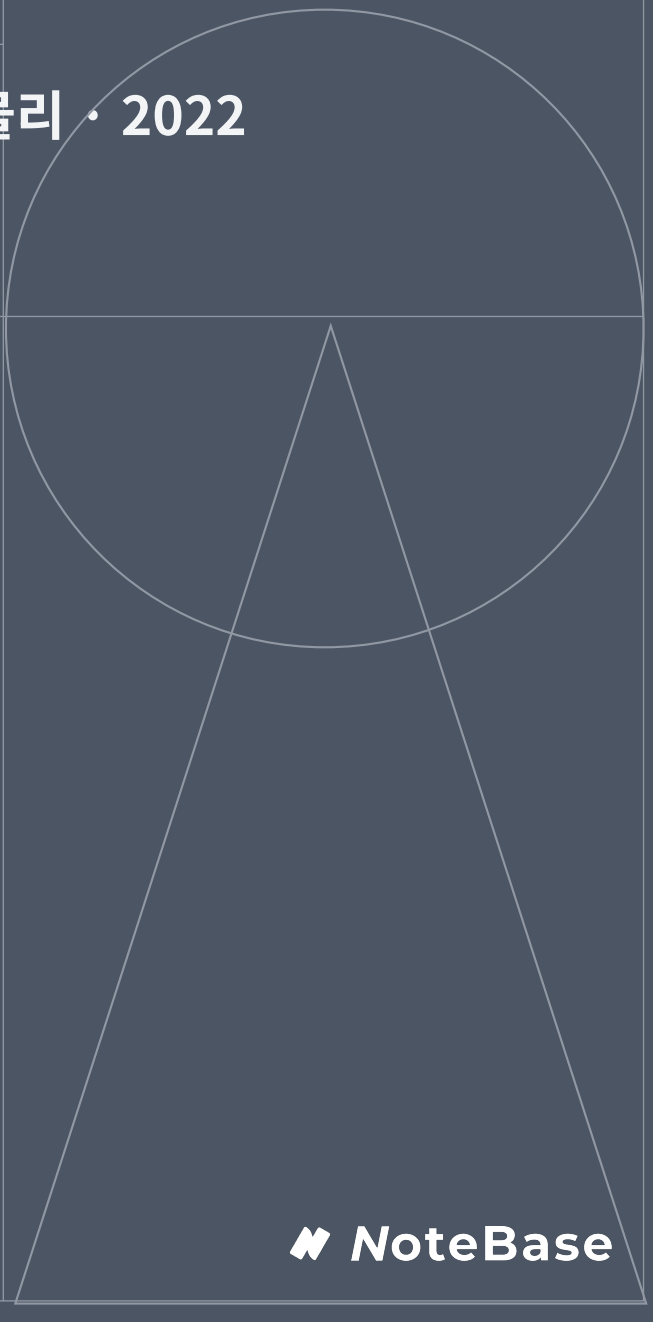
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2022

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2022

문 1. 보어의 수소 원자 모형에서 원자에 구속된 전자에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 연속적인 에너지 준위를 갖는다.
② 전이할 때 방출하는 빛은 선 스펙트럼으로 나타난다.
③ 들뜬상태에서 바닥상태로 전이할 때 에너지를 흡수한다.
④ 원운동을 할 때 항상 에너지를 방출하므로 안정된 궤도에 존재할 수 없다.

정답 2번

출제 포인트

보어의 수소 원자 모형에서 전자의 허용 에너지 준위, 전이할 때의 빛의 방출·흡수, 안정된 궤도의 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

보어 모형에서 전자는 아무 에너지나 가질 수 없고, 불연속적으로 허용된 특정 에너지 준위의 안정된 궤도에만 존재한다. 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이하면 두 준위의 에너지 차이에 해당하는 빛을 방출하고, 낮은 준위에서 높은 준위로 전이하면 빛을 흡수한다. 허용된 안정된 궤도에서 운동하는 동안에는 에너지를 방출하지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 '연속적인 에너지 준위'이다. 보어 모형의 전자는 불연속적으로 양자화된 특정 에너지 준위만 가질 수 있다.

② O
전자가 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이할 때 준위 차이에 해당하는 특정 파장의 빛을 방출한다. 허용되는 에너지 차이가 정해져 있으므로 방출 스펙트럼은 선 스펙트럼으로 나타난다.

③ X
틀린 표현은 '에너지를 흡수한다'이다. 들뜬상태에서 바닥상태로 전이할 때에는 에너지를 빛으로 방출한다. 에너지 흡수는 낮은 에너지 준위에서 높은 에너지 준위로 전이할 때 일어난다.

④ X
틀린 표현은 '항상 에너지를 방출하므로 안정된 궤도에 존재할 수 없다'이다. 보어 모형에서 전자는 허용된 안정된 궤도에서 원운동하는 동안 에너지를 방출하지 않으며, 그 궤도에 존재할 수 있다.

오답 포인트

고전 전자기학의 관점에서는 원운동하는 전하가 에너지를 방출한다고 생각하기 쉽지만, 보어 모형은 안정된 궤도에서는 전자가 에너지를 방출하지 않는다고 가정한다. 또한 들뜬상태에서 바닥상태로 내려가는 전이를 흡수로 바꾸어 쓴 ③의 방향에 주의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 에너지 준위가 불연속적인지 확인한다. 다음으로 전이 방향을 본다. 높은 준위에서 낮은 준위로 내려가면 방출, 낮은 준위에서 높은 준위로 올라가면 흡수이며, 안정된 궤도에서 운동하는 동안에는 방출하지 않는다.

암기 포인트

보어 모형은 '불연속 준위, 내려가면 방출, 올라가면 흡수, 안정된 궤도에서는 무방출'로 정리된다.

NoteBase

문 2. 강자성체에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 철은 강자성체이다.
ㄴ. 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화가 된다.
ㄷ. 외부 자기장을 제거하면 바로 자기적 특성이 사라진다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

철의 강자성과 외부 자기장에 의한 자기화, 외부 자기장을 제거한 뒤 나타나는 잔류 자화를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

강자성체는 외부 자기장에 놓이면 자기 구역들이 외부 자기장 방향으로 정렬되어 강하게 자기화되는 물질이다. 철은 대표적인 강자성체이다. 강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자기 구역의 정렬이 일부 남을 수 있으므로 자화가 즉시 완전히 사라진다고 볼 수 없다. 이를 잔류 자화라고 한다.

선지별 해설

① X
ㄱ만 옳다고 한 조합이므로 틀리다. ㄴ도 옳으므로 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

② O
ㄱ과 ㄴ은 모두 옳고 ㄷ은 틀리므로 옳은 진술만 고른 조합이다. 철은 강자성체이며, 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.

③ X
틀린 부분은 옳은 ㄱ을 제외하고 틀린 ㄷ을 포함한 것이다. 외부 자기장을 제거해도 잔류 자화가 남을 수 있으므로 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

④ X
틀린 부분은 ㄷ을 포함한 것이다. 외부 자기장을 제거하면 자기적 특성이 바로 사라지는 것이 아니라 잔류 자화가 남을 수 있으므로 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

NoteBase

오답 포인트

ㄷ의 '바로 자기적 특성이 사라진다'가 함정이다. 외부 자기장이 없어지면 자기화가 약해질 수는 있지만, 강자성체에는 자기 구역의 정렬이 일부 남아 잔류 자화가 나타날 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

강자성체 문제에서는 물질의 분류, 자기화 방향, 외부 자기장 제거 뒤의 상태를 차례로 판단한다. 철은 강자성체이고 외부 자기장 방향으로 자기화되며, 자기장을 제거해도 자화가 즉시 완전히 사라진다고 단정할 수 없다.

암기 포인트

철은 강자성체, 자기화는 외부 자기장 방향, 제거 뒤에는 잔류 자화이다.

NoteBase

문 3. 진공에서 진행 중인 전자기파에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. X선은 적외선보다 파장이 크다.
ㄴ. 전기장과 자기장의 진동 방향은 서로 수직이다.
ㄷ. 전기장의 진동 방향과 전자기파의 진행 방향은 서로 수직이다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

전자기파의 종류에 따른 파장 차이와 전기장·자기장·진행 방향의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

전자기파는 서로 수직으로 진동하는 전기장과 자기장이 공간을 진행하는 횡파이다. 전기장과 자기장의 진동 방향은 각각 전자기파의 진행 방향에도 수직이다.
파장 비교: X선은 적외선보다 진동수가 크고 파장이 짧다.

선지별 해설

① X
ㄱ만 옳다고 한 조합이지만, ㄱ의 'X선은 적외선보다 파장이 크다'는 표현이 틀렸다. 올바르게는 X선은 적외선보다 파장이 짧다. 또한 옳은 ㄴ과 ㄷ이 빠져 있다.

② X
ㄴ은 옳지만, 옳은 것을 모두 고르는 문제에서 ㄷ도 함께 포함해야 한다. 올바른 조합은 ㄴ, ㄷ이다.

③ O
ㄴ과 ㄷ은 모두 옳고 ㄱ은 틀리므로 옳은 설명을 모두 고른 조합이다.

④ X
ㄴ과 ㄷ은 옳지만 틀린 ㄱ까지 포함한 조합이다. ㄱ의 올바른 표현은 'X선은 적외선보다 파장이 짧다'이다.

