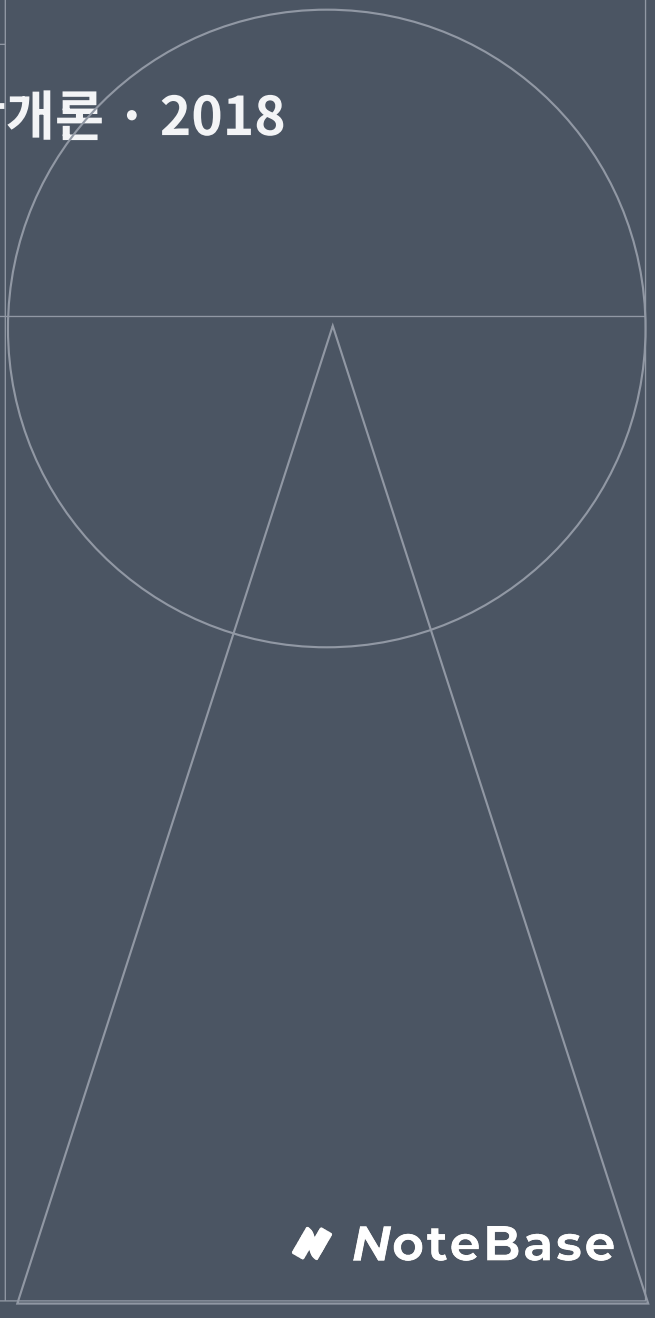
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2018

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2018

문 1. 열효율이 25%인 열기관에서 저온의 열저장고로 방출하는 열량에 대한 열기관이 하는 일의 비율은?

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

정답 3번

출제 포인트

열효율과 에너지 보존식을 이용하여 저온 열저장고로 방출한 열량에 대한 일의 비율을 구하는 문제이다.

조건 정리

열효율은 $\eta = 25\% = 0.25$이다. 고온 열저장고에서 받은 열량을 Q_H, 저온 열저장고로 방출한 열량을 Q_L, 열기관이 한 일을 W라고 둔다. 구할 비율은 W/Q_L이다.

사용할 공식

열기관에서는 $Q_H = W + Q_L$이고, 열효율은 $\eta = \frac{W}{Q_H}$이다. 따라서 $\frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \eta$가 된다. 열효율은 받은 열량 중 일로 바뀐 비율이므로, 방출 열량과의 비는 에너지 보존식과 함께 구한다.

계산 과정

1. $\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{1}{4}$이므로 $W = \frac{1}{4}Q_H$이다.
2. $Q_L = Q_H - W = Q_H - \frac{1}{4}Q_H = \frac{3}{4}Q_H$이다.
3. 따라서 $\frac{W}{Q_L} = \frac{(1/4)Q_H}{(3/4)Q_H} = \frac{1}{3}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 1/5는 W/Q_L의 계산값과 일치하지 않는다. 틀린 표현 $W/Q_L = 1/5$는 올바르게는 $W/Q_L = 1/3$이다.
② X: 1/4는 열효율 W/Q_H의 값이며, 문제에서 묻는 W/Q_L의 값이 아니다. 틀린 표현 $W/Q_L = 1/4$는 올바르게는 $W/Q_H = 1/4$, $W/Q_L = 1/3$이다.
③ O: $W = Q_H/4$, $Q_L = 3Q_H/4$이므로 $W/Q_L = 1/3$이다.
④ X: 1/2는 방출 열량 $Q_L = 3Q_H/4$을 반영하지 못한 값이다. 틀린 표현 $W/Q_L = 1/2$는 올바르게는 $W/Q_L = 1/3$이다.

오답 포인트

②처럼 열효율 W/Q_H 자체인 1/4을 그대로 고르기 쉽다. 문제의 분모는 받은 열량 Q_H가 아니라 저온 열저장고로 방출한 열량 Q_L이다.

다시 나오면 이렇게 판단

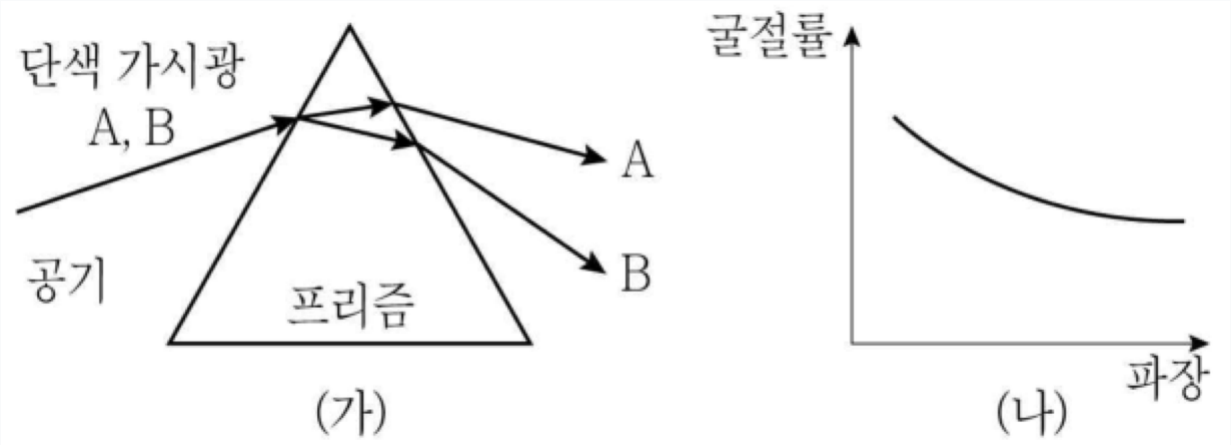
열효율이 주어지면 먼저 $W/Q_H = \eta$와 $Q_L/Q_H = 1 - \eta$를 구한 뒤, 문제에서 요구한 분모가 Q_H인지 Q_L인지 확인하여 비를 만든다.

암기 포인트

열효율이 η이면 $W/Q_L = \eta/(1 - \eta)$이다.

NoteBase

문 2. 그림 (가)는 파장이 다른 단색 가시광 A, B가 프리즘을 통과할 때 굴절하는 모습을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 가시광선영역에서 파장에 따른 프리즘의 굴절률을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고른 것은?



ㄱ. 가시광의 속력은 프리즘에서보다 공기 중에서 더 크다.

ㄴ. 파장은 A가 B보다 크다.

ㄷ. 프리즘에서의 속력은 A가 B보다 크다.

① ㄱ

② ㄷ

③ ㄱ, ㄴ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 프리즘에서의 굴절 방향과 파장에 따른 굴절률·빛의 속력의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

공기에서 프리즘으로 들어갈 때 빛은 법선 쪽으로 굴절하므로 프리즘의 굴절률이 공기보다 크다. 가시광선 영역에서는 파장이 짧을수록 굴절률이 크며, 매질 속 빛의 속력은 굴절률이 클수록 작다. 그림에서 더 아래쪽, 즉 프리즘 밑면 쪽으로 크게 꺾인 B의 굴절률이 A보다 크다.

NoteBase

선지별 해설

① O: ㄱ은 옳다. 빛의 속력은 굴절률이 작은 매질에서 더 크다. 프리즘은 공기보다 굴절률이 크므로 가시광선의 속력은 공기 중에서 프리즘 중보다 크다.

② X: ㄴ만 고른 선택지이다. ㄴ은 옳지만 ㄱ과 ㄷ도 옳으므로 정답이 될 수 없다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른 ④이다.

③ X: ㄱ, ㄴ만 고른 선택지이다. B는 A보다 더 크게 굴절하므로 B의 굴절률이 더 크고, 따라서 프리즘에서의 속력은 B가 더 작다. 즉 ㄷ도 옳다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른 ④이다.

④ O: ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다. B는 A보다 굴절률이 큰 빛이므로 파장이 더 짧고 프리즘에서의 속력도 더 작다. 따라서 파장은 A가 B보다 크고, 프리즘에서의 속력도 A가 B보다 크다.

오답 포인트

B가 A보다 아래쪽으로 더 크게 꺾인 것을 단순히 진행 방향의 차이로만 보면 안 된다. 프리즘에서는 밑면 쪽으로 더 크게 편향된 빛일수록 굴절률이 크고, 파장과 속력은 더 작다.

