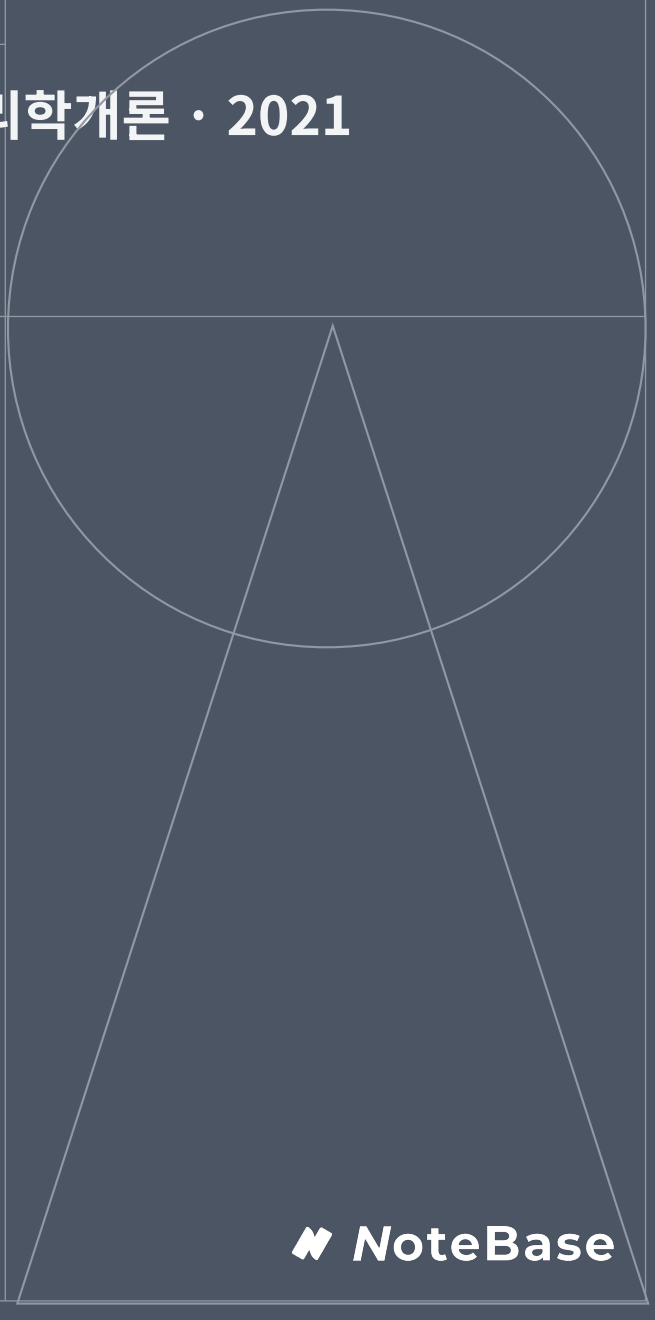
기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2021

공무원/소방/간부후보 · 물리학개론 · 2021

문 1. 운동 선수가 마찰이 있는 땅에서 달리기를 하는 상황에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 마찰력이 없으면 선수는 앞으로 가지 못한다.

② 선수가 땅을 미는 힘은 땅이 선수를 미는 힘과 같다.

③ 작용 반작용에 의해 선수에 작용하는 알짜힘은 0이다.

④ 선수의 운동 마찰력은 최대 정지 마찰력보다 작다.

⑤ 선수가 최대 정지 마찰력보다 큰 힘으로 땅을 밀면 움직이기 시작한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 달릴 때 발과 땅 사이의 정지 마찰력과 작용·반작용의 적용 대상을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

정지 마찰력은 접촉면이 미끄러지지 않도록 작용하는 힘이며, 달릴 때 땅이 선수의 발을 앞쪽으로 밀어 선수의 전진을 돕는다. 작용·반작용은 크기가 같고 방향이 반대이지만 반드시 서로 다른 두 물체에 작용하므로, 한 물체에 작용하는 힘을 서로 상쇄시키지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 마찰력이 없으면 선수가 땅을 뒤로 밀어도 땅이 선수를 앞으로 미는 힘이 없다. 따라서 앞으로 가속하여 달릴 수 없다.

② O: 선수가 땅을 미는 힘과 땅이 선수를 미는 힘은 작용·반작용 관계이므로 크기가 같다.

③ X: 틀린 표현은 '선수에 작용하는 알짜힘은 0이다'이다. 선수의 발이 땅을 미는 힘은 땅에, 그 반작용인 마찰력은 선수에 작용하므로 한 물체인 선수에게서 서로 상쇄되지 않는다. 실제로는 땅이 선수에게 가하는 앞쪽 정지 마찰력이 선수의 전진 가속을 만드는 알짜힘이다.

④ O: 미끄러지지 않고 달리는 동안의 마찰력은 정지 마찰력이며, 그 크기는 최대 정지 마찰력 이하이다. 일반적으로 최대 정지 마찰력에 이르기 전에는 그보다 작다.

⑤ O: 선수가 땅을 미는 힘이 최대 정지 마찰력보다 커지면 발과 땅 사이에 미끄럼이 생긴다. 이때 정지 마찰 상태가 유지되지 못하고 발이 땅에 대해 움직이기 시작한다.

오답 포인트

③은 '크기가 같고 방향이 반대'라는 작용·반작용의 성질만 보고 두 힘이 상쇄된다고 오해하게 한다. 상쇄는 같은 물체에 작용하는 힘끼리만 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

작용·반작용의 두 힘에는 각각 어느 물체에 작용하는지 표시한다. 대상 물체가 다르면 두 힘을 더해 알짜힘을 0으로 만들 수 없으며, 달리기에서는 땅이 발에 가하는 앞쪽 정지 마찰력을 확인한다.

암기 포인트

발은 땅을 뒤로 밀고, 땅은 발을 앞으로 민다. 작용·반작용은 서로 다른 물체에 작용한다.

NoteBase

문 2. 두 개의 저항을 직렬연결하면 합성저항이 20Ω이고, 병렬연결하면 합성저항이 3.75Ω이다. 이때 두 저항값의 곱은?

① 19Ω

② 36Ω

③ 51Ω

④ 75Ω

⑤ 84Ω

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 두 저항의 직렬 합성저항과 병렬 합성저항의 관계를 이용하여 두 저항값의 곱을 구하는 문제이다.

조건 정리

두 저항을 R_1, R_2라 하면 직렬 합성저항은 $R_1 + R_2 = 20\Omega$이다. 병렬 합성저항은 3.75Ω이며, 구할 값은 R_1R_2이다.

사용할 공식

병렬 연결에서는

$R_{\mathrm{p}} = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}$

이다. 병렬 합성저항이 두 저항의 곱을 두 저항의 합으로 나눈 값이므로, 직렬 연결에서 얻은 $R_1 + R_2$를 그대로 분모에 사용한다.

계산 과정

병렬 합성저항 식에 주어진 값을 대입하면

$3.75 = \frac{R_1R_2}{20}$

이다. 따라서

$R_1R_2 = 3.75 \times 20 = 75\Omega^2$

이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 두 저항값의 곱은 75Ω²이다. 19Ω는 값도 단위도 맞지 않는다. 틀린 표현 "19 Ω" → 올바르게는 "75 Ω² "이다.
② X: 계산 결과는 75Ω²이므로 36Ω가 아니다. 틀린 표현 "36 Ω" → 올바르게는 "75 Ω²"이다.
③ X: 병렬 합성저항 3.75Ω에 직렬 합성저항 20Ω를 곱해야 하므로 51Ω가 아니다. 틀린 표현 "51 Ω" → 올바르게는 "75 Ω²"이다.
④ O: $R_1R_2 = 3.75 \times 20 = 75\Omega^2$이므로 수치상 75가 맞다.
⑤ X: 84Ω는 3.75 × 20의 결과가 아니다. 틀린 표현 "84 Ω" → 올바르게는 "75 Ω²"이다.
계산 결과가 75이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

병렬 합성저항 식에서 분자와 분모를 뒤바꾸거나, 직렬 합성저항 20을 병렬 합성저항으로 잘못 사용하는 실수가 흔하다. 또한 저항값의 곱의 단위는 Ω²인데 선지에는 관례적으로 Ω만 표시되어 있으므로, 수치 75를 기준으로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 저항의 직렬 합성저항 S와 병렬 합성저항 P가 주어지면 $P = R_1R_2/S$이므로, 두 저항값의 곱은 $R_1R_2 = PS$로 바로 구한다.

암기 포인트

두 저항에서는 병렬 합성저항 = 곱 ÷ 합, 따라서 저항값의 곱 = 병렬값 × 직렬값이다.

NoteBase

문 3. 극판의 간격이 d, 면적이 A이고 전기 용량이 C인 평행판 축전기가 있다. 평행판 사이에 면적이 A이고 두께가 $0.5d$인 금속판을 평행하게 가운데 끼워 넣을 때, 축전기의 전기 용량은? (단, 금속판 사이는 공기로 채워져 있다.)

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

정답 5번

출제 포인트

도체판을 평행판 축전기 사이에 넣었을 때 도체 내부에는 전기장이 0이므로, 전위차가 생기는 공기층의 유효 간격으로 전기용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

처음 전기용량은 $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$이다. 금속판의 두께는 $t = 0.5d$이고, 금속판 내부에서는 전기장이 0이므로 전위차는 금속판 양쪽의 공기층에서만 생긴다. 두 공기층의 전체 두께, 즉 유효 간격은 $d - t = d - 0.5d = 0.5d$이다.

사용할 공식

평행판 축전기의 전기용량은 C=_0 A유효 간격이다. 도체판 내부에는 전기장이 없으므로 도체판의 두께는 유효 간격에서 제외된다.

계산 과정

새 전기용량을 C'라 하면,
$C' = \frac{\varepsilon_0 A}{d - 0.5d} = \frac{\varepsilon_0 A}{0.5d} = 2\frac{\varepsilon_0 A}{d} = 2C$
따라서 금속판을 넣으면 전기용량은 원래의 2배가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X: 제시값 $\frac{C}{3}$은 틀렸다. 유효 간격이 d에서 $0.5d$로 줄어 전기용량은 작아지지 않으며, 올바른 값은 $2C$이다.
② X: 제시값 $\frac{C}{2}$은 틀렸다. 전기용량은 유효 간격에 반비례하므로 간격이 절반이면 전기용량은 절반이 아니라 2배인 $2C$가 된다.
③ X: 제시값 C는 틀렸다. 이는 금속판 삽입으로 공기층의 전체 간격이 줄어든 효과를 무시한 값이며, 올바른 값은 $2C$이다.
④ X: 제시값 $\frac{3}{2}C$는 틀렸다. 계산에서 유효 간격은 $\frac{2}{3}d$가 아니라 $0.5d$이므로, 올바른 값은 $2C$이다.
⑤ O: 금속판의 두께 $0.5d$만큼 전위차가 걸리는 구간이 줄어 유효 간격이 $0.5d$가 된다. 따라서 전기용량은 $2C$이다.

오답 포인트

금속판이 두 공기층을 만드는 모습을 보고 두 축전기가 직렬이므로 전기용량이 작아진다고만 판단하기 쉽다. 각 공기층의 간격은 $d/4$이어서 각각의 전기용량은 $4C$이고, 같은 두 축전기의 직렬 합성값은 $2C$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

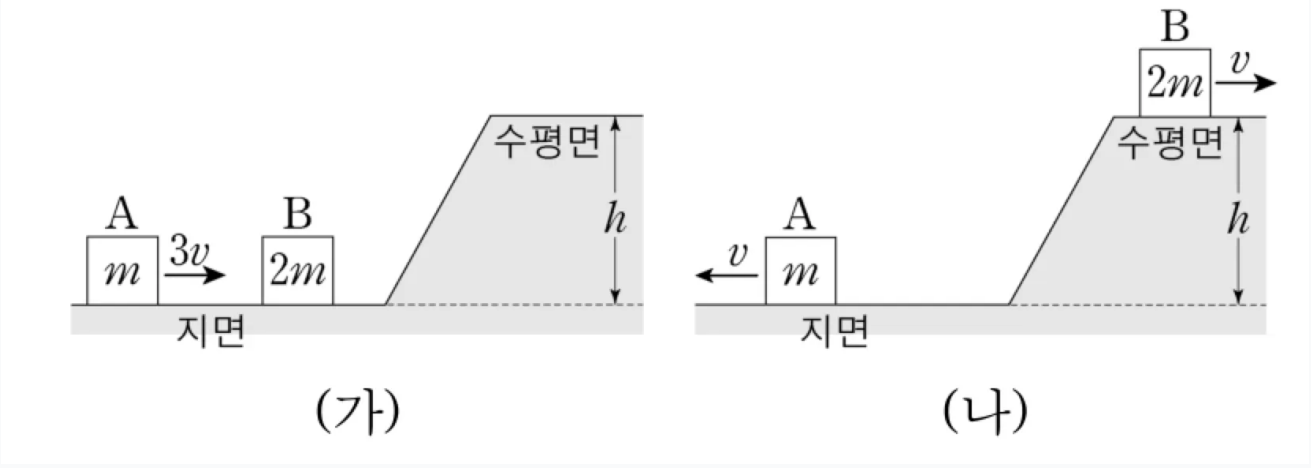
도체판이 축전기 사이에 들어가면 먼저 도체 내부의 전기장이 0임을 적용한다. 이어서 전체 간격에서 도체판 두께를 빼 유효 간격을 구하고, $C \propto 1/d$로 원래 전기용량과 비교한다.

암기 포인트

도체판 삽입: 유효 간격은 $d - t$, 전기용량은 $\frac{\varepsilon_0 A}{d-t}$이다.

NoteBase

문 4. (가)는 지면에서 속력 $3v$로 운동하는 물체 A가 정지해 있는 물체 B를 향해 운동하는 것을 나타낸 것이다. (나)는 A와 B가 충돌한 후, A는 B와 충돌하기 전과 반대 방향으로 속력 v로 운동하고, B는 높이가 h인 수평면에서 속력 v로 운동하는 것을 나타낸 것이다. A, B의 질량은 각각 m, $2m$이다. 높이 h는? (단, 중력 가속도는 g이고, 물체의 크기 및 공기저항, 모든 마찰은 무시한다.)



① $\frac{v^2}{2g}$
② $\frac{v^2}{g}$
③ $\frac{3v^2}{2g}$
④ $\frac{2v^2}{g}$
⑤ $\frac{5v^2}{2g}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 충돌 순간의 운동량 보존과 충돌 뒤 B의 역학적 에너지 보존을 차례로 이용하여 높이 h를 구하는 문제이다.

조건 정리

A의 질량은 m, B의 질량은 $2m$이다. 충돌 전 A의 속도는 오른쪽으로 $3v$, B는 정지해 있다. 충돌 직후 A의 속도는 왼쪽으로 v이고, B는 경사면을 올라 높이 h의 수평면에서 오른쪽으로 v로 운동한다. 마찰과 공기 저항이 없으므로 B가 경사면을 오르는 동안에는 역학적 에너지가 보존된다.

