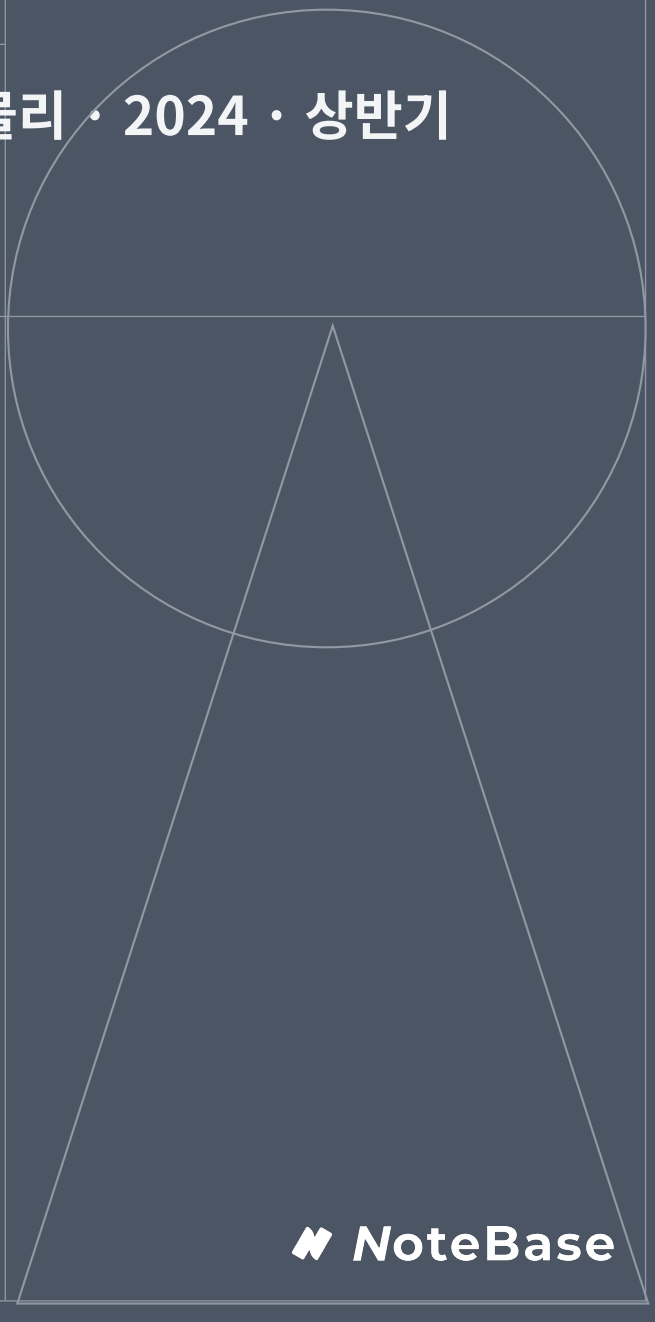
기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 물리 · 2024 · 상반기



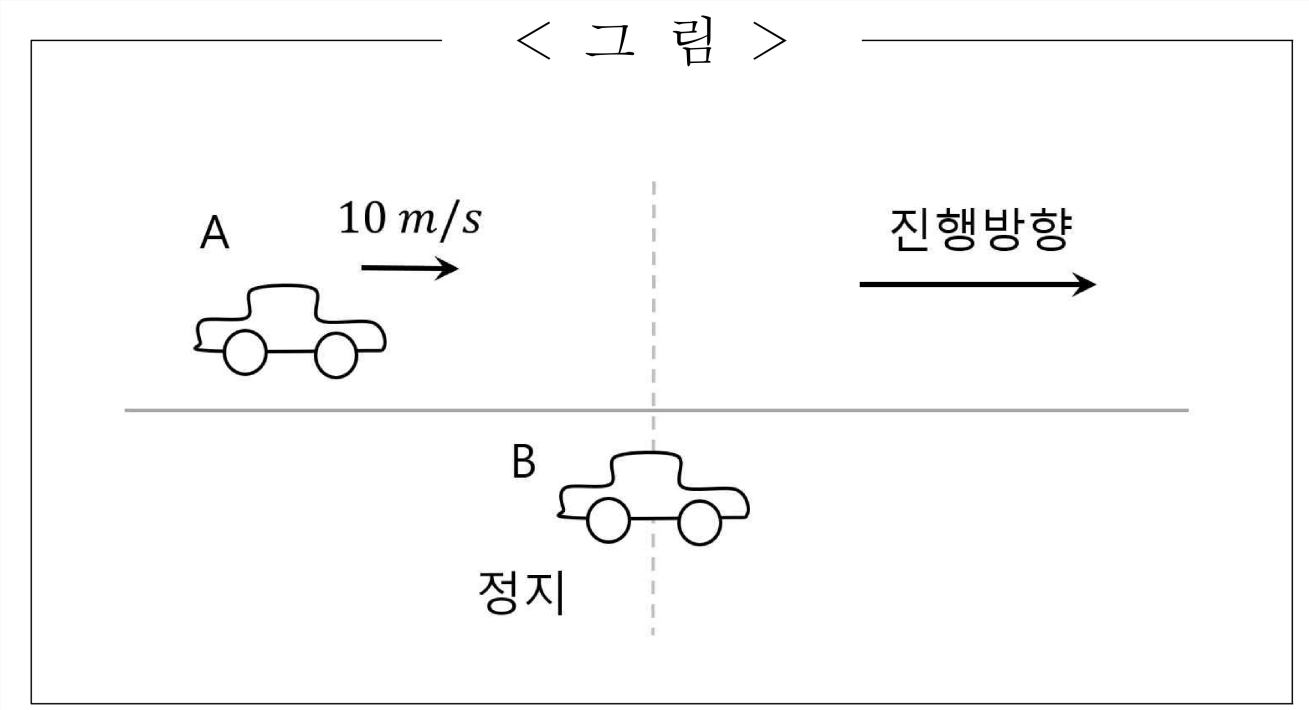
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/해경/일반직 9급 · 물리 · 2024 · 상반기

공무원/해경/일반직 9급 · 물리 · 2024 · 상반기

문 1. 다음 <그림>과 같이 직선 도로에서 10 m/s의 일정한 속도로 운동하는 자동차 A가 정지해 있는 자동차 B를 지나쳐가는 순간, 자동차 B가 출발하여 2 m/s^2의 일정한 가속도로 주행하여 자동차 A를 추월하는데 필요한 시간과 가장 근접한 값은?



① 1 s

② 5 s

③ 10 s

④ 20 s

정답 3번

출제 포인트

같은 지점에서 출발한 등속도 운동 물체와 등가속도 운동 물체의 위치를 각각 구한 뒤, 두 위치가 다시 같아지는 시각을 찾는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

자동차 A: 초기 위치 0, 속도 $v_A = 10m/s$인 등속도 운동이다.
자동차 B: 초기 위치 0, 초기 속도 $v_{0B} = 0$, 가속도 $a_B = 2m/s^2$인 등가속도 운동이다.
두 자동차가 다시 같은 위치에 놓이는 $t > 0$인 시각을 구한다.

사용할 공식

등속도 운동의 위치는 $x = vt$이고, 정지 상태에서 출발하는 등가속도 운동의 위치는 $x = \frac{1}{2}at^2$이다. 추월 순간에는 두 자동차의 출발점이 같고 위치도 다시 같아야 하므로 $x_A = x_B$를 사용한다.

계산 과정

자동차 A의 위치는 $x_A = 10t$이고, 자동차 B의 위치는 $x_B = \frac{1}{2} \times 2t^2 = t^2$이다.
추월 조건을 적용하면
$10t = t^2$
$t(t - 10) = 0$
이다. $t = 0$은 B가 출발하는 순간이므로 추월에 걸린 시간이 아니다. 따라서 다시 만나는 시각은 $t = 10s$이다.

선지 판단

① X — $t = 1s$일 때 A는 $10m$, B는 $1m$ 이동하므로 B가 A를 추월하지 못한다. 틀린 값 $1s$가 아니라 올바른 시간은 $10s$이다.
② X — $t = 5s$일 때 A는 $50m$, B는 $25m$ 이동하므로 두 자동차의 위치가 같지 않다. 틀린 값 $5s$가 아니라 올바른 시간은 $10s$이다.
③ O — $t = 10s$일 때 A와 B가 모두 $100m$ 이동하여 같은 위치에 놓이므로 B가 A를 추월하는 데 필요한 시간이다.
④ X — $t = 20s$일 때 A는 $200m$, B는 $400m$ 이동하므로 B는 이미 A를 추월한 뒤이다. 틀린 값 $20s$가 아니라 최초로 다시 같은 위치가 되는 시간은 $10s$이다.

오답 포인트

B의 속도가 A의 속도와 같아지는 시각만 구하면 $2t = 10$에서 $5s$가 나오지만, 이때는 B가 아직 A보다 뒤에 있다. 추월 여부는 속도가 아니라 출발 후 이동한 위치가 같은지로 판단해야 한다. 또한 위치 방정식의 해 $t = 0$은 최초 출발 순간이므로 제외한다.

다시 나오면 이렇게 판단

추월 문제에서는 각 물체의 위치식을 같은 기준점과 같은 시간 변수로 세운 뒤 $x_A = x_B$를 풀고, 출발 순간에 해당하는 $t = 0$을 제외한 양의 해를 선택한다.

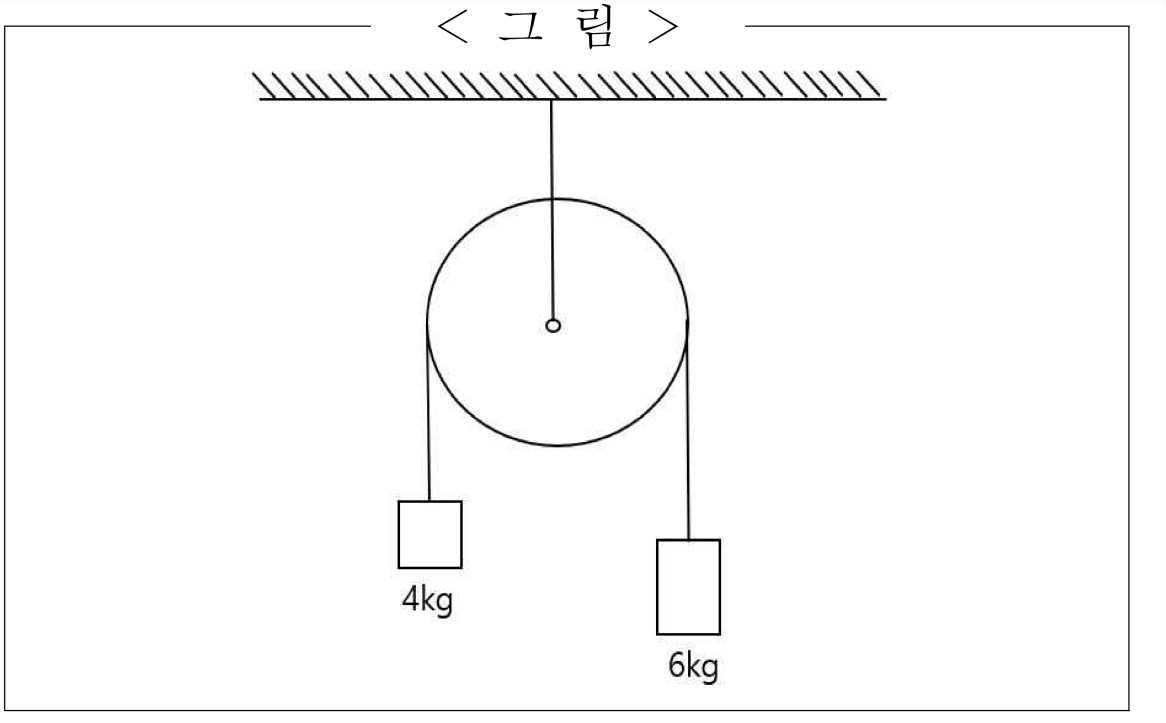
NoteBase

암기 포인트

추월의 기준은 속도 일치가 아니라 위치 일치이다.