다시 나오면 이렇게 판단

프리즘에서 두 빛 중 밑면 쪽으로 더 크게 편향된 빛을 먼저 찾는다. 그 빛은 굴절률이 더 크고, 가시광선에서는 파장이 더 짧으며, 같은 프리즘 안에서의 속력도 더 작다고 판단한다.

암기 포인트

프리즘에서 더 많이 꺾임 → 굴절률 큼 → 파장 짧음 → 속력 작음이다.

NoteBase

문 3. 정지한 엘리베이터의 수평한 바닥면에 10kg의 상자가 놓여 있을 때, 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 중력 가속도는 10m/s^{2}이다)

① 엘리베이터가 아래로 움직이기 시작할 때 상자에 작용하는 수직 항력은 100N보다 크다.

② 엘리베이터가 위로 움직이기 시작할 때 상자에 작용하는 수직 항력은 100N보다 크다.

③ 엘리베이터가 일정한 속도로 올라갈 때 상자에 작용하는 수직 항력은 100N보다 크다.

④ 엘리베이터가 일정한 속도로 내려갈 때 상자에 작용하는 수직 항력은 100N보다 크다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 엘리베이터의 가속도 방향에 따라 상자에 작용하는 수직 항력의 크기가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

수직 항력은 바닥이 상자를 떠받치는 힘이다. 위쪽을 양의 방향으로 하면 상자에는 N-mg=ma가 성립한다. 따라서 위쪽으로 가속하면 N은 mg보다 크고, 아래쪽으로 가속하면 N은 mg보다 작다. 속도가 일정하면 가속도는 0이므로 N=mg이다. 이 상자의 무게는 10 kg×10 m/s^2=100 N이다.

선지별 해설

① X. 아래로 움직이기 시작할 때 상자는 아래쪽으로 가속하므로 수직 항력은 100 N보다 작다. 틀린 표현은 '100 N보다 크다'이며, 올바르게는 '100 N보다 작다'이다.

② O. 위로 움직이기 시작할 때 상자는 위쪽으로 가속한다. 따라서 바닥이 상자를 더 크게 밀어야 하므로 수직 항력은 100 N보다 크다.

③ X. 위로 일정한 속도로 올라가면 가속도는 0이다. 수직 항력은 무게와 같은 100 N이다. 틀린 표현은 '100 N보다 크다'이며, 올바르게는 '100 N이다'이다.

④ X. 아래로 일정한 속도로 내려가도 가속도는 0이다. 수직 항력은 무게와 같은 100 N이다. 틀린 표현은 '100 N보다 크다'이며, 올바르게는 '100 N이다'이다.

오답 포인트

③, ④처럼 위나 아래로 움직이는 방향만 보고 수직 항력을 판단하면 틀린다. 수직 항력은 속도의 방향이 아니라 가속도의 방향으로 결정된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 물체의 가속도 방향을 정한다. 위쪽 가속이면 N>mg, 아래쪽 가속이면 N<mg, 가속도 0이면 N=mg로 판단한다.

암기 포인트

위로 가속하면 무거워지고, 아래로 가속하면 가벼워지며, 일정한 속도에서는 원래 무게와 같다.

NoteBase

문 4. 비행기 A가 진동수 f의 음파를 방출하면서 음속의 0.8배 속도로 비행하고 있다. A의 뒤를 따르는 비행기 B에서 그 음파의 진동수가 $2f$로 측정되었다면, 음속에 대한 B의 속도의 비율은?

① 0.6

② 1.6

③ 2.6

④ 3.6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 음원과 관측자가 모두 움직일 때의 도플러 효과를 이용하여 B의 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

음속을 c, B의 속도를 v라 둔다. A는 B의 앞에서 음속의 0.8배 속도, 즉 $0.8c$로 멀어지며, B는 A를 뒤따른다. B가 들은 진동수는 $2f$이다.

사용할 공식

음원이 관측자로부터 멀어지고 관측자가 음원 쪽으로 움직일 때 관측 진동수는 $f' = f\frac{c+v}{c+v_s}$이다. 여기서 v_s는 음원의 속도이다. A가 B로부터 멀어져 파장이 길어지는 효과가 분모에, B가 A 쪽으로 움직여 파면을 더 자주 만나는 효과가 분자에 들어간다.

계산 과정

A의 속도는 $v_s = 0.8c$이므로, $2f = f\frac{c+v}{c+0.8c}$이다. f를 약분하면 $2 = \frac{c+v}{1.8c}$이고, 따라서 $c + v = 3.6c$이다. 그러므로 $v = 2.6c$이어서 B의 속도는 음속의 2.6배이다.

선지 판단

① X: B의 속도 비율은 0.6이 아니다. 틀린 표현 '0.6' → 올바르게는 '2.6'이다. 0.6은 $2 = \frac{c+v}{1.8c}$에서 분자와 분모의 관계를 잘못 처리하여 얻기 쉬운 값이다.
② X: B의 속도 비율은 1.6이 아니다. 틀린 표현 '1.6' → 올바르게는 '2.6'이다. $c + v = 3.6c$에서 관측자 자신의 속도 c를 빼지 않으면 안 된다.
③ O: 계산 결과 $v = 2.6c$이므로 B의 속도는 음속의 2.6배이다.
④ X: B의 속도 비율은 3.6이 아니다. 틀린 표현 '3.6' → 올바르게는 '2.6'이다. 3.6은 $c + v$를 음속으로 나눈 값이며, B의 속도 비율 자체가 아니다.

NoteBase

오답 포인트

A가 B 앞에서 멀어지므로 음원 속도는 분모의 $c + 0.8c$에 들어간다. 또한 $3.6c$은 $c + v$이므로, 이를 B의 속도라고 바로 읽으면 ④를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

도플러 효과에서는 먼저 음원과 관측자가 서로 가까워지는지 또는 멀어지는지를 정한다. 그 뒤 음원 효과는 파장을 바꾸므로 분모, 관측자 효과는 파면을 만나는 비율을 바꾸므로 분자에 반영한 뒤 $c + v$에서 관측자 속도를 분리한다.

암기 포인트

음원은 분모, 관측자는 분자이다. 이 문항에서는 $2 = \frac{1 + v/c}{1.8}$이므로 $v/c = 2.6$이다.

NoteBase

문 5. 용수철에 연결된 물체가 수평면에서 x축을 따라 진폭 x_m, 주기 T인 일차원 단진동을 한다. 시간 $t=0$일 때 물체의 위치 $x=x_m$이면, $t=0.5T$에서의 위치, 속도, 가속도로 옳은 것은?

① 위치: x_m, 속도: 0, 가속도: $\frac{4\pi^2}{T^2}x_m$

② 위치: x_m, 속도: $\frac{2\pi}{T}x_m$, 가속도: $-\frac{4\pi^2}{T^2}x_m$

③ 위치: $-x_m$, 속도: 0, 가속도: $\frac{4\pi^2}{T^2}x_m$

④ 위치: $-x_m$, 속도: $\frac{2\pi}{T}x_m$, 가속도: $-\frac{4\pi^2}{T^2}x_m$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 단순 조화 운동에서 초기 위치와 반주기 뒤의 위치·속도·가속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

진폭은 x_m이고, $t=0$에서 물체는 양의 최대변위 $x=x_m$에 있다. 구하는 시각은 반주기 뒤인 $t=0.5T=T/2$이다. 각진동수는 $\omega=2\pi/T$이다.

사용할 공식

초기 위치가 양의 최대변위이면 위치는 $x=x_m\cos(\omega t)$로 나타낸다. 속도는 $v=-\omega x_m\sin(\omega t)$, 가속도는 $a=-\omega^2 x$이다. 최대변위에서 출발한 조건이 코사인 함수의 시작 조건과 일치하므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. $t=T/2$일 때 위상은 $\omega t=(2\pi/T)(T/2)=\pi$이다.
2. 위치는 $x=x_m\cos\pi=-x_m$이다.
3. 속도는 $v=-\omega x_m\sin\pi=0$이다.
4. 가속도는 $a=-\omega^2(-x_m)=\omega^2 x_m=(4\pi^2/T^2)x_m$이다.

선지 판단

① X: 위치가 x_m인 표현이 틀리다. 반주기 뒤에는 반대쪽 끝점이므로 위치는 $-x_m$이다. 속도 0과 가속도 $(4\pi^2/T^2)x_m$은 맞지만, 위치가 달라 선지 전체는 틀리다.

② X: 위치 x_m, 속도 $(2\pi/T)x_m$, 가속도 음수라는 표현이 틀리다. $t=T/2$에서는 위치가 $-x_m$, 속도가 0, 가속도가 양수이다. 최대 속도의 크기 $(2\pi/T)x_m$를 끝점에서의 속도로 잘못 적용한 경우이다.

③ O: 위치는 $-x_m$, 속도는 0, 가속도는 $(4\pi^2/T^2)x_m$이다. 끝점에서는 속도가 0이고, 가속도는 항상 평형점 쪽을 향하므로 음의 위치에서는 양의 방향이다.

④ X: 속도가 $(2\pi/T)x_m$이고 가속도가 음수라는 표현이 틀리다. 반주기 뒤는 끝점이므로 속도는 0이며, 위치가 음수이므로 가속도는 양수 $(4\pi^2/T^2)x_m$이다.

NoteBase

오답 포인트

②와 ④는 최대 속도 크기 $(2\pi/T)x_m$를 반주기 뒤에도 적용한 함정이다. 최대 속도는 평형점에서만 나타나며, 양 끝점에서는 속도가 0이다. 또한 가속도의 부호는 위치와 항상 반대이다.