NoteBase

사용할 공식

충돌 순간에는 수평 방향 외력이 없으므로 운동량이 보존된다. $m(3v) = m(-v) + 2mV$ 여기서 V는 충돌 직후 B의 속력이다. 이어서 B가 경사면을 오르는 동안에는 12(2m)V^2=12(2m)v^2+2mgh가 성립한다. 충돌 과정 자체에서는 역학적 에너지가 보존된다고 볼 수 없으므로, 에너지 보존은 B가 충돌 후 경사면을 오르는 구간에만 적용한다.

계산 과정

운동량 보존식에서 $3mv = -mv + 2mV$이므로 $V = 2v$이다.
B의 에너지 보존식에 대입하면 12(2m)(2v)^2=12(2m)v^2+2mgh이다.
따라서 $4mv^2 = mv^2 + 2mgh$, 즉 $2mgh = 3mv^2$이므로 $h = \frac{3v^2}{2g}$이다.

선지 판단

① X: $\frac{v^2}{2g}$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $h = \frac{v^2}{2g}$ → 올바르게는 $h = \frac{3v^2}{2g}$이다.
② X: $\frac{v^2}{g}$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $h = \frac{v^2}{g}$ → 올바르게는 $h = \frac{3v^2}{2g}$이다.
③ O: 충돌 직후 B의 속력 $2v$와 높이 h에서의 속력 v를 에너지 보존식에 넣으면 $h = \frac{3v^2}{2g}$가 된다.
④ X: $\frac{2v^2}{g}$는 B가 높이 h에서 여전히 속력 v로 운동한다는 조건을 누락한 값이다. 틀린 표현 $h = \frac{2v^2}{g}$ → 올바르게는 $h = \frac{3v^2}{2g}$이다.
⑤ X: $\frac{5v^2}{2g}$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $h = \frac{5v^2}{2g}$ → 올바르게는 $h = \frac{3v^2}{2g}$이다.

오답 포인트

충돌 전후에 역학적 에너지를 바로 보존시키는 것이 함정이다. 충돌에서는 운동량 보존으로 B의 충돌 직후 속력 $2v$를 먼저 구하고, 그 뒤 B가 경사면을 오르는 구간에서만 에너지 보존을 적용한다. 또한 ④처럼 수평면에서의 B의 속력 v를 0으로 두면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

충돌과 높이 변화가 함께 나오면 충돌 구간은 운동량 보존으로 충돌 직후 속도를 구하고, 이동 구간은 역학적 에너지 보존으로 높이나 속력을 구한다. 두 구간의 공식을 한 식으로 섞지 않는다.

암기 포인트

충돌에는 운동량, 마찰 없는 경사 운동에는 역학적 에너지 보존을 적용한다.

NoteBase

문 5. 질량이 1000kg으로 동일한 차량 두 대가 각각 오른쪽과 왼쪽으로 서로를 향하여 움직이면서 충돌 후 한 덩어리가 되어 이동하고 있다. 충돌 전 오른쪽으로 움직이는 차량의 속력은 1m/s이고, 왼쪽으로 움직이는 차량의 속력은 3m/s이다. 이때 차량의 충돌 후 속도는? (단, 공기저항과 마찰력은 무시하고, 두 차량은 동일 직선 상에서 운동한다.)

① 왼쪽으로 1m/s

② 왼쪽으로 2m/s

③ 오른쪽으로 1m/s

④ 오른쪽으로 2m/s

⑤ 오른쪽으로 2.5m/s

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 두 물체가 충돌 후 한 덩어리가 되는 완전비탄성 충돌에서 운동량 보존으로 충돌 후 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

오른쪽을 양(+)의 방향으로 둔다. 두 차량의 질량은 각각 $1000kg$이다. 충돌 전 오른쪽 차량의 속도는 $v_1 = +1m/s$, 왼쪽 차량의 속도는 $v_2 = -3m/s$이다. 충돌 후 두 차량은 붙어 움직이므로 질량은 $2000kg$이 된다.

사용할 공식

외력이 무시되므로 충돌 전후의 총운동량이 보존된다. $m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$ 두 차량이 서로 반대 방향으로 움직이므로 속도에 반드시 부호를 붙여 대입한다.

계산 과정

충돌 전 총운동량은 $1000kg \times (+1m/s) + 1000kg \times (-3m/s) = -2000kg \cdot m/s$이다. 따라서 충돌 후 속도 v는 $2000kg \times v = -2000kg \cdot m/s$이므로 $v = -1m/s$이다. 음수이므로 충돌 후 한 덩어리는 왼쪽으로 $1m/s$ 이동한다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과가 왼쪽으로 $1m/s$이므로 옳다.
② X: '왼쪽으로 $2m/s$'가 틀렸다. 올바르게는 왼쪽으로 $1m/s$이다. $2m/s$는 충돌 전 속도의 차이를 충돌 후 속도로 잘못 본 값이다.
③ X: '오른쪽으로 $1m/s$'가 틀렸다. 속도의 크기는 $1m/s$이지만 총운동량이 음수이므로 방향은 왼쪽이다.
④ X: '오른쪽으로 $2m/s$'가 틀렸다. 올바르게는 왼쪽으로 $1m/s$이다. 방향과 속력 모두 잘못되었다.
⑤ X: '오른쪽으로 $2.5m/s$'가 틀렸다. 올바르게는 왼쪽으로 $1m/s$이다. 충돌 후에는 두 차량의 질량을 합한 $2000kg$으로 나누어야 한다.

오답 포인트

서로 반대 방향인 두 속도를 모두 양수로 더하면 안 된다. 왼쪽 차량의 $3m/s$에는 음의 부호를 붙여야 하며, 충돌 후에는 두 차량의 질량을 합한다.

다시 나오면 이렇게 판단

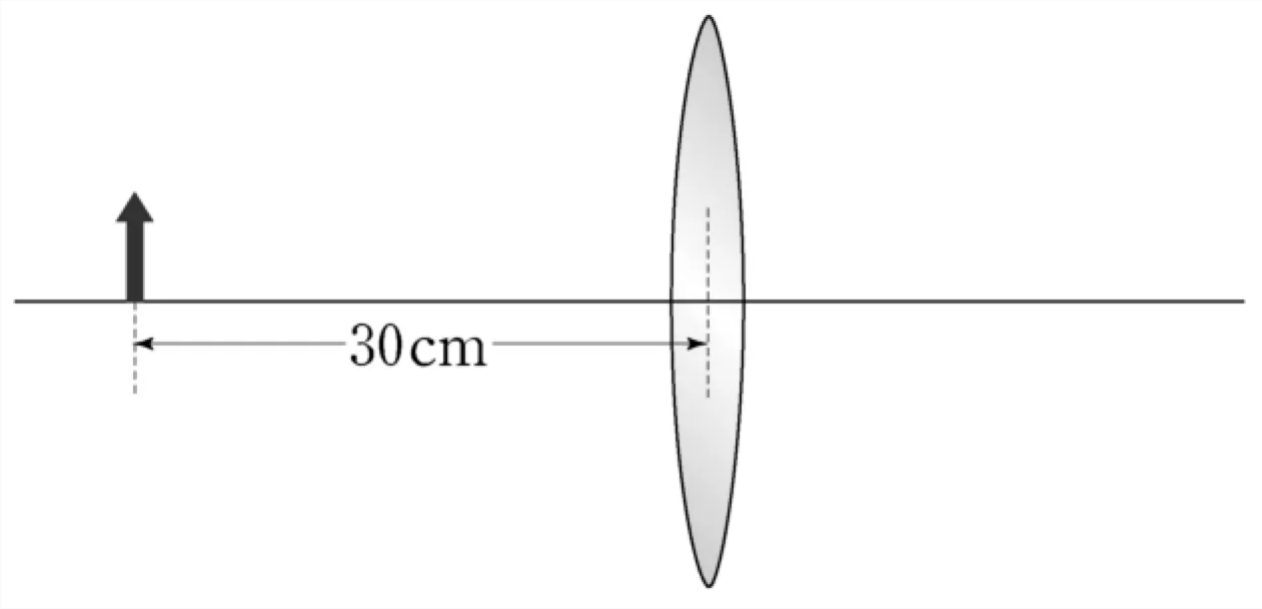
완전비탄성 충돌 문제는 기준 방향을 하나 정하고 각 속도에 부호를 붙인 뒤, 충돌 전 총운동량을 충돌 후 합쳐진 질량으로 나누어 판단한다.

암기 포인트

붙어서 움직이면 운동량은 보존되고, 충돌 후 질량은 두 물체 질량의 합이다.

NoteBase

문 6. [그림]과 같이 초점거리가 10cm이고, 두께가 매우 얇은 볼록렌즈에서 30cm 떨어진 거리에 물체가 놓여 있다. 볼록렌즈에 의해 실상이 맺힐 때, 볼록렌즈와 상이 떨어진 거리는?



① 10cm

② 15cm

③ 20cm

④ 25cm

⑤ 30cm

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 볼록렌즈의 얇은렌즈 공식을 이용하여 물체거리로부터 실상의 위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

초점거리는 $f = 10\text{cm}$이고, 물체거리는 $u = 30\text{cm}$이다. 물체가 초점거리보다 먼 곳에 있으므로 렌즈 반대편에 실상이 생긴다. 구해야 할 값은 렌즈와 상 사이의 거리 v이다.

사용할 공식

얇은렌즈 공식은 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$이다. 초점거리와 물체거리, 상의 거리를 연결하는 공식이므로 이 문제에 사용한다.

NoteBase

계산 과정

$\frac{1}{10} = \frac{1}{30} + \frac{1}{v}$
$\frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{2}{30} = \frac{1}{15}$
따라서 $v = 15\text{cm}$이다.

선지 판단

① X: 상의 거리가 10cm라는 판단은 틀리다. 10cm는 초점거리이며, 이 조건에서 상은 초점 위치에 생기지 않는다. 올바르게는 15cm이다.
② O: 계산 결과 렌즈와 상 사이의 거리는 15cm이다.
③ X: 상의 거리가 20cm라는 판단은 틀리다. 올바르게는 15cm이다.
④ X: 상의 거리가 25cm라는 판단은 틀리다. 올바르게는 15cm이다.
⑤ X: 상의 거리가 30cm라는 판단은 틀리다. 물체거리와 상의 거리를 같게 두면 안 되며, 올바르게는 15cm이다.

오답 포인트

①처럼 초점거리 10cm를 곧바로 상의 거리로 보거나, ⑤처럼 물체거리 30cm를 그대로 상의 거리로 보는 것이 함정이다. 물체가 $2f$보다 먼 $3f$ 위치에 있으므로 상은 f와 $2f$ 사이에 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

볼록렌즈 문제에서는 먼저 물체거리 u와 초점거리 f를 확인하고, $1/f = 1/u + 1/v$에 대입하여 v를 구한 뒤 선택지의 거리와 비교한다.

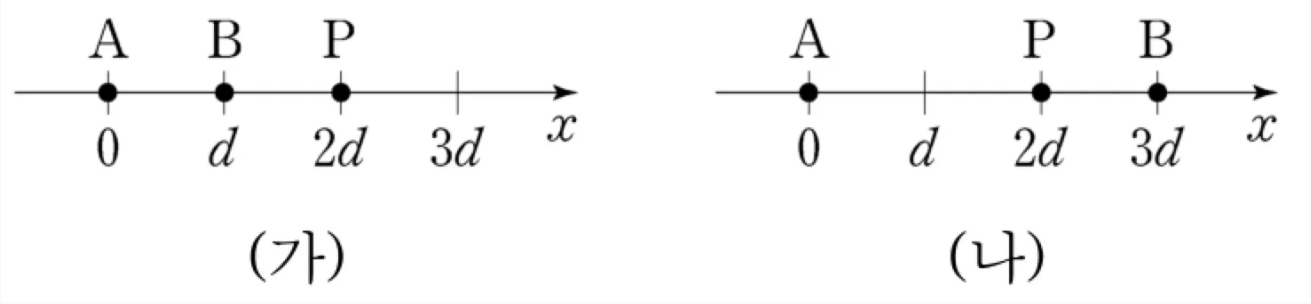
암기 포인트

볼록렌즈에서 물체가 $2f$ 밖에 있으면 실상은 f와 $2f$ 사이에 생긴다.

NoteBase

문 7. (가)는 점전하 A, B가 각각 $x = 0$, $x = d$에 고정되어 있는 것을, (나)는 (가)에서 B를 $x = 3d$에 고정시킨 것을 나타낸 것이다. 점 P는 $x = 2d$에 위치한 지점이다. P에서 A, B에 의한 전기장의 세기는 (나)에서가 (가)에서의 3배이고, 전기장의 방향은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

A, B의 전하량의 크기가 각각 q_A, q_B일 때, $\frac{q_A}{q_B}$는?



① $\frac{15}{2}$

② 8

③ $\frac{17}{2}$

④ 9

⑤ $\frac{19}{2}$

정답 2번

출제 포인트

점전하가 만드는 전기장의 방향과 거리의 제곱에 반비례하는 크기를 합성하여 두 전하량의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

A의 실제 전하를 Q_A, B의 실제 전하를 Q_B로 둔다. P는 A에서 $2d$만큼 떨어져 있으므로 A가 만드는 전기장의 크기 계수는 $kQ_A/(2d)^2 = kQ_A/(4d^2)$이다. (가)에서는 B가 P의 왼쪽 d 지점에, (나)에서는 P의 오른쪽 d 지점에 있다.

전하량의 크기는 $q_A = |Q_A|$, $q_B = |Q_B|$이다.

NoteBase

사용할 공식

점전하 Q가 거리 r인 점에 만드는 전기장의 크기는 $E = k|Q|/r^2$이다. 양전하가 만드는 전기장은 전하에서 멀어지는 방향, 음전하가 만드는 전기장은 전하 쪽 방향이다.

P에서 오른쪽을 양의 방향으로 잡으면, (가)와 (나)의 합성 전기장은 각각 E_가=(k)/(d^2)((Q_A)/(4)+Q_B), E_나=(k)/(d^2)((Q_A)/(4)-Q_B)이다. B가 P의 반대편으로 옮겨져 B가 만드는 전기장의 부호가 바뀌므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

(나)의 전기장 세기가 (가)의 3배이고 방향도 같으므로 부호를 포함하여 E_나=3E_가이다.

$$\frac{Q_A}{4} - Q_B = 3\left(\frac{Q_A}{4} + Q_B\right)$$
$$\frac{Q_A}{4} - Q_B = \frac{3Q_A}{4} + 3Q_B$$
$$Q_A = -8Q_B$$

따라서 A와 B의 전하는 서로 부호가 반대이고, 전하량의 크기 비는 $\frac{q_A}{q_B} = \left|\frac{Q_A}{Q_B}\right| = 8$이다.

