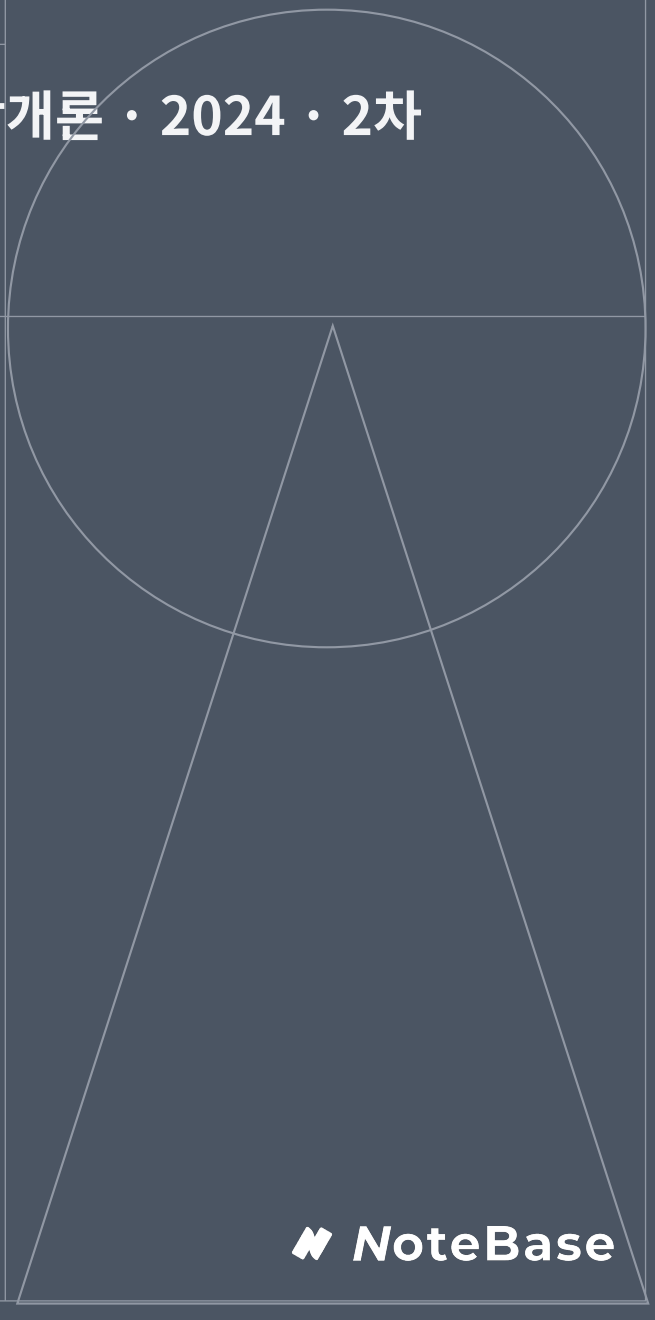
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2024 · 2차



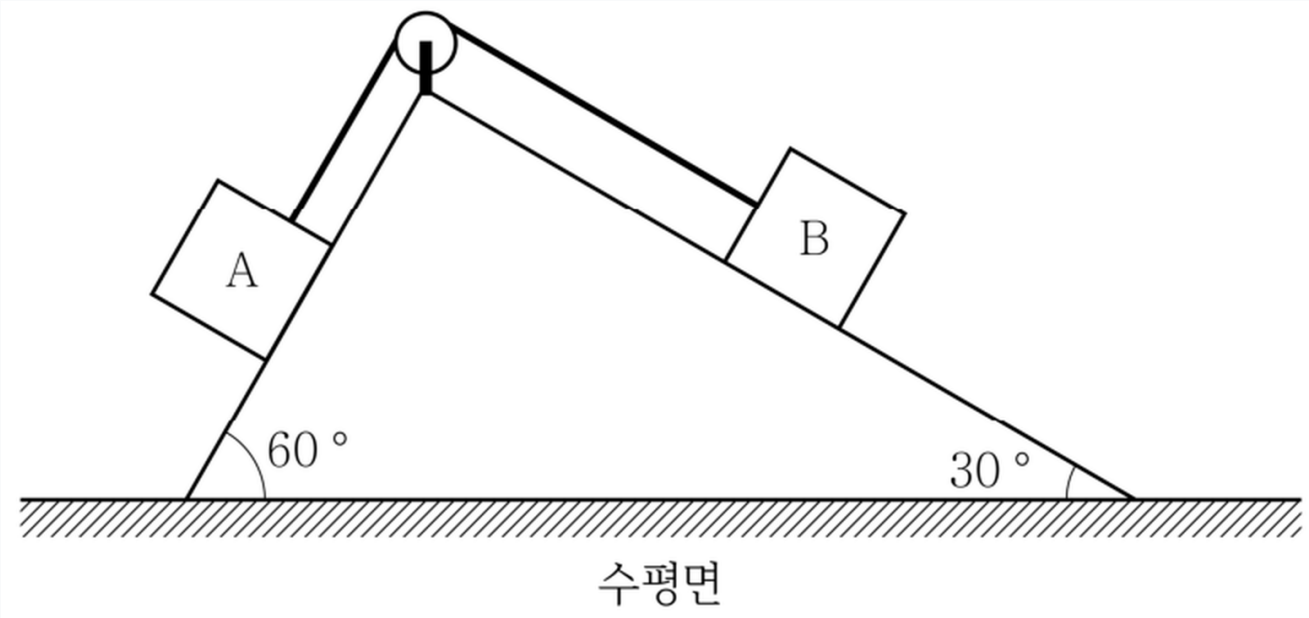
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2024 · 2차

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2024 · 2차

문 1. 그림과 같이 수평면에 대해 $60\,^{\circ}$와 $30\,^{\circ}$로 기울어진 두 경사면 위에 가벼운 바퀴와 줄로 연결된 두 물체, A와 B가 정지해 있다. A와 B의 질량이 각각 m_A와 m_B이면, 물체의 질량비 $\left(\frac{m_B}{m_A}\right)$는? (단, 줄은 경사면과 평행하고 마찰은 무시한다)



① $\frac{1}{2}$

② $\frac{\sqrt{3}}{3}$

③ $\sqrt{3}$

④ 2

정답 3번

출제 포인트

마찰이 없는 경사면에서 정지한 두 물체의 평형 조건을 세우고, 경사면 방향 중력 성분 $mg\sin\theta$를 이용해 질량비를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: A는 60° 경사면, B는 30° 경사면 위에 있고 두 물체는 가벼운 바퀴와 줄로 연결되어 정지해 있다.
구해야 할 값: m_B/m_A이다.
주의할 조건: 줄은 경사면과 평행하고 마찰이 없으므로 각 물체에 대해 경사면 방향 힘만 보면 된다.

사용할 공식

경사면을 따라 작용하는 중력 성분은 $mg\sin\theta$이다.
정지 상태이므로 두 물체에 작용하는 장력 T가 각각의 경사면 방향 중력 성분과 같아진다. 따라서
$T = m_A g\sin 60^\circ, \quad T = m_B g\sin 30^\circ$
이 식을 같게 두어 질량비를 구한다.

계산 과정

1. A에 대해 평형식을 세우면 $T = m_A g\sin 60^\circ$이다.
2. B에 대해 평형식을 세우면 $T = m_B g\sin 30^\circ$이다.
3. 두 식을 같게 두면 $m_A g\sin 60^\circ = m_B g\sin 30^\circ$이다.
4. g를 약분하면
$\frac{m_B}{m_A} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3}$
이므로 질량비는 $\sqrt{3}$이다.

선지별 해설

① X: 질량비는 1/2가 아니라 $\sqrt{3}$이다. 1/2는 $\sin 30^\circ$만 따로 보거나 두 물체의 평형식을 연결하지 못했을 때 나오는 값이다. 올바르게는 $m_B/m_A = \sin 60^\circ/\sin 30^\circ$로 계산한다.
② X: 질량비는 $\sqrt{3}/3$이 아니라 $\sqrt{3}$이다. $\sqrt{3}/3$은 구하려는 비를 거꾸로 써서 m_A/m_B를 계산했을 때의 값이다. 올바르게는 문제에서 요구한 비가 m_B/m_A임을 확인해야 한다.
③ O: $m_B/m_A = \sin 60^\circ/\sin 30^\circ = \sqrt{3}$이므로 옳다. 두 물체가 정지해 있으므로 장력이 같다는 평형 조건을 정확히 적용한 결과이다.
④ X: 질량비는 2가 아니라 $\sqrt{3}$이다. 2는 각도 $60^\circ : 30^\circ$를 그대로 비로 읽는 실수에서 나오기 쉽다. 올바르게는 각도 자체가 아니라 사인값 $\sin 60^\circ$, $\sin 30^\circ$를 비교해야 한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 각도 크기와 경사면 방향 중력 성분을 혼동하는 데 있다. 또한 문제에서 묻는 비가 m_B/m_A인데 이를 m_A/m_B로 거꾸로 쓰면 $\sqrt{3}/3$이 되어 선지 ②에 걸리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

경사면 평형 문제는 각 물체마다 경사면 방향 힘만 따로 적고, 정지이면 장력 또는 반대힘을 같게 둔다. 그다음 각도는 직접 비교하지 말고 반드시 $\sin\theta$ 또는 $\cos\theta$로 바꾼 뒤 비를 계산한다.

NoteBase

암기 포인트

마찰 없는 경사면 평형은 경사면 방향 중력 성분 $mg\sin\theta$를 먼저 쓰고, 질량비는 사인값의 비로 정리된다.

문 2. 금속 표면에 빛을 비추고 주파수를 점점 증가시키면서 방출되는 광전자의 속력 분포를 측정한다. 주파수가 f_0가 되었을 때 처음으로 광전자가 표면에서 방출되기 시작한다. 주파수가 $2f_0$에 이르자 광전자의 최대 속력이 v로 측정된다. 주파수가 $4f_0$인 빛이 가해질 때, 광전자의 최대 속력은?

① v

② $\sqrt{2}v$

③ $\sqrt{3}v$

④ $2v$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 광전효과에서 최대 운동에너지 $K_{max} = h(f - f_0)$와 속력 관계 K_=12 mv^2를 연결해 새로운 최대 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 문턱진동수는 f_0이다.
- $f = f_0$에서 광전자가 처음 방출되므로 이때 $K_{max} = 0$이다.
- $f = 2f_0$일 때 최대 속력은 v이다.

구해야 할 값:
- $f = 4f_0$일 때 광전자의 최대 속력이다.

주의할 조건:
- 최대 속력은 주파수에 비례하지 않고 최대 운동에너지의 제곱근에 비례한다.

사용할 공식

광전효과 식은 $K_{max} = hf - \phi = h(f - f_0)$이다.
또한 속력과 운동에너지의 관계는 K_=12 mv^2이다.
이 공식을 쓰는 이유:
문제는 주파수가 바뀔 때 광전자의 최대 운동에너지가 어떻게 변하는지를 먼저 구한 뒤, 그 값을 속력으로 바꾸어야 하는 상황이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $f = 2f_0$일 때 최대 운동에너지는
$K_{\max} = h(2f_0 - f_0) = hf_0$
이다.
2. 이때 최대 속력이 v이므로
12 mv^2=hf_0
가 된다.
3. $f = 4f_0$일 때 최대 운동에너지는
$K_{\max} = h(4f_0 - f_0) = 3hf_0$
이다.
4. 따라서
12 mv'^2=3hf_0=3≤ft(12 mv^2)
이므로
$v'^2 = 3v^2, \quad v' = \sqrt{3}v$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- v는 $f = 2f_0$일 때의 최대 속력이다. $f = 4f_0$이면 최대 운동에너지가 더 커지므로 최대 속력이 그대로 v일 수 없다.
- 틀린 표현은 "최대 속력은 v이다"이다. 올바르게는 "최대 속력은 $\sqrt{3}v$이다"이다.

② X
- $\sqrt{2}v$라면 최대 운동에너지가 $2hf_0$일 때의 값인데, 실제로 $f = 4f_0$에서는 $K_{max} = 3hf_0$이다.
- 이 값은 문턱진동수 f_0를 빼지 않고 증가분을 단순 처리하거나, 속력과 운동에너지 관계를 잘못 잡을 때 나오기 쉽다.
- 틀린 표현은 "최대 속력은 $\sqrt{2}v$이다"이다. 올바르게는 "최대 속력은 $\sqrt{3}v$이다"이다.

③ O
- $f = 2f_0$일 때 12 mv^2=hf_0이고, $f = 4f_0$일 때는 12 mv'^2=3hf_0이므로 $v' = \sqrt{3}v$가 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X
- $2v$라면 최대 운동에너지가 $4hf_0$여야 한다. 그러나 실제 최대 운동에너지는 $3hf_0$이므로 속력은 $2v$까지 커지지 않는다.
- 이 값은 속력이 운동에너지에 비례한다고 착각하거나, 주파수가 두 배가 되었으니 속력도 두 배라고 오판할 때 나온다.
- 틀린 표현은 "최대 속력은 $2v$이다"이다. 올바르게는 "최대 속력은 $\sqrt{3}v$이다"이다.

계산 결과 최대 속력은 $\sqrt{3}v$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 주파수와 속력을 직접 비례시키는 오판이다. 광전효과에서는 먼저 $hf - \phi$로 최대 운동에너지를 구해야 하며, 문턱진동수 f_0를 빼는 과정이 빠지면 $\sqrt{2}v$나 $2v$ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

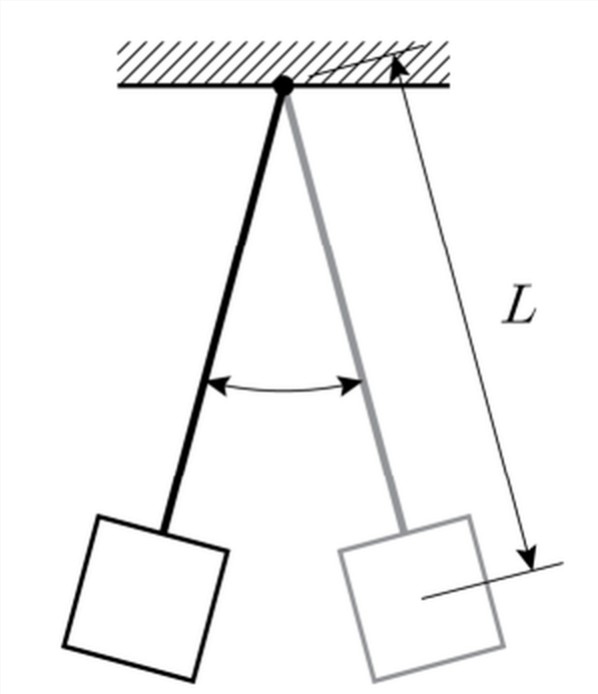
광전효과 속력 문제는 먼저 $K_{max} = h(f - f_0)$로 최대 운동에너지의 변화를 구하고, 그다음 K_=12 mv^2로 속력을 연결해 판단한다. 주파수와 속력을 바로 연결하지 않는 것이 핵심이다.

암기 포인트

광전효과는 $f - f_0$가 운동에너지를 정하고, 속력은 그 운동에너지의 제곱근에 비례한다.

NoteBase

문 3. 추에 가벼운 실을 묶고 고정점에 달아 진자를 만든다. 진자 추의 운동에서 그 질량중심으로부터 고정점까지 거리 L은 일정하게 유지된다. 다음 중 진자의 주기적 진동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 공기저항은 무시한다)



① 진자 추의 크기는 진동 주기에 영향을 주지 않는다.

② 길이 L이 커지면 진동 주기는 늘어난다.

③ 순항 중인 비행기에서 진동 주기는 지면에서보다 미세하게 길다.