다시 나오면 이렇게 판단

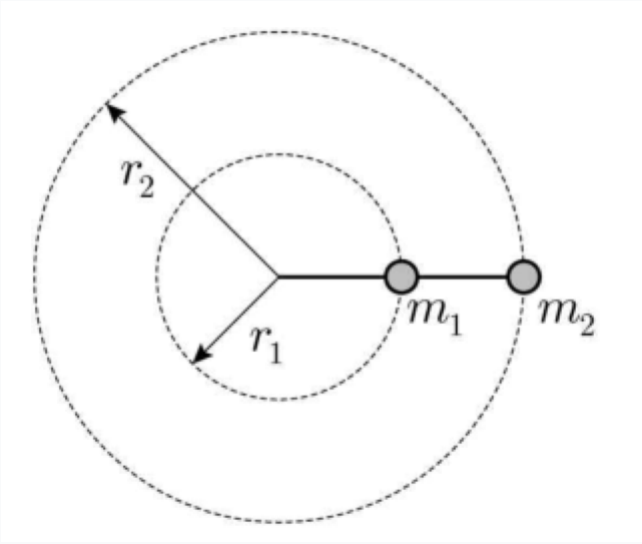
단진동에서는 먼저 t/T로 위상을 정한 뒤 위치를 구한다. 이어서 끝점인지 평형점인지 확인하면 속도를 판단할 수 있고, 마지막으로 $a = -\omega^2 x$에 위치의 부호를 대입해 가속도 방향을 정한다.

암기 포인트

반주기 뒤에는 x의 부호가 바뀌고 $v = 0$이다. 가속도는 언제나 위치의 반대 방향이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 질량 $m_1 = 1\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$인 두 개의 원판이 끈으로 연결되어 마찰을 무시할 수 있는 수평면 위에서 일정한 각속력 10rad/s로 함께 원운동을 하고 있다. 원의 중심에서 각 원판까지의 거리가 $r_1 = 0.5\text{m}$, $r_2 = 1\text{m}$이다. 원의 중심과 m_1을 연결한 안쪽 끈에 걸리는 장력[N]은? (단, 끈의 질량과 원판의 크기는 무시한다)



① 100

② 150

③ 200

④ 250

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 같은 각속력으로 원운동하는 두 원판에서 안쪽 끈의 장력을 구하는 문제이다. 안쪽 끈은 m_1뿐 아니라 바깥쪽의 m_2를 원운동시키는 힘도 전달한다.

조건 정리

주어진 값은 $m_1 = 1kg, m_2 = 2kg, r_1 = 0.5m, r_2 = 1m, \omega = 10rad/s$이다. 구할 값은 중심과 m_1 사이 안쪽 끈의 장력이다. 바깥 끈의 장력은 m_2의 구심력만 담당하지만, 안쪽 끈의 장력은 두 원판에 필요한 구심력의 합을 담당한다.

사용할 공식

등속 원운동의 구심력은 $F_c = mr\omega^2$이다. 각 원판의 반지름과 각속력이 주어졌고, 안쪽 끈이 두 원판 전체를 중심 쪽으로 끌어당기므로 T_안쪽=m_1r_1ω^2+m_2r_2ω^2를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

m_1에 필요한 구심력은 $1kg \times 0.5m \times (10rad/s)^2 = 50N$이다.
m_2에 필요한 구심력은 $2kg \times 1m \times (10rad/s)^2 = 200N$이다.
따라서 안쪽 끈의 장력은 T_안쪽=50 N+200 N=250 N이다.

선지 판단

① X: 제시값 $100N$은 안쪽 끈의 장력 $250N$과 다르다. 틀린 표현 $100N$ → 올바르게는 $250N$이다.
② X: 제시값 $150N$은 두 원판에 필요한 구심력의 합과 다르다. 틀린 표현 $150N$ → 올바르게는 $250N$이다.
③ X: 제시값 $200N$은 바깥 끈이 m_2에 주는 장력일 뿐이다. 안쪽 끈에는 m_1의 구심력 $50N$도 더해져야 한다. 틀린 표현 $200N$ → 올바르게는 $250N$이다.
④ O: 안쪽 끈의 장력은 m_1과 m_2의 구심력 합인 $250N$이므로 옳다.

오답 포인트

③의 $200N$은 m_2 하나에 필요한 구심력만 계산한 값이다. 안쪽 끈과 바깥 끈의 장력이 같다고 보아 m_1의 구심력을 빠뜨리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 물체가 줄에 직렬로 연결된 원운동에서는 구하려는 줄의 바깥쪽에 있는 모든 물체를 먼저 확인한다. 그 줄의 장력은 그 물체들에 필요한 $mr\omega^2$를 모두 더한 값으로 판단한다.

암기 포인트

안쪽 줄일수록 바깥 물체의 구심력까지 누적된다.

NoteBase

문 7. 전기용량이 20μF인 축전기를 20V 직류 전원에 연결하여 완전히 충전한 후 전원에서 분리하고, 전기저항이 10Ω인 저항기에 연결하여 방전시키는 경우, 저항기에 흐르는 전류가 반으로 줄어들 때까지 저항기가 소모하는 에너지[mJ]는?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

출제 포인트

RC 방전에서 전류가 반으로 감소한 순간의 축전기 에너지를 구하고, 초기 에너지와의 차로 저항기가 소모한 에너지를 판단하는 문제이다.

조건 정리

축전기의 전기용량은 $C = 20\mu F$, 초기 전압은 $V_0 = 20V$, 저항은 $R = 10\Omega$이다. 방전 전류는 $I = V/R$이므로 전류가 처음의 반이면 축전기 전압도 처음의 반인 $10V$이다.

사용할 공식

축전기에 저장된 에너지는 $U = \frac{1}{2}CV^2$이다. 방전 중 감소한 축전기 에너지는 외부 공급원이 없으므로 저항에서 열에너지로 소모된다.

계산 과정

초기 축전기 에너지는 $U_0 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times 20^2 = 4 \times 10^{-3} J = 4mJ$이다.
전류가 반이 되면 $I = V/R$에 따라 전압은 $20V$의 반인 $10V$이다. 이때 남은 에너지는
$U = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times 10^2 = 1 \times 10^{-3} J = 1mJ$이다.
따라서 저항기가 소모한 에너지는 $U_0 - U = 4mJ - 1mJ = 3mJ$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: $1mJ$은 전류가 반일 때 축전기에 남아 있는 에너지이다. 저항기가 소모한 에너지는 초기 에너지에서 이를 뺀 $3mJ$이다.
② X: 전류가 반이 되어도 에너지는 전압의 제곱에 비례하므로 반이 아니라 처음의 1/4이 남는다. 따라서 $2mJ$가 아니라 $3mJ$가 소모된다.
③ O: 초기 $4mJ$ 중 $1mJ$가 남으므로 저항기에서 $3mJ$가 소모된다.
④ X: $4mJ$은 충전 직후 축전기에 저장된 전체 초기 에너지이다. 이는 완전히 방전될 때까지의 소모 에너지에 해당하며, 전류가 반일 때까지의 소모 에너지는 아니다.

오답 포인트

전류가 반이 되었다고 에너지도 반이 되었다고 판단하기 쉽다. 저항이 일정하면 전류와 전압은 함께 반이 되지만, 축전기 에너지는 V^2에 비례하므로 1/4로 감소한다.

다시 나오면 이렇게 판단

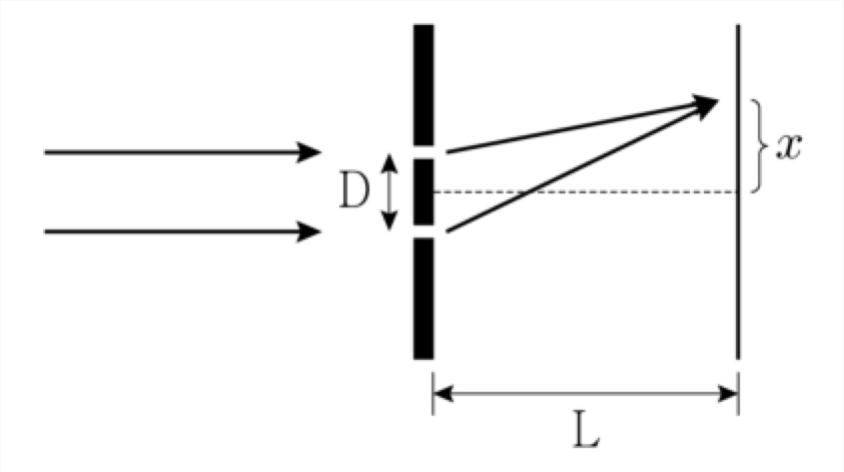
방전 회로에서는 먼저 $I = V/R$로 전류 변화에서 전압 변화를 구하고, $U = \frac{1}{2}CV^2$로 전후 에너지를 계산한다. 두 에너지의 차를 저항에서 소모한 에너지로 판단한다.

암기 포인트

일정한 저항에서 전류가 1/2이면 전압도 1/2, 축전기 에너지는 $1/2^2 = 1/4$이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 이중슬릿 실험 장치에서 두 슬릿 사이의 거리는 D이고, 슬릿으로부터 거리 L 떨어진 곳에 스크린이 설치되어 있다. 질량 m인 가상의 소립자들이 슬릿을 통과하여 스크린에 도달한다. 스크린 중심으로부터 거리 x 떨어진 곳에 스크린의 단위 면적당 도달하는 소립자의 개수를 $N(x)$로 나타낸다. $N(x)$에서 이웃하는 극솟값의 위치 사이의 거리가 Δ일 때, 소립자의 속도는? (단, 플랑크 상수는 h이다)



① $\frac{hL}{4mD\Delta}$
② $\frac{hL}{2mD\Delta}$
③ $\frac{hL}{mD\Delta}$
④ $\frac{2hL}{mD\Delta}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이중슬릿의 인접한 극솟값 간격과 드브로이 파장을 결합하여 소립자의 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

두 슬릿 사이의 거리는 D, 슬릿에서 스크린까지의 거리는 L이다. 인접한 극솟값 사이의 거리는 Δ이고, 소립자의 질량은 m이다. 작은 각도 근사에서 스크린 위의 위치는 슬릿 간섭 조건으로 구한다.