선지 판단

① X: $\frac{q_A}{q_B} = \frac{15}{2}$라는 값은 전기장 조건식에서 나오지 않는다. 틀린 표현 $\frac{15}{2}$ → 올바르게는 8이다.
② O: 두 경우의 전기장에 E_나=3E_가를 적용하면 $Q_A = -8Q_B$가 되어 $\frac{q_A}{q_B} = 8$이다.
③ X: $\frac{q_A}{q_B} = \frac{17}{2}$는 조건식 $Q_A = -8Q_B$와 일치하지 않는다. 틀린 표현 $\frac{17}{2}$ → 올바르게는 8이다.
④ X: $\frac{q_A}{q_B} = 9$는 B의 위치가 바뀔 때 B에 의한 전기장 방향이 반전되는 점을 반영한 결과가 아니다. 틀린 표현 9 → 올바르게는 8이다.
⑤ X: $\frac{q_A}{q_B} = \frac{19}{2}$는 주어진 3배 조건을 만족하지 않는다. 틀린 표현 $\frac{19}{2}$ → 올바르게는 8이다.

오답 포인트

(나)에서 B는 P의 오른쪽에 있으므로, B가 만드는 전기장은 (가)에서의 값과 크기는 같아도 방향은 반대가 된다. 이 부호 반전을 빼고 두 전기장을 모두 더하면 전하량의 비를 잘못 구하게 된다. 또한 $Q_A = -8Q_B$의 음수 부호는 두 전하의 부호가 반대임을 뜻하며, 문제에서 묻는 것은 전하량의 크기 비이므로 절댓값을 취한다.

다시 나오면 이렇게 판단

일직선 위 전기장 문제에서는 관측점에서 각 전하까지의 거리를 먼저 제곱으로 반영하고, 양의 방향을 정한 뒤 각 전기장의 방향을 부호로 표시하여 합성한다. 두 상황의 세기와 방향 관계는 부호를 포함한 전기장 식으로 비교한다.

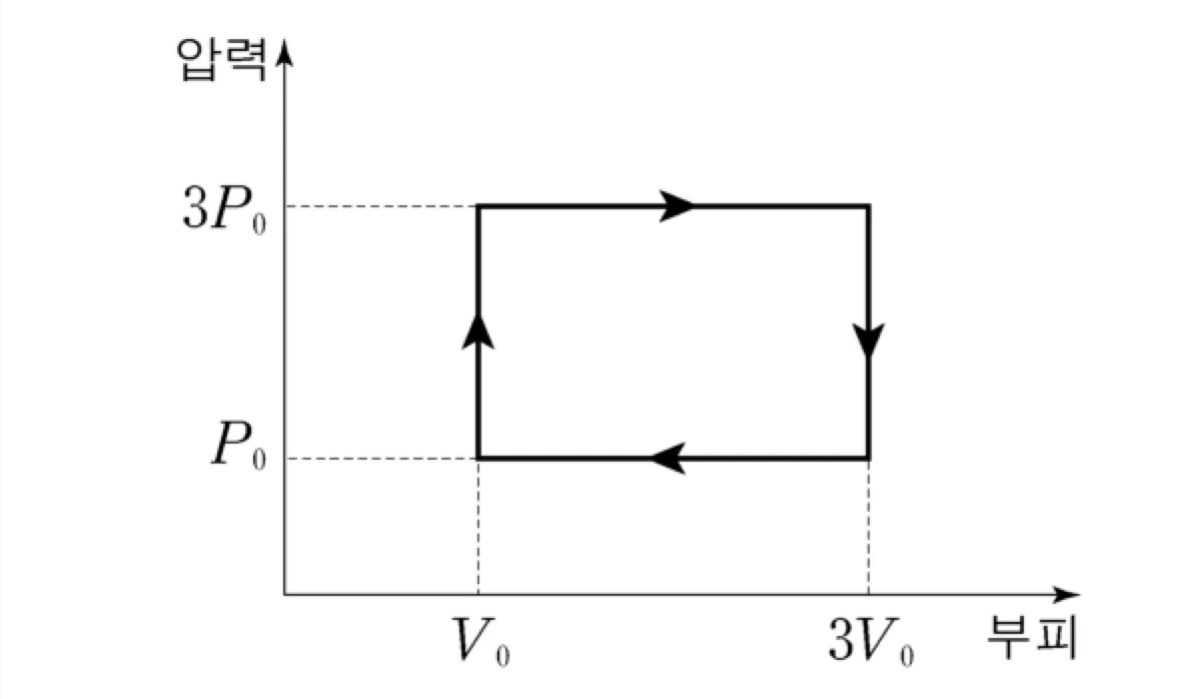
NoteBase

암기 포인트

전기장 크기는 $1/r^2$, 방향은 전하의 부호와 관측점의 좌우 위치로 결정된다. 위치를 반대편으로 옮기면 해당 전기장 항의 부호가 바뀐다.

NoteBase

문 8. [그림]은 일정량의 이상 기체의 상태가 변할 때 압력과 부피를 나타낸 것이다. 이 순환과정에서 기체가 한 일은?



① P_0V_0
② $2P_0V_0$
③ $4P_0V_0$
④ $6P_0V_0$
⑤ $9P_0V_0$

정답 3번

출제 포인트

압력-부피 P-V 선도에서 한 순환 동안 기체가 한 일은 경로가 둘러싼 면적이다.

조건 정리

압력은 P_0에서 $3P_0$까지 변하고, 부피는 V_0에서 $3V_0$까지 변한다. 화살표가 시계 방향이므로 기체가 한 일은 양수이다.

사용할 공식

순환과정에서 기체가 한 일은 P-V 선도가 둘러싼 면적과 같다. 즉, $W = (P_{max} - P_{min})(V_{max} - V_{min})$이다. 등적 과정의 일은 0이고, 두 등압 과정의 일의 합이 직사각형의 면적이 된다.

NoteBase

계산 과정

압력 차는 $3P_0 - P_0 = 2P_0$이다. 부피 차는 $3V_0 - V_0 = 2V_0$이다. 따라서 $W = (2P_0)(2V_0) = 4P_0V_0$이다.

선지 판단

① X: P_0V_0는 직사각형의 가로 또는 세로 차를 모두 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현 P_0V_0 → 올바르게는 $4P_0V_0$이다.
② X: $2P_0V_0$는 압력 차 $2P_0$ 또는 부피 차 $2V_0$ 중 하나를 P_0, V_0로 잘못 둔 값이다. 틀린 표현 $2P_0V_0$ → 올바르게는 $4P_0V_0$이다.
③ O: 직사각형의 면적은 $(3P_0 - P_0)(3V_0 - V_0) = 4P_0V_0$이다.
④ X: $6P_0V_0$는 실제 압력 차와 부피 차를 곱해 얻을 수 없는 값이다. 틀린 표현 $6P_0V_0$ → 올바르게는 $4P_0V_0$이다.
⑤ X: $9P_0V_0$는 원점부터 $3P_0$, $3V_0$까지의 전체 면적을 잘못 계산한 값이다. 순환 면적은 두 기준값 사이의 차를 사용한다. 틀린 표현 $9P_0V_0$ → 올바르게는 $4P_0V_0$이다.

오답 포인트

$3P_0 \times 3V_0 = 9P_0V_0$처럼 원점부터의 넓이를 구하는 실수가 흔하다. 순환과정의 일은 좌표값 자체가 아니라 압력 차와 부피 차가 만드는 닫힌 영역의 넓이이다.

다시 나오면 이렇게 판단

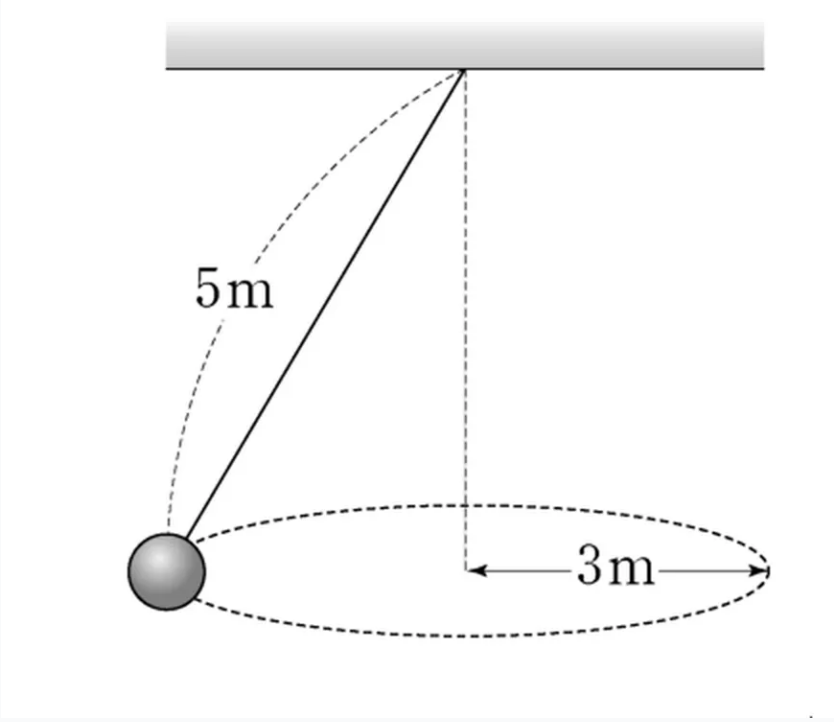
순환 P-V 선도에서는 먼저 화살표 방향으로 일의 부호를 확인하고, 세로 길이 ΔP와 가로 길이 ΔV를 곱해 넓이를 구한다. 시계 방향이면 기체가 한 일은 양수이다.

암기 포인트

P-V 선도 한 바퀴의 일 = 둘러싼 면적, 시계 방향 = 기체가 한 양의 일이다.

NoteBase

문 9. [그림]과 같이 길이가 5m인 원뿔진자의 끝에 질량이 1kg인 추가 매달려 반지름이 3m인 수평 원운동을 한다. 추의 속력은? (단, 중력가속도는 10m/s^{2}이고, 추의 크기, 줄의 질량, 마찰 및 공기저항은 무시한다.)



① $3\sqrt{2}$ m/s
② $5\sqrt{2}$ m/s
③ $\frac{3\sqrt{10}}{2}$ m/s
④ $2\sqrt{6}$ m/s
⑤ $2\sqrt{10}$ m/s

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 원뿔진자의 수직·수평 방향 힘의 평형을 이용하여 추가 반지름 $3m$의 수평 원운동을 할 때의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

줄의 길이는 $5m$, 원운동 반지름은 $3m$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다. 줄과 수직선이 이루는 각을 θ라 하면, 직각삼각형에서 $\sin\theta = 3/5$, $\cos\theta = 4/5$, $\tan\theta = 3/4$이다.

NoteBase

사용할 공식

수직 방향에서는 장력의 수직 성분이 중력과 평형이므로 $T\cos\theta = mg$이다. 수평 방향에서는 장력의 수평 성분이 구심력이므로 $T\sin\theta = mv^2/r$이다. 두 식을 나누면 $\tan\theta = v^2/(rg)$이다. 원뿔진자는 높이가 일정하므로 수직 평형과 수평 원운동을 동시에 적용한다.

계산 과정

1. $5m$를 빗변, $3m$를 수평변으로 하는 삼각형에서 $\tan\theta = 3/4$이다.
2. $v^2 = rg\tan\theta$에 $r = 3m$, $g = 10m/s^2$를 대입한다.
$v^2 = (3m)(10m/s^2)\left(\frac{3}{4}\right) = \frac{45}{2}m^2/s^2$
3. 따라서 $v = \sqrt{45/2} = \frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$이다.

선지 판단

① X — $3\sqrt{2}m/s$는 계산 결과 $\frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$와 다르다. 틀린 표현 $3\sqrt{2}m/s$ → 올바르게는 $\frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$이다.
② X — $5\sqrt{2}m/s$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현 $5\sqrt{2}m/s$ → 올바르게는 $\frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$이다.
③ O — $\frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$는 $v^2 = rg\tan\theta = 45/2m^2/s^2$의 양의 제곱근과 일치한다.
④ X — $2\sqrt{6}m/s$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $2\sqrt{6}m/s$ → 올바르게는 $\frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$이다.
⑤ X — $2\sqrt{10}m/s$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현 $2\sqrt{10}m/s$ → 올바르게는 $\frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$이다.
계산 결과가 $\frac{3\sqrt{10}}{2}m/s$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

반지름 $3m$를 줄의 길이 $5m$로 잘못 넣거나, $\tan\theta$ 대신 $\sin\theta$를 넣으면 오답이 나온다. 구심력은 수평 방향 장력 성분이 담당하므로 $T\sin\theta = mv^2/r$를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

원뿔진자에서는 먼저 줄의 길이와 원운동 반지름으로 $\tan\theta$를 구한 뒤, 수직 평형식과 수평 구심력식을 나누어 $v^2 = rg\tan\theta$를 적용한다.

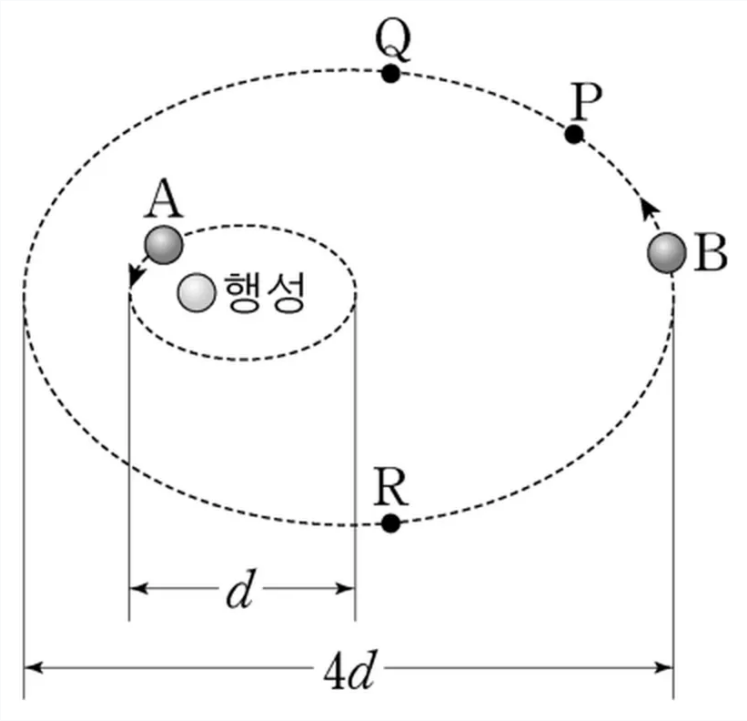
암기 포인트

원뿔진자: $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$, 즉 $v^2 = rg\tan\theta$이다.

NoteBase

문 10. [그림]과 같이 위성 A, B가 행성을 한 초점으로 하는 타원궤도를 따라 운동한다. A, B의 타원궤도의 긴지름은 각각 d, $4d$이다. A의 공전주기는 T이고, A가 한 바퀴 공전하는 동안 B는 P에서 Q까지 이동한다. B가 Q에서 R까지 운동하는 데 걸린 시간과 R에서 P까지 운동하는 데 걸린 시간은 같다.

B가 R에서 P까지 운동하는 데 걸린 시간은?



