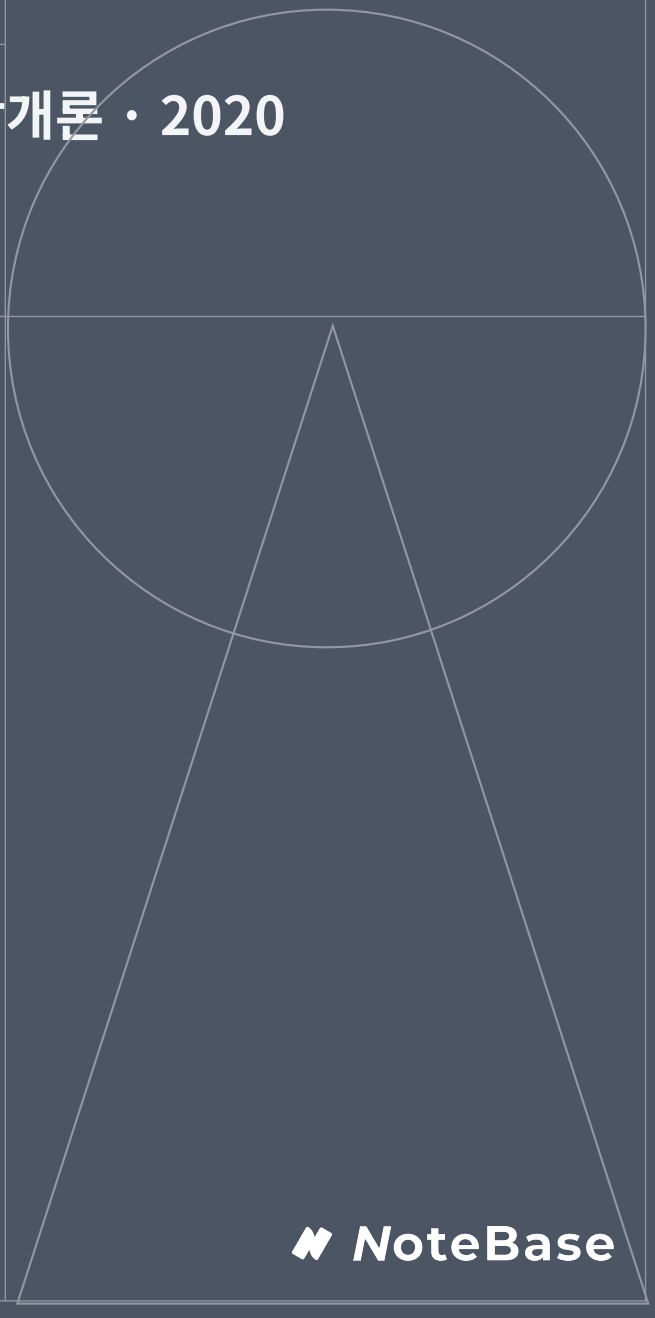
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2020

공무원/지방직/7급 · 물리학개론 · 2020

문 1. 질량이 40kg인 궁수가 질량이 각각 10kg, 0.5kg인 활과 화살을 가지고 마찰이 없는 수평한 빙판 위에 정지해 있다. 이 궁수가 50m/s의 속력으로 화살을 빙판과 평행하게 쏘았을 때, 활을 든 궁수가 빙판 위에서 미끄러지는 속력[m/s]은?

① $\frac{25}{40}$
② $\frac{25}{40.5}$
③ $\frac{25}{50}$
④ $\frac{25}{50.5}$

정답 3번

출제 포인트

마찰이 없는 수평면에서 궁수·활·화살 계의 수평 운동량 보존을 이용하여 활을 든 궁수의 반동 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

처음에는 계 전체가 정지해 있으므로 전체 운동량은 0이다.
화살의 질량은 $0.5kg$, 속력은 빙판 기준 $50m/s$이다.
화살이 떠난 뒤 함께 미끄러지는 궁수와 활의 질량은 $40 + 10 = 50kg$이다.

사용할 공식

수평 방향 외력이 없으므로 운동량이 보존되어 m_화살v_화살+m_궁수+활v_궁수+활=0이다. 화살의 운동량과 궁수·활의 운동량은 크기가 같고 방향이 반대이다.

계산 과정

화살이 진행하는 방향을 양(+)으로 두면 $0.5 \times 50 + 50v = 0$이다.
따라서 $v = -\frac{25}{50} m/s$이고, 음수는 화살 반대 방향임을 뜻한다.
속력은 크기이므로 $\frac{25}{50} m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. $\frac{25}{40}$은 궁수의 질량만 분모에 넣어 활의 질량 $10kg$을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현인 분모 $40kg$은 궁수와 활의 합인 $50kg$으로 고쳐야 한다.
② X. $\frac{25}{40.5}$은 화살 질량을 궁수 쪽에 잘못 더하고 활의 질량을 제외한 값이다. 궁수와 활은 함께 움직이므로 분모는 $50kg$이다.
③ O. 화살의 운동량 크기는 $0.5 \times 50 = 25kg \cdot m/s$이고, 궁수와 활의 질량은 $50kg$이므로 속력은 $\frac{25}{50}m/s$이다.
④ X. $\frac{25}{50.5}$은 발사 전 전체 질량을 분모로 사용한 값이다. 발사 후 반동하는 물체는 화살을 제외한 궁수와 활이므로, 틀린 분모 $50.5kg$은 $50kg$으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

반동 속도를 구할 때 분모에는 발사 후 함께 움직이는 궁수와 활의 질량만 들어간다. 화살은 반대 방향으로 따로 운동하므로 $50.5kg$을 분모에 쓰지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

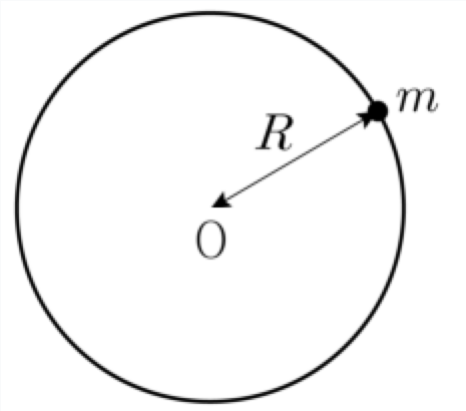
반동 문제에서는 먼저 발사 전 전체 운동량을 0으로 두고, 발사 후 서로 반대 방향으로 움직이는 물체를 나눈다. 이어 각 물체의 질량과 속도를 넣어 운동량 보존식을 세운 뒤 속력의 크기를 구한다.

암기 포인트

반동에서는 운동량의 크기가 같아 $m_1v_1 = m_2v_2$이고, 분모에는 반동하는 쪽의 질량이 들어간다.

NoteBase

문 2. 일정한 각속도로 반지름 $R = 3\text{m}$인 원의 원주를 따라 1분에 한 바퀴 회전하는 물체가 있다. 이 물체의 질량 $m = 10\text{kg}$일 때, 원의 중심 O에 대한 물체의 각운동량의 크기[$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$]는? (단, 물체의 부피는 무시한다)



① 2π

② 3π

③ 4π

④ 5π

정답 2번

출제 포인트

질점이 원운동할 때 중심에 대한 각운동량의 크기 $L = I\omega = mR^2\omega$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 질량 $m = 10kg$, 반지름 $R = 3m$, 회전수는 1분에 1바퀴이다. 구할 값은 중심 O에 대한 각운동량의 크기이다. 물체의 부피를 무시하므로 물체는 반지름 R 위치의 질점으로 본다.

사용할 공식

질점의 관성모멘트는 $I = mR^2$이고, 각운동량의 크기는 $L = I\omega$이다. 따라서 $L = mR^2\omega$를 사용한다.
원운동하는 질점의 위치벡터와 속도벡터가 수직이므로 이 식이 적용된다.

계산 과정

1. 1분에 1바퀴이므로 각속도는 $\omega = \frac{2\pi}{60} rad/s = \frac{\pi}{30} rad/s$이다.
2. 관성모멘트는 $I = mR^2 = 10 \times 3^2 = 90 kg \cdot m^2$이다.
3. 따라서 $L = I\omega = 90 \times \frac{\pi}{30} = 3\pi kg \cdot m^2/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: $2\pi kg \cdot m^2/s$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 '2π'이며, 올바르게는 '3π'이다.
② O: $L = 3\pi kg \cdot m^2/s$이므로 옳다.
③ X: $4\pi kg \cdot m^2/s$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현은 '4π'이며, 올바르게는 '3π'이다.
④ X: $5\pi kg \cdot m^2/s$는 계산 결과보다 크다. 틀린 표현은 '5π'이며, 올바르게는 '3π'이다.

오답 포인트

'1분에 1바퀴'를 그대로 $2\pi rad/s$로 쓰면 60초 변환을 빠뜨리게 된다. 2π는 한 바퀴의 각도이고, 각속도는 이를 60초로 나눈 $\pi/30 rad/s$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전수는 먼저 rad/s 단위의 각속도 ω로 바꾼 뒤, 질점이면 $I = mR^2$, 이어서 $L = I\omega$ 순서로 계산한다.

암기 포인트

질점의 각운동량은 $L = mR^2\omega$이다. 1바퀴는 $2\pi rad$, 1분은 60초이다.