사용할 공식

이중슬릿의 극소 조건은 Dθ=(n+12)λ이다. 작은 각도에서 $x \simeq L\sin\theta$이므로 인접한 극소 사이의 간격은 $\Delta = \lambda L/D$이다. 또한 드브로이 관계식은 $\lambda = h/(mv)$이다. 극소 간격이 주어졌으므로 먼저 λ를 구한 뒤 드브로이 관계식에 대입한다.

NoteBase

계산 과정

1. 인접한 극소의 차수는 1만큼 차이 나므로 $\Delta = \lambda L/D$이다.
2. 따라서 $\lambda = D\Delta/L$이다.
3. $\lambda = h/(mv)$에 대입하면 $v = h/(m\lambda) = hL/(mD\Delta)$이다.

선지 판단

① X: $hL/(4mD\Delta)$는 계산 결과의 1/4이다. 틀린 표현 → 속도는 $hL/(mD\Delta)$이다.
② X: $hL/(2mD\Delta)$는 계산 결과의 1/2이다. 틀린 표현 → 속도는 $hL/(mD\Delta)$이다.
③ O: $v = hL/(mD\Delta)$로, 극소 간격식과 드브로이 관계식을 결합한 결과와 일치한다.
④ X: $2hL/(mD\Delta)$는 계산 결과의 2배이다. 틀린 표현 → 속도는 $hL/(mD\Delta)$이다.

오답 포인트

극소 조건의 (n+12) 때문에 인접한 극소 간격에도 1/2 또는 2가 남는다고 오해하기 쉽다. 그러나 인접한 두 극소의 차를 취하면 (n+32)-(n+12)=1이므로 간격은 $\lambda L/D$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

간섭무늬의 인접 간격 문제에서는 먼저 인접한 차수의 위치를 빼서 간격을 구한다. 이어서 λ를 드브로이 관계식 $\lambda = h/(mv)$에 연결해 속도를 정리한다.

암기 포인트

이중슬릿의 인접 밝은무늬·어두운무늬 간격은 모두 $\lambda L/D$이며, $v = hL/(mD\Delta)$이다.

NoteBase

문 9. 지표면에서 15° 위 방향으로 발사된 어떤 물체가 최대 높이에서 질량이 같은 두 물체 A, B로 분리된다. 분리된 직후에 물체 A는 수평 방향 속도 없이 자유낙하하고, 물체 B는 수평 방향으로 움직인다. 물체 B가 지표면에 닿은 위치가 발사점에서 수평 방향으로 7.5m인 곳이었다면, 발사될 때의 초기 속력[m/s]은? (단, 중력 가속도는 10m/s^2이다)

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 1번

출제 포인트

최고점에서의 수평 운동량 보존과 포물체의 최고점까지 걸리는 시간을 결합하여 발사 초기 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

전체 물체의 질량은 $2m$, 분리 뒤 A와 B의 질량은 각각 m이다.
최고점에서는 분리 전 물체의 수직 속도가 0이고 수평 속도는 $v_0\cos 15^\circ$이다.
A의 수평 속도는 0이므로, 분리 순간 수평 운동량 보존으로 B의 수평 속도를 구한다.
최고점까지의 시간과 최고점에서 지면까지 떨어지는 시간은 모두 $t = \frac{v_0 \sin 15^\circ}{g}$이다.

사용할 공식

수평 운동량 보존은 $2m(v_0\cos 15^\circ) = m \cdot 0 + mv_B$이다. 따라서 $v_B = 2v_0\cos 15^\circ$이다.

수평 이동 거리는 등속도 운동으로 구한다. 분리 전 최고점까지의 수평 이동은 $v_0\cos 15^\circ t$, 분리 후 B의 수평 이동은 $v_B t$이다. 폭발·분리 순간에는 외력의 수평 충격량이 없으므로 수평 운동량 보존을 사용한다.

계산 과정

1. 최고점까지의 시간은 $t = \frac{v_0 \sin 15^\circ}{10}$이다.
2. 수평 운동량 보존으로 B의 수평 속도는 $v_B = 2v_0\cos 15^\circ$이다.
3. 발사점부터 B의 낙하지점까지의 수평 거리는
$7.5 = v_0\cos 15^\circ t + 2v_0\cos 15^\circ t = 3v_0\cos 15^\circ \cdot \frac{v_0 \sin 15^\circ}{10}$.
15^15^=14이므로 $7.5 = \frac{3v_0^2}{40}$이다. 따라서 $v_0^2 = 100$, $v_0 = 10m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 초기 속력은 $10m/s$이므로 옳다.
② X — 선지의 $15m/s$는 수평 이동 거리 조건 $7.5m$를 만족하지 않는다. $15m/s$ → 올바르게는 $10m/s$이다.
③ X — 선지의 $20m/s$는 수평 이동 거리를 실제보다 크게 만든다. $20m/s$ → 올바르게는 $10m/s$이다.
④ X — 선지의 $25m/s$는 수평 이동 거리를 실제보다 크게 만든다. $25m/s$ → 올바르게는 $10m/s$이다.

계산 결과가 $10m/s$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

분리 뒤 B만의 이동 거리만 쓰면 안 된다. 문제의 $7.5m$는 발사점부터의 거리이므로, 분리 전 최고점까지의 수평 이동 거리도 더해야 한다. 또한 질량이 같은 두 조각이므로 A의 수평 속도가 0인 조건에서 B의 수평 속도는 분리 전 수평 속도의 2배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

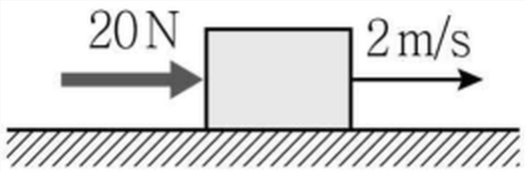
최고점에서 분리되는 문제는 먼저 최고점 전후의 수평 운동량 보존으로 각 조각의 수평 속도를 정한다. 이어서 발사점 기준 거리인지, 분리점 기준 거리인지를 구분하여 분리 전후 수평 이동 거리를 합한다.

암기 포인트

최고점에서는 수직 속도 0, 분리 순간에는 수평 운동량 보존이다. 발사점부터의 거리는 분리 전 이동과 분리 후 이동의 합이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 수평 방향으로 20N의 힘을 받는 질량 10kg인 물체가 2m/s의 일정한 속력으로 직선운동을 한다. 이때 물체에 작용하던 20N의 힘을 갑자기 제거할 경우 물체의 운동 상태에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 같은 속력으로 계속 움직인다.

② 1m를 더 이동한 후 정지한다.

③ 2m를 더 이동한 후 정지한다.

④ 힘을 제거한 즉시 정지한다.

정답 2번

출제 포인트

수평면에서 등속 운동하던 물체에 미는 힘이 사라진 뒤, 마찰력에 의한 감속도와 정지거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 질량 $10kg$, 처음 속력 $2m/s$, 수평 방향으로 작용하던 힘 $20N$이다.
힘이 작용할 때 물체가 등속 운동하므로 알짜힘은 0이고, 운동 방향의 반대쪽 마찰력의 크기는 $20N$이다.
힘을 제거한 뒤에도 마찰력은 남으므로 물체는 감속한다.

사용할 공식

$F = ma, \qquad v^2 = v_0^2 + 2as$
힘을 제거한 뒤에는 마찰력만 수평 방향의 알짜힘으로 작용하므로 먼저 $F = ma$로 가속도를 구한다. 이어서 정지할 때의 속력 $v = 0$을 운동 방정식에 대입해 이동거리를 구한다.

계산 과정

1. 운동 방향을 양(+)으로 두면, 힘 제거 뒤 알짜힘은 $F = -20N$이다.
2. 가속도는 $a = F/m = -20/10 = -2m/s^2$이다.
3. 정지할 때 $v = 0$이므로 $0 = (2)^2 + 2(-2)s$이다. 따라서 $s = 1m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. "같은 속력으로 계속 움직인다"는 마찰력이 없을 때의 설명이다. 힘을 제거한 뒤에도 반대 방향의 $20N$ 마찰력이 남으므로 속력은 감소한다. 틀린 표현 → 같은 속력이 아니라 감속하며 움직인다.
② O. 감속도는 $-2m/s^2$이고 정지거리도 $1m$이므로, $1m$를 더 이동한 후 정지한다.
③ X. "2 m를 더 이동"한 부분이 틀렸다. 정지거리는 $v^2 = v_0^2 + 2as$에서 $1m$로 계산된다. 틀린 표현 → $2m$가 아니라 $1m$를 더 이동한다.
④ X. "힘을 제거한 즉시 정지"하는 것은 아니다. 힘을 제거하는 순간에도 물체의 속력은 $2m/s$이고, 마찰력 때문에 점차 감속한다. 틀린 표현 → 즉시 정지가 아니라 $1m$ 이동한 뒤 정지한다.

오답 포인트

등속 운동을 하게 한 $20N$의 힘만 제거된다는 점이 함정이다. 등속일 때 이미 존재하던 반대 방향 마찰력은 그대로 남으므로, 알짜힘이 0인 상태가 유지되지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

등속 운동 중인 물체에서는 먼저 알짜힘이 0이라는 조건으로 반대 방향 힘의 크기를 찾는다. 이후 특정 힘이 제거되면 남은 힘으로 $a = F/m$를 구하고, 정지거리에는 $v^2 = v_0^2 + 2as$를 적용한다.

