술을 모두 고를 수 없다. ㄷ의 '(다)가 (나)보다 작다'를 '(다)가 (나)보다 크다'로 고치면 세 진술이 모두 옳게 된다.

오답 포인트

띠 간격만 비교하고 (다)의 점선을 또 다른 띠 간격으로 오해하기 쉽다. (다)의 A와 B는 분리된 두 띠가 아니라 하나의 띠 안에서 채워진 상태와 빈 상태를 나눈 것이므로, 전자가 가까운 빈 상태로 이동할 수 있어 전기 전도성이 크다.

다시 나오면 이렇게 판단

채워진 띠와 빈 띠가 떨어져 있으면 그 간격부터 비교한다. 간격이 작으면 반도체, 크면 절연체이다. 하나의 띠가 일부만 채워져 바로 옆에 빈 상태가 있으면 도체로 판단한다.

암기 포인트

작은 띠 간격은 반도체, 큰 띠 간격은 절연체, 부분적으로 채워진 띠는 도체이다.

NoteBase

3. 다음 글에서 설명하는 전자기파 A는?

> ○ 파장에 따라 다른 색으로 보인다.
> ○ 어떤 전자기파의 파장이 500 nm인 경우, A에 속한다.
> ○ 사람의 눈으로 관찰할 수 있는 전자기파이다.

① 감마(γ)선
② X선
③ 가시광선
④ 마이크로파

정답 3번

출제 포인트

파장에 따라 색이 달라지고 사람의 눈으로 볼 수 있으며 파장 500nm를 포함하는 전자기파가 무엇인지 구별하는 문제이다.

핵심 개념

가시광선은 사람의 눈으로 감지할 수 있는 전자기파이며, 파장에 따라 서로 다른 색으로 보인다. 파장 500nm는 가시광선 영역에 속해 대체로 초록색 계열로 보인다. 반면 감마선과 X선은 가시광선보다 파장이 짧고, 마이크로파는 가시광선보다 파장이 길어 모두 사람의 눈으로 직접 볼 수 없다.

선지별 해설

① X — 감마선은 사람의 눈으로 볼 수 없고 파장에 따라 가시적인 색으로 보이는 전자기파가 아니다. 틀린 표현은 '감마(γ)선'이며, 올바르게는 '가시광선'이다.
② X — X선은 사람의 눈으로 직접 관찰할 수 없으며 500nm의 파장은 X선 영역이 아니라 가시광선 영역에 속한다. 틀린 표현은 'X선'이며, 올바르게는 '가시광선'이다.
③ O — 가시광선은 사람의 눈으로 관찰할 수 있고, 파장에 따라 색이 달라지며 500nm도 그 영역에 포함된다.
④ X — 마이크로파는 가시광선보다 파장이 훨씬 길어 사람의 눈으로 볼 수 없고 색으로 구별되지 않는다. 틀린 표현은 '마이크로파'이며, 올바르게는 '가시광선'이다.

오답 포인트

모든 선지가 전자기파라는 공통점만 보고 고르면 틀리기 쉽다. 이 문항의 결정적 표현은 '사람의 눈으로 관찰할 수 있다'와 '파장에 따라 다른 색으로 보인다'이며, 두 특징을 모두 만족하는 것은 가시광선이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

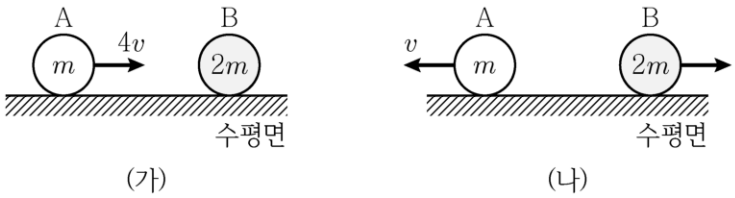
전자기파를 묻는 문항에서 ‘눈으로 볼 수 있다’ 또는 ‘파장에 따라 색이 다르다’는 단서가 나오면 가시광선으로 판단한다. 제시된 파장이 수백 nm 범위인지도 함께 확인한다.

암기 포인트

눈에 보이고 파장마다 색이 다르면 가시광선이다. 500nm는 가시광선의 초록색 계열이다.

NoteBase

4. 그림 (가)는 수평면에서 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 $4v$의 속력으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (나)는 (가)에서 B와 충돌한 A가 반대 방향으로 v의 속력으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m, $2m$이다. (나)에서 B의 속력은? (단, A, B는 동일 직선상에 있고, 모든 마찰은 무시한다)



(가) (나)

① v
② $1.5v$
③ $2.5v$
④ $3v$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 충돌 전후의 운동량 보존을 이용하여 물체 B의 속력을 구하는 문제이다. 운동 방향에 따라 속도의 부호를 구분해야 한다.

조건 정리

주어진 값: A의 질량은 m, B의 질량은 $2m$이다. 충돌 전 A는 오른쪽으로 $4v$의 속력으로 운동하고 B는 정지해 있다.
구해야 할 값: 충돌 후 B의 속력 u이다.
주의할 조건: 오른쪽을 양(+)의 방향으로 정하면 충돌 후 A의 속도는 반대 방향이므로 $-v$이다. 모든 마찰을 무시하므로 수평 방향의 외력이 없어 전체 운동량이 보존된다.

사용할 공식

운동량 보존 법칙은 다음과 같다.
p_충돌 전=p_충돌 후
$m(4v) + (2m)(0) = m(-v) + (2m)u$
충돌하는 두 물체에 작용하는 힘은 계 내부의 힘이고 수평 방향 외력이 없으므로, 충돌 전후 두 물체의 전체 운동량이 보존된다.

NoteBase

계산 과정

1. 충돌 전 전체 운동량은 $4mv$이다.
2. 충돌 후 전체 운동량은 $-mv + 2mu$이다.
3. 운동량 보존식을 정리한다.

$4mv = -mv + 2mu$

$5mv = 2mu$

$u = \frac{5}{2}v = 2.5v$

따라서 B의 속력은 $2.5v$이다.

선지 판단

① X

- $u = v$를 대입하면 충돌 후 전체 운동량은 $-mv + 2m(v) = mv$가 되어 충돌 전의 $4mv$와 같지 않다. v가 아니라 $2.5v$가 맞다.

② X

- $1.5v$는 충돌 후 A가 반대 방향으로 운동한다는 사실을 무시하고 A의 운동량을 $+mv$로 놓으면 나오는 값이다. A의 운동량은 $-mv$이므로 올바른 속력은 $2.5v$이다.

③ O

- $u = 2.5v$이면 충돌 후 전체 운동량은 $-mv + 2m(2.5v) = 4mv$로 충돌 전 전체 운동량과 같다.

④ X

- $u = 3v$를 대입하면 충돌 후 전체 운동량은 $-mv + 2m(3v) = 5mv$가 되어 운동량이 보존되지 않는다. $3v$가 아니라 $2.5v$가 맞다.

계산 결과 B의 속력이 $2.5v$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

충돌 후 A의 속력은 v이지만 운동 방향이 처음과 반대이므로 속도는 $-v$이다. 이를 $+v$로 처리하면 ②의 $1.5v$를 선택하게 된다. 또한 운동에너지 보존 여부는 주어지지 않았으므로 운동량 보존만 사용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

일차원 충돌 문제에서는 먼저 양(+)의 방향을 정하고 각 물체의 속도에 부호를 붙인 뒤, 충돌 전 전체 운동량과 충돌 후 전체 운동량을 같게 놓는다. 마지막에는 구한 값을 보존식에 다시 대입하여 검산한다.

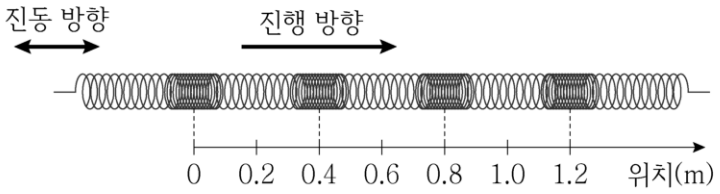
NoteBase

암기 포인트

운동량은 방향을 가지므로 반대 방향의 속도에는 음(-)의 부호를 붙인다. 외력이 없으면 충돌의 종류와 관계없이 전체 운동량은 보존된다.

NoteBase

5. 그림은 용수철을 따라 오른쪽으로 진행하는 파동의 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. 용수철의 진동 방향과 파동의 진행 방향은 나란하다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. 횡파이다.
ㄴ. 파장은 0.4 m이다.
ㄷ. 진행 방향으로 에너지가 전달된다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

용수철의 압축부가 반복되는 간격에서 파장을 읽고, 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향을 비교하여 종파인지 횡파인지 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ은 틀렸다. 용수철의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하므로 이 파동은 횡파가 아니라 종파이다. 따라서 'ㄱ'은 'ㄴ, ㄷ'으로 고쳐야 한다.

② X
ㄴ의 파장이 0.4m라는 판단은 맞지만, ㄷ도 옳으므로 'ㄴ만 옳다'는 선택은 불완전하다. 'ㄴ'은 'ㄴ, ㄷ'으로 고쳐야 한다.

③ X
ㄷ은 맞지만 ㄱ은 틀렸고, 옳은 ㄴ이 빠져 있다. 'ㄱ, ㄷ'은 'ㄴ, ㄷ'으로 고쳐야 한다.