NoteBase

문 3. 50m/s의 속력으로 수평면을 달리는 버스 안에 투수와 포수가 정지해 있다. 투수가 질량 0.1kg인 야구공을 버스의 운동 방향과 같고 수평하게 50m/s의 속력으로 포수에게 던졌을 때, 버스 정류장에 정지해 있는 사람이 관측하는 공의 운동에너지[J]는? (단, 공의 회전은 무시한다)

① 125

② 250

③ 375

④ 500

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 서로 같은 방향으로 움직이는 물체의 속도를 합성한 뒤, 관측자 기준의 운동에너지를 구하는 문제이다.

조건 정리

버스의 지면 기준 속력은 $50m/s$이다.
공의 버스 기준 속력은 $50m/s$이고, 버스의 진행 방향과 같다.
공의 질량은 $0.1kg$이다.
정류장에 정지한 관측자가 보므로 공의 지면 기준 속력을 사용한다.

사용할 공식

운동에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$이다.
공과 버스의 속도가 같은 방향이므로 지면 기준 공의 속력은 $v = 50 + 50 = 100m/s$이다. 관측자가 지면에 정지해 있으므로 이 속력을 공식에 대입한다.

계산 과정

1. 공의 지면 기준 속력은 $100m/s$이다.
2. $K = \frac{1}{2} \times 0.1kg \times (100m/s)^2$이다.
3. 따라서 $K = 500J$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. 125J는 정류장 관측자가 측정하는 운동에너지와 다르다. 지면 기준 속력은 $100m/s$이므로 올바른 값은 500J이다.
② X. 250J는 정류장 관측자가 측정하는 운동에너지와 다르다. 속도를 합성한 $100m/s$를 사용하면 올바르게는 500J이다.
③ X. 375J는 정류장 관측자가 측정하는 운동에너지와 다르다. 공과 버스가 같은 방향이므로 속력을 빼거나 임의의 중간값으로 잡지 않고 $100m/s$를 사용하며, 올바른 값은 500J이다.
④ O. 지면 기준 속력 $100m/s$를 대입하면 $\frac{1}{2} \times 0.1 \times 100^2 = 500J$이다.
계산 결과가 500J이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

공의 $50m/s$는 버스 안에서 본 속력이다. 정류장 관측자는 버스의 $50m/s$까지 같은 방향으로 더한 $100m/s$를 기준으로 보며, 운동에너지는 속력의 제곱에 비례한다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 문제에서는 먼저 관측자 기준을 정한 뒤 속도를 합성하고, 그 기준 속력을 $K = \frac{1}{2}mv^2$에 대입해 판단한다. 같은 방향이면 더하고 반대 방향이면 부호를 고려해 합성한다.

암기 포인트

운동에너지의 속력은 반드시 관측자 기준으로 정한다: 같은 방향 상대속도는 더한다.

NoteBase

문 4. 압력의 단위로 적당하지 않은 것은?

① H

② Pa

③ atm

④ bar

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 압력의 단위와 다른 물리량의 단위를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

압력은 단위 면적에 수직으로 작용하는 힘의 크기이며, SI 단위는 파스칼(Pa)이다. $1Pa = 1N/m^2$이다. H는 인덕턴스의 단위이고, atm과 bar는 압력을 나타내는 관용 단위이다.

선지별 해설

① X: H(헨리)는 코일이 전류 변화에 저항하는 성질인 인덕턴스의 단위이다. 압력의 단위가 아니다. 틀린 표현인 'H'를 압력 단위인 'Pa' 등으로 바꾸어야 한다.
② O: Pa(파스칼)는 압력의 SI 단위이다.
③ O: atm(기압)은 표준대기압을 기준으로 한 압력의 단위이다.
④ O: bar는 압력을 나타내는 단위이다.

오답 포인트

Pa만 압력 단위라고 생각하여 atm과 bar를 제외하기 쉽다. 그러나 문제는 SI 단위만을 묻는 것이 아니라 압력의 단위인지 여부를 묻는다. H만 물리량 자체가 다른 인덕턴스의 단위이다.

다시 나오면 이렇게 판단

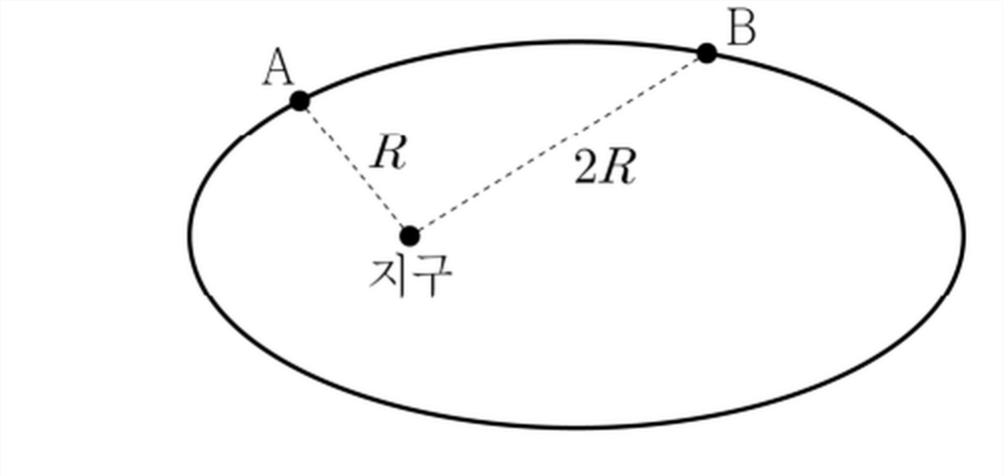
단위가 나오면 먼저 그 단위가 나타내는 물리량을 대응시킨다. Pa, atm, bar는 압력에 대응하고, H는 인덕턴스에 대응한다.

암기 포인트

압력은 $Pa \cdot atm \cdot bar$, 인덕턴스는 H이다.

NoteBase

문 5. 어떤 인공위성이 지구를 한 초점에 둔 타원 궤도를 따라 공전하고 있다. 지구의 만유인력에 의한 이 인공위성의 퍼텐셜에너지는 지구의 중심으로부터 r만큼 떨어진 지점에서 $-\frac{C}{r}$로 표현할 수 있다. 이 인공위성이 A와 B 지점에서 가지는 운동에너지를 각각 K_A, K_B라고 할 때, $K_A - K_B$는? (단, C는 상수이다)



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

정답 4번

출제 포인트

중력 퍼텐셜에너지 $U = -C/r$가 주어진 타원 궤도에서 역학적 에너지 보존을 이용해 두 지점의 운동에너지 차를 구하는 문제이다.

조건 정리

A에서는 지구 중심까지의 거리가 R이므로 $U_A = -C/R$이다. B에서는 거리가 $2R$이므로 $U_B = -C/(2R)$이다. 지구의 만유인력만 작용하므로 운동에너지와 퍼텐셜에너지의 합인 역학적 에너지는 일정하다.

사용할 공식

역학적 에너지 보존은 $K_A + U_A = K_B + U_B$이다. 만유인력은 보존력이므로, 위치만 다른 A와 B에서 전체 역학적 에너지가 같다는 조건에 이 공식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

$K_A + U_A = K_B + U_B$에서 $K_A - K_B = U_B - U_A$이다. 따라서 $K_A - K_B = (-C/(2R)) - (-C/R) = C/(2R)$이다. B가 A보다 지구에서 멀어 퍼텐셜에너지는 더 크고(덜 음수이고), 그만큼 B의 운동에너지는 더 작다.

선지 판단

① X. C/R은 두 퍼텐셜에너지의 차를 두 배로 계산한 값이다. 틀린 표현 C/R → 올바르게는 $C/(2R)$이다.
② X. $2C/R$은 분수 1/2를 반대로 처리하여 네 배 크게 계산한 값이다. 틀린 표현 $2C/R$ → 올바르게는 $C/(2R)$이다.
③ X. $3C/R$은 에너지 보존식에서 두 퍼텐셜에너지를 잘못 더하거나 부호를 잘못 처리한 값이다. 틀린 표현 $3C/R$ → 올바르게는 $C/(2R)$이다.
④ O. $U_B - U_A = -C/(2R) + C/R = C/(2R)$이므로 $K_A - K_B = C/(2R)$이다.

오답 포인트

퍼텐셜에너지 $-C/r$ 자체가 음수라는 점 때문에 $U_B - U_A$의 부호를 반대로 쓰기 쉽다. r가 R에서 $2R$로 커지면 퍼텐셜에너지는 $-C/R$에서 $-C/(2R)$로 증가하므로, 운동에너지는 감소한다.

다시 나오면 이렇게 판단

보존력만 작용하는 궤도 운동에서는 먼저 각 지점의 U를 거리로 계산하고, $K_A - K_B = U_B - U_A$로 옮겨 부호까지 함께 확인한다.

암기 포인트

중력 퍼텐셜에너지: $U = -C/r$. 멀어질수록 U는 증가하고, 전체 에너지가 일정하면 K는 감소한다.

NoteBase

문 6. 어떤 음원에서 발생한 소리의 세기 준위가 1m 떨어진 거리에서 60dB일 때, 열린 공간에서 이 음원의 소리 세기 준위가 가청 최소 준위인 0dB이 되는 거리[m]는?

① 10

② 60

③ 1,000

④ 6,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 열린 공간에서 점음원의 소리 세기 준위가 거리의 제곱에 반비례하여 감소하는 원리를 이용해 $60dB$가 $0dB$가 되는 거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 거리 $r_1 = 1m$에서 소리 세기 준위 $L_1 = 60dB$이다.
구할 값: 소리 세기 준위 $L_2 = 0dB$가 되는 거리 r_2이다.
주의할 조건: 열린 공간의 점음원에서는 소리 세기 I가 거리의 제곱에 반비례한다.

