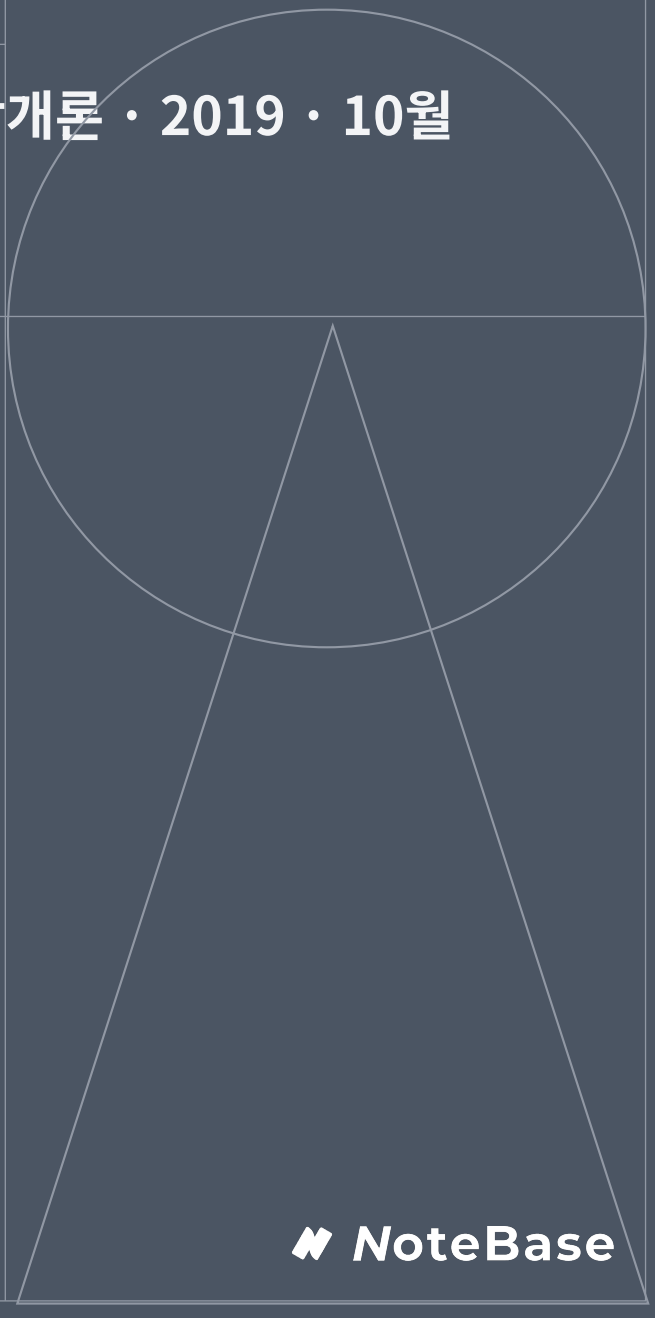
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2019 · 10월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2019 · 10월

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2019 · 10월

문 1. 높이가 1cm인 물체가 초점 거리가 10cm인 볼록 구면 거울 앞에 30cm 떨어진 곳에 놓여 있다. 상의 높이[cm]는?

① 0.20

② 0.25

③ 0.30

④ 0.35

정답 2번

출제 포인트

볼록 구면거울에서 거울식 $\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$와 배율식 $m=-\frac{d_i}{d_o}$를 이용해 상의 높이를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 물체 높이: $h_o=1cm$
- 물체 거리: $d_o=30cm$
- 볼록거울의 초점거리: $f=-10cm$
- 구할 값: 상의 높이 h_i

사용할 공식

거울식은 $\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$이고, 배율식은 $m=-\frac{d_i}{d_o}=\frac{h_i}{h_o}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 초점거리와 물체거리가 주어졌을 때 먼저 상거리 d_i를 구하고, 그다음 배율로 상의 높이 h_i를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 볼록거울이므로 초점거리는 $f=-10cm$로 둔다.
2. 거울식에 대입하면 $\frac{1}{-10}=\frac{1}{30}+\frac{1}{d_i}$이므로 $\frac{1}{d_i}=-\frac{1}{10}-\frac{1}{30}=-\frac{4}{30}=-\frac{2}{15}$이다.
3. 따라서 $d_i=-7.5cm$이다.
4. 배율은 $m=-\frac{d_i}{d_o}=-\frac{-7.5}{30}=0.25$이다.
5. 상의 높이는 $h_i=mh_o=0.25\times1=0.25cm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산된 상의 높이는 $0.25cm$이므로 0.20cm는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "0.20"이며, 올바르게는 "0.25"이다.

② O
- 배율 $m = 0.25$이므로 상의 높이는 $h_i = 0.25cm$이다.
- 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.

③ X
- 거울식과 배율식을 적용하면 상의 높이는 $0.30cm$가 아니라 $0.25cm$이다.
- 틀린 표현은 "0.30"이며, 올바르게는 "0.25"이다.

④ X
- 볼록거울은 항상 축소된 허상을 만들므로 이 문항의 상의 높이는 $0.35cm$까지 커지지 않는다.
- 틀린 표현은 "0.35"이며, 올바르게는 "0.25"이다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 볼록거울인데도 초점거리를 $+10cm$로 넣는 실수이다. 볼록거울은 $f < 0$이고 상거리는 허상이므로 $d_i < 0$가 되어야 하며, 이 부호를 틀리면 배율과 상의 높이도 함께 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

거울 계산 문제는 먼저 거울의 종류를 보고 초점거리 부호를 정한 뒤, 거울식으로 상거리, 배율식으로 상의 높이 순서로 판단한다.

암기 포인트

볼록거울은 $f < 0$, $d_i < 0$, 상은 정립 축소 허상이며 배율 $m = -\frac{d_i}{d_o}$는 양수가 된다.

NoteBase

문 2. 태양에서 나오는 빛의 출력이 3.6×10^{26}W라면, 태양에서 초당 에너지로 변화되는 질량[kg]은?

① 2.0×10^9

② 3.0×10^9

③ 4.0×10^9

④ 5.0×10^9

정답 3번

출제 포인트

아인슈타인의 질량-에너지 등가식 $E = mc^2$를 전력 P와 연결하여 1초 동안 에너지로 변하는 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 태양의 출력은 $P = 3.6 \times 10^{26} W$이다.
구해야 할 값: 1초 동안 광에너지로 변환되는 질량이다.
주의할 조건: 출력 W는 J/s이므로 먼저 1초 동안의 에너지로 해석해야 한다.

사용할 공식

사용 공식은 $E = mc^2$이다.
출력이 주어졌으므로 1초 동안의 에너지는 $E = P \times 1s$이고, 따라서 질량은 $m = \frac{E}{c^2} = \frac{P}{c^2}$로 구할 수 있다.

계산 과정

1. 1초 동안 방출되는 에너지는 $E = 3.6 \times 10^{26} J$이다.
2. 빛의 속력은 $c = 3.0 \times 10^8 m/s$이므로 $c^2 = 9.0 \times 10^{16} m^2/s^2$이다.
3. 따라서 $m = \frac{3.6 \times 10^{26}}{9.0 \times 10^{16}} = 0.4 \times 10^{10} = 4.0 \times 10^9$
이므로 1초 동안 변환되는 질량은 $4.0 \times 10^9 kg$이다.

선지별 해설

① X: $2.0 \times 10^9 kg$는 계산값보다 작다. 틀린 값은 $2.0 \times 10^9 kg$이고, 올바르게는 $4.0 \times 10^9 kg$이다.
② X: $3.0 \times 10^9 kg$는 $m = \frac{P}{c^2}$ 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값은 $3.0 \times 10^9 kg$이고, 올바르게는 $4.0 \times 10^9 kg$이다.
③ O: $\frac{3.6 \times 10^{26}}{9.0 \times 10^{16}} = 4.0 \times 10^9$이므로 옳다.
④ X: $5.0 \times 10^9 kg$는 계산값보다 크다. 틀린 값은 $5.0 \times 10^9 kg$이고, 올바르게는 $4.0 \times 10^9 kg$이다.

NoteBase

오답 포인트

출력과 에너지를 바로 구분하지 못하거나 $c^2 = (3.0 \times 10^8)^2 = 9.0 \times 10^{16}$ 계산을 틀리면 오답이 나온다. 지수 계산에서 $10^{26}/10^{16} = 10^{10}$으로 정리한 뒤 앞자리 $3.6/9.0 = 0.4$를 다시 합치는 과정도 자주 흔들리는 지점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전력이나 출력이 주어지면 먼저 1초 동안의 에너지로 바꾼 뒤 $E = mc^2$에 넣는다. 그다음 c^2의 지수와 계수를 따로 계산하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

질량 변화율은 $\frac{dm}{dt} = \frac{P}{c^2}$이고, $c^2 = 9.0 \times 10^{16}$이다.

NoteBase

문 3. 전체 질량이 1 kg인 꽃병이 바닥에 연직방향으로 떨어져 세 조각으로 깨진 뒤 기울어짐이 없는 바닥면을 따라 미끄러진다. 질량이 0.25 kg인 첫 번째 조각은 x축을 따라 2m/s의 속력으로 움직이고, 질량이 0.25 kg인 두 번째 조각은 2m/s의 속력으로 y축을 따라 움직인다. 이때 세 번째 조각의 속력[m/s]은? (단, 꽃병의 초기 속도는 0이고, 바닥면의 마찰은 없다.)

① 1
② $\sqrt{2}$
③ $\sqrt{3}$
④ 2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 외력이 없는 폭발 상황에서 운동량 보존을 이용해 남은 조각의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전체 질량은 1 kg이다.
- 첫 번째 조각은 질량 0.25 kg, 속도는 x축 방향 $2m/s$이다.
- 두 번째 조각은 질량 0.25 kg, 속도는 y축 방향 $2m/s$이다.
- 세 번째 조각의 질량은 $1 - 0.25 - 0.25 = 0.5kg$이다.

구해야 할 값:
- 세 번째 조각의 속력이다.