④ 진자 운동에서 추가 최저점일 때 운동에너지가 최대가 된다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 진자 도식에서 L을 질량중심까지의 거리로 읽고, 물리진자의 주기 $T = 2\pi\sqrt{I/(mgL)}$ 및 최저점에서의 에너지 분배를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X. 추의 크기가 커지면 질량분포가 바뀌어 회전축에 대한 관성모멘트 I가 달라질 수 있으므로 진동 주기에도 영향이 생긴다. 올바르게는 '질량중심까지 거리 L가 같아도 추의 크기와 질량분포가 달라지면 주기가 달라질 수 있다.'이다.
② O. 주기는 $T = 2\pi\sqrt{I/(mgL)}$로 주어지며, 같은 형태에서 L이 커지면 전체적으로 주기가 길어진다. 질량중심이 축에서 멀수록 한 번 왕복하는 데 시간이 더 걸린다.
③ O. 순항 중인 비행기는 거의 등속 운동이므로 속도 자체는 주기에 영향을 주지 않지만, 지면보다 높은 곳에서는 중력가속도 g가 아주 조금 작아져 $T \propto 1/\sqrt{g}$에 따라 주기가 미세하게 길어진다.
④ O. 최저점에서는 위치에너지가 가장 작고 속력이 가장 크므로 운동에너지가 최대가 된다. 공기저항을 무시하면 역학적 에너지는 일정하고 위치에너지와 운동에너지만 서로 전환된다.

오답 포인트

①은 점질량 단진자 공식을 그대로 떠올리면 쉽게 속는다. 이 문항은 L만 고정되어 있을 뿐 추를 점질량이라고 하지 않았으므로, 추의 크기와 질량분포가 바뀌면 관성모멘트가 변한다는 점을 봐야 한다. ③도 '비행기 속도가 빠르다'가 아니라 '고도가 높아 g가 작아진다'가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

진자 문제에서는 먼저 점질량 단진자인지, 크기와 질량분포를 가진 물리진자인지를 구분한다. 질량중심까지 거리와 관성모멘트가 함께 언급되면 주기는 I, g, L로 판단하고, 에너지 문항은 최저점에서 속력 최대·운동에너지 최대인지 확인하면 된다.

암기 포인트

단진자는 길이와 g, 물리진자는 관성모멘트까지 본다. 최저점은 속력 최대, 운동에너지 최대이다.

NoteBase

문 4. 질량 2.0kg의 끓는 물을 10°C 온도의 알루미늄 용기에 부으면 짧은 시간 후에 열적 평형에 이른다. 알루미늄 용기의 질량이 1.0kg이고 물의 비열이 알루미늄보다 4배 더 크다면, 평형 상태에서 알루미늄 용기의 온도(°C)는? (단, 외부압력은 1 atm이다)

① 20

② 40

③ 90

④ 113

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 열평형 조건과 비열비를 이용해 최종 평형 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물의 질량은 $2.0kg$, 물의 초기 온도는 $100^\circ\mathrm{C}$, 알루미늄 용기의 질량은 $1.0kg$, 용기의 초기 온도는 $10^\circ\mathrm{C}$이다. 물의 비열은 알루미늄의 4배이므로 $c_w = 4c_{Al}$이다.
구해야 할 값: 평형 온도 T이다.
주의할 조건: 외부와 열교환이 없으므로 물이 잃은 열량과 용기가 얻은 열량이 같고, 평형 온도는 $10^\circ\mathrm{C}$와 $100^\circ\mathrm{C}$ 사이에 있어야 한다.

사용할 공식

열평형에서는 물이 잃은 열량과 알루미늄 용기가 얻은 열량이 같다.
$m_w c_w(100 - T) = m_{Al} c_{Al}(T - 10)$
이 공식을 쓰는 이유는 두 물체가 접촉한 뒤 짧은 시간 후 열적 평형에 도달하므로, 외부 손실이 없을 때 한쪽의 방출열과 다른 쪽의 흡수열이 같기 때문이다.

계산 과정

$2 \cdot 4c_{Al}(100 - T) = 1 \cdot c_{Al}(T - 10)$
$8(100 - T) = T - 10$
$800 - 8T = T - 10$
$810 = 9T$
$T = 90^\circ\mathrm{C}$

NoteBase

선지 판단

1번 X: 평형 온도를 20 ° C로 본 값이다. 물의 전체 열용량은 용기보다 $2 \times 4 = 8$배 크므로 평형 온도는 100 ° C 쪽에 훨씬 가까워야 한다. 틀린 표현은 `20`이고, 올바르게는 90 ° C이다.
2번 X: 평형 온도를 40 ° C로 본 값이다. 이는 물의 비열이 알루미늄보다 4배 크다는 조건을 거꾸로 두어 $c_w = c_{Al}/4$처럼 계산할 때 나오는 오답이다. 틀린 표현은 `40`이고, 올바르게는 90 ° C이다.
3번 O: 열평형 식을 정확히 세우면 $T = 90$ ° C가 나온다. 따라서 평형 온도를 90 ° C로 본 3번이 옳다.
4번 X: 평형 온도를 113 ° C로 본 값이다. 이는 물의 온도 변화 부호를 반대로 두어 물이 열을 얻는 것처럼 식을 세울 때 나오는 값이다. 평형 온도는 초기 최고 온도인 100 ° C를 넘을 수 없다. 틀린 표현은 `113`이고, 올바르게는 90 ° C이다.

오답 포인트

비열의 크기 비교를 뒤집거나, $(100 - T)$와 $(T - 10)$의 방향을 반대로 두면 오답이 나온다. 또 평형 온도는 항상 두 초기 온도 사이에 있어야 한다는 검산을 빼먹으면 113 ° C 같은 불가능한 값을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

열평형 문제는 먼저 각 물체의 열용량 mc를 비교하고, 그다음 잃은 열량=얻은 열량 식을 세운 뒤, 계산 결과가 초기 두 온도 사이에 있는지 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

열평형의 핵심은 $m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$이며, 열용량이 큰 쪽의 초기 온도에 평형 온도가 더 가깝다.

NoteBase

문 5. 마찰이 있는 수평면 위에 놓인 질량 20 kg의 상자에 수평 방향으로 힘을 가한다. 처음 60 N의 힘을 가하니 움직이지 않고, 120 N의 힘을 가하니 상자가 운동한다. 이후 80 N의 일정한 힘을 가하니 상자가 등속 운동한다. 이로부터 알 수 있는 사실은? (단, 중력가속도는 $10\mathrm{m/s^2}$이다)

① 운동 마찰계수는 0.4이다.

② 정지 마찰계수는 0.3이다.

③ 정지 마찰계수는 0.6이다.

④ 정지 마찰력은 120 N이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 등속 운동 조건에서 운동 마찰력을 구하고, 정지 여부로 최대 정지 마찰력의 범위를 판단할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
질량은 20 kg, 중력가속도는 10 m/s^2이다.
따라서 수직항력은 $N = mg = 20 \times 10 = 200N$이다.
처음 60 N을 가하면 상자가 움직이지 않는다.
120 N을 가하면 상자가 운동한다.
80 N을 가하면 등속 운동한다.
구해야 할 값:
운동 마찰계수와 정지 마찰계수 또는 정지 마찰력의 범위이다.
주의할 조건:
정지 마찰력은 항상 일정한 값이 아니라, 최대값 이하에서 가해 준 힘에 맞추어 변한다.

사용할 공식

운동 중 등속 운동이면 알짜힘이 0이므로 운동 마찰력의 크기는 가한 힘과 같다.
따라서 $f_k = 80N$이다.
또 운동 마찰력은 $f_k = \mu_k N$이므로
$\mu_k = \frac{f_k}{N} = \frac{80}{200} = 0.4$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 80 N을 가했을 때 상자가 등속 운동하므로 수평 방향 힘이 서로 평형을 이루기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 수직항력을 구하면 $N = mg = 20 \times 10 = 200N$이다.
2. 80 N의 힘에서 등속 운동하므로 운동 마찰력은 $80N$이다.
3. 따라서 운동 마찰계수는 $\mu_k = 80/200 = 0.4$이다.
4. 60 N을 가했을 때 정지하므로 최대 정지 마찰력은 적어도 $60N$보다 크거나 같다.
5. 120 N을 가했을 때 움직이므로 최대 정지 마찰력은 $120N$보다 작다.
6. 따라서 최대 정지 마찰력은 $60N < f_{s,\max} < 120N$이고, 정지 마찰계수는 $0.3 < \mu_s < 0.6$이다.

선지 판단

1번: O
운동 마찰계수는 등속 운동 조건에서 바로 구할 수 있다. $f_k = 80N$, $N = 200N$이므로 $\mu_k = 80/200 = 0.4$이다.
2번: X
정지 마찰계수가 0.3이라고 단정할 수는 없다. 60 N에서 움직이지 않았다는 것은 최대 정지 마찰력이 60 N 이상이라는 뜻이므로 _s≥0.3만 알 수 있다. 올바르게는 정지 마찰계수는 0.3보다 크고 0.6보다 작다.
3번: X
정지 마찰계수가 0.6이면 최대 정지 마찰력은 $0.6 \times 200 = 120N$이 된다. 그런데 120 N을 가했을 때 상자가 운동했으므로 최대 정지 마찰력은 120 N보다 작아야 한다. 올바르게는 정지 마찰계수는 0.6이 아니라 0.6보다 작다.
4번: X
정지 마찰력은 120 N이라고 할 수 없다. 120 N에서 상자가 움직였다는 것은 최대 정지 마찰력이 120 N보다 작다는 뜻이다. 올바르게는 최대 정지 마찰력은 60 N보다 크고 120 N보다 작다.

오답 포인트

정지 마찰력과 최대 정지 마찰력을 같은 것으로 보는 순간 2번이나 4번으로 흔들리기 쉽다. 60 N에서 정지했다는 사실은 그때의 정지 마찰력이 60 N이라는 뜻일 뿐, 최대 정지 마찰력이 정확히 60 N이라는 뜻은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

마찰 문제는 먼저 등속 운동인지 여부를 보고 운동 마찰력을 확정한다. 그다음 정지 여부를 이용해 최대 정지 마찰력의 범위를 부등식으로 잡으면 정지 마찰계수의 범위가 바로 정리된다.

암기 포인트

등속 운동이면 f_k는 가한 힘과 같고, 정지하면 f_s는 가한 힘에 맞추어 변하며 최대값은 따로 존재한다.

NoteBase

문 6. 반감기가 8일인 방사성 물질이 지난 4일 동안 알파선 입자 4×10^8개를 방출했다. 이후 방출할 수 있는 알파선 입자 수에 가장 근접한 것은?

① 6×10^8

② 10×10^8

③ 14×10^8

④ 23×10^8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 반감기와 지수감쇠 관계를 이용해 현재 남아 있는 방사성 원자 수, 즉 이후 방출할 수 있는 알파선 입자 수를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 반감기는 8일, 지난 4일 동안 방출한 알파선 입자 수는 4×10^8개이다.
- 구해야 할 값: 지금 이후에 추가로 방출할 수 있는 알파선 입자 수이다.
- 주의할 조건: 4일은 반감기 8일의 절반이므로 남은 원자 수는 절반이 아니라 $2^{-4/8} = 2^{-1/2} = 1/\sqrt{2}$배가 된다.

사용할 공식

$N(t) = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}}$

4일 전의 원자 수를 N, 현재 남은 원자 수를 N'라고 두면

$N' = N\left(\frac{1}{2}\right)^{4/8} = \frac{N}{\sqrt{2}}$

지난 4일 동안 방출한 입자 수는 줄어든 원자 수와 같으므로

$N - N' = 4 \times 10^8$

이 공식을 쓰는 이유는 반감기가 주어졌고, 방출한 알파선 입자 수가 곧 붕괴한 원자 수이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 지난 4일 동안 감소한 양을 식으로 쓰면
$N - \frac{N}{\sqrt{2}} = 4 \times 10^8$
이다.

2. 정리하면
$N\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 4 \times 10^8$
이다.

3. 현재 남은 양은 $N' = N/\sqrt{2}$이므로 직접 구하면
$N' = \frac{4 \times 10^8}{\sqrt{2} - 1} = 4 \times 10^8(\sqrt{2} + 1) \approx 9.66 \times 10^8$
이다.

4. 따라서 이후 방출할 수 있는 알파선 입자 수는 약 9.7×10^8개이고, 가장 가까운 값은 10×10^8개이다.

선지별 해설

① X: 6×10^8개는 실제 계산값인 약 9.66×10^8개보다 작다. 4일은 반감기 전체가 아니라 절반이므로 지난 4일 동안 줄어든 비율은 50%가 아니라 약 29.3%이다. 틀린 값은 6×10^8개이고, 올바르게는 이후 방출 가능 수가 약 9.7×10^8개이다.

② O: 계산 결과 현재 남아 있는 원자 수는 약 9.66×10^8개이므로 이후 방출할 수 있는 알파선 입자 수는 이에 가장 가까운 10×10^8개이다.

③ X: 14×10^8개는 4일 전의 원자 수 $N \approx 13.66 \times 10^8$개를 구해 놓고 현재 남은 양으로 착각한 값에 가깝다. 틀린 값은 14×10^8개이고, 올바르게는 현재 남은 양이 약 9.7×10^8개이다.

④ X: 23×10^8개는 지수감쇠 관계를 무시하고 남은 양을 과도하게 키운 값이다. 지난 4일 동안 방출한 양이 4×10^8개라 하더라도 현재 남은 양은 그보다 조금 큰 수준인 약 9.7×10^8개이다. 틀린 값은 23×10^8개이고, 올바르게는 약 10×10^8개이다.

오답 포인트

4일이 8일의 절반이라는 이유만으로 남은 양도 절반이라고 두면 오답이 된다. 반감기 문제에서는 시간의 비율을 먼저 보고, 남은 비율이 1/2인지 $1/\sqrt{2}$인지부터 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

반감기 계산형 문제는 시간 구간을 반감기의 몇 배인지로 바꾼 뒤, 남은 양 비율을 먼저 세운 다음 감소한 양과 현재 남은 양을 구분해 식을 세우면 된다.

암기 포인트

반감기 T의 절반 시간 $T/2$이 지나면 남은 양은 절반이 아니라 $1/\sqrt{2}$배이다.

NoteBase

문 7. 이상적 카르노 열펌프로 외부로부터 내부에 열을 공급한다. 외부의 온도가 -23 °C이고 열펌프에 매초(s) 300 J의 일을 가하여 내부의 온도가 27 °C를 유지하도록 한다면, 열펌프가 매초 내부에 공급하는 열량(kJ)은? (단, 열펌프는 열기관의 열적 과정을 거꾸로 수행한다)

① 0.2

② 0.5

③ 1.5

④ 1.8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적 카르노 열펌프의 성능계수 COP_{HP}를 이용해 내부로 공급되는 열량 Q_H를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 외부 온도: $-23^\circ C = 250K$
- 내부 온도: $27^\circ C = 300K$
- 열펌프에 가한 일률: $W = 300J/s$

구해야 할 값:
- 매초 내부에 공급되는 열량 Q_H

주의할 조건:
- 카르노 열펌프 공식은 절대온도 K를 사용한다.

사용할 공식

$COP_{HP} = \frac{Q_H}{W} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$
$Q_H = COP_{HP}W$
이 공식을 쓰는 이유:
이상적 열펌프는 카르노 기관의 역과정이므로, 고온 저장고로 내보내는 열 Q_H와 일 W의 비가 $\frac{T_H}{T_H - T_C}$로 정해진다.

계산 과정

1. 온도를 절대온도로 바꾸면 $T_C = 250K$, $T_H = 300K$이다.
2. 열펌프의 성능계수는 $COP_{HP} = \frac{300}{300-250} = \frac{300}{50} = 6$이다.
3. 따라서 내부로 공급되는 열량은 $Q_H = 6 \times 300J/s = 1800J/s = 1.8kJ/s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 0.2kJ는 계산 결과인 1.8kJ와 다르다.
- 틀린 표현은 \"공급 열량이 0.2 kJ이다\"이다. 올바르게는 \"공급 열량은 1.8 kJ이다\"이다.
- 이 값은 성능계수 정의를 뒤집거나 단위 환산을 잘못할 때 나오는 오답이다.

