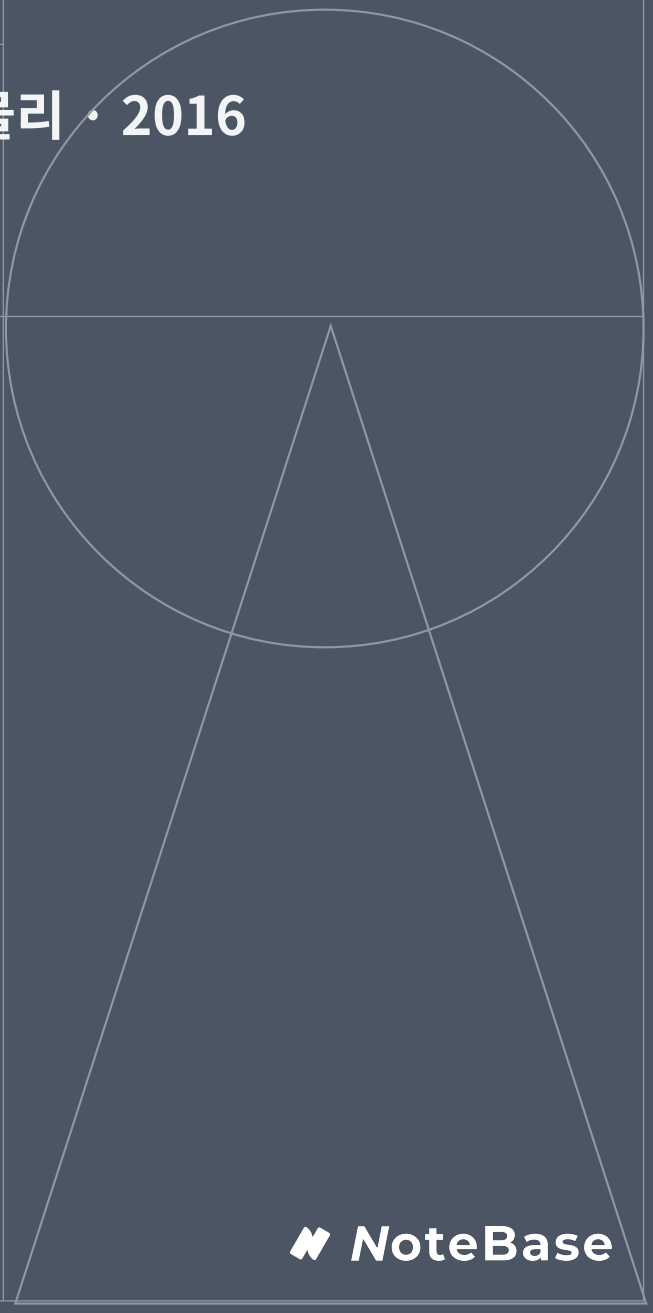
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2016

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2016

문 1. 다음 표는 구 모양을 띤 행성 A, B, C, D의 질량과 반지름을 상대적으로 나타낸 것이다. 밀도가 균일하다고 할 때 행성 표면에서 질량이 m인 물체에 작용하는 무게가 가장 큰 행성은?

행성	A	B	C	D
질량	M	$2M$	$6M$	$12M$
반지름	R	R	$2R$	$3R$

① A ② B
③ C ④ D

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 행성 표면에서의 무게가 행성의 질량에 비례하고 반지름의 제곱에 반비례한다는 점을 이용해 네 행성의 표면 중력을 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A는 질량 M, 반지름 R, B는 질량 $2M$, 반지름 R, C는 질량 $6M$, 반지름 $2R$, D는 질량 $12M$, 반지름 $3R$이다.
구해야 할 값: 질량이 m인 물체에 작용하는 무게가 가장 큰 행성이다.
주의할 조건: 행성의 밀도가 균일하다는 조건에서 구대칭 행성의 표면 중력은 행성 전체 질량이 중심에 모인 경우와 같이 계산하며, 같은 물체의 질량 m과 중력 상수 G는 모든 행성에서 공통이다.

사용할 공식

행성 표면에서 물체에 작용하는 무게는
$W = \frac{GM_pm}{r^2}$
이다. 여기서 M_p는 행성의 질량, r은 행성의 반지름이다. 같은 물체를 비교하므로 공통인 Gm을 제외하면 M_p/r^2만 비교하면 된다.

NoteBase

계산 과정

A: $M/R^2 = 1 \cdot M/R^2$

B: $2M/R^2 = 2 \cdot M/R^2$

C: $6M/(2R)^2 = 6M/(4R^2) = \frac{3}{2} \cdot M/R^2$

D: $12M/(3R)^2 = 12M/(9R^2) = \frac{4}{3} \cdot M/R^2$

따라서 상대적인 표면 중력의 크기는 B > C > D > A이고, 같은 물체의 무게도 이 순서이다.

선지 판단

① X

- ‘A’는 틀리다. A의 비교값은 1로 네 행성 중 가장 작으며, 올바르게는 비교값이 2인 B가 무게가 가장 큰 행성이다.

② O

- B의 비교값은 $2M/R^2$로 A의 M/R^2, C의 $\frac{3}{2}M/R^2$, D의 $\frac{4}{3}M/R^2$보다 크므로 B가 맞다.

③ X

- ‘C’는 틀리다. C는 질량이 $6M$이지만 반지름이 $2R$이므로 반지름의 제곱인 4로 나누어 비교값이 $\frac{3}{2}$가 된다. 올바르게는 C가 아니라 B이다.

④ X

- ‘D’는 틀리다. D는 질량이 $12M$이지만 반지름이 $3R$이므로 반지름의 제곱인 9로 나누어 비교값이 $\frac{4}{3}$이 된다. 올바르게는 D가 아니라 B이다.

계산 결과 B의 표면 중력이 가장 크므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

행성의 질량만 비교하면 질량이 가장 큰 D를 고르기 쉽다. 그러나 표면 중력은 반지름 자체가 아니라 반지름의 제곱에 반비례하므로 D는 3이 아니라 $3^2 = 9$로, C는 2가 아니라 $2^2 = 4$로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

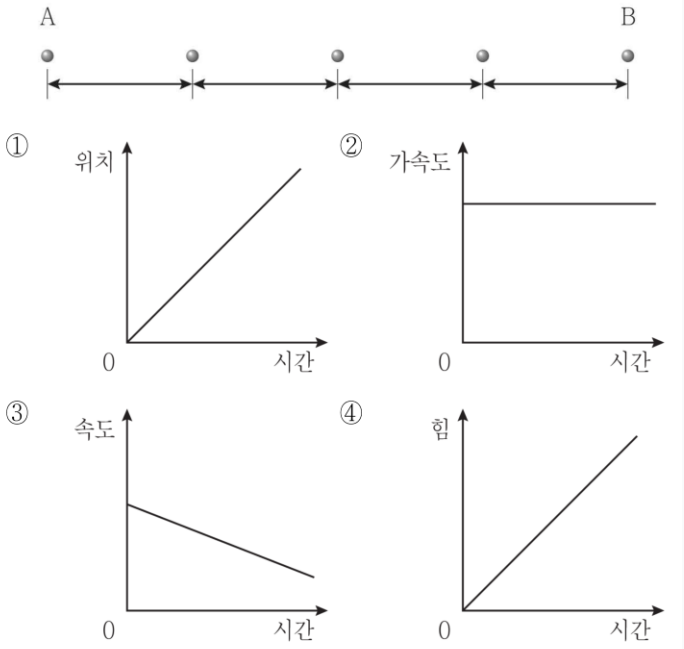
같은 물체의 행성별 무게를 비교할 때는 각 행성에 대해 M_p/r^2를 계산한 뒤 그 값의 크기를 비교한다. 행성의 질량과 반지름이 각각 기준의 a배, b배이면 표면 중력과 무게는 기준의 a/b^2배이다.

암기 포인트

행성 표면의 무게는 ‘질량에 비례, 반지름의 제곱에 반비례’하여 $W \propto M_p/r^2$이다.

NoteBase

문 2. 그림은 마찰이 없는 수평면 A지점에서 B지점으로 움직이는 물체의 위치를 1초 간격으로 나타낸 것이다. 시간에 따른 물체의 위치 간격은 모두 동일하며 이런 형태가 지속된다. 이 물체의 운동을 그래프로 바르게 나타낸 것은?



정답 1번

출제 포인트

1초마다 표시된 물체의 위치 간격이 모두 같다는 도식에서 속도, 가속도, 알짜힘의 관계를 판단하는 문제이다. 같은 시간 동안 같은 거리를 이동하므로 물체는 A에서 B 방향으로 등속 직선 운동을 한다.

선지별 해설

① O — 물체가 A에서 B 방향으로 일정한 속력으로 이동하므로 위치는 시간에 따라 일정하게 증가한다. 따라서 위치-시간 그래프는 일정한 양의 기울기를 갖는 직선이다.

② X — 그래프는 가속도가 일정한 양의 값임을 나타내지만, 등속 직선 운동의 가속도는 0이다. 틀린 표현인 '가속도가 양의 일정한 값이다'는 '가속도가 0이다'로 고쳐야 한다.

③ X — 그래프는 속력이 시간에 따라 감소함을 나타내지만, 위치 간격이 매초 같으므로 속력은 일정하다. 틀린 표현인 '속력이 감소한다'는 '속력이 일정하다'로 고쳐야 한다.