NoteBase

문 2. 다음 <그림>과 같이 질량이 각각 4 kg, 6 kg인 두 물체가 고정 도르래로 연결된 후 그림과 같이 중력의 영향을 받아서 가속되고 있다. 이때 물체에 의한 줄에 작용하는 장력 T와 움직이는 물체의 가속도 a는 얼마인가? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이며, 공기저항과 고정 도르래의 질량은 무시한다.)



① $T = 12\text{N},\ a = 10\text{m/s}^2$

② $T = 20\text{N},\ a = 8\text{m/s}^2$

③ $T = 24\text{N},\ a = 4\text{m/s}^2$

④ $T = 48\text{N},\ a = 2\text{m/s}^2$

정답 4번

출제 포인트

두 물체를 하나의 계로 보아 알짜힘으로 가속도를 구한 뒤, 각 물체에 뉴턴의 운동 법칙을 적용해 줄의 장력을 구하는 문제이다.

조건 정리

질량은 각각 $m_1 = 4\text{kg}, m_2 = 6\text{kg}$이고 중력가속도는 $g = 10\text{m/s}^2$이다. 무거운 6kg 물체는 아래로, 4kg 물체는 위로 같은 크기의 가속도 a로 움직인다. 질량이 없는 줄과 도르래를 가정하므로 줄의 장력 T는 양쪽에서 같다.

NoteBase

사용할 공식

두 물체 전체에 작용하는 운동 방향의 알짜힘은 두 물체의 무게 차이이므로
$(m_2 - m_1)g = (m_1 + m_2)a$
이다. 장력은 4kg 물체에 대해 $T - m_1 g = m_1 a$, 또는 6kg 물체에 대해 $m_2 g - T = m_2 a$를 사용해 구한다. 두 물체를 하나의 계로 보면 장력은 계 내부의 힘으로 서로 상쇄되므로 먼저 가속도를 구할 수 있다.

계산 과정

가속도는
$a = \frac{(6-4)\times 10}{4+6} = 2\text{m/s}^2$
이다. 4kg 물체는 위로 가속되므로
$T - 4 \times 10 = 4 \times 2$
이고, 따라서
$T = 48\text{N}$
이다. 반대편 물체에 대입해도 $6 \times 10 - 48 = 6 \times 2$가 성립한다.

선지 판단

① X — $a = 10\text{m/s}^2$이면 두 물체의 운동 방정식에서 요구되는 장력이 각각 80N과 0N으로 서로 일치하지 않으며, 12N도 아니다. 올바르게는 $T = 48\text{N}$, $a = 2\text{m/s}^2$이다.
② X — $a = 8\text{m/s}^2$을 대입하면 양쪽 운동 방정식이 요구하는 장력이 각각 72N과 12N으로 달라지므로 $T = 20\text{N}$과 함께 성립할 수 없다. 올바르게는 $T = 48\text{N}$, $a = 2\text{m/s}^2$이다.
③ X — $a = 4\text{m/s}^2$을 대입하면 양쪽에서 계산한 장력이 각각 56N과 36N으로 일치하지 않고 24N도 아니다. 올바르게는 $T = 48\text{N}$, $a = 2\text{m/s}^2$이다.
④ O — $a = 2\text{m/s}^2$일 때 $T = 4(10+2) = 48\text{N}$이고, 반대편에서도 $T = 6(10-2) = 48\text{N}$이므로 두 운동 방정식을 모두 만족한다.

오답 포인트

두 물체의 무게 차이 20N를 한 물체의 질량으로 나누거나, 장력을 단순히 두 무게의 차이로 보는 것이 함정이다. 가속도는 전체 질량 $4 + 6 = 10\text{kg}$을 가속하는 값이며, 장력은 가속도를 구한 뒤 한 물체의 운동 방정식으로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

고정 도르래로 연결된 두 물체 문제에서는 먼저 전체 계에 대해 '무게 차이 ÷ 전체 질량'으로 가속도를 구하고, 이어서 가벼운 물체의 $T - mg = ma$ 또는 무거운 물체의 $mg - T = ma$로 장력을 구한다. 마지막에는 반대편 운동 방정식에도 대입해 검산한다.

NoteBase

암기 포인트

애트우드 장치에서는 $a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$이고, 장력은 $T = m_1(g + a) = m_2(g - a)$이다.

NoteBase

문 3. 마찰이 없는 수평면 위에 정지해 있던 질량 5 kg의 물체에 10 N의 힘이 4초 동안 작용했다. 20초 후의 속력은 몇 m/s인가?

① 4 m/s

② 5 m/s

③ 8 m/s

④ 12 m/s

정답 3번

출제 포인트

뉴턴의 제2법칙으로 힘이 작용하는 동안의 가속도와 속력 변화를 구한 뒤, 힘이 사라진 후에는 관성에 따라 그 속력이 유지됨을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량은 $5kg$, 힘은 $10N$, 힘이 작용한 시간은 $4s$이다.
구해야 할 값: 처음부터 $20s$가 지난 뒤의 속력이다.
주의할 조건: 수평면에 마찰이 없으므로 힘이 사라진 뒤 물체의 알짜힘은 0이고, $4s$일 때의 속력을 그대로 유지한다.

사용할 공식

뉴턴의 제2법칙과 등가속도 운동식을 사용한다.
$a = \frac{F}{m}$
$v = v_0 + at$
힘이 작용하는 처음 $4s$ 동안 힘과 질량이 일정하므로 가속도가 일정하다. 이후에는 알짜힘이 0이므로 가속도도 0이다.

계산 과정

1. 힘이 작용하는 동안의 가속도는 $a = 10/5 = 2m/s^2$이다.
2. 물체는 정지 상태에서 출발하므로 $4s$ 뒤 속력은 $v = 0 + (2)(4) = 8m/s$이다.
3. $4s$ 뒤부터 $20s$까지는 알짜힘이 0이므로 속력이 변하지 않는다. 따라서 $20s$ 뒤의 속력도 $8m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — '4m/s'는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 가속도 2m/s^2에 힘의 작용 시간 4s를 곱한 8m/s이다.
② X — '5m/s'는 질량의 수치 5를 속력으로 잘못 취한 값이다. 올바른 속력은 8m/s이다.
③ O — 힘이 작용한 4s 동안 속력이 8m/s가 되고, 이후 마찰이 없어 그 속력이 유지된다.
④ X — '12m/s'는 힘이 사라진 뒤에도 속력이 증가한다고 본 값으로 계산 결과와 다르다. 올바르게는 힘이 끝난 뒤 가속도가 0이므로 속력은 8m/s로 유지된다.

오답 포인트

'20초 후'라는 표현 때문에 힘이 20초 동안 계속 작용한다고 오해하기 쉽다. 힘은 처음 4초 동안만 작용하며, 나머지 16초 동안은 마찰도 알짜힘도 없으므로 속력이 증가하거나 감소하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

힘이 작용하는 구간과 힘이 사라진 구간을 먼저 나눈다. 첫 구간에서는 $a = F/m$과 $v = v_0 + at$를 적용하고, 이후 알짜힘이 0인 구간에서는 직전 속력이 그대로 유지된다고 판단한다.

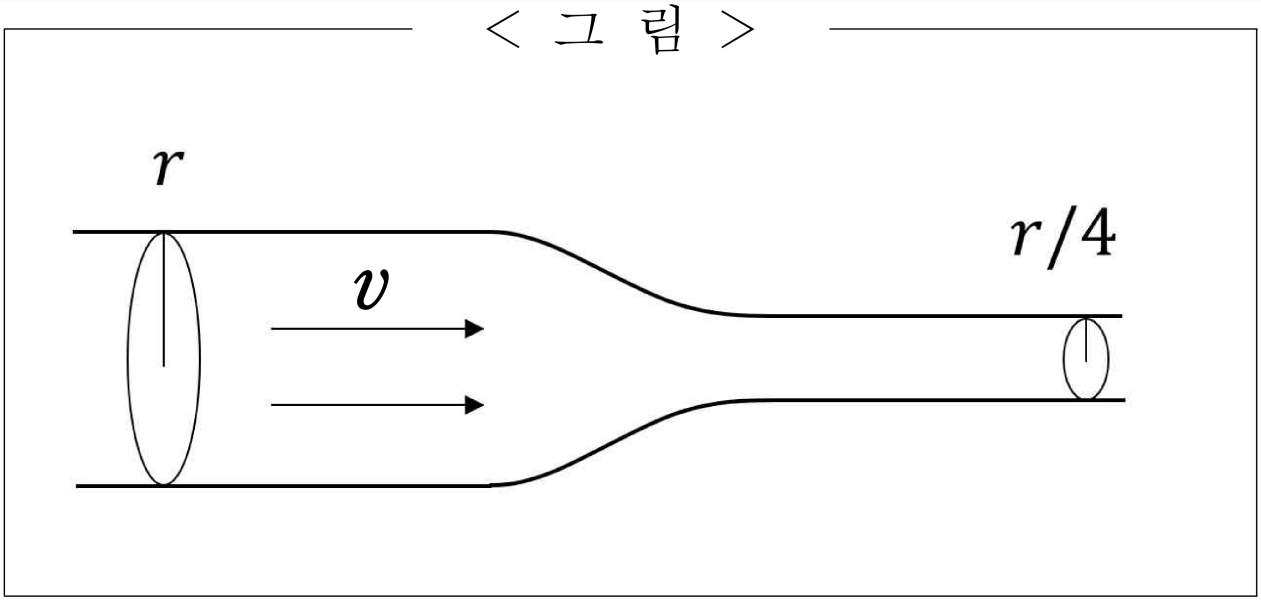
암기 포인트

마찰이 없는 면에서 알짜힘이 0이면 가속도는 0이지만 속도는 0일 필요가 없으며, 기존 속도가 일정하게 유지된다.

NoteBase

문 4. 다음 <그림>과 같이 유체가 반지름 r인 관을 통해 v의 속도로 흐르고 있다. 어느 부분에서 관의 반지름이 $r/4$로 줄어든다면, $r/4$로 좁아진 관에서 유체의 속도와 압력은 어떻게 되는가?(단, 유체는 비압축성이고 점도는 무시할 정도로 충분히 작다.)

< 그 림 >



① 속도는 4배 늘어나고, 압력은 줄어든다.

② 속도는 4배 늘어나고, 압력은 늘어난다.

③ 속도는 16배 늘어나고, 압력은 줄어든다.

④ 속도는 16배 늘어나고, 압력은 늘어난다.

정답 3번

출제 포인트

비압축성 유체의 연속 방정식으로 좁아진 관의 속도를 구하고, 베르누이 방정식으로 압력 변화를 판단하는 문제이다.

조건 정리

넓은 관의 반지름은 r, 유속은 v이다. 좁은 관의 반지름은 $r/4$이다. 유체는 비압축성이므로 체적 유량이 일정하고, 점도를 무시하므로 베르누이 방정식을 적용할 수 있다. 그림에서 두 관은 같은 높이에 있으므로 위치에너지 항은 서로 같다.