주의할 조건:
- 꽃병의 초기 속도는 0이므로 초기 전체 운동량은 0이다.
- 운동량은 크기만 더하는 것이 아니라 벡터로 합해야 한다.

사용할 공식

운동량 보존식은
$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 = 0$
이다.
이 공식을 쓰는 이유:
바닥면에 마찰이 없고 처음 정지해 있었으므로 수평방향 외력이 없어 전체 운동량이 보존되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫 번째 조각의 운동량은
$\vec{p}_1 = 0.25 \times 2\hat{i} = 0.5\hat{i}$
이다.
2. 두 번째 조각의 운동량은
$\vec{p}_2 = 0.25 \times 2\hat{j} = 0.5\hat{j}$
이다.
3. 따라서 세 번째 조각의 운동량은
$\vec{p}_3 = -(\vec{p}_1 + \vec{p}_2) = -0.5\hat{i} - 0.5\hat{j}$
이다.
4. 세 번째 조각의 운동량 크기는
$|\vec{p}_3| = \sqrt{0.5^2 + 0.5^2} = \sqrt{0.5}$
이다.
5. 세 번째 조각의 속력은
$v_3 = \frac{|\vec{p}_3|}{m_3} = \frac{\sqrt{0.5}}{0.5} = \sqrt{2}$
이다.

선지별 해설

① X
- 1은 한 축의 운동량 $0.5kg \cdot m/s$만 보고 $0.5/0.5 = 1$로 계산한 값이다.
- 세 번째 조각은 x축과 y축 성분을 모두 가지므로 속력은 1이 아니라 $\sqrt{2}m/s$이다.

② O
- 세 번째 조각의 운동량은 $(-0.5,\ -0.5)$이고 그 크기는 $\sqrt{0.5}$이다.
- 이를 질량 $0.5kg$으로 나누면 속력은 $\sqrt{2}m/s$가 되므로 옳다.

③ X
- $\sqrt{3}$는 운동량 보존으로 얻는 값과 일치하지 않는다.
- 올바르게는 세 번째 조각의 속력은 $\sqrt{2}m/s$이다.

④ X
- 2는 두 운동량의 크기 0.5와 0.5를 벡터합이 아니라 스칼라합 1로 더한 뒤 $1/0.5 = 2$로 계산한 값이다.
- 서로 수직인 운동량은 바로 더하지 않고 제곱합의 제곱근으로 합해야 하므로 올바른 속력은 $2m/s$가 아니라 $\sqrt{2}m/s$이다.

NoteBase

오답 포인트

수험생이 가장 많이 틀리는 지점은 운동량을 벡터가 아니라 크기만으로 더하는 점이다. 이 문항에서는 x축 성분과 y축 성분이 서로 수직이므로 $0.5 + 0.5$로 더하면 안 되고, $\sqrt{0.5^2 + 0.5^2}$로 합해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

폭발이나 분리 문제에서 처음 정지해 있었다면 전체 운동량을 0으로 둔 뒤 각 조각의 운동량을 축별로 계산하고, 마지막에는 남은 조각의 운동량 벡터 크기를 구해 질량으로 나누는 순서로 판단한다.

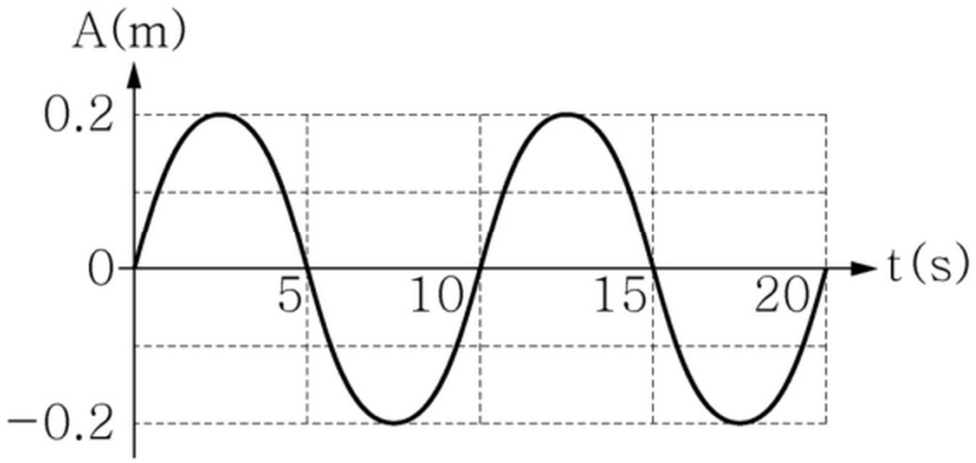
암기 포인트

처음 정지한 분열 문제는 조각들의 벡터 운동량 합이 0이라는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 4. <보기>는 파장이 5m인 파동이 시간에 따라 진동하는 것을 나타내는 그래프이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 주기는 5 s이다.

② 진폭은 40cm이다.

③ 진동수는 0.2 Hz이다.

④ 파동은 0.5m/s의 속력으로 전파된다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 시간-진폭 그래프에서 주기 T를 읽고, $f = 1/T$, $v = \lambda/T$를 적용해 진동수와 파동 속력을 구할 수 있는지를 묻는다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 파장 $\lambda = 5m$
- 그래프의 최대 변위는 $0.2m$
- 같은 위상은 $t = 0$과 $t = 10s$에서 반복된다.

구해야 할 값:
- 주기
- 진동수
- 파동 속력

주의할 조건:
- 진폭은 중심선에서의 최대 변위이다.
- $0.2m$는 진폭이고, 마루와 골의 전체 높이는 $0.4m$이다.

사용할 공식

주기는 같은 위상이 한 번 반복되는 시간이고, 진동수는 $f = 1/T$, 파동 속력은 $v = \lambda f = \lambda/T$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 그래프는 한 점의 시간에 따른 진동을 보여 주므로 여기서 T를 읽을 수 있고, 문제에서 파장 λ가 주어졌으므로 이어서 f와 v를 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 그래프는 $t = 0$에서 0을 지나 위로 올라가고 같은 위상이 다시 $t = 10s$에서 나타나므로 주기는 $T = 10s$이다.
2. 따라서 진동수는 $f = 1/T = 1/10 = 0.1Hz$이다.
3. 파동 속력은 $v = \lambda/T = 5/10 = 0.5m/s$이다.

선지별 해설

1번: X. 그래프에서 같은 위상이 반복되는 시간은 $10s$이므로 주기는 $10s$이다. 5초는 0을 지나는 순간부터 반대 방향으로 0을 지날 때까지의 시간으로 반주기에 해당한다. 틀린 표현은 "주기는 5 s"이고, 올바르게는 "주기는 10 s"이다.
2번: X. 세로축에서 최대 변위가 $0.2m$이므로 진폭은 20cm이다. 40cm는 마루에서 골까지의 전체 높이이다. 틀린 표현은 "진폭은 40cm"이고, 올바르게는 "진폭은 20cm"이다.
3번: X. 진동수는 $f = 1/T$이므로 $T = 10s$일 때 $f = 0.1Hz$이다. 0.2 Hz는 주기를 5초로 잘못 읽었을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 "진동수는 0.2 Hz"이고, 올바르게는 "진동수는 0.1 Hz"이다.
4번: O. 파장은 $5m$, 주기는 $10s$이므로 파동 속력은 $v = \lambda/T = 5/10 = 0.5m/s$이다. 그래프에서 읽은 주기와 주어진 파장을 함께 써야 정답이 나온다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 5초를 주기로 착각하는 것이다. 5초는 반주기이고, 주기는 같은 위상이 다시 나타나는 10초이다. 또 $0.2m$를 진폭이 아니라 마루-골 전체 높이로 오해하면 40cm라고 잘못 판단하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

시간 그래프 문제는 먼저 같은 위상의 두 점을 찾아 주기 T를 읽고, 그다음 $f = 1/T$를 구한 뒤, 파장이 주어지면 마지막에 $v = \lambda/T$를 적용하는 순서로 판단하면 된다.

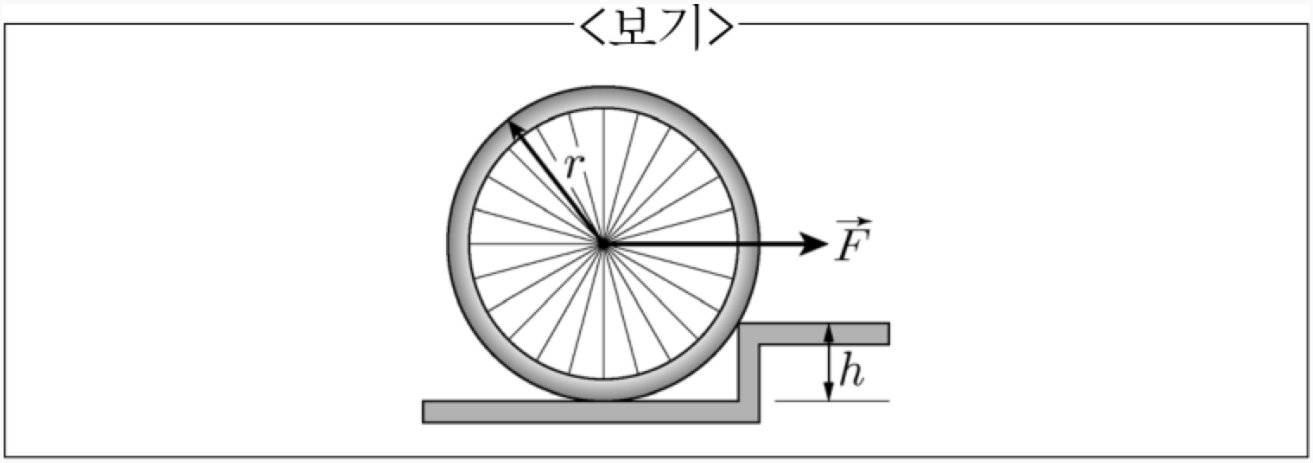
암기 포인트

진폭은 중심선에서 최대 변위이고, 주기는 같은 위상 반복 시간이며, 파동 속력은 $v = \lambda f = \lambda/T$이다.