① $\frac{5}{2}T$

② $\frac{14}{5}T$

③ $3T$

④ $\frac{33}{10}T$

⑤ $\frac{7}{2}T$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 케플러 제3법칙으로 B의 공전 주기를 구한 뒤, P·Q·R 사이의 이동 시간을 이용하여 R에서 P까지의 시간을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

A와 B의 타원 궤도 장지름의 비는 $d : 4d = 1 : 4$이다. 따라서 반장축의 비도 $1 : 4$이다. A의 공전 주기는 T이고, A가 한 바퀴 도는 시간 동안 B는 P에서 Q까지 이동하므로 P에서 Q까지의 시간은 T이다. 또한 Q에서 R까지의 시간과 R에서 P까지의 시간은 같다.

사용할 공식

같은 행성을 도는 위성에는 케플러 제3법칙 $T^2 \propto a^3$, 즉 $T \propto a^{3/2}$가 적용된다. 두 위성은 같은 행성을 공전하므로 궤도의 반장축만 비교하여 공전 주기의 비를 구할 수 있다.

계산 과정

1. 반장축 비가 $a_B : a_A = 4 : 1$이므로 $T_B : T_A = 4^{3/2} : 1 = 8 : 1$이다. 따라서 B의 공전 주기는 $8T$이다.
2. R에서 P까지의 시간을 x라고 두면, 조건에 따라 Q에서 R까지의 시간도 x이다.
3. B의 한 바퀴 시간은 P에서 Q까지, Q에서 R까지, R에서 P까지의 시간의 합이므로 $T + x + x = 8T$이다.
따라서 $x = \frac{7}{2}T$이다.

선지 판단

① X. R에서 P까지의 시간은 $\frac{5}{2}T$가 아니라 $\frac{7}{2}T$이다. 틀린 표현 $\frac{5}{2}T$ → 올바르게는 $\frac{7}{2}T$이다. 이는 B의 전체 주기 $8T$에서 P→Q의 T를 뺀 나머지 시간을 두 등시간 구간으로 나누지 않은 값이다.
② X. R에서 P까지의 시간은 $\frac{14}{5}T$가 아니라 $\frac{7}{2}T$이다. 틀린 표현 $\frac{14}{5}T$ → 올바르게는 $\frac{7}{2}T$이다. 장지름 비 4를 주기 비 4로 잘못 처리하면 이러한 오답이 생길 수 있으며, 주기는 반장축의 3/2제곱에 비례한다.
③ X. R에서 P까지의 시간은 $3T$가 아니라 $\frac{7}{2}T$이다. 틀린 표현 $3T$ → 올바르게는 $\frac{7}{2}T$이다. P→Q에 걸린 T를 포함한 전체 주기 $8T$를 세 구간에 똑같이 나누면 안 된다.
④ X. R에서 P까지의 시간은 $\frac{33}{10}T$가 아니라 $\frac{7}{2}T$이다. 틀린 표현 $\frac{33}{10}T$ → 올바르게는 $\frac{7}{2}T$이다. Q→R와 R→P만 서로 같은 시간이고, P→Q는 T라는 별도 조건이다.
⑤ O. $T + x + x = 8T$에서 $x = \frac{7}{2}T$이므로 R에서 P까지 걸린 시간은 $\frac{7}{2}T$이다.

오답 포인트

장지름 비가 4이므로 주기 비도 4라고 판단하는 오류가 대표적이다. 케플러 제3법칙에서는 주기가 반장축의 3/2제곱에 비례하므로 B의 주기는 A의 8배이다. 또 세 구간 중 P→Q만 T이고, 나머지 두 구간만 서로 같다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 중심천체를 공전하는 문제에서는 먼저 $T \propto a^{3/2}$로 전체 공전 주기를 구한다. 이어 그림의 이동 방향대로 한 바퀴를 시간 구간으로 나누고, 주어진 등시간 조건을 식으로 세워 구한다.

NoteBase

암기 포인트

같은 행성 주위 공전: 반장축이 4배이면 주기는 $4^{3/2} = 8$배이다.

NoteBase

문 11. [그림]과 같이 질량이 같은 세 물체 A, B, C를 접촉시켰다. 일정한 시간이 흐른 후 (가)와 (나)에서 열평형온도는 $2T_0$으로 같다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 외부와의 열교환은 없다.)



<보기>

ㄱ. (가)에서 B는 열을 흡수하였다.

ㄴ. A와 B는 열용량이 같다.

ㄷ. A와 C는 다른 물질이다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

질량이 같은 물체들이 열평형에 이를 때, 고온 물체가 잃은 열량과 저온 물체가 얻은 열량이 같다는 원리로 비열과 열의 이동 방향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

세 물체의 질량은 모두 m으로 같다.
(가)에서는 A의 온도가 $3T_0$에서 $2T_0$로 내려가고, B의 온도가 T_0에서 $2T_0$로 올라간다.
(나)에서는 A의 온도가 $4T_0$에서 $2T_0$로 내려가고, C의 온도가 T_0에서 $2T_0$로 올라간다.
외부와 열교환이 없으므로 두 물체 사이에서 잃은 열량과 얻은 열량의 크기는 같다.

NoteBase

사용할 공식

열량의 크기는 $Q = mc\Delta T$이다. 열평형에서는 고온 물체가 잃은 열량의 크기와 저온 물체가 얻은 열량의 크기가 같으므로 m c_고온Δ T_고온=m c_저온Δ T_저온를 사용한다. 세 물체의 질량이 같으므로 비교할 때 질량 m은 약분된다.

계산 과정

(가)에서 A가 잃은 열량과 B가 얻은 열량은 다음과 같다.
$mc_A(3T_0 - 2T_0) = mc_B(2T_0 - T_0)$
따라서 $mc_AT_0 = mc_BT_0$이므로 $c_A = c_B$이다. 또한 B의 온도가 T_0에서 $2T_0$로 상승하므로 B는 열을 흡수한다.

(나)에서는
$mc_A(4T_0 - 2T_0) = mc_C(2T_0 - T_0)$
이므로 $2mc_AT_0 = mc_CT_0$, 즉 $c_C = 2c_A$이다. A와 C의 비열이 다르므로 서로 다른 물질이다.

선지 판단

① ㄱ: X. ㄱ은 참이지만 ㄴ, ㄷ도 참이다. ‘ㄱ만 옳다’는 판단은 틀린 표현이며, 올바르게는 ‘ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다’이다.
② ㄱ, ㄴ: X. ㄱ과 ㄴ은 참이지만 ㄷ도 참이다. ‘ㄱ, ㄴ만 옳다’는 틀린 표현이며, 올바르게는 ‘ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다’이다.
③ ㄱ, ㄷ: X. ㄱ과 ㄷ은 참이지만 ㄴ도 참이다. ‘ㄱ, ㄷ만 옳다’는 틀린 표현이며, 올바르게는 ‘ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다’이다.
④ ㄴ, ㄷ: X. ㄴ과 ㄷ은 참이지만 ㄱ도 참이다. ‘ㄴ, ㄷ만 옳다’는 틀린 표현이며, 올바르게는 ‘ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다’이다.
⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ: O. (가)에서 B는 온도가 상승하여 열을 흡수하고, $c_A = c_B$이다. (나)에서 $c_C = 2c_A$이므로 A와 C는 서로 다른 물질이다.

오답 포인트

(가)와 (나)의 평형 온도가 모두 $2T_0$이라는 사실만 보고 비열이 모두 같다고 판단하면 안 된다. 특히 (나)에서는 A의 온도 변화가 $2T_0$, C의 온도 변화가 T_0로 달라 C의 비열이 A의 2배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

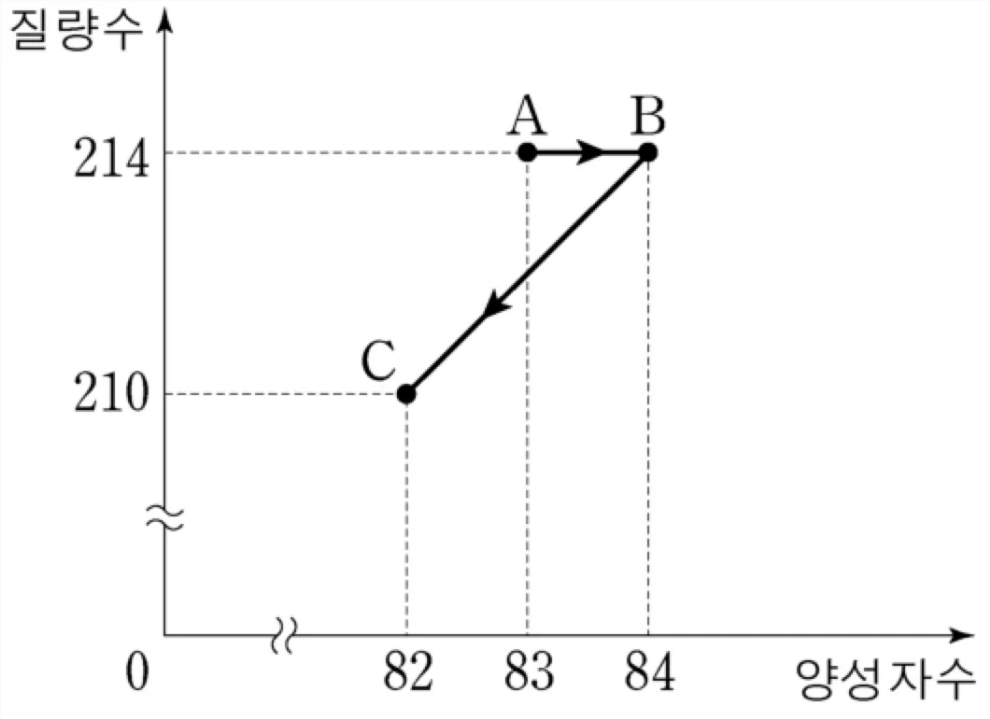
열평형 문제에서는 먼저 각 물체의 처음·나중 온도를 적어 온도 변화량을 구한다. 그다음 고온 물체의 $mc\Delta T$와 저온 물체의 $mc\Delta T$를 같게 놓고, 온도가 상승한 물체는 열을 흡수했는지 함께 확인한다.

암기 포인트

단열된 두 물체의 접촉에서는 ‘잃은 열량 = 얻은 열량’이며, 질량이 같으면 비열은 온도 변화량에 반비례한다.

NoteBase

문 12. [그림]은 방사성원소 A가 A → B → C로 붕괴하는 과정에서 질량수와 양성자수를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

ㄱ. A의 중성자수는 130이다.

ㄴ. A → B 과정은 γ붕괴이다.

ㄷ. B → C 과정에서 α입자가 방출된다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

질량수-양성자수 도식에서 A는 질량수 214, 양성자수 83이므로 중성자수는 131이다. A→B는 질량수는 같고 양성자수가 1 증가하는 β^- 붕괴이며, B→C는 질량수가 4 감소하고 양성자수가 2 감소하는 α 붕괴이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: ㄱ만 옳다고 한 조합이다. ㄱ의 'A의 중성자수는 130이다'가 틀리다. 중성자수는 질량수 214에서 양성자수 83을 뺀 131이다. 또한 ㄷ은 옳다. 틀린 표현 ㄱ만 → 올바르게는 ㄷ만이다.
② O: ㄷ만 옳다고 한 조합이다. B(질량수 214, 양성자수 84)에서 C(질량수 210, 양성자수 82)로 갈 때 질량수는 4, 양성자수는 2 감소하므로 α 입자가 방출된다.
③ X: ㄱ, ㄴ이 옳다고 한 조합이다. ㄱ의 중성자수 130은 131로 고쳐야 하고, ㄴ의 'γ붕괴'도 틀리다. A→B에서는 질량수 변화 없이 양성자수가 1 증가하므로 β^- 붕괴이다. 틀린 표현 ㄱ, ㄴ → 올바르게는 ㄷ만이다.
④ X: ㄴ, ㄷ이 옳다고 한 조합이다. ㄴ의 'A→B 과정은 γ붕괴이다'가 틀리다. γ붕괴는 질량수와 양성자수가 모두 변하지 않지만, A→B에서는 양성자수가 83에서 84로 증가한다. 틀린 표현 ㄴ, ㄷ → 올바르게는 ㄷ만이다.
⑤ X: ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다고 한 조합이다. ㄷ만 옳고 ㄱ과 ㄴ은 각각 중성자수와 붕괴 종류가 틀리다. 틀린 표현 ㄱ, ㄴ, ㄷ 모두 → 올바르게는 ㄷ만이다.

오답 포인트

A→B에서 질량수 214가 변하지 않는다는 점만 보고 γ붕괴로 판단하기 쉽다. 그러나 γ붕괴는 양성자수도 변하지 않으며, 이 도식에서는 양성자수가 83에서 84로 1 증가하므로 β^- 붕괴이다.

다시 나오면 이렇게 판단

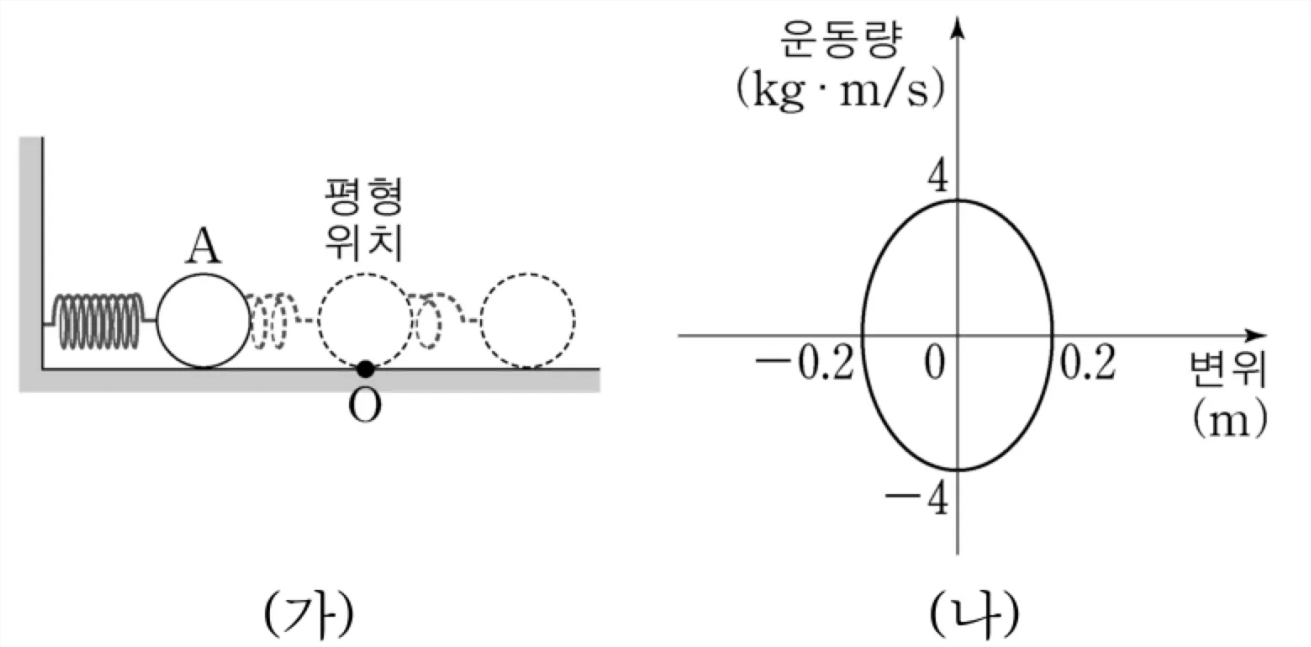
각 과정에서 질량수와 양성자수의 변화량을 먼저 비교한다. 질량수 변화 없이 양성자수 1 증가이면 β^- 붕괴, 질량수 4 감소와 양성자수 2 감소가 함께 나타나면 α 붕괴, 두 수가 모두 변하지 않으면 γ붕괴이다.