NoteBase

사용할 공식

연속 방정식은 $A_1v_1 = A_2v_2$이고, 원형 관의 단면적은 $A = \pi r^2$이다. 반지름이 1/4배가 되면 단면적은 1/16배가 되므로 유속은 16배가 된다.
같은 높이에서의 베르누이 방정식은 $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$이다. 유속이 커지면 운동에너지 항이 증가하므로 압력은 감소한다.

계산 과정

좁은 관의 단면적은
$A_2 = \pi(\frac{r}{4})^2 = \frac{1}{16}\pi r^2 = \frac{A_1}{16}$
이다. 연속 방정식에 대입하면
$A_1v = A_2v_2 = \frac{A_1}{16}v_2$
이므로 $v_2 = 16v$이다. 또한 $v_2 > v$이므로 베르누이 방정식에 따라 $P_2 < P_1$이다. 따라서 속도는 16배 늘어나고 압력은 줄어든다.

선지 판단

① X — 압력이 줄어든다는 판단은 맞지만, '속도는 4배'가 틀렸다. 반지름이 1/4배이면 단면적은 1/16배이므로 올바르게는 '속도는 16배 늘어나고, 압력은 줄어든다'이다.
② X — '속도는 4배'와 '압력은 늘어난다'가 모두 틀렸다. 올바르게는 속도가 16배 늘어나고 압력은 줄어든다.
③ O — 연속 방정식에 따라 속도는 16배가 되고, 같은 높이에서 베르누이 방정식에 따라 압력은 줄어든다.
④ X — 속도가 16배 늘어난다는 판단은 맞지만, '압력은 늘어난다'가 틀렸다. 올바르게는 속도가 증가한 좁은 관에서 압력이 줄어든다.

오답 포인트

반지름이 4분의 1로 줄었다고 단면적도 4분의 1로 줄었다고 판단하면 ①이나 ②를 고르게 된다. 원형 관의 단면적은 반지름의 제곱에 비례하므로 16분의 1로 줄어든다. 또한 같은 높이의 흐름에서는 유속이 증가할수록 정압은 감소하므로 '속도 증가와 압력 증가'를 함께 고르면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

관의 굵기가 변하면 먼저 반지름을 단면적으로 바꾸고, 연속 방정식으로 유속을 구한 뒤, 높이 차를 확인하여 베르누이 방정식으로 압력을 판단한다.

암기 포인트

반지름 $1/n$배 → 단면적 $1/n^2$배 → 유속 n^2배이다. 같은 높이에서는 유속이 커질수록 압력이 작아진다.

NoteBase

문 5. 회절에 대한 다음의 설명 중 가장 옳지 않은 것은?

① 회절은 빛의 입자성을 나타내는 대표적 현상이다.

② 파장이 길수록 회절이 잘 일어난다.

③ 슬릿의 폭이 좁을수록 회절이 잘 일어난다.

④ 파동이 장애물 뒤편까지 전달되는 것은 회절 현상 때문이다.

정답 1번

출제 포인트

회절이 파동의 성질임을 알고, 파장과 슬릿 폭이 회절의 정도에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

회절은 파동이 좁은 틈을 지나거나 장애물의 가장자리를 통과할 때 직진 경로에서 벗어나 뒤쪽까지 퍼지는 현상이다. 같은 슬릿 폭에서는 파장이 길수록, 같은 파장에서는 슬릿 폭이 좁을수록 회절이 뚜렷해진다. 빛의 회절은 빛의 파동성을 보여 주는 대표적 현상이다.

선지별 해설

① X — '빛의 입자성'이라는 표현이 틀렸다. 회절은 빛이 파동처럼 퍼지고 서로 중첩될 수 있음을 보여 주므로, 올바르게는 '회절은 빛의 파동성을 나타내는 대표적 현상이다'이다.
② O — 슬릿 폭이 같다면 파장이 길수록 파장에 비해 틈의 폭이 상대적으로 작아져 회절이 더 뚜렷하게 일어난다.
③ O — 파장이 같다면 슬릿의 폭이 좁을수록 파장과 슬릿 폭의 비가 커지므로 회절이 더 뚜렷하게 일어난다.
④ O — 파동은 장애물의 가장자리에서 회절하여 기하학적으로 곧게 진행할 때 도달하지 못하는 장애물 뒤편까지 전달될 수 있다.

오답 포인트

①의 '입자성'과 '파동성'을 바꾸어 놓은 것이 핵심 함정이다. 또한 ②와 ③은 파장 또는 슬릿 폭 하나만 보는 것이 아니라, 파장에 비해 슬릿 폭이 얼마나 작은지를 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

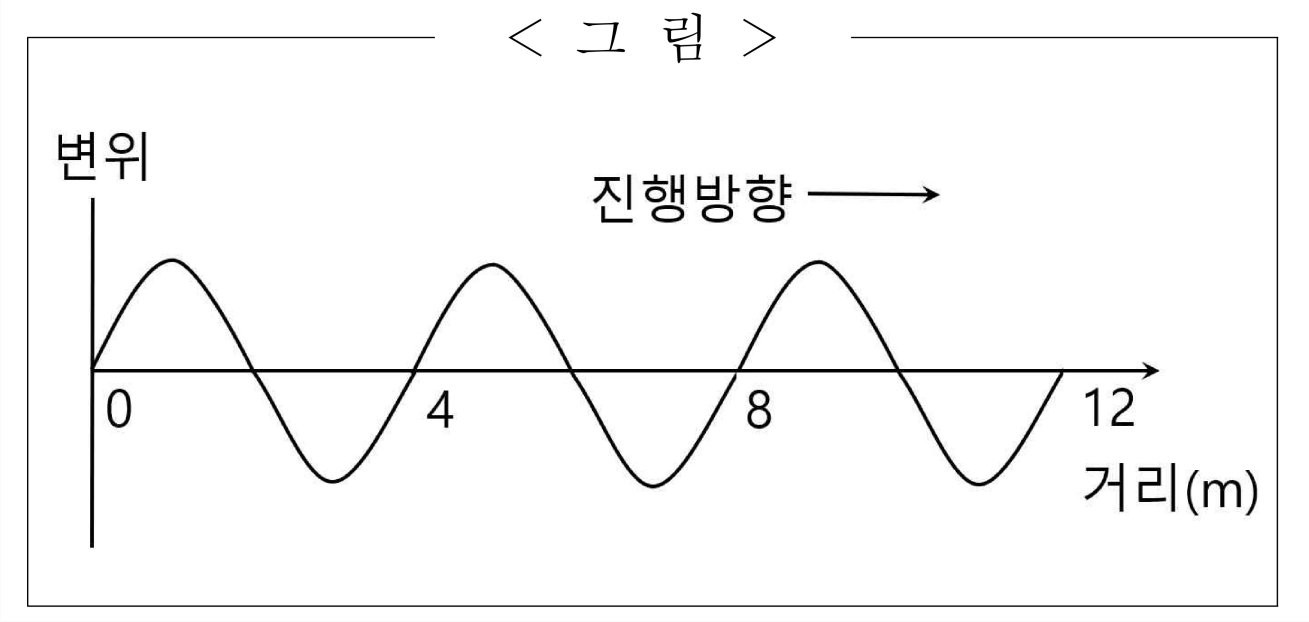
회절·간섭은 파동성의 증거로 분류한다. 회절의 정도는 파장이 길어지거나 틈의 폭이 좁아져 파장이 틈의 폭에 비해 커질수록 증가한다고 판단한다.

암기 포인트

회절은 파동성, 긴 파장·좁은 틈일수록 회절은 뚜렷하다.

NoteBase

문 6. 다음 <그림>과 같이 진폭이 일정하고 진동수가 4 Hz인 파동이 진행하고 있다. 이 파동의 전파 속도는?



① 1 m/s

② 3 m/s

③ 16 m/s

④ 48 m/s

정답 3번

출제 포인트

파동의 그림에서 파장 λ를 읽고, 파동의 전파 속도 공식 $v = f\lambda$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 진동수 $f = 4Hz$이다.
그림에서 변위가 0인 지점을 같은 방향으로 통과하는 위치가 $0m$, $4m$, $8m$, $12m$로 반복되므로 파장은 $\lambda = 4m$이다.
구해야 할 값: 파동의 전파 속도 v이다.

사용할 공식

$v = f\lambda$
파동은 한 주기 동안 한 파장만큼 진행하므로, 1초당 진동 횟수인 진동수와 한 파동의 공간적 길이인 파장을 곱하면 전파 속도가 된다.

NoteBase

계산 과정

$v = f\lambda = (4Hz)(4m) = 16m/s$
따라서 파동의 전파 속도는 $16m/s$이다.

선지 판단

① X — $1m/s$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $1m/s$가 아니라 $v = (4Hz)(4m) = 16m/s$이다.
② X — $3m/s$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $3m/s$가 아니라 $16m/s$이다.
③ O — 그림에서 읽은 파장 $4m$와 진동수 $4Hz$를 곱하면 $16m/s$이므로 옳다.
④ X — $48m/s$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $48m/s$가 아니라 $16m/s$이다.

오답 포인트

파장은 이웃한 영점 사이의 거리가 아니라 위상까지 같은 두 점 사이의 거리이다. 이 그림에서는 변위가 0인 지점을 같은 방향으로 통과하는 $0m$와 $4m$ 사이가 한 파장이므로 $\lambda = 4m$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 마루-마루, 골-골 또는 같은 방향의 영점 통과처럼 위상이 같은 두 점 사이에서 파장을 읽고, 그다음 $v = f\lambda$에 대입한 뒤 단위가 m/s인지 확인한다.

암기 포인트

파동의 속도는 진동수와 파장의 곱이다: $v = f\lambda$.

NoteBase

문 7. 마찰이 없는 수평면에서 10 m/s의 속도로 움직이는 4 kg의 물체가 정지상태인 1 kg의 물체와 충돌하여 한 덩어리가 되어 같이 움직인다. 충돌 후의 역학적 에너지 손실은 얼마인가?

① 10 J

② 20 J

③ 40 J

④ 80 J

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 완전비탄성충돌에서 운동량은 보존되지만 운동에너지는 보존되지 않는다는 점을 이용해 역학적 에너지 손실을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 첫 번째 물체의 질량과 속도는 각각 $m_1 = 4\text{kg}$, $v_1 = 10\text{m/s}$이고, 두 번째 물체는 $m_2 = 1\text{kg}$, $v_2 = 0$이다.
구해야 할 값: 충돌 전후의 운동에너지 차이이다.
주의할 조건: 두 물체가 한 덩어리가 되므로 완전비탄성충돌이며, 마찰이 없는 수평면이어서 충돌 과정의 수평 운동량이 보존된다.

사용할 공식

운동량 보존식은 $m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v_f$이다.
운동에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이고, 손실된 역학적 에너지는 Δ E=K_충돌 전-K_충돌 후이다.
외부 수평력이 없으므로 운동량 보존식으로 충돌 후 공통 속도를 먼저 구하고, 완전비탄성충돌에서는 운동에너지가 감소하므로 충돌 전후 운동에너지의 차이를 계산한다.