NoteBase

문 5. <보기>와 같이 높이 $h = 2\text{cm}$의 문턱을 넘기 위해 반지름 $r = 5\text{cm}$이고 질량 $m = 0.6\text{kg}$인 바퀴의 축에 수평 방향으로 가해야 할 최소 힘 $\vec{F}$의 크기[N]는? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다.)

<보기>



① 5

② 6

③ 7

④ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 문턱 모서리를 회전축으로 잡아 모멘트 평형으로 최소 수평힘을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반지름 $r = 5cm$, 문턱 높이 $h = 2cm$, 질량 $m = 0.6kg$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 축에 수평으로 가해야 할 최소 힘 F이다.
주의할 조건: 바퀴가 막 넘어가기 직전에는 문턱의 모서리를 축으로 회전하므로 그 점에 대한 모멘트 평형을 사용한다.

사용할 공식

사용 공식은 문턱 모서리에 대한 모멘트 평형식 $F(r-h) = mgx$이다.
여기서 x는 모서리에서 바퀴 중심의 연직선까지의 수평거리이므로 $x = \sqrt{r^2-(r-h)^2} = \sqrt{2rh-h^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 최소 힘일 때 바퀴가 막 들리기 시작하며, 그 순간에는 모서리를 축으로 시계방향 모멘트와 반시계방향 모멘트가 같아지기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 무게는 $mg = 0.6 \times 10 = 6N$이다.
2. 무게의 모멘트팔은 $x = \sqrt{2rh - h^2} = \sqrt{2 \times 5 \times 2 - 2^2} = \sqrt{16} = 4cm$이다.
3. 힘 F의 모멘트팔은 수평작용선과 모서리 사이의 수직거리이므로 $r - h = 5 - 2 = 3cm$이다.
4. 모멘트 평형에서 $F \times 3 = 6 \times 4$이므로 $F = \frac{24}{3} = 8N$이다.

선지 판단

1번 X: 최소 힘은 5 N이 아니다. 모멘트 평형으로 계산하면 $F = 8N$이므로 5 N으로는 문턱을 넘기지 못한다. 1번의 수치는 8 N으로 고쳐야 한다.
2번 X: 최소 힘은 6 N이 아니다. 6 N은 무게 mg와 같은 값일 뿐이고, 모멘트팔이 무게 쪽 4cm, 힘 쪽 3cm로 다르므로 그대로 정답이 될 수 없다. 2번의 수치는 8 N으로 고쳐야 한다.
3번 X: 최소 힘은 7 N이 아니다. 중심의 높이차와 수평거리 관계를 정확히 쓰면 무게의 모멘트팔은 4cm이므로 계산 결과는 8 N이다. 3번의 수치는 8 N으로 고쳐야 한다.
4번 O: 모멘트 평형식 $F(r - h) = mg\sqrt{2rh - h^2}$에 값을 대입하면 $F = 8N$이므로 옳다.

오답 포인트

회전축을 바닥 접점으로 잘못 잡거나, 무게의 모멘트팔을 반지름 5cm 또는 높이차 3cm로 착각하면 틀린다. 이 문제의 핵심은 무게의 모멘트팔이 $\sqrt{2rh - h^2}$이고 힘의 모멘트팔이 $r - h$라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

문턱을 막 넘는 바퀴 문제는 먼저 회전축을 문턱 모서리로 잡고, 다음에 각 힘의 작용선까지의 수직거리만 골라 모멘트 평형을 세우면 된다. 계산형 문제는 조건 정리, 모멘트팔 확인, 단위 검산 순서로 판단한다.

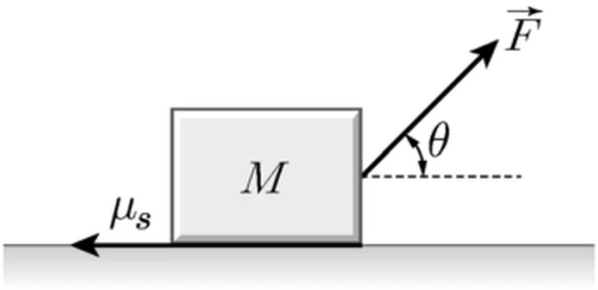
암기 포인트

바퀴가 문턱을 막 넘을 때는 모서리축 모멘트 평형, 힘의 팔은 $r - h$, 무게의 팔은 $\sqrt{2rh - h^2}$이다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 질량 $M = 34\text{kg}$인 나무상자가 정지마찰계수 $\mu_s = 0.7$인 표면 위에 정지해 있고 수평과 상방 $\theta = 45^\circ$의 각도로 나무상자에 힘을 가한다. 나무상자를 움직이기 위해 필요한 최소 힘 $\vec{F}$의 크기[N]는? (단, 중력가속도는 10m/s^2이며, $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0.7$로 계산한다.)

<보기>



① 70

② 100

③ 170

④ 200

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 비스듬히 당기는 힘의 수평 성분과, 그 힘 때문에 줄어드는 최대 정지마찰력을 함께 계산해 최소 작용력을 구하는 문제이다.

조건 정리

질량은 34 kg, 중력가속도는 10m/s^2, 정지마찰계수는 0.7이다.
무게는 340 N이다.
힘 F의 수평 성분과 수직 성분은 각각 $F\cos 45^\circ = 0.7F$, $F\sin 45^\circ = 0.7F$이다.
위로 당기므로 수직항력은 $N = 340 - 0.7F$로 줄어든다.

NoteBase

사용할 공식

막 움직이기 직전에는 수평방향에서 당기는 힘과 최대 정지마찰력이 같아진다.
$F\cos 45^\circ = \mu_s N$
또한 수직방향 평형으로
$N = Mg - F\sin 45^\circ$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 최소 힘을 묻는 순간이 바로 정지마찰력이 최댓값에 도달한 문턱이기 때문이다.

계산 과정

$0.7F = 0.7(340 - 0.7F)$
$F = 340 - 0.7F$
$1.7F = 340$
$F = 200N$
따라서 상자를 막 움직이게 하는 최소 힘은 200 N이다.

선지 판단

1번: X. 70 N이면 수평 성분은 49 N이고 수직항력은 291 N이므로 최대 정지마찰력은 $0.7 \times 291 = 203.7N$ 이다. 49 N으로는 203.7 N을 이기지 못한다. 틀린 값은 70 N이고, 올바른 최소 힘은 200 N이다.
2번: X. 100 N이면 수평 성분은 70 N이고 최대 정지마찰력은 $0.7 \times (340 - 70) = 189N$이다. 아직 마찰력이 더 크므로 움직이지 않는다. 틀린 값은 100 N이고, 올바른 최소 힘은 200 N이다.
3번: X. 170 N이면 수평 성분은 119 N이고 최대 정지마찰력은 $0.7 \times (340 - 119) = 154.7N$이다. 문턱값에 못 미치므로 여전히 정지 상태이다. 틀린 값은 170 N이고, 올바른 최소 힘은 200 N이다.
4번: O. 200 N이면 수평 성분은 140 N이고 수직항력은 200 N이므로 최대 정지마찰력도 $0.7 \times 200 = 140N$ 이다. 당기는 힘과 최대 정지마찰력이 정확히 같아져 막 움직이는 최소 조건을 만족한다.

오답 포인트

마찰력을 처음부터 $\mu_s Mg$로 고정해 두면 틀린다. 이 문제에서는 위로 당기는 성분 때문에 수직항력이 줄어들고, 그에 따라 최대 정지마찰력도 함께 줄어든다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

비스듬한 힘이 작용하는 마찰 문제는 먼저 힘을 수평과 수직으로 분해하고, 다음에 수직항력 N을 다시 구한 뒤, 마지막에 막 움직이는 조건 수평성분=μ N을 세워 판단한다.

암기 포인트

위로 당기면 N이 줄고, N이 줄면 최대 정지마찰력 μN도 함께 줄어든다.

NoteBase

문 7. 태양계 밖의 어떤 항성을 도는 행성의 공전주기가 2년, 공전궤도의 반지름은 지구-태양 간 거리의 2배로 관측되었다. 이 항성의 질량은 태양의 몇 배인가? (단, 행성의 공전궤도는 모두 원궤도라고 가정한다.)

① 2배

② 4배

③ 8배

④ 32배

정답 1번

출제 포인트

케플러 제3법칙을 이용해 공전 반지름과 공전주기에서 중심천체의 질량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 공전주기 $T = 2$년
- 공전궤도 반지름 $r = 2$ AU

구해야 할 값:
- 중심 행성의 질량이 태양 질량의 몇 배인지

주의할 조건:
- 공전궤도는 원궤도이므로 반지름을 그대로 궤도 크기로 쓸 수 있다.

사용할 공식

원궤도에서 케플러 제3법칙은 $T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$ 이다.

이 공식을 쓰는 이유:

공전주기 T, 궤도 반지름 r, 중심천체 질량 M의 관계를 직접 연결하는 식이기 때문이다. 지구-태양계와 비율 비교를 하면 상수 $4\pi^2/G$가 약분되어 질량비를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

지구가 태양을 도는 경우를 기준으로 두면 $T_{\oplus} = 1$년, $r_{\oplus} = 1$ AU, 중심 질량은 $M_{\odot}$이다.
따라서
$\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{r^3/M}{r_{\oplus}^3/M_{\odot}}$
수치를 대입하면
$\frac{2^2}{1^2} = \frac{2^3/M}{1^3/M_{\odot}} = \frac{8M_{\odot}}{M}$
즉
$4 = \frac{8M_{\odot}}{M}$
이므로
$M = 2M_{\odot}$
가 된다. 따라서 중심 행성의 질량은 태양 질량의 2배이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 중심 행성의 질량은 태양의 2배이다. 케플러 제3법칙에서 질량은 $M \propto r^3/T^2$ 이므로 $2^3/2^2 = 2$가 된다.

② X
- 틀린 표현은 '4배'이다. 공전주기 2년만 보고 질량이 4배라고 판단하면 반비례 관계를 거꾸로 읽은 것이다. 올바르게는 반지름 2배 조건까지 함께 넣어 계산해야 하므로 2배이다.