암기 포인트

β^-: 질량수 그대로·양성자수 1 증가, α: 질량수 4 감소·양성자수 2 감소, γ: 두 수 모두 그대로이다.

NoteBase

문 13. (가)는 마찰이 없는 수평면에서 용수철에 매달린 물체 A가 단진동하는 것을, (나)는 평형 위치인 O로부터의 변위에 따른 A의 운동량을 나타낸 것이다. A의 단진동 주기는 $\frac{\pi}{4}$초이다.



A의 질량은? (단, 용수철 질량과 공기저항은 무시한다.)

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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단순 조화 운동에서 최대 운동량 $p_{max} = mv_{max} = m\omega A$를 이용하여 물체의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

운동량-변위 그래프의 가로 반지름에서 진폭은 $A = 0.2m$이고, 세로 반지름에서 최대 운동량은
$p_{max} = 4kg \cdot m/s$이다.
주기는 $T = \pi/4s$이다.
구할 값은 물체 A의 질량 m이다.

NoteBase

사용할 공식

단순 조화 운동의 각진동수는 $\omega = 2\pi/T$, 최대 속력은 $v_{max} = \omega A$이다. 따라서 최대 운동량은 $p_{max} = mv_{max} = m\omega A$이다.
운동량은 속력이 최대인 평형 위치에서 최대가 되므로, 운동량-변위 그래프의 세로 최댓값을 이 공식에 적용한다.

계산 과정

1. $\omega = 2\pi/(\pi/4) = 8 rad/s$이다.
2. $v_{max} = \omega A = 8 \times 0.2 = 1.6 m/s$이다.
3. $m = p_{max}/v_{max} = 4/1.6 = 2.5 kg = 5/2 kg$이다.

선지 판단

① X. $1 kg$이면 최대 운동량은 $1 \times 1.6 = 1.6 kg \cdot m/s$가 되어 그래프의 $4 kg \cdot m/s$와 맞지 않는다. 틀린 값 $1 kg$ → 올바르게는 $5/2 kg$이다.
② X. $3/2 kg$이면 최대 운동량은 $1.5 \times 1.6 = 2.4 kg \cdot m/s$이다. 틀린 값 $3/2 kg$ → 올바르게는 $5/2 kg$이다.
③ X. $2 kg$이면 최대 운동량은 $2 \times 1.6 = 3.2 kg \cdot m/s$이다. 틀린 값 $2 kg$ → 올바르게는 $5/2 kg$이다.
④ O. $5/2 kg$이면 최대 운동량은 $(5/2) \times 1.6 = 4 kg \cdot m/s$로 그래프와 일치한다.
⑤ X. $3 kg$이면 최대 운동량은 $3 \times 1.6 = 4.8 kg \cdot m/s$이다. 틀린 값 $3 kg$ → 올바르게는 $5/2 kg$이다.

오답 포인트

그래프의 세로축은 속력이 아니라 운동량이다. 따라서 $4 kg \cdot m/s$를 바로 최대 속력으로 두면 안 되며, 먼저 $v_{max} = \omega A$를 구한 뒤 $p_{max} = mv_{max}$를 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

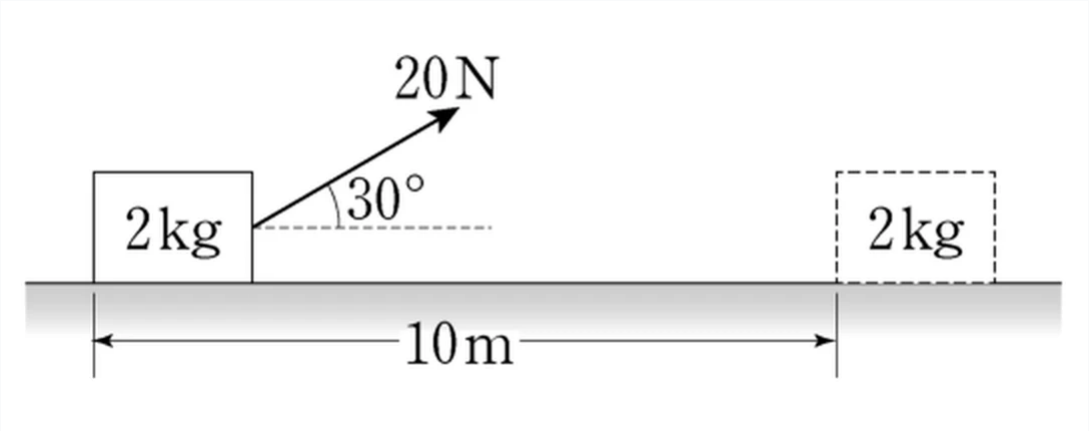
단순 조화 운동의 p-x 그래프에서는 가로 최댓값으로 진폭 A, 세로 최댓값으로 최대 운동량 p_{max}를 읽는다. 이어서 $T \to \omega \to v_{max} \to m$ 순서로 계산한다.

암기 포인트

단순 조화 운동에서 $v_{max} = \omega A$, $p_{max} = m\omega A$이며, 최대 운동량은 평형 위치에서 나타난다.

NoteBase

문 14. [그림]은 질량이 2kg인 물체에 수평면과 30°의 각을 이루는 방향으로 20N의 힘을 작용하여 일정한 속도로 5초 동안 10m를 이동하는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기저항은 무시한다.)



<보기>

ㄱ. 힘이 물체에 한 일은 200J이다.

ㄴ. 힘이 물체에 한 일률은 $20\sqrt{3}$ W이다.

ㄷ. 물체와 수평면 사이에 작용하는 운동 마찰력의 크기는 10N이다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 힘의 수평 성분이 한 일, 일률, 등속도 조건에서의 운동 마찰력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 힘은 $20N$, 힘과 수평면 사이의 각은 30°, 수평 이동 거리는 $10m$, 이동 시간은 $5s$이다.
물체는 일정한 속도로 움직이므로 수평 방향 합력은 0이다.
이동 방향은 수평 방향이므로 힘이 한 일에는 힘의 수평 성분 $20\cos 30^\circ$만 기여한다.

NoteBase

사용할 공식

힘이 한 일:

$W = Fs\cos\theta$

일률:

$P = \frac{W}{t}$

등속도 조건:

$\sum F_x = 0$

이 공식을 쓰는 이유는 변위가 수평 방향이므로 힘 전체 $20N$이 아니라 변위 방향 성분만 일을 하고, 등속도 운동에서는 수평 방향 가속도가 0이어서 마찰력이 수평 성분과 크기가 같아지기 때문이다.

계산 과정

1. 힘이 물체에 한 일은

$W = 20 \times 10 \times \cos 30^\circ = 200 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 100\sqrt{3}J$

이다.

2. 일률은

$P = \frac{W}{t} = \frac{100\sqrt{3}}{5} = 20\sqrt{3}W$

이다.

3. 등속도이므로 수평 방향 합력은 0이고, 운동 마찰력의 크기는

$f_k = 20\cos 30^\circ = 10\sqrt{3}N$

이다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ. X
- 힘이 한 일은 $20 \times 10 = 200J$가 아니라, 변위 방향 성분만 곱한 $100\sqrt{3}J$이다. 틀린 표현은 "200 J"이고, 올바르게는 $100\sqrt{3}J$이다.

ㄴ. O
- 일률은 힘이 한 일을 시간으로 나눈 값이므로 $100\sqrt{3}J \div 5s = 20\sqrt{3}W$이다.

ㄷ. X
- 등속도 운동에서는 수평 방향에서 $20\cos 30^\circ$와 마찰력이 평형을 이루므로 운동 마찰력은 $10\sqrt{3}N$이다. 틀린 표현은 "10 N"이고, 올바르게는 $10\sqrt{3}N$이다.

① X
- ㄱ만 옳다는 선택지이지만, ㄱ은 일이 $200J$라고 보아 힘의 방향과 변위 방향의 각을 빠뜨렸으므로 틀리다.

② O
- ㄴ만 옳다. 일률 $20\sqrt{3}W$는 계산 결과와 일치하고, ㄱ과 ㄷ은 각각 일과 마찰력 값을 잘못 제시했다.

③ X
- ㄱ, ㄷ이 옳다는 선택지이지만, ㄱ의 올바른 일은 $100\sqrt{3}J$, ㄷ의 올바른 마찰력은 $10\sqrt{3}N$이므로 둘 다 틀리다.

④ X
- ㄴ, ㄷ이 옳다는 선택지이지만, ㄷ의 $10N$은 힘의 수평 성분이 아니라 수직 성분 $20\sin 30^\circ$과 혼동한 값이다.

⑤ X
- ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다는 선택지이지만, 실제로는 ㄴ만 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 비스듬히 작용하는 힘 $20N$ 전체를 수평 변위 $10m$에 그대로 곱하는 것이다. 일은 변위 방향 성분만 사용하므로 $\cos 30^\circ$가 필요하고, 마찰력도 등속도 조건에서 수평 성분 $20\cos 30^\circ$와 같아진다. ㄷ의 $10N$은 수직 성분 $20\sin 30^\circ$을 마찰력으로 착각한 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

비스듬한 힘과 수평 변위가 함께 나오면 먼저 힘을 수평 성분과 수직 성분으로 나눈다. 일과 일률은 변위 방향 성분으로 계산하고, 등속도라는 말이 있으면 운동 방향의 합력을 0으로 놓아 마찰력을 구한다.

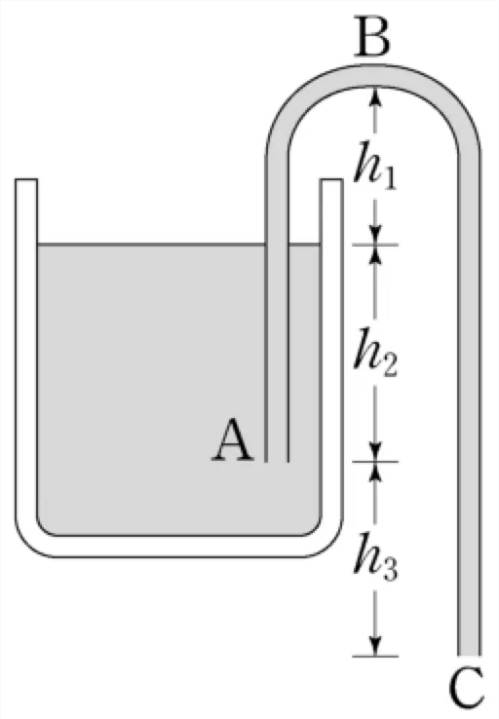
NoteBase

암기 포인트

수평 이동에서 비스듬한 힘의 일은 $F s \cos\theta$, 일률은 W/t, 등속도 운동의 마찰력은 당기는 힘의 수평 성분과 크기가 같다.

NoteBase

문 15. [그림]은 통 안에 담긴 액체를 빨아내는 사이펀을 나타낸 것이다. ABC관을 액체로 한번 채우면 통 안에 있는 액체의 높이가 관의 입구 A와 같아질 때까지 액체가 계속해서 흘러나간다. 사이펀 관의 단면적은 통의 단면적에 비해 매우 작다. C에서 액체가 흘러나오는 속력은? (단, 액체의 점성은 무시하며, 중력가속도는 g 이다.)



① $\sqrt{2gh_2}$
② $\sqrt{2gh_3}$
③ $\sqrt{2g(h_2+h_3)}$
④ $\sqrt{2g(h_1+h_2+h_3)}$
⑤ $\sqrt{2g(h_2+h_3-h_1)}$

정답 3번

출제 포인트

큰 통의 자유수면과 출구 C 사이에 베르누이 방정식을 적용하여 사이펀의 유출 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

통의 단면적이 관의 단면적보다 매우 크므로 자유수면의 속도는 0으로 본다. 자유수면과 출구 C는 모두 대기와 접하므로 두 지점의 압력은 같다. 자유수면은 A보다 h_2만큼 높고, C는 A보다 h_3만큼 낮으므로 자유수면에서 C까지의 전체 낙차는 $h_2 + h_3$이다.

NoteBase

사용할 공식

자유수면을 S, 출구를 C라 하면 $p_S + \frac{1}{2}\rho v_S^2 + \rho g z_S = p_C + \frac{1}{2}\rho v_C^2 + \rho g z_C$ 이다. $p_S = p_C$, $v_S \simeq 0$, $z_S - z_C = h_2 + h_3$이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

압력항은 서로 상쇄되고 자유수면의 속도는 무시된다. 따라서 $\frac{1}{2}\rho v_C^2 = \rho g(h_2 + h_3)$ 이며, $v_C = \sqrt{2g(h_2 + h_3)}$ 이다.

선지 판단

① X: $\sqrt{2gh_2}$는 C가 A와 같은 높이에 있다고 본 값이다. 실제로 C는 A보다 h_3만큼 더 낮으므로 $\sqrt{2g(h_2 + h_3)}$가 되어야 한다.
② X: $\sqrt{2gh_3}$는 자유수면이 A와 같은 높이라고 본 값이다. 자유수면은 A보다 h_2만큼 높으므로 h_2를 더해야 한다.
③ O: 자유수면과 C의 높이 차가 $h_2 + h_3$이므로 $\sqrt{2g(h_2 + h_3)}$이다.
④ X: $\sqrt{2g(h_1 + h_2 + h_3)}$는 관의 최고점 B까지의 높이 h_1을 낙차에 포함한 값이다. 속도는 자유수면과 출구 C의 높이 차로 정해지므로 h_1은 포함되지 않는다.
⑤ X: $\sqrt{2g(h_2 + h_3 - h_1)}$는 B를 넘는 데 h_1만큼의 에너지가 별도로 소모된다고 본 값이다. 관 내부에서 높이가 올랐다가 내려가는 경로는 최종 두 지점의 높이 차를 바꾸지 않으므로 h_1을 빼지 않는다.

