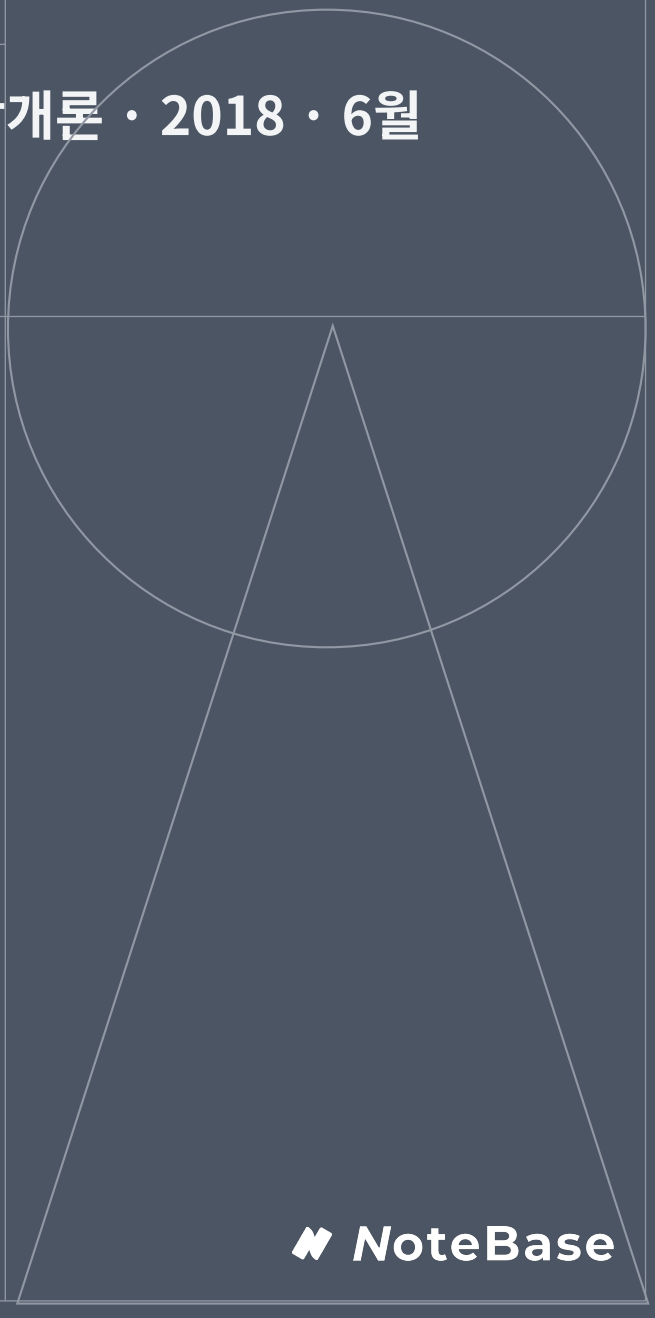
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 6월

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 6월

문 1. 50 W의 전구를 30분 동안 사용할 때, 소모되는 에너지의 크기는?

① 25 J

② 250 J

③ 1,500 J

④ 90,000 J

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 전력과 시간을 이용해 소모 에너지 E를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전력 $P = 50W$
구해야 할 값: 소모 에너지 E
주의할 조건: $1W = 1J/s$이므로 시간 30분을 초 단위로 바꿔야 한다.

사용할 공식

공식은 $E = Pt$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전력이 단위시간당 에너지이므로, 일정한 전력을 t초 동안 사용하면 전체 에너지는 전력과 시간의 곱으로 구해지기 때문이다.

계산 과정

1. 시간을 초로 바꾸면 30분=1800초이다.
2. 공식을 대입하면 $E = Pt = 50 \times 1800$이다.
3. 따라서 $E = 90000J$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과는 90000J이므로 25 J는 맞지 않는다. 틀린 표현은 에너지값이 25 J라는 점이며, 올바르게는 90,000 J이다.
② X: 계산 결과는 90000J이므로 250 J는 맞지 않는다. 틀린 표현은 에너지값이 250 J라는 점이며, 올바르게는 90,000 J이다.
③ X: 계산 결과는 90000J이므로 1,500 J는 맞지 않는다. 이 값은 $50 \times 30 = 1500$처럼 30분을 그대로 곱해 분을 초로 환산하지 않을 때 나오기 쉬운 오답이다. 틀린 표현은 에너지값이 1,500 J라는 점이며, 올바르게는 90,000 J이다.
④ O: $E = 50 \times 1800 = 90000J$이므로 맞는 선지이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 30분을 1800초로 바꾸지 않고 그대로 30으로 계산하는 실수이다. 전력 단위 W가 J/s라는 점을 놓치면 ③ 같은 값으로 잘못 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

전력으로 에너지를 구하는 문제는 먼저 $W = J/s$ 관계를 확인하고, 시간을 초 단위로 환산한 뒤 $E = Pt$를 대입해 계산하면 된다.

암기 포인트

에너지는 전력×시간이므로 $E = Pt$, 시간 단위는 반드시 초로 맞춘다.

NoteBase

문 2. 자동차 서비스 센터에서는 자동차를 들어 올리기 위해 보통 유압을 이용한다. 한쪽 끝의 작은 원형 실린더의 반지름은 R이고 다른 쪽 원형 실린더의 반지름은 $10R$이다. $10R$의 반지름을 갖는 실린더 위에 있는 10,000N 무게의 물체를 들어 올리기 위해 작은 반지름을 갖는 실린더에 가해야 할 힘의 최솟값은? (단, 유체 내의 압력은 일정하다.)

① 100 N

② 1,000N

③ 100,000N

④ 1,000,000N

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 파스칼의 원리와 원형 단면적 공식 $A = \pi r^2$를 이용해 작은 실린더에 가해야 할 힘을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 작은 실린더의 반지름은 R이고 큰 실린더의 반지름은 $10R$이다.
주어진 값: 큰 실린더 위 물체의 무게는 10,000 N이다.
구해야 할 값: 작은 실린더에 가해야 할 최소 힘이다.
주의할 조건: 유체 내 압력은 일정하므로 힘의 비가 아니라 단면적의 비를 사용해야 한다.

사용할 공식

유체 내 압력이 같으므로 $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$이다.
원형 단면적은 $A = \pi r^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 두 실린더가 같은 유체로 연결되어 있으므로 압력은 같고, 원형 실린더의 넓이는 반지름의 제곱에 비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 작은 실린더의 넓이는 $A_1 = \pi R^2$, 큰 실린더의 넓이는 $A_2 = \pi(10R)^2 = 100\pi R^2$이다.
2. 따라서 넓이의 비는 $A_1 : A_2 = 1 : 100$이다.
3. 압력 일정 조건에서 $\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{100}$이다.
4. 그러므로 $F_1 = 10{,}000 \times \frac{1}{100} = 100\text{N}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 작은 실린더에 필요한 힘은 100 N이므로 맞다.
2번 X: 1,000 N은 반지름 비 1:10을 그대로 힘의 비로 착각한 값이다. 올바르게는 원형 단면적 비 1:100을 써서 100 N이다.
3번 X: 100,000 N은 넓이 비를 거꾸로 적용해 작은 실린더가 더 큰 힘을 내야 한다고 본 값이다. 올바르게는 유압 증폭 때문에 작은 실린더에는 100 N만 가하면 된다.
4번 X: 1,000,000 N은 10,000 N에 100을 곱해 힘의 방향을 완전히 반대로 이해한 값이다. 올바르게는 100 N이다.

오답 포인트

반지름 비와 넓이 비를 구분하지 않으면 1:10으로 계산해 1,000 N을 고르기 쉽다. 또 큰 실린더가 무거운 물체를 드니 작은 실린더에도 더 큰 힘이 필요하다고 거꾸로 생각하면 100,000 N이나 1,000,000 N 같은 값을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

유압 문제는 먼저 $\frac{F}{A}$ 일정 관계를 세우고, 원형이면 반지름을 바로 쓰지 말고 r^2로 넓이 비를 만든 뒤 힘의 비에 대입하면 된다.

암기 포인트

유압장치에서는 힘의 비가 넓이의 비와 같고, 원형 단면적의 비는 반지름 비의 제곱이다.

NoteBase

문 3. 전기 전도도 σ, 단면적 A, 길이가 L인 도선과 전기 전도도 2σ, 단면적 $2A$, 길이가 L인 도선을 병렬로 연결한 전체 도선의 저항은?

① $\frac{L}{5\sigma A}$
② $\frac{5L}{4\sigma A}$
③ $\frac{\sigma L}{5A}$
④ $\frac{5\rho L}{4\sigma A}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 도선의 저항식 $R = \rho L/A = L/(\sigma A)$와 병렬 연결의 합성저항 공식을 이용해 전체 저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
첫 번째 도선의 전기 전도도는 σ, 단면적은 A, 길이는 L이다.
두 번째 도선의 전기 전도도는 2σ, 단면적은 $2A$, 길이는 L이다.
구해야 할 값: 두 도선을 병렬 연결한 전체 저항이다.
주의할 조건: 전기 전도도 σ를 쓰면 저항은 $R = L/(\sigma A)$ 꼴이 되고, 병렬 연결에서는 저항을 직접 더하지 않는다.

사용할 공식

$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{L}{\sigma A}$
$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
이 공식을 쓰는 이유:
각 도선의 길이와 단면적, 전기 전도도가 주어졌으므로 먼저 각 도선의 저항을 구할 수 있다. 또 두 도선이 병렬 연결이므로 합성저항은 역수의 합으로 계산된다.

계산 과정

1. 첫 번째 도선의 저항은 $R_1 = L/(\sigma A)$이다.
2. 두 번째 도선의 저항은 $R_2 = L/((2\sigma)(2A)) = L/(4\sigma A)$이다.
3. 병렬 연결이므로
$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{\sigma A}{L} + \frac{4\sigma A}{L} = \frac{5\sigma A}{L}$
따라서
$R_{eq} = \frac{L}{5\sigma A}$
이므로 정답은 1번이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
$R_{eq} = L/(5\sigma A)$로 계산되므로 옳다.

② X
$5L/(4\sigma A)$는 $R_1 + R_2 = L/(\sigma A) + L/(4\sigma A)$처럼 두 저항을 직렬처럼 더했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 병렬 연결인데 저항을 직접 합한 점이다. 올바르게는 병렬 연결이므로 역수의 합을 써서 $L/(5\sigma A)$가 된다.

③ X
$\sigma L/(5A)$는 전기 전도도 σ를 분모가 아니라 분자에 둔 식이다. 틀린 표현은 σ의 위치이다. 올바르게는 $R = L/(\sigma A)$이므로 전체 저항도 $L/(5\sigma A)$가 된다.