④ O
인접한 압축부 사이의 거리가 0.4m이므로 ㄴ이 옳다. 파동은 진행하면서 매질을 지속적으로 옮기는 것이 아니라 에너지를 진행 방향으로 전달하므로 ㄷ도 옳다. 따라서 옳은 것은 ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

용수철 모양이 좌우로 이어져 있다는 사실만 보고 횡파로 오인하기 쉽다. 파동의 종류는 그림의 전체 모양이 아니라 용수철 각 부분의 진동 방향과 파동의 진행 방향을 비교하여 판단한다. 또한 파장은 압축부 자체의 폭이 아니라 이웃한 압축부의 같은 지점 사이 거리이다.

다시 나오면 이렇게 판단

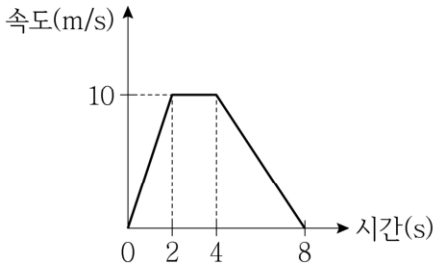
먼저 매질의 진동 방향과 파동의 진행 방향을 비교한다. 두 방향이 나란하면 종파이고 수직이면 횡파이다. 종파의 파장은 이웃한 압축부끼리 또는 이웃한 팽창부끼리의 거리로 구한다.

암기 포인트

나란하면 종파, 수직이면 횡파이며, 종파의 파장은 압축부와 다음 압축부 사이의 거리이다.

NoteBase

6. 그림은 직선 운동하는 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 1초일 때 물체의 가속도의 크기는 5 m/s^{2}이다.
② 5초일 때 물체의 속력은 2.5 m/s이다.
③ 0초부터 8초까지 물체의 이동 거리는 50 m이다.
④ 0초부터 8초까지 물체의 평균 속력은 6.25 m/s이다.

정답 2번

출제 포인트

속도-시간 그래프의 기울기로 가속도를, 특정 시각의 세로축 값으로 속력을, 그래프 아래 넓이로 이동 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

0~2초: 속도가 0m/s에서 10m/s까지 일정하게 증가한다.
2~4초: 속도가 10m/s로 일정하다.
4~8초: 속도가 10m/s에서 0m/s까지 일정하게 감소한다.
구해야 할 값은 구간별 가속도, 5초일 때의 속력, 전체 이동 거리와 평균 속력이다.

사용할 공식

가속도는 속도-시간 그래프의 기울기이므로 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$이다.
이동 거리는 속도-시간 그래프 아래 넓이이므로 $s = \int v dt$이다. 이 문항에서는 삼각형과 직사각형의 넓이를 합하면 된다.
평균 속력은 평균 속력=총 이동 거리총 시간이다. 그래프의 속도가 모두 0 이상이므로 그래프 아래 넓이가 이동 거리와 같다.

NoteBase

계산 과정

1. 0~2초의 가속도는 $a = \frac{10-0}{2-0} = 5m/s^2$이다.
2. 4~8초의 가속도는 $a = \frac{0-10}{8-4} = -2.5m/s^2$이다. 따라서 5초의 속력은 $v = 10 + (-2.5)(5-4) = 7.5m/s$이다.
3. 전체 이동 거리는 $\frac{1}{2} \times 2 \times 10 + 2 \times 10 + \frac{1}{2} \times 4 \times 10 = 50m$이다.
4. 평균 속력은 $\frac{50}{8} = 6.25m/s$이다.

선지 판단

① O — 0~2초 구간의 기울기는 $\frac{10-0}{2-0} = 5m/s^2$이므로 옳다.
② X — 5초는 4~8초의 등가속도 감속 구간에 있고, 속력은 $7.5m/s$이다. '$2.5m/s$'는 이 구간에서 1초마다 감소하는 속력의 크기인 $2.5m/s$를 5초의 속력으로 잘못 본 값이다. 올바르게는 '5초일 때 물체의 속력은 $7.5m/s$이다'이다.
③ O — 그래프 아래 넓이를 합하면 $10 + 20 + 20 = 50m$이므로 옳다.
④ O — 전체 이동 거리 $50m$를 전체 시간 $8s$로 나누면 평균 속력은 $6.25m/s$이므로 옳다.
옳지 않은 것은 ②이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

②의 2.5는 4~8초 구간 가속도의 크기이지 5초의 속력이 아니다. 그래프의 기울기와 특정 시각의 세로축 값을 혼동하면 안 된다. 또한 평균 속력은 속력의 최댓값과 최솟값을 단순 평균하는 것이 아니라 전체 이동 거리를 전체 시간으로 나누어 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

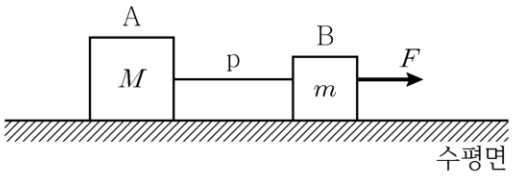
속도-시간 그래프에서는 기울기→가속도, 세로축 값→그 시각의 속도, 그래프 아래 넓이→이동 거리의 순서로 대응시킨다. 평균 속력은 마지막에 총 이동 거리를 총 시간으로 나누어 판단한다.

암기 포인트

속도-시간 그래프는 '기울기=가속도, 넓이=이동 거리'로 기억한다.

NoteBase

7. 그림은 수평면에서 질량이 각각 M, m인 두 물체 A, B를 실 p로 연결하고 일정한 힘 F로 당길 때, A, B가 같은 가속도로 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $M > m$이고, 실의 질량과 모든 마찰은 무시한다)



① p가 A를 당기는 힘의 크기는 p가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다.
② A가 p를 당기는 힘과 B가 p를 당기는 힘은 작용 반작용 관계이다.
③ p가 A를 당기는 힘의 크기는 F보다 작다.
④ B의 가속도의 크기는 $\frac{F}{M}$이다.

정답 3번

출제 포인트

마찰이 없는 수평면에서 두 물체를 하나의 계로 보아 가속도를 구하고, 한 물체에 뉴턴의 제2법칙을 적용해 실의 장력을 판단하는 문제이다.

조건 정리

물체 A의 질량은 M, 물체 B의 질량은 m이고 $M > m$이다. 실의 질량과 모든 마찰은 무시하며, B에는 오른쪽으로 일정한 힘 F가 작용한다. 질량을 무시한 실의 장력을 T, 두 물체의 공통 가속도를 a라 둔다.

사용할 공식

두 물체 전체에 뉴턴의 제2법칙을 적용하면

$F = (M + m)a$

이다. 따라서 공통 가속도는

$a = \frac{F}{M+m}$

이다. 물체 A에 작용하는 수평 방향의 힘은 실의 장력뿐이므로

$T = Ma = \frac{MF}{M+m}$

이다. 두 물체가 같은 가속도로 함께 움직이고 실의 질량을 무시하므로 실 양 끝의 장력 크기는 같다.

NoteBase

계산 과정

1. A와 B를 하나의 계로 보면 실의 장력은 계 내부의 힘이므로 상쇄되고, 외력 F가 전체 질량 $M+m$을 가속한다.
2. 따라서 $a=F/(M+m)$이다.
3. A에 뉴턴의 제2법칙을 적용하면 $T=Ma=MF/(M+m)$이다.
4. $M/(M+m)<1$이므로 $T<F$이다.

선지 판단

① X — 실의 질량을 무시하므로 p가 A를 당기는 힘과 p가 B를 당기는 힘은 모두 장력 T로 크기가 같다. 틀린 표현 'A를 당기는 힘의 크기는 B를 당기는 힘의 크기보다 크다'는 '두 힘의 크기는 같다'로 고쳐야 한다.
② X — A가 p를 당기는 힘과 B가 p를 당기는 힘은 모두 실 p에 작용하는 힘이므로 서로 작용·반작용 관계가 아니다. 작용·반작용은 'A가 p를 당기는 힘과 p가 A를 당기는 힘', 또는 'B가 p를 당기는 힘과 p가 B를 당기는 힘'처럼 서로 다른 두 물체가 주고받는 힘의 쌍이다.
③ O — p가 A를 당기는 힘의 크기는 장력 $T=MF/(M+m)$이다. $M/(M+m)<1$이므로 $T<F$가 성립한다.
④ X — B만이 아니라 A와 B가 함께 가속되므로 B의 가속도 크기는 F/M이 아니라 $F/(M+m)$이다. 틀린 표현 'F/M'은 '$F/(M+m)$'으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

①에서는 $M>m$이라는 조건 때문에 질량이 큰 A 쪽의 장력이 더 크다고 착각하기 쉽지만, 질량 없는 하나의 실에서는 장력의 크기가 같다. ②에서는 크기가 같고 방향이 반대인 두 힘을 모두 작용·반작용으로 오해하기 쉽다. 작용·반작용의 두 힘은 반드시 서로 다른 물체에 작용해야 한다. ④에서는 외력 F가 A와 B 전체를 함께 가속한다는 점을 놓치고 분모에 한 물체의 질량만 쓰기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

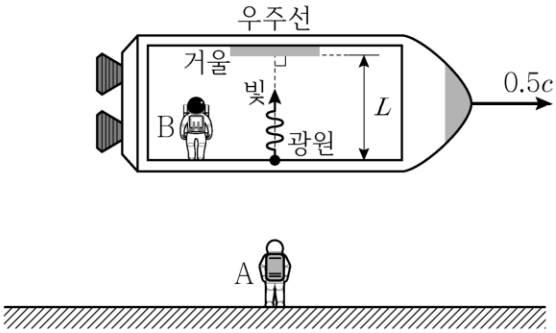
연결된 물체 문제에서는 먼저 전체 계에 대해 외력과 전체 질량으로 공통 가속도를 구한 뒤, 한 물체만 분리해 장력을 구한다. 작용·반작용 여부는 두 힘의 크기와 방향만 보지 않고, 힘이 서로 다른 두 물체에 작용하는지를 확인한다.