③ X
- 틀린 표현은 '8배'이다. 반지름이 2배이므로 $r^3 = 8$만 보고 답을 정하면 공전주기 2년이라는 조건을 빠뜨린 것이다. 올바르게는 $8/4 = 2$이므로 2배이다.

④ X
- 틀린 표현은 '32배'이다. 반지름의 세제곱 8과 주기의 제곱 4를 곱하는 식으로 처리한 오답이다. 케플러 제3법칙에서는 질량이 r^3에 비례하고 T^2에 반비례하므로 올바른 값은 32배가 아니라 2배이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 r^3과 T^2를 따로 기억하다가 비례와 반비례 방향을 섞는 데 있다. 특히 ③은 반지름 2배만 반영한 값이고, ②는 주기 2년만 잘못 반영한 값이라서 공식의 구조를 끝까지 유지하지 않으면 쉽게 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

행성 질량을 묻는 케플러 문제는 먼저 $M \propto r^3/T^2$ 형태로 정리한 뒤, 반지름은 세제곱하고 주기는 제곱한 다음 마지막에 주기 항이 분모에 들어간다는 점을 확인하면 된다.

암기 포인트

케플러 제3법칙 질량형은 '질량은 거리 세제곱, 주기 제곱의 역수'로 정리된다.

NoteBase

문 8. 안지름이 4cm인 호스가 지름 0.4cm의 구멍이 20개 뚫려 있는 스프링클러에 연결되어 있다. 호스 안에서 물의 속력이 0.8m/s일 때, 스프링클러의 구멍에서 나오는 물의 속력[m/s]은?

① 4

② 5

③ 6

④ 7

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 연속방정식 $A_1v_1 = A_2v_2$를 이용해 스프링클러 구멍에서 나오는 물의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

호스의 지름은 $4cm$이므로 반지름은 $2cm$이다.
각 구멍의 지름은 $0.4cm$이므로 반지름은 $0.2cm$이다.
구멍은 20개이고, 호스 안 물의 속력은 $0.8m/s$이다.
호스 단면을 지나는 유량과 20개 구멍을 통해 나가는 총유량이 같다고 본다.

사용할 공식

비압축성 유체의 연속방정식은 $A_1v_1 = A_2v_2$이다.
여기서 A_1은 호스 단면적, A_2는 20개 구멍의 전체 단면적이다.
이 문제는 들어가는 물의 유량과 나오는 물의 총유량이 같으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

호스의 단면적은 $\pi \times 2^2 = 4\pi cm^2$이다.
구멍 1개의 단면적은 $\pi \times 0.2^2 = 0.04\pi cm^2$이다.
구멍 20개의 전체 단면적은 $20 \times 0.04\pi = 0.8\pi cm^2$이다.
연속방정식 $A_1v_1 = A_2v_2$에 대입하면 $4\pi \times 0.8 = 0.8\pi \times v_2$이다.
따라서 $v_2 = \frac{4\pi \times 0.8}{0.8\pi} = 4m/s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 $4m/s$이므로 맞다.
② X: $5m/s$는 호스 단면적과 구멍 전체 단면적의 비가 5 : 1이라는 사실만 보고 호스 속력 $0.8m/s$를 곱하지 않은 값이라서 틀리다. 틀린 값은 $5m/s$이고, 올바르게는 $4m/s$이다.
③ X: $6m/s$는 구멍 20개의 전체 면적을 잘못 계산했거나 단면적 비를 잘못 잡은 값이라서 틀리다. 틀린 값은 $6m/s$이고, 올바르게는 $4m/s$이다.
④ X: $7m/s$는 구멍의 지름과 반지름을 혼동해 출구 면적을 실제보다 작게 잡을 때 나오기 쉬운 값이라서 틀리다. 틀린 값은 $7m/s$이고, 올바르게는 $4m/s$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 지름을 바로 면적 계산에 넣거나, 구멍 20개의 면적을 합치지 않거나, 단면적 비 5를 구한 뒤 마지막에 $0.8m/s$를 곱하지 않는 데 있다. 특히 ②는 비만 구하고 실제 속력 환산을 빠뜨릴 때 고르기 쉬운 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유량 보존 문제는 먼저 모든 지름을 반지름으로 바꿔 단면적을 구하고, 여러 출구가 있으면 전체 출구 면적을 합한 뒤, $A_1v_1 = A_2v_2$를 적용해 마지막에 속력 단위를 검산하는 방식으로 판단한다.

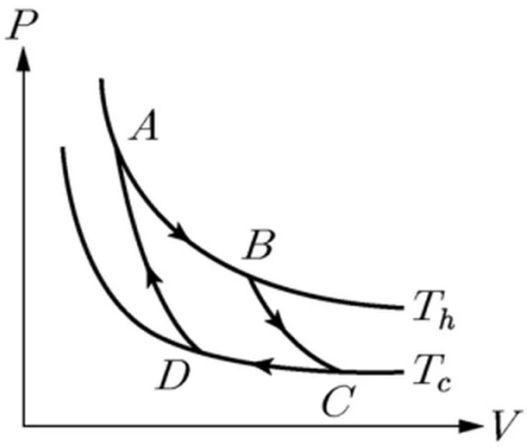
암기 포인트

유량은 단면적과 속력의 곱이며, 출구가 여러 개이면 전체 출구 면적은 각 구멍 면적의 합이다.

NoteBase

문 9. <보기>는 온도 T_c와 T_h 사이에서 작동하는 카르노 순환 과정을 나타내는 PV 도표이다. 일상생활에서 접할 수 있는 열역학 현상 중 $D \rightarrow A$ 과정과 가장 관련이 있는 현상은?

<보기>



① 차가운 생수병 주변에 물방울이 맺힌다.

② 뜨거운 음료가 담긴 컵이 매끄러운 탁자 위에서 미끄러진다.

③ 자전거 타이어의 공기를 주입하는 동안 타이어가 뜨거워진다.

④ 소화기에서 뿜어져 나온 기체가 매우 차다.

정답 3번

출제 포인트

카르노 순환의 $D \rightarrow A$는 열교환 없이 압축되어 온도가 T_c에서 T_h로 올라가는 단열 압축 과정이라는 점을 실제 현상에 연결하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 차가운 생수병 주변에 물방울이 맺히는 것은 공기 중 수증기가 차가운 표면에서 응결한 현상이다. 기체의 단열 압축과는 관련이 없다. 틀린 표현은 'D→A 과정과 관련'이며, 올바르게는 '낮은 온도 표면 때문에 수증기가 응결하는 현상'이다.
② X: 뜨거운 음료가 담긴 컵이 매끄러운 탁자 위에서 미끄러지는 것은 표면 상태와 마찰에 관한 현상이지, 기체의 압축에 따른 온도 상승과는 무관하다. 틀린 표현은 'D→A 과정과 관련'이며, 올바르게는 '기체 상태 변화와 무관한 역학적 현상'이다.
③ O: 자전거 타이어에 공기를 주입하면 공기가 빠르게 압축되고, 열이 밖으로 빠져나갈 시간이 거의 없어 단열 압축에 가깝다. 그래서 공기와 타이어가 뜨거워진다. $D \to A$에서도 부피가 줄고 압력과 온도가 함께 올라가므로 이 현상과 가장 잘 대응한다.
④ X: 소화기에서 뿜어져 나온 기체가 매우 차가운 것은 고압 기체가 급격히 팽창하면서 온도가 내려가기 때문이다. 이는 단열 팽창에 가까운 현상이다. 틀린 표현은 'D→A 과정과 관련'이며, 올바르게는 '압축이 아니라 팽창 과정과 관련된 현상'이다.

오답 포인트

PV도표의 화살표 방향을 놓치면 $D \to A$를 팽창으로 착각하기 쉽다. 이 구간은 왼쪽 위로 진행하므로 부피는 감소하고 압력은 증가한다. 또한 T_c에서 T_h로 이동하므로 단열 압축에 따른 온도 상승을 읽어내야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

카르노 순환에서는 두 등온선 사이를 잇는 가파른 곡선을 단열 과정으로 본다. 그중 화살표가 오른쪽 아래에서 왼쪽 위로 향하면 부피 감소와 온도 상승이 함께 일어나는 단열 압축이고, 일상 예시는 자전거 펌프나 타이어 주입처럼 압축하면서 뜨거워지는 경우이다.

암기 포인트

압축하면 뜨거워지고 팽창하면 차가워진다. 자전거 타이어 주입은 단열 압축, 소화기 분사는 단열 팽창의 대표 예이다.

NoteBase

문 10. 이상적인 감압 변압기가 있다. 1차 코일의 감은 횟수는 200회, 2차 코일은 50회이다. 1차 코일에 전압 $V_{rms} = 220V$를 걸었을 때, 2차 코일에 연결된 부하 저항이 5Ω이라면 2차 코일의 전류(I_{rms}) [A]는?

① 11

② 22

③ 55

④ 176

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적 변압기의 권수비로 2차 전압을 구한 뒤 옴의 법칙으로 2차 전류를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 1차 코일 권수 200회, 2차 코일 권수 50회, 1차 전압 $V_p = 220V$, 부하 저항 $R = 5\Omega$이다.
구해야 할 값: 2차 코일의 전류 I_{rms}이다.
주의할 조건: 이상적 변압기이므로 전압비는 권수비와 같고, 구한 2차 전압에 옴의 법칙 $I = V/R$를 적용한다.

사용할 공식

권수비와 전압비는 $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$ 이고, 부하 전류는 $I_s = \frac{V_s}{R}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 1차와 2차의 권수, 1차 전압, 2차측 저항이 주어졌으므로 먼저 변압기 비로 2차 전압을 구하고 그 전압을 저항에 걸린 전압으로 보아 전류를 계산할 수 있다.

계산 과정

권수비는 $\frac{N_s}{N_p} = \frac{50}{200} = \frac{1}{4}$ 이다.
따라서 2차 전압은 $V_s = 220 \times \frac{1}{4} = 55V$ 이다.
이 전압이 5Ω 저항에 걸리므로 2차 전류는 $I_s = \frac{55}{5} = 11A$ 이다.