④ X
$5\rho L/(4\sigma A)$는 비저항 ρ와 전기 전도도 σ를 한 식에 함께 섞었고, 계수도 병렬 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 ρ와 σ를 동시에 사용한 점과 병렬 계산을 잘못한 점이다. 올바르게는 $\rho = 1/\sigma$이므로 전체 저항은 $\rho L/(5A) = L/(5\sigma A)$이다.

오답 포인트

두 가지 함정이 있다. 하나는 병렬 연결인데도 저항을 그대로 더해 ②처럼 직렬값을 만드는 실수이다. 다른 하나는 전기 전도도 σ와 비저항 ρ를 혼동해 ③, ④처럼 식의 위치를 뒤집거나 두 물리량을 한 식에 함께 섞는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

도선 저항 문제는 먼저 각 도선에 대해 $R = L/(\sigma A)$ 또는 $R = \rho L/A$를 정확히 세운다. 그다음 연결 방식이 직렬인지 병렬인지 확인해 직렬이면 그대로 합하고, 병렬이면 역수의 합으로 계산하면 된다.

암기 포인트

전도도 σ가 커지고 단면적 A가 커지면 저항은 작아진다. 병렬 연결이면 합성저항은 각 저항보다 더 작아진다.

NoteBase

문 4. 이상기체 1 mol이 부피 V_1 상태에서 부피 V_2 상태로 단열 자유팽창 했다면, 이 과정에서 증가한 엔트로피는? (단, R은 기체상수, T는 온도이다.)

① $R\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
② $R\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$
③ $RT\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$
④ $RT\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상기체의 단열 자유팽창에서 $\Delta U = 0$으로 $T_2 = T_1$이 되고, 엔트로피가 상태함수이므로 $\Delta S = nR\ln(V_2/V_1)$로 계산된다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 이상기체 1 mol, 초기 부피 V_1, 최종 부피 V_2, 단열 자유팽창이다.
구해야 할 값: 이 과정에서의 엔트로피 증가량이다.
주의할 조건: 자유팽창은 비가역과정이지만 엔트로피는 상태함수이므로 같은 처음과 끝 상태를 잇는 가역 경로의 식으로 계산할 수 있다.

사용할 공식

일반식은 $\Delta S = nC_V\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 자유팽창에서는 $Q = 0$, $W = 0$이므로 $\Delta U = 0$이다. 이상기체는 내부에너지가 온도에만 의존하므로 $T_2 = T_1$가 되어 온도항이 0이 되고, 1 mol이므로 $\Delta S = R\ln(V_2/V_1)$만 남는다.

계산 과정

1. 단열이므로 $Q = 0$이다.
2. 자유팽창이므로 외부에 한 일이 없어 $W = 0$이다.
3. 따라서 $\Delta U = Q - W = 0$이다.
4. 이상기체에서는 $\Delta U = nC_V\Delta T$이므로 $\Delta T = 0$, 즉 $T_2 = T_1$이다.
5. 이를 엔트로피 식에 대입하면 $\Delta S = nC_V\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = R\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. $V_2 > V_1$인 팽창에서 엔트로피 증가는 $R\ln(V_2/V_1)$이므로 맞다.
2번: X. $R\ln(V_1/V_2)$는 분자와 분모가 뒤집혀 부호가 반대가 된 식이다. 팽창인데 엔트로피가 감소하는 값이 되어 틀리며, 올바르게는 $R\ln(V_2/V_1)$이다.
3번: X. $RT\ln(V_1/V_2)$는 비율도 뒤집혔고 T를 한 번 더 곱해 단위가 엔트로피가 아니라 에너지 꼴이 된다. 올바르게는 T 없이 $R\ln(V_2/V_1)$이다.
4번: X. $RT\ln(V_2/V_1)$는 비율 방향은 맞지만 엔트로피 식에 불필요한 T를 곱한 식이다. 올바르게는 $R\ln(V_2/V_1)$이다.

오답 포인트

단열이라는 말만 보고 $\Delta S = 0$으로 처리하거나, 자유팽창이 비가역이라는 이유로 엔트로피 식을 못 쓴다고 생각하면 틀리기 쉽다. 또 $R\ln(V_2/V_1)$에 T를 곱해 $RT\ln(V_2/V_1)$로 착각하면 엔트로피와 일의 공식을 혼동한 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 자유팽창 문제는 먼저 $Q = 0$, $W = 0$에서 $\Delta U = 0$을 확인하고, 이상기체이므로 T가 변하지 않는지 본다. 그다음 엔트로피는 상태함수라는 점을 이용해 $\Delta S = nC_V\ln(T_2/T_1) + nR\ln(V_2/V_1)$에 대입하면 된다.

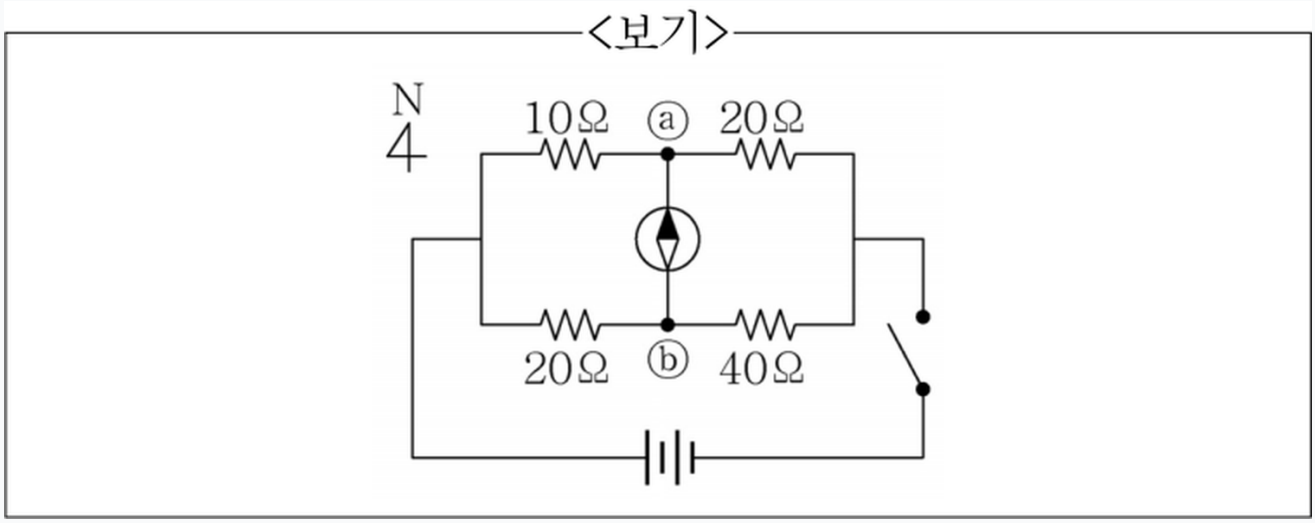
암기 포인트

이상기체 단열 자유팽창은 $Q = 0, W = 0, \Delta U = 0, T_2 = T_1, \Delta S = nR\ln(V_2/V_1)$의 흐름으로 정리된다.

NoteBase

문 5. <보기> 회로의 ⓐ와 ⓑ 부분을 지나는 전선 위에 나침반을 올려놓았다. 스위치를 닫아 전류를 흐르게 할 때 나침반의 N극이 가리키는 방향은? (단, 나침반에서 진하게 표시된 부분이 N극이다.)

<보기>



① 북동쪽

② 북서쪽

③ 남쪽

④ 북쪽

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 회로도에서 10 : 20 = 20 : 40의 비가 같아 *a*와 *b*가 등전위가 된다는 점을 파악하고, 가운데 도선에 전류가 흐르지 않아 나침반이 원래의 북쪽을 그대로 가리킨다는 점을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

1번 X: 북동쪽이라는 판단은 가운데 도선에 전류가 흘러 나침반이 동쪽 성분의 자기장을 추가로 받는다고 본 경우이다. 이 회로는 10 : 20 = 20 : 40로 브리지 평형 조건을 만족하므로 *a*와 *b*의 전위가 같아 가운데 도선 전류는 0이다. 틀린 표현은 '북동쪽'이며, 올바르게는 '북쪽'이다.

2번 X: 북서쪽도 가운데 도선에 반대 방향 전류가 흘러 서쪽 성분의 자기장이 생긴다고 본 경우이다. 그러나 *a*와 *b*는 등전위이므로 도선 전류가 없어 나침반이 서쪽으로 꺾이지 않는다. 틀린 표현은 '북서쪽'이며, 올바르게는 '북쪽'이다.

3번 X: 남쪽을 가리키려면 나침반의 N극이 180° 돌아야 하는데, 문제의 회로에서는 가운데 도선에 전류가 없어 지구 자기장 방향을 뒤집을 추가 자기장이 생기지 않는다. 틀린 표현은 '남쪽'이며, 올바르게는 '북쪽'이다.

4번 O: 위아래 저항의 비가 각각 1 : 2로 같아서 *a*와 *b*는 등전위이다. 따라서 가운데 도선에는 전류가 흐르지 않고, 그 도선 위의 나침반은 지구 자기장만 받아 N극이 북쪽을 가리킨다.

NoteBase

오답 포인트

가운데 가지가 보이면 전류가 당연히 흐른다고 단정하는 경우가 많다. 이 문항은 회로 모양보다 먼저 브리지 평형인지 확인해야 하며, 등전위 두 점을 잇는 가지에는 전류가 흐르지 않는다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

가운데 연결 가지가 있는 브리지형 회로는 먼저 양쪽 저항비가 같은지 확인한다. (왼쪽 위):(왼쪽 아래) = (오른쪽 위):(오른쪽 아래)이면 연결된 두 점은 등전위이므로 가운데 가지 전류는 0이고, 그 가지 위 나침반도 추가 자기장 없이 원래 방향을 유지한다.

암기 포인트

브리지 평형이면 등전위, 등전위이면 가운데 전류 0, 전류 0이면 나침반은 북쪽이다.

NoteBase

문 6. x축상에서 1차원 운동을 하는 물체가 있다. 시간 t에서 물체의 순간 속도 $v = 2t + 1$일 때, $t = 0$에서 $t = 2$까지 물체의 변위는?

① 4

② 5

③ 6

④ 7

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 속도 함수 $v(t)$를 시간에 대해 적분하여 변위 Δx를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $v(t) = 2t + 1$
구해야 할 값: $t = 0$에서 $t = 2$까지의 변위
주의할 조건: 변위는 속도를 시간에 대해 적분한 값이며, 이 구간에서는 $v(t) > 0$이므로 적분값이 그대로 변위이다.

사용할 공식

공식: $\Delta x = \int_{t_1}^{t_2} v(t)dt$
이 공식을 쓰는 이유: 순간 속도가 시간의 함수로 주어졌으므로, 일정 시간 동안의 위치 변화량은 속도-시간 그래프 아래 넓이, 즉 속도의 정적분으로 계산된다.