④ X — 그래프는 힘이 시간에 따라 증가함을 나타내지만, 가속도가 0이므로 물체에 작용하는 알짜힘도 0이다. 틀린 표현인 '알짜힘이 증가한다'는 '알짜힘이 0으로 일정하다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

‘일정하다’는 말만 보고 ②의 일정한 가속도를 고르면 안 된다. 도식에서 일정한 것은 매초 이동한 거리이므로 속도가 일정하고, 이에 따라 가속도와 알짜힘은 0이다.

다시 나오면 이렇게 판단

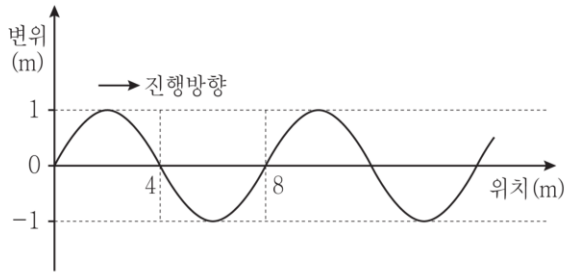
같은 시간 간격의 위치 표시를 먼저 비교한다. 위치 간격이 같으면 등속 운동이므로 위치-시간 그래프는 직선, 속도-시간 그래프는 수평선, 가속도-시간 그래프와 알짜힘-시간 그래프는 0인 선으로 판단한다.

암기 포인트

같은 시간에 같은 거리이면 속도 일정, 가속도 0, 알짜힘 0이다.

NoteBase

문 3. 파동 실험용 줄을 2초에 1회씩 상하로 흔들어 주었다. 그 때 줄에서 발생한 파동이 일정한 속력으로 오른쪽으로 진행할 때, 다음 그림은 어느 순간의 변위를 위치에 따라 나타낸 것이다. 이 파동의 전파 속도[m/s]는?



① 2 ② 4
③ 8 ④ 16

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 변위-위치 그래프에서 파장을 읽고, 줄을 흔드는 주기로 진동수를 구한 뒤 $v = f\lambda = \lambda/T$를 이용해 파동의 전파 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 줄을 $2s$에 1회씩 흔드므로 주기는 $T = 2s$이고 진동수는 $f = 1/T = 0.5Hz$이다.
그래프에서 같은 위상으로 운동하는 지점 사이의 거리, 예를 들어 위로 지나가는 영점인 위치 $0m$와 $8m$ 사이의 거리는 $8m$이므로 파장은 $\lambda = 8m$이다.
구해야 할 값: 파동의 전파 속력 v이다.
주의할 조건: 위치 $4m$는 이웃한 영점이지만 위치 $0m$와 진행 방향이 반대인 위상이므로, $4m$는 한 파장이 아니라 반 파장이다. 진폭 $1m$는 전파 속력 계산에 사용하지 않는다.

사용할 공식

$v = f\lambda = \frac{\lambda}{T}$
한 주기 동안 파형이 한 파장만큼 진행하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 주기는 $T = 2s$이고 진동수는 $f = 1/T = 0.5Hz$이다.
2. 그래프의 같은 위상 간격에서 파장은 $\lambda = 8m$이다.
3. 따라서 전파 속력은
$v = f\lambda = (0.5Hz)(8m) = 4m/s$
이다.

선지 판단

① X — $2m/s$는 계산 결과 $4m/s$와 다르다. 위치 $0m$에서 $4m$까지의 영점 간격을 한 파장으로 잘못 보면 $4m/2s = 2m/s$가 나오지만, 그 간격은 반 파장이다. 올바른 전파 속력은 $4m/s$이다.
② O — $v = \lambda/T = 8m/2s = 4m/s$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $8m/s$는 파장의 수치 8을 그대로 속력으로 본 값이다. 파장 $8m$를 주기 $2s$로 나누어야 하므로 올바른 전파 속력은 $4m/s$이다.
④ X — $16m/s$는 파장 $8m$에 주기 $2s$를 잘못 곱한 값이다. 속력은 λT가 아니라 λ/T이므로 올바른 전파 속력은 $4m/s$이다.

오답 포인트

그래프에서 이웃한 두 영점 사이의 $4m$를 곧바로 파장으로 보는 것이 핵심 함정이다. 파장은 변위뿐 아니라 기울기까지 같은 위상이 다시 나타나는 간격이므로 $8m$이다. 또한 '2초에 1회'는 $f = 2Hz$가 아니라 주기 $T = 2s$, 진동수 $f = 0.5Hz$를 뜻한다.

다시 나오면 이렇게 판단

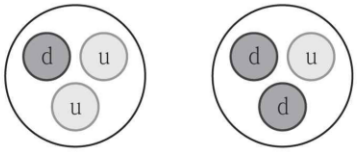
먼저 마루-마루, 골-골, 또는 같은 방향으로 지나는 영점-영점 사이에서 파장 λ를 읽는다. 그다음 '몇 초에 1회'에서 주기 T를 정하고, $v = \lambda/T$로 계산한 뒤 단위가 m/s인지 검산한다.

암기 포인트

같은 위상 사이의 거리가 파장이고, 한 주기 동안 파동은 한 파장만큼 진행하므로 $v = f\lambda = \lambda/T$이다.

NoteBase

문 4. 그림은 원자핵을 구성하는 핵자를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, u는 위쿼크, d는 아래 쿼크이다)



(가) (나)

① (가)는 양성자이다.
② (나)는 중성자이다.
③ 쿼크들 사이에 강력이 작용한다.
④ u쿼크의 전하량은 d쿼크의 전하량과 크기가 같다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 위 쿼크와 아래 쿼크의 구성 및 전하량을 이용하여 양성자와 중성자를 구별하는 문제이다. (가)는 *uud*인 양성자이고, (나)는 *udd*인 중성자이다.

선지별 해설

① O — (가)는 위 쿼크 2개와 아래 쿼크 1개로 이루어진 *uud*이므로 양성자이다.
② O — (나)는 위 쿼크 1개와 아래 쿼크 2개로 이루어진 *udd*이므로 중성자이다.
③ O — 쿼크들은 강한 상호 작용으로 결합하여 양성자와 중성자 같은 핵자를 이룬다.
④ X — 위 쿼크의 전하량은 $+\frac{2}{3}e$, 아래 쿼크의 전하량은 $-\frac{1}{3}e$이므로 전하량의 크기가 같지 않다. 틀린 표현 '크기가 같다'는 '위 쿼크의 전하량의 크기가 아래 쿼크의 전하량의 크기의 2배이다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

쿼크의 개수만 보고 전하량의 크기까지 같다고 착각하기 쉽다. 위 쿼크와 아래 쿼크는 부호뿐 아니라 전하량의 크기도 각각 $\frac{2}{3}e$, $\frac{1}{3}e$로 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

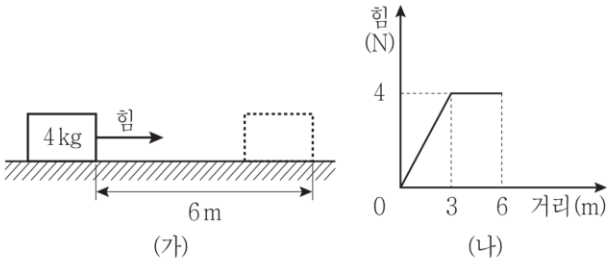
*uud*는 전체 전하량이 $+e$인 양성자이고, *udd*는 전체 전하량이 0인 중성자이다. 도식에서 쿼크의 종류와 개수를 센 뒤 각 전하량을 합하여 판단한다.

암기 포인트

양성자는 *uud*, 중성자는 *udd*이며, 위 쿼크의 전하량 크기는 아래 쿼크의 2배이다.

NoteBase

문 5. 그림 (가)는 마찰이 없는 수평면 위에 정지 상태로 놓여있는 질량 4kg인 물체에 힘을 작용하여 6m를 이동시키는 것을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 이 물체에 작용하는 힘의 크기를 이동거리에 따라 나타낸 것이다. 물체가 6m를 지나는 순간에서의 속력[m/s]은?



① 3 ② 6
③ 9 ④ 18

정답 1번

출제 포인트

힘-거리 그래프의 넓이로 물체에 한 일을 구하고, 일-에너지 정리로 물체의 속력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량은 $4kg$, 처음 속력은 $0m/s$이다. 힘은 이동거리 $0 \sim 3m$에서 $0N$부터 $4N$까지 일정하게 증가하고, $3 \sim 6m$에서는 $4N$으로 일정하다.
구해야 할 값: 물체가 $6m$를 지나는 순간의 속력이다.
주의할 조건: 마찰이 없으므로 그래프 아래 넓이에 해당하는 일이 모두 물체의 운동 에너지 증가량이 된다.

사용할 공식

힘-거리 그래프 아래 넓이는 힘이 한 일이다.
$W = \int F dx$
일-에너지 정리는 다음과 같다.
$W = \Delta K = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$
처음 정지 상태이고 마찰이 없으므로, 그래프의 전체 넓이를 구해 $\frac{1}{2}mv^2$와 같게 둔다.