사용할 공식

$L_1 - L_2 = 10\log_{10}\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = 20\log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$
소리 세기 준위는 세기의 비에 대해 $10\log_{10}$으로 정해지고, 열린 공간에서는 $I \propto 1/r^2$이므로 거리비로 바꾸면 $20\log_{10}$ 식을 사용한다.

계산 과정

$60 - 0 = 20\log_{10}\left(\frac{r_2}{1}\right)$
$3 = \log_{10} r_2$
$r_2 = 10^3 m = 1{,}000m$
따라서 거리 $1{,}000m$에서 소리 세기 준위가 $0dB$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X: $10m$에서는 거리비가 10이므로 준위는 $20\log_{10}10 = 20dB$만 감소하여 $40dB$이다. 틀린 표현인 '$0dB$가 되는 거리'는 올바르게는 '$40dB$가 되는 거리'이다.
② X: $60m$에서는 준위가 $60 - 20\log_{10}60 \approx 24.4dB$이다. 틀린 표현인 '$0dB$가 되는 거리'는 올바르게는 '약 $24.4dB$가 되는 거리'이다.
③ O: $1{,}000m$에서는 거리비가 10^3이므로 준위가 $20\log_{10}(10^3) = 60dB$ 감소하여 $0dB$이다.
④ X: $6{,}000m$에서는 준위가 $60 - 20\log_{10}6000 \approx -15.6dB$이다. 틀린 표현인 '$0dB$가 되는 거리'는 올바르게는 '약 $-15.6dB$가 되는 거리'이다.
계산 결과 $1{,}000m$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

소리 세기 준위가 $60dB$ 감소한다고 해서 거리가 60배가 되는 것은 아니다. 세기는 거리의 제곱에 반비례하므로, 거리비에는 $20\log_{10}$을 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

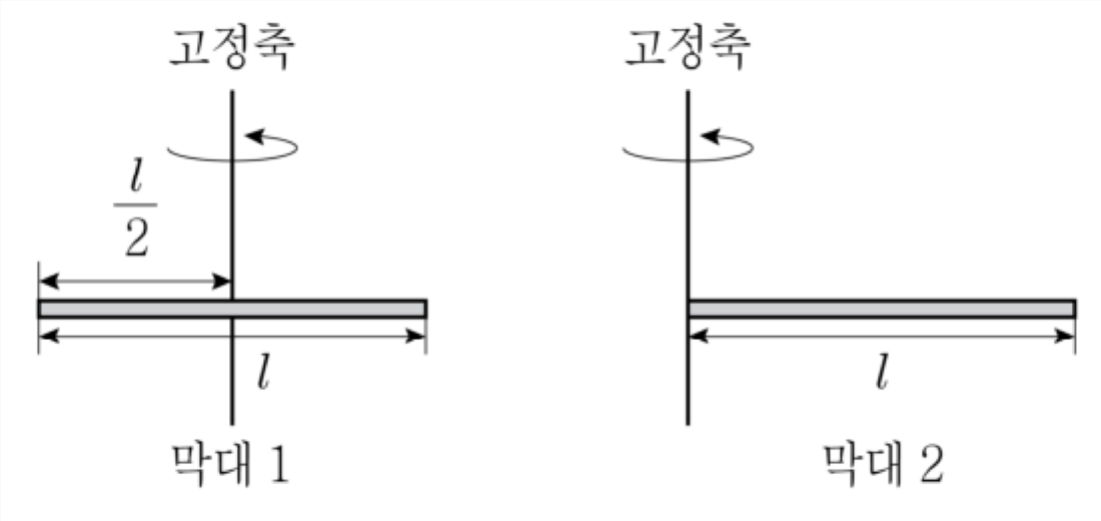
점음원의 열린 공간 문제에서는 먼저 두 지점의 준위 차를 구한 뒤 $\Delta L = 20\log_{10}(r_2/r_1)$에 대입하여 거리비를 구한다.

암기 포인트

점음원에서는 거리가 10배가 될 때마다 소리 세기 준위가 $20dB$ 감소한다.

NoteBase

문 7. 밀도가 균일하며 길고 가는 두 개의 동일한 막대가 그림과 같이 각각 막대의 중심과 끝을 지나는 고정축에 대해 회전 운동을 하고 있다. 두 막대의 회전 각가속도가 같을 때, 각각의 고정축을 기준으로 막대 1에 작용하는 돌림힘을 τ_1, 막대 2에 작용하는 돌림힘을 τ_2라 하면 τ_1/τ_2는?



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

정답 3번

출제 포인트

균일한 막대의 회전축 위치에 따른 관성모멘트와 $\tau = I\alpha$를 이용하여 돌림힘의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

두 막대는 질량과 길이가 같은 균일한 막대이다. 막대 1의 축은 중심을 지나고, 막대 2의 축은 끝을 지난다. 두 막대의 각가속도 α가 같으므로 돌림힘의 비는 관성모멘트의 비와 같다.

사용할 공식

회전 운동의 뉴턴 제2법칙은 $\tau = I\alpha$이다. 균일한 길이 l, 질량 M인 막대의 관성모멘트는 중심축에 대해서 I_중심=(1)/(12)Ml^2, 끝축에 대해서 I_끝=(1)/(3)Ml^2이다. 같은 각가속도를 만들 때는 τ가 I에 비례하므로 이 두 관성모멘트를 비교한다.

NoteBase

계산 과정

막대 1은 중심축 회전이므로 $\tau_1 = \frac{1}{12}Ml^2\alpha$이다.
막대 2는 끝축 회전이므로 $\tau_2 = \frac{1}{3}Ml^2\alpha$이다.
따라서 $\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{(1/12)Ml^2\alpha}{(1/3)Ml^2\alpha} = \frac{1}{4}$이다.

선지 판단

① X. $\tau_1/\tau_2 = 1/2$가 아니라 1/4이다. 중심축 막대의 관성모멘트는 끝축 막대의 절반이 아니라 1/4이다.
② X. $\tau_1/\tau_2 = 1/3$이 아니라 1/4이다. 1/3은 막대 2 자체의 관성모멘트 계수이며, 비의 값이 아니다.
③ O. $\tau_1/\tau_2 = 1/4$이다. 두 막대의 M, l, α가 약분되고 $1/12 \div 1/3 = 1/4$가 된다.
④ X. $\tau_1/\tau_2 = 1/5$가 아니라 1/4이다. 회전축이 끝에 있을 때의 관성모멘트 계수는 1/3이며, 이를 중심축 계수 1/12와 비교해야 한다.

오답 포인트

막대 1의 1/12와 막대 2의 1/3을 단순히 빼거나, 1/3을 그대로 비로 오인하기 쉽다. 같은 각가속도라는 조건에서는 τ의 비가 관성모멘트의 비와 같다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전축이 주어지면 먼저 그 축에 대한 I를 정하고, $\tau = I\alpha$에서 공통인 α와 질량·길이 항을 약분하여 비를 구한다.

암기 포인트

균일 막대는 중심축 $\frac{1}{12}Ml^2$, 끝축 $\frac{1}{3}Ml^2$이므로 끝축의 관성모멘트는 중심축의 4배이다.

NoteBase

문 8. $-123^\circ C$**의 산소 기체 분자와** $327^\circ C$**의 수소 기체 분자의 제곱평균제곱근 속력을 각각 v_산소, v_수소라 할 때 v_산소 : v_수소는? (단, 산소 기체와 수소 기체의 몰 질량은 각각** 32g/mol, 2g/mol**이다)**

① 1 : 8

② 1 : 4

③ 8 : 1

④ 4 : 1

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 기체 분자의 제곱평균제곱근 속도 v_{rms}가 절대온도에 비례하고 몰질량의 제곱근에 반비례한다는 관계를 이용하여 속도의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

산소의 온도는 $-123^\circ C = 150K$이고 몰질량은 32g/mol이다.
수소의 온도는 $327^\circ C = 600K$이고 몰질량은 2g/mol이다.
온도는 반드시 절대온도 K로 바꾸어 비교한다.

사용할 공식

$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$
같은 기체상수 R를 쓰는 두 기체의 속도비에서는 $3R$이 약분되므로, $v_{rms} \propto \sqrt{T/M}$를 사용한다.

계산 과정

v_산소v_수소=(150/32)/(600/2)
$= \sqrt{\frac{150 \times 2}{600 \times 32}} = \sqrt{\frac{1}{64}} = \frac{1}{8}$
따라서 v_산소:v_수소=1:8이다.

선지 판단

① O. 계산 결과가 1 : 8이므로 옳다.
② X. '1:4'가 틀린 표현이다. 올바르게는 '1:8'이다. 제곱근 관계를 빠뜨리고 속도비를 그대로 비교하면 이런 오답이 나올 수 있다.
③ X. '8:1'이 틀린 표현이다. 올바르게는 '1:8'이다. 산소와 수소의 순서를 뒤집은 비이다.
④ X. '4:1'이 틀린 표현이다. 올바르게는 '1:8'이다. 속도비의 방향을 바꾸고 제곱근 관계도 잘못 적용한 값이다.