오답 포인트

사이펀 관의 꼭대기 B가 높아 보여도, 점성이 무시되는 정상 유동에서 출구 속도는 관의 경로가 아니라 자유수면과 출구의 높이 차로 결정된다. h_1은 관 내부 압력에는 영향을 줄 수 있으나 이 유출 속도 식에는 들어가지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

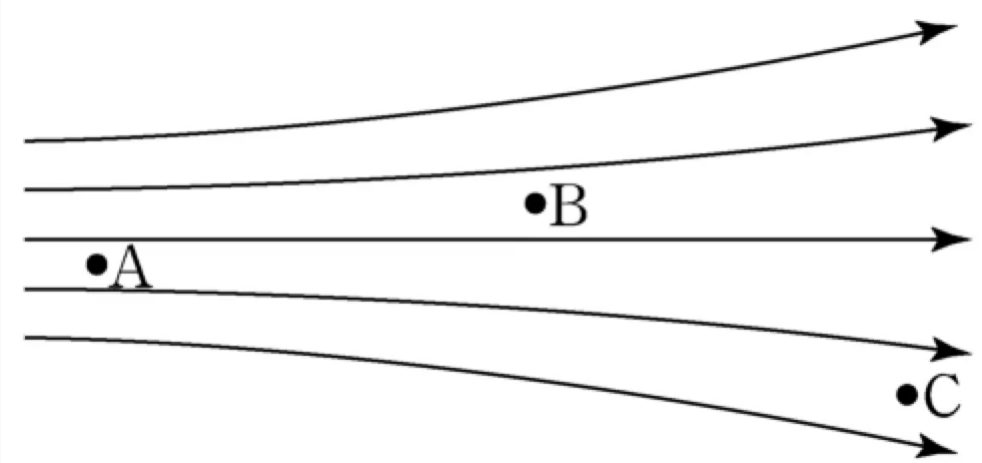
사이펀 문제에서는 큰 통의 자유수면과 출구를 두 점으로 잡는다. 두 점이 모두 대기에 열려 있으면 압력항을 지우고, 통이 충분히 크면 자유수면의 속도를 0으로 두어 두 점의 수직 높이 차만 사용한다.

암기 포인트

사이펀의 유출 속도는 '자유수면에서 출구까지의 낙차'로 정해지며, 관 꼭대기의 높이는 속도식에 들어가지 않는다.

NoteBase

문 16. [그림]은 자기장 내의 일부분을 자기력선으로 나타낸 것이다. 세 지점 A, B, C에서 자기장의 세기를 비교한 것으로 옳은 것은?



① $A < B < C$

② $B < A < C$

③ $B < C < A$

④ $C < A < B$

⑤ $C < B < A$

정답 5번

출제 포인트

자기력선이 촘촘할수록 자기장이 세다는 성질을 이용하여, 그림의 A·B·C에서 자기력선 사이 간격을 비교하는 문제이다. A 부근이 가장 촘촘하고, 오른쪽으로 갈수록 자기력선이 벌어져 B, C 순으로 성긴다.

선지별 해설

① X. A에서 C로 갈수록 자기력선 간격이 넓어지므로 자기장은 강해지지 않고 약해진다. 틀린 표현 'A < B < C' → 올바르게는 'C < B < A'이다.

② X. B보다 A에서 자기력선이 더 촘촘하고, C에서는 가장 성기다. 틀린 표현 'B < A < C' → 올바르게는 'C < B < A'이다.

③ X. C의 자기력선 간격이 B보다 더 넓으므로 C의 자기장이 더 약하다. 틀린 표현 'B < C < A' → 올바르게는 'C < B < A'이다.

④ X. A의 자기력선 간격이 B보다 더 좁으므로 A의 자기장이 더 세다. 틀린 표현 'C < A < B' → 올바르게는 'C < B < A'이다.

⑤ O. 자기력선 간격은 A에서 가장 좁고 B에서 그보다 넓으며 C에서 가장 넓다. 따라서 자기장 세기는 C < B < A이다.

NoteBase

오답 포인트

자기력선의 진행 방향이 오른쪽이라는 사실은 세기 비교의 기준이 아니다. 세기는 화살표 방향이 아니라 같은 면적을 지나는 자기력선의 조밀함으로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

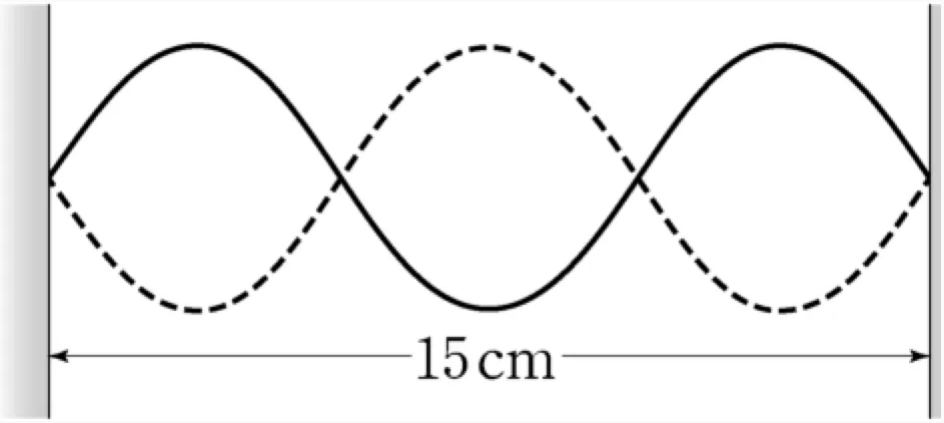
각 지점 주변에서 이웃한 자기력선 사이의 간격을 같은 크기로 비교한다. 간격이 좁은 곳은 자기장이 세고, 간격이 넓은 곳은 자기장이 약하다.

암기 포인트

자기력선 촘촘 → 자기장 강함, 자기력선 성김 → 자기장 약함이다.

NoteBase

문 17. [그림]과 같이 양쪽이 고정된 길이가 15cm인 팽팽한 줄 위에서 파동의 속력이 20m/s로 진행하고 있다. 위 정상파의 진동수는?



① 100Hz

② 150Hz

③ 200Hz

④ 300Hz

⑤ 400Hz

정답 3번

출제 포인트

양 끝이 고정된 줄의 정상파에서 줄 길이와 파장 관계를 구한 뒤, 파동의 속력 관계 $v = f\lambda$로 진동수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

줄의 길이는 $L = 15cm = 0.15m$이고, 파동의 속력은 $v = 20m/s$이다. 그림에서는 양 끝이 마디이며 줄 전체에 반파장 3개가 들어가 있으므로 $L = 3\lambda/2$이다.

사용할 공식

정상파의 길이 관계는 $L = n\lambda/2$이고, 진행파의 속력 관계는 $v = f\lambda$이다. 양 끝이 고정된 줄에서는 양 끝이 마디가 되며, 그림의 마디 사이 구간 수가 반파장의 개수를 나타내므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 그림에서 $n = 3$이므로 $0.15 = 3\lambda/2$이다.
2. 따라서 $\lambda = 2 \times 0.15/3 = 0.10m$이다.
3. $f = v/\lambda = 20/0.10 = 200Hz$이다.

선지 판단

① X: 계산한 진동수는 $200Hz$이므로 $100Hz$는 맞지 않는다. 틀린 표현 "100 Hz" → 올바르게는 "200 Hz"이다.
② X: 계산한 진동수는 $200Hz$이므로 $150Hz$는 맞지 않는다. 틀린 표현 "150 Hz" → 올바르게는 "200 Hz"이다.
③ O: $\lambda = 0.10m$와 $v = 20m/s$를 대입하면 $f = 200Hz$이므로 옳다.
④ X: 계산한 진동수는 $200Hz$이므로 $300Hz$는 맞지 않는다. 틀린 표현 "300 Hz" → 올바르게는 "200 Hz"이다.
⑤ X: 계산한 진동수는 $200Hz$이므로 $400Hz$는 맞지 않는다. 틀린 표현 "400 Hz" → 올바르게는 "200 Hz"이다.

오답 포인트

그림의 마디 사이 구간 3개를 파장 3개로 세면 안 된다. 마디와 마디 사이는 $\lambda/2$이므로, 이 그림의 $15cm$는 $3\lambda/2$에 해당한다. 또한 cm를 m로 바꾸지 않으면 진동수 단위가 맞지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

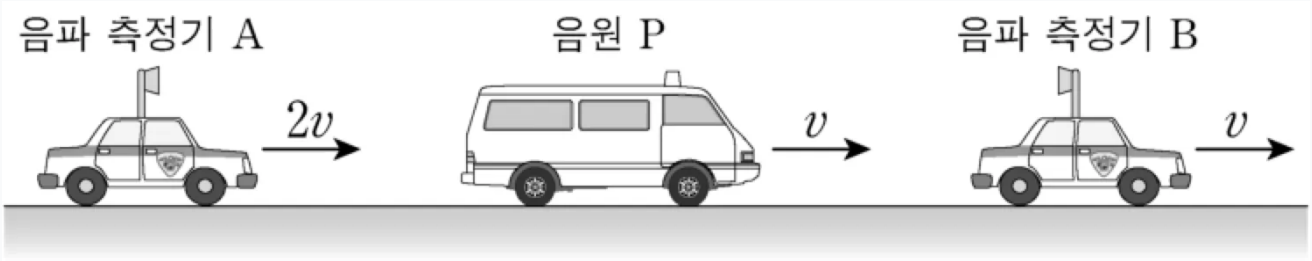
양 끝이 고정된 정상파에서는 먼저 마디 사이 구간 수 n을 세어 $L = n\lambda/2$를 적용하고, 길이를 m로 환산한 뒤 $f = v/\lambda$를 계산한다.

암기 포인트

고정단-고정단 정상파: 마디 사이 한 구간은 $\lambda/2$, $L = n\lambda/2$이다.

NoteBase

문 18. [그림]과 같이 직선 도로를 따라 음파 측정기 A와 B, 음원 P가 같은 방향으로 운동하고 있다. P에서 일정한 진동수의 음파가 발생한다. A, P, B의 속력은 각각 $2v$, v, v이고, A, B가 측정한 P에서 발생한 소리의 진동수는 각각 f_A, f_B이다. 이때 $\frac{f_A}{f_B}$의 값은? (단, 음파의 속력은 v_0이고, A, P, B는 동일 직선상에서 운동한다.)



① $\frac{v_0+2v}{v_0+v}$
② $\frac{v_0+2v}{v_0-v}$
③ $\frac{v_0-2v}{v_0-v}$
④ $\frac{v_0+v}{v_0+2v}$
⑤ $\frac{v_0-v}{v_0-2v}$

정답 1번

출제 포인트

움직이는 음원과 측정기의 운동 방향을 파동 진행 방향별로 나누어 도플러 효과를 적용하는 문제이다.

조건 정리

음속은 v_0, 음원 P의 발생 진동수는 f이다. A 쪽 음파는 왼쪽으로, B 쪽 음파는 오른쪽으로 진행한다. P가 오른쪽으로 움직이므로 뒤쪽 A 방향의 파장은 $\lambda_A = (v_0 + v)/f$, 앞쪽 B 방향의 파장은 $\lambda_B = (v_0 - v)/f$가 된다.

사용할 공식

측정 진동수는 측정기가 파면을 만나는 상대 속도를 그 방향의 파장으로 나누어 구한다. 즉 $f_{obs} = v_{rel}/\lambda$이다. 음원의 운동은 파장을 바꾸고, 측정기의 운동은 파면을 만나는 상대 속도를 바꾼다.

계산 과정

A에서는 음파가 왼쪽으로 진행하고 A는 오른쪽으로 움직이므로, A가 파면을 만나는 속력은 $v_0 + 2v$이다.
따라서 $f_A = (v_0 + 2v)/\lambda_A = f(v_0 + 2v)/(v_0 + v)$이다.
B에서는 음파가 오른쪽으로 진행하고 B도 오른쪽으로 v로 움직이므로, 파면을 만나는 속력은 $v_0 - v$이다.
따라서 $f_B = (v_0 - v)/\lambda_B = f$이다.
그러므로 $f_A/f_B = (v_0 + 2v)/(v_0 + v)$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과가 $\frac{v_0+2v}{v_0+v}$이므로 옳다.
② X: 분모의 v_0-v가 틀렸다. A는 음원 P의 뒤쪽이므로 뒤쪽 파장은 v_0+v에 비례한다. 올바르게는 $\frac{v_0+2v}{v_0+v}$이다.
③ X: 분자의 v_0-2v와 분모의 v_0-v가 틀렸다. A는 왼쪽 진행 파동을 오른쪽으로 향해 만나므로 상대 속력은 v_0+2v이고, 뒤쪽 파장에는 v_0+v가 들어간다. 올바르게는 $\frac{v_0+2v}{v_0+v}$이다.
④ X: 분자와 분모가 뒤바뀌었다. f_A는 f보다 커지고 $f_B=f$이므로 비는 1보다 커야 한다. 올바르게는 $\frac{v_0+2v}{v_0+v}$이다.
⑤ X: v_0-2v를 A의 상대 속력으로 둔 것이 틀렸다. A는 왼쪽 진행 음파와 마주 움직이므로 상대 속력은 감소하지 않고 v_0+2v가 된다. 올바르게는 $\frac{v_0+2v}{v_0+v}$이다.

오답 포인트

P의 앞쪽과 뒤쪽에서 파장이 반대로 변하는 점을 놓치기 쉽다. 또한 A의 운동은 왼쪽 진행 음파와 마주하는 방향이므로 v_0-2v가 아니라 v_0+2v를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

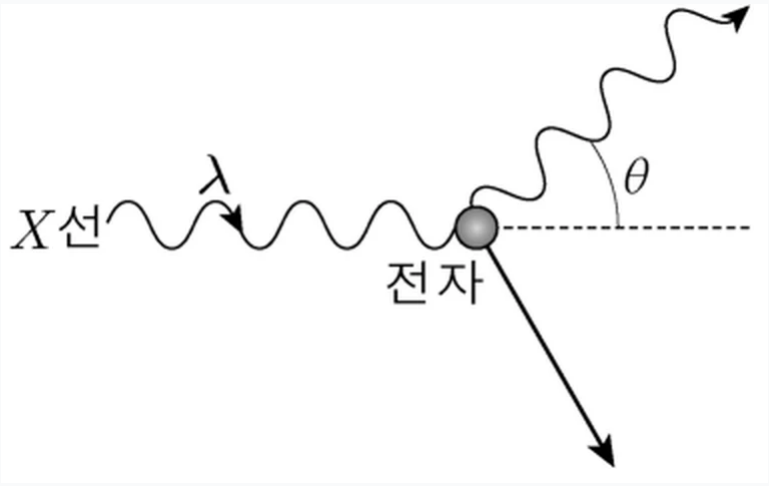
각 측정기 쪽 음파의 진행 방향을 먼저 정한 뒤, 음원 운동으로 그 방향의 파장을 구한다. 이어 측정기가 파면을 만나는 상대 속도를 파장으로 나누어 측정 진동수를 구한다.

암기 포인트

음원 앞쪽 파장: v_0-v, 음원 뒤쪽 파장: v_0+v에 비례한다. 측정기가 파동과 마주 움직이면 측정 진동수는 커진다.

NoteBase

문 19. [그림]과 같이 진공 상태에서 파장이 λ인 X선이 정지해 있는 질량 m인 전자와 충돌하여 각 θ로 산란되었다. 산란각 $\theta = 60^\circ$일 때, 충돌 전후 X선의 파장의 변화량은? (단, 플랑크 상수는 h이고, 진공에서 빛의 속력은 c이다.)