계산 과정

1. $0 \sim 3m$ 구간의 일은 삼각형의 넓이이므로 $\frac{1}{2} \times 3m \times 4N = 6J$이다.
2. $3 \sim 6m$ 구간의 일은 직사각형의 넓이이므로 $3m \times 4N = 12J$이다.
3. 전체 일은 $W = 6J + 12J = 18J$이다.
4. 일-에너지 정리를 적용하면 $18J = \frac{1}{2} \times 4kg \times v^2$이므로 $v^2 = 9m^2/s^2$, $v = 3m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 속력 $3m/s$와 일치한다.
② X — $6m/s$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 $3m/s$이다.
③ X — $9m/s$는 속력 v가 아니라 계산 중 얻은 $v^2 = 9m^2/s^2$의 수치 9를 속력으로 잘못 고른 값이다. 올바르게는 제곱근을 취한 $3m/s$이다.
④ X — 18은 그래프의 넓이로 구한 일 $18J$의 수치이지 속력이 아니다. 올바른 속력은 $3m/s$이다.

오답 포인트

힘이 일정하지 않은 $0 \sim 3m$ 구간을 직사각형이 아니라 삼각형으로 계산해야 한다. 또한 전체 일 $18J$이나 $v^2 = 9m^2/s^2$의 수치를 그대로 속력으로 고르면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

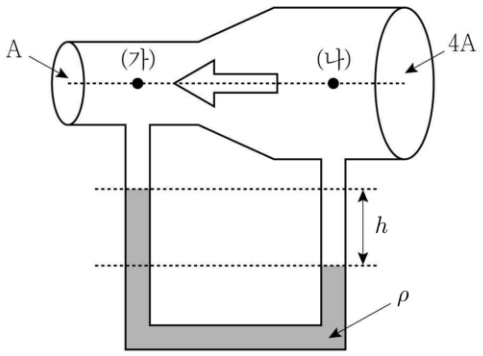
힘-거리 그래프에서는 먼저 구간별 넓이를 합해 일을 구한 뒤, 그 일을 운동 에너지 변화량과 같게 두고 마지막에 속력의 단위가 m/s인지 검산한다.

암기 포인트

힘-거리 그래프의 넓이는 일이고, 마찰이 없으면 그 일이 운동 에너지 증가량이 된다: 그래프 넓이=W=Δ K.

NoteBase

문 6. 그림은 벤츄리관이다. 넓은 관에서 좁은 관으로 기체가 통과하고, 양쪽은 물로 채워진 단면적이 같은 가는 유리관으로 연결되어 있다. 기체가 지상으로부터 높이가 같은 지점인 (나)에서 (가)로 흐를 때 밀도가 ρ인 물은 높이 차 h로 평형을 유지한다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 좁은 쪽의 단면적은 A, 넓은 쪽의 단면적은 4A이고, 중력 가속도는 g이고, 기체와 물은 압축되지 않는다고 가정한다)



① (가)지점과 (나)지점의 압력 차이는 ρgh이다.
② (가)에서 기체의 속력은 (나)에서보다 4배 빠르다.
③ (가)에서 기체의 압력은 (나)에서 기체의 압력보다 크다.
④ 기체가 흐르지 않으면 양쪽 관에 미치는 압력이 같으므로 양쪽 관의 물의 높이는 같아진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 차압계의 액면 차, 연속 방정식, 베르누이 방정식을 함께 이용해 벤츄리관의 압력과 속도를 비교하는 문제이다.

조건 정리

좁은 쪽 (가)의 단면적은 A, 넓은 쪽 (나)의 단면적은 $4A$이다. 두 지점의 높이는 같고, 기체와 물은 비압축성으로 본다. 물의 밀도는 ρ, 액면 높이 차는 h이다. 그림에서 (가) 쪽 물의 액면이 더 높으므로 (나)의 압력이 더 크다.

NoteBase

사용할 공식

차압계 관계:
p_(나)-p_(가)=ρ gh
연속 방정식:
A v_(가)=4A v_(나)
같은 높이에서의 베르누이 방정식:
p_(가)+(1)/(2)_g v_(가)^2=p_(나)+(1)/(2)_g v_(나)^2
여기서 ρ_g는 기체의 밀도이다. 차압계는 액면이 낮은 쪽의 압력이 더 크다는 사실을 나타내고, 연속 방정식은 같은 시간에 통과하는 유량이 같기 때문에 사용한다. 베르누이 방정식은 같은 높이에서 속도가 큰 곳일수록 정압이 작다는 관계를 준다.

계산 과정

1. 차압계에서 (나) 쪽 액면이 (가) 쪽보다 h만큼 낮으므로 p_(나)-p_(가)=ρ gh이다.
2. 연속 방정식에 따라 A v_(가)=4A v_(나)이므로 v_(가)=4v_(나)이다.
3. 따라서 v_(가)>v_(나)이다. 같은 높이에서 베르누이 방정식을 적용하면 속도가 더 큰 (가)의 압력이 더 작아 p_(가)<p_(나)가 된다.

선지 판단

① O — 차압계의 액면 높이 차가 h이므로 두 지점의 압력 차의 크기는 $\rho g h$이다. 그림의 액면 방향까지 고려하면 p_(나)-p_(가)=ρ gh이다.
② O — A v_(가)=4A v_(나)이므로 (가)에서의 속력은 (나)에서의 속력의 4배이다.
③ X — (가)는 단면적이 작아 속력이 더 크므로 베르누이 원리에 따라 압력은 더 작다. ‘(가)의 압력이 (나)의 압력보다 크다’가 틀린 표현이며, 올바르게는 ‘(가)의 압력은 (나)의 압력보다 작다’이다.
④ O — 흐름이 없으면 두 지점의 속력이 모두 0이고 높이도 같으므로 양쪽 관의 압력이 같다. 따라서 차압계의 물도 같은 높이에서 평형을 이룬다.

오답 포인트

③에서 좁은 관을 압력이 큰 곳으로 착각하기 쉽다. 정상 흐름에서는 좁은 곳의 유속이 커지고, 같은 높이에서는 유속이 커진 만큼 정압이 작아진다. 또한 U자관에서는 물의 액면이 낮은 쪽이 더 높은 압력을 받는 쪽이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 연속 방정식으로 단면적과 속력의 반비례 관계를 구하고, 다음으로 같은 높이의 베르누이 방정식에서 속력이 큰 쪽의 압력이 작은지 확인한다. 마지막으로 차압계에서 액면이 낮은 쪽의 압력이 더 크다는 방향을 대조한다.

NoteBase

암기 포인트

벤츄리관에서는 ‘좁은 곳은 빠르고 압력은 낮다’이며, 차압계에서는 ‘액면이 낮은 쪽의 압력이 높다’이다.

NoteBase

문 7. 지상에서 5 m 떨어진 곳에서 정지한 질량 2 kg짜리 공을 자유 낙하시켰다. 바닥과 충돌 직후 공의 속도는 위 방향으로 4 m/s였다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 공기 저항은 무시하고, 중력 가속도는 10 m/s^{2}으로 한다)

① 바닥에 닿기 직전 속력은 10 m/s이다.
② 바닥이 받은 충격량의 크기는 12 N · s이다.
③ 공이 바닥과 충돌 직후 운동량의 크기는 8 kg · m/s이다.
④ 공이 바닥에 가한 힘과 바닥이 공에 가한 힘은 작용 · 반작용 관계이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 자유 낙하 속도를 구한 뒤, 운동량의 변화량으로 충격량을 계산하고 작용·반작용 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 2kg$, 낙하 높이 $h = 5m$, 중력 가속도 $g = 10m/s^2$, 충돌 직후 속도 $4m/s$이다.
구해야 할 값: 충돌 직전 속력, 바닥이 받은 충격량, 충돌 직후 운동량이다.
주의할 조건: 위쪽을 양의 방향으로 두면 충돌 직전 속도는 아래쪽이므로 음수이고, 충돌 직후 속도는 양수이다.

사용할 공식

자유 낙하 속력은 $v^2 = 2gh$로 구한다. 공기 저항을 무시하고 정지 상태에서 낙하하므로 이 공식을 사용할 수 있다.
충격량은 운동량의 변화량이므로 $J = \Delta p = m(v_f - v_i)$이다.

계산 과정

1. 충돌 직전 속력은 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10m/s$이다. 위쪽을 양으로 두면 $v_i = -10m/s$이다.
2. 충돌 직후 속도는 $v_f = +4m/s$이므로 공이 받은 충격량은 $J = m(v_f - v_i) = 2 \times \{4 - (-10)\} = 28N \cdot s$이고 방향은 위쪽이다.
3. 작용·반작용에 따라 바닥이 받은 충격량의 크기도 $28N \cdot s$이다.
4. 충돌 직후 공의 운동량 크기는 $|p_f| = m|v_f| = 2 \times 4 = 8kg \cdot m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 정지 상태에서 $5m$를 자유 낙하하므로 바닥에 닿기 직전 속력은 $10m/s$이다.
② X — '바닥이 받은 충격량의 크기는 $12N \cdot s$'가 틀린 표현이다. 공의 속도는 아래쪽 $-10m/s$에서 위쪽 $+4m/s$로 바뀌므로 운동량 변화의 크기는 $2 \times \{4 - (-10)\} = 28N \cdot s$이다. 올바르게는 '바닥이 받은 충격량의 크기는 $28N \cdot s$이다'이다.
③ O — 충돌 직후 운동량의 크기는 $m|v_f| = 2 \times 4 = 8kg \cdot m/s$이다.
④ O — 공이 바닥에 가한 힘과 바닥이 공에 가한 힘은 서로 다른 물체에 작용하면서 크기가 같고 방향이 반대인 작용·반작용 관계이다.