② X
- 0.5kJ도 계산 결과인 1.8kJ와 다르다.
- 틀린 표현은 \"공급 열량이 0.5 kJ이다\"이다. 올바르게는 \"공급 열량은 1.8 kJ이다\"이다.
- 이 값은 섭씨 온도를 그대로 대입하거나 중간 계산에서 비율을 잘못 잡을 때 생기는 오답이다.

③ X
- 1.5kJ는 정답이 아니라 외부에서 끌어오는 열 Q_C에 해당하는 값이다. 실제로 $COP_R = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{250}{50} = 5$ 이므로 $Q_C = 5 \times 300J/s = 1500J/s = 1.5kJ/s$이다.
- 틀린 표현은 \"내부에 공급하는 열량이 1.5 kJ이다\"이다. 올바르게는 \"외부에서 흡수한 열량은 1.5 kJ이고, 내부에 공급한 열량은 1.8 kJ이다\"이다.

④ O
- 1.8kJ는 $Q_H = COP_{HP}W = 6 \times 300J/s = 1800J/s$와 일치한다. 따라서 내부에 공급하는 열량으로 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 열펌프가 내부로 내보내는 열 Q_H와 외부에서 가져오는 열 Q_C를 혼동하는 점이다. ③의 1.5kJ는 바로 Q_C 값이라서 계산은 일부 맞아도 물은 양이 달라 오답이 된다. 또한 섭씨를 그대로 넣거나 J를 kJ로 바꿀 때 소수점을 잘못 옮기면 ①, ② 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

열펌프 문제는 먼저 고온과 저온의 온도를 K로 바꾸고, 그다음 COP_{HP}인지 COP_R인지 구분한 뒤, 마지막에 묻는 양이 Q_H인지 Q_C인지 확인하면 된다.

암기 포인트

카르노 열펌프는 $COP_{HP} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$이고, 냉동기는 $COP_R = \frac{T_C}{T_H - T_C}$이다. $Q_H = Q_C + W$ 관계가 항상 성립한다.

NoteBase

문 8. 전기용량 C의 평행판 축전기가 전하량 Q로 충전되고 이후 절연된 상태를 유지한다. 충전된 상태로 축전기의 평행판 사이 거리를 2배로 증가시키면, 축전기 에너지의 증가량은? (단, 평행판 사이는 공기로 채워진다)

① $\frac{Q^2}{4C}$
② $\frac{Q^2}{2C}$
③ $\frac{Q^2}{C}$
④ $\frac{2Q^2}{C}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 절연되어 전하량이 일정한 평행판 축전기에서 $U=\frac{Q^2}{2C}$를 이용해 에너지 증가량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 전기용량은 C, 전하량은 Q이다.
구해야 할 값: 평행판 사이 거리를 2배로 늘렸을 때 축전기 에너지의 증가량이다.
주의할 조건: 절연된 상태이므로 전하량 Q는 일정하고, 평행판 축전기는 $C \propto \frac{1}{d}$이다.

사용할 공식

축전기 에너지는 $U=\frac{Q^2}{2C}$이다.
평행판 사이 거리를 2배로 늘리면 전기용량은 $C'=\frac{C}{2}$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유: 절연되어 있어 전하량이 변하지 않으므로 전압식 $\frac{1}{2}CV^2$보다 고정전하 조건식 $U=\frac{Q^2}{2C}$로 판단하는 것이 직접적이다.

계산 과정

1. 처음 에너지는 $U_i=\frac{Q^2}{2C}$이다.
2. 거리 2배 증가로 전기용량은 $C'=\frac{C}{2}$이다.
3. 나중 에너지는 $U_f=\frac{Q^2}{2C'}=\frac{Q^2}{2(C/2)}=\frac{Q^2}{C}$이다.
4. 증가량은 $\Delta U=U_f-U_i=\frac{Q^2}{C}-\frac{Q^2}{2C}=\frac{Q^2}{2C}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{Q^2}{4C}$는 실제 증가량 $\frac{Q^2}{2C}$의 절반이다. 틀린 표현은 증가량을 너무 작게 본 점이다. 올바르게는 거리 2배로 C가 절반이 되면 에너지 증가는 $\frac{Q^2}{2C}$이다.
② O: 계산 결과 증가량이 정확히 $\frac{Q^2}{2C}$이므로 옳다.
③ X: $\frac{Q^2}{C}$는 증가량이 아니라 최종 에너지 U_f이다. 틀린 표현은 최종값과 증가량을 혼동한 점이다. 올바르게는 최종 에너지는 $\frac{Q^2}{C}$, 증가량은 $\frac{Q^2}{2C}$이다.
④ X: $\frac{2Q^2}{C}$는 거리 변화에 따른 용량 변화와 에너지 식을 잘못 결합한 값이다. 틀린 표현은 용량이 절반이 되면 에너지가 2배가 된다는 사실을 넘어서 증가량까지 2배의 최종값으로 착각한 점이다. 올바르게는 최종 에너지는 처음의 2배인 $\frac{Q^2}{C}$이고, 증가량은 그 차이인 $\frac{Q^2}{2C}$이다.

오답 포인트

전하량이 일정한 상황과 전압이 일정한 상황을 섞어 쓰기 쉽다. 또 ③처럼 최종 에너지와 증가량을 혼동하거나, ④처럼 에너지가 2배가 되었다는 사실을 증가량 자체로 오인하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

축전기 변화 문제는 먼저 무엇이 일정한지부터 정한다. 절연이면 Q 일정, 전원 연결이면 V 일정으로 본다. 그다음 평행판 축전기의 $C \propto \frac{1}{d}$를 적용하고, 마지막에 최종값과 증가량을 구분해 판단한다.

암기 포인트

절연 축전기는 Q 일정이므로 $U = \frac{Q^2}{2C}$를 쓴다. 거리 2배이면 C는 절반, 에너지는 2배가 된다.

NoteBase

문 9. 실린더에 담긴 2.0몰의 헬륨기체가 절대온도 300 K인 상태이다. 등압과정으로 헬륨기체 온도를 500 K까지 올리는 데 필요한 열(kJ)은? (단, 기체상수는 $R = 8\text{J}\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$이다)

① 5

② 8

③ 10

④ 16

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단원자 이상기체인 헬륨의 등압 과정에서 필요한 열량을 $Q = nC_P\Delta T$로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 헬륨 $2.0mol$, 초기 온도 $300K$, 최종 온도 $500K$, 기체상수 $R = 8Jmol^{-1}K^{-1}$이다.
구해야 할 값은 등압 가열에 필요한 열량이다.
주의할 조건은 헬륨이 단원자 기체이므로 $C_P = \frac{5}{2}R$를 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

등압 과정의 열량은 $Q = nC_P\Delta T$이다.
단원자 이상기체의 몰비열은 $C_P = \frac{5}{2}R$이다.
등압 과정에서는 내부에너지 증가뿐 아니라 기체가 한 일까지 포함되므로 C_V가 아니라 C_P를 사용한다.

계산 과정

온도 변화는 $\Delta T = 500 - 300 = 200K$이다.
헬륨은 단원자 기체이므로 $C_P = \frac{5}{2}R = \frac{5}{2} \times 8 = 20Jmol^{-1}K^{-1}$이다.
따라서 $Q = nC_P\Delta T = 2.0 \times 20 \times 200 = 8000J$이다.
이는 $8kJ$이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 5 kJ는 계산 결과와 다르다. 이 값은 등압이 아니라 등적 과정처럼 $Q = nC_V\Delta T$를 써서 $2.0 \times \frac{3}{2}R \times 200 = 4800J \approx 5kJ$로 잡을 때 나오는 값에 가깝다. 올바르게는 등압 과정이므로 $8kJ$이다.
② O: $Q = 2.0 \times \frac{5}{2}R \times 200 = 2.0 \times 20 \times 200 = 8000J = 8kJ$이므로 맞다.
③ X: 10 kJ는 계산 결과 8 kJ와 일치하지 않는다. 숫자 계산이나 비열 선택을 잘못한 값이며, 올바른 값은 $8kJ$이다.
④ X: 16 kJ는 정답의 두 배로, 몰수나 비열을 중복해서 곱한 경우에 해당하는 오답이다. 올바르게는 $Q = 8000J = 8kJ$이다.

오답 포인트

등압 과정인데도 C_V를 써서 5 kJ 근처의 값을 고르는 함정이 핵심이다. 과정 조건을 먼저 보고 C_P와 C_V를 구분하지 않으면 숫자는 간단해도 바로 틀리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상기체 열량 문제는 먼저 등압인지 등적인지 확인한 뒤 해당 몰비열을 고르고, 그다음 ΔT를 곱해 열량을 계산하면 된다. 단원자 기체이면 $C_V = \frac{3}{2}R$, $C_P = \frac{5}{2}R$를 바로 연결하면 된다.

암기 포인트

단원자 이상기체는 $C_V = \frac{3}{2}R$, $C_P = \frac{5}{2}R$이며 등압 열량은 $Q = nC_P\Delta T$이다.

NoteBase

문 10. 절대온도가 T_0인 흑체의 복사 스펙트럼이 500 nm 파장에서 가장 큰 세기를 보인다. 이 흑체의 온도를 $T_0/2$로 낮추고 복사광을 관찰할 때 결과로 적합하지 않은 것은?

① 복사의 전체 일률은 이전의 1/20 이하가 된다.

② 복사 스펙트럼은 1000 nm 파장에서 최대 세기를 보인다.

③ 복사 스펙트럼에서 400 nm 파장 성분의 세기가 감소한다.

④ 복사 스펙트럼은 연속 스펙트럼이다.

정답 1번

출제 포인트

빈의 변위법칙 $\lambda_{\max}T = \text{const}$와 스테판-볼츠만 법칙 $j^* = \sigma T^4$, 그리고 흑체 복사의 연속 스펙트럼 성질을 함께 묻는 문제이다.

조건 정리

- 처음 최대 세기 파장: $500nm$
- 바뀐 온도: $T_0/2$
- 판단할 내용: 최대 세기 파장, 전체 복사 일률, $400nm$ 성분 변화, 스펙트럼의 종류

사용할 공식

$\lambda_{\max}T = \text{const}$

$j^* = \sigma T^4$

이 공식을 쓰는 이유는 온도 변화가 최대 세기 파장과 전체 복사 일률을 직접 바꾸기 때문이다.

계산 과정

1. 빈의 변위법칙에서 온도를 절반으로 낮추면 최대 세기 파장은 두 배가 되므로 $500nm \rightarrow 1000nm$가 된다.
2. 스테판-볼츠만 법칙에서 전체 복사 일률의 비는 $\frac{(T_0/2)^4}{T_0^4} = \frac{1}{16}$이다.
3. 따라서 전체 일률은 이전의 1/16배가 되고, 고정된 파장인 $400nm$에서의 복사 세기도 감소한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 "이전의 1/20 이하"이다. 전체 복사 일률은 T^4에 비례하므로 온도를 절반으로 낮추면 1/16배가 된다. 올바르게는 "복사의 전체 일률은 이전의 1/16이 된다"이다.
② O: 최대 세기 파장은 빈의 변위법칙에 따라 온도에 반비례한다. 온도가 절반이 되면 최대 세기 파장은 $500nm$에서 $1000nm$로 이동하므로 옳다.
③ O: 흑체의 온도가 낮아지면 스펙트럼 곡선 전체가 낮아지고 최대점도 장파장 쪽으로 이동한다. 따라서 $400nm$처럼 더 짧은 파장 성분의 세기는 감소하므로 옳다.
④ O: 흑체 복사는 특정 파장에서만 나타나는 선스펙트럼이 아니라 모든 파장대에 걸친 연속 스펙트럼이므로 옳다.

오답 포인트

①에서 온도를 절반으로 줄였을 때 전체 세기도 막연히 매우 작아진다고만 생각하면 오답이 된다. 이 문항은 온도 변화에 대해 전체 일률에는 T^4를 적용해야 한다는 점과, 1/16이 1/20보다 크다는 수치 비교를 동시에 확인하는 함정을 둔 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

흑체 문항은 먼저 "최대 세기 파장"이면 빈의 변위법칙, "전체 복사 일률"이면 스테판-볼츠만 법칙, "스펙트럼 종류"이면 연속 스펙트럼을 연결해 판단한다. 마지막에는 보기의 수치가 계산값과 정확히 일치하는지 다시 대조한다.

암기 포인트

흑체는 $\lambda_{max}T = \text{const}$, 전체 세기는 T^4, 스펙트럼은 연속이라는 세 줄로 정리된다.

NoteBase

문 11. 무중력의 우주 공간에서 영희와 철수가 우주 유영 중이다. 처음 둘이 15 m의 거리에서 모두 정지한 상태이다. 그리고 철수가 영희에 연결된 가벼운 줄을 당겨 서로 운동을 시작한다. 철수가 영희보다 질량이 2배 더 크다면, 영희와 철수가 만날 때까지 영희의 이동 변위(m)는?

① 2

② 5

③ 8

④ 10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 외력이 없는 계에서 질량중심이 정지한다는 원리를 이용해 영희의 이동 변위를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 처음 두 사람 사이 거리는 15m이다.
- 처음에는 둘 다 정지 상태이다.
- 철수의 질량은 영희의 2배이다.
- 줄은 가벼우므로 두 사람만으로 이루어진 계에는 외력이 작용하지 않는다.
- 구해야 할 값은 영희가 만나기까지 이동한 변위이다.

사용할 공식

m_영희x_영희=m_철수x_철수

x_영희+x_철수=15

이 공식을 쓰는 이유는 외력이 없으면 질량중심 위치가 변하지 않으므로 두 사람의 이동거리가 질량에 반비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 영희의 질량을 m, 철수의 질량을 $2m$라 둔다.
2. 질량중심이 정지하므로 이동거리 비는 질량의 반비가 되어 x_영희:x_철수=2:1이다.
3. 두 사람이 만나기까지 줄어든 전체 거리는 15m이므로 x_영희+x_철수=15이다.
4. 비가 2 : 1이므로 15m를 3등분하면 한 부분은 5m이고, 영희는 두 부분을 이동하므로 x_영희=10 m이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 2m는 질량중심 조건을 전혀 만족하지 못한다. 영희가 2m 움직이면 철수는 13m 움직여야 만나는데, 더 무거운 철수가 더 많이 움직이는 셈이 되어 모순이다. 틀린 표현은 "영희의 이동 변위가 2m이다"이고, 올바르게는 "영희의 이동 변위는 10m이다"이다.

② X
- 5m는 질량이 더 큰 철수의 이동거리이다. 영희는 더 가벼우므로 철수보다 2배 더 많이 움직여야 한다. 틀린 표현은 "영희의 이동 변위가 5m이다"이고, 올바르게는 "영희의 이동 변위는 10m이다"이다.

③ X
- 8m이면 철수는 7m 움직인 셈인데, 이동거리 비가 2 : 1이 아니라 8 : 7이 되어 질량중심 정지 조건에 어긋난다. 틀린 표현은 "영희의 이동 변위가 8m이다"이고, 올바르게는 "영희의 이동 변위는 10m이다"이다.

④ O
- 영희와 철수의 이동거리 비는 2 : 1이고 합은 15m이므로 영희의 이동거리는 $10m$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

줄을 당기면 서로 같은 힘을 주고받으므로 이동거리도 같다고 착각하기 쉽다. 그러나 외력이 없는 계에서는 질량중심이 고정되므로 더 가벼운 영희가 더 많이 움직이며, 이 문제에서는 이동거리 비가 반드시 2 : 1이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

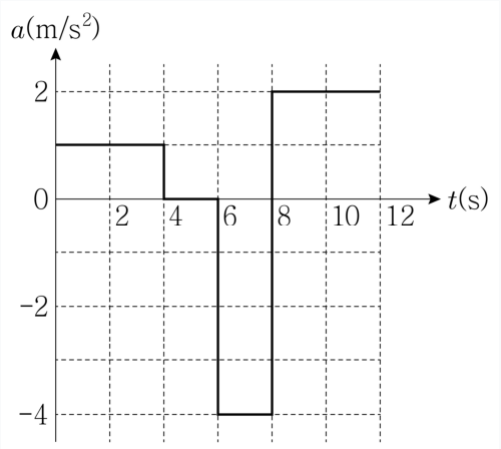
우주 공간처럼 외력이 없는 두 물체 문제는 먼저 질량중심 정지를 떠올린다. 그다음 이동거리 비를 질량의 반비로 두고, 전체 거리와 합쳐 한 번에 나누면 된다.