계산 과정

1. 운동량 보존식에 값을 대입하면 $4 \times 10 + 1 \times 0 = (4 + 1)v_f$이므로 $v_f = 8\text{m/s}$이다.
2. 충돌 전 운동에너지는 $K_i = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^2 = 200\text{J}$이다.
3. 충돌 후 운동에너지는 $K_f = \frac{1}{2} \times 5 \times 8^2 = 160\text{J}$이다.
4. 따라서 역학적 에너지 손실은 $\Delta E = 200 - 160 = 40\text{J}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 10J는 계산된 손실량 40J와 일치하지 않는다. 틀린 값 10J는 40J로 고쳐야 한다.
② X — 20J는 충돌 전후 운동에너지의 차이가 아니다. 틀린 값 20J는 40J로 고쳐야 한다.
③ O — 충돌 전 운동에너지 200J에서 충돌 후 운동에너지 160J을 빼면 40J이므로 옳다.
④ X — 80J는 계산된 손실량의 두 배이므로 옳지 않다. 틀린 값 80J는 40J로 고쳐야 한다.

오답 포인트

두 물체가 붙어 움직인다고 해서 운동량과 운동에너지가 모두 보존되는 것은 아니다. 운동량은 보존되지만 운동에너지는 감소하며, 손실량은 충돌 전 에너지에서 충돌 후 에너지를 뺀 값이다. 또한 충돌 후 운동에너지를 계산할 때 합쳐진 질량 5kg과 공통 속도 8m/s를 사용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

완전비탄성충돌 문제에서는 먼저 운동량 보존으로 공통 속도를 구한 다음, 충돌 전후의 운동에너지를 각각 계산해 그 차이를 손실량으로 판단한다.

암기 포인트

붙어서 움직이는 충돌에서는 운동량은 보존되고 운동에너지는 감소한다. 에너지 손실은 $K_i - K_f$이다.

NoteBase

문 8. 어느 선박이 400 Hz의 뱃고동소리를 내면서 20 m/s의 속력으로 항구에서 멀어져 가고 있다. 항구에 서 있는 관측자에게 들리는 소리와 가장 가까운 진동수는?
(단, 소리의 속도는 340 m/s이다.)

① 357 Hz

② 377 Hz

③ 425 Hz

④ 455 Hz

정답 2번

출제 포인트

정지한 관측자로부터 멀어지는 음원에 도플러 효과 공식을 적용하여 관측 진동수를 구하는 문제이다.

조건 정리

음원의 진동수: $f = 400Hz$
소리의 속력: $v = 340m/s$
음원이 관측자로부터 멀어지는 속력: $v_s = 20m/s$
관측자는 정지해 있으며, 음원이 멀어지므로 들리는 진동수는 원래 진동수보다 낮아진다.

사용할 공식

정지한 관측자로부터 음원이 멀어질 때의 관측 진동수는
$f' = f\frac{v}{v+v_s}$
이다. 음원이 멀어지면 파장 간격이 늘어나므로 분모에 음원의 속력 v_s를 더한다.

계산 과정

주어진 값을 대입하면
$f' = 400 \times \frac{340}{340+20} = 400 \times \frac{340}{360} \approx 377.8Hz$
이다. 선지 중 $377.8Hz$에 가장 가까운 값은 $377Hz$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 357*Hz*는 계산값 377.8*Hz*와 약 20.8*Hz* 차이가 난다. '357*Hz*'는 틀린 값이며, 올바르게는 약 377.8*Hz*, 즉 선지의 377*Hz*이다.
② O — 377*Hz*는 계산값 377.8*Hz*에 가장 가까우며, 음원이 멀어져 원래의 400*Hz*보다 낮아진다는 방향에도 맞는다.
③ X — 425*Hz*는 원래의 400*Hz*보다 높아지므로 멀어지는 음원의 경우와 반대이다. '425*Hz*'는 틀린 값이며, 올바르게는 약 377.8*Hz*, 즉 선지의 377*Hz*이다.
④ X — 455*Hz*도 원래의 400*Hz*보다 높아지므로 멀어지는 음원의 경우와 반대이다. '455*Hz*'는 틀린 값이며, 올바르게는 약 377.8*Hz*, 즉 선지의 377*Hz*이다.

오답 포인트

음원이 멀어질 때 분모를 $v - v_s$로 두면 진동수가 커지는 잘못된 결과가 나온다. 멀어지는 음원은 파장을 늘리므로 $v + v_s$를 분모에 사용하며, 문제는 정확한 값이 아니라 가장 가까운 선지를 묻는다는 점도 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

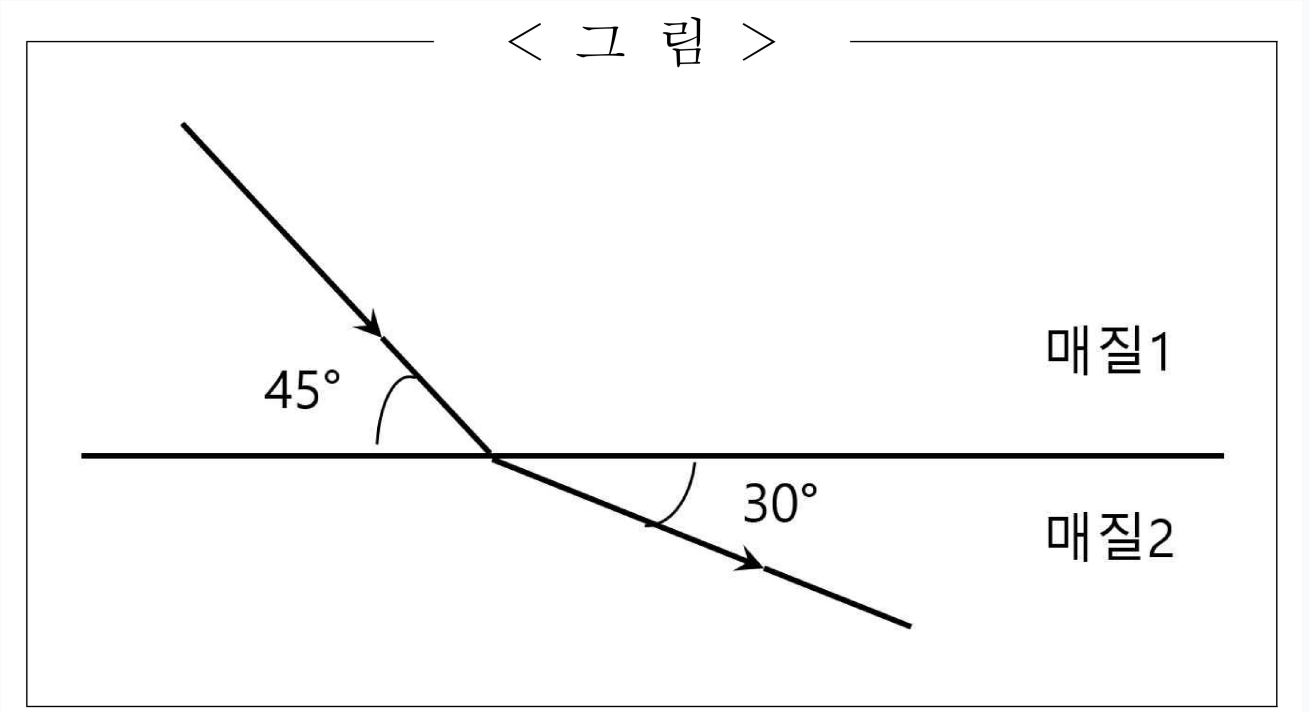
먼저 음원이 관측자에게 가까워지는지 멀어지는지를 판단한다. 멀어지면 관측 진동수가 원래보다 작아야 하므로 $f' = f\frac{v}{v+v_s}$를 적용하고, 계산값과 각 선지의 차이를 비교한다.

암기 포인트

정지 관측자 기준으로 음원이 멀어지면 분모는 $v + v_s$, 관측 진동수는 감소한다.

NoteBase

문 9. 다음 <그림>과 같이 어떤 파동이 매질1에서 매질2로 진행하면서 굴절된다. 이때 매질1에 대한 매질2의 굴절율은?



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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 경계면과 이루는 각을 법선과 이루는 각으로 바꾼 뒤 스넬의 법칙으로 상대 굴절률을 구하는 문제이다.

조건 정리

그림의 입사파는 경계면과 45°, 굴절파는 경계면과 30°를 이룬다. 스넬의 법칙에서 입사각과 굴절각은 경계면의 법선을 기준으로 재므로, $\theta_1 = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$, $\theta_2 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$이다. 구해야 하는 값은 매질 1에 대한 매질 2의 굴절률 $n_{21} = n_2/n_1$이다.

사용할 공식

스넬의 법칙은 $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$이다. 따라서 $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$이다. 두 매질의 경계에서 파동의 진행 방향이 굴절되고 입사각과 굴절각이 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

법선 기준 각을 대입하면
$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{\sqrt{2}/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$
이다.

선지 판단

① X — $\frac{1}{\sqrt{2}}$는 계산값과 다르며, $\sin 45^\circ$만 취하고 $\sin 60^\circ$로 나누지 않은 값이다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$이다.
② X — $\frac{1}{\sqrt{3}}$는 계산값과 다르다. 두 각을 모두 법선 기준으로 바꾸어 $\sin 45^\circ / \sin 60^\circ$를 계산하면 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$이다.
③ X — $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$는 n_1/n_2에 해당하는 역수이다. 문제에서 묻는 n_2/n_1은 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$이다.
④ O — $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$는 $\sin 45^\circ / \sin 60^\circ$와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

그림의 30°는 법선이 아니라 경계면과 이루는 각이다. 이를 그대로 굴절각으로 쓰면 안 되며, 반드시 60°로 바꾸어야 한다. 또한 '매질 1에 대한 매질 2의 굴절률'은 n_2/n_1이므로 분자와 분모를 뒤집지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

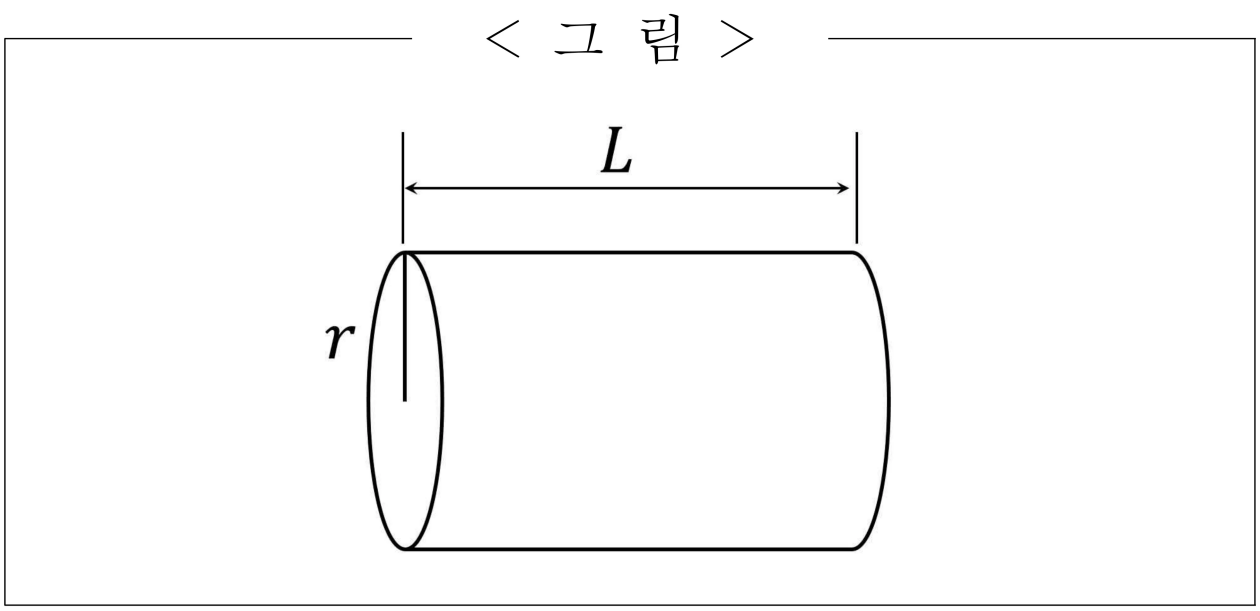
먼저 모든 각이 법선 기준인지 확인하고, 경계면 기준 각은 90°에서 빼서 바꾼다. 그다음 $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$에 대입하고, 문제에서 요구한 상대 굴절률의 순서대로 비를 정한다.