NoteBase

오답 포인트

섭씨온도 −123과 327을 그대로 넣으면 안 된다. 또한 v_{rms}는 T/M 자체가 아니라 그 제곱근에 비례하므로, ②처럼 제곱근을 빠뜨리지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

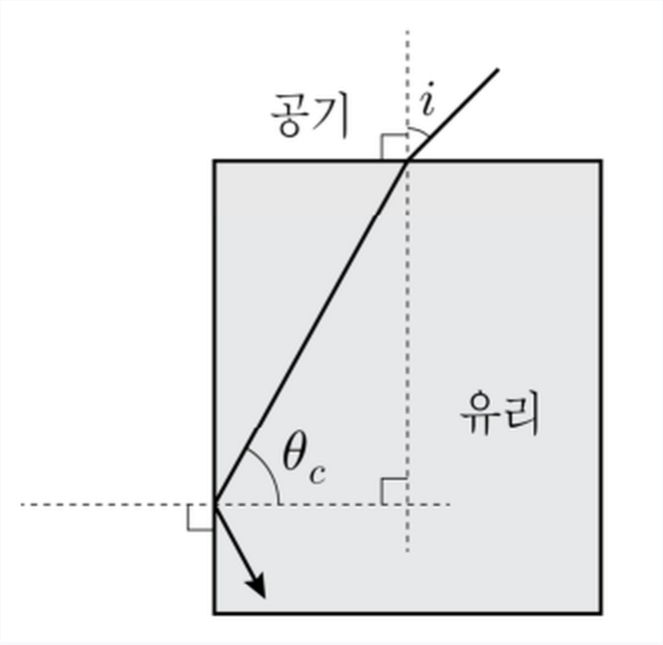
두 기체의 제곱평균제곱근 속도비는 먼저 온도를 K로 바꾼 뒤 $\sqrt{T/M}$의 비를 계산한다. 마지막에 물은 비의 순서가 분자와 분모에 맞는지 확인한다.

암기 포인트

제곱평균제곱근 속도는 '뜨거울수록 빠르고, 가벼울수록 빠르다': $v_{\text{rms}} \propto \sqrt{T/M}$ 이다.

NoteBase

문 9. 어떤 유리의 굴절률을 측정하기 위해 내부 전반사가 일어나는 임계각을 관측하는 실험을 진행하였다. 그림과 같이 공기 중에서 입사하는 빛의 입사각 $i = 30^\circ$일 때 유리 내부에서 임계각 θ_c를 관측하였다면 이 유리의 굴절률은?



① $\sqrt{1.25}$
② $\sqrt{1.5}$
③ $\sqrt{1.75}$
④ $\sqrt{2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 공기에서 유리로 들어갈 때의 스넬 법칙과 유리에서 공기로 나갈 때의 임계각 조건을 연결하여 유리의 굴절률을 구하는 문제이다.

조건 정리

공기의 굴절률은 1이고, 윗면에서의 입사각은 $i = 30^\circ$이다. 유리 내부 광선이 윗면의 법선과 이루는 각을 r라 하면, 윗면의 법선과 왼쪽 면의 법선은 서로 수직이므로 $r + \theta_c = 90^\circ$이다.

사용할 공식

윗면에서는 스넬 법칙 $1 \cdot \sin i = n \sin r$을 적용한다. 왼쪽 면에서는 임계각 조건 $n \sin \theta_c = 1$, 즉 $\sin \theta_c = 1/n$을 적용한다. 임계각에서는 굴절광이 경계면을 따라 진행하므로 이 조건이 성립한다.

NoteBase

계산 과정

$r = 90^\circ - \theta_c$이므로 $\sin r = \cos\theta_c$이다. 임계각 조건에서 $\sin\theta_c = 1/n$이므로 $\cos\theta_c = \sqrt{1 - 1/n^2}$이다. 따라서 $\sin 30^\circ = n\sin r = n\sqrt{1 - 1/n^2} = \sqrt{n^2 - 1}\,.\,1/2 = \sqrt{n^2 - 1}$이므로 $n^2 = 1.25$, 따라서 $n = \sqrt{1.25}$이다.

선지 판단

① O. 계산 결과가 $n = \sqrt{1.25}$이므로 옳다.
② X. 제시값 $\sqrt{1.5}$는 $n^2 = 1.5$를 뜻하므로 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $\sqrt{1.5}$ → 올바르게는 $\sqrt{1.25}$이다.
③ X. 제시값 $\sqrt{1.75}$는 $n^2 = 1.75$를 뜻하므로 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $\sqrt{1.75}$ → 올바르게는 $\sqrt{1.25}$이다.
④ X. 제시값 $\sqrt{2}$는 $n^2 = 2$를 뜻하므로 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $\sqrt{2}$ → 올바르게는 $\sqrt{1.25}$이다.

오답 포인트

윗면과 왼쪽 면의 법선이 수직이라는 점을 놓치면 r와 θ_c의 관계를 잘못 잡게 된다. 두 각은 같지 않고 $r + \theta_c = 90^\circ$의 보각 관계이다.

다시 나오면 이렇게 판단

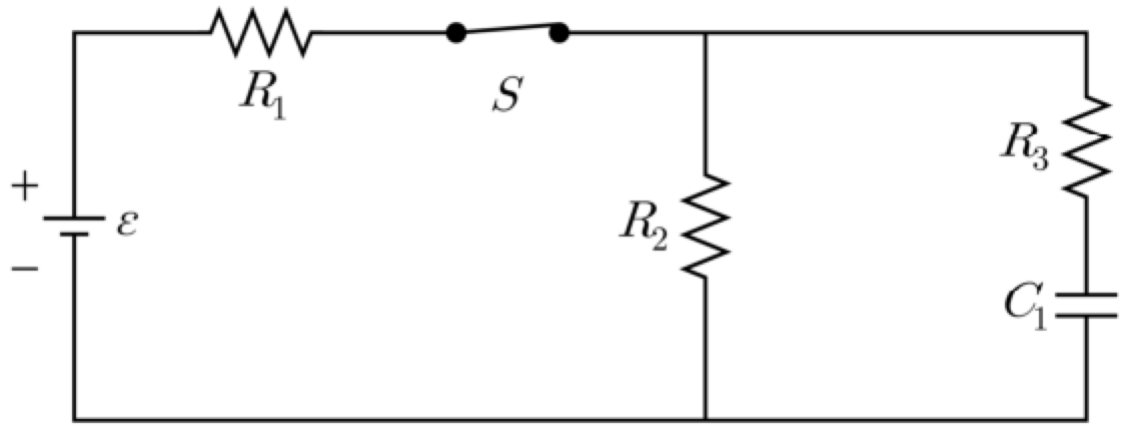
임계각이 포함된 굴절 문제에서는 먼저 임계각 조건 _c=n_작은 매질/n_큰 매질을 세운다. 이어서 도형에서 법선 사이의 각으로 내부 굴절각과 임계각의 관계를 정한 뒤 스넬 법칙에 대입한다.

암기 포인트

큰 굴절률 매질에서 작은 굴절률 매질로 나갈 때 임계각은 _c=n_작은/n_큰이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 축전기와 저항기들로 구성된 회로에서 기전력 $\varepsilon = 6\text{V}$, $R_1 = 2\Omega$, $R_3 = 1\Omega$이다. 축전기가 완전히 충전되도록 오랫동안 스위치(S)를 닫아 놓았더니 R_2에 흐르는 전류가 2A이고, 축전기 C_1에 $8\mu\text{C}$의 전하가 충전되었다. R_2의 저항값[Ω]과 C_1의 전기용량[μF]은?



① Ω: 1, μF: 2

② Ω: 1, μF: 4

③ Ω: 2, μF: 2

④ Ω: 2, μF: 4

정답 2번

출제 포인트

충전이 완료된 직류 회로에서 축전기 가지의 전류가 0이라는 조건을 이용하여 R_2와 C_1의 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

기전력은 $6V$, $R_1 = 2\Omega$, $R_3 = 1\Omega$이다. R_2에 흐르는 전류는 $2A$이고, C_1에 저장된 전하량은 $8\mu C$이다. 충분히 충전된 뒤에는 축전기와 직렬인 R_3의 전류도 0이므로 R_3의 전압강하는 0이다.

사용할 공식

저항에는 $V = IR$, 축전기에는 $Q = CV$를 적용한다. 정상 상태에서는 축전기 가지가 개방된 것처럼 되어 R_1과 R_2에만 $2A$가 흐르고, 축전기 전압은 R_2 양단 전압과 같아진다.

NoteBase

계산 과정

R_1의 전압강하는 $V_{R_1} = IR_1 = 2 \times 2 = 4V$이다. 따라서 R_2 양단 전압은 $V_{R_2} = 6 - 4 = 2V$이다.

$R_2 = V_{R_2}/I = 2/2 = 1\Omega$이다.

R_3에는 전류가 흐르지 않아 전압강하가 없으므로 $V_{C_1} = V_{R_2} = 2V$이다. 따라서 $C_1 = Q/V_{C_1} = 8\mu C/2V = 4\mu F$이다.

선지 판단

① X: $R_2 = 1\Omega$은 맞지만 C_1은 $2\mu F$가 아니다. 틀린 표현 $C_1 = 2\mu F \rightarrow$ 올바르게는 $C_1 = 4\mu F$이다.

② O: $R_2 = 1\Omega, C_1 = 4\mu F$로 계산 결과와 모두 일치한다.

③ X: $C_1 = 2\mu F$가 틀렸다. 또한 $R_2 = 2\Omega$이면 $2A$가 흐를 때 R_2 전압이 $4V$가 되어 R_1의 $4V$와 합쳐 기전력 $6V$를 초과한다. 틀린 표현 $R_2 = 2\Omega,\ C_1 = 2\mu F \rightarrow$ 올바르게는 $R_2 = 1\Omega,\ C_1 = 4\mu F$이다.