암기 포인트

외력 0이면 질량중심 고정, 이동거리는 질량에 반비례이다.

NoteBase

문 12. 그림은 x축을 따라 움직이는 입자의 가속도 a를 시간 t의 함수로 보여 주는 그래프이다. 처음($t = 0$)에 입자의 속도가 0이라면, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. 입자가 $0 < t < 4$s에서 등속도 운동을 한다.

ㄴ. $0 < t < 12$s에서 입자의 운동 방향은 두 번 전환된다.

ㄷ. $0 < t < 12$s에서 입자의 총 이동 거리는 26m보다 길다.

ㄹ. 입자가 출발점에서 가장 멀리 위치하였을 때는 $t = 7$s이다.

① ㄱ, ㄷ

② ㄴ, ㄹ

③ ㄱ, ㄴ, ㄹ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 가속도-시간 그래프를 구간별로 적분하여 속도와 위치를 구하고, 그 결과로 운동 방향 전환 횟수와 총 이동 거리를 판단하는 문제이다.

조건 정리

초기속도는 $v(0) = 0$이다.

가속도는 $0 < t < 4$에서 $1 m/s^2$, $4 < t < 6$에서 0, $6 < t < 8$에서 $-4 m/s^2$, $8 < t < 12$에서 $2 m/s^2$이다.

판단해야 할 값은 각 구간의 속도 변화, 운동 방향 전환 시각, 총 이동 거리, 출발점에서 가장 멀어지는 시각이다.

NoteBase

사용할 공식

속도는 $v = v_0 + \int a dt$로 구하고, 변위는 $\Delta x = \int v dt$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 주어진 그래프가 가속도-시간 그래프이므로 먼저 속도를 누적해서 구해야 방향과 이동 거리를 판단할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $0 < t < 4$에서는 $a = 1 m/s^2$이므로 속도는 매초 $1 m/s$씩 증가한다. 따라서 $v(4) = 4 m/s$, 이 구간 변위는 $\frac{1}{2} \times 4 \times 4 = 8m$이다.
2. $4 < t < 6$에서는 $a = 0$이므로 $v = 4 m/s$로 일정하다. 이 구간 변위는 $4 \times 2 = 8m$이고 $x(6) = 16m$이다.
3. $6 < t < 8$에서는 $a = -4 m/s^2$이므로 $v = 4 - 4(t - 6)$이다. $v = 0$이 되는 시각은 $t = 7s$이고, $v(8) = -4 m/s$이다. $6 \sim 7s$ 변위는 $2m$, $7 \sim 8s$ 변위는 $-2m$이므로 $x(7) = 18m$, $x(8) = 16m$이다.
4. $8 < t < 12$에서는 $a = 2 m/s^2$이므로 $v = -4 + 2(t - 8)$이다. $v = 0$이 되는 시각은 $t = 10s$이고, $v(12) = 4 m/s$이다. $8 \sim 10s$ 변위는 $-4m$, $10 \sim 12s$ 변위는 $4m$이다.
5. 따라서 운동 방향은 $t = 7s$, $t = 10s$에서 두 번 바뀐다. 총 이동 거리는 $8 + 8 + 2 + 2 + 4 + 4 = 28m$이고, 출발점에서 가장 멀리 있는 위치는 $x = 18m$인 $t = 7s$이다.

선지 판단

1번 X: 1번은 ㄱ, ㄷ을 고른 조합인데 ㄱ이 틀리다. $0 < t < 4$에서는 가속도가 $1 m/s^2$로 일정할 뿐 속도는 계속 증가하므로 등속도 운동이 아니다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ, ㄹ을 고른 조합이어야 한다.
2번 X: 2번은 ㄴ, ㄹ을 고른 조합인데 ㄷ이 추가로 참이므로 불완전하다. 총 이동 거리는 $28m$이어서 $26m$보다 길다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ, ㄹ을 고른 조합이어야 한다.
3번 X: 3번은 ㄱ, ㄴ, ㄹ을 고른 조합인데 ㄱ이 틀리고 ㄷ이 빠져 있다. $0 < t < 4$에서는 등가속도 운동이고, 총 이동 거리도 $28m$이므로 ㄷ은 참이다. 올바르게는 ㄴ, ㄷ, ㄹ을 고른 조합이어야 한다.
4번 O: ㄴ, ㄷ, ㄹ을 고른 조합이다. 속도의 부호는 $+ \to - \to +$로 바뀌므로 방향 전환은 두 번이고, 총 이동 거리는 $28m$, 출발점에서 가장 먼 시각은 $t = 7s$이므로 모두 옳다.

오답 포인트

가속도가 일정하다는 사실을 속도가 일정하다는 뜻으로 착각하면 ㄱ을 참으로 오판한다. 또 변위와 총 이동 거리를 혼동하면 마지막 위치가 $16m$라는 이유로 ㄷ을 틀렸다고 보기 쉽다. 방향 전환도 가속도 부호가 아니라 속도 부호가 바뀌는 시각에서 세어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

가속도 그래프 문제는 먼저 구간별로 속도를 누적해 v의 부호 변화를 확인하고, 그다음 v-t 면적으로 변위와 이동 거리를 나누어 계산하면 된다. 출발점에서 가장 먼 시각은 위치가 최대 또는 최소가 되는 지점이므로 $v = 0$이 되는 시각을 먼저 확인하면 된다.

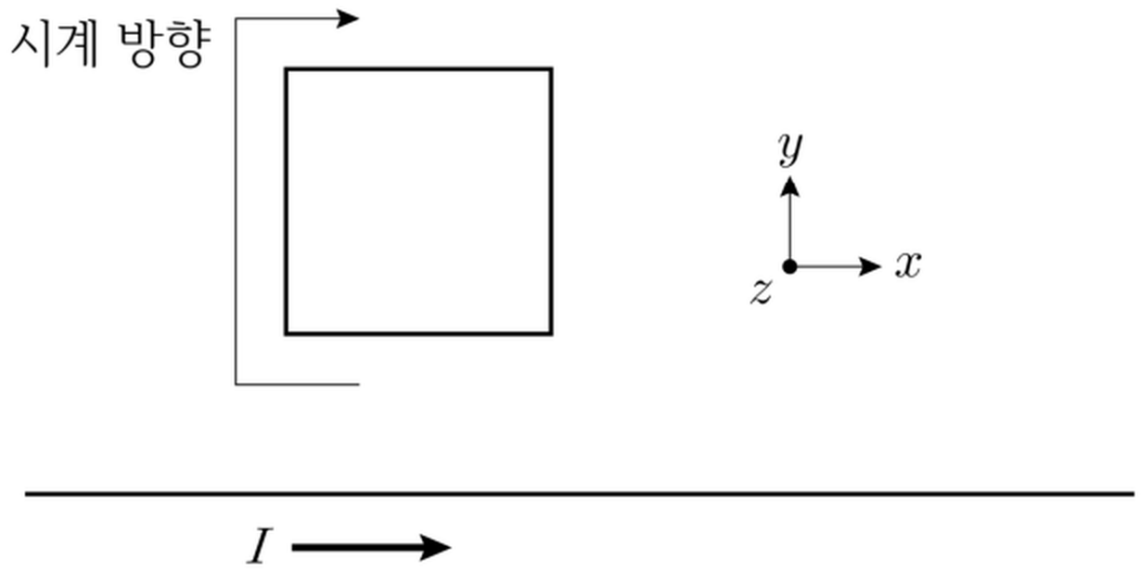
NoteBase

암기 포인트

가속도 그래프는 속도를 누적해서 읽고, 방향 전환과 최원점은 $v = 0$에서 찾는다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 긴 직선 도선에 x축 방향으로 전류 I가 흐르고 직선 도선으로부터 y축 방향으로 얼마만큼 떨어진 위치에 xy평면에 평행한 정사각형의 고리 도선이 놓인다. 시간에 따라 직선 도선의 전류 I가 일정한 변화율로 감소할 때 고리 도선에 전류가 유도된다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 고리 면의 자기선속 크기는 시간에 따라 감소한다.

② 고리의 유도 전류는 반시계 방향으로 흐른다.

③ 고리에 y축 방향의 자기력이 작용한다.

④ 만약 고리 면이 yz평면에 평행하면 유도 전류는 0이다.

정답 3번

출제 포인트

직선 도선이 만드는 자기장의 방향, 전류 감소에 따른 렌츠의 법칙, 유도 전류가 받는 순자기력의 방향을 함께 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
직선 도선의 전류가 일정한 비율로 감소하면 도선이 만드는 자기장 세기도 함께 감소한다. 따라서 고리 면을 지나는 자기선속의 크기도 시간에 따라 감소한다.

② O
도선의 전류가 $+x$축 방향이면 고리 위치의 자기장은 $+z$축 방향이다. 이 자기장이 약해지므로 이를 막기 위해 고리도 $+z$축 방향 자기장을 만들어야 한다. 따라서 유도 전류는 반시계 방향으로 흐른다.

③ X
고리 전체에 작용하는 순자기력은 위쪽 $+y$축이 아니라 직선 도선 쪽인 $-y$축 방향이다. 아래쪽 변 전류는 직선 도선 전류와 같은 방향이어서 더 강하게 끌리고, 위쪽 변 전류는 반대 방향이어서 더 약하게 밀린다. 틀린 표현은 힘의 방향 판단이며, 올바르게는 '고리에 $-y$축 방향, 즉 직선 도선 쪽의 자기력이 작용한다.'이다.

④ O
고리 면이 yz평면에 평행하면 고리의 법선은 x축 방향이다. 그런데 직선 도선의 자기장은 x축을 중심으로 원형으로 돌며 yz평면 안에 놓인다. 따라서 그 면을 수직으로 지나는 자기선속은 0이고, 자기선속 변화도 없으므로 유도 전류는 0이다.

오답 포인트

자기선속이 감소한다는 사실만 보고 유도 전류 방향까지만 맞추고 힘의 방향을 대충 위쪽이라고 판단하면 ③에 걸린다. 힘은 각 변에서 따로 본 뒤 가까운 변의 인력이 더 크다는 점까지 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 직선 도선이 만드는 자기장의 방향을 정하고, 그다음 전류 변화에 대해 렌츠의 법칙으로 유도 전류 방향을 정한다. 마지막으로 평행한 변의 전류가 도선과 같은 방향인지 반대 방향인지 비교해 순자기력의 방향을 결정한다.

암기 포인트

직선 도선과 평행한 가까운 변의 힘이 더 크므로, 유도 전류가 정해지면 고리는 대체로 더 강한 쪽 힘 방향으로 끌린다.

NoteBase

문 14. 다음은 파동 P와 Q의 파동함수, Ψ_P와 Ψ_Q를 위치 x와 시간 t의 함수로 각각 나타낸 것으로 양의 상수 A, k와 ω로 표현된다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

$\Psi_P = A\cos(kx - \omega t)$
$\Psi_Q = 2A\cos(-2kx - 3\omega t)$
ㄱ. 진폭은 Q가 P보다 2배 크다.
ㄴ. 파장은 Q가 P보다 2배 길다.
ㄷ. 진행 속력은 Q가 P보다 1.5배 빠르다.
ㄹ. P와 Q의 파동 진행 방향은 동일하다.

① ㄱ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

파동함수에서 진폭, 파수, 각진동수를 읽어 파장, 진행 속력, 진행 방향을 비교하는 문제이다.

조건 정리

파동 P는 $\Psi_P = A\cos(kx - \omega t)$이다.
파동 Q는 $\Psi_Q = 2A\cos(-2kx - 3\omega t)$이다.
비교해야 할 값은 진폭, 파장, 속력, 진행 방향이다.

사용할 공식

진폭은 코사인 앞 계수의 절댓값이다.
파장은 $\lambda = \frac{2\pi}{|k|}$이다.
진행 속력은 $v = \frac{\omega}{|k|}$이다.
$\cos(kx - \omega t)$ 꼴은 $+x$ 방향, $\cos(kx + \omega t)$ 꼴은 $-x$ 방향으로 진행한다.
이 문제는 식의 계수만 읽으면 각 물리량을 바로 비교할 수 있으므로 이 공식들을 쓴다.

NoteBase

계산 과정

1. P의 진폭은 A, Q의 진폭은 $2A$이므로 Q의 진폭은 P의 2배이다.
2. P의 파수는 k, Q의 파수는 $|-2k| = 2k$이므로 $\lambda_P = \frac{2\pi}{k}$, $\lambda_Q = \frac{2\pi}{2k} = \frac{\pi}{k} = \frac{1}{2}\lambda_P$이다.
3. P의 속력은 $v_P = \frac{\omega}{k}$, Q의 속력은 $v_Q = \frac{3\omega}{2k} = 1.5\frac{\omega}{k} = 1.5v_P$이다.
4. P는 $\cos(kx - \omega t)$ 꼴이므로 $+x$ 방향, Q는 $\cos(-2kx - 3\omega t) = \cos(2kx + 3\omega t)$로 볼 수 있으므로 $-x$ 방향으로 진행한다.

선지별 해설

ㄱ은 O이다. 진폭은 코사인 앞 계수의 크기이므로 P는 A, Q는 $2A$이다.
ㄴ은 X이다. Q의 파수는 P의 2배이므로 파장은 반비례하여 Q가 P의 2배가 아니라 $\frac{1}{2}$배이다. 틀린 표현은 "2배 길다"이고, 올바르게는 "Q의 파장은 P의 절반이다"이다.
ㄷ은 O이다. 속력은 $\omega/|k|$이므로 $v_Q = \frac{3\omega}{2k} = 1.5v_P$이다.
ㄹ은 X이다. P는 $+x$ 방향, Q는 $-x$ 방향으로 진행하므로 진행 방향이 동일하지 않다. 틀린 표현은 "동일하다"이고, 올바르게는 "서로 반대 방향이다"이다.
① X이다. ㄱ만 고르고 ㄷ을 빠뜨렸다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ이다.
② O이다. 옳은 설명인 ㄱ, ㄷ만 골랐으므로 맞다.
③ X이다. ㄴ, ㄹ이 모두 틀렸고 ㄱ, ㄷ이 빠졌다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ이다.
④ X이다. ㄱ, ㄷ은 맞지만 ㄴ, ㄹ이 틀려서 모두 고른 선택지는 될 수 없다. 올바르게는 ㄱ, ㄷ이다.

오답 포인트

파수와 파장을 같은 방향으로 비례한다고 착각하면 ㄴ을 맞다고 보기 쉽다. 또 $-2kx - 3\omega t$에서 마이너스 부호를 그대로 두고 진행 방향을 판단하지 않으면 Q도 $+x$ 방향이라고 오해하여 ㄹ을 맞다고 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

파동식 비교 문제는 먼저 코사인 앞 계수로 진폭을 읽고, $|k|$로 파장을, $\omega/|k|$로 속력을 계산한 뒤, 식을 $kx - \omega t$ 또는 $kx + \omega t$ 꼴로 정리해 진행 방향을 판단하면 된다.

암기 포인트

진폭은 앞 계수, 파장은 $2\pi/|k|$, 속력은 $\omega/|k|$, $-\omega t$는 $+x$ 방향이고 $+\omega t$는 $-x$ 방향이다.