NoteBase

오답 포인트

ㄱ에서 X선의 에너지가 크다는 사실을 파장도 크다는 뜻으로 혼동하기 쉽다. X선은 적외선보다 진동수와 에너지는 크지만 파장은 짧다. 또한 ㄴ만 확인하고 ②를 고르면, 진행 방향과 전기장의 진동 방향도 수직이라는 ㄷ을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

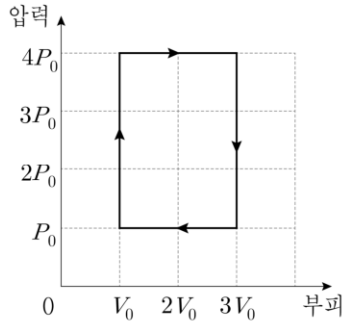
전자기파의 방향 관계는 '전기장과 자기장은 서로 수직이고, 두 진동 방향은 모두 진행 방향에 수직'로 판단한다. 전자기파 종류의 비교에서는 진동수가 클수록 파장이 짧다는 관계를 적용한다.

암기 포인트

X선은 적외선보다 파장이 짧고, 전기장·자기장·진행 방향은 서로 수직이다.

NoteBase

문 4. 그림은 어떤 열기관의 한 순환과정 동안 내부의 이상기체의 압력과 부피의 관계를 나타낸 것이다. 이 열기관에서 한 순환과정 동안 공급한 열이 $20P_0V_0$일 때 열효율은?



① 0.3
② 0.4
③ 0.5
④ 0.6

정답 1번

출제 포인트

압력-부피 그래프에서 한 순환과정의 순일을 폐곡선의 넓이로 구하고, 이를 공급한 열로 나누어 열효율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 공급한 열은 $Q_{in} = 20P_0V_0$이다.
그래프의 압력 범위는 P_0에서 $4P_0$, 부피 범위는 V_0에서 $3V_0$이다.
구해야 할 값: 한 순환과정의 열효율 η이다.
주의할 조건: 경로가 시계방향이므로 기체가 한 순환 동안 한 순일은 양수이며, 직사각형 내부의 넓이와 같다.

사용할 공식

한 순환과정에서 내부에너지 변화는 $\Delta U = 0$이므로 순일은 압력-부피 그래프가 둘러싼 넓이이다.
$W_{net} = (P_{high} - P_{low})(V_{high} - V_{low})$
열효율은 공급한 열 중 순일로 전환된 비율이다.
$\eta = \frac{W_{net}}{Q_{in}}$

NoteBase

계산 과정

1. 압력 차는 $4P_0 - P_0 = 3P_0$이다.
2. 부피 차는 $3V_0 - V_0 = 2V_0$이다.
3. 한 순환 동안의 순일은
$W_{net} = (3P_0)(2V_0) = 6P_0V_0$
이다.
4. 따라서 열효율은
$\eta = \frac{6P_0V_0}{20P_0V_0} = 0.3$
이다.

선지 판단

① O — 계산한 열효율 0.3과 일치한다.
② X — 0.4는 $W_{net}/Q_{in} = 6/20$과 일치하지 않는다. 틀린 값 0.4는 올바르게는 0.3이다.
③ X — 0.5는 순일 $6P_0V_0$을 공급한 열 $20P_0V_0$로 나눈 값이 아니다. 틀린 값 0.5는 올바르게는 0.3이다.
④ X — 0.6은 폐곡선의 넓이를 공급한 열로 나눈 결과가 아니다. 틀린 값 0.6은 올바르게는 0.3이다.

오답 포인트

직사각형의 전체 좌표값을 곱하는 것이 아니라 압력 차 $4P_0 - P_0$와 부피 차 $3V_0 - V_0$를 곱해야 한다. 또한 열효율의 분모에는 공급한 열 Q_{in}을 놓으며, 그래프의 시계방향 화살표로 순일의 부호가 양수임을 확인한다.

다시 나오면 이렇게 판단

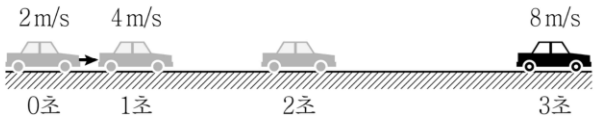
압력-부피 순환과정에서는 먼저 화살표 방향으로 일의 부호를 확인하고, 폐곡선의 넓이로 순일을 구한 뒤 $\eta = W_{net}/Q_{in}$을 적용한다.

암기 포인트

시계방향 순환의 순일은 양의 폐곡선 넓이이고, 열효율은 순일을 공급한 열로 나눈 값이다.

NoteBase

문 5. 그림은 등가속도 직선 운동을 하는 자동차의 속력을 시간에 따라 나타낸 것이다. 자동차의 운동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 가속도의 크기는 2 m/s²이다.
② 2초인 순간의 속력은 6 m/s이다.
③ 1초부터 2초까지 평균속력은 5 m/s이다.
④ 0초부터 3초까지 이동 거리는 9 m이다.

정답 4번

출제 포인트

등가속도 직선 운동에서 속력의 변화로 가속도, 특정 시각의 속력, 평균속력, 이동 거리를 구하는 문제이다.
문제는 '옳지 않은 것'을 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $v_0 = 2m/s$, $v_1 = 4m/s$, $v_3 = 8m/s$이다.
구해야 할 값: 가속도, 2초 순간의 속력, 1초부터 2초까지의 평균속력, 0초부터 3초까지의 이동 거리이다.
주의할 조건: 등가속도 직선 운동이므로 속력은 시간에 따라 일정한 비율로 증가한다.

사용할 공식

가속도는 $a = \frac{v - v_0}{t}$이다.
등가속도 운동에서 구간 평균속력은 $\bar{v} = \frac{v_i + v_f}{2}$이고, 이동 거리는 $s = \bar{v}t$이다.
속력이 시간에 따라 일정하게 변하므로 구간의 처음 속력과 끝 속력의 산술평균으로 평균속력을 구할 수 있다.

계산 과정

1. 가속도는 $a = \frac{4-2}{1} = 2m/s^2$이다.
2. 2초 순간의 속력은 $v_2 = v_0 + at = 2 + 2 \times 2 = 6m/s$이다.
3. 1초부터 2초까지의 평균속력은 $\bar{v} = \frac{4+6}{2} = 5m/s$이다.
4. 0초부터 3초까지의 평균속력은 $\bar{v} = \frac{2+8}{2} = 5m/s$이므로 이동 거리는 $s = 5 \times 3 = 15m$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 속력이 1초마다 $2m/s$씩 증가하므로 가속도의 크기는 $2m/s^2$이다.
② O — $v_2 = 2 + (2)(2) = 6m/s$이므로 옳다.
③ O — 1초의 속력 $4m/s$와 2초의 속력 $6m/s$의 평균은 $5m/s$이므로 옳다.
④ X — '이동 거리는 $9m$이다'가 틀렸다. 올바르게는 0초부터 3초까지의 평균속력 $5m/s$에 3초를 곱한 $15m$이다. 따라서 옳지 않은 것은 ④이다.

오답 포인트

④의 $9m$는 속력의 변화량이나 특정 순간의 속력을 이동 거리와 혼동한 값이다. 이동 거리는 속력-시간 그래프 아래의 넓이이며, 이 문제에서는 평균속력에 시간 간격을 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

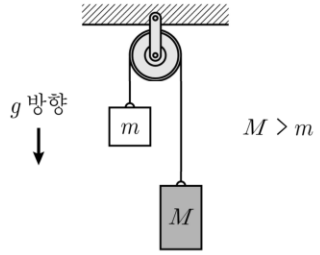
먼저 속력의 일정한 증가량으로 가속도를 구하고, $v = v_0 + at$로 각 시각의 속력을 채운다. 그다음 구간 평균속력은 처음과 끝 속력의 평균으로, 이동 거리는 평균속력과 시간 간격의 곱으로 판단한다. 마지막으로 문제의 긍정형·부정형을 확인한다.

암기 포인트

등가속도 운동에서는 '평균속력 = 처음 속력과 끝 속력의 평균', '이동 거리 = 평균속력 × 시간'이다.

NoteBase

문 6. 그림은 질량이 m, M인 두 물체가 실로 연결되어 중력에 의하여 등가속도 운동하는 모습을 나타낸 것이다. 물체들의 가속도의 크기가 $\frac{3}{5}g$일 때, M의 값은 m의 몇 배인가? (단, 중력 가속도의 크기는 g이며, 실과 도르래의 질량과 모든 마찰은 무시한다)



① 2
② 3
③ 4
④ 5

정답 3번

출제 포인트

질량이 서로 다른 두 물체가 실로 연결된 애트우드 장치에서 두 물체의 운동 방정식을 세워 질량비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 두 물체의 가속도 크기는 $a = \frac{3}{5}g$이다.
구해야 할 값: 질량비 M/m이다.
주의할 조건: $M > m$이므로 M은 아래쪽으로, m은 위쪽으로 같은 크기의 가속도로 운동한다. 실과 도르래의 질량 및 마찰을 무시하므로 양쪽 실의 장력은 같다.

사용할 공식

애트우드 장치의 가속도 크기는
$a = \frac{M-m}{M+m}g$
이다. 두 물체에 각각 뉴턴의 운동 법칙을 적용하면 M에 대해 $Mg - T = Ma$, m에 대해 $T - mg = ma$가 성립한다. 두 식을 더하면 장력 T가 소거되므로 이 공식을 사용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

주어진 가속도를 공식에 대입하면

$\frac{M-m}{M+m}g = \frac{3}{5}g$

이다. g를 약분하고 교차곱하면

$5(M-m) = 3(M+m)$

$5M - 5m = 3M + 3m$

$2M = 8m$

이므로

$M = 4m$

이다. 따라서 M은 m의 4배이다.