선지 판단

1번: O. 계산 결과 2차 전류는 11A이므로 옳다.
2번: X. 22A는 2차 전압을 110 V로 잘못 구했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 전압비를 잘못 잡은 계산이고, 올바르게는 권수비 50 : 200 = 1 : 4 를 적용해 2차 전압 55 V, 전류 11A가 된다.
3번: X. 55A는 구한 2차 전압 55 V를 전류처럼 착각한 값이다. 틀린 표현은 전압과 전류를 혼동한 계산이고, 올바르게는 저항 5Ω 로 나누어 11A가 된다.
4번: X. 176A는 권수비를 거꾸로 적용해 2차 전압을 880 V로 계산했을 때의 값이다. 틀린 표현은 1차와 2차의 비를 뒤집은 계산이고, 올바르게는 감압 변압기이므로 2차 전압은 55 V, 전류는 11A가 된다.

NoteBase

오답 포인트

감압 변압기에서 권수비를 반대로 적용하거나, 2차 전압을 구한 뒤 옴의 법칙으로 한 번 더 나누어야 한다는 점을 놓치면 오답이 된다. 특히 55는 전압값인데 이를 전류값으로 바로 읽기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 계산형 문제는 권수비 방향 확인, 2차 전압 계산, 부하 법칙 적용의 순서로 판단하면 된다. 전압을 구한 뒤 전류와 전력을 다시 구분하면 숫자만 같은 오답을 피할 수 있다.

암기 포인트

이상적 변압기는 전압비=권수비이고, 저항 부하 전류는 구한 2차 전압을 저항으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 11. 저항기($R = 30\Omega$), 인덕터($L = 60mH$), 축전기($C = 50\mu F$)가 직렬로 연결되어 있다. 각주파수 $\omega = 1{,}000rad/s$인 회로에서 $0.1A$의 최대전류(I_{max})를 만든다면, 회로에 요구되는 최대전압[V]은?

① 2

② 5

③ 10

④ 50

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RLC 회로의 임피던스 Z를 구한 뒤 최대전압 $V_{\max}$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 저항 $R = 30\Omega$, 인덕턴스 $L = 60mH = 0.06H$, 축전용량 $C = 50\mu F = 50 \times 10^{-6}F$, 각주파수 $\omega = 1000rad/s$, 최대전류 $I_{\max} = 0.1A$이다.
구해야 할 값은 회로 전체에 필요한 최대전압이다.
직렬 RLC 회로에서는 저항과 리액턴스를 함께 묶은 임피던스를 사용해야 한다.

사용할 공식

사용 공식은 $X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}, \quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \quad V_{\max} = I_{\max} Z$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 직렬 RLC 회로의 전체 전압이 저항 성분과 순리액턴스 성분의 벡터합으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L = 1000 \times 0.06 = 60\Omega$이다.
2. 용량 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1000 \times 50 \times 10^{-6}} = 20\Omega$이다.
3. 순리액턴스는 $X_L - X_C = 60 - 20 = 40\Omega$이다.
4. 임피던스는 $Z = \sqrt{30^2 + 40^2} = \sqrt{2500} = 50\Omega$이다.
5. 따라서 최대전압은 $V_{\max} = I_{\max} Z = 0.1 \times 50 = 5V$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 2 V는 0.1×20으로 축전기 양단 전압만 계산했을 때의 값이다. 회로 전체 최대전압은 소자 하나의 전압이 아니라 임피던스 50Ω를 써서 구해야 하므로 틀리다. 틀린 표현은 회로 전체 전압을 축전기 전압으로 본 점이며, 올바르게는 전체 전압은 5 V이다.
② O: 임피던스가 50Ω이므로 $V_{\max} = 0.1 \times 50 = 5V$가 된다. 직렬 RLC 회로의 전체 최대전압을 정확히 구한 값이다.
③ X: 10 V는 유도성과 용량성 리액턴스가 서로 상쇄된다는 점을 놓치고 리액턴스를 잘못 합성했을 때 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 리액턴스를 단순 가산한 점이며, 올바르게는 X_L과 X_C는 반대 성질이므로 $60 - 20 = 40\Omega$로 처리해야 한다.
④ X: 50 V는 임피던스 50Ω를 전압값으로 혼동한 경우이다. 틀린 표현은 전압 계산에서 전류 $0.1A$를 빠뜨린 점이며, 올바르게는 $V_{\max} = 0.1 \times 50 = 5V$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 X_L과 X_C를 같은 방향으로 더하는 것이다. 직렬 RLC 회로에서는 두 리액턴스가 서로 반대 성질이므로 $X_L - X_C$를 먼저 구해야 한다. 또 임피던스 Ω와 전압 V를 같은 수치로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 RLC 계산형은 X_L과 X_C를 먼저 구하고, 두 값의 차로 순리액턴스를 만든 뒤, R과 함께 임피던스 Z를 계산하고 마지막에 $V = IZ$를 적용하는 순서로 판단한다.

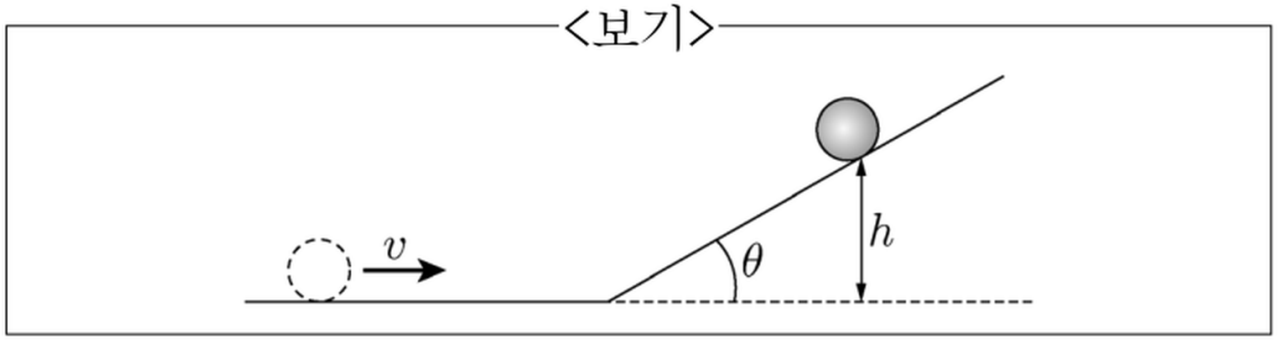
암기 포인트

직렬 RLC 회로는 $X_L - X_C$를 먼저 보고, 전체 전압은 $V = IZ$로 마무리한다.

NoteBase

문 12. <보기>와 같이 질량이 M이고 반지름이 R인 균일한 구가 수평면에서 v의 속력으로 미끄러지지 않고 굴러가다가 빗면을 따라 굴러 올라간다. 마찰에 의한 손실을 무시할 경우 공이 멈추게 되는 높이 h는? (단, 질량이 M이고 반지름이 R인 균일한 구의 회전관성은 $\frac{2}{5}MR^2$이다.)

<보기>



① $\frac{10v^2}{7g}$
② $\frac{2v^2}{g}$
③ $\frac{v^2}{2g}$
④ $\frac{7v^2}{10g}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 미끄러지지 않고 구르는 균일한 구의 병진 운동에너지와 회전 운동에너지를 합한 뒤 역학적 에너지 보존으로 최대 높이 h를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 M, 반지름 R, 초기 속력 v, 중력가속도 g, 회전관성 $I = \frac{2}{5}MR^2$이다.
구해야 할 값: 공이 멈추는 높이 h이다.
주의할 조건: 공은 미끄러지지 않고 구르므로 $\omega = \frac{v}{R}$가 성립하고, 초기 에너지는 병진과 회전을 모두 포함한다.

사용할 공식

사용할 공식은 역학적 에너지 보존식
$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = Mgh$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 마찰에 의한 손실을 무시하므로 초기의 전체 운동에너지가 경사면 위에서 중력 위치에너지로 바뀐다. 이때 구름운동이므로 회전 운동에너지까지 함께 보존식에 넣어야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 병진 운동에너지는 $\frac{1}{2}Mv^2$이다.
2. 회전 운동에너지는
$\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{2}{5}MR^2\cdot\left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{1}{5}Mv^2$
이다.
3. 초기 전체 운동에너지는
$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{5}Mv^2 = \frac{7}{10}Mv^2$
이다.
4. 최고점에서 순간적으로 정지하므로
$Mgh = \frac{7}{10}Mv^2$
이고,
$h = \frac{7v^2}{10g}$
이다.

선지별 해설

① X
$\frac{10v^2}{7g}$는 $Mgh = \frac{7}{10}Mv^2$에서 계수 $\frac{7}{10}$을 뒤집어 계산한 값이다. 올바른 높이는 $h = \frac{7v^2}{10g}$이다.

② X
$\frac{2v^2}{g}$라면 $Mgh = 2Mv^2$가 되어 초기 전체 운동에너지 $\frac{7}{10}Mv^2$와 전혀 맞지 않는다. 병진과 회전 에너지의 계수를 잘못 더한 오답이다. 올바른 높이는 $h = \frac{7v^2}{10g}$이다.

③ X
$\frac{v^2}{2g}$는 $\frac{1}{2}Mv^2 = Mgh$만 써서 회전 운동에너지 $\frac{1}{5}Mv^2$를 빠뜨린 값이다. 미끄러지지 않는 구름운동에서는 회전 에너지도 반드시 포함해야 하므로 올바른 높이는 $h = \frac{7v^2}{10g}$이다.

④ O
초기 전체 운동에너지는 $\frac{7}{10}Mv^2$이고, 이것이 모두 위치에너지 Mgh로 바뀌므로 $h = \frac{7v^2}{10g}$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 구름운동인데도 병진 운동에너지만 넣거나, $I = \frac{2}{5}MR^2$와 $\omega = \frac{v}{R}$를 대입한 뒤 계수 $\frac{7}{10}$를 뒤집는 데 있다. 특히 ③은 회전 에너지를 빠뜨린 대표적 오답이고, ①은 최종 정리에서 분수 계수를 거꾸로 쓴 오답이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

구름운동 계산형은 먼저 미끄럼 없음 조건 $\omega = \frac{v}{R}$를 확인하고, 다음에 병진 에너지와 회전 에너지를 따로 계산해 합한 뒤, 마지막에 에너지 보존식으로 높이나 속력을 연결하는 순서로 판단한다.