NoteBase

문 15. 굴절률이 2.0인 투명 기판 위에 두께 100 nm의 얇은 박막을 코팅한다. 코팅된 박막의 굴절률은 1.5이다. 단파장의 빛이 코팅된 기판에 일정한 세기로 수직 입사한다. 다음 중 투과광의 세기가 최대가 되는 빛의 공기 중 파장(nm)은? (단, 빛은 공기로부터 박막에 입사한다)

① 200

② 300

③ 400

④ 500

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 박막 간섭에서 반사광의 상쇄 조건을 이용해 투과광의 세기가 최대가 되는 공기 중 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기판 굴절률 $n_s = 2.0$, 박막 굴절률 $n_f = 1.5$, 박막 두께 $t = 100nm$이다.
구해야 할 값: 공기 중 파장 λ이다.
주의할 조건: 공기 → 박막, 박막 → 기판 반사 모두 낮은 굴절률에서 높은 굴절률로의 반사이므로 두 반사광은 각각 π의 위상반전을 겪는다. 따라서 반사에 의한 추가 위상차는 서로 상쇄된다.

사용할 공식

$2n_f t = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$
이 공식을 쓰는 이유: 투과광이 최대라는 말은 반사광이 최소라는 뜻이다. 이 문항에서는 두 경계에서의 반사 위상반전이 같으므로, 반사광이 상쇄되려면 경로차에서 오는 위상차가 홀수배 π가 되어야 한다.

계산 과정

1. $2n_f t = 2 \times 1.5 \times 100 = 300nm$이다.
2. 상쇄 간섭 조건에 대입하면 $300 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$이므로 $\lambda = \frac{300}{m + 1/2} = \frac{600}{2m + 1} nm$이다.
3. 선택지와 비교하면 $m = 1$일 때 $\lambda = 200nm$가 되고, 이는 보기 ①과 일치한다.

NoteBase

선지별 해설

① O: $\lambda = 200nm$이면 $2n_f t/\lambda = 300/200 = 3/2$이므로 $2n_f t = \left(1 + \frac{1}{2}\right)\lambda$를 만족한다. 반사광이 최소가 되어 투과광이 최대가 된다.
② X: $\lambda = 300nm$이면 $2n_f t = \lambda$가 되어 이 문항의 상쇄 조건이 아니라 보강 조건에 해당한다. 올바르게는 200 nm가 투과광 최대 파장이다. 이 값은 두 반사의 위상반전이 서로 다르다고 잘못 처리할 때 나오기 쉽다.
③ X: $\lambda = 400nm$이면 $2n_f t/\lambda = 300/400 = 3/4$이므로 $m + \frac{1}{2}$ 꼴이 되지 않는다. 따라서 투과광 최대 조건을 만족하지 않는다. 올바르게는 200 nm이다.
④ X: $\lambda = 500nm$이면 $2n_f t/\lambda = 300/500 = 3/5$이므로 역시 상쇄 간섭 조건을 만족하지 않는다. 투과광 최대 파장은 아니며, 올바르게는 200 nm이다.

오답 포인트

가장 흔한 오답은 300 nm이다. 이는 공기 $\rightarrow$ 박막과 박막 $\rightarrow$ 기판 반사에서 모두 π 위상반전이 생긴다는 점을 놓치고, 위상반전이 한 번만 생기는 경우의 조건식 $2nt = m\lambda$를 잘못 적용할 때 나온다. 또한 '투과광 최대'를 바로 계산하지 않고 '반사광 최소'로 바꿔 생각해야 한다는 점도 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

박막 간섭 문제는 먼저 두 반사에서 위상반전이 같은지 다른지를 판별한다. 위상반전이 같으면 반사광 상쇄 조건이 $2nt = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$이고, 위상반전이 다르면 $2nt = m\lambda$이다. 그다음 선택지에 대입해 실제로 조건을 만족하는지 검산하면 된다.

암기 포인트

두 반사 모두 높은 굴절률 쪽에서 반사되면 위상반전은 서로 같고, 투과광 최대 조건은 $2nt = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$이다.

NoteBase

문 16. 이중슬릿 간섭실험에서 두 슬릿의 간격이 1.0 mm이고 슬릿으로부터 2.0 m만큼 떨어진 스크린에서 간섭무늬를 관찰한다. 입사광이 파장 200 nm와 600 nm의 두 단파장 성분들로 구성된다면, 간섭무늬에서 세기가 0인 띠들의 배열 주기(mm)는?

① 0.4

② 0.6

③ 0.8

④ 1.2

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이중슬릿 간섭에서 각 파장의 암선 위치를 구한 뒤, 두 파장에서 세기가 동시에 0이 되는 띠의 반복 주기를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 슬릿 간격 $d = 1.0mm$, 스크린 거리 $D = 2.0m$, 파장 $\lambda_1 = 200nm$, $\lambda_2 = 600nm$이다.
구해야 할 값은 두 파장에서 세기가 동시에 0이 되는 띠들의 배열 주기이다.
주의할 점은 한 파장의 간섭 간격과 두 파장이 함께 만드는 공통 암선의 주기를 구별해야 한다는 점이다.

사용할 공식

이중슬릿 간섭의 밝은 무늬 간격은 $\beta = \lambda D/d$이고, 암선은 $y = (n + 1/2)\beta$에 생긴다.
이 공식을 쓰는 이유는 세기가 0이 되려면 각 단파장 성분이 모두 암선 조건을 만족해야 하기 때문이다.

계산 과정

먼저 $200nm$ 성분의 간섭 간격은 $\beta_1 = \lambda_1 D/d = 200 \times 10^{-9} \times 2.0/(1.0 \times 10^{-3}) = 0.4mm$이다.
다음으로 $600nm$ 성분의 간섭 간격은 $\beta_2 = \lambda_2 D/d = 600 \times 10^{-9} \times 2.0/(1.0 \times 10^{-3}) = 1.2mm$이다.
공통 암선은 $(m + 1/2)0.4 = (n + 1/2)1.2$를 만족하는 위치에서 생긴다.
이를 정리하면 $m + 1/2 = 3(n + 1/2)$이므로 $m = 3n + 1$이다.
가장 가까운 공통 암선은 $n = 0$일 때 $y = 0.6mm$이고, 다음 공통 암선은 $n = 1$일 때 $y = 1.8mm$이다.
따라서 공통 암선의 배열 주기는 $1.8 - 0.6 = 1.2mm$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $0.4mm$는 $200nm$ 성분 하나만의 간섭 간격이다. 공통 암선의 주기로 보면 틀리며, 올바르게는 두 파장에서 동시에 암선이 되는 반복 간격인 $1.2mm$이다.
2번 X: $0.6mm$는 중심에서 가장 가까운 공통 암선의 위치이다. 배열 주기를 묻는 값은 첫 위치가 아니라 공통 암선 사이의 간격이므로, 올바르게는 $1.2mm$이다.
3번 X: $0.8mm$는 공통 암선 조건에서 나오지 않는 값이다. 파장 차이만 보거나 짧은 파장 간격을 임의로 배수 처리하면 나올 수 있으나, 올바른 반복 주기는 $1.2mm$이다.
4번 O: 공통 암선은 $0.6mm$, $1.8mm$, $3.0mm$처럼 $1.2mm$ 간격으로 반복된다. 따라서 정답이다.

오답 포인트

$0.6mm$처럼 처음 나타나는 공통 암선의 위치를 주기로 착각하면 틀린다. 또한 $0.4mm$와 $1.2mm$는 각 단파장 성분의 간섭 간격이지, 둘이 합쳐졌을 때 세기가 0이 되는 띠의 반복 주기와는 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

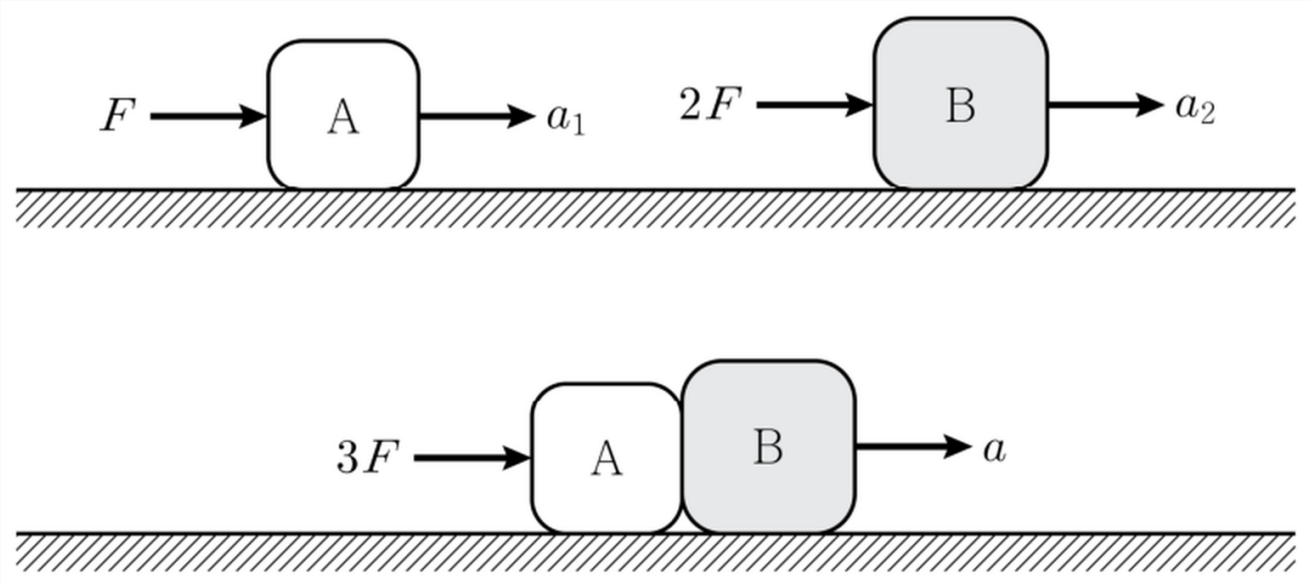
여러 파장이 섞인 이중슬릿 문제는 먼저 각 파장의 $\beta = \lambda D/d$를 구하고, 그다음 밝은 무늬인지 암선인지 조건을 세워 공통 위치를 찾는다. 공통 위치의 첫 값과 인접한 다음 값을 비교하면 배열 주기를 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

이중슬릿 혼합 파장 문제에서 각 파장의 간섭 간격은 $\beta = \lambda D/d$이고, 공통 암선의 주기는 공통 암선 위치들의 간격으로 판단한다.

NoteBase

문 17. 마찰이 없는 수평면에서 물체에 수평 방향으로 힘을 가한다. 물체 A에 힘 F를 작용하니 가속도가 a_1이고, 물체 B에 힘 $2F$를 작용하니 가속도가 a_2이다. 두 물체를 함께 묶어 힘 $3F$를 작용하면 가속도가 a로 나타난다. 가속도 a를 a_1과 a_2에 관하여 올바르게 표현한 것은?



① $a = 2\left(\frac{3a_1 + a_2}{a_1 a_2}\right)$
② $a = 2\left(\frac{a_1 a_2}{3a_1 + a_2}\right)$
③ $a = 3\left(\frac{a_1 a_2}{2a_1 + a_2}\right)$
④ $a = 3\left(\frac{2a_1 + a_2}{a_1 a_2}\right)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 뉴턴의 제2법칙 $F = ma$로 각 물체의 질량을 구한 뒤, 묶인 계의 전체 질량에 $3F$를 적용해 가속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물체 A에 힘 F를 작용하면 가속도 a_1, 물체 B에 힘 $2F$를 작용하면 가속도 a_2이다.
구해야 할 값: 두 물체를 함께 묶고 힘 $3F$를 작용시킬 때의 가속도 a이다.
주의할 조건: 마찰이 없으므로 수평방향 알짜힘만 고려하며, 함께 묶인 뒤에는 두 물체를 하나의 계로 본다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 $F = ma$이다.
물체 A의 질량은 $m_A = \frac{F}{a_1}$, 물체 B의 질량은 $m_B = \frac{2F}{a_2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 물체에 작용한 힘과 가속도가 주어졌으므로 먼저 질량을 역산할 수 있고, 묶인 뒤에는 전체 질량 $m_A + m_B$에 힘 $3F$를 적용하면 전체 가속도를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 물체 A에 대해 $F = m_A a_1$이므로 $m_A = \frac{F}{a_1}$이다.
2. 물체 B에 대해 $2F = m_B a_2$이므로 $m_B = \frac{2F}{a_2}$이다.
3. 두 물체를 묶으면 전체 질량은 $m_A + m_B = \frac{F}{a_1} + \frac{2F}{a_2}$이다.
4. 여기에 힘 $3F$를 작용시키면
$a = \frac{3F}{\frac{F}{a_1} + \frac{2F}{a_2}} = \frac{3}{\frac{1}{a_1} + \frac{2}{a_2}} = \frac{3a_1a_2}{2a_1 + a_2}$
이다.

선지 판단

1번 X: $a = 2\left(\frac{3a_1 + a_2}{a_1a_2}\right)$는 분모와 분자가 뒤집혀 있어 가속도가 아니라 1/가속도 형태가 섞인 식이 된다.
올바르게는 $a = \frac{3a_1a_2}{2a_1 + a_2}$이다.
2번 X: $a = 2\left(\frac{a_1a_2}{3a_1 + a_2}\right)$는 묶인 뒤 작용하는 힘이 $3F$라는 점과 B의 질량이 $\frac{2F}{a_2}$라는 점을 정확히 반영하지 못한 식이다. 전체 힘과 전체 질량을 올바르게 쓰면 $a = \frac{3a_1a_2}{2a_1 + a_2}$가 된다.
3번 O: 계산 결과 $a = \frac{3a_1a_2}{2a_1 + a_2}$이므로 3번이 맞다. A와 B의 질량을 각각 구한 뒤 전체 질량에 $3F$를 적용하면 그대로 나온다.
4번 X: $a = 3\left(\frac{2a_1 + a_2}{a_1a_2}\right)$도 1번과 마찬가지로 분모와 분자가 뒤집힌 형태이므로 차원이 맞지 않는다. 올바른 식은 $a = \frac{3a_1a_2}{2a_1 + a_2}$이다.

오답 포인트

가속도를 바로 합치려 하거나, 묶인 뒤에도 각 물체에 대한 식을 따로 적용하면 틀리기 쉽다. 특히 질량을 $m = \frac{F}{a}$로 먼저 바꾼 뒤 전체 질량을 더해야 하는데, 여기서 분모와 분자를 뒤집거나 힘 $3F$를 $2F$처럼 잘못 넣는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

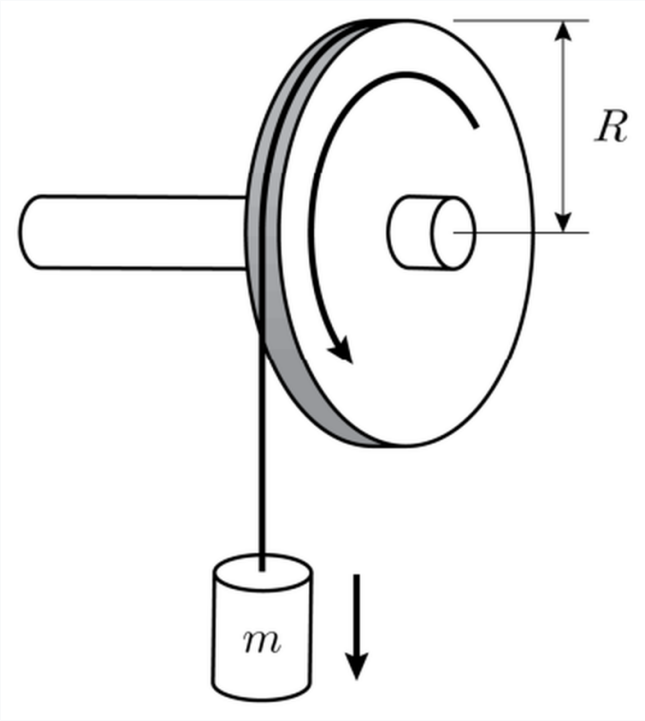
이런 계 문제는 먼저 각 물체의 힘과 가속도로 질량을 구하고, 다음에 묶인 계를 하나의 물체로 보아 전체 힘과 전체 질량으로 다시 $F = ma$를 적용하면 된다.