선지 판단

① X — $M = 2m$이면 $a = \frac{2m-m}{2m+m}g = \frac{1}{3}g$이므로 주어진 $\frac{3}{5}g$와 다르다. '2배'가 아니라 '4배'가 옳다.
② X — $M = 3m$이면 $a = \frac{3m-m}{3m+m}g = \frac{1}{2}g$이므로 조건을 만족하지 않는다. '3배'가 아니라 '4배'가 옳다.
③ O — $M = 4m$이면 $a = \frac{4m-m}{4m+m}g = \frac{3}{5}g$가 되어 문제의 조건과 정확히 일치한다.
④ X — $M = 5m$이면 $a = \frac{5m-m}{5m+m}g = \frac{2}{3}g$이므로 주어진 가속도보다 크다. '5배'가 아니라 '4배'가 옳다.

오답 포인트

가속도를 단순히 질량 차 $M-m$에만 비례한다고 보고 전체 질량 $M+m$으로 나누지 않으면 질량비를 잘못 구하기 쉽다. 또한 두 물체의 운동 방정식에서 장력의 방향을 반대로 잡아야 하며, 두 식을 더해 장력을 소거한다.

다시 나오면 이렇게 판단

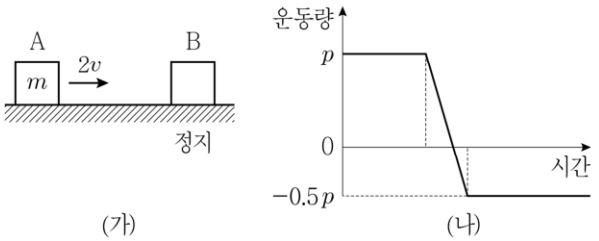
무거운 물체의 진행 방향을 양의 방향으로 정한 뒤 두 물체의 운동 방정식을 각각 세우고 더한다. 이어 $a/g = (M-m)/(M+m)$에 주어진 가속도 비를 대입해 질량비를 구한다.

암기 포인트

애트우드 장치의 가속도는 '질량의 차를 질량의 합으로 나눈 값'에 g를 곱한 $a = \frac{M-m}{M+m}g$이다.

NoteBase

문 7. 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면에서 질량이 m인 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 속력 $2v$로 등속 직선 운동하는 것을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 A와 B의 충돌 전후 A의 운동량을 시간에 따라 나타낸 것이다. 충돌 후 A와 B의 속력은 같다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 공기저항은 무시한다)



(가) (나)

ㄱ. B의 질량은 $3m$이다.
ㄴ. 충돌 후 A의 속력은 $0.5v$이다.
ㄷ. 충돌 후 B의 운동량의 크기는 $3mv$이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 운동량-시간 그래프에서 충돌 전후 A의 운동량을 읽고, 운동량 보존 법칙과 충돌 후 두 물체의 속력 조건을 이용해 B의 질량과 운동량을 구하는 문제이다.

조건 정리

A의 질량은 m, 충돌 전 속력은 $2v$이므로 충돌 전 A의 운동량은 $p = 2mv$이다. 그래프에서 충돌 후 A의 운동량은 $-0.5p$이다. 충돌 전 B는 정지해 있고, 충돌 후 A와 B의 속력은 같다. 오른쪽을 운동량의 양의 방향으로 본다.

사용할 공식

운동량은 $p = mv$이고, 외력이 작용하지 않는 충돌에서는 전체 운동량이 보존된다. 따라서 $p_{A,i} + p_{B,i} = p_{A,f} + p_{B,f}$를 사용한다. 마찰이 없는 수평면이고 공기 저항을 무시하므로 수평 방향의 외력이 없어 이 공식을 적용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 충돌 전에는 B가 정지해 있으므로 전체 운동량은 $p = 2mv$이다.
2. 충돌 후 A의 운동량은 $-0.5p = -mv$이므로 A의 속도는 $v_{A,f} = (-mv)/m = -v$, 속력은 v이다.
3. 운동량 보존에 따라 B의 충돌 후 운동량은 $p_{B,f} = p - (-0.5p) = 1.5p = 3mv$이다.
4. 충돌 후 B의 속력도 v이므로, B의 질량을 M이라 하면 $Mv = 3mv$에서 $M = 3m$이다. 따라서 ㄱ과 ㄷ이 옳고 ㄴ은 옳지 않다.

선지 판단

① X — ㄱ은 옳지만 ㄴ은 틀리다. 충돌 후 A의 속력은 $0.5v$가 아니라 v이므로, 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.
② O — B의 질량은 $3m$이어서 ㄱ이 옳고, 충돌 후 B의 운동량 크기는 $3mv$이어서 ㄷ도 옳다.
③ X — ㄷ은 옳지만 ㄴ은 틀리고 ㄱ이 빠져 있다. ㄴ의 $0.5v$는 v로 고쳐야 하며, 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.
④ X — ㄱ과 ㄷ은 옳지만 ㄴ은 틀리다. 충돌 후 A의 운동량 $-0.5p$의 크기를 속력으로 바로 읽으면 안 되며, 질량으로 나누면 속력은 v이다. 따라서 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

오답 포인트

그래프의 $-0.5p$를 보고 A의 충돌 후 속력을 곧바로 $0.5v$라고 판단하기 쉽다. 그러나 $p = 2mv$이므로 $-0.5p = -mv$이고, 이를 A의 질량 m으로 나눈 속도는 $-v$, 속력은 v이다. 또한 운동량의 음수 부호는 운동 방향이 반대임을 뜻하며 속력 자체가 음수라는 뜻은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

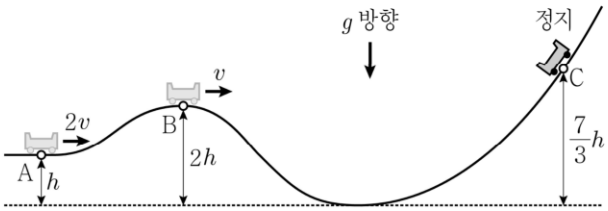
운동량 그래프 문제는 먼저 처음 운동량을 mv로 나타내고, 그래프의 배수 값을 실제 운동량으로 바꾼 뒤, 운동량 보존으로 다른 물체의 운동량을 구한다. 마지막에는 운동량을 질량으로 나누어 속도를 구하고, 속력 조건에서는 부호를 제외한 크기를 비교한다.

암기 포인트

운동량은 방향을 포함하므로 부호를 살피고, 속력은 크기만 본다. 충돌에서는 전체 운동량 보존과 $v = p/m$을 함께 적용한다.

NoteBase

문 8. 그림은 높이가 h인 A 지점에서 속력 $2v$로 운동하던 수레가 동일 연직면상에서 마찰이 없는 곡면을 따라 B 지점을 지나 최고점 C 지점에 도달하여 정지한 순간의 모습을 나타낸 것이다. B에서 수레의 속력은 v이고 높이는 $2h$이다. C의 높이가 $\frac{7}{3}h$일 때, B에서 수레의 운동 에너지는? (단, 수레의 질량은 m, 중력 가속도의 크기는 g이며, 모든 마찰 및 수레의 크기는 무시한다)



① $\frac{1}{3}mgh$

② $\frac{2}{3}mgh$

③ $2mgh$

④ $\frac{7}{3}mgh$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 마찰이 없는 곡면에서 역학적 에너지 보존을 이용하여 B에서 수레의 운동 에너지를 구하는 문제이다.

조건 정리

B의 높이는 $2h$이고 속력은 v이다.
C의 높이는 $\frac{7}{3}h$이고, 최고점 C에서 수레가 정지하므로 C의 운동 에너지는 0이다.
마찰이 없으므로 B와 C 사이에서 역학적 에너지가 보존된다.

사용할 공식

역학적 에너지 보존식은 K+U=일정이고, 중력 퍼텐셜 에너지는 $U = mgy$이다.
마찰이 없어 비보존력이 한 일이 없으므로 B와 C의 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 합이 같다.

NoteBase

계산 과정

B에서의 운동 에너지를 K_B라 하면 B와 C 사이의 역학적 에너지 보존식은 다음과 같다.
$K_B + mg(2h) = 0 + mg\left(\frac{7}{3}h\right)$
따라서
$K_B = mg\left(\frac{7}{3}h - 2h\right) = \frac{1}{3}mgh$
그러므로 B에서 수레의 운동 에너지는 $\frac{1}{3}mgh$이다.

선지 판단

① O — 역학적 에너지 보존으로 구한 K_B가 $\frac{1}{3}mgh$이므로 옳다.
② X — $\frac{2}{3}mgh$가 아니라, C까지 올라가며 증가한 중력 퍼텐셜 에너지와 같은 $\frac{1}{3}mgh$가 B의 운동 에너지이다.
③ X — $2mgh$는 B의 중력 퍼텐셜 에너지 $mg(2h)$이며 운동 에너지가 아니다. B의 운동 에너지는 $\frac{1}{3}mgh$이다.
④ X — $\frac{7}{3}mgh$는 높이 $\frac{7}{3}h$인 C의 중력 퍼텐셜 에너지이며 B의 운동 에너지가 아니다. B의 운동 에너지는 $\frac{1}{3}mgh$이다.

오답 포인트

B의 높이에서 나온 $2mgh$와 C의 높이에서 나온 $\frac{7}{3}mgh$는 각각 중력 퍼텐셜 에너지이다. B의 운동 에너지는 두 지점의 퍼텐셜 에너지 차이이므로 $\frac{7}{3}mgh - 2mgh = \frac{1}{3}mgh$이다. A의 속력 $2v$와 높이 h는 정답 계산에 필요하지 않은 조건이다.