계산 과정

1. 변위를 적분식으로 세우면 $\Delta x = \int_0^2 (2t + 1)dt$이다.
2. 적분하면 $\int (2t + 1)dt = t^2 + t$이다.
3. 구간값을 대입하면 $\Delta x = (2^2 + 2) - (0^2 + 0) = 4 + 2 = 6$이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- 4는 $\int_0^2 2tdt$만 계산하고 상수항 1의 적분 $\int_0^2 1dt = 2$를 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 변위를 4로 본 판단이며, 올바르게는 변위는 6이다.

② X

- 5는 최종 시각의 순간 속도 $v(2) = 5$이다. 순간 속도와 변위는 다른 양이므로 틀린 표현은 변위를 5로 본 판단이며, 올바르게는 0부터 2까지 적분한 변위는 6이다.

③ O

- 계산 결과 $\Delta x = 6$이므로 옳다.

④ X

- 7은 주어진 속도함수를 적분해서 얻는 값이 아니다. 틀린 표현은 변위를 7로 본 판단이며, 올바르게는 $\int_0^2 (2t + 1)dt = 6$이다.

오답 포인트

순간 속도 $v(2) = 5$를 그대로 변위로 착각하거나, 적분할 때 상수항 1의 넓이 2를 빠뜨리기 쉽다. 이 문항의 함정은 속도값 하나와 속도의 적분값을 구별하지 못하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

속도가 시간의 함수로 주어지면 먼저 구간 변위인지 순간 속도인지부터 구분한다. 변위를 묻는다면 $\int v(t)dt$를 세우고, 다항식의 각 항을 빠짐없이 적분한 뒤 끝점 값을 대입해 판단한다.

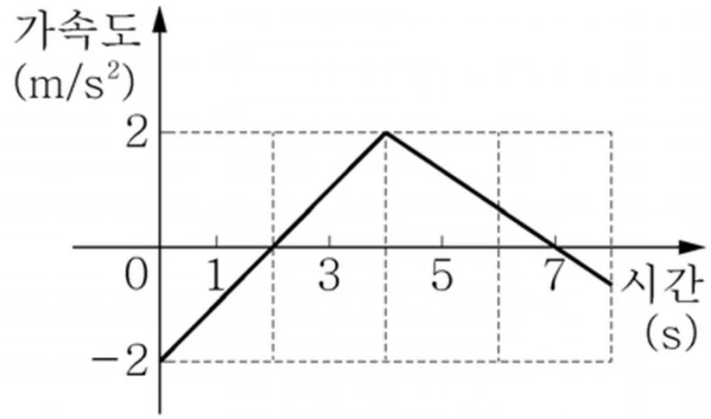
암기 포인트

속도의 적분은 변위이고, 속도값 하나는 변위가 아니다.

NoteBase

문 7. <보기>는 직선 운동하는 물체의 시간에 대한 가속도를 조사한 그래프이다. 이 물체의 운동에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 처음 4초간 이 물체의 속도는 계속 증가한다.

② 2초일 때 이 물체의 속도는 0초일 때의 속도와 같다.

③ 7초일 때 이 물체에 작용하는 외력의 크기는 0이다.

④ 2초일 때와 7초일 때 물체의 속도는 같다.

정답 3번

출제 포인트

가속도-시간 그래프의 넓이가 속도 변화량 Δv라는 점과 $F = ma$를 함께 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $t = 0$에서 $a = -2m/s^2$, $t = 4$에서 $a = 2m/s^2$, $t = 7$에서 $a = 0m/s^2$이다.
구해야 할 값: 각 시각의 속도 변화와 $t = 7$에서의 외력 크기이다.
주의할 조건: 가속도-시간 그래프의 넓이는 속도 변화량이고, 직선 운동의 속도는 부호를 가진 값으로 본다.

사용할 공식

$\Delta v = \int a dt$이고, 가속도-시간 그래프에서는 해당 구간의 넓이와 같다.
$F = ma$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
그래프가 가속도를 시간에 대해 나타내므로 속도 비교는 구간 넓이로 판단하고, 외력은 그 순간의 가속도로 바로 판단할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 0 ~ 2초의 넓이는 밑변 2, 높이 2인 음의 삼각형이므로 $\Delta v_{0\to 2} = -\frac{1}{2} \times 2 \times 2 = -2m/s$이다.
2. 2 ~ 4초의 넓이는 같은 크기의 양의 삼각형이므로 $\Delta v_{2\to 4} = +2m/s$이다. 따라서 $\Delta v_{0\to 4} = 0$이다.
3. 4 ~ 7초의 넓이는 밑변 3, 높이 2인 양의 삼각형이므로 $\Delta v_{4\to 7} = +\frac{1}{2} \times 3 \times 2 = +3m/s$이다. 따라서 $v(2) = v(0) - 2$, $v(7) = v(0) + 3$이다.
4. $t = 7$초에서는 $a(7) = 0$이므로 $F(7) = ma(7) = 0$이다.

선지별 해설

① X: '처음 4초간 이 물체의 속도는 계속 증가한다'가 틀리다. 0 ~ 2초에는 가속도가 음수이므로 속도가 감소하고, 2 ~ 4초에는 가속도가 양수이므로 속도가 증가한다. 올바르게는 '처음 4초 동안 속도는 먼저 감소한 뒤 증가하며, 전체 속도 변화량은 0이다'이다.
② X: 0 ~ 2초의 속도 변화량이 $-2m/s$이므로 $v(2) = v(0) - 2$이다. 따라서 2초일 때의 속도는 0초일 때와 같지 않다. 틀린 표현은 '같다'이고, 올바르게는 '2초일 때의 속도는 0초일 때보다 $2m/s$ 작다'이다.
③ O: $t = 7$초에서 그래프가 시간축과 만나므로 $a(7) = 0$이다. 질량이 일정한 물체에 대해 $F = ma$이므로 그때 작용하는 외력의 크기는 0이다.
④ X: $v(2) = v(0) - 2$, $v(7) = v(0) + 3$이므로 두 속도 차는 $5m/s$이다. 따라서 2초일 때와 7초일 때의 속도는 같지 않다. 틀린 표현은 '같다'이고, 올바르게는 '7초일 때의 속도는 2초일 때보다 $5m/s$ 크다'이다.

오답 포인트

가속도-시간 그래프에서 시간축과 만나는 순간만 보고 속도도 같다고 착각하기 쉽다. 이 문제의 함정은 ②와 ④처럼 '그 순간의 가속도'와 '그때까지 누적된 속도 변화량'을 혼동하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

가속도 그래프 문제는 먼저 시간축 위아래 넓이로 속도 변화를 계산하고, 힘을 묻는 선지는 그 순간의 가속도를 따로 확인하는 순서로 판단한다.

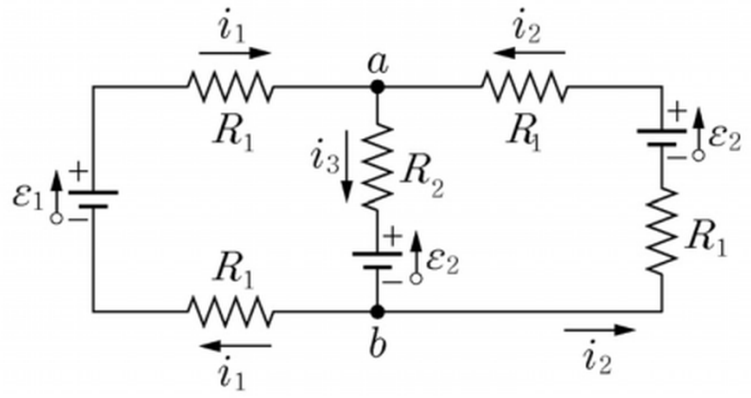
암기 포인트

가속도-시간 그래프의 넓이는 속도 변화량이고, 그래프 한 점의 높이는 그 순간 가속도이다.

NoteBase

문 8. <보기>의 회로에서 $\varepsilon_1 = 3.0\text{V}$, $\varepsilon_2 = 6.0\text{V}$, $R_1 = 2.0\Omega$, $R_2 = 4.0\Omega$이다. 이때 전류 i_3의 크기는? (단, 세 개의 배터리는 이상적으로 작동한다.)

<보기>



① -0.50A

② -0.25A

③ $+0.25\text{A}$

④ $+0.50\text{A}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 두 노드 a, b 사이의 세 가지를 병렬 회로로 보고, 키르히호프 법칙으로 i_3의 부호와 크기를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

왼쪽 가지는 저항 R_1 두 개와 전지 $\varepsilon_1 = 3.0V$가 직렬이므로 전체 저항이 4.0Ω이다.
가운데 가지는 저항 $R_2 = 4.0\Omega$와 전지 $\varepsilon_2 = 6.0V$가 직렬이다.
오른쪽 가지는 저항 R_1 두 개와 전지 $\varepsilon_2 = 6.0V$가 직렬이므로 전체 저항이 4.0Ω이다.
$a \to b$ 방향을 각 가지 전류의 양의 방향으로 잡으면, 문제의 i_3 화살표 방향도 $a \to b$이다.

NoteBase

사용할 공식

각 가지에 대해 $V_{ab} = V_a - V_b$를 같은 값으로 두고, 접점 a에서 키르히호프 전류법칙을 적용한다.

$V_{ab} = 4j_1 + 3, \quad V_{ab} = 4j_2 + 6, \quad V_{ab} = 4j_3 + 6$

따라서

$j_1 = \frac{V_{ab} - 3}{4}, \quad j_2 = \frac{V_{ab} - 6}{4}, \quad j_3 = \frac{V_{ab} - 6}{4}$

이 공식을 쓰는 이유는 세 가지가 모두 같은 두 점 a, b를 연결하므로 가지 양 끝 전위차가 동일하기 때문이다.

계산 과정

접점 a에서 전류의 대수합은 0이므로

$j_1 + j_2 + j_3 = 0$

이다.

이를 대입하면

$\frac{V_{ab} - 3}{4} + \frac{V_{ab} - 6}{4} + \frac{V_{ab} - 6}{4} = 0$

$3V_{ab} - 15 = 0 \Rightarrow V_{ab} = 5.0V$

따라서

$i_3 = j_3 = \frac{5.0 - 6.0}{4.0} = -0.25A$

이다. 음수이므로 실제 전류는 그림의 화살표와 반대인 $b \to a$ 방향으로 $0.25A$ 흐른다.

선지 판단

1번 X: $i_3 = -0.50A$가 아니므로 틀리다. 이 값은 전위차 V_{ab}를 잘못 두거나 전류법칙의 부호를 틀렸을 때 나오는 값이다. 올바르게는 $i_3 = -0.25A$이다.