암기 포인트

스넬의 법칙의 각은 법선 기준이며, '매질 1에 대한 매질 2'는 n_2/n_1이다.

NoteBase

문 10. 다음 <그림>과 같이 반지름 r이며, 길이가 L인 원통형 저항체를 양끝을 잡고 길이가 $2L$이 되도록 늘렸다. 이때 늘어난 저항체의 굵기는 균일하다. 처음과 나중 두 저항체의 저항 크기비는?



① 1 : 4

② 1 : 2

③ 2 : 1

④ 4 : 1

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 도선의 부피가 보존되는 신장 과정에서 길이와 단면적의 변화를 반영하여 저항의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

처음 길이는 L, 처음 반지름은 r, 처음 단면적은 $A = \pi r^2$이다.
나중 길이는 $2L$이다. 같은 저항체를 균일하게 늘리므로 부피 AL은 일정하고 비저항 ρ도 변하지 않는 것으로 본다.
구해야 할 값은 처음 저항 R_1과 나중 저항 R_2의 비 $R_1 : R_2$이다.

사용할 공식

저항은 $R = \rho\frac{l}{A}$이고, 부피 보존 조건은 $A_1 L = A_2(2L)$이다.
저항체의 재료가 같으므로 비저항은 같고, 길이가 변할 때 단면적도 함께 변하므로 두 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 부피 보존으로부터 $A_2 = \frac{A_1}{2}$이다.
2. 처음 저항은 $R_1 = \rho\frac{L}{A_1}$이다.
3. 나중 저항은 $R_2 = \rho\frac{2L}{A_1/2} = 4\rho\frac{L}{A_1} = 4R_1$이다.

따라서 $R_1 : R_2 = 1 : 4$이다.

선지 판단

① O — 계산 결과 처음 저항과 나중 저항의 비가 1 : 4이므로 옳다.

② X — 1 : 2는 길이가 2배가 된 효과만 반영하고 단면적이 절반으로 줄어드는 효과를 빠뜨린 값이다. 올바른 비는 1 : 4이다.

③ X — 2 : 1은 나중 저항이 처음 저항보다 작다고 본 값이지만, 나중 저항은 처음 저항의 4배이다. 올바른 비는 1 : 4이다.

④ X — 4 : 1은 처음과 나중의 순서를 거꾸로 쓴 값이다. 올바른 처음 저항 대 나중 저항의 비는 1 : 4이다.

오답 포인트

길이가 2배가 되면 저항이 단순히 2배가 된다고 판단하기 쉽다. 그러나 부피가 일정하므로 단면적은 절반이 되고, $R = \rho l/A$에서 길이 증가와 단면적 감소가 함께 작용하여 저항은 4배가 된다. 또한 문제에서 요구한 비의 순서가 '처음:나중'임을 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 도선을 균일하게 늘리는 문제에서는 먼저 부피 보존으로 새 단면적을 구한 뒤 $R = \rho l/A$에 대입한다. 길이가 k배가 되면 단면적은 $1/k$배가 되어 저항은 k^2배가 된다.

암기 포인트

부피가 일정한 같은 도선은 길이 k배 → 단면적 $1/k$배 → 저항 k^2배이다.

NoteBase

문 11. 풍력 발전소에서 40 kW의 전력을 생산하여 1 kV의 전압으로 소비자에게 송전하였더니, 송전선에서의 전력손실이 2 kW가 되었다. 같은 전력을 전압 2 kV로 송전한다면, 송전선에서의 전력손실과 가장 비슷한 값은?

① 0.25 kW

② 0.5 kW

③ 2 kW

④ 4 kW

정답 2번

출제 포인트

같은 전력을 송전할 때 전압을 높이면 전류가 줄고, 송전선의 저항에 의한 전력손실은 전류의 제곱에 비례한다는 점을 이용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 송전 전력 $P = 40kW$, 처음 전압 $V_1 = 1kV$, 처음 전력손실 $P_{L1} = 2kW$이다.
구해야 할 값: 전압을 $V_2 = 2kV$로 높였을 때의 전력손실 P_{L2}이다.
주의할 조건: 송전 전력과 송전선의 저항은 같으므로 전압 변화에 따른 전류 변화만 반영한다.

사용할 공식

송전 전력은 $P = VI$이므로 같은 전력을 송전할 때 $I = P/V$이다. 송전선에서 저항에 의해 손실되는 전력은 $P_L = I^2R$이다. 따라서 송전 전력과 저항이 같으면 $P_L \propto 1/V^2$이다.

계산 과정

전압이 $1kV$에서 $2kV$로 2배가 되므로 전류는 1/2배가 된다.
전력손실은 전류의 제곱에 비례하므로
$\frac{P_{L2}}{P_{L1}} = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$
이다. 따라서
$P_{L2} = 2kW \times \frac{1}{4} = 0.5kW$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $0.25kW$는 계산 결과인 $0.5kW$와 다르다. '$0.25kW$'는 '$0.5kW$'로 고쳐야 한다.
② O — 전압을 2배로 높이면 전력손실은 1/4배가 되므로 $2kW \times 1/4 = 0.5kW$이다.
③ X — $2kW$는 전압을 높이기 전의 손실값으로, 전류 감소를 반영하지 않았다. '$2kW$'는 '$0.5kW$'로 고쳐야 한다.
④ X — $4kW$는 전압이 높아지면 손실이 감소한다는 관계와 반대이다. '$4kW$'는 '$0.5kW$'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

전압이 2배가 되었을 때 손실을 단순히 1/2배로 보는 것이 함정이다. 전류는 1/2배가 되지만 손실은 I^2R에 따라 $(1/2)^2 = 1/4$배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 전력을 송전하는 문제에서는 먼저 $I = P/V$로 전류의 비를 구한 뒤, 그 비를 제곱하여 $P_L = I^2R$에 적용한다.

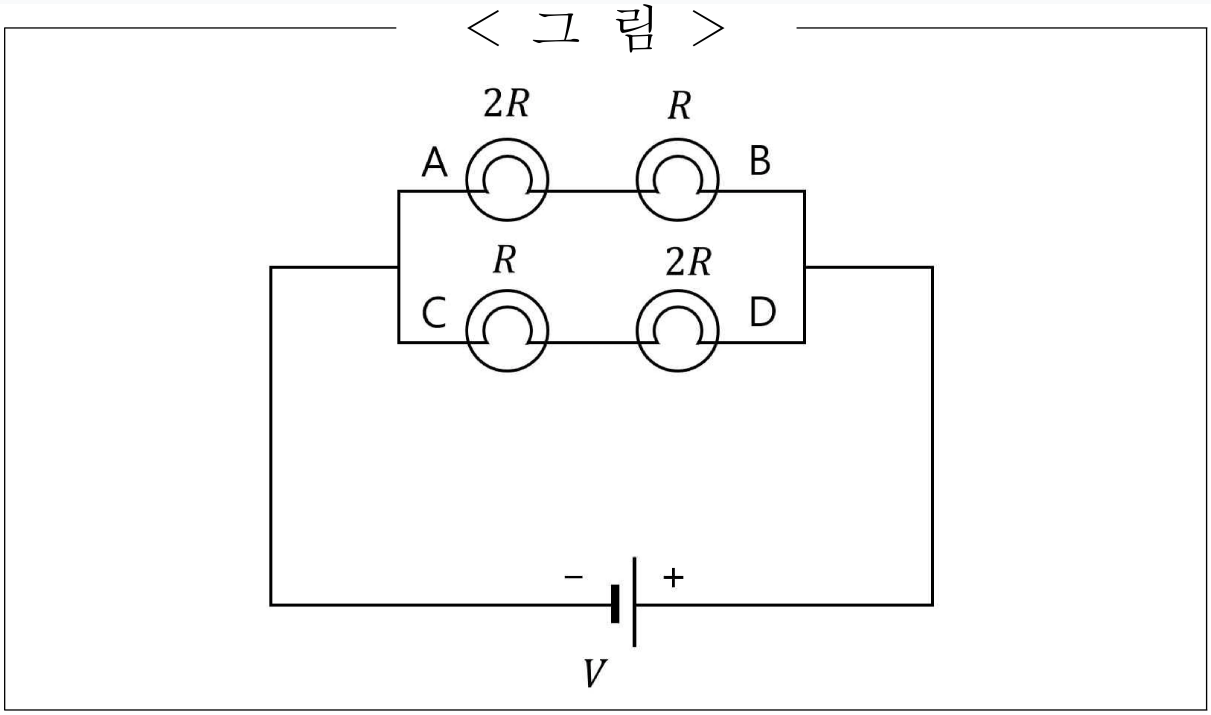
암기 포인트

같은 전력·같은 송전선에서는 전압이 n배이면 전류는 $1/n$배, 전력손실은 $1/n^2$배이다.

NoteBase

문 12. 다음 <그림>과 같이 저항 R과 $2R$인 꼬마전구를 각각 2개씩 연결하여 전기회로를 만들고, 이 회로에 V의 전압을 인가하였다. 다음 <보기>의 설명 중 옳은 것을 모두 고르시오.

<그 림>



<보기>

㉠ 전구 A, B, C, D에 흐르는 전류의 세기는 모두 같다.

㉡ 전구 A와 C의 밝기는 같다.

㉢ 전구 A에 걸리는 전압이 전구 B에 걸리는 전압보다 크다.

① ㉠, ㉡

② ㉠, ㉢

③ ㉡, ㉢

④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬·병렬 회로에서 전류, 전압, 소비 전력에 따른 전구의 밝기를 판단하는 문제이다.

조건 정리

위쪽 가지는 A의 저항 $2R$과 B의 저항 R이 직렬로 연결되고, 아래쪽 가지는 C의 저항 R과 D의 저항 $2R$이 직렬로 연결된다. 두 가지의 합성 저항은 모두 $3R$이며, 두 가지는 전원 V에 병렬로 연결되어 각각 같은 전압 V가 걸린다.

NoteBase

사용할 공식

각 가지의 전류는 옴의 법칙 $I = V/R_{eq}$로 구하고, 전구의 밝기는 소비 전력 $P = I^2R$로 비교한다. 두 병렬 가지에는 같은 전압이 걸리고 합성 저항도 같으므로 두 가지의 전류가 같다. 각 가지 안에서는 전구가 직렬이므로 같은 전류가 흐른다.

계산 과정

1. 위쪽과 아래쪽 가지의 합성 저항은 각각 $2R + R = 3R$이다.
2. 각 가지에 흐르는 전류는 $I = V/(3R)$로 같다. 따라서 A, B, C, D에 흐르는 전류의 세기는 모두 같다.
3. 같은 전류가 흐를 때 밝기는 $P = I^2R$에 비례한다. A의 저항은 $2R$, C의 저항은 R이므로 $P_A = 2I^2R$, $P_C = I^2R$이며 A가 C보다 밝다.
4. 전구 양단 전압은 $V_{bulb} = IR$이다. 따라서 $V_A = 2IR$, $V_B = IR$이므로 A에 걸리는 전압이 B에 걸리는 전압보다 크다.