다시 나오면 이렇게 판단

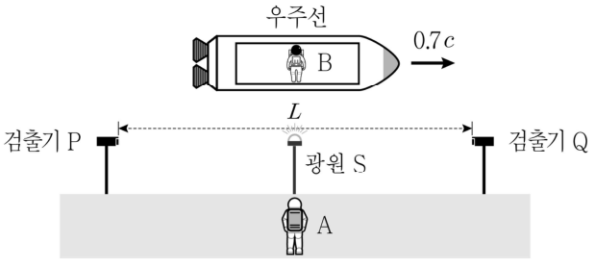
마찰이 없는 운동에서 한 지점의 속력이 0이면 그 지점과 구하려는 지점 사이에 역학적 에너지 보존식을 세운다. 올라가며 증가한 중력 퍼텐셜 에너지는 출발 지점에서 감소한 운동 에너지와 같으며, 도착점에서 정지한다면 출발 지점의 운동 에너지와 바로 같다.

암기 포인트

마찰 없이 정지할 때까지 올라가면 K_출발=mgΔ h이다.

NoteBase

문 9. 그림은 관측자 A가 보았을 때, B가 타고 있는 우주선이 $0.7c$의 속력으로 등속 직선 운동을 하고 있는 것을 나타낸 것이다. 광원 S와 빛 검출기 P, Q는 A에 대해 정지해 있으며, 우주선의 운동방향과 평행한 직선상에 놓여 있다. A가 측정했을 때, P, Q 사이의 거리는 L이고 S에서 방출된 빛은 P, Q에 동시에 도달한다. B가 측정했을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, c는 빛의 속력이다)



① P와 Q 사이의 거리는 L보다 길다.
② P와 Q 사이의 거리는 고유 길이이다.
③ A의 빛 시계가 B의 빛 시계보다 느리게 간다.
④ S에서 방출된 빛은 P와 Q에 동시에 도달한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 특수 상대성 이론의 길이 수축, 시간 지연, 동시성의 상대성을 B의 관성계에서 적용하는 문제이다.

조건 정리

A의 관성계에서 P와 Q는 정지해 있고 그 사이의 고유 길이는 L이다. 우주선과 B는 A에 대해 $v = 0.7c$로 운동한다. A의 관성계에서는 S에서 나온 빛이 P와 Q에 동시에 도달하지만, 두 도달 사건은 서로 다른 장소에서 일어난다.

사용할 공식

로런츠 인자는 $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$이다. 운동 방향의 길이는 $L' = L/\gamma$로 수축하고, 움직이는 시계의 시간 간격은 $\Delta t = \gamma \Delta \tau$의 관계를 갖는다. 두 사건의 시간 차이는 $\Delta t' = \gamma(\Delta t - v\Delta x/c^2)$로 변환된다. P와 Q가 A의 관성계에서 정지해 있으므로 L은 A가 측정한 고유 길이이며, B의 관성계에서는 P와 Q가 움직이므로 길이 수축 공식을 사용한다. 또한 두 빛의 도달은 위치가 다른 두 사건이므로 동시성 판단에는 로런츠 시간 변환을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. $v = 0.7c$이므로 $\gamma = 1/\sqrt{1-0.7^2} = 1/\sqrt{0.51} \approx 1.40$이다.
2. B가 측정한 P와 Q 사이의 거리는 $L' = L/\gamma = L\sqrt{0.51} \approx 0.714L$이므로 L보다 짧다.
3. B의 관성계에서는 A가 $0.7c$로 움직이므로 A의 빛 시계는 B와 함께 정지한 빛 시계보다 느리게 간다.
4. A의 관성계에서 P 도달 사건을 왼쪽, Q 도달 사건을 오른쪽이라 하면 $\Delta t = t_Q - t_P = 0$, $\Delta x = x_Q - x_P = L$이다. 따라서 $\Delta t' = t'_Q - t'_P = -\gamma v L/c^2 < 0$이므로 B는 빛이 Q에 먼저 도달하고 P에 나중에 도달한다고 측정한다.

선지 판단

① X — B가 측정한 P와 Q 사이의 거리는 $L/\gamma \approx 0.714L$이므로 L보다 길지 않다. 틀린 표현 'L보다 길다'는 'L보다 짧다'로 고쳐야 한다.
② X — 고유 길이는 물체의 양 끝점이 정지한 관성계에서 측정한 길이이다. P와 Q가 정지한 A의 관성계에서 측정한 L이 고유 길이이고, B가 측정한 L/γ는 수축된 길이이다. 틀린 표현 'B가 측정한 P와 Q 사이의 거리는 고유 길이이다'는 'A가 측정한 L이 고유 길이이다'로 고쳐야 한다.
③ O — B의 관성계에서는 A가 움직이므로 시간 지연에 따라 A의 빛 시계가 B와 함께 정지한 빛 시계보다 느리게 간다.
④ X — A에게 동시인 P와 Q의 빛 도달 사건은 장소가 서로 다르므로 B에게는 동시가 아니다. B는 운동 방향 앞쪽인 Q에 빛이 먼저 도달하고 뒤쪽인 P에 나중에 도달한다고 측정한다. 틀린 표현 'P와 Q에 동시에 도달한다'는 'Q에 먼저, P에 나중에 도달한다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

①에서는 움직이는 막대의 길이가 늘어난다고 착각하기 쉽지만 운동 방향의 길이는 수축한다. ②에서는 '문제에 주어진 길이'와 '고유 길이'를 같은 말로 보는 것이 함정이다. 고유 길이는 양 끝점이 정지한 계에서 잰 길이이다. ④에서는 한 관성계에서 동시에 일어난 서로 다른 위치의 사건이 다른 관성계에서도 동시라고 생각하기 쉽지만, 공간적으로 떨어진 사건의 동시성은 관찰자에 따라 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

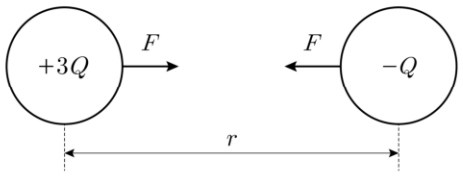
먼저 어느 계에서 대상이 정지해 있는지 확인하여 고유 길이와 고유 시간을 정한다. 다음으로 움직이는 길이에는 L/γ, 움직이는 시계에는 시간 지연을 적용한다. 마지막으로 서로 다른 위치의 두 사건이 동시에 일어났다면 $\Delta t' = \gamma(\Delta t - v\Delta x/c^2)$의 부호로 다른 관성계에서의 발생 순서를 판단한다.

암기 포인트

움직이는 길이는 짧아지고, 움직이는 시계는 느려지며, 떨어진 두 사건의 동시성은 관성계에 따라 달라진다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 반경이 R인 동일한 두 금속구가 전하량 $+3Q$, $-Q$로 대전되어 중심 간 거리가 r만큼 떨어져 있을 때, 두 금속구 사이에 작용하는 전기력의 크기가 F였다. 두 금속구를 충분히 오랫동안 접촉시켰다가 다시 중심 간 거리를 $\frac{r}{2}$만큼 떨어뜨려 놓았을 때, 두 금속구 사이에 작용하는 전기력의 크기는? (단, $r \gg R$이다)



① $\frac{1}{2}F$

② $\frac{2}{3}F$

③ $\frac{3}{2}F$

④ $\frac{4}{3}F$

정답 4번

출제 포인트

동일한 금속구를 접촉시킨 뒤 전하가 어떻게 재분배되는지와, 쿨롱 힘이 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다는 점을 함께 적용하는 문제이다.

조건 정리

처음 전하량은 각각 $+3Q$, $-Q$이고 중심 간 거리는 r이다. 두 금속구는 크기가 같으므로 접촉 후 전체 전하 $+2Q$가 똑같이 나뉘어 각 금속구의 전하량은 $+Q$가 된다. 다시 떨어뜨린 뒤 중심 간 거리는 $r/2$이다. 또한 $r \gg R$이므로 각 금속구를 점전하처럼 보아 쿨롱 법칙을 적용할 수 있다.

사용할 공식

두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는

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

이다. 접촉 전후의 힘을 비교하면 쿨롱 상수 k와 공통 인자 Q^2/r^2가 약분되므로 힘의 비를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

처음 전기력의 크기는
$F = k\frac{|(+3Q)(-Q)|}{r^2} = 3k\frac{Q^2}{r^2}$
이다.
접촉 후에는 두 금속구가 각각 $+Q$를 띠므로, 중심 간 거리가 $r/2$일 때 전기력의 크기 F'는
$F' = k\frac{Q^2}{(r/2)^2} = 4k\frac{Q^2}{r^2}$
이다. 따라서
$\frac{F'}{F} = \frac{4kQ^2/r^2}{3kQ^2/r^2} = \frac{4}{3}$
이므로 $F' = \frac{4}{3}F$이다. 처음에는 서로 다른 부호라 인력이지만, 접촉 후에는 두 금속구가 모두 양전하를 띠므로 척력이 된다. 문제는 크기를 묻기 때문에 방향은 답의 계수에 영향을 주지 않는다.