① $\frac{h}{3mc}$
② $\frac{h}{2mc}$
③ $\frac{2h}{3mc}$
④ $\frac{h}{mc}$
⑤ $\frac{3h}{2mc}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 콤프턴 산란에서 산란각 θ가 주어졌을 때 X선의 파장 변화량 $\Delta\lambda$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 산란각 $\theta = 60^\circ$, 전자 질량 m, 플랑크 상수 h, 빛의 속력 c이다.
구해야 할 값: 충돌 전후 X선의 파장 변화량 $\Delta\lambda$이다.
주의할 조건: 전자가 처음 정지해 있고 진공에서 X선이 전자와 충돌하므로 콤프턴 산란식의 표준 형태를 적용한다.

NoteBase

사용할 공식

콤프턴 산란에서 파장 변화량은

$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 X선이 정지한 전자와 충돌한 뒤 각 θ로 산란되었다고 했으므로, 산란각에 따른 파장 증가량을 묻는 콤프턴 효과 상황이기 때문이다.

계산 과정

1. 산란각을 대입한다.

$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos 60^\circ)$

2. $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$이므로,

$1 - \cos 60^\circ = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$

3. 따라서 파장 변화량은

$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} \cdot \frac{1}{2} = \frac{h}{2mc}$

이다.

선지 판단

① X

- $\frac{h}{3mc}$는 계산 결과 $\frac{h}{2mc}$와 다르다. 틀린 표현 $\frac{h}{3mc}$ → 올바르게는 $\frac{h}{2mc}$이다.

② O

- $\theta = 60^\circ$에서 $1 - \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$이므로 $\Delta\lambda = \frac{h}{2mc}$가 된다.

③ X

- $\frac{2h}{3mc}$는 $1 - \cos 60^\circ$ 값을 잘못 처리한 값이다. 틀린 표현 $\frac{2h}{3mc}$ → 올바르게는 $\frac{h}{2mc}$이다.

④ X

- $\frac{h}{mc}$는 $1 - \cos\theta$를 1로 둔 경우에 해당하며, $\theta = 60^\circ$에서는 $1 - \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$이다. 틀린 표현 $\frac{h}{mc}$ → 올바르게는 $\frac{h}{2mc}$이다.

⑤ X

- $\frac{3h}{2mc}$는 콤프턴 산란식의 $1 - \cos\theta$ 대신 다른 값을 넣은 결과이다. 틀린 표현 $\frac{3h}{2mc}$ → 올바르게는 $\frac{h}{2mc}$이다.

계산 결과 $\frac{h}{2mc}$이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 콤프턴 파장 변화량을 단순히 콤프턴 파장 $\frac{h}{mc}$ 자체로 고르는 것이다. 이 문제는 산란각이 60°로 주어져 있으므로 반드시 $1-\cos 60^\circ$를 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

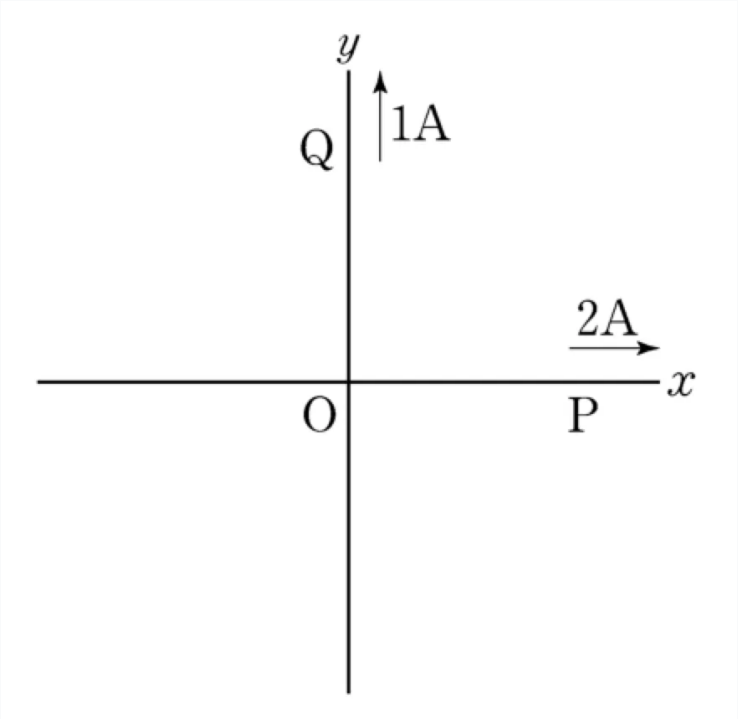
X선 또는 광자가 정지한 전자와 충돌하여 산란각이 주어지면 콤프턴 산란식 $\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1-\cos\theta)$를 먼저 적용한다. 그다음 $\cos\theta$ 값을 대입해 파장 변화량만 계산한다.

암기 포인트

콤프턴 산란의 파장 변화량은 $\Delta\lambda = \lambda_C(1-\cos\theta)$, 여기서 $\lambda_C = \frac{h}{mc}$이다. 60°에서는 변화량이 콤프턴 파장의 절반이다.

NoteBase

문 20. [그림]과 같이 x축과 y축 위에 각각 두 도선 P, Q가 놓여 있다. 도선 P에는 2A의 전류가 흐르고, 도선 Q에는 1A의 전류가 흐른다. xy평면에서 자기장이 0인 지점을 연결하였을 때의 방정식은? (단, 도선은 무한히 길고, 원점 O에서 교차한다.)



① $y = \frac{1}{2}x$

② $y = x$

③ $y = 2x$

④ $y = x^2$

⑤ $y = 2x^2$

정답 3번

출제 포인트

무한 직선도선이 만드는 자기장의 크기 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$와 오른손 법칙을 이용하여, 두 자기장의 방향과 크기가 모두 상쇄되는 자취를 구하는 문제이다.

조건 정리

도선 P는 x축 위에서 $+x$ 방향으로 $2A$의 전류가 흐른다. 도선 Q는 y축 위에서 $+y$ 방향으로 $1A$의 전류가 흐른다. 점 (x, y)에서 P까지의 수직거리는 $|y|$, Q까지의 수직거리는 $|x|$이다. 자기장이 0이 되려면 두 자기장의 크기가 같고 방향은 반대여야 한다.

NoteBase

사용할 공식

무한 직선도선에서 거리 r인 곳의 자기장 크기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이다. 두 도선은 서로 수직이지만, xy평면 위의 자기장은 모두 종이 면에 수직인 방향이므로 같은 축 성분끼리 상쇄 여부를 판단할 수 있다.

계산 과정

P가 만드는 자기장 크기는 $B_P = \frac{\mu_0(2)}{2\pi|y|}$이고, Q가 만드는 자기장 크기는 $B_Q = \frac{\mu_0(1)}{2\pi|x|}$이다. 오른손 법칙으로 x와 y의 부호가 같은 영역에서는 두 자기장의 방향이 반대이다. 따라서 $B_P = B_Q$를 적용하면 $\frac{2}{|y|} = \frac{1}{|x|}$, 즉 $|y| = 2|x|$이다. 방향이 반대인 조건까지 합치면 x, y의 부호가 같으므로 $y = 2x$이다.

선지 판단

① X: $y = \frac{1}{2}x$는 기울기가 $\frac{1}{2}$이다. 틀린 표현은 '기울기 $\frac{1}{2}$'이며, 올바르게는 전류와 거리의 비로부터 $y = 2x$가 된다.
② X: $y = x$는 두 도선까지의 거리가 같다는 뜻이지만, P의 전류가 Q의 2배이므로 P에서 더 먼 곳이어야 한다. 틀린 표현은 '거리 비가 1:1'이며, 올바르게는 $|y| : |x| = 2 : 1$이다.
③ O: $y = 2x$에서는 P의 전류가 2배인 만큼 P까지의 거리도 2배가 되어 자기장 크기가 같고, 두 자기장 방향은 반대가 되어 합이 0이다.
④ X: $y = x^2$는 거리비 $|y| : |x|$를 일정한 2:1로 유지하지 않는 포물선이다. 틀린 표현은 '자기장 0의 자취가 $y = x^2$'이며, 올바르게는 원점을 지나는 직선 $y = 2x$이다.
⑤ X: $y = 2x^2$도 $|y| = 2|x|$를 만족하는 직선 조건이 아니라 포물선 조건이다. 틀린 표현은 'x^2에 비례하는 자취'이며, 올바르게는 y가 x에 선형적으로 비례하는 $y = 2x$이다.

오답 포인트

전류가 2배인 P의 자기장이 더 크므로, 상쇄점은 P에서 2배 더 멀어야 한다. 전류의 비를 거리의 비와 반대로 쓰거나, 크기만 같게 하고 오른손 법칙에 따른 방향 조건을 빼먹으면 ①이나 ②를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 직선도선의 자기장이 상쇄되는 문제에서는 각 도선까지의 수직거리를 먼저 정하고, I/r의 크기를 같게 둔 뒤 오른손 법칙으로 두 자기장의 방향이 반대인 영역만 남긴다.

암기 포인트

직선도선 자기장 크기는 $B \propto I/r$이다. 전류가 2배이면 상쇄점까지의 거리도 2배이다.

NoteBase

문 21. 다음 <보기>의 단색광을 이용하여 영의 이중 슬릿 실험을 하였을 때, 간섭무늬의 간격이 좁은 것부터 넓은 것의 순서대로 나열한 것은?

<보기>
ㄱ. 빨강
ㄴ. 노랑
ㄷ. 초록
ㄹ. 보라

① ㄱ - ㄴ - ㄷ - ㄹ
② ㄱ - ㄷ - ㄴ - ㄹ
③ ㄴ - ㄱ - ㄷ - ㄹ
④ ㄹ - ㄷ - ㄱ - ㄴ
⑤ ㄹ - ㄷ - ㄴ - ㄱ

정답 5번

출제 포인트

영의 이중 슬릿에서 단색광의 파장에 따라 간섭무늬 간격이 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

같은 이중 슬릿 장치에서 빛의 파장만 바뀐다. 간섭무늬의 간격은 파장이 짧을수록 좁고, 파장이 길수록 넓다. 가시광선의 파장 순서는 보라색 < 초록색 < 노란색 < 빨간색이다.

사용할 공식

밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$이다. 여기서 L은 슬릿과 스크린 사이의 거리, d는 두 슬릿 사이의 거리, λ는 빛의 파장이다. 이 문제에서는 L과 d가 같으므로 $\Delta y \propto \lambda$가 되어 파장만 비교하면 된다.

계산 과정

1. 무늬 간격은 파장에 비례한다.
2. 보라색(ㄹ)의 파장이 가장 짧으므로 무늬 간격이 가장 좁다.
3. 이어서 초록색(ㄷ), 노란색(ㄴ), 빨간색(ㄱ) 순으로 파장이 길어진다.
4. 따라서 좁은 것부터 넓은 것까지의 순서는 ㄹ-ㄷ-ㄴ-ㄱ이다.

NoteBase

선지 판단

① X: ‘ㄱ-ㄴ-ㄷ-ㄹ’의 배열이 틀렸다. 이는 빨간색에서 보라색으로 가는 넓은 것부터 좁은 것까지의 순서이다. 좁은 것부터는 ㄹ-ㄷ-ㄴ-ㄱ이다.
② X: ‘ㄱ-ㄷ-ㄴ-ㄹ’의 배열이 틀렸다. 빨간색 ㄱ은 파장이 가장 길어 무늬 간격이 가장 넓으므로 첫째가 될 수 없다. 올바르게는 ㄹ-ㄷ-ㄴ-ㄱ이다.
③ X: ‘ㄴ-ㄱ-ㄷ-ㄹ’의 배열이 틀렸다. 보라색 ㄹ이 가장 좁아 첫째여야 하며, 빨간색 ㄱ은 가장 넓어 마지막이어야 한다. 올바르게는 ㄹ-ㄷ-ㄴ-ㄱ이다.
④ X: ‘ㄹ-ㄷ-ㄱ-ㄴ’에서 ‘ㄱ-ㄴ’의 순서가 틀렸다. 노란색 ㄴ의 파장이 빨간색 ㄱ보다 짧으므로 ㄴ이 ㄱ보다 먼저 와야 한다. 올바르게는 ㄹ-ㄷ-ㄴ-ㄱ이다.
⑤ O: ㄹ-ㄷ-ㄴ-ㄱ은 보라색, 초록색, 노란색, 빨간색 순으로 파장이 길어지는 배열이므로 무늬 간격도 좁은 것부터 넓은 것까지의 순서와 일치한다.

오답 포인트

①은 색의 파장 순서를 반대로 적용한 선택지이다. ④는 보라색과 초록색의 앞부분은 맞지만, 노란색보다 파장이 긴 빨간색을 앞에 둔 것이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

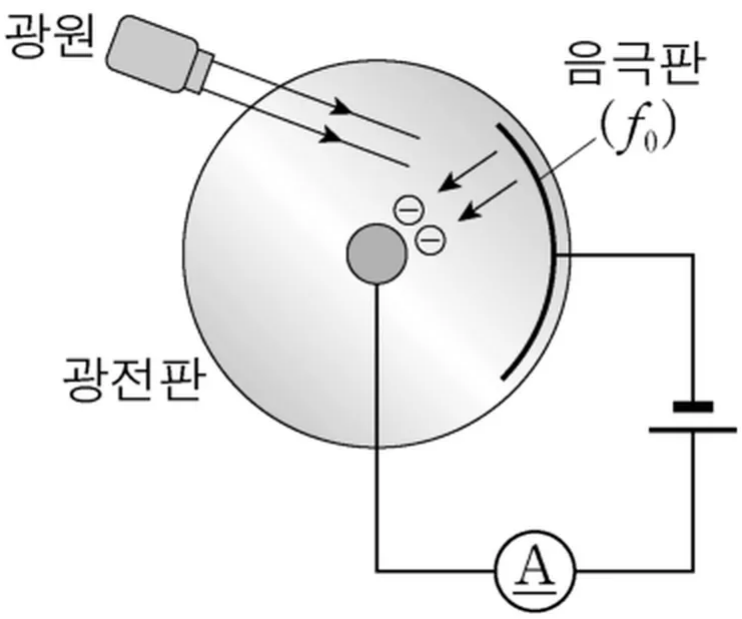
이중 슬릿에서 장치 조건이 같으면 $\Delta y \propto \lambda$만 확인한다. 따라서 무늬 간격의 순서는 가시광선 파장의 순서와 같게 정한다.

암기 포인트

보라색은 짧고 촘촘하며, 빨간색은 길고 넓다.

NoteBase

문 22. [그림]과 같이 광전효과 실험 장치에서 문턱(한계) 진동수가 f_0인 광전관의 음극판에 단색광을 비추었을 때, 음극판에서 방출된 전자의 최대 운동에너지가 음극판 일함수의 $\frac{1}{2}$배였다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수는 h, 전자의 질량은 m이다.)



<보기>

ㄱ. 단색광의 진동수는 $2f_0$이다.

ㄴ. 전자가 가지는 운동량의 최댓값은 $\sqrt{mhf_0}$이다.

ㄷ. 전자의 물질파 파장의 최솟값은 $\sqrt{\frac{h}{mf_0}}$이다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

광전효과의 광자 에너지식과 전자의 운동에너지·운동량·물질파 파장의 관계를 적용하는 문제이다.