암기 포인트

전체 계에서는 a=외력/전체 질량, 한 물체에서는 $T=ma$이다. 질량 없는 실의 장력은 같고, 작용·반작용은 서로 다른 물체에 작용한다.

NoteBase

8. 그림은 관찰자 A에 대해 관찰자 B가 탄 우주선이 $0.5c$의 속력으로 직선 운동하는 모습을 나타낸 것이다. B의 관성계에서 광원과 거울 사이의 거리는 L이고, 광원에서 우주선의 운동 방향과 수직으로 발생시킨 빛은 거울에 반사되어 되돌아온다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, c는 빛의 속력이다)



ㄱ. A의 관성계에서 빛의 속력은 c이다.
ㄴ. A의 관성계에서 광원과 거울 사이의 거리는 L보다 길다.
ㄷ. B의 관성계에서 A의 시간은 B의 시간보다 빠르게 간다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 광속 불변 원리, 운동 방향에 수직인 길이의 불변성, 시간 지연을 이용해 두 관성계의 측정 결과를 판단하는 문제이다.

조건 정리

B의 관성계에서 우주선은 정지해 있고 광원과 거울 사이의 거리는 L이다. 우주선은 A에 대해 $v = 0.5c$로 운동한다. 광원과 거울을 잇는 방향은 우주선의 운동 방향에 수직이다.

NoteBase

사용할 공식

광속 불변: 모든 관성계에서 진공 중 빛의 속력은 c이다.
로런츠 인자: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$이다.
시간 지연: 고유 시간 $\Delta\tau$와 다른 관성계에서 측정한 시간 Δt의 관계는 $\Delta t = \gamma\Delta\tau$이다.
길이 수축은 운동 방향과 나란한 길이에만 적용되므로 운동 방향에 수직인 광원과 거울 사이의 거리는 변하지 않는다.

계산 과정

B의 관성계에서 빛의 왕복 시간은 $\Delta\tau_B = 2L/c$이다. 이 두 사건은 광원의 같은 위치에서 일어나므로 B가 측정한 시간이 고유 시간이다.
$v = 0.5c$이므로 $\gamma = 1/\sqrt{1 - 0.5^2} = 2/\sqrt{3} > 1$이다. 따라서 A가 측정한 빛의 왕복 시간은
$\Delta t_A = \gamma\Delta\tau_B = 4L/(\sqrt{3}c)$로 B가 측정한 시간보다 길다.
반대로 B의 관성계에서는 움직이는 A의 시계가 느리게 가므로 같은 B의 좌표시간 동안 A의 시계가 가리키는 고유 시간은 $\Delta\tau_A = \Delta t_B/\gamma$이다.

선지 판단

① ㄱ O: 광속 불변 원리에 따라 A의 관성계에서도 빛의 속력은 c이다. ㄱ만 옳으므로 ①이 정답이다.
② ㄱ, ㄷ X: ㄱ은 옳지만 ㄷ은 틀리다. B의 관성계에서는 움직이는 A의 시계가 B의 시계보다 느리게 간다. 틀린 표현 'A의 시간은 B의 시간보다 빠르게 간다'는 'A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다'로 고쳐야 한다.
③ ㄴ, ㄷ X: ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리다. 광원과 거울 사이의 거리는 운동 방향에 수직이므로 A의 관성계에서도 L이며 L보다 길지 않다. ㄷ은 B가 볼 때 A의 시계가 더 느리게 간다는 내용으로 고쳐야 한다.
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ X: ㄱ은 옳지만 ㄴ과 ㄷ은 틀리다. ㄴ의 거리는 A와 B 모두 L이고, ㄷ은 B의 관성계에서 A의 시계가 B의 시계보다 느리게 간다고 해야 한다.

오답 포인트

빛이 A에게 대각선 경로로 보인다는 사실을 광속 증가나 수직 길이 증가로 해석하면 안 된다. 대각선 경로 때문에 A가 측정한 왕복 시간이 길어지지만 광속은 여전히 c이고, 운동 방향에 수직인 거리도 L로 유지된다. 또한 각 관성계에서는 상대방의 움직이는 시계가 느리게 간다고 판단한다.

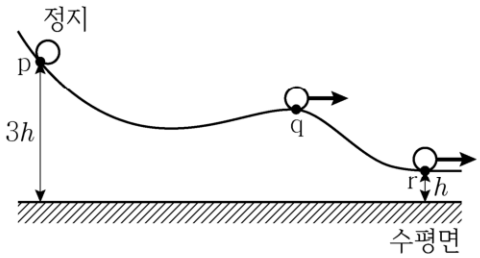
다시 나오면 이렇게 판단

상대론 문항에서는 먼저 모든 관성계에서 광속이 c인지 확인하고, 길이가 운동 방향과 나란한지 수직인지 구분한 뒤, 어느 시계가 해당 관성계에서 움직이는지를 확인해 시간 지연을 적용한다.

암기 포인트

광속은 항상 c, 길이 수축은 운동 방향에만, 움직이는 시계는 느리게 간다.

9. 그림은 수평면으로부터 높이가 $3h$인 점 p에 가만히 놓은 물체가 궤도를 따라 운동하여 점 q와 높이가 h인 점 r을 차례대로 지나는 모습을 나타낸 것이다. q에서 물체의 운동 에너지는 r에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 같다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, g는 중력 가속도이고, 수평면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이며, 물체의 크기와 모든 마찰은 무시한다)



ㄱ. q에서 r까지 운동하는 동안 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 물체의 운동 에너지 증가량과 같다.
ㄴ. q에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 2배이다.
ㄷ. r에서 물체의 속력은 $\sqrt{8gh}$이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

마찰이 없는 궤도에서 역학적 에너지 보존을 적용하여 각 지점의 중력 퍼텐셜 에너지, 운동 에너지, 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

물체는 높이 3*h*인 점 *p*에서 정지 상태로 출발하므로 전체 역학적 에너지는 3*mgh*이다. 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지는 0이고, 모든 마찰을 무시하므로 운동 중 역학적 에너지가 보존된다. 점 *r*의 높이는 *h*이므로 $U_r = mgh$이며, 문제의 조건에 따라 $K_q = U_r = mgh$이다.

사용할 공식

역학적 에너지 보존식은 K+U=(1)/(2)mv^2+mgy=일정이다. 마찰이 없고 중력만 물체에 일을 하므로 이 공식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 점 p에서 $K_p = 0$, $U_p = 3mgh$이므로 전체 역학적 에너지는 $E = 3mgh$이다.
2. $K_q = mgh$이므로 $U_q = E - K_q = 2mgh$이다. 따라서 점 q의 높이는 $2h$이다.
3. 점 r에서는 $U_r = mgh$이므로 $K_r = E - U_r = 2mgh$이다.
4. $\frac{1}{2}mv_r^2 = 2mgh$에서 $v_r^2 = 4gh$이므로 $v_r = \sqrt{4gh} = 2\sqrt{gh}$이다.

선지 판단

① O — ㄱ과 ㄴ이 모두 옳고 ㄷ은 틀리므로 옳은 것만 고른 조합이다.
② X — ‘ㄱ, ㄷ’에서 ㄷ이 틀렸다. 올바른 조합은 ‘ㄱ, ㄴ’이다.
③ X — ‘ㄴ, ㄷ’에서 ㄷ이 틀리고 옳은 ㄱ이 빠졌다. 올바른 조합은 ‘ㄱ, ㄴ’이다.
④ X — ‘ㄱ, ㄴ, ㄷ’에는 틀린 ㄷ이 포함되어 있다. 올바른 조합은 ‘ㄱ, ㄴ’이다.

ㄱ은 O이다. q에서 r까지 중력 퍼텐셜 에너지는 $2mgh$에서 mgh로 mgh만큼 감소하고, 운동 에너지는 mgh에서 $2mgh$로 mgh만큼 증가한다.
ㄴ은 O이다. q에서 $U_q = 2mgh$, $K_q = mgh$이므로 중력 퍼텐셜 에너지는 운동 에너지의 2배이다.
ㄷ은 X이다. ‘r에서 속력은 $\sqrt{8gh}$이다’가 틀렸다. 올바르게는 $K_r = 2mgh$이므로 속력은 $\sqrt{4gh} = 2\sqrt{gh}$이다.