암기 포인트

묶인 물체의 가속도는 각 가속도를 더해서 구하지 않고, 각 물체의 질량을 구해 전체 질량에 전체 힘을 나누어 구한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 반지름 $R = 10\text{cm}$, 질량 $M = 2.0\text{kg}$의 원통형 바퀴에 실을 감고 실의 끝에 질량 m의 물체를 달고 놓아주니 물체가 5.0m/s^2의 가속도로 낙하한다. 중력가속도는 10m/s^2이고 바퀴의 관성모멘트는 $10\text{g} \cdot \text{m}^2$이다. 이로부터 알 수 있는 질량 m의 크기(kg)는? (단, 마찰과 공기저항은 무시한다)



① 0.1

② 0.3

③ 1

④ 2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 매달린 물체의 병진운동과 원통형 바퀴의 회전운동을 연결하여 질량 m을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반지름 $R = 10cm = 0.1m$, 물체의 가속도 $a = 5.0m/s^2$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$, 바퀴의 관성모멘트 $I = 10g \cdot m^2 = 0.01kg \cdot m^2$이다.
구해야 할 값: 추의 질량 m이다.
주의할 조건: 실이 미끄러지지 않으므로 각가속도는 $\alpha = a/R$이고, $10cm$와 $10g \cdot m^2$를 SI 단위로 바꾸어 써야 한다.

NoteBase

사용할 공식

$mg - T = ma$

$TR = I\alpha$

$\alpha = \frac{a}{R}$

이 공식을 쓰는 이유는 추는 아래로 병진가속도 a로 운동하고, 바퀴는 같은 실에 의해 각가속도 α로 회전하므로 두 운동을 장력 T로 연결해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 회전운동 식에 $\alpha = a/R$를 대입하면

$TR = I\frac{a}{R}$

이므로

$T = \frac{Ia}{R^2}$

이다.

2. 수치를 넣으면

$T = \frac{0.01 \times 5}{(0.1)^2} = 5N$

이다.

3. 이를 병진운동 식 $mg - T = ma$에 넣으면

$10m - 5 = 5m$

이므로

$5m = 5$

$m = 1kg$

이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 $m = 1kg$이므로 $0.1kg$은 아니다. 틀린 표현은 질량 m이 $0.1kg$이라는 점이며, 올바르게는 $m = 1kg$이다.

② X: 계산 결과 $m = 1kg$이므로 $0.3kg$은 아니다. 틀린 표현은 질량 m이 $0.3kg$이라는 점이며, 올바르게는 $m = 1kg$이다.

③ O: 장력은 $T = 5N$, 병진운동 식은 $10m - 5 = 5m$가 되어 $m = 1kg$이 나온다. 따라서 ③이 옳다.

④ X: 계산 결과 $m = 1kg$이므로 $2kg$은 아니다. 틀린 표현은 질량 m이 $2kg$이라는 점이며, 올바르게는 $m = 1kg$이다.

오답 포인트

반지름 $10cm$를 $0.1m$로, 관성모멘트 $10g \cdot m^2$를 $0.01kg \cdot m^2$로 바꾸지 않으면 장력 계산이 어긋난다. 또 추의 식과 바퀴의 식을 따로 보지 않고 한쪽만 쓰면 회전관성을 빠뜨려 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

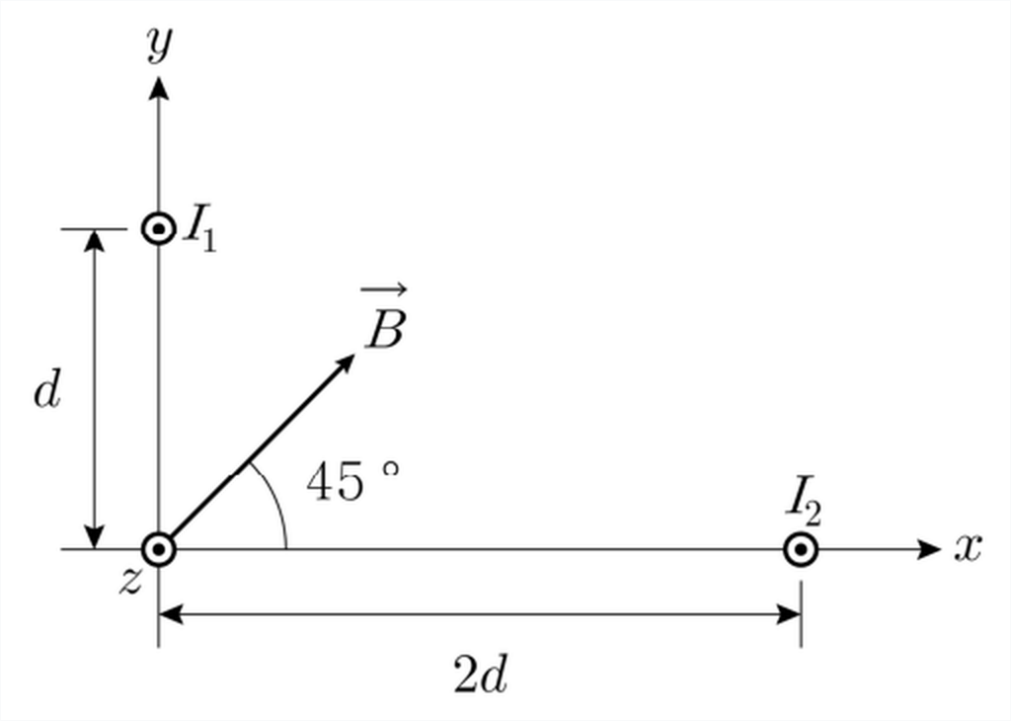
도르래·바퀴에 추를 단 계산형은 먼저 추에 대해 $mg - T = ma$를 세우고, 바퀴에 대해 $TR = I\alpha$, $\alpha = a/R$를 연결한 뒤 장력을 제거하여 미지수를 구하면 된다.

암기 포인트

추의 병진식 $mg - T = ma$와 바퀴의 회전식 $T = Ia/R^2$를 연결하면 된다.

NoteBase

문 19. 두 직선 도선이 z축에 평행하게 배열되어 xy평면에서 그림과 같이 나타난다. 한 도선은 y축 위 $y = d$인 점을 지나며 I_1의 전류가 흐르고, 다른 도선은 x축 위 $x = 2d$의 점을 지나며 I_2의 전류가 흐른다. 전류 I_1과 I_2는 z축 방향으로 설정되어, 만약 I_1과 I_2가 음이면 z축 반대 방향으로 전류가 흐른다. xy평면의 원점에서 자기장 벡터 $\vec{B}$의 방향이 x축에 대해 45 °의 방향각을 갖는다면, 도선의 전류 특성으로 옳은 것은?



① $I_1 > 0$이고, $I_2 = -2I_1$이다.

② $I_1 > 0$이고, $I_2 = -4I_1$이다.

③ $I_1 > 0$이고, $I_2 = 4I_1$이다.

④ $I_1 < 0$이고, $I_2 = 2I_1$이다.

정답 1번

출제 포인트

무한 직선 도선의 자기장 크기 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$와 오른손법칙으로 원점에서의 자기장 성분 방향을 정하고, 45 ° 조건에서 $B_x = B_y > 0$를 이용하는 문제이다.

조건 정리

도선 1은 $y = d$인 점, 즉 $(0, d)$를 지난다.

도선 2는 $x = 2d$인 점, 즉 $(2d, 0)$를 지난다.

원점에서 도선 1까지 거리는 d, 도선 2까지 거리는 $2d$이다.

원점의 전체 자기장 방향이 x축과 45 °를 이루므로 $B_x = B_y > 0$이어야 한다.

NoteBase

사용할 공식

무한 직선 도선이 만드는 자기장 크기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이다.
도선 1이 원점에 만드는 자기장은 $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$이고, $I_1 > 0$이면 방향은 $+x$축이다.
도선 2가 원점에 만드는 자기장은 $B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi(2d)} = \frac{\mu_0 I_2}{4\pi d}$이고, $I_2 > 0$이면 방향은 $-y$축이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 도선이 모두 z축과 평행한 무한 직선 도선이어서 자기장 크기가 거리의 역수에 비례하고, 방향은 오른손법칙으로 바로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. 도선 1의 자기장 방향을 본다. 원점은 도선 1의 아래쪽에 있으므로 $I_1 > 0$일 때 $\vec{B}_1$은 $+x$ 방향, $I_1 < 0$일 때는 $-x$ 방향이다.
2. 도선 2의 자기장 방향을 본다. 원점은 도선 2의 왼쪽에 있으므로 $I_2 > 0$일 때 $\vec{B}_2$는 $-y$ 방향, $I_2 < 0$일 때는 $+y$ 방향이다.
3. 전체 자기장이 제1사분면의 45° 방향이려면 $B_x > 0, B_y > 0$이면서 두 성분의 크기가 같아야 한다. 따라서 $I_1 > 0, I_2 < 0$이고
$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} = \frac{\mu_0 |I_2|}{4\pi d}$
이므로 $|I_2| = 2I_1$이다. 또 $I_2 < 0$이므로 $I_2 = -2I_1$이다.

선지별 해설

① O
$I_1 > 0$이면 원점에서 $\vec{B}_1$이 $+x$ 방향이고, $I_2 = -2I_1$이면 도선 2의 자기장은 $+y$ 방향이면서 크기가 $\frac{\mu_0 |I_2|}{4\pi d} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$가 되어 두 성분이 같아진다. 따라서 전체 자기장은 45° 방향이 된다.

② X
$I_1 > 0, I_2 < 0$까지는 방향이 맞지만 $I_2 = -4I_1$이면 y성분 크기가 x성분의 2배가 된다. 이 경우 방향각은 45°가 아니라 $\tan\theta = 2$를 만족하는 더 큰 각이다. 틀린 표현은 "$I_2 = -4I_1$"이고, 올바르게는 "$I_2 = -2I_1$"이다.

③ X
$I_2 = 4I_1 > 0$이면 도선 2의 자기장이 $-y$ 방향이 된다. 그러면 전체 자기장은 제1사분면이 아니라 제4사분면 쪽으로 기울어진다. 틀린 표현은 "$I_2 = 4I_1$"의 부호이고, 올바르게는 $I_2 < 0$, 구체적으로 $I_2 = -2I_1$이다.

④ X
$I_1 < 0$이면 도선 1의 자기장이 $-x$ 방향이 되므로 전체 자기장이 $+x$축과 45°를 이루는 조건을 만족할 수 없다. 또한 $I_2 = 2I_1$이면 I_2도 음수이므로 y성분은 $+y$ 방향이지만 크기비도 맞지 않는다. 틀린 표현은 "$I_1 < 0$"와 "$I_2 = 2I_1$"이고, 올바르게는 $I_1 > 0, I_2 = -2I_1$이다.

NoteBase

오답 포인트

자기장 크기만 보고 부호를 놓치면 ③처럼 y성분 방향을 반대로 잡기 쉽다. 또 도선 2가 원점에서 더 멀리 있으므로 같은 전류라도 자기장 크기가 절반이라는 점을 놓치면 ②처럼 전류 크기를 두 배 더 크게 잡는 실수가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

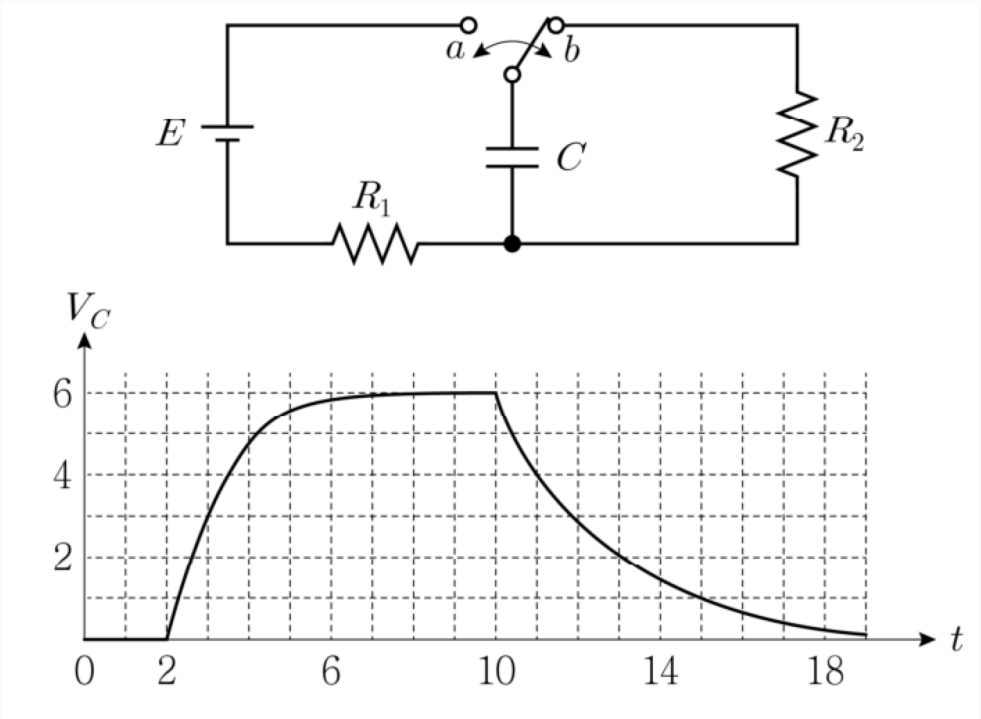
평행 도선의 자기장 문제는 먼저 각 도선에서 관측점까지의 거리를 적고, 다음에 오른손법칙으로 각 성분의 부호를 정한 뒤, 마지막에 $\frac{1}{r}$ 비례를 써서 성분 크기를 맞추면 된다.

암기 포인트

무한 직선 도선은 $B \propto \frac{I}{r}$이고, 방향은 오른손법칙으로 정한다. 45 °는 두 직교 성분의 크기가 같다는 뜻이다.

NoteBase

문 20. 다음 회로도와 같이 기전력원(E), 축전기(C), 스위치, 그리고 두 개의 저항, R_1과 R_2를 연결하여 RC회로를 구성한다. 시간에 따라 스위치가 a와 b의 접점 사이를 전환하며, 그 사이 축전기 C의 전압 V_C를 계측한 결과가 그래프에 제시되어 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. $t = 2$ 시점에 스위치가 b에서 a로 전환된다.

ㄴ. $t = 12$ 시점에 R_2 저항의 전압은 크기가 2 이상이다.

ㄷ. R_2 저항이 R_1 저항보다 3배 이상 크다.

ㄹ. 기전력원 E의 전압은 6이다.

① ㄴ, ㄷ

② ㄱ, ㄴ, ㄹ

③ ㄱ, ㄷ, ㄹ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 회로도와 V_C-t 그래프에서 충전 구간과 방전 구간을 읽어 스위치 전환 방향, R_2의 전압, 시정수의 비, 기전력 E를 판단하는 문제이다.

NoteBase

핵심 개념

스위치가 a에 있으면 축전기는 E와 R_1에 연결되어 R_1을 통해 충전되고, 스위치가 b에 있으면 R_2에만 연결되어 R_2를 통해 방전된다. 충전의 최종 전압은 E이고 시정수는 각각 $\tau_1 = R_1C$, $\tau_2 = R_2C$이다.

선지별 해설

① X

- ①은 ㄷ을 포함하고 ㄱ, ㄹ을 빠뜨려 틀리다. 그래프에서 $t = 2$부터 V_C가 0에서 증가하므로 스위치는 $b \to a$로 전환되었고, 충분히 충전된 전압이 6이므로 $E = 6$이다.
- ㄷ도 틀리다. 그래프에서 충전 곡선이 최종값 6의 약 63%인 3.8에 이르는 시점은 $t \approx 3.5$이므로 $\tau_1 \approx 1.5$이고, 방전 곡선이 6의 약 37%인 2.2가 되는 시점은 $t \approx 13$이므로 $\tau_2 \approx 3$이다. 따라서 $R_2/R_1 = \tau_2/\tau_1 \approx 2$로 보아야 하므로 R_2가 R_1보다 3배 이상이라는 결론은 나오지 않는다.
- 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이 옳다.