오답 포인트

②의 $12N \cdot s$는 충돌 전후 속도의 방향을 무시하고 속력의 차 $10 - 4$만 사용한 값이다. 공은 아래로 운동하다가 위로 튀어 오르므로 속도 변화의 크기는 $4 - (-10) = 14m/s$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

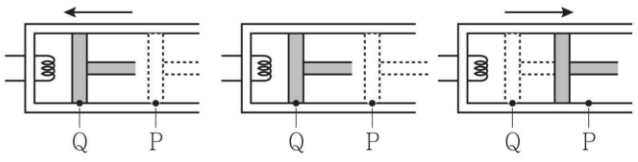
낙하 속력을 먼저 구하고, 한 방향을 양으로 정해 충돌 전후 속도에 부호를 붙인 다음, $J = m(v_f - v_i)$로 충격량을 계산한다. 마지막으로 운동량과 충격량의 단위를 확인한다.

암기 포인트

튕겨 나오는 충돌에서는 속도의 방향이 반대로 바뀐다. 따라서 충격량 계산은 속력끼리 빼는 것이 아니라 부호를 포함한 속도의 변화량을 사용한다.

NoteBase

문 8. 그림 (가)는 내부에 열원이 장치된 단열 실린더에 이상 기체를 넣고 P의 위치에 정지되어 있던 피스톤에 힘을 가하여 Q의 위치까지 이동시키는 모습을 나타내고, 그림 (나)는 (가)에서 Q의 위치에 피스톤을 고정시킨 상태로 기체에 열을 가하는 모습을 나타내며, 그림 (다)는 (나)에서 피스톤을 가만히 놓았더니 피스톤이 오른쪽으로 움직이고 있는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 피스톤과 실린더 사이의 마찰은 무시한다)



(가) (나) (다)

① (가)에서 기체의 온도는 감소한다.
② (나)에서 기체가 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다.
③ (나)에서 기체 분자가 피스톤 벽에 작용하는 압력은 변하지 않는다.
④ (다)에서 기체는 외부로부터 일을 받는다.

정답 2번

출제 포인트

피스톤의 이동 방향으로 기체의 압축·팽창 여부를 판단하고, 열역학 제1법칙 $\Delta U = Q - W$를 이용해 열, 일, 내부 에너지의 관계를 구분하는 문제이다. 여기서 W는 기체가 외부에 한 일이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- (가)에서는 피스톤이 P에서 Q로 왼쪽으로 이동하므로 기체가 압축된다. 단열 실린더에서 외부가 기체에 일을 하면 기체의 내부 에너지가 증가하므로 온도는 증가한다.
- 틀린 표현: '기체의 온도는 감소한다.' → 올바르게는 '기체의 온도는 증가한다.'이다.

② O
- (나)에서는 피스톤이 Q에 고정되어 부피가 변하지 않으므로 기체가 한 일은 $W = 0$이다. 따라서 $\Delta U = Q - W$에서 $\Delta U = Q$가 되어 기체가 흡수한 열량은 내부 에너지 증가량과 같다.

③ X
- (나)는 부피가 일정한 상태에서 열을 가하는 과정이다. 기체의 온도가 올라가면 일정한 부피에서 압력도 증가하므로 피스톤 벽에 작용하는 압력은 변하지 않는 것이 아니라 증가한다.
- 틀린 표현: '압력은 변하지 않는다.' → 올바르게는 '압력은 증가한다.'이다.

④ X
- (다)에서 피스톤이 오른쪽으로 움직이면 기체가 팽창하면서 피스톤을 밀어 외부에 일을 한다. 따라서 기체가 외부로부터 일을 받는 과정이 아니다.
- 틀린 표현: '기체는 외부로부터 일을 받는다.' → 올바르게는 '기체는 외부에 일을 한다.'이다.

오답 포인트

피스톤에 작용하는 힘의 방향과 기체가 한 일의 부호를 혼동하기 쉽다. 피스톤이 기체 쪽으로 이동하는 (가)는 압축이므로 외부가 기체에 일을 하고, 피스톤이 바깥쪽으로 이동하는 (다)는 팽창이므로 기체가 외부에 일을 한다. 또한 (나)에서 일정한 것은 부피이지 압력이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

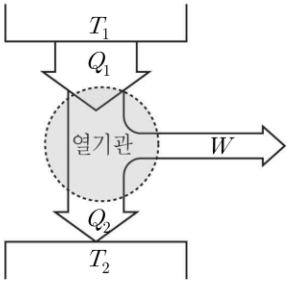
먼저 피스톤의 이동으로 압축·등적·팽창을 구분한다. 압축이면 외부가 기체에 일을 하고, 피스톤 고정이면 $W = 0$이므로 $Q = \Delta U$이며, 팽창이면 기체가 외부에 일을 한다.

암기 포인트

압축은 기체가 일을 받는 과정, 등적 가열은 $Q = \Delta U$, 팽창은 기체가 일을 하는 과정이다.

NoteBase

문 9. 그림은 온도 T_1인 고열원에서 Q_1의 열을 흡수하여 W의 일을 하고 온도 T_2인 저열원으로 Q_2의 열을 방출하는 열기관을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① $Q_1 < Q_2$이다.
② $Q_2 = 0$인 열기관을 만들 수 있다.
③ $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$가 작을수록 열효율이 좋다.
④ $W = Q_1 - Q_2$이다.

정답 4번

출제 포인트

열기관의 에너지 보존 관계와 열효율의 정의를 이용해 흡수한 열, 방출한 열, 한 일의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

고열원에서 흡수한 열은 Q_1, 저열원으로 방출한 열은 Q_2, 열기관이 외부에 한 일은 W이다.
열기관이 한 순환을 마치면 내부 에너지의 순변화는 0이므로, 흡수한 열은 한 일과 방출한 열의 합이 된다.

사용할 공식

열역학 제1법칙에 따라
$Q_1 = W + Q_2$
이므로
$W = Q_1 - Q_2$
이다. 열효율은
$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$
이다. 이 식은 열기관이 흡수한 에너지가 일과 방출열로 나뉜다는 에너지 보존을 나타낸다.

계산 과정

1. 한 순환에서 내부 에너지 변화가 0이므로 $Q_1 = W + Q_2$를 세운다.
2. 일을 정리하면 $W = Q_1 - Q_2$이다.
3. 열기관은 흡수한 열의 일부를 저열원에 방출하므로 $Q_1 > Q_2$이고, 열효율 $\eta = (Q_1 - Q_2)/Q_1$는 클수록 좋다.

NoteBase

선지 판단

① X — '$Q_1 < Q_2$'가 틀렸다. 열기관은 Q_1 중 일부를 일로 바꾸고 나머지를 Q_2로 방출하므로, 올바르게는 $Q_1 > Q_2$이다.
② X — '$Q_2 = 0$인 열기관을 만들 수 있다'가 틀렸다. 하나의 열원에서 받은 열을 모두 일로 바꾸는 순환 열기관은 열역학 제2법칙에 어긋나므로, 올바르게는 저열원으로 방출하는 열 Q_2가 필요하다.
③ X — '$(Q_1 - Q_2)/Q_1$가 작을수록 열효율이 좋다'가 틀렸다. 이 비율 자체가 열효율 η이므로, 올바르게는 그 값이 클수록 열효율이 좋다.
④ O — 한 순환에서 에너지 보존에 의해 $Q_1 = W + Q_2$이므로 $W = Q_1 - Q_2$이다.

오답 포인트

③의 비율을 손실률로 착각하기 쉽다. $(Q_1 - Q_2)/Q_1$는 방출열의 비율이 아니라 흡수한 열 가운데 일로 전환된 비율, 즉 열효율이다. 또한 에너지 보존만 보면 $Q_2 = 0$을 대입할 수 있을 것처럼 보이지만, 실제 순환 열기관의 가능성은 열역학 제2법칙도 함께 만족해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

열기관 문제에서는 먼저 에너지 보존식 $Q_{in} = W + Q_{out}$을 세우고, 이어서 열효율 $\eta = W/Q_{in}$을 확인한다. 방출열이 0인 완전 변환 주장은 열역학 제2법칙에 어긋나는지 판단한다.

암기 포인트

흡수열 = 일 + 방출열, 열효율 = 일/흡수열이다. 따라서 $W = Q_1 - Q_2$이고 $\eta = 1 - Q_2/Q_1$이다.

NoteBase

문 10. 도체와 반도체의 에너지 띠 구조에서 일어나는 것으로 옳지 않은 것은?

① 도체는 반도체에 비해 전류가 흐르기 쉽다.
② 반도체에서 원자가띠에 있는 전자가 전도띠로 전이하면 양공이 생긴다.
③ 반도체에서는 전자의 에너지 값이 띠틈 영역에 존재할 수 있다.
④ 원자가띠의 전자가 전도띠로 이동하면 고체 내를 자유롭게 움직이게 된다.