오답 포인트

점 r의 운동 에너지 $2mgh$를 곧바로 mv^2와 같다고 두면 $v = \sqrt{2gh}$처럼 계수 오류가 생긴다. 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$이므로 반드시 $\frac{1}{2}mv_r^2 = 2mgh$로 놓아야 한다. 또한 점 q의 높이는 그림의 모양으로 추정하지 않고 $U_q = 3mgh - mgh = 2mgh$로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

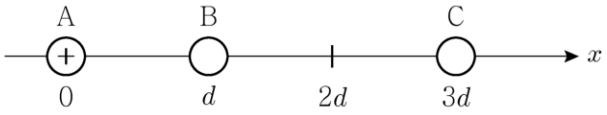
마찰이 없는 높이 문제에서는 먼저 출발점의 전체 역학적 에너지를 정한 뒤, 각 지점에서 $U = mgy$와 $K = E - U$를 구한다. 속력은 마지막에 $K = \frac{1}{2}mv^2$에 대입하며, 두 지점 사이에서는 퍼텐셜 에너지 감소량과 운동 에너지 증가량의 크기가 같은지 확인한다.

암기 포인트

마찰이 없으면 $\Delta K = -\Delta U$이고, 높이 y에서의 운동 에너지는 $K = mg(3h - y)$이다.

NoteBase

10. 그림은 점전하 A, B, C가 각각 $x = 0$, $x = d$, $x = 3d$에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. A는 양(+)전하이다. C가 받는 전기력은 0이고, B가 받는 전기력의 방향은 $+x$방향이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. A가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이다.
ㄴ. C는 양(+)전하이다.
ㄷ. 전하량의 크기는 C가 B보다 크다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

쿨롱 법칙과 힘의 방향을 이용하여 각 전하의 부호와 전하량의 크기 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

A의 전하량을 $Q(Q > 0)$, B와 C의 전하량을 각각 q_B, q_C라 한다. A, B, C의 위치는 각각 0, d, $3d$이다. C가 받는 합력은 0이고, B가 받는 합력의 방향은 $+x$방향이다.

사용할 공식

두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$이다. C에서 A와 B가 만드는 힘이 상쇄되어야 하므로 두 힘의 방향은 반대이고 크기는 같다. 또한 B의 합력이 $+x$방향이라는 조건으로 C의 부호와 크기를 판정한다.

NoteBase

계산 과정

1. C가 받는 전기력이 0이므로 x방향 힘의 합은
$\frac{Q}{(3d)^2} + \frac{q_B}{(2d)^2} = 0$
이다. 따라서 $q_B = -\frac{4}{9}Q$이므로 B는 음전하이다.
2. A는 양전하이고 B는 음전하이므로, A가 B에 작용하는 힘은 A가 있는 왼쪽, 즉 $-x$방향이다.
3. 그런데 B가 받는 합력은 $+x$방향이므로 C가 B를 오른쪽으로 끌어당겨야 한다. 따라서 C는 양전하이다.
4. B가 A에게 받는 힘의 크기는 $\frac{4kQ^2}{9d^2}$, C에게 받는 힘의 크기는 $\frac{kQq_C}{9d^2}$이다. 합력이 $+x$방향이려면
$\frac{kQq_C}{9d^2} > \frac{4kQ^2}{9d^2}$
이므로 $q_C > 4Q$이다. 한편 $|q_B| = \frac{4}{9}Q$이므로 $|q_C| > |q_B|$이다. 따라서 ㄱ은 거짓이고 ㄴ과 ㄷ은 참이다.

선지 판단

① X — A는 양전하이고 B는 음전하이므로 A가 B에 작용하는 힘은 A 쪽인 $-x$방향이다. 따라서 ㄱ의 '$+x$방향'은 '$-x$방향'으로 고쳐야 하며, 올바른 조합은 'ㄴ, ㄷ'이다.
② X — 'ㄱ, ㄷ'에서 ㄱ은 거짓이다. A와 B 사이에는 인력이 작용하므로 B가 A에게 받는 힘은 $-x$방향이다. ㄱ을 제외하고 참인 ㄴ을 포함한 'ㄴ, ㄷ'으로 고쳐야 한다.
③ O — ㄴ과 ㄷ은 모두 참이다. C는 양전하이고, $q_C > 4Q$와 $|q_B| = \frac{4}{9}Q$에서 C의 전하량의 크기가 B보다 크다.
④ X — 'ㄱ, ㄴ, ㄷ' 가운데 ㄱ이 거짓이다. A가 B를 끌어당기는 힘은 왼쪽인 $-x$방향이므로, ㄱ을 제외한 'ㄴ, ㄷ'으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

C의 합력이 0이라는 조건만으로는 C의 전하량 크기를 정할 수 없다. 이 조건에서는 먼저 B가 음전하임을 구하고, B의 합력이 $+x$방향이라는 추가 조건을 이용해 C가 양전하이며 $q_C > 4Q$임을 판정해야 한다. 특히 서로 다른 부호인 A와 B 사이의 인력을 $+x$방향으로 착각하면 ㄱ을 참으로 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

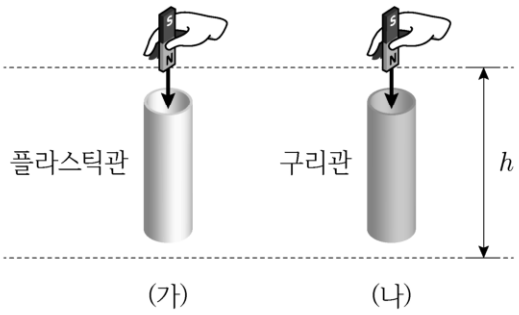
먼저 합력이 0인 전하에서 각 힘의 방향과 크기 관계를 세워 다른 전하의 부호를 구한다. 이어 합력의 방향이 주어진 전하에서 각 힘을 좌우로 나누고, 반대 방향의 힘보다 어느 힘이 더 커야 하는지 부등식으로 비교한다.

암기 포인트

합력 0은 '반대 방향·같은 크기', 합력 방향은 '그 방향의 힘이 더 큼'을 뜻한다. 이 문제에서는 $q_B = -\frac{4}{9}Q$, $q_C > 4Q$이다.

NoteBase

11. 그림 (가), (나)는 동일한 자석이 관 속으로 같은 높이에서 가만히 놓아 h만큼 낙하하는 모습을 나타낸 것이다. 이때 (가), (나)에 사용된 관의 외형은 동일하며, 각각 플라스틱과 구리로 만들어져 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 모든 마찰은 무시한다)



ㄱ. 자석이 h만큼 낙하하는 데 걸린 시간은 (가)와 (나)의 경우 동일하다.
ㄴ. 자석의 역학적 에너지 변화량의 크기가 더 큰 경우는 (가)이다.
ㄷ. 자이로드롭의 브레이크 원리를 설명할 수 있는 경우는 (나)이다.

① ㄴ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

플라스틱관과 구리관에서 자석이 낙하할 때 전자기 유도에 의한 제동력, 낙하 시간, 역학적 에너지 변화를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

플라스틱관: 전기가 거의 흐르지 않아 유도 전류에 의한 제동 효과가 나타나지 않는다. 마찰을 무시하면 자석의 역학적 에너지가 보존된다.
구리관: 자석이 움직이면 관을 지나는 자기 선속이 변하여 맴돌이 전류가 유도된다. 렌츠 법칙에 따라 이 전류가 만드는 자기력은 자석의 낙하를 방해하므로 자석이 더 천천히 떨어진다. 이때 자석이 잃은 역학적 에너지는 주로 구리관의 줄열로 전환된다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄴ은 틀리다. 플라스틱관에서는 역학적 에너지가 보존되어 변화량의 크기가 0이지만, 구리관에서는 자기 제동으로 자석의 역학적 에너지가 감소한다. 따라서 변화량의 크기가 더 큰 경우는 (가)가 아니라 (나)이다. 올바른 조합은 ㄷ만 포함해야 한다.
② O — ㄷ만 옳다. 구리관에서는 맴돌이 전류가 형성되고, 그 자기력이 자석의 운동을 방해한다. 이는 자이로드롭의 전도성 제동판에 맴돌이 전류를 유도해 비접촉식으로 감속하는 전자기 브레이크 원리와 같다.
③ X — ㄱ이 틀리다. 구리관에서는 낙하를 방해하는 자기력이 작용하므로 (나)의 낙하 시간이 (가)보다 길다. 따라서 '낙하 시간이 동일하다'가 아니라 '(나)의 낙하 시간이 더 길다'가 옳으며, ㄱ을 제외한 ㄷ만 남아야 한다.
④ X — ㄱ과 ㄴ이 모두 틀리다. 낙하 시간은 (나)가 더 길고, 자석의 역학적 에너지 변화량의 크기도 (나)가 더 크다. 따라서 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳은 것이 아니라 ㄷ만 옳다.

오답 포인트

구리관이 자석을 직접 붙잡지 않으므로 아무 힘도 작용하지 않는다고 생각하기 쉽다. 그러나 움직이는 자석이 구리관에 맴돌이 전류를 유도하고, 그 전류가 만드는 자기장이 낙하를 방해한다. 또 같은 높이 h를 내려오므로 중력 퍼텐셜 에너지 감소량 mgh은 같지만, 역학적 에너지 변화량은 같지 않다. 구리관에서는 에너지 일부가 줄열로 전환되기 때문이다.