④ X: $C_1 = 4\mu F$는 맞지만 $R_2 = 2\Omega$가 틀렸다. 틀린 표현 $R_2 = 2\Omega \rightarrow$ 올바르게는 $R_2 = 1\Omega$이다.

계산 결과 $R_2 = 1\Omega, C_1 = 4\mu F$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

충전이 끝난 뒤에도 R_3에 전류가 흐른다고 보면 R_3의 전압강하를 잘못 포함하게 된다. 이때 R_3은 축전기와 직렬이므로 전류가 0이고, 축전기 전압은 R_2 양단 전압과 같다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류 회로에서 충분히 충전된 축전기는 개방 회로로 본다. 먼저 축전기 가지 전류를 0으로 두고 남은 저항 회로의 전압을 구한 뒤, $Q = CV$에 그 축전기 전압을 대입한다.

암기 포인트

충전 완료 직류 축전기: $I_C = 0$, 직렬 저항 전압강하 0, $C = Q/V$이다.

NoteBase

문 11. 일정 질량의 이상기체를 등압과정을 거쳐 0°C에서 546°C까지 가열하였다. 이때 이상기체의 최종 체적은 등압과정을 시작하기 전과 비교하여 몇 배인가?

① 1

② 2

③ 3

④ 5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 압력이 일정한 이상기체에서 부피가 절대온도에 비례한다는 샤를의 법칙으로 최종 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 온도는 $0°C$, 최종 온도는 $546°C$이다.
구해야 할 값: 등압 가열 뒤 부피가 처음 부피의 몇 배인지이다.
주의할 조건: 기체 법칙의 온도는 섭씨온도가 아니라 절대온도 K로 바꿔야 한다.

사용할 공식

압력이 일정하면 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 질량이 일정한 이상기체를 등압 과정으로 가열하므로 부피 V는 절대온도 T에 비례한다.

계산 과정

1. 처음 온도를 절대온도로 바꾸면 $T_1 = 0 + 273 = 273K$이다.
2. 최종 온도를 절대온도로 바꾸면 $T_2 = 546 + 273 = 819K$이다.
3. 따라서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{819}{273} = 3$이므로 최종 부피는 처음의 3배이다.

선지 판단

① X: 최종 부피는 1배가 아니다. 온도가 $273K$에서 $819K$로 3배가 되었으므로 부피도 3배가 된다. 틀린 표현 '1배' → 올바르게는 '3배'이다.
② X: 최종 부피는 2배가 아니다. $546°C$를 절대온도로 바꾸지 않고 단순 비교하면 오답이 생긴다. 틀린 표현 '2배' → 올바르게는 '3배'이다.
③ O: 등압에서 $V \propto T$이고 $819/273 = 3$이므로 최종 부피는 처음의 3배이다.
④ X: 최종 부피는 5배가 아니다. 섭씨온도의 차이 $546°C$를 부피 배수로 직접 쓰면 안 된다. 틀린 표현 '5배' → 올바르게는 '3배'이다.

NoteBase

오답 포인트

546이라는 섭씨온도를 그대로 비율 계산에 쓰는 함정이 핵심이다. 온도의 비율을 구할 때는 반드시 $^\circ C$에 273을 더한 K를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

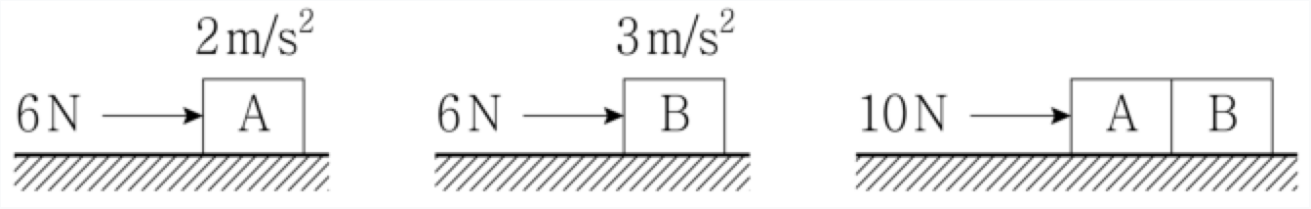
등압 이상기체 문제는 섭씨온도를 먼저 K로 변환한 뒤 $V_2/V_1 = T_2/T_1$을 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

등압에서는 $V \propto T(K)$이다. 섭씨온도가 아니라 절대온도의 비율을 쓴다.

NoteBase

문 12. 그림은 수평면 위에 있는 물체 A와 B에 각각 6N의 힘이 수평 방향으로 작용하여 $2\mathrm{m/s^2}$과 $3\mathrm{m/s^2}$의 등가속도 운동을 하는 것을 나타낸 것이다. 만약 A와 B가 붙은 상태에서 10N의 힘이 수평 방향으로 작용하였다면 B가 A에 작용한 힘의 크기[N]는? (단, 모든 마찰은 무시한다)



① 1

② 2

③ 4

④ 6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 뉴턴의 운동 법칙 $F = ma$를 이용하여 두 물체의 질량과 접촉력을 구하는 문제이다.

조건 정리

A에는 6 N의 힘이 작용하여 $2m/s^2$로 가속되고, B에는 6 N의 힘이 작용하여 $3m/s^2$로 가속된다. A와 B를 붙인 뒤에는 10 N의 외력이 A에 작용한다. 구할 값은 B가 A에 작용하는 접촉력의 크기이다. 마찰은 없으므로 수평 방향 힘만 고려한다.

사용할 공식

$F = ma$를 사용한다. 각 물체에 6 N이 단독으로 작용할 때의 가속도가 주어졌으므로 이 식으로 질량을 구할 수 있고, 결합 후에는 두 물체를 하나의 계로 보아 가속도를 구할 수 있다.

계산 과정

1. A의 질량은 $m_A = 6/2 = 3kg$이다.
2. B의 질량은 $m_B = 6/3 = 2kg$이다.
3. 결합한 물체의 질량은 $3 + 2 = 5kg$이므로 가속도는 $a = 10/5 = 2m/s^2$이다.
4. B를 $2m/s^2$로 가속하는 힘은 $m_B a = 2 \times 2 = 4N$이다. 이는 A가 B를 오른쪽으로 미는 힘의 크기이며, 작용·반작용에 따라 B가 A에 작용하는 힘의 크기도 4 N이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 1 N이라는 값은 B의 질량 2 kg과 결합 후 가속도 $2m/s^2$를 적용한 결과가 아니다. B가 A에 작용하는 힘의 크기는 4 N으로 고쳐야 한다.
② X: 2 N은 결합 후 가속도 $2m/s^2$만을 힘처럼 잘못 본 값이다. B에 대해 $F = m_B a$를 적용하면 4 N이므로, 2 N은 4 N으로 고쳐야 한다.
③ O: B의 질량이 2 kg이고 결합 후 가속도가 $2m/s^2$이므로 접촉력의 크기는 $2 \times 2 = 4N$이다.
④ X: 6 N은 B가 단독일 때 작용한 외력이다. 결합 후 B에 작용하는 접촉력은 4 N이므로, 6 N은 4 N으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

결합 후의 10 N을 곧바로 접촉력으로 보거나, B가 단독으로 운동할 때의 6 N을 그대로 쓰는 것이 함정이다. 접촉력은 결합 후 B 하나만 떼어 내어 $F = m_B a$로 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 단독 운동 자료에서 각 물체의 질량을 구한다. 다음으로 결합한 전체 계의 가속도를 구하고, 접촉력을 물을 때에는 해당 물체 하나만 골라 $F = ma$를 적용한다.

암기 포인트

붙인 물체의 가속도는 전체 질량으로 구하고, 접촉력은 한 물체의 질량에 그 가속도를 곱해 구한다.

NoteBase

문 13. 붕소 ^{10}B의 원자핵에 중성자를 충돌시켜 알파(α) 입자가 나왔다. 이때 충돌의 결과로 남게 되는 원자핵은?

① ^{4}He

② ^{7}Li

③ ^{12}C

④ ^{14}N

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 핵반응에서 질량수와 원자번호가 각각 보존됨을 이용하여 남는 원자핵을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 원자핵은 $^{10}_{5}B$와 중성자 $^{1}_{0}n$이고, 방출된 알파 입자는 $^{4}_{2}He$이다.
구할 원자핵의 질량수와 원자번호를 각각 구한다.
중성자의 질량수는 1, 원자번호는 0이다.

사용할 공식

핵반응 전후에는 질량수의 합과 원자번호의 합이 각각 보존된다.
$^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$
이 원리를 쓰는 이유는 핵반응에서 생성 전후의 핵자 수와 전하량이 보존되기 때문이다.

계산 과정

1. 질량수는 $10 + 1 = 4 + A$이므로 $A = 7$이다.
2. 원자번호는 $5 + 0 = 2 + Z$이므로 $Z = 3$이다.
3. 원자번호 3인 원소는 리튬이므로 남는 원자핵은 $^{7}_{3}Li$이다.