정답 3번

출제 포인트

도체와 반도체의 에너지 띠 구조를 비교하고, 원자가띠·전도띠·띠틈에서 전자가 존재하거나 이동할 수 있는지를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

원자가띠는 원자에 결합된 전자들이 차지하는 허용 에너지 영역이고, 전도띠는 전자가 고체 내부를 비교적 자유롭게 이동하며 전류에 기여할 수 있는 허용 에너지 영역이다. 띠틈은 원자가띠와 전도띠 사이에서 전자가 가질 수 있는 허용 에너지 준위가 없는 영역이다. 도체는 전자가 이동할 수 있는 빈 에너지 상태가 가까이 있어 전류가 잘 흐르고, 반도체는 원자가띠의 전자가 띠틈을 넘을 만큼 에너지를 얻어 전도띠로 전이해야 전도에 참여한다.

선지별 해설

① O — 도체는 전자가 이동할 수 있는 빈 상태가 가까이 있어 반도체보다 자유 전자가 전류에 쉽게 기여하므로 전류가 흐르기 쉽다.
② O — 반도체에서 원자가띠의 전자가 에너지를 얻어 전도띠로 전이하면 원자가띠에 전자가 비어 있는 자리인 양공이 생긴다.
③ X — 틀린 표현은 '전자의 에너지 값이 띠틈 영역에 존재할 수 있다'이다. 띠틈은 전자가 가질 수 있는 허용 에너지 준위가 없는 영역이므로, 올바르게는 전자의 에너지 값은 원자가띠나 전도띠와 같은 허용된 에너지 띠에 존재한다.
④ O — 원자가띠의 전자가 충분한 에너지를 얻어 전도띠로 이동하면 고체 내부를 비교적 자유롭게 이동하면서 전류에 기여할 수 있다.

오답 포인트

③의 '띠틈'이라는 명칭을 전자가 머물 수 있는 별도의 띠로 오해하기 쉽다. 띠틈은 전자가 차지할 수 있는 에너지 상태가 있는 띠가 아니라 허용된 에너지 준위가 없는 금지 영역이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

각 선지가 전자의 허용 에너지 상태를 말하는지 먼저 확인한다. 원자가띠와 전도띠에는 허용 상태가 있지만 띠틈에는 허용 상태가 없고, 원자가띠 전자가 전도띠로 전이하면 전도 전자와 양공이 함께 생긴다는 기준으로 판단한다.

암기 포인트

원자가띠는 결합 전자, 전도띠는 이동 전자, 띠틈은 허용 상태 없음이다.

NoteBase

문 11. 질량 m인 행성이 타원 궤도의 긴반지름이 R일 때 공전 주기가 T이다. 이 행성과 같은 태양을 초점으로 하는 질량 $2m$인 또 다른 행성의 타원 궤도의 긴반지름이 $4R$일 때, 이 행성의 공전 주기는? (단, 행성들 사이에 작용하는 중력은 무시한다)

① T
② $2T$
③ $4T$
④ $8T$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 같은 태양 주위를 도는 행성의 공전 주기가 타원 궤도의 긴반지름에 따라 어떻게 변하는지를 케플러 제3법칙으로 구하는 문제이다.

조건 정리

첫 번째 행성: 질량 m, 긴반지름 R, 공전 주기 T
두 번째 행성: 질량 $2m$, 긴반지름 $4R$
두 행성은 같은 태양을 초점으로 공전하며, 행성 사이의 중력은 무시한다. 같은 중심 천체를 도는 경우 공전 주기와 긴반지름의 관계에는 행성의 질량 m 또는 $2m$가 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

케플러 제3법칙에 따라 같은 중심 천체를 도는 행성들은
(T^2)/(a^3)=일정
을 만족한다. 여기서 a는 타원 궤도의 긴반지름이다. 두 행성이 같은 태양을 공전하므로 이 관계를 사용한다.

계산 과정

두 번째 행성의 공전 주기를 T'이라 하면
$\frac{T'^2}{T^2} = \frac{(4R)^3}{R^3} = 64$
이다. 공전 주기는 양수이므로
$\frac{T'}{T} = \sqrt{64} = 8$
이고, 따라서 $T' = 8T$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — T는 긴반지름이 변하지 않을 때의 주기이다. 긴반지름이 $4R$로 커졌으므로 'T'는 틀린 표현이며, 올바르게는 '$8T$'이다.
② X — 긴반지름이 4배가 되었다고 해서 주기가 2배가 되는 것이 아니다. '$2T$'는 틀린 표현이며, $4^{3/2} = 8$이므로 올바르게는 '$8T$'이다.
③ X — 주기가 긴반지름에 단순 비례한다고 보면 $4T$로 잘못 판단하게 된다. '$4T$'는 틀린 표현이며, 주기는 긴반지름의 3/2제곱에 비례하므로 올바르게는 '$8T$'이다.
④ O — $T'/T = (4R/R)^{3/2} = 4^{3/2} = 8$이므로 두 번째 행성의 공전 주기는 $8T$이다.

오답 포인트

질량이 m에서 $2m$로 바뀐 점을 주기 계산에 넣거나, 주기가 긴반지름에 단순 비례한다고 보는 것이 함정이다. 같은 태양을 도는 행성에는 $T^2 \propto a^3$, 즉 $T \propto a^{3/2}$를 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

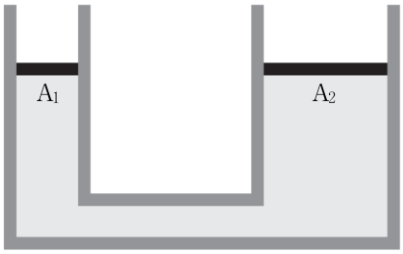
같은 중심 천체를 도는 두 행성의 공전 주기를 비교할 때는 먼저 긴반지름의 비를 구한 뒤 그 비를 3/2제곱한다. 즉 $T_2/T_1 = (a_2/a_1)^{3/2}$로 판단한다.

암기 포인트

같은 태양이면 $T^2 \propto a^3$, 따라서 궤도 긴반지름이 4배이면 공전 주기는 8배이다.

NoteBase

문 12. 그림은 지표면에서 같은 높이에 있는 실린더 피스톤의 단면적이 각각 $A_1 = 1\,m^2$, $A_2 = 4\,m^2$인 유압 장치를 나타낸 것이다. 이때 질량 10 kg의 추를 A_1에 올려놓는다면 A_2가 들어 올릴 수 있는 최대 질량[kg]은? (단, 실린더 내의 유체는 압축되지 않으며, 마찰은 모두 무시하고 피스톤의 질량은 무시한다)



① 2.5
② 5
③ 10
④ 40

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 파스칼 원리에 따라 작은 피스톤에 가한 압력이 큰 피스톤에도 그대로 전달된다는 점을 이용해 들어 올릴 수 있는 최대 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $A_1 = 1m^2, A_2 = 4m^2$, 작은 피스톤 위 추의 질량 $m_1 = 10kg$이다.
구해야 할 값: 큰 피스톤 A_2가 들어 올릴 수 있는 최대 질량 m_2이다.
주의할 조건: 두 피스톤은 같은 높이에 있고, 유체는 압축되지 않으며 마찰과 피스톤의 질량은 무시한다. 따라서 같은 높이에서 두 피스톤이 유체에 더하는 압력은 같다.

사용할 공식

파스칼 원리에 따라
$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
이고, 추의 무게는 $F = mg$이므로
$\frac{m_1 g}{A_1} = \frac{m_2 g}{A_2}$
이다. 밀폐된 유체에 가한 압력이 유체 전체에 그대로 전달되고 두 피스톤의 높이가 같으므로 이 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 두 피스톤에서 압력이 같다는 식을 세운다.
$\frac{10g}{1} = \frac{m_2 g}{4}$
2. 양변의 중력가속도 g를 약분한다.
$10 = \frac{m_2}{4}$
3. 따라서 큰 피스톤이 들어 올릴 수 있는 최대 질량은
$m_2 = 10 \times 4 = 40kg$
이다.

선지 판단

① X — $2.5kg$은 면적비를 반대로 적용하여 $10 \times A_1/A_2$로 계산한 값이다. 올바르게는 $10 \times A_2/A_1 = 40kg$이다.
② X — $5kg$은 압력 평형식에서 나온 값이 아니다. 올바르게는 면적비 $A_2/A_1 = 4$를 질량 $10kg$에 곱해 $40kg$으로 고쳐야 한다.
③ X — $10kg$은 두 피스톤의 면적 차이를 반영하지 않은 값이다. 올바르게는 큰 피스톤의 면적이 4배이므로 최대 질량도 4배인 $40kg$이다.
④ O — 계산 결과 큰 피스톤이 들어 올릴 수 있는 최대 질량은 $40kg$이므로 맞다.

오답 포인트

힘이 그대로 전달된다고 생각해 ③을 고르거나, 면적비를 거꾸로 적용해 ①을 고르기 쉽다. 파스칼 원리에서 같은 것은 힘이 아니라 압력 F/A이며, 큰 피스톤의 힘은 면적이 커진 비율만큼 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

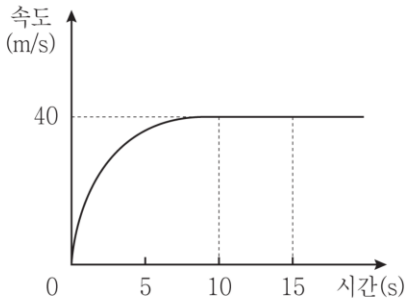
두 피스톤이 같은 높이에 있으면 먼저 $F_1/A_1 = F_2/A_2$를 세우고, 힘을 mg로 바꾼 뒤 면적비의 방향과 단위를 검산한다.