다시 나오면 이렇게 판단

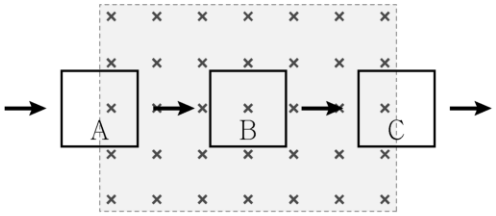
자석이 관이나 판 근처에서 움직이는 문제에서는 먼저 재료가 도체인지 확인한다. 도체이면 '자기 선속 변화 → 맴돌이 전류 → 변화를 방해하는 자기력'의 순서로 판단한다. 이 제동력은 운동 시간을 늘리고 자석의 역학적 에너지를 열에너지로 전환한다.

암기 포인트

도체 속 움직이는 자석은 맴돌이 전류 때문에 느려지고, 잃은 역학적 에너지는 열로 바뀐다. 플라스틱관은 제동 없음, 구리관은 전자기 제동이다.

NoteBase

12. 그림은 지면에 수직으로 들어가는 방향의 균일한 자기장 영역을 정사각형 도선이 일정한 속력으로 통과하는 모습 A, B, C를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



균일한 자기장

ㄱ. A에서 도선이 현재보다 빠른 속력으로 통과하면 유도 전류의 세기는 더 커진다. ㄴ. B에서는 유도 전류가 흐르지 않는다. ㄷ. A와 C에서 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 같다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

정사각형 도선이 자기장 영역에 들어가거나 나올 때에는 도선을 지나는 자기 선속이 변하므로 유도 전류가 흐르고, 도선 전체가 균일한 자기장 안에서 이동할 때에는 자기 선속이 일정하므로 유도 전류가 흐르지 않는다. 도식에서 A는 진입, B는 완전한 내부 이동, C는 이탈 상태이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ은 옳지만 ㄴ도 옳으므로 ㄱ만 고른 것은 틀리다. A에서는 자기장 속에 들어간 도선의 면적이 증가하며, 속력이 커지면 단위 시간당 면적 변화가 커져 유도 기전력과 유도 전류의 세기가 커진다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.

② O
ㄱ과 ㄴ이 모두 옳고 ㄷ은 옳지 않다. ㄱ: 경계면을 지나는 동안 유도 기전력의 크기는 B/v에 비례하므로 속력이 커지면 전류의 세기도 커진다. ㄴ: B에서는 도선 전체가 균일한 자기장 안에 있어 자기 선속 BA가 일정하므로 유도 전류가 흐르지 않는다.

③ X
ㄴ은 옳지만 ㄷ은 틀리고, 옳은 ㄱ이 빠져 있다. A에서는 종이 안쪽 방향의 자기 선속이 증가하므로 이를 방해하는 종이 바깥쪽 자기장을 만들기 위해 반시계 방향 전류가 흐른다. C에서는 종이 안쪽 방향의 자기 선속이 감소하므로 이를 유지하는 종이 안쪽 자기장을 만들기 위해 시계 방향 전류가 흐른다. 따라서 A와 C의 유도 전류 방향은 서로 반대이다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.

④ X
ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ의 '서로 같다'가 틀리다. 진입 중인 A와 이탈 중인 C에서는 자기 선속 변화의 방향이 반대이므로 유도 전류의 방향도 반대이다. 올바르게는 'A와 C에서 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다'이며, 옳은 것만 고르면 'ㄱ, ㄴ'이다.

오답 포인트

B에서도 도선이 움직인다는 이유만으로 전류가 흐른다고 판단하기 쉽다. 유도 전류는 단순한 운동이 아니라 도선을 지나는 자기 선속의 변화로 결정된다. 또한 A와 C는 모두 경계에 걸쳐 있지만 하나는 진입하고 다른 하나는 이탈하므로 전류 방향이 서로 반대이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 도선과 자기장 영역이 겹치는 면적이 증가하는지, 일정한지, 감소하는지를 판단한다. 면적이 증가하거나 감소하면 렌츠 법칙으로 그 변화를 방해하는 방향의 유도 자기장을 정하고, 오른손 법칙으로 전류 방향을 찾는다. 도선 전체가 균일한 자기장 안에 있어 겹치는 면적이 일정하면 유도 전류는 흐르지 않는다.

암기 포인트

진입하면 선속 증가, 내부에서는 선속 일정, 이탈하면 선속 감소이다. 진입과 이탈의 유도 전류 방향은 서로 반대이다.

NoteBase

13. 다음 핵반응에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, (가)는 원자핵 또는 입자이다)

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + \boxed{\text{(가)}} \rightarrow {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + 3\boxed{\text{(가)}} + 200\ \mathrm{MeV}$$

① 핵융합 반응이다.

② (가)는 $^{1}_{0}\mathrm{n}$이다.

③ 크립톤($^{92}_{36}\mathrm{Kr}$)의 중성자 수는 36이다.

④ 핵반응 전후 질량 결손이 일어나지 않는다.

정답 2번

출제 포인트

핵반응에서 질량수와 원자번호가 각각 보존된다는 원리를 적용하여 미지의 입자를 찾고, 핵분열과 질량 결손을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 ^235_92U+(가)→^141_56Ba+^92_36Kr+3(가)+200 MeV이다.
핵반응식의 양변에서 질량수의 합과 원자번호의 합은 각각 같다.
핵종 $^{A}_{Z}X$의 중성자 수는 $A - Z$이다.

사용할 공식

질량수 보존: Σ A_반응물=Σ A_생성물
원자번호 보존: Σ Z_반응물=Σ Z_생성물
중성자 수: $N = A - Z$
방출 에너지: $E = \Delta mc^2$

핵반응에서는 핵자의 총수와 전하량이 보존되므로 질량수와 원자번호 보존식을 사용한다. 방출된 에너지는 반응 전후의 질량 차이인 질량 결손에서 나온다.

계산 과정

(가)의 질량수를 A, 원자번호를 Z라 한다.
질량수 보존에서 $235 + A = 141 + 92 + 3A$이므로 $A = 1$이다.
원자번호 보존에서 $92 + Z = 56 + 36 + 3Z$이므로 $Z = 0$이다.
따라서 (가)는 $^{1}_{0}n$, 즉 중성자이다.
또한 크립톤 $^{92}_{36}Kr$의 중성자 수는 $92 - 36 = 56$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 무거운 우라늄 원자핵이 바륨과 크립톤 등 더 가벼운 원자핵으로 나뉘므로 핵융합이 아니라 핵분열 반응이다. 틀린 표현 '핵융합 반응'은 '핵분열 반응'으로 고쳐야 한다.
② O — 질량수와 원자번호 보존식을 적용하면 (가)의 질량수는 1, 원자번호는 0이므로 ${}_{0}^{1}n$이다.
③ X — ${}_{36}^{92}Kr$에서 36은 중성자 수가 아니라 양성자 수이다. 중성자 수는 $92 - 36 = 56$이므로 '36이다'는 '56이다'로 고쳐야 한다.
④ X — 반응에서 $200MeV$의 에너지가 방출되므로 그 에너지에 해당하는 질량이 감소하는 질량 결손이 일어난다. '질량 결손이 일어나지 않는다'는 '질량 결손이 일어난다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

①에서는 큰 원자핵이 쪼개지는 핵분열과 가벼운 원자핵들이 결합하는 핵융합을 혼동하기 쉽다. ③에서는 아래첨자 36을 중성자 수로 오인하기 쉽지만, 아래첨자는 원자번호이자 양성자 수이다. ④에서는 질량수 보존과 실제 질량 보존을 혼동하기 쉬우며, 에너지 방출이 있으면 질량 결손이 존재한다.

다시 나오면 이렇게 판단

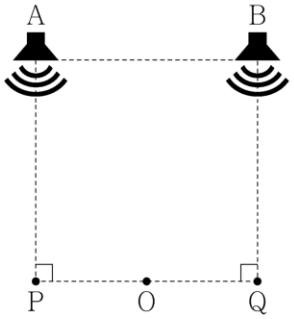
미지 입자가 있는 핵반응식은 먼저 질량수와 원자번호를 각각 보존하여 입자를 정한다. 핵종의 중성자 수는 질량수에서 원자번호를 빼고, 반응 유형은 큰 핵이 쪼개지는지 작은 핵들이 합쳐지는지로 구분한다. 에너지가 방출되면 $E = \Delta mc^2$에 해당하는 질량 결손이 일어난다.

암기 포인트

핵반응은 질량수·원자번호 보존, 중성자는 $A - Z$, 에너지 방출은 질량 결손이다.

NoteBase

14. 그림과 같이 정사각형의 두 꼭짓점 A, B에 놓인 스피커에서 세기와 진동수가 같은 소리가 같은 위상으로 발생한다. 점 O는 정사각형의 두 꼭짓점 P, Q를 잇는 선분 $\overline{PQ}$의 중점이다. 두 스피커에서 발생한 소리는 P에서 상쇄 간섭이 일어난다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① O에서는 상쇄 간섭이 일어난다.
② Q에서 중첩되는 소리의 위상은 서로 반대이다.
③ 두 스피커 소리의 진동수를 2배로 하면, O에서 상쇄 간섭이 일어난다.
④ A에 있는 스피커만 제거할 때, P에서 측정되는 소리의 세기는 A에 있는 스피커를 제거하기 전보다 작아진다.