결국 ㉠과 ㉢만 옳다.

선지 판단

① X — ㉠은 옳지만 ㉡은 틀리다. 같은 전류에서 저항이 큰 A의 소비 전력이 C보다 크므로, 올바른 조합은 '㉠, ㉢'이다.

② O — ㉠과 ㉢이 모두 옳다. 두 가지의 합성 저항이 같아 네 전구의 전류가 같고, $2R$인 A의 전압 강하는 R인 B보다 크다.

③ X — ㉢은 옳지만 ㉡은 틀리고 ㉠이 옳다. 올바른 조합은 '㉠, ㉢'이다.

④ X — ㉠과 ㉢은 옳지만 ㉡은 틀리다. 올바른 조합은 '㉠, ㉢'이다.

오답 포인트

두 병렬 가지의 합성 저항이 모두 $3R$이라는 점을 놓치면 가지 전류가 다르다고 오해하기 쉽다. 또한 전류가 같다고 밝기까지 같다고 판단하면 ㉡을 고르게 된다. 밝기는 전류 자체가 아니라 소비 전력 $P = I^2R$로 비교한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 병렬 가지의 합성 저항과 가지 전류를 구한 뒤, 직렬 부분의 전류가 같음을 적용한다. 밝기는 $P = I^2R$, 전압 강하는 $V = IR$로 각각 비교한다.

암기 포인트

같은 전류가 흐르는 전구는 저항이 클수록 $P = I^2R$와 $V = IR$가 모두 크다.

NoteBase

문 13. 질량 1 kg인 물체를 지표면으로부터 속력 10 m/s로 연직 위로 던져 올렸다. 공기의 저항을 무시할 때 다음 <보기>의 설명 중 옳은 것을 모두 고르시오.

<보기>
㉠ 던지는 순간 물체가 가지고 있는 역학적 에너지는 50 J이다.
㉡ 최고점에서 역학적 에너지는 50 J이다.
㉢ 임의의 높이 h에서의 역학적 에너지는 50 J이다.

① ㉠
② ㉠, ㉡
③ ㉡, ㉢
④ ㉠, ㉡, ㉢

정답 4번

출제 포인트

공기 저항이 없을 때 역학적 에너지가 보존됨을 이용하여 던지는 순간, 최고점, 임의의 높이에서의 역학적 에너지를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량은 $m = 1kg$, 처음 속력은 $v_0 = 10m/s$이다.
구해야 할 값: 운동 중 각 위치에서의 역학적 에너지이다.
주의할 조건: 공기 저항을 무시하므로 중력만 일을 하며, 지표면의 중력 퍼텐셜 에너지를 0으로 두면 역학적 에너지는 보존된다.

사용할 공식

역학적 에너지는 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 합이다.
$E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$
공기 저항과 같은 비보존력이 작용하지 않으므로 E는 운동하는 동안 일정하다.

계산 과정

1. 던지는 순간에는 $h = 0$이므로 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.
2. 처음 역학적 에너지는 $E = \frac{1}{2} \times 1kg \times (10m/s)^2 = 50J$이다.
3. 역학적 에너지가 보존되므로 최고점에서도, 운동 경로의 임의의 높이 h에서도 역학적 에너지는 $50J$이다.

NoteBase

선지 판단

㉠ O — 던지는 순간의 역학적 에너지는 처음 운동 에너지와 같으므로 50J이다.
㉡ O — 최고점에서는 순간 속력이 0이어서 운동 에너지는 0이지만, 중력 퍼텐셜 에너지가 50J가 되어 역학적 에너지의 합은 그대로 50J이다.
㉢ O — 임의의 높이에서는 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 크기가 서로 바뀌어도 그 합은 50J로 일정하다.
① X — '㉠'만 고른 것은 참인 ㉡과 ㉢을 누락하였다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 고른다.
② X — '㉠, ㉡'은 참인 ㉢을 누락하였다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 고른다.
③ X — '㉡, ㉢'은 참인 ㉠을 누락하였다. 올바르게는 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 고른다.
④ O — ㉠, ㉡, ㉢이 모두 옳으므로 이 조합이 정답이다.

오답 포인트

최고점에서 속력이 0이라는 사실을 역학적 에너지가 0이라는 뜻으로 혼동하기 쉽다. 최고점에서는 운동 에너지만 0이고, 처음의 운동 에너지가 중력 퍼텐셜 에너지로 전환되어 전체 역학적 에너지는 50J로 유지된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 마찰이나 공기 저항 같은 비보존력이 있는지 확인한다. 비보존력이 없으면 한 지점에서 전체 역학적 에너지를 계산한 뒤, 모든 높이에서 $K + U$가 같은 값으로 보존된다고 판단한다.

암기 포인트

공기 저항이 없으면 올라가는 동안 K는 감소하고 U는 증가하지만, $K + U$는 일정하다.

NoteBase

문 14. 크기가 일정하게 유지되는 용기 속에 들어있는 기체의 온도를 0 °C에서 273 °C로 높였다. 이때 기체의 압력은 몇 배가 되는가?

① 2 배

② 3 배

③ 4 배

④ 5 배

정답 1번

출제 포인트

부피와 기체의 양이 일정할 때 압력이 절대온도에 비례한다는 압력 법칙을 이용해 압력의 배수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 온도는 $0^\circ\mathrm{C} = 273\mathrm{K}$, 나중 온도는 $273^\circ\mathrm{C} = 546\mathrm{K}$이다.
구해야 할 값: 나중 압력과 처음 압력의 비 P_2/P_1이다.
주의할 조건: 용기의 크기, 즉 부피가 일정하므로 섭씨온도가 아니라 절대온도 K를 사용한다.

사용할 공식

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

부피와 기체의 양이 일정한 상태에서는 이상기체 상태방정식 $PV = nRT$에 따라 압력 P가 절대온도 T에 비례하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 섭씨온도를 절대온도로 바꾸면 $T_1 = 273\mathrm{K}$, $T_2 = 546\mathrm{K}$이다.
2. 압력의 비는 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{546}{273} = 2$이다.
3. 따라서 기체의 압력은 처음의 2배가 된다.

선지 판단

① O — 계산 결과 압력이 2배가 되므로 옳다.
② X — ‘3배’가 아니라 ‘2배’가 옳다. 절대온도는 273K에서 546K로 2배가 된다.
③ X — ‘4배’가 아니라 ‘2배’가 옳다. 압력은 절대온도 자체의 비에 비례하며 온도비를 제곱하지 않는다.
④ X — ‘5배’가 아니라 ‘2배’가 옳다. 섭씨온도의 수치 차이만으로 압력의 배수를 정할 수 없고 절대온도비를 계산해야 한다.

NoteBase

오답 포인트

‘섭씨온도가 0에서 273으로 변했다’는 표현만 보고 비율을 구하면 안 된다. 기체 법칙의 온도는 반드시 절대온도로 환산해야 하며, 이 문항에서는 273K가 546K로 되어 정확히 2배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

정적 과정에서는 먼저 섭씨온도에 273을 더해 절대온도로 바꾸고, $P_2/P_1 = T_2/T_1$로 압력비를 계산한다.

암기 포인트

부피 일정: P/T=일정. 기체 법칙의 온도는 절대온도 K이다.

NoteBase

문 15. 반지름이 20 m인 커브길을 10 m/s의 속력으로 달리는 버스 안에 있는 질량 60 kg인 탑승자가 받는 원심력과 가장 가까운 크기는?

① 30 N

② 100 N

③ 300 N

④ 1200 N

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 원운동하는 버스 안의 탑승자가 받는 원심력의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 60kg$, 속력 $v = 10m/s$, 회전 반지름 $r = 20m$이다.
구해야 할 값: 원심력의 크기이다.
주의할 조건: 속력은 제곱하고 회전 반지름으로 나눈다. 주어진 값은 모두 SI 단위이므로 별도의 단위 변환은 필요하지 않다.

사용할 공식

원심력의 크기는 원운동에 필요한 구심력의 크기와 같으므로 다음 공식을 사용한다.
$F = \frac{mv^2}{r}$
버스가 반지름 r인 커브를 속력 v로 달리므로 탑승자는 구심가속도 v^2/r를 가지며, 그에 대응하는 힘의 크기가 mv^2/r이다.

계산 과정

$F = \frac{60kg \times (10m/s)^2}{20m} = 300N$
따라서 원심력의 크기는 $300N$이다.

선지 판단

① X — $30N$은 계산 결과 $300N$과 다르다. 올바른 값은 $300N$이다.
② X — $100N$은 속력의 제곱값 100을 힘으로 잘못 본 값이며 질량과 반지름을 반영하지 않았다. 올바른 값은 $300N$이다.
③ O — $mv^2/r = 60 \times 10^2/20 = 300$이므로 $300N$과 일치한다.
④ X — $1200N$은 계산 결과보다 4배 큰 값이다. 올바른 값은 $300N$이다.

NoteBase

오답 포인트

속력 v를 그대로 넣거나 $v^2 = 100$이라는 수치만 보고 ②를 고르면 안 된다. 질량을 곱하고 회전 반지름으로 나누어야 힘의 크기 $300N$을 얻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

원운동의 힘을 묻는 문제에서는 질량, 속력, 반지름을 확인한 뒤 $F = mv^2/r$에 대입하고 단위가 N인지 검산한다.

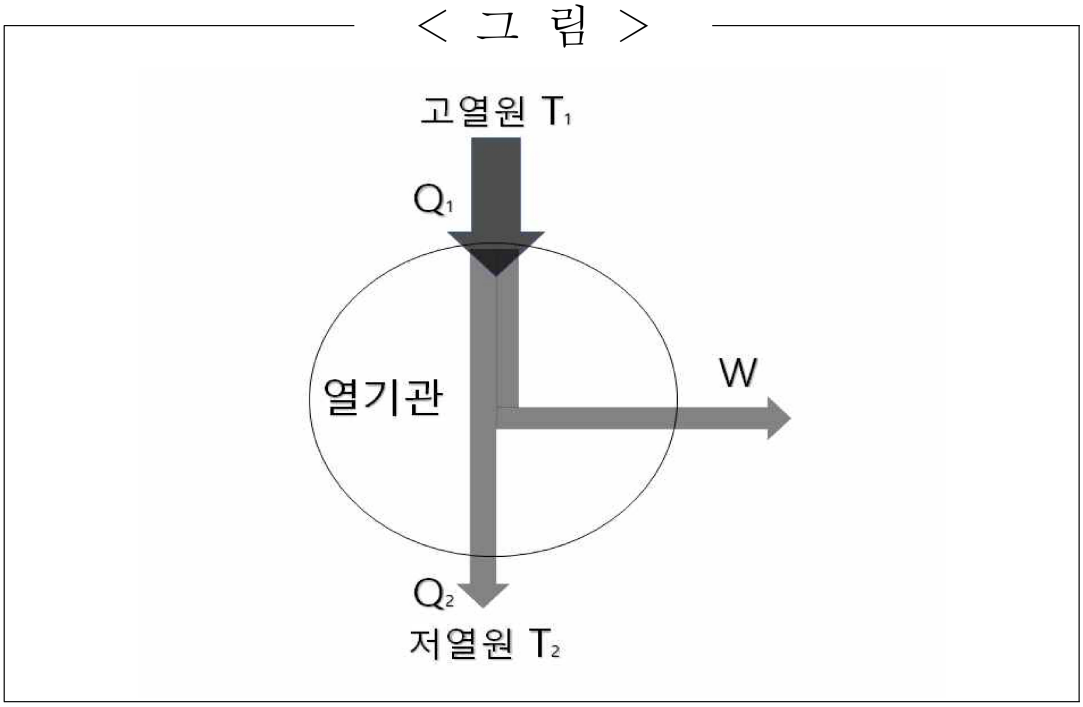
암기 포인트

원운동의 힘은 질량에 비례하고 속력의 제곱에 비례하며 반지름에 반비례한다: $F = mv^2/r$.