암기 포인트

유압 장치에서는 압력이 같고, 힘은 피스톤의 면적에 비례한다: $F_2 = F_1(A_2/A_1)$.

NoteBase

문 13. 그림은 질량 60 kg인 스카이다이버가 공기 중에서 낙하할 때 시간에 따른 속도의 변화를 나타낸 것이다. 10초에서 15초 사이에는 일정한 속도로 낙하한다고 할 때, 그 구간에서 감소한 역학적 에너지[kJ]는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^{2}이다)



① 120 ② 160
③ 200 ④ 240

정답 1번

출제 포인트

속도-시간 그래프에서 등속 낙하 구간의 이동 거리를 구하고, 운동에너지와 위치에너지의 변화를 이용해 감소한 역학적 에너지를 계산하는 문제이다.

조건 정리

질량은 60kg, 중력 가속도는 10m/s^{2}이다. 10초부터 15초까지 속도는 40m/s로 일정하고, 시간 간격은 5s이다. 구해야 할 값은 이 구간에서 감소한 역학적 에너지이다.

사용할 공식

역학적 에너지는 운동에너지와 위치에너지의 합이다.

$E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$

등속 낙하하므로 운동에너지의 변화는 0이다. 따라서 감소한 역학적 에너지는 위치에너지 감소량과 같으며, 낙하 거리는 $\Delta h = v\Delta t$로 구한다.

계산 과정

1. 10초에서 15초 사이의 낙하 거리는 다음과 같다.

$\Delta h = v\Delta t = 40 \times (15 - 10) = 200\text{m}$

2. 속력이 일정하므로 운동에너지는 변하지 않는다.

$\Delta K = 0$

3. 감소한 역학적 에너지의 크기는 위치에너지 감소량과 같다.

$mg\Delta h = 60 \times 10 \times 200 = 120{,}000\text{J} = 120\text{kJ}$

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 역학적 에너지 감소량이 120kJ이므로 옳다.
② X — 160kJ는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 120kJ이다.
③ X — 200kJ는 낙하 거리 200m를 에너지 값으로 혼동한 값이다. 올바르게는 질량과 중력 가속도를 곱한 120kJ이다.
④ X — 240kJ는 실제 감소량의 2배이므로 틀리다. 올바르게는 120kJ이다.

오답 포인트

그래프의 40m/s는 속도이고, 속도-시간 그래프 아래 넓이 40 × 5 = 200m가 낙하 거리이다. 또한 등속이라고 해서 역학적 에너지가 일정한 것은 아니다. 운동에너지는 일정하지만 낙하하면서 위치에너지가 감소하므로 역학적 에너지도 감소한다.

다시 나오면 이렇게 판단

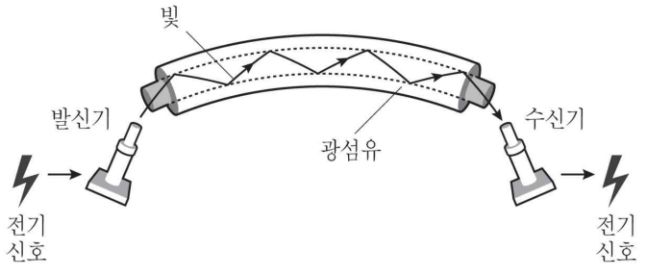
속도-시간 그래프의 넓이로 낙하 거리를 구한 뒤, 속력이 일정한지 확인해 운동에너지 변화를 판단한다. 등속 낙하라면 감소한 역학적 에너지는 $mg\Delta h$로 계산한다.

암기 포인트

등속 낙하에서는 $\Delta K = 0$이고, 역학적 에너지 감소량은 위치에너지 감소량 $mg\Delta h$와 같다.

NoteBase

문 14. 그림은 레이저가 광섬유를 통해 진행하는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 광통신은 전기 통신보다 많은 양의 정보를 동시에 전달할 수 있다.
② 광통신은 도선을 이용한 유선 통신에 비해 전송 거리가 매우 짧다.
③ 광통신은 빛 신호로 정보를 전달하기 때문에 외부 전파에 의한 간섭이나 혼선이 도선을 이용한 유선 통신에 비해 적다.
④ 발신기에서는 전기 신호가 빛 신호로 변환되고, 수신기에서는 빛 신호가 전기 신호로 변환된다.

정답 2번

출제 포인트

광섬유 내부에서 빛이 전반사를 반복하며 진행하는 모습을 바탕으로 광통신의 정보 전달량, 전송 거리, 전자기적 간섭, 신호 변환 과정을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O — 광통신은 빛을 반송파로 이용하므로 사용 가능한 주파수 대역이 넓어 많은 양의 정보를 동시에 전달할 수 있다.

② X — 광통신은 광섬유에서 빛의 손실이 작고 외부 잡음의 영향도 적어 장거리 전송에 유리하다. 틀린 표현인 '전송 거리가 매우 짧다'는 '전송 거리가 길다'로 고쳐야 한다.

③ O — 광섬유는 빛 신호를 내부에 가두어 전달하므로 외부 전파에 의한 전자기적 간섭이나 혼선이 도선을 이용한 유선 통신보다 적다.

④ O — 발신기에서는 전달할 전기 신호를 빛 신호로 변환하여 광섬유로 보내고, 수신기에서는 받은 빛 신호를 다시 전기 신호로 변환한다.

NoteBase

오답 포인트

광섬유 속 빛이 여러 번 반사되어 진행하는 모습만 보고 이동 경로가 길어 전송 거리가 짧다고 오해하기 쉽다. 그러나 전반사는 빛을 광섬유 내부에 가두어 손실을 줄이는 원리이므로 광통신은 오히려 장거리 전송에 유리하다.

다시 나오면 이렇게 판단

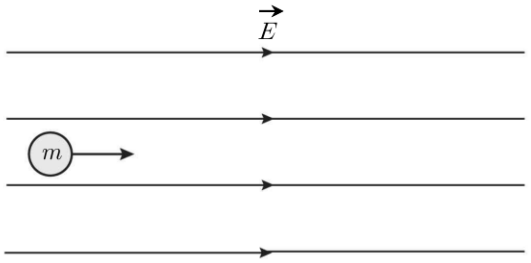
광섬유 도식에서는 먼저 빛이 경계면에서 전반사하며 진행하는지 확인한다. 이어 광통신의 대표 특성인 대용량 정보 전달, 장거리 전송, 적은 전자기적 간섭과 혼선, 발신기의 전기→빛 변환 및 수신기의 빛→전기 변환을 적용한다.

암기 포인트

광통신은 전반사로 빛을 보내며, 대용량·장거리·저간섭 통신에 유리하다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 일정한 크기의 전기장 E인 공간에 질량이 m, 전하량이 e인 전하를 정지 상태에서 가만히 놓았더니 오른쪽으로 운동하기 시작하였다. 이 물체가 t초 동안 이동한 거리는? (단, 전기력을 제외한 모든 힘은 무시한다)



① $\frac{eE}{m}t$ ② $\frac{eE}{2m}t$

③ $\frac{eE}{2m}t^2$ ④ $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{eE}{m}}t^2$

정답 3번

출제 포인트

균일한 전기장에서 전하가 받는 전기력으로 가속도를 구한 뒤, 정지 상태에서 출발하는 등가속도 운동의 이동 거리를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전기장의 크기 E, 전하량 e, 질량 m, 운동 시간 t이다.
구해야 할 값: t초 동안의 이동 거리이다.
주의할 조건: 처음 속도는 0이고, 전기력을 제외한 다른 힘은 없으므로 가속도는 일정하다. 그림에서 전하가 전기장 방향인 오른쪽으로 운동하므로 전기력의 크기는 eE이다.

사용할 공식

전기력과 뉴턴의 운동 법칙은
$F = eE = ma$
이므로 가속도는
$a = \frac{eE}{m}$
이다. 처음 속도가 0인 등가속도 운동의 이동 거리는
$s = \frac{1}{2}at^2$
이다. 전기장의 크기가 일정하여 전기력과 가속도가 일정하고, 물체를 정지 상태에서 놓았으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전기력의 크기는 $F = eE$이다.
2. $F = ma$에 따라 가속도는 $a = \frac{eE}{m}$이다.
3. 이를 이동 거리 공식에 대입하면
$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(\frac{eE}{m})t^2 = \frac{eE}{2m}t^2$
이다.

선지 판단

① X — $\frac{eE}{m}t = at$는 정지 상태에서 t초 후의 속도이지 이동 거리가 아니다. 올바른 이동 거리는 $\frac{eE}{2m}t^2$이다.
② X — $\frac{eE}{2m}t = \frac{1}{2}at$는 이동 거리 공식에서 시간의 제곱을 빠뜨린 식이다. 올바르게는 $\frac{eE}{2m}t^2$이다.
③ O — $s = \frac{1}{2}at^2$에 $a = \frac{eE}{m}$을 대입한 결과와 일치한다.
④ X — 가속도 $\frac{eE}{m}$에 제곱근을 취할 근거가 없고, 차원도 이동 거리와 맞지 않는다. 올바르게는 $\frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 = \frac{eE}{2m}t^2$
이다.