정답 2번

출제 포인트

정사각형의 대칭을 이용해 두 스피커에서 각 점까지의 경로차를 비교하고, 같은 위상으로 출발한 소리의 보강·상쇄 간섭을 판단하는 문제이다. 정사각형의 한 변의 길이를 a라 하면 P와 Q에서의 경로차는 모두 $(\sqrt{2}-1)a$이고, O에서의 경로차는 0이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — O는 선분 PQ의 중점이므로 $AO = BO$이다. 경로차가 0이고 두 소리가 같은 위상으로 도달하므로 O에서는 상쇄 간섭이 아니라 보강 간섭이 일어난다. 틀린 표현 '상쇄 간섭'은 '보강 간섭'으로 고쳐야 한다.
② O — P에서는 $AP = a$, $BP = \sqrt{2}\,a$이고, Q에서는 $BQ = a$, $AQ = \sqrt{2}\,a$이다. 따라서 두 점의 경로차는 모두 $(\sqrt{2} - 1)a$이다. P에서 상쇄 간섭이 일어나므로 이 경로차에 따른 위상차는 홀수 배의 π이고, Q에서도 중첩되는 두 소리는 서로 반대 위상이다.
③ X — 진동수를 2배로 하면 파장은 절반이 되지만, O에서는 두 스피커까지의 거리가 언제나 같아 경로차가 0이다. 따라서 O에서는 여전히 보강 간섭이 일어난다. 틀린 표현 '상쇄 간섭'은 '보강 간섭'으로 고쳐야 한다.
④ X — P에서는 두 스피커의 소리가 상쇄 간섭하여 세기가 작아진다. A의 스피커를 제거하면 B의 소리만 남으므로 상쇄가 사라져 측정되는 소리의 세기는 제거 전보다 커진다. 틀린 표현 '작아진다'는 '커진다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

P와 Q는 각각 가까운 스피커와 먼 스피커가 서로 바뀔 뿐 경로차의 크기는 같다. 또한 진동수가 달라져도 O의 경로차 0은 변하지 않는다는 점이 함정이다. 상쇄 간섭이 일어나는 점에서 스피커 하나를 없애면 상쇄 효과가 사라지므로 세기가 감소하는 것이 아니라 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

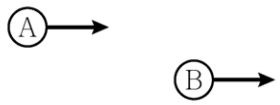
각 점에서 두 파원까지의 거리를 먼저 구해 경로차를 비교한다. 같은 위상인 두 파원은 경로차가 파장의 정수배이면 보강 간섭, 반파장의 홀수배이면 상쇄 간섭이 일어난다. 대칭점에서는 거리의 대응 관계를 이용하면 경로차가 같은지 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

같은 위상 파원에서는 경로차 0이면 보강, 반파장의 홀수배이면 상쇄이다. P와 Q처럼 두 거리가 서로 뒤바뀐 점은 경로차의 크기와 간섭 종류가 같다.

NoteBase

15. 그림은 각각 등속 직선 운동을 하는 입자 A, B를 나타낸 것이고, 표는 A, B의 물질파 파장을 나타낸 것이다. 입자의 질량은 A가 B의 2배이다. 입자에 대한 설명으로 옳은 것은?



입자	A	B
물질파 파장	λ	2λ

① 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.
② 속력은 B가 A보다 크다.
③ 운동 에너지는 A와 B가 같다.
④ 운동량은 물질파의 파장에 비례한다.

정답 1번

출제 포인트

드브로이 물질파 관계식으로 두 입자의 운동량을 구한 뒤, 질량 조건을 함께 사용하여 속력과 운동 에너지를 비교하는 문제이다.

조건 정리

A의 물질파 파장은 λ, B의 물질파 파장은 2λ이다. B의 질량을 m이라 하면 A의 질량은 $2m$이다. 비교할 물리량은 운동량, 속력, 운동 에너지이다.

사용할 공식

물질파 파장과 운동량의 관계는 $\lambda = h/p$이므로 $p = h/\lambda$이다. 또한 비상대론적 운동에서 $p = mv$, $K = p^2/(2m)$이다. 주어진 파장으로 운동량을 먼저 구하고, 질량을 함께 대입하면 속력과 운동 에너지를 비교할 수 있다.

계산 과정

1. 운동량은 $p_A = h/\lambda$, $p_B = h/(2\lambda) = p_A/2$이므로 $p_A = 2p_B$이다.
2. 속력은 $v_A = p_A/(2m)$, $v_B = p_B/m = (p_A/2)/m = p_A/(2m)$이므로 $v_A = v_B$이다.
3. 운동 에너지는 $K_A = p_A^2/(4m)$, $K_B = (p_A/2)^2/(2m) = p_A^2/(8m)$이므로 $K_A = 2K_B$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — $p_A = 2p_B$이므로 A의 운동량 크기는 B의 2배이다.
② X — '속력은 B가 A보다 크다'가 틀렸다. 올바르게는 두 입자의 속력이 같다. B는 운동량이 A의 절반이지만 질량도 A의 절반이므로 $v = p/m$에서 그 비율이 상쇄된다.
③ X — '운동 에너지는 A와 B가 같다'가 틀렸다. 올바르게는 A의 운동 에너지가 B의 2배이다. 두 입자의 속력은 같고 A의 질량이 B의 2배이므로 $K = mv^2/2$에서도 같은 결론을 얻는다.
④ X — '운동량은 물질파의 파장에 비례한다'가 틀렸다. 올바르게는 운동량이 물질파의 파장에 반비례한다. 즉 $p = h/\lambda$이다.

오답 포인트

파장이 2배인 B의 운동량도 2배라고 보는 것이 핵심 함정이다. 물질파 파장과 운동량은 반비례하므로 B의 운동량은 A의 절반이다. 또한 운동량만 보고 B의 속력이 더 작다고 단정하면 질량이 절반이라는 조건을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

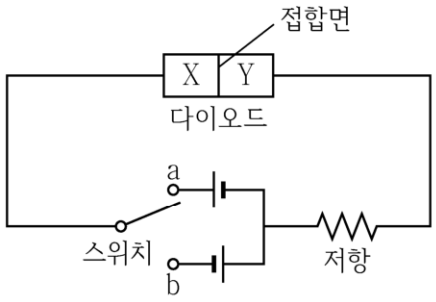
먼저 $p = h/\lambda$로 운동량의 비를 구하고, 다음으로 $v = p/m$에 질량비를 반영하며, 마지막으로 $K = p^2/(2m)$ 또는 $K = mv^2/2$로 운동 에너지를 비교한다.

암기 포인트

물질파는 '파장이 길수록 운동량이 작다'이다: $\lambda \propto 1/p$.

NoteBase

16. 그림은 p−n 접합 다이오드, 저항, 스위치를 전압이 같은 두 직류 전원에 연결한 회로를 나타낸 것이다. X, Y는 p형 반도체와 n형 반도체를 순서 없이 나타낸 것이고, 스위치를 a에 연결하면 저항에 전류가 흐르지 않는다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① X는 p형 반도체이다.
② 스위치를 a에 연결하면 다이오드 내부의 접합면에서 양공과 전자가 결합한다.
③ 스위치를 b에 연결하면 저항에 전류가 흐르지 않는다.
④ 스위치를 b에 연결하면 다이오드 내부에서 X의 전자는 접합면을 향하여 이동한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 전원 기호의 긴 선이 (+)극이라는 점과 p-n 접합 다이오드의 순방향·역방향 바이어스를 연결하여 반도체의 종류, 전류의 흐름, 전자의 이동 방향을 판단하는 문제이다. 두 전원은 전압의 크기는 같지만 극성의 방향은 서로 반대이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — a에 연결하면 X 쪽은 전원의 (+)극, Y 쪽은 (-)극에 연결된다. 이때 전류가 흐르지 않으므로 역방향 바이어스이며, X는 n형 반도체이고 Y는 p형 반도체이다. 틀린 표현인 'X는 p형 반도체이다'는 'X는 n형 반도체이다'로 고쳐야 한다.

② X — a에 연결한 역방향 바이어스에서는 n형의 전자와 p형의 양공이 접합면에서 멀어져 공핍층이 넓어진다. 따라서 접합면에서 양공과 전자가 결합한다는 설명은 옳지 않다. 틀린 표현은 '양공과 전자가 결합한다'이며, '다수 운반자인 양공과 전자가 접합면에서 멀어진다'로 고쳐야 한다.

③ X — b 전원은 a 전원과 극성이 반대이므로 X인 n형 쪽에 (-)극, Y인 p형 쪽에 (+)극이 연결된다. 이는 순방향 바이어스이므로 다이오드와 저항에 전류가 흐른다. 틀린 표현인 '저항에 전류가 흐르지 않는다'는 '저항에 전류가 흐른다'로 고쳐야 한다.

④ O — b에 연결하면 X인 n형 쪽에 (-)극이 연결된다. 전원의 (-)극이 n형 반도체의 전자를 밀어 접합면 쪽으로 이동시키므로 옳다.