선지 판단

① X — 제시값 $\frac{1}{2}F$는 계산 결과 $\frac{4}{3}F$와 다르다. 올바른 값은 $\frac{1}{2}F$가 아니라 $\frac{4}{3}F$이다.
② X — 제시값 $\frac{2}{3}F$는 접촉 후 전하량의 곱과 거리 제곱의 변화를 함께 반영한 값이 아니다. 올바른 값은 $\frac{2}{3}F$가 아니라 $\frac{4}{3}F$이다.
③ X — 제시값 $\frac{3}{2}F$는 힘의 비 $F'/F = 4/3$과 일치하지 않는다. 올바른 값은 $\frac{3}{2}F$가 아니라 $\frac{4}{3}F$이다.
④ O — 접촉 후 각 전하가 $+Q$가 되고 거리가 $r/2$가 되므로 전기력의 크기는 $4kQ^2/r^2 = \frac{4}{3}F$이다.

오답 포인트

접촉 후에도 처음의 전하량 $+3Q$, $-Q$를 그대로 사용하거나, 거리가 절반이 되면 힘이 2배라고 처리하기 쉽다. 동일한 금속구는 접촉 후 총전하를 같은 양으로 나누며, 거리가 절반이 되면 역제곱 법칙에 따라 힘은 4배가 된다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전하량 보존으로 접촉 후 각 구의 전하량을 구하고, 그다음 $F \propto |q_1 q_2|/r^2$에서 전하량의 곱과 거리 제곱의 변화율을 각각 반영한다. 마지막으로 전하의 부호로 인력과 척력을 구분하고, 문제에서 힘의 크기와 방향 중 무엇을 묻는지 확인한다.

암기 포인트

같은 크기의 금속구를 접촉시키면 총전하를 반씩 나누고, 거리가 절반이면 쿨롱 힘의 크기는 4배가 된다.

NoteBase

문 11. 다음은 우라늄 $^{235}_{92}\mathrm{U}$가 핵반응할 때 반응식을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + \boxed{\text{(가)}} \rightarrow {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + 3\boxed{\text{(가)}} + 3.2 \times 10^{-11}\,\mathrm{J}$$

① (가)의 양성자 수는 1이다.
② 중성자 수는 Ba이 Kr보다 크다.
③ 이러한 핵반응을 핵융합이라고 한다.
④ 핵반응 전과 핵반응 후의 총질량은 같다.

정답 2번

출제 포인트

핵반응식에서 질량수와 원자 번호의 보존을 이용해 (가)가 중성자임을 밝히고, 핵분열과 질량 결손을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 $^{235}_{92}\mathrm{U}$가 (가) 1개를 흡수하여 $^{141}_{56}\mathrm{Ba}$, $^{92}_{36}\mathrm{Kr}$, (가) 3개와 $3.2 \times 10^{-11}\,\mathrm{J}$의 에너지를 내놓는 과정이다. 구해야 할 것은 (가)의 질량수와 원자 번호, 생성 핵의 중성자수, 반응의 종류, 반응 전후 정지질량의 관계이다.

사용할 공식

핵반응에서는 질량수의 합과 원자 번호의 합이 각각 보존된다. (가)의 질량수를 A, 원자 번호를 Z라 하면 다음과 같다.

$235 + A = 141 + 92 + 3A$

$92 + Z = 56 + 36 + 3Z$

중성자수는 $N = A - Z$로 구한다. 이 공식들은 핵반응 전후의 전체 핵자 수와 전하량이 보존되기 때문에 사용한다.

계산 과정

1. 질량수 보존식 $235 + A = 233 + 3A$에서 $A = 1$이다.
2. 원자 번호 보존식 $92 + Z = 92 + 3Z$에서 $Z = 0$이다. 따라서 (가)는 $^{1}_{0}\mathrm{n}$, 즉 중성자이다.
3. $^{141}_{56}\mathrm{Ba}$의 중성자수는 $141 - 56 = 85$이고, $^{92}_{36}\mathrm{Kr}$의 중성자수는 $92 - 36 = 56$이다. 따라서 Ba의 중성자수가 Kr보다 크다.

NoteBase

선지 판단

① X — (가)는 원자 번호가 0인 중성자이므로 양성자 수는 0이다. 틀린 표현 '(가)의 양성자 수는 1이다'는 '(가)의 양성자 수는 0이다'로 고쳐야 한다.
② O — Ba의 중성자수는 85이고 Kr의 중성자수는 56이므로 Ba의 중성자수가 더 크다.
③ X — 무거운 우라늄 원자핵이 더 가벼운 두 원자핵으로 나뉘므로 핵분열이다. 틀린 표현 '핵융합'은 '핵분열'로 고쳐야 한다.
④ X — 반응에서 에너지가 방출되므로 반응 후 생성 입자들의 정지질량 합은 반응 전보다 작다. 틀린 표현 '핵반응 전과 핵반응 후의 총질량은 같다'는 '방출 에너지에 해당하는 질량 결손이 생기며, 질량과 에너지를 합한 전체 질량-에너지는 보존된다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

(가)의 질량수 1만 보고 양성자로 판단하면 ①에 속는다. 원자 번호까지 계산해 0임을 확인해야 중성자임을 알 수 있다. 또한 ④는 핵반응에서 질량만 따로 보존되는 것이 아니라 질량 결손만큼 에너지가 방출되고 전체 질량-에너지가 보존된다는 점을 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

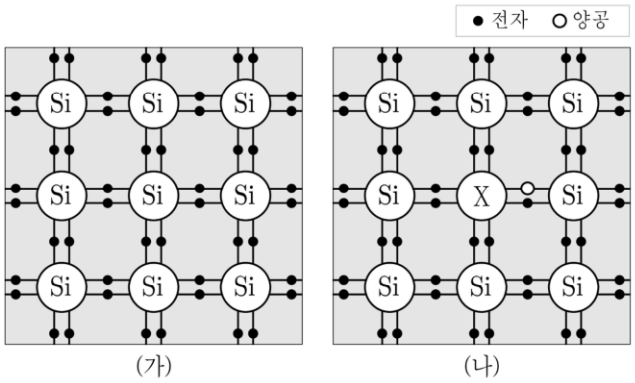
핵반응식에서는 먼저 질량수의 합과 원자 번호의 합을 각각 맞춰 미지의 입자를 결정한다. 이어 중성자수는 질량수에서 원자 번호를 빼서 구하고, 무거운 핵이 갈라지면 핵분열, 가벼운 핵들이 합쳐지면 핵융합으로 판단한다. 에너지가 방출되면 입자들의 정지질량 합은 감소하지만 전체 질량-에너지는 보존된다.

암기 포인트

질량수와 원자 번호는 각각 보존되고, 중성자는 ${}_0^1\mathrm{n}$이다. 핵분열의 에너지는 질량 결손에서 나온다.

NoteBase

문 12. 그림 (가)는 실리콘(Si)만으로 구성된 순수한 반도체를, (나)는 실리콘만으로 구성된 순수한 반도체에 원자가 전자가 3개인 원자 X를 일부 첨가하여 만든 불순물 반도체를 나타낸 것이다. (가)와 (나)에 대한 설명으로 옳은 것은?



(가) (나)

① (나)는 p형 반도체이다.
② 비소(As)를 원자 X로 사용할 수 있다.
③ 전기 전도성은 상온에서 (가)가 (나)보다 높다.
④ (나)에 존재하는 양공은 전류의 흐름과 무관하다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 실리콘의 원자가 전자 수보다 원자가 전자가 1개 적은 불순물을 첨가했을 때 도식에 나타난 양공을 보고 반도체의 종류와 전도 특성을 판단하는 문제이다. 그림 (나)에서 원자가 전자가 3개인 X가 네 이웃과 공유 결합을 이루는 과정에서 전자 하나가 부족해 양공이 생긴다.

선지별 해설

① O — X는 원자가 전자가 3개이므로 실리콘보다 결합 전자가 하나 부족하고, 그림처럼 양공이 생긴다. 양공이 다수 운반자인 반도체는 p형 반도체이므로 옳다.
② X — 비소(As)는 원자가 전자가 5개인 15족 원소이므로 원자가 전자가 3개인 X에 해당하지 않는다. 틀린 표현 ‘비소(As)’ → 올바르게는 붕소(B)처럼 원자가 전자가 3개인 13족 원소를 X로 사용할 수 있다.
③ X — 상온에서는 불순물 반도체 (나)에 양공인 전하 운반자가 추가되어 순수 반도체 (가)보다 전기 전도성이 높다. 틀린 표현 ‘(가)가 (나)보다 높다’ → 올바르게는 ‘(나)가 (가)보다 높다’이다.
④ X — 양공은 p형 반도체에서 전류를 운반하며, 양공의 이동 방향은 관습적인 전류의 방향과 같다. 틀린 표현 ‘전류의 흐름과 무관하다’ → 올바르게는 ‘전류의 흐름에 관여하며 전류와 같은 방향으로 이동한다’이다.

오답 포인트

핵심 함정은 불순물 원자의 원자가 전자 수와 반도체 종류를 반대로 연결하는 것이다. 실리콘보다 전자가 1개 적은 3가 불순물은 양공을 만들어 p형이 되고, 전자가 1개 많은 5가 불순물은 자유 전자를 만들어 n형이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

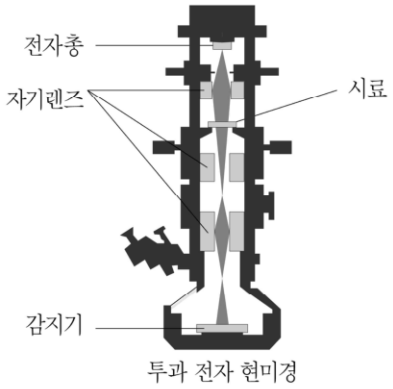
불순물의 원자가 전자 수를 실리콘의 4개와 비교한다. 3개이면 결합 전자 하나가 부족해 양공·p형, 5개이면 전자 하나가 남아 자유 전자·n형으로 판단한다. 불순물 첨가로 전하 운반자가 늘면 상온의 전기 전도성도 순수 반도체보다 높아진다.