NoteBase

문 16. 다음 <그림>은 열효율이 0.25인 카르노 열기관이 절대 온도 T_1의 고열원에서 Q_1의 열을 흡수하여 W의 일을 하고 절대 온도 T_2의 저열원으로 Q_2의 열을 방출하는 것을 나타낸 것이다. $Q_2 = 3Q$, $T_1 = 4T$일 때 Q_1과 T_2의 값은?

<그 림>



① Q_1: 4Q, T_2: 3T
② Q_1: 5Q, T_2: 3T
③ Q_1: 4Q, T_2: 4T
④ Q_1: 10Q, T_2: 4T

정답 1번

출제 포인트

열기관의 열효율 관계와 카르노 기관의 온도 관계를 각각 적용하여 흡수열 Q_1과 저열원의 절대 온도 T_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 열효율 $\eta = 0.25$, 방출열 $Q_2 = 3Q$, 고열원 온도 $T_1 = 4T$이다.
구해야 할 값: 흡수열 Q_1과 저열원 온도 T_2이다.
주의할 조건: 카르노 기관이므로 열효율을 열의 비와 절대 온도의 비로 모두 나타낼 수 있다.

NoteBase

사용할 공식

열기관의 열효율은
$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$
이고, 카르노 기관에서는
$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
이다. 첫 번째 식은 흡수열과 방출열의 관계를, 두 번째 식은 두 열원의 절대 온도 관계를 나타내므로 두 미지수를 각각 구할 수 있다.

계산 과정

1. 열의 관계를 이용하면
$0.25 = 1 - \frac{3Q}{Q_1}$
이므로 $\frac{3Q}{Q_1} = 0.75$이고, $Q_1 = 4Q$이다.
2. 카르노 효율의 온도 관계를 이용하면
$0.25 = 1 - \frac{T_2}{4T}$
이므로 $\frac{T_2}{4T} = 0.75$이고, $T_2 = 3T$이다.
따라서 $Q_1 = 4Q$, $T_2 = 3T$이다.

선지 판단

① O — $Q_1 = 4Q$, $T_2 = 3T$로 두 계산 결과가 모두 일치한다.
② X — $T_2 = 3T$는 맞지만 '$Q_1 = 5Q$'가 틀렸다. 올바르게는 $Q_1 = 4Q$이다.
③ X — $Q_1 = 4Q$는 맞지만 '$T_2 = 4T$'가 틀렸다. 올바르게는 $T_2 = 3T$이다. $T_2 = T_1$이면 카르노 효율은 0이 되어 주어진 효율 0.25와 맞지 않는다.
④ X — '$Q_1 = 10Q$, $T_2 = 4T$'가 모두 틀렸다. 올바르게는 $Q_1 = 4Q$, $T_2 = 3T$이다.

오답 포인트

효율 0.25를 곧바로 Q_2/Q_1 또는 T_2/T_1로 두는 것이 함정이다. 두 비는 효율 자체가 아니라 $1 - \eta = 0.75$이다. 특히 ③·④처럼 $T_2 = T_1$로 잡으면 온도 차가 없어 카르노 기관의 효율이 0이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $1 - \eta$를 구한 뒤 $Q_2/Q_1 = T_2/T_1 = 1 - \eta$를 적용한다. 마지막에는 $Q_1 > Q_2$, $T_1 > T_2$인지 확인하여 결과를 검산한다.

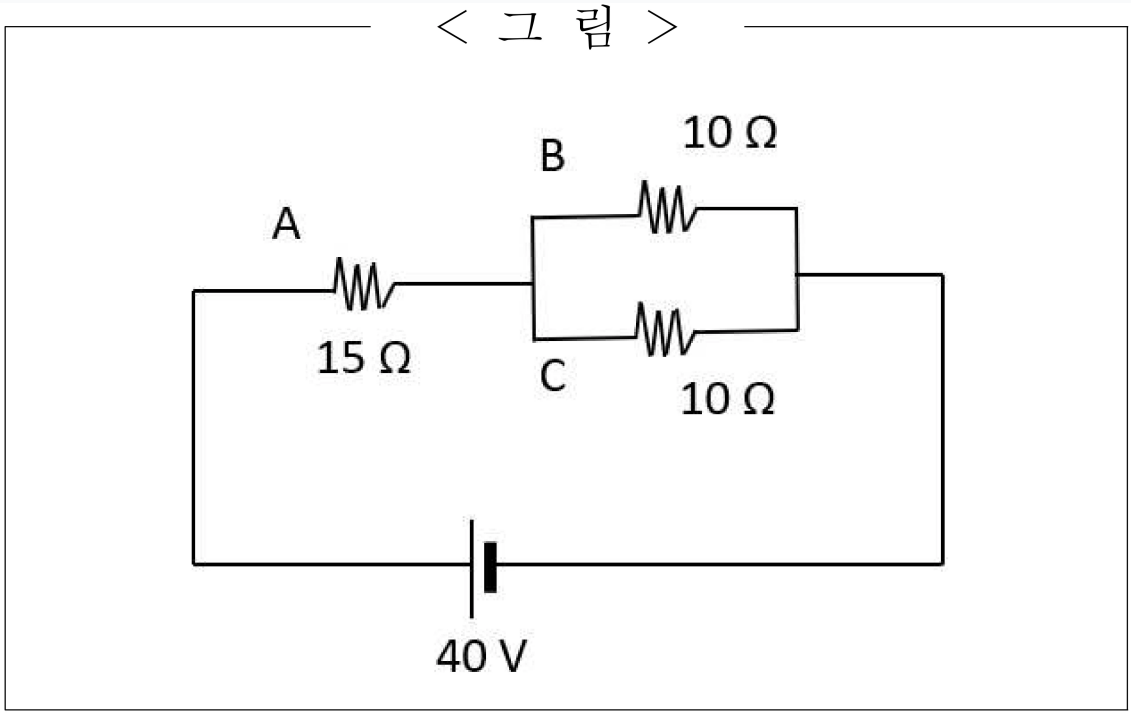
암기 포인트

카르노 기관에서는 $\eta = 1 - Q_2/Q_1 = 1 - T_2/T_1$이다. 효율이 25%이면 방출열 비와 저온·고온 비는 모두 75%이다.

NoteBase

문 17. 다음 <그림>과 같은 전기회로에서 저항 B에 흐르는 전류는?

< 그 림 >



① 1 A

② 2 A

③ 3 A

④ 4 A

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 병렬 연결의 등가저항을 구한 뒤 옴의 법칙과 전류 분배를 이용해 저항 B에 흐르는 전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 전압은 $40V$, 저항 A는 15Ω, 저항 B와 C는 각각 10Ω이다.
구해야 할 값: 저항 B에 흐르는 전류이다.
주의할 조건: B와 C는 서로 병렬이고, 이 병렬부가 A와 직렬로 연결되어 있다.

사용할 공식

병렬 등가저항은 $\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C}$이고, 옴의 법칙은 $I = \frac{V}{R}$이다. B와 C는 양 끝이 같은 두 지점에 연결되어 있으므로 병렬 공식을 사용한다. 또한 두 저항값이 같으므로 병렬부로 들어온 전류는 B와 C에 똑같이 나뉜다.

NoteBase

계산 과정

1. B와 C의 병렬 등가저항은 $R_{BC} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5\Omega$이다.
2. 전체 등가저항은 $R_{\text{total}} = 15 + 5 = 20\Omega$이다.
3. 회로의 전체 전류는 $I_{\text{total}} = \frac{40}{20} = 2A$이다.
4. B와 C의 저항이 각각 10Ω로 같으므로 전류가 절반씩 나뉜다. 따라서 $I_B = \frac{2}{2} = 1A$이다.

선지 판단

① O — 계산한 저항 B의 전류가 $1A$이므로 옳다.
② X — $2A$는 저항 A와 병렬부로 들어가는 전체 전류이다. B에 흐르는 전류로 고친 값은 $1A$이다.
③ X — $3A$는 전체 등가저항 20Ω와 병렬 전류 분배를 적용한 결과가 아니다. B에 흐르는 전류로 고친 값은 $1A$이다.
④ X — $4A$는 전원 전압 $40V$를 B의 저항 10Ω에 직접 나눈 값이지만, B 양단에는 전원 전압 전체가 걸리지 않는다. B에 흐르는 전류로 고친 값은 $1A$이다.

오답 포인트

②의 $2A$는 병렬부에 들어온 전체 전류를 B의 전류로 착각한 값이다. ④의 $4A$는 $40V$가 B에 모두 걸린다고 잘못 본 값이다. 실제로는 A가 직렬로 연결되어 전압의 일부를 사용하며, 병렬부의 전류는 B와 C로 나뉜다.

다시 나오면 이렇게 판단

혼합 연결 회로에서는 먼저 병렬부의 등가저항을 구하고, 전체 등가저항으로 전체 전류를 계산한 다음, 병렬 가지의 저항비에 따라 전류를 분배한다. 병렬 저항값이 같으면 전류도 똑같이 나뉜다.

암기 포인트

같은 저항 두 개의 병렬 등가저항은 한 저항의 절반이고, 두 가지 전류도 절반씩 나뉜다.

NoteBase

문 18. 광전 효과에서 튀어나오는 광전자의 최대 운동에너지를 증가시키는 방법으로 다음 중 가장 옳지 않은 것은?

① 입사광의 진동수를 증가시킨다.

② 광전관에 높은 전압을 가한다.

③ 입사광의 세기를 증가시킨다.

④ 입사광의 파장을 짧게 한다.

정답 3번

출제 포인트

광전자의 최대 운동에너지는 입사광의 진동수와 금속의 일함수로 결정되며, 빛의 세기는 주로 방출되는 광전자의 수에 영향을 준다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

입사광의 진동수가 문턱 진동수보다 클 때 광전자가 방출된다. 같은 금속에서는 일함수 ϕ가 일정하므로 입사광 한 광자의 에너지 hf가 커질수록 방출 순간의 최대 운동에너지 $K_{\max}$가 커진다. 광전관의 전압은 방출된 전자의 이후 운동에 영향을 줄 수 있지만, 빛의 세기는 광자 한 개의 에너지를 바꾸지 않는다.

사용할 공식

아인슈타인의 광전 방정식은 $K_{\max} = hf - \phi = \frac{hc}{\lambda} - \phi$ 이다. 따라서 같은 금속에서 진동수 f를 증가시키거나 파장 λ를 짧게 하면 $K_{\max}$가 증가한다.

선지별 해설

① O — 입사광의 진동수 f가 증가하면 광자 한 개의 에너지 hf가 커지므로 방출 순간의 최대 운동에너지가 증가한다.

② O — 광전관에 가속 방향의 높은 전압을 걸면 이미 방출된 광전자가 전기장으로부터 에너지를 얻어 수집 전극에 도달할 때의 운동에너지가 증가한다. 다만 방출 순간의 고유한 $K_{\max} = hf - \phi$ 자체는 전압이 아니라 입사광의 진동수로 정해진다.