오답 포인트

'전압이 같은 두 직류 전원'을 극성까지 같다고 오해하기 쉽다. 그림에서는 a 전원의 긴 선이 왼쪽에 있고 b 전원의 긴 선이 오른쪽에 있어 두 전원의 극성이 반대이다. 또한 a에서 전류가 흐르지 않는다는 조건은 X 쪽이 n형, Y 쪽이 p형인 역방향 연결임을 뜻한다.

다시 나오면 이렇게 판단

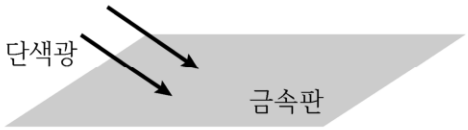
먼저 전원 기호의 긴 선을 (+)극으로 표시한다. p형-(+)극, n형-(-)극이면 순방향이라 전류가 흐르고, p형-(-)극, n형-(+)극이면 역방향이라 거의 흐르지 않는다. 전자는 n형 쪽이 (-)극에 연결된 순방향 바이어스에서 접합면을 향해 이동한다.

암기 포인트

순방향은 p에 (+), n에 (-)이며, n형의 전자는 접합면 쪽으로 이동한다.

NoteBase

17. 그림은 금속판에 단색광을 비추었을 때 광전자가 방출되지 않는 상황을 나타낸 것이다. 이때 광전자가 방출될 수 있도록 만드는 방법으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. 단색광의 파장을 감소시킨다.
ㄴ. 단색광의 세기를 증가시킨다.
ㄷ. 문턱(한계) 진동수가 더 큰 금속판으로 교체한다.

① ㄱ
② ㄷ
③ ㄱ, ㄴ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 단색광을 비추어도 광전자가 방출되지 않는 상황에서 광자 에너지와 금속의 문턱 진동수 관계를 판단하는 문제이다. 광전 효과는 빛의 진동수가 금속의 문턱 진동수 이상일 때 일어난다.

선지별 해설

① O — ㄱ만 옳다. 단색광의 파장을 감소시키면 진동수와 광자 한 개의 에너지 $E = hf$가 증가하므로 문턱 조건을 만족하여 광전자가 방출될 수 있다.
② X — ㄷ은 옳지 않다. 문턱 진동수가 더 큰 금속은 일함수도 더 크므로 같은 단색광으로 광전자를 방출하기가 더 어렵다. 틀린 표현 '문턱(한계) 진동수가 더 큰 금속판으로 교체한다'는 '문턱 진동수가 더 작은 금속판으로 교체한다'로 고쳐야 한다.
③ X — ㄴ을 포함한 것이 잘못이다. 진동수가 문턱 진동수보다 작은 상태에서는 빛의 세기만 증가시켜도 광자 한 개의 에너지는 변하지 않으므로 광전자가 방출되지 않는다. 틀린 표현 '단색광의 세기를 증가시킨다'는 '단색광의 진동수를 증가시키거나 파장을 감소시킨다'로 고쳐야 한다.
④ X — ㄴ과 ㄷ을 포함한 것이 잘못이다. ㄴ은 광자 수만 늘릴 뿐 광자 한 개의 에너지를 높이지 못하고, ㄷ은 일함수를 더 크게 만든다. 올바른 조합은 ㄱ뿐이다.

NoteBase

오답 포인트

빛의 세기를 키우면 언제나 광전자가 나온다고 생각하기 쉽다. 그러나 문턱 진동수 미만에서는 세기를 아무리 높여도 방출되지 않는다. 또한 문턱 진동수가 큰 금속일수록 광전자가 더 쉽게 나오는 것이 아니라 더 큰 광자 에너지가 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

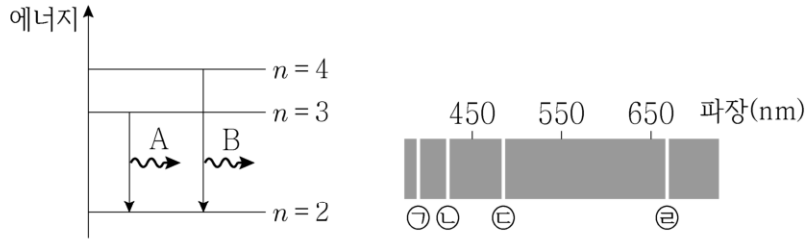
먼저 빛의 진동수와 금속의 문턱 진동수를 비교한다. 방출 여부는 f가 문턱 진동수 이상인지로 판단하고, 문턱을 넘은 뒤 방출되는 광전자 수의 변화는 빛의 세기로 판단한다. 파장을 줄이면 진동수와 광자 에너지가 증가한다.

암기 포인트

광전 효과의 발생 조건은 세기가 아니라 진동수이다. 짧은 파장일수록 광자 에너지가 크고, 큰 문턱 진동수일수록 전자를 꺼내기 어렵다.

NoteBase

18. 그림 (가)는 보어의 수소 원자 모형에서 양자수 n에 따른 에너지 준위의 일부와 전자의 전이에서 방출되는 빛 A, B를 나타낸 것이다. 그림 (나)는 수소 원자의 전자가 $n = 3$, 4, 5, 6인 상태에서 $n = 2$인 상태로 전이할 때 방출되는 빛에 의한 스펙트럼선을 나타낸 것이며, 파장이 짧은 것부터 순서대로 ㉠ ~ ㉤로 표시하였다. A, B와 ㉠ ~ ㉤을 바르게 연결한 것은?



(가) (나)

	A	B
①	㉡	㉠
②	㉡	㉢
③	㉤	㉠
④	㉤	㉢

정답 4번

출제 포인트

수소 원자의 전자 전이에서 방출되는 광자의 에너지와 파장의 관계를 이용하여 각 스펙트럼선을 전이와 연결하는 문제이다.

조건 정리

A는 $n = 3 \rightarrow n = 2$ 전이에서 방출되는 빛이고, B는 $n = 4 \rightarrow n = 2$ 전이에서 방출되는 빛이다.
스펙트럼선 ㄱ~ㄹ은 파장이 짧은 것부터 배열되어 있으므로 파장 순서는 ㄱ < ㄴ < ㄷ < ㄹ이다.

사용할 공식

수소 원자의 에너지 준위는 $E_n = -13.6/n^2\text{eV}$이고, $n_i \rightarrow 2$ 전이에서 방출되는 광자의 에너지는
$\Delta E = 13.6\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)\text{eV}$
이다. 또한 $\Delta E = hc/\lambda$이므로 에너지 차가 클수록 파장 λ는 짧다. 모든 전이의 최종 준위가 $n = 2$로 같으므로 이 관계로 스펙트럼선의 순서를 정할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 초기 양자수 n_i가 커질수록 $1/n_i^2$이 작아지므로 ΔE는 커지고 파장은 짧아진다.
2. 따라서 $n = 6, 5, 4, 3 \rightarrow 2$ 전이의 파장은 짧은 것부터 차례로 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ에 해당한다.
3. A는 $3 \rightarrow 2$이므로 ㄹ, B는 $4 \rightarrow 2$이므로 ㄷ이다.

선지 판단

① X — A를 ㄴ, B를 ㄱ에 연결한 것이 모두 틀렸다. 올바르게는 A는 ㄹ, B는 ㄷ이다.
② X — B를 ㄷ에 연결한 것은 맞지만 A를 ㄴ에 연결한 것이 틀렸다. A는 $3 \rightarrow 2$ 전이이므로 올바르게는 ㄹ이며, 전체 연결은 A-ㄹ, B-ㄷ이다.
③ X — A를 ㄹ에 연결한 것은 맞지만 B를 ㄱ에 연결한 것이 틀렸다. ㄱ은 네 전이 중 에너지 차가 가장 큰 $6 \rightarrow 2$ 전이이고, B의 $4 \rightarrow 2$ 전이는 올바르게는 ㄷ이다.
④ O — A의 $3 \rightarrow 2$ 전이는 가장 긴 파장의 ㄹ, B의 $4 \rightarrow 2$ 전이는 그다음 순서인 ㄷ에 해당한다.

오답 포인트

에너지 준위 그림에서 전이 화살표의 길이가 길수록 스펙트럼 그림에서도 오른쪽에 놓인다고 생각하면 안 된다. 에너지 차가 클수록 광자 에너지는 커지지만 파장은 반대로 짧아진다. 특히 ㄱ은 $4 \rightarrow 2$가 아니라 주어진 전이 중 에너지 차가 가장 큰 $6 \rightarrow 2$에 해당한다.

다시 나오면 이렇게 판단

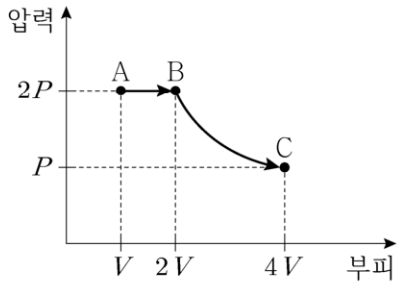
먼저 각 화살표의 초기 준위와 최종 준위를 확인한 뒤, ΔE가 클수록 λ가 짧다는 역관계로 스펙트럼선의 좌우 순서를 정한다. 최종 준위가 같다면 초기 양자수가 클수록 더 짧은 파장의 빛이 방출된다.

암기 포인트

수소 원자의 같은 최종 준위로 전이할 때는 시작 준위가 높을수록 ΔE는 크고 파장은 짧다.