암기 포인트

3가 불순물 → 양공 → p형, 5가 불순물 → 자유 전자 → n형이다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 단면구조를 가지는 투과 전자 현미경에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



투과 전자 현미경

① 전자의 파동성을 이용한다.
② 전자의 파장이 클수록 높은 분해능을 가진다.
③ 최대 배율은 광학 현미경의 최대 배율보다 크다.
④ 자기렌즈는 자기장을 이용하여 전자선을 모을 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전자총, 자기렌즈, 시료, 감지기로 이루어진 투과 전자 현미경의 구조를 보고 전자의 물질파와 자기렌즈의 역할을 판단하는 문제이다. 투과 전자 현미경은 시료를 투과한 전자선으로 상을 만들며, 전자의 파장이 짧을수록 분해능이 높아진다.

선지별 해설

① O — 전자는 드브로이 물질파의 성질을 가지며, 전자 현미경은 전자선의 파동성을 이용해 미세한 구조를 관찰한다.

② X — '전자의 파장이 클수록 높은 분해능을 가진다'는 부분이 틀렸다. 서로 가까운 두 점을 구별하는 능력인 분해능은 사용하는 파장이 짧을수록 높아진다. 올바르게는 '전자의 파장이 짧을수록 높은 분해능을 가진다'이다.

③ O — 가속된 전자의 파장은 가시광선보다 훨씬 짧으므로 투과 전자 현미경은 광학 현미경보다 더 높은 분해능과 더 큰 최대 배율을 얻을 수 있다.

④ O — 그림의 자기렌즈는 전류가 만드는 자기장을 이용하여 전자선의 진행 방향을 바꾸고 한곳에 모으는 역할을 한다.

NoteBase

오답 포인트

②의 함정은 파장이 크면 관찰 성능도 커질 것처럼 표현한 데 있다. 현미경에서는 파장이 짧을수록 더 작은 간격을 구별할 수 있으므로 분해능이 높다. 또한 자기렌즈는 빛을 굴절시키는 유리렌즈가 아니라 자기장으로 전자선을 모은다.

다시 나오면 이렇게 판단

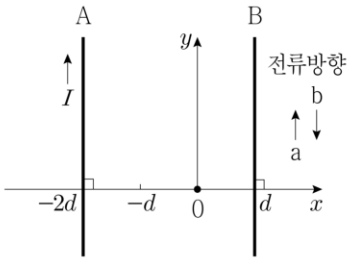
도식에서 전자총과 자기렌즈가 보이면 전자 현미경으로 판단한다. 이어서 '짧은 전자 파장 → 높은 분해능', '자기장 → 전자선 집속'의 두 관계를 선지에 대입한다.

암기 포인트

전자 현미경은 짧은 파장으로 더 세밀하게 보고, 자기렌즈로 전자선을 모은다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 무한히 긴 직선 도선 A, B가 xy 평면에 있다. A에는 일정한 전류 I가 흐르고, B에는 a 또는 b 방향으로 전류가 흐른다. 표는 B에 흐르는 전류의 크기와 방향에 따른 원점에서의 자기장의 크기를 나타낸 것이다. (가), (나)에 들어갈 값을 바르게 나열한 것은? (단, 지구자기장은 무시한다)



B의 전류의 크기	B의 전류의 방향	원점에서 자기장의 크기
I	a	B_0
(가)	a	0
I	b	(나)

	(가)	(나)
①	$\frac{1}{3}I$	$\frac{1}{3}B_0$
②	$\frac{2}{3}I$	$\frac{1}{2}B_0$
③	$\frac{1}{2}I$	$2B_0$
④	$\frac{1}{2}I$	$3B_0$

정답 4번

출제 포인트

무한히 긴 직선 도선이 만드는 자기장의 크기와 오른손 법칙을 이용하여 두 도선의 자기장을 벡터로 합성하는 문제이다.

조건 정리

원점에서 A까지의 거리는 $2d$, B까지의 거리는 d이다.
A의 전류 방향은 $+y$ 방향이고, B의 a 방향은 $+y$, b 방향은 $-y$ 방향이다.
오른손 법칙에 따르면 원점에서 A의 자기장은 종이 안쪽, B의 자기장은 a일 때 종이 바깥쪽, b일 때 종이 안쪽을 향한다.

NoteBase

사용할 공식

무한히 긴 직선 도선에서 거리 r인 점의 자기장 크기는
$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
이다. 자기장은 전류에 비례하고 도선에서 떨어진 거리에 반비례하므로, 각 도선의 자기장 크기를 구한 뒤 방향에 따라 더하거나 뺀다.

계산 과정

1. A가 원점에 만드는 자기장의 크기는
$B_A = \frac{\mu_0 I}{2\pi(2d)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}$
이다.
2. B에 크기 I의 전류가 a 방향으로 흐르면 B가 만드는 자기장은 종이 바깥쪽이고 그 크기는
$B_{B,a} = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} = 2B_A$
이다. A의 자기장과 반대 방향이므로 합성 자기장의 크기는 $2B_A - B_A = B_A$이다. 표에서 이 값이 B_0이므로 $B_A = B_0$이다.
3. B의 전류가 a 방향일 때 원점의 자기장이 0이 되려면 B의 자기장 크기가 B_A와 같아야 한다. B의 전류를 I'라 하면
$\frac{\mu_0 I'}{2\pi d} = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}$
이므로 $I' = \frac{1}{2}I$이다. 따라서 (가)는 $\frac{1}{2}I$이다.
4. B에 크기 I의 전류가 b 방향으로 흐르면 두 도선의 자기장이 모두 종이 안쪽을 향한다. 따라서
B_합=B_A+2B_A=3B_A=3B_0
이므로 (나)는 $3B_0$이다.

선지 판단

① X — (가)의 $\frac{1}{3}I$와 (나)의 $\frac{1}{3}B_0$가 모두 틀리다. 올바르게는 (가) $\frac{1}{2}I$, (나) $3B_0$이다.
② X — (가)의 $\frac{2}{3}I$와 (나)의 $\frac{1}{2}B_0$가 모두 틀리다. 상쇄 조건으로부터 (가)는 $\frac{1}{2}I$이고, b 방향에서는 자기장이 더해지므로 (나)는 $3B_0$이다.
③ X — (가)의 $\frac{1}{2}I$는 맞지만 (나)의 $2B_0$가 틀리다. b 방향에서는 A가 만드는 B_0와 B가 만드는 $2B_0$가 같은 방향으로 더해지므로 올바른 (나)는 $3B_0$이다.
④ O — 상쇄 조건에서 (가)는 $\frac{1}{2}I$이고, b 방향에서 두 자기장을 합하면 (나)는 $3B_0$이므로 두 값이 모두 맞다.

오답 포인트

표의 B_0를 한 도선이 만드는 자기장으로 바로 보면 안 된다. B_0는 B에 전류 I가 a 방향으로 흐를 때 두 자기장의 차이며, 계산 결과 A가 만드는 자기장과 같다. 또한 b 방향에서는 두 자기장이 반대가 아니라 같은 종이 안쪽 방향이므로 빼지 않고 더한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

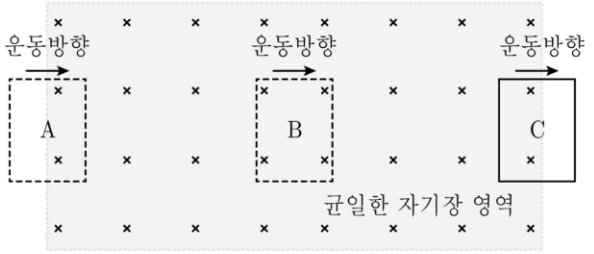
각 도선까지의 거리를 먼저 확인하고 $B \propto I/r$로 크기비를 구한 뒤, 오른손 법칙으로 각 자기장의 방향을 정하여 같은 방향이면 더하고 반대 방향이면 뺀다.

암기 포인트

직선 도선의 자기장은 I/r에 비례하며, 자기장 합성에서는 크기 계산보다 먼저 방향을 판정한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 지면에 수직한 방향으로 들어가는 균일한 자기장 영역을, 자기장에 수직한 방향으로 등속 직선 운동하는 사각형 도선이 통과한다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. A 지점에서 발생하는 유도전류의 방향은 반시계 방향이다.
ㄴ. A, B 지점에서 발생하는 유도전류의 크기는 서로 같다.
ㄷ. A, C 지점에서 발생하는 유도전류의 방향은 서로 같다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

도선이 균일한 자기장 영역의 경계를 통과할 때 자기선속의 변화를 파악하고, 렌츠 법칙으로 유도전류의 방향과 발생 여부를 판단하는 문제이다. A는 자기장 영역으로 들어가고, B는 영역 안에서 등속 운동하며, C는 영역에서 빠져나간다.

NoteBase

선지별 해설

① O
ㄱ만 옳다. A에서는 종이 안쪽 방향의 자기선속이 증가하므로, 이를 방해하도록 종이 바깥쪽 방향의 유도 자기장이 생긴다. 오른손 법칙에 따라 유도전류는 반시계 방향이다.