③ X — ‘입사광의 세기를 증가시키면 최대 운동에너지가 증가한다’는 부분이 틀리다. 올바르게는 진동수가 일정할 때 빛의 세기를 증가시키면 단위 시간에 입사하는 광자 수와 방출되는 광전자 수, 즉 광전류가 증가하고 광전자 한 개의 최대 운동에너지는 변하지 않는다.

④ O — $f = c/\lambda$이므로 입사광의 파장 λ를 짧게 하면 진동수가 커지고, 그 결과 최대 운동에너지가 증가한다.

NoteBase

오답 포인트

③에서 빛의 세기와 광자 한 개의 에너지를 혼동하기 쉽다. 진동수가 같은 빛의 세기를 키운다는 것은 광자의 개수를 늘리는 것이므로 광전류는 커지지만 최대 운동에너지는 커지지 않는다. 또한 ②는 방출 순간의 최대 운동에너지와 광전관 내부에서 전압에 의해 가속된 뒤의 운동에너지를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

최대 운동에너지는 $K_{max} = hf - \phi$로 판단한다. 진동수 증가와 파장 감소는 광자 한 개의 에너지를 키우고, 세기 증가는 광자의 수를 늘린다. 전압이 제시되면 방출 순간의 에너지인지 방출 후 가속에 따른 에너지인지 구분한다.

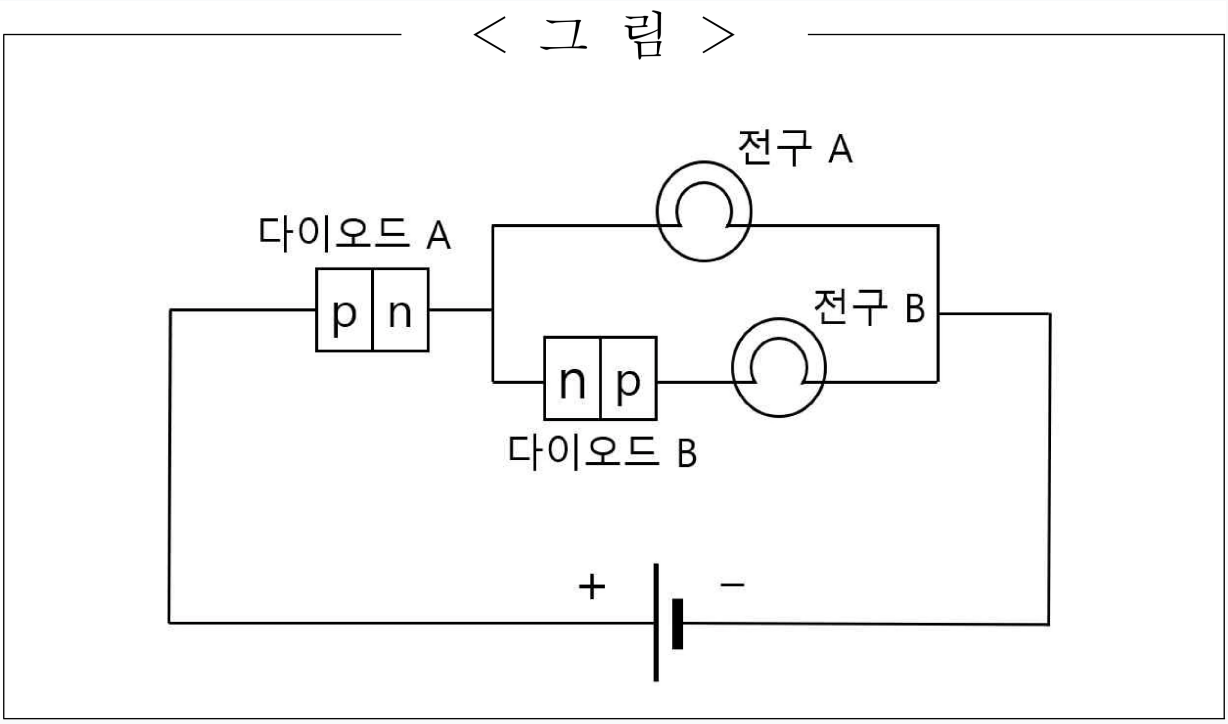
암기 포인트

진동수는 광전자의 최대 운동에너지, 빛의 세기는 광전자의 수와 광전류를 결정한다.

NoteBase

문 19. 다음 <그림>과 같이 p-n 접합 다이오드 A와 B, 전구 A와 B를 이용하여 회로를 구성하였다. 이에 대한 설명으로 다음 중 가장 옳은 것은?(단, 인가전압의 크기는 항복전압보다 작다.)

<그 림>



① 다이오드 B에는 순방향 전압이 걸린다.

② 전구 B는 불이 들어오고 전구 A에는 불이 들어오지 않는다.

③ 다이오드 A에는 양공이 왼쪽으로 전기력을 받아 p-n 접합면에서 멀어진다.

④ 전원의 극을 바꾸면 전구 A, B 모두 불이 들어오지 않는다.

정답 4번

출제 포인트

전원의 극성과 각 다이오드의 p형·n형 반도체 배열을 비교하여 순방향·역방향 바이어스와 전구의 점등 여부를 판단하는 문제이다. 그림에서는 전원의 (+)극이 다이오드 A의 p형 쪽에 연결되므로 A는 순방향이고, 갈라진 아래쪽 가지의 다이오드 B는 n형 쪽이 높은 전위에 놓이므로 역방향이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
다이오드 B는 n형 쪽이 높은 전위, p형 쪽이 낮은 전위에 연결되어 역방향 전압이 걸린다. ‘순방향 전압’이 틀린 표현이며, 올바르게는 ‘다이오드 B에는 역방향 전압이 걸린다’이다.

② X
다이오드 A는 순방향이므로 전류가 흐를 수 있고, 전구 A가 있는 위쪽 가지에는 이를 막는 다이오드가 없어 전구 A가 켜진다. 반면 다이오드 B는 역방향이므로 아래쪽 가지의 전류를 막아 전구 B는 켜지지 않는다. 올바르게는 ‘전구 A는 불이 들어오고 전구 B는 불이 들어오지 않는다’이다.

③ X
다이오드 A는 p형 쪽이 (+)극, n형 쪽이 낮은 전위 쪽에 연결된 순방향 상태이다. p형 반도체의 양공은 오른쪽의 p-n 접합면 쪽으로 전기력을 받아 이동한다. ‘왼쪽으로 전기력을 받아 접합면에서 멀어진다’가 틀린 표현이며, 올바르게는 ‘양공이 오른쪽으로 전기력을 받아 p-n 접합면에 가까워진다’이다.

④ O
전원의 극을 바꾸면 다이오드 A의 p형 쪽이 (-)극, n형 쪽이 높은 전위에 연결되어 역방향이 된다. 다이오드 A는 두 전구로 갈라지기 전의 공통 경로에 있으므로, 항복이 일어나지 않는 조건에서는 전체 회로의 전류를 차단하여 전구 A와 B가 모두 켜지지 않는다.

오답 포인트

다이오드 B가 있는 아래쪽 가지만 보거나, 전원 극성을 바꿨을 때 B가 순방향이 된다는 사실만 보면 전구 B가 켜진다고 오해하기 쉽다. 그러나 전원의 극을 바꾸면 두 갈래보다 앞의 공통 경로에 있는 다이오드 A가 역방향이 되어 두 가지 모두로 흐르는 전류를 먼저 차단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 다이오드에서 p형 쪽 전위가 n형 쪽보다 높으면 순방향, 낮으면 역방향으로 판정한다. 다음으로 역방향 다이오드가 한 가지에만 있는지, 분기 전 공통 경로에 있는지를 확인하면 각 전구의 점등 여부를 판단할 수 있다.

암기 포인트

p형이 (+), n형이 (-)이면 순방향이다. 분기 전 공통 다이오드가 역방향이면 모든 가지의 전류가 차단된다.

NoteBase

문 20. 20 m/s의 속도로 날아오는 질량 2 kg인 물체를 0.02 초 동안에 정지시키고자 할 때 필요한 최소 힘의 크기는?
(단, 공기저항은 무시한다.)

① 1000 N

② 2000 N

③ 4000 N

④ 8000 N

정답 2번

출제 포인트

충격량-운동량 정리 $F_{\text{avg}}\Delta t = \Delta p$를 이용해 물체를 주어진 시간 안에 정지시키는 데 필요한 힘의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

질량은 $m = 2kg$, 처음 속력은 $v_i = 20m/s$, 나중 속력은 $v_f = 0m/s$, 정지 시간은 $\Delta t = 0.02s$이다.
공기저항을 무시하므로 물체의 운동량을 변화시키는 힘만 고려한다. 구해야 할 값은 운동 방향과 반대쪽으로 작용하는 힘의 크기이다.

사용할 공식

충격량-운동량 정리는 다음과 같다.
$F_{\text{avg}}\Delta t = \Delta p = m(v_f - v_i)$
물체의 속도가 일정한 시간 동안 변하므로 힘의 충격량이 운동량 변화량과 같다는 관계를 사용한다. 힘의 크기는 운동량 변화량의 크기를 시간으로 나누어 구한다.

계산 과정

운동량 변화량의 크기는
$|\Delta p| = m|v_f - v_i| = (2kg)|0 - 20m/s| = 40kg \cdot m/s$
이다. 따라서 필요한 평균 힘의 크기는
$F_{\text{avg}} = \frac{|\Delta p|}{\Delta t} = \frac{40kg \cdot m/s}{0.02s} = 2000N$
이다. 일정한 힘으로 정지시킬 때 필요한 최소 힘의 크기는 $2000N$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $1000N$을 $0.02s$ 동안 가하면 충격량은 $20N \cdot s$에 불과하여 필요한 운동량 변화량 $40N \cdot s$의 절반이다. 틀린 값이며, 올바른 힘의 크기는 $2000N$이다.
② O — 계산한 힘의 크기 $2000N$과 일치한다. 이 힘을 $0.02s$ 동안 가하면 충격량이 $40N \cdot s$가 되어 물체가 정지한다.
③ X — $4000N$은 필요한 값의 2배이다. 질량과 속력을 곱해 얻은 운동량 변화량을 정지 시간으로 한 번만 나누어야 하며, 올바른 힘의 크기는 $2000N$이다.
④ X — $8000N$은 필요한 값의 4배이다. 주어진 질량·속력·시간을 충격량 공식에 그대로 대입하면 나오지 않으며, 올바른 힘의 크기는 $2000N$이다.

오답 포인트

속도 변화량만 구해 $20m/s$로 끝내거나, 운동량 변화량 $40kg \cdot m/s$을 정지 시간 $0.02s$로 나누지 않는 실수가 핵심 함정이다. 또한 힘의 방향은 처음 운동 방향과 반대이지만, 문제는 크기를 물었으므로 양수인 $2000N$을 선택한다.

다시 나오면 이렇게 판단

정지·충돌 문제에서는 먼저 $|\Delta p| = m|v_f - v_i|$를 구한 뒤 $F_{\text{avg}} = |\Delta p|/\Delta t$를 적용하고, 단위가 N인지 확인한다.

암기 포인트

힘 × 작용 시간 = 운동량 변화량, 즉 $F_{\text{avg}}\Delta t = \Delta p$이다. 같은 운동량을 더 짧은 시간에 변화시킬수록 필요한 힘은 커진다.

NoteBase