암기 포인트

등속 운동에서 미는 힘 = 마찰력, 미는 힘 제거 뒤에는 마찰력만 남아 감속한다.

NoteBase

문 11. 물이 끓는점은 373K이고, 기화열은 2.3×10^6J/kg이다. 373K를 유지하는 물 2kg에 4.6kW 일률로 에너지를 공급하여 이 물을 모두 증발시키는 데 필요한 시간[s]은?

① 2×10^2

② 1×10^3

③ 2×10^4

④ 1×10^5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 물의 기화에 필요한 열량을 구한 뒤, 전력으로 나누어 증발 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 물의 질량은 $2kg$이고 기화열은 $2.3 \times 10^6 J/kg$이다. 공급 전력은 $4.6kW = 4.6 \times 10^3 J/s$이다. 물은 이미 끓는점인 $373K$에 있으므로 온도를 올리는 데 필요한 열은 고려하지 않고, 기화열만 계산한다.

사용할 공식

기화에 필요한 열량은 $Q = mL$이고, 전력은 $P = Q/t$이므로 시간은 $t = Q/P$이다. 끓는점의 물이 모두 수증기로 변하는 과정이므로 질량과 기화열을 곱한 열량을 전력으로 나눈다.

계산 과정

1. 필요한 기화열은 $Q = mL = (2kg)(2.3 \times 10^6 J/kg) = 4.6 \times 10^6 J$이다.
2. 전력을 에너지 공급률로 쓰면 $P = 4.6kW = 4.6 \times 10^3 J/s$이다.
3. 따라서 $t = Q/P = (4.6 \times 10^6 J)/(4.6 \times 10^3 J/s) = 1 \times 10^3 s$이다.

선지 판단

① X: 제시한 $2 \times 10^2 s$는 계산값보다 5배 짧다. 틀린 표현인 시간값 $2 \times 10^2 s$는 $1 \times 10^3 s$로 고쳐야 한다.
② O: 계산 결과가 $1 \times 10^3 s$이므로 옳다.
③ X: 제시한 $2 \times 10^4 s$는 계산값보다 20배 길다. 틀린 표현인 시간값 $2 \times 10^4 s$는 $1 \times 10^3 s$로 고쳐야 한다.
④ X: 제시한 $1 \times 10^5 s$는 계산값보다 100배 길다. 틀린 표현인 시간값 $1 \times 10^5 s$는 $1 \times 10^3 s$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

전력의 접두어 k를 빼먹으면 $4.6kW$를 $4.6J/s$처럼 처리하여 시간이 1000배 크게 나온다. 또한 끓는점에 유지된다는 조건을 놓치고 온도 상승 열량까지 더하면 불필요한 계산을 하게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

상변화 시간 문제는 먼저 물질이 이미 융점·끓는점에 있는지 확인한다. 상변화만 일어나면 $Q = mL$을 구하고, 전력 P는 반드시 J/s로 바꾼 뒤 $t = Q/P$를 적용한다.

암기 포인트

상변화 열량은 $Q = mL$, 전력으로 걸리는 시간은 $t = Q/P$이다. $1kW = 10^3 J/s$이다.

NoteBase

문 12. 초점거리가 12cm인 얇은 오목렌즈를 사용하여 물체 크기의 $\frac{2}{3}$인 정립 허상을 얻고자 한다. 이때 렌즈로부터 물체까지의 거리[cm]는?

① 4

② 6

③ 8

④ 12

정답 2번

출제 포인트

얇은 오목렌즈가 만드는 정립 허상의 배율과 렌즈 공식을 이용하여 물체 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

오목렌즈의 초점거리는 $f = -12cm$이다. 정립 허상이 물체의 2/3배이므로 배율은 $m = +2/3$이다. 물체 거리 u는 양수이고, 가상상 거리 v는 음수이다.

사용할 공식

얇은렌즈 공식은 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$이고, 배율은 $m = -\frac{v}{u}$이다. 정립 허상이라는 조건에서 배율이 양수이므로 v가 음수인 가상상임을 알 수 있다.

계산 과정

배율식 $\frac{2}{3} = -\frac{v}{u}$에서 $v = -\frac{2}{3}u$이다. 이를 렌즈 공식에 대입하면 $-\frac{1}{12} = \frac{1}{u} + \frac{1}{-2u/3} = \frac{1}{u} - \frac{3}{2u} = -\frac{1}{2u}$. 따라서 $u = 6cm$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과가 $6cm$이므로 $4cm$는 물체 거리가 될 수 없다. 틀린 값 $4cm$ → 올바르게는 $6cm$이다.
② O: 배율 조건과 렌즈 공식을 함께 적용하면 물체 거리는 $6cm$이다.
③ X: 계산 결과가 $6cm$이므로 $8cm$는 맞지 않는다. 틀린 값 $8cm$ → 올바르게는 $6cm$이다.
④ X: 초점거리의 크기 $12cm$를 물체 거리로 그대로 두면 안 된다. 배율 2/3 조건까지 적용한 물체 거리는 $6cm$이다. 틀린 값 $12cm$ → 올바르게는 $6cm$이다.

오답 포인트

④처럼 초점거리의 크기만 보고 물체 거리를 $12cm$로 판단하기 쉽다. 그러나 이 문제에서는 정립 허상의 배율 2/3 조건으로 상거리와 물체 거리의 관계를 먼저 정해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

정립 허상의 배율로 v와 u의 부호 및 비를 정한 뒤, 오목렌즈에서는 $f<0$, 가상상에서는 $v<0$를 반영하여 렌즈 공식에 대입한다.

암기 포인트

오목렌즈: $f<0$, 정립 가상상: $v<0$, 배율 $m=-v/u>0$이다.

NoteBase

문 13. 정지해 있는 좌표계의 관측자가 등속운동을 하는 우주선의 길이를 쟀더니 우주선이 정지한 상태에서 측정한 길이의 $\frac{3}{5}$배였다. 이때 광속에 대한 우주선 속도의 비율은?

① $\frac{2}{3}$
② $\frac{3}{4}$
③ $\frac{4}{5}$
④ $\frac{5}{6}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 특수상대성이론의 길이 수축식으로 우주선의 속도비 v/c를 구하는 문제이다.

조건 정리

고유길이 L_0는 우주선과 함께 정지한 관측자가 측정한 길이이고, 정지 좌표계의 관측자가 잰 길이는 $L = \frac{3}{5}L_0$이다. 구할 값은 광속에 대한 우주선 속도의 비율 v/c이다.

사용할 공식

길이 수축은 $L = L_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$로 나타낸다. 우주선이 관측자에 대해 운동하고, 관측자가 잰 길이가 고유길이보다 짧으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

$\frac{L}{L_0} = \frac{3}{5}$이므로 $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{3}{5}$이다. 양변을 제곱하면 $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{9}{25}$이고, 따라서 $\frac{v^2}{c^2} = \frac{16}{25}$이다. 속력은 양수이므로 $\frac{v}{c} = \frac{4}{5}$이다.

선지 판단

① X — $v/c = 2/3$이면 길이비는 $\sqrt{1 - 4/9} = \sqrt{5}/3$으로 3/5가 아니다. 틀린 표현인 '속도비가 2/3이다'는 '속도비가 4/5이다'로 고쳐야 한다.
② X — $v/c = 3/4$이면 길이비는 $\sqrt{1 - 9/16} = \sqrt{7}/4$로 3/5가 아니다. 틀린 표현인 '속도비가 3/4이다'는 '속도비가 4/5이다'로 고쳐야 한다.
③ O — 계산 결과 $v/c = 4/5$이므로 옳다.
④ X — $v/c = 5/6$이면 길이비는 $\sqrt{1 - 25/36} = \sqrt{11}/6$으로 3/5가 아니다. 틀린 표현인 '속도비가 5/6이다'는 '속도비가 4/5이다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

길이비 $L/L_0 = 3/5$를 그대로 속도비 v/c로 보거나, 제곱근을 풀지 않고 계산하는 실수가 흔하다. 길이 수축식에서는 v/c가 제곱된 형태로 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

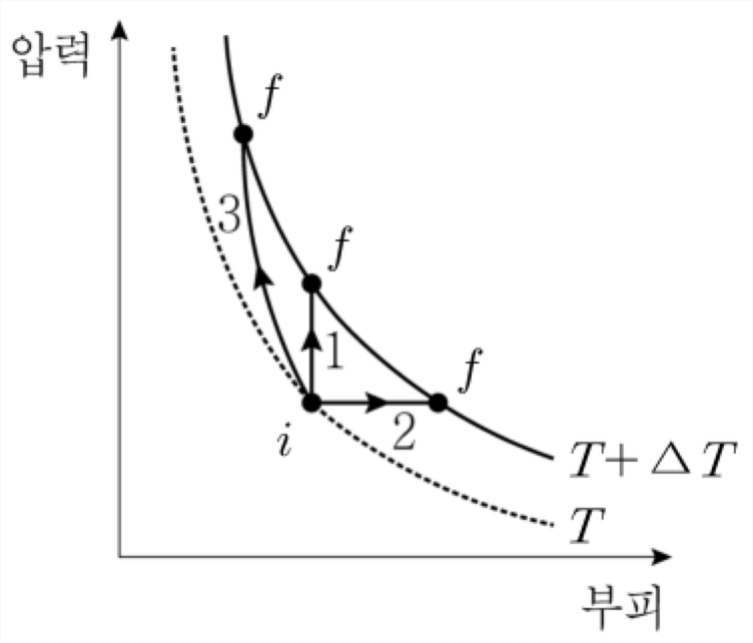
운동하는 물체의 길이가 고유길이의 몇 배인지 주어지면 먼저 L/L_0를 길이 수축식에 대입하고, 제곱하여 v/c를 구한다.