조건 정리

문턱진동수가 f_0이므로 음극판의 일함수는 $W = hf_0$이다. 최대 운동에너지는 일함수의 절반이므로 $K_{max} = \frac{W}{2} = \frac{hf_0}{2}$이다.

NoteBase

사용할 공식

광전효과에서는 $hf = W + K_{max}$가 성립한다. 전자의 운동량과 물질파 파장은 각각 $p = \sqrt{2mK}$, $\lambda = \frac{h}{p}$이다. 입사 광자의 에너지로 일함수와 방출 전자의 최대 운동에너지가 함께 결정되므로 이 식들을 사용한다.

계산 과정

$hf = hf_0 + \frac{hf_0}{2} = \frac{3}{2}hf_0$이므로 단색광의 진동수는 $f = \frac{3}{2}f_0$이다.
$p_{max} = \sqrt{2mK_{max}} = \sqrt{2m \cdot \frac{hf_0}{2}} = \sqrt{mhf_0}$이다.
따라서 최소 물질파 파장은 $\lambda_{min} = \frac{h}{p_{max}} = \sqrt{\frac{h}{mf_0}}$이다.

선지 판단

① ㄱ: X. 계산 결과 $f = \frac{3}{2}f_0$이므로 '$2f_0$'가 틀리다. 올바르게는 단색광의 진동수는 $\frac{3}{2}f_0$이다.
② ㄷ: X. ㄷ은 옳지만, 정답 조합에는 ㄴ도 함께 포함되어야 하므로 이 선택지는 틀리다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ이다.
③ ㄱ, ㄴ: X. ㄴ은 옳지만 ㄱ의 '$2f_0$'가 틀리다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ이다.
④ ㄴ, ㄷ: O. $p_{max} = \sqrt{mhf_0}$, $\lambda_{min} = \sqrt{\frac{h}{mf_0}}$이므로 ㄴ과 ㄷ이 모두 옳다.
⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ: X. ㄴ과 ㄷ은 옳지만 ㄱ이 틀리다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

일함수 W 자체를 최대 운동에너지로 보아서는 안 된다. 이 문제에서는 $K_{max} = W/2$이므로 광자 에너지는 $W + W/2$이고, ㄱ의 $2f_0$가 아니라 $3f_0/2$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

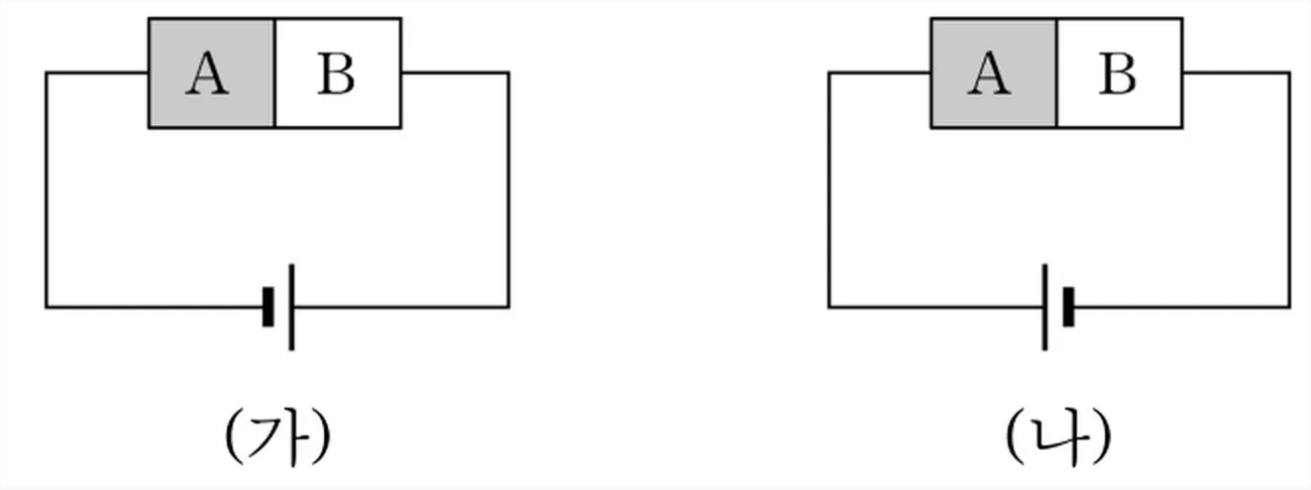
먼저 문턱진동수로 $W = hf_0$를 정하고, 주어진 K_{max}를 광전효과식에 대입한다. 이어서 $p = \sqrt{2mK}$, $\lambda = h/p$ 순서로 연결하면 된다.

암기 포인트

문턱진동수: $W = hf_0$, 운동량이 클수록 물질파 파장은 짧다.

NoteBase

문 23. (가), (나)는 반도체 A와 B를 접합한 전기 소자에 연결한 전지의 방향이 서로 반대인 것을 나타낸 것이다. (가)에서는 전류가 흐르며, (나)에서는 전류가 흐르지 않는다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보기>

ㄱ. A는 n형 반도체이다.

ㄴ. B의 전하 운반체는 주로 양공이다.

ㄷ. (가)에서 전기 소자는 정류작용을 한다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 다이오드의 전류가 흐르는 방향과 p형·n형 반도체의 연결 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

p형 반도체는 정공이 주된 전하 운반체인 반도체이고, n형 반도체는 전자가 주된 전하 운반체인 반도체이다. 다이오드는 p형 쪽을 전원의 양(+)극, n형 쪽을 음(-)극에 연결한 순방향 바이어스에서 전류가 흐른다. (가)에서는 전류가 B에서 A 방향으로 흐르므로 B가 p형, A가 n형이다.

NoteBase

선지별 해설

① X - ㄱ만 옳다고 한 조합이다. A는 n형 반도체이므로 ㄱ은 옳지만, B의 주된 전하 운반체가 정공이라는 ㄴ과 (가)가 순방향 바이어스라는 ㄷ도 옳다. 틀린 표현은 'ㄱ'만이라는 점이며, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

② X - ㄷ만 옳다고 한 조합이다. (가)는 순방향 바이어스이므로 ㄷ은 옳지만, A가 n형이라는 ㄱ과 B의 주된 전하 운반체가 정공이라는 ㄴ도 옳다. 틀린 표현은 'ㄷ'만이라는 점이며, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

③ X - ㄱ, ㄴ만 옳다고 한 조합이다. A는 n형이고 B는 p형이므로 ㄱ, ㄴ은 옳다. 그러나 (가)에서도 p형 B가 양(+)극 쪽, n형 A가 음(-)극 쪽에 놓여 전류가 흐르므로 ㄷ도 옳다. 틀린 표현은 ㄷ의 누락이며, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

④ X - ㄴ, ㄷ만 옳다고 한 조합이다. B는 p형이어서 정공이 주된 전하 운반체이고, (가)는 순방향 바이어스이므로 ㄴ, ㄷ은 옳다. 또한 A도 n형이므로 ㄱ이 옳다. 틀린 표현은 ㄱ의 누락이며, 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

⑤ O - (가)에서 전류가 흐르려면 B가 p형, A가 n형으로 연결되어야 한다. 따라서 ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.

오답 포인트

전지 기호에서 긴 선은 양(+)극이다. (가)의 양(+)극은 B 쪽에 연결되어 있고 전류가 실제로 흐르므로, B를 n형으로 잘못 판단하면 ㄱ과 ㄴ을 서로 바꾸어 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전지의 긴 선인 양(+)극을 찾는다. 전류가 흐르는 다이오드에서는 양(+)극 쪽이 p형, 음(-)극 쪽이 n형이므로 각 반도체의 종류와 전하 운반체를 함께 판정한다.

암기 포인트

순방향은 p에 +, n에 -이다. p형의 주된 전하 운반체는 정공, n형의 주된 전하 운반체는 전자이다.

NoteBase

문 24. 일정한 속력으로 원운동하는 물체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 속도는 시간에 따라 변한다.

② 속도는 원운동의 접선방향이다.

③ 가속도는 동일한 위치에서의 속도와 직각을 이룬다.

④ 가속도는 원의 중심에서 물체 위치로 향하는 방향이다.

⑤ 한 주기 동안 회전하여 다시 초기 위치에 왔을 때의 속도는 초기와 동일하다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 일정한 속력의 원운동에서 속도와 가속도의 방향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

속력은 운동의 빠르기를 나타내는 크기이며, 일정한 속력의 원운동에서는 일정하다. 속도는 크기와 방향을 함께 나타내는 벡터이므로, 원운동에서는 진행 방향이 계속 바뀌어 시간에 따라 변한다. 가속도는 속도의 변화를 나타내는 벡터이며, 일정한 속력의 원운동에서는 항상 원의 중심을 향하는 구심가속도이다.

선지별 해설

① O: 속력의 크기는 일정하지만 속도는 방향이 계속 변하는 벡터이므로 시간에 따라 변한다.
② O: 원운동하는 물체의 순간 속도 방향은 해당 지점에서 원에 그은 접선 방향이다.
③ O: 구심가속도는 중심을 향하는 반지름 방향이고, 속도는 접선 방향이므로 둘은 직각을 이룬다.
④ X: 틀린 표현은 '원의 중심에서 물체 위치로 향하는 방향'이다. 구심가속도는 물체 위치에서 원의 중심으로 향하는 방향이다.
⑤ O: 한 주기 뒤에는 물체가 초기 위치로 돌아오며, 속도는 크기와 방향이 모두 초기와 같아진다.

오답 포인트

④는 반지름 방향이라는 말만 보고 맞다고 판단하기 쉽다. 그러나 중심에서 물체로 향하면 바깥쪽 방향이고, 구심가속도는 물체에서 중심으로 향하는 안쪽 방향이다.

다시 나오면 이렇게 판단

일정한 속력의 원운동에서는 속력의 크기는 일정한지, 속도는 접선 방향인지, 가속도는 중심을 향하는지 순서대로 판단한다.

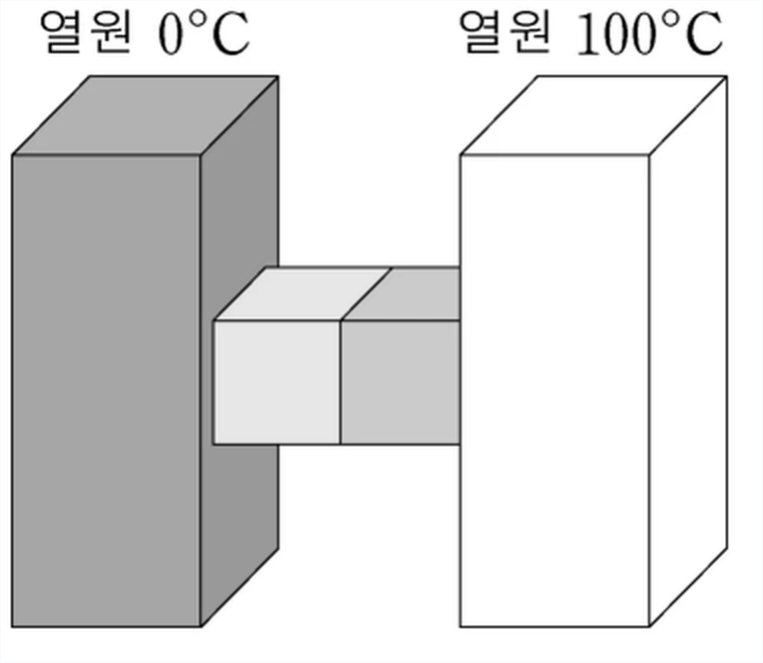
NoteBase

암기 포인트

속도는 접선 방향, 구심가속도는 중심 방향이다.

NoteBase

문 25. [그림]과 같이 0°C와 100°C 열원 사이에 서로 다른 재질의 정육면체 금속 블록이 접촉하여 열전달을 하고 있다. 각 블록의 열 저항이 10K/W, 30K/W일 때, 두 블록이 전달하는 열흐름(열에너지의 전도율)은? (단, 열손실은 무시한다.)



① $\frac{4}{3}$W
② 2.5W
③ 5W
④ 10W
⑤ 20W

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 접촉한 두 금속 블록의 열저항을 직렬 합성하여 정상상태 열흐름을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 열원은 $0^\circ C$, 오른쪽 열원은 $100^\circ C$이다. 두 블록의 열저항은 각각 $10K/W$, $30K/W$이다.
구해야 할 값: 두 블록을 통과하는 열흐름, 즉 열에너지 전도율이다.
주의할 조건: 열손실이 없고 두 블록이 이어져 있으므로 두 열저항은 직렬 연결로 취급한다.

NoteBase

사용할 공식

열저항을 이용한 정상상태 열흐름은
$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R_{eq}}$
이다. 블록들이 차례로 놓여 같은 열흐름이 지나가므로 등가 열저항은
$R_{eq} = R_1 + R_2$
로 더한다.

계산 과정

1. 전체 온도차는 $\Delta T = 100 - 0 = 100K$이다. 섭씨 온도차와 켈빈 온도차의 크기는 같으므로 $100\,^\circ C$ 차이는 $100K$ 차이이다.
2. 등가 열저항은 $R_{eq} = 10 + 30 = 40K/W$이다.
3. 따라서 열흐름은
$\dot{Q} = \frac{100K}{40K/W} = 2.5W$
이다.

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $2.5W$이므로 $\frac{4}{3}W$가 아니다. 틀린 표현: $\frac{4}{3}W$ → 올바르게는 $2.5W$이다.

② O
- 전체 온도차 $100K$를 직렬 합성 열저항 $40K/W$로 나누면 $2.5W$가 된다.

③ X
- 계산 결과는 $2.5W$이므로 $5W$가 아니다. 틀린 표현: $5W$ → 올바르게는 $2.5W$이다.

④ X
- 두 열저항 중 $10K/W$만 사용하면 $100/10 = 10W$가 되지만, 실제로는 $30K/W$ 블록도 직렬로 포함된다. 틀린 표현: $10W$ → 올바르게는 $2.5W$이다.

⑤ X
- 열저항을 빼거나 잘못 합성해 전체 저항을 $5K/W$처럼 보면 $20W$가 나올 수 있지만, 직렬 열저항은 더해야 한다. 틀린 표현: $20W$ → 올바르게는 $2.5W$이다.

오답 포인트

그림에서 두 블록이 나란히 열원 사이에 이어져 있으므로 병렬처럼 처리하거나 한 블록의 열저항만 쓰면 안 된다. 이 문항의 함정은 $10K/W$와 $30K/W$를 모두 열흐름 경로에 포함해 $40K/W$로 합성해야 한다는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

열저항 문제는 열이 지나가는 경로를 먼저 확인한다. 열이 한 블록을 지난 뒤 다음 블록을 지나가면 직렬이므로 저항을 더하고, 같은 온도차를 여러 경로가 나누어 지나가면 병렬 합성을 적용한다. 그다음 $\dot{Q} = \Delta T / R_{eq}$로 계산한다.

암기 포인트

열저항 직렬은 전기저항 직렬처럼 더한다. 온도차 $100K$, 전체 열저항 $40K/W$이면 열흐름은 $2.5W$이다.

NoteBase