② X
ㄷ의 'A, C 지점에서 유도전류의 방향은 서로 같다'가 틀렸다. A의 유도전류는 반시계 방향이지만, C에서는 종이 안쪽 방향의 자기선속이 감소하므로 이를 유지하기 위해 유도전류가 시계 방향으로 흐른다. 따라서 올바른 조합은 ㄱ뿐인 ①이다.

③ X
ㄴ과 ㄷ이 모두 틀렸다. B에서는 사각형 도선 전체가 균일한 자기장 안에서 움직여 자기선속이 일정하므로 유도전류가 발생하지 않는다. 반면 A에서는 자기선속이 변하여 유도전류가 발생하므로 두 전류의 크기는 같지 않다. 또한 A와 C의 유도전류 방향은 서로 반대이다. 따라서 올바른 조합은 ㄱ뿐인 ①이다.

④ X
ㄴ의 'A, B 지점에서 유도전류의 크기는 서로 같다'와 ㄷ의 'A, C 지점에서 유도전류의 방향은 서로 같다'가 틀렸다. B의 유도전류는 0이고 A의 유도전류는 0이 아니며, A는 반시계 방향이고 C는 시계 방향이다. 따라서 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳은 것이 아니라 ㄱ만 옳다.

오답 포인트

도선이 자기장 속에서 움직인다는 사실만으로 항상 유도전류가 흐르는 것은 아니다. B처럼 도선 전체가 균일한 자기장 안에서 평행 이동하면 도선을 지나는 자기선속이 변하지 않아 유도전류가 생기지 않는다. 또한 A와 C는 각각 진입과 이탈 상황이므로 자기선속 변화의 부호가 반대이고 유도전류의 방향도 반대이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 도선과 자기장 영역이 겹치는 넓이가 증가하는지, 일정한지, 감소하는지를 확인한다. 겹치는 넓이가 증가하면 기존 자기장을 약화하는 방향, 감소하면 기존 자기장을 유지하는 방향으로 유도 자기장이 생긴다. 겹치는 넓이가 일정하면 자기선속이 일정하므로 유도전류가 발생하지 않는다.

암기 포인트

진입과 이탈은 유도전류 방향이 서로 반대이고, 균일한 자기장 안에서 도선 전체가 등속 이동하면 유도전류는 0이다.

NoteBase

문 16. 표는 서로 다른 금속 A, B에 진동수와 세기가 다른 단색광 P, Q를 비추었을 때 튀어나오는 광전자의 단위 시간당 개수를 나타낸 결과이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

금속판	단색광	튀어나오는 광전자의 단위 시간당 개수
A	P	2N
	Q	N
B	P	2N
	Q	0

① 진동수는 Q가 P보다 크다.
② A의 문턱(한계) 진동수는 P의 진동수보다 크다.
③ B의 문턱(한계) 진동수는 Q의 진동수보다 크다.
④ B에 비추는 Q의 세기를 증가시키면 광전자가 나올 것이다.

정답 3번

출제 포인트

광전 효과의 방출 조건을 이용하여 단색광의 진동수와 금속의 문턱 진동수 사이의 대소 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

금속 A에서는 P와 Q를 비출 때 모두 광전자가 방출된다. 따라서 $f_P \geq f_{0A}$, $f_Q \geq f_{0A}$이다.
금속 B에서는 P를 비출 때 광전자가 방출되지만 Q를 비출 때는 방출되지 않는다. 따라서 $f_P \geq f_{0B}$, $f_Q < f_{0B}$이다.
이를 합치면 $f_P \geq f_{0B} > f_Q \geq f_{0A}$이다.

사용할 공식

광전자의 최대 운동 에너지는

$$K_{\max} = hf - \phi = h(f - f_0)$$

이다. 광전자는 단색광의 진동수 f가 금속의 문턱 진동수 f_0 이상일 때 방출된다. 이 문제에서는 광전자 수의 구체적인 값보다 방출 여부가 진동수의 대소 관계를 결정한다.

계산 과정

1. B에 P를 비추면 광전자가 나오므로 $f_P \geq f_{0B}$이다.
2. B에 Q를 비추면 광전자가 나오지 않으므로 $f_Q < f_{0B}$이다.
3. 따라서 $f_P > f_Q$이며, 동시에 B의 문턱 진동수는 Q의 진동수보다 크다.

NoteBase

선지 판단

① X — B에서 P는 광전자를 방출시키지만 Q는 방출시키지 못하므로 $f_P > f_Q$이다. '진동수는 Q가 P보다 크다'가 틀렸으며, 올바르게는 'P의 진동수가 Q의 진동수보다 크다'이다.

② X — A에 P를 비추었을 때 광전자가 방출되므로 $f_P \geq f_{0A}$이다. 'A의 문턱 진동수는 P의 진동수보다 크다'가 틀렸으며, 올바르게는 'A의 문턱 진동수는 P의 진동수 이하이다'이다.

③ O — B에 Q를 비추었을 때 광전자가 전혀 나오지 않으므로 $f_Q < f_{0B}$이다. 따라서 B의 문턱 진동수는 Q의 진동수보다 크다.

④ X — Q의 진동수는 B의 문턱 진동수보다 작으므로 세기만 증가시켜도 광전자는 방출되지 않는다. 'Q의 세기를 증가시키면 광전자가 나올 것이다'가 틀렸으며, 올바르게는 'Q의 진동수를 B의 문턱 진동수 이상으로 높여야 광전자가 나올 수 있다'이다.

오답 포인트

표의 $2N$, N, 0을 모두 광전자의 진동수 정보로 해석하면 안 된다. 광전자가 나오는지 여부는 진동수와 문턱 진동수의 비교로 결정되고, 문턱 진동수보다 낮은 빛은 세기를 높여도 광전자를 방출시키지 못한다.

다시 나오면 이렇게 판단

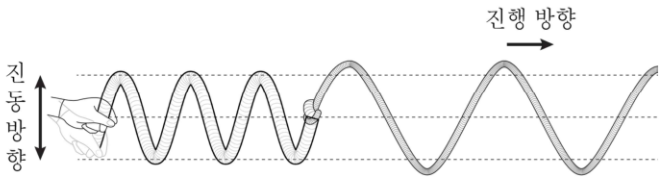
광전자가 나오면 $f \geq f_0$, 나오지 않으면 $f < f_0$로 바꾼 뒤, 같은 금속에 비춘 빛들의 부등식을 연결하여 판단한다. 빛의 세기는 문턱 진동수를 넘은 뒤 방출되는 광전자 수와 관련된다는 점을 구분한다.

암기 포인트

광전자 방출 여부는 진동수, 방출되는 광전자 수는 세기와 관련된다. 문턱 진동수 미만에서는 세기를 높여도 광전자가 나오지 않는다.

NoteBase

문 17. 그림은 재질이 같고 굵기가 다른 줄을 연결한 후, 굵은 줄의 한쪽 끝을 수직 방향으로 일정한 주기와 진폭으로 흔들었을 때 진행하는 파동의 어느 순간의 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 가는 줄의 길이는 무한하다)



① 굵은 줄의 파장은 가는 줄의 파장보다 크다.
② 굵은 줄의 진동수는 가는 줄의 진동수보다 작다.
③ 굵은 줄의 진동 주기는 가는 줄의 진동 주기보다 크다.
④ 굵은 줄의 파동의 진행 속력은 가는 줄의 파동의 진행 속력보다 작다.

정답 4번

출제 포인트

연결된 두 줄을 따라 진행하는 파동의 진동수와 주기는 같고, 같은 장력에서는 줄의 선밀도가 클수록 파동의 진행 속력과 파장이 작아진다는 관계를 묻는 문제이다. 그림에서도 굵은 줄 쪽의 파장이 더 짧게 나타난다.

선지별 해설

① X — '굵은 줄의 파장이 가는 줄의 파장보다 크다'는 표현이 틀렸다. 연결된 두 줄에서 진동수는 같고 굵은 줄의 파동 속력이 더 작으므로, $v = f\lambda$에 따라 굵은 줄의 파장은 가는 줄의 파장보다 작다.
② X — '굵은 줄의 진동수가 가는 줄의 진동수보다 작다'는 표현이 틀렸다. 파동이 경계를 지나도 진동수는 파원에 의해 정해져 변하지 않으므로 두 줄의 진동수는 같다.
③ X — '굵은 줄의 진동 주기가 가는 줄의 진동 주기보다 크다'는 표현이 틀렸다. 두 줄의 진동수가 같으므로 $T = 1/f$에 따라 진동 주기도 같다.
④ O — 같은 재질에서 굵은 줄은 단위 길이당 질량인 선밀도 μ가 더 크다. 두 줄에 걸린 장력이 같을 때 $v = \sqrt{F/\mu}$이므로 굵은 줄의 파동 진행 속력은 가는 줄보다 작다.

오답 포인트

그림에서 굵은 줄의 파장이 더 짧다는 사실을 진동수 차이로 해석하기 쉽다. 그러나 연결된 줄에서는 진동수와 주기가 그대로 전달되고, 줄의 선밀도 차이가 진행 속력과 파장 차이를 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

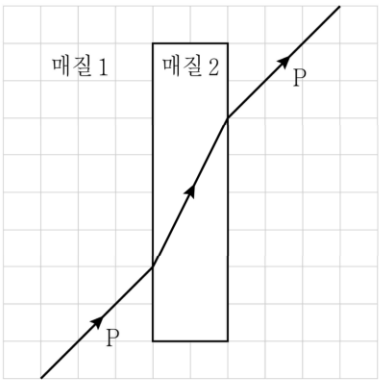
먼저 연결된 줄에서 진동수와 주기가 같음을 확인한다. 그다음 $v = \sqrt{F/\mu}$로 선밀도가 큰 줄의 속력이 더 작음을 판단하고, $\lambda = v/f$로 그 줄의 파장도 더 작다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

연결된 줄에서는 진동수·주기는 같고, 같은 장력에서 굵은 줄은 선밀도가 커서 속력·파장이 작다.