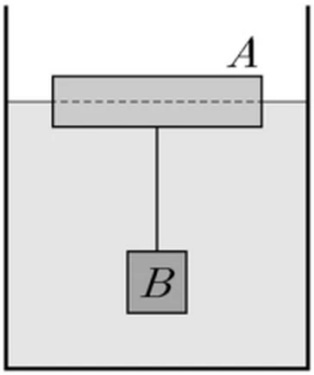
암기 포인트

균일한 구의 구름운동 총에너지는 $\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{5}Mv^2 = \frac{7}{10}Mv^2$이다.

NoteBase

문 13. <보기>와 같이 물체 B가 물에 잠겨서 물체 A를 당기고 있을 때, 물체 A의 부피의 절반이 물에 잠긴 상태로 평형을 이루고 있다. 물체 A의 부피가 물체 B의 부피의 4배이고 물체 B의 밀도가 물 밀도의 2배라고 하면, 물체 A의 밀도는?

<보기>



① 물 밀도의 0.25배

② 물 밀도의 0.5배

③ 물 밀도의 2배

④ 물 밀도의 4배

정답 1번

출제 포인트

부력과 무게의 평형을 이용해 연결된 두 물체의 전체 계에서 물체 A의 밀도를 구하는 문제이다.

조건 정리

물의 밀도를 ρ, 물체 B의 부피를 V라고 두면 물체 A의 부피는 $4V$이다.
물체 B의 밀도는 2ρ이고, 물체 A는 부피의 절반인 $2V$만큼 물에 잠겨 있다.
물체 B는 물속에 완전히 잠겨 있으므로 B에도 부력이 작용한다.

사용할 공식

평형 상태에서는 전체 계에 대해 위쪽 부력의 합과 아래쪽 무게의 합이 같다.
부력 = ρ g V_잠긴 부분, 무게 = _물체 g V_물체
이 문제는 줄의 장력이 내부힘이므로 A와 B를 하나의 계로 보면 소거되고, 외력인 부력과 무게만 비교하면 된다.

NoteBase

계산 과정

물체 A가 받는 부력은 $\rho g \times 2V = 2\rho gV$이다.
물체 B가 받는 부력은 $\rho g \times V = \rho gV$이다.
따라서 전체 부력은 $3\rho gV$이다.
전체 무게는 $\rho_A g \times 4V + 2\rho g \times V = 4\rho_A gV + 2\rho gV$이다.
평형식은 $3\rho gV = 4\rho_A gV + 2\rho gV$이고, 정리하면
$\rho gV = 4\rho_A gV$
$\rho_A = \frac{\rho}{4}$
따라서 물체 A의 밀도는 물 밀도의 0.25배이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 물체 A의 밀도는 $\rho/4$이므로 물 밀도의 0.25배가 맞다.
② X: 물체 A가 혼자 절반 잠겨 있을 때만 밀도가 물의 0.5배가 된다. 이 문제에서는 B의 무게가 A를 아래로 당기므로 A의 밀도는 그보다 더 작아야 한다. 틀린 표현은 '물 밀도의 0.5배'이고, 올바르게는 '물 밀도의 0.25배'이다.
③ X: 물체 A의 밀도가 물의 2배이면 물보다 무거워 떠 있을 수 없고, 절반만 잠긴 평형도 성립하지 않는다. 틀린 표현은 '물 밀도의 2배'이고, 올바르게는 '물 밀도의 0.25배'이다.
④ X: 물체 A의 밀도가 물의 4배이면 더더욱 부유할 수 없다. 틀린 표현은 '물 밀도의 4배'이고, 올바르게는 '물 밀도의 0.25배'이다.

오답 포인트

물체 B가 물속에 잠겨 있으므로 B의 무게만 더하고 B의 부력을 빼먹기 쉽다. 또한 A가 절반 잠겼다는 사실만 보고 곧바로 $\rho_A = 0.5\rho$로 두면 연결된 B의 영향을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

연결된 두 물체의 평형 문제는 먼저 전체 계로 묶어 내부힘인 장력을 없애고, 각 물체의 잠긴 부피로 전체 부력을 구한 뒤 전체 무게와 같게 놓아 판단한다.

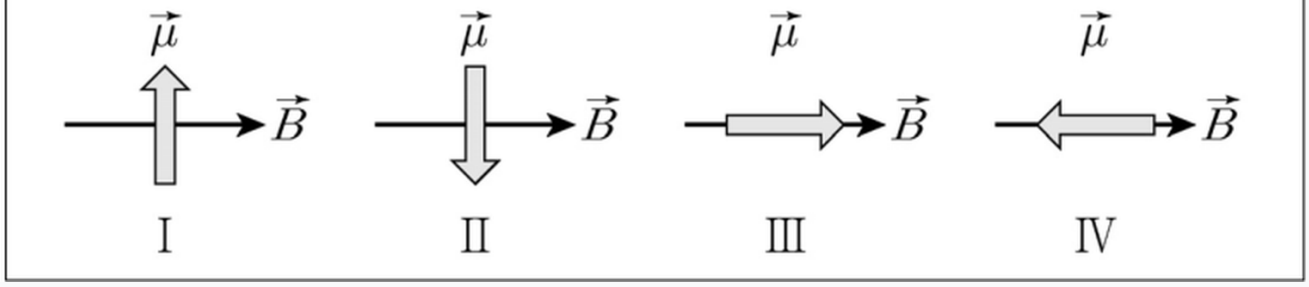
암기 포인트

물에 잠긴 연결계는 '전체 부력 = 전체 무게'로 본다. 떠 있는 물체의 잠긴 비율만 보지 않고 연결된 물체의 부력까지 함께 계산한다.

NoteBase

문 14. <보기>는 균일한 자기장 $\vec{B}$ 하에 놓인 자기 쌍극자 $\vec{\mu}$를 나타낸다. 이들 중 퍼텐셜 에너지가 가장 큰 경우는?

<보기>



① I

② II

③ III

④ IV

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 자기쌍극자 $\vec{\mu}$와 자기장 $\vec{B}$ 사이의 각도 θ에 따라 퍼텐셜 에너지 $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B} = -\mu B \cos\theta$가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

I는 $\vec{\mu}$가 위쪽, $\vec{B}$가 오른쪽이므로 서로 수직이다. 따라서 $\theta = 90^\circ$이고 $\cos 90^\circ = 0$이어서 퍼텐셜 에너지는 0이다. 최대가 아니다. 틀린 표현은 I가 가장 크다는 판단이고, 올바르게는 I의 퍼텐셜 에너지는 0이다.

② X

II도 $\vec{\mu}$가 아래쪽, $\vec{B}$가 오른쪽이므로 역시 서로 수직이다. 따라서 $\theta = 90^\circ$이고 퍼텐셜 에너지는 0이다. 최대가 아니다. 틀린 표현은 II가 가장 크다는 판단이고, 올바르게는 II의 퍼텐셜 에너지도 0이다.

③ X

III은 $\vec{\mu}$와 $\vec{B}$가 나란한 방향이므로 $\theta = 0^\circ$이다. 따라서 $U = -\mu B$가 되어 퍼텐셜 에너지가 가장 작다. 틀린 표현은 III이 최대라는 판단이고, 올바르게는 III은 최소 퍼텐셜 에너지 상태이다.

④ O

IV는 $\vec{\mu}$가 왼쪽, $\vec{B}$가 오른쪽이므로 서로 반대 방향이다. 따라서 $\theta = 180^\circ$, $\cos 180^\circ = -1$이어서 $U = +\mu B$가 된다. 네 경우 중 퍼텐셜 에너지가 가장 큰 상태이므로 옳다.

오답 포인트

위쪽과 아래쪽으로 그려진 I, II가 서로 달라 보여도 둘 다 자기장과 이루는 각은 90°라는 점이 함정이다. 또한 $\vec{\mu}$와 $\vec{B}$가 같은 방향이면 안정한 최소 에너지, 반대 방향이면 불안정한 최대 에너지라는 부호 판단을 뒤집기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

자기쌍극자 퍼텐셜 에너지는 먼저 $\vec{\mu}$와 $\vec{B}$의 상대각만 본다. 그다음 $U = -\mu B\cos\theta$에 따라 평행이면 최소, 수직이면 0, 반평행이면 최대로 판단하면 된다.

암기 포인트

자기쌍극자 퍼텐셜 에너지는 평행 최소, 수직 0, 반평행 최대이다.

NoteBase

문 15. 슬릿 사이 간격이 d만큼 떨어진 이중 슬릿에 파장이 λ인 결맞은 빛을 비추었다. 슬릿으로부터 거리 $L(L \gg d)$만큼 떨어진 곳에 있는 스크린에 나타난 간섭무늬 사이의 간격은? (단, 슬릿 하나의 폭은 $a(a < d)$이다.)

① $a\lambda/L$

② $d\lambda/L$

③ $L\lambda/d$

④ $L\lambda/a$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이중 슬릿 간섭에서 스크린에 생기는 인접한 밝은 무늬의 간격 Δy를 구하는 공식을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 슬릿 사이 간격은 d, 빛의 파장은 λ, 슬릿에서 스크린까지 거리는 L이다.
구해야 할 값: 스크린에 나타난 간섭무늬 사이의 간격 Δy이다.
주의할 조건: $L \gg d$ 이므로 작은각 근사를 적용할 수 있다. 슬릿 하나의 폭 a는 간섭무늬 간격이 아니라 회절 포락선의 폭과 관련된다.

사용할 공식

$\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$
이 공식은 이중 슬릿의 보강간섭 조건 $d\sin\theta = m\lambda$와 작은각 근사 $y \approx L\theta$를 결합하면 얻어진다. 따라서 간섭무늬 간격은 L과 λ에 비례하고, 슬릿 간격 d에 반비례한다.