2번 O: 계산 결과가 정확히 $i_3 = -0.25A$이므로 옳다. 화살표를 아래쪽으로 잡았는데 값이 음수이므로 실제 전류는 위쪽으로 흐른다.

3번 X: $+0.25A$는 크기만 맞고 부호가 틀리다. 올바르게는 실제 전류가 위쪽으로 $0.25A$ 흐르므로, 아래쪽 화살표 기준 전류 i_3는 $-0.25A$이다.

4번 X: $+0.50A$는 크기와 부호가 모두 틀리다. 올바르게는 i_3의 크기는 $0.25A$이고, 화살표 기준 부호는 음수이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전류의 실제 방향과 문제에서 정한 화살표 방향을 같은 것으로 착각하는 데 있다. 계산값이 음수로 나오면 크기가 틀린 것이 아니라 기준 방향의 반대로 흐른다는 뜻이다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 가지 회로는 먼저 두 노드 사이 전위차를 공통 미지수로 놓고, 각 가지의 전류를 그 전위차로 표현한 뒤, 마지막에 키르히호프 전류법칙으로 묶어 판단한다. 계산이 끝나면 부호를 보고 화살표 방향과 실제 방향이 같은지 다시 확인한다.

NoteBase

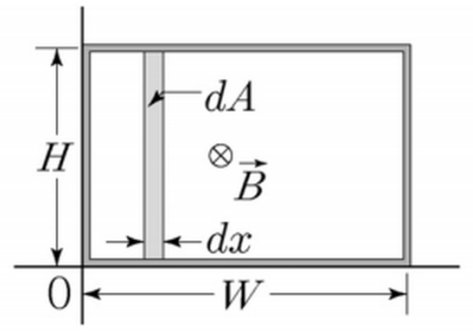
암기 포인트

병렬 회로는 V_{ab}가 공통이고, 음수 전류는 기준 화살표의 반대 방향을 뜻한다.

NoteBase

문 9. <보기>의 직사각형 고리도선이 비균일하고 시간에 따라 변화하는 자기장 B에 수직으로 놓여 있으며 자기장이 시간(t)과 위치(x)에 따라 $B = 4t^2x^2$ (Tesla)으로 주어진다. 직사각형 고리의 $H = 2.0\text{m}$, $W = 3.0\text{m}$일 때, $t = 0.1$초에 고리에 유도되는 기전력의 크기는? (단, 자기장 방향은 <보기>와 같이 도선면으로 들어가는 쪽이며, x 방향은 W 방향과 평행하다.)

<보기>



① 11.4 V

② 12.4 V

③ 13.4 V

④ 14.4 V

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 위치와 시간에 따라 달라지는 자기장 $B = 4t^2x^2$를 면적에 대해 적분해 자기선속을 구하고, 그 값을 시간에 대해 미분하여 유도기전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $B = 4t^2x^2, H = 2.0m, W = 3.0m, t = 0.1s$이다.
구해야 할 값: $t = 0.1s$에서의 유도기전력의 크기이다.
주의할 조건: x방향이 가로 방향이므로 미소면적은 $dA = Hdx$이고, 자기장은 도선면에 수직이므로 자기선속은 B를 면적에 대해 그대로 적분하면 된다.

NoteBase

사용할 공식

자기선속은

$\Phi = \int BdA$

이고, 유도기전력의 크기는

$|\mathcal{E}| = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$

이다.

이 공식을 쓰는 이유: 자기장이 위치 x에 따라 균일하지 않으므로 전체 면적에 대해 적분해야 하고, 자기장이 시간에 따라 변하므로 패러데이 법칙으로 유도기전력을 구해야 한다.

계산 과정

1. 미소면적은 $dA = Hdx$이므로 미소자기선속은 $d\Phi = BdA = 4t^2x^2Hdx$이다.

2. 전체 자기선속은

$\Phi = \int_0^W 4t^2x^2Hdx = 4t^2H\int_0^W x^2dx = 4t^2H\left(\frac{W^3}{3}\right)$

이다.

3. 따라서 유도기전력의 크기는

$|\mathcal{E}| = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = \frac{8tHW^3}{3}$

이다.

4. 수치를 대입하면

$|\mathcal{E}| = \frac{8 \times 0.1 \times 2.0 \times 3.0^3}{3} = \frac{8 \times 0.1 \times 2.0 \times 27}{3} = 14.4V$

이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $14.4V$이므로 $11.4V$라는 값이 틀렸고, 올바르게는 $14.4V$이다. 적분값 $\frac{W^3}{3}$ 계산이나 시간미분 과정이 잘못된 수치이다.

② X: 계산 결과는 $14.4V$이므로 $12.4V$라는 값이 틀렸고, 올바르게는 $14.4V$이다. 위치적분과 시간미분을 끝까지 반영하지 못한 오답값이다.

③ X: 계산 결과는 $14.4V$이므로 $13.4V$라는 값이 틀렸고, 올바르게는 $14.4V$이다. 상수 계수나 W^3 대입에서 산술 오차가 난 값이다.

④ O: 자기선속을 적분한 뒤 시간에 대해 미분하면 유도기전력의 크기는 정확히 $14.4V$가 된다. 따라서 ④가 옳다.

오답 포인트

균일하지 않은 자기장을 단순히 $B \times HW$로 처리하면 안 된다는 점이 함정이다. 이 문항은 x^2 때문에 반드시 x에 대해 적분해야 하고, 적분으로 구한 자기선속을 다시 t에 대해 미분해야 한다는 두 단계를 모두 확인해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

공간에 따라 달라지는 자기장이 주어지면 먼저 dA를 잡아 자기선속을 적분하고, 시간에 따라 달라지는 항이 있으면 마지막에 패러데이 법칙으로 시간미분하는 순서로 판단한다.

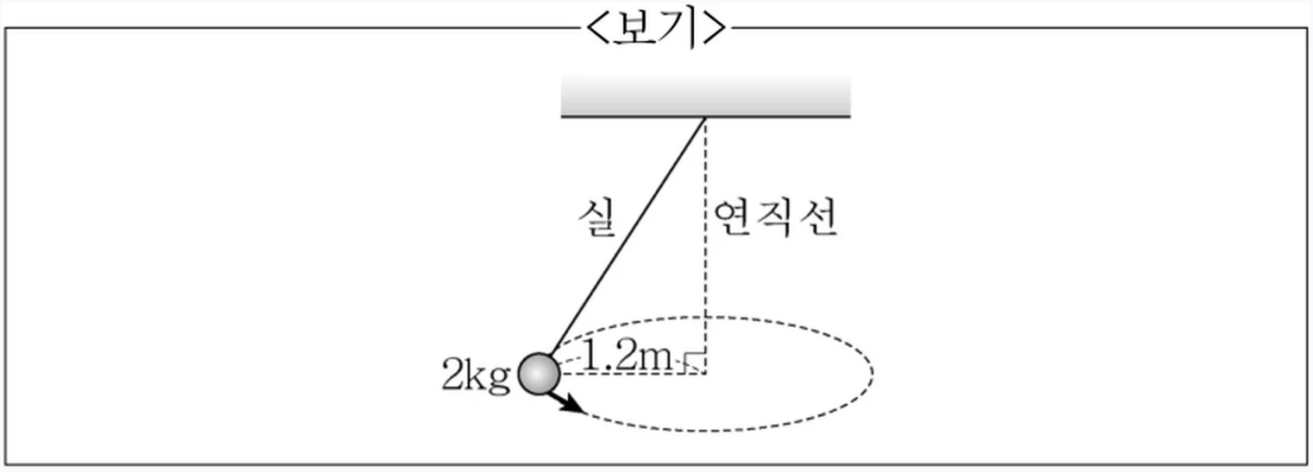
암기 포인트

비균일 자기장 유도기전력은 $\Phi = \int B dA$를 먼저 구하고, 그다음 $|\mathcal{E}| = |d\Phi/dt|$를 적용하는 구조이다.

NoteBase

문 10. <보기>와 같이 질량 2kg인 물체가 실에 매달려 반지름 1.2m인 원궤도를 따라 수평면과 나란하게 등속 원운동을 한다. 물체를 당기는 실의 장력이 25N이라면 물체 속력의 크기는? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$ 이고, 실의 질량은 무시한다.)

<보기>



① 2m/s

② 3m/s

③ 4m/s

④ 5m/s

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 원뿔진자에서 장력의 수직 성분과 수평 성분을 나누어 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 2kg$, 장력 $T = 25N$, 원궤도 반지름 $r = 1.2m$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 물체의 속력 v이다.
주의할 조건: 등속 원운동이므로 수직 방향은 평형이고, 수평 방향 성분만 구심력이 된다.

사용할 공식

수직 방향 평형은 $T\cos\theta = mg$이다.
수평 방향 구심력은 $T\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 물체는 높이가 일정한 채 회전하므로 위아래 힘은 서로 평형이고, 중심 쪽 수평 성분만 원운동을 만든다.

NoteBase

계산 과정

1. 수직 방향에서 $25\cos\theta = 2 \times 10 = 20$이므로 $\cos\theta = 0.8$이다.
2. $\sin\theta = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이므로 장력의 수평 성분은 $25 \times 0.6 = 15N$이다.
3. 구심력 식 $\frac{mv^2}{r} = 15$에 $m = 2, r = 1.2$를 대입하면 $\frac{2v^2}{1.2} = 15$이다.
4. 따라서 $v^2 = 9$이고 $v = 3m/s$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 속력은 $3m/s$이므로 $2m/s$는 틀리다. 물체의 속력은 $2m/s$가 아니라 $3m/s$이다.

② O: 장력의 수평 성분을 구심력으로 두면 $v = 3m/s$가 나오므로 옳다.

③ X: $4m/s$라면 필요한 구심력은 $\frac{2 \times 16}{1.2} \approx 26.7N$이 된다. 이는 실제 수평 성분 $15N$보다 커서 틀리다. 물체의 속력은 $4m/s$가 아니라 $3m/s$이다.

④ X: $5m/s$라면 필요한 구심력은 $\frac{2 \times 25}{1.2} \approx 41.7N$이 되어 주어진 장력의 수평 성분으로 만들 수 없다. 물체의 속력은 $5m/s$가 아니라 $3m/s$이다.

오답 포인트

장력 $25N$ 전체를 바로 구심력으로 두거나, 수직 평형을 빼먹으면 속력을 크게 잘못 구하게 된다. 이 문항의 함정은 장력을 그대로 $\frac{mv^2}{r}$에 넣는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

원뿔진자 문제는 먼저 $T\cos\theta = mg$로 각도를 정리하고, 그다음 수평 성분 $T\sin\theta$만 $\frac{mv^2}{r}$에 넣어 판단한다.