오답 포인트

①은 가속도에 시간을 곱한 속도를 이동 거리로 착각하게 만들고, ②는 등가속도 이동 거리 공식의 t^2에서 제곱을 빠뜨리게 만든다. 또한 $\frac{1}{2}$은 가속도에 붙는 임의의 계수가 아니라 정지 출발 등가속도 운동의 이동 거리 공식에서 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

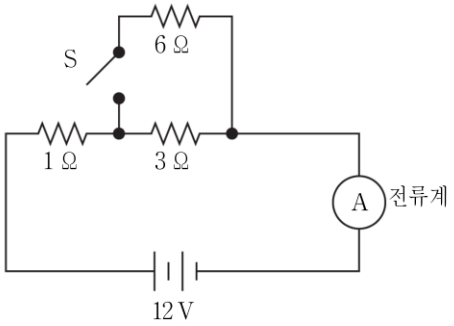
전기장 속 전하 문제에서는 먼저 $F = qE$로 힘을 구하고, $a = F/m$으로 가속도를 구한 뒤, 처음 속도가 0이면 $s = \frac{1}{2}at^2$를 적용한다. 이동 거리는 시간의 제곱에 비례하는지도 함께 확인한다.

암기 포인트

균일한 전기장 속 정지 출발 전하의 이동 거리는 $s = \frac{qE}{2m}t^2$이다.

NoteBase

문 16. 그림은 저항 값이 각각 1Ω, 3Ω, 6Ω인 3개의 저항이 연결된 회로에 전류계(Ⓐ)와 전지, 스위치(S)를 연결한 회로이다. 스위치를 닫은 후 전류계의 눈금[Ampere]은?



① 1 ② 2
③ 3 ④ 4

정답 4번

출제 포인트

스위치를 닫은 뒤 회로의 직렬·병렬 연결을 구분하여 합성저항과 전류계의 눈금을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압은 $12V$, 저항은 1Ω, 3Ω, 6Ω이다.
구해야 할 값: 스위치를 닫은 뒤 전류계에 흐르는 전체 전류이다.
주의할 조건: 스위치를 닫으면 3Ω 저항과 6Ω 저항의 양 끝이 같은 두 접점에 연결되므로 두 저항은 병렬이다. 이 병렬 부분은 1Ω 저항과 직렬이다.

사용할 공식

병렬 합성저항은 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$이고, 옴의 법칙은 $I = \frac{V}{R}$이다.
스위치를 닫은 회로에서 병렬 부분의 합성저항을 먼저 구한 뒤 전체 직렬 합성저항을 구해야 하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 3Ω와 6Ω의 병렬 합성저항을 구한다.
$R_p = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$
2. 이 병렬 합성저항은 1Ω와 직렬이므로 전체 합성저항은 다음과 같다.
$R_{\text{total}} = 1 + 2 = 3\Omega$
3. 전류계는 병렬 전류가 다시 합쳐진 뒤의 전체 전류를 측정한다.
$I = \frac{12V}{3\Omega} = 4A$

NoteBase

선지 판단

① X — 1*A*는 전체 합성저항 3Ω에 12*V*를 적용한 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 1*A*가 아니라 올바른 전류계의 눈금은 4*A*이다.
② X — 2는 3Ω와 6Ω를 병렬로 연결한 합성저항 2Ω의 수치이지 전류계의 눈금이 아니다. 틀린 값 2*A*가 아니라 올바른 눈금은 4*A*이다.
③ X — 3은 회로 전체의 합성저항 3Ω의 수치이며 전류가 아니다. 또한 스위치를 닫기 전에는 1Ω와 3Ω가 직렬이어서 전류가 3*A*이지만, 문제는 스위치를 닫은 뒤를 묻는다. 틀린 값 3*A*가 아니라 올바른 눈금은 4*A*이다.
④ O — 전체 합성저항이 3Ω이므로 $I = 12/3 = 4A$이다. 따라서 전류계의 눈금은 4*A*이다.

오답 포인트

스위치를 닫았을 때 6Ω 저항이 3Ω 저항과 직렬로 추가된다고 보면 안 된다. 두 저항은 양 끝 접점이 같아 병렬이다. 또한 병렬 합성저항 2Ω이나 전체 합성저항 3Ω의 수치를 전류의 값으로 혼동하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

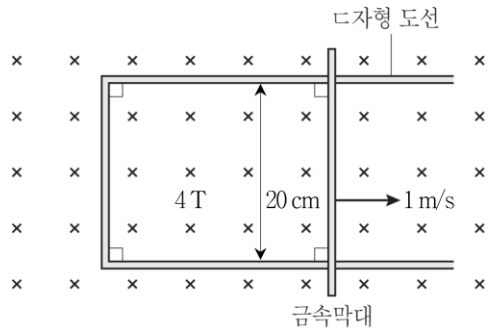
스위치가 바뀐 뒤 실제로 이어진 접점을 먼저 따라간다. 양 끝이 같은 두 소자는 병렬, 한 갈래로 차례로 이어진 소자는 직렬로 판단한다. 합성저항을 구한 뒤 $I = V/R$을 적용하고, 전류계가 분기 전·분기 안·합류 후 중 어디에 있는지 확인한다.

암기 포인트

같은 두 접점 사이의 저항은 병렬이다. $3\Omega \parallel 6\Omega = 2\Omega$, 전체 저항은 3Ω, 전체 전류는 4*A*이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 종이면에 수직으로 들어가고 세기가 4 T인 균일한 자기장에 놓인 ㄷ자형 도선 위에 금속막대가 있다. 이 막대가 1 m/s의 일정한 속도로 ㄷ자형 도선에 수직하게 오른쪽으로 계속해서 움직인다. 이때 금속막대에 유도되는 기전력의 크기[V]는? (단, ㄷ자형 도선 사이의 거리는 20 cm이다)



① 0.4 ② 0.8
③ 1 ④ 1.6

정답 2번

출제 포인트

자기장 속에서 도선 막대가 레일을 따라 움직일 때 생기는 운동 기전력의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자기장의 세기 $B = 4T$, 도선 사이의 거리이자 막대의 유효 길이 $\ell = 20cm = 0.20m$, 막대의 속력 $v = 1m/s$이다.
구해야 할 값: 금속막대 양 끝에 유도되는 기전력의 크기이다.
주의할 조건: 막대의 운동 방향, 막대, 자기장이 서로 수직이므로 운동 기전력 공식 $\mathcal{E} = B\ell v$을 그대로 적용한다.

사용할 공식

운동 기전력의 크기는
$\mathcal{E} = B\ell v$
이다. 금속막대가 자기장 속에서 자기장과 수직인 방향으로 움직이면 막대 속 자유전하가 자기력을 받아 양 끝에 전위차가 생기므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 도선 사이의 거리 $20cm$를 $0.20m$로 변환한다.
2. 주어진 값을 공식에 대입한다.
$\mathcal{E} = 4T \times 0.20m \times 1m/s = 0.8V$
3. 유도 기전력의 크기는 $0.8V$이다.

선지 판단

① X — $0.4V$는 $B\ell v = 4 \times 0.20 \times 1$의 결과가 아니다. 올바른 값은 $0.8V$이다.
② O — $4 \times 0.20 \times 1 = 0.8$이므로 $0.8V$가 계산 결과와 일치한다.
③ X — 속력의 수치 1만을 기전력으로 고르면 자기장의 세기와 막대의 길이가 반영되지 않는다. 올바른 값은 $0.8V$이다.
④ X — $1.6V$는 계산 결과의 두 배이다. 막대의 유효 길이는 도선 사이 거리 $0.20m$이므로 올바른 값은 $0.8V$이다.

오답 포인트

도선 사이의 거리 $20cm$를 $0.20m$로 바꾸지 않거나, 막대 전체의 그림상 길이가 아니라 두 레일 사이의 유효 길이를 써야 한다는 점을 놓치기 쉽다. 또한 문제는 기전력의 방향이 아니라 크기를 묻고 있으므로 $B\ell v$의 양의 크기를 선택한다.

다시 나오면 이렇게 판단

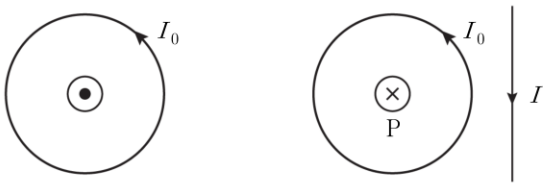
막대·속도·자기장이 서로 수직인지 확인하고, 막대가 자기장을 가로지르는 유효 길이를 미터 단위로 바꾼 뒤 $\mathcal{E} = B\ell v$에 대입한다.

암기 포인트

수직 운동 막대의 운동 기전력은 $B\ell v$이며, ℓ은 두 레일 사이의 유효 길이이다.

NoteBase

문 18. 그림 (가)는 전류 I_0가 반시계 방향으로 흐르는 원형 도선을 나타낸 것이다. 이때 자기장은 중심에서의 세기가 B_0, 방향은 종이면에 수직으로 나온다. 그리고 한 평면상에서 (가)의 원형 도선의 중심 P로부터 그림 (나)와 같이 떨어진 곳에 전류 I가 흐르는 직선 도선이 놓여 있다. 이때 P에서 자기장의 세기는 B_0이고, 자기장의 방향은 (가)와 반대이다. 이 경우 전류의 세기가 I인 직선 도선에 의한 P에서 자기장의 세기는?