계산 과정

1. m번째 밝은 무늬는 $d\sin\theta = m\lambda$를 만족한다.
2. $L \gg d$ 이므로 $\sin\theta \approx \theta$, $y_m \approx L\theta$이어서 $y_m \approx \frac{mL\lambda}{d}$가 된다.
3. 인접한 밝은 무늬 사이 간격은 $\Delta y = y_{m+1} - y_m = \frac{L\lambda}{d}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $a\lambda/L$는 간섭무늬 간격 식이 아니다. 틀린 표현은 분모에 L이 들어가고 슬릿 폭 a를 사용한 부분이다. 올바르게는 간섭무늬 간격이 $\frac{L\lambda}{d}$이다.
② X: $d\lambda/L$는 L과 d의 위치를 거꾸로 쓴 식이다. 스크린이 멀수록 무늬 간격은 넓어져야 하므로 L이 분자에 와야 한다. 올바르게는 $\frac{L\lambda}{d}$이다.
③ O: 이중 슬릿 간섭무늬의 간격은 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$이므로 옳다.
④ X: $L\lambda/a$는 슬릿 폭 a와 관련된 단일 슬릿 회절 포락선의 폭을 떠올리게 하는 식이지, 이중 슬릿 간섭무늬 사이 간격 식이 아니다. 틀린 표현은 슬릿 간격 d 대신 슬릿 폭 a를 넣은 부분이다. 올바르게는 $\frac{L\lambda}{d}$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 슬릿 사이 간격 d와 슬릿 하나의 폭 a를 혼동하는 데 있다. 간섭무늬 간격은 d가 결정하고, a는 회절 포락선의 넓이를 결정한다. 또 L이 멀어질수록 무늬 간격이 넓어진다는 물리적 방향성을 함께 확인하면 ② 같은 역비례 오답을 걸러낼 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

이중 슬릿에서 무엇이 간섭무늬 간격을 정하는지 먼저 본다. 슬릿 사이 거리 d가 보이면 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$를 떠올리고, 슬릿 폭 a가 보이면 그것은 회절 포락선과 관련된 정보인지 점검하는 방식으로 판단한다.

암기 포인트

이중 슬릿 간섭무늬 간격은 $L\lambda/d$이고, d는 간섭, a는 회절을 결정한다.

NoteBase

문 16. 파장 λ의 빛을 어느 금속에 쬐었을 때 금속 표면에서 튀어나오는 전자의 처음 속력은? (단, 금속의 일함수는 W, 광속은 c, 전자의 질량은 m, 플랑크 상수는 h이다.)

① $\sqrt{\frac{\lambda m}{2hc} - \frac{m}{2W}}$
② $\sqrt{\frac{2hc}{\lambda m} + \frac{2W}{m}}$
③ $\sqrt{\frac{2hc}{\lambda m} - \frac{2W}{m}}$
④ $\sqrt{\frac{\lambda m}{2hc} + \frac{m}{2W}}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 광전효과의 에너지 보존식으로 방출 전자의 처음 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 빛의 파장 λ, 금속의 일함수 W, 광속 c, 전자 질량 m, 플랑크 상수 h이다.
구해야 할 값: 광전자의 처음 속력 v이다.
주의할 조건: 광자의 에너지 $\frac{hc}{\lambda}$에서 일함수 W를 뺀 나머지가 전자의 운동에너지 $\frac{1}{2}mv^2$가 된다.

사용할 공식

사용할 공식은 $\frac{hc}{\lambda} = W + \frac{1}{2}mv^2$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 광전효과에서 광자 1개의 에너지가 금속에서 전자를 꺼내는 데 필요한 일함수와 방출 전자의 운동에너지로 나뉘기 때문이다.

계산 과정

에너지 보존식에서 운동에너지를 정리하면 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{hc}{\lambda} - W$ 이다.
양변에 $\frac{2}{m}$을 곱하면 $v^2 = \frac{2hc}{\lambda m} - \frac{2W}{m}$ 이다.
따라서 처음 속력은 $v = \sqrt{\frac{2hc}{\lambda m} - \frac{2W}{m}}$ 이다.

선지별 해설

① X: 식이 $\sqrt{\frac{\lambda m}{2hc} - \frac{m}{2W}}$ 꼴이면 정답식의 각 항을 거꾸로 뒤집은 형태이다. 광자 에너지와 일함수 항은 각각 $\frac{2hc}{\lambda m}$, $\frac{2W}{m}$로 들어가야 하므로 올바르게는 $\sqrt{\frac{2hc}{\lambda m} - \frac{2W}{m}}$ 이다.
② X: 일함수 W는 전자를 꺼내는 데 먼저 소모되는 에너지이므로 더하는 것이 아니라 빼야 한다. 올바르게는 $\sqrt{\frac{2hc}{\lambda m} - \frac{2W}{m}}$ 이다.
③ O: $\frac{hc}{\lambda} = W + \frac{1}{2}mv^2$에서 정리하면 $v = \sqrt{\frac{2hc}{\lambda m} - \frac{2W}{m}}$ 가 되므로 맞다.
④ X: ①과 마찬가지로 각 항의 분자와 분모를 뒤집은 뒤 부호까지 잘못 처리한 식이다. 올바른 식은 $\sqrt{\frac{2hc}{\lambda m} - \frac{2W}{m}}$ 이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 함정은 일함수 W를 광자 에너지에 더하는 실수와, v^2를 정리하는 과정에서 $\frac{2}{m}$을 곱해야 할 자리에 역수 형태를 만드는 실수이다. 이 문항은 두 함정을 선지 ②와 ①·④에 나누어 배치한 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

광전효과 속력 문제는 먼저 $\frac{hc}{\lambda}$를 광자 에너지로 보고, 그다음 $\frac{hc}{\lambda} - W = \frac{1}{2}mv^2$ 순서로 정리하면 된다.
마지막에는 일함수는 반드시 빼는 항인지, 속력을 구할 때 $\frac{2}{m}$이 곱해졌는지를 확인하면 된다.

암기 포인트

광전효과는 광자 에너지 = 일함수 + 전자 운동에너지, 즉 $\frac{hc}{\lambda} = W + \frac{1}{2}mv^2$이다.

NoteBase

문 17. 무한히 넓은 평면에 전하가 균일하게 분포하고 있을 때 전기장에 관한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 전기장의 세기는 주위의 유전율에 따라 달라진다.

② 전하면으로부터 멀어지면, 전기장의 세기는 약해진다.

③ 전기장의 방향은 전하가 놓인 면에 수직한 방향이다.

④ 전기장의 세기는 전하밀도에 비례한다.

정답 2번

출제 포인트

무한히 넓은 균일 평면전하가 만드는 전기장은 거리와 무관하게 일정하고, 면에 수직이며, 전하밀도와 유전율에 의해 결정된다는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

무한 평면전하의 전기장은 평면의 각 지점에 전하가 균일하게 퍼져 있을 때 생기는 장으로, 이상적으로는 거리와 무관하게 일정하다. 결정 차이축은 거리 의존성과 방향이다. 전기장의 크기는 전하밀도 σ에 비례하고 주변 매질의 유전율 ε에 반비례하며, 방향은 전하가 놓인 면에 수직이다.

선지별 해설

① O이다. 무한 평면전하의 전기장 크기는 $E = \sigma/(2\varepsilon)$로 나타나므로 주위 매질의 유전율이 바뀌면 전기장 세기도 달라진다.
② X이다. 틀린 부분은 "전하면으로부터 멀어지면, 전기장의 세기는 약해진다"이다. 무한히 넓은 균일 평면전하가 만드는 전기장은 이상적으로 거리와 무관하게 일정하므로, 올바르게는 "전하면으로부터 멀어져도 전기장의 세기는 변하지 않는다"이다.
③ O이다. 무한 평면전하의 전기장은 대칭성 때문에 전하가 분포한 면에 평행한 성분이 상쇄되고, 면에 수직한 성분만 남는다.
④ O이다. 전기장 크기는 $E = \sigma/(2\varepsilon)$이므로 전하밀도 σ가 클수록 전기장도 비례하여 커진다.

오답 포인트

점전하나 선전하의 경우처럼 거리와 함께 전기장이 약해진다는 감각을 그대로 적용하면 ②에 속기 쉽다. 이 문항은 "무한히 넓은 평면"이라는 이상화 조건 때문에 거리 의존성이 사라진다는 점을 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

무한하고 균일한 평면전하라는 조건이 보이면 먼저 전기장 방향은 면에 수직인지, 크기는 거리와 무관한지, 그리고 전하밀도와 유전율에 의해 정해지는지부터 확인하면 된다.

NoteBase

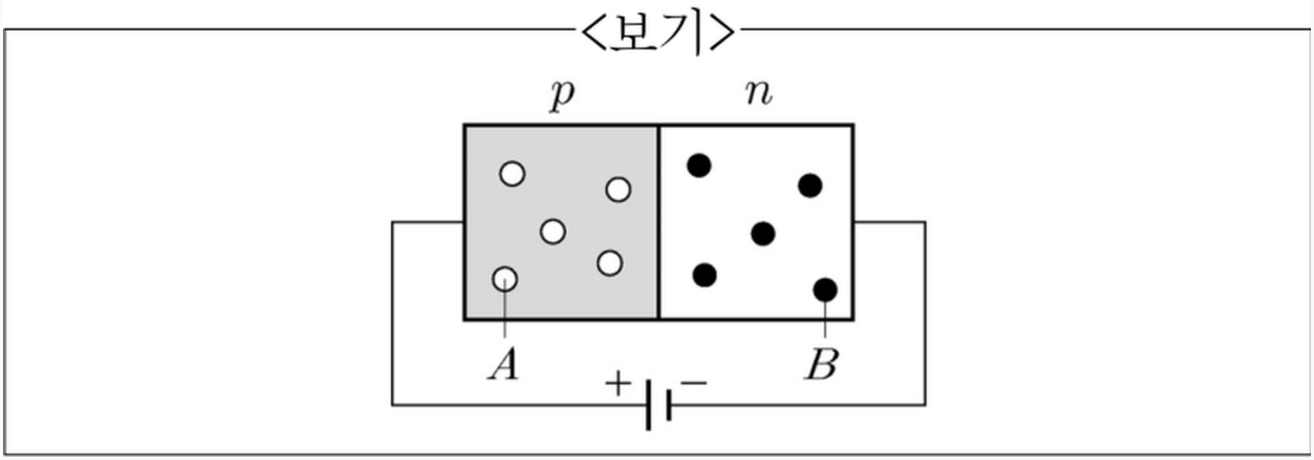
암기 포인트

무한 평면전하장은 수직 방향, 거리 무관, $E \propto \sigma$, $E \propto 1/\varepsilon$이다.