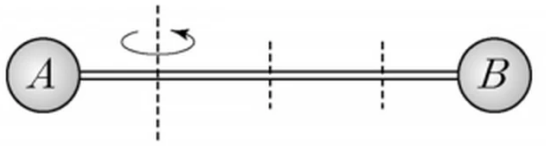
암기 포인트

원뿔진자는 수직은 평형, 수평은 구심력이라는 두 줄 구조로 정리된다.

NoteBase

문 11. 속이 빈 구 껍질 A와 균일한 밀도로 속이 꽉 찬 구 B가 있다. A와 B는 각각 질량이 M, 반지름이 R로 같고, 막대로 연결되어 있으며 두 중심 사이의 거리는 L이다. <보기>와 같이 두 구체 사이를 4등분한 점 중 A와 가까운 점을 지나며 막대와 수직한 축으로 A와 B를 회전시킬 때 관성 모멘트는? (단, 막대 질량은 무시한다.)

<보기>



① $\frac{16}{15}MR^2 + \frac{5}{8}ML^2$

② $\frac{4}{3}MR^2 + \frac{5}{8}ML^2$

③ $\frac{16}{15}MR^2 + \frac{7}{8}ML^2$

④ $\frac{4}{3}MR^2 + \frac{7}{8}ML^2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 속이 빈 구 껍질과 속이 찬 균일구의 자체 관성모멘트를 구분하고, 평행축 정리를 적용해 전체 관성모멘트를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- A는 질량이 M, 반지름이 R인 속이 빈 구 껍질이다.
- B는 질량이 M, 반지름이 R인 균일한 밀도의 속이 찬 구이다.
- 두 중심 사이 거리는 L이다.
- 회전축은 A의 중심에서 $L/4$, B의 중심에서 $3L/4$ 떨어진 점을 지나며 막대와 수직이다.

구해야 할 값:

- A와 B 전체의 관성모멘트이다.

주의할 조건:

- 두 구의 질량과 반지름은 같지만 자체 관성모멘트 공식은 서로 다르다.

NoteBase

사용할 공식

평행축 정리

$I = I_{\text{cm}} + Md^2$

구의 자체 관성모멘트

$I_{A,\text{cm}} = \frac{2}{3}MR^2, \qquad I_{B,\text{cm}} = \frac{2}{5}MR^2$

이 공식을 쓰는 이유는 회전축이 각 구의 중심을 지나지 않고, 중심을 지나는 평행한 축에서 d만큼 이동해 있기 때문이다.

계산 과정

1. 구 껍질 A의 관성모멘트는

$I_A = \frac{2}{3}MR^2 + M\left(\frac{L}{4}\right)^2$

이다.

2. 속이 찬 구 B의 관성모멘트는

$I_B = \frac{2}{5}MR^2 + M\left(\frac{3L}{4}\right)^2$

이다.

3. 두 값을 더하면

$I = I_A + I_B = \left(\frac{2}{3} + \frac{2}{5}\right)MR^2 + \left(\frac{1}{16} + \frac{9}{16}\right)ML^2$

$= \frac{16}{15}MR^2 + \frac{5}{8}ML^2$

이 된다.

NoteBase

선지별 해설

1번 O
- 계산 결과가 $\frac{16}{15}MR^2 + \frac{5}{8}ML^2$이므로 맞는 식이다.

2번 X
- MR^2 항의 계수를 $\frac{4}{3}$으로 둔 식이다.
- 이는 A와 B를 모두 속이 빈 구 껍질처럼 취급해 $\frac{2}{3} + \frac{2}{3}$으로 더한 오류이다.
- 틀린 식 → 올바르게는 $\frac{16}{15}MR^2 + \frac{5}{8}ML^2$이다.

3번 X
- ML^2 항의 계수를 $\frac{7}{8}$로 둔 식이다.
- 실제 평행축 항은 $\left(\frac{L}{4}\right)^2 + \left(\frac{3L}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}L^2 + \frac{9}{16}L^2 = \frac{5}{8}L^2$이다.
- 틀린 식 → 올바르게는 $\frac{16}{15}MR^2 + \frac{5}{8}ML^2$이다.

4번 X
- MR^2 항을 $\frac{4}{3}$, ML^2 항을 $\frac{7}{8}$로 둔 이중 오류이다.
- 구 껍질과 균일구의 자체 관성모멘트를 구분하지 않았고, 평행축 정리의 거리 제곱 합도 잘못 계산한 식이다.
- 틀린 식 → 올바르게는 $\frac{16}{15}MR^2 + \frac{5}{8}ML^2$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 두 가지이다. 첫째, A와 B의 질량과 반지름이 같다는 이유로 두 구의 자체 관성모멘트까지 같다고 착각하기 쉽다. 둘째, 축이 4등분점에 있다는 조건을 보고 거리 $L/4$, $3L/4$를 제곱해서 더해야 하는데, 거리만 더하거나 한쪽 거리만 잘못 잡기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

복합 물체의 관성모멘트 문제는 각 물체에 대해 먼저 중심축 관성모멘트를 고르고, 그다음 축까지의 거리 d를 따로 적어 $I_{\text{cm}} + Md^2$를 각각 계산한 뒤 마지막에 합하면 된다.

암기 포인트

구 껍질은 $\frac{2}{3}MR^2$, 균일한 속이 찬 구는 $\frac{2}{5}MR^2$이다. 축이 옮겨지면 평행축 정리의 Md^2를 각 물체마다 따로 더한다.

NoteBase

문 12. 고유 길이가 200m인 초고속 열차가 일정한 속력으로 움직이면서 고유 길이가 120m인 터널을 통과한다. 철로 옆에 정지해 있는 관측자가 보았을 때, 순간적으로 열차 전체가 터널 내부에 들어가 있기 위해 필요한 열차의 최저 속력은? (단, c는 진공 중의 광속이며, 열차의 고유길이는 정지한 상태에서 측정하였다.)

① $0.5c$

② $0.6c$

③ $0.7c$

④ $0.8c$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 길이수축 공식 $L = L_0/\gamma = L_0\sqrt{1 - v^2/c^2}$를 이용해 열차 전체가 터널 안에 들어가기 위한 최소 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 열차의 고유길이 200m, 터널의 길이 120m이다.
구해야 할 값: 철로 옆 정지한 관측자가 보기에 열차 전체가 순간적으로 터널 안에 들어가는 최소 속력이다.
주의할 조건: 열차의 고유길이는 열차와 함께 정지한 계에서 잰 길이이고, 터널 120m는 철로와 함께 정지한 계의 길이이다. 따라서 관측자 기준에서는 움직이는 열차 길이만 수축한다.

사용할 공식

사용할 공식은 $L = L_0\sqrt{1 - v^2/c^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 철로 옆 관측자에게는 열차만 움직이므로 진행방향 길이가 수축한다. 열차 전체가 막 터널 안에 들어가는 최소 조건은 수축된 열차 길이와 터널 길이가 정확히 같아지는 경우이다.

계산 과정

1. 최소 조건을 $L = 120\text{m}$로 둔다.
2. $200\sqrt{1 - v^2/c^2} = 120$이므로 $\sqrt{1 - v^2/c^2} = 0.6$이다.
3. 양변을 제곱하면 $1 - v^2/c^2 = 0.36$이고, 따라서 $v^2/c^2 = 0.64$이다.
4. $v/c = 0.8$이므로 필요한 최소 속력은 $0.8c$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

$v = 0.5c$이면 $\sqrt{1 - v^2/c^2} = \sqrt{0.75} \approx 0.866$이어서 관측된 열차 길이는 약 173m이다. 120m보다 길어 전부 들어가지 않는다. 틀린 표현은 최소 속력이라는 판단이고, 올바르게는 0.5c는 필요한 속력보다 작다.

② X

$v = 0.6c$이면 $\sqrt{1 - v^2/c^2} = 0.8$이어서 관측된 열차 길이는 160m이다. 여전히 터널보다 길다. 틀린 표현은 전체가 터널 안에 들어간다는 판단이고, 올바르게는 0.6c에서도 열차 일부가 터널 밖에 남는다.

③ X

$v = 0.7c$이면 $\sqrt{1 - v^2/c^2} = \sqrt{0.51} \approx 0.714$이어서 관측된 열차 길이는 약 143m이다. 120m를 넘으므로 최소 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 충분한 속력이라는 판단이고, 올바르게는 0.7c는 아직 부족하다.

④ O

$v = 0.8c$이면 $\sqrt{1 - v^2/c^2} = 0.6$이어서 관측된 열차 길이는 정확히 120m가 된다. 철로 옆 관측자가 보는 순간에 열차 전체가 터널 안에 들어갈 수 있는 경계값이므로 정답이다.

오답 포인트

고유길이 200m와 관측된 길이를 구분하지 않으면 오답이 나온다. 또한 $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$를 구한 뒤 역수를 취하지 않고 바로 200에 곱하는 실수가 자주 나온다. 이 문제는 움직이는 열차 길이만 수축하고, 최소 조건은 수축된 길이와 터널 길이를 같게 두는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

관측 기준이 누구인지 먼저 정한 뒤 그 기준에서 정지한 물체의 길이는 그대로 두고, 움직이는 물체의 길이에만 길이수축을 적용한다. 최소 속력이나 경계 조건을 묻는 문제는 먼저 두 길이를 같게 놓고 계산하면 된다.

암기 포인트

길이수축은 움직이는 물체에만 적용되며, 최소 속력은 수축된 길이 = 기준 길이의 경계식으로 구한다.

NoteBase

문 13. 전기로 동작하는 카르노 열펌프를 난방기로 사용하여 건물 내부의 온도를 300 K로 유지하고 있다. 건물 외부의 온도는 250 K로 일정하고, 건물 내부에서 외부로 새어나가는 열에너지가 초당 9kJ일 때, 카르노 열펌프에 공급하고 있는 전력의 크기는?

① 500 W

② 1,500W

③ 3,000W

④ 6,000W

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 카르노 열펌프의 난방용 성능계수와 열손실률의 관계를 이용해 필요한 입력 전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 건물 내부 온도 $T_H = 300\text{K}$, 외부 온도 $T_C = 250\text{K}$, 건물에서 빠져나가는 열량률 $\dot{Q}_H = 9\text{kJ/s} = 9000\text{W}$이다.
구해야 할 값: 열펌프에 공급하는 전력 W이다.
주의할 조건: 난방기이므로 건물 내부로 보충해야 하는 열량이 고온부 열량 Q_H이다.

사용할 공식

카르노 열펌프의 난방용 성능계수는
$\text{COP}_{HP} = \frac{Q_H}{W} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 건물 내부를 따뜻하게 유지하는 난방 상황이므로, 고온부로 공급되는 열량 Q_H와 입력 전력 W의 비인 난방용 성능계수를 써야 한다.