② O

- $t = 2$부터 V_C가 상승하므로 ㄱ은 옳다. 방전 회로인 b에서 충전 회로인 a로 스위치가 바뀐 것이다.
- $t = 12$에는 스위치가 b에 있어 축전기와 R_2가 같은 두 점 사이에 연결된다. 따라서 R_2의 전압 크기는 V_C와 같고, 그래프에서 $V_C \approx 3$이므로 2 이상이어서 ㄴ은 옳다.
- 충분히 긴 시간 뒤 충전 전압이 6으로 유지되므로 기전력 E는 6이다. 따라서 ㄹ은 옳다.
- ㄷ만 틀리므로 ②가 정답이다.

③ X

- ③은 ㄷ을 포함하고 ㄴ을 빠뜨려 틀리다. $t = 12$에서 R_2의 전압은 V_C와 같아 2 이상이므로 ㄴ을 제외할 수 없다.
- ㄷ은 시정수 비교상 성립하지 않는다. 그래프는 방전이 충전보다 더 느리다는 점은 보여 주지만 그 비가 3배 이상이라고 말해 주지는 않는다.
- 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이 옳다.

④ X

- ④는 ㄷ까지 모두 옳다고 본 점이 틀리다. ㄱ, ㄴ, ㄹ은 맞지만 ㄷ은 맞지 않다.
- $R_2/R_1 = \tau_2/\tau_1$인데, 그래프에서 읽히는 τ_2는 τ_1의 대략 2배 수준이지 3배 이상으로 보이지 않는다.
- 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이 옳다.

오답 포인트

함정은 ㄷ의 "3배 이상"과 ㄴ의 전압 해석이다. 그래프만 보고 막연히 방전이 더 느리다고 해서 3배 이상으로 과장하면 틀리고, 방전 구간에서 R_2의 전압이 축전기 전압과 같다는 점을 놓치면 ㄴ도 틀리게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

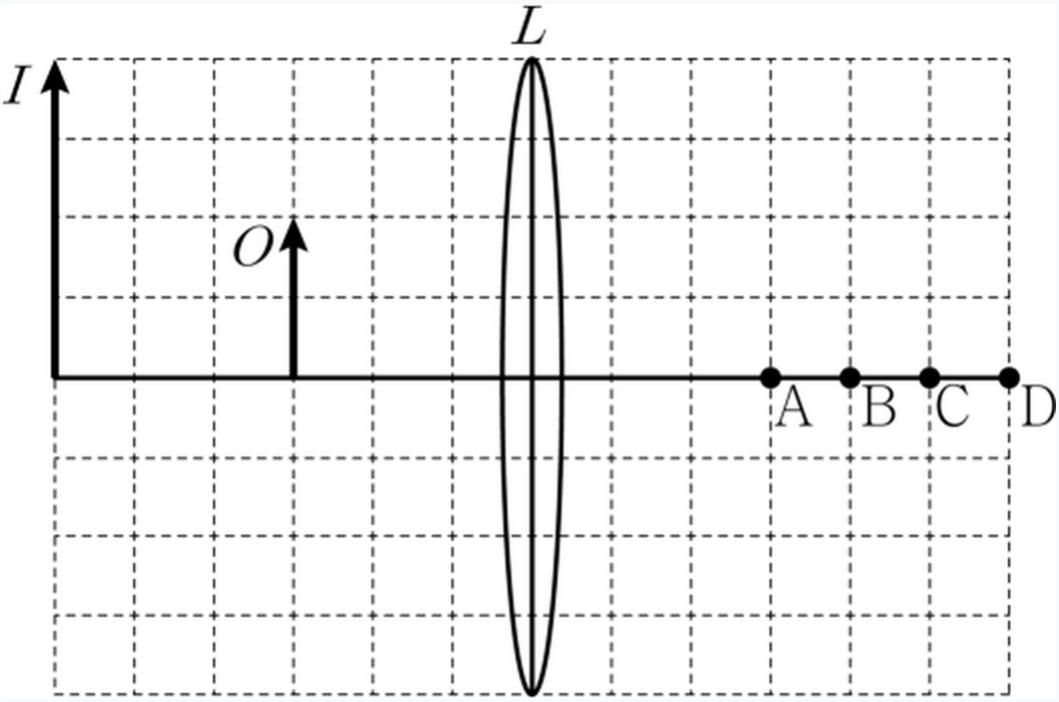
그래프가 올라가면 $b \to a$ 충전, 내려가면 $a \to b$ 방전으로 먼저 읽는다. 그다음 최종 평형값은 기전력으로, 같은 두 점에 연결된 소자의 전압은 서로 같다는 사실로 전압을 판단하고, 시정수는 $\tau = RC$와 63% 또는 37% 지점으로 비교한다.

암기 포인트

V_C의 최종값은 E, 방전 저항의 전압은 V_C, 시정수의 비는 저항의 비이다.

NoteBase

문 21. 그림은 얇은 볼록렌즈(L)로 만든 물체의 상을 분석하기 위한 광선도이다. 물체(O)의 상(I)이 광선도에 도시된 것과 같은 위치 관계를 갖는다면, 렌즈 초점의 위치로 옳은 것은?



① A

② B

③ C

④ D

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 도식에서 물체거리와 상거리, 배율을 읽어 얇은 볼록렌즈의 초점거리 f를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

1번(A): X. A는 렌즈 오른쪽 3칸 지점이므로 초점거리가 $f = 3$칸인 경우이다. 이때 물체 O도 렌즈 왼쪽 3칸에 있어 물체가 초점 위에 놓이므로 굴절광은 서로 평행하게 진행하고, 그림처럼 같은 쪽에 생기는 유한한 허상 I는 만들어지지 않는다. 틀린 판단은 '초점이 A이다'이고, 올바르게는 'A이면 상이 무한대 방향으로 가서 그림과 같은 상이 되지 않는다'이다.
2번(B): X. B를 초점으로 잡으면 $f = 4$칸, 물체거리는 $u = 3$칸이다. 물체가 초점 안쪽에 있으므로 허상은 생기지만 배율은 $m = \frac{f}{f-u} = \frac{4}{1} = 4$가 되어 그림의 상처럼 2배 정도 커진 모습과 맞지 않는다. 틀린 판단은 '초점이 B이다'이고, 올바르게는 'B이면 상이 너무 크게 생긴다'이다.
3번(C): X. C를 초점으로 잡으면 $f = 5$칸이므로 배율은 $m = \frac{f}{f-u} = \frac{5}{2} = 2.5$가 된다. 역시 그림의 상보다 더 크게 나타나므로 제시된 상의 위치와 크기를 동시에 만족하지 못한다. 틀린 판단은 '초점이 C이다'이고, 올바르게는 'C이면 상의 확대율이 2.5배가 되어 그림과 맞지 않는다'이다.
4번(D): O. 물체 O는 렌즈 왼쪽 3칸, 상 I는 렌즈 왼쪽 6칸에 있어 허상이 물체와 같은 쪽에 두 배 거리로 생긴다. 따라서 배율은 $m = \frac{|v|}{u} = \frac{6}{3} = 2$이고, 얇은 렌즈식은 허상에 대해 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} - \frac{1}{|v|} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6}$이므로 $f = 6$칸이다. 렌즈 오른쪽 6칸 위치가 D이므로 초점은 D가 맞다.

오답 포인트

볼록렌즈라는 말만 보고 상이 항상 렌즈 반대쪽에 생긴다고 생각하면 틀리기 쉽다. 이 그림은 상이 물체와 같은 쪽에 바로 서 있으므로 물체가 초점 안쪽에 있는 경우이고, 이때는 허상이 생긴다는 점을 먼저 읽어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

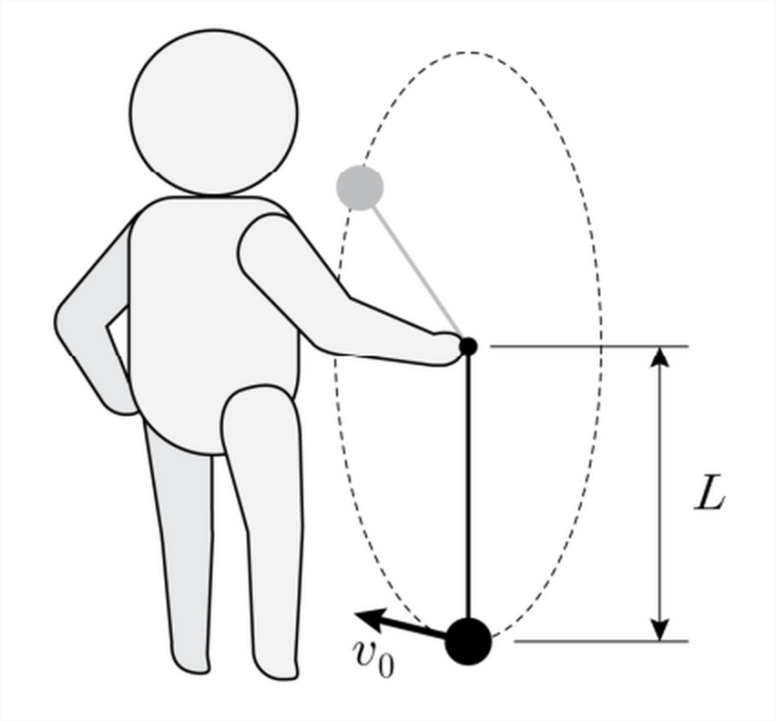
상이 바로 서 있고 물체와 같은 쪽에 있으면 먼저 허상임을 판단한다. 그다음 그림에서 u와 $|v|$를 읽어 $m = \frac{|v|}{u}$를 구하고, 허상 관계식 $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} - \frac{1}{|v|}$로 초점거리를 정하면 된다.

암기 포인트

볼록렌즈에서 바로 선 확대상은 초점 안쪽 물체가 만드는 허상이고, 이때 초점거리는 물체거리보다 길다.

NoteBase

문 22. 길이 L의 가벼운 줄에 질량 m의 물체를 달고 연직한 평면에서 회전 운동시키면, 실이 팽팽한 상태를 유지하며 물체가 일정한 주기로 회전한다. 물체가 최저점에서 v_0의 속력을 갖는다면, 물체의 지속적 회전 운동이 가능한 v_0의 조건은? (단, g는 중력가속도이다)



① $v_0 \geq \sqrt{2gL}$

② $v_0 \geq \sqrt{3gL}$

③ $v_0 \geq 2\sqrt{gL}$

④ $v_0 \geq \sqrt{5gL}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 연직 원운동에서 최고점의 장력 조건과 역학적 에너지 보존을 함께 써서 최저점의 최소 속력 v_0를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 줄의 길이는 L, 최저점 속력은 v_0이다.
- 구해야 할 값: 지속적 회전이 가능한 v_0의 최소 조건이다.
- 주의할 조건: 줄이 팽팽해야 하므로 최고점에서도 장력 T가 0 이상이어야 한다.

NoteBase

사용할 공식

최고점에서의 원운동 조건은 $T + mg = \frac{mv_{\text{top}}^2}{L}$ 이다.
줄이 막 느슨해지지 않는 최소 조건은 $T = 0$이므로 $v_{\text{top}}^2 = gL$ 이다.
또한 최저점과 최고점 사이에서는 역학적 에너지가 보존되어 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_{\text{top}}^2 + mg(2L)$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 지속적 회전 조건이 최고점에서 가장 엄격하게 결정되고, 최저점 속력은 최저점과 최고점의 에너지 관계로 연결되기 때문이다.

계산 과정

1. 최고점에서 줄이 팽팽한 최소 조건을 잡으면 $T = 0$이므로 $\frac{mv_{\text{top}}^2}{L} = mg$ 이고 따라서 $v_{\text{top}}^2 = gL$ 이다.
2. 최저점에서 최고점까지 올라가며 높이가 $2L$만큼 증가하므로 위치에너지 증가는 $2mgL$이다.
3. 에너지 보존을 적용하면 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m(gL) + 2mgL$ 이다.
4. 정리하면 $v_0^2 = gL + 4gL = 5gL$ 이므로 $v_0 \geq \sqrt{5gL}$ 이다.

선지별 해설

① X
- $v_0 \geq \sqrt{2gL}$는 지속적 회전에 필요한 최소값보다 작다.
- 틀린 표현은 "$\sqrt{2gL}$"이다. 올바르게는 "$\sqrt{5gL}$"이다.
- 이 값은 최고점 장력 조건을 전혀 반영하지 못한 오답이다.

② X
- $v_0 \geq \sqrt{3gL}$도 $v_0^2 \geq 5gL$ 조건을 만족하지 못한다.
- 틀린 표현은 "$\sqrt{3gL}$"이다. 올바르게는 "$\sqrt{5gL}$"이다.
- 위치에너지 증가분 $2mgL$와 최고점 최소 운동에너지 $\frac{1}{2}mgL$를 함께 더하지 않은 오답이다.

③ X
- $v_0 \geq 2\sqrt{gL} = \sqrt{4gL}$이면 최고점에 겨우 도달하는 수준일 뿐, 최고점에서 필요한 최소 속력 $\sqrt{gL}$이 남지 않는다.
- 틀린 표현은 "$2\sqrt{gL}$"이다. 올바르게는 "$\sqrt{5gL}$"이다.
- 이 값은 최고점에서 속력이 0인 경우에 해당하여 줄이 느슨해진다.

④ O
- 최고점에서 줄이 팽팽하려면 $v_{\text{top}}^2 \geq gL$이어야 하고, 이를 에너지 보존과 결합하면 $v_0^2 \geq 5gL$가 된다.
- 따라서 $v_0 \geq \sqrt{5gL}$가 지속적 회전의 조건이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

많이 틀리는 지점은 최고점까지 올라가는 데 필요한 에너지 조건 $v_0^2 \geq 4gL$만 보고 끝내는 것이다. 지속적 회전은 최고점에 도달하는 것만으로는 부족하고, 최고점에서도 줄이 팽팽하도록 최소한 $v_{\text{top}}^2 \geq gL$이 추가로 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

연직 원운동 최소 속력 문제는 먼저 최고점에서 $T \geq 0$ 조건으로 최고점 최소 속력을 구하고, 그다음 최저점과 최고점을 에너지 보존으로 연결해 판단한다.

암기 포인트

연직 원운동의 최소 조건은 최고점 $T = 0$, 따라서 $v_{\text{top}}^2 = gL$, 최저점 최소 속력은 $v_0 = \sqrt{5gL}$이다.

NoteBase

문 23. 1차원 무한퍼텐셜 우물에서 전자가 첫 번째 들뜬상태에 있다. 외부로부터 전자기파가 입사될 때 전자에 흡수될 수 있는 전자기파의 파장은? (단, E_1은 전자의 바닥상태 에너지, h는 플랑크 상수, c는 광속이다)

① $\frac{hc}{3E_1}$
② $\frac{5E_1}{hc}$
③ $\frac{14E_1}{hc}$
④ $\frac{hc}{21E_1}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 1차원 무한퍼텐셜 우물의 에너지 준위 $E_n = n^2E_1$, 광자 흡수 조건 $hc/\lambda = \Delta E$, 전이 선택규칙을 함께 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 상태는 첫 번째 들뜬상태이므로 초기 준위는 $n = 2$이고 초기 에너지는 $E_2 = 4E_1$이다.
구해야 할 값은 전자에 흡수될 수 있는 전자기파의 파장 λ이다.
흡수이므로 최종 준위는 $m > 2$이어야 하고, 1차원 무한퍼텐셜 우물의 전기쌍극자 전이는 $n + m$이 홀수일 때 허용된다.