암기 포인트

길이 수축: $L/L_0 = \sqrt{1 - (v/c)^2}$. 길이비가 작을수록 속도비는 커진다.

NoteBase

문 14. 그림은 1몰의 이상기체가 온도 T인 처음 상태 i에서 온도 $T+\Delta T$인 나중 상태 f로 변화하는 세 경로(1은 등적과정, 2는 등압과정, 3은 단열과정)를 나타낸다. 이들 경로에서 일어나는 내부 에너지 변화(ΔE_1, ΔE_2, ΔE_3)와 관련하여 옳은 것은?



① $\Delta E_1 > \Delta E_2 > \Delta E_3$

② $\Delta E_1 > \Delta E_3 = \Delta E_2$

③ $\Delta E_2 > \Delta E_1 > \Delta E_3$

④ $\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 내부 에너지가 과정이 아니라 처음 상태와 나중 상태의 온도로 정해지는 상태함수임을 묻는다.

핵심 개념

이상기체의 내부 에너지 변화는 $\Delta E = nC_V\Delta T$이다. 따라서 몰수와 온도 변화가 같으면 등적·등압·단열 과정처럼 경로가 달라도 내부 에너지 변화는 같다.
일과 열은 경로에 따라 달라질 수 있지만, 내부 에너지 변화는 처음과 나중 상태만으로 결정된다.

NoteBase

선지별 해설

① X. $\Delta E_1 > \Delta E_2 > \Delta E_3$라는 비교가 틀렸다. 세 경로 모두 1몰 기체가 온도 T에서 $T + \Delta T$로 변하므로 $\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$이다.
② X. $\Delta E_1 > \Delta E_3 = \Delta E_2$에서 '$\Delta E_1 >$'가 틀렸다. 등적과정 1만 내부 에너지 변화가 더 큰 것이 아니며, 올바르게는 세 내부 에너지 변화가 모두 같다.
③ X. $\Delta E_2 > \Delta E_1 > \Delta E_3$라는 비교가 틀렸다. 등압과정 2에서 한 일이 더 클 수 있어도 내부 에너지 변화는 온도 변화로만 정해지므로 다른 경로보다 크지 않다. 올바르게는 $\Delta E_1 = \Delta E_2 = \Delta E_3$이다.
④ O. 세 경로의 처음 온도는 T, 나중 온도는 $T + \Delta T$로 같으므로 $\Delta E = nC_V\Delta T$가 세 경우 모두 동일하다.

오답 포인트

단열과정 3은 열교환이 없고, 등적과정 1은 일이 0이며, 등압과정 2는 팽창 일을 한다는 차이를 내부 에너지 변화의 차이로 잘못 연결하기 쉽다. 이 차이는 열량과 일의 분배 차이일 뿐, 같은 온도 변화에 대한 내부 에너지 변화의 차이가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

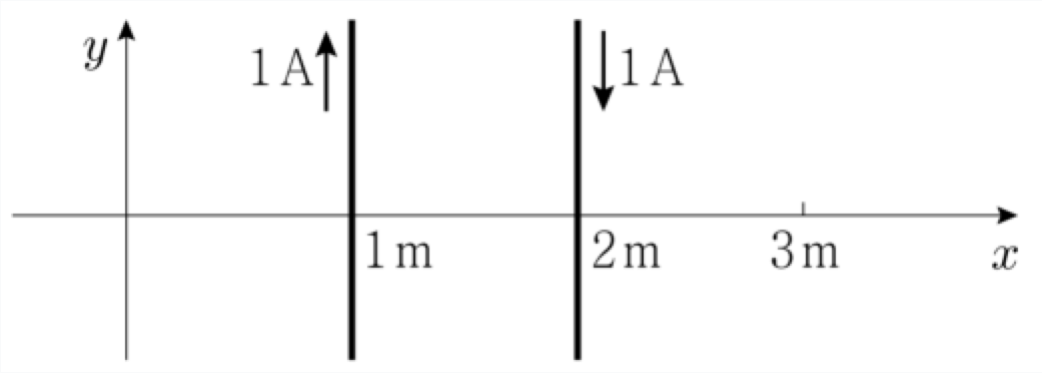
이상기체 문제에서 두 상태의 온도와 몰수가 같으면 먼저 $\Delta E = nC_V\Delta T$를 적용한다. 경로가 다르다는 정보는 내부 에너지 변화가 아니라 열량과 일의 비교에 사용할 정보이다.

암기 포인트

이상기체는 온도가 같게 변하면 경로가 달라도 ΔE는 같다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 $x = 1\text{m}$에 위치한 긴 도선에는 $+y$ 방향으로 1A의 전류가 흐르고 $x = 2\text{m}$에 위치한 긴 도선에는 $-y$ 방향으로 1A의 전류가 흐르고 있다. $x = 3\text{m}$에서 자기장의 크기[T] 및 방향은? (단, 자유공간의 투자율은 $4\pi \times 10^{-7}\text{T} \cdot \text{m/A}$이다)



① 자기장의 크기[T]: 10^{-7}, 방향: 지면으로 들어가는 방향

② 자기장의 크기[T]: 10^{-7}, 방향: 지면에서 나오는 방향

③ 자기장의 크기[T]: $4\pi \times 10^{-7}$, 방향: 지면으로 들어가는 방향

④ 자기장의 크기[T]: $4\pi \times 10^{-7}$, 방향: 지면에서 나오는 방향

정답 2번

출제 포인트

두 무한 직선도선이 만드는 자기장을 각각 구한 뒤, 방향까지 고려하여 벡터 합성하는 문제이다.

조건 정리

첫째 도선은 $x = 1m$에서 $+y$ 방향으로 $1A$, 둘째 도선은 $x = 2m$에서 $-y$ 방향으로 $1A$의 전류가 흐른다.
관측점은 $x = 3m$이므로 두 도선까지의 거리는 각각 $2m$, $1m$이다.

사용할 공식

긴 직선도선에서 거리 r만큼 떨어진 점의 자기장 크기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이다. 두 도선의 전류 방향이 서로 반대이므로, 오른손 법칙으로 각 자기장의 지면 안팎 방향을 먼저 정한 후 부호를 붙여 합한다.

NoteBase

계산 과정

1. $+y$ 방향 전류가 흐르는 $x = 1m$ 도선의 오른쪽에서는 자기장이 지면으로 들어간다. 그 크기는 $B_1 = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(1)}{2\pi(2)} = 1 \times 10^{-7}T$이다.
2. $-y$ 방향 전류가 흐르는 $x = 2m$ 도선의 오른쪽에서는 자기장이 지면에서 나온다. 그 크기는 $B_2 = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(1)}{2\pi(1)} = 2 \times 10^{-7}T$이다.
3. 두 자기장은 반대 방향이므로 $B_2 - B_1 = 1 \times 10^{-7}T$이고, 더 큰 B_2의 방향인 지면에서 나오는 방향이 합성 자기장의 방향이다.

선지 판단

① X: 크기 $10^{-7}T$는 맞지만, '지면으로 들어가는 방향'이 틀리다. 합성 자기장은 지면에서 나오는 방향이다.
② O: 합성 자기장의 크기는 $10^{-7}T$이고 방향은 지면에서 나오는 방향이다.
③ X: '$4\pi \times 10^{-7}T$'라는 크기와 '지면으로 들어가는 방향'이 모두 틀리다. 올바르게는 $10^{-7}T$, 지면에서 나오는 방향이다.
④ X: '지면에서 나오는 방향'은 맞지만 크기 '$4\pi \times 10^{-7}T$'가 틀리다. 올바른 크기는 $10^{-7}T$이다.

오답 포인트

두 전류의 방향이 반대여도 관측점이 두 도선의 같은 쪽에 있으므로 자기장의 방향은 서로 반대가 된다. 크기만 더하거나, μ_0를 그대로 최종값으로 쓰는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

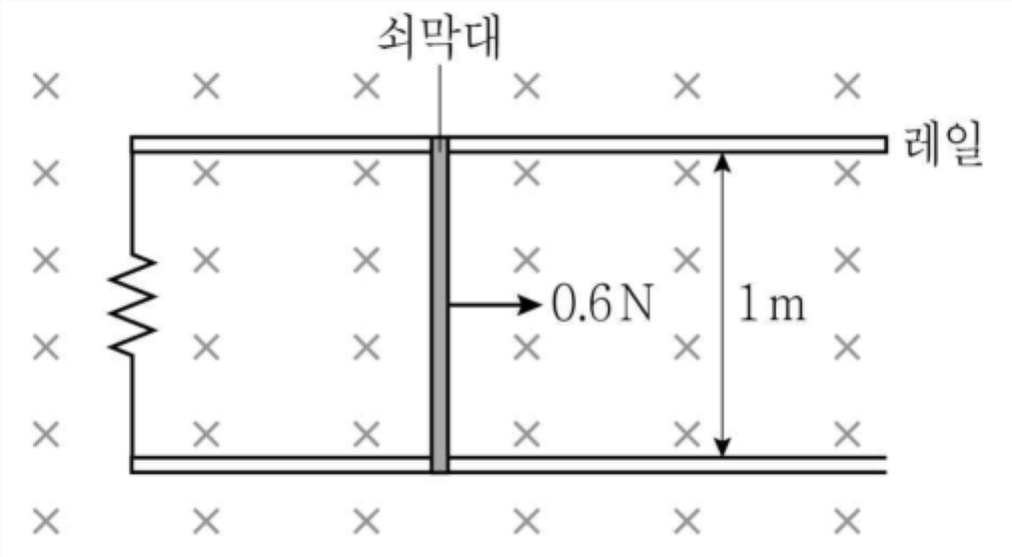
각 도선마다 관측점까지의 거리 r를 표시하고 $B = \mu_0 I/(2\pi r)$로 크기를 구한다. 이어서 오른손 법칙으로 지면 안쪽과 바깥쪽에 부호를 정해 같은 방향이면 더하고 반대 방향이면 뺀다.