계산 과정

1. 성능계수를 구하면
$\text{COP}_{HP} = \frac{300}{300 - 250} = \frac{300}{50} = 6$
이다.
2. 건물 내부에서 외부로 초당 9000 W의 열이 새어 나가므로, 내부 온도를 유지하려면 열펌프가 내부로 초당 $Q_H = 9000\text{W}$를 공급해야 한다.
3. 따라서 필요한 전력은
$W = \frac{Q_H}{\text{COP}_{HP}} = \frac{9000}{6} = 1500\text{W}$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
500 W를 넣으면 열펌프가 공급하는 난방열은 $6 \times 500 = 3000$W에 불과하여 초당 9000 W의 열손실을 보상하지 못한다.
틀린 수치는 500 W이고, 올바르게는 1500 W이다.

② O
난방용 성능계수는 6이고, 필요한 난방열은 9000 W이므로 $W = 9000/6 = 1500$W가 된다.

③ X
3000 W를 넣으면 열펌프가 공급하는 난방열은 $6 \times 3000 = 18000$W가 되어 필요한 열량보다 두 배 크다.
틀린 수치는 3000 W이고, 올바르게는 1500 W이다.

④ X
6000 W는 열펌프의 성능계수를 무시하고 입력 전력 자체를 큰 난방열처럼 본 값이다. 카르노 열펌프는 같은 난방열을 더 작은 전력으로 공급할 수 있다.
틀린 수치는 6000 W이고, 올바르게는 1500 W이다.

오답 포인트

냉장기 성능계수 $\mathrm{COP}_R = Q_C/W$와 열펌프 성능계수 $\mathrm{COP}_{HP} = Q_H/W$를 섞거나, 건물에서 새는 열량 Q_H를 그대로 전력 W로 착각하면 오답이 나온다. 난방 문제에서는 먼저 고온부에 공급해야 하는 열량이 무엇인지부터 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

열펌프 계산형 문제는 먼저 난방인지 냉방인지 구분하고, 그다음 유지해야 하는 쪽의 열량이 Q_H인지 Q_C인지 정한 뒤, 해당 성능계수 공식을 적용해 $W = Q/\mathrm{COP}$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

카르노 난방 열펌프는 $\mathrm{COP}_{HP} = T_H/(T_H - T_C)$이고, 필요한 전력은 $W = Q_H/\mathrm{COP}_{HP}$이다.

NoteBase

문 14. 기전력이 12 V인 전지, 인덕턴스(L)가 6.4H인 인덕터, 전기 용량이 C인 축전기가 연결된 LC회로가 있다. 회로의 공명 진동수가 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 일 때, 회로에 흐를 수 있는 최대 전류의 크기가 0.3mA라면, 축전기 전기 용량의 값은?

① 1×10^{-9}F

② 2×10^{-9}F

③ 3×10^{-9}F

④ 4×10^{-9}F

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 LC 회로에서 축전기의 초기 전기 에너지와 인덕터의 최대 자기 에너지가 같다는 에너지 보존식을 이용해 전기 용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전지의 기전력 12 V, 인덕턴스 $L=6.4H$, 최대 전류 $I_{\max}=0.3mA=3\times10^{-4}A$이다.
구해야 할 값은 축전기의 전기 용량 C이다.
문제에 제시된 공명 진동수 식은 LC 회로의 성질을 보여 주는 정보이고, 이 문항의 수치 계산은 에너지 보존으로 바로 구할 수 있다.

사용할 공식

축전기가 완전히 충전된 순간의 전기 에너지와 전류가 최대일 때 인덕터의 자기 에너지는 같다.
$\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}LI_{\max}^2$
이 문제는 저항이 없는 LC 회로에서 축전기에 저장된 에너지가 인덕터로 그대로 전환되는 상황이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

에너지 보존식에서 $\frac{1}{2}$는 양변에서 소거된다.
$CV^2=LI_{\max}^2$
따라서
$C=\frac{LI_{\max}^2}{V^2}$
수치를 대입하면
$C=\frac{6.4\times(3\times10^{-4})^2}{12^2}=\frac{6.4\times9\times10^{-8}}{144}=\frac{57.6\times10^{-8}}{144}=4\times10^{-9}F$
계산 결과는 $4\times10^{-9}F$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 $4 \times 10^{-9} F$이므로 $1 \times 10^{-9} F$는 틀리다. 올바르게는 $4 \times 10^{-9} F$이다.
2번 X: 계산 결과의 절반값에 해당하므로 틀리다. 올바르게는 $2 \times 10^{-9} F$가 아니라 $4 \times 10^{-9} F$이다.
3번 X: 계산 결과보다 작은 값이므로 틀리다. 올바르게는 $3 \times 10^{-9} F$가 아니라 $4 \times 10^{-9} F$이다.
4번 O: 에너지 보존식에 수치를 정확히 대입하면 $C = 4 \times 10^{-9} F$가 되므로 옳다.

오답 포인트

최대 전류 $0.3 mA$를 $3 \times 10^{-4} A$로 바꾸지 않거나, $I_{\max}^2$를 빠뜨리면 오답이 나온다. 공명 진동수 식이 제시되어 있어도 이 문항의 핵심은 주파수 계산이 아니라 에너지 보존이라는 점에서 흔히 혼동이 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

LC 회로에서 전압, 인덕턴스, 최대 전류가 함께 주어지면 먼저 축전기 에너지와 인덕터 에너지를 같게 놓는다. 그다음 전류 단위를 A로 통일하고 I^2까지 반영해 계산한다.

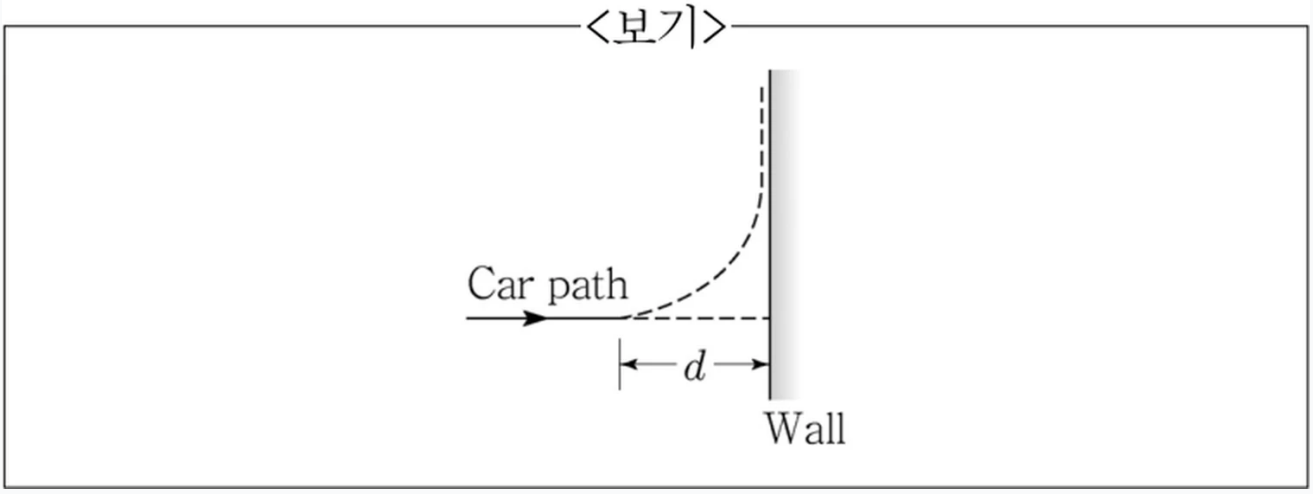
암기 포인트

LC 회로의 최대 전류 문제는 $\frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} L I^2$에서 시작하며, mA는 반드시 A로 바꾼다.

NoteBase

문 15. <보기>와 같이 질량 1,000 kg인 자동차가 20m/s**의 속력으로 달리다 벽으로부터 거리** $d = 100\text{m}$ **떨어진 곳에서 급히 핸들을 왼쪽으로 돌렸다. 속력을 일정하게 유지한 채 자동차가 반지름이** d**인 사분원 궤적을 그리며 아슬아슬하게 벽과 충돌을 면하였을 때, 자동차와 지면간의 마찰계수의 최솟값은? (단, 중력가속도** $g = 10\text{m/s}^2$**이다.)**

<보기>



① 0.3

② 0.4

③ 0.5

④ 0.6

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 등속 원운동에 필요한 구심력을 마찰력이 모두 제공한다는 점을 이용해 최소 마찰계수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 1000kg$, 속력 $v = 20m/s$, 반지름 $d = 100m$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 벽과 충돌하지 않고 반지름 d의 사분원 궤적을 유지할 수 있는 최소 마찰계수 $\mu_{\min}$이다.
주의할 조건: 속력을 일정하게 유지하므로 접선방향 가속도는 없고, 수평방향 힘은 구심력 역할을 하는 마찰력뿐이다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 $F_c = \frac{mv^2}{r}$, $f_{\max} = \mu mg$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 자동차가 반지름 d의 원호를 등속으로 돌기 위해서는 중심 쪽 구심력이 필요하고, 평지에서는 그 구심력을 타이어와 지면 사이의 정지마찰력이 제공하기 때문이다.

계산 과정

반지름은 $r = d = 100m$이다.
필요한 구심가속도는
$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{20^2}{100} = 4m/s^2$
따라서 필요한 구심력은
$F_c = ma_c = 1000 \times 4 = 4000N$
최소 마찰계수에서는 최대 정지마찰력이 필요한 구심력과 같아진다.
$\mu mg = F_c$
$\mu_{\min} = \frac{F_c}{mg} = \frac{4000}{1000 \times 10} = 0.4$
따라서 최소 마찰계수는 0.4이다.

선지별 해설

① X: 필요한 최소 마찰계수는 0.4이므로 0.3은 구심력 4000 N을 만들기에 부족하다. 틀린 표현은 '최솟값이 0.3이다'이다. 올바르게는 '0.3이면 마찰력이 부족하여 반지름 100m의 궤적을 유지하지 못한다'이다.
② O: 계산한 최소 마찰계수 $\mu_{\min}$가 정확히 0.4이므로 옳다.
③ X: 0.5는 필요한 최소값보다 큰 값이라 주행은 가능하지만 최솟값은 아니다. 틀린 표현은 '최솟값이 0.5이다'이다. 올바르게는 '0.5는 최소 필요값 0.4보다 여유가 있는 값이다'이다.
④ X: 0.6도 주행은 가능하지만 최소값은 아니다. 틀린 표현은 '최솟값이 0.6이다'이다. 올바르게는 '0.6은 최소 필요값 0.4보다 더 큰 값이다'이다.