사용할 공식

에너지 준위는 $E_n = n^2E_1$이다.
광자 흡수 조건은 $hc/\lambda = E_m - E_n$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 보기의 파장이 실제로 가능한 들뜸 전이의 에너지 차와 일치하는지 판정해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 첫 번째 들뜬상태는 $n = 2$이므로 $E_2 = 4E_1$이다.
2. 보기 중 파장 꼴은 분자가 hc인 식이어야 하므로 ①, ④만 차원상 파장이다. ②, ③은 1/길이 차원이라 처음부터 파장이 아니다.
3. ①은 $hc/\lambda = 3E_1$을 뜻한다. 이는 $E_2 - E_1 = 4E_1 - E_1 = 3E_1$에 해당하므로 $n = 2 \to 1$의 방출 전이이지 흡수 전이가 아니다.
4. ④는 $hc/\lambda = 21E_1$을 뜻한다. 따라서 $E_m - E_2 = 21E_1 \Rightarrow m^2E_1 - 4E_1 = 21E_1 \Rightarrow m^2 = 25 \Rightarrow m = 5$이다. $2 + 5 = 7$은 홀수이므로 허용 전이이다.
5. 따라서 흡수 가능한 파장은 $\lambda = hc/21E_1$이고 정답은 ④이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$hc/3E_1$는 광자 에너지가 $3E_1$임을 뜻한다. 이는 $E_2 - E_1$에 해당하므로 $n = 2 \to 1$의 방출 전이일 뿐 흡수 전이가 아니다. 틀린 표현은 흡수 가능한 파장이라는 판단이고, 올바르게는 낮은 준위로 내려가는 방출에 해당한다.

② X
$5E_1/hc$는 파장이 아니라 분모와 분자가 뒤바뀐 1/길이 차원의 식이다. 틀린 표현은 파장을 이렇게 쓴 점이고, 올바르게는 같은 에너지 차를 파장으로 쓰면 $hc/5E_1$ 꼴이 된다.

③ X
$14E_1/hc$도 파장이 아니라 1/길이 차원의 식이다. 틀린 표현은 역시 파장을 역수 형태로 쓴 점이다. 올바르게는 파장은 항상 $hc/\Delta E$ 꼴이어야 하며, 더 나아가 $\Delta E = 14E_1$는 $m^2 - 4 = 14$를 만족하는 정수 m이 없어 실제 전이에도 대응하지 않는다.

④ O
$hc/21E_1$는 광자 에너지가 $21E_1$임을 뜻한다. $m^2 - 4 = 21$에서 $m = 5$가 나오므로 $n = 2 \to 5$ 전이에 해당한다. $2 + 5$가 홀수이므로 전이 선택규칙도 만족하여 실제로 흡수될 수 있다.

오답 포인트

첫 번째 함정은 첫 번째 들뜬상태를 $n = 1$로 착각하는 실수이다. 이 문항에서는 바닥상태가 $n = 1$, 첫 번째 들뜬상태가 $n = 2$이다.
두 번째 함정은 ①처럼 에너지 차만 맞추고 흡수와 방출을 구분하지 않는 실수이다.
세 번째 함정은 ②, ③처럼 $hc/\Delta E$와 $\Delta E/hc$를 뒤집어 차원을 확인하지 않는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

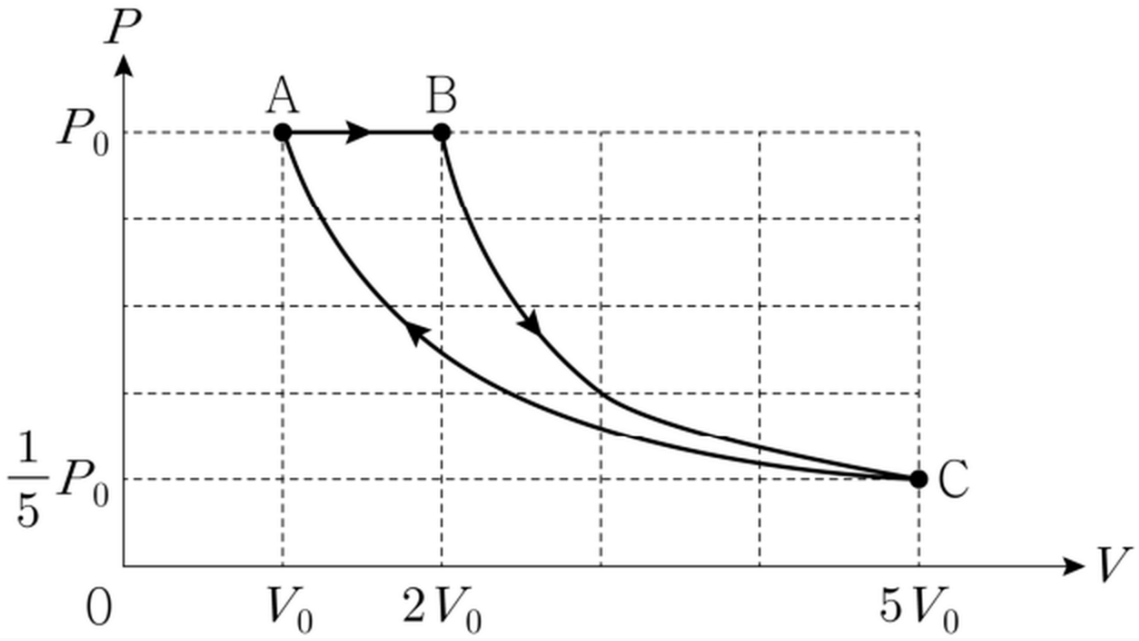
무한퍼텐셜 우물 전이 문제는 먼저 현재 준위를 n으로 확정하고, 다음에 $hc/\lambda = \Delta E$로 보기의 차원을 점검한 뒤, 마지막으로 $m^2 - n^2$와 선택규칙을 함께 대조하면 안정적으로 풀린다.

암기 포인트

무한퍼텐셜 우물은 $E_n \propto n^2$이고, 흡수는 더 높은 준위로 가는 전이이며, 파장은 항상 $\lambda = hc/\Delta E$이다.

NoteBase

문 24. 그림은 단원자분자 이상기체의 상태를 압력 P와 부피 V의 그래프로 나타낸 것이다. 1몰의 기체가 처음 P_0의 압력, V_0의 부피, T_0의 온도를 갖는 A 상태에 있다. 그리고 부피가 각각 $2V_0$와 $5V_0$이고 압력이 각각 P_0와 $P_0/5$인 B와 C 상태를 거쳐 A 상태로 회복한다. 이상기체는 단열과정, 등온과정, 등압과정 및 등적과정 가운데 세 가지 과정을 거치며 각각 외부에 W의 일을 하고 내부에너지 변화량 ΔU를 겪는다. 이러한 열역학적 순환과정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① A → B 과정에서 온도 변화량은 T_0이다.

② B → C 과정에서 W의 크기는 ΔU의 크기보다 더 크다.

③ C → A 과정에서 기체가 한 일 W는 $-P_0V_0\ln 5$이다.

④ 순환과정을 완성하면 기체가 한 일의 합은 양의 값이다.

정답 2번

출제 포인트

P-V 그래프에서 각 상태의 PV를 비교해 온도를 읽고, 과정이 등압·등온·단열 중 무엇인지 판별한 뒤 $Q = \Delta U + W$와 단원자 이상기체의 $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$를 적용하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- A점은 $P_0V_0 = RT_0$이고 B점은 $P_0 \cdot 2V_0 = RT_B$이므로 $T_B = 2T_0$이다.
- 따라서 $A \to B$에서 온도 변화량은 $\Delta T = T_B - T_A = T_0$이다.

② X
- $A \to B$가 등압과정이고, C와 A는 모두 $PV = P_0V_0$이므로 $C \to A$는 등온과정이다. 문제 조건상 세 과정은 서로 다른 세 가지이므로 $B \to C$는 단열과정으로 본다.
- 단열과정에서는 $Q = 0$이므로 $0 = \Delta U + W$, 따라서 $W = -\Delta U$이다. 팽창이므로 $W > 0$, $\Delta U < 0$이고 $|W| = |\Delta U|$이다.
- 틀린 표현은 "W의 크기는 ΔU의 크기보다 더 크다"이다. 올바르게는 "W의 크기는 ΔU의 크기와 같다"이다.

③ O
- C와 A는 모두 $PV = P_0V_0$이므로 온도가 같은 등온과정이다.
- 1몰 등온과정의 일은 $W = nRT\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$이므로 $C \to A$에서 $W = P_0V_0\ln\left(\frac{V_0}{5V_0}\right) = -P_0V_0\ln 5$이다.

④ O
- $A \to B$는 등압팽창이므로 $W_{AB} = P_0(2V_0 - V_0) = P_0V_0$이다.
- $B \to C$는 단열팽창이므로 $\Delta U_{BC} = \frac{3}{2}R(T_0 - 2T_0) = -\frac{3}{2}P_0V_0$, 따라서 $W_{BC} = \frac{3}{2}P_0V_0$이다.
- $C \to A$는 등온압축이므로 $W_{CA} = -P_0V_0\ln 5$이다. 따라서 전체 일은 $W_{\text{cycle}} = P_0V_0 + \frac{3}{2}P_0V_0 - P_0V_0\ln 5 > 0$이다.

오답 포인트

곡선이라는 모양만 보고 두 곡선을 같은 종류의 과정으로 처리하면 오답이 된다. 이 문항은 먼저 각 점의 PV를 비교해 $T_A = T_C$, $T_B = 2T_0$를 잡고, 그다음 문제에서 허용한 과정 종류를 대입해 $B \to C$가 단열이라는 점을 정리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

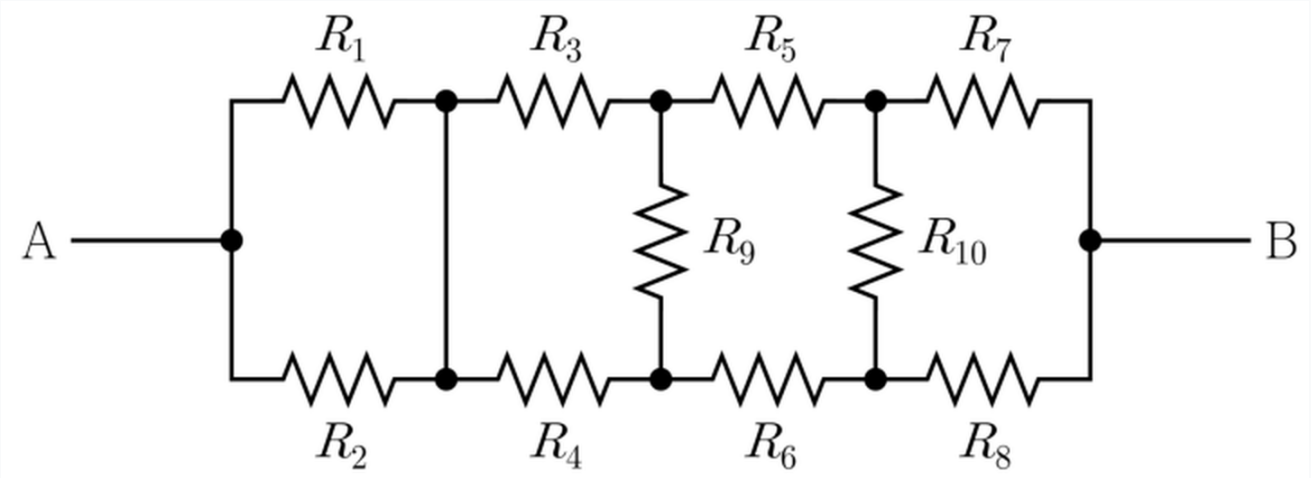
P-V 그래프 문항은 1단계에서 각 점의 PV로 온도를 비교하고, 2단계에서 수평선·수직선·같은 PV 여부로 과정 종류를 판별한 뒤, 마지막에 $Q = \Delta U + W$와 일의 부호를 적용하면 된다.

암기 포인트

이상기체는 $PV \propto T$, 단열은 $Q = 0$, 등온은 $\Delta U = 0$이라는 세 줄이 핵심이다.

NoteBase

문 25. 100Ω의 저항 10개를 그림과 같이 연결한다. 회로 연결의 양단, A와 B에 $12V$의 전압을 가할 때, 저항 R_5를 통해 흐르는 전류의 양(mA)은?



① 12

② 24

③ 30

④ 48

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 위아래 대칭인 저항 회로에서 등전위점을 찾아 R_9, R_{10}의 전류를 0으로 본 뒤, 병렬 등가저항과 옴의 법칙으로 R_5 전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 모든 저항은 100Ω이고, A와 B 사이 전압은 $12V$이다.
구해야 할 값: R_5를 지나는 전류이다.
주의할 조건: 회로가 위아래로 완전히 대칭이므로 대응하는 위쪽 점과 아래쪽 점의 전위가 같아 R_9, R_{10}에는 전류가 흐르지 않는다.

사용할 공식

병렬 등가저항은 $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$이다. 옴의 법칙은 $I = \frac{V}{R}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 대칭성 때문에 R_9, R_{10}을 제거하면 각 구간이 같은 두 저항의 병렬 연결로 바뀌고, 그 구간들을 직렬로 계산할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 위아래 대칭이므로 R_3 오른쪽 위 점과 R_4 오른쪽 아래 점의 전위가 같고, R_5 오른쪽 위 점과 R_6 오른쪽 아래 점의 전위도 같다. 따라서 R_9, R_{10} 양단 전압은 0이어서 두 저항에는 전류가 흐르지 않는다.
2. 그러면 회로는 $(R_1 \parallel R_2)$, $(R_3 \parallel R_4)$, $(R_5 \parallel R_6)$, $(R_7 \parallel R_8)$의 네 구간이 직렬인 형태가 된다. 각 구간의 등가저항은 $100\Omega \parallel 100\Omega = 50\Omega$이다.
3. 전체 등가저항은 $50 + 50 + 50 + 50 = 200\Omega$이다. 따라서 전체 전류는 $I_{\text{total}} = \frac{12}{200} = 0.06A = 60mA$이다.
4. 네 구간은 직렬이므로 각 구간 전류는 모두 $60mA$이고, 한 구간의 전압강하는 $V = IR = 0.06 \times 50 = 3V$이다.
5. $R_5 \parallel R_6$ 구간에서 R_5와 R_6는 같은 $3V$를 받으므로 $I_{R_5} = \frac{3}{100} = 0.03A = 30mA$이다.

선지별 해설

① X

$12mA$는 R_5 양단 전압을 $1.2V$로 본 값에 해당한다. 실제로는 $R_5 \parallel R_6$ 구간 전압이 $3V$이므로, 올바르게는 $I_{R_5} = 30mA$이다.

② X

$24mA$는 R_5 양단 전압을 $2.4V$로 잘못 잡은 값에 해당한다. 실제 구간 전압은 $3V$이므로, 올바르게는 $I_{R_5} = 30mA$이다.

③ O

대칭성으로 R_9, R_{10} 전류가 0이 되고, 각 병렬 구간의 등가저항이 50Ω이므로 전체 등가저항은 200Ω이다. 전체 전류 $60mA$가 $R_5 \parallel R_6$ 구간을 지나며, 동일 저항 두 개에 반씩 나뉘어 R_5에는 $30mA$가 흐른다.

④ X

$48mA$는 R_5 양단 전압을 $4.8V$로 본 값에 해당한다. 실제로는 $R_5 \parallel R_6$ 구간 전체 전압이 $3V$이므로, 올바르게는 $I_{R_5} = 30mA$이다.

오답 포인트

가운데에 세워진 R_9, R_{10}이 눈에 띄어서 이들에도 전류가 흐른다고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 저항 개수를 세는 것이 아니라 대칭 때문에 같은 높이의 대응점 전위가 같다는 사실을 먼저 보지 못하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

대칭 회로가 나오면 먼저 대응점이 등전위인지 확인한다. 등전위 두 점을 잇는 저항은 전류가 0이므로 제거하고, 남은 회로를 병렬 등가저항과 직렬 연결로 단순화한 뒤 옴의 법칙으로 각 구간 전압과 전류를 구하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

대칭 회로에서 대응점 전위가 같으면 그 두 점을 잇는 저항의 전류는 0이고, 남은 회로는 병렬 묶음의 직렬 합으로 정리된다.

NoteBase