암기 포인트

긴 직선도선의 자기장은 $B \propto I/r$이다. 전류가 같으면 더 가까운 도선의 자기장이 더 크다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 폭이 1m인 고정된 평행 레일에 저항 10Ω을 고정되게 연결하고, 그 레일에 쇠막대가 걸쳐 있다. 레일을 포함한 평면에 수직한 아래 방향으로 크기 2T의 균일한 자기장을 가한 상태에서, 쇠막대를 오른쪽 방향으로 일정한 힘 0.6N으로 당기면 쇠막대가 등속운동을 한다. 이 쇠막대의 속도[m/s]는? (단, 레일과 쇠막대의 저항과 마찰은 무시한다)



① 0.6

② 0.9

③ 1.2

④ 1.5

정답 4번

출제 포인트

운동하는 도체막대에 생기는 유도기전력과 유도전류가 만드는 자기력을 이용하여 등속운동 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

레일 사이 간격과 도체막대의 길이는 $L = 1\text{m}$이고, 자기장 크기는 $B = 2\text{T}$, 저항은 $R = 10\Omega$, 당기는 힘은 $F = 0.6\text{N}$이다. 등속운동이므로 오른쪽 외력과 왼쪽 유도 자기력의 크기가 같다.

사용할 공식

막대가 속도 v로 움직일 때 유도기전력은 $\mathcal{E} = BLv$이고, 전류는 $I = \mathcal{E}/R = BLv/R$이다. 막대에 작용하는 자기력은 $F_{\text{mag}} = BIL = \frac{B^2L^2v}{R}$이다. 막대의 운동이 자기선속을 변화시켜 유도전류를 만들고, 그 전류가 자기장 속에서 막대에 힘을 받으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

등속 조건에서 $F = F_{\text{mag}}$이다.
$0.6 = \frac{(2)^2(1)^2 v}{10}$
따라서 $v = \frac{0.6 \times 10}{4} = 1.5\text{m/s}$이다.

선지 판단

① X: 제시한 속도 0.6m/s는 힘 평형식에 대입하면 유도 자기력이 0.24N이어서 외력 0.6N과 같지 않다. 0.6m/s → 올바르게는 1.5m/s이다.
② X: 제시한 속도 0.9m/s에서는 유도 자기력이 0.36N이므로 등속 조건을 만족하지 않는다. 0.9m/s → 올바르게는 1.5m/s이다.
③ X: 제시한 속도 1.2m/s에서는 유도 자기력이 0.48N이므로 외력보다 작다. 1.2m/s → 올바르게는 1.5m/s이다.
④ O: $v = 1.5\text{m/s}$이면 유도 자기력이 $\frac{4 \times 1.5}{10} = 0.6\text{N}$이 되어 외력과 평형을 이룬다.

오답 포인트

유도기전력 BLv만 구하고 끝내면 안 된다. 전류 $I = BLv/R$를 구한 뒤 자기력 BIL까지 연결해야 하며, 등속이라는 말에서 힘의 평형을 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

도체막대가 레일 위에서 등속으로 움직이면 $\mathcal{E} = BLv \rightarrow I = \mathcal{E}/R \rightarrow F_{\text{mag}} = BIL$ 순서로 구한 뒤, 외력과 자기력을 같게 놓는다.

암기 포인트

레일 위 도체막대의 등속운동에서는 $F = \frac{B^2L^2v}{R}$이므로 $v = \frac{FR}{B^2L^2}$이다.

NoteBase

문 17. 질량 1kg인 입자가 x축을 따라 움직일 때 $U(x) = 4x^2 + 16x^4$의 퍼텐셜 에너지[J]를 갖는다. 입자의 위치가 $x = 0.5$m일 때 속력이 6m/s이면, 입자의 속력이 0이 되는 지점[m]은? (단, 입자의 역학적 에너지는 보존된다)

① 0.8

② 1.0

③ 1.2

④ 1.4

정답 2번

출제 포인트

역학적 에너지 보존을 이용하여 운동 에너지가 0이 되는 전환점의 위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

질량은 $1kg$, 초기 위치는 $x = 0.5m$, 초기 속력은 $6m/s$이다. 퍼텐셜 에너지는 $U(x) = 4x^2 + 16x^4$이며, 속력이 0이면 운동 에너지는 0이다.

사용할 공식

역학적 에너지가 보존되므로 $E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 + U(x)$이다. 속력이 0인 전환점에서는 $K = 0$이므로 그 지점의 퍼텐셜 에너지가 전체 역학적 에너지와 같아진다.

계산 과정

초기 퍼텐셜 에너지는 $U(0.5) = 4(0.5)^2 + 16(0.5)^4 = 2J$이다. 초기 운동 에너지는 $K = \frac{1}{2}(1)(6)^2 = 18J$이므로 전체 에너지는 $E = 20J$이다.

속력이 0일 때 $4x^2 + 16x^4 = 20$이다. $y = x^2$로 놓으면 $4y^2 + y - 5 = 0$이고, $y = 1$이므로 $x^2 = 1$이다. 따라서 전환점의 위치좌표는 $x = \pm 1.0m$이며, 보기의 양의 값은 $1.0m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $x = 0.8m$에서는 $U = 9.1136J$로 전체 에너지 $20J$보다 작아 운동 에너지가 남는다. 틀린 값 $0.8m$ → 올바르게는 $1.0m$에서 속력이 0이 된다.

② O — $x = 1.0m$에서 $U = 4 + 16 = 20J$가 되어 전체 에너지와 같고 운동 에너지는 0이다.

③ X — $x = 1.2m$에서는 $U = 38.9376J$로 전체 에너지보다 커서 입자가 도달할 수 없다. 틀린 값 $1.2m$ → 올바르게는 $1.0m$가 전환점이다.

④ X — $x = 1.4m$에서는 $U = 69.3056J$로 전체 에너지보다 커서 가능한 위치가 아니다. 틀린 값 $1.4m$ → 올바르게는 $1.0m$에서 속력이 0이 된다.

오답 포인트

속력이 0인 순간에도 퍼텐셜 에너지가 0이라고 착각하면 안 된다. 이 문항에서는 운동 에너지 $18J$가 초기 퍼텐셜 에너지 $2J$와 합쳐져 전환점의 퍼텐셜 에너지 $20J$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

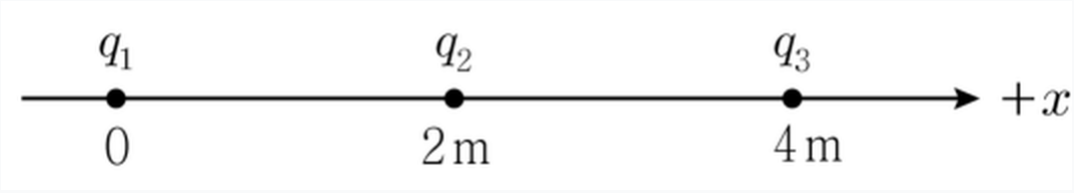
초기 위치에서 $K + U$로 전체 에너지를 먼저 구한 뒤, 속력이 0인 조건 $K = 0$을 대입하여 $U(x) = E$를 푼다. 퍼텐셜 에너지가 전체 에너지보다 큰 위치는 도달할 수 없다.

암기 포인트

전환점에서는 $v = 0$, 따라서 $U = E$이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 세 전하가 일직선 위에 고정되어 있다. q_1은 원점에, q_2는 원점에서 2m 떨어진 곳에, q_3은 원점에서 4m 떨어진 곳에 각각 위치한다. q_1, q_2, q_3의 전하량은 각각 $+20\mu$C, -5μC, $+10\mu$C이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① q_1에 작용하는 알짜 전기력의 방향은 $-x$방향이다.

② q_2에 작용하는 알짜 전기력은 q_3에 작용하는 알짜 전기력보다 크기가 작다.

③ q_3에 작용하는 알짜 전기력은 0이 아니다.

④ q_1, q_2에 작용하는 알짜 전기력은 크기가 같고, 방향은 반대이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 쿨롱 법칙으로 각 전하가 다른 두 전하로부터 받는 전기력을 방향까지 합성하는 문제이다.

조건 정리

전하의 위치는 각각 $x = 0, 2m, 4m$이고, 전하량은 $q_1 = +20\mu C$, $q_2 = -5\mu C$, $q_3 = +10\mu C$이다. q_1과 q_2, q_2와 q_3 사이의 거리는 모두 $2m$이며, q_1과 q_3 사이의 거리는 $4m$이다.

사용할 공식

두 점전하 사이 전기력의 크기는 $F = k\frac{|q_i q_j|}{r^2}$이다. 같은 부호끼리는 밀어내고 다른 부호끼리는 끌어당긴다. 이 문제에서는 각 전하에 작용하는 두 힘의 방향이 일직선상이므로, $+x$와 $-x$ 방향을 부호로 정해 더한다.

계산 과정

$A = k\frac{(5\mu C)(10\mu C)}{(2m)^2}$라고 둔다.

q_1에는 q_2에 의한 인력 $2A$가 $+x$ 방향으로, q_3에 의한 척력 A가 $-x$ 방향으로 작용하므로 합력은 $+x$ 방향 A이다.

q_2에는 q_1에 의한 인력 $2A$가 $-x$ 방향으로, q_3에 의한 인력 A가 $+x$ 방향으로 작용하므로 합력은 $-x$ 방향 A이다.

q_3에는 q_1에 의한 척력 A가 $+x$ 방향으로, q_2에 의한 인력 A가 $-x$ 방향으로 작용하므로 합력은 0이다.