NoteBase

문 18. <보기>는 p형 반도체와 n형 반도체가 접합된 상태에서 전압이 인가된 회로도이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>



① 전압이 증폭된다.

② 전류가 잘 흐른다.

③ p형 반도체의 반송자인 A는 정공(hole)이다.

④ n형 반도체의 반송자인 B는 전자(electron)이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 p형과 n형 반도체가 접합된 다이오드 회로에서 전지의 극성으로 순방향 바이어스가 걸렸는지를 도식으로 파악하고, 그때의 전류 흐름과 반송자를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

1번 X: 이 회로는 p형 쪽이 전지의 +극, n형 쪽이 -극에 연결된 순방향 바이어스 상태이므로 공핍층이 줄어들어 전류가 잘 흐르는 다이오드이다. 다이오드는 정류 소자이며 전압을 증폭하지 않는다. 틀린 표현은 '전압이 증폭된다'이고, 올바르게는 '전류가 잘 흐른다' 또는 '공핍층이 감소한다'이다.
2번 O: 순방향 바이어스에서는 p형의 정공과 n형의 전자가 접합부 쪽으로 밀려 공핍층이 얇아지고 전류가 쉽게 흐른다. 따라서 전류가 잘 흐른다는 설명은 옳다.
3번 O: p형 반도체의 다수 반송자는 정공이다. 그림에서 p형 영역의 A는 흰 점으로 표시된 정공을 가리키므로 옳다.
4번 O: n형 반도체의 다수 반송자는 전자이다. 그림에서 n형 영역의 B는 검은 점으로 표시된 전자를 가리키므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

반도체 소자라는 말만 보고 증폭 작용을 떠올리면 1번에 끌리기 쉽다. 그러나 그림은 트랜지스터가 아니라 p-n 접합 다이오드이고, p에 +극, n에 -극이 연결된 순방향 바이어스이므로 핵심은 증폭이 아니라 공핍층 감소와 전류 흐름 증가이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전지의 극성이 p형과 n형에 어떻게 연결되었는지 본다. p에 +극, n에 -극이면 순방향 바이어스이므로 공핍층이 줄고 전류가 잘 흐른다고 판단하면 된다. 증폭 여부는 다이오드가 아니라 트랜지스터에서 먼저 검토하는 성질이다.

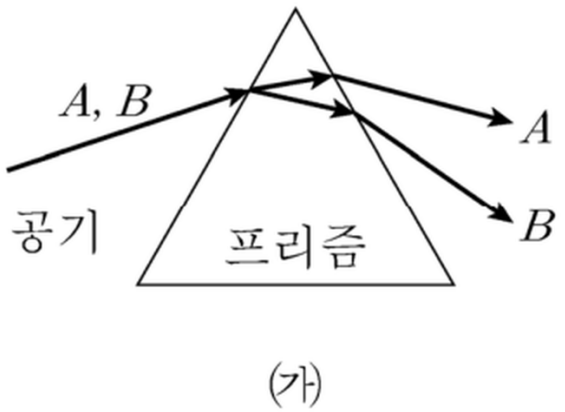
암기 포인트

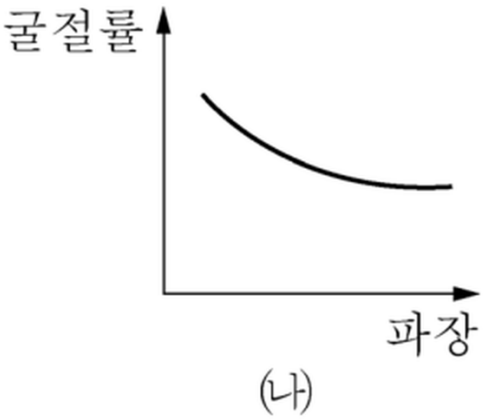
p에 +, n에 -이면 순방향 바이어스, 공핍층 감소, 전류 O이며 증폭은 다이오드가 아니라 트랜지스터의 기능이다.

NoteBase

문 19. <보기>의 (가)는 프리즘의 동작원리, (나)는 굴절률과 파장의 관계를 나타낸다. 이를 분석한 내용으로 가장 옳은 것은?

<보기>





① A의 파장이 B의 파장보다 길다.

② 공기를 지날 때 A가 B보다 빠르게 진행한다.

③ 프리즘을 지날 때 A가 B보다 느리게 진행한다.

④ A광선의 굴절률이 B광선의 굴절률보다 크다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 프리즘에서 더 많이 꺾이는 빛일수록 파장이 짧고 굴절률이 크다는 분산 원리와, 같은 매질에서 빛의 속력은 $v = c/n$으로 정해진다는 관계를 도식으로 연결할 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

1번 O: 그림 (가)에서 B가 A보다 더 아래로 크게 꺾이므로 B가 더 많이 굴절한 빛이다. 그림 (나)에서 파장이 짧을수록 굴절률이 크므로 더 많이 굴절한 B의 파장이 더 짧고, 따라서 A의 파장이 B보다 길다.
2번 X: 공기 중에서는 A와 B가 같은 매질을 지나므로 진행 속력은 같다고 본다. 틀린 표현은 "A가 B보다 빠르게"이고, 올바르게는 "공기를 지날 때 A와 B의 속력은 같다"이다.
3번 X: 프리즘 내부에서는 굴절률이 큰 빛이 더 느리다. B가 A보다 더 많이 굴절했으므로 $n_B > n_A$이고 $v = c/n$에 따라 $v_B < v_A$이다. 틀린 표현은 "A가 B보다 느리게"이고, 올바르게는 "프리즘을 지날 때 A가 B보다 빠르게 진행한다"이다.
4번 X: 더 많이 꺾인 B의 굴절률이 더 크다. 틀린 표현은 "A광선의 굴절률이 B광선의 굴절률보다 크다"이고, 올바르게는 "B광선의 굴절률이 A광선의 굴절률보다 크다"이다.

NoteBase

오답 포인트

프리즘에서 굴절이 큰 빛과 파장, 굴절률, 속력의 연결을 한 번에 뒤집어 생각하면 틀린다. 특히 공기 중 속력까지 색마다 다르다고 착각하거나, 프리즘 내부에서 굴절률이 큰 빛이 더 빠르다고 거꾸로 연결하면 2번과 3번에서 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 프리즘에서 어느 빛이 더 크게 꺾였는지를 본다. 그다음 더 크게 꺾인 빛은 굴절률이 크고 파장이 짧다고 연결한다. 마지막으로 속력은 같은 매질에서만 비교하며 $v = c/n$을 적용해 굴절률이 큰 빛이 더 느리다고 판단한다.

암기 포인트

프리즘에서 더 많이 꺾일수록 짧은 파장, 큰 굴절률, 느린 속력이다.

NoteBase

문 20. 0°C, 2 g의 얼음이 같은 온도에서 물로 바뀌었다면, 이때 엔트로피의 변화량[J/K]은? (단, 잠열은 335 J/g이다.)

① 3.35
② $\frac{670}{273}$
③ $\frac{335}{273}$
④ $\frac{33.5}{273}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 0°C에서 일어나는 융해 과정에 대해 $\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T}$를 적용하여 엔트로피 변화량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 2 g, 온도 0°C, 잠열 335 J/g
구해야 할 값: 엔트로피 변화량 ΔS
주의할 조건: 엔트로피 식의 온도는 섭씨가 아니라 절대온도 273 K를 사용한다.

사용할 공식

$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T}, \quad Q_{\text{rev}} = mL$
이 공식을 쓰는 이유: 같은 온도에서 얼음이 물로 바뀌는 과정은 상변화이므로 온도는 일정하고, 가역적으로 출입한 잠열을 절대온도로 나누면 엔트로피 변화량이 된다.

계산 과정

1. 융해에 필요한 열량은 $Q = mL = 2 \times 335 = 670\text{J}$이다.
2. 0°C는 절대온도로 273 K이다.
3. 따라서 엔트로피 변화량은 $\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{670}{273}\text{J/K}$이다.

선지 판단

1번 X: 제시값 3.35는 융해에 필요한 총열량 670 J와 절대온도 273 K를 함께 반영한 결과가 아니다. 올바른 값은 $\frac{670}{273}\text{J/K}$이다.
2번 O: $Q = 670\text{J}$, $T = 273\text{K}$이므로 $\Delta S = \frac{670}{273}\text{J/K}$가 된다.
3번 X: $\frac{335}{273}$은 질량 2 g를 빠뜨리고 1 g의 얼음만 녹인 것처럼 계산한 값이다. 올바르게는 $Q = 2 \times 335 = 670\text{J}$이므로 $\frac{670}{273}$이어야 한다.
4번 X: $\frac{33.5}{273}$은 잠열 335 J/g를 33.5 J/g로 잘못 옮긴 값이다. 문제의 잠열은 335 J/g이므로 엔트로피 변화량은 $\frac{670}{273}\text{J/K}$이다.

NoteBase

오답 포인트

상변화 문제에서 질량 2 g를 빠뜨리거나, 0°C를 그대로 0으로 넣거나, 잠열 값을 잘못 옮기면 오답이 된다. 이 문항은 특히 절대온도 사용과 $Q = mL$ 계산을 함께 확인하는 함정을 두고 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

상변화 엔트로피 문제는 먼저 $Q = mL$로 총열량을 구하고, 그다음 온도를 반드시 절대온도로 바꾼 뒤 $\Delta S = Q/T$를 적용하면 된다.

암기 포인트

상변화에서는 $\Delta S = \frac{mL}{T}$이고, 온도는 항상 절대온도이다.