NoteBase

19. 그림은 일정량의 이상 기체의 상태가 A→B→C 과정을 따라 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. 기체의 상태가 B→C 과정을 따라 변할 때 온도는 일정하고, A→B 과정과 B→C 과정에서 기체에 공급한 열량은 각각 Q_1, Q_2이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 기체의 온도는 A에서가 C에서보다 높다.
② 기체가 한 일의 크기는 A→B 과정에서가 B→C 과정에서보다 크다.
③ A→B 과정에서 기체의 내부 에너지 변화량은 Q_1과 같다.
④ B→C 과정에서 기체가 한 일의 크기는 Q_2와 같다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상 기체의 상태 방정식으로 각 상태의 온도를 비교하고, 과정별 일과 열역학 제1법칙을 이용해 열량과 내부 에너지 변화의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

상태 A는 (V, $2P$), 상태 B는 ($2V$, $2P$), 상태 C는 ($4V$, P)이다. 일정량의 이상 기체이므로 온도는 PV에 비례한다. A→B는 압력 $2P$인 등압 팽창이고, B→C는 온도가 일정한 등온 팽창이다. 기체가 한 일을 양수로 두면 열역학 제1법칙은 $Q = \Delta U + W$이다.

사용할 공식

이상 기체 상태 방정식: $PV = nRT$
등압 과정에서 기체가 한 일: $W = P\Delta V$
등온 과정에서 기체가 한 일: $W = nRT\ln(V_f/V_i)$
열역학 제1법칙: $Q = \Delta U + W$

상태별 온도는 PV의 곱으로 비교할 수 있고, A→B는 등압 과정, B→C는 PV가 일정한 등온 과정이므로 각각의 일 공식과 열역학 제1법칙을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 상태별 PV는 A에서 $2PV$, B에서 $4PV$, C에서 $4PV$이다. 따라서 $T_A < T_B = T_C$이다.
2. A→B에서 기체가 한 일은 $W_{AB} = 2P(2V - V) = 2PV$이다. 따라서 $\Delta U_{AB} = Q_1 - 2PV$이다.
3. B→C는 $PV = 4PV$로 일정한 등온 팽창이다. 따라서 $\Delta U_{BC} = 0$이고, $W_{BC} = 4PV\ln(4V/2V) = 4PV\ln 2$이다. $4\ln 2 \approx 2.77$이므로 $W_{BC} > W_{AB}$이며, 열역학 제1법칙에 따라 $Q_2 = W_{BC}$이다.

선지 판단

① X — T_A는 $2PV$에, T_C는 $4PV$에 비례하므로 $T_A < T_C$이다. ‘A에서가 C에서보다 높다’가 틀렸으며, 올바르게는 ‘기체의 온도는 C에서가 A에서보다 높다’이다.

② X — A→B에서 한 일은 $2PV$, B→C에서 한 일은 $4PV\ln 2 \approx 2.77PV$이므로 A→B에서 한 일이 더 작다. ‘A→B 과정에서가 더 크다’가 틀렸으며, 올바르게는 ‘B→C 과정에서가 더 크다’이다.

③ X — A→B는 팽창 과정이므로 기체가 $2PV$의 일을 한다. 따라서 내부 에너지 변화량은 Q_1이 아니라 $\Delta U_{AB} = Q_1 - 2PV$이다. ‘내부 에너지 변화량은 Q_1과 같다’가 틀렸으며, 올바르게는 ‘내부 에너지 변화량은 $Q_1 - 2PV$와 같다’이다.

④ O — B→C는 등온 과정이므로 이상 기체의 내부 에너지 변화량은 0이다. 따라서 공급된 열량 Q_2가 모두 기체가 한 일로 전환되어 $W_{BC} = Q_2$이다.

오답 포인트

그래프의 곡선만 보고 B→C의 일을 작게 판단하기 쉽다. 일은 경로 아래 넓이이며, 정확히는 B→C에서 $4PV\ln 2$이다. 또한 등온 과정의 ‘내부 에너지 변화가 0’이라는 사실을 ‘열의 출입이 0’으로 혼동하면 ④를 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

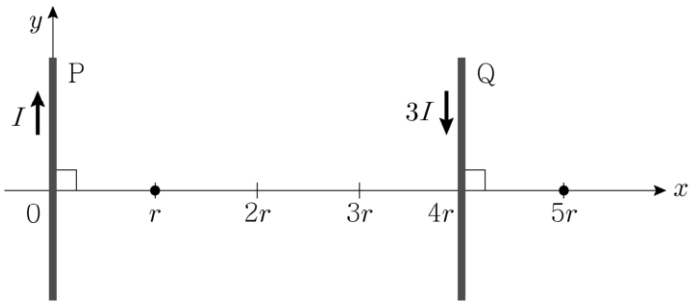
먼저 각 점의 PV를 계산해 온도를 비교한다. 다음으로 과정의 종류를 확인해 일을 구하고, 마지막으로 $Q = \Delta U + W$를 적용해 열량·내부 에너지 변화·일의 관계를 판단한다.

암기 포인트

이상 기체의 등온 과정에서는 $\Delta U = 0$이므로 공급된 열과 기체가 한 일이 같다: $Q = W$.

NoteBase

20. 그림은 무한히 긴 직선 도선 P, Q가 y축과 나란한 방향으로 각각 $x = 0$, $x = 4r$에 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. P에는 세기가 I인 전류가 $+y$방향으로 흐르며, Q에는 세기가 $3I$인 전류가 $-y$방향으로 흐른다. x축상의 $x = r$, $x = 5r$에서 P와 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 각각 B_1, B_2라고 할 때, $\frac{B_2}{B_1}$는?



① 1

② $\frac{7}{5}$

③ $\frac{9}{5}$

④ $\frac{11}{5}$

정답 2번

출제 포인트

무한히 긴 직선 도선이 만드는 자기장의 세기와 방향을 각각 구한 뒤, 두 도선의 자기장을 벡터로 합성하여 B_2/B_1을 계산하는 문제이다.

조건 정리

도선 P는 $x = 0$에서 $+y$방향으로 전류 I가 흐르고, 도선 Q는 $x = 4r$에서 $-y$방향으로 전류 $3I$가 흐른다.

$x = r$에서는 P와의 거리가 r, Q와의 거리가 $3r$이다.

$x = 5r$에서는 P와의 거리가 $5r$, Q와의 거리가 r이다.

자기장은 방향을 고려해 합성하며, 문제에서 요구하는 B_1, B_2는 합성 자기장의 세기이다.

NoteBase

사용할 공식

무한히 긴 직선 도선에서 수직 거리 d만큼 떨어진 점의 자기장 세기는
$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$
이다. 자기장의 방향은 오른손 법칙으로 정한다. 계산을 간단히 하기 위해 $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$로 둔다. 각 도선은 무한히 긴 직선 도선이고 관측점까지의 수직 거리가 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. $x = r$에서 P의 자기장은 종이 안쪽이고 세기는 B_0이다. Q의 자기장도 종이 안쪽이며 세기는 $\frac{3I}{3r}$에 비례하므로 B_0이다. 따라서
$B_1 = B_0 + B_0 = 2B_0$
이다.
2. $x = 5r$에서 P의 자기장은 종이 안쪽이고 세기는 $B_0/5$이다. Q의 자기장은 종이 바깥쪽이고 세기는 $3B_0$이다. 두 자기장의 방향이 반대이므로
$B_2 = 3B_0 - \frac{B_0}{5} = \frac{14}{5}B_0$
이다.
3. 따라서
$\frac{B_2}{B_1} = \frac{(14/5)B_0}{2B_0} = \frac{7}{5}$
이다.

선지 판단

① X — $B_2/B_1 = 1$이 아니라 7/5이다. 두 관측점에서의 자기장을 단순히 같은 값으로 보면 나오는 잘못된 판단이다. 올바르게는 $B_2/B_1 = 7/5$이다.
② O — 계산 결과 $B_2/B_1 = 7/5$이므로 옳다.
③ X — $B_2/B_1 = 9/5$가 아니라 7/5이다. $x = 5r$에서 서로 반대 방향인 P와 Q의 자기장을 더하면 안 된다. 올바르게는 두 세기의 차를 구하여 $B_2/B_1 = 7/5$이다.
④ X — $B_2/B_1 = 11/5$가 아니라 7/5이다. 전류의 세기만 비교하거나 거리의 역비례와 자기장 방향을 함께 반영하지 않은 값이다. 올바르게는 $B_2/B_1 = 7/5$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 자기장의 세기를 스칼라처럼 무조건 더하는 것이다. $x = r$에서는 두 자기장이 모두 종이 안쪽이므로 더하지만, $x = 5r$에서는 서로 반대 방향이므로 큰 값에서 작은 값을 뺀다. 또한 자기장 세기는 전류에 비례하고 도선까지의 거리에 반비례한다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 관측점에서 도선까지의 거리를 먼저 구하고, $B \propto I/d$로 각 자기장의 크기를 계산한 뒤, 오른손 법칙으로 방향을 정하여 같은 방향이면 더하고 반대 방향이면 뺀다. 마지막에 합성 자기장의 세기끼리 비를 구한다.

NoteBase

암기 포인트

직선 전류의 자기장은 $B \propto I/d$이고, 합성할 때는 반드시 오른손 법칙으로 방향부터 확인한다.

NoteBase