오답 포인트

사분원 궤적이라는 그림 때문에 이동거리 $\frac{\pi d}{2}$나 회전각을 계산해야 한다고 착각하기 쉽지만, 핵심은 순간마다 필요한 구심력의 크기뿐이다. 또한 '충돌을 면한다'는 조건을 감속으로 오해하면 안 되고, 속력이 일정하므로 마찰은 감속이 아니라 방향 전환에 쓰인다.

다시 나오면 이렇게 판단

평지에서 자동차가 일정한 속력으로 곡선을 돌면 먼저 마찰력이 구심력인지 확인하고, 바로 $\mu mg = \frac{mv^2}{r}$를 세워 최소 마찰계수를 구하면 된다. 최소값을 묻는 순간에는 등호 조건을 적용한다.

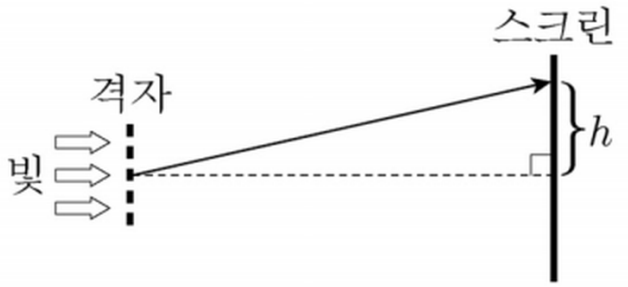
암기 포인트

평지 원운동의 최소 마찰계수는 $\mu_{\min} = \frac{v^2}{rg}$이다.

NoteBase

문 16. 파장이 $0.5\mu m$인 빛이 cm당 500개의 홈이 나 있는 회절 격자 면에 <보기>와 같이 수직으로 입사한다. 1m 떨어진 스크린에서 1차 극대가 관찰되는 높이 h에 가장 가까운 값은?

<보기>



① 1.25cm

② 2.5cm

③ 12.5cm

④ 25cm

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 회절격자 최대 조건 $d\sin\theta = m\lambda$와 스크린 기하 $h = L\tan\theta$를 이용해 1차 극대의 높이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 파장 $\lambda = 0.5\mu m = 5.0 \times 10^{-7} m$, 격자선 수 1cm당 500개, 스크린 거리 $L = 1m$이다.
구해야 할 값: 1차 극대 $m = 1$의 높이 h이다.
주의할 조건: 격자 간격 d는 1cm를 500등분한 값이며, 단위를 m로 바꾸어 계산해야 한다.

사용할 공식

회절격자 최대 조건은 $d\sin\theta = m\lambda$이다.
스크린 위 높이는 $h = L\tan\theta$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 수직 입사한 빛의 1차 극대 각도는 회절격자 식으로 정해지고, 그림의 h는 그 각도를 스크린까지의 거리와 연결한 직각삼각형으로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 격자 간격은 $d = \frac{1cm}{500} = \frac{0.01m}{500} = 2.0 \times 10^{-5} m$이다.
2. 1차 극대는 $m = 1$이므로 $\sin\theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{5.0 \times 10^{-7}}{2.0 \times 10^{-5}} = 2.5 \times 10^{-2}$이다.
3. 각도가 작으므로 $\tan\theta \approx \sin\theta = 0.025$이고, 따라서 $h = L\tan\theta \approx 1 \times 0.025 = 0.025m = 2.5cm$이다.

따라서 1차 극대의 높이는 2.5cm이다.

선지 판단

1번 X: '1.25cm'는 계산값과 일치하지 않는다. 옳게는 $h = 2.5cm$이다.
2번 O: 계산 결과가 정확히 $2.5cm$이므로 정답이다.
3번 X: '12.5cm'는 계산값보다 5배 크다. 옳게는 $h = 2.5cm$이다.
4번 X: '25cm'는 $0.025m$를 cm로 바꾸는 과정에서 10배 단위 실수를 했을 때 나올 수 있는 값이다. 옳게는 $h = 2.5cm$이다.

오답 포인트

격자선 수를 바로 500으로만 쓰지 말고 먼저 격자 간격 d로 바꾸어야 한다. 또 $\mu m \to m$ 변환과 $0.025m = 2.5cm$ 환산을 틀리면 25cm 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

회절격자 계산형은 선 수를 간격 d로 바꾼 뒤 $d\sin\theta = m\lambda$로 각도를 구하고, 마지막에 $h = L\tan\theta$로 스크린 위치를 연결하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

회절격자는 $d\sin\theta = m\lambda$, 작은 각도에서는 $h \approx L\frac{m\lambda}{d}$로 바로 이어진다.

NoteBase

문 17. 반감기가 2일인 방사성 동위원소가 있다. 이 동위원소를 방사선 측정기로 측정해보니 1분당 16,000회의 붕괴수가 측정되었다. 처음 측정일로부터 8일이 지난 후 다시 측정할 때, 1분당 붕괴수는?

① 4,000회

② 2,000회

③ 1,000회

④ 500회

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반감기와 붕괴수의 감소 비율을 이용해 일정 시간이 지난 뒤의 붕괴수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반감기 2일, 처음 붕괴수 1분당 16,000회
구해야 할 값: 처음 측정일로부터 8일 후의 1분당 붕괴수
주의할 조건: 8일은 반감기 4번에 해당한다.

사용할 공식

남은 붕괴수는 처음 붕괴수에 $\left(\frac{1}{2}\right)^n$을 곱해 구한다. 여기서 n은 지난 반감기 횟수이다.
이 공식을 쓰는 이유는 반감기마다 붕괴수가 절반으로 줄어들기 때문이다.

계산 과정

반감기 횟수는 $8 \div 2 = 4$이다.
따라서 8일 후 붕괴수는
$16000 \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 16000 \times \frac{1}{16} = 1000$
이므로 1분당 붕괴수는 1,000회이다.

선지 판단

1번 X: 4,000회는 $16000 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2$로 계산한 4일 후 값이다. 틀린 표현은 '8일 후 4,000회'이고, 올바르게는 '8일 후 1분당 붕괴수는 1,000회'이다.
2번 X: 2,000회는 $16000 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3$로 계산한 6일 후 값이다. 틀린 표현은 '8일 후 2,000회'이고, 올바르게는 '8일 후 1분당 붕괴수는 1,000회'이다.
3번 O: 8일은 반감기 4번이 지난 시간이므로 붕괴수는 처음의 $\frac{1}{16}$이 된다. 계산값이 1,000회이므로 맞다.
4번 X: 500회는 $16000 \times \left(\frac{1}{2}\right)^5$로 계산한 10일 후 값이다. 틀린 표현은 '8일 후 500회'이고, 올바르게는 '8일 후 1분당 붕괴수는 1,000회'이다.

NoteBase

오답 포인트

경과 시간을 바로 수치에 대입하지 않고 먼저 반감기 횟수로 바꾸어야 한다. 4일, 6일, 10일에 해당하는 값을 8일 후 값으로 착각하면 1번, 2번, 4번 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

반감기 문제는 먼저 경과 시간을 반감기로 나누어 반감 횟수를 구한 뒤, 처음 값에 $\left(\frac{1}{2}\right)^n$을 곱해 남은 양을 계산하는 순서로 판단한다.

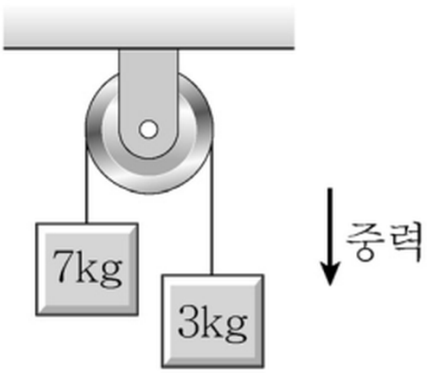
암기 포인트

반감기 문제는 '경과 시간 ÷ 반감기 = 반감 횟수', 남은 양은 '처음 값 × $\left(\frac{1}{2}\right)^n$'이다.

NoteBase

문 18. <보기>와 같이 질량이 7 kg, 3 kg인 두 물체가 질량을 무시할 수 있고 마찰이 없는 도르래에 수직으로 매달린 채 움직이고 있다. 이때 줄에 가해지는 장력의 크기는? (단, 중력가속도 $g = 10\mathrm{m/s^2}$이며, 줄은 늘어나지 않고, 줄의 질량은 무시한다.)

<보기>



① 21 N

② 28 N

③ 35 N

④ 42 N

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 질량이 다른 두 물체가 도르래에 매달린 계에서 가속도를 먼저 구한 뒤 줄의 장력 T를 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 무거운 물체는 7 kg, 가벼운 물체는 3 kg, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 줄의 장력 T이다.
주의할 조건: 줄과 도르래의 질량을 무시하고 마찰이 없으므로 양쪽 장력의 크기는 같고, 7 kg은 아래로 3 kg은 위로 같은 크기의 가속도로 운동한다.

NoteBase

사용할 공식

계 전체의 가속도는
$a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2}$
로 구할 수 있고, 각 물체에는 뉴턴의 제2법칙을 적용하여 장력을 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 물체가 하나의 줄로 연결되어 같은 크기의 가속도를 가지는 전형적인 아트우드 장치이기 때문이다.

계산 과정

먼저 가속도를 구하면
$a = \frac{(7-3)\times 10}{7+3} = 4m/s^2$
이다.
7 kg 물체는 아래로 움직이므로
$7g - T = 7a$
$70 - T = 28$
$T = 42N$
이다.
같은 값을 3 kg 물체에 대해
$T - 3g = 3a$
$T - 30 = 12$
으로 계산해도 $T = 42N$이 나온다.

선지별 해설

1번: X. 21 N은 계산된 장력 $42N$과 다르다. 틀린 표현은 장력을 21 N으로 본 값이고, 올바르게는 42 N이다.
2번: X. 28 N은 7 kg 물체의 가속도항 $7a$에 해당하는 값일 뿐 장력이 아니다. 틀린 표현은 장력을 28 N으로 본 값이고, 올바르게는 42 N이다.
3번: X. 35 N은 3 kg 물체의 무게 30 N에 가속도 효과 12 N을 더한 결과와도 맞지 않고, 7 kg 물체 식 $70 - T = 28$을 만족하지도 않는다. 틀린 표현은 장력을 35 N으로 본 값이고, 올바르게는 42 N이다.
4번: O. 가속도는 $4m/s^2$이고, 7 kg 물체에 대해 $70 - T = 28$이므로 $T = 42N$이다. 따라서 42 N이 맞다.