NoteBase

선지 판단

① X. q_1의 합력은 $+x$ 방향 A이다. q_2의 인력이 q_3의 척력보다 두 배 크다. 틀린 표현인 '$-x$ 방향'은 '$+x$ 방향'으로 고쳐야 한다.
② X. q_2의 합력의 크기는 A이고 q_3의 합력의 크기는 0이므로, q_2의 합력이 더 크다. 틀린 표현인 '작다'는 '크다'로 고쳐야 한다.
③ X. q_3에서는 q_1의 척력과 q_2의 인력이 크기는 같고 방향은 반대여서 상쇄된다. 틀린 표현인 '0이 아니다'는 '0이다'로 고쳐야 한다.
④ O. q_1의 합력은 $+x$ 방향 A, q_2의 합력은 $-x$ 방향 A이므로 크기가 같고 방향이 반대이다.

오답 포인트

①에서는 q_1이 받는 두 힘의 방향만 보고 q_3의 전하량과 거리를 빼뜨리기 쉽다. ③에서는 두 힘의 크기가 우연히 같아 합력이 0이 되는지를 각각 $F \propto |q_i q_j|/r^2$로 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

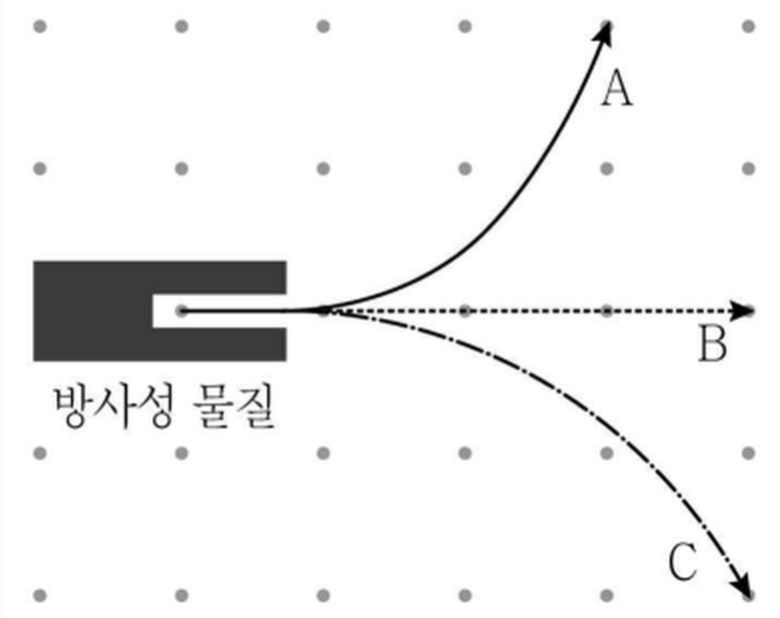
각 전하를 하나씩 고정해 두고, 다른 전하마다 인력·척력으로 힘의 방향을 먼저 표시한다. 이어서 $|q_i q_j|/r^2$를 비교해 같은 방향은 더하고 반대 방향은 뺀다.

암기 포인트

전기력은 부호로 방향을, $|q_i q_j|/r^2$로 크기를 판단한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 지면에 수직하게 나오는 자기장 하에서 방사선이 세 가지 궤적을 나타낸다. 방사선 A, B, C의 이름과 그 실체를 옳게 짝지은 것은? (단, 그림에서 A와 C의 곡률 반경은 과장되게 표현되었다)



① A: β선 - 전자, B: γ선 - 광자, C: α선 - 헬륨의 원자핵

② A: α선 - 헬륨의 원자핵, B: β선 - 전자, C: γ선 - 광자

③ A: α선 - 헬륨의 원자핵, B: γ선 - 광자, C: β선 - 전자

④ A: α선 - 양성자, B: β선 - 전자, C: γ선 - 중성자

정답 1번

출제 포인트

자기장이 종이 밖으로 향할 때 방사선의 휨 방향으로 전하의 부호를, 휘지 않는지 여부로 중성 여부를 판단하는 문제이다. 진행 방향이 오른쪽이면 양전하에는 아래쪽, 음전하에는 위쪽 자기력이 작용한다.

NoteBase

선지별 해설

① O: A는 위쪽으로 휘므로 음전하인 β선, 즉 전자이다. B는 휘지 않으므로 전하가 없는 γ선, 즉 광자이다. C는 아래쪽으로 휘므로 양전하인 α선, 즉 헬륨의 원자핵이다.

② X: A의 ‘α선－헬륨의 원자핵’과 B의 ‘β선－전자’가 틀리다. A는 위로 휘는 음전하 전자이고, B는 휘지 않는 광자이다. 틀린 표현 → A는 β선－전자, B는 γ선－광자이다.

③ X: A의 ‘α선－헬륨의 원자핵’과 C의 ‘β선－전자’가 틀리다. A는 음전하라서 β선이고, C는 양전하라서 α선이다. 틀린 표현 → A는 β선－전자, C는 α선－헬륨의 원자핵이다.

④ X: 세 방사선의 정체가 모두 맞지 않는다. A는 양전하 양성자가 아니라 음전하 전자이며, B는 전자가 아니라 전하 없는 광자이고, C는 중성자가 아니라 양전하 헬륨의 원자핵이다. 틀린 표현 → A는 β선－전자, B는 γ선－광자, C는 α선－헬륨의 원자핵이다.

오답 포인트

B가 직진하는 것을 ‘가벼워서 덜 휜다’고 판단하면 안 된다. B는 전하가 없어 자기력을 받지 않으므로 전혀 휘지 않는다. A와 C의 실제 곡률 반지름은 그림에서 과장되었으므로, 휨의 크기보다 휨의 방향으로 전하 부호를 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 직진 궤적이면 중성인 γ선으로 분류한다. 그다음 $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$에서 양전하의 힘 방향을 구하고, 반대 방향으로 휘는 입자를 음전하 β선으로 판단한다.

암기 포인트

자기장 속 방사선: γ선은 직진, α선은 양전하 헬륨 원자핵, β선은 음전하 전자이다.

NoteBase

문 20. 반지름 3m인 균일한 원판의 중심을 수직하게 지나는 회전축으로부터 2m 거리에 질량 50kg인 사람이 서있고, 원판과 사람은 각속력 4rad/s로 함께 회전하고 있다. 원판이 회전하는 동안 이 사람이 회전축으로부터 1m 거리인 곳에 도달하였을 때, 원판의 각속력[rad/s]은? (단, 회전축에 대한 원판의 관성모멘트는 $550\text{kg}\cdot\text{m}^2$이다)

① 5

② 6

③ 8

④ 9

정답 1번

출제 포인트

외부 돌림힘이 없을 때 원판과 사람으로 이루어진 계의 각운동량 보존을 이용하여 각속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

원판의 관성모멘트는 $550kg\cdot m^2$이고, 사람의 질량은 $50kg$이다. 사람은 처음에 회전축에서 $2m$, 나중에 $1m$ 떨어져 있다. 처음 각속력은 $4rad/s$이다. 사람은 질점으로 보아 관성모멘트를 I_사람=mr^2로 계산한다.

사용할 공식

외부 돌림힘이 없으므로 전체 각운동량이 보존되어 $I_i\omega_i = I_f\omega_f$이다. 사람이 원판 위에서 안쪽으로 이동하여도 원판과 사람을 하나의 계로 잡으면 외부 돌림힘이 없으므로 이 공식을 적용한다.

계산 과정

처음 전체 관성모멘트는 $I_i = 550 + 50\times 2^2 = 750kg\cdot m^2$이다.
나중 전체 관성모멘트는 $I_f = 550 + 50\times 1^2 = 600kg\cdot m^2$이다.
따라서 $750\times 4 = 600\omega_f$이므로 $\omega_f = 5rad/s$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 $5rad/s$이므로 옳다.
② X: 선지의 수치 6은 틀리며, 올바르게는 $5rad/s$이다. 사람의 최종 관성모멘트 50×1^2를 빠뜨리면 원판만의 관성모멘트를 써서 600/550배가 되어 약 $5.45rad/s$가 나오며, 6은 각운동량 보존 계산과 맞지 않는다.
③ X: 선지의 수치 8은 틀리며, 올바르게는 $5rad/s$이다. 사람의 관성모멘트는 거리의 제곱에 비례하므로 반지름이 2배 변한다고 관성모멘트 전체가 단순히 2배 또는 1/2배가 되는 것은 아니다.
④ X: 선지의 수치 9는 틀리며, 올바르게는 $5rad/s$이다. 원판 자체의 관성모멘트 $550kg\cdot m^2$가 계속 포함되므로 사람만의 관성모멘트 변화로 각속력을 크게 계산하면 안 된다.

NoteBase

오답 포인트

사람이 안쪽으로 이동하면 각속력은 증가하지만, 관성모멘트는 원판과 사람의 값을 합한 전체값으로 계산한다. 사람의 거리만 보고 전체 관성모멘트가 1/4로 줄었다고 판단하는 것이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전축에 대한 외부 돌림힘이 없으면 먼저 각운동량 보존식을 세운다. 이어서 이동 전후에 원판의 관성모멘트와 질점의 mr^2를 각각 더한 뒤, $I_i\omega_i = I_f\omega_f$에 대입하여 판단한다.

암기 포인트

외부 돌림힘이 없으면 $I\omega$는 일정하다. 질점의 관성모멘트는 mr^2이므로 안쪽으로 갈수록 I는 감소하고 ω는 증가한다.

NoteBase