선지 판단

① X: ^{4}He는 문제에서 이미 방출되었다고 제시된 알파 입자이다. 틀린 표현은 남는 원자핵을 ^{4}He로 본 부분이며, 올바르게는 ^{7}Li가 남는다.
② O: 질량수 7, 원자번호 3이 보존식의 계산 결과와 일치하므로 ^{7}Li가 남는다.
③ X: ^{12}C는 질량수가 12이어서 보존식의 $A = 7$과 맞지 않는다. 틀린 표현은 ^{12}C이며, 올바르게는 ^{7}Li이다.
④ X: ^{14}N는 질량수가 14이고 질소의 원자번호는 7이므로 $A = 7, Z = 3$과 모두 맞지 않는다. 틀린 표현은 ^{14}N이며, 올바르게는 ^{7}Li이다.

NoteBase

오답 포인트

①처럼 알파 입자 자체를 남는 핵으로 고르는 함정이 있다. 알파 입자의 질량수 4와 원자번호 2를 반응 전 총합에서 각각 빼야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응식의 왼쪽과 오른쪽에서 질량수를 먼저 맞추고, 이어 원자번호를 맞춘 뒤 그 원자번호에 해당하는 원소를 찾는다.

암기 포인트

핵반응은 질량수 보존, 원자번호 보존이다. 알파 입자는 $_{2}^{4}\mathrm{He}$이다.

NoteBase

문 14. 광속의 60%로 직선운동을 하는 전자의 상대론적 선운동량은 고전적인 선운동량의 몇 배인가?

① $\frac{8}{7}$
② $\frac{7}{6}$
③ $\frac{6}{5}$
④ $\frac{5}{4}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 상대론적 선운동량과 고전적 선운동량의 비를 로렌츠 인자 γ로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 속도는 $v = 0.6c$이다.
고전적 선운동량은 $p_{\text{cl}} = mv$, 상대론적 선운동량은 $p_{\text{rel}} = \gamma mv$이다.
구할 값은 $p_{\text{rel}}/p_{\text{cl}}$이다.

사용할 공식

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$
상대론적 선운동량은 고전적 선운동량 mv에 로렌츠 인자 γ를 곱한 값이므로, 두 선운동량의 비는 γ가 된다.

계산 과정

1. 속도비는 $v/c = 0.6$이므로 $(v/c)^2 = 0.36$이다.
2. $\gamma = 1/\sqrt{1 - 0.36} = 1/\sqrt{0.64} = 1/0.8 = 1.25$이다.
3. 따라서 $p_{\text{rel}}/p_{\text{cl}} = \gamma = 1.25 = 5/4$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 8/7이 아니다. 틀린 표현 8/7 → 올바르게는 5/4이다. 8/7은 $1 - v^2/c^2$의 제곱근을 정확히 계산하지 않은 경우의 오답이다.
② X: 계산 결과는 7/6이 아니다. 틀린 표현 7/6 → 올바르게는 5/4이다. 상대론적 보정은 $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$로 계산한다.
③ X: 계산 결과는 6/5가 아니다. 틀린 표현 6/5 → 올바르게는 5/4이다. $v/c = 0.6$을 제곱하지 않으면 이런 분모·계산 오류가 생길 수 있다.
④ O: $\gamma = 5/4$이므로 상대론적 선운동량은 고전적 선운동량의 5/4배이다.

NoteBase

오답 포인트

로렌츠 인자에는 v/c의 제곱과 제곱근이 모두 들어간다. ③처럼 0.6을 그대로 쓰거나, $1-0.36=0.64$의 제곱근을 생략하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

상대론적 선운동량과 고전적 선운동량을 비교하는 문제에서는 $p_{\text{rel}}=\gamma mv$, $p_{\text{cl}}=mv$를 나누어 비가 γ임을 먼저 확인한 뒤 v/c를 대입해 계산한다.

암기 포인트

상대론적 선운동량 ÷ 고전적 선운동량 = $\gamma=1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ 이다.

NoteBase

문 15. 수소 원자의 발머 계열에서 가장 긴 파장은 가장 짧은 파장의 몇 배인가? (단, 발머 계열은 주양자수가 2보다 큰 준위에 있는 전자가 주양자수가 2인 준위로 전이하면서 방출하는 스펙트럼이다)

① 1.4

② 1.8

③ 2.3

④ 2.6

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 발머 계열의 리드베리 식을 이용하여 가장 긴 파장과 가장 짧은 파장의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

발머 계열은 전자가 $n = 2$ 준위로 전이하면서 방출하는 스펙트럼이다. 가장 긴 파장은 에너지 차가 가장 작은 $n = 3 \to 2$ 전이에서, 가장 짧은 파장은 $n \to \infty$에서 $n = 2$로 전이하는 계열한계에서 나온다. 구할 값은 $\lambda_{\text{long}}/\lambda_{\text{short}}$이다.

사용할 공식

수소 원자의 방출 파장은
$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$
으로 나타낸다. 두 전이 모두 최종 준위가 $n = 2$인 발머 계열이므로 이 식으로 각 파장의 역수를 비교할 수 있다.

계산 과정

1. 가장 긴 파장: $n = 3 \to 2$이므로 $1/\lambda_{\text{long}} = R(1/4 - 1/9) = 5R/36$, 따라서 $\lambda_{\text{long}} = 36/(5R)$이다.
2. 가장 짧은 파장: $n \to \infty$에서 $1/n^2 \to 0$이므로 $1/\lambda_{\text{short}} = R/4$, 따라서 $\lambda_{\text{short}} = 4/R$이다.
3. 따라서 $\lambda_{\text{long}}/\lambda_{\text{short}} = (36/(5R))/(4/R) = 9/5 = 1.8$이다.

선지 판단

① X — 1.4는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 1.4 → 올바르게는 1.8이다.
② O — 가장 긴 파장과 가장 짧은 파장의 비는 1.8이므로 옳다.
③ X — 2.3은 계산 결과와 다르다. 틀린 값 2.3 → 올바르게는 1.8이다.
④ X — 2.6은 계산 결과와 다르다. 틀린 값 2.6 → 올바르게는 1.8이다.

NoteBase

오답 포인트

파장은 에너지 차에 반비례한다. 따라서 가장 긴 파장을 $n \to \infty$ 전이로 잡거나, 역파장의 비를 그대로 파장의 비로 쓰면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

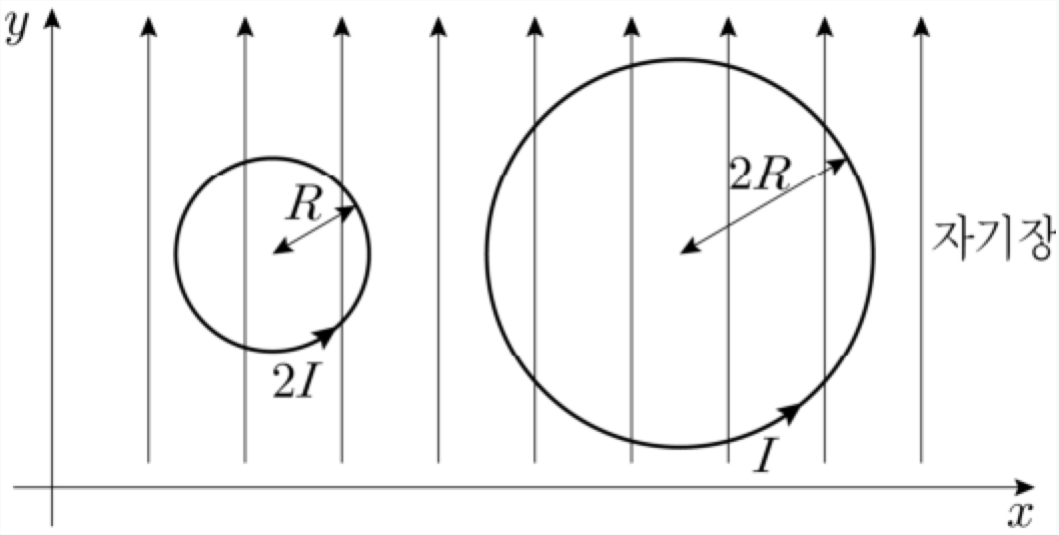
같은 계열에서는 최종 준위를 고정한 뒤, 에너지 차가 가장 작은 전이를 가장 긴 파장으로 잡고 계열한계를 가장 짧은 파장으로 잡는다. 그다음 리드베리 식으로 역파장을 구한 뒤 파장비로 바꾸어 계산한다.

암기 포인트

발머 계열: $n = 2$로 전이, 최장 파장 $3 \to 2$, 최단 파장 $\infty \to 2$이다.

NoteBase

문 16. xy평면에 반지름이 R, $2R$인 두 개의 원형 도선 고리가 있고, 이에 각각 $2I$, I의 전류가 흐르고 있다. 또한, y축 방향으로 균일한 자기장이 있다. 이 자기장에 의해 반지름이 R인 원형 도선 고리가 받는 돌림힘의 크기가 τ이면, 반지름이 $2R$인 원형 도선 고리가 받는 돌림힘의 크기는?



① τ

② 2τ

③ 4τ

④ 8τ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 자기장 속 원형 도선 고리가 받는 돌림힘 $\tau = IAB\sin\theta$의 전류와 면적 의존성을 이용하는 문제이다.

조건 정리

반지름이 R인 고리는 전류가 $2I$, 반지름이 $2R$인 고리는 전류가 I이다. 두 고리는 모두 xy평면에 있고 자기장은 y축 방향이므로, 고리의 자기모멘트 방향(z축 방향)과 자기장 사이의 각은 90°이다. 따라서 $\sin\theta = 1$이다.