오답 포인트

무게 차이 $40N$만 보고 바로 장력을 정하거나, $7a = 28N$ 같은 가속도항을 장력으로 착각하면 틀린다. 이 문제에서 장력은 한 물체의 무게 자체도 아니고 두 물체 무게 차이도 아니라, 각 물체에 대한 운동방정식을 세워 얻는 값이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

도르래에 두 물체가 매달린 문제는 먼저 무거운 쪽과 가벼운 쪽을 정해 계의 가속도를 구한 뒤, 한 물체를 골라 $mg - T = ma$ 또는 $T - mg = ma$를 적용하면 된다. 가속도와 장력을 같은 양으로 두지 않는 판단이 핵심이다.

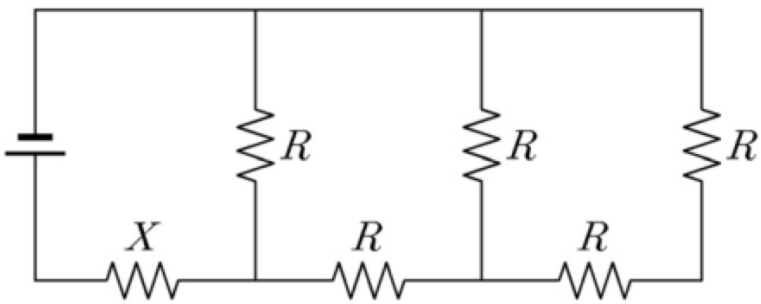
암기 포인트

아트우드 장치는 a=((무거운 질량-가벼운 질량)g)/(전체 질량)을 먼저 구하고, 장력은 각 물체의 운동방정식에서 다시 구하는 값이다.

NoteBase

문 19. <보기>의 회로도에는 저항값을 모르는 저항 X와 모두 같은 크기의 저항값 R을 가지는 다섯 개의 저항들이 연결되어 있다. 저항 X에 흐르는 전류의 크기가 I이고, 회로에 공급된 전압이 IR일 때, 저항 X의 저항값은 R의 몇 배인가?

<보기>



① 1/8

② 2/8

③ 3/8

④ 4/8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 오른쪽 끝부터 병렬·직렬 결합을 순서대로 적용해 회로의 전체 등가저항을 구한 뒤, 공급전압 $= IR$ 조건으로 미지 저항 X를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저항 X를 제외한 다섯 저항의 값은 모두 R이다. 저항 X를 지나는 전류는 I이다.
구해야 할 값: 저항 X의 값이다.
주의할 조건: X는 전원과 나머지 회로 사이에 직렬로 놓여 있으므로 회로 전체 전류도 I이다. 공급전압이 IR이므로 회로 전체 등가저항은 R이어야 한다.

사용할 공식

직렬 연결은 저항을 더하고, 병렬 연결은 $R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$를 쓴다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 회로는 오른쪽 끝에서 보면 세로 저항 R과 아래 가로 저항 R이 먼저 직렬이 되고, 그 결과가 가운데 세로 저항 R과 병렬이 되는 사다리형 구조이기 때문이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2018 · 6월

계산 과정

오른쪽 끝 부분부터 본다.

1. 맨 오른쪽 세로 저항 R과 그 아래 가로 저항 R은 전류가 한 줄로만 흐르므로 직렬이다. 따라서 이 부분은 $2R$이다.

2. 이 $2R$은 가운데 세로 저항 R과 같은 두 점 사이에 연결되어 있으므로 병렬이다. 따라서 node2와 윗선 사이의 등가저항은 $R \parallel 2R = \frac{2R}{3}$이다.

3. 이제 node1에서 오른쪽으로 보는 경로는 가로 저항 R 하나와 방금 구한 $\frac{2R}{3}$이 직렬이므로 $R + \frac{2R}{3} = \frac{5R}{3}$이다.

4. 이 $\frac{5R}{3}$은 node1의 세로 저항 R과 병렬이므로, node1과 윗선 사이의 등가저항은 $R \parallel \frac{5R}{3} = \frac{5R}{8}$이다.

5. 전원에서 보면 전체 등가저항은 X와 $\frac{5R}{8}$의 직렬이므로 $R_{\text{total}} = X + \frac{5R}{8}$이다.

6. 공급전압이 IR이고 전체 전류가 I이므로 $R_{\text{total}} = \frac{IR}{I} = R$이다. 따라서 $X + \frac{5R}{8} = R$, 즉 $X = \frac{3R}{8}$이다.

선지 판단

1번 X: "저항 X의 값이 R의 $\frac{1}{8}$배이다"라는 표현은 틀리다. $X = \frac{R}{8}$이면 전체 등가저항은 $\frac{R}{8} + \frac{5R}{8} = \frac{3R}{4}$가 되어 공급전압이 IR가 될 수 없다. 올바르게는 "저항 X의 값은 R의 $\frac{3}{8}$배이다"이다.

2번 X: "저항 X의 값이 R의 $\frac{2}{8}$배이다"라는 표현은 틀리다. $X = \frac{2R}{8}$이면 전체 등가저항은 $\frac{7R}{8}$이어서 역시 조건 $V = IR$를 만족하지 못한다. 올바르게는 "저항 X의 값은 R의 $\frac{3}{8}$배이다"이다.

3번 O: "저항 X의 값이 R의 $\frac{3}{8}$배이다"라는 표현은 옳다. 나머지 회로의 등가저항이 $\frac{5R}{8}$이므로 전체가 R이 되려면 X는 정확히 $\frac{3R}{8}$이어야 한다.

4번 X: "저항 X의 값이 R의 $\frac{4}{8}$배이다"라는 표현은 틀리다. $X = \frac{R}{2}$이면 전체 등가저항은 $\frac{9R}{8}$이 되어 공급전압이 IR보다 커진다. 올바르게는 "저항 X의 값은 R의 $\frac{3}{8}$배이다"이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 세로 저항 세 개가 모두 단순 병렬이라고 보는 것이다. 이 회로는 아래 가로 저항 두 개 때문에 각 세로 저항의 아랫점이 서로 달라서, 오른쪽 끝부터 단계적으로 등가저항을 줄여야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

사다리형 회로는 가장 바깥쪽 끝에서 시작해 직렬로 묶이는 부분을 먼저 찾고, 그 결과를 바로 옆 가지와 병렬로 합치는 순서로 안쪽으로 들어오면 된다. 마지막에는 전압과 전체 전류로 회로 전체 등가저항부터 먼저 확정하면 미지 저항을 쉽게 뺄 수 있다.

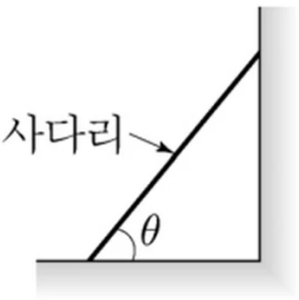
암기 포인트

사다리형 등가저항은 오른쪽 끝부터 직렬, 그다음 병렬 순서로 접어 오며 구한다.

NoteBase

문 20. 매끈한 수직 벽에 길이가 5m이고 질량이 20 kg인 균일한 사다리를 <보기>와 같이 기대 세웠다. 사다리가 미끄러지지 않을 최소 각도 θ에 대하여 $\tan\theta = \frac{5}{3}$일 때, 사다리와 지면 사이의 최대 정지 마찰 계수는?

<보기>



① 0.2

② 0.3

③ 0.4

④ 0.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 매끈한 벽과 거친 바닥에 기대 선 균일한 사다리의 평형조건과 모멘트 평형을 이용해 최대 정지 마찰 계수 μ_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 사다리 길이 5m, 질량 20 kg, 균일한 사다리, 벽은 매끈하다.
구해야 할 값: 사다리와 지면 사이의 최대 정지 마찰 계수.
주의할 조건: 벽이 매끈하므로 벽에서는 수평 반력만 작용하고, 사다리의 무게는 중점에서 아래로 작용한다.
미끄러지기 직전의 최소 각도에서는 바닥 마찰력이 최대 정지 마찰력과 같아진다.

사용할 공식

수평방향 평형은 $f = N_w$, 수직방향 평형은 $N_g = mg$이다.
바닥점을 기준으로 한 모멘트 평형은 $N_w L\sin\theta = mg\left(\frac{L}{2}\right)\cos\theta$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 사다리가 정지해 있으므로 힘의 합과 모멘트의 합이 모두 0이어야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 모멘트 평형에서
$N_w L\sin\theta = mg\left(\frac{L}{2}\right)\cos\theta$
이므로
$N_w = \frac{mg}{2}\cot\theta$
이다.
2. $\tan\theta = \frac{5}{3}$이므로 $\cot\theta = \frac{3}{5}$이다. 따라서
$N_w = \frac{mg}{2}\cdot\frac{3}{5} = \frac{3}{10}mg$
이다.
3. 수평방향 평형에서 $f = N_w$이므로 $f = \frac{3}{10}mg$이다. 또 미끄러지기 직전에는 $f = \mu_s N_g$, $N_g = mg$이므로
$\mu_s = \frac{f}{mg} = \frac{3}{10} = 0.3$
이다.

선지별 해설

① X
제시값 0.2는 계산 결과와 맞지 않는다. 올바른 값은 0.3이다. 이 값은 무게의 작용점이 사다리의 중점이라는 조건이나 모멘트팔 비를 잘못 잡을 때 나올 수 있는 오답이다.
② O
모멘트 평형으로 얻은 벽의 반력과 바닥 마찰력을 연결하면 $\mu_s = \frac{1}{2}\cot\theta$가 된다. $\tan\theta = \frac{5}{3}$이므로 $\mu_s = \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{5} = 0.3$이 되어 옳다.
③ X
제시값 0.4는 계산 결과와 맞지 않는다. 올바른 값은 0.3이다. 이 값은 무게의 작용점을 중점이 아니라 다른 지점으로 착각하거나 모멘트 식의 계수 $\frac{1}{2}$를 잘못 처리할 때 생길 수 있는 오답이다.
④ X
제시값 0.5는 계산 결과와 맞지 않는다. 올바른 값은 0.3이다. 이 값은 바닥의 수직항력 $N_g = mg$를 반영하지 않거나 $\cot\theta$ 자체를 마찰 계수로 오인할 때 나오는 오답이다.

오답 포인트

벽이 매끈하다는 조건 때문에 위쪽 접점에는 마찰력이 없고 수평 반력만 작용한다는 점을 놓치기 쉽다. 또 균일한 사다리이므로 무게가 중점에서 작용하는데, 이를 끝점이나 임의의 지점으로 두면 0.2, 0.4, 0.5 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

사다리 평형 문제는 먼저 각 접점에서 작용하는 힘의 방향을 정리한 뒤, 바닥점을 기준으로 모멘트 평형을 세우고 마지막에 $f = \mu_s N$를 대입해 마찰 계수를 구하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

매끈한 벽 사다리 평형에서는 위쪽은 수평 반력만 작용하고, 균일한 사다리의 무게는 중점에서 작용하므로 $\mu_s = \frac{1}{2}\cot\theta$가 핵심이다.

NoteBase