문 18. 그림은 단색광 P가 매질 1 → 매질 2 → 매질 1로 진행할 때 P의 경로를 나타낸 것이다. 표는 각 매질의 굴절률, P의 속력, 진동수, 파장을 나타낸 것이다. 표의 물리량의 대소 관계로 옳은 것은? (단, 모눈 간격은 동일하며, 각 매질 1, 2는 균일하다)



	매질 1	매질 2
굴절률	n_1	n_2
P의 속력	v_1	v_2
P의 진동수	f_1	f_2
P의 파장	λ_1	λ_2

① $n_1 < n_2$
② $v_1 > v_2$
③ $f_1 > f_2$
④ $\lambda_1 < \lambda_2$

정답 4번

출제 포인트

수직인 경계면의 법선은 수평 방향이다. 광선이 매질 1에서 매질 2로 들어갈 때 법선과 이루는 각이 커지는 도식으로부터 굴절률, 속력, 진동수, 파장의 관계를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① X — 매질 2에서 광선이 법선으로부터 더 멀어지므로 굴절각 θ_2가 입사각 θ_1보다 크다. 스넬 법칙 $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$에 따라 $n_1 > n_2$이다. 따라서 '$n_1 < n_2$'가 틀렸으며, 올바르게는 '$n_1 > n_2$'이다.
② X — 빛의 속력은 $v = c/n$이므로 굴절률이 큰 매질 1에서 더 느리다. 따라서 '$v_1 > v_2$'가 틀렸으며, 올바르게는 '$v_1 < v_2$'이다.
③ X — 빛이 서로 다른 매질의 경계를 통과해도 진동수는 광원이 정한 값으로 유지된다. 따라서 '$f_1 > f_2$'가 틀렸으며, 올바르게는 '$f_1 = f_2$'이다.
④ O — 진동수는 같고 $v_1 < v_2$이므로 $\lambda = v/f$에 따라 $\lambda_1 < \lambda_2$이다.

오답 포인트

경계면이 수직이어서 입사각과 굴절각의 기준인 법선은 수평이다. 광선과 경계면 자체가 이루는 각을 비교하면 굴절 방향을 반대로 판단하기 쉽다. 또한 매질이 바뀔 때 속력과 파장은 변하지만 진동수는 변하지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 경계면에 수직인 법선을 정하고 광선이 법선 쪽으로 꺾였는지, 법선에서 멀어졌는지를 확인한다. 법선에서 멀어지는 쪽은 굴절률이 작고 속력이 크다. 그다음 f는 일정하고 $\lambda = v/f$임을 적용한다.

암기 포인트

법선에서 멀어짐 → 굴절률 감소 → 속력 증가 → 진동수 일정 → 파장 증가이다.

NoteBase

문 19. 표는 질량이 서로 다른 입자 A, B의 운동 에너지와 속력을 나타낸 것이다. A와 B의 물질파 파장을 각각 λ_A, λ_B라고 할 때, $\lambda_A : \lambda_B$는? (단, 상대론적 효과는 무시한다)

입자	운동 에너지	속력
A	E	$\frac{1}{2}v$
B	$2E$	$2v$

	λ_A	:	λ_B
①	2		1
②	4		1
③	1		2
④	1		4

정답 3번

출제 포인트

비상대론적 입자의 운동 에너지와 속력으로 운동량을 구한 뒤, 드브로이 물질파의 파장이 운동량에 반비례한다는 관계를 적용하는 문제이다.

조건 정리

입자 A: 운동 에너지 E, 속력 $v/2$
입자 B: 운동 에너지 $2E$, 속력 $2v$
구해야 할 값: $\lambda_A : \lambda_B$
주의할 조건: A와 B의 질량이 서로 다르므로 속력만 비교해서는 안 되며, 상대론적 효과는 무시한다.

사용할 공식

비상대론적 운동 에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}pv$이므로 운동량은 $p = \frac{2K}{v}$이다. 드브로이 파장은 $\lambda = \frac{h}{p}$이다.
주어진 운동 에너지와 속력으로 각 입자의 운동량을 직접 구할 수 있고, 파장은 그 운동량에 반비례하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. A의 운동량은 $p_A = \frac{2E}{v/2} = \frac{4E}{v}$이다.
2. B의 운동량은 $p_B = \frac{2(2E)}{2v} = \frac{2E}{v}$이다.
3. $\lambda = \frac{h}{p}$이므로 $\lambda_A : \lambda_B = \frac{1}{p_A} : \frac{1}{p_B} = p_B : p_A = 1 : 2$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 2 : 1은 실제 파장비 1 : 2의 앞뒤를 바꾼 값이다. 올바르게는 $\lambda_A : \lambda_B = 1 : 2$이다.
② X — 4 : 1은 질량이 서로 다르다는 조건을 무시하고 파장이 속력에만 반비례한다고 본 값이다. 올바르게는 운동량 $p = 2K/v$를 먼저 구해 1 : 2로 판단한다.
③ O — $p_A : p_B = 2 : 1$이고 파장은 운동량에 반비례하므로 $\lambda_A : \lambda_B = 1 : 2$이다.
④ X — 1 : 4은 파장비를 속력비 $(v/2) : (2v) = 1 : 4$와 같다고 잘못 본 값이다. 올바르게는 파장이 속력이 아니라 운동량에 반비례하므로 1 : 2이다.
계산 결과 1 : 2이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

질량이 서로 다른데도 λ를 속력에만 반비례한다고 생각하는 것이 핵심 함정이다. 또한 운동량비 $p_A : p_B = 2 : 1$을 그대로 파장비로 쓰면 ①을 고르게 된다. 파장비는 운동량비의 역비이다.

다시 나오면 이렇게 판단

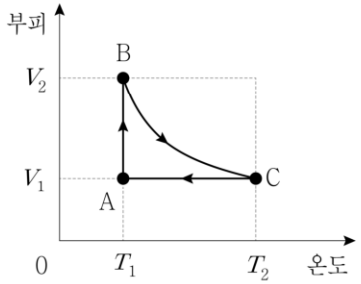
질량이 다른 입자의 운동 에너지와 속력이 주어지면 먼저 $p = 2K/v$로 운동량을 구하고, 마지막에 $\lambda = h/p$를 적용하여 운동량비를 뒤집어 파장비를 판단한다.

암기 포인트

$p = 2K/v$, $\lambda = h/p$: 물질파의 파장비는 운동량비의 역비이다.

NoteBase

문 20. 그림은 실린더 안의 1몰의 이상기체의 상태가 A → B → C → A로 변화할 때 부피와 온도의 관계를 나타낸 것이다. A → B는 등온 과정, B → C는 단열 과정, C → A는 등적 과정이다. 실린더 안의 이상기체에 대한 설명으로 옳은 것은?



① A → B 과정에서 기체분자의 평균 운동 에너지는 증가한다.
② B → C 과정에서 기체는 외부에 일을 한다.
③ C → A 과정에서 기체는 외부로부터 열을 흡수한다.
④ 기체의 압력은 C에서 가장 크다.

정답 4번

출제 포인트

온도-부피 도식에서 각 과정의 온도와 부피 변화를 읽고, 이상기체의 내부 에너지·일·열 및 상태방정식 $P = nRT/V$을 연결하여 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
A→B는 온도 T_1이 일정한 등온 팽창이다. 이상기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대온도에만 비례하므로 증가하지 않고 일정하다. 틀린 표현인 '증가한다'는 '일정하다'로 고쳐야 한다.

② X
B→C에서는 부피가 V_2에서 V_1으로 감소하므로 단열 압축이 일어난다. 따라서 외부가 기체에 일을 하며, 기체가 외부에 한 일은 음수이다. 틀린 표현인 '기체는 외부에 일을 한다'는 '외부가 기체에 일을 한다'로 고쳐야 한다.

③ X
C→A는 부피 V_1이 일정한 등적 과정이고 온도가 T_2에서 T_1으로 낮아진다. 등적 과정에서는 기체가 한 일이 0이고 내부 에너지가 감소하므로 기체는 열을 방출한다. 틀린 표현인 '열을 흡수한다'는 '열을 방출한다'로 고쳐야 한다.

④ O
이상기체의 압력은 $P = nRT/V$이다. C는 A보다 부피가 같고 온도가 높으므로 압력이 크며, B보다 온도는 높고 부피는 작으므로 압력이 크다. 따라서 세 상태 중 C에서 압력이 가장 크다.

오답 포인트

B→C를 팽창으로 잘못 읽거나, 등적 냉각인 C→A에서 열의 출입 방향을 반대로 판단하기 쉽다. 화살표 방향에 따라 부피가 감소하면 압축이고, 등적 과정에서 온도가 내려가면 내부 에너지가 감소하여 열을 방출한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 화살표 방향으로 온도와 부피의 증감을 읽는다. 평균 운동 에너지는 온도, 일의 방향은 팽창·압축, 열의 출입은 열역학 제1법칙으로 판단하고, 상태별 압력은 $P \propto T/V$로 비교한다.

암기 포인트

이상기체는 평균 운동 에너지 $\propto T$, 압력 $\propto T/V$이며, 단열 압축에서는 외부가 기체에 일을 하고 등적 냉각에서는 기체가 열을 방출한다.

NoteBase