사용할 공식

전류 고리가 받는 돌림힘의 크기는 $\tau = IAB\sin\theta$이다. 원형 고리의 면적은 $A = \pi r^2$이다. 두 고리에서 자기장과 기울기 조건이 같으므로 돌림힘은 Ir^2에 비례한다.

NoteBase

계산 과정

작은 고리의 돌림힘은 $\tau_1 = (2I)(\pi R^2)B = \tau$이다.
큰 고리의 돌림힘은 $\tau_2 = I[\pi(2R)^2]B = 4I\pi R^2 B$이다.
따라서 $\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{4I\pi R^2 B}{2I\pi R^2 B} = 2$이므로 $\tau_2 = 2\tau$이다.

선지 판단

① X: ①의 τ는 전류가 $2I$에서 I로 절반이 되는 효과만 반영한 값이다. 반지름이 2배이면 면적은 4배가 되므로, 올바르게는 2τ이다.
② O: 큰 고리는 전류가 절반이지만 면적이 4배이므로 돌림힘은 전체적으로 2배가 되어 2τ이다.
③ X: ③의 4τ는 면적이 4배인 효과만 반영하고 전류가 절반인 조건을 빠뜨린 값이다. 올바르게는 2τ이다.
④ X: ④의 8τ는 전류 변화와 면적 변화를 모두 같은 방향의 배수로 곱한 값이다. 전류는 오히려 절반이므로, 올바르게는 2τ이다.

오답 포인트

반지름을 2배로 하면 면적은 2배가 아니라 $2^2 = 4$배가 된다. 다만 큰 고리의 전류는 $2I$가 아니라 I이므로 면적 4배에 전류 1/2배를 함께 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

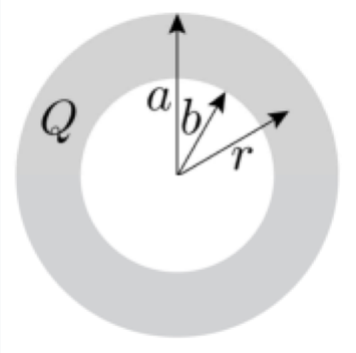
전류 고리의 돌림힘에서는 먼저 $\tau = IAB\sin\theta$를 쓰고, 자기장과 각도가 같으면 전류비와 면적비를 곱해 비교한다. 원형 고리의 면적비는 반지름비의 제곱이다.

암기 포인트

원형 전류 고리에서는 $\tau \propto Ir^2$이다. 반지름 2배는 면적 4배이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 반지름 a와 반지름 b의 두 개의 구 껍질 사이에 전하 Q가 균일한 밀도로 분포되어 있다. 이때 구의 중심으로부터 거리 r 위치에서 전기장의 크기는? (단, $b < r < a$이며, ε_0는 진공의 유전율이다)



① $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\left[\frac{r^2-b^2}{a^2-b^2}\right]^{\frac{3}{2}}$
② $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\left[\frac{r^2-b^2}{a^2-b^2}\right]$
③ $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\left[\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}\right]^{\frac{3}{2}}$
④ $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\left[\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}\right]$

정답 4번

출제 포인트

균일한 체적전하밀도를 가진 구 껍질 내부에서 가우스 법칙으로 반지름 r까지 포함되는 전하량과 전기장을 구하는 문제이다.

조건 정리

전하 Q는 반지름 b부터 a까지의 구 껍질 부피에 균일하게 분포한다. 관찰점은 $b < r < a$이므로, 가우스면 안에는 b와 r 사이의 전하만 포함된다.

사용할 공식

체적전하밀도는 $\rho = Q/[\frac{4}{3}\pi(a^3 - b^3)]$이다. 반지름 r의 가우스면이 포함하는 전하량은 $Q_{\text{enc}} = \rho\frac{4}{3}\pi(r^3 - b^3) = Q\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}$이다. 구대칭이므로 가우스 법칙 $E(4\pi r^2) = Q_{\text{enc}}/\varepsilon_0$를 사용한다.

계산 과정

가우스면 내부 전하의 비율은 전체 껍질 부피에 대한 b부터 r까지의 부피 비율이므로 $\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}$이다. 따라서 $E = \frac{Q_{\text{enc}}}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\left[\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}\right]$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X: $r^2 - b^2$의 3/2제곱은 구의 체적 비율이 아니다. 틀린 표현 $\left[\frac{r^2-b^2}{a^2-b^2}\right]^{3/2}$ → 올바르게는 $\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}$이다.
② X: $r^2 - b^2$와 $a^2 - b^2$는 면적 차이에 해당하며, 균일한 체적전하의 포함 전하량 비율이 아니다. 틀린 표현 $\frac{r^2-b^2}{a^2-b^2}$ → 올바르게는 $\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}$이다.
③ X: 구 껍질의 전하량은 부피에 비례하지만, 그 비율을 다시 3/2제곱할 이유가 없다. 틀린 표현 $\left[\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}\right]^{3/2}$ → 올바르게는 $\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}$이다.
④ O: 포함 전하량이 $Q\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}$이므로 $E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\left[\frac{r^3-b^3}{a^3-b^3}\right]$이다.

오답 포인트

①, ②는 $r^2 - b^2$를 사용하여 면적 비율과 부피 비율을 혼동한 선지이다. 체적에 균일하게 전하가 분포하므로 포함 전하량은 반지름의 세제곱 차이에 비례한다. ③은 올바른 부피 비율에 불필요한 3/2제곱을 붙인 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

구대칭 전하분포에서는 먼저 가우스면 안의 전하량을 구한 뒤 $E = Q_{\text{enc}}/(4\pi\varepsilon_0 r^2)$에 대입한다. 체적전하이면 부피 차이 $r^3 - b^3$, 표면전하이면 면적 차이 $r^2 - b^2$를 사용한다.

암기 포인트

균일 체적전하의 구 껍질: 포함 전하량은 $r^3 - b^3$에 비례한다.

NoteBase

문 18. 한쪽 끝이 벽에 고정된 용수철이 수평면 위에 놓여 있다. 질량이 2kg인 물체를 용수철에 매달아 평형 위치에서부터 수평으로 0.2m 잡아당긴 후 가만히 놓았더니 $\frac{\pi}{10}$s 주기로 단순조화운동을 하였다. 물체의 운동에 관한 설명 중 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 용수철의 질량과 모든 마찰력은 무시한다)

ㄱ. 용수철 상수는 1,600N/m이다.
ㄴ. 물체의 각진동수는 20rad/s이다.
ㄷ. 물체의 최대 운동에너지는 16J이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

단순조화운동의 주기와 각진동수 관계, 그리고 용수철 진동의 역학적 에너지로 용수철 상수와 최대 운동에너지를 판단하는 문제이다.

조건 정리

질량은 $m = 2kg$이고, 평형 위치에서의 진폭은 $A = 0.2m$이다. 주기는 $T = \frac{\pi}{10}s$이며, 마찰이 없으므로 역학적 에너지가 보존된다.

사용할 공식

각진동수는 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, 용수철 상수는 $k = m\omega^2$이다. 최대 운동에너지는 평형 위치에서 전체 역학적 에너지와 같으므로 $K_{\max} = E = \frac{1}{2}kA^2$이다. 주기와 질량이 주어졌으므로 먼저 ω를 구한 뒤 k와 에너지를 구한다.

계산 과정

1. $\omega = \frac{2\pi}{\pi/10} = 20rad/s$이다.
2. $k = m\omega^2 = 2 \times 20^2 = 800N/m$이다.
3. $K_{\max} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2} \times 800 \times (0.2)^2 = 16J$이다.

NoteBase

선지 판단

ㄱ X: 용수철 상수는 $1,600 N/m$이 아니라 $800 N/m$이다. 틀린 표현은 '1,600 N/m'이며, 올바르게는 '800 N/m'이다. $m\omega^2$에서 20^2를 적용하면 800이 된다.

ㄴ O: $\omega = 20 rad/s$이므로 옳다.

ㄷ O: 최대 운동에너지는 평형 위치에서 $16J$이므로 옳다.

① X: ㄱ이 틀렸으므로 'ㄱ, ㄴ'은 옳은 것만을 고른 조합이 아니다. 올바른 조합은 'ㄴ, ㄷ'이다.

② X: ㄱ이 틀렸고 ㄷ은 옳으므로 'ㄱ, ㄷ'은 옳은 것만을 고른 조합이 아니다. 올바른 조합은 'ㄴ, ㄷ'이다.

③ O: ㄴ과 ㄷ만 옳으므로 'ㄴ, ㄷ'이 맞다.

④ X: ㄱ이 틀렸으므로 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'은 옳은 것만을 고른 조합이 아니다. 올바른 조합은 'ㄴ, ㄷ'이다.

오답 포인트

ㄱ의 $1,600 N/m$은 $k = m\omega^2$ 계산에서 제곱 또는 계수를 잘못 처리할 때 나올 수 있다. 또한 최대 운동에너지는 진폭 위치가 아니라 속력이 최대인 평형 위치에서 전체 역학적 에너지와 같다.