(가) (나)

① $\frac{B_0}{3}$

② $\frac{B_0}{2}$

③ B_0

④ $2B_0$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원형 도선과 직선 도선이 만드는 자기장을 방향까지 고려하여 벡터로 합성하는 문제이다.

조건 정리

원형 도선이 P에 만드는 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고 세기는 B_0이다. 직선 도선이 P에 만드는 자기장은 오른손 법칙에 따라 종이면 안으로 들어가는 방향이다. 두 자기장은 서로 반대 방향이다. 합성 자기장은 세기가 B_0이고 원형 도선의 자기장과 반대 방향이므로 종이면 안으로 들어간다.

사용할 공식

자기장의 중첩 원리에 따라 B_합= B_원형+ B_직선이다. 종이면에서 나오는 방향을 양(+)으로 정하면 원형 도선의 자기장은 $+B_0$, 합성 자기장은 $-B_0$이다. 직선 도선의 자기장 세기를 B라 하면 그 방향은 종이면 안쪽이므로 $-B$로 나타낸다.

NoteBase

계산 과정

방향을 포함한 중첩식은 $-B_0 = B_0 - B$이다. 따라서 $B = 2B_0$가 된다. 직선 도선의 자기장은 원형 도선의 자기장을 상쇄하고도 합성 자기장을 반대 방향으로 B_0만큼 만들어야 하므로 세기가 $2B_0$이다.

선지 판단

① X — $B_0/3$은 방향을 포함한 중첩식 $-B_0 = B_0 - B$를 만족하지 않는다. 올바르게는 직선 도선에 의한 자기장의 세기가 $2B_0$이다.
② X — $B_0/2$은 원형 도선의 자기장 B_0을 모두 상쇄할 수도 없으므로 합성 자기장의 방향을 반대로 만들지 못한다. 올바르게는 $2B_0$이다.
③ X — B_0이면 원형 도선의 자기장과 정확히 상쇄되어 합성 자기장이 0이 된다. 올바르게는 반대 방향의 합성 자기장 B_0까지 만들기 위해 $2B_0$이어야 한다.
④ O — 직선 도선의 자기장이 $2B_0$이면 원형 도선의 B_0을 상쇄한 뒤 반대 방향으로 B_0이 남으므로 모든 조건을 만족한다.

오답 포인트

합성 자기장의 세기가 B_0라는 말만 보고 직선 도선의 자기장도 B_0이라고 판단하기 쉽다. 그러나 합성 자기장의 방향이 원형 도선의 자기장과 반대이므로, 직선 도선의 자기장은 원형 도선의 B_0을 먼저 상쇄하고 반대 방향의 B_0을 추가로 만들어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

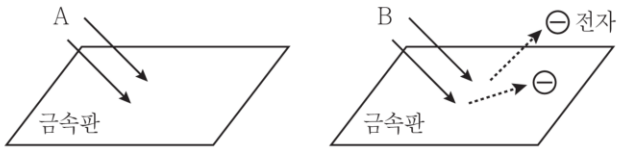
서로 반대 방향인 두 자기장을 합성할 때는 한 방향을 양(+)으로 정하고 각 자기장에 부호를 붙인다. 합성 자기장의 방향이 한 자기장의 방향과 반대라면 단순히 세기만 빼지 않고 합성값 자체에 음의 부호를 붙여 방정식을 세운다.

암기 포인트

같은 세기로 방향까지 뒤집으려면 반대쪽 자기장은 두 배가 필요하다: $B_0 - 2B_0 = -B_0$이다.

NoteBase

문 19. 그림 (가)는 금속판에 단색광 A를 비추었을 때 금속판에서 전자가 방출되지 않는 것을 나타내고, 그림 (나)는 그림 (가)의 금속판에 단색광 B를 비추었을 때 전자가 방출되는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



(가) (나)

① 빛의 파장은 A가 B보다 길다.

② 광자 1개의 에너지는 A가 B보다 작다.

③ (가)에서 A의 세기를 증가시켜도 전자가 방출되지 않는다.

④ (나)에서 방출된 전자 1개의 에너지는 B의 광자 1개의 에너지와 같다.

정답 4번

출제 포인트

금속의 광전 효과에서 전자 방출 여부는 빛의 세기가 아니라 광자 1개의 에너지 $E = hf = hc/\lambda$가 금속의 일함수 이상인지로 결정되며, 방출 전자의 최대 운동 에너지는 $K_{max} = hf - W$이다.

선지별 해설

① O — A에서는 전자가 방출되지 않고 B에서는 방출되므로 $hf_A < W \le hf_B$이다. 따라서 $f_A < f_B$이고, 파장과 진동수는 반비례하므로 $\lambda_A > \lambda_B$이다.

② O — 광자 1개의 에너지는 $E = hf$이므로 $f_A < f_B$에서 A의 광자 에너지가 B보다 작다.

③ O — A는 광자 1개의 에너지가 일함수보다 작아 전자를 방출하지 못한다. A의 세기를 높이면 광자 수만 늘어날 뿐 광자 1개의 에너지는 변하지 않으므로 전자는 여전히 방출되지 않는다.

④ X — 틀린 표현은 '방출된 전자 1개의 에너지는 B의 광자 1개의 에너지와 같다'이다. 광자 에너지의 일부는 금속의 일함수를 극복하는 데 쓰이므로, 올바르게는 방출 전자의 최대 운동 에너지가 $K_{max} = hf_B - W$이며 B의 광자 에너지보다 작다고 해야 한다.

오답 포인트

④에서 광자의 에너지가 모두 전자의 운동 에너지로 바뀐다고 생각하기 쉽다. 그러나 광자 에너지 중 먼저 일함수 W만큼이 전자를 금속 밖으로 꺼내는 데 사용되고, 나머지만 전자의 최대 운동 에너지가 된다. 또한 ③처럼 문턱 진동수보다 낮은 빛은 세기를 높여도 전자를 방출시키지 못한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전자 방출 여부로 hf와 일함수 W의 대소를 정한다. 그다음 f가 클수록 λ는 짧고 광자 에너지는 크다는 관계를 적용하며, 방출 전자의 최대 운동 에너지는 광자 에너지에서 일함수를 뺀 값으로 판단한다.

암기 포인트

광전 효과는 '방출 여부는 진동수, 방출량은 세기, 최대 운동 에너지는 $hf - W$'로 정리된다.

NoteBase

문 20. 관찰자 A 기준으로 광속의 0.8배로 등속 직선 운동하는 우주선이 있다. 우주선 안의 시계로 60초가 지났다면, 관찰자 A의 시간은 몇 초가 지난 것으로 관측되겠는가?

① 36

② 72

③ 100

④ 200

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 등속으로 움직이는 우주선의 고유시간과 관찰자 A가 측정한 시간 사이의 시간 지연 관계를 이용해 A의 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 우주선의 속력은 $v = 0.8c$, 우주선 안 시계의 고유시간은 $\Delta\tau = 60s$이다.
구해야 할 값: 관찰자 A의 기준계에서 지난 시간 Δt이다.
주의할 조건: 우주선 안의 시계와 함께 움직이는 기준계에서 잰 시간이 고유시간이며, 움직이는 시계는 A에게 느리게 가는 것으로 관측된다.

사용할 공식

로런츠 인자와 시간 지연 공식은 다음과 같다.
$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \qquad \Delta t = \gamma \Delta \tau$
우주선 안 시계가 측정한 $\Delta\tau$가 고유시간이고, A의 기준계에서는 우주선이 움직이므로 Δt가 더 길다.

계산 과정

1. 로런츠 인자를 계산한다.
$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (0.8)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.36}} = \frac{5}{3}$
2. 고유시간에 로런츠 인자를 곱한다.
$\Delta t = \gamma \Delta \tau = \frac{5}{3} \times 60s = 100s$
따라서 관찰자 A에게는 $100s$가 지난 것으로 관측된다.

NoteBase

선지 판단

① X — $36s$는 $60s$에 $\sqrt{1-0.8^2}=0.6$을 곱한 값이다. 고유시간에서 A의 시간을 구할 때는 이 값을 곱하는 것이 아니라 나누어야 하므로, 올바른 값은 $100s$이다.
② X — $72s$는 시간 지연 공식으로 계산한 값이 아니다. $\gamma = 5/3$을 적용하면 올바른 값은 $100s$이다.
③ O — $60s$에 로런츠 인자 5/3을 곱하면 $100s$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — $200s$는 로런츠 인자 5/3을 적용한 값이 아니다. 올바른 값은 $100s$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 $60s$가 어느 기준계의 시간인지 구분하지 않고 0.6을 곱하는 것이다. 우주선 안 시계가 잰 $60s$는 고유시간이므로, A의 시간은 이보다 길어야 한다. 따라서 ①의 $36s$처럼 더 짧은 값은 즉시 제외된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 사건이 같은 장소에서 일어나는 기준계의 시간을 고유시간으로 정한다. 그다음 다른 기준계의 시간은 $\Delta t = \gamma \Delta \tau$로 계산하고, $\gamma > 1$이므로 결과가 고유시간보다 긴지 검산한다.

암기 포인트

움직이는 시계는 느리게 간다. 고유시간이 가장 짧고, 다른 관찰자의 시간은 γ배로 길다.

NoteBase