다시 나오면 이렇게 판단

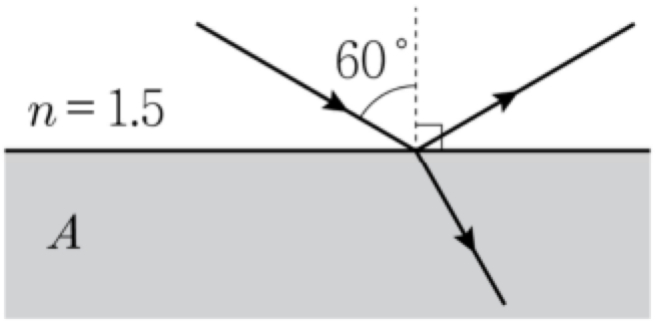
주기 T가 주어지면 먼저 $\omega = 2\pi/T$를 구하고, 이어서 $k = m\omega^2$, $K_{\max} = \frac{1}{2}kA^2$ 순서로 계산한다. 마지막에는 평형 위치에서 운동에너지가 최대임을 확인한다.

암기 포인트

용수철 진동은 $\omega = 2\pi/T$, $k = m\omega^2$, 평형 위치에서 $K_{\max} = E = \frac{1}{2}kA^2$이다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 굴절률 $n = 1.5$인 매질에서 굴절률을 알지 못하는 매질 A로 편광되지 않은 빛을 60°로 입사시키자, 반사광은 입사면에 수직으로 완전 편광되었다. 매질 A의 굴절률은?



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

정답 4번

출제 포인트

브루스터각에서 반사광이 입사면에 수직인 방향으로 완전 편광되는 조건과 굴절률의 관계를 묻는 문제이다.

조건 정리

빛은 굴절률 $n_1 = 1.5$인 매질에서 매질 A로 진행한다. 입사각은 법선 기준 $\theta_B = 60^\circ$이고, 반사광이 입사면에 수직으로 완전 편광되었으므로 이 각은 브루스터각이다.

사용할 공식

브루스터각에서는 $\tan\theta_B = \frac{n_2}{n_1}$이다. 반사광과 굴절광이 서로 수직이 되는 특수한 입사각이므로 이 식을 사용한다. 여기서 n_1은 입사 매질의 굴절률, n_2는 굴절 매질의 굴절률이다.

계산 과정

$n_A = n_2 = n_1\tan\theta_B = 1.5 \times \tan 60^\circ = \frac{3}{2} \times \sqrt{3} = \frac{3\sqrt{3}}{2}$
따라서 매질 A의 굴절률은 $\frac{3\sqrt{3}}{2}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. $\frac{2\sqrt{3}}{3}$은 브루스터각 식에 주어진 입사 매질의 굴절률 1.5를 적용하여 얻는 값이 아니다. 틀린 값 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ → 올바르게는 $\frac{3\sqrt{3}}{2}$이다.
② X. $\frac{3}{2}$는 입사 매질의 굴절률 n_1일 뿐 매질 A의 굴절률 n_2가 아니다. 틀린 표현 $n_A = \frac{3}{2}$ → 올바르게는 $n_A = \frac{3\sqrt{3}}{2}$이다.
③ X. $\sqrt{3}$은 $\tan 60^\circ$에 해당하지만 굴절률 자체가 아니다. 틀린 표현 $n_A = \sqrt{3}$ → 올바르게는 $n_A = 1.5\sqrt{3} = \frac{3\sqrt{3}}{2}$이다.
④ O. $n_A = 1.5\tan 60^\circ = \frac{3\sqrt{3}}{2}$이므로 옳다.

오답 포인트

③처럼 $\tan 60^\circ = \sqrt{3}$만 쓰고 입사 매질의 굴절률 1.5를 곱하지 않는 실수가 핵심 함정이다. 또한 $\frac{3}{2}$는 이미 주어진 입사 매질의 굴절률이다.

다시 나오면 이렇게 판단

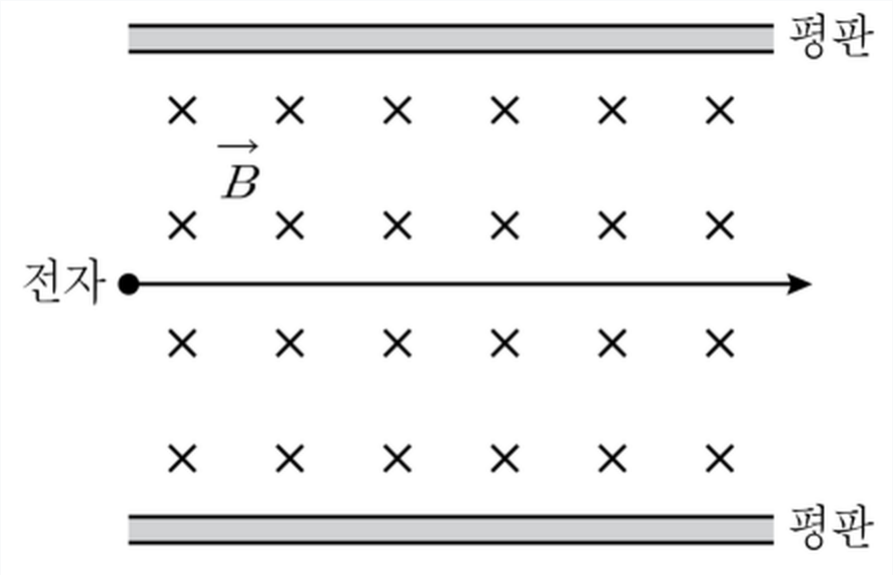
반사광이 입사면에 수직으로 완전 편광되었다는 문구가 나오면 브루스터각 조건으로 판단한다. 빛이 n_1에서 n_2로 진행하면 $\tan\theta_B = \frac{n_2}{n_1}$의 방향을 먼저 확인한 뒤 n_2를 구한다.

암기 포인트

브루스터각: _B=굴절 매질의 굴절률입사 매질의 굴절률이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 대전된 두 평판 사이에 균일한 자기장($B = 0.4\mathrm{T}$)과 균일한 전기장이 존재한다. 왼쪽에서 $5 \times 10^5\mathrm{m/s}$의 속력을 가진 전자가 자기장에 수직 방향으로 입사한 후 속력의 변화 없이 화살표와 같이 직진 방향으로 움직여 오른쪽으로 빠져나갔을 때, 아래 설명 중 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 자기장은 지면에 수직으로 들어가는 방향이며, 두 평판은 서로 평행하다)



ㄱ. 평판 사이에 존재하는 전기장의 크기는 $2 \times 10^5\mathrm{V/m}$이다.

ㄴ. 평판 사이에 존재하는 전기장의 방향은 판에 수직이며, 위 판에서 아래 판으로 향한다.

ㄷ. 전자에 가해지는 자기력의 방향은 판에 수직이며, 아래 판에서 위 판으로 향한다.

① ㄱ

② ㄱ, ㄴ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

자기장과 전기장이 동시에 작용할 때 전자가 직진하는 조건인 알짜힘 0과 로런츠 힘의 방향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

전자는 오른쪽으로 $v = 5 \times 10^5 m/s$의 속력으로 운동하고, 자기장은 종이면 안쪽으로 $B = 0.4T$이다. 전자가 속력과 진행 방향을 바꾸지 않고 직진하므로 전기력과 자기력의 합은 0이다.

NoteBase

사용할 공식

알짜힘은 $F = q(E + v \times B)$로 나타낼 수 있다. 직진 조건에서는 $E = -v \times B$이고, 전기장 크기는 $E = vB$이다. 전기력과 자기력이 정확히 상쇄되어야 하므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 오른쪽 속도 v와 종이면 안쪽 자기장 B에 대해 $v \times B$의 방향은 위쪽이다. 이는 양전하일 때의 자기력 방향이다.
2. 전자는 음전하이므로 실제 자기력의 방향은 아래쪽이다.
3. 자기력을 상쇄할 전기력은 위쪽이어야 한다. 전자는 음전하이므로 전기력의 반대 방향인 전기장은 위쪽 판에서 아래쪽 판으로, 즉 아래쪽이다.
4. $E = vB = (5 \times 10^5 m/s)(0.4T) = 2 \times 10^5 V/m$이다.

선지 판단

① X. ‘ㄱ만 옳다’는 틀리다. ㄱ은 $E = 2 \times 10^5 V/m$로 옳지만, ㄴ도 옳다. 틀린 표현 ‘ㄱ만’ → 올바르게는 ‘ㄱ, ㄴ’이다.
② O. ㄱ의 전기장 크기는 $2 \times 10^5 V/m$이고, ㄴ의 전기장 방향은 위쪽 판에서 아래쪽 판으로 향한다. 따라서 ㄱ, ㄴ이 모두 옳다.
③ X. ㄴ은 옳지만 ㄷ이 틀리다. 전자에 작용하는 자기력은 아래쪽이다. 틀린 표현 ‘아래 판에서 위 판으로’ → 올바르게는 ‘위 판에서 아래 판으로’이다.
④ X. ㄱ, ㄴ은 옳지만 ㄷ은 틀리다. 틀린 표현 ‘ㄱ, ㄴ, ㄷ’ → 올바르게는 ‘ㄱ, ㄴ’이다.

오답 포인트

오른손 법칙으로 구한 $v \times B$의 위쪽 방향은 양전하의 자기력 방향이다. 전자는 음전하이므로 이를 반대로 바꾸지 않으면 ㄷ을 옳다고 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

교차장 속 입자가 직진하면 먼저 $v \times B$로 양전하 기준 자기력 방향을 정하고, 전하 부호를 반영한 뒤, 그 힘을 상쇄하는 전기력과 전기장 방향을 차례로 판단한다. 크기는 $E = vB$로 검산한다.

암기 포인트

직진하는 교차장에서는 $E = vB$, 전기력과 자기력의 방향은 서로 반대이다. 전자는 전기장 방향과 전기력 방향도 반대